



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Διδακτορική Διατριβή

*Σχεδιασμός Πρότυπου Διαμεσολαβητή
Εποπτείας και Διαχείρισης Ηλεκτρικού Δικτύου
με την Προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων*

Δριβάλου Σωτηρία

ΑΘΗΝΑ 2018



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Διδακτορική Διατριβή

*Σχεδιασμός Πρότυπου Διαμεσολαβητή
Εποπτείας και Διαχείρισης Ηλεκτρικού Δικτύου
με την Προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων*

Δριβάλου Σωτηρία

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Μαρμαράς Νικόλαος, Καθηγητής ΕΜΠ (Επιβλέπων)

Παππάς Ιωάννης, Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ

Κοντογιάννης Θωμάς, Καθηγητής Πολυτεχνείου Κρήτης

ΑΘΗΝΑ 2018

Copyright © Σωτηρία Δριβάλου, 2018. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
Sotiria Drivalou, 2018. All rights reserved.

Συγγραφέας: Σωτηρία Δριβάλου

Έτος: 2018

Τίτλος: Σχεδιασμός Πρότυπου Διαμεσολαβητή Εποπτείας και Διαχείρισης Ηλεκτρικού Δικτύου με την Προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων

Τύπος: Διδακτορική Διατριβή

Εκπαιδευτικό

Ίδρυμα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ)

Author: Sotiria Drivalou

Year: 2018

Title: Design of a Prototype Interface for Electric Network Supervision and Control with Cognitive Systems Engineering Approach

Type: Doctoral Thesis

Educational

Institution: National Technical University of Athens (NTUA)

Email: sdriv@central.ntua.gr

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διατριβής αποτέλεσε η ανάλυση, ο σχεδιασμός, και η αξιολόγηση ενός Πρότυπου Διαμεσολαβητή Εποπτείας και Διαχείρισης Ηλεκτρικού Δικτύου Διανομής Μέσης Τάσεως, με την Προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων (ΜΓΣ), και ειδικότερα με τη φιλοσοφία του οικολογικού σχεδιασμού διαμεσολαβητών. Σε θεωρητικό επίπεδο, η διατριβή στόχευσε στην παραγωγή γνώσης σχετικά με την εφαρμοσιμότητα και αποτελεσματικότητα της προηγμένης τεχνικής του οικολογικού σχεδιασμού, σε ένα πεδίο που δεν έχει δοκιμαστεί ξανά. Επίσης, στόχευσε στον εμπλουτισμό της γνώσης αναφορικά με τον τρόπο διερεύνησης και ενσωμάτωσης στη διαδικασία σχεδιασμού ενός διαμεσολαβητή, των τεχνολογικών και οργανωτικών αλλαγών που βρίσκονται σε εξέλιξη στο σύστημα εργασίας, μέσα από την προσέγγιση της ΜΓΣ. Σε πρακτικό επίπεδο, στόχευσε στη δημιουργία ενός οικολογικού διαμεσολαβητή που θα υποστηρίζει αποτελεσματικά το νοητικό έργο των χειριστών, ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του ηλεκτρικού δικτύου (περίοδοι υψηλής ζήτησης ενέργειας, χρονικά παράθυρα πριν και μετά την εκδήλωση μπλακάουτ), όπου οι βιομηχανικοί διαμεσολαβητές που σχεδιάζονται με συμβατικές προσεγγίσεις, παρουσιάζουν ανεπάρκειες (Κεφάλαιο 1).

Η *Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων* (Κεφάλαιο 2) συνδυάζει τη Μηχανική Συστημάτων, τη Γνωσιακή Επιστήμη, και την Εργονομία. Η ΜΓΣ προσεγγίζει όλα τα φαινόμενα που αναδύονται στο σημείο συνάντησης ανθρώπων, τεχνολογίας, και εργασίας, ενώ ασχολείται και με την ανάλυση των οργανωτικών θεμάτων της εργασίας. Η ΜΓΣ διαθέτει εξειδικευμένα πλαίσια, μεθόδους, και εργαλεία, κατάλληλα για την υλοποίηση ολοκληρωμένων παρεμβάσεων και την επίλυση πραγματικών προβλημάτων σχεδιασμού σε πολύπλοκα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα, με τρόπο συμβατό προς τις νοητικές και φυσικές δυνατότητες, αλλά και τους περιορισμούς των ανθρώπων που τα διαχειρίζονται.

Οι διαμεσολαβητές των Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας αποτελούν γνωσιακά τεχνήματα που εξυπηρετούν τη διατήρηση, απεικόνιση, και διαχείριση πληροφορίας, και πρέπει να είναι σχεδιασμένοι έτσι, ώστε να υποστηρίζονται κατάλληλα οι σύνθετες νοητικές δραστηριότητες των χειριστών. Από αναλύσεις παρελθόντων μπλακάουτ στην Ελλάδα και σε άλλα κράτη, έχει διαπιστωθεί ότι οι λανθασμένοι χειρισμοί των εργαζομένων, παρουσιάζουν άμεση συσχέτιση με τον τρόπο απεικόνισης πληροφορίας για το δίκτυο και το σύστημα ελέγχου, στο διαμεσολαβητή. Η συμβατική προσέγγιση στο σχεδιασμό διαμεσολαβητών υιοθετεί την απεικόνιση της κατάστασης των εποπτευόμενων παραμέτρων λειτουργίας κάθε στοιχείου του συστήματος, ως ανεξάρτητων τιμών, σύμφωνα με την αρχιτεκτονική «ένας αισθητήρας – μία ένδειξη ή χειρισμός».

Η *οικολογική προσέγγιση στο σχεδιασμό διαμεσολαβητών* (Κεφάλαιο 3) συνιστά: α) την παρουσίαση των ορατών και μη-ορατών σχέσεων (φυσικές, τοπολογικές, λειτουργικές) του πεδίου και του συστήματος ελέγχου, β) την αποτύπωση των αρχών λειτουργίας, των προτεραιοτήτων, και των στόχων του συνολικού συστήματος, και γ) την τμηματική απεικόνιση του συστήματος σε διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας, μέσα από απεικονίσεις που παρουσιάζουν χωρική και χρονική συνέχεια, και μέσα από οπτικές φόρμες που υποστηρίζουν την ενοποίηση και τον διαχωρισμό των πληροφοριών από πλευράς χειριστή. Με την υποστήριξη των οικολογικών διαμεσολαβητών, οι χειριστές μπορούν να δημιουργούν έγκυρα και αποτελεσματικά νοητικά μοντέλα για τη λειτουργία του συστήματος, και να διαχειρίζονται κατάλληλα τόσο οικείες, όσο και μη-οικείες καταστάσεις για τις οποίες δεν έχουν προηγούμενη εμπειρία.

Στα ηλεκτρικά δίκτυα, μη-οικείες καταστάσεις είναι πιο πιθανό να εμφανιστούν πριν ή μετά την εκδήλωση σοβαρών διαταραχών λειτουργίας (Κεφάλαιο 4), στην εκδήλωση των οποίων σημαντικό ρόλο παίζουν, οι παράγοντες που διαμορφώνουν δυναμικά το πλαίσιο λειτουργίας των σύγχρονων δικτύων (καιρικές συνθήκες, εξωγενή φαινόμενα, διακρατικές συνδέσεις, τρόπος λειτουργίας των σύγχρονων αγορών, διαθεσιμότητα ενεργειακών πόρων, εξοπλισμός εποπτείας και ελέγχου δικτύων). Αφενός λόγω της φυσικής κοινωνικο-τεχνικής εξέλιξης των δικτύων, και αφετέρου λόγω στοχευμένων ενεργειών που γίνονται για να αντισταθμιστούν τα προβλήματα που οδηγούν σε διαταραχές λειτουργίας, υλοποιούνται στα ηλεκτρικά δίκτυα σημαντικές οργανωτικές αλλαγές (π.χ. στις αρμοδιότητες των ενεργειακών θεσμικών φορέων), και τεχνολογικές αλλαγές (π.χ. μετάβαση από τους παραδοσιακούς διαμεσολαβητές στους σύγχρονους ηλεκτρονικούς διαμεσολαβητές, εφαρμογές έξυπνων δικτύων). Οι αλλαγές αυτές (Κεφάλαιο 5) μεταβάλλουν τον τρόπο οργάνωσης της εργασίας, τις συνεργασίες και το νοητικό έργο των χειριστών, και έχουν επιπτώσεις στην απόδοση των ανθρώπων και στην ασφαλή λειτουργία του συστήματος.

Η λειτουργία και αποκατάσταση των ηλεκτρικών συστημάτων μέσα σε ένα απελευθερωμένο περιβάλλον, απαιτεί περισσότερο ενεργό έλεγχο σε επίπεδο διανομής, και κατάλληλο σχεδιασμό των Συστημάτων Διαχείρισης Διανομής που υποστηρίζουν το έργο των χειριστών τους. Με εφελτήριο τις προαναφερθείσες αλλαγές και προκλήσεις (Κεφάλαιο 6), η παρούσα διατριβή εστίασε στο σχεδιασμό οικολογικού διαμεσολαβητή για την εποπτεία και διαχείριση δικτύου διανομής μέσης τάσεως, μέσα από ένα ολοκληρωμένο κύκλο γνωσιακού σχεδιασμού που περιλαμβάνει Εθνογραφική Ανάλυση, Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, Σχεδιασμό Πρωτοτύπων, και Αναλυτική Αξιολόγηση του διαμεσολαβητή.

Η *Εθνογραφική Ανάλυση* (Κεφάλαιο 7) υλοποιήθηκε προκειμένου να μελετηθούν οι τεχνικές και κοινωνικές πτυχές της εργασίας, και ειδικότερα για να αποκτηθεί γνώση για: τους κανόνες λειτουργίας και συνεργασίας στο πεδίο, τον τρόπο σύζευξης των εργαζομένων με τα γνωσιακά τεχνήματα, και τον τρόπο αφομοίωσης προγενέστερων τεχνικών και οργανωτικών αλλαγών. Οι πληροφορίες για το σύστημα εργασίας που συλλέχθηκαν με διάφορες μεθόδους και τεχνικές (συστηματικές παρατηρήσεις, συνεντεύξεις, μελέτη της γλώσσας εργασίας και του συμβολικού συστήματος κωδικοποίησης πληροφοριών, κλπ), συνέβαλαν στην ανάλυση: του νοητικού και συνεργατικού έργου των εργαζομένων στο πλαίσιο συνήθων και κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας, του κατανεμημένου γνωσιακού συστήματος, των πρακτικών εργασίας των χειριστών σε οικείες και μη-οικείες καταστάσεις, καθώς και των παρεμβάσεων που έχουν πραγματοποιήσει σε παραδοσιακά τεχνήματα (Μιμικό Διάγραμμα, Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Πίνακας Ελέγχου, Τράπεζα Χειρισμών, κλπ) και διαδικασίες, για να υποστηρίζεται καλύτερα το έργο τους.

Η *Ανάλυση Νοητικής Εργασίας* (Κεφάλαιο 8), πραγματοποιήθηκε προκειμένου να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις υποστήριξης του έργου των εργαζομένων, και να διερευνηθούν οι επιπτώσεις των υλοποιούμενων τεχνολογικών και οργανωτικών αλλαγών. Αναπτύχθηκαν, ένα βασικό «Μοντέλο Ιεραρχικής Αφαίρεσης» του τεχνολογικού δικτύου, καθώς και πολλαπλά «Μοντέλα Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης» (Μοντέλο Ενεργειακών θεσμικών Φορέων, Μοντέλο Υποτομικών, Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών, Μοντέλο Συνεργασίας Χειριστών-Συεργείων, Μοντέλο Δομής Μετασηματιστών, Μοντέλο Τεχνολογικών Συστημάτων Εποπτείας και Ελέγχου Δικτύου), που αποτυπώνουν διαφορετικές οπτικές και πτυχές, της λειτουργίας και δομής του συστήματος εργασίας, οι οποίες καθορίζουν τη δράση σε αυτό. Στα μοντέλα αποτυπώθηκαν και προθετικά χαρακτηριστικά διαχείρισης του πεδίου (π.χ. προτεραιότητες ηλεκτροδότησης συγκεκριμένων πελατών), καθώς και εξειδικευμένη πληροφορία σχετική με τη λειτουργία του εξοπλισμού σε πραγματικές συνθήκες (π.χ. Ονομαστικά-, Πραγματικά-, και Σχετικά με το πλαίσιο-όρια λειτουργίας). Ακολούθησε Πλαισιοθετημένη Ανάλυση Δραστηριότητας, βάσει πραγματικών περιστατικών, πάνω σε κατάλληλα επιλεγμένα μοντέλα, υπό το πρίσμα τεσσάρων παραμέτρων της εργασίας (καθήκοντα ελέγχου, στρατηγικές, κοινωνική οργάνωση συνεργασιών, ατομικοί παράγοντες). Η σύνθεση των επιμέρους απαιτήσεων σχεδιασμού που εξήχθησαν από κάθε στάδιο, οδήγησε στον καθορισμό προδιαγραφών για την υποστήριξη των εργαζομένων σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου.

Ο *Σχεδιασμός Πρωτότυπων* (Κεφάλαιο 9), είχε αφηρητά τα υπάρχοντα τεχνήματα, προχώρησε στα πρωτότυπα σε χαρτί, και ολοκληρώθηκε με τα ηλεκτρονικά πρωτότυπα, διερευνώντας τις επιπτώσεις εναλλακτικών σχεδιαστικών λύσεων στο νοητικό και συνεργατικό έργο των χειριστών. Η διαδικασία «Σηματολογικής Αποτύπωσης», παρουσιάστηκε αναλυτικά σε κάθε στάδιο, προσδιορίζοντας πώς οι επιμέρους απαιτήσεις και προδιαγραφές, που αναδείχθηκαν από την Εθνογραφική ανάλυση και την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, «μεταφράζονται» σε συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις, μέσα από τη σύζευξη των βασικών αρχών του οικολογικού σχεδιασμού με άλλες αρχές, τεχνικές, και πρότυπα. Επίσης, προσδιορίστηκε ο τρόπος που αξιοποιούνται στο σχεδιασμό, μέσω κατάλληλης προσαρμογής, προϋπάρχουσες δομές απεικόνισης από τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, αλλά και οι σχεδιαστικές παρεμβάσεις των χειριστών πάνω στα παραδοσιακά τεχνήματα.

Η *Αναλυτική Αξιολόγηση* (Κεφάλαιο 10) του τελικού πρωτότυπου του οικολογικού διαμεσολαβητή «PIGMENTUM» που σχεδιάστηκε, έγινε με τη βοήθεια του εργαλείου «Ταξινόμησης της Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις», προκειμένου: α) να διαπιστωθεί εάν εκπληρώνονται οι σχεδιαστικοί στόχοι, και πώς μπορούν να λειτουργήσουν οι νέες σηματολογικές δομές που εισάγονται στο σύστημα απεικόνισης πληροφορίας για το δίκτυο, β) να αποτυπωθεί ο τρόπος που υποστηρίζεται το νοητικό έργο των χειριστών και για τα τρία επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς, καθώς και οι εναλλαγές μεταξύ αυτών, στο πλαίσιο κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας του δικτύου, και γ) να διερευνηθούν συγκριτικά, οι τρέχουσες πρακτικές εργασίας με τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, σε σχέση με αυτές που αναμένεται να αναπτύξουν οι χειριστές με τον οικολογικό διαμεσολαβητή.

Η παρούσα διατριβή, υλοποιώντας τους στόχους που είχαν τεθεί αρχικά, συμβάλει στα ακόλουθα (Κεφάλαιο 11):

α) Η επιλογή, προσαρμογή, και συνδυαστική εφαρμογή, μεθοδολογικών πλαισίων, εργαλείων, και τεχνικών, εμπλουτίζει τη Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων με στοιχεία κατάλληλα για τη χρήση της, στο σχεδιασμό παρεμβάσεων σε μεγάλης κλίμακας συστήματα, τα οποία υπόκεινται σε συνεχείς αλλαγές.

β) Η επίτευξη βασικών στόχων του οικολογικού σχεδιασμού συνδέεται με τα εργαλεία της «Ιεραρχικής Αφαίρεσης – Διάσπασης» και «Ταξινόμησης της Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις». Η αναλυτική τεκμηρίωση της αξιοποίησης τους κατά την ανάλυση, το σχεδιασμό, και την αξιολόγηση, με τρόπους που διαφοροποιούνται από τη συνήθη πρακτική στη βιβλιογραφία, αναδεικνύει επιπλέον δυνατότητες εφαρμογής τους, επεκτείνοντας την υπάρχουσα γνώση.

γ) Η συμμετοχή των εργαζομένων στην ανάλυση και το σχεδιασμό με κατάλληλα επιλεγμένες τεχνικές, προκειμένου να αξιοποιηθεί η προϋπάρχουσα γνώση τους για το σύστημα εργασίας και οι δεξιότητές τους, μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα για μελλοντικές ερευνητικές μελέτες, αλλά και για τη βιομηχανική πράξη.

δ) Ο τρόπος τεκμηρίωσης του σχεδιασμού, συμβάλει στη συστηματοποίηση της «διαδικασίας σηματολογικής αποτύπωσης» για την ανάπτυξη προηγμένων απεικονίσεων στα ηλεκτρικά δίκτυα. Το πρωτότυπο Σύστημα Συμβόλων (π.χ. «Σημίες Διασύνδεσης»), Σχισιακών Γεωμετρικών Δομών Απεικόνισης (π.χ. «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο»), Συναθροιστικών Δομών Απεικόνισης (π.χ. «Πίνακας Συνδεσιμότητας»), Οθονών, Θεάσεων, και Παραθύρων (π.χ. «Παράθυρο Ισχύος-θερμοκρασίας», «Παράθυρο Αναγγελιών») του διαμεσολαβητή «PIGMENTUM», μπορεί να λειτουργήσει ως πρότυπο κατά το σχεδιασμό διαμεσολαβητών ηλεκτρικών δικτύων, καθώς και άλλων κρίσιμων υποδομών που διέπονται από παρεμφερείς αρχές λειτουργίας και ελέγχου.

Μελλοντικά βήματα περιλαμβάνουν: α) την εμπειρική αξιολόγηση του διαμεσολαβητή σε περιβάλλον προσομοίωσης, και β) τη συγκριτική αξιολόγηση του με βιομηχανικούς διαμεσολαβητές, βάσει ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων απόδοσης, αλλά και κρίσιμων παραμέτρων υποστήριξης του νοητικού έργου. Τέλος, τα αποτελέσματα των επιμέρους σταδίων της ανάλυσης και του σχεδιασμού, μπορούν να αξιοποιηθούν μελλοντικά για το σχεδιασμό με μία ενιαία φιλοσοφία και άλλων στοιχείων του περιβάλλοντος ελέγχου (σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, αυτοματισμοί, συναγερμοί, πρόγραμμα εκπαίδευσης, κλπ), προκειμένου ο οικολογικός διαμεσολαβητής να αποδώσει το μέγιστο της δυναμικής του.

Λέξεις κλειδιά: Εργονομία, Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων, Οικολογικός Σχεδιασμός Διαμεσολαβητών, Εθνογραφική Ανάλυση, Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, Συμμετοχικός Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Πρωτότυπων, Αναλυτική Αξιολόγηση Νοητικής Υποστήριξης, Ηλεκτρικά Δίκτυα, Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας, Τεχνολογικές και Οργανωτικές Αλλαγές, Διαταραχές Λειτουργίας.

Abstract

The subject of the doctoral thesis is the analysis, design, and evaluation of a Prototype Interface for electric network supervision and control, with Cognitive Systems Engineering (CSE) approach, and more specifically with Ecological Interface Design philosophy. At a theoretical level, the doctoral thesis aimed at generating knowledge about the suitability and effectiveness of ecological design in a domain that has not been tested before. It also aimed at enhancing knowledge on how to integrate in the interface design process, the technological and organizational changes that are in progress in the work system, through the CSE approach. On a practical level, the doctoral thesis aimed at designing an ecological interface that will effectively support operators' cognitive work, especially during critical operational conditions (e.g. high energy demand periods, timeframes before and after a blackout event) when industrial interfaces designed with conventional approaches, exhibit inefficiencies (Chapter 1).

Cognitive Systems Engineering combines Systems Engineering, Cognitive Science, and Ergonomics. CSE approaches all the phenomena emerging at the meeting point of people, technology, and work, while it also deals with the analysis of organizational issues of work. CSE has specialized frameworks, methods, and tools that are suitable for implementing interventions and solving real design problems in complex sociotechnical systems in a way that is compatible with the cognitive and physical capabilities and limitations of the people who manage them (Chapter 2).

Energy Management Systems interfaces are cognitive artifacts which serve the preservation, display, and management of information, and must be designed so that they suitably support complex cognitive activities of operators. From analyses of past blackouts in Greece and in other countries, it has been found that specific incorrect operations are directly correlated with how information about the network and the control system is displayed in the interface. The conventional approaches to interface design adopt the "single sensor-single indicator" architecture, where information about each supervised operating parameter is presented as an independent value in the interface.

The ecological approach to interface design (Chapter 3) recommends: a) the presentation of the visible and invisible relationships (physical, topological, functional) of the supervised technological system and the control system, b) the mapping of operational principles, priorities, and objectives of the overall system, c) the presentation of system information at different levels of detail, through representations that can be integrated across the time and space dimension, and through visual forms that allow integration and separation of information by the operator. With the support of ecological interfaces, operators can create valid and effective mental models for system operation, and manage appropriately familiar as well as unfamiliar situations for which they have no prior experience.

In electric networks, unfamiliar situations are more likely to appear before or after major disturbances (Chapter 4), which are affected by factors that shape dynamically the operational context (i.e. weather conditions, external incidents, transnational interconnections, power market regime, availability of energy sources, supervisory control equipment and instrumentation). Because of the physical socio-technical evolution of grids, and because of targeted actions performed to compensate factors triggering disturbances, major organizational changes (e.g. in responsibilities of energy institutions) and technological changes (e.g. transition from traditional physical interfaces to contemporary electronic interfaces, smart grid applications) are implemented in electric networks and control rooms (Chapter 5). Those changes transform the organization of work, operators' cognitive work and collaborations, and affect operators' performance and operations safety.

Operation and restoration of electric networks in a deregulated environment, demands more active control at distribution level, and suitable design of Distribution Management Systems that support operators work. Motivated by the aforementioned changes and challenges (Chapter 6), the doctoral thesis focused on the development of an ecological interface for a medium voltage distribution network, through an integral cognitive engineering cycle that involves Ethnographic Analysis, Cognitive Work Analysis, Prototypes Design, and Analytical Evaluation.

Ethnographic Analysis (Chapter 7) was performed in order to study the technical and social aspects of work, and obtain knowledge about: the operation and cooperation rules, the workers-cognitive artifacts coupling, the assimilation of former technological and organizational changes. Information about the work system which was collected with diverse methods and techniques (systematic observations, interviews, study of the working language and the symbolic system for information codification, etc.) contributed to the analysis of: workers cognitive and cooperative work in the context of routine and critical operational conditions, the distributed cognitive system, work practices during familiar and unfamiliar situations, as well as the interventions performed by the operators on traditional artifacts (Mimic Diagram, Transformer Diagram, Control Panel, Control Desk, etc) and procedures, in order to better support their work. Ethnographic analysis revealed good information representation practices, and pointed at critical design directions.

Cognitive Work Analysis (Chapter 8) was performed in order to define the requirements for operators' cognitive support, and explore the consequences of the implemented technological and organizational changes. First a primary "Abstraction Hierarchy model" of the technological system was developed. Then, multiple "Abstraction –Decomposition Models" (Model of energy stakeholders, Model of operational subsectors, Model of cooperating control rooms, Model of operator-external crew cooperation, Model of transformer structure, Model of supervisory control systems) were developed, mapping out different views and aspects of work system operation and structure that determine activity in the domain. The models depict both causal and intentional characteristics of domain operations (e.g. electrification priorities for specific customers), as well as specific information regarding actual operation of equipment (e.g. Nominal- Real- and

Context- related operational limits). Context-aware Activity Analysis followed, based on real incidents analysis on suitably selected Models, in the light of four work parameters (control tasks, strategies, social organization of cooperation, individual factors). Integration of detailed requirements defined by the four analysis stages, produced design specifications for operators support under critical operational conditions which are cognitively more demanding.

Prototypes Design (Chapter 9), started with existing prototypes, proceeded with paper prototypes, and completed with electronic prototypes, while exploring the impact of alternative design solutions on operators cognitive and cooperative work. The "Semantic Mapping" process was presented in detail at each design phase, defining which requirements and specifications (extracted from Ethnographic and Cognitive Work Analysis) were "translated" to specific design solutions, through an appropriate coupling of ecological design principles with other principles, techniques, and templates. It has also been determined how the pre-existing representation forms and operators' interventions on the traditional artifacts are utilized in the design, through appropriate adaptation.

Analytical Evaluation (Chapter 10) of the final prototype of "PIGMENTUM" ecological interface was done with the "Skills-, Rules-, and Knowledge-based taxonomy" of cognitive behavior in order to: a) to see if the design goals are fulfilled and how the new semantic structures that are introduced into the information representation system for the network can work, b) to illustrate the way in which operators cognitive work is supported for all three levels of cognitive behavior, as well as for the shifts between them, under critical operational conditions of the network, c) to investigate comparatively current working practices with the traditional interface in relation to those expected to be developed by operators with the ecological interface.

By accomplishing the initially set objectives, the doctoral thesis contributes to all of the following (Chapter 11):

- a) The selection, adaptation, and combinatorial application of methodological frameworks, tools, and techniques, enriches CSE with elements appropriate for its use in designing interventions on large-scale systems that are subject to constant change.
- b) The achievement of key ecological design goals is linked to "Abstraction Decomposition Hierarchy" and Skills-, Rules-, and Knowledge-based taxonomy" tools. Analytical documentation of their use in analysis, design, and evaluation, in ways that differ from usual practice in literature, highlights further possibilities for their application, expanding existing knowledge.
- c) Employee involvement in analysis and design with appropriately selected techniques, to exploit their pre-existing knowledge of the work system and their skills, can serve as a model for future research studies and for industrial practice.
- d) The way design was documented contributes to the systematization of the "semantic mapping process" for the development of advanced representations for electric networks. The developed prototype System of Symbols (e.g. "Connectivity Flags"), Relational Geometric Representation Forms ("Transforming Trapezoid"), Aggregate Representation Structures (e.g. "Connectivity Matrix"), Screens, Views, Windows (e.g. "Power-Temperature Window", "Notification Window") of "PIGMENTUM" interface, can act as a model when designing interfaces for electric networks and other critical infrastructures that are governed by similar control principles.

Future steps include: a) empirical evaluation of the interface in a simulation environment, and b) comparative evaluation against industrial interfaces, based on quantitative and qualitative performance measures as well as on critical parameters of cognitive support.

Finally, the results of the individual stages of analysis and design can be used in the future to apply Integrated Systems Design (i.e. design with a unified philosophy all the elements of the control environment: decision support systems, automation, alarms, training programs, etc.) in order to maximize the impact of ecological interface design.

Keywords: Ergonomics, Cognitive Systems Engineering, Ecological Interface Design, Ethnographic Analysis, Cognitive Work Analysis, Participatory Design and Prototyping, Semantic Mapping, Analytical Evaluation of Cognitive Support, Abstraction –Decomposition Hierarchy, Skills-, Rules-, and Knowledge- based Taxonomy, Electric networks, Energy Management Systems, Technological and Organizational Changes, Disturbances and Blackouts.

Πρόλογος

Με αφορμή την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τους ανθρώπους με τους οποίους συνεργάστηκα κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της.

Από το πεδίο μελέτης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους μηχανικούς, τους χειριστές, και το λοιπό προσωπικό του Κέντρου Ελέγχου Δικτύων Διανομής Αθηνών της Διεύθυνσης Περιφέρειας Αττικής της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού, για την παραγωγική συνεργασία που είχαμε, τόσο κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των συστηματικών παρατηρήσεων στις αίθουσες ελέγχου, όσο και κατά τη διάρκεια της ανάλυσης και του σχεδιασμού, καθώς παρείχαν ανάδραση που υπήρξε σημαντική για τη διαμόρφωση του τελικού σχεδιαστικού αποτελέσματος.

Από την ακαδημαϊκή κοινότητα, θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής. Τον Καθηγητή Νίκο Μαρμαρά, επιβλέποντα της παρούσας διατριβής, για τη δημιουργική συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της, και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον ερευνητικό αντικείμενο. Τον Ομότιμο Καθηγητή Ιωάννη Παππά, και τον Καθηγητή Θωμά Κοντογιάννη, για τα εποικοδομητικά σχόλια που έκαναν κατά την παρουσίαση των ενδιάμεσων και τελικών αποτελεσμάτων της διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη του Διδακτικού Εκπαιδευτικού Προσωπικού και τους συναδέλφους, που δραστηριοποιούνται σε ακαδημαϊκούς και επαγγελματικούς χώρους σε συναφή αντικείμενα, για τις ενδιαφέρουσες συζητήσεις που κάναμε πάνω σε ζητήματα υλοποίησης και εφαρμογής της έρευνας μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συγγενείς και φίλους που συνέβαλαν στη διαχείριση πρακτικών ζητημάτων που συνδέονταν με την υλοποίηση της παρούσας διατριβής.

Περιεχόμενα

Περίληψη	i
Abstract	iii
Πρόλογος.....	v
Περιεχόμενα	1
Συνοπτομογραφίες.....	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.1 Αντικείμενο Έρευνας	11
1.1.1 Θεωρητικό Πλαίσιο	11
1.1.2 Πεδίο Εφαρμογής	12
1.1.3 Ερευνητικοί στόχοι	13
1.2 Διαφοροποίηση από Συμβατικές Προσεγγίσεις Σχεδιασμού	13
1.2.1 Νοητική Υποστήριξη για Οικείες και μη- Οικείες καταστάσεις.....	14
1.2.2 Επίπεδο εμπειρίας εργαζομένων	15
1.2.3 Απεικόνιση πληροφορίας	15
1.3 Ερευνητικές Προκλήσεις	16
1.4 Υλοποίηση.....	17
1.4.1 Περιοχή Έρευνας και Περιοχή Σχεδιασμού.....	18
1.4.2 Εξειδίκευση στις περιοχές ενδιαφέροντος.....	18
1.5 Διάρθρωση της διατριβής.....	19
2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΓΝΩΣΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	25
2.1 Σχεδιασμός Συστημάτων.....	25
2.2 Οπτική της Εργονομίας.....	26
2.3 Προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων	28
2.3.1 Συστήματα εργασίας.....	29
2.3.2 Θεωρητικά Πλαίσια- Μέθοδοι-Εργαλεία	31
2.3.3 Επιλογή και Εφαρμογή	33
2.4 Γνωσιακά Τεχνήματα	35
2.4.1 Απεικόνιση Δεδομένων-Πληροφορίας-Γνώσης.....	37
2.4.2 Αλληλεπίδραση Πράκτορα- Τεχνητάτος	39
2.4.3 Κύκλος Γνωσιακού Σχεδιασμού	40
2.4.4 Εξελικτικός σχεδιασμός τεχνημάτων	42
2.5 Πλεονεκτήματα Σχεδιαστικής Προσέγγισης	43
2.6 Προκλήσεις εφαρμογής.....	45
2.6.1 Αξιοποίηση θεωρητικών εργαλείων	45
2.6.2 Επίλυση πραγματικών προβλημάτων	46
2.6.3 Σχεδιασμός & Ανασχεδιασμός Συστημάτων	46
2.6.4 Ρόλος του Γνωσιακού Μηχανικού	47
2.6.5 Τεκμηρίωση της Αποτελεσματικότητας	47
3. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΑΜΕΣΟΛΑΒΗΤΕΣ.....	51
3.1 Εποπτεία & έλεγχος πολύπλοκων συστημάτων.....	51

3.1.1 Μη-αναμενόμενες και μη-οικείες καταστάσεις	51
3.1.2 Συστήματα αυτοματισμών	52
3.1.3 Ανθρώπινα λάθη	52
3.1.4 Νοητικά Μοντέλα.....	53
3.2 Οικολογική Προσέγγιση στο σχεδιασμό διαμεσολαβητών	54
3.3 Θεμελιώδη Εργαλεία Μοντελοποίησης.....	55
3.3.1 Ιεραρχική Αφαίρεση – Διάσπαση	55
3.3.2 Συμπεριφορά Βασισμένη σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις.....	57
3.4 Μεθοδολογικό Πλαίσιο για μεγάλης κλίμακας συστήματα	58
3.5 Σημσιολογική Αποτύπωση	60
3.6 Φορμαλισμοί Απεικόνισης Πληροφορίας.....	60
3.6.1 Διαχωρισμένα-Ενοποιημένα-Αναδυόμενα Χαρακτηριστικά	62
3.6.2 Αρχές οργάνωσης και μορφοποίησης πληροφορίας	62
3.7 Εφαρμογή και Επέκταση του πλαισίου.....	63
4. ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	67
4.1 Αστοχίες και Κίνδυνοι σε Κρίσιμες Υποδομές	67
4.2 Σημασία των Ηλεκτρικών Δικτύων	67
4.3 Διαταραχές Λειτουργίας	68
4.3.1 Μπλακάουτ στην Αμερική	70
4.3.2 Διερεύνηση συμβάντων στην Αμερική	70
4.3.3 Μπλακάουτ στην Ελλάδα.....	71
4.3.4 Διερεύνηση συμβάντων στην Ελλάδα	73
4.4 Διαχείριση και Αποκατάσταση Διαταραχών	74
4.5 Παράγοντες Εκδήλωσης- Αντιμετώπισης Διαταραχών	75
4.5.1 Καιρικές Συνθήκες	76
4.5.2 Εξωγενή Φαινόμενα	76
4.5.3 Οργάνωση της αγοράς ενέργειας και αρμοδιότητες θεσμικών φορέων	77
4.5.4 Διακρατικές Συνδέσεις.....	78
4.5.5 Διαθεσιμότητα ενεργειακών πόρων και μονάδων	80
4.5.6 Εξοπλισμός Εποπτείας Δικτύων	81
4.6 Απεικόνιση πληροφορίας για το δίκτυο	82
4.7 Χειριστές του Συστήματος	83
5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΙΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	87
5.1 Υλοποίηση Συστημικών αλλαγών	87
5.2 Οργανωτικές Αλλαγές.....	88
5.3 Τεχνολογικές Αλλαγές στους Διαμεσολαβητές.....	89
5.3.1 Μετάβαση από τα Παραδοσιακά στα Ψηφιακά Τεχνήματα	91
5.4 Εξέλιξη των Συστημάτων Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων.....	92
5.5 Εξέλιξη των τεχνικών απεικόνισης πληροφορίας.....	93
5.5.1 Πίνακες Δεδομένων.....	93
5.5.2 Διαγράμματα Τάσεων.....	94

5.5.3 Μονογραμμικά Διαγράμματα	94
5.5.4 Προειδοποιήσεις και Συναγερμοί.....	97
5.6 Εργονομική προσέγγιση του περιβάλλοντος εποπτείας δικτύων	98
5.7 Σχεδιασμός Εξειδικευμένων Συστημάτων Διαχείρισης.....	100
6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΣΟΛΑΒΗΤΗ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΕΩΣ	105
6.1 Αλλαγές και Ευκαιρίες στα Δίκτυα Διανομής Μέσης Τάσεως.....	105
6.2 Ενσωμάτωση αλλαγών στο σχεδιασμό	106
6.3 Συμμετοχή εργαζομένων στο σχεδιασμό	107
6.4 Κλίμακα σχεδιασμού ενός «μεταβατικού» πειραματικού κόσμου	108
6.5 Στάδια Γνωσιακού Σχεδιασμού του Οικολογικού Διαμεσολαβητή.....	109
6.5.1 Εθνογραφική Ανάλυση	109
6.5.2 Ανάλυση Νοητικής Εργασίας.....	112
6.5.2.1 Μοντέλα του πεδίου	113
6.5.2.2 Πλαισιοθετημένη Ανάλυση Δραστηριότητας.....	113
6.5.3 Σχεδιασμός πρωτοτύπων	114
6.5.4 Αξιολόγηση Οικολογικού Διαμεσολαβητή PIGMENTUM	117
7. ΕΘΝΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	121
7.1 Υλοποίηση.....	122
7.1.1 Τόπος διεξαγωγής.....	122
7.1.2 Συμμετέχοντες Εργαζόμενοι.....	122
7.1.3 Προπαρασκευή.....	123
7.1.4 Συστηματικές παρατηρήσεις	123
7.1.5 Ελεύθερες και Δομημένες συνεντεύξεις.....	124
7.1.6 Ανάλυση Χρήσης Τεχνημάτων.....	124
7.1.7 Γλώσσα Εργασίας	125
7.1.8 Συνθήκες Λειτουργίας Ειδικού Ενδιαφέροντος.....	126
7.1.9 Μέθοδος Συλλογής Δεδομένων	128
7.2 Περιγραφή του Πεδίου	129
7.2.1 Δίκτυο Διανομής Μέσης Τάσεως Αθηνών.....	129
7.2.2 Αίθουσα ελέγχου διανομής	131
7.2.3 Διαμεσολαβητής Συστήματος Ελέγχου	132
7.3 Έργο χειριστών και χρήση τεχνημάτων	134
7.3.1 Νοητικό έργο σε Συνήθεις και Κρίσιμες Συνθήκες.....	134
7.3.2 Συνεργατικό Έργο σε Συνήθεις και Κρίσιμες Συνθήκες.....	135
7.3.3.1 Εντός της Αίθουσας ελέγχου	136
7.3.3.2 Μεταξύ των Αιθουσών ελέγχου	137
7.3.3 Καταναμημένο Γνωσιακό Σύστημα.....	138
7.3.4 Πρακτικές Εργασίας	139
7.3.4.1 Εποπτεία	139
7.3.4.2 Διάγνωση	140
7.3.4.3 Έλεγχος	141

7.3.5 Παρεμβάσεις χειριστών σε τεχνήματα και διαδικασίες.....	141
7.3.5.1 Προσθήκες	141
7.3.5.2 Προσαρμογές.....	143
7.3.5.3 Αποκλίσεις.....	144
8. ΑΝΑΛΥΣΗ ΝΟΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	149
8.1 Μοντελοποίηση του Συστήματος Εργασίας	150
8.1.1 Διαμόρφωση Βασικού Μοντέλου	150
8.1.2 Μοντέλο Τεχνολογικού Συστήματος Δικτύου	151
8.1.2.1 Λειτουργικού Σκοπού.....	153
8.1.2.2 Αφηρημένης Λειτουργίας	153
8.1.2.3 Γενικής Λειτουργίας.....	154
8.1.2.4 Φυσικής Λειτουργίας.....	154
8.1.2.5 Φυσικής Μορφής.....	155
8.1.3 Πολλαπλά Μοντέλα Διάσπασης	156
8.1.4 Μοντέλο Ενεργειακών Θεσμικών Φορέων.....	156
8.1.5 Μοντέλο Υποτομέων	158
8.1.6 Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών Ελέγχου	159
8.1.7 Μοντέλο Συνεργασίας Χειριστών-Συνεργείων.....	161
8.1.8 Μοντέλο Δομής Μετασχηματιστών	162
8.1.9 Μοντέλο Τεχνολογικών Συστημάτων Εποπτείας και Ελέγχου Δικτύου.....	163
8.1.10 Αξιολόγηση και αξιοποίηση των Μοντέλων	165
8.2 Πλαισιοθετημένη Ανάλυση Δραστηριότητας.....	165
8.2.1 Επεξεργασία και Κωδικοποίηση Περιστατικών	166
8.2.2 Καθήκοντα Ελέγχου.....	166
8.2.2.1 Ανάλυση Περιστατικών I.....	167
8.2.2.2 Βασικά Καθήκοντα.....	168
8.2.2.3 Απαιτήσεις Σχεδιασμού I.....	169
8.2.3 Στρατηγικές	170
8.2.3.1 Ανάλυση περιστατικών II	170
8.2.3.2 Επιλογή και εναλλαγή Στρατηγικών.....	172
8.2.3.3 Ρόλος του διαθέσιμου τεχνολογικού εξοπλισμού.....	172
8.2.3.4 Απαιτήσεις Σχεδιασμού II.....	173
8.2.4 Κοινωνική Οργάνωση Συνεργασιών	174
8.2.4.1 Ανάλυση περιστατικών III.....	174
8.2.4.3 Σημασία της κατανομής αρμοδιοτήτων εποπτείας και ελέγχου	177
8.2.4.4 Απαιτήσεις Σχεδιασμού III.....	177
8.2.5 Ατομικοί Παράγοντες	177
8.2.5.1 Σημαντικές Κατηγορίες Παραγόντων	178
8.2.5.2 Ανάλυση Περιστατικών IV.....	179
8.2.5.3 Λειτουργία στα Επίπεδα Νοητικής Συμπεριφοράς.....	181
8.2.5.4 Απαιτήσεις Σχεδιασμού IV	181

8.3 Σύζευξη Απαιτήσεων Σχεδιασμού.....	183
9. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ	187
9.1 Προδιαγραφές Σχεδιασμού για Κρίσιμες Συνθήκες Λειτουργίας.....	188
9.2 Οριοθέτηση Πειραματικού Πρωτοτύπου	190
9.3 Υπάρχοντα τεχνήματα	191
9.3.1 Μονάδες Απεικόνισης & Διάδρασης.....	191
9.3.2 Συμβολικό Σύστημα & Κωδικοποίηση Ιδιοτήτων	192
9.4 Πρωτότυπα σε χαρτί	194
9.4.1 Χρωματική ταυτότητα.....	194
9.4.2 Εστιασμένη Θέαση Γραμμών–Σημείες Συνδεσιμότητας.....	195
9.4.3 Συνοπτική Θέαση Μετασχηματιστών	197
9.5 Ηλεκτρονικά πρωτότυπα.....	198
9.6 Μιμικό Διάγραμμα	199
9.7 Οθόνη Αναγγελιών	201
9.8 Οθόνη Εποπτείας	203
9.8.1 Παράθυρο Εποπτείας Μετασχηματιστή	203
9.8.1.1 Επίπεδο Γραμμών.....	204
9.8.1.2 Επίπεδο Ζυγών	207
9.8.1.3 Επίπεδο Μετασχηματιστή.....	208
9.8.2 Παράθυρο Ισχύος–Θερμοκρασίας.....	211
9.8.3 Παράθυρο Παράλληλης Λειτουργίας	213
9.8.4 Παράθυρο Ρύθμισης ΣΑΤΥΦ	213
9.8.5 Παράθυρο Τροποποιήσεων Διακοπών.....	213
9.9 Οθόνη Ελέγχου.....	214
9.9.1 Παράθυρο Ελέγχου Μετασχηματιστή.....	215
9.9.2 Παράθυρο Αναγγελιών	216
9.9.3 Παράθυρο Σταδίων Απόρριψης	216
9.10 Νέο Περιβάλλον Διάδρασης.....	217
10. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΑΜΕΣΟΛΑΒΗΤΗ	221
10.1 Διαμεσολαβητής «PIGMENTUM».....	222
10.2 Διαδικασία Αξιολόγησης	223
10.3 Υποστήριξη της Συμπεριφοράς βασισμένης σε Επιτηδειότητες (ΣΒΕ)	224
10.3.1 Διάδραση με την πληροφορία και τις λειτουργίες του συστήματος.....	224
10.3.2 Σύγκριση Παραδοσιακού & Οικολογικού Διαμεσολαβητή για τη ΣΒΕ.....	226
10.4 Υποστήριξη της συμπεριφοράς βασισμένης σε κανόνες (ΣΒΚ).....	228
10.4.1 Απεικόνιση κανόνων-προτεραιοτήτων - παροχών του συστήματος.....	228
10.4.2 Διευκολύνοντας τις πρακτικές των χειριστών	229
10.4.3 Διαχείριση περιστατικού υιοθετώντας ΣΒΚ.....	230
10.4.4 Σύγκριση Παραδοσιακού & Οικολογικού Διαμεσολαβητή για τη ΣΒΚ.....	232
10.5 Υποστήριξη της συμπεριφοράς βασισμένης σε γνώσεις (ΣΒΓ)	236
10.5.1 Αποτύπωση πλαισίου λειτουργίας και θεμελιωδών σχέσεων του συστήματος.....	236

10.5.2 Διαχείριση περιστατικού υιοθετώντας ΣΒΓ	238
10.5.3 Σύγκριση Παραδοσιακού & Οικολογικού Διαμεσολαβητή για τη ΣΒΓ	239
10.6 Εναλλαγές Νοητικής Συμπεριφοράς.....	243
10.7 Παραδοσιακό και Οικολογικό Περιβάλλον Διάδρασης.....	245
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	249
11.1 Πρωτοτυπία.....	249
11.2 Συμβολή.....	250
11.3 Αξιοποίηση Αποτελεσμάτων Ανάλυσης και Σχεδιασμού.....	253
11.3.1 Δυνατότητες Διαμεσολαβητή	253
11.3.2 Επέκταση του Σχεδιασμού	255
11.4 Μελλοντικά Βήματα	257
11.4.1 Αξιολόγηση σε Περιβάλλον Προσομοίωσης.....	258
11.4.2 Συγκριτική Αξιολόγηση Οικολογικού και Βιομηχανικών Διαμεσολαβητών.....	259
11.5 Εφαρμογή στο Βιομηχανικό Σχεδιασμό.....	259
11.5.1 Συμβολή του Γνωσιακού Μηχανικού	260
11.5.2 Οφέλη και Κόστη Εφαρμογής της ΜΓΣ στη Βιομηχανία	260
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	265

Συντομογραφίες

Σ1.Θεωρητικό Πλαίσιο

Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων (ΜΓΣ)
Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (ΑΝΕ)
Ιεραρχική Αφαίρεση (ΙΑ)
Ιεραρχική Αφαίρεση Διάσπαση (ΙΑΔ)
Συμπεριφορά βασισμένη σε Επιτηδειότητες (ΣΒΕ)
Συμπεριφορά βασισμένη σε Κανόνες (ΣΒΚ)
Συμπεριφορά βασισμένη σε Γνώσεις (ΣΒΓ)

Σ2.Ηλεκτρικά δίκτυα

Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ)
Δημόσια επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ)
Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ)
Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ)
Εθνικό Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας (ΕΚΕΕ)
Ελληνικό Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ)
Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ)
Ένωση για το Συντονισμό Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (UCTE -Union for the Coordination of the Transmission of Electricity)
Ευρωπαϊκό Δίκτυο Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ENTSO-E European Network of Transmission System Operators for Electricity).
Κέντρο Διανομής (ΚΔ)
Κέντρο Ελέγχου Δικτύου Διανομής (ΚΕΔΔ)
Κέντρου Ελέγχου Επιχειρήσεων (ΚΕΕ)
Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΓΗΕ)
Μέση τάση (ΜΤ)
Μετασχηματιστής (ΜΣ)
Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)
Σύστημα Αλλαγής τάσεως Υπό Φορτίο (ΣΑΤΥΦ)
Σύστημα Τηλεέγχου και Διαχείρισης Ενέργειας (ΣΤΗΔΕ)
Τηλεχειριζόμενος Υποσταθμός (ΤΧ ΥΣ)
Υποσταθμός (ΥΣ)
Υψηλή Τάση (ΥΤ)
Χαμηλή τάση (ΧΤ)

Σ3. Τεχνολογίες Εποπτείας και Ελέγχου

Απομακρυσμένες τερματικές μονάδες (Remote Terminal Units – RTUs)
Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS)
Κεντρική τερματική μονάδα (Master Terminal Unit – MTU)
Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών (Programmable Logic Controllers - PLC)
Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (Energy Management Systems-EMS)
Συστήματα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA)
Συστημάτων Διαχείρισης Δικτύων Διανομής (Distribution Management Systems)

Σ4. Διαμεσολαβητής

Παράθυρο Ελέγχου (ΠΕΛ)

Παράθυρο Εποπτείας (ΠΕΠ)

Παράθυρο Εποπτείας -Επίπεδο Γραμμών (ΠΕΠ-Γ)

Παράθυρο Εποπτείας-Επίπεδο Ζυγών (ΠΕΠ-Z)

Παράθυρο Εποπτείας-Επίπεδο Μετασχηματιστή (ΠΕΠ - ΜΣ)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο Έρευνας

Αντικείμενο της παρούσας διατριβής αποτέλεσε η ανάλυση, ο σχεδιασμός, και η αξιολόγηση ενός Πρότυπου Διαμεσολαβητή Εποπτείας και Διαχείρισης Ηλεκτρικού Δικτύου διανομής μέσης τάσης, με την Προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, και ειδικότερα με τη φιλοσοφία του οικολογικού σχεδιασμού διαμεσολαβητών.

1.1.1 Θεωρητικό Πλαίσιο

Οι διαμεσολαβητές των συστημάτων διαχείρισης ενέργειας στις αίθουσες ελέγχου αποτελούν γνωσιακά τεχνήματα, που υποστηρίζουν το φυσικό και νοητικό έργο της διάδρασης των χειριστών με τα απομακρυσμένα ηλεκτρικά δίκτυα. Τα γνωσιακά τεχνήματα είναι τεχνητά εργαλεία (artificial devices) τα οποία έχουν σχεδιασθεί για τη διατήρηση, απεικόνιση, και διαχείριση πληροφορίας, προκειμένου να εξυπηρετηθούν λειτουργίες αναπαράστασης (Norman, 1991). Ο τρόπος που αντιλαμβάνεται και χρησιμοποιεί ένας άνθρωπος ένα τέχνημα ποικίλει ανάλογα με τη φύση του καθήκοντος, το επίπεδο εμπειρίας και τις δεξιότητες του (Bodker, 1989). Ο σχεδιασμός ενός τεχνήματος και οι ιδιότητες του, επηρεάζουν τον τρόπο που ο άνθρωπος εκτελεί συγκεκριμένα καθήκοντα χρησιμοποιώντας το. Όταν η δομή απεικόνισης και επεξεργασίας πληροφορίας που υποστηρίζει ένα τέχνημα, συνδυαστεί κατάλληλα με το καθήκον και τον τρόπο νοητικής επεξεργασίας των ανθρώπων, τότε το αποτέλεσμα είναι η επέκταση και ενίσχυση των νοητικών-γνωσιακών δυνατοτήτων του συνολικού συστήματος άνθρωπος-καθήκον-τέχνημα.

Δεδομένου ότι οι τεχνολογίες αναπαράστασης πληροφορίας στοχεύουν στο να βελτιώσουν την ακρίβεια, την αξιοπιστία, και την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών εργασίας, η ανάπτυξη κατάλληλων τεχνικών απεικόνισης πληροφορίας είναι σκόπιμο να βασίζεται στην κατανόηση των δραστηριοτήτων εργασίας, και των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι επαγγελματίες κατά την εποπτεία και διαχείριση των ηλεκτρικών δικτύων. Τόσο στην εξέλιξη και βελτίωση καθιερωμένων τεχνικών απεικόνισης, όσο και στην ανάπτυξη νέων τεχνικών, η οπτική της εργονομίας διαπιστώνεται μέσα από μελέτες ότι παίζει σημαντικό ρόλο (Krost et al., 2003, Soonee et al., 2006, Kang & Park, 2010), οριοθετώντας μία σύγχρονη περιοχή έρευνας, που συγκεντρώνει θεωρητικό και πρακτικό ενδιαφέρον.

Η Εργονομία (Ergonomics, Human Factors) αποτελεί επιστημονική περιοχή που ασχολείται με τη μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ανθρώπων και των λοιπών στοιχείων ενός συστήματος, και στοχεύει στο να βελτιστοποιήσει κάθε συνιστώσα της ανθρώπινης δραστηριότητας (φυσική, νοητική, ψυχική, κοινωνική- πολιτισμική) μέσα στο σύστημα εργασίας. Η Γνωσιακή Εργονομία (Cognitive Ergonomics), αποτελεί υποπεριοχή της Εργονομίας (Ergonomics), που εστιάζει στις νοητικές πλευρές της εργασίας, όπως αυτές διαμορφώνονται μέσα από την αλληλεπίδραση των ανθρώπων με τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος.

Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων (Cognitive Systems Engineering), αποτελεί εξειδίκευση της Γνωσιακής Εργονομίας, η οποία ενοποιώντας έννοιες μοντελοποίησης από την μηχανική, την ψυχολογία, τις γνωσιακές επιστήμες, τις επιστήμες της πληροφορίας και την επιστήμη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, παρέχει ένα πιο ευρύ και δυναμικό πλαίσιο θεώρησης των νοητικών διαδικασιών του ανθρώπου. Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων συνδυάζει κατάλληλα, τις θεωρητικές αρχές και τα εργαλεία ανάλυσης και σχεδιασμού, που απαιτούνται για την υλοποίηση ολοκληρωμένων παρεμβάσεων και την επίλυση πραγματικών προβλημάτων σχεδιασμού, σε πολύπλοκα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα. Παρότι η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα στον τρόπο προσέγγισης της νοητικής εργασίας και των νοητικών εργαλείων, δεν έχει καθιερωθεί ακόμη η εφαρμογή της με συστηματικό τρόπο στο βιομηχανικό σχεδιασμό.

Η οικολογική προσέγγιση στο σχεδιασμό συστημάτων, είναι κατάλληλη για συστήματα όπου οι χειριστές πρέπει να διαχειριστούν το σύστημα μέσα από την οπτική των στόχων του, με τρόπο συμβατό με το φυσικό, τεχνολογικό, και κοινωνικο-οργανωτικό περιβάλλον του συστήματος (Burns, 2000). Ο Οικολογικός Σχεδιασμός Διαμεσολαβητών (Ecological Interface Design), αποτελεί ένα παράδειγμα εφαρμογής του πλαισίου της οικολογικής προσέγγισης στο σχεδιασμό συστημάτων, που είναι εστιασμένο στο σχεδιασμό διαμεσολαβητών ανθρώπου- μηχανής για πολύπλοκα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα, στα οποία οι χειριστές έρχονται αντιμέτωποι με μη-οικεία ή μη-αναμενόμενα περιστατικά.

Η ιδέα του Οικολογικού Σχεδιασμού Διαμεσολαβητών εισήχθη από τους Rasmussen and Vicente το 1989. Ο όρος οικολογικός υιοθετήθηκε καθώς βασίζεται στην ιδέα της «οικολογίας» στη διαμόρφωση της ανθρώπινης αντίληψης του Gibson (1979), και εστιάζει στην κατανόηση των νοητικών δυνατοτήτων και χαρακτηριστικών, αυτών που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν το σχεδιαζόμενο σύστημα/διαμεσολαβητή. Ο Οικολογικός Σχεδιασμός αποτελεί ένα πλαίσιο κατάλληλο για πεδία που επιδιώκεται η υποστήριξη του παραγωγικού τρόπου σκέψης των εργαζομένων μέσω του σχεδιασμού απεικονίσεων (Borst et al., 2015, Flach, 2017).

Στα σύγχρονα συστήματα εργασίας εισάγονται συνεχώς προηγμένα συστήματα αυτοματισμών και έξυπνες τεχνολογίες. Ο Οικολογικός Σχεδιασμός μέσω κατάλληλων απεικονίσεων (που δίνουν έμφαση στις γεωμετρικές φόρμες), βοηθάει τους εργαζόμενους στο να κατανοούν και να παρακολουθούν τη λειτουργία των συστημάτων αυτών, ώστε να παρεμβαίνουν και να ελέγχουν τον τρόπο λειτουργίας τους, όταν αυτό απαιτείται. Ο Οικολογικός Σχεδιασμός δίνει έμφαση: α) στην αποτύπωση των ορίων ασφαλούς λειτουργίας, ώστε να γνωρίζουν οι εργαζόμενοι πότε βρίσκονται κοντά στο να τα

υπερβούν, στο πλαίσιο της δυναμικής εξέλιξης γεγονότων και ενεργειών, και β) στην παροχή όσης πληροφορίας χρειάζεται για να λαμβάνουν οι εργαζόμενοι ασφαλείς και αποτελεσματικές αποφάσεις.

Ο Οικολογικός Σχεδιασμός δεν δίνει έμφαση στη βέλτιστη απόδοση σε συγκεκριμένες συνθήκες, αλλά στον προσαρμοστικό και ευσταθή έλεγχο του συστήματος σε ένα μεγάλο εύρος συνθηκών. Μέσα από την υλοποίηση οικολογικών διαμεσολαβητών σε ποικίλα πεδία, έχει διαμορφωθεί ένας κορμός εμπειρικής έρευνας που δείχνει επαναλαμβανόμενα τα προτερήματα στην απόδοση των οικολογικών διαμεσολαβητών (Vicente, 2002, Burns & Hajdukiewicz, 2004, Ilroy 2015). Μεταξύ άλλων οι έρευνες αυτές έχουν δείξει ότι οι εργαζόμενοι μπορούν να μάθουν να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά μη – παραδοσιακές γραφικές αναπαραστάσεις, στα καθήκοντα ελέγχου των πολύπλοκων συστημάτων. Επιπλέον έρευνες έχουν διαπιστώσει ότι όσο περισσότερο χρησιμοποιεί κάποιος έναν οικολογικό διαμεσολαβητή, τόσο αναπτύσσονται οι δεξιότητες και η εμπειρία του στη διαχείριση του πεδίου.

Ο Οικολογικός Σχεδιασμός αποτελεί ένα πλαίσιο που μπορεί να εμπνεύσει τον καινοτόμο σχεδιασμό, και είναι απαραίτητη η δοκιμή του σε νέα πεδία, προκειμένου να διερευνηθούν περαιτέρω οι δυνατότητες αλλά και οι δυσκολίες που παρουσιάζει η εφαρμογή του, καθώς νέοι τομείς μπορεί να έχουν μοναδικές πλευρές και ειδικές απαιτήσεις (Vicente, 2002, Ilroy 2015).

Ο Οικολογικός Σχεδιασμός μέχρι σήμερα, δεν έχει περάσει ως πρακτική σχεδιασμού στη βιομηχανία. Ένας από τους λόγους είναι ίσως το γεγονός ότι οι μέχρι σήμερα σχεδιαστικές απόπειρες αφορούσαν συχνά σε πεδία με περιορισμένο εύρος εφαρμογής (π.χ. ο έλεγχος πυρηνικών μονάδων αφορά μόνο σε κράτη που έχουν αντίστοιχες μονάδες). Αντίθετα υπάρχουν προϊόντα και υπηρεσίες, όπως η παραγωγή, μεταφορά, και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία αφορούν κάθε κράτος και αντίστοιχα ένα πολύ μεγάλο κομμάτι της βιομηχανίας που παράγει Συστήματα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (SCADA) και Συστήματα Διαχείρισης για τα δίκτυα αυτά.

Τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, σε όλα τα επίπεδα, γίνονται όλο και πιο πολύπλοκα, ενώ ταυτόχρονα διάφοροι κοινωνικο-πολιτικοί παράγοντες που καθορίζουν την διακίνηση ενέργειας, αλλά και ακραία καιρικά φαινόμενα (τυφώνες, τσουνάμι, κλπ), καθιστούν όλο και πιο πιθανή την εμφάνιση μη-οικείων, μεγάλης κλίμακας συμβάντων, στα δίκτυα αυτά (OSCE, 2016). Η κατάλληλη υποστήριξη των χειριστών σε επίπεδο διαμεσολαβητών, για τη διαχείριση των καταστάσεων αυτών, είναι πιο σημαντική από ποτέ.

Η ανάπτυξη βιομηχανικών διαμεσολαβητών SCADA που απευθύνονται στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, γίνεται στο πλαίσιο των περιορισμών και των κινήτρων που υπάρχουν στη βιομηχανία, τα οποία καθορίζουν τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες του σχεδιαζόμενου προϊόντος. Στη βιομηχανία για να καθιερωθεί η χρήση σύγχρονων καινοτόμων τεχνικών σχεδιασμού, πρέπει πρώτα να επιβεβαιωθεί η αποτελεσματικότητα και να ελεγχθεί η αξιοπιστία τους. Έτσι ο πειραματικός Οικολογικός Σχεδιασμός σε πρώτη φάση, και ο συστηματικός έλεγχος της αποτελεσματικότητας του μεταγενέστερα, για αντικείμενα που έχουν τόσο ευρεία εφαρμογή όσο η ηλεκτρική ενέργεια, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην καθιέρωση του Οικολογικού Σχεδιασμού και σε επίπεδο βιομηχανικού σχεδιασμού.

Η ανάπτυξη διαμεσολαβητών σε ερευνητικό επίπεδο έχει ευελιξία, καθώς υπάρχει δυνατότητα για εμβάθυνση σε λεπτομέρειες για το πεδίο, μέσα από μία διαδικασία ανάλυσης με πολλαπλά επιστημονικά εργαλεία, και δυνατότητα εφαρμογής καινοτόμων τεχνικών σχεδιασμού, των οποίων η αποτελεσματικότητα δεν είναι ακόμη τεκμηριωμένη σε επίπεδο βιομηχανίας.

Η έρευνα μέσω του σχεδιασμού ικανοποιεί την ανάγκη, του να μελετά κανείς πολύπλοκα συστήματα και ερευνητικά παραδείγματα, προκειμένου να επιτύχει χρήσιμα και εφαρμόσιμα ερευνητικά και σχεδιαστικά αποτελέσματα (Rust, 2004, Endsley et al., 2007).

1.1.2 Πεδίο Εφαρμογής

Τα δίκτυα διανομής μέσης τάσης (MT), αποτελούν ένα πολύπλοκο δυναμικό περιβάλλον εργασίας, μέσα στο οποίο μπορούν να μελετηθούν πολλοί νοητικοί μηχανισμοί και νοητικές διαδικασίες. Τα δίκτυα MT είναι αιτιοκρατικά συστήματα με προθετικά χαρακτηριστικά, καθώς για συγκεκριμένους πελάτες (π.χ. νοσοκομεία, κρατικά κτήρια, κλπ). Ισχύουν ειδικές προτεραιότητες ηλεκτρισμού για λόγους δημόσιας ασφάλειας και υγείας. Τα δίκτυα MT είναι εκτεταμένα συστήματα, που απαιτούν εξειδίκευση για την αποτελεσματική διαχείρισή τους, και αρκετές φορές λειτουργούν κάτω από οριακά κρίσιμες συνθήκες (π.χ. πριν και μετά από ένα μπλακάουτ) κατά τη διάρκεια των οποίων οι χειριστές πρέπει να διαχειριστούν μεγάλο όγκο πληροφορίας, με πίεση χρόνου.

Τα δίκτυα μέσης τάσης στην Ελλάδα, βρίσκονται από το 2000 σε μία διαδικασία υλοποίησης σημαντικών οργανωτικών και τεχνολογικών αλλαγών. Οι οργανωτικές αλλαγές συνδέονται με τη σταδιακή απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας. Η λειτουργία και αποκατάσταση των δικτύων μέσα σε ένα απελευθερωμένο περιβάλλον, απαιτεί περισσότερο ενεργό έλεγχο σε επίπεδο διανομής, με συνέπεια να απαιτείται ενίσχυση των υποδομών και των συστημάτων ελέγχου τους (EASAC, 2009, Baker, 2011). Έτσι, οι τεχνολογικές αλλαγές συνδέονται με την τοποθέτηση σύγχρονου εξοπλισμού στις εγκαταστάσεις του δικτύου (π.χ. τηλεχειριζόμενος εξοπλισμός, «έξυπνοι μετρητές», κλπ), αλλά και με τον εκσυγχρονισμό των αισθησών ελέγχου των δικτύων, δηλαδή τη μετάβαση από τους παραδοσιακούς διαμεσολαβητές (Μιμικό Διάγραμμα, Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Πίνακας Ελέγχου, Τράπεζα Χειρισμών) σχεδιασμένους με τη φιλοσοφία «έναν αισθητήρα – μία ένδειξη ή χειρισμός» (single-sensor-single-indicator-SSSI, Goodstein, 1981), στους σύγχρονους ηλεκτρονικούς

διαμεσολαβητές οθόνης. Σε συστήματα εργασίας όπως αυτά των δικτύων μέσης τάσης, είναι σκόπιμο να συντονίζονται κατάλληλα οι υλοποιούμενες τεχνολογικές και οργανωτικές αλλαγές, με την υποστήριξη που παρέχεται από τους υπάρχοντες ή μελλοντικούς διαμεσολαβητές, προκειμένου να επιτευχθεί η αποτελεσματική διαχείριση του πεδίου μέσα στο δυναμικά μεταβαλλόμενο περιβάλλον λειτουργίας (Perry & Sanderson, 1998, Vicente, 1999).

Οι αλλαγές που προαναφέρθηκαν, δημιουργούν νέες οργανωτικές δομές, καθώς και νέα καθήκοντα και τρόπους εργασίας, τα οποία με τη σειρά τους δημιουργούν ένα πλαίσιο για περαιτέρω ανάλυση και σχεδιασμό. Η δυσκολία σχεδιασμού για ένα σύστημα εργασίας, το οποίο διαμορφώνεται μέσα από αλλαγές που υλοποιούνται σταδιακά, έχει περιγραφεί από τους Dekker & Woods (1999) ως «το πρόβλημα του οραματιζόμενου κόσμου» ('envisioned world problem'). Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται τεχνικές ανάλυσης που εστιάζουν στο αντικείμενο της εργασίας, και είναι ανεξάρτητες -στο βαθμό που απαιτείται- από τα μέσα υποστήριξης της εργασίας. Κατόπιν όταν περάσει κανείς στην υλοποίηση των προδιαγραφών σχεδιασμού, μπορεί να εξετάσει συγκεκριμένες τεχνικές λύσεις (Elix & Naikar, 2008). Η διαδικασία της ανάπτυξης ενός συστήματος και η διαδικασία της εισαγωγής αλλαγών μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους, μέσω μιας κατάλληλης σχεδιαστικής προσέγγισης που συνδυάζει τον σχεδιασμό του τεχνολογικού συστήματος με την πραγματοποίηση οργανωτικών αλλαγών.

Η βασική ιδέα του εξελικτικού σχεδιασμού συστημάτων έγκειται στο να δημιουργήσει κάποιος ένα περιβάλλον, μέσα στο οποίο θα λάβει χώρα η διαδικασία της καινοτομίας και της δημιουργικής αλλαγής (Bodker, 1991, Bar-Yam, 2003). Η ανάπτυξη ενός πειραματικού διαμεσολαβητή για την εποπτεία και διαχείριση των δικτύων μέσης τάσης με την προσέγγιση που περιγράφηκε στην §1.1.1, θα μπορούσε να λειτουργήσει: α) ως μία πλατφόρμα δοκιμής και ελέγχου σχεδιαστικών λύσεων, που θα υποστηρίζουν κατάλληλα το έργο των χειριστών μέσα στο νέο τεχνολογικό και οργανωτικό περιβάλλον, και β) ως υπόδειγμα για το σχεδιασμό του μελλοντικού ηλεκτρονικού διαμεσολαβητή που θα εισαχθεί στις αίθουσες ελέγχου των δικτύων.

1.1.3 Ερευνητικοί στόχοι

Τα δίκτυα διανομής MT, παρουσιάζουν όλους τους περιορισμούς και τις προκλήσεις, τις οποίες η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων και ο Οικολογικός Σχεδιασμός στοχεύει να υποστηρίξει με επιτυχία. Δεδομένων των χαρακτηριστικών λειτουργίας των δικτύων μέσης τάσης, ο σχεδιασμός στόχευσε στη δημιουργία ενός διαμεσολαβητή που υποστηρίζει:

- την προσαρμογή των εργαζομένων στα διαφορετικά πλαίσια ή καταστάσεις λειτουργίας στις οποίες μπορεί να βρεθεί το δίκτυο,
- τον ευσταθή έλεγχο του δικτύου, ακόμη και μετά την εκδήλωση μη-οικείων γεγονότων ή διαταραχών, που είναι συνήθως πρόδρομοι κρίσιμων συμβάντων.
- την αποτελεσματική συνεργασία των εργαζομένων με το σύστημα ελέγχου και τους αυτοματισμούς, ώστε να ανταποκρίνονται άμεσα στις συνθήκες που διαμορφώνονται στο πολύπλοκο περιβάλλον εργασίας (π.χ. έγκαιρη μετάβαση από τον αυτόματο στο χειροκίνητο έλεγχο του συστήματος).
- τις κατανεμημένες συνεργατικές διαδικασίες μεταξύ εργαζομένων που βρίσκονται στον ίδιο ή σε διαφορετικούς χώρους, προκειμένου να ανταλλάσουν κατάλληλα τις πληροφορίες και γνώσεις για το σύστημα που κατέχει ο καθένας, σύμφωνα με το ρόλο και τις αρμοδιότητές του.
- τη συνεχή ανάπτυξη γνώσης για το σύστημα, προκειμένου οι εργαζόμενοι να συμβαδίζουν με τις αλλαγές που συμβαίνουν στο περιβάλλον εργασίας.

Μέσω της ερευνητικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε και των αποτελεσμάτων που παράγονται, η παρούσα διατριβή επιδιώκει:

- 1) να εμπλουτίσει τη Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων, με στοιχεία κατάλληλα για τη χρήση της στο σχεδιασμό μεγάλης κλίμακας συστημάτων (επιλογή, προσαρμογή, και συνδυαστική εφαρμογή, μεθοδολογικών πλαισίων, εργαλείων και τεχνικών), τα οποία υπόκεινται σε συνεχείς αλλαγές.
- 2) να δοκιμάσει την καταλληλότητα και αποτελεσματικότητα του οικολογικού σχεδιασμού σε ένα πεδίο στο οποίο δεν έχει δοκιμαστεί ξανά.
- 3) να προτείνει ένα σύστημα Συμβόλων και Δομών Απεικόνισης Πληροφορίας για τα ηλεκτρικά δίκτυα, που διαφοροποιούνται από τις συμβατικές τεχνικές απεικόνισης που χρησιμοποιούνται στο βιομηχανικό σχεδιασμό διαμεσολαβητών των Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας, τόσο ως προς τη διαδικασία σύλληψης και μορφοποίησής τους, όσο και ως προς τον τρόπο υποστήριξης του νοητικού έργου των εργαζομένων.

1.2 Διαφοροποίηση από Συμβατικές Προσεγγίσεις Σχεδιασμού

Στις σύγχρονες αίθουσες ελέγχου της παραγωγής – μεταφοράς – διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός ψηφιακών και αναλογικών σημάτων. Σε πολλές περιπτώσεις έχει διαπιστωθεί ότι τα συστήματα ελέγχου εστιάζουν κυρίως στην απεικόνιση των μετρήσεων του συστήματος και όχι της συμπεριφοράς του. Αυτός ο τρόπος απεικόνισης πληροφοριών επαρκούσε στο παρελθόν, αλλά δεν επαρκεί σήμερα που η αγορά ενέργειας γίνεται όλο και πιο σύνθετη. Οι χειριστές των σύγχρονων δικτύων πρέπει να εντοπίζουν την κατάλληλη πληροφορία σε ένα υπόβαθρο με

πολύ θόρυβο πληροφορίας (Mumaw et al., 2000), να συνθέτουν και να ενοποιοούν την πληροφορία που συλλέγουν από το δίκτυο (Overbye et al., 2003a), και να εκτελούν τα καθήκοντά τους, ανταποκρινόμενοι στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του δικτύου.

Στους διαμεσολαβητές των ηλεκτρονικών Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας, οι βασικές μονάδες απεικόνισης που χρησιμοποιούνται είναι Πίνακες Δεδομένων, Διαγράμματα Τάσεων, Πίνακες Συναγερμών και Μονογραμμικά Διαγράμματα υποσταθμών και γεωγραφικού τύπου. Στα γεωγραφικού τύπου διαγράμματα που λειτουργούν συνήθως πάνω σε εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), δοκιμάζονται συνεχώς σύγχρονες τεχνικές απεικόνισης όπως δυναμικές ροές, διαγράμματα πίπτας, χρωματικές ισοϋψείς καμπύλες (colour contours), κινούμενα βέλη (Animated arrows), καθώς και τρισδιάστατα στοιχεία όπως ράβδοι, κώνοι, και τοιχία (Milano, 2009, Overbye & Weber, 2015).

Οι τεχνικές αυτές προσπαθούν να βελτιώσουν τον τρόπο που οι χειριστές των δικτύων αντιλαμβάνονται μεγάλο όγκο δεδομένων και τις μεταξύ τους σχέσεις, παρουσιάζοντας τα μέσα από Εποπτικές- ή Εστιασμένες-, Συμπυκνωμένες-, Επιλεκτικές- ή Λεπτομερείς- θεάσεις. Σε μελέτες που έχουν γίνει έχει διαπιστωθεί ότι οι σύγχρονες τεχνικές απεικόνισης, παρουσιάζουν πλεονεκτήματα αλλά και σημαντικά μειονεκτήματα, καθώς κατά την ανάπτυξη τους δίνεται κυρίως έμφαση στην αξιοποίηση των σύγχρονων υπολογιστικών δυνατοτήτων, της σύγχρονης τεχνολογίας γραφικών, και των τεχνολογικών εξελίξεων στις επιφάνειες και στους τρόπους διάδρασης.

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχει γίνει διερεύνηση πολλών μπλακάουτ, και έχει διαπιστωθεί ότι κατά τη διαχείριση μη-οικείων και κρίσιμων καταστάσεων από τους χειριστές, σημαντικό ρόλο έχει παίξει η μη-κατάλληλη σχεδίαση των διαμεσολαβητών των συστημάτων διαχείρισης ενέργειας (ΣΔΕ). Παρότι γίνονται προσπάθειες για τη βελτίωση μεμονωμένων πτυχών και υποσυστημάτων, τα προβλήματα προέρχονται συχνά από τη συνολική διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης τους που ακολουθείται στη βιομηχανία. Τα συστήματα απευθύνονται σε ποικίλα πεδία εφαρμογής, και παρότι παρέχουν δυνατότητες προσαρμογής ή εμπλουτισμού, υπολείπονται πολλές φορές σε καταλληλότητα για συγκεκριμένα πεδία, καθώς κρίσιμες λειτουργίες των πεδίων αυτών δεν μπορούν να υποστηριχθούν κατάλληλα.

Ειδικότερα, οι μελέτες διερεύνησης σημαντικών μπλακάουτ έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι απαιτείται συστηματική χρηματοδότηση έρευνας και ανάπτυξης στη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου:

α) να εντοπίζονται μέσω ανάλυσης του πεδίου και να παρέχονται στους χειριστές τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την αποτελεσματική εποπτεία των δικτύων, σε τοπική και σε ευρεία κλίμακα (Art et al., 2004) και

β) να δημιουργούνται κατάλληλες δομές απεικόνισης πληροφορίας και γνώσης, προκειμένου να αυξηθεί η ποιότητα και η αξιοπιστία διαχείρισης των δικτύων (Amin & Scheve, 2007).

Οι λόγοι επιλογής και εφαρμογής του οικολογικού σχεδιασμού στο πεδίο των ηλεκτρικών δικτύων διανομής μέσης τάσης (πεδίο στο οποίο δεν έχει δοκιμαστεί ξανά η αποτελεσματικότητά του), περιγράφονται στις ακόλουθες παραγράφους, όπου συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα του οικολογικού σχεδιασμού, σε σχέση με τις συμβατικές προσεγγίσεις σχεδιασμού που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία.

1.2.1 Νοητική Υποστήριξη για Οικείες και μη- Οικείες καταστάσεις

Καθώς αυξάνεται η αυτοματοποίηση των διαδικασιών στις αίθουσες ελέγχου, ακόμη και το καθήκον της εποπτείας σε συνήθεις συνθήκες είναι απαιτητικό, και χρειάζεται εξειδικευμένες γνώσεις (Mumaw et al., 2000). Στις περιπτώσεις μη-οικείων καταστάσεων, οι χειριστές δεν μπορούν να στηριχθούν στις διαδικασίες ή στους αυτοματισμούς που τους παρέχονται από το σύστημα, γιατί το γεγονός δεν ήταν μέσα στα προβλεπόμενα. Έτσι οι χειριστές πρέπει να προσαρμοστούν σε μία νέα, όχι οικεία κατάσταση, και να επινοήσουν μία λύση οι ίδιοι. Πρακτικά, οι μη-οικείες καταστάσεις συντίθενται από καταστάσεις εν μέρει οικείες και εν μέρει νέες, για τους χειριστές. Οι χειριστές έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται στις νέες καταστάσεις, βασιζόμενοι στην προγενέστερη γνώση τους για το σύστημα και τη συμπεριφορά του, και αυτή ακριβώς την ικανότητα τους εκμεταλλεύεται ο οικολογικός σχεδιασμός.

Ο διαμεσολαβητής που έχει σχεδιασθεί αποκλειστικά πάνω σε γνωστά συμβάντα, χάνει συχνά την ευελιξία να υποστηρίξει μη-αναμενόμενα συμβάντα (Vicente & Rasmussen, 1992). Όταν εκδηλωθεί μία κατάσταση η οποία δεν είχε ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό του συστήματος, τότε ο χειριστής δεν μπορεί να λάβει κατάλληλη υποστήριξη, σε μία στιγμή που την χρειάζεται περισσότερο.

Ο σχεδιασμός κατάλληλης νοητικής υποστήριξης των χειριστών θέτει κάποιες ιδιαίτερες απαιτήσεις, καθώς για «συνήθεις» καταστάσεις μπορεί να προσδιορίσει κάποιος απαιτήσεις και προδιαγραφές. Για «μη συνήθεις καταστάσεις» είναι δύσκολο να προβλεφθεί η συμπεριφορά του δικτύου, αλλά και των χειριστών. Η συμπεριφορά των χειριστών δεν μπορεί να προβλεφθεί γιατί ποικίλουν οι αρχικές συνθήκες από τις οποίες ξεκινάει η επίλυση ενός προβλήματος, και υπάρχουν συνήθως περισσότερες από μία σωστές στρατηγικές για την επίλυση ενός προβλήματος (διαφορετικοί χειριστές χρησιμοποιούν διαφορετικές στρατηγικές, αλλά και ο ίδιος χειριστής μπορεί να χρησιμοποιήσει άλλη στρατηγική σε διαφορετικές χρονικές στιγμές) (Vicente, 1999). Επιπλέον, οι μη-αναμενόμενες διαταραχές απαιτούν ειδικές αντισταθμιστικές ενέργειες, και είναι συνήθως πρόδρομοι κρίσιμων συμβάντων, στα οποία η λήψη αποφάσεων είναι βασισμένη στις γνώσεις των χειριστών (Perrow, 1984, Reason, 1990, Meshkati, 1991).

Οι συμβατικές τεχνοκεντρικές προσεγγίσεις σχεδιασμού (πχ καθοδηγούμενες από το καθήκον, βασισμένες σε οδηγίες), εξασφαλίζουν την υποστήριξη των χειριστών κατά την εκτέλεση διαδικαστικών καθηκόντων ή καλά ορισμένων

καθηκόντων σε αναμενόμενες καταστάσεις, στις οποίες η λήψη αποφάσεων βασίζεται κυρίως σε κανόνες. Οι συμβατικές προσεγγίσεις σχεδιασμού και επαλήθευσης, βασίζονται στην ανάλυση καθηκόντων και την εμπειρία λειτουργίας. Περιγράφουν θέματα ασφάλειας που σχετίζονται με βασισμένα σε διαδικασίες δύσκολα καθήκοντα, αλλά δεν παρέχουν αρχές που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τους συλλογισμούς και την επίλυση προβλημάτων σε βασισμένα σε γνώσεις καθήκοντα (Rasmussen, 1983, Vicente and Rasmussen, 1992, Hajdukiewicz and Vicente, 2004, O'Hara, 2004).

Οι βιομηχανικοί διαμεσολαβητές είναι αρκετά αποτελεσματικοί στο να υποστηρίζουν τη βασισμένη σε επιτηδειότητες και κανόνες συμπεριφορά των χειριστών, αλλά υπολείπονται στην υποστήριξη της βασισμένης σε γνώση συμπεριφοράς, που απαιτείται κατά τη διαχείριση μη-οικείων καταστάσεων.

Οι οικολογικοί διαμεσολαβητές μπορούν να υποστηρίξουν τους χειριστές για τα βασισμένα σε γνώση ή μη-καλά καθορισμένα καθήκοντα, κατά τη διάρκεια μη-αναμενόμενων καταστάσεων. Αυτό επιτυγχάνεται παρέχοντας στο χειριστή την πληροφορία που χρειάζεται για να διαχειριστεί το πεδίο σύμφωνα με τις θεμελιώδεις αρχές που ισχύουν σε αυτό.

1.2.2 Επίπεδο εμπειρίας εργαζομένων

Τα ηλεκτρικά δίκτυα απαιτούν ουσιαστική ανθρώπινη εμπειρία στην διαχείριση και λειτουργία τους (EASAC, 2009). Οι ικανότητες και η εμπειρία των εργαζομένων βελτιώνεται, καθώς λαμβάνουν εκπαίδευση για τη διαχείριση του δικτύου σε συνθήκες και κρίσιμες συνθήκες, και καθώς αυξάνεται η ποικιλία των συμβάντων που αντιμετωπίζουν στο δίκτυο. Στη διαχείριση των ηλεκτρικών δικτύων συμμετέχουν εργαζόμενοι με διαφορετικά επίπεδα εμπειρίας, και παρατηρείται ότι οι πιο έμπειροι επιλέγονται για τις πιο δύσκολες ή πιο απαιτητικές δραστηριότητες.

Σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, η κατάσταση του συστήματος μπορεί να διαφέρει σημαντικά από οποιαδήποτε κατάσταση έχουν αντιμετωπίσει οι χειριστές και μηχανικοί στο παρελθόν (Public Utilities Commission of Ohio, 2004). Η εμπειρία και η «διαίσθηση» που έχουν αναπτύξει οι χειριστές για το τι μπορεί να συμβαίνει στο δίκτυο, μπορεί πλέον να μην είναι σωστή ή να είναι και μη-παραγωγική. Σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, τα επίπεδα στρες για όλους τους συμμετέχοντες στην διαχείριση του συστήματος είναι υψηλά και είναι πιο πιθανό να γίνουν λάθη. Οι έμπειροι χειριστές είναι περισσότερο προστατευμένοι από τους άπειρους στις αρνητικές επιπτώσεις του στρες, αλλά αυτό συμβαίνει κυρίως για συμβάντα που οι έμπειροι χειριστές έχουν προγενέστερη εμπειρία.

Στον οικολογικό σχεδιασμό, η πληροφορία για την κατάσταση του συστήματος, παρουσιάζεται με τρόπο σαφή, προκειμένου να επιτρέψει στους χειριστές να αξιολογήσουν την πραγματική κατάσταση του συστήματος, ακόμη και όταν διαφοροποιείται ουσιαστικά από αυτό που θα περίμεναν να δουν. Η οργάνωση και απεικόνιση της πληροφορίας γίνεται με τρόπο που ενθαρρύνει την πραγματοποίηση προηγμένων συλλογισμών από πλευράς χειριστών, ώστε να μπορούν ακόμη και άπειροι χειριστές, να διαχειριστούν με ασφάλεια το δίκτυο στο πλαίσιο μη-οικείων καταστάσεων. Ο οικολογικός σχεδιασμός υποστηρίζει τη διαχείριση κάθε συμβάντος στο χαμηλότερο επίπεδο νοητικής συμπεριφοράς, που είναι πρακτικά δυνατόν ανάλογα με την εμπειρία του κάθε χειριστή, ώστε να εξοικονομούνται κατά το δυνατόν νοητικοί πόροι.

1.2.3 Απεικόνιση πληροφορίας

Για να προλαμβάνονται κρίσιμες καταστάσεις, θα πρέπει να γίνεται διαχείριση του συστήματος εντός των ορίων ασφαλούς λειτουργίας, κάτι που απαιτεί γνώση για το κρίσιμο σημείο εμφάνισης των αστοχιών. Κοντά στα σημεία αυτά η απόδοση του συστήματος χειροτερεύει, και είναι δύσκολο να επαναφέρει κανείς το σύστημα στην ασφαλή λειτουργία. Προκειμένου οι διαχειριστές του συστήματος να κάνουν τις κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες, για να απομακρύνουν το σύστημα από τα κρίσιμα σημεία, χρειάζονται πρόσβαση σε θεάσεις που αποτυπώνουν κατάλληλα τις θέσεις, σχέσεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων του συστήματος.

Οι βιομηχανικοί διαμεσολαβητές είναι γεμάτοι λεπτομερή πληροφορία για τη φυσική μορφή και τις διαδικασίες των στοιχείων του συστήματος, αλλά παρέχουν ελάχιστη πληροφορία για τις λειτουργίες, τις προτεραιότητες και τους στόχους του συστήματος. Ακόμη και στις περιπτώσεις που οι πληροφορίες αυτές παρουσιάζονται, δίνονται μεμονωμένα και όχι ενοποιημένες μεταξύ τους (Sanderson et al, 2003).

Ο οικολογικός σχεδιασμός, αντιμετωπίζει το σύστημα σαν σύνολο, προτείνοντας μία απεικόνιση πληροφοριών διαφορετική από αυτή που συναντά κανείς στις συνήθεις αιθουσες ελέγχου, όπου παρουσιάζεται μεγάλος όγκος δεδομένων από ένα πλήθος συσκευών. Σύμφωνα με την οικολογική οπτική οι εγγενείς περιορισμοί του συστήματος παρουσιάζονται όχι απλά ως δεδομένα, αλλά σαν δομημένη γνώση για το σύστημα, με την οποία μπορεί ο χειριστής να αλληλεπιδράσει (Reising & Sanderson, 2002).

Στους βιομηχανικούς διαμεσολαβητές γίνεται τμηματική αναπαράσταση μέρους του συστήματος μέσα από κατάλληλα διαμορφωμένες απεικονίσεις. Ο οικολογικός σχεδιασμός υιοθετεί την τμηματική απεικόνιση του συστήματος σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας, με τρόπο όμως που θα δημιουργεί στο χρήστη μία ενιαία αντίληψη για το σύστημα, μέσα από απεικονίσεις που παρουσιάζουν χωρική και χρονική συνέχεια, και υποστηρίζουν την ενοποίηση και τον διαχωρισμό των πληροφοριών από πλευράς χειριστή.

1.3 Ερευνητικές Προκλήσεις

Στην παρούσα έρευνα, μέσω της υιοθέτησης της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων (ΜΓΣ) και της εφαρμογής του οικολογικού σχεδιασμού σε ένα πεδίο που δεν έχουν δοκιμαστεί ξανά, επιχειρείται η αντιμετώπιση ανοιχτών θεωρητικών και πρακτικών προκλήσεων, που έχουν διατυπωθεί σε παλαιότερες και πιο πρόσφατες μελέτες, και είναι οι ακόλουθες.

Στην περιοχή της ΜΓΣ και του οικολογικού σχεδιασμού έχει διαμορφωθεί τα τελευταία 30 χρόνια ένας κορμός γνώσης, σχετικά με τα οφέλη και τις δυσκολίες που παρουσιάζει η εφαρμογή τους. Προκειμένου η γνώση αυτή να αξιοποιηθεί περαιτέρω, τόσο σε ερευνητικό επίπεδο, όσο και κατά την πραγματοποίηση παρεμβάσεων σε συστήματα εργασίας, είναι σημαντικό: α) να βελτιωθούν οι διαδικασίες συγκέντρωσης γνώσης από επιτυχείς σχεδιασμούς, αλλά και από σχεδιασμούς που δεν είχαν τα προσδοκώμενα αποτελέσματα, β) να συστηματοποιηθεί η γνώση που προκύπτει από νέες σχεδιαστικές συλλήψεις, αρχές και πρότυπα, και να γίνεται διαθέσιμη με τρόπο που να υποστηρίζει την επίλυση επόμενων σχεδιαστικών προβλημάτων, γ) να μεταφέρεται στα πραγματικά πεδία εφαρμογής, η γνώση που αναπτύσσεται στον πειραματικό γνωσιακό σχεδιασμό (Hale & Schmidt, 2008, Wilson, 2014, Salmon, 2016a, 2016b).

Ο σχεδιασμός αποτελεί μία δραστηριότητα, που στοχεύει στη δημιουργία μελλοντικών καταστάσεων. Εάν η απόσταση ανάμεσα στην τρέχουσα κατάσταση και την νέα πραγματικότητα στην οποία πρόκειται να μεταβεί ένα σύστημα είναι μεγάλη, τότε δεν επαρκεί το να παρέχει κανείς πληροφορία στους εργαζόμενους για τις επερχόμενες αλλαγές, αλλά θα πρέπει να συμμετέχουν άμεσα στη διαμόρφωση των αλλαγών (Polanyi, 1958, Ehn & Kyng, 1987, Bødker 1996, Carroll & Rosson, 2007, Nichols, 2009). Η δημιουργική εμπλοκή του γνωσιακού μηχανικού και των εργαζομένων στον ανασχεδιασμό ενός συστήματος, διευκολύνει τη σύζευξη των κοινωνικο-τεχνικών προσεγγίσεων, του γνωσιακού σχεδιασμού και της διαδικασίας εφαρμογής τεχνολογικών και οργανωτικών αλλαγών, συγχρονίζοντας τις δύο διαδικασίες με κατάλληλο τρόπο (Baxter & Sommerville, 2009). Ο τρόπος δημιουργικής εμπλοκής σε κάθε έργο, είναι διαφορετικός καθώς εξαρτάται σε κάθε περίπτωση από τις εμπλεκόμενες δραστηριότητες, και τις διαδικασίες αλλαγής. Οι Perry & Sanderson (1998), είχαν επισημάνει την ανάγκη για μελέτες που θα αποτυπώνουν αναλυτικά την διαδικασία και τον τρόπο δημιουργικής εμπλοκής στο συμμετοχικό σχεδιασμό, ατόμων με διαφορετικό γνωσιακό υπόβαθρο, και διαφορετικό ρόλο και οπτική για το σύστημα.

Σε νέα πεδία εφαρμογής, είναι σημαντικό να περιγράφεται με σαφήνεια σε ποιες φάσεις εμπλέκονται ποιοι συμμετέχοντες, και με ποια κριτήρια, ποια εργαλεία χρησιμοποιούνται για τη συστηματική ανταλλαγή γνώσης για το σύστημα, και μέσω ποιών τεχνημάτων επικοινωνείται η σχεδιαστική πληροφορία. Στο χώρο του οικολογικού σχεδιασμού, οι περισσότερες εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί και αξιολογηθεί μέχρι σήμερα, αφορούν σε περιορισμένης κλίμακας πειραματικούς κόσμους, που εστιάζουν σε επιμέρους διαδικασίες του πραγματικού συστήματος, και περιλαμβάνουν βασικά στοιχεία και θεμελιώδεις λειτουργίες του. Η μεταφορά των ευρημάτων από μικρής κλίμακας σχεδιασμό σε πραγματικές συνθήκες μπορεί να παρουσιάσει διάφορα χάσματα (Thomas & Kellogg, 1989) και δυσκολίες (Dinadis & Vicente, 1995, Burns, 2000a, Lintern, 2007, McIlroy & Stanton, 2015). Τα χάσματα αυτά συνδέονται με τη σύνθετη φυσική δομή και το μεγάλο αριθμό παραμέτρων, το πλήθος των χρηστών, τα καθήκοντα, και τα διαφορετικά πλαίσια λειτουργίας του πραγματικού συστήματος. Επιπλέον, στους μικρής κλίμακας ερευνητικούς κόσμους επιλέγονται συχνά σχεδιαστικές λύσεις χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι περαιτέρω συνέπειες που αυτές πιθανώς θα έχουν (π.χ. ένας σχεδιασμός που είναι αποτελεσματικός σε τοπικό επίπεδο μπορεί να είναι επικίνδυνος σε συνολικό επίπεδο) (Makoto & Toshiyuki, 2004). Μελέτες μεγαλύτερης κλίμακας που έχουν πραγματοποιηθεί (Itoh, et al., 1995, Yamaguchi & Tanabe, 2000) έχουν προχωρήσει στο σχεδιασμό του διαμεσολαβητή λαμβάνοντας υπόψη κυρίως το τεχνολογικό σύστημα, και όχι το ευρύτερο κοινωνικο-οργανωτικό περιβάλλον μέσα στο οποίο θα λειτουργήσει η σχέση χειριστών-διαμεσολαβητή-αυτοματισμών – πεδίου. Η κατάλληλη επιλογή και ενσωμάτωση κοινωνικο-οργανωτικών παραμέτρων του πραγματικού συστήματος μέσα στον πειραματικό κόσμο, αποτελεί ένα κρίσιμο ζήτημα που καθορίζει και την εγκυρότητα των ευρημάτων του πειραματικού σχεδιασμού, και τη δυνατότητα αξιοποίησής τους στο πραγματικό σύστημα.

Ο οικολογικός σχεδιασμός, εάν δεν εφαρμοστεί κατάλληλα ή αν εφαρμοστεί μεμονωμένα, δεν εγγυάται την επιτυχία. Η εφαρμογή του οικολογικού σχεδιασμού σε μεγάλης κλίμακας συστήματα απαιτεί τη χρήση αναλυτικών εργαλείων και εργαλείων μοντελοποίησης, προκειμένου να εντοπιστεί και ενσωματωθεί στην ανάλυση και το σχεδιασμό κάθε σημαντική πτυχή του συστήματος εργασίας. Η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (ANE), αποτελεί ένα πλαίσιο 5 σταδίων (Ανάλυση του Πεδίου Εργασίας, Ανάλυση των Καθηκόντων Ελέγχου, Ανάλυση Στρατηγικών, Κοινωνική- Οργανωτική Ανάλυση, Ανάλυση Ικανοτήτων των Εργαζομένων), που υιοθετεί την οικολογική προσέγγιση στην ανάλυση συστημάτων, υποστηρίζοντας τη δομημένη ανακάλυψη του αναλυόμενου συστήματος και τη λεπτομερή ανάλυση και κατανόηση ποικίλων πτυχών της δραστηριότητας (Vicente, 1999). Τα στάδια της ANE που είναι σκόπιμο να υλοποιηθούν σε κάθε περίπτωση, εξαρτώνται από τον τύπο του πεδίου και την κλίμακα του σχεδιασμού. Η ANE αποτελεί ένα συστηματικό εργαλείο ανάλυσης, αλλά η μετάβαση από τα αποτελέσματα της ανάλυσης στο σχεδιασμό, απαιτεί ένα επιπλέον βήμα, καθώς και δημιουργική σκέψη που παίζει πάντα σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό. Ερευνητές προχώρησαν σε συγκεντρωτική επισκόπηση, δημοσιευμένων μελετών χρήσης της ANE για το σχεδιασμό διαμεσολαβητών και συστημάτων γενικότερα, και διαπίστωσαν ότι:

α) μόλις σε 2 από 58 (Read et al., 2012) και σε 5 από 75 μελέτες (McIlroy & Stanton, 2015), υλοποιήθηκαν και τα πέντε στάδια ανάλυσης.

β) η ανάλυση του πεδίου εργασίας, αποτελεί το πιο συχνά εφαρμοζόμενο και περιγραφόμενο στάδιο στη βιβλιογραφία, καθώς ο τρόπος εφαρμογής του είναι πιο καλά προσδιορισμένος, ενώ δίνει και συγκεκριμένα αποτελέσματα (μοντέλα του αναλυόμενου συστήματος)

γ) για τα υπόλοιπα στάδια, ακόμη και όταν αναφέρεται η χρήση τους σε κάποιες μελέτες, δεν τεκμηριώνεται αναλυτικά ο τρόπος υλοποίησης τους, και τα συγκεκριμένα αποτελέσματα που παράγουν. Οι Cornelissen et al. (2013) αναφέρουν ότι αυτό μπορεί να οφείλεται, είτε στο ό,τι δεν έχουν αναπτυχθεί τόσο καλά μεθοδολογικά -όσο το πρώτο στάδιο- και η εφαρμογή τους παρουσιάζει δυσκολίες, είτε στο ό,τι η υλοποίηση τους απαιτεί πολλούς πόρους και χρόνο.

δ) περιορισμένος αριθμός μελετών προχωρούσε σε άμεση αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της ANE στο σχεδιασμό, και στην υλοποίηση συγκεκριμένων σχεδιαστικών λύσεων (Salmon et al. 2010).

Οι ερευνητές που πραγματοποίησαν την επισκόπηση των περιπτώσεων χρήσης της ANE, επισημαίνουν ότι είναι απαραίτητη η περαιτέρω τεκμηρίωση των δυνατοτήτων και περιορισμών της, μέσα από μελέτες που παρουσιάζουν με αναλυτικό τρόπο, πώς παράγονται τα αποτελέσματα κάθε σταδίου της ANE, και πώς συνδέονται με συγκεκριμένες σχεδιαστικές αποφάσεις.

Οι Πίνακες Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης (Rasmussen, 1985), αποτελούν ένα εργαλείο ανάλυσης, που συμβάλει στον προσδιορισμό του περιεχομένου της πληροφορίας και της δομής που πρέπει να έχει αυτή σε έναν οικολογικό διαμεσολαβητή. Οι Πίνακες ΙΑΔ αποτελούν μία πολύ αναλυτική μέθοδο, και παρέχουν τη δυνατότητα για μία «πλήρη» ανάλυση του συστήματος εργασίας, η οποία όμως μπορεί να απαιτήσει πολύ χρόνο για να ολοκληρωθεί (Burns et al., 2005). Για το λόγο αυτό επιλέγεται συνήθως ένας συγκεκριμένος τρόπος ανάπτυξης του Πίνακα ΙΑΔ, που κρίνεται ότι εξυπηρετεί καλύτερα το στόχο της κάθε μελέτης. Η συμβολή των διαφορετικών τρόπων μοντελοποίησης του πεδίου εργασίας, είχε διερευνηθεί από τους Bisantz et al. (2002), Burns et al. (2003) και Duez & Vicente (2005). Η ανάπτυξη πολλαπλών μοντέλων για το ίδιο σύστημα εργασίας, και η αξιοποίησή τους για διαφορετικές παραμέτρους σχεδιασμού, αποτελεί ακόμη ανοιχτή κατεύθυνση έρευνας.

Κατά την ανάλυση αιτιοκρατικών συστημάτων, είναι σημαντικό να μην παραβλέπονται στη μοντελοποίηση τους και οι προθετικοί περιορισμοί, που μπορεί να παίζουν μικρό ή μεγαλύτερο ρόλο στη διαχείριση του συστήματος. Η κατάλληλη ενσωμάτωση τους στα μοντέλα του πεδίου, και η αποτύπωση τους στις απεικονίσεις του διαμεσολαβητή σύμφωνα με τη βαρύτητα που έχουν κατά τη λήψη αποφάσεων, αποτελεί ένα ανοιχτό ζήτημα ανάλυσης και σχεδιασμού.

Η ταξινόμηση της «Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις» (Rasmussen, 1983), αποτελεί ένα εργαλείο που κατευθύνει την οργάνωση της πληροφορίας και τον σχεδιασμό της οπτικής φόρμας στον Οικολογικό Σχεδιασμό Διαμεσολαβητών. Η ταξινόμηση αυτή αποτελεί κυρίως μία περιγραφή της ανθρώπινης νοητικής συμπεριφοράς κατά τον έλεγχο του πεδίου, παρά μία τεχνική ανάλυσης, και συχνά παρατηρούνται παρανοήσεις σε ό,τι αφορά τον τρόπο χρήσης της (Vicente, 1999). Οι McIlroy & Stanton (2015), μετά την επισκόπηση πολλών μελετών οικολογικού σχεδιασμού, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι: α) είναι απαραίτητες μελέτες που θα παρουσιάζουν με αναλυτικό τρόπο πώς η ταξινόμηση χρησιμοποιείται αρχικά για το σχεδιασμό, και εκ των υστέρων για την αξιολόγηση, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν ο διαμεσολαβητής υποστηρίζει κατάλληλα τα επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς των χρηστών, και β) είναι σημαντικό, σε περιπτώσεις που γίνεται προσαρμοσμένη χρήση της ταξινόμησης, να επισημαίνονται και να εξηγούνται οι όποιες διαφοροποιήσεις.

Η μετάφραση των απαιτήσεων και προδιαγραφών σχεδιασμού σε συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις, αποτελεί τη διαδικασία σημασιολογικής αποτύπωσης (Semantic mapping). Η σημασιολογική αποτύπωση είναι μία μη-δομημένη διαδικασία, καθώς σε κάθε μελέτη σχεδιασμού υλοποιείται με διαφορετικό τρόπο. Η υλοποίηση της διαδικασίας αυτής στο πλαίσιο του οικολογικού σχεδιασμού απαιτεί τη σύζευξη βασικών αρχών του, με πρόσθετα εργαλεία και αρχές της γνωσιακής μηχανικής, καθώς και με εμπειρικούς κανόνες σχεδιασμού (Dinadis and Vicente, 1995,1999). Συχνά γίνεται χρήση εξειδικευμένων αρχών απεικόνισης του πεδίου αναφοράς, καθώς και προτύπων σχεσιακής απεικόνισης δεδομένων (e.g. Burns and Hajdukiewicz, 2004, Bennett and Flach, 1992, 2011), που είναι συμβατά με τη φιλοσοφία του οικολογικού σχεδιασμού. Οι Reising and Sanderson (1998, 2002) και McIlroy & Stanton (2015) επισημαίνουν: α) την ανάγκη συστηματοποίησης της διαδικασίας Σημασιολογικής Αποτύπωσης στα ποικίλα πεδία εφαρμογής, καθώς και β) την ανάγκη αναλυτικής περιγραφής του τρόπου μετάβασης από τις απαιτήσεις και προδιαγραφές σε συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις, επισημαίνοντας ποιες ακριβώς αρχές, τεχνικές και εμπειρικοί κανόνες χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των σχεδιαστικών ιδεών σε κάθε μελέτη.

Από τις προαναφερθείσες βιβλιογραφικές αναφορές διαπιστώνει κανείς ότι, η εφαρμογή του οικολογικού σχεδιασμού σε μεγάλης κλίμακας συστήματα, για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων βιομηχανικού σχεδιασμού, παραμένει μία πρόκληση τόσο σε ό,τι αφορά την υλοποίηση, όσο και την αξιολόγηση.

1.4 Υλοποίηση

Η παρούσα διατριβή προσεγγίζει μέσα από την οπτική της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, ένα ζήτημα σχεδιασμού που ανήκει στην περιοχή της Ηλεκτρολογικής Μηχανικής (Electrical Engineering). Η ανάπτυξη της διατριβής στην τομή των αυτών δύο επιστημονικών περιοχών, προϋπέθετε όχι μόνο την θεωρητική και πρακτική εξειδίκευση σε θέματα Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, αλλά και την κατάρτιση και εξοικείωση πάνω σε θέματα διαχείρισης ηλεκτρικών δικτύων. Επιπλέον, ο στόχος δημιουργίας ενός τελικού ηλεκτρονικού πρωτότυπου διαμεσολαβητή, απαιτούσε την εξοικείωση με τις τεχνικές προγραμματισμού και σχεδιασμού σε κατάλληλο λογισμικό υλοποίησης του διαμεσολαβητή.

1.4.1 Περιοχή Έρευνας και Περιοχή Σχεδιασμού

Με την έναρξη της διατριβής έγινε βιβλιογραφική επισκόπηση στην περιοχή της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, προκειμένου να μελετηθούν παλαιότερα, αλλά και σύγχρονα θεωρητικά εργαλεία, και να διαπιστωθεί μέσα από μελέτες περίπτωσης, ο βαθμός και ο τρόπος αξιοποίησης τους στο σχεδιασμό/ανασχεδιασμό, τόσο των γνωσιακών τεχνημάτων, όσο και του ευρύτερου κοινωνικο-τεχνικού περιβάλλοντος μέσα στο οποίο λειτουργούν αυτά, υποστηρίζοντας το έργο των χρηστών τους.

Σε ό,τι αφορά το πεδίο της διαχείρισης ηλεκτρικών δικτύων, αρχικά έγινε επισκόπηση μελετών που αφορούσαν στη λειτουργία αιθουσών ελέγχου, και στην χρήση παραδοσιακών, αλλά και σύγχρονων τεχνικών απεικόνισης πληροφορίας για τα ηλεκτρικά δίκτυα. Αναζητήθηκαν επίσης δημοσιευμένες εργασίες που προσέγγιζαν το έργο των χειριστών μέσα από την οπτική της εργονομίας. Παράλληλα είχαν ξεκινήσει και οι επισκέψεις στις αίθουσες διαχείρισης των δικτύων μέσης τάσης, για την εξοικείωση με τον χώρο στον οποίο θα εστίαζε η διατριβή. Μέσα από τη διαδικασία αυτή εντοπίστηκαν: α) οι ανοιχτές θεωρητικές και πρακτικές προκλήσεις που υπήρχαν σε κάθε μία επιστημονική περιοχή, β) οι ευκαιρίες πραγματοποίησης πρωτότυπης έρευνας που μπορεί να παράξει αξιοποιήσιμα αποτελέσματα από τη σύζευξη των δύο επιστημονικών περιοχών (π.χ. εφαρμογή σύγχρονων τεχνικών όπως ο οικολογικός σχεδιασμός στα ηλεκτρικά δίκτυα διανομής, πεδίο στο οποίο δεν είχε δοκιμαστεί ξανά).

1.4.2 Εξειδίκευση στις περιοχές ενδιαφέροντος

Η βιβλιογραφική επισκόπηση ξεκίνησε με άρθρα που αφορούσαν τους βασικούς άξονες της περιοχής έρευνας, και σταδιακά εμβάθυνε σε συγκεκριμένες περιοχές γνώσης, καθώς εξελισσόταν η ανάλυση, ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση. Η παρακολούθηση της βιβλιογραφίας στις επιστημονικές περιοχές ενδιαφέροντος ήταν συνεχής μέχρι την ολοκλήρωση της διατριβής, προκειμένου να παρακολουθούνται οι ερευνητικές κατευθύνσεις, και να διαπιστώνεται η διαφοροποίηση και συμβολή της παρούσας έρευνας σε σχέση με το δημοσιευμένο έργο.

Η βιβλιογραφική επισκόπηση στην περιοχή της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, εστίασε στα ακόλουθα: Θεωρίες σύζευξης της φυσικής, γνωσιακής, και οργανωσιακής Εργονομίας κατά τις παρεμβάσεις σε συστήματα εργασίας, Περιπτώσεις σχεδιασμού-ανασχεδιασμού συστημάτων μέσα από τη μικρο-μάκρο εργονομική οπτική, «Σκληρές» και «Μαλακές» μεθοδολογίες προσέγγισης των συστημάτων, Μεθοδολογικά πλαίσια, μεθόδοι, και εργαλεία κοινωνικο-τεχνικού σχεδιασμού, Θεωρία Δραστηριότητας (Activity Theory) και ρόλος των περιβαλλοντικών παροχών (Affordances), Θεωρία Κείμενης δράσης (Situated Action), Θεωρίες γνώσης (Embedded-, embodied-, situated-, distributed-cognition), Θεωρίες για την Ατομική και Ομαδική Ενημερότητα κατάστασης (Individual & Team Situation Awareness) και την Επαγρύπνηση (Vigilance), Ζητήματα λειτουργίας των πολύπλοκων προσαρμοστικών συστημάτων (Complex Adaptive Systems) και διαχείρισης του φυσικού, νοητικού, και συνεργατικού έργου των πρακτόρων στα συστήματα αυτά, Ζητήματα ανθρώπινης αξιοπιστίας και διαχείρισης κινδύνων, παρ' ολίγον ατυχημάτων, και μεγάλων καταστροφών, Μηχανική επανατακτικότητας συστημάτων (Resilience Engineering), Θεωρία γνωσιακών τεχνημάτων (πρωτογενή- δευτερογενή- τριτογενή) και αρχές σχεδιασμού τους, Θεωρίες για το συνεργατικό έργο και τη διασυννοριακή διαχείριση πληροφορίας και γνώσης, Τεχνικές εξαγωγής απαιτήσεων και προδιαγραφών για υφιστάμενα και μελλοντικά συστήματα εργασίας, Σύνδεση της Εθνομεθοδολογίας και Εθνογραφίας με το σχεδιασμό, Διαδικασίες και τεχνικές συμμετοχικού σχεδιασμού και ανάπτυξης πρωτοτύπων, Παραδοσιακές και σύγχρονες προσεγγίσεις στο χρηστοκεντρικό σχεδιασμό και τον πλαίσιοθετημένο σχεδιασμό, Μελέτες παρεμβάσεων σε αιτιοκρατικά, προθετικά ή μικτά συστήματα, Μελέτες σχεδιασμού σε πειραματικούς κόσμους διαφορετικής κλίμακας, Τεχνικές διαχείρισης της πολυπλοκότητας μέσω του σχεδιασμού, Σχεδιασμός και λειτουργία ακουστικών και οπτικών συναγερμών, Πρακτικές και τεχνικές απεικόνισης δεδομένων, πληροφορίας, και γνώσεων (ζητήματα περιεχομένου και μορφοποίησης), Αναλυτικές και εμπειρικές διαδικασίες αξιολόγησης των προϊόντων σχεδιασμού σε πολύπλοκα συστήματα - επιτυχημένοι και αποτυχημένοι σχεδιασμοί, Συγκριτικές μελέτες εφαρμογής διαφορετικών θεωρητικών πλαισίων και προσεγγίσεων - πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα, και κόστη εφαρμογής σε κάθε περίπτωση.

Η πρακτική εξειδίκευση σε θέματα Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων εξελισσόταν, αφενός με την πρόοδο της έρευνας στο πεδίο (ο σχεδιασμός για ένα μεγάλης κλίμακας σύστημα, που βρίσκεται σε διαδικασίες οργανωτικού και τεχνολογικού μετασχηματισμού απαιτήσε συνδυαστικά, επαναληπτικά στάδια ανάλυσης-σχεδιασμού-αξιολόγησης), και αφετέρου μέσα από την ταυτόχρονη επαγγελματική ενασχόληση με τη χρήση και το σχεδιασμό/ανασχεδιασμό γνωσιακών τεχνημάτων και διαδικασιών, σε συστήματα εργασίας ίδιας ή μικρότερης κλίμακας με διαφορετικά κοινωνικο-τεχνικά χαρακτηριστικά. Η εμπειρία σε πεδία με διαφορετικού βαθμού αιτιοκρατικά-προθετικά χαρακτηριστικά, διευκόλυνε την κατάλληλη προσέγγιση τους στα ηλεκτρικά δίκτυα, τόσο κατά το στάδιο της ανάλυσης, όσο και κατά το στάδιο του σχεδιασμού-αναπαριστώντας τα κατάλληλα στο διαμεσολαβητή.

Η θεωρητική κατάρτιση σε θέματα διαχείρισης ηλεκτρικών δικτύων βασίστηκε στη μελέτη βιβλιογραφίας για: Αρχές διαχείρισης ενέργειας, Δομή και τρόπο λειτουργίας των δικτύων σε διαφορετικά κράτη, Ρόλο των πολιτικών-κοινωνικών-οργανωτικών παραγόντων στη λειτουργία των κρίσιμων υποδομών, Ζητήματα διασύνδεσης κρίσιμων υποδομών, αξιοπιστίας, αντοχής στις καταστροφές, και επανατακτικότητας, Περιπτώσεις φυσικών καταστροφών (σεισμών, τσουνάμι, κλπ), μη-αναστρέψιμων αστοχιών του εξοπλισμού και διαδικτυακών επιθέσεων στα σύγχρονα ηλεκτρικά δίκτυα, Πρότυπα, εγχειρίδια, και οδηγίες πάνω στην αποκατάσταση των δικτύων μετά από μείζονες διαταραχές (Power

system restoration), Ζητήματα εξ' αποστάσεως διαχείρισης και τοπικής δράσης στα δίκτυα, Εποπτεία δικτύων στο περιβάλλον των παραδοσιακών και σύγχρονων αιθουσών ελέγχου, Πρότυπα σχεδιασμού αιθουσών ελέγχου, Παραδοσιακά και σύγχρονα συστήματα διαχείρισης ενέργειας, Σύγχρονες Τεχνικές Απεικόνισης πληροφορίας για τα ηλεκτρικά δίκτυα, Διαχείριση κρίσεων με σύγχρονες τεχνολογίες πολυμέσων, Ρόλος των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων.

Για την εξοικείωση με τις τεχνολογίες των Συστημάτων Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (SCADA), πραγματοποιήθηκε παρακολούθηση εκπαιδευτικού σεμιναρίου μεγάλης διάρκειας πάνω σε «Συστήματα τηλεέγχου και τηλεχειρισμού στη βιομηχανία».

Για την πρακτική κατάρτιση πάνω στον τρόπο λειτουργίας των ελληνικών ηλεκτρικών δικτύων έγιναν τα ακόλουθα. Μελετήθηκαν Κανονισμοί λειτουργίας των δικτύων και των Κέντρων Ελέγχου των δικτύων, Οργανογράμματα, Τοπολογικοί χάρτες του δικτύου, Μονογραμμικά διαγράμματα που αποτύπωναν τα ηλεκτρικά στοιχεία, τους μηχανισμούς προστασίας, και επιμέρους ρυθμίσεις των στοιχείων, Εγχειρίδια για τα διαθέσιμα μέσα εποπτείας και ελέγχου των δικτύων στις αίθουσες ελέγχου, Νομοθεσία πάνω στις θεσμικές και τεχνολογικές αλλαγές στο χώρο της ενέργειας, Εκθέσεις και αναλύσεις πάνω στη διαχείριση και αντιμετώπιση κρίσιμων συμβάντων.

Διεξήχθησαν μεγάλης διάρκειας συστηματικές παρατηρήσεις στην αίθουσα ελέγχου 20KV, που αποτελεί και τον κυρίως χώρο μελέτης, αλλά και μικρότερης διάρκειας συστηματικές παρατηρήσεις στις αίθουσες των 22KV και 150KV Αθηνών, και στην αίθουσα ελέγχου μέσης τάσης στη Θεσσαλονίκη. Πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις με χειριστές, μηχανικούς που είναι υπεύθυνοι για επιμέρους τομείς λειτουργίας του δικτύου, καθώς με λοιπό προσωπικό που υποστηρίζει το έργο της αίθουσας ελέγχου (έκδοση σημειωμάτων κλπ). Μέσα από τις παρατηρήσεις, τις συνεντεύξεις, και άλλες τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν συμπληρωματικά αποκτήθηκε γνώση για τα χρησιμοποιούμενα στην αίθουσα ελέγχου τεχνήματα (συμβολικό σύστημα, κωδικοποίηση συναγερωμένων, κλπ), αλλά και για την χρησιμοποιούμενη ορολογία και τη γλώσσα εργασίας του πεδίου. Επιπλέον γνώσεις σε ειδικά ζητήματα διαχείρισης του πεδίου, αποκτήθηκαν κατά την παρακολούθηση εκπαιδεύσεων των χειριστών εντός της αίθουσας ελέγχου.

Η επιλογή του λογισμικού υλοποίησης του διαμεσολαβητή, έγινε μέσα από την ακόλουθη διαδικασία. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική διερεύνηση των σύγχρονων τάσεων στην εποπτεία και τον έλεγχο των δικτύων, και διαπιστώθηκε ότι πέρα από τις τυπικές οθόνες των Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας (Πίνακες Δεδομένων, Διαγράμματα Τάσεων, Μονογραμμικά Διαγράμματα, Προειδοποιήσεις και Συναγερωμοί), δινόταν έμφαση στην αξιοποίηση των δυνατοτήτων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), για την δυναμική αποτύπωση φορτίων και τάσεων πάνω στην τοπολογική απεικόνιση του δικτύου. Για την εξοικείωση με τα συστήματα αυτά, πραγματοποιήθηκε παρακολούθηση σεμιναρίων για την «Ανάπτυξη εφαρμογών εποπτείας και διαχείρισης κρίσιμων υποδομών με χρήση GIS» και για τη «Σηματολογία και Πραγματολογία των Χωρικών Απεικονίσεων».

Τελικά, θεωρήθηκε σκόπιμο (§1.4.1) να δοθεί έμφαση κυρίως στην ανάπτυξη ενός πρωτότυπου Συστήματος Συμβόλων και Δομών Απεικόνισης Πληροφορίας, που αξιοποιούνται συνδυαστικά μέσα σε κατάλληλα σχεδιασμένες Όθονες-Παράθυρα-Θεάσεις για την εποπτεία και διαχείριση του δικτύου μέσης τάσεως, και όχι τόσο στην ανάπτυξη τεχνικών απεικόνισης πληροφορίας Μιμικού Διαγράμματος σε υπόβαθρο GIS (κατεύθυνση στην οποία έχει δώσει έμφαση ο βιομηχανικός σχεδιασμός). Για το λόγο αυτό, επελέγη η χρήση του λογισμικού Macromedia Flash Professional, που υποστηρίζει την ανάπτυξη δυναμικών πρωτοτύπων. Η εξοικείωση με τις τεχνικές σύνταξης κώδικα και σχεδιασμού του λογισμικού, επιτεύχθηκε μέσα από τη μελέτη εγχειριδίων και τεχνικών οδηγιών από εξειδικευμένους ιστοτόπους.

1.5 Διάρθρωση της διατριβής

Η παρούσα διατριβή αναπτύσσεται στην περιοχή τομής, της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων (θεωρητικό υπόβαθρο) και της Ηλεκτρολογικής Μηχανικής (πεδίο εφαρμογής). Στόχο της διατριβής αποτελεί, τα ευρήματα που θα προκύψουν να μπορούν να ενοποιηθούν με τον υπάρχοντα κορμό έρευνας και στα δύο επιστημονικά πεδία, καθώς και να καταστούν αξιοποιήσιμα σε επίπεδο βιομηχανικού σχεδιασμού. Στα επιμέρους Κεφάλαια, δόθηκε προσοχή ώστε η χρήση εξειδικευμένων όρων και εννοιών, να γίνεται με τρόπο τέτοιο, ώστε το περιεχόμενο των κεφαλαίων να καθίσταται κατανοητό, ακόμη και από αναγνώστες μη-εξοικειωμένους με την ορολογία κάποιου από τα δύο επιστημονικά πεδία. Για το λόγο αυτό, παρουσιάζονται αναλυτικά εντός του κειμένου οι χρησιμοποιούμενες έννοιες και όροι κάθε επιστημονικού πεδίου.

Στο παρόν *Κεφάλαιο 1*, παρουσιάστηκαν συνοπτικά το θεωρητικό και πρακτικό υπόβαθρο της διατριβής, ο τρόπος που διαφοροποιείται από συμβατικές προσεγγίσεις η διαδικασία ανάλυσης και σχεδιασμού που ακολουθείται, καθώς και οι στόχοι και οι προκλήσεις υλοποίησης της διατριβής.

Στο *Κεφάλαιο 2*, προσδιορίζεται η συμβολή της Εργονομίας, και ειδικότερα της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων στο σχεδιασμό παρεμβάσεων σε πολύπλοκα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα. Περιγράφονται τα διαθέσιμα θεωρητικά πλαίσια, μέθοδοι και εργαλεία, καθώς και τα κριτήρια επιλογής και εφαρμογής τους, ανάλογα με το στόχο της παρέμβασης και τα χαρακτηριστικά του κάθε πεδίου εφαρμογής. Προσδιορίζεται ο ιδιαίτερος ρόλος των γνωσιακών τεχνημάτων (διαμεσολαβητών) μέσα στο σύστημα εργασίας, καθώς και ο τρόπος που αυτά εξελίσσονται μέσα από τη χρήση τους και τις διαδικασίες ανάλυσης-σχεδιασμού-αξιολόγησης τους, υπό το πρίσμα της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων. Επιπλέον, επισημαίνονται οι προκλήσεις ενσωμάτωσης των διαδικασιών αυτών στο βιομηχανικό σχεδιασμό.

Στο *Κεφάλαιο 3*, περιγράφονται αρχικά οι ιδιαίτερες απαιτήσεις που θέτει η εποπτεία και ο έλεγχος πολύπλοκων συστημάτων (π.χ. λόγω μη-αναμενόμενων γεγονότων, εκτεταμένου «αδιαφανούς» συστήματος αυτοματισμών). Παρουσιάζονται οι αρχές υλοποίησης του Οικολογικού Σχεδιασμού Διαμεσολαβητών, τα βασικά εργαλεία ανάλυσης (Πίνακες Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης, και Ταξινόμηση της Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις), και το διευρυμένο -πολλαπλών σταδίων- πλαίσιο Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας, που καλύπτει κατάλληλα τις απαιτήσεις σχεδιασμού σε μεγάλη κλίμακα συστήματα. Προσδιορίζονται επίσης, οι τεχνικές διαμόρφωσης της οπτικής φόρμας (αντιληπτικά χαρακτηριστικά και εννοιολογικό περιεχόμενο) και οργάνωσης της πληροφορίας (Διαχωρισμένα, Ενοποιημένα, και Αναδύομενα Χαρακτηριστικά) που υιοθετούνται στον οικολογικό σχεδιασμό, καθώς και τα πλεονεκτήματα που έχει διαφανεί ότι έχουν, μέσα από μελέτες εφαρμογής και αξιολόγησης σε ποικίλα πεδία.

Στο *Κεφάλαιο 4*, διερευνούνται περιστατικά σοβαρών διαταραχών λειτουργίας (μπλακάουτ) που έχουν συμβεί σε ηλεκτρικά δίκτυα στο εξωτερικό και στην Ελλάδα, καθώς και ο τρόπος και ρυθμός αποκατάστασής τους. Γίνεται αναφορά στους παράγοντες (καιρικές συνθήκες, εξωγενή φαινόμενα, διακρατικές συνδέσεις, τρόπος λειτουργίας των σύγχρονων αγορών, διαθεσιμότητα ενεργειακών πόρων, εξοπλισμός εποπτείας και ελέγχου δικτύων) που διαμορφώνουν δυναμικά το περιβάλλον λειτουργίας των σύγχρονων δικτύων, συμβάλλοντας στην εκδήλωση ή αποτροπή σοβαρών διαταραχών. Επισημαίνονται τα ανθρώπινα λάθη στα οποία μπορεί να υποπέσουν οι χειριστές κατά την εκδήλωση κρίσιμων καταστάσεων, καθώς και η συμβολή του τρόπου απεικόνισης πληροφορίας για το δίκτυο, στην εκδήλωση αυτών των λαθών.

Στο *Κεφάλαιο 5*, καταγράφονται οι συστημικές αλλαγές -τεχνολογικές και οργανωτικές- που υλοποιούνται στις αίθουσες ελέγχου των σύγχρονων ηλεκτρικών δικτύων, και προσδιορίζονται οι επιπτώσεις που έχουν αυτές στο νοητικό και συνεργατικό έργο των χειριστών. Εξετάζονται οι πιθανές διαδικασίες εισαγωγής αλλαγών, προκειμένου να γίνεται ομαλά η μετάβαση από τους παραδοσιακούς διαμεσολαβητές (με τα φυσικά ενδεικτικά και χειριστήρια, φιλοσοφίας σχεδιασμού «ένας αισθητήρας – μία ένδειξη ή χειρισμός»), στους σύγχρονους ηλεκτρονικούς διαμεσολαβητές (πολλαπλών οθονών, διαφορετικού μεγέθους και δυνατοτήτων διάδρασης). Σε ό,τι αφορά τις τεχνικές και τους τρόπους απεικόνισης πληροφορίας στα σύγχρονα συστήματα εποπτείας και διαχείρισης ηλεκτρικών δικτύων διαφορετικής τάξεως, διαπιστώνεται η ανάγκη για εξειδικευμένο σχεδιασμό, προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις κάθε επιμέρους δικτύου.

Στο *Κεφάλαιο 6*, καταγράφονται οι αλλαγές και ευκαιρίες που παρουσιάζονται στα δίκτυα μέσης τάσεως στην Ελλάδα, καθιστώντας τα ένα πεδίο κατάλληλο για τη δοκιμή των δυνατοτήτων του οικολογικού σχεδιασμού. Δεδομένου ότι ο σχεδιασμός αφορά ένα μεγάλης κλίμακας πραγματικό σύστημα, στο οποίο λαμβάνουν χώρα σημαντικές αλλαγές, προσδιορίζεται: α) με ποιο τρόπο οι αλλαγές αυτές ενσωματώνονται στο σχεδιασμό, β) πώς και με ποιο τρόπο οι εργαζόμενοι συμμετέχουν στη διαμόρφωση του μελλοντικού περιβάλλοντος εργασίας, παρέχοντας ανάδραση στα επιμέρους βήματα ανάλυσης και σχεδιασμού, και γ) με ποια κριτήρια γίνεται η επιλογή των χαρακτηριστικών του πραγματικού συστήματος που περιλαμβάνει ο πειραματικός κόσμος που υποστηρίζει ο σχεδιαζόμενος διαμεσολαβητής, ώστε οι παραγόμενες σχεδιαστικές λύσεις, να είναι αποτελεσματικές και σε πραγματικές συνθήκες διαχείρισης του πραγματικού συστήματος. Παρουσιάζεται συνολικά ο κύκλος γνωσιακού σχεδιασμού που υλοποιήθηκε (Εθνογραφική Ανάλυση, Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, Σχεδιασμός Πρωτοτύπων, Αξιολόγηση), και συνοψίζεται πώς τα αποτελέσματα των επιμέρους σταδίων συνδέονται μεταξύ τους, αξιοποιούμενα για τη διαμόρφωση του τελικού σχεδιαστικού αποτελέσματος.

Στο *Κεφάλαιο 7*, παρουσιάζεται η Εθνογραφική Ανάλυση που υλοποιήθηκε προκειμένου να μελετηθούν οι τεχνικές και κοινωνικές πτυχές της εργασίας που συνδέονται με το σχεδιασμό, και ειδικότερα να αποκτηθεί γνώση για: τους κανόνες και το πλαίσιο λειτουργίας του συστήματος, την κατανομή ρόλων και τον συντονισμό συνεργασιών, τον τρόπο σύζευξης των εργαζομένων με τα γνωσιακά τεχνήματα, καθώς και τις μεθόδους και συλλογισμούς δράσης σε οικείες και μη-οικείες καταστάσεις. Αρχικά, προσδιορίζονται οι μέθοδοι και οι τεχνικές συλλογής δεδομένων (τακτικές και στοχευμένες συστημικές παρατηρήσεις, ελεύθερες και δομημένες συνεντεύξεις, γλώσσα εργασίας, συμβολικό σύστημα, κλπ). Ακολουθεί περιγραφή του ελεγχόμενου από τους χειριστές τεχνολογικού δικτύου μέσης τάσεως, καθώς και των χρησιμοποιούμενων παραδοσιακών και ηλεκτρονικών τεχνημάτων της αίθουσας ελέγχου. Κατόπιν αναλύονται, το νοητικό και συνεργατικό έργο των εργαζομένων στο πλαίσιο συνήθων και κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας, το καταναμημένο γνωσιακό σύστημα, οι πρακτικές εργασίας που υιοθετούν οι χειριστές, καθώς και οι παρεμβάσεις που έχουν πραγματοποιήσει σε τεχνήματα και διαδικασίες, για να υποστηριχτεί καλύτερα το έργο τους.

Στο *Κεφάλαιο 8*, παρουσιάζεται η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας που πραγματοποιήθηκε για την εξαγωγή απαιτήσεων και προδιαγραφών σχεδιασμού. Αρχικά διαμορφώθηκε ένα Μοντέλο «Ιεραρχικής Αφαίρεσης» του τεχνολογικού δικτύου, καθώς και πολλαπλά Μοντέλα «Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης» (Μοντέλο Ενεργειακών Θεσμικών Φορέων, Μοντέλο Υποτομένων, Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών, Μοντέλο συνεργασίας Χειριστών- Συνεργείων, Μοντέλο Δομής Μετασχηματιστών, Μοντέλο Τεχνολογικών Συστημάτων Εποπτείας και Ελέγχου Δικτύου), που αποτυπώνουν διαφορετικές οπτικές και πτυχές της λειτουργίας και δομής του συστήματος εργασίας, οι οποίες καθορίζουν τη δράση σε αυτό. Ακολούθησε Πλαισιοθετημένη Ανάλυση Δραστηριότητας, βάσει πραγματικών περιστατικών και πάνω σε κατάλληλα επιλεγμένα μοντέλα, υπό το πρίσμα τεσσάρων παραμέτρων της εργασίας (καθήκοντα ελέγχου, στρατηγικές, κοινωνική οργάνωση συνεργασιών, ατομικοί παράγοντες). Η ανάλυση ανέδειξε τις ιδιαίτερες απαιτήσεις υποστήριξης σε επίπεδο σχεδιασμού, που θέτουν οι κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου, καθώς και τεχνικές και οργανωτικές παραμέτρους που συνδέονται με τις υλοποιούμενες αλλαγές, και που απαιτούν ειδική διερεύνηση κατά το σχεδιασμό.

Στο *Κεφάλαιο 9*, αποτυπώνεται αναλυτικά η διαδικασία σχεδιασμού του οικολογικού διαμεσολαβητή "PIGMENTUM", και ο τρόπος που συμμετείχαν οι χειριστές στη διαδικασία αυτή, κατά τη μετάβαση από τα υπάρχοντα τεχνήματα, στα

πρωτότυπα σε χαρτί, και τελικά στα ηλεκτρονικά πρωτότυπα. Περιγράφεται λεπτομερώς η διαδικασία σημασιολογικής αποτύπωσης, προσδιορίζοντας βάσει ποιών απαιτήσεων, προδιαγραφών, αρχών γνωσιακής μηχανικής, και προϋπαρχουσών απεικονίσεων, διαμορφώθηκε το νέο Σύστημα Συμβόλων (π.χ. Σημαίες Συνδεσιμότητας) και Δομών Απεικόνισης Πληροφορίας για το δίκτυο (π.χ. Σχεσιακές Δομές, Συναθροιστικές δομές), και οργανώθηκε η πληροφορία στις Θεάσεις, τα Παράθυρα, και τις Οθόνες που δημιουργήθηκαν. Επίσης, επισημαίνονται οι σημαντικότερες αλλαγές που εισαγάγει το νέο περιβάλλον διάδρασης, σε ό,τι αφορά το νοητικό και συνεργατικό έργο.

Στο *Κεφάλαιο 10*, παρουσιάζεται η διαδικασία αναλυτικής αξιολόγησης του τελικού πρωτότυπου του οικολογικού διαμεσολαβητή "PIGMENTUM" που σχεδιάσθηκε. Η αξιολόγηση έγινε με τη βοήθεια του εργαλείου «Ταξινόμησης της Νοητικής Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις», και στόχευσε στο: α) να διαπιστωθεί εάν εκπληρώνονται οι σχεδιαστικοί στόχοι, και πώς μπορούν να λειτουργήσουν οι νέες σημασιολογικές δομές, που εισάγονται στο σύστημα απεικόνισης πληροφορίας για το δίκτυο, β) να αποτυπωθεί ο τρόπος που μπορεί να υποστηριχθεί το νοητικό έργο των χειριστών και για τα τρία επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς, καθώς και οι εναλλαγές μεταξύ αυτών, στο πλαίσιο κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας του δικτύου, και γ) να διερευνηθούν συγκριτικά, οι τρέχουσες πρακτικές εργασίας που υιοθετούν οι χειριστές στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, σε σχέση με αυτές που αναμένεται να αναπτύξουν οι χειριστές στον οικολογικό διαμεσολαβητή.

Τέλος, στο *Κεφάλαιο 11*, συνοψίζεται η πρωτοτυπία και η συμβολή της παρούσας διατριβής σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο, και επισημαίνονται οι δυνατότητες περαιτέρω αξιοποίησης των αποτελεσμάτων της ανάλυσης και του σχεδιασμού που έχουν παραχθεί. Επιπλέον, προσδιορίζονται τα μελλοντικά βήματα αξιολόγησης του πρωτότυπου οικολογικού διαμεσολαβητή "PIGMENTUM", που είναι σκόπιμο να γίνουν προκειμένου οι μέθοδοι ανάλυσης και οι σχεδιαστικές λύσεις που υιοθετήθηκαν, να τεκμηριώσουν περαιτέρω τη σημασία μεταφοράς τους στο βιομηχανικό σχεδιασμό συστημάτων εποπτείας και διαχείρισης ηλεκτρικών δικτύων.

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΓΝΩΣΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΓΝΩΣΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

2.1 Σχεδιασμός Συστημάτων

Ο όρος πολύπλοκα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα προσδιορίστηκε από τους Emery & Twist (1960) για να περιγράψουν συστήματα τα οποία χαρακτηρίζονται από τη σύνθετη αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων, μηχανών και περιβαλλοντικών παραγόντων του συστήματος εργασίας. Αυτή η σύνθετη αλληλεπίδραση χαρακτηρίζει τη σημερινή εποχή τα περισσότερα συστήματα σε χώρους εργασίας. Στην πράξη, όλοι αυτοί οι παράγοντες – άνθρωποι, μηχανές, πλαίσιο- πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν αναπτύσσει κανείς τέτοια συστήματα (Baxter & Sommerville, 2011, Mumford, 2006, 2000, Badham et al., 2000).

Αρχικά, τα πεδία εφαρμογής του κοινωνικο-τεχνικού σχεδιασμού ήταν οι βιομηχανικές και κατασκευαστικές μονάδες. Η εφαρμογή του κοινωνικο-τεχνικού σχεδιασμού γνώρισε άνθιση τις δεκαετίες 1970-1980, όταν πέρα από τους πολιτισμικούς και κοινωνικούς λόγους, διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν και επιχειρηματικοί λόγοι για την υιοθέτηση αυτών των ιδεών στο σχεδιασμό. Το τέλος της δεκαετίας του 1980 και τη δεκαετία του 1990, αναδύθηκαν νέες προσεγγίσεις στη μελέτη της εργασίας (Suchman, 1987) που τόνιζαν τη σημασία των κοινωνικο-τεχνικών ζητημάτων, στο σχεδιασμό συστημάτων που βασίζονται στο συνεργατικό έργο των πρακτόρων τους, με την υποστήριξη εργαλείων πληροφορικής τεχνολογίας (Avgerou et al., 2004, Grudin, 1994, Heath & Luff, 1991, Blomberg, 1988).

Ο σχεδιασμός συστημάτων αποτελεί ένα πολύπλευρο και σύνθετο πεδίο δραστηριότητας, το οποίο αποκτά συνεχώς αυξανόμενο θεωρητικό και πρακτικό ενδιαφέρον, καθώς από τη μία πληθαίνουν συνεχώς οι γνώσεις, τα εργαλεία/τεχνολογικά μέσα, οι προσεγγίσεις, ενώ από την άλλη αυξάνουν οι απαιτήσεις για αποτελεσματικότητα των σχεδιαζόμενων συστημάτων (Baxter & Sommerville, 2011).

Αντικείμενο του σχεδιασμού συστημάτων αποτελεί, τόσο η δημιουργία ενός νέου συστήματος ή εφαρμογής, όσο και ο ανασχεδιασμός και ανακατασκευή τεχνολογικών διατάξεων, καθώς και ο ανασχεδιασμός διαδικασιών εργασίας. Στη βιβλιογραφία συναντά κανείς διαφορετικούς ορισμούς, κάθε ένας από τους οποίους περιγράφει ή αποτυπώνει μία διαφορετική πτυχή του σχεδιασμού συστημάτων. Ο σχεδιασμός συστημάτων θα μπορούσε να οριστεί, ως η διαδικασία ή η τέχνη της παραγωγικής αλληλεπίδρασης γνώσεων, μεθόδων, τεχνικών και καινοτομικών εμπνεύσεων με σκοπό τη δημιουργία οργανωμένων ενοτήτων (υπηρεσιών, εργαλείων, επιφανειών αλληλεπίδρασης) που εξυπηρετούν συγκεκριμένους στόχους.

Για τη σχέση επιστημονικής θεωρίας, τεχνολογίας, και σχεδιασμού, έχουν διατυπωθεί κατά καιρούς από επιστήμονες διαφορετικές απόψεις. Ο Landes (1969) ανέφερε ότι οι νέες τεχνολογίες αναδύονται συνήθως μέσα από εμπνευσμένες πειραματικές δοκιμές ανθρώπων που βλέπουν την άμεση σύνδεση μεταξύ καινοτομίας και αξιοποίησης της. Καθώς ένας βιομηχανικός κλάδος καθιερώνεται, αναπτύσσονται επιπλέον καινοτομίες μέσω μεθοδολογικών πρακτικών, οι οποίες αξιοποιούν κωδικοποιημένη εμπειρία από προηγούμενα προβλήματα. Οι Long and Dowell (1996, 1998) επισημαίνουν ότι οι επιστήμες της τεχνολογίας κατέχουν και αναπτύσσουν τη δική τους γνώση, που τις καθιστά ικανές να επιλύουν σχεδιαστικά προβλήματα. Περιγράφουν το σχεδιασμό ως μία δραστηριότητα που μετατρέπει την επιστημονική θεωρία σε χρήσιμα τεχνήματα. Για το λόγο αυτό ο σχεδιασμός αποτελεί το προϊόν της ουσιαστικής επιστημονικής γνώσης.

Ο σχεδιασμός συστημάτων μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία διαδικασία αλλαγής. Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που υλοποιείται για την επίλυση ενός πραγματικού σχεδιαστικού προβλήματος, αποτελεί μία παρεμβατική δραστηριότητα. Ο τεχνολογικός σχεδιασμός φέρνει και κοινωνική αλλαγή (Crabtree, 1998). Ο Alexander (1964) επισημαίνει ότι ο σχεδιασμός συνεπάγεται το ταίριασμα ενός αντικείμενου που δεν υπάρχει, σε ένα πλαίσιο που δεν μπορεί να περιγραφεί πλήρως. Η εισαγωγή νέας τεχνολογίας σε ένα χώρο αποτελεί πάντα έναν πειραματισμό, αφού διαμορφώνει νέες νοητικές αρχιτεκτονικές και επηρεάζει το προϊόν της συνεργατικής δουλειάς. Ο σχεδιασμός συστημάτων πρέπει πάντα να λαμβάνει υπόψη τους τρόπους που οι ενεργούντες σε ένα πεδίο, προσαρμόζονται στα δυναμικά χαρακτηριστικά των διαθέσιμων - για την διεκπεραίωση των καθηκόντων- μέσων (Hollan et al., 2000).

Ο σχεδιασμός συστημάτων δεν αποτελεί ένα ακόμη επιστημονικό πεδίο όπως ο μηχανολογικός ή ηλεκτρολογικός σχεδιασμός. Αποτελεί ένα ενοποιημένο επιστημονικό πεδίο, το οποίο καλύπτει όλες τις επιμέρους επιστημονικές περιοχές. Ο σχεδιασμός συστημάτων καλύπτει τα πάντα σε ό,τι αφορά τη διερεύνηση, την κατανόηση, και το σχεδιασμό του πώς κάθε μέρος του συστήματος ταιριάζει με τα υπόλοιπα (Rouse, 2003). Ανάλογα με το πεδίο και το αντικείμενο του σχεδιαζόμενου συστήματος, απαιτείται συνήθως η εμπλοκή περισσότερων του ενός φορέων, από διαφορετικά πεδία και με διαφορετικό θεωρητικό και εμπειρικό υπόβαθρο (Dong, 2004, Kirwan, 2000). Επίσης πρέπει να έχει κανείς υπόψη του ότι υπάρχουν τμήματα και φάσεις του σχεδιασμού που μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα, και άλλες που προϋποθέτουν γνώσεις και χρήση τεχνικών από περισσότερα από ένα πεδία, καθώς και αλληλεπίδραση με τους φορείς κάθε επιμέρους πεδίου.

Για τον σχεδιασμό συστημάτων πρέπει να υιοθετήσει κανείς μία διεπιστημονική – υπερεπιστημονική και ολιστική προσέγγιση (Benda et al., 1996). Ο Moray (1994) σημειώνει ότι αυτό που απαιτείται στην πραγματικότητα είναι μία «ουσιαστική προσέγγιση του συστήματος» που ενοποιεί πολλά και διαφορετικά επιστημονικά πεδία μεταξύ τους όπως

εργονομία, ψυχολογία, κοινωνιολογία και ανθρωπολογία, με την επιστήμη της μηχανικής, των οικονομικών και της πολιτικής (Rasmussen, 2000, Moray, 2000), επισημαίνοντας ότι πρόκειται ουσιαστικά για αυτό που ο Wisner (1984) αποκαλεί «ανθρωποτεχνολογία» ("anthropotechnologie") ή ανθρωποτεχνολογική προσέγγιση.

Στα συστήματα εργασίας σημαντικό ρόλο παίζει η ανθρώπινη δραστηριότητα και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στη δραστηριότητα αυτή (Mumford, 1995). Τα πεδία είναι οργανωμένα γύρω από συγκεκριμένους στόχους και παρέχουν δυνατότητες και περιορισμούς. Η νοητική εργασία εμφανίζεται, όταν ένα συγκεκριμένο σύστημα εργασίας χρησιμοποιεί γνώση, προκειμένου να αξιοποιήσει τις υπάρχουσες δυνατότητες και να επιτύχει συγκεκριμένους στόχους στο πεδίο. Αντίστοιχη θεώρηση της νοητικής εργασίας υιοθετείται από τη Θεωρία Σχεδιασμού Συστημάτων (Simon 1969), την Οικολογική Θεωρία Συστημάτων (Neisser 1987), τη Γνωσιακή Επιστήμη (Winograd and Flores 1986), και τη Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων (Woods and Roth 1988).

Η οικολογία της νόησης του χρήστη με το πεδίο, πρέπει να αποτελεί τη θεμελιώδη υπόθεση, με τα μοντέλα νόησης του χρήστη να αντικατοπτρίζουν τη φύση των πεδίων μέσα στα οποία εκτελείται η νοητική εργασία (Dowell & Long, 1998). Όπως σημειώνει και ο Neisser (1987), εάν δεν υπάρχει ολοκληρωμένη εικόνα για την πληροφορία που οι χρήστες χρησιμοποιούν, τα μοντέλα επεξεργασίας πληροφορίας είναι σχεδόν σίγουρο ότι θα αποδειχθούν εσφαλμένα.

Η «ευχρηστία» αποτελεί βασική επιδίωξη σε κάθε απόπειρα σχεδιασμού ενός –μικρού ή μεγαλύτερου- συστήματος, καθώς ένα εύχρηστο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά από τους διαχειριστές του. Ο όρος ευχρηστία στο πλαίσιο του σχεδιασμού συστημάτων συνδέεται με:

- την κοινωνική-επιστημονική γνώση πάνω στις πρακτικές εργασίες σε διάφορα επιστημονικά πεδία.
- τα πλαίσια που υποστηρίζουν τις πρακτικές εργασίες στα αναδυόμενα –πλούσια σε ψηφιακά δεδομένα- περιβάλλοντα.
- τις νέες διατάξεις και τις τεχνικές αλληλεπίδρασης/διάδρασης που αναπτύσσονται για χρήση στις ηλεκτρονικές επιστήμες.

Η επίτευξη ευχρηστίας είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον εργονομικό σχεδιασμό. Ο βασισμένος στην εργονομία σχεδιασμός, στοχεύει στο σχεδιασμό συστημάτων που είναι εύχρηστα και χρήσιμα για τους ανθρώπους που πρόκειται να ωφεληθούν από τη χρήση του. Η εργονομική οπτική αξιοποιεί στο σχεδιασμό, θεωρίες για την αντίληψη και τη νόηση, και για το πώς θα σχεδιάσει κανείς ένα αντικείμενο που θα ταιριάζει στις ανθρώπινες δυνατότητες και αδυναμίες (Norman & Draper, 1986, Norman, 1988, 1998, Shneiderman, 1998).

2.2 Οπτική της Εργονομίας

Ο ρόλος και η συμβολή της επιστήμης της εργονομίας στο σχεδιασμό συστημάτων, προκύπτει μέσα από την προσέγγιση του συστήματος εργασίας που υιοθετεί. Ο όρος Εργονομία προέρχεται από τη σύζευξη των αρχαίων ελληνικών λέξεων «Έργον» και «Νόμος» (Marmaras et al., 1999). Πρωτοεμφανίστηκε σε επιστημονικό άρθρο το 1857 από τον Πολωνό Φυσιολόγο Wojciech Jastrzebowski, ο οποίος προσδιόρισε την εργονομία ως την «Επιστήμη της Εργασίας, με την ευρύτερη δυνατή έννοια του όρου της εργασίας, η οποία μπορεί να διαχωριστεί σε δύο επιμέρους πεδία· την επιστήμη της επωφελούς εργασίας (που φέρνει βελτιώσεις ή είναι επαιτητή, καθώς ο άνθρωπος χρησιμοποιεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις ανθρώπινες δυνάμεις και δυνατότητες) και την επιστήμη της επιβλαβούς εργασίας (που επιφέρει χειροτέρευση και μη επαιητούς τρόπους εργασίας, που δεν αξιοποιούν κατάλληλα τις ανθρώπινες δυνάμεις και δυνατότητες)».

Παράλληλα με τον όρο Εργονομία χρησιμοποιείται –κυρίως στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (ΗΠΑ)- και ο όρος «Ανθρώπινοι Παράγοντες» (Human Factors). Σύμφωνα με την Διεθνή Εταιρεία Εργονομίας (International Ergonomics Association), «η Εργονομία είναι η επιστημονική περιοχή που ασχολείται με τη μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ανθρώπων και των λοιπών στοιχείων ενός συστήματος».

Ο Wickens (1992) σημειώνει ότι ουσία της Εργονομίας αποτελεί η κατανόηση της διάδρασης του ανθρώπου με τα συστήματα που τον περιβάλλουν, και ιδιαίτερα η ανθρώπινη απόδοση και τα όρια της. Ο Moray (1994) συνοψίζοντας το στόχο της εργονομίας αναφέρει ότι «καθήκον της εργονομίας αποτελεί η μείωση της δριμύτητας των συνολικών προβλημάτων σε ένα σύστημα, λαμβάνοντας υπόψη τις πολιτισμικές και περιβαλλοντικές διαφορές».

Σύμφωνα με τη Διεθνή Εταιρεία Εργονομίας, η επιστήμη της Εργονομίας είναι ένα ενιαίο σύνολο, στο οποίο μπορεί να διακρίνει κανείς επιμέρους συνιστώσες ερευνητικού και πρακτικού ενδιαφέροντος:

- Η Φυσική Εργονομία ασχολείται με τα ανατομικά, ανθρωπομετρικά, φυσιολογικά και εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά του ανθρώπου σε σχέση με τις φυσικές δραστηριότητες που αναπτύσσει.
- Η Γνωσιακή Εργονομία (ή Νοητική Εργονομία) ασχολείται με τους νοητικούς μηχανισμούς και διαδικασίες (προσοχή, αντίληψη, αυτόματη απόκριση, πραγματοποίηση συλλογισμών, αποθήκευση και ανάκτηση πληροφορίας), και με το πώς διαμορφώνονται μέσα από την αλληλεπίδραση των ανθρώπων με τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος. Ο νοητικός φόρτος, η λήψη αποφάσεων, οι σχετικές με τη γνώση και την εμπειρία πτυχές της απόδοσης, η ανθρώπινη αξιοπιστία, η εργασιακή πίεση, θέματα εκπαίδευσης, και συνολικά το «ταίριασμα» των ανθρώπινων νοητικών δυνατοτήτων και περιορισμών με τις μηχανές, τα καθήκοντα, και το περιβάλλον, αποτελούν θεμελιώδη ενδιαφέροντα της επιστημονικής αυτής περιοχής (Falzon, 1990).

- Η Οργανωσιακή Εργονομία ασχολείται με την βελτιστοποίηση των κοινωνικο-τεχνικών συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των οργανωτικών δομών, των πολιτικών, και των διαδικασιών. Αντικείμενο της Οργανωσιακής Εργονομίας αποτελούν: ο σχεδιασμός της εργασίας και της κατανομής των ωρών εργασίας, η επιλογή προσωπικού, η ατομική και ομαδική εργασία, η επικοινωνία των ομάδων και κοινοτήτων, τα σύγχρονα προγράμματα εργασίας, οι εικονικοί οργανισμοί, η τηλεργασία, η διαχείριση ποιότητας και ο συμμετοχικός σχεδιασμός.

Οι εργονόμοι συμβάλουν στον σχεδιασμό και την αξιολόγηση των καθηκόντων, των εργασιών, των προϊόντων, του εργασιακού περιβάλλοντος και γενικότερα των συστημάτων, με στόχο να τα καταστήσουν συμβατά με τις ανάγκες, δυνατότητες και περιορισμούς των ανθρώπων. Οι επαγγελματίες εργονόμοι εφαρμόζουν θεωρητικές αρχές, δεδομένα και μεθόδους στο σχεδιασμό, με στόχο τη βελτιστοποίηση της καλής διαβίωσης των ανθρώπων και της συνολικής απόδοσης του συστήματος (Levitch, 1994).

Τα προβλήματα εργονομικού σχεδιασμού αποτελούν ένα δια-επιστημονικό θέμα και για το λόγο αυτό, όπως ανέφερε ο Mark Dainoff στην εναρκτήρια ομιλία του συνεδρίου της IEA 2006, ένας εργονόμος πρέπει να διαθέτει τεχνικές, κοινωνικές, και πολιτικές δεξιότητες. Ο ρόλος των εργονόμων στην εφαρμογή των επιμέρους συνιστωσών της εργονομίας έχει περιγραφεί από πολλούς μελετητές στο χώρο (Baxter & Sommerville, 2011, Lintern, 2009, Hale & Schmidt, 2008, Carayon, 2006, Kleiner, 2004, Dong, 2004, Dekker et al., 2003, Williams, 2003, Rouse, 2003, Kirwan, 2000, Salvendy, 1998, Perry & Sanderson, 1998), και όλοι καταλήγουν στην επισήμανση ότι η εμπλοκή και η συμβολή των εργονόμων στο σχεδιασμό συστημάτων πρέπει να γίνεται όλο και πιο ουσιαστική.

Οι Moray (2008) και Zink (2000), έκαναν μία ανασκόπηση των βασικότερων ορόσημων της εργονομίας, σε μία προσπάθεια να συνοψίσουν την πορεία της εργονομίας μέσα στο χρόνο, και να διατυπώσουν τους μελλοντικούς στόχους. Μελετώντας τη διαθέσιμη βιβλιογραφία διαπιστώνει κανείς ότι η εφαρμογή της εργονομίας έχει ξεπεράσει τα στενά όρια της βιομηχανίας και άλλων παραδοσιακών χώρων εργασίας (Hendrick, 2008, Carayon, 2006, Wilson, 2000), και έχει αξιοποιηθεί -σε ερευνητικό κυρίως επίπεδο- σε πεδία με πολύ ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όπως π.χ. οι διαστημικές αποστολές (European Cooperation for Space Standardization, 2007) και η αντιμετώπιση θεμάτων τρομοκρατίας (Nickerson, 2011). Ταυτόχρονα όμως, διαπιστώνει κανείς την ανάγκη για ουσιαστικότερη ενσωμάτωση της εργονομίας στο σχεδιασμό πραγματικών συστημάτων, και στην αντιμετώπιση ρεαλιστικών προβλημάτων (Carayon, 2006, Meister and Enderwick, 2001, Moray, 2000, Kirwan, 2000, Robert et al., 1998).

Σε μεγάλης κλίμακας συστήματα, η επιστήμη της εργονομίας συνδέεται με ένα μεγάλο εύρος ζητημάτων, όπως ο σχεδιασμός διαμεσολαβητών ανθρώπου- τεχνολογικού συστήματος, η ικανότητα των σχεδιαστών να προβλέψουν και να παρέχουν τα απαραίτητα μέσα ελέγχου, ώστε να είναι δυνατή η διαχείριση των διαταραχών σε ένα αποδεκτό βαθμό, η ικανότητα των χειριστών να διαχειριστούν απρόβλεπτες και σπάνιες διαταραχές, και η ικανότητα του φορέα που ευθύνεται για το σύστημα να διατηρήσει μία αποδεκτή ποιότητα διαχείρισης κινδύνου (Kraemer & Carayon, 2005, Rasmussen, 1989).

Η λειτουργία ενός συστήματος εργασίας καθορίζεται από τις αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στα υποσυστήματα (άνθρωποι, τεχνολογία, περιβάλλον) που συνθέτουν το κυρίως σύστημα. Τα χαρακτηριστικά του χώρου εργασίας (μορφολογικά χαρακτηριστικά θέσεων εργασίας, τρόπος απεικόνισης και επεξεργασίας της πληροφορίας) και η οργάνωση της εργασίας (σχεδιασμός των διαδικασιών, ομαδική εργασία) συνδέονται άμεσα, και καθορίζουν τον τρόπο που οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν φυσικά και νοητικά, με το τεχνολογικό σύστημα και με τους άλλους ανθρώπους (Morel et al., 2009, Haro & Kleiner, 2008, Zink, 2000).

Η εργονομία αποτελεί ένα ενιαίο επιστημονικό πεδίο, με τις τρεις επιμέρους συνιστώσες της να είναι άμεσα συνδεδεμένες, και σε σημαντικό βαθμό αλληλοεξαρτώμενες. Στην πράξη, όταν πραγματοποιεί κάποιος εργονομική παρέμβαση, επιλέγει το επίπεδο προσέγγισης του συστήματος εργασίας (μικρο- ή μακρο-), ανάλογα με τη φύση του πεδίου και το στόχο της μελέτης, σε κάθε επιμέρους φάση του έργου· οι παράγοντες αυτοί καθορίζουν κατόπιν, το αν θα δοθεί έμφαση και σε τι βαθμό, σε μία ή περισσότερες συνιστώσες της εργονομίας (Δριβάλου, 2010, Zink, 2000, Clegg, et al., 1996).

Η μικρο-εργονομική προσέγγιση της εργασίας εστιάζει στην αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τις τεχνολογικές διατάξεις και τα εργαλεία/εξοπλισμό που χρησιμοποιεί (πινάκων ελέγχου, οθονών απεικόνισης, και σταθμών εργασίας) για να εκτελέσει τη εργασία του, με στόχο να βελτιωθεί το περιβάλλον εργασίας, και να προληφθούν οι κίνδυνοι στην καθημερινή λειτουργία του συστήματος εργασίας. Για το λόγο αυτό μελετάται, η διάταξη των σταθμών εργασίας και του εξοπλισμού, ο τρόπος και οι συνθήκες εκτέλεσης της εργασίας, καθήκοντα που απαιτούν οπτική ή ακουστική αναζήτηση και επεξεργασία πληροφορίας από διαφορετικές πηγές, καθήκοντα που απαιτούν ταυτόχρονη διαχείριση πληροφορίας, κλπ. Η μικρο-εργονομία βασίζεται κυρίως στην ανθρωπομετρία, στη φυσιολογία, και τις γνωσιακές επιστήμες (Hendrick, 2003, Meshkati, 1989).

Η μακρο-εργονομική προσέγγιση στοχεύει στη συνολική βελτίωση του κοινωνικο-τεχνικού συστήματος και στη μελέτη των επιπτώσεων του οργανωτικού συστήματος στην ανθρώπινη συμπεριφορά και ασφάλεια (Kleiner, 2008, Haro & Kleiner, 2008, Hendrick, 1995, 1991). Η μακρο-εργονομία υποστηρίζει την ανάλυση των συστημάτων εργασίας σε επίπεδο υποσυστημάτων ή βασικών παραγόντων (προσωπικό, τεχνολογικοί, οργανωτικοί, περιβαλλοντικοί και πολιτισμικοί, καθώς και των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων), πριν επιδιώξει κανείς τις παραδοσιακές μικρο-εργονομικές παρεμβάσεις (Pew & Mavor, 2007). Η Carayon (2006) αναφέρει ότι στόχο της μακρο-εργονομικής προσέγγισης αποτελεί το να σχεδιάσει κανείς τις δομές και τις διαδικασίες ενός συστήματος εργασίας, με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι συμβατός με τα βασικά χαρακτηριστικά: α) του προσωπικού, β) του τεχνολογικού συστήματος, γ) του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Στην πράξη μάκρο-εργονομικές παρεμβάσεις συμβαίνουν σε ένα σύστημα όταν (Kleiner, 2002): α) πρόκειται να λάβουν χώρα σημαντικές αλλαγές σε επίπεδο εξοπλισμού, υπηρεσιών ή διαδικασιών, β) όταν υπάρχουν σημαντικά οργανωτικά προβλήματα, γ) όταν η διοίκηση έχει κατανοήσει τη σημασία και το ρόλο των εργονομικών παρεμβάσεων σε όλα τα επίπεδα, κάτι που συμβαίνει συνήθως όταν οι μικρο-εργονομικές παρεμβάσεις έχουν δείξει σημαντικά αποτελέσματα. Η μάκρο-εργονομική προσέγγιση έχει εφαρμοστεί στο σχεδιασμό και ανασχεδιασμό μεγάλης κλίμακας συστημάτων και σύνθετων οργανισμών, διευκολύνοντας την εφαρμογή συστημάτων ποιότητας, την κατάρτιση κατάλληλων εκπαιδευτικών προγραμμάτων, και την αλλαγή της οργανωτικής κουλτούρας. Μέσα από μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι μακρο-εργονομικές παρεμβάσεις έχουν θετικά αποτελέσματα σε ό,τι αφορά την παραγωγικότητα του συστήματος, την υγιεινή και ασφάλεια, την εργασιακή κουλτούρα, και την ικανοποίηση των εργαζομένων, καθώς και στη διαχείριση οικονομικών παραμέτρων λειτουργίας του συστήματος (π.χ. συντήρηση εξοπλισμού κλπ) (Kleiner, 2008, Kleiner & Booher, 2003, Kleiner & Hendrick, 1999, Hendrick, 2003, Robertson, 2001, Carayon, Smith, & Haims, 1999).

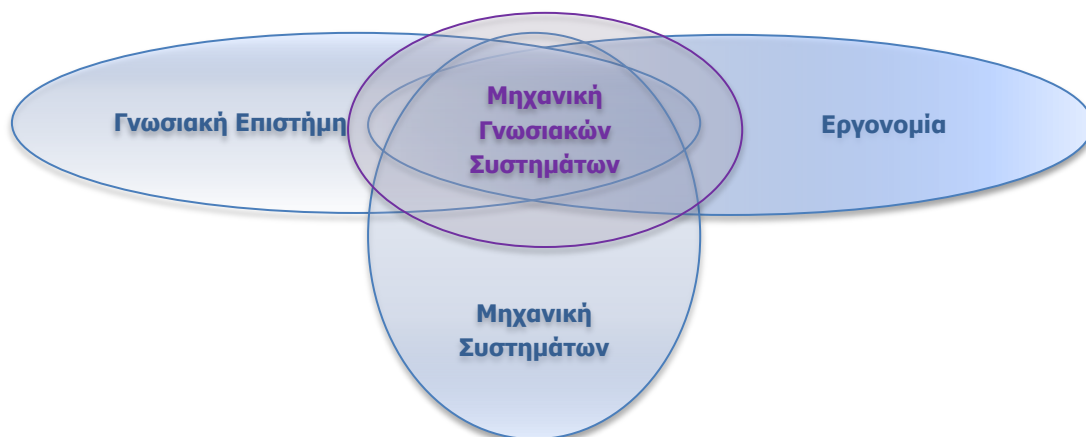
Οι αρχές της μάκρο-εργονομίας συμβάλουν σημαντικά στον αποτελεσματικό σχεδιασμό νέων συστημάτων και διαδικασιών, καθώς υποστηρίζουν την ολιστική προσέγγιση στην επίλυση του σχεδιαστικού προβλήματος. Κατά την εισαγωγή σύγχρονης τεχνολογίας στα συστήματα εργασίας, οι Μικρο- και Μάκρο- Εργονομικές προσεγγίσεις συμβάλουν στην ομαλή ενσωμάτωση της, και στη βελτίωση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας στη λειτουργία του τεχνολογικού συστήματος (Moro, 2009, Kleiner, 2004, 2002).

2.3 Προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων

Η μηχανική συστημάτων (systems engineering) αφορά στο σχεδιασμό της σύνθετης σχέσης μεταξύ των μερών ενός συστήματος, με στόχο τη μεγιστοποίηση ενός αποδεκτού μεγέθους μέτρησης της απόδοσης του συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα στοιχεία που σχετίζονται με οποιοδήποτε τρόπο με το σύστημα, συμπεριλαμβάνοντας τόσο το ανθρώπινο δυναμικό, όσο και τα χαρακτηριστικά κάθε στοιχείου του συστήματος.

Η γνωσιακή επιστήμη (cognitive science) ασχολείται με τη διεπιστημονική μελέτη της ευφυούς συμπεριφοράς. Επιστημονικά πεδία όπως η ψυχολογία, η γλωσσολογία, η ανθρωπολογία και οι νευροεπιστήμες συμβάλουν στη γνωσιακή επιστήμη (Gardner, 1985). Η γνωσιακή επιστήμη συνδέεται με το σχεδιασμό πληροφοριακών συστημάτων. Τα μεθοδολογικά πλαίσια που προέρχονται από τη γνωσιακή επιστήμη βελτιώνουν την κατανόησή μας για τα εργασιακά καθήκοντα, τα οποία στοχεύουν να υποστηρίξουν τα σχεδιαζόμενα πληροφοριακά συστήματα. Η κατανόηση των εργασιακών καθηκόντων μας καθιστά ικανούς να σχεδιάσουμε πιο αποτελεσματικά και χρησιμοποιήσιμα πληροφοριακά συστήματα (Davis, 1999).

Τη δεκαετία του '80 εμφανίζεται στη βιβλιογραφία ο όρος γνωσιακή μηχανική (cognitive engineering), καθώς και διάφορες παραλλαγές και εξειδικεύσεις του όρου αυτού. Ο Norman (1986), περιέγραφε τη γνωσιακή μηχανική ως ένα επιστημονικό πεδίο που βρίσκεται υπό διαμόρφωση, αλλά έχει ως στόχο το να βελτιώσει το γνωσιακό σχεδιασμό, παρέχοντας «τις αρχές που οδηγούν το σχεδιασμό σε ένα καλό επίπεδο, από τον πρώτο γύρο». Στόχο της γνωσιακής μηχανικής αποτελεί πρώτον το «να κατανοήσει τις βασικές αρχές πίσω από την ανθρώπινη δράση και απόδοση, που είναι κατάλληλες για την ανάπτυξη αρχών μηχανικής σχεδίασης», και δεύτερον το «να αναπτύξει συστήματα που είναι ευχάριστα στη χρήση». Η γνωσιακή μηχανική στηρίζεται σε αρχές προσανατολισμένες στην ανάπτυξη και το σχεδιασμό ανθρωποκεντρικών συστημάτων.



Εικόνα 2.1 Το επιστημονικό πεδίο της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων

Η έννοια της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων (Cognitive Systems Engineering - CSE) εισήχθη από τους Hollnagel and Woods (1983), και αποτελεί μία παραλλαγή της Γνωσιακής Μηχανικής που αναδύθηκε σχεδόν ταυτόχρονα με αυτή. Το θεωρητικό υπόβαθρο της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, η εμπειρία από την εφαρμογή της, καθώς και η εξέλιξη της

σε βάθος χρόνου αποτυπώνονται στη διαθέσιμη βιβλιογραφία (Woods & Roth, 1988b, Rasmussen et al., 1994, Hollnagel & Woods, 2005, Endsley et al., 2007, Lee & Kirlik, 2013, Flach, 2017).

Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων (Εικόνα 2.1), θα μπορούσε να προσδιοριστεί ως το επιστημονικό πεδίο, που συνδυάζει τη Μηχανική Συστημάτων, τη Γνωσιακή Επιστήμη και την Εργονομία (Wilson, 2014). Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων δίνει έμφαση στη συνέργεια ανθρώπου και τεχνολογίας (Marmaras & Pavard, 1999), σε αντίθεση με την προσέγγιση της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής, που εστιάζει στον διαχωρισμό ανθρώπου και τεχνολογίας, με την αλληλεπίδραση να εξασφαλίζει τη σύνδεση τους. Η κατανόηση των χαρακτηριστικών των χρηστών και του πλαισίου εργασίας, αποτελούν βασικούς οδηγούς για τον κατάλληλο σχεδιασμό, όχι μόνο της αλληλεπίδρασης, αλλά και του συστήματος συνολικά (Kontogiannis & Embrey, 1997, Marmaras, 2000).

Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων παρέχει μία ευρύτερη οπτική των συστημάτων σε ό,τι αφορά την ανάλυση και το σχεδιασμό ανθρώπου – μηχανής (Hollnagel & Woods, 1983). Η βασική μονάδα ανάλυσης στη Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων, περιλαμβάνει όλα τα φαινόμενα που αναδύονται στο σημείο συνάντησης ανθρώπων, τεχνολογίας και εργασίας. Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων ασχολείται και με την ανάλυση των οργανωτικών θεμάτων της εργασίας.

Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων προσεγγίζει το σχεδιασμό τεχνολογίας, εκπαίδευσης, και διαδικασιών με τρόπο τέτοιο, ώστε μέσω αυτών να γίνεται διαχείριση της νοητικής συνθετότητας στα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα. Η νοητική συνθετότητα συνδέεται με δραστηριότητες όπως η αναγνώριση, αξιολόγηση, παρακολούθηση, αντίληψη, ανάκληση από τη μνήμη, εκτέλεση συλλογισμών, λήψη αποφάσεων, επίλυση προβλημάτων και προγραμματισμός (Klein et al, 2003). Στόχο της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, δεν αποτελεί το να εξαλείψει τις νοητικές απαιτήσεις, αλλά το να μειώσει τη συνθετότητα, και να υποστηρίξει δραστηριότητες όπως η λήψη αποφάσεων και η επίλυση προβλημάτων (Militello et al., 2010).

Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων αποτελεί ένα επιστημονικό πλαίσιο για το σχεδιασμό συστημάτων, που αναπτύχθηκε αρχικά για τις ανάγκες του ελέγχου διαδικασιών (πχ πυρηνικά εργοστάσια), αλλά χρησιμοποιείται πλέον σε ποικίλα πεδία (Beevis et al., 1998, Chalmers et al., 2002, Elm, 2003, Pfautz and Roth, 2006, Bennett et al., 2008, Hale & Schmidt, 2008). Ο τρόπος εφαρμογής της εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του πεδίου, τη φύση των δραστηριοτήτων που εκτελούνται σε αυτά, καθώς και από τον βαθμό και τρόπο εμπλοκής των εργαζομένων στη διαχείριση και τον έλεγχο του πεδίου (Tory & Moller, 2004).

Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων υποστηρίζει την ανάπτυξη συστημάτων, μέσα από επαναληπτικούς κύκλους ανάλυσης, σχεδιασμού, και αξιολόγησης. Η ανάπτυξη ενός συστήματος ή εφαρμογής μπορεί να ξεκινήσει από οποιοδήποτε σημείο του κύκλου, αν και συνήθως ξεκινάει από την ανάλυση του συστήματος ή από τον έλεγχο ενός υπάρχοντος συστήματος προκειμένου να εντοπιστούν τα λάθη και οι αδυναμίες του. Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων διαθέτει εργαλεία που διευκολύνουν τη εναρμόνιση του βιομηχανικού σχεδιασμού συστημάτων, με πρότυπα χρήστο-κεντρικού σχεδιασμού (ISO 13407, 1999, ISO 9241- Part 210, 2010, Hori et al., 2001) και με τον κύκλο μηχανικής της ευχρηστίας (Nielsen, 1993).

2.3.1 Συστήματα εργασίας

Τα συστήματα εργασίας, στα οποία γίνονται παρεμβάσεις με την προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, και η ταυτότητα τους προσδιορίζεται συνήθως μέσα από το βαθμό που είναι: 1) γραμμικά-πολύπλοκα, 2) ισχύρης -χαλαρής σύζευξης, 3) κλειστά-ανοιχτά, 4) αυτιοκρατικά -προθετικά.

Ο όρος γραμμικά ή πολύπλοκα περιγράφει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων τους. Οι γραμμικές αλληλεπιδράσεις παρουσιάζουν προγραμματισμένες ή αναμενόμενες αλληλουχίες. Οι πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις παρουσιάζουν μη-οικείες ή μη-προγραμματισμένες ή μη-αναμενόμενες αλληλουχίες, οι οποίες δεν είναι ορατές ή άμεσα κατανοητές. Βέβαια και τα γραμμικά συστήματα παρουσιάζουν αλληλεπιδράσεις που δεν είναι ορατές, αλλά είναι καλά ορισμένες.

Γραμμικά Συστήματα Εργασίας	Πολύπλοκα Συστήματα Εργασίας
<ul style="list-style-type: none"> - Ο εξοπλισμός είναι κατανεμημένος. - Οι αλληλεπιδράσεις είναι γραμμικές. - Οι σχέσεις μεταξύ των τμημάτων είναι συγκεκριμένες, γιατί τα μέσα ελέγχου συνδέονται με εξοπλισμό που εξυπηρετεί συγκεκριμένο σκοπό. - Υπάρχει δυνατότητα απομόνωσης στοιχείων που έχουν αστοχήσει. - Υπάρχει λιγότερη εξειδίκευση στο προσωπικό, καθώς αλλάζουν ρόλους κυκλικά. - Λίγοι μη-οικείοι ή ακούσιοι κύκλοι ανάδρασης. - Λίγες παράμετροι ελέγχου, άμεσες και διαχωρισμένες. - Η πληροφορία που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του συστήματος προσλαμβάνεται άμεσα, και αντικατοπτρίζει τις πραγματικές λειτουργίες. - Υπάρχει εκτεταμένη γνώση και κατανόηση όλων των διαδικασιών. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ο εξοπλισμός είναι πολύ πυκνός. Υπάρχει λειτουργική εγγύτητα τμημάτων ή μονάδων που δεν βρίσκονται σε φυσική συνέχεια. - Οι αλληλεπιδράσεις είναι μη-γραμμικές. - Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι συνδέσεων μεταξύ μερών, μονάδων, υποσυστημάτων. - Υπάρχει περιορισμένη δυνατότητα απομόνωσης στοιχείων που έχουν αστοχήσει. - Υπάρχει μεγάλη εξειδίκευση του προσωπικού. Σημαντική η γνώση για αλληλεξαρτήσεις που υπάρχουν με άλλα στοιχεία του συστήματος. - Μη-οικείοι ή μη-αναμενόμενοι κύκλοι ανάδρασης. - Πολλές παράμετροι ελέγχου με δυνητικές αλληλεπιδράσεις. - Χρησιμοποιούνται έμμεσες ή επαγωγικές πηγές πληροφόρησης. - Υπάρχει περιορισμένη κατανόηση μερικών τμημάτων ή διαδικασιών μετασχηματισμού. - Αποτελούν συνήθως περιβάλλοντα υψηλού κινδύνου.

Πίνακας 2.1 Γραμμικά και Πολύπλοκα Συστήματα Εργασίας.

Τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται στον Πίνακα 2.1, βοηθούν στον προσδιορισμό της πολυπλοκότητας ενός συστήματος εργασίας, και καθορίζουν την πληροφορία που απαιτείται για να περιγραφεί ένα σύστημα Vicente (1999). Η πολυπλοκότητα συνδέεται με το βαθμό λεπτομέρειας που απαιτείται για την περιγραφή ενός συστήματος. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει η κλίμακα θέασης του συστήματος που επιλέγουμε. Σε μία μικρή κλίμακα ένα σύστημα μπορεί να συμπεριφέρεται με πολύπλοκο τρόπο, ενώ σε μία μεγαλύτερη κλίμακα μπορεί οι λεπτομέρειες της πολυπλοκότητας να μην έχουν νόημα.

Σε κάθε σύστημα η πολυπλοκότητα του όλου συνδέεται με τη πολυπλοκότητα των μερών. Ο όρος αναδυόμενη πολυπλοκότητα (emergent complexity) περιγράφει περιπτώσεις όπου πολλά απλά μέρη αλληλεπιδρούν με τρόπο τέτοιο, ώστε η συμπεριφορά του συνόλου να είναι πολύπλοκη (Bar-Yam, 2004). Η συλλογική συμπεριφορά περιέχεται στη συμπεριφορά των μελών, εάν αυτά μελετηθούν στο πλαίσιο που βρίσκονται (Bar-Yam, 1997, Boccarda, 2004, Gros, 2008). Τα παραδείγματα αναδυόμενων συμπεριφορών δείχνουν τη διαφορά ανάμεσα στην τοπική ανάδυση, όπου η συλλογική συμπεριφορά αφορά μόνο ένα μέρος του συστήματος, και την συνολική ανάδυση (global emergence) όπου η συλλογική συμπεριφορά χαρακτηρίζει το σύστημα συνολικά.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που χρησιμοποιείται για την περιγραφή των συστημάτων είναι ο βαθμός σύζευξης. Ο όρος ισχυρή/στενή σύζευξη (tight coupling) χρησιμοποιείται στη μηχανική και σημαίνει ότι δεν υπάρχει κενό μεταξύ δύο στοιχείων, και ό,τι συμβεί στο ένα, επηρεάζει άμεσα ό,τι συμβαίνει στο άλλο. Αντίθετα, η χαλαρή σύζευξη (loose coupling) επιτρέπει σε τμήματα του συστήματος να λειτουργήσουν αυτόνομα. Η ισχυρή σύζευξη το περιορίζει αυτό. Επιπλέον, τα χαλαρά σύζευξης συστήματα μπορούν να υποστούν αιφνίδιες διαταραχές, αστοχίες ή πίεση χωρίς να αποσταθεροποιηθούν. Τα ισχυρά σύζευξης συστήματα ανταποκρίνονται πιο γρήγορα στις διαταραχές, αλλά η ανταπόκριση μπορεί να είναι καταστροφική.

Για την περιγραφή των συστημάτων χρησιμοποιούνται και οι προσδιορισμοί κλειστό ή ανοιχτό. Κλειστό σύστημα, είναι ένα σύστημα, όπου όλα μπορούν να προβλεφθούν. Ένα κοινωνικό-τεχνικό σύστημα που μπορεί να θεωρηθεί ανοιχτό (Badham, et al., 2000):

- έχει αλληλοεξαρτώμενα μέρη.
- προσαρμόζεται και επιδιώκει στόχους στο εξωτερικό περιβάλλον.
- έχει ένα εσωτερικό περιβάλλον το οποίο αποτελείται από διακριτά, αλλά αλληλοεξαρτώμενα τεχνικά και κοινωνικά υποσυστήματα.
- παρουσιάζει δυνατότητα επιλογής, σε περιπτώσεις που μπορεί να επιτύχει κάποιος ένα στόχο με περισσότερους από έναν τρόπους.
- η απόδοση του βασίζεται στην από κοινού βελτιστοποίηση των τεχνικών και κοινωνικών υποσυστημάτων.

Τα πολύπλοκα κοινωνικό-τεχνικά συστήματα, αποτελούν περιβάλλοντα εργασίας τα οποία περιλαμβάνουν ευρείες περιοχές επίλυσης προβλημάτων, πολλαπλούς χρήστες, και υψηλά επίπεδα αυτοματισμού (Upton & Doherty, 2006). Ως ανοικτά συστήματα, περιλαμβάνουν συχνά αντικρουόμενους περιορισμούς, δυναμικά δεδομένα, αλληλένδετα στοιχεία και μη αναμενόμενα γεγονότα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων πεδίων αποτελούν τα συστήματα ελέγχου βιομηχανικών διαδικασιών, ο έλεγχος εναερίου κυκλοφορίας, και οι αίθουσες χειρουργείων. Οι εργαζόμενοι σε αυτά τα

περιβάλλοντα επιβλέπουν και αλληλεπιδρούν με μεγάλο όγκο δεδομένων -πραγματικού χρόνου- του συστήματος. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζουν πολλές μεταβλητές και σύνθετες σχέσεις, μεταξύ των επιμέρους ομάδων δεδομένων.

Η προβλεψιμότητα στη συμπεριφορά ενός συστήματος εργασίας, εξαρτάται από την ύπαρξη εσωτερικών περιορισμών. Η ποσοτική σχέση που υπάρχει ανάμεσα στους σχετικούς με τους στόχους περιορισμούς και στους λειτουργικούς περιορισμούς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει κανείς την τακτικότητα- κανονικότητα στη συμπεριφορά που εμφανίζει ένα σύστημα εργασίας.

Στα αιτιοκρατικά συστήματα (causal systems), η τακτικότητα στην συμπεριφορά πηγάζει μέσα από σταθερούς φυσικούς κανόνες, π.χ. στα τεχνικά συστήματα (σειρές παραγωγής, χημική βιομηχανία κλπ) η τακτικότητα στην συμπεριφορά αποτυπώνεται μέσα από φυσικούς κανόνες. Έτσι, η συμπεριφορά τους σε συνάρτηση με τις ανθρώπινες ενέργειες μπορεί να προβλεφθεί, μέσα από γνώση σχετική με τις φυσικές διεργασίες που εμπλέκονται. Στην περίπτωση αυτή, η συμπεριφορά και οι περιορισμοί του συστήματος (φυσικοί κανόνες) βρίσκονται μέσα στο ίδιο το σύστημα, και οι στόχοι/προθέσεις καθορίζονται από το ίδιο το σύστημα (Rasmussen et al., 1994). Στα προθετικά συστήματα (intentional systems), η βασισμένη σε στόχους δομή τους εξαρτάται από τις υποκειμενικές αξίες και προτιμήσεις των χρηστών τους. Στην περίπτωση αυτή επικρατούν οι στόχοι που καθορίζονται από τους διαχειριστές του συστήματος. Όταν οι διαχειριστές του συστήματος που επιβάλουν τη βούληση τους βρίσκονται έξω από αυτό, τότε οι περιορισμοί που θέτουν είναι συνήθως αυστηροί. Όταν οι χειριστές του συστήματος είναι αυτοί που καθορίζουν και τους στόχους, τότε προφανώς υπάρχει μία ελαστικότητα στους περιορισμούς.

Συναφής είναι και η διάκριση των συστημάτων σε σκληρά και μαλακά (hard and soft systems) (Kirk, 1995). Σκληρά χαρακτηρίζονται τα συστήματα που έχουν συγκεκριμένους στόχους, οι οποίοι μπορούν να αποτυπωθούν σε ποσοτικούς όρους, και επιτρέπουν τη δημιουργία μαθηματικών μοντέλων, βάσει των οποίων μπορεί να προβλεφθεί η ανταπόκριση τους σε αλλαγές του περιβάλλοντος (Jeffers, 1978, Wisniewski, 1994). Τα μαλακά συστήματα ορίζονται αναφορικά με την ανθρώπινη δραστηριότητα, και έχουν αναπτυχθεί γύρω από την ιδέα ότι δεν μπορεί να επιβάλει κανείς τεχνικές λύσεις σε ένα χώρο εργασίας, χωρίς να λάβει υπόψη του τις επιπτώσεις στους ανθρώπους. Ένα μαλακό σύστημα χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα: δεν υπάρχει ομοφωνία για τους στόχους του συστήματος, οι στόχοι είναι περισσότερο ποιοτικοί παρά ποσοτικοί, υπάρχουν πολλές εξίσου αποτελεσματικές εναλλακτικές λύσεις, και υπάρχει ανάγκη για εμπλοκή όλων όσων επηρεάζονται από το σύστημα (Jones & Peters, 1972, Checkland, 1981). Ο Kirwan (2000) αναφέρει ότι μαλακά χαρακτηρίζονται τα συστήματα που δεν έχουν, ούτε απολύτως τεχνικό, ούτε απολύτως κοινωνικό χαρακτήρα.

Η συνολική ταυτότητα ενός συστήματος, καθορίζεται από το βαθμό που παρουσιάζει καθένα από τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά, έτσι π.χ. μπορεί ένα πεδίο να χαρακτηρίζεται κυρίως από αιτιοκρατικές σχέσεις, αλλά να παρουσιάζει και κάποια προθετικά στοιχεία, τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν κατάλληλα μέσα από την επιλογή προσέγγισης και μεθόδων ανάλυσης-σχεδιασμού. Σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της ταυτότητας ενός συστήματος, παίζει και το επίπεδο θέασης των υποσυστημάτων και των πρακτόρων του, καθώς ο χαρακτηρισμός του τρόπου λειτουργίας ενός υποσυστήματος μπορεί να είναι διαφορετικός ανάλογα με το επίπεδο που το αντιμετωπίζουμε.

2.3.2 Θεωρητικά Πλαίσια-Μέθοδοι-Εργαλεία

Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα τα τελευταία 30 χρόνια, με συνέπεια το συνεχές ενδιαφέρον των ερευνητών για την ανάπτυξη, τον εμπλουτισμό, αλλά και τη δημιουργία νέων μεθοδολογικών πλαισίων, μεθόδων και εργαλείων μοντελοποίησης, και σχεδιαστικών αρχών. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές μελέτες (π.χ. Bonaceto & Burns, 2004, Pfautz & Roth, 2006, Baxter & Sommerville, 2011) που συνοψίζουν τα βασικά χαρακτηριστικά και τον τρόπο χρήσης των συχνότερα χρησιμοποιούμενων θεωρητικών εργαλείων της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, όπως είναι: οι αρχές κοινωνικο-τεχνικού σχεδιασμού (Clegg, 2000, Waterson et al., 2002, Holden et al., 2008), η Εθνογραφική Ανάλυση Εργασίας (Hughes et al., 1992, Hughes et al., 1997, Viller & Sommerville, 2000, Martin & Sommerville, 2004), ο Πλαισιοθετημένος Σχεδιασμός (Contextual Design) (π.χ. Beyer & Holtzblatt, 1999), η Μαλακή Μεθοδολογία Συστημάτων (Soft Systems Methodology) (Checkland, 1981, Checkland & Scholes, 1999, Checkland & Poulter, 2006), η Θεωρία Δραστηριότητας (Activity Theory) (Nardi, 1996, Badram, 1997, Engestrom, 2000, Collins et al., 2002), Ιεραρχική Ανάλυση Καθηκόντων (Hierarchical task analysis) (Huddleston and Stanton, 2016), η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (Cognitive Work Analysis) (Rasmussen, et al., 1994, Vicente, 1999, Jenkins et al., 2009), κλπ.

Οι Hoffman et al. (2002) περιγράφουν την αναρχία που έχει δημιουργηθεί από τον πολλαπλασιασμό των τίτλων που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν παρόμοιες προσεγγίσεις (π.χ. Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (Vicente, 1999) και Εφαρμοσμένη Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (Elm et al., 2003)). Ακόμη και προσεγγίσεις που αναδύονται από διαφορετικές επιστημονικές κοινότητες, μπορεί να έχουν ίδιους στόχους, να μοιράζονται την οπτική για το σύστημα, να εστιάζουν στην ανάλυση των νοητικών διαδικασιών και να χρησιμοποιούν συχνά τις ίδιες μεθόδους. Όπως επισημαίνουν οι Militello et al. (2010), οι προσεγγίσεις αυτές παρουσιάζουν ομοιότητες, αλλά και σημαντικές διαφορές που οφείλονται στα ακόλουθα:

- Οι προσεγγίσεις για τη μελέτη της νόησης βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα.

Κάποιες αποτελούν υψηλού επιπέδου πλαίσια και δεν δίνουν έμφαση στη μεθοδολογία· άλλες είναι χαμηλότερου επιπέδου και στοχεύουν στη μελέτη της νόησης, στον εντοπισμό των νοητικών απαιτήσεων και στην αποκάλυψη της νοητικής συνθετότητας· άλλες αποτελούν μέθοδο απεικόνισης της γνώσης ή μέθοδο μοντελοποίησης της εργασίας και στοχεύουν στην χαρτογράφηση μοτίβων ή περιορισμών· άλλες αποτελούν τεχνικές για τη μοντελοποίηση νοητικών πτυχών των καθηκόντων· άλλες αποτελούν σχεδιαστικές αρχές ή επισημάνσεις για το πώς να σχεδιάσει κανείς καλά τα

συστήματα. Οι κατηγορίες αυτές παρουσιάζουν επικαλύψεις και έτσι δεν είναι πάντα εύκολο να διακρίνει κανείς ένα πλαίσιο έναντι μίας μεθόδου, έναντι μίας τεχνικής μοντελοποίησης ή ενός συνόλου σχεδιαστικών αρχών. Για το λόγο αυτό, το ίδιο θεωρητικό εργαλείο, μπορεί σε μία μελέτη να περιγράφεται ως μέθοδος, ενώ σε μία άλλη ως εργαλείο μοντελοποίησης.

- *Υπάρχουν προσεγγίσεις που έχουν διαφορετικό υπόβαθρο, και δίνουν έμφαση σε διαφορετικά στοιχεία.*

Συγκεκριμένα υπάρχουν κάποιες προσεγγίσεις που δημιουργήθηκαν για να κατανοηθεί πώς οι έμπειροι εργαζόμενοι σε κάθε πεδίο εκτελούν τα νοητικά καθήκοντα, προκειμένου να δημιουργηθούν προγράμματα εκπαίδευσης. Κάποιες άλλες κινητοποιήθηκαν από την διαπίστωση ότι η αυξημένη νοητική συνθετότητα αυξάνει τους κινδύνους, καθώς και από την προσπάθεια να σχεδιαστούν πιο ασφαλή κοινωνικο-τεχνικά συστήματα. Κάποιες προσεγγίσεις ήταν προσανατολισμένες προς την ανάπτυξη μοντέλων, ενώ άλλες στόχευαν στην ανακάλυψη. Τα πλαίσια, οι μέθοδοι και οι τεχνικές μοντελοποίησης που αναπτύχθηκαν χρησιμοποιούν συχνά ίδια ορολογία για να περιγράψουν την έργο τους, αλλά στην πραγματικότητα έχουν διαφορετική προσέγγιση.

- *Οι περιγραφές έχουν περισσότερο εκπαιδευτικό χαρακτήρα, ο οποίος υπερισχύει από το να είναι ακριβής.*

Προκειμένου να γίνει εμφανές σε τι συμβάλει η κάθε προσέγγιση, η διαδικασία σχεδιασμού υπεραπλοποιείται ως μία σειριακή, βηματική διαδικασία. Στην πραγματικότητα ο σχεδιασμός σπάνια έχει αυτή τη μορφή, λόγω των πραγματικών περιορισμών που ισχύουν. Πραγματικά προβλήματα, όπως η πρόσβαση σε πληροφορίες, σε πηγές, και σε έμπειρους πράκτορες του συστήματος, ωθούν τις ομάδες στο να εργάζονται με ένα πιο ευκαιριακό τρόπο. Τα προβλήματα σχεδιασμού από τη φύση τους αφορούν κυρίως σε μη-οικείες καταστάσεις, οι οποίες απαιτούν φρέσκια οπτική και καινοτομία, διερεύνηση και ανακάλυψη, και όλα αυτά δύσκολα μπορούν να υποστηριχθούν από μία αυστηρά βηματική διαδικασία σχεδιασμού.

Για να αξιοποιήσει κάποιος κατάλληλα τα πλαίσια, τις μεθόδους και τις τεχνικές μοντελοποίησης, είναι σκόπιμο να γνωρίζει τα επιμέρους χαρακτηριστικά τους, και τον τρόπο που μπορούν να συμβάλουν αυτά στη μελέτη και το σχεδιασμό παρεμβάσεων σε ποικίλα πεδία.

Οι μεθοδολογίες σχεδιασμού έχουν ένα ειδικό θεωρητικό υπόβαθρο, που συνδέει την κατανόηση του σχεδιασμού με την πρακτική. Οι μεθοδολογίες σχεδιασμού αποτυπώνουν τις φιλοσοφικές ερμηνείες της σχέσης μεταξύ του σχεδιασμού και του πραγματικού κόσμου, και προσπαθούν να συνδέσουν τις ερμηνείες αυτές με τον ρεαλισμό του σχεδιασμού σε ένα πραγματικό κόσμο (Wakkary, 2007).

Η εφαρμογή της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων στην πράξη, καθοδηγείται από μεθοδολογικά πλαίσια (όπως π.χ. η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας). Συνήθως όμως συγκεκριμένες μέθοδοι ή τεχνικές μοντελοποίησης συνδέονται με συγκεκριμένα μεθοδολογικά πλαίσια. Κάθε μέθοδος όπως π.χ. η Ανάλυση του Πεδίου Εργασίας μπορεί να εφαρμοστεί είτε ανεξάρτητα (Burns et al., 2004, Crandall et al., 2006), είτε μέσα σε ένα ευρύτερο πλαίσιο (Pew & Mavor, 2007, Naikar et al., 2006).

Σε ό,τι αφορά τον τρόπο περιγραφής του συστήματος, οι μέθοδοι ανάλυσης της εργασίας μπορούν να τοποθετηθούν σε τρεις επιμέρους κατηγορίες: περιγραφικές (Descriptive), Κανονιστικές (Normative), και διαπλαστικές (Formative) (Vicente, 1999).

Οι περιγραφικές μέθοδοι, προσπαθούν να κατανοήσουν πώς γίνεται η εργασία, εστιάζοντας και στις νοητικές πτυχές της εργασίας. Οι περιγραφικές μέθοδοι υιοθετούνται λιγότερο συχνά σε πεδία μηχανικής σχεδίασης. Χρησιμοποιούνται για να αναγνωρίσει κανείς τα σημαντικά στοιχεία της εργασίας και του συστήματος, περιγράφοντας πώς οι εργαζόμενοι συμπεριφέρονται πραγματικά μέσα στο σύστημα. Για να χρησιμοποιήσει κανείς αυτές τις μεθόδους, θα πρέπει το σύστημα που ενδιαφέρει το σχεδιαστή να υπάρχει ήδη ή να υπάρχει κάποιο ανάλογο.

Οι κανονιστικές μέθοδοι περιγράφουν πώς πρέπει να γίνεται η εργασία. Πολλές παραδοσιακές μέθοδοι ανάλυσης καθήκοντων μπορούν να τοποθετηθούν σε αυτή την κατηγορία, και ιδιαίτερα αυτές που εστιάζουν στις φυσικές παρατηρήσιμες συμπεριφορές. Οι κανονιστικές μέθοδοι περιγράφουν τι πρέπει να κάνουν οι εργαζόμενοι για να επιτύχουν τους στόχους του συστήματος.

Στο σχεδιασμό συστημάτων είναι δύσκολο να αναγνωρίσει ή να προβλέψει κάποιος όλες τις καταστάσεις τις οποίες μπορεί να αντιμετωπίσει ένα σύστημα στον κύκλο ζωής του (εκδήλωση μη-αναμενόμενων καταστάσεων), και για το λόγο αυτό είναι δύσκολο να προσδιορίσει κανείς πώς πρέπει να δράσουν οι εργαζόμενοι σε κάθε κατάσταση. Επιπλέον, οι εργαζόμενοι δεν ακολουθούν πάντα τις προδιαγεγραμμένες ενέργειες ή καθήκοντα, και δεδομένης της εφευρετικότητας τους στην επίλυση προβλημάτων, δεν είναι πάντα καλό να τους περιορίζει κανείς σε προκαθορισμένες ενέργειες.

Οι διαπλαστικές μέθοδοι εστιάζουν στο πώς μπορεί να γίνει η εργασία. Η προσέγγιση αυτή αναγνωρίζει ότι πολλά καθήκοντα μέσα στα πολύπλοκα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα είναι προαιρετικά, και ότι οι εργαζόμενοι έχουν ποικίλες εναλλακτικές ανάλογα πάντα με το τι σκοπεύουν να κάνουν, πότε, και με ποιο τρόπο. Οι διαπλαστικές μέθοδοι αναγνωρίζουν ότι ο κύριος ρόλος των εργαζομένων στα πολύπλοκα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα, είναι να διαχειρίζονται μη-αναμενόμενα γεγονότα.

Οι μέθοδοι διαφοροποιούνται και ως προς τον τρόπο που τέμνουν τα αναλυόμενα συστήματα σε επιμέρους τομείς και επίπεδα λειτουργίας, προκειμένου να μελετήσουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ανθρώπων και στοιχείων του συστήματος, καθώς και με το ευρύτερο περιβάλλον (Dekker et al, 2003, Carayon, 2006).

Μία άλλη σημαντική παράμετρος, που διαφοροποιεί τις μεθόδους μεταξύ τους, είναι ο ρόλος και ο βαθμός συμμετοχής των χρηστών· σε πολλές μεθόδους ο ρόλος των χρηστών περιορίζεται στο να βοηθούν στην ανάπτυξη ενός

τεχνοκεντρικού συστήματος, αντί να συμμετέχουν με πιο εξελιγμένους τρόπους στην ανάπτυξη ενός συστήματος, το οποίο θα λαμβάνει σοβαρά υπόψη του τις κοινωνικές και οργανωτικές απαιτήσεις. Από την άλλη βέβαια, υπάρχουν μέθοδοι που όχι μόνο αποτυπώνουν την οπτική για το σύστημα που έχουν διαφορετικές ομάδες συμμετεχόντων σε αυτό, αλλά επιτρέπουν και τη μελέτη των κοινωνικών και οργανωτικών αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των συμμετεχόντων. Επίσης, υπάρχουν μέθοδοι που έχουν ως βασική προϋπόθεση την ενεργή συμμετοχή των χρηστών στην διαμόρφωση σχεδιαστικών λύσεων για το σύστημα.

Σε ό,τι αφορά τις μεθόδους σχεδιασμού, ο Wakkary (2007) αναφέρει ότι υπάρχει συνήθως μία ευελιξία τόσο στη θεωρητική, όσο και στην πρακτική εφαρμογή τους. Η ευελιξία αυτή δίνει τη δυνατότητα να αντιμετωπιστούν οι ιδιαιτερότητες της εφαρμογής τους σε διαφορετικά προβλήματα σχεδιασμού, και επιτρέπει στην έρευνα σχεδιασμού, να επεκτείνει και να εμπλουτίσει τους τρόπους αξιοποίησης τους.

Μέσα από τη βιβλιογραφική επισκόπηση των δημοσιευμένων μεθόδων, διαπιστώνει κανείς ότι κάποιες παρουσιάζουν εθνικά χαρακτηριστικά, ενώ κάποιες εξυπηρετούν τις ανάγκες συγκεκριμένων πεδίων εφαρμογής. Παρατηρεί επίσης κανείς ότι άλλες μέθοδοι εμφανίζουν «δυνατότητα μεταφοράς» σε ό,τι αφορά τις χώρες και τα πεδία εφαρμογής, ενώ άλλες μένουν σε στενά εθνικό επίπεδο (Baxter & Sommerville, 2011). Επίσης έχει παρατηρηθεί ότι ενώ οι ανάγκες στα πεδία εφαρμογής αλλάζουν συνεχώς, δεν παρακολουθούν όλες οι μέθοδοι τις αλλαγές αυτές. Έτσι, ενώ κάποιες μέθοδοι ανανεώνονται συνεχώς, κάποιες άλλες παραμένουν στάσιμες στην αρχική τους μορφή. Από πολλές μεθόδους επίσης, αυτό που παραμένει με την πάροδο του χρόνου και εφαρμόζεται στην πράξη, είναι οι ιδέες τους, και όχι η ίδια η μέθοδος (Eason, 2001).

2.3.3 Επιλογή και Εφαρμογή

Τα θεωρητικά εργαλεία της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων αποτελούν μέσα, με τα οποία ο ερευνητής μπορεί να αποτυπώσει με συστηματικό τρόπο, να μελετήσει, και να επικοινωνήσει με άλλα μέλη της ομάδας εργασίας ή μέλη της ευρύτερης επιστημονικής κοινότητας, συγκεκριμένες πτυχές της δομής και λειτουργίας ενός συστήματος, καθώς και το ρόλο των τεχνικών και ανθρώπινων πρακτόρων που εμπλέκονται στη λειτουργία του. Κάθε εργαλείο δίνει έμφαση και εστιάζει στη μελέτη μίας συγκεκριμένης πτυχής του συστήματος υιοθετώντας μία οπτική (επίπεδο θέασης του συστήματος, και υπόβαθρο θεώρησης), και έχοντας συγκεκριμένη στόχευση (τι θέλει να αναδείξει). Η δημιουργική αξιοποίηση των εργαλείων έγκειται συχνά στην εφευρετικότητα των ερευνητών, και στην πρόθεση τους για πειραματισμό σε νέα πεδία ή νέους τρόπους εφαρμογής καθιερωμένων μεθόδων.

Η διαδικασία επιλογής- χρήσης των εργαλείων είναι σκόπιμο να εξελίσσεται ως εξής: α) αρχικά ο ερευνητής «αλληλεπιδρά φυσικά» με το πεδίο (ανεπηρέαστος από την οπτική ή την εστίαση συγκεκριμένων εργαλείων), εξερευνώντας τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος, τη δομή του, καθώς και το ρόλο και τρόπο εμπλοκής των ανθρώπινων και τεχνικών πρακτόρων (Roth & Patterson, 2005), β) ορίζει την περιοχή μελέτης και τα όρια του συστήματος (τι αποτελεί περιβάλλον, και τι μέρος του συστήματος), γ) επιλέγει το επίπεδο, το βάθος, και την οπτική μελέτης του συστήματος (Eason, 2001), δ) προχωράει σε ένα πρώτο κύκλο επιλογής-χρήσης εργαλείων, ε) επιλέγει επιπλέον εργαλεία που μπορούν να λειτουργήσουν επικουρικά στα αρχικά εργαλεία, «φωτίζοντας» περαιτέρω πτυχές του ρόλου των πρακτόρων και της λειτουργίας του συστήματος, που είτε δεν αποτυπώνονται κατάλληλα από τα αρχικά εργαλεία, είτε χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση (Drivalou, 2008).

Κριτήρια επιλογής των θεωρητικών εργαλείων, κατά τη διαχείριση συγκεκριμένων σχεδιαστικών προβλημάτων, αποτελούν: α) η ταυτότητα και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του συστήματος εργασίας, β) ο συνολικός στόχος της παρέμβασης στο σύστημα (μόνο ανάλυση, ανάλυση και σχεδιασμός, ή/και αξιολόγηση), γ) η επιμέρους φάση του κύκλου σχεδιασμού που υλοποιείται κάθε φορά (π.χ. καθορισμός απαιτήσεων και προδιαγραφών, ανάπτυξη σχεδιαστικών ιδεών, κλπ).

Σε μία προσπάθεια κατηγοριοποίησης των πεδίων στα οποία πραγματοποιούνται σχεδιαστικές παρεμβάσεις, ο Rasmussen (1986) ανέφερε ότι τα συστήματα μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα φάσμα, στο ένα άκρο του οποίου βρίσκονται τα συστήματα των οποίων η συμπεριφορά καθορίζεται από νόμους της φυσικής (πχ. η παραγωγή ενέργειας, ο έλεγχος χημικών διεργασιών), και στο άλλο βρίσκονται τα συστήματα των οποίων η συμπεριφορά καθορίζεται από τις ανθρώπινες προθέσεις (πχ. ο στρατιωτικός έλεγχος διαδικασιών, οι βιβλιοθήκες). Η καταλληλότητα συγκεκριμένων προσεγγίσεων και θεωρητικών εργαλείων για τη μελέτη συγκεκριμένων κατηγοριών πεδίων, έχει απασχολήσει πολλούς μελετητές σε βάθος χρόνου (Aboulaflia et al, 1995, Hajdukiewicz et al., 1999, Albrechtsen et al., 2001, Marmaras and Nathanael, 2005, Borst et al., 2015).

Σε μία προσπάθεια συστηματοποίησης της γνώσης, έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες εφαρμογής και σύγκρισης διαφορετικών εργαλείων (πχ. Ιεραρχική Αφαίρεση (Abstraction Hierarchy), Πολυεπίπεδα Μοντέλα Ροής (Multilevel Flow Models), Μέθοδος Κρίσιμης Απόφασης (Critical Decision Method), Επίπεδα Ενημερότητας Κατάστασης (Situation Awareness levels), Θεωρία Δραστηριότητας (Activity Theory), Κατανεμημένη Γνώση (Distributed Cognition) κλπ.), σε πεδία με ποικίλα χαρακτηριστικά (Higgins, 1998, Wong, 1999, Decortis et al. 2000, Chalmers et al, 2001, 2002). Παρακολουθώντας κανείς την εξέλιξη της βιβλιογραφίας στην περιοχή της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, διαπιστώνει ότι η αυστηρή σύνδεση συγκεκριμένων εργαλείων, με πεδία που παρουσιάζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, μπορεί να περιορίσει την δημιουργική αξιοποίηση των εργαλείων από πλευράς ερευνητών. Για παράδειγμα το πλαίσιο της Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας (Cognitive Work Analysis) μαζί με το βασικό εργαλείο

μοντελοποίησης του πεδίου εργασίας, την Ιεραρχική Αφαίρεση (Abstraction Hierarchy) θεωρούνταν αρχικά κυρίως κατάλληλο για αιτιοκρατικά πεδία (causal domains). Με την πάροδο του χρόνου δοκιμάστηκε, και είχε επιτυχία, και σε πεδία με κυρίαρχα προθετικά χαρακτηριστικά (intentional domains) (Reising, 2000). Δεδομένου ότι ακόμη και σε πεδία ισχυρά καθοριζόμενα από φυσικούς νόμους, παρουσιάζονται προθετικά χαρακτηριστικά κατά τη διαχείριση τους από ανθρώπινους πράκτορες, είναι σκόπιμη είτε η χρήση εργαλείων που μπορούν να αποτυπώσουν όλο το εύρος χαρακτηριστικών ενός πεδίου, είτε η συνδυαστική χρήση επιμέρους εργαλείων για την αποτύπωση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών.

Υπάρχουν εργαλεία που παρέχουν γενικές κατευθύνσεις ή αρχές. Υπάρχουν άλλα που είναι προσανατολισμένα στην ανάλυση, παρέχοντας μία πιο λεπτομερή και πρακτική υποστήριξη για την ανάλυση προβλημάτων, και των πτυχών που σχετίζονται με την οργάνωση. Επίσης, υπάρχουν κάποια άλλα που είναι προσανατολισμένα στο σχεδιασμό, παρέχοντας πρακτική λεπτομερή υποστήριξη, τόσο για την ανάλυση της οργάνωσης και του περιβάλλοντος λειτουργίας του συστήματος, όσο και για το σχεδιασμό του τελικού συστήματος. Προκειμένου να προσδιοριστεί η καταλληλότητα διαφόρων εργαλείων, για την ανάλυση, το σχεδιασμό και την αξιολόγηση των συστημάτων, έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες που συγκρίνουν για παράδειγμα: α) την Ανάλυση Καθηκόντων, την Νοητική Ανάλυση Καθηκόντων, και την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, για τη μελέτη καθηκόντων (Vicente, 1995), β) την Ιεραρχική Αφαίρεση, τα Πολυεπίεδα Μοντέλα Ροής και τη Σκάλα Αποφάσεων, για την ανάλυση της νοητικής εργασίας (Burns & Vicente, 2001), γ) την Ιεραρχική Ανάλυση Καθηκόντων με την Ιεραρχική Αφαίρεση για την εξαγωγή σχεδιαστικών απαιτήσεων απεικόνισης πληροφορίας σε οθόνη (Miller & Vicente, 2001), δ) την Ιεραρχική Ανάλυση Καθηκόντων με την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας σε ό,τι αφορά τη συμβολή τους στο σχεδιασμό και την αξιολόγηση συστημάτων (Salmon et al., 2010).

Method	Concept Definition	Requirements Analysis	Function Analysis	Function Allocation	Task Design	Interface and Team Development	Performance, Workload, and Training Estimation	Requirements Review	Personnel Selection	Training Development	Performance Assurance	Problem Investigation
Abstraction Hierarchy												
Task Analysis												
Modeling Cognitive Processes												
Modeling Behavioral Processes												
Modeling Error-Prone Actions												
Modeling Human-Machine Systems												

Εικόνα 2.2 Πίνακας κατηγοριοποίησης μεθόδων και εργαλείων (πηγή: Bonaceto & Burns, 2004, 2006)

Οι Bonaceto & Burns (2004, 2006) πραγματοποίησαν μία εκτεταμένη έρευνα για ποικίλα εργαλεία και τις πιθανές τους χρήσεις, σε επιμέρους φάσεις του κύκλου σχεδιασμού. Κατέταξαν τα εργαλεία σε πέντε επιμέρους κατηγορίες σύμφωνα με την εστίαση και το σκοπό τους: Μοντελοποίηση Νοητικών Διαδικασιών (Modeling Cognitive Processes), Μοντελοποίηση Συμπεριφορικών Διαδικασιών (Modeling Behavioral Processes), Περιγραφή Νοητικών και Συμπεριφορικών Διαδικασιών (Describing Cognitive and Behavioral Processes), Μοντελοποίηση Εσφαλμένων Ενεργειών (Modeling Erroneous Actions), και Μοντελοποίηση Συστημάτων Ανθρώπου – Υπολογιστή (Modeling Human-Machine Systems). Κάθε εργαλείο καταχωρείται σε μία συγκεκριμένη κατηγορία, και παρότι κάποια εργαλεία μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορες κατηγορίες, έχει επιλεγεί αυτή στην οποία φαίνεται να ταιριάζουν καλύτερα. Διαμόρφωσαν έτσι έναν «Πίνακα Μεθόδων», όπου οι μέθοδοι που ανήκουν σε κάθε κατηγορία αποτελούν τις γραμμές του Πίνακα (Εικόνα 2.2).

Οι κολώνες του «Πίνακα Μεθόδων» αντιπροσωπεύουν τις επιμέρους φάσεις του κύκλου σχεδιασμού, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των Dugger et al. (1999). Οι φάσεις που αποτελούν τις κολώνες του Πίνακα, έχουν επιλεγεί ως οι πιο σημαντικές και είναι οι: Προσδιορισμός του Προβλήματος (Concept Definition), Προσδιορισμός Απαιτήσεων και αναγκών (Requirements Analysis), Ανάλυση Λειτουργίας (Function Analysis), Κατανομή λειτουργιών (Function Allocation), Σχεδιασμός του Καθήκοντος (Task Design), Ανάπτυξη του Διαμεσολαβητή και της Ομάδας (Interface and Team Development), Εκτίμηση της Απόδοσης, του Νοητικού Φόρτου και της Εκπαίδευσης (Performance, Workload, and Training Estimation), Ανασκόπηση των Απαιτήσεων και Αναγκών (Requirements Review), Επιλογή Προσωπικού (Personnel Selection), Ανάπτυξη του Προγράμματος Εκπαίδευσης (Training Development), Διασφάλιση της απόδοσης (Performance Assurance), Διερεύνηση του προβλήματος (Problem Investigation).

Τα κελιά του «Πίνακα Μεθόδων» έχουν κωδικοποιηθεί χρωματικά, σύμφωνα με το πόσο χρήσιμη είναι κάθε μέθοδος για κάθε φάση σχεδίασης του Συστήματος (τα χρώματα μαύρο-γκρι-λευκό, αντιπροσωπεύουν τους χαρακτηρισμούς πολύ-

μερικώς- και όχι πολύ- χρήσιμο). Οι κρίσεις για τη χρησιμότητα βασίστηκαν σε λεπτομερή επισκόπηση του τρόπου που τα εργαλεία αυτά, είχαν αξιοποιηθεί σε άλλες μελέτες. Ο αναλυτικός Πίνακας, με πληροφορίες για κάθε μέθοδο και φάση είναι διαθέσιμος στον ιστότοπο http://mentalmodels.mitre.org/cog_eng/ce_sys_eng_phases_matrix.htm.

Μελετώντας κανείς τη βιβλιογραφία, διαπιστώνει ότι εργαλεία που εξυπηρετούσαν αρχικά μία φάση του κύκλου σχεδιασμού, μετέπειτα βρέθηκε ότι μπορούν να υποστηρίξουν κατάλληλα και άλλες φάσεις, π.χ. η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (CWA) αρχικά χρησιμοποιούνταν κυρίως ως εργαλείο ανάλυσης συστημάτων (Vicente, 1999), ενώ μετέπειτα διαπιστώθηκε ότι μπορεί να εξυπηρετήσει και την αξιολόγηση συστημάτων (Crone et al., 2003). Η δημιουργικότητα των ερευνητών κατά την αξιοποίηση και χρήση των θεωρητικών εργαλείων σε πραγματικά προβλήματα σχεδιασμού συστημάτων, δεν θα πρέπει να περιορίζεται από προγενέστερες χρήσεις τους. Η εφαρμογή τους δεν πρέπει να έχει χαρακτήρα «αυστηρής βηματικής εκτέλεσης μίας διαδικασίας», αντίθετα θα πρέπει να γίνεται ελεύθερη προσαρμογή ανάλογα με τις απαιτήσεις και τα χαρακτηριστικά του πεδίου, και να δοκιμάζονται οι δυνατότητες τους σε διαφορετικά στάδια του κύκλου σχεδιασμού, και σε νέες συνθήκες. Η ευέλικτη εφαρμογή και ο συνδυασμός εργαλείων στο πλαίσιο μελετών, μπορεί να αναδείξει περαιτέρω τις δυνατότητες τους ή σημεία τους που πρέπει να επαναπροσδιοριστούν, και να οδηγήσει έτσι σε ανατροφοδότηση του κύκλου θεωρία-πράξη.

2.4 Γνωσιακά Τεχνήματα

Οι άνθρωποι στα περιβάλλοντα εργασίας χρησιμοποιούν καθημερινά διάφορα εργαλεία και εξοπλισμό -από χαμηλής τεχνολογίας, χειρονακτικά χειριζόμενα, μέχρι τελευταίας τεχνολογίας ψηφιακές εφαρμογές- προκειμένου να εκτελέσουν τα εργασιακά τους καθήκοντα. Τα γνωσιακά συστήματα είναι κατανεμημένα, τόσο σε ανθρώπους όσο και σε μηχανές-εργαλεία-τεχνήματα που συνεργατικά εκτελούν τη νοητική εργασία. Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων υποστηρίζει το σχεδιασμό, σε συστήματα με πολλούς γνωσιακούς πράκτορες (Woods and Roth, 1988).

Οι άνθρωποι, η τεχνολογία και η εργασία, αναλύονται ως ένα ενιαίο γνωσιακό σύστημα (joint cognitive system) (Hollnagel and Woods, 2005). Αντικείμενο της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων αποτελεί ο σχεδιασμός του ενιαίου γνωσιακού συστήματος, με τρόπο τέτοιο, ώστε να ελέγχονται αποτελεσματικά οι καταστάσεις μέσα στις οποίες πρέπει να λειτουργήσουν τα τεχνήματα, και να μεγιστοποιείται η απόδοση του ενιαίου κατανεμημένου γνωσιακού συστήματος.

Ο όρος τέχνημα (Artefact, Arte + Factum) σύμφωνα με την ετυμολογία του όρου, χρησιμοποιείται για να περιγράψει κάτι που έχει κατασκευαστεί με επιδεξιότητα. Τα γνωσιακά τεχνήματα (cognitive artefacts) αποτελούν τεχνητά εργαλεία (artificial device) τα οποία έχουν σχεδιασθεί για τη διατήρηση, απεικόνιση, και διαχείριση πληροφορίας, προκειμένου να εξυπηρετηθούν λειτουργίες αναπαράστασης (Norman, 1991, Hutchins, 1995). Γνωσιακά τεχνήματα αποτελούν οι πίνακες απεικόνισης πληροφορίας, οι λίστες, τα φύλλα εργασίας, οι εμπειρικοί κανόνες, οι τεχνικές απομνημόνευσης, κλπ. Τα γνωσιακά τεχνήματα βοηθούν και υποστηρίζουν την ανθρώπινη νόηση (human cognition) και ενισχύουν τις νοητικές δυνατότητες των ανθρώπων (cognitive abilities) (Norman, 1992, Hutchins, 2002). Ο Kaptelinin (2003) σημειώνει ότι δεν εξυπηρετούν μόνο την υποστήριξη του συνολικού συστήματος, αλλά βελτιώνουν και αλλάζουν τη γνώση/νόηση.

Δεν είναι κάθε τέχνημα ένα γνωσιακό τέχνημα. Από μελέτες χρήσης του φυσικού χώρου για την υποστήριξη της γνώσης, που έχουν πραγματοποιηθεί (Jones & Nemeth, 2005), προκύπτει ότι γνωσιακό μπορεί να χαρακτηριστεί ένα τέχνημα που βοηθάει:

1. τις επιλογές, υπενθυμίζοντας στον άνθρωπο τη διαθεσιμότητα πραγμάτων ή κάποια ενέργεια που πρέπει να κάνει.
2. την αντίληψη, βοηθώντας τον άνθρωπο να καταχωρεί στη μνήμη του πράγματα τα οποία αναγνωρίζονται ως σημαντικά, προκειμένου να τα αντιλαμβάνεται καλύτερα ή γρηγορότερα ή να τα διακρίνει ανάλογα με τη σπουδαιότητά τους.
3. τους εσωτερικούς υπολογισμούς, δίνοντας στον άνθρωπο τη δυνατότητα να αξιοποιήσει τη χωρική δυναμική του τεχνήματος, για να «ξεφορτώσει» μνήμη από το μυαλό πάνω σε κάποια πράγματα. Επίσης βοηθάει τους ανθρώπους στο να κατανοήσουν ένα πρόβλημα, διαχειριζόμενοι το τέχνημα και ταιριάζοντας μοτίβα ή μελετώντας αριθμούς για να βρουν μία λύση.

Η χρήση των γνωσιακών τεχνημάτων έχει μελετηθεί από ερευνητές σε ποικίλα πεδία, όπως στο πεδίο του μηχανολογικού σχεδιασμού (Rogers & Ellis 1994, Bereton & McGarry 2000, Perry 2003, McGarry 2005), στον έλεγχο κυκλοφορίας τρένων (Heath & Luff 1991), στο πιλοτήριο αεροπλάνων (Norman 1993, Hutchins & Klausen 2000), στον έλεγχο εναερίου κυκλοφορίας (Fields et al., 1998), σε σύστημα μελέτης και πρόβλεψης καιρού για την αεροπλοΐα (Scott et al., 2005), σε νοσοκομειακά περιβάλλοντα αυξημένης φροντίδας (Nemeth et al., 2004), σε κλινικά αρχεία ασθενών σε νοσοκομεία (Heath & Luff 1996), στην υποστήριξη του νοσηλευτικού έργου (Wilson et al., 2007), αλλά και σε πιο εξειδικευμένα πεδία όπως η επιστημονική δειγματοληψία αποβλήτων (Giere & Moffatt, 2003), και τα συστήματα βιομηχανικής ψύξης (Weinmann, 2007).

Οι διαπιστώσεις που έχουν προκύψει από μία σειρά μελετών για τα γνωσιακά τεχνήματα, μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα σημεία (Jones & Nemeth, 2005, Bertelsen & Bødker, 2002):

- Ένα τέχνημα μπορεί να εξυπηρετεί πολλούς σκοπούς ταυτόχρονα. Οι σκοποί που εξυπηρετούν αποτυπώνονται στη μορφή και το περιεχόμενό τους.

- Τα τεχνήματα μπορεί: α) να είναι σταθερά ή κινητά, β) να απεικονίζουν στατική ή δυναμική πληροφορία, γ) να περιέχουν επίσημη ή ανεπίσημη πληροφορία. Συχνά τα τεχνήματα ενημερώνονται από τους ίδιους τους χρήστες τους.
- Η χρήση ενός τεχνήματος συνδέεται με το τρέχον πλαίσιο, μέσα στο οποίο εξελίσσεται η χρήση του.
- Πολλοί πράκτορες και τεχνήματα μπορεί να εμπλέκονται στη διαχείριση της ίδιας κατάστασης ή στοιχείου.
- Μπορεί ταυτόχρονα να γίνεται χρήση περισσότερων του ενός τεχνημάτων. Υπάρχουν συνήθως κάποια «κυρίαρχα τεχνήματα» (που χρησιμοποιούνται πιο συχνά από άλλα) και κάποια που λειτουργούν υποστηρικτικά-συμπληρωματικά σε αυτά.
- Τα τεχνήματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν, τροποποιηθούν, και επαναχρησιμοποιηθούν, αλλάζοντας συχνά και ρόλο, μέσα από μια αλυσίδα χρήσης, που στοχεύει στην εκπλήρωση του τελικού σκοπού.
- Τεχνήματα μπορεί να τροποποιούν άλλα τεχνήματα. Το εξαγόμενο μίας δραστηριότητας μπορεί να αποτελεί το τέχνημα άλλων.
- Τα τεχνήματα είναι ανοιχτά σε ετερογενείς χρήσεις μέσα στην κοινότητα στην οποία χρησιμοποιούνται, με συνέπεια: α) να χρησιμοποιούνται με διαφορετικό τρόπο από αυτόν που σχεδιάστηκαν, β) να χρησιμοποιούνται διαφορετικά ανάλογα με το στόχο τον οποίο εξυπηρετούν και γ) να χρησιμοποιούνται με τρόπους τους οποίους είναι δύσκολο να προβλέψει κάποιος.
- Ένα τέχνημα μπορεί να υποκατασταθεί από άλλα, τα οποία μπορεί να μην έχουν καμία συνάφεια με αυτό (να έχουν άλλα χαρακτηριστικά, αλλά να εξυπηρετούν την ίδια εργασία).

Επίσης μέσα από τις μελέτες διαπιστώθηκε ότι:

- Τα τεχνήματα μπορεί να είναι ατομικά ή ομαδικά.

Τα τεχνήματα που χρησιμοποιούνται για να διευκολύνουν τη συλλογική εργασία πρέπει να μοιράζονται μεταξύ των ενδιαφερομένων σε ένα χώρο, προκειμένου αυτοί να διατηρούν μία γενική εποπτεία της συνολικής δραστηριότητας (Ball & Ormerod, 2000). Τα γνωσιακά τεχνήματα που χρησιμοποιούνται σε πεδία που χαρακτηρίζονται από συνεργατικούς στόχους, όπως αίθουσες ελέγχου και χειρουργεία, αποτελούν το προϊόν διαφόρων δραστηριοτήτων που είναι κατανομημένες στο χώρο και το χρόνο. Ο συντονισμός των εργασιών βασίζεται στην ανάπτυξη και χρήση των τεχνημάτων, τα οποία απεικονίζουν πληροφορίες, εκτιμήσεις, σχέδια, δυνατότητες και αβεβαιότητες. Πολλά τεχνήματα αναπτύσσονται καθώς περνάει μέσα από διαφορετικά χέρια, αντικατοπτρίζοντας οργανωτικές ανάγκες, καθώς και την εμπειρία και τους ρόλους των χρηστών τους. Η προσπάθεια που καταβάλλεται για την ανάπτυξη και διατήρηση γνωσιακών τεχνημάτων, και η εμπιστοσύνη που δείχνουν οι χρήστες τους σε αυτά, δείχνει τη σημασία τους (Moro, 2009).

- Υπάρχουν εξωγενή γνωσιακά τεχνήματα (exogenous cognitive artifacts) που αναπτύσσονται εκτός του περιβάλλοντος εργασίας, και εισάγονται μετά σε αυτό, και ενδογενή γνωσιακά τεχνήματα (endogenous cognitive artifacts) που δημιουργούνται από τους χρήστες τους, προκειμένου να κάνουν την εργασία τους καλύτερη ή ευκολότερη.

Μελετώντας κανείς τα ενδογενή γνωσιακά τεχνήματα (Jones & Nemeth, 2005), που δημιουργούνται από τους χρήστες, μπορεί να καθορίσει τη φύση και τα όρια των εξωγενών πληροφοριακών συστημάτων. Μελέτες έχουν δείξει ότι χρήστες χρησιμοποιούν τα ενδογενή γνωσιακά τεχνήματα, αντί τα διαθέσιμα εξωγενή που βασίζονται σε τεχνολογία αιχμής. Αυτό δεν οφείλεται τόσο στις καθιερωμένες πρακτικές εργασίας, όσο στο γεγονός ότι τα ενδογενή υποστηρίζουν καλύτερα την κατανομημένη νοητική εργασία. Οι άνθρωποι αναπτύσσουν τεχνήματα προκειμένου να υποστηρίξουν διαδικασίες που παρουσιάζουν μεγάλο νοητικό φόρτο, όπως ο συντονισμός διαχείρισης πολλών περιστατικών (πχ. επισκευές σε δίκτυα, διαχείριση ασθενών, κλπ).

- Στον ίδιο χώρο μπορεί να υπάρχουν πολλά τεχνήματα διαφορετικού τεχνολογικού επιπέδου, τα οποία χρησιμοποιούν οι άνθρωποι. Φυσικά ή Παραδοσιακά χαρακτηρίζονται τεχνήματα όπως π.χ. οι Πίνακες Ελέγχου με τα παραδοσιακά ενδεικτικά, μία χάρτινη καρτέλα με πληροφορίες, ενώ ηλεκτρονικά τεχνήματα αποτελούν π.χ. οι ηλεκτρονικές λίστες, τα φύλλα εργασίας, κλπ. Σύγχρονα ή Ψηφιακά χαρακτηρίζονται τα τεχνήματα που διαμορφώνονται και υποστηρίζονται από την τρέχουσα πληροφορική τεχνολογία.

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τα γνωσιακά τεχνήματα, για να σημειώσουν την τρέχουσα κατάσταση και να αποτυπώσουν την τρέχουσα γνώση μέσω κατάλληλης συμβολικής κωδικοποίησης, προκειμένου να κατανείμουν τη μνήμη μεταξύ των συμμετεχόντων, και να διαχειριστούν κρίσιμες καταστάσεις (Jones & Nemeth, 2005). Τα τεχνήματα αποκαλύπτουν διαδικασίες οι οποίες μπορούν να υποστηριχθούν καλύτερα από ένα χαρτί παρά από ένα υπολογιστή. Για παράδειγμα, στην εντατική σύμφωνα με μελέτη των (Nemeth et al., 2004) τα φυσικά τεχνήματα όπως μία εκτύπωση από υπολογιστή ή ένας πίνακας με μαρκαδόρο υποστηρίζουν καλύτερα τα μέλη μιας ομάδας απ' ό,τι μία ηλεκτρονική οθόνη με πληροφορία πραγματικού χρόνου. Η προτίμηση των εργαζομένων στα φυσικά τεχνήματα είναι ένα φαινόμενο που συναντά κανείς σε πολλά πεδία, και αποτελεί μία σημαντική παράμετρο σε απόπειρες σχεδιασμού/ανασχεδιασμού. Τα τεχνήματα αυτά φανερώνουν τα όρια που υπάρχουν στην οικολογία της πρακτικής, και τα οποία πρέπει να ξεπεραστούν από τη σχεδιαζόμενη πληροφορική τεχνολογία. Τα όρια αυτά που προσδιορίζονται από τα τεχνήματα, πρέπει να μελετηθούν από τους σχεδιαστές, προκειμένου να αποφευχθεί η διαταραχή του νοητικού έργου ή η αποτυχία του σχεδιαζόμενου συστήματος, και η μη αποδοχή του από τους εργαζόμενους σε σύνθετα πεδία εργασίας.

Ο σχεδιασμός ψηφιακών τεχνημάτων πρέπει να υποστηρίζει κατάλληλα τις νοητικές λειτουργίες, που βοηθούν ήδη τα φυσικά τεχνήματα. Πολλές φορές τα ψηφιακά τεχνήματα είναι ανεπαρκή για την υλοποίηση της κατανεμημένης νοητικής εργασίας, γιατί οι ομάδες που τα αναπτύσσουν δεν έχουν κατανοήσει σε όλη του την έκταση το έργο που γίνεται στο πεδίο. Τα τεχνήματα αυτά πρέπει να αναλύονται στο πλαίσιο της κατανεμημένης εργασίας, προκειμένου να αποφευχθεί η κατασκευή πληροφορικής τεχνολογίας για συγκεκριμένα καθήκοντα, σε βάρος της συνεργατικής δουλειάς (Jones & Nemeth, 2005).

Σε περιβάλλοντα υψηλού κινδύνου οι εργαζόμενοι κατασκευάζουν τεχνήματα, τα οποία υποστηρίζουν τις πρακτικές εργασίας και τις συνεργασίες, και βοηθούν στη διαχείριση καταστάσεων που εμφανίζονται στο πεδίο σε συνθήκες και οριακές συνθήκες. Σε κάποιες περιπτώσεις τα φυσικά τεχνήματα παρέχουν συνθήκες πληροφοριακής υποστήριξης, οι οποίες δεν μπορούν να υποκατασταθούν –πλήρως- από τα ψηφιακά τεχνήματα.

Ο εντοπισμός των κυρίαρχων τεχνημάτων σε ένα χώρο (τεχνήματα που χρησιμοποιούνται πιο συχνά) και των πρακτικών εργασίας που έχουν αναπτυχθεί γύρω από αυτά μέσα στο χρόνο, φανερώνουν τα σημαντικά χαρακτηριστικά των τεχνημάτων, όπως η φορητότητα, η αναγνωσιμότητα, και το πόσο ανοιχτά είναι (δηλαδή οπτικά προσβάσιμη η πληροφορία που απεικονίζουν). Η ηλεκτρονική έκδοση του ίδιου ακριβώς τεχνήματος μπορεί να παρουσιάζει ελάχιστες από τις φυσικές παροχές του αρχικού. Για την κατάλληλη υποστήριξη των καθηκόντων του πεδίου, θα πρέπει να σχεδιασθεί ένα νέο ηλεκτρονικό μοντέλο του πληροφοριακού στοιχείου, που θα παρέχει συγκεκριμένη πληροφορία στο επίπεδο λεπτομέρειας που απαιτείται για τη χρήση, καθώς και κατάλληλα μονοπάτια πρόσβασης στις επιμέρους πληροφορίες που περιέχει.

Ένα γνωσιακό τέχνημα, είτε φυσικό είτε ψηφιακό, θα πρέπει να είναι (Nemeth et al., 2004):

1. Ακριβές – ενημερωμένο με τρέχουσα πληροφορία, και αξιόπιστο σε ό,τι αφορά την παρουσίαση της κατάστασης του συστήματος.
2. Αποτελεσματικό – θα πρέπει να θέτει τους λιγότερους δυνατούς περιορισμούς στους χρήστες του, σε ό,τι αφορά τη δημιουργία και απόκτηση πληροφορίας.
3. Αξιόπιστο – θα πρέπει να είναι διαθέσιμο για χρήση κάθε φορά που είναι απαραίτητο.
4. Κατατοπιστικό, με μεγάλη πληροφοριακή ισχύ- να περιέχει πληροφορία σχετική και κατάλληλη για τις τρέχουσες καταστάσεις που αντιμετωπίζουν οι χρήστες του.
5. Σαφές – να μην περιέχει πληροφορία που μπορεί να μπερδέψει κάποιον ή να δημιουργήσει σύγχυση.
6. Εύπλαστο- να είναι εύκολα διαχειρίσιμο από αυτούς που το χρησιμοποιούν.

Τα τεχνήματα, που εμφανίζουν αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να οδηγήσουν τους χρήστες τους σε καλύτερη χρήση των νοητικών πόρων, καθιστώντας τους ικανούς: να δημιουργούν κατάλληλες αλληλουχίες δράσης, να προβλέψουν τις συνέπειες των ενεργειών τους, και να αναπτύξουν ουσιαστική γνώση και εμπειρία.

2.4.1 Απεικόνιση Δεδομένων-Πληροφορίας-Γνώσης

Ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει τα δεδομένα σε πληροφορία, και την πληροφορία σε γνώση, εάν τα γνωσιακά τεχνήματα που υποστηρίζουν το έργο του, διαθέτουν κατάλληλους μηχανισμούς συγκέντρωσης, μοντελοποίησης, απεικόνισης και ανάκλησης δεδομένων από διαφορετικές πηγές και σε διαφορετικές κλίμακες (Rhynne, 2009).

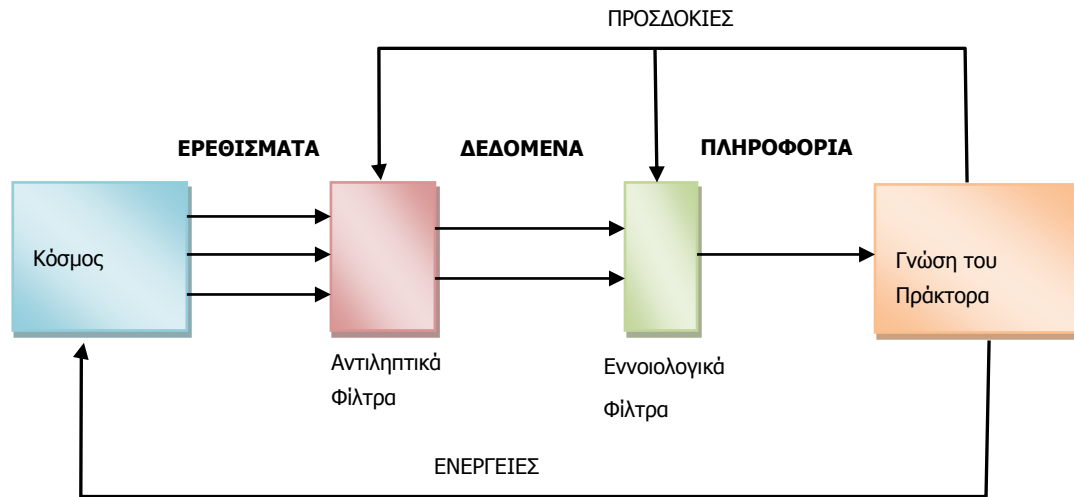
Τα δεδομένα αποτυπώνουν διακριτές αλλαγές φυσικών καταστάσεων του κόσμου που περιβάλλει τους πράκτορες κάθε συστήματος (Derrida, 1967, Deleuze, 1969, Boisot & Canals, 2004). Οι διακριτές αλλαγές περιγράφονται σε ό,τι αφορά το χώρο, το χρόνο, και την ενέργεια (Rosen, 1991).

Τα δεδομένα γίνονται αντιληπτά, είτε ως αισθητηριακά ερεθίσματα μέσω των ανθρώπινων αισθήσεων (Zins, 2007), είτε ως σήματα ενδεικτικών οργάνων (Liew, 2007). Οι πράκτορες βομβαρδίζονται από πολλά ερεθίσματα, τα οποία δεν γίνονται όλα αντιληπτά από αυτούς, και έτσι δεν μετατρέπονται όλα τα ερεθίσματα σε δεδομένα για αυτούς.

Τα δεδομένα και οι κανονικότητες που ενδημούν μέσα σε αυτά, αποτελούν ιδιότητες των γεγονότων που συμβαίνουν στον κόσμο (π.χ. φυσικές διαδικασίες). Η πληροφορία αποτελεί αυτές τις σημαντικές κανονικότητες που ενδημούν στα δεδομένα, και τις οποίες οι πράκτορες προσπαθούν να εξαγάγουν από αυτά. Το τι αποτελεί κανονικότητα εξαρτάται από την ικανότητα του πράκτορα να το αντιληφθεί (Boisot & Canals, 2004). Οι κανονικότητες που μπορεί να εντοπίσει ο κάθε πράκτορας εξαρτώνται από το πολιτισμικό του υπόβαθρο, τη μνήμη που έχει από αντίστοιχες καταστάσεις στο παρελθόν, τη βιβλιογραφική γνώση, και ευρετικούς κανόνες που ισχύουν στο πεδίο (Aamodt & Nygård, 1995), καθώς και από τις συναισθηματικές και διανοητικές προσδοκίες που κινητοποιούνται από το τρέχον πλαίσιο (Clark, 1997, Damasio, 1999).

Οι πράκτορες χρησιμοποιούν δύο είδη φίλτρων για να μετατρέψουν τα εισερχόμενα δεδομένα σε πληροφορία (Boisot & Canals, 2004): Αντιληπτικά φίλτρα (perceptual filters) αρχικά, κατευθύνουν τις αισθήσεις σε συγκεκριμένα είδη ερεθισμάτων που βρίσκονται μέσα σε ένα δεδομένο φυσικό φάσμα. Τα ερεθίσματα που περνάνε αυτό το φίλτρο καταχωρούνται ως δεδομένα. Τα εννοιολογικά φίλτρα (conceptual filters) εξαγουν πληροφορία από ό,τι έχει καταχωρηθεί ως δεδομένα (Εικόνα 2.3). Οι κανόνες και οι κατηγορίες που δημιουργούνται για την επεξεργασία των δεδομένων, συν-εξελίσσονται και αλληλο-επηρεάζονται από τις προσδοκίες του κάθε πράκτορα.

Σημαντικό ρόλο παίζει το πλαίσιο μέσα στο οποίο γίνεται η μετατροπή των δεδομένων σε πληροφορία. Υπάρχουν πλαίσια τα οποία είναι μοναδικά για συγκεκριμένα άτομα, και άλλα που είναι κοινά. Το ίδιο σύνολο δεδομένων μπορεί να προκαλέσει διαφορετική ανταπόκριση από διαφορετικούς ανθρώπους, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές ή σε διαφορετικά πλαίσια. Οι πληροφορίες ουσιαστικά αποτελούν μία σχέση μεταξύ των εισερχόμενων δεδομένων και ενός συγκεκριμένου πράκτορα. Μόνο όταν αυτό που αποτελεί μία σημαντική κανονικότητα, έχει καθιερωθεί μέσω μιας κοινά αποδεκτής σύμβασης μέσα σε μία κοινότητα, μπορεί η πληροφορία να αποκτήσει αντικειμενικό χαρακτήρα.



Εικόνα 2.3 Αντιληπτικά και Εννοιολογικά Φίλτρα

Οι γνώσεις αποτελούν ένα σύνολο προσδοκιών που διατηρούν οι πράκτορες, οι οποίες τροποποιούνται με την άφιξη πληροφορίας (Argrow, 1984). Οι προσδοκίες αυτές ενσωματώνουν προηγούμενες διαδράσεις των πρακτόρων με τον κόσμο σε διαφορετικές καταστάσεις, και αποτελούν ουσιαστικά τα όσα έχουν μάθει οι πράκτορες. Η γνώση που κατέχει το κάθε άτομο, είναι αποτέλεσμα της εμπειρίας του, και περιλαμβάνει τα πρότυπα, με τα οποία αξιολογεί τα νεοεισερχόμενα δεδομένα (Frost, 2010). Ο ανθρώπινος εγκέφαλος συνδέει δεδομένα και πληροφορία, δημιουργώντας ένα μεγάλο δίκτυο από ιδέες, αναμνήσεις, προβλέψεις, και πιστεύω, το οποίο ενημερώνει συνέχεια, και στο οποίο βασίζει τη λήψη αποφάσεων (Aamodt & Nygård, 1995).

Σύμφωνα με τη γνωσιακή ψυχολογία (Davidson et al., 1999) οι νοητικές διαδικασίες μέσα στον ανθρώπινο νου αποτελούνται από το νοητικό μοντέλο, μια εσωτερική κλίμακα απεικόνισης της εξωτερικής πραγματικότητας, και ένα σύνολο από πιστεύω. Η ανθρώπινη γνώση είναι μία συμπερασματική εσωτερική διαδικασία, όπου μία εισερχόμενη μέσω των αισθήσεων πληροφορία μετασχηματίζεται σε κάποιο εξαγόμενο.

Ο Hutchins (1995) αντιμετώπισε τη γνώση πέρα από το ατομικό επίπεδο, σε ομαδικό επίπεδο, και πιο συγκεκριμένα μελέτησε το πώς η γνώση εμφανίζεται σε ένα κοινωνικό δίκτυο ανθρώπων και των εργαλείων τους. Το ενδιαφέρον της ανάλυσης μετατοπίστηκε από το άτομο, στο δίκτυο ατόμων που βρίσκονται σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον (Woods, 1998, Hutchins & Klausen 2000, Perry, 2003, Richardson, 2005). Η συλλογική γνώση (collective cognition) ενός δικτύου ανθρώπων και των τεχνημάτων τους, συμβαίνει μέσω του συντονισμού των καθηκόντων, στα οποία δημιουργείται πληροφορία, μετασχηματίζεται, και δημοσιοποιείται με διάφορους τρόπους εσωτερικών και εξωτερικών απεικονίσεων, σε διάφορα μέσα απεικόνισης. Ο Hutchins έχει αναλύσει το πώς, με ποια μορφή, και με ποια σπουδαιότητα, οι απεικονίσεις σε ένα σύστημα μετασχηματίζονται, και πώς δημιουργούνται ομοειδή σύνολα, τα οποία οι άνθρωποι μπορούν να συσχετίσουν, και να τους βοηθήσουν στην επίλυση προβλημάτων. Ουσιαστικά, βλέπει κανείς πώς αυτές οι απεικονίσεις υλοποιούνται σε διαφορετικά μέσα και μεταξύ ανθρώπων, χωρικά και χρονικά.

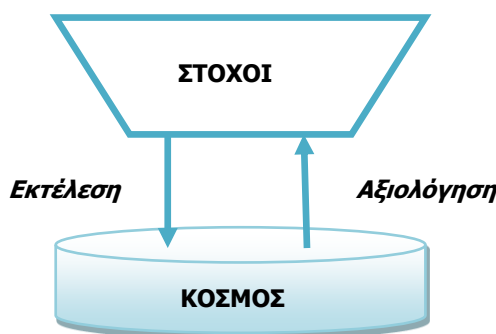
Η κατάλληλη απεικόνιση της γνώσης μπορεί να συμβάλει σημαντικά, τόσο στην επαναχρησιμοποίηση της, όσο και στη δημιουργία νέας γνώσης. Οι περισσότεροι άνθρωποι διαθέτουν περισσότερες γνώσεις απ' ό,τι νομίζουν, κάτι που έρχεται στην επιφάνεια όταν αξιοποιώντας γνώση από πολλαπλούς τομείς, και προσαρμόζοντας δυναμικά άρρητη γνώση, αντιμετωπίζουν νέες μη-οικείες καταστάσεις που δεν ταιριάζουν σε κάποιο προϋπάρχον πρότυπο (Malhotra, 2004). Τα μέσα απεικόνισης αποτελούν γνωσιακά τεχνήματα, τα οποία στοχεύουν στην αποθήκευση γνώσης που θα ήταν αλλιώς αδύνατον να αποθηκευθεί στο μυαλό κάποιου, και η οποία μπορεί μέσω της χρήσης των τεχνημάτων αυτών, να δώσει νέες γνώσεις και σχέσεις που θα ήταν αλλιώς αδύνατον να κατασκευαστούν νοητικά (Hutchins, 1995, Norman, 1993).

2.4.2 Αλληλεπίδραση Πράκτορα- Τεχνήματος

Τα γνωσιακά τεχνήματα αποτελούν υψηλής κωδικοποίησης απεικόνιση του τι πραγματικά συμβαίνει σε ένα πεδίο (Norman et al., 2004). Τα γνωσιακά τεχνήματα μετασχηματίζουν δύσκολα αφηρημένα προβλήματα, σε καθήκοντα που μπορούν να εκτελεστούν μέσω φυσικών χειρισμών και αντιληπτικών συμπερασμάτων (Dong, 2004, McGerry, 2005). Τα τεχνήματα λειτουργούν ως ενδιάμεσοι μεταξύ των ανθρώπων και του περιβάλλοντος κόσμου, τόσο σε ό,τι αφορά την εκτέλεση (των ενεργειών, και των συνακόλουθων αλλαγών στην κατάσταση του κόσμου), όσο και σε ό,τι αφορά την αντίληψη (των αλλαγών στον κόσμο, και του εντοπισμού και της ερμηνείας της κατάστασης από πλευράς των ανθρώπων) (Norman, 1991).

Ο βαθμός αμεσότητας και σύζευξης προσδιορίζει τη σχέση μεταξύ αυτών των πτυχών των τεχνημάτων που υποστηρίζουν την εκτέλεση των ενεργειών, και αυτών που υποστηρίζουν την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών καταστάσεων. Η φύση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του ανθρώπου και του αντικειμένου του καθήκοντος, ποικίλει από πολύ άμεση σύζευξη έως την πολύ έμμεση εξ' αποστάσεως αλληλεπίδραση. Σε μερικές περιπτώσεις η αλληλεπίδραση είναι τόσο έμμεση και απομακρυσμένη, που η ανάδραση για την κατάσταση του κόσμου μπορεί να παρουσιάζει χρονική υστέρηση, να είναι ατελής ή αμφιβόλου ακριβείας. Αυτές οι διαφορές έχουν σημαντική επίπτωση στην απόδοση του καθήκοντος, και σε μεγάλο βαθμό μπορούν να ελεγχθούν μέσα από το σχεδιασμό του τεχνήματος και του καθήκοντος (Laurel, 1986).

Οι ενέργειες εκτελούνται μέσω ενός μηχανισμού ανάδρασης (Κύκλος Δράσης) που περιλαμβάνει μία φάση εκτέλεσης και μία αξιολόγησης (Norman, 1991) (Εικόνα 2.4). Και οι δύο φάσεις του Κύκλου Δράσης χρειάζονται υποστήριξη από το σύστημα απεικόνισης που χρησιμοποιείται από το τέχνημα. Η επιλογή των απεικονίσεων και των διαδράσεων που επιτρέπει το τέχνημα, επηρεάζουν την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το αντικείμενο, είτε αυτό είναι πραγματικό είτε εικονικό (Hutchins et al., 1986). Διαφορετικές μορφές τεχνημάτων υποστηρίζουν διαφορετικές μορφές απεικόνισης, γεγονός το οποίο επηρεάζει σημαντικά τις αλληλεπιδράσεις.



Εικόνα 2.4 Κύκλος Δράσης (Norman, 1991)

Τα χάσματα εκτέλεσης και αξιολόγησης (gulfs of execution and evaluation) αναφέρονται στο κακό ταίριασμα μεταξύ των εσωτερικών στόχων και των προσδοκιών, και τη διαθεσιμότητα και απεικόνιση πληροφορίας για την κατάσταση του περιβάλλοντος κόσμου και πώς μπορεί αυτή να έχει αλλάξει.

Το χάσμα εκτέλεσης αναφέρεται στη δυσκολία του να ενεργήσει κάποιος στο περιβάλλον, συνήθως λόγω όχι καλής υποστήριξης των ενεργειών αυτών από πλευράς τεχνήματος. Το χάσμα αξιολόγησης αναφέρεται στη δυσκολία να εκτιμήσει κάποιος την κατάσταση του περιβάλλοντος, συνήθως λόγω μη κατάλληλης υποστήριξης από πλευράς τεχνήματος, για τον εντοπισμό και την ερμηνεία της κατάστασης. Υπάρχουν δύο τρόποι να γεφυρώσει κανείς τα χάσματα. Ο ένας, είναι μέσω νοητικής προσπάθειας και κατάλληλης εκπαίδευσης του ατόμου, καθώς και με αύξηση των δεξιοτήτων του (λόγω εμπειρίας και εκπαίδευσης). Ο άλλος, είναι μέσω του σχεδιασμού των τεχνημάτων, έτσι ώστε να υποστηρίζουν κατάλληλα και τη φάση της εκτέλεσης και τη φάση της αξιολόγησης στον κύκλο δράσης, συνήθως μέσω διαφορετικών αναπαραστάσεων (Bodker, 1989, Hutchins, 1986, Hutchins et al., 1986).

Ένα τέχνημα για να είναι χρησιμοποιήσιμο, θα πρέπει οι απεικονίσεις επιφανείας του (surface representation) να είναι ερμηνεύσιμες από τον άνθρωπο, καθώς και οι λειτουργίες που απαιτούνται για να τροποποιήσει κανείς την πληροφορία εντός του τεχνήματος, θα πρέπει να είναι εκτελέσιμες από τους χρήστες (Norman, 1991). Για το χρήστη ενός τεχνήματος, ο κόσμος απεικόνισης είναι η επιφάνεια του τεχνήματος και οι δομές πληροφορίας που είναι προσβάσιμες από το χρήστη του τεχνήματος. Ένα από τα βασικά θέματα στην ανάπτυξη ενός τεχνήματος είναι οι επιλογές αντιστοίχισης μεταξύ του κόσμου απεικόνισης (επιφανειακή αναπαράσταση) και του απεικονιζόμενου κόσμου (του πεδίου εκτέλεσης καθήκοντων, που υποστηρίζεται από το τέχνημα) (Newell, 1981, Rumelhart & Norman, 1988). Στην αντιστοίχιση μεταξύ του κόσμου απεικόνισης και του απεικονιζόμενου κόσμου, η επιλογή των απεικονίσεων καθορίζει πόσο αξιόπιστο είναι το ταίριασμα.

Σε απλές διατάξεις (πχ. χερούλι πόρτας, διακόπτης οικιακής μικροσυσκευής), αλλά και σε κάποιες σύνθετες (πχ. πηδάλιο αεροπλάνου), τα χειριστήρια βρίσκονται επάνω στη διάταξη, και μετά την εκτέλεση μίας ενέργειας υπάρχει άμεση

ανάδραση για την κατάσταση της διάταξης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του πηδαλίου του αεροπλάνου, με την κίνηση ενός φυσικού μοχλού αλλάζει τόσο η κατάσταση του συστήματος, όσο και του χειριστήριου (η θέση-κλίση του μοχλού απεικονίζει την κατάσταση της διάταξης), εξυπηρετώντας τη φάση τόσο της εκτέλεσης, όσο και της αξιολόγησης (Draper, 1986, Norman & Hutchins, 1988).

Στα σύγχρονα πολύπλοκα συστήματα, τα χειριστήρια και τα ενδεικτικά δεν έχουν σχεδόν καμία φυσική ή χωρική σχέση με το ίδιο το σύστημα. Ο διαχωρισμός των μέσων ελέγχου από το σύστημα σημαίνει συχνά την απώλεια πληροφορίας για την κατάσταση του συστήματος, και σε πολλές περιπτώσεις παρατηρείται απουσία ανάπτυξης κατάλληλων μέσων ελέγχου ή απεικόνισης πληροφορίας για το σύστημα. Συχνά, αντιμετωπίζει κανείς αυθαίρετες ή αφηρημένες σχέσεις μεταξύ των χειριστηρίων ελέγχου, των ενδεικτικών, και της κατάστασης του συστήματος.

Το βασικότερο πρόβλημα που συναντά κανείς είναι ότι η εκτέλεση ενός χειρισμού πάνω σε ένα χειριστήριο, δεν εξασφαλίζει ότι η ενέργεια αυτή έχει εκτελεστεί και πάνω στο σύστημα. Πρακτικά χρειάζεται επιβεβαίωση- ένδειξη ότι: α) έχει επιλεγεί το σωστό χειριστήριο, β) έχει σταλεί το σήμα εκτέλεσης ενέργειας στον απομακρυσμένο εξοπλισμό, γ) η ενέργεια εκτελέστηκε και έχει επιφέρει αλλαγή κατάστασης στον εξοπλισμό. Τα σύγχρονα προσανατολισμένα στην πληροφορία τεχνήματα διαχωρίζουν την ενέργεια από την ένδειξη, με συνέπεια να απαιτείται σχεδιαστική προσοχή στο πώς θα παρέχονται τα σήματα επιβεβαίωσης που προαναφέρθηκαν.

Η ανάδραση για τους χειρισμούς και τις ενέργειες που εκτελούνται σε ένα σύστημα, είναι πάντα σημαντική για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία. Επιτρέπει την εποπτεία των συνήθων ενεργειών, και είναι απαραίτητη όταν κάτι δεν πηγαίνει καλά, είτε από την πλευρά του χειριστή, είτε από την πλευρά του εξοπλισμού. Για το λόγο αυτό, αποτελεί τη σημαντικότερη πτυχή της χρήσης των τεχνημάτων, και απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή κατά το σχεδιασμό.

Για να σχεδιασθεί σωστά η ανάδραση θα πρέπει να μελετήσει κανείς, ποια πληροφορία-ενέργεια χρειάζεται για το σύστημα, καθώς και ποια πληροφορία χρειάζεται ο άνθρωπος για να εκτελέσει το καθήκον. Το πλέον σημαντικό είναι να εντοπιστεί ποια πληροφορία απαιτείται για την ομαλή λειτουργία, προκειμένου να επιβεβαιώνει κανείς ότι όλα εξελίσσονται ομαλά. Επίσης, όταν εμφανιστεί κάποια διαταραχή, ο άνθρωπος πρέπει να έχει μία καλή εικόνα του ιστορικού εξέλιξης των γεγονότων, καθώς και γνώση για το πλαίσιο μέσα στο οποίο εξελίσσεται μία συγκεκριμένη συμπεριφορά, προκειμένου να κάνει έγκαιρα τις κατάλληλες ενέργειες αποκατάστασης. Όταν οι ενέργειες εκτελούνται από μία ομάδα ανθρώπων, τότε υλοποιείται ένας πιο σύνθετος «κύκλος δράσης». Είναι σημαντικό να υπάρχει συνεχής ανάδραση μεταξύ όλων των συμμετεχόντων, έτσι ώστε ο καθένας όχι απλά να γνωρίζει την κατάσταση του περιβάλλοντος, αλλά να είναι ενήμερος για τις ενέργειες που εκτελούνται από άλλα μέλη της ομάδας -παροχή κοινωνικής ανάδρασης (social feedback). Μικρές αλλαγές στο σχεδιασμό ενός τεχνήματος, μπορεί να επηρεάσουν σημαντικές πτυχές της κοινωνικής επικοινωνίας, προκαλώντας σημαντικά προβλήματα σε ό,τι αφορά το συγχρονισμό των ενεργειών.

Η ανάδραση είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν ο αυτόματος εξοπλισμός αστοχήσει, και πρέπει οι εργαζόμενοι να αναλάβουν χειροκίνητα τον έλεγχο. Εάν δεν υπάρχει κατάλληλη ανάδραση, που να δίνει με σαφή τρόπο την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος, τότε μπορεί να παρουσιαστούν σημαντικά προβλήματα.

Οι σύγχρονοι υπολογιστές αποτελούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις τεχνημάτων, στο εσωτερικό των οποίων εκτελούνται λειτουργίες, οι οποίες δεν είναι ορατές στην επιφάνεια. Οι εσωτερικές λειτουργίες που γίνονται μέσα στο τέχνημα υπολογιστή είναι μη-προσπελάσιμες από το χρήστη· για το λόγο αυτό πρέπει να υπάρχει ένας διαμεσολαβητής (interface) ο οποίος να απεικονίζει κατάλληλα τα όσα συμβαίνουν στο εσωτερικό του τεχνήματος. Στην πραγματικότητα, ο διαμεσολαβητής αποτελεί ο ίδιος ένα ξεχωριστό γνωσιακό τέχνημα, στην επιφάνεια του οποίου λαμβάνει χώρα η αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τον υπολογιστή, και για το λόγο αυτό τα στοιχεία απεικόνισης που χρησιμοποιεί (ενδεικτικά και χειριστήρια ελέγχου), θα πρέπει να ταιριάζουν με τις απαιτήσεις εκτέλεσης και αξιολόγησης των ενεργειών του ανθρώπου.

2.4.3 Κύκλος Γνωσιακού Σχεδιασμού

Η ανθρώπινη δραστηριότητα δεν μπορεί να γίνει κατανοητή εάν δεν κατανοηθεί ο ρόλος των τεχνημάτων στην καθημερινή πράξη. Τα τεχνήματα δημιουργούνται και μετασχηματίζονται κατά τη διάρκεια της εξέλιξης μίας δραστηριότητας, και φέρουν μαζί τους συγκεκριμένα πολιτισμικό-ιστορικά κατάλοιπα από την ανάπτυξη τους (Nardi, 1996, Nemeth et al., 2004). Ο τρόπος χρήσης των τεχνημάτων συσσωρεύει και μεταφέρει κοινωνική γνώση. Η χρήση των τεχνημάτων επηρεάζει τόσο την εξωτερική συμπεριφορά του χρήστη, όσο και τις νοητικές λειτουργίες του.

Η μελέτη των τεχνημάτων διευκολύνει την κατανόηση της φύσης των τεχνημάτων, καθώς και των λεπτομερειών της εργασίας που το τέχνημα εξυπηρετεί. Τα τεχνήματα που δημιουργούν και χρησιμοποιούν τα μέλη μίας ομάδας, φανερώνουν τον τρόπο που κατανοούν και διαχειρίζονται το περιβάλλον εργασίας. Η κωδικοποίηση των τεχνημάτων μεταφέρει πληροφορία με ένα συμπεκνωμένο και αποδοτικό τρόπο, και το περιεχόμενο τους είναι ουσιαστικά συνδεδεμένο με το τι πραγματικά συμβαίνει στο πεδίο.

Η μελέτη των τεχνημάτων βοηθά τον αναλυτή να αντιμετωπίσει το σχεδιαστικό πρόβλημα στο κατάλληλο επίπεδο, και τον κατευθύνει να ασχοληθεί με τις πιο κρίσιμες πλευρές ενός σύνθετου τεχνικού περιβάλλοντος. Έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές για τη μελέτη της καθημερινής χρήσης των τεχνημάτων (§2.3.2), είτε για να γίνουν κατανοητές οι καθημερινές πρακτικές εργασίας, είτε ως πρόδρομοι για το σχεδιασμό και την αξιολόγηση τους.

Σημαντικό ρόλο, παίζει η οπτική με την οποία βλέπει κάποιος τα τεχνήματα κατά τη διάρκεια της μελέτης (Norman, 1991, Benyon, 1998). Όταν ένας άνθρωπος χρησιμοποιεί ένα τεχνήμα για να εκτελέσει ένα καθήκον, ο εξωτερικός παρατηρητής έχει την «συστημική οπτική» παρατηρώντας το σύνολο άνθρωπος - τεχνήμα - εκτελούμενο καθήκον. Μέσα από αυτή την οπτική, το τεχνήμα ενισχύει τη νόηση, με συνέπεια το σύστημα να μπορεί να επιτύχει περισσότερο απ' ό,τι θα μπορούσε χωρίς την παρουσία του τεχνήματος.

Το ίδιο το άτομο που εκτελεί ένα καθήκον έχει την «προσωπική οπτική», σύμφωνα με την οποία το τεχνήμα επηρεάζει τον τρόπο εκτέλεσης του καθήκοντος. Όταν καλείται κάποιος να χρησιμοποιήσει ένα τεχνήμα πρέπει να μάθει νέα πράγματα, καθώς παλαιές διαδικασίες και πληροφορίες μπορεί να μην είναι πλέον χρήσιμες. Σύμφωνα με την «προσωπική οπτική» του χρήστη, η χρήση ενός τεχνήματος αποτελεί από μόνη της ένα επιπλέον καθήκον, καθώς για να φτιάξει κάποιος π.χ. μία λίστα με κρίσιμη πληροφορία για το πεδίο που διαχειρίζεται, θα πρέπει: α) να την δημιουργήσει, β) να θυμάται να την συμβουλευτεί, γ) να διαβάζει και να ερμηνεύει τα στοιχεία που περιγράφει η λίστα.

Κάθε τεχνήμα μπορεί να μελετηθεί και με τις δύο οπτικές. Από την «συστημική οπτική», το τεχνήμα μοιάζει να επεκτείνει τις λειτουργικές δυνατότητες του ανθρώπου που εκτελεί το καθήκον. Από την «προσωπική οπτική» του χρήστη, το τεχνήμα μοιάζει να αντικαθιστά το αρχικό καθήκον, με ένα νέο καθήκον που απαιτεί διαφορετικές νοητικές δυνατότητες. Και από και τις δύο οπτικές, το τεχνήμα αλλάζει τον τρόπο που εκτελείται το καθήκον, κατανέμοντας τις ενέργειες στο χρόνο (π.χ. μία λίστα μπορεί να την προετοιμάσει κάποιος πριν την εκτέλεση του καθήκοντος) (Norman & Hutchins, 1990), κατανέμοντας τις ενέργειες μεταξύ των ανθρώπων (π.χ. μπορεί να προετοιμάσουν και να χρησιμοποιούν τη λίστα περισσότερο από ένα άτομο), και αλλάζοντας τις ενέργειες που απαιτούνται για να εκτελεστεί το καθήκον (Norman, 1991).

Τα γνωσιακά συστήματα που ανταποκρίνονται στον ορισμό περιλαμβάνουν ανθρώπους, οργανισμούς, καθώς και συγκεκριμένες κατηγορίες μηχανών και τεχνημάτων. Η απόδοση του ενιαίου γνωσιακού συστήματος ως σύνολο, είναι σημαντικότερη από την αλληλεπίδραση μεταξύ των μερών. Για το λόγο αυτό, μία παρέμβαση σχεδιασμού-ανασχεδιασμού, είναι σκόπιμο να περιλαμβάνει την ανάλυση, σχεδιασμό και αξιολόγηση του ενιαίου γνωσιακού συστήματος.

Ανάλυση

Η μελέτη του περιβάλλοντος εργασίας, των εργαλείων, και του τρόπου εργασίας των εργαζομένων σε διαφορετικά πλαίσια λειτουργίας, πρέπει να ξεκινά διερευνώντας:

- Ποιοι είναι οι στόχοι και οι περιορισμοί στο πεδίο;
- Ποιο είναι το φάσμα καθηκόντων που εκτελούν οι εργαζόμενοι στο πεδίο;
- Ποιες στρατηγικές χρησιμοποιούν για να εκτελέσουν τα καθήκοντα;
- Ποιοι παράγοντες συμβάλλουν στη συνθετότητα των καθηκόντων;
- Ποια κοινωνικά και διαδραστικά μοτίβα εμφανίζονται στις καθιερωμένες πρακτικές εργασίας;
- Ποια εργαλεία μπορεί να παρέχει κάποιος για να διευκολύνει το έργο των χειριστών, και να τους βοηθήσει να επιτύχουν τους στόχους τους πιο αποτελεσματικά;

Στα συστήματα εργασίας υπάρχουν συχνά περισσότερα από ένα αλληλεπικαλυπτόμενα προβλήματα. Μέσα από την ανάλυση, είναι σημαντικό να προσδιοριστεί με ακρίβεια το πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί, και να κατανοηθεί η φύση του προβλήματος από όλες τις εμπλεκόμενες πλευρές (Baxter & Sommerville, 2011).

Σημαντικό σε πρώτη φάση -για να επιτευχθεί ο συντονισμός των θεμάτων μηχανικής σχεδίασης και των οργανωτικών ζητημάτων- είναι να επιλεγεί ένα θεωρητικό εργαλείο που να αναλύει, να οργανώνει, και να παρουσιάζει τόσο τα θέματα διαδικασιών, όσο και το περιβάλλον λειτουργίας του συστήματος.

Προϊόν αυτής της φάσης της ανάλυσης, θα πρέπει να είναι μία περιγραφή του πλαισίου εργασίας με την οποία θα συμφωνούν όλοι οι εμπλεκόμενοι στο σύστημα, και η οποία θα πρέπει να καθορίζει το στόχο λειτουργίας του συστήματος μέσα στο ευρύτερο οργανωτικό πλαίσιο. Αυτό θέτει τις βάσεις, ώστε να δημιουργηθεί ένα σύστημα, το οποίο θα είναι αποδεκτό και θα χρησιμοποιείται από όλους τους εμπλεκόμενους, φέρνοντας τα προσδοκώμενα οφέλη σε κάθε εμπλεκόμενο.

Τα θεωρητικά εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να στοχεύουν στην ανάλυση των νοητικών και συνεργατικών απαιτήσεων που επιβάλλονται από την πρακτική της εργασίας στο πεδίο, και στον εντοπισμό των αναγκών σε ό,τι αφορά τις πληροφορίες, τον τρόπο αποτύπωσης και διακίνησης τους, και την υποστήριξη λήψης αποφάσεων. Τα χρησιμοποιούμενα εργαλεία μπορεί να εστιάζουν στην εξόρυξη της γνώσης για το πεδίο (Macaulay et al., 2000) και στην μοντελοποίηση του πεδίου και των καθηκόντων (Bisantz & Vicente, 1994, Vicente, 1995). Διάφοροι φορμαλισμοί απεικόνισης (representational formalisms), χρησιμοποιούνται για να συνθέσει και να επικοινωνήσει κανείς τα αποτελέσματα της ανάλυσης και τις σχεδιαστικές ιδέες. Οι φορμαλισμοί αυτοί ποικίλουν από γραφικές απεικονίσεις όπως γραφήματα μέσων – στόχων, μέχρι δομημένους πίνακες, κλπ.

Σχεδιασμός

Ο καθορισμός συγκεκριμένων απαιτήσεων και προδιαγραφών σε αυτή τη φάση μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια των πλούσιων στοιχείων που έχουν προκύψει από την ανάλυση. Οι απαιτήσεις είναι δηλωτικές θεμάτων λειτουργικότητας του συστήματος, αλλά ο τρόπος που η λειτουργικότητα αυτή υλοποιείται στην πράξη, καθώς και ο τρόπος που πρέπει να απεικονίζεται η πληροφορία για το σύστημα στους εμπλεκόμενους, δεν μπορεί να καλυφθεί απλά με τον καθορισμό

απαιτήσεων (Baxter & Sommerville, 2011). Για το λόγο αυτό απαιτείται ανάπτυξη πρωτοτύπων και πειραματισμός, προκειμένου να διερευνηθεί στην πράξη – και όχι να προκαθορισθεί – πώς λειτουργούν π.χ. θέματα συνεργασιών. Ο σχεδιασμός πρωτοτύπων βοηθάει τους χρήστες να αποκτήσουν μία αίσθηση της χρήσης του συστήματος, και να κάνουν τις παρατηρήσεις τους, πριν έρθουν αντιμέτωποι με το τελικό σύστημα (Wenngren, 2014). Βοηθάει επίσης στην ταυτόχρονη σύνδεση της ανάπτυξης του συστήματος με τις οργανωτικές διαδικασίες (Pfautz & Roth, 2006). Μέσω του επαναληπτικού ελέγχου των σχεδιαστικών ιδεών με τη βοήθεια –διαφορετικής τεχνολογίας– πρωτοτύπων, οι υποθέσεις και τα πιστεύω για την σχέση μεταξύ τεχνολογίας, γνώσης, και συνεργασιών ελέγχονται, οδηγώντας σε συνεχώς βελτιούμενη κατανόηση της σχέσης μεταξύ τεχνημάτων και των πρακτόρων του συστήματος, σε διαφορετικά πλαίσια λειτουργίας (Woods, 1998).

Η ανάπτυξη πρωτοτύπων μπορεί να λειτουργήσει και ως τρόπος σταδιακής εισαγωγής και αφομοίωσης ενός νέου προϊόντος σε ένα περιβάλλον. Μέσα από αυτή τη διαδικασία οι σχεδιαστές μπορούν να διαπιστώσουν «εάν κάτι δουλεύει» ή «πώς θα μπορεί να κάνει κανείς κάτι να δουλέψει», ενώ οι χρήστες έχουν την ευκαιρία να γνωρίσουν και να εξοικειωθούν με το νέο προϊόν και να προτείνουν βελτιώσεις (Williams & Edge, 1996, Boehm & Turner, 2004).

Αξιολόγηση

Κατά την αξιολόγηση ελέγχεται εάν το σύστημα εκπληρώνει το σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκε. Θεωρητικά, θα μπορούσε κανείς να προσδιορίσει όλα τα κριτήρια αξιολόγησης κατά την ανάλυση του συστήματος, όταν τίθενται οι στόχοι του συστήματος. Στην πραγματικότητα όμως, όπως αναφέρουν οι Woods and Dekker (2000), συχνά διογκώνονται οι προσδοκίες για το πώς θα συμπεριφερθεί ένα σύστημα, σε καταστάσεις που συχνά είναι άγνωστες κατά τη φάση του σχεδιασμού, με συνέπεια το τελικό σύστημα να μην εκπληρώνει πάντα τις προσδοκίες.

Οι μέθοδοι αξιολόγησης μπορεί να περιλαμβάνουν παρατήρηση των χειριστών, συλλογή της γνώμης των χρηστών για το σύστημα, εκτέλεση πειραμάτων, συλλογή ποσοτικών δεδομένων ή ερμηνευτικές αξιολογήσεις (Dix et al., 1993, Preece et al., 1994, Clark et al., 2017). Η αξιολόγηση μπορεί να είναι αναλυτική σε μία προσπάθεια επαλήθευσης (Verification) κάποιων υποθέσεων του σχεδιασμού (Rasmussen, et al., 1994) ή εμπειρική σε μία προσπάθεια επιβεβαίωσης (Validation) της αποτελεσματικότητας του σχεδιαζόμενου τεχνήματος βάσει κάποιων κριτηρίων (π.χ. παράμετροι ασφάλειας, χρόνοι απόδοσης, ποιότητα λύσεων, κλπ) (O'Hara, 1999).

Η αξιολόγηση υλοποιείται λαμβάνοντας υπόψη τους διαθέσιμους πόρους (ανθρώπινους, υλικούς, χρονικούς, τεχνολογικούς) (Hall, 2001, Wilson et al., 2007, Militello et al., 2010, Sanderson and Burns, 2017). Έτσι αποφασίζεται: 1) εάν θα ελεγχθούν συγκεκριμένες οπτικοποιήσεις ή ο διαμεσολαβητής συνολικά, 2) εάν θα αξιολογηθεί μία σχεδιαστική πρόταση ή δύο συγκριτικά, 3) εάν θα ελεγχθούν νοητικές παράμετροι ή παράμετροι ευχρηστίας διάδρασης, 4) εάν θα χρησιμοποιηθούν ποσοτικά ή ποιοτικά κριτήρια αξιολόγησης (Hornbæk, 2006, Tory & Moller, 2004), 5) εάν θα πραγματοποιηθούν οι έλεγχοι με χρήστες (Dumas & Redish, 1999) ή με ειδικούς- έμπειρους χρήστες στο πεδίο (Nielsen & Mack, 1994), 6) πόσοι χρήστες απαιτούνται για την αξιολόγηση (Nielsen, 2000, Perfetti & Landesman, 2001), 7) εάν θα χρησιμοποιηθούν χαμηλού επιπέδου πρωτότυπα σε χαρτί ή αν θα δημιουργηθούν ηλεκτρονικά πρωτότυπα, και 8) με ποιον ή ποιους τρόπους θα συλλεχθεί το υλικό αξιολόγησης, π.χ. με βιντεοσκόπηση της διάδρασης των χειριστών με τα πρωτότυπα, με καταγραφή των ενεργειών του χρήστη πάνω στο πρωτότυπο με κατάλληλο λογισμικό (Lee et al., 2017), με χρήση προηγμένων τεχνικών καταγραφής και ανάλυσης της συμπεριφοράς των χρηστών, όπως σύστημα καταγραφής κινήσεως οφθαλμών (Lin et al., 2003, Ikuma et al., 2014).

Η φύση της αξιολόγησης (κριτήρια/μέθοδος) αλλάζει, καθώς εξελίσσονται ο σχεδιασμός και η οργάνωση, και καθώς αλλάζουν αντίστοιχα και οι προσδοκίες των εμπλεκόμενων στο σύστημα. Λόγω των οργανωτικών αλλαγών, οι αρχικοί εμπλεκόμενοι στο σύστημα μπορεί να έχουν αλλάξει θέση ή ρόλο, και οι νέοι εμπλεκόμενοι να έχουν άλλες προσδοκίες, βασισμένοι στη δική τους εμπειρία με το αναπτυσσόμενο σύστημα.

Κατά την παρουσίαση των σχεδιαζόμενων συστημάτων, υπάρχουν περιπτώσεις όπου κάποιοι θεωρούν ότι εφόσον το σύστημα σχεδιάστηκε με συγκεκριμένο τρόπο, πρέπει να συμβιβαστούν με αυτό και δεν κάνουν οποιοδήποτε σχόλιο. Επίσης, άλλοι εμπλεκόμενοι που είναι σε θέση να ασκήσουν δημιουργική κριτική, αρνούνται εντελώς να χρησιμοποιήσουν το σύστημα (Baxter & Sommerville, 2011).

Μια μικρής κλίμακας αξιολόγηση μπορεί να αποτελέσει μία επικοινωνιακή δραστηριότητα, που οδηγεί σε ένα πιο αποτελεσματικό και λειτουργικό σύστημα. Η αξιολόγηση πρέπει να υποκαταστήσει τα κενά της ανάλυσης, που μπορεί να υπάρξουν λόγω ελλείψεων, ατελειών ή λόγω επακόλουθων οργανωτικών αλλαγών.

Όταν αναδύονται νέες απαιτήσεις ή οι υπάρχουσες απαιτήσεις αλλάζουν λόγω οργανωτικών αλλαγών ή η ανάπτυξη του συστήματος δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις αρχικές απαιτήσεις, και υπάρξουν κατάλληλες αναπροσαρμογές στη μορφή του δημιουργούμενου συστήματος, τότε θα πρέπει να ακολουθηθεί νέα αξιολόγηση για να διαπιστωθεί εάν το σύστημα ανταποκρίνεται στους στόχους που τέθηκαν.

Ο κύκλος γνωσιακού σχεδιασμού είναι μία διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει πολλούς επαναληπτικούς κύκλους, νοητικής ανάλυσης, ανάπτυξης ιδεών, και αξιολόγησης (Land, 2000).

2.4.4 Εξελικτικός σχεδιασμός τεχνημάτων

Οι Carroll & Campbell (1989) περιγράφουν τον κύκλο ζωής καθήκοντος – τεχνήματος (task-artefact lifecycle), σύμφωνα με τον οποίο τα τεχνολογικά τεχνήματα αναπτύσσονται για να υποστηρίξουν υπάρχοντα καθήκοντα, τα οποία με τη

σειρά τους διαμορφώνονται σύμφωνα με τη νέα τεχνολογία, οδηγώντας στην ανάγκη για τον ανασχεδιασμό τους. Πρόκειται για το παραδοσιακό πρόβλημα παράδοσης – υπέρβασης που παρουσιάζεται σε κάθε περίπτωση σχεδιασμού (Ehn, 1988).

Κατά τον σχεδιασμό των τεχνημάτων λαμβάνονται υπόψιν θεωρίες για τις ανάγκες των χρηστών και για τον τρόπο που οι χρήστες θα χρησιμοποιήσουν το τέχνημα. Η επιτυχία του τεχνηματος εξαρτάται από την επάρκεια και την καταλληλότητα των θεωρητικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται κατά το σχεδιασμό του. Η ανάπτυξη της θεωρίας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αξιολόγηση των σχεδιαζόμενων τεχνημάτων. Οι Carroll et al. (1992) αναφέρουν ότι σε πολλές περιπτώσεις, μέρος της φιλοσοφίας σχεδιασμού ενός τεχνηματος «κληρονομείται» από τα όσα καθορίζουν τα μοντέλα και οι αρχιτεκτονικές σχεδιασμού, τα εργαλεία και το περιβάλλον ανάπτυξης, και οι τύποι διαμεσολαβητή που χρησιμοποιούνται από το σχεδιαστή κατά τη δημιουργία του. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης ενός τεχνηματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναπτυχθεί περαιτέρω η θεωρία (αρχιτεκτονικές και μέθοδοι σχεδιασμού, κλπ) που καθόρισε τη δημιουργία του.

Το δημιουργηθέν τέχνημα αποτελεί ένα βασικό ή πρώτου βαθμού τέχνημα (primary artefact) (Bertelsen, & Bødker, 2002). οι γνώσεις που προκύπτουν για τη χρήση του, καθώς και οι αρχιτεκτονικές και μέθοδοι σχεδιασμού αποτελούν θεωρητικά τεχνηματα ή δευτέρου βαθμού τεχνηματα (secondary artefacts) από τα οποία κληρονομείται/καθορίζεται (Bertelsen, 1998, Benelli et al., 2003).

Ένας άλλος τρόπος ανάπτυξης της θεωρίας μέσα από την αξιολόγηση είναι με το να εξάγει κανείς νέες απαιτήσεις μέσα από εμπειρικά ευρήματα. Για παράδειγμα, μέσα από την διαδικασία αξιολόγησης ενός τεχνηματος μπορεί να διαπιστώσει κανείς μη-αναμενόμενους τρόπους χρήσης ή και μη-αναμενόμενες συνέπειες για το χρήστη. Όταν διαπιστώνει κανείς ότι υπάρχει αιτιακή σχέση ανάμεσα στα χαρακτηριστικά ενός τεχνηματος και στην εμφάνιση συνεπειών στο χρήστη του, σε μία δεδομένη κατάσταση, τότε έχει δημιουργηθεί μία νέα απαίτηση. Αυτές οι απαιτήσεις, μπορεί να αποτελούν διαπιστώσεις για τις συνέπειες της φιλοσοφίας σχεδιασμού ενός τεχνηματος· μπορεί να καταρρίπτουν τις υποθέσεις που υποστηρίζει μία υπάρχουσα θεωρία· μπορεί να αποτελούν τις θεμελιώδεις υποθέσεις για τη δημιουργία νέων θεωρητικών προσεγγίσεων, αρχών ή κατευθύνσεων σχεδιασμού, δηλαδή για τη δημιουργία νέων δευτέρου βαθμού τεχνημάτων (Carroll et al., 1992).

Καινοτόμες σχεδιαστικές συλλήψεις σε ό,τι αφορά, τόσο το μέσο υλοποίησης των τεχνημάτων π.χ. διαδραστικά τραπέζια συνεργασίας –tabletop displays (Apted et al, 2009), όσο και τον τρόπο απεικόνισης πληροφορίας π.χ. διαγράμματα φυσαλίδων- bubble charts (Friedman & Lennartz, 2007), καθώς και η σύνδεση εννοιών με αυτά, και η σημασιοδότηση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών τους, περιγράφονται ως τρίτου βαθμού τεχνηματα (tertiary artefacts) (Bertelsen, 2006, Wartofsky, 1973). Τα τρίτου βαθμού τεχνηματα έχουν βάσεις στην παραγωγική πράξη, αλλά αποτελούν κυρίως προϊόν πρωτότυπης δημιουργικής σκέψης, και λειτουργούν ως μέσα διερεύνησης νέων τρόπων παραγωγικής δραστηριότητας (Bolter & Gromala, 2003, Manovich, 2001). Καθώς οι μορφές και οι κανόνες απεικόνισης αλλάζουν, οι χρήστες τους επανεκπαιδεύονται αντιληπτικά. Τα τρίτου βαθμού τεχνηματα αναδιαμορφώνουν την ανθρώπινη αντίληψη, και με τον τρόπο αυτό μπορούν να επηρεάσουν και να αλλάξουν την παραγωγική πράξη.

2.5 Πλεονεκτήματα Σχεδιαστικής Προσέγγισης

Η προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, έχει χρησιμοποιηθεί στο σχεδιασμό γνωσιακών τεχνημάτων και εφαρμογών που υποστηρίζουν την εργασία, σε διάφορα πεδία. Αρχικά, είχε αξιοποιηθεί κυρίως σε συστήματα ελέγχου διαδικασιών (πχ. βιομηχανικές διαδικασίες ελέγχου, υδραυλικά συστήματα, πετροχημικά εργοστάσια, πυρηνικά εργοστάσια), ενώ σταδιακά επεκτάθηκε και σε: διαχείριση ζητημάτων προσωπικού (Holness et al., 2006), διαχείριση ζητημάτων στον κλάδο υγείας (Vicente, 2006), συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας σε οργανισμούς (Hale & Swuste, 1998), συστήματα ανίχνευσης ραδιενέργειας (Sanquist et al., 2008), εποπτεία και έλεγχο στρατιωτικών διαδικασιών (Cooley and McKneely, 2012, Grootjen et al., 2009, Svenmarck et al., 2005, McKneely et al., 2005, Cook et al., 1996) και δαστημικές αποστολές (Neerinx et al., 2006). Έχει διαμορφωθεί έτσι ένας κορμός γνώσης, που επιτρέπει τη σύγκριση των αποτελεσμάτων, σε μελέτες που έχει υιοθετηθεί η προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, με μελέτες που έχουν υλοποιηθεί με άλλες προσεγγίσεις.

Παρότι δεν είναι εύκολο να μετρήσει ή να ποσοτικοποιήσει κανείς τη σημασία της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, υπάρχουν πολλές δημοσιευμένες περιπτώσεις που δεν χρησιμοποιήθηκε η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων και καταγράφηκαν σημαντικές αποτυχίες (Bar-Yam, 2003). Τα αποτυχημένα αυτά συστήματα έχουν μεγάλο κόστος (Neville et al., 2007, Zachary et al., 2007). Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η σχεδιαστική ομάδα αγνοεί τις νοητικές απαιτήσεις, και κατευθύνει την ενέργεια της στο να ανταποκριθεί στις φυσικές προδιαγραφές. Υπάρχουν επίσης άλλες περιπτώσεις, όπου τα μέλη της σχεδιαστικής ομάδας κάνουν υποθέσεις για τις νοητικές απαιτήσεις, βασισμένοι στην εμπειρία τους στο να συνάγουν τις ανάγκες των χρηστών. Περιστασιακά οι υποθέσεις τους βγαίνουν ορθές, όμως έχουν καταγραφεί περιπτώσεις όπου οι υποθέσεις τους αποδεικνύονται εσφαλμένες με δραματικές συνέπειες (Perrow, 1999).

Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων δημιουργήθηκε από την ανάγκη για δημιουργία συστημάτων, μέσα στα οποία οι άνθρωποι θα αλληλεπιδρούν αποτελεσματικά σε νοητικό και φυσικό επίπεδο. Οι τεχνολογίες της πληροφορίας θα πρέπει να βοηθούν τους ανθρώπους να αντιλαμβάνονται καλύτερα τις καταστάσεις και να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις. Ο σχεδιασμός θα πρέπει να αντλεί πληροφορία από το πώς οι άνθρωποι σκέφτονται και ενεργούν στο πλαίσιο του περιβάλλοντος εργασίας. Τεχνολογίες που έχουν σχεδιαστεί χωρίς την υποστήριξη της Μηχανικής Γνωσιακών

Συστημάτων (τουλάχιστον σε μέρος των διαδικασιών δημιουργίας τους), απορρίπτονται συχνά από τους χρήστες τους, γιατί δεν υποστηρίζουν κατάλληλα τις νοητικές λειτουργίες τους και την έμπειρη δράση, και δεν βοηθούν τους εργαζόμενους στην επίτευξη σημαντικών στόχων. Αγνοώντας αυτές τις παραμέτρους οι σχεδιαστές μπορεί να σχεδιάσουν μία τεχνολογία ή ένα εργαλείο, το οποίο θα εμποδίζει παρά θα υποστηρίζει τους εργαζόμενους (Klein, 2004), θα οδηγεί σε εκπλήξεις των αυτοματισμών (automation surprises) (Sarter et al., 1997) και θα αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης λαθών (Woods et al., 1994). Η αστοχία των μεγάλης κλίμακας πολύπλοκων συστημάτων οφείλεται συχνά στο γεγονός ότι στο σχεδιασμό τους δεν έχει δοθεί προσοχή στην κοινωνική και οργανωτική συνθετότητα του περιβάλλοντος, μέσα στο οποίο λειτουργούν τα συστήματα αυτά (Hollnagel and Woods, 2005, 2006). Συνέπεια του γεγονότος αυτού αποτελεί η ασαφών προδιαγραφών, χαμηλή ποιότητα σχεδιασμού, και διαμεσολαβητές που είναι μη-ικανοί και μη- αποτελεσματικοί στο να υποστηρίξουν κατάλληλα τους χειριστές σε ένα απαιτητικό περιβάλλον λειτουργίας.

Οφέλη από την εφαρμογή της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, έχουν διαπιστωθεί σε μελέτες που στόχευαν σε διαφορετικού τύπου παρεμβάσεις στα συστήματα εργασίας (Militello, 2010), όπως οι ακόλουθες:

α) η κατασκευή ενός διαχειριστή πτήσεων που υποστηρίζει τους πιλότους στον προγραμματισμό και τη διαχείριση των πτήσεων, τόσο πριν από την πτήση, όσο και εν πτήση. Η κατασκευή μίας οθόνης γεωγραφικής απεικόνισης, που ενοποιούσε κατάλληλα πληροφορίες τόσο για την πτήση όσο και για τον καιρό (Scott et al., 2005), κατέστησε πιο αποτελεσματική την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των μετεωρολόγων και των διαχειριστών πτήσεων (Eggleson et al., 2003).

β) ο σχεδιασμός ενός προγράμματος εκπαίδευσης για τον εντοπισμό ναρκών. Μελετήθηκε η εμπειρία/δεξιότητα που είχαν αναπτύξει οι στρατιώτες που επιτύγχαναν το υψηλό ποσοστό εντοπισμού, και έγινε προσπάθεια να αναπτυχθεί ένα κατάλληλο πρόγραμμα εκπαίδευσης, που θα καθιστούσε όλους τους στρατιώτες ικανούς να επιτύχουν υψηλά ποσοστά εντοπισμού. Τα πρόγραμμα εκπαίδευσης που καταστρώθηκε με την προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, χρησιμοποιήθηκε τόσο για τη συσκευή εντοπισμού που χρησιμοποιούσαν ήδη, όσο και για μία άλλη που βρισκόταν υπό ανάπτυξη. Και για τις δύο συσκευές επετεύχθη ποσοστό επιτυχίας μεγαλύτερο του 90% μετά την εκπαίδευση (Staszewski, 2004, Cooke and Durso, 2007).

γ) ο οργανωσιακός ανασχεδιασμός σε αίθουσα διαχείρισης κρίσιμων καταστάσεων σε ένα πυρηνικό εργοστάσιο. Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων στην περίπτωση αυτή, βοήθησε στον καλύτερο ορισμό του προβλήματος, που με τη σειρά του οδήγησε στη διερεύνηση εναλλακτικών, οι οποίες ενοποιήθηκαν και εντάχθηκαν στο νέο οργανωτικό σχεδιασμό. Με τον τρόπο αυτό οι διαχειριστές της μονάδας μπορούσαν να υλοποιήσουν απλούστερες και πιο αποτελεσματικές λύσεις απ' ό,τι είχε προβλεφθεί.

Οι επιστήμονες που υιοθετούν την προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, καλούνται να διερευνήσουν προβλήματα τα οποία δεν έχουν αντιμετωπιστεί κατάλληλα με άλλες παραδοσιακές προσεγγίσεις (Vicente, 2002). Οι Beevis et al. (1998) αναφέρουν ότι σε σχέση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις, η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων διαφέρει στα ακόλουθα:

- Γίνεται συνεχής επαναξιολόγηση της κατανόησης του προβλήματος. Κάθε φορά που γίνεται διαθέσιμη μία νέα πληροφορία για το σύστημα που μας ενδιαφέρει, η κατανόηση του προβλήματος και πιθανές λύσεις μπορεί να τροποποιούνται.
- Η συνεχής επαναξιολόγηση κατευθύνει το σχεδιασμό. Η σχεδιαστική ομάδα προσπαθεί συνεχώς να σταθμίσει τις σχεδιαστικές δραστηριότητες σύμφωνα με τις ανάγκες των εργαζομένων, τις διαθέσιμες τεχνολογίες, τους περιορισμούς, και τις προτεραιότητες.
- Η διαρκής συλλογή νέας πληροφορίας πυροδοτεί τη δημιουργία νέων ιδεών, την απόρριψη ακατάλληλων σχημάτων, και την τελειοποίηση των σχεδιαστικών ιδεών. Επικρατεί γενικά η πεποίθηση ότι οι προδιαγραφές σχεδιασμού προκύπτουν από την ανάλυση του συστήματος/τεχνήματος· η πραγματικότητα που αναδύεται μέσα από την προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων είναι ότι, οι προδιαγραφές συνεχίζουν να αναδύονται καθώς το σύστημα/τέχνημα υλοποιείται σε πρωτότυπα ή κατασκευάζεται.
- Τα θεωρητικά εργαλεία της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων παρέχουν μία συγκεκριμένη οπτική, μέσα από την οποία μπορεί να δει κανείς το περιβάλλον μέσα στο οποίο θα υλοποιηθούν οι πιθανές λύσεις, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες των εργαζομένων, την εμπειρία, τις νοητικές απαιτήσεις, τους περιορισμούς, τους στόχους, και τις κρίσιμες πτυχές της εργασίας που πρέπει να υποστηριχθεί. Τα θεωρητικά εργαλεία της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, προσδιορίζουν τους τρόπους για να αντλήσει και να απεικονίσει κανείς αυτά τα βασικά στοιχεία που προαναφέρθηκαν. Υπάρχουν επίσης εργαλεία για τη συλλογή σημαντικών δεδομένων μέσω των επαναληπτικών αξιολογήσεων (π.χ., Johnston et al., 1995, Long and Cox, 2007).

Η αποδοχή των εργαζομένων αποτελεί έναν άριστο δείκτη επιτυχίας, εκ των υστέρων, αφού ο σχεδιασμός έχει ολοκληρωθεί. Όμως η εφαρμογή της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων παρέχει πειστήρια για την αξία της, ακόμη και στη φάση που η παρέμβαση σε ένα σύστημα βρίσκεται σε εξέλιξη (Cooke and Durso, 2007, Militello et al., 2010), καθώς:

α) καθιστά εμφανείς κάποιες μη-ορατές πλευρές του συστήματος, και παρέχει στους χειριστές τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν μη-αναμενόμενες καταστάσεις, β) καθιστά επίσης εμφανή την εμπειρία που απαιτείται για τη διαχείριση του συστήματος, και γ) μπορεί να καταστήσει ορατά τα λάθη που μπορεί να εμφανιστούν, εάν οι τεχνολογίες (διαθέσιμα τεχνολογικά μέσα) χρησιμοποιηθούν με τρόπους ή σε πλαίσια τα οποία δεν είχαν προβλεφθεί. Τα συστήματα που έχουν σχεδιασθεί με την προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, είναι πιο πιθανό να εμφανίζουν την ευελιξία που απαιτείται για να εξυπηρετηθεί η δημιουργικότητα των ανθρώπων, καθώς αυτοί προσαρμόζουν τις τεχνολογίες και τις

διαδικασίες, προκειμένου να πραγματοποιήσουν τα καθήκοντα τους και να ανταπεξέλθουν στις μη αναμενόμενες καταστάσεις που εμφανίζονται σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο κόσμο.

Χωρίς τη Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων ο σχεδιασμός μπορεί να περιοριστεί σε ένα σύνολο διαδικασιών με προκαθορισμένα βήματα. Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων βοηθάει τους σχεδιαστές να προχωρήσουν πέρα από την απλοποιημένη οπτική του συστήματος εργασίας, δημιουργώντας συστήματα τα οποία υποστηρίζουν καλύτερα τη διαχείριση της πολυπλοκότητας και αβεβαιότητας του πραγματικού κόσμου. Οι Pfautz & Roth (2006) επισημαίνουν ότι ανάμεσα στα αναμενόμενα οφέλη αυτής της προσέγγισης, είναι η δημιουργία βασισμένων σε υπολογιστές εργαλείων και βοηθημάτων, που είναι πιο πιθανό να είναι επιτυχή όταν θα αναπτυχθούν σε πραγματική κλίμακα.

2.6 Προκλήσεις εφαρμογής

Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων συνεισφέρει στο σχεδιασμό, παρέχοντας μεγαλύτερη εγγύηση για την αποτελεσματικότητα της νοητικής εργασίας και των γνωσιακών εργαλείων, μέσα σε ένα μεταβαλλόμενο τεχνολογικά και οργανωτικά περιβάλλον. Παρά την πρόοδο που έχει υπάρξει στο πεδίο τα τελευταία 30 χρόνια, διατυπώνεται συνεχώς η ανάγκη για (Wilson, 2014, Salmon, 2016a, 2016b):

- δοκιμή των δυνατοτήτων των θεωρητικών εργαλείων σε νέα πεδία με διαφορετικά χαρακτηριστικά, και συστηματοποίηση της γνώσης (εξειδίκευση-γενίκευση) που προκύπτει από τη χρήση τους.
- αντιμετώπιση πραγματικών προβλημάτων σε μεγάλης κλίμακας συστήματα, προκειμένου να διαπιστωθούν περεταίρω οι δυνατότητες και αδυναμίες της προσέγγισης αυτής, και να τεκμηριωθεί με μετρήσιμους όρους η συνεισφορά της.
- ενσωμάτωση της στις πρακτικές ανάπτυξης συστημάτων στη βιομηχανία, με εφαρμογή της σε όλο τον κύκλο ζωής του συστήματος/τεχνήματος (δηλαδή στην ανάλυση, σχεδιασμό, αξιολόγηση, ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση συστημάτων).
- καθιέρωση της συμμετοχής των γνωσιακών μηχανικών στις ομάδες σχεδιασμού, καθώς διαθέτουν μία αρχιτεκτονική γνώσης που εκτείνεται σε όλα τα πεδία της μηχανικής και της επιστήμης, και μπορούν να συμβάλλουν στο συντονισμό του έργου μεταξύ των ειδικών και χρηστών.
- τεκμηρίωση της αποτελεσματικότητας των σχεδιαζόμενων εργαλείων/συστημάτων, βάσει κοινώς αποδεκτών κριτηρίων επιτυχίας και απόδειξης της σχέσης κόστους-οφέλους, καθώς η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων θεωρείται «μία ακριβή μέθοδος καλού σχεδιασμού».

Οι δυσκολίες που παρουσιάζονται κατά την αντιμετώπιση των προκλήσεων που προαναφέρθηκαν, καθώς και ενδεχόμενοι τρόποι διαχείρισής τους, συνοψίζονται στις ακόλουθες ενότητες.

2.6.1 Αξιοποίηση θεωρητικών εργαλείων

Τα θεωρητικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην περιοχή της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων είναι τόσα πολλά, που είναι δύσκολο να τα παρακολουθεί κανείς όλα. Η επιλογή και χρήση των θεωρητικών εργαλείων, μπορεί να προβληματίσει τους ειδικούς, καθώς κάποια παρουσιάζουν επικάλυψη ως προς τις δυνατότητες και τους στόχους, ενώ άλλα παρουσιάζουν (Mumford, 2006, Baxter & Sommerville, 2011):

- *Αντικρουόμενες προτεραιότητες.* Σε κάποια εργαλεία κυριαρχεί η χαρτογράφηση των χαρακτηριστικών του πεδίου· άλλα εστιάζουν στη βηματική αποτύπωση των καθηκόντων· κάποια άλλα δίνουν έμφαση στο κομμάτι της κοινωνικής διάδρασης πρακτόρων μεταξύ τους και με τα στοιχεία του συστήματος· επίσης, κάποια άλλα λαμβάνουν σημαντικά υπόψη το πλαίσιο λειτουργίας ενός συστήματος. Οι διαφορετικές αυτές προτεραιότητες στα εργαλεία, προκαλούν δυσκολία επιλογής και σύγχυση γύρω από το ποιο πρέπει να χρησιμοποιηθεί, για πιο σκοπό, και με ποιο τρόπο είναι σκόπιμο να τα συνδυάσει και να τα εφαρμόσει κάποιος.
- *Μη συνεπή ορολογία.* Όροι όπως «ανάλυση καθήκοντος» ή «πλαίσιο λειτουργίας» μπορεί σε δύο διαφορετικά εργαλεία να έχουν διαφορετικό εύρος περιεχομένου, και μπορεί να διαφέρουν λίγο ή αρκετά. Επίσης, υπάρχουν όροι που χρησιμοποιούνται από πολλές επιστημονικές περιοχές και πεδία, λαμβάνοντας διαφορετική ερμηνεία σε διαφορετικές περιπτώσεις (Griffiths & Dougherty, 2001). Το γεγονός αυτό προκαλεί σύγχυση στον σωστό τρόπο εφαρμογής κάθε εργαλείου.
- *Ζητήματα Εφαρμογής.* Όταν κάποιος χρησιμοποιεί στην πράξη τα εργαλεία, διαπιστώνει ότι δεν προσδιορίζεται συγκεκριμένα ο τρόπος εφαρμογής σημαντικών παραμέτρων τους (Scacchi, 2004). Αυτό σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να λειτουργήσει θετικά, καθώς δίνει στο χρήστη την ελευθερία να εφαρμόσει ευέλικτα και να προσαρμόσει το εργαλείο στις ανάγκες του πεδίου και στο στόχο χρήσης του, αλλά σε κάποιες άλλες, πιθανές ασάφειες μπορεί να μην τον διευκολύνουν να εκμεταλλευτεί πλήρως τις δυνατότητες του εργαλείου.

Το κόστος δημιουργίας και δοκιμής –ελέγχου νέων εργαλείων, και εκπαίδευσης των χρηστών σε αυτά, μπορεί να είναι πολύ μεγάλο. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό η επιστημονική κοινότητα να αξιοποιεί κατάλληλα τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα υπάρχοντα εργαλεία, μέσα από τη μεμονωμένη ή συνδυαστική χρήση τους.

Τα θεωρητικά εργαλεία της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, δοκιμάζονται σε ερευνητικό κυρίως επίπεδο, για το σχεδιασμό παρεμβάσεων σε ποικίλα συστήματα. Κατά την παρουσίαση των παρεμβάσεων αυτών στη βιβλιογραφία, γίνεται αφενός χρήση των όρων του χρησιμοποιούμενου θεωρητικού εργαλείου, και αφετέρου χρήση εξειδικευμένης ορολογίας του μελετούμενου πεδίου. Συχνά, η σημαντική γνώση που μπορεί να αντλήσει κάποιος από κάθε μελέτη περίπτωσης, κρύβεται σε παραμέτρους του προβλήματος που περιγράφονται με εξειδικευμένους όρους του πεδίου.

Η εξειδίκευση σε πολλά και διαφορετικά πεδία είναι απαραίτητη προκειμένου να δοκιμαστεί το εύρος δυνατοτήτων της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων. Από την άλλη βέβαια είναι σημαντικό να μπορεί εύκολα να αντλήσει κάποιος κοινά μοτίβα και αναλογίες που υπάρχουν σε διαφορετικά πεδία, προκειμένου να εξαγάγει χρήσιμες γενικεύσεις, και να είναι δυνατή η μεταφορά γνώσης από το ένα πεδίο στο άλλο.

Για το λόγο αυτό είναι σκόπιμο η χρήση ορολογίας των μεθόδων να γίνεται με συνεπή και συστηματικό τρόπο, και η χρήση ορολογίας του πεδίου να γίνεται στο βαθμό που είναι απαραίτητο, και με τρόπο κατανοητό ακόμη και για άτομα μη-εξοικειωμένα με το συγκεκριμένο πεδίο (Hale & Schmidt, 2008).

2.6.2 Επίλυση πραγματικών προβλημάτων

Η αντιμετώπιση πραγματικών προβλημάτων πολύπλοκων συστημάτων με τη βοήθεια θεωρητικών εργαλείων της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων μπορεί να οδηγήσει: α) στην επίτευξη χρήσιμων και εφαρμόσιμων ερευνητικών και σχεδιαστικών αποτελεσμάτων (Endsley et al., 2007, Wilson, 2014), β) στον εμπλουτισμό και επέκταση της θεωρίας (π.χ. δημιουργία νέων θεωριών που είναι πιο περιεκτικές και καλύτερου μεγαλύτερο εύρος περιπτώσεων), ανατροφοδοτώντας διαδοχικά τον κύκλο θεωρίας-πράξης (Vicente et al., 2004).

Μέσα από την επιτυχή ή ανεπιτυχή επίλυση πραγματικών προβλημάτων διαπιστώνεται η καταλληλότητα των θεωρητικών εργαλείων για την επίτευξη σχεδιαστικών στόχων σε πεδία με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (Petroski, 2006). Από επιτυχείς σχεδιασμούς μπορεί να εντοπιστεί κανείς κρίσιμες σχεδιαστικές συνιστώσες, και να αντλήσει σχεδιαστικές συλλήψεις, αρχές, πρότυπα, κλπ., προκειμένου να είναι δυνατή η κατάλληλη προσαρμογή και επαναχρησιμοποίηση τους σε νέα σχεδιαστικά προβλήματα. Από σχεδιασμούς που δεν είχαν τα προσδοκώμενα ή επιθυμητά αποτελέσματα, μπορούν να εντοπιστούν ελλείψεις ή προβλήματα εφαρμογής των διαθέσιμων μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν, μπορούν να αναδειχθούν οι ιδιαίτερες απαιτήσεις που έχουν συγκεκριμένα πεδία, καθώς επίσης και λόγοι που δυσκολεύουν την αποδοχή ενός γνωσιακού τεχνήματος.

2.6.3 Σχεδιασμός & Ανασχεδιασμός Συστημάτων

Για τη δημιουργία της πρώτης εκδοχής ενός νέου τύπου συστήματος ή για την ανάπτυξη καινοτόμων μελλοντικών συστημάτων, δεν υπάρχουν πολλά καταγεγραμμένα παραδείγματα, επιτυχούς εφαρμογής των ιδεών της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων (Bisantz & Ockerman, 2002, Cummings & Guerlain, 2003). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο «πρόβλημα του οραματιζόμενου κόσμου» (envisioned world problem) (Woods & Dekker, 2000, Woods, & Hollnagel, 2006, Baxter & Sommerville, 2011), το οποίο προκύπτει λόγω της δυσκολίας που υπάρχει στην απεικόνιση και πρόβλεψη της σχέσης μεταξύ ανθρώπων, τεχνολογίας και πλαισίου σε ένα περιβάλλον, που δεν έχει ακόμη διαμορφωθεί. Η προσπάθεια διερεύνησης και αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού σε μελέτες που έχουν γίνει (Cook et al., 1996, Grootjen et al., 2009), αποτελεί μία αφορμή για περαιτέρω έρευνα στο σχεδιασμό και την εισαγωγή νέων συστημάτων.

Τα θεωρητικά εργαλεία της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλές περιπτώσεις, στην αναδρομική ανάλυση και αξιολόγηση συστημάτων που προϋπάρχουν και μπορεί να έχουν αποτύχει, χωρίς να υποδεικνύεται πώς θα μπορούσαν να διορθωθούν τα προβλήματα που εντοπίζονται, μέσω κατάλληλου ανασχεδιασμού του συστήματος (Kawka & Kirchsteiger, 1999).

Η γνωσιακή μηχανική ενοποιεί μία ανάλυση των νοητικών και συνεργατικών απαιτήσεων ενός εργαζόμενου που συμμετέχει στην εργασία του, με μία επαναληπτική διαδικασία σχεδιασμού, υλοποίησης και αξιολόγησης προκειμένου να αναπτύξει κατάλληλα εργαλεία υποστήριξης του έργου των εργαζομένων (Pfautz & Roth, 2006, Pew & Mavor, 2007, Hale & Schmidt, 2008, Militello et al., 2010, Baxter & Sommerville, 2011). Ήδη από το 1985, οι Gould and Lewis είχαν επισημάνει ότι η επαναληπτική διαδικασία δεν αποτελεί έναν «ακριβό τρόπο καλού σχεδιασμού», αλλά αποτελεί το μόνο τρόπο να διασφαλιστεί κανείς την καλή λειτουργία του συστήματος. Τη σύγχρονη εποχή, ο επαναληπτικός σχεδιασμός (iterative design) αποτελεί κοινή πρακτική και για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί και πρότυπα όπως το International Standard 13407 (ISO 13407, 1999), το οποίο επισημαίνει και την ανάγκη να καθορίσει κανείς την κατάλληλη κατανομή λειτουργιών μεταξύ ανθρώπων και τεχνολογίας.

Στην πράξη, υπάρχει ανάγκη για συστηματική και παραγωγική εφαρμογή της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, στο σύνολο του κύκλου ζωής ενός συστήματος δηλαδή στην ανάλυση, σχεδιασμό, αξιολόγηση, ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση συστημάτων (Pfautz & Roth, 2006, Pew & Mavor, 2007, Hale & Schmidt, 2008, Grootjen et al., 2009, Militello et al., 2010). Τα στάδια του κύκλου ζωής ενός συστήματος, όπου τα οφέλη από την εφαρμογή της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων είναι μεγαλύτερα και περισσότερο ορατά, εξαρτώνται από το ποιο είναι το πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί.

2.6.4 Ρόλος του Γνωσιακού Μηχανικού

Στη σύγχρονη εποχή, ο σχεδιασμός συστημάτων απαιτεί ολιστική και διεπιστημονική προσέγγιση, με ενοποίηση μεθόδων και γνώσης από πολλά και διαφορετικά πεδία (Wisner, 1984, Moray, 2000, Rasmussen, 2000, Carayon, 2006). Οι σύγχρονες ομάδες σχεδιασμού αποτελούνται (ανάλογα και με το αντικείμενο του συστήματος) από πολλά άτομα, κάθε ένα από τα οποία είναι φορέας της εμπειρίας και της γνώσης, στο πεδίο ειδικότητας του (Dong, 2004).

Μερικές από τις αστοχίες του κοινωνικο-τεχνικού σχεδιασμού μπορούν να αποδοθούν στην διεπιστημονική φύση της εργασίας που εκτελείται. Η εμπλοκή πολλών επιστημονικών πεδίων, αναγνωρίστηκε, αλλά τα όρια μεταξύ των πεδίων δύσκολα μπορούν να προσδιοριστούν. Η επιτυχία υλοποίησης μίας νέας εφαρμογής εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τον τρόπο που οι διαφορετικές κατηγορίες συμμετεχόντων του συστήματος (π.χ. χειριστές, μέσο προσωπικό διοίκησης, ανώτερη διοίκηση) και η ομάδα ανάπτυξης και σχεδιασμού (γνωσιακός μηχανικός, υπεύθυνος ανάπτυξης, υπεύθυνος ελέγχου) εμπλέκονται δημιουργικά, καθώς κάθε κατηγορία συμμετεχόντων είναι πιθανό να έχει μία διαφορετική οπτική για το σύστημα.

Ένας γνωσιακός μηχανικός, μπορεί να λειτουργεί ως ο ενδιάμεσος κόμβος επικοινωνίας, που βλέπει το σύστημα από την οπτική κάθε εμπλεκόμενου στο σύστημα, καλύπτοντας τόσο την οπτική των επιστημόνων των επιμέρους ειδικοτήτων, όσο και αυτή των χρηστών του σχεδιαζόμενου προϊόντος. Η τεκμηρίωση του ρόλου και του έργου ενός γνωσιακού μηχανικού στις επιμέρους φάσεις πραγματικών έργων σχεδιασμού, μπορεί να συμβάλει στην καθιέρωση της συμμετοχής τους στις ομάδες σχεδιασμού, σε ποικίλες κατηγορίες έργων. Επίσης, η παρουσία γνωσιακού μηχανικού στην ομάδα σχεδιασμού, μπορεί να συμβάλει στη μεταφορά γνώσης για τον τρόπο εφαρμογής της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων και για τα θετικά αποτελέσματα που έχει η εφαρμογή της στη διαμόρφωση του τελικού σχεδιαστικού προϊόντος.

2.6.5 Τεκμηρίωση της Αποτελεσματικότητας

Παρά το αυξανόμενο ενδιαφέρον που παρατηρείται για τη Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων σε ερευνητικό επίπεδο, η συνεισφορά και η αξία της δεν αναγνωρίζεται όσο θα έπρεπε από τις ομάδες σχεδιασμού- ανασχεδιασμού συστημάτων στη βιομηχανία (Robert et al., 1998).

Παρότι με τις παραδοσιακές μεθόδους υπάρχουν πολλές περιπτώσεις σχεδιασμού που οδήγησαν σε δύσκολες στη χρήση ή και αποτυχημένες τεχνολογίες, υπάρχει μία τάση να υποτιμάται η σημασία της κατασκευής αποτελεσματικών σχεδιαστικών λύσεων (Kirwan, 2000). Σε ό,τι αφορά μεθόδους σχεδιασμού που δίνουν σημασία στην οπτική των εργαζομένων, στους περιορισμούς της εργασίας, και στις νοητικές απαιτήσεις, είναι δύσκολο να κατανοηθεί η σημασία τους, όσο οι διαχειριστές των συστημάτων πιστεύουν ότι θέματα όπως η ευχρηστία και η καταλληλότητα του διαμεσολαβητή μίας πληροφορικής εφαρμογής, μπορούν να επιλυθούν με χρήση «απλής λογικής» στο σχεδιασμό.

Το να τεκμηριωθεί η συνεισφορά της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, δεν είναι πάντα μία εύκολη διαδικασία, καθώς η συνεισφορά της προκύπτει μέσα από τη συνεργασία με άλλα επιστημονικά πεδία. Ένας τρόπος για να ξεπεραστεί αυτή η πρόκληση είναι μέσα από την αποτύπωση περιπτώσεων επιτυχούς σχεδιασμού, όπου οι νοητικές απαιτήσεις και η οπτική των εργαζομένων εντάσσονται νωρίς στη σχεδιαστική διαδικασία (Cooke and Durso, 2007). Η αξία των προϊόντων/συστημάτων που έχουν σχεδιαστεί με τον τρόπο αυτό, προκύπτει εάν αντιπαρατεθούν με έργα όπου η υποστήριξη των νοητικών διαδικασιών έχει προστεθεί ως «διορθωτική δράση» (fixes) προς το τέλος της σχεδιαστικής διαδικασίας ή όταν οι τεχνολογίες έχουν ήδη ενταχθεί στο πεδίο. Στα θετικά αποτελέσματα της εφαρμογής Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων συμπεριλαμβάνονται, και οι πιο επιτυχείς κύκλοι σχεδιασμού (και συχνά οι λιγότερες λανθασμένες εκκινήσεις), καθώς και ενταγμένα συστήματα τα οποία υποστηρίζουν καλύτερα τη νοητική εργασία και μειώνουν την πιθανότητα εμφάνισης λάθους. Τα συστήματα που έχουν σχεδιαστεί με τη βοήθεια μεθόδων και αρχών Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων είναι πιο πιθανό να έχουν την ευελιξία που χρειάζεται, για να εξυπηρετήσουν τις συνεχείς εναλλαγές που παρουσιάζονται στον πραγματικό κόσμο.

Παρότι υπάρχουν παραδείγματα επιτυχούς εφαρμογής της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων στην πράξη, δεν έχει γίνει συστηματικός έλεγχος της αποτελεσματικότητας τους βάσει κοινώς αποδεκτών κριτηρίων επιτυχίας. Αυτό οφείλεται πολλές φορές στο γεγονός ότι δίνεται μεγάλη έμφαση στο σχεδιασμό και μικρή στην αξιολόγηση του συστήματος. Επίσης, σε πολλά μεγάλης κλίμακας συστήματα, ο χρόνος σχεδιασμού και εισαγωγής ενός νέου συστήματος στην πράξη μπορεί να διαρκέσει χρόνια, οπότε είναι δύσκολο να ελεγχθεί άμεσα η αποτελεσματικότητα. Επιπλέον, δεν είναι εύκολο να μετρηθούν όλα τα κριτήρια απόδοσης ενός συστήματος. Έτσι, ενώ οι δοκιμασίες επιδόσεων μπορούν να καθορίσουν εάν τα τεχνικά στοιχεία του συστήματος ανταποκρίνονται στα κριτήρια (π.χ. χρόνοι απόκρισης), είναι πιο δύσκολο να προσδιορίσει κανείς εάν ένα σύστημα έχει βελτιώσει την ποιότητα εργασίας των εργαζομένων, καθώς τέτοιοι παράγοντες συνδέονται και με άλλες παραμέτρους του συστήματος (Land, 2000).

Στην περιοχή της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, σημαντική είναι η απουσία κατάλληλων μεθόδων και εργαλείων, για την άμεση αποτύπωση της σχέσης κόστους-οφέλους που προκύπτει από την εφαρμογή της. Οι σύγχρονες μέθοδοι ανάλυσης και σχεδιασμού που υιοθετούνται από τη Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων, συχνά αντιμετωπίζονται από τους διαχειριστές των συστημάτων ως διαδικασίες που απαιτούν προσπάθεια, χρόνο και κόστος, που πρέπει να προστεθεί σε ήδη ακριβά έργα ανάπτυξης. Η παρουσίαση του οφέλους από την εφαρμογή αυτών των μεθόδων σε ό,τι αφορά το κόστος, αποτελεί βασικό στόχο, όπως εξάλλου και η ανάγκη να ενοποιηθούν οι μέθοδοι αυτές με τις υπάρχουσες

διαδικασίες ανάπτυξης των συστημάτων. Στην πράξη, για να αποδείξει κανείς με άμεσο τρόπο την σχέση κόστους-οφέλους που προκύπτει από την εφαρμογή της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, θα έπρεπε να σχεδιάσει ένα σύστημα εργασίας με- και ένα άλλο χωρίς- μεθόδους και αρχές της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, και κατόπιν να τα συγκρίνει σε ό,τι αφορά τα κόστη ανάπτυξης και την επίδραση στον τελικού προϊόντος στην νοητική εργασία και τους ρυθμούς λαθών. Επιπλέον, το να συγκρίνει κανείς ένα νέο σύστημα εργασίας με ένα προηγούμενο σύστημα εργασίας δεν είναι μία απλή διαδικασία, καθώς συχνά η φύση των καθηκόντων μεταλλάσσεται με την εισαγωγή ενός νέου συστήματος, καθιστώντας την ουσιαστική προ-και μετά- σύγκριση δύσκολη. Ακόμη και στις περιπτώσεις που μπορούν να γίνουν ουσιαστικές συγκρίσεις, οι χρηματοδότες δεν είναι πρόθυμοι να χρηματοδοτήσουν επίσημες μελέτες αξιολόγησης, επιλέγοντας να βασιστούν στην αποδοχή των χειριστών ως το βασικό δείκτη επιτυχίας. Ουσιαστική, λεπτομερής σύγκριση, ενός παλαιού και ενός νέου –σχεδιασμένου με την προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων- συστήματος, μπορεί να γίνει στο πλαίσιο μίας έρευνας σχεδιασμού και αξιολόγησης.

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΑΜΕΣΟΛΑΒΗΤΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΙΑΜΕΣΟΛΑΒΗΤΕΣ

3.1 Εποπτεία & έλεγχος πολύπλοκων συστημάτων

Τα πολύπλοκα συστήματα (π.χ. δίκτυα κρίσιμων υποδομών, βιομηχανικά συστήματα) παρουσιάζουν: ευρεία γεωγραφική διασπορά, που οδηγεί σε ένα κατανεμημένο σύστημα, πολλαπλές συζεύξεις μεταξύ των στοιχείων που απαρτίζουν το σύστημα, και δυναμική συμπεριφορά, με την πιθανότητα βέβαια κάποια μέρη του συστήματος να απαιτούν μεγαλύτερες χρονικές περιόδους για να αντιδράσουν σε αλλαγές που συμβαίνουν σε άλλα μέρη (Vicente, 1999). Στα πολύπλοκα συστήματα συμμετέχει μεγάλος αριθμός ατόμων, που πρέπει να συνεργαστούν μεταξύ τους, εντός ενός κοινωνικο-οργανωτικού πλαισίου. Οι συνεργάτες έχουν συχνά διαφορετικό εργασιακό, μορφωτικό, και πολιτισμικό υπόβαθρο, γεγονός που συνεπάγεται ετερογενείς οπτικές για το σύστημα εργασίας. Οι εργαζόμενοι χρειάζεται συχνά να διαχειριστούν διαταραχές, όπως μη-αναμενόμενα γεγονότα, με τρόπο που θα έχει τις λιγότερες δυνατές αρνητικές συνέπειες στη λειτουργία του συστήματος. Στα συστήματα αυτά παρουσιάζονται υψηλά επίπεδα αυτοματισμών, με τους εργαζόμενους σε κάποια συστήματα, να πρέπει να εμπλακούν μόνο όταν εμφανιστούν μη-αναμενόμενα περιστατικά.

Τα πολλά θεμελιώδη μέρη και μεταβλητές λειτουργίας των συστημάτων, αντιστοιχούν σε ευρείες περιοχές επίλυσης προβλημάτων. Τα δεδομένα που χρειάζονται οι εργαζόμενοι για να αλληλεπιδράσουν με το σύστημα, φτάνουν συνήθως σε αυτούς, μέσω διαφόρων τεχνολογικών συστημάτων και αυτοματισμών, και η κατάσταση του συστήματος και οι μεταβλητές αποτυπώνονται σε οθόνες οπτικής απεικόνισης. Τα δεδομένα που παρέχονται στους εργαζόμενους μπορεί να είναι ανακριβή ή αμφιβόλου ποιότητας, προκαλώντας αβεβαιότητα. Λάθη που μπορεί να γίνουν από τους εργαζόμενους, μπορεί να έχουν δριμυιές περιβαλλοντικές συνέπειες, επιπτώσεις στη δημόσια ασφάλεια, και οικονομικές συνέπειες.

Ο σχεδιασμός αποτελεσματικών διαμεσολαβητών, για την υποστήριξη των λειτουργιών σε πολύπλοκα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα, αποτελούσε πάντα μία πρόκληση για τους επιστήμονες σε διάφορα πεδία εφαρμογής (Rouse, 2003). Ο σχεδιασμός διαμεσολαβητών που υποστηρίζουν αποτελεσματικά τη σύζευξη ανθρώπου συστήματος εργασίας, είναι απαραίτητος για να επιτύχει κανείς αξιόπιστη και ασφαλή λειτουργία. Η γνώση για το σχεδιασμό διαμεσολαβητών αυξάνεται συνεχώς με υλικό που αντλείται τόσο από την έρευνα, όσο και από την πρακτική εφαρμογή (Mitchell and Miller, 1986, Pedersen and Lind, 1999, Nachreiner et al., 2006, McIlroy and Stanton, 2015).

3.1.1 Μη-αναμενόμενες και μη-οικείες καταστάσεις

Καθώς τα πολύπλοκα συστήματα αυξάνονται σε μέγεθος και στον αριθμό των λειτουργιών που εξυπηρετούν, χτίζονται με τρόπο τέτοιο, ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν σε όλο και περισσότερο εχθρικά περιβάλλοντα· ταυτόχρονα, αυξάνουν τους δεσμούς τους με άλλα συστήματα, με συνέπεια να γίνονται πιο ευάλωτα σε δυσνόητες και μη-αναμενόμενες διαδράσεις. Η διαδραστικότητα ενός συστήματος (Interactiveness) μπορεί να μπερδέψει τους χειριστές του, ενώ η ισχυρή σύζευξη μπορεί να εμποδίζει την γρήγορη επαναφορά του συστήματος όταν υπάρξει κάποια διαταραχή. Επιπλέον, λόγω της ταχείας αύξησης της τεχνολογίας, υπάρχει μία αξιοσημείωτη αύξηση της συνθετότητας των μηχανικών συστημάτων.

Στα πολύπλοκα συστήματα είναι δύσκολο να προβλέψει κάποιος όλες τις πιθανές αλληλεπιδράσεις των αναπόφευκτων ανεπαρκειών (Perrow, 1984). Τα συστήματα αυτά υφίστανται συνεχώς διαταραχές, οι οποίες οδηγούν σε κρίσιμες καταστάσεις που οφείλονται σε διαφορετικά κάθε φορά αίτια. Για το λόγο αυτό η εξάλειψη συγκεκριμένων αιτιών δεν διασφαλίζει την καλή λειτουργία. Όπως αναφέρει ο Rasmussen (1989), θεμελιώδη σχεδιαστική επιδίωξη σε αυτές τις περιπτώσεις αποτελεί το να δημιουργήσει κανείς για τους εργαζόμενους ένα περιβάλλον εργασίας, το οποίο καθιστά ορατά και αναστρέψιμα τα όρια των απωλειών.

Μελέτες που έχουν γίνει σε ποικίλα συστήματα έχουν δείξει ότι όταν οι εργαζόμενοι πρέπει να προσαρμοστούν σε νέες ή μη-οικείες καταστάσεις, τίθεται σε κίνδυνο η ασφάλεια του συστήματος (Vicente & Rasmussen, 1992). Τα μη-αναμενόμενα γεγονότα δεν μπορούν να καθοριστούν εκ των προτέρων, και για το λόγο αυτό δεν είναι εύκολο να προληφθούν μέσω της εκπαίδευσης, των διαδικασιών και των αυτοματισμών. Η μη-εκπαίδευση των εργαζομένων κάτω από συνθήκες πίεσης, αποτελεί έναν από τους παράγοντες που συμβάλλουν στην εξέλιξη μεγάλων καταστροφών στα πολύπλοκα συστήματα. Συνήθως το μεγαλύτερο μέρος της εκπαίδευσης των εργαζομένων αφορά στον έλεγχο μονάδων σε συνθήκες συνθήκες, αντί να εκπαιδευτούν στην αντιμετώπιση κρίσιμων μη-αναμενόμενων καταστάσεων. Κατά την εκπαίδευση οι χειριστές απομνημονεύουν κάποιες διαδικασίες διαχείρισης κρίσιμων καταστάσεων. Δεν εκπαιδεύονται όμως στη διάγνωση και αντιμετώπιση κρίσιμων διακυμάνσεων στη συμπεριφορά των συστημάτων, μη-αναμενόμενων δυσλειτουργιών του εξοπλισμού, και γενικότερα γεγονότων που δεν είναι εύκολα κατανοητά. Ουσιαστικά δηλαδή οι εργαζόμενοι εκπαιδεύονται στη διαχείριση διακριτών γεγονότων, αλλά όχι στο να αντιμετωπίζουν συμβάντα πολλαπλών αστοχιών.

Τα περισσότερα πληροφοριακά συστήματα που έχουν σχεδιασθεί για να υποστηρίξουν την αντιμετώπιση κρίσιμων καταστάσεων στα πολύπλοκα συστήματα, έχουν σχεδιασθεί ώστε να είναι κατάλληλα για μια τοπική αντιμετώπιση της κατάστασης, βάσει σεναρίων για συνθήκες καταστάσεις. Έτσι δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες που

δημιουργεί μια συνεχώς μεταβαλλόμενη κατάσταση. Μία κρίσιμη κατάσταση που ξεδιπλώνεται συνεχώς, χαρακτηρίζεται από αλλαγές στην κρισιμότητα, στις επιπτώσεις, στην κατηγορία των εμπλεκόμενων πρακτόρων, καθώς και στην ανάγκη των εμπλεκόμενων για επικοινωνία και ανταλλαγή πληροφοριών (Horan & Schooley, 2007, National Research Council, 2007). Συχνά, αυτό που παρατηρείται είναι απώλεια πληροφορίας. Διαφορετικές φάσεις κατά τη διαχείριση μίας κρίσιμης κατάστασης απαιτούν διαφορετική πληροφορία, έτσι: α) στη φάση της πρόληψης, όπου μία καταστροφή μπορεί να προβλεφθεί, απαιτούνται έγκαιρα σήματα τα οποία θα οδηγήσουν σε γρηγορότερο εντοπισμό, και σε πιο κατάλληλες ενέργειες για τη μείωση των επιπτώσεων, β) στη φάση της παρέμβασης για τη διαχείριση της καταστροφής, απαιτείται πληροφορία για όλα τα εμπλεκόμενα στοιχεία, ώστε να γίνει η καλύτερη δυνατή διαχείριση, γ) στη φάση της επαναφοράς, απαιτείται πληροφορία για καλύτερο εντοπισμό αντικρουόμενων φαινομένων, και πιο αποτελεσματική κατανομή των πόρων. Οι πληροφορίες αυτές θα πρέπει να παρέχονται κατάλληλα προσαρμοσμένες από το διαμεσολαβητή.

3.1.2 Συστήματα αυτοματισμών

Στα πολύπλοκα συστήματα μικρό ή μεγαλύτερο μέρος των ενεργειών ελέγχου του συστήματος εκτελείται από αυτοματισμούς, με συνέπεια ο χειριστής του συστήματος να μην γνωρίζει τι συμβαίνει ανά πάσα στιγμή, γιατί συμβαίνει ή τι θα συμβεί την επόμενη χρονική στιγμή (Sarter & Woods, 1992).

Οι Parasuraman et al. (2000) παρουσιάζουν ένα πλαίσιο αλληλεπίδρασης ανθρώπου – αυτοματισμών όπου διακρίνουν τέσσερις τύπους λειτουργιών που μπορούν να αυτοματοποιηθούν: α) η απόκτηση δεδομένων, β) η ανάλυση πληροφορίας, γ) η επιλογή απόφασης, και δ) η εκτέλεση ενεργειών. Επίσης, διακρίνουν και διαφορετικούς τρόπους ελέγχου του πεδίου, από τον εντελώς χειροκίνητο (καθόλου αυτοματισμοί) μέχρι τον πλήρως αυτοματοποιημένο (χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση). Για παράδειγμα, ένα σύστημα μπορεί να έχει πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα απόκτησης δεδομένων και ανάλυσης της πληροφορίας, αλλά η λήψη αποφάσεων και εκτέλεση ενεργειών να είναι πλήρως χειροκίνητη. Υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί συνδυασμοί αυτοματοποιημένων λειτουργιών και τρόπων ελέγχου που μπορεί να επιλέξει κάποιος, χωρίς κανένας να είναι ο ιδανικός για όλες τις περιστάσεις που μπορεί να αντιμετωπίσει ένα σύστημα (Kaber and Endsley, 2004). Όπως επισημαίνουν οι Parasuraman et al. (2000), για να καταλήξει κανείς στις κατάλληλες επιλογές για το σύστημα του, θα πρέπει να λάβει υπόψη του και άλλα κριτήρια όπως: το επίπεδο νοητικού φόρτου που θα επιβάλλει το σχεδιαζόμενο σύστημα, το βαθμό που το σύστημα θα υποστηρίζει την ενημερότητα κατάστασης, το επίπεδο δεξιοτήτων που απαιτείται για τη διαχείριση του συστήματος, την αξιοπιστία του εξοπλισμού αυτοματισμών, και το πιθανό κόστος αγοράς και λειτουργίας των επιλογών αυτοματισμού. Σε κάθε περίπτωση είναι σημαντικό να αποτυπώνονται με «διαφανή αρχιτεκτονική» στο διαμεσολαβητή, οι αυτοματοποιημένες λειτουργίες και οι τρόποι ελέγχου του συστήματος (Leveson & Palmer, 1997), και να δηλώνονται κατάλληλα πιθανές αστοχίες τους (π.χ. κάποιο δεδομένο που δεν φτάνει από το πεδίο στο σταθμό ελέγχου του συστήματος), προκειμένου να μην έχουν εσφαλμένη εικόνα για τη λειτουργία του συστήματος οι εργαζόμενοι.

Γενικά, υπάρχει η πεποίθηση ότι μέσω της τεχνολογίας και της χρήσης αυτοματισμών, μπορεί να βελτιωθεί ο τρόπος λειτουργίας των πολύπλοκων συστημάτων και να μειωθούν τα ανθρώπινα λάθη. Η πεποίθηση αυτή, αποτελεί μία απλούστευση ενός πολυπαραγοντικού προβλήματος. Το σκεπτικό που κρύβεται πίσω από αυτή την πεποίθηση είναι ότι οι αυτοματισμοί μπορούν να εκτελούν σωστά και έγκαιρα τις ενέργειες που απαιτούνται, για να αντιμετωπίζονται τα προβλήματα που εκδηλώνονται στο σύστημα. Αυτό συχνά ισχύει, αλλά σε πολλές περιπτώσεις έχει οδηγήσει σε ακραίες τάσεις, του να αυτοματοποιείται οτιδήποτε και οπουδήποτε αυτό είναι δυνατόν. Μελέτες έχουν δείξει ότι λιγότερο εξεζητημένα τεχνολογικά συστήματα μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερη απόδοση (Smith, 1989, Sarter & Schroeder, 2001). Αυτό συμβαίνει γιατί τα συστήματα κρίσιμης ασφάλειας είναι ανοιχτά συστήματα και υπάρχει η τάση να εμφανίζονται μη-αναμενόμενα περιστατικά, τα οποία δημιουργούν συνθήκες κάτω από τις οποίες οι αυτοματισμοί μπορεί να οδηγήσουν στη λήψη λάθος απόφασης. Για το λόγο αυτό, ένα εξεζητημένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, που καθοδηγεί τους εργαζόμενους σε συγκεκριμένες αλληλουχίες ενεργειών, οι οποίες μπορεί και να μην είναι κατάλληλες στο πλαίσιο μίας μη αναμενόμενης κατάστασης, δεν αποτελεί σωστή επιλογή. Αντίθετα, ορθή επιλογή αποτελεί το να παρουσιάζει κανείς στον εργαζόμενο την απαραίτητη πληροφορία, ώστε να μπορεί να επιλέξει την καλύτερη για το τρέχον πλαίσιο αλληλουχία ενεργειών. Μία βασισμένη σε περιορισμούς υποστήριξη των αποφάσεων από το σύστημα ελέγχου και το διαμεσολαβητή, μπορεί να μειώσει τα λάθη που οφείλονται στους περιορισμούς που υπάρχουν στην ανθρώπινη δυνατότητα επεξεργασίας πληροφοριών, ενώ ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα στους εργαζόμενους να αξιοποιούν την ανθρώπινη ευελιξία και δημιουργικότητα στη σκέψη, όταν έρχονται αντιμέτωποι με νέα περιστατικά (Guerlain et al., 1999, Vicente, 1999).

3.1.3 Ανθρώπινα λάθη

Σε πολλές περιπτώσεις οι λανθασμένοι χειρισμοί των εργαζομένων, και οι επακόλουθες απώλειες, οφείλονται σε παράγοντες όπως περίπλοκες διαδικασίες διαχείρισης, αναποτελεσματική εκπαίδευση, μη-προσαρμόσιμος οργανωτικός σχεδιασμός, τυχαίες αποκρίσεις των συστημάτων και αιφνίδιες περιβαλλοντικές διαταραχές. Ιδιαίτερα το περιβάλλον του

συστήματος, σε συνδυασμό με τον «ανθρώπινο παράγοντα», μπορεί να πυροδοτήσει μία υπάρχουσα τρωτότητα, και εάν δεν αντιμετωπιστεί έγκαιρα, μπορεί να πυροδοτήσει μία αλυσίδα γεγονότων που θα οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης, σε επισφαλείς χειρισμούς, και σε αύξηση της πιθανότητας αστοχίας του συστήματος (Meshkati, 1991). Για τους λόγους αυτούς η ανάλυση αξιοπιστίας, θα πρέπει να εστιάζει στις νοητικές και οργανωτικές διαδικασίες περισσότερο, παρά στην απόδοση των ανθρώπων (Reason, 1990, 1997).

Οι οργανωτικοί παράγοντες αποτελούν σημαντικές πηγές και αιτίες εμφάνισης λάθους, αφού επηρεάζουν την ανθρώπινη συμπεριφορά. Επιπλέον, οι συγκεκριμένες συνθήκες του περιβάλλοντος εργασίας και το τεχνικό πλαίσιο μέσα στο οποίο τα λάθη δημιουργούνται και εξελίσσονται, επηρεάζουν εξίσου τη συμπεριφορά των εργαζομένων που ασκούν τον ενεργό έλεγχο. Λανθασμένες αποφάσεις σε επίπεδο διοίκησης, στο σχεδιασμό και στη συντήρηση των συστημάτων δεν είναι άμεσα ορατές. Παραμένουν εν υπνώσει σε λανθάνουσα κατάσταση, και μπορούν να διαδίδονται σε όλη την έκταση του οργανισμού επηρεάζοντας ένα μεγάλο αριθμό αποφάσεων, και να εμφανιστούν ξαφνικά στο επίπεδο του ενεργού ελέγχου και λειτουργίας του πεδίου (Maurino et al., 1995).

Η πιθανότητα εμφάνισης ανθρώπινου λάθους βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με την νοητική κατάσταση του εργαζόμενου (κόπωση, άγχος, διαύγεια σκέψης, κλπ) και το νοητικό φόρτο (εξέλιξη της δράσης στο πεδίο, αλληλουχία ενεργειών, συναγερμίο και κρίσιμα συμβάντα) (Moray, 1979, Cacciabue et al., 1993). Σύμφωνα με τον Reason (1990), το ανθρώπινο λάθος είναι η αποτυχία μίας σειράς νοητικών ή φυσικών ενεργειών να επιτύχουν το σκοπούμενο αποτέλεσμα - όταν αυτή η αποτυχία δεν μπορεί να αποδοθεί σε τυχαίους παράγοντες. Σύμφωνα με τον Reason, τα λάθη διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: 1) γλιστρήματα, τα οποία προκύπτουν από τη λάθος εκτέλεση μίας σωστής σειράς ενεργειών, και 2) σφάλματα/παρανοήσεις, τα οποία προκύπτουν από τη σωστή εκτέλεση μίας λάθος σειράς ενεργειών. Τα γλιστρήματα που αφορούν το στόχο ή τις προθέσεις, μπορεί να συμβούν εξαιτίας διαφόρων νοητικών μηχανισμών. Στην ανθρώπινη μνήμη, ένας στόχος μπορεί να ξεχαστεί λόγω υπερφόρτωσης της μνήμης, καθυστερήσεων ή διακοπών (interruptions) ή λόγω παράλληλων συζητήσεων.

Οι Zhang et al. (2004) σε μία προσπάθεια εντοπισμού των νοητικών μηχανισμών που βρίσκονται πίσω από κάθε τύπο λάθους, προτείνουν μία ταξινόμηση των λαθών, η οποία βασίζεται στο συνδυασμό της θεωρίας του Reason (γλιστρήματα – παρανοήσεις) με τον κύκλο δράσης του Norman (Κεφ.2-§2.4.2). Αξιοποίηση της γνώσης για τους νοητικούς μηχανισμούς, μπορεί να οδηγήσει στο σχεδιασμό νοητικών παρεμβάσεων σε ό,τι αφορά τον ανασχεδιασμό του συστήματος, την αναδόμηση της οργάνωσης, και την επανεκπαίδευση των χρηστών.

Συνήθως, σχεδιαστικά υποστηρίζεται η πρόληψη των λαθών, ενώ αυτό που πραγματικά είναι πολύ σημαντικό είναι η υποστήριξη για τη διόρθωση των λαθών. Εάν η αλυσίδα των γεγονότων σταματήσει από την παρέμβαση κάποιου εργαζόμενου, τότε το λάθος μπορεί να προληφθεί. Ακόμη και εάν το λάθος φτάσει στο τελικό στάδιο της εκδήλωσης του, η καλή κατανόηση της κατάστασης από πλευράς εργαζομένων, μπορεί να τους βοηθήσει να ανακάμψουν από το λάθος και να ελαχιστοποιήσουν τις συνέπειες. Η διόρθωση ενός λάθους επιτυγχάνεται μέσα από τρία βήματα: α) εντοπισμός του λάθους - ο εργαζόμενος πρέπει να ενημερωθεί ότι ένα λάθος έχει εμφανιστεί, β) ερμηνεία/εξήγηση του λάθους - ο εργαζόμενος πρέπει να κατανοήσει τη φύση του λάθους, γ) ανάκαμψη/αποκατάσταση του λάθους - ο εργαζόμενος πρέπει να αντιμετωπίσει τις συνέπειες του λάθους. Ο διαμεσολαβητής είναι σημαντικό να υποστηρίζει τα δύο πρώτα βήματα διόρθωσης των λαθών, ώστε να είναι δυνατή η αποκατάσταση των λανθασμένων χειρισμών από τους εργαζόμενους.

3.1.4 Νοητικά Μοντέλα

Ο ρόλος των ανθρώπων στα σύγχρονα συστήματα ελέγχου πολύπλοκων συστημάτων, είναι κυρίως εποπτικός -πρέπει να επιβλέπουν το σύστημα, και να παρεμβαίνουν όταν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη αφορμή- και έτσι οι απαιτήσεις που τίθενται σε αυτούς, είναι σε επίπεδο αντιληπτικών και νοητικών δυνατοτήτων. Όταν παρουσιαστεί κάποιο μη-συνθησιμένο συμβάν, πρέπει να το αντιμετωπίσουν με τρόπο που θα έχει τις λιγότερες δυνατές αρνητικές συνέπειες στη λειτουργία του συστήματος. Στα μη-αναμενόμενα γεγονότα, οι διαδικασίες ελέγχου που ισχύουν κατά την ομαλή λειτουργία δεν μπορούν να εφαρμοστούν πλέον, και οι χειριστές πρέπει να ανταποκριθούν κατάλληλα, βασιζόμενοι στον τρόπο που αντιλαμβάνονται νοητικά το σύστημα.

Τα νοητικά μοντέλα αποτελούν την κατανόηση του πώς δουλεύει ένα σύστημα, και βασίζονται κυρίως στην συνολική προηγούμενη εμπειρία του εργαζόμενου στη διαχείριση του συστήματος, στο διαμεσολαβητή του συστήματος, και στην προηγούμενη εμπειρία ενός εργαζόμενου με το συγκεκριμένου τύπου σύστημα ελέγχου.

Τα νοητικά μοντέλα των χειριστών παίζουν σημαντικό ρόλο στην ασφαλή διαχείριση του δικτύου. Μπορεί να πει κανείς ότι δεν χρειάζεται το νοητικό μοντέλο ενός χειριστή για το σύστημα του να είναι το «απολύτως ακριβές», αρκεί να τον βοηθάει να λειτουργήσει το σύστημα στις περιπτώσεις που συνήθως συναντάει. Όμως η πράξη έχει δείξει ότι, όταν εμφανιστούν μη-οικείες και μη-φυσιολογικές καταστάσεις, τότε αυτά τα «περίπου» σωστά μοντέλα μπορεί να αποδειχθούν μοιραία για την συνολική ασφάλεια και ισορροπία του συστήματος. Ένα νοητικό μοντέλο στο οποίο μπορεί να στηρίζονται πολλοί εργαζόμενοι και να λειτουργεί για χρόνια, μπορεί κάποια στιγμή να αποβεί καθοριστικό για την

ασφάλεια του συστήματος, εάν συμβεί κάτι που δεν είναι σύμφωνο με τις παραδοχές στις οποίες στηρίζεται (Vicente, 1999).

Τα νοητικά μοντέλα μπορεί να μην αποτυπώνουν όλες τις τεχνικές λεπτομέρειες, αλλά πρέπει να παρέχουν ένα τρόπο πρόβλεψης της παρατηρούμενης συμπεριφοράς του συστήματος, και των συνεπειών που έχουν οι ενέργειες των χρηστών. Τα νοητικά μοντέλα πρέπει να είναι εκτελέσιμα με την έννοια ότι πρέπει να υποστηρίζουν τις νοητικές προσομοιώσεις, οι οποίες όταν γίνονται σωστά είναι σαν να παρακολουθεί κάποιος τη λειτουργία ενός φυσικού συστήματος με το μυαλό του (Forbus, 2000).

Η διαχείριση των σύγχρονων πολύπλοκων συστημάτων γίνεται μέσω συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμών, που ακολουθούν τους κανόνες και τις αρχές που παρέχονται από τους σχεδιαστές τους, τα οποία δεν είναι πάντα γνωστά στους χειριστές. Σε περιπτώσεις ενός κρίσιμου συμβάντος, τα δυναμικά χαρακτηριστικά της αλυσίδας γεγονότων προσθέτουν στην ενυπάρχουσα πολυπλοκότητα του συστήματος ελέγχου, και περιπλέκουν περαιτέρω τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων (Rasmussen et al., 1987, Stassen et al., 1990, Hollnagel, 1993, Billings, 1997). Στα σύγχρονα συστήματα ελέγχου, όταν γνωστικά λάθη καταφέρνουν να παραβιάσουν το σύστημα προστασίας, τότε είναι δύσκολο να ελέγξει ή να αναχαιτίσει κάποιος την κατάσταση.

Η λειτουργία του συστήματος ελέγχου και των αυτοματισμών είναι σκόπιμο να στηρίζεται πάνω σε ένα επαρκές και σαφές «νοητικό μοντέλο» του πεδίου. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει οι σχεδιαστές του συστήματος αυτοματισμών να συνεργαστούν με τους σχεδιαστές του πεδίου, προκειμένου να εξασφαλίζουν ότι το Σύστημα Ελέγχου και το Πεδίο συλλειτουργούν μέσω ολοκληρωμένων λειτουργιών και συμβατών προθέσεων (Rasmussen, & Goodstein, 1987). Στην περίπτωση αυτή, ο ρόλος του σχεδιαστή του διαμεσολαβητή εστιάζεται στο να εξασφαλίσει ότι το μοντέλο του πεδίου, πάνω στο οποίο βασίστηκε ο σχεδιασμός του συστήματος ελέγχου, είναι διαθέσιμο στους χειριστές. Με αυτό τον τρόπο, η δομή και αναδυόμενη συμπεριφορά του συστήματος ελέγχου, μπορεί να συσχετιστεί με την λειτουργικότητα του πεδίου, το οποίο επίσης θα μοντελοποιηθεί στο διαμεσολαβητή. Στην πράξη, ο σχεδιαστής του διαμεσολαβητή θα πρέπει να εξωτερικεύσει στο διαμεσολαβητή, ένα μοντέλο για το σύστημα ελέγχου (Vakil, & Hansman, 2002) και ένα μοντέλο για το πεδίο (Vicente, & Rasmussen, 1992). Με αυτό τον τρόπο οι χειριστές θα μπορούν να αντιληφθούν πώς οι δικές τους ενέργειες και οι εντολές που εκτελούνται από τους αυτοματισμούς, εξυπηρετούν τους στόχους λειτουργίας του πεδίου, και εκπληρώνουν τους κοινούς στόχους χειριστών και συστήματος ελέγχου. (Rasmussen, 1986, Rasmussen, et al., 1994, Vicente, 1999).

Ο διαμεσολαβητής επηρεάζει συνολικά τον τρόπο που οι εργαζόμενοι δημιουργούν νοητικά μοντέλα (Makoto & Toshiyuki, 2004). Για να είναι τα νοητικά μοντέλα των εργαζομένων έγκυρα θα πρέπει:

- να αντιλαμβάνονται αξιόπιστα και έγκαιρα ποια καθήκοντα πρέπει να εκτελέσουν.
- να μπορούν να εκτελέσουν τα καθήκοντα αυτά με επιτυχία.
- να γνωρίζουν πότε τα καθήκοντα τους έχουν ολοκληρωθεί.
- να έχουν επαρκή ανάδραση, ώστε να μπορούν να καθορίσουν με ακρίβεια την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος και τις συνέπειες των ενεργειών τους.
- να μπορούν να επιστρέψουν σε μία προηγούμενη κατάσταση, εάν κάποια απόφαση έχει ακούσιες συνέπειες.
- να μπορούν να ξετάσουν το σύστημα από διαφορετικά επίπεδα θέασης, προκειμένου να έχουν μία συνολική εικόνα, και να είναι σε θέση να διαγνώσουν συγκεκριμένα προβλήματα.
- να διευκολύνεται η ερμηνεία και η διάγνωση πιθανών κινδύνων. Κρίσιμες παράμετροι θα πρέπει να αποτυπώνονται με τρόπο σαφή.
- η ομαδική γνώση για το σύστημα, είτε να είναι αποτυπωμένη, είτε να μπορεί εύκολα να ανταλλαγεί.

Όταν ο διαμεσολαβητής υποστηρίζει τις προαναφερθείσες απαιτήσεις, επιτρέπει στους χειριστές να παρακολουθούν και να προβλέπουν τη συμπεριφορά των επιμέρους τεχνολογικών συστημάτων, και να αλληλεπιδρούν επιτυχώς μαζί τους.

3.2 Οικολογική Προσέγγιση στο σχεδιασμό διαμεσολαβητών

Η συμβατική προσέγγιση στο σχεδιασμό διαμεσολαβητών υιοθετεί την απεικόνιση της κατάστασης των εποπτευόμενων παραμέτρων λειτουργίας κάθε στοιχείου, ως ανεξάρτητων τιμών, σύμφωνα με την αρχιτεκτονική «ένας αισθητήρας – μία ένδειξη ή χειρισμός» (single sensor-single indicator) (Goodstein, 1981). Ο χειριστής οφείλει τότε να ενοποιήσει τις τιμές των παραμέτρων, ερμηνεύοντας τη λειτουργία του συστήματος, καθήκον που είναι νοητικά πολύ απαιτητικό, και σε κάποιες περιπτώσεις πολύ δύσκολο, ιδιαίτερα όταν εκτελείται κάτω από αυστηρούς χρονικούς περιορισμούς (Lintern, 2007). Επίσης, οι συμβατικές μέθοδοι σχεδιασμού διαμεσολαβητών, δεν υποστηρίζουν με τρόπο σαφή την επίλυση προβλημάτων κατά τη διάρκεια μη-οικείων γεγονότων (Lau, et al., 2008a).

Ο οικολογικός σχεδιασμός, αποτελεί μία εναλλακτική προσέγγιση στο σχεδιασμό, και παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τους Rasmussen και Vicente (1989). Ο οικολογικός σχεδιασμός διαμεσολαβητών ενοποιεί πτυχές της θεωρίας οικολογικής ψυχολογίας (ecological psychology theory) (Gibson, 1966, 1979) και της γνωσιακής μηχανικής (cognitive engineering)

(Rasmussen, 1986). Ο όρος «οικολογικός» προέρχεται τη σχολή της οικολογικής ψυχολογίας (ecological psychology) που αναπτύχθηκε από τον Gibson (1979). Αυτό το πεδίο της ψυχολογίας εστιάζει στις σχέσεις ανθρώπου- περιβάλλοντος, και πιο συγκεκριμένα σε ό,τι αφορά την ανθρώπινη αντίληψη σε πραγματικά περιβάλλοντα, παρά σε εργαστηριακά. Η ιδέα που αντλεί από την Οικολογική Ψυχολογία ο Οικολογικός Σχεδιασμός Διαμεσολαβητών είναι ότι οι περιορισμοί του περιβάλλοντος εργασίας σε ένα σύνθετο σύστημα, αντικατοπτρίζονται αντιληπτικά μέσω ενός διαμεσολαβητή, και για το λόγο αυτό ο διαμεσολαβητής επηρεάζει την ανθρώπινη συμπεριφορά (Kwok, 2007).

Ο οικολογικός σχεδιασμός, αποτελεί μία προσθήκη στη διαδικασία σχεδιασμού πολύπλοκων συστημάτων. Στα πεδία αυτά, ακόμη και οι πιο έμπειροι χειριστές δεν αντιλαμβάνονται το σύνολο των σχέσεων που ελέγχουν τις πολύπλοκες διαδικασίες που αυτοί διαχειρίζονται μέσω των διαμεσολαβητών. Επιπλέον, οι χρήστες δεν είναι πάντα ενήμεροι για το σύνολο των περιορισμών που επηρεάζουν το σύστημα, και πολλές φορές η ανακάλυψη αυτών των περιορισμών μπορεί να απαιτεί ιδιαίτερη προσπάθεια και κόπο (Burns & Hajdukiewicz, 2004). Ένας οικολογικός διαμεσολαβητής φανερώνει στο χειριστή τη λειτουργία των υποκείμενων διαδικασιών του συστήματος, τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων καταστάσεων του συστήματος, και τους περιορισμούς που ισχύουν για τις ενέργειες ελέγχου.

Ο Οικολογικός σχεδιασμός στοχεύει στα να καταστήσει τους περιορισμούς και τις σύνθετες σχέσεις του περιβάλλοντος εργασίας, αντιληπτικά ευδιάκριτες στο χρήστη (μέσω της όρασης ή της ακοής). Έτσι, λιγότεροι νοητικοί πόροι θα είναι απαραίτητοι για να καθορίσει ο χειριστής, εάν τα στοιχεία στο περιβάλλον εργασίας λειτουργούν εντός των περιορισμών. Μία άμεση συνέπεια των προαναφερθέντων, είναι ότι περισσότεροι νοητικοί πόροι (προσοχή, ενεργός μνήμη, μνήμη μακράς διάρκειας) θα είναι διαθέσιμοι για υψηλότερου επιπέδου νοητικές διαδικασίες, όπως επίλυση προβλημάτων και λήψη αποφάσεων που είναι απαραίτητες σε κρίσιμες καταστάσεις (Wickens & Hollands, 2000).

Οι οικολογικοί διαμεσολαβητές στοχεύουν στην ανάπτυξη έγκυρων νοητικών μοντέλων, και υποστηρίζουν τους χρήστες στο να πραγματοποιούν διαγνώσεις, παρέχοντας τους την απαιτούμενη πληροφορία με τον πιο κατάλληλο τρόπο, χωρίς να διατυπώνουν γνώμη για τα αίτια ενός μη- αναμενόμενου συμβάντος (Chiasson et al., 2007). Ενώ μία οικολογική οθόνη- απεικόνιση παρέχει περισσότερη πληροφορία από ότι μία συμβατική οθόνη- απεικόνιση, δεν υπερφορτώνει το χειριστή γιατί η πληροφορία είναι ενοποιημένη σε διαφορετικά επίπεδα, και η απεικόνιση υποστηρίζει τη φυσική και συμβατή πλοήγηση, που επιτρέπει στους χειριστές να συγκλίνουν φυσικά στην πληροφορία που είναι σημαντική την τρέχουσα χρονική στιγμή.

Ο οικολογικός σχεδιασμός δεν αποτελεί έναν αναλυτικό «οδηγό σχεδιασμού διαμεσολαβητών», αλλά μία φιλοσοφία σχεδιασμού, η οποία στηρίζεται στην εξόρυξη των ορατών και μη- ορατών σχέσεων (φυσικές, τοπολογικές, λειτουργικές) που χαρακτηρίζουν τη λειτουργία του πεδίου και των αυτοματισμών, μέσω των οποίων γίνεται ο έλεγχος του, και στην απεικόνιση τους με τρόπο τέτοιο, ώστε να μπορεί ο κάθε χρήστης να δημιουργεί έγκυρα και αποτελεσματικά νοητικά μοντέλα, προκειμένου να διαχειρίζεται τόσο οικείες, όσο και μη-οικείες καταστάσεις για τις οποίες δεν έχει προηγούμενη εμπειρία.

Ο οικολογικός σχεδιασμός παρέχει μία ιδιαίτερη οπτική στη σχεδιαστική διαδικασία, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές μηχανικής γνωσιακών συστημάτων, για να ενδυναμώσει τους διαμεσολαβητές, και να αυξήσει την ανθρώπινη αξιοπιστία στις αλληλεπιδράσεις ανθρώπου-συστήματος.

3.3 Θεμελιώδη Εργαλεία Μοντελοποίησης

Ο οικολογικός σχεδιασμός εξειδικεύεται στη νοητική αλληλεπίδραση ανθρώπου – σύνθετου κοινωνικοτεχνικού συστήματος, και βασίζονται αρχικά- σε δύο κυρίως εργαλεία μοντελοποίησης της μηχανικής γνωσιακών συστημάτων: την «Ιεραρχική Αφαίρεση» (Abstraction Hierarchy) (Rasmussen, 1985), που μετεξελίχθηκε στους «Πίνακες Ιεραρχικής Αφαίρεσης – Διάσπασης» (Abstraction- Decomposition Matrix) (Rasmussen et al., 1994), και τη «Συμπεριφορά Βασισμένη σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις» (Skills-, Rules-, Knowledge- based taxonomy) (Rasmussen, 1983). Σε μελέτες οικολογικού σχεδιασμού, που αφορούν σε μικρής κλίμακας σχεδιασμούς, και εστιάζουν στην υποστήριξη μίας λειτουργίας ή ενός συγκεκριμένου τμήματος διαδικασίας του συνολικού συστήματος, τα δύο αυτά εργαλεία επαρκούν για την εξαγωγή απαιτήσεων και προδιαγραφών.

3.3.1 Ιεραρχική Αφαίρεση – Διάσπαση

Ο «Πίνακας Ιεραρχικής Αφαίρεσης – Διάσπασης» (Πίνακας ΙΑΔ) αποτελεί ένα εργαλείο μοντελοποίησης του πεδίου, που παρουσιάζει πώς είναι δομημένο το πεδίο σε ό,τι αφορά τα χαρακτηριστικά και τους στόχους λειτουργίας του, και απαντά στο ποια είναι η φύση του πεδίου, και ποια τα στοιχεία που το συνθέτουν. Ο Πίνακας αυτός αναπτύσσεται σε δύο διαστάσεις – τη διάσταση της αφαίρεσης (κάθετος άξονας) που αναφέρεται και ως ιεραρχική αφαίρεση, και τη διάσταση της διάσπασης (οριζόντιος άξονας) (Πίνακας 3.1).

		Άξονας Διάσπασης		
		Τομέας Α ή Σύστημα	Τομέας Β ή Υποσύστημα	Τομέας Γ ή Εξαρτήματα
Άξονας Αφαίρεσης	ΕΠΙΠΕΔΟ			
	Λειτουργικός Σκοπός			
	Αφηρημένη Λειτουργία			
	Γενική Λειτουργία			
	Φυσική Λειτουργία			
	Φυσική Μορφή			

Πίνακας 3.1 Πίνακας Ιεραρχικής Αφαίρεσης Διάσπασης

Οι περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την στοχευόμενη αλληλεπίδραση με ένα πολύπλοκο σύστημα, μπορούν να δομηθούν σε ένα ιεραρχικό μοντέλο, τα επίπεδα του οποίου βαίνουν από τα πιο αφηρημένα στοιχεία του συστήματος, προς τα πλέον συγκεκριμένα (Mesarovic et al 1970, Rasmussen et al., 1994, Vicente, 1999). Οι Vicente & Rasmussen (1992) διακρίνουν πέντε ιεραρχημένα επίπεδα περιορισμών, αναγκαία για τον έλεγχο ενός πολύπλοκου τεχνολογικού συστήματος, που είναι τα ακόλουθα:

- το *Επίπεδο Λειτουργικού Σκοπού* (Functional Purpose Level) περιγράφει τους στόχους και επιδιώξεις του συστήματος, και τους εξωτερικούς περιορισμούς στη λειτουργία του. Πολιτικές και στρατηγικές διαμορφώνονται σε αυτό το επίπεδο, σαν αφετηρία των επιδιώξεων που πρέπει να διοχετευτούν στα πιο κάτω επίπεδα, τα τμήματα, τις ομάδες και το προσωπικό. Επίσης, κυριαρχούν περιορισμοί που τίθενται από την νομοθεσία και τους κανόνες που σχετίζονται με οικονομικές λειτουργίες, τις συνθήκες εργασίας κλπ. Όταν πολλοί στόχοι είναι συμβατοί μεταξύ τους, τότε είναι δυνατόν να τους επιδιώκει κανείς ταυτόχρονα. Όταν δεν είναι συμβατοί, το επίπεδο προτεραιότητας που ισχύει για την συγκεκριμένη κατηγορία συνθηκών, καθορίζει ποιος θα πρέπει να αποτελέσει άμεση επιδίωξη.
- το *Επίπεδο Αφηρημένης/Θεωρητικής Λειτουργίας* (Abstract Function Level) καλύπτει τις θεωρητικές αρχές λειτουργίας και προτεραιότητες που έχουν άμεση σχέση με τη φύση και το αντικείμενο του κάθε πεδίου, καθώς και τα κριτήρια που ισχύουν στο σύστημα, για την κατανομή των πόρων του συστήματος και την αξιολόγηση της κατάστασης και της εξέλιξής του. Στο επίπεδο αυτό μπορεί να εντοπιστεί κανείς αναλογίες ή αντιστοιχίες που παρουσιάζει το πεδίο με άλλα πεδία.
- το *Επίπεδο Γενικής Λειτουργίας* (General Function Level) παρουσιάζει με γενικούς όρους τις λειτουργίες του συστήματος εργασίας που είναι απαραίτητες για να επιτύχει τους λειτουργικούς του στόχους, ανεξάρτητα από τα μέσα που θα χρησιμοποιηθούν.
- το *Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας* (Physical Function Level) περιγράφει τις λειτουργικές δυνατότητες και τους περιορισμούς των φυσικών αντικειμένων στο σύστημα εργασίας, που καθιστούν εκτελέσιμες τις γενικές λειτουργίες. Έτσι, στο επίπεδο αυτό περιλαμβάνονται περιγραφές των μέσων και του εξοπλισμού. Καθορίζονται τα χαρακτηριστικά και όρια λειτουργίας τους κάτω από διαφορετικές συνθήκες χρήσης. Καθώς επίσης, γίνεται και περιγραφή των τρόπων ή των μέσων με τα οποία μπορεί να ελέγξει κανείς την συμπεριφορά του εξοπλισμού.
- το *Επίπεδο Φυσικής Μορφής* (Physical Form Level) παρουσιάζει τα φυσικά αντικείμενα του συστήματος (τα εργαλεία, τον εξοπλισμό), με μία περιγραφή των υλικών χαρακτηριστικών τους, της φόρμας, και της θέσης τους.

Η κατανόηση του συστήματος αυξάνεται, καθώς διατρέχει κανείς τα διάφορα επίπεδα. Διατρέχοντας κανείς την ιεραρχία προς τα επάνω, κατανοεί καλύτερα τη σημασία του συστήματος σε σχέση με τους επιδιωκόμενους στόχους. Διατρέχοντας κανείς την ιεραρχία προς τα κάτω, αποκτά πιο εξειδικευμένη αντίληψη, για το πώς θα επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι στα πλαίσια της λειτουργίας του συστήματος.

Στην αναπαράσταση του πεδίου εργασίας, το περιεχόμενο του συστήματος εργασίας αναπτύσσεται στα διάφορα επίπεδα αφαίρεσης τα οποία παρουσιάζουν τους στόχους, τις απαιτήσεις, τις γενικές λειτουργίες, τις φυσικές διαδικασίες και δραστηριότητες, καθώς και τις υλικές πηγές. Κατά την διάρκεια της εργασίας, οι διάφοροι ενεργούντες πάνω στο σύστημα, παρατηρούν τις συνθήκες που επικρατούν, και λαμβάνουν αποφάσεις για ενέργειες που θα φέρουν την τρέχουσα κατάσταση σε αντιστοιχία με τους τρέχοντες στόχους, σε όλα τα επίπεδα της αναπαράστασης.

Το επίπεδο στο οποίο παρατηρεί ο εργαζόμενος το πεδίο κάθε χρονική στιγμή, καθορίζει το τι πρέπει να γίνει (what should be done). Ένα επίπεδο πιο επάνω καθορίζει το στόχο, γιατί (why) πρέπει να γίνει, και ένα επίπεδο πιο κάτω καθορίζει το πώς πρέπει να γίνει (how). Η αναγκαιότητα της λήψης απόφασης προκαλείται από τις πολλά προς πολλά σχέσεις (many to many mappings) μεταξύ στόχων και πηγών στα διάφορα επίπεδα. Σε μία πραγματική κατάσταση, η επιλογή καθοδηγείται από λειτουργικά κριτήρια του πεδίου, καθώς και από υποκειμενικά κριτήρια εκτέλεσης. Όλα τα δυνατά μονοπάτια θα πρέπει να αξιολογηθούν, καθώς κάποιος μελετά τις προς τα ανώτερα επίπεδα ενέργειες, όταν βρίσκεται σε κάποιο επίπεδο. Αντίστοιχα μία λειτουργία μπορεί να επηρεαστεί από τα διάφορα εναλλακτικά μέσα στο κατώτερο επίπεδο (how), ενώ μπορεί πολλές λειτουργίες να απαιτούν το ίδιο μέσο και έτσι να ανταγωνιστούν για την

χρήση του. Γενικά, επιλέγοντας μία πηγή για να εξυπηρετήσει κάποιος μία λειτουργία, μπορεί να επηρεάσει περισσότερους από έναν στόχους και περιορισμούς, καθώς οι ενέργειες έχουν συνήθως παράπλευρες συνέπειες επιπλέον από την εκπλήρωση του βασικού στόχου (Rasmussen et al., 1994).

Η διάσταση της Διάσπασης μπορεί να απεικονίζει το πεδίο μέσα από: α) διαφορετικές οπτικές θεώρησης, β) διαφορετικούς τομείς, γ) διαφορετικά δομικά επίπεδα λεπτομέρειας (Πίνακας 3.1).

Η διάσπαση σε διαφορετικές οπτικές θεώρησης του συστήματος ή τομείς του συστήματος π.χ. «Τομέας Α-Τομέας Β-Τομέας Γ», μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη, ειδικά στην ανάλυση πραγματικών συστημάτων μεγάλης κλίμακας. Για παράδειγμα, η διαφορετική οπτική που έχουν για ένα πεδίο, οι χειριστές στην αίθουσα ελέγχου του, και οι εργαζόμενοι σε εξωτερικά συνεργεία εκτέλεσης χειρισμών σε αυτό. Αντίστοιχα, η διαφορετική θεώρηση που έχουν οι εργαζόμενοι στον τομέα λειτουργίας ενός συστήματος, οι εργαζόμενοι στον τομέα συντήρησης του, και οι εργαζόμενοι στον τομέα πληροφορικής του συστήματος. Η θέαση του συστήματος μέσα από την οπτική διαφορετικών συμμετεχόντων σε αυτό (Points of view analysis), επιτρέπει τον εντοπισμό των περιορισμών ή στόχων μίας ομάδας συμμετεχόντων, που συγκρούονται με τους στόχους ή τους περιορισμούς μίας άλλης ομάδας συμμετεχόντων (Rasmussen et al., 1994, Burns & Vicente, 1995, Elliott et al., 2000, Holness et al., 2006, Hilliard & Jamieson, 2017).

Η παρουσίαση του πεδίου μέσα από διαφορετικά δομικά επίπεδα λεπτομέρειας π.χ. «Σύστημα-Υποσύστημα-Εξαρτήματα» γίνεται, παρουσιάζοντας αρχικά το συνολικό σύστημα, στο επόμενο επίπεδο διάσπασης περιγράφοντας κάθε υποσύστημα, και στο τρίτο επίπεδο διάσπασης παρουσιάζοντας τα εξαρτήματα/στοιχεία του συστήματος. Οι σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων διάσπασης, είναι σχέσεις μέρους-όλου, όπου τα υψηλότερα επίπεδα διάσπασης, συντίθενται από τα χαμηλότερα επίπεδα διάσπασης που περιγράφουν το μέρος. Ουσιαστικά, κάθε επίπεδο διάσπασης αποτελεί ένα μοντέλο του συστήματος, μέσα από ένα φακό θέασης με διαφορετικό βαθμό λεπτομέρειας (Vicente, 1999, Dinadis & Vicente, 1996).

Ανάλογα με το μοντέλο ανάλυσης που θα επιλέξει κανείς στον Άξονα της διάσπασης του «Πίνακα Ιεραρχικής Αφαίρεσης Διάσπασης», μπορεί να διερευνήσει διαφορετικές παραμέτρους της διάδρασης του ανθρώπου με το σύστημα εργασίας, όπως τεχνολογικές, κοινωνικές, πολιτισμικές, ακόμη και υποκειμενικές (Rasmussen et al., 1994, Burns and Vicente, 1995, Vicente, 1999, Naikar, 2008).

3.3.2 Συμπεριφορά Βασισμένη σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις

Το εργαλείο ταξινόμησης της «συμπεριφοράς βασισμένης σε επιτηδειότητες, κανόνες, και γνώσεις» (Skills-, Rules-, Knowledge- based taxonomy) αναπτύχθηκε από τον Rasmussen (1983), και περιγράφει τρεις διαφορετικούς τρόπους, με τους οποίους οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους (Vicente, 2002). Κάθε επίπεδο στην ταξινόμηση, ορίζει ένα διαφορετικό επίπεδο νοητικού ελέγχου, δηλαδή μια διαφορετική κατηγορία ανθρώπινης δράσης (Marmaras & Kontogiannis, 2001).

Η συμπεριφορά βασισμένη σε επιτηδειότητες (ΣΒΕ) αφορά στην άμεση σύζευξη με το ό,τι συμβαίνει σε πραγματικό χρόνο στο περιβάλλον. Η ΣΒΕ αποτελείται από ομαλές, αυτοματοποιημένες αλληλουχίες ενεργειών, οι οποίες εκτελούνται χωρίς συνειδητή προσοχή. Η ΣΒΕ αποτελεί μία συμπεριφορά που απαιτεί λίγο ή καθόλου συνειδητό έλεγχο για να εκτελεστεί μία ενέργεια, από τη στιγμή που έχει διαμορφωθεί η πρόθεση. Αυτή η συμπεριφορά είναι γνωστή και ως κιναισθητική συμπεριφορά. Η απόδοση είναι ομαλή, αυτοματοποιημένη, και αποτελείται από ενοποιημένα μοτίβα συμπεριφοράς (Vicente & Rasmussen, 1990). Η αυτοματοποίηση επιτρέπει στους χειριστές να ελευθερώνουν νοητικούς πόρους, οι οποίοι κατόπιν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υψηλότερου επιπέδου νοητικές διαδικασίες, όπως η επίλυση προβλημάτων (Wickens & Hollands, 2000).

Η συμπεριφορά βασισμένη σε κανόνες (ΣΒΚ) καθορίζεται από μία EAN-TOTE αντιστοίχιση μεταξύ οικείων αντιληπτικών νύξεων στο περιβάλλον, και κατάλληλων δράσεων/ενεργειών. Η ΣΒΚ καθοδηγείται μέσα από σχετικούς με τους στόχους περιορισμούς που υπάρχουν στο περιβάλλον, και εκφράζεται μέσα από αντιληπτικά θεμελιωμένους κανόνες. Η συμπεριφορά βασισμένη σε κανόνες χαρακτηρίζεται από τη χρήση κανόνων και διαδικασιών, προκειμένου να επιλέξει κανείς την κατάλληλη αλληλουχία ενεργειών σε μία οικεία κατάσταση (Vicente & Rasmussen, 1990). Οι κανόνες μπορεί να είναι ένα σύνολο οδηγιών που αποκτήθηκαν μέσα από την εμπειρία ή που δόθηκαν στους εργαζόμενους από τους επιβλέποντες τους ή από παλαιότερους χειριστές.

Η συμπεριφορά βασισμένη σε γνώσεις (ΣΒΓ) βασίζεται σε σεριακό αναλυτικό συλλογισμό, ο οποίος υποστηρίζεται από συμβολικές αναπαραστάσεις των σχετικών περιορισμών στο περιβάλλον. Αυτό που πρέπει να έχει κάποιος για να λειτουργήσει σωστά σε ΣΒΓ, είναι ένα έγκυρο νοητικό μοντέλο, δηλαδή μία έγκυρη εσωτερική απεικόνιση των σχεσιακών δομών του περιβάλλοντος (Vicente, 1999). Η ΣΒΓ είναι η λιγότερο αξιόπιστη και προβλέψιμη ασφαλής συμπεριφορά (Hale & Swuste, 1998), καθώς υιοθετείται από τους ανθρώπους όταν αντιμετωπίζουν μία κατάσταση που είναι καινούργια και μη-αναμενόμενη. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι εργαζόμενοι πρέπει να διαχειριστούν το σύστημα βασιζόμενοι στις γνώσεις τους για τις θεμελιώδεις αρχές και τους κανόνες λειτουργίας του, καθώς και στην τρέχουσα ανάλυση της κατάστασης του. Έτσι, όταν οι χειριστές λειτουργούν σε ΣΒΓ, ο νοητικός φόρτος είναι σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερος από τη βασισμένη σε κανόνες ή επιτηδειότητες συμπεριφορά.

Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζεται πώς τα εργαλεία αυτά, χρησιμοποιούνται μεμονωμένα ή και συνδυαστικά με άλλα εργαλεία, για το σχεδιασμό διαμεσολαβητών σε ποικίλα συστήματα εργασίας.

3.4 Μεθοδολογικό Πλαίσιο για μεγάλης κλίμακας συστήματα

Όταν ο οικολογικός σχεδιασμός στοχεύει στην υποστήριξη μεγάλης κλίμακας συστήματος, που λειτουργεί σε ένα σύνθετο κοινωνικό και τεχνολογικό πλαίσιο, τότε είναι σκόπιμη η υιοθέτηση του αναλυτικού μεθοδολογικού πλαισίου της Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας (Cognitive Work Analysis). Η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας υιοθετεί την οικολογική προσέγγιση στην ανάλυση συστημάτων, δίνοντας προτεραιότητα στους περιβαλλοντικούς περιορισμούς που η φυσική ή κοινωνική πραγματικότητα, έξω από τα άτομα ή το σύστημα του υπολογιστή, θέτει στη δυναμική, υποκινούμενη από τους στόχους δράση (Rasmussen et al., 1994, Vicente, 1999, Vicente, 2002, Jenkins et al., 2012). Οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί διαμορφώνουν τις απαιτήσεις εργασίας, που προέρχονται από το πλαίσιο μέσα στο οποίο δραστηριοποιούνται οι εργαζόμενοι. Η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας δεν αγνοεί τη σημασία των νοητικών παραμέτρων στο σχεδιασμό, αλλά τις ενσωματώνει στο σχεδιασμό αφού πρώτα αναλυθεί το εξωτερικό περιβάλλον (Cumplings & Guerlain, 2003).

Η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας προτείνει μία πολλαπλών σταδίων ανάλυση (ανάλυση του πεδίου εργασίας, ανάλυση καθηκόντων ελέγχου, ανάλυση στρατηγικών, κοινωνική-οργανωτική ανάλυση, και ανάλυση ικανοτήτων των εργαζομένων) για την εξαγωγή απαιτήσεων και προδιαγραφών σχεδιασμού. Τα προτεινόμενα από την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας στάδια λειτουργούν τόσο αυτόνομα, όσο και συνδυαστικά. Έτσι, ανάλογα με τις απαιτήσεις του σχεδιαστικού προβλήματος, τη φύση του πεδίου και την κλίμακα σχεδιασμού, μπορούν να εφαρμοστούν ένα ή περισσότερα στάδια (Lintern, 2013, McIlroy & Stanton, 2015, Read, 2015). Για την εξαγωγή σχεδιαστικής γνώσης από κάθε επιμέρους στάδιο, διαπιστώνεται η χρήση διαφόρων εργαλείων σε μελέτες που έχουν γίνει σε ποικίλα πεδία.

Ανάλυση του Πεδίου Εργασίας (Work Domain Analysis)

Στο στάδιο αυτό αποτυπώνονται οι δυνατότητες και οι περιορισμοί (affordances and constraints) που ισχύουν στο μελετούμενο πεδίο εργασίας. Το βασικό εργαλείο που χρησιμοποιεί η Ανάλυση του Πεδίου Εργασίας, είναι ο «Πίνακας Ιεραρχικής Αφαίρεσης Διάσπασης» (§3.3.1) που αποτελεί ένα πολυεπίπεδο εργαλείο παρουσίασης γνώσης, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρουσιαστούν με συνεπή τρόπο οι φυσικές, λειτουργικές, δομικές και τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των στοιχείων του πεδίου εργασίας (Rasmussen, 1985, Naikar et al., 2005, Naikar, 2013)· επίσης, χρησιμοποιείται για να εντοπιστούν οι περιορισμοί που αναδύονται από τις σχέσεις αυτές, και είναι αυτοί που καθορίζουν τις δυνατότητες/περιθώρια δράσης στο πεδίο.

Ο «Πίνακας Ιεραρχικής Αφαίρεσης Διάσπασης» αποτελεί ένα «τέχνημα σχεδιασμού» (a design artifact), καθώς οργανώνει την πληροφορία για το πεδίο με τρόπο τέτοιο, που μπορεί να υποστηρίξει το σχεδιασμό, βοηθώντας στον καθορισμό σχεδιαστικών απαιτήσεων για το πεδίο (Mesarovic et al., 1970, Miller & Vicente, 2001, Burns et al., 2004, Lintern, 2009).

Ο «Πίνακας Ιεραρχικής Αφαίρεσης Διάσπασης» έχει εφαρμοστεί σε ποικίλα πεδία, με διαφορετική δομή, χαρακτηριστικά, αρχές και προτεραιότητες λειτουργίας, όπως: Πυρηνικά Εργοστάσια (Kwok, 2007), Αεροπλοΐα (Ahlstrom, 2005, Amelink et al., 2005, Borst et al., 2006), εφαρμογές αεροδιαστημικής (Baker et al., 2008), ιατρικό τομέα για την άσκηση ιατρικής πράξης (Hajdukiewicz et al., 1998, Miller, 2004, Ashoori and Burns, 2013) και τη διαχείριση ασθενοφόρων στα Κέντρα Αμέσου Βοήθειας (Hajdukiewicz et al., 1999), προγραμματισμό κατασκευής προϊόντων (Higgins, 1998), αξιολόγηση σχεδιαστικών προτάσεων (Naikar and Sanderson, 2001). Επίσης, έχει εφαρμοστεί σε πεδία με προθετικά χαρακτηριστικά, όπως: έλεγχος και διοίκηση στρατιωτικών διαδικασιών (Burns et al., 2000, Petersen and Neilsen, 2001, Burns et al., 2005, Jenkins et al., 2008, Van Dam, et al., 2008, Witt et al., 2009, Brady et al., 2013), έρευνα και διάσωση (Burke et al., 2004, Linegang et al., 2006), διαχείριση κινδύνων και κρίσεων (Rasmussen et al., 1985, Moray et al., 1992, Wong et al., 1998).

Ανάλυση των Καθηκόντων Ελέγχου (Task Analysis)

Μελετώντας κανείς τα διαφορετικά καθήκοντα ελέγχου που εκτελούνται στο πλαίσιο συγκεκριμένων συνθηκών λειτουργίας του πεδίου, καθώς και το πώς γίνεται ο χρονικός, λογικός και δομικός συντονισμός μεταξύ αυτών των καθηκόντων (Sanderson et al., 1999), αποκτά αναλυτική πληροφορία για τις δραστηριότητες που εκτελούνται στο πεδίο, την κατανομή τους στο χρόνο, τους στόχους που επιδιώκονται, και τον φυσικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση.

Η μελέτη καθηκόντων ελέγχου έχει υλοποιηθεί σε πολλά πεδία με ποικίλα εργαλεία (Sheridan and Verplanck 1978, Naikar et al., 2002, Crandall & Hoffman, 2013). Η Σκάλα Αποφάσεων (Decision Ladder) αποτελεί ένα εργαλείο που προτείνεται από τον Vicente (1999) και έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση σε πεδία με διαφορετικά χαρακτηριστικά (Rasmussen, 1976, Higgins, 1998, Chalmers et al., 2002, Ahlstrom, 2005, Ly et al., 2006, Lamoureux et al., 2006, Naikar et al., 2006, Jenkins et al., 2010, Ashoori and Burns, 2013). Στη βιβλιογραφία, υπάρχουν επίσης μελέτες που συγκρίνουν διαφορετικά εργαλεία ανάλυσης καθηκόντων, σε μία προσπάθεια εντοπισμού του καταλληλότερου για το εκάστοτε πεδίο-πρόβλημα σχεδιασμού (Burns & Vicente, 2001, Miller & Vicente, 2001, Hassall et al., 2010, Salmon et al., 2010).

Ανάλυση στρατηγικών (Strategies Analysis)

Στα σύνθετα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα, οι ενεργούντες έχουν συνήθως πολλούς βαθμούς ελευθερίας κατά τη δράση τους, μπορούν δηλαδή να εκτελέσουν ένα καθήκον με περισσότερους από έναν τρόπους. Οι πλεονάζοντες αυτοί βαθμοί ελευθερίας παρέχουν τη δυνατότητα εκτέλεσης ενός καθήκοντος με ποιοτικά διαφορετικές στρατηγικές (Kieras & Meyer, 2000). Η ανάλυση των στρατηγικών είναι απαραίτητη προκειμένου να αναγνωρίσει κανείς τους μηχανισμούς, που δημιουργούν τις πρακτικές εργασίες που έχουν αναδυθεί ιστορικά στην κουλτούρα κάθε τομέα εφαρμογής, και να τις υποστηρίξει κατάλληλα μέσω του σχεδιασμού (Wilson et al., 2005, Lintern, 2009, Hilliard & Jamieson, 2017).

Η επιλογή του κατάλληλου εργαλείου εντοπισμού και ανάλυσης των στρατηγικών εξαρτάται από τη φύση του πεδίου και τον ευρύτερο στόχο της πραγματοποιούμενης ανάλυσης. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται συνήθως για την ανάλυση στρατηγικών είναι: α) Οι Χάρτες Ροής Πληροφορίας (Information flow maps) που υιοθετήθηκαν από τον Rasmussen (Rasmussen, 1980, 1981) για να περιγράψει τις κατηγορίες νοητικών διαδικασιών που συνθέτουν τις στρατηγικές. Οι χάρτες ροής πληροφορίας απεικονίζουν τις συνδέσεις μεταξύ των πιθανών στρατηγικών που μπορεί να χρησιμοποιήσει ένας χειριστής σε ένα πεδίο, προκειμένου να επιτύχει τους στόχους του στο πεδίο. Κάθε χάρτης απεικονίζει την απόφαση που πρέπει να ληφθεί, τις διαθέσιμες εναλλακτικές, και το πιθανό αποτέλεσμα. β) Τα διαγράμματα ροής (flow diagrams) και οι σκάλες Αποφάσεων (decision ladder) έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση και τον εντοπισμό αποτελεσματικών στρατηγικών (Jenkins et al., 2007, Hassall et al., 2010). Τα διαγράμματα ροής αποτελούν έναν απλό αλλά αποτελεσματικό τρόπο αποτύπωσης των διαφορετικών τρόπων που μπορεί να πραγματοποιηθεί μία δραστηριότητα, από την υλοποίηση απλών ενεργειών μέχρι την εκτέλεση πιο σύνθετων ενεργειών που απαιτούν υπολογιστικό φόρτο. Οι σκάλες Αποφάσεων χρησιμοποιούνται και για την ανάλυση στρατηγικών, με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση καθηκόντων ελέγχου. Στην πρόσφατη βιβλιογραφία, προτείνεται η χρήση και νέων εργαλείων, όπως το Διάγραμμα Ανάλυσης Στρατηγικών (strategies analysis diagram) που στηρίζεται στις «Εάν-Τότε» υποθέσεις που επηρεάζουν την επιλογή στρατηγικών (Cornelissen et al., 2013), και ο τρισδιάστατος Κύβος Στρατηγικών (Strategies cube) που αποτυπώνει τη σχέση μεταξύ των γενικών περιορισμών και των επιμέρους κατηγοριών στρατηγικών (Hassall and Sanderson, 2014).

Κοινωνική- Οργανωτική Ανάλυση (Social-Organizational Analysis)

Σε αυτή τη φάση ανάλυσης διαπιστώνεται πώς η εργασία μπορεί να κατανεμηθεί μεταξύ των ατόμων, και πώς τα άτομα αυτά λειτουργούν ως ομάδα με κοινούς στόχους, πώς επικοινωνούν και πώς συνεργάζονται μεταξύ τους.

Οι οργανωτικοί παράγοντες έχουν διεισδυτικό ρόλο στα σύνθετα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα, αφού επηρεάζουν τις περισσότερες παραμέτρους λειτουργίας των συστημάτων (π.χ. Perrow, 1984, Reason, 1990, Levenson, 1995). Η κοινωνική οργάνωση και οι συνεργασίες που αναπτύσσονται σε ένα πεδίο έχουν δύο σημαντικές πτυχές, το περιεχόμενο και τη μορφή/σχήμα. Το περιεχόμενο αφορά στην πληροφορία που ανταλλάσσεται. Η μορφή της συνεργασίας καθορίζεται από την κοινωνική οργάνωση, δηλαδή από τον τρόπο ανταλλαγής της πληροφορίας (π.χ. ποιον, πότε και πώς πρέπει να ενημερώσει κάποιος, ποιον πρέπει να συμβουλευτεί κανείς πριν λάβει μία απόφαση, ποιος είναι υπεύθυνος για την τελική λήψη μίας απόφασης). Ανάλογα με την μορφή κοινωνικής οργάνωσης που επικρατεί σε ένα σύστημα εργασίας, την ίδια πληροφορία μπορεί να την επικοινωνήσει κάποιος ως ένα ουδέτερο γεγονός, ως συμβουλή, ως οδηγία ή ως εντολή. Για το λόγο αυτό, η κοινωνική οργάνωση επηρεάζει τον τρόπο σχεδιασμού των πληροφοριακών συστημάτων.

Στη βιβλιογραφία συναντά κανείς περιορισμένο αριθμό αναλυτικών μελετών Κοινωνικής-Οργανωτικής Ανάλυσης (π.χ. Artman, 1999, Jenkins et al., 2008). Βασικά εργαλεία ανάλυσης για το στάδιο αυτό αποτελούν (Wilson et al., 2005): α) η καταγραφή των αρμόδιων κοινωνικών ομάδων (Relevant social groups) και β) η ανάπτυξη ενός χάρτη ροής της επικοινωνίας (Communication flow map).

Στην καταγραφή των αρμόδιων κοινωνικών ομάδων, προσδιορίζονται τα μονοπάτια της επικοινωνίας και αποκαλύπτεται η δομή της οργάνωσης. Σε κάθε περίπτωση περιλαμβάνονται ομάδες που εμπλέκονται άμεσα στη δομή της επικοινωνίας, ενώ καθορίζεται η θέση τους στην αλυσίδα επικοινωνίας και λήψης - εκπομπής οδηγιών. Συνήθως, η πληροφορία για τη δημιουργία αυτών των διαγραμμάτων συλλέγεται μέσω παρατηρήσεων ή συνεντεύξεων με τους ειδικούς, καθώς η επίσημη αποτύπωση του οργανογράμματος μπορεί να μην ισχύει πια ή τα όσα συμβαίνουν στην πράξη να διαφέρουν από την επίσημη αποτύπωση τους, ιδιαίτερα σε πεδία που παρουσιάζουν και προθετικά χαρακτηριστικά.

Ο χάρτης ροής της επικοινωνίας δείχνει τη σειρά και την ιεραρχία μέσω της οποίας μεταφέρεται η πληροφορία. Δείχνει τη ροή της επικοινωνίας, από την πηγή προς αυτούς που την χρειάζονται. Τύποι και μέθοδοι επικοινωνίας μπορούν να αποτυπωθούν γραφικά, συνδέοντας με διαφορετικό σχήμα δύο ομάδες που επικοινωνούν μεταξύ τους.

Ανάλυση Ικανοτήτων των Εργαζομένων (Worker Competencies Analysis)

Στο στάδιο αυτό, προσδιορίζονται οι ικανότητες που είναι απαραίτητες για να λειτουργήσει κάποιος αποτελεσματικά στο συγκεκριμένο πεδίο. Η Ανάλυση Ικανοτήτων των Εργαζομένων βοηθάει στο να προσδιοριστεί πώς οι απαιτήσεις που θέτει το πεδίο, μπορούν να ικανοποιηθούν, αλλά με τρόπο σύμφωνο με τα ανθρώπινα όρια και τις ανθρώπινες ικανότητες. Η Ανάλυση Ικανοτήτων των Εργαζομένων προσθέτει απαιτήσεις σε ό,τι αφορά τις δυνατότητες και τους περιορισμούς της ανθρώπινης νόησης, ενοποιώντας τους με απαιτήσεις από προηγούμενα στάδια της ανάλυσης, προκειμένου να διαμορφωθούν οι τελικές απαιτήσεις για το σχεδιασμό.

Η τελευταία αυτή φάση ανάλυσης είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιπτώσεις σχεδιασμού διαμεσολαβητών, αφού σχεδιαστικές προσπάθειες που δεν την λαμβάνουν υπόψη παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα στη νοητική υποστήριξη των εργαζομένων (McIlroy and Stanton, 2015).

Το εργαλείο ταξινόμησης της «συμπεριφοράς βασισμένης σε επιτηδειότητες, κανόνες και γνώσεις» (§3.3.2), αξιοποιεί την υπάρχουσα γνώση για την ανθρώπινη νόηση, υποστηρίζοντας τον καθορισμό απαιτήσεων/προδιαγραφών για το σχεδιασμό συστημάτων. Έχει εφαρμοσθεί σε ποικίλα πεδία (π.χ. Besnard and Greathhead, 2003, Wentink et al., 2003, Dankelman et al., 2004, Van den Bogaard and Swuste, 2006, Holness et al., 2006, Malloch et al., 2006, Marcus, 2006, Lina et al., 2014) για να υποστηρίξει την μελέτη του νοητικού έργου, αλλά και το σχεδιασμό και την αξιολόγηση διαφόρων τεχνημάτων –υλικών και άυλων- όπως συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, προγράμματα εκπαίδευσης, κατανομή καθηκόντων, κανονισμούς ασφαλείας, και διαμεσολαβητές ανθρώπου–συστημάτων. Παρότι το εργαλείο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί, τόσο σε επίπεδο βασικής έρευνας, όσο και σε επίπεδο σχεδιασμού συστημάτων, παρατηρούνται συχνά παρανοήσεις σε ό,τι αφορά τη μορφή, το ρόλο του και τον τρόπο χρήσης του (Vicente, 1999, Borst et al., 2015).

Σε κάθε στάδιο της Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας, προκειμένου να ενισχυθεί η αξιοπιστία των εξαγόμενων απαιτήσεων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικά, θεωρητικά εργαλεία για την νόηση και τη δραστηριότητα (π.χ. Θεωρία Δραστηριότητας, Κατανεμημένης Γνώσης, Κείμενης Δράσης - Activity Theory, Distributed Cognition, Situated Action) που υιοθετούν μία πιο εστιασμένη οπτική για τις κοινωνικές, πολιτισμικές, οργανωτικές, και νοητικές πτυχές της εργασίας (Drivalou, 2008).

3.5 Σημασιολογική Αποτύπωση

Η μετατροπή των απαιτήσεων και προδιαγραφών που προκύπτουν από την ανάλυση, σε οργανωμένες δομές και φόρμες απεικόνισης πληροφορίας, αποτελεί τη διαδικασία Σημασιολογικής Αποτύπωσης (Semantic mapping) (Mitchell & Miller, 1986, Vicente & Rasmussen, 1990, Seidler & Wickens, 1992, Hunter et al., 1995, Dinadis & Vicente, 1996, Pedersen & Lind, 1999, Burns, 2000 a & b, Ham & Yoon, 2001, Liu et al., 2002, Linegang & Lintern, 2003, Burns et al., 2004, Burns & Hajdukiewicz, 2004, Bennett and Flach, 2011).

Στον Οικολογικό Σχεδιασμό Διαμεσολαβητών, ο «Πίνακας Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης» χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει κανείς το περιεχόμενο και τη δομή της πληροφορίας στο διαμεσολαβητή (Burns, 2000a, Jamieson & Vicente, 2001, Miller & Vicente, 2001, Burns et al., 2004, Ahlstrom, 2005, Ernst, 2006). Το εργαλείο «Ταξινόμησης της Συμπεριφοράς βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις», χρησιμοποιείται για να καθοδηγήσει το σχεδιασμό της οπτικής φόρμας (visual form), μέσα στην οποία παρουσιάζεται η πληροφορία στο διαμεσολαβητή. Παρότι η ταξινόμηση των τριών μοντέλων νοητικής συμπεριφοράς δίνει κάποιες κατευθύνσεις, οι λεπτομέρειες πρέπει να συμπληρωθούν από τους σχεδιαστές (Burns 2000, Jamieson & Vicente, 2001, Burns et al, 2004), καθώς το πλαίσιο του Οικολογικού Σχεδιασμού Διαμεσολαβητών, δεν παρέχει μία συστηματική μεθοδολογία μετάφρασης των προϊόντων της ανάλυσης σε οπτική φόρμα. Οι Beevis et al. (1998) και Dinadis and Vicente (1996), αναφέρουν ότι ο οικολογικός σχεδιασμός πρέπει να ενοποιηθεί με άλλες αρχές σχεδιασμού -πιο συγκεκριμένες- οι οποίες θα βοηθήσουν στη μετάφραση των λειτουργικών απαιτήσεων και προδιαγραφών, οδηγώντας στη διαμόρφωση ενός διαμεσολαβητή που υποστηρίζει κατάλληλα τους χειριστές στα καθήκοντα τους. Οι αρχές αυτές πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του σχεδιαστικού προβλήματος, και να χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τις κατευθύνσεις της Μηχανικής Γνωσιακών συστημάτων (Militello et al., 2010). Η ανάγκη συστηματοποίησης της διαδικασίας Σημασιολογικής Αποτύπωσης, που είχε επισημανθεί από τους Reising & Sanderson (1998, 2002), αποτελεί ακόμη ζητούμενο στα ποικίλα πεδία εφαρμογής (McIlroy and Stanton, 2015).

3.6 Φορμαλισμοί Απεικόνισης Πληροφορίας

Η φύση και η ροή της πληροφορίας επηρεάζει την πολυπλοκότητα που παρουσιάζει ένα σύστημα. Τα συστήματα λειτουργούν σε πολλά επίπεδα και παρουσιάζουν πολύπλοκες συμπεριφορές σε όλα αυτά τα επίπεδα (Rouse, 2003). Η αντιληπτή πολυπλοκότητα (Perceived complexity) ενός συστήματος είναι διαφορετική από την φαινόμενη πολυπλοκότητα (apparent complexity). Η φαινόμενη πολυπλοκότητα μπορεί να μειωθεί με την εκπαίδευση. Η αντιληπτή πολυπλοκότητα μπορεί να μειωθεί μέσω της αποτελεσματικής οργάνωσης της πληροφορίας, και μέσω της επιλογής κατάλληλης φόρμας απεικόνισης της (Kosara et al., 2001, Liu et al., 2004). Σύμφωνα με τον Οικολογικό Σχεδιασμό, η πολυπλοκότητα ενός συστήματος μπορεί να καταστεί διαχειρίσιμη με:

- την τμηματική απεικόνιση του συστήματος σε διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας, με τρόπο όμως που να δημιουργεί στο χρήστη μία ενιαία αντίληψη για το σύστημα, μέσα από απεικονίσεις που παρουσιάζουν χωρική και χρονική συνέχεια, και υποστηρίζουν την ενοποίηση και τον διαχωρισμό των πληροφοριών από πλευράς χειριστή.
- την παροχή πληροφορίας, τόσο για τη φυσική μορφή και τις συνδέσεις των στοιχείων του συστήματος, όσο και για αρχές που διέπουν τη λειτουργία του συστήματος, τις προτεραιότητες, και τους στόχους του συστήματος.

Οι Πίνακες Ιεραρχικής Αφαίρεσης Διάσπασης (§3.3.1) παρουσιάζουν το πεδίο σε πολλά επίπεδα (Πίνακας 3.1), και έτσι μπορεί να μεταφέρει κανείς το πρόβλημα στο επίπεδο λεπτομέρειας που απαιτείται. Με τη βοήθεια των Πινάκων αυτών, αποτυπώνονται με συστηματικό τρόπο οι λειτουργίες και οι περιορισμοί που διαμορφώνουν τις κατευθυνόμενες από τους στόχους ενέργειες των εργαζομένων, μέσα στο περιβάλλον εργασίας (Rasmussen, 1985). Οι περιορισμοί και οι σχέσεις μέσων-στόχων πρέπει να απεικονίζονται στις οθόνες, με τρόπο που αξιοποιεί την ικανότητα των ανθρώπων να αντιλαμβάνονται άμεσα και να ενεργούν σύμφωνα με τις παροχές του περιβάλλοντος (Gibson, 1979).

Σύμφωνα με τον Οικολογικό Σχεδιασμό Διαμεσολαβητών (Rasmussen, 1983) η πληροφορία πρέπει να απεικονίζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να ενθαρρύνει τη βασισμένη σε Επιτηδειότητες και Κανόνες συμπεριφορά, ελευθερώνοντας νοητικούς πόρους, τους οποίους μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι εργαζόμενοι για την αντιμετώπιση καταστάσεων που απαιτούν βασισμένη σε γνώση συμπεριφορά. Η Βασισμένη σε γνώσεις συμπεριφορά υποστηρίζεται ενσωματώνοντας την Απεικόνιση Ιεραρχικής Αφαίρεσης του πεδίου πάνω στο διαμεσολαβητή, και προσφέροντας στους χειριστές μία εξωτερικευμένη απεικόνιση της δομής και της δυναμικής του πεδίου, που παρέχει υποστήριξη κατά τη διάρκεια νέων καταστάσεων (Jamieson & Vicente, 2001). Μέσω του οικολογικού σχεδιασμού, λειτουργίες και μηχανισμοί του συστήματος, που είναι «κρυμμένοι» από τους χειριστές στα παραδοσιακά αυτοματοποιημένα συστήματα, γίνονται τώρα πιο διάφανοι.

Το θερμοϋδραυλικό σύστημα ελέγχου διαδικασίας, το λεγόμενο «Σύστημα Προσομοίωσης Διπλού Ρεζερβουάρ» (dual reservoir system simulation - DURESS) πρωτοποποιήθηκε αρχικά από τον Vicente, για να παρουσιάσει και να αξιολογήσει σε συνεργασία με τον Rasmussen, το πλαίσιο του οικολογικού σχεδιασμού (Vicente & Rasmussen, 1990, 1992). Στην αρχική μελέτη, ο Vicente χρησιμοποίησε την Ιεραρχία Αφαίρεσης- Διάσπασης, για να εντοπίσει τους σχετικούς με το πεδίο εργασίας περιορισμούς, σε ένα μικρόκοσμο που προσομοίωνε ένα θερμοϋδραυλικό σύστημα ελέγχου διαδικασίας, που σχεδιάστηκε έτσι ώστε να είναι αντιπροσωπευτικό των βιομηχανικών συστημάτων ελέγχου διαδικασίας. Μία οθόνη που απεικόνιζε το Μιμικό Διάγραμμα της διαδικασίας, παρουσίαζε το μικρόκοσμο. Μία από τις θεμελιώδεις και καινοτόμες πτυχές του σχεδιασμού του Vicente, ήταν η αποτύπωση των περιορισμών του πεδίου (που είχαν εντοπιστεί κατά το στάδιο της ανάλυσης) πάνω στη γεωμετρία του διαμεσολαβητή, ως αντιληπτικά κυρίαρχα αντικείμενα.

Στο μικρόκοσμο DURESS (Vicente, 1992, Figures 1&2), το διάγραμμα κατάστασης του δικτύου αποτελεί μία απεικόνιση των σχέσεων μεταξύ των στοιχείων του συστήματος. Το σύστημα αποτελείται από δύο βαλβίδες ελέγχου –εισαγωγής (VA, VB), δύο αντλίες ελέγχου (PA, PB), ένα ρεζερβουάρ (R), βαλβίδα ελέγχου εξόδου (VO), Θερμαντήρα (H), ενδεικτικό θερμοκρασίας (T), τροφοδοσία ροής νερού (FWS), και τροφοδοσία εξόδου νερού (OWS). Ο στόχος λειτουργίας του συστήματος είναι να διατηρήσει τις επιθυμητές θερμοκρασίες ($DT_1 = 40\text{ }^\circ\text{C}$, $DT_2 = 20\text{ }^\circ\text{C}$) και τις επιθυμητές ροές ($DV_1 = 8\text{Kg/s}$, $DV_2 = 2\text{Kg/s}$), που εξέρχονται από τα δύο ρεζερβουάρ OWS1 και OWS2. Για να επιτύχει κάποιος αυτούς τους στόχους, θα πρέπει να ελέγξει δύο αντλίες (PA, PB), οκτώ βαλβίδες (VA, VA1, VA2, VB, VB1, VB2, VO1, VO2), και δύο θερμαντήρες (H1, H2). Ο αρχικός μικρόκοσμος DURESS εξελίχθηκε, και δημιουργήθηκε ο DURESS II (Christoffersen et al., 1994, Figures 1&2) προκειμένου να μελετηθεί το πόσο καλά υποστήριζαν τις μη-οικείες ή μη αναμενόμενες καταστάσεις, οι οικολογικά σχεδιασμένες οθόνες.

Οι τρόποι απεικόνισης πληροφορίας συνδέονται με τους τρόπους που οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται και επεξεργάζονται την πληροφορία, και η ερμηνεία τους επηρεάζεται από τις γνώσεις, την εμπειρία και το πολιτισμικό υπόβαθρο κάθε ανθρώπου. Ως προς την αντίληψη, ο Bertin (1981) διακρίνει δύο είδη απεικονίσεων: α) τις Εικόνες (Pictographs) που απαιτούν ένα επίπεδο αντίληψης, και β) τα Γραφικά (Graphics), τα οποία απαιτούν δύο στάδια αντίληψης: 1^ο) ποια είναι τα στοιχεία, και 2^ο) ποια η σχέση μεταξύ τους (π.χ. ένα διάγραμμα ράβδου).

Ως προς τον τρόπο αναφοράς-μεταφοράς πληροφορίας, οι Hunter et al. (1995), διακρίνουν τρία είδη απεικονίσεων:

- α) Απεικονίσεις Ειδώλου (Iconic displays), οι οποίες μοιάζουν στο αντικείμενο το οποίο απεικονίζουν. Ανήκουν στην κατηγορία των Εικόνων (Pictographs) και χρειάζονται ένα στάδιο αντίληψης.
- β) Συμβολικές Απεικονίσεις (Propositional displays), που είναι αυθαίρετες και δεν μοιάζουν με αυτό που απεικονίζουν, και τα οποία επίσης ανήκουν στην κατηγορία των Εικόνων (Pictographs).
- γ) Αναλογικές απεικονίσεις (Analogical displays), οι οποίες έχουν τη δομή και τη συμπεριφορά αυτού που απεικονίζουν. Οι αναλογικές απεικονίσεις –σε πολλές περιπτώσεις- μετρούνται σε μία κλίμακα, και απεικονίζουν μία σχέση με Γραφικό (Graphics).

Και τα τρία αυτά είδη απεικονίσεων χρησιμοποιούνται στον Οικολογικό Διαμεσολαβητή DURESS II (Christoffersen et al., 1994). Για τις αντλίες, χρησιμοποιούνται εικονίδια που μοιάζουν με αντλίες (απεικονίσεις ειδώλου), ενώ υπάρχουν αλφαριθμητικές ετικέτες (συμβολικές απεικονίσεις) σε όλα τα στοιχεία. Χρησιμοποιούνται αναλογικές απεικονίσεις για να αποτυπωθούν οι ροές όγκου και θερμότητας, οι θερμοκρασίες ή η ενέργεια. Οι απεικονίσεις της μάζας είναι τόσο απεικονίσεις ειδώλου, όσο και αναλογικές. Με το σχήμα τους, μοιάζουν με μία δεξαμενή που γεμίζει με νερό. Οι απεικονίσεις της ενέργειας, μοιάζουν επίσης με μία δεξαμενή που γεμίζει με νερό, παρότι δεν είναι αυτό που απεικονίζουν. Έτσι, προκαλείται μία αρχική σύγχυση μέχρι ο χειριστής να μάθει ότι είναι μία απεικόνιση της ενέργειας. Η μαθηματική σχέση μεταξύ μάζας, ενέργειας, και θερμοκρασίας απεικονίζεται γραφικά. Αυτό επιτρέπει την αντίληψη των μεταξύ τους σχέσεων. Η δυναμική του γραφικού παρόλα αυτά, απαιτεί επεξήγηση και παρατήρηση στο χρόνο.

Σε ό,τι αφορά την πληροφορία που έχει προκύψει από τον Πίνακα Ιεραρχικής Αφαίρεσης διαπιστώνει κανείς ότι: α) Στο χαμηλότερο επίπεδο αφαίρεσης είναι χρήσιμο να χρησιμοποιεί κανείς απεικονίσεις ειδώλου, έτσι ώστε το σύστημα να απεικονίζεται όπως δείχνει, β) Οι περισσότερες από τις ποσοτικές πληροφορίες (πχ ροές, ισοζύγια) απεικονίζονται καλύτερα με αναλογικές απεικονίσεις, γ) Οι συμβολικές απεικονίσεις είναι χρήσιμες για την ετικετοποίηση των στοιχείων και των μεταβλητών, καθώς και για να παρέχουν τις ψηφιακές τιμές ως συμπλήρωμα των αναλογικών απεικονίσεων.

3.6.1 Διαχωρισμένα-Ενοποιημένα-Αναδυόμενα Χαρακτηριστικά

Τα χαρακτηριστικά και η φύση του πεδίου αποτελούν σημαντικό κριτήριο για την στρατηγική οπτικοποίησης της πληροφορίας που θα επιλέξει ένας σχεδιαστής. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφ.2-§2.3.1, ο Rasmussen και οι συνεργάτες του ανέπτυξαν ένα φάσμα κατηγοριοποίησης των πεδίων, όπου στο ένα άκρο βρίσκονται πεδία στα οποία τα εκδηλωνόμενα περιστατικά αναδύονται από τη φυσική δομή και τη λειτουργία του συστήματος (έλεγχος διαδικασιών), ενώ στο άλλο άκρο του φάσματος, βρίσκονται τα βασισμένα σε προθέσεις πεδία, όπου τα περιστατικά που εκδηλώνονται, αναδύονται από τις προθέσεις, τους στόχους και τις ανάγκες των χρηστών (έλεγχος στρατιωτικών διαδικασιών). Σε όλα τα πεδία χρησιμοποιούνται γραφικές απεικονίσεις για να μεταφερθεί πληροφορία με τρόπο περιεκτικό, σαφή, και ακριβή, μέσα από συγκεκριμένες σχεσιακές δομές. Στα κατευθυνόμενα από κανόνες πεδία, χρησιμοποιούνται γεωμετρικές φόρμες για να αποτυπωθούν λειτουργικές αρχές που καθορίζονται από φυσικούς νόμους, π.χ. αρχή διατήρησης της ενέργειας, φυσικές διαδικασίες όπως οι ροές μάζας και ενέργειας (Vicente, 1991, Hunter et al., 1995, Pawklak & Vicente, 1996, Liu et al., 2002, Burns & Hajdukiewicz, 2004). Στα κατευθυνόμενα από προθέσεις πεδία, είναι σκόπιμο να αναπτύξει κανείς χωρικές μεταφορές που συσχετίζουν τις απαιτήσεις αλληλεπίδρασης με πιο οικείες έννοιες και δραστηριότητες (Pejtersen, 1992). Για πεδία που βρίσκονται σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο του φάσματος, και χαρακτηρίζονται από την παρουσία τόσο βασισμένων σε κανόνες περιορισμών, όσο και βασισμένων σε προθέσεις περιορισμών, αποτελεί απόφαση του σχεδιαστή το να επιλέξει τον κατάλληλο συνδυασμό οπτικών φορμών.

Οι οπτικές φόρμες που χρησιμοποιούνται, είναι σημαντικό να διευκολύνουν τις διαδικασίες αντίληψης και αναγνώρισης μοτίβων, προκειμένου να μην εμπλέκονται συνεχώς οι χειριστές στις νοητικά απαιτητικές διαδικασίες της ανάκλησης από τη μνήμη, της ενοποίησης, και της εξαγωγής συμπερασμάτων (Carswell & Wickens, 1987, Barnett & Wickens, 1988, Jones et al., 1990, Vicente & Rasmussen, 1990, Goettl et al., 1991, Bennett and Flach, 1992, Bennett et al., 1993, Bennett and Fritz, 2005, Bennett et al., 2006, Kwok, 2007). Στους οικολογικούς διαμεσολαβητές (π.χ. DURESS I, II) προκειμένου να υποστηρίζονται αποτελεσματικά οι νοητικές διαδικασίες των χρηστών, χρησιμοποιούνται απεικονίσεις που περιλαμβάνουν:

- Διαχωρισμένα χαρακτηριστικά (Separable features) που γίνονται αντιληπτά ανεξάρτητα.
- Ενοποιημένα χαρακτηριστικά (Integral features) που αλληλεπιδρούν δημιουργώντας μία ενιαία αντίληψη.
- Αναδυόμενα χαρακτηριστικά (Emergent features) που αποτελούν μία γενική ιδιότητα που συνδέει ένα σύνολο ανεξάρτητων μεταβλητών ή χαρακτηριστικών, και η οποία δεν είναι εμφανής, εάν αυτά τα χαρακτηριστικά παρουσιαστούν μεμονωμένα. Τα αναδυόμενα χαρακτηριστικά είναι σχεσιακά χαρακτηριστικά μίας απεικόνισης (π.χ. εγγύτητα, συμμετρία, συγγραμμικότητα, καμπυλότητα, παράλληλες καμπύλες, κορυφές), που αναδύονται όταν επιμέρους στοιχεία τοποθετούνται σε σχηματισμό.

Ο οικολογικός διαμεσολαβητής για ένα πολύπλοκο σύστημα, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να εξασφαλίζει την άμεση αντίληψη αναδυόμενων ιδιοτήτων, των στοιχείων που αντιστοιχούν στα υψηλά επίπεδα, και στοιχείων που αντιστοιχούν στα χαμηλά επίπεδα του Πίνακα Ιεραρχικής Αφαίρεσης του Rasmussen's (Flach & Vicente, 1989).

3.6.2 Αρχές οργάνωσης και μορφοποίησης πληροφορίας

Στους σύγχρονους διαμεσολαβητές, η απεικόνιση σε μία οθόνη του συνόλου της πληροφορίας που είναι σχετική με ένα καθήκον, σπάνια είναι εφικτή, λόγω των φυσικών περιορισμών που ισχύουν στις επιφάνειες διάδρασης των σύγχρονων διαμεσολαβητών. Ακόμη όμως και εάν είναι εφικτή, η απεικόνιση του συνόλου της πληροφορίας είναι αμφίβολης αποτελεσματικότητας, αφού προκαλεί πληροφοριακή υπερφόρτωση. Για το λόγο αυτό διαμορφώνονται επιμέρους περιοχές απεικόνισης (Οθόνες, παράθυρα, θεάσεις), και προσδιορίζεται ο τρόπος κατανομής της πληροφορίας σε αυτές, καθώς και οι σχέσεις που συνδέουν τις πληροφορίες μεταξύ τους, έτσι ώστε να υποστηρίζεται η ροή της εργασίας (Seidler & Wickens, 1992, Burns, 2000b). Αυτό επιτυγχάνεται με τη αξιοποίηση παραδοσιακών αρχών αντιληπτικής οργάνωσης πληροφορίας όπως η οπτική ώθηση (visual momentum) (Woods, 1984), και η Αρχή της Εγγύτητας-Συμβατότητας (Proximity Compatibility Principle) (Wickens & Carswell, 1995).

Η έννοια της «οπτικής ώθησης» περιγράφει την επίδραση που έχει η μετάβαση από τη μία σκηνή στην άλλη, στις νοητικές διαδικασίες του παρατηρητή, και στη δυνατότητα του να εξάγει σχετικές με το καθήκον πληροφορίες. Όσο περισσότερο υποστηρίζεται η «οπτική ώθηση» από την οθόνη, τόσο μικρότερος νοητικός φόρτος απαιτείται για να ενοποιηθεί κανείς μία νέα απεικόνιση στο πλαίσιο της προϋπάρχουσας συνολικής πληροφορίας.

Η «Αρχή της Εγγύτητας – Συμβατότητας» επισημαίνει ότι όση εγγύτητα/συνάφεια έχουν δύο πληροφορίες κατά την εκτέλεση νοητικών διαδικασιών των χρηστών, τόσο κοντά θα πρέπει να εμφανίζονται και στην οθόνη του διαμεσολαβητή. Αυτό αποτελεί έναν οδηγό, για το πώς θα δομηθεί κάποιος την πληροφορία μέσα σε ένα ευρύτερο πλαίσιο λειτουργιών, που έχει αναγνωρίσει στην ανάλυση του πεδίου εργασίας. Η Αρχή της Εγγύτητας – Συμβατότητας προτείνει ένα τρόπο για το πώς θα ελαχιστοποιηθεί η χωρική και χρονική απόσταση πληροφοριών, που πρέπει να ενοποιηθούν από τον χειριστή (Carswell & Wickens, 1988). Για παράδειγμα, το χρώμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διαχειριστεί κανείς ζητήματα εγγύτητας των οθονών, καθώς δύο ή περισσότερα στοιχεία μίας οθόνης μπορούν να συνδεθούν χωρικά με τη χρήση ενός κοινού σχήματος χρωματισμού ωφελώντας ιδιαίτερα, καθήκοντα που απαιτούν ενοποίηση πληροφορίας (Wickens and Andre, 1990).

Ανάλογα με το είδος της απεικόνισης, τη θέση μίας πληροφορίας, και το είδος των λοιπών πληροφοριών με τις οποίες πρέπει να συνδυαστεί, έχουν διαμορφωθεί κανόνες μορφοποίησης πληροφορίας (σχήμα, μέγεθος, κλίμακα, χρώμα, κωδικοποίηση/ονομασία). Ιδιαίτερα το χρώμα, το οποίο αποτελεί κυρίαρχο χαρακτηριστικό μίας απεικόνισης, χρησιμοποιείται με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους: α) για να αποτυπώσει στοιχεία με διαφορετικές ιδιότητες, β) προκειμένου να απομονώσει ή να τονίσει ένα στοιχείο, γ) για ταξινόμησης, δ) για να αποδώσει οπτικές παραμέτρους όπως το βάθος ή το ύψος (Levkowitz & Herman, 1992, Bergman et al., 1995, Healey, 1996, Ware, 2000, Sun & Overbye, 2004). Η χρωματική κωδικοποίηση βοηθάει στο να εντοπιστούν γρήγορα οι χειρότερες παραβιάσεις, επιτρέποντας στους χρήστες ενός διαμεσολαβητή, να αναγνωρίσουν και να ανταποκριθούν σε μία κρίσιμη κατάσταση, με ταχύτητα και ακρίβεια (Rich et al., 2001, Overbye, 2008). Παραδοσιακές χρωματικές κωδικοποιήσεις και συμβολισμοί, που έχουν καθιερωθεί για να απεικονίζουν μη-ομαλές συνθήκες (π.χ. κόκκινο για υπέρβαση ορίου), είναι σκόπιμο να μην χρησιμοποιούνται σε άλλα είδη πληροφορίας, για να ξεχωρίζουν (Moreno-Munoz et al., 2009).

Οι σχεδιαστικές αρχές, κανόνες, και οδηγίες στο χώρο της μηχανικής γνωσιακών συστημάτων αποτυπώνουν ευρήματα και γνώση, που έχουν προκύψει μέσα από την εμπειρία, και είναι σκόπιμο να αξιοποιούνται κατάλληλα στο πλαίσιο του οικολογικού σχεδιασμού. Σε πολλές περιπτώσεις όμως, η μορφοποίηση των απεικονιζόμενων οντοτήτων βασίζεται και σε δαισθητικούς συλλογισμούς του σχεδιαστή, και εμπεριέχει πάντα μία πτυχή προσαρμοσίμης τέχνης (Bennett and Flach, 2011).

3.7 Εφαρμογή και Επέκταση του πλαισίου

Ο πρώτος οικολογικός διαμεσολαβητής που αναπτύχθηκε, προσομοίωνε τον έλεγχο θερμοϋδραυλικού συστήματος στον μικρόκοσμο DURESS, και έχει λειτουργήσει ως πειραματική πλατφόρμα για πολλές εργαστηριακές μελέτες. Στα αρχικά εργαστηριακά πειράματα με στατικές οθόνες, ο Vicente (1991) διαπίστωσε ότι οι εμπλουτισμένες σύμφωνα με τον οικολογικό σχεδιασμό απεικονίσεις βελτίωναν την ικανότητα εντοπισμού σφαλμάτων, και την ικανότητα διάγνωσης των χρηστών. Σε μετέπειτα διαδραστικά πειράματα, διαπιστώθηκε επίσης, ότι και ο έλεγχος του συστήματος ήταν βελτιωμένος (Lin and Zhang, 2005, Hajdukiewicz and Vicente, 2004). Επειδή σημαντικός όγκος γνώσης για το πεδίο είχε μεταφερθεί στο διαμεσολαβητή, οι χρήστες βασιζόντουσαν λιγότερο στη μνήμη τους για να ανακαλέσουν και να υπολογίσουν θεμελιώδεις σχέσεις μεταξύ δεδομένων, ενώ είχαν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν τις ισχυρές αντιληπτικές τους ικανότητες, για να αναγνωρίσουν κρίσιμα συμβάντα και σχετικές με το στόχο σχέσεις.

Κατά την πειραματική αξιολόγηση του DURESS II οι Christoffersen et al. (1994) σύγκριναν μία μη-οικολογική, φυσική απεικόνιση (P-Physical) του μικρόκοσμου, με μία οικολογική φυσική και λειτουργική απεικόνιση (P+F-Physical+Functional). Γενικά, η διαγνωστική απόδοση των συμμετεχόντων για μία σειρά από καθήκοντα και συμβάντα, ήταν καλύτερη με την φυσική και λειτουργική απεικόνιση (P+F). Η βελτίωση αυτή αποδίδεται στα επιπλέον επίπεδα αφαίρεσης που περιλαμβάνονται στις Φυσικές και Λειτουργικές Οθόνες, και όχι στις διαφορές που υπάρχουν στις οπτικές φόρμες. Επιπλέον, πλεονεκτήματα φαίνεται ότι παρουσιάζουν οι διαμεσολαβητές P+F+T (Physical+Functional + Task-based) που λαμβάνουν υπόψιν και την σημαντική για διαφορετικά καθήκοντα πληροφορία (Jamieson, 2002). Τα αποτελέσματα αυτά παρείχαν εύφορο έδαφος για την περαιτέρω ανάπτυξη του Οικολογικού Σχεδιασμού Διαμεσολαβητών, και την διερεύνηση της συμβολής του και σε άλλες παραμέτρους της εργασίας όπως: η συμπεριφορά εποπτείας και ελέγχου (Pawlak & Vicente, 1996), το συνεργατικό έργο (Garabet & Burns, 2004), η ενημερότητα κατάστασης (Situation Awareness) (Kwok, 2007), οι επιπτώσεις του «θορύβου» των αισθητήρων (sensor noise) στην πληροφορία των οθονών (St-Cyr, 2013). Οι προαναφερθείσες μελέτες αξιολόγησης έχουν πραγματοποιηθεί με συμμετέχοντες: α) φοιτητές, με αντικείμενο σπουδών στο επιστημονικό πεδίο της αξιολογούμενης εφαρμογής, β) ειδικούς στο αντικείμενο του πεδίου (subject matter experts), που διαθέτουν εκτενή γνώση για το σύστημα και το περιβάλλον λειτουργίας του, αλλά όχι άμεση εμπειρία από τη διαχείριση του, γ) επαγγελματίες στο πεδίο (system experts), που έχουν άμεση εμπειρία για το σύστημα και το περιβάλλον λειτουργίας του.

Πέρα από το μικρόκοσμο DURESS, ο οικολογικός σχεδιασμός δοκιμάστηκε και στο μικρόκοσμο PASTEURIZER που δημιουργήθηκε από τους Reising and Sanderson (2002) για τον έλεγχο ενός συστήματος παστεριωτή. Και οι δύο μικρόκοσμοι (DURESS και PASTEURIZER) στόχευαν σε μία ελεγχόμενη πολυπλοκότητα, που να δείχνει την εφαρμοσιμότητα του Οικολογικού Σχεδιασμού Διαμεσολαβητών, και να παρέχει πειραματικό έλεγχο σε εργαστηριακές μελέτες. Όμως οι οικολογικοί διαμεσολαβητές για τους δύο μικρόκοσμούς, δεν είναι πλήρως αντιπροσωπευτικοί των βιομηχανικών διαδικασιών.

Μελέτες εφαρμογής του οικολογικού σχεδιασμού έχουν γίνει σε διάφορα πεδία ελέγχου διαδικασιών. Στον τομέα της πυρηνικής ενέργειας, οι Itoh et al. (1995) ανέπτυξαν και υλοποίησαν έναν διαμεσολαβητή για έναν πραγματικής κλίμακας προσομοιωτή. Δημιούργησαν μία Εποπτική Οθόνη που παρέχει πληροφορία για τα υψηλότερα επίπεδα Ιεραρχικής Αφαίρεσης, μη συμπεριλαμβάνοντας πληροφορία για τον εξοπλισμό και τα στοιχεία ελέγχου του συστήματος. Οι Yamaguchi and Tanabe (2000) ανέπτυξαν και υλοποίησαν έναν διαμεσολαβητή αντιπροσωπευτικό της βιομηχανικής πράξης σε ό,τι αφορά την κλίμακα και τη συνθετότητα. Ο σχεδιασμός όμως δεν περιγράφεται με επαρκή λεπτομέρεια, ώστε να λειτουργήσει ως ένας οδηγός αναφοράς για τους σχεδιαστές. Οι Ham and Woon (2001) ανέπτυξαν έναν διαμεσολαβητή, χωρίς να χρησιμοποιήσουν ενοποιημένες απεικονίσεις που έχουν τυποποιηθεί ως οπτικές φόρμες σε άλλους οικολογικούς διαμεσολαβητές. Αντίθετα, οι Kwok (2007) και Lau et al. (2008b) ανέπτυξαν για τα δευτερεύοντα συστήματα ενός πυρηνικού εργοστασίου, διαμεσολαβητή στον οποίο γίνεται χρήση ενοποιημένων απεικονίσεων σύμφωνα με τις αρχές του Οικολογικού Σχεδιασμού Διαμεσολαβητών. Στον τομέα παραγωγής ενέργειας, οι Dinadis and Vicente (1996) δημιούργησαν διαμεσολαβητή για ένα υποσύστημα μίας μονάδας, χωρίς έτσι να αποτυπώνεται η συνθετότητα και οι στόχοι λειτουργίας του συνολικού συστήματος. Η Burns (2000a,b) ανέπτυξε, υλοποίησε, και αξιολόγησε οικολογικές οθόνες, με τις περιγραφές του σχεδιασμού να δίνουν έμφαση κυρίως στις μεθόδους πλοήγησης και ενοποίησης της πληροφορίας. Στον τομέα πετροχημικών διαδικασιών, οι Jamieson and Vicente (2001) δημιούργησαν ένα μοντέλο, και μεταγενέστερα οι Jamieson et al. (2007) ανέπτυξαν έναν οικολογικό διαμεσολαβητή για μία εν λειτουργία μονάδα.

Πέρα από τον παραδοσιακό έλεγχο διαδικασιών, ο οικολογικός σχεδιασμός διαμεσολαβητών έχει εφαρμοσθεί σε ένα ευρύ φάσμα πεδίων όπως: αεροπλοΐα και διαχείριση πτητικών μέσων (Van Dam et al., 2008, Borst et al., 2006, Amelink et al., 2005, Nadimian & Burns, 2004, Ho & Burns, 2003, Hooley et al., 2001, Dinadis & Vicente, 1999, Beevis et al., 1998), διαχείριση δικτύων δεδομένων (Chiasson et al., 2007, Duez & Vicente, 2005, Burns et al., 2003, Kuo & Burns, 2000), διαχείριση ρομποτικών εφαρμογών για εντοπισμό και εποπτεία σε κρίσιμες συνθήκες (Furukawa, 2008, 2007, Ricks, 2004, Sawaragi et al., 2000), ιατρικές εφαρμογές (Watson & Sanderson, 2007, Watson et al., 2000, Hajdukiewicz et al., 1998), ακόμη και σε πεδία με πολύ ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όπως η στρατιωτική διοίκηση και έλεγχος (Bennett et al., 2008, Linegang et al., 2006, Cummings & Guerlain, 2003). Όπως είχε επισημάνει ο Vicente (2002) μέσα από τις εφαρμογές σε ποικίλα πεδία διαμορφώνεται σταδιακά ένας κορμός εμπειρικής έρευνας, που δείχνει επαναλαμβανόμενα τα προτερήματα στην απόδοση των οικολογικών διαμεσολαβητών.

Τα οφέλη από τον οικολογικό σχεδιασμό αυξάνονται, καθώς αυξάνεται η συνθετότητα του καθήκοντος. Η παρουσίαση λειτουργικής πληροφορίας με τεχνικές γραφικής ενοποίησης, μπορεί να οδηγήσει σε πιο ευσταθή απόδοση σε σύγκριση με τις παραδοσιακές τεχνικές απεικόνισης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η υψηλού επιπέδου λειτουργική πληροφορία παίζει σημαντικό ρόλο στην ευέλικτη λήψη αποφάσεων. Οι διαμεσολαβητές που σχεδιάζονται ακολουθώντας το πλαίσιο του Οικολογικού Σχεδιασμού, στοχεύουν στο να μειώσουν το νοητικό φόρτο κατά τη διάρκεια μη-οικείων ή μη αναμενόμενων περιστατικών, τα οποία αυξάνουν το στρες των εργαζομένων (Furukawa, 2007).

Ο οικολογικός σχεδιασμός, μπορεί να οδηγήσει και σε καλύτερη σύζευξη ανθρώπου-συστήματος ελέγχου-πεδίου, καθώς παρέχει τη δυνατότητα για αποτελεσματική αποτύπωση πάνω στο διαμεσολαβητή, του ρόλου και των χαρακτηριστικών λειτουργίας των αυτοματισμών, και διευκολύνει τη διάγνωση σφαλμάτων που συνδέονται με τη λειτουργία των αυτοματισμών (Sawyer et al, 1996, Ham and Woon, 2001, St-Cyr et al., 2013). Μέσω του οικολογικού σχεδιασμού, οι χειριστές διευκολύνονται στο να μάθουν να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά μη-παραδοσιακές γραφικές αναπαραστάσεις, στα καθήκοντα ελέγχου των πολύπλοκων συστημάτων.

Ο Οικολογικός Σχεδιασμός Διαμεσολαβητών υποστηρίζει την προσαρμογή των εργαζομένων, τη συνεχή μάθηση, και την κατανεμημένη συνεργατική εργασία (Vicente, 2002). Ο Οικολογικός Σχεδιασμός Διαμεσολαβητών ενδείκνυται για συστήματα που απαιτούν από τους χρήστες τους να γίνουν ειδικοί (Burns & Hajdukiewicz, 2004), μειώνοντας το χρονικό διάστημα μάθησης, και βοηθώντας τους να αποκτήσουν υψηλότερα επίπεδα επιτηδειοτήτων. Μέσω της αξιοποίησης των εργαλείων της «Ιεραρχικής Αφαίρεσης» και της «Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες και Γνώσεις Συμπεριφοράς», ο Οικολογικός Σχεδιασμός Διαμεσολαβητών βοηθά τους αρχάριους χρήστες να αποκτήσουν πιο γρήγορα εξελιγμένα νοητικά μοντέλα, τα οποία συνήθως απαιτούν χρόνια εμπειρίας και εκπαίδευσης για να αναπτυχθούν.

Στα πεδία που έχει δοκιμαστεί μέχρι πρόσφατα ο οικολογικός σχεδιασμός, συναντά κανείς εφαρμογές διαφορετικής κλίμακας και λεπτομέρειας, τόσο σε ό,τι αφορά την ανάλυση, όσο και το σχεδιασμό (McIlroy & Stanton, 2015). Παρότι σε κάποια πεδία έχουν γίνει προσπάθειες μεταφοράς των αποτελεσμάτων του πειραματικού σχεδιασμού στα πραγματικά περιβάλλοντα εργασίας, η εφαρμογή του οικολογικού σχεδιασμού σε πραγματικά προβλήματα βιομηχανικού σχεδιασμού παραμένει ακόμη μία πρόκληση, τόσο σε ό,τι αφορά την υλοποίηση, όσο και την αξιολόγηση.

ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

4.1 Αστοχίες και Κίνδυνοι σε Κρίσιμες Υποδομές

Οι βασικές υποδομές στις οποίες στηρίζεται η λειτουργία των σύγχρονων κοινωνιών είναι: τα δίκτυα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, οι υπηρεσίες τηλεπικοινωνιών (τηλεφωνία, διαδίκτυο, κλπ), τα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης, τα δίκτυα μεταφορών (επίγεια, εναέρια, θαλάσσια), τα δίκτυα παραγωγής και διανομής πετρελαίου και φυσικού αερίου, τα τραπεζικά και οικονομικά συστήματα, οι κρατικές υπηρεσίες ασφάλειας και διαχείρισης κρίσιμων καταστάσεων (Amin, 2000, Su & Yurcik, 2005).

Η λειτουργία των δικτύων βασικών υποδομών χαρακτηρίζεται από (Kroger, 2008): 1) Πολυπλοκότητα (π.χ. Φυσική, Οργανωτική, Ρυθμό αλλαγής), 2) Τρωτότητα (π.χ. εξωτερικές επιδράσεις, τεχνικές/ανθρώπινες αστοχίες-λάθη, τεχνολογικά χτυπήματα, τρομοκρατικός στόχος), 3) Περιβάλλον αγοράς (π.χ. βαθμός απελευθέρωσης της αγοράς, ανεπάρκεια ελέγχου, ρυθμός αλλαγής), 4) Εξάρτηση και Βαθμό Διασύνδεσης με άλλες υποδομές (π.χ. από υπηρεσίες πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών σε ό,τι αφορά τον έλεγχο τους). Πιο συγκεκριμένα, οι βασικές υποδομές παρουσιάζουν (Rinaldi et al. 2001, Tolone et al., 2004, Landstedt & Holmström, 2007): α) φυσική αλληλεξάρτηση (τα προϊόντα ή υπηρεσίες που παρέχει κάποια υποδομή, είναι απαραίτητες για να λειτουργήσει μία άλλη), β) διαδικτυακή αλληλεξάρτηση (η κατάσταση μίας υποδομής εξαρτάται από την πληροφορία που διακινείται μέσω των δικτύων πληροφορικής και τηλεπικοινωνίας), γ) γεωγραφική αλληλεξάρτηση (ένα τοπικό καιρικό φαινόμενο μπορεί να επιφέρει αλλαγές κατάστασης σε περισσότερες από μία υποδομές, σε δίκτυα που χρησιμοποιούν κοινές οδεύσεις διέλευσης, όπως δίκτυα αερίου, ηλεκτρικής ενέργειας, και τηλεπικοινωνιών), και δ) λογική αλληλεξάρτηση (π.χ. η επίδραση που έχει η διαθεσιμότητα πετρελαίου, στην τιμή παροχής του φυσικού αερίου και στα ποσά που επενδύονται για την ανάπτυξη δικτύων φυσικού αερίου). Πολλές από τις αλληλεξαρτήσεις αυτές είναι πολύ ισχυρές, χρονικά ευαίσθητες και θεμελιώδεις για τη λειτουργία των υποδομών.

Όλες οι υποδομές συνθέτουν ένα «σύστημα από συστήματα», στο οποίο οι αλληλεξαρτήσεις αυξάνουν τον κίνδυνο των αστοχιών και των διαταραχών. Πρόκειται συνήθως για: α) διαδοχικές αστοχίες, όπου η διαταραχή σε μία υποδομή μπορεί να προκαλέσει αστοχία σε στοιχείο μίας άλλης υποδομής, και αυτή με τη σειρά της να προκαλέσει αστοχία σε μία τρίτη υποδομή, κλπ. Έτσι, η αστοχία διαχέεται στις υποδομές, αποκαλύπτοντας κάποιες φορές και αλληλεξαρτήσεις μεταξύ υποδομών που ήταν φαινομενικά ανεξάρτητες, β) κλιμακούμενες αστοχίες, όπου μία διαταραχή σε μία υποδομή, επιδεινώνει μία υπάρχουσα ανεξάρτητη διαταραχή σε μία δεύτερη υποδομή, επηρεάζοντας κυρίως το χρόνο επαναφοράς ή αποκατάστασης, γ) αστοχίες κοινής αιτίας, όπου δύο ή περισσότερες υποδομές υφίστανται διαταραχή την ίδια στιγμή από κοινή αιτία.

Στις κρίσιμες υποδομές, ένας κίνδυνος που συνδέεται με ολόκληρο το σύστημα ή μεγάλα τμήματα αυτού, διακυβεύοντας τη λειτουργία, την απόδοση και την επίτευξη των κοινωνικών του στόχων, αποτελεί ένα συστημικό κίνδυνο. Οι Bartle & Laperrouza (2009) διακρίνουν τους κινδύνους σε: μακρο- συστημικούς (ένας ισχυρός κλονισμός έχει επίπτωση σε όλα τα μέρη του συστήματος), μικρο-συστημικούς (ένας κλονισμός έχει επίπτωση σε ένα ή σε μικρό αριθμό μερών του συστήματος) – άμεσους (η συστημική επίπτωση είναι αποτέλεσμα της φυσικής διασύνδεσης των στοιχείων του συστήματος) και έμμεσους (η συστημική επίπτωση είναι αποτέλεσμα της διάδρασης του ανθρώπου με στοιχεία του συστήματος). Οι συστημικοί κίνδυνοι μπορεί να αναδυθούν, όταν οι τεχνολογικές και οργανωτικές δομές ενός συστήματος καθιστούν πιθανή τη διάδοση των ανεπαρκειών και αστοχιών, όταν οι κανονισμοί λειτουργίας και η οργανωτική δομή επιτρέπουν την εκδήλωση επικίνδυνων συμπεριφορών, καθώς και όταν οι κανονισμοί λειτουργίας δεν παρακολουθούν την εξέλιξη της τεχνολογίας (Orwat, 2011).

Όλες οι βασικές υποδομές παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες: εμπλέκουν καταναεμημένα σύνθετα φυσικά δίκτυα, είναι οργανωμένες σύμφωνα με συστήματα αρχών και αξιών, είναι ενσωματωμένες στο κοινωνικο-πολιτικό-οικονομικό πλαίσιο, και υπόκεινται σε θεμελιώδεις αλλαγές και σε συνεχώς εξελισσόμενους παράγοντες που διαμορφώνουν κινδύνους. Οι υποδομές αυξάνονται συνεχώς σε μέγεθος, και χρησιμοποιούνται με τρόπους που δεν είχαν προβλεφθεί όταν γίνονταν ο αρχικός προγραμματισμός για τη δημιουργία τους. Η τρωτότητα των κρίσιμων υποδομών, ιδιαίτερα σε συγκεκριμένους κόμβους, οφείλεται στις διασυνδέσεις και τους συσχετισμούς που υπάρχουν μεταξύ των μερών του συστήματος (Hellström, 2007). Για την αντιμετώπιση των κινδύνων στις κρίσιμες υποδομές είναι σκόπιμο: α) να γίνεται ανάλυση των κινδύνων, και ανεξάρτητη ανάλυση των αστοχιών, β) να αναλύονται κρίσιμα συμβάντα, καθώς και περιπτώσεις σκοπούμενων βλαβών, γ) να γίνεται εντοπισμός των αδυναμιών του συστήματος, όπως σημεία που επιβαρύνουν τη λειτουργία σε κρίσιμες στιγμές (Cagno et al., 2008).

4.2 Σημασία των Ηλεκτρικών Δικτύων

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι το μεγαλύτερο τεχνητό σύστημα στη γη, και είναι συνδεδεμένο με πολλά άλλα δίκτυα, καθώς οι φυσικές υποδομές του σύγχρονου πολιτισμού βασίζονται στον ηλεκτρισμό. Το ηλεκτρικό σύστημα, αρχικά ξεκίνησε με χειροκίνητη λειτουργία από ανθρώπινους χειριστές, και σταδιακά εισήχθησαν νέες αυτοματοποιημένες

διαδικασίες, καθώς τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα άρχισαν να συνδέονται μεταξύ τους, και να δημιουργούν ένα ενοποιημένο ενιαίο σύστημα.

Σημαντική παράμετρο της λειτουργίας των ηλεκτρικών δικτύων, αποτελεί το γεγονός ότι η ηλεκτρική ενέργεια δεν αποθηκεύεται, με συνέπεια να πρέπει να διαχειριστεί κανείς μεγάλο όγκο πληροφορίας για τις μονάδες παραγωγής, μεταφοράς, και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, και πολλά στοιχεία του δικτύου να πρέπει να ελεγχθούν διαδραστικά (Kang & Park, 2010).

Τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, όπως και τα περισσότερα μεγάλης κλίμακας πολύπλοκα συστήματα, μεταβάλλονται συνεχώς, καθώς νέα στοιχεία και λειτουργίες προστίθενται στο σύστημα (νέοι υποσταθμοί, νέα τμήματα δικτύου), και μεταβάλλεται το ενεργειακό περιβάλλον, τόσο σε ό,τι αφορά τη ζήτηση, όσο και την παραγωγή και διάθεση της ενέργειας. Οι Bretthauer & Nelles (2001) αναφέρουν ότι τα δίκτυα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολυδιάστατα, παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα στο χρόνο, είναι μη-γραμμικά και στοχαστικά.

Ο Amin (2000a) αναφέρει ότι η επιστήμη των πολύπλοκων προσαρμοστικών συστημάτων συνδέεται άμεσα με την δυναμική και την ασφάλεια των διαδραστικών υποδομών όπως τα ηλεκτρικά δίκτυα, καθώς στα συστήματα αυτά, οι άνθρωποι αποτελούν τον πιο επιρρεπή παράγοντα στην αστοχία, αλλά ταυτόχρονα και τον πιο προσαρμοστικό στη διαχείριση της αποκατάστασης της.

Το ηλεκτρικό σύστημα παραγωγής, μεταφοράς, και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, συγκεντρώνει όλα τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν οι κρίσιμες υποδομές. Αποτελείται από δικτυωμένα συστήματα, τα οποία λειτουργούν συνεργατικά για να παράγουν συνεχή ροή υπηρεσιών στους πελάτες. Έχει σχεδιασθεί για να ικανοποιεί συγκεκριμένες κοινωνικές ανάγκες, αλλά λόγω της ισχυρής εξάρτησης που παρουσιάζουν οι άλλες βασικές υποδομές από την ηλεκτρική ενέργεια, επηρεάζει με ένα σύνθετο τρόπο, και σε διάφορα επίπεδα τη λειτουργία των υπόλοιπων βασικών υποδομών. Για παράδειγμα, η διακοπή ηλεκτροδότησης μπορεί να οδηγήσει σε διακοπή λειτουργίας των συστημάτων ύδρευσης, καθώς σε πολλές περιπτώσεις οι αντλίες των συστημάτων ύδρευσης λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα (Kroger, 2008).

Τα ηλεκτρικά δίκτυα εκτίθενται συνεχώς σε πολλαπλούς κινδύνους (τεχνικούς, ανθρώπινους, φυσικούς, σχετικούς με αυτοματισμούς, σχετικούς με το πλαίσιο λειτουργίας), κάποιιοι από τους οποίους είναι προβλέψιμοι, ενώ άλλοι είναι μη-αναμενόμενοι, και δεν υπάρχει προηγούμενη εμπειρία στην αντιμετώπιση τους. Επιπλέον, στην περίπτωση ενός μπλακάουτ μπορεί να υπάρξει τραυματισμός εργαζομένων στο δίκτυο, καταστροφή εξοπλισμού του δικτύου, αλλά και καταστροφή εγκαταστάσεων ή τραυματισμός πολιτών που βρίσκονται στην περιοχή εξέλιξης του συμβάντος. Συνεπώς, ένα συμβάν στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τη ζωή, τόσο των εργαζομένων σε αυτά, όσο και του κοινωνικού συνόλου (Apt et al, 2004b, Landstedt & Holmström, 2007).

Η λειτουργία των σύγχρονων ηλεκτρικών δικτύων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα δίκτυα τηλεπικοινωνίας, τα οποία υποστηρίζουν τη λειτουργία των Συστήμα Τηλεέγχου και Διαχείρισης Ενέργειας (ΣΤΗΔΕ), μέσω των οποίων γίνεται η διαχείριση της μεταφοράς και διανομής ενέργειας (Hoag, 2004). Διαταραχές λειτουργίας ή συμβάντα μπορεί να διαδοθούν εύκολα στα ηλεκτρικά δίκτυα, στα οποία ακόμη και μικρής διάρκειας διακοπές, μπορεί να έχουν σημαντικό οικονομικό κόστος. Μία άλλη σημαντική παράμετρο της λειτουργίας των ηλεκτρικών δικτύων, αποτελεί το γεγονός ότι - ιδιαίτερα τη σύγχρονη εποχή- δεν υπάρχει μοναδικός διαχειριστής των δικτύων, και το περιβάλλον λειτουργίας βασίζεται συχνά τοπικά, σε διαφορετικούς στόχους και διαφορετική λογική.

Η ενέργεια αποτελεί θεμελιώδες κοινωνικό αγαθό, και οι κοινωνίες παρουσιάζουν μεγάλη τρωτότητα στη διακοπή της συνεχούς παροχής. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η ανάλυση των κρίσιμων καταστάσεων και συμβάντων στα οποία εκτίθενται κατά καιρούς τα ηλεκτρικά δίκτυα, καθώς και η αντιμετώπιση των εντοπιζόμενων κινδύνων και αστοχιών, τόσο σε επίπεδο σχεδιασμού των δικτύων, όσο και σε επίπεδο διαχείρισης τους.

4.3 Διαταραχές Λειτουργίας

Η διακοπή της λειτουργίας μίας βασικής υποδομής μπορεί να έχει μεγάλο κοινωνικό αντίκτυπο και νομικές συνέπειες, γεγονός που δημιουργεί ιδιαίτερη πίεση για τους εργαζόμενους στα συστήματα αυτά. Η κρίσιμότητα της διακοπής λειτουργίας μίας υποδομής, αξιολογείται από την έκταση της γεωγραφικής περιοχής που επηρεάζεται, τη χρονική διάρκεια της διακοπής και το βαθμό των συνεπειών ή απωλειών. Οι συνέπειες όμως που έχουν οι μικρές ή εκτεταμένες διακοπές της λειτουργίας (μπλακάουτ) των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλα δίκτυα υποδομών, είναι πολύ σημαντικές, και για το λόγο αυτό πρέπει να γίνεται κάθε δυνατή ενέργεια, προκειμένου να διασφαλίζεται η αδιάκοπη παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι αιτίες που πυροδοτούν συνήθως ένα σημαντικό συμβάν στα ηλεκτρικά δίκτυα, κατατάσσονται κυρίως σε τέσσερις κατηγορίες: 1) υπερφορτίσεις, 2) αστοχίες, 3) εξωτερικοί παράγοντες, 4) άγνωστοι παράγοντες. Η αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί έναν παράγοντα που μπορεί να οδηγήσει σε μπλακάουτ και σε διαδοχικά γεγονότα, λόγω υπερφόρτισης του δικτύου. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει στο ευρωπαϊκό διασυνδεδεμένο δίκτυο (UCTE), οι εξωτερικοί και άγνωστοι παράγοντες αποτελούν το 95% των αιτιών που προκαλούν συμβάντα, ενώ σε υπερφορτίσεις οφείλεται μόλις το 3,5% των συμβάντων. Οι αριθμοί αυτοί φανερώνουν τις συνέπειες που έχουν, η ανεπαρκής διαχείριση, οι ενέργειες μη-έμπειρων χειριστών, και τα μη-σύγχρονα συστήματα εποπτείας (Rosas-Casals, 2010).

Τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, όπως όλες οι κρίσιμες υποδομές, καθώς εξελίσσεται το πλαίσιο λειτουργίας τους μέσα στο χρόνο, υπόκεινται σε θεμελιώδεις αλλαγές, και σε διαρκώς μεταβαλλόμενους παράγοντες που διαμορφώνουν

κινδύνους. Οι μηχανισμοί αντιμετώπισης και διαχείρισης των κινδύνων περιλαμβάνουν προφανείς τεχνικές λύσεις (π.χ. διόρθωση, αλλαγή εξοπλισμού, εφεδρικά συστήματα, συστήματα ασφαλείας του εξοπλισμού), ανθρώπινα εργαλεία (π.χ., εκπαίδευση, καλλιέργεια της γνώσης), αλλά και ποικίλα άλλα οργανωτικά και ρυθμιστικά μέτρα (π.χ. νομοθεσία, πολιτικές και διαδικασίες, πρότυπα-πιστοποιήσεις, κανόνες εργασίας, ομαδικές εκπαιδεύσεις). Στόχος όλων αυτών των μέτρων είναι να απομακρύνουν το ενδεχόμενο ενός σημαντικού συμβάντος, όπως ένα μπλακάουτ, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος.

Κομβικό ρόλο στην ασφαλή και αποτελεσματική διαχείριση ενός συστήματος όπως τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν οι εργαζόμενοι. Ο τρόπος που οι άνθρωποι διαχειρίζονται το σύστημα, εξαρτάται τόσο από ατομικούς παράγοντες (δεξιότητες, επίπεδο γνώσεων, εμπειρία, φυσική κατάσταση), όσο και από κοινωνικο-οργανωτικούς παράγοντες (καθήκοντα, ρόλος και ισχύς στην ιεραρχία αποφάσεων, κουλτούρα και πρακτικές εργασίας, κίνητρα απόδοσης, ωράρια εργασίας, επιβαλλόμενοι ρυθμοί εργασίας).

Στις βιομηχανικές χώρες, έχουν συμβεί αρκετά σημαντικά μπλακάουτ τα τελευταία 50 χρόνια. Παρότι οι κίνδυνοι που έχουν να κάνουν με αστοχίες στον ορθό τρόπο διαχείρισης/κατανομής των ενεργειακών πόρων, μειώνονται σημαντικά, έρχεται το ίδιο το περιβάλλον λειτουργίας (σεισμοί, τσουνάμι, τυφώνες, πυρηνικά ατυχήματα, εκρήξεις κοντά σε σταθμούς παραγωγής & μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας), να θέσει σε κίνδυνο τα δίκτυα. Γενικά, οι μεγάλης κλίμακας διακοπές ηλεκτροδότησης (μπλακάουτ) αποτελούν χαμηλής πιθανότητας γεγονότα, τα οποία όμως έχουν μεγάλο κόστος, και προκαλούν αναστάτωση τόσο στους καταναλωτές και την κοινωνία, όσο και στις εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν μελέτες (Kroger, 2008, Voropai, & Hammons, 2008a, Guttromson et al., 2007, Landstedt, & Holmström, 2007, Apt, et al., 2004a, Apt, et al., 2004b, Fink & Carlsen, 1978), στις οποίες γίνεται ανασκόπηση των πιο σημαντικών -από πλευράς έκτασης και συνεπειών- μπλακάουτ παγκοσμίως (Ελλάδα, Ιταλία, Σκανδιναβία και Νέα Υόρκη). Για πολλά από τα μπλακάουτ αυτά, γίνεται αναλυτική παρουσίαση του ιστορικού εξέλιξης των συμβάντων, καθώς και προσπάθεια διερεύνησης των αιτιών που οδήγησαν στο μπλακάουτ.

Διαδοχικές κρίσιμες καταστάσεις, δοκιμάζουν την επανατακτικότητα του συστήματος, δηλαδή την ικανότητα του συστήματος να ανταπεξέρχεται στις διαταραχές, και να εμποδίζει να γίνουν αυτές αντιληπτές από τους καταναλωτές. Δυσμενής εξέλιξη μίας κρίσιμης κατάστασης, μπορεί να συμβεί όταν το σύστημα βρίσκεται σε οριακή κατάσταση λειτουργίας, δηλαδή παρουσιάζει οριακές τιμές βασικών παραμέτρων λειτουργίας, ενώ ταυτόχρονα η ζήτηση ενέργειας από τους καταναλωτές παρουσιάζει μεγάλη αύξηση.

Μελετώντας κανείς τη βιβλιογραφία, διαπιστώνει ότι υπάρχουν χρονικές περιόδους που παρατηρούνται στατιστικά περισσότερα σημαντικά μπλακάουτ, όπως το διάστημα 2003-2005:

- Το 2003 συνέβησαν μπλακάουτ, στις 14 Αυγούστου στην Αμερική-Καναδά, στις 28 Αυγούστου στο Λονδίνο, στις 23 Σεπτεμβρίου στη Σκανδιναβία (Νότια Σουηδία – Δυτική Δανία), και στις 28 Σεπτεμβρίου στην Ιταλία. (U.S. Department of Energy, 2004a, NERC, 2004, UCTE, 2003, GRTN, 2003, ELKRAFT, 2003)
- Το 2004 έγινε στην Ελλάδα στις 12 Ιουλίου μεγάλης έκτασης μπλακάουτ με επιπτώσεις σε πολλές περιοχές της χώρας, λίγο πριν την έναρξη των Ολυμπιακών Αγώνων, ενώ ήδη από τα προηγούμενα έτη όπως το 2003, είχαν συμβεί μικρότερης έκτασης μπλακάουτ στην Αθήνα την περίοδο Ιουνίου – Ιουλίου (ΠΣΔΜΗ, 2004).
- Το 2005, στις 24-25 Μαΐου συνέβη σημαντικό μπλακάουτ στη Μόσχα, και στις 22 Ιουνίου στη Σουηδία.

Το γεγονός ότι τα μπλακάουτ παρουσιάζουν κατά καιρούς έξαρση, οφείλεται σε διάφορους λόγους όπως η απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, και η εμφάνιση νέων περιβαλλοντικών και κοινωνικών περιορισμών, που οδηγούν σε διαφορετικό τρόπο λειτουργίας των δικτύων (Rosas-Casals, 2010). Οι αναλύσεις για τα προαναφερθέντα μπλακάουτ, όπως και για πολλά άλλα που υπάρχουν διαθέσιμα στη βιβλιογραφία, δείχνουν ότι τα βασικά αίτια, το μέγεθος απώλειας φορτίων, η διάρκεια αποκατάστασης ενός μπλακάουτ, και ο πληθυσμός που επηρεάζεται από αυτό, μπορεί να διαφέρουν σημαντικά σε κάθε περίπτωση.

Τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, όπως όλα τα πολύπλοκα συστήματα έχουν πολλά «τρωτά» σημεία. Η προσπάθεια εκρίζωσης των τρωτών σημείων, που είναι σε λανθάνουσα μορφή, δεν γίνεται συνήθως πριν αυτά συμβάλουν στην εκδήλωση κάποιου σημαντικού συμβάντος. Τα τρωτά σημεία των δικτύων αλλάζουν συνεχώς, λόγω των αλλαγών στην τεχνολογία, στην οργάνωση της εργασίας, αλλά και στις προσπάθειες που γίνονται για την εκρίζωσή τους. Για παράδειγμα, έχει διαπιστωθεί πολλές φορές ότι μέτρα που ελήφθησαν για την αντιμετώπιση προβλημάτων που είχαν εμφανιστεί σε προηγούμενα μπλακάουτ, ήταν αυτά που τελικά συνέβαλλαν μεταξύ άλλων παραγόντων στην εμφάνιση επόμενων μπλακάουτ.

Τα τρωτά σημεία των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές απώλειες, όταν στο πλαίσιο συγκεκριμένων συνθηκών λειτουργίας, το τεχνολογικό σύστημα του δικτύου και οι άνθρωποι χειριστές υποπέσουν σε λάθη. Μία σημαντική απώλεια απαιτεί πολλαπλά λάθη, με συνέπεια να μην υπάρχει μία μεμονωμένη αιτία για ένα σημαντικό συμβάν. Υπάρχουν συνήθως πολλές αιτίες, η σύνδεση των οποίων μεταξύ τους, δημιουργεί τις συνθήκες για ένα συμβάν. Έτσι, η αναζήτηση μίας και μοναδικής αιτίας για το συμβάν, δεν επαρκεί για να κατανοήσει κανείς πώς οδηγήθηκε το σύστημα στην εκδήλωση ενός συγκεκριμένου συμβάντος.

Η μελέτη της αλληλουχίας γεγονότων που οδήγησαν σε ένα μπλακάουτ, μπορεί να δώσει σημαντική πληροφορία για το ρόλο παραμέτρων που επηρεάζουν τον τρόπο δράσης των ανθρώπινων χειριστών, όπως ο εξοπλισμός και τα συστήματα απεικόνισης μέσα στην αίθουσα ελέγχου, που υποστηρίζουν τη δράση τους, αλλά και το οργανωτικό σχήμα μέσα στο οποίο λειτουργούν και αναπτύσσονται το συνεργατικό έργο μεταξύ τους. Στις ενότητες που ακολουθούν, αναπτύσσεται το χρονικό, καθώς και τα βασικά αίτια και συνέπειες που οδήγησαν σε δύο σημαντικά μπλακάουτ, για τα οποία υπάρχει

επαρκές αναλυτικό υλικό στη βιβλιογραφία, και είναι αυτό που συνέβη στις 14 Αυγούστου 2003 στην Αμερική, και αυτό που συνέβη στις 12 Ιουλίου 2004 στην Ελλάδα.

4.3.1 Μπλακάουτ στην Αμερική

Τα γεγονότα που οδήγησαν στο μπλακάουτ στις 14/8/2003 στην Αμερική, σύμφωνα με τη διαθέσιμη βιβλιογραφία (Amin & Schewe, 2007, Apt, et al., 2004a, Apt, et al., 2004b, Hoag, 2004), ήταν τα ακόλουθα.

Η 14^η Αυγούστου ήταν μία ζεστή ημέρα και το σύστημα βρισκόταν στο 95% του μέγιστου φορτίου, επαγωγικό/άεργο λόγω της χρήσης κλιματιστικών. Τα λάθη που συνέβησαν σε αυτό το μπλακάουτ ήταν πολλά. Ένας χειριστής στην περιοχή του Κλίβελαντ, ώθησε μία γεννήτρια στα όρια της λειτουργίας της, με αποτέλεσμα να τα ξεπεράσει και να τεθεί αυτόματα εκτός λειτουργίας στις 1.31 μμ. Με αυτή τη γεννήτρια εκτός, διοχετεύτηκε ενέργεια μέσω των γραμμών μεταφοράς για να καλύψει τις ανάγκες του Κλίβελαντ. Η εταιρεία δεν εκτίμησε σωστά την κρισιμότητα της κατάστασης, γιατί δεν εκτέλεσε ανάλυση ενδεχόμενων διαταραχών, προκειμένου να διαπιστώσει εάν μετά την απώλεια της μονάδας, μία άλλη απώλεια θα μπορούσε να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα.

Το κέντρο ελέγχου μεταφοράς είχε πρόβλημα με το λογισμικό ανάλυσης, το οποίο πρόβλημα ξεκίνησε στις 12.15 μμ. Επιπλέον, μόνο ένας αναλυτής βρισκόταν σε βάρδια, ο οποίος έφτιαξε το πρόβλημα στις 1.07 μμ, αλλά αμέσως μετά έκανε διάλειμμα, χωρίς να προγραμματίσει το πρόγραμμα να δίνει αναφορά κάθε 5 λεπτά, και έτσι το εργαλείο ανάλυσης δεν ήταν διαθέσιμο μέχρι τις 4.04 μμ.

Στις 2.02 μμ μία γραμμή τέθηκε εκτός, διότι παρότι έφερε το μισό της ονομαστικής της ισχύος, έγειρε σε ένα δέντρο, και προκλήθηκε βραχυκύκλωμα που την έθεσε εκτός λειτουργίας.

Με τη γεννήτρια και μία γραμμή εκτός λειτουργίας, άλλες γραμμές υπερφορτίστηκαν και βγήκαν εκτός λειτουργίας στις 3.05 μμ. και 3.39 μμ. Αυτό οδήγησε σε περισσότερες απώλειες, και τελικά στην εμφάνιση του μπλακάουτ στις 4.08 μμ.

Καθώς η κατάσταση χειροτέρευε, οι ανταγωνιστικές εταιρείες παραγωγής ενέργειας και οι χειριστές που ήλεγχαν το δίκτυο μεταφοράς, δεν μοιράζονταν δεδομένα. Ακόμη και κάποια δεδομένα τα οποία είχαν μοιραστεί, δεν μπορούσαν να ερμηνευθούν σωστά, γιατί οι εταιρείες δεν είχαν πρόσβαση στις αλλαγές στο δίκτυο που είχαν γίνει από άλλους.

Εν τω μεταξύ, στην εταιρεία κοινής ωφέλειας, οι χειριστές δεν πρόσεξαν ότι οι το σύστημα ειδοποίησης κινδύνου (αλάρμ) και τα γραφήματα είχαν παγώσει, όταν ο υπολογιστής που τους ήλεγχε πάγωσε στις 2.14 μμ. Μην έχοντας καμία εκπαίδευση στον εντοπισμό και στην αντίδραση σε περιπτώσεις αστοχίας του συστήματος υπολογιστών, εμπιστεύθηκαν «τα παγωμένα» δεδομένα, ακόμη και όταν έλαβαν τηλεφωνήματα, τα οποία τους ειδοποιούσαν ότι υπήρχε πρόβλημα. Ήταν δύσκολο για αυτούς να ερμηνεύσουν τις οθόνες απεικόνισης, μέχρι που αυτές άρχισαν να λειτουργούν στις 3.59 μμ. Όταν πια έγινε αντιληπτό ότι δεν παραγόταν και δεν μεταφερόταν επαρκής ενέργεια στους καταναλωτές, οι χειριστές δεν έκαναν καμία ενέργεια για απόρριψη φορτίων (δηλαδή να θέσουν εκτός μερικούς καταναλωτές προκειμένου να αποφύγουν το εκτεταμένο μπλακάουτ).

4.3.2 Διερεύνηση συμβάντων στην Αμερική

Το μπλακάουτ στις 14 Αυγούστου 2003, ήταν ένα από τα μεγαλύτερα μπλακάουτ που έχουν συμβεί στις ΗΠΑ. Μέσα σε οκτώ λεπτά, πενήντα εκατομμύρια άνθρωποι σε έξι πολιτείες και δύο επαρχίες του Καναδά, έμειναν χωρίς ρεύμα. Η διακοπή αντιστοιχούσε σε 61,800 megawatts (MW) ηλεκτρικής ισχύος από 410 μονάδες παραγωγής, μια οικονομική απώλεια που υπολογίστηκε περίπου στα \$10 δισεκατομμύρια δολάρια στις ΗΠΑ και \$2.3 δισεκατομμύρια δολάρια στον Καναδά. Η επιτροπή διερεύνησης του μπλακάουτ κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οφειλόταν σε ανθρώπινο λάθος, ρίχνοντας το φταίξιμο στους χειριστές που βρίσκονταν σε δύο αίθουσες ελέγχου, και διώκοντας μεμονωμένα άτομα και εταιρείες που πήραν τις λάθος αποφάσεις (U.S. Department of Energy, 2004a).

Το μπλακάουτ αποδόθηκε σε άμεσους αιτιολογικούς παράγοντες (όπως απώλειες και ανεπάρκειες στην παραγωγή, τη μεταφορά, τα πληροφοριακά συστήματα και τους χειρισμούς) και έμμεσους-υποβόσκοντες παράγοντες (όπως η ανταλλαγή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας μέσα στην απελευθερωμένη αγορά, την αξιοπιστία και την ευχρηστία των πληροφοριακών συστημάτων, την ανεπάρκεια των μοντέλων υπολογισμού της κατάστασης του συστήματος, καθώς και ανεπαρκείς διαδικασίες και πρωτόκολλα για τις εταιρείες παραγωγής, μεταφοράς, και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας) (Hoag, 2004). Οι Woods et al. (1994) και Reason (1995), έχουν επισημάνει ότι υποβόσκοντες οργανωτικοί παράγοντες (latent organizational factors) και ακατάλληλη χρήση των αυτοματισμών, συμβάλλουν στη δημιουργία καταστάσεων όπου μπορεί να εμφανιστούν λάθη.

Δομικά και συστημικά θέματα συνέβαλλαν σε σημαντικό βαθμό στην εμφάνιση των αλληλένδετων γεγονότων που οδήγησαν στο μπλακάουτ, καθώς και στα κενά λειτουργικότητας που εμφάνισε το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων. Τα αίτια αφορούσαν τέσσερις βασικές κατηγορίες: 1) ανεπαρκής κατανόηση του συστήματος, 2) ανεπαρκής ενημερότητα κατάστασης, 3) μη-κατάλληλη διαχείριση της βλάστησης, 4) ανεπαρκή διαγνωστικά εργαλεία πραγματικού χρόνου.

Οι εμπειρογνώμονες που ανέλυσαν το μπλακάουτ, σε συνδυασμό και με ευρήματα που είχαν προκύψει από προηγούμενα μπλακάουτ, κατέληξαν στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η εκπαίδευση ήταν ανεπαρκής για να διατηρηθεί η αξιόπιστη λειτουργία του δικτύου, καθώς οι εσωτερικές διαδικασίες και τα πρωτόκολλα ελέγχου, δεν ήταν κατάλληλα για να αντιδράσουν οι χειριστές σε μία κατάσταση όπως αυτή της 14^{ης} Αυγούστου.
- Χειριστές σε 140 αίθουσες ελέγχου, εργάζονται για κάποιες από τις περίπου 3000 εταιρείες παραγωγής ενέργειας, και για τους χειριστές μεταφοράς ενέργειας, αλλά δεν είχαν έγκυρη πρόσβαση στην πληροφορία που χρειάζονται για να πάρουν σωστές αποφάσεις. Οι περισσότερες μονάδες ελέγχου, δεν έχουν πρόσβαση στην τρέχουσα τιμή της τάσης και στην κατάσταση του εξοπλισμού. Για να αντιμετωπίσουν αυτή την έλλειψη δεδομένων πραγματικού χρόνου, χρησιμοποιούν λογισμικά τα οποία εκτιμούν την κατάσταση του δικτύου, τι βρίσκεται εντός και τι εκτός λειτουργίας. Καθώς υπάρχει μικρή πρόσβαση σε πραγματικά δεδομένα, τα μοντέλα αυτά τρέχουν είτε σε συγκεκριμένα διαστήματα που καθορίζονται, είτε κατόπιν απαίτησης εάν παρουσιαστεί ανάγκη.
- Ανεπαρκής πρόσβαση στο δίκτυο όλων των περιοχών, δυσλειτουργία στο σύστημα Σύστημα Τηλεέλεγχου και Διαχείρισης Ενέργειας (ΣΤΗΔΕ) μίας περιοχής ελέγχου, και έλλειψη επαρκούς εφεδρείας για το σύστημα αυτό.
- Οι πρότυπες διαδικασίες ασφάλειας είναι χαλαρές, καθώς για παράδειγμα η βλάστηση κάτω από τις γραμμές μεταφοράς συντηρείται/καθαρίζεται κάθε πέντε χρόνια.
- Οι χειριστές δεν εκπαιδεύονται συχνά με ρεαλιστικές προσομοιώσεις σε μεγάλης κλίμακας δύσκολες καταστάσεις, που θα τους καθιστούσαν ικανούς να αντιμετωπίσουν διαβαθμισμένης δυσκολίας διαταραχές.
- Οι εταιρείες έχουν διαφορετικά επίπεδα εξοπλισμού, δεδομένων, και εκπαίδευσης.
- Συστάσεις και προδιαγραφές που έχουν αναπτυχθεί σε βάθος χρόνου, για την απεικόνιση δεδομένων με τρόπο ο οποίος καθιστά εύκολο τον εντοπισμό ενός προβλήματος, έχουν αγνοηθεί.
- Η εποπτεία του συστήματος ενέργειας είναι ανεπαρκής, τόσο εντός των περιοχών, όσο και μεταξύ αυτών.

4.3.3 Μπλακάουτ στην Ελλάδα

Στο Ελληνικό Ηλεκτρικό Σύστημα, η ενέργεια καθώς παράγεται πηγαιίνει στους Μετασχηματιστές των εργοστασίων παραγωγής, όπου ανυψώνεται στα 400KV, προκειμένου να γίνει η διανομή της μέσω των γραμμών υπερ-υψηλής τάσης. Στους υποσταθμούς μεταφοράς, γίνεται υποβιβασμός της τάσης προκειμένου να γίνει διανομή σε διάφορα σημεία του συστήματος μέσω των γραμμών υψηλής τάσης (150KV). Περαιτέρω υποβιβασμοί της τάσης για τους εμπορικούς και αστικούς καταναλωτές, λαμβάνουν χώρα στους υποσταθμούς διανομής, οι οποίοι συνδέονται με το βασικό δίκτυο διανομής.

Το δίκτυο των 400KV αποτελεί τη 'σπονδυλική στήλη' του όλου δικτύου μεταφοράς της χώρας, με ιδιαίτερης σημασίας τις τρεις γραμμές διπλού κυκλώματος 400KV, που μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια από τους σταθμούς παραγωγής της Δυτικής Μακεδονίας όπου παράγεται περίπου το 70% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής της χώρας, και στην συνέχεια μεταφέρεται στα μεγάλα κέντρα κατανάλωσης της κεντρικής και νότιας Ελλάδος, όπου καταναλώνεται το 65% της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο Ελληνικό Ηλεκτρικό Σύστημα έχουν συμβεί κατά καιρούς μεγάλης έκτασης διακοπές, που αναδύθηκαν από την αλληλεπίδραση διαφορετικών -κάθε φορά- παραγόντων. Οι πιο σημαντικές διακοπές των τελευταίων 35 ετών ήταν οι ακόλουθες:

- 2/7/1983 Γενική Διακοπή (Χρόνος αποκατάστασης 3 ώρες και 5 λεπτά)
- 1/9/1988 Μερική Διακοπή (Χρόνος αποκατάστασης 4 ώρες και 40 λεπτά)
- 25,26/3/1998 Μερικές διακοπές (Χρόνος αποκατάστασης 4 ώρες και 5 ώρες αντίστοιχα)
- 7/9/1999 Μερική Διακοπή λόγω του σεισμού στην περιοχή της Αττικής. (Χρόνος αποκατάστασης περίπου 2 ώρες)

Το μπλακάουτ της 12/7/2004 θεωρήθηκε ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς η αποκατάσταση διήρκεσε περισσότερο από 7 ώρες, και επιπλέον ήταν πολύ ιδιαίτερη η χρονική συγκυρία κατά την οποία συνέβη, δηλαδή ένα μήνα πριν την έναρξη των Ολυμπιακών Αγώνων στην Ελλάδα. Για το μπλακάουτ αυτό, ο Διαχειριστής του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ), είχε εκδώσει μετά το συμβάν το ακόλουθο Δελτίο Τύπου (ΠΣΔΜΗ, 2004):

«Διακοπή ηλεκτροδότησης στο Νότιο Σύστημα

Αίτιο: Ταχεία Πτώση Τάσεως του Συστήματος, που ακολούθησε τη θέση εκτός λειτουργίας της Μονάδας Νο II του ΑΗΣ Λαυρίου, κατά την επανεκκίνηση της μετά από βλάβη, σε συνδυασμό με τα πολύ υψηλά φορτία του Συστήματος.

Συνέπεια: Αποσυγχρονισμός των μονάδων παραγωγής του Νοτίου συστήματος που οδήγησε στη διακοπή τροφοδότησης των καταναλωτών της Στερεάς Ελλάδας νοτίως της Λαμίας, της Αττικής, της Πελοποννήσου, της Εύβοιας, καθώς και των διασυνδεδεμένων νησιών της Κεφαλονιάς, Ζακύνθου, Λευκάδας και Άνδρου. Τη στιγμή που εμφανίστηκε το πρόβλημα η εφεδρεία του Συστήματος ήταν περίπου 800 MW.

Χρόνος Αποκατάστασης: Ξεκίνησε άμεσα μετά το συμβάν και ολοκληρώθηκε στις 19.00»

Σύμφωνα με το επίσημο πόρισμα, η χρονική αλληλουχία γεγονότων που προηγήθηκε του συμβάντος στις 12/7/2004, είχε ως εξής (ΠΣΔΜΗ, 2004, ΡΑΕ, 2004):

- 11/7/2004, 16.30 εκτός συστήματος λόγω βλάβης η Μονάδα Νο1 ΑΗΣ Μεγαλόπολης (125 MW). Παρέμεινε εκτός όλο το κρίσιμο διάστημα μέχρι την κατάρρευση του Νοτίου Συστήματος. Σημαντικότερη συνέπεια που είχε ήταν η δημιουργία μικρής ροής ισχύος από το ΚΥΤ Κουμουνδούρου προς Πελοπόννησο.
- Εκτός η Μονάδα Νο2 ΑΗΣ Πτολεμαΐδας, χωρίς να έχει επίπτωση στην κατάρρευση.
- 12/7/2004, 7.08 τέθηκε εκτός λειτουργίας η Νο2 του ΑΗΣ Λαυρίου (300MW), λόγω βλάβης στο σύστημα αδιάλειπτης τροφοδότησης των βοηθητικών (UPS). Από 29/1/2004 έως 6/6/2004 ήταν εκτός για λόγους συντήρησης.
- Από Σταθμό Λαυρίου δίνεται πρόβλεψη στην Υπηρεσία Λειτουργίας του Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ), ότι θα γινόταν επανένταξη της Μονάδας σύντομα. Στη διαδικασία επανεκκίνησης μετά τη βλάβη, διαπιστώθηκε βλάβη στον ατμοφράκτη του λέβητα. Η βλάβη αποκαταστάθηκε, και η επαναφορά έγινε στις 12.01.
- Στο διάστημα που μεσολάβησε μέχρι την επαναφορά της Μονάδας, τα φορτία ανέβαιναν συνεχώς (9160 MW) και η τάση στους ΥΣ Ανατολικής Στερεάς, Αττικής, και Θεσσαλίας έπεφτε σταθερά (ΑΗΣΑΓ 142kV, Παλλήνη 135/367kV, Σχηματάρι 137kV). Η μείωση των τάσεων ανακόπηκε και παρατηρήθηκε αύξηση της τάσεως, με την είσοδο της Μονάδας Νο2 Λαυρίου και την ανάληψη φορτίου από αυτή.
- Στις 12.12 η Μονάδα Νο2 Λαυρίου, ενώ βρισκόταν στο στάδιο της ανάληψης του τεχνικού της ελάχιστου και υπό χειροκίνητο έλεγχο, βγήκε και πάλι εκτός συστήματος λόγω υψηλής στάθμης τυμπάνου. Πριν από τον αποσυγχρονισμό της έδινε 70MW και 150Mvar. Πρόκειται για συνηθισμένη αστοχία που παρατηρείται στο στάδιο της ανάληψης φορτίων από θερμικές μονάδες, η οποία όμως στη συγκεκριμένη περίπτωση έφερε το σύστημα σε κατάσταση ανάγκης.
- Στις 12.12 αποφασίστηκε από την αρμόδια υπηρεσία του ΔΕΣΜΗΕ, η αποκοπή φορτίων στη Αττική, η οποία υλοποιήθηκε για 80 MW στις 12.30.
- Η μείωση των τάσεων συνεχίστηκε μετά τη δεύτερη απώλεια της Νο2 Λαυρίου, στις 12.35 είχαν ΑΗΣΑΓ 133kV, Παλλήνη 125kV, και ενώ οι μονάδες δήλωναν τηλεφωνικά αδυναμία να παράσχουν υποστήριξη στο δίκτυο, δόθηκε εντολή για νέα αποκοπή μέχρι 200 MW αυτή τη φορά. Το φορτίο εκείνη την ώρα είχε ανέλθει στα 9320 MW.
- Στις 12.37, πριν προλάβει να υλοποιηθεί η νέα περικοπή φορτίου, η Μονάδα Νο3 του ΑΗΣ Αλιβερίου έφυγε από το σύστημα με το άνοιγμα του διακόπτη Ρ35.
- Στις 12.38 κρατήθηκε χειροκίνητα η Νο4 Μονάδα Αλιβερίου, με εντολή του Διευθυντή του Σταθμού, λόγω λειτουργίας της εκτός των ορίων ασφαλείας.
- Στις 12.39 ολοκληρώθηκε ο Διαχωρισμός Βορρά-Νότου και η κατάρρευση του Νοτίου Συστήματος. Κατά τη διακοπή το Συνολικό Φορτίο ήταν 9370 MW, με την Αττική να έχει φορτίο 3173 MW και την Πελοπόννησο να έχει 890 MW. Η Συνολική ζήτηση αέργου ισχύος ήταν 6.096 MVAR, με την Αττική να έχει 1.655 MVAR, και την Πελοπόννησο 609 MVAR.

Συμπερασματικά το πόρισμα κατέληγε στα ακόλουθα:

- Η μη-διαθεσιμότητα συγκεκριμένων μονάδων, δεν έπαιξε πρωτεύοντα ρόλο στην εξέλιξη του φαινομένου που οδήγησε στην κατάρρευση του συστήματος, ωστόσο οδήγησε σε μία ασυνήθιστη τοπολογία του δικτύου της Αττικής (που είχε ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση του Κέντρου Υπερυψηλής Τάσης (ΚΥΤ) Παλλήνης), και στα ούτως ή άλλως χαμηλά επίπεδα τάσεων στο δίκτυο Μεταφοράς Αττικής.
- Μετά τις 12.12 όταν βγήκε εκ νέου εκτός συστήματος η Μονάδα Νο2 του Λαυρίου, η ανάγκη αποκοπής φορτίων ήταν απολύτως εμφανής.
- Μετά την απώλεια της Μονάδας 2 Λαυρίου, η κοντινή στην Αθήνα παραγωγή είχε συνολικά πρόβλημα να διατηρήσει τις τάσεις και να παραμείνει σε λειτουργία, οπότε η αποκοπή ήταν ενδεξιγμένη.
- Στις 12.25, μετά από τηλεφωνική ειδοποίηση, δόθηκε εντολή για αποκοπή γραμμών. Το γεγονός ότι η χειροκίνητη αποκοπή -των 80 γραμμών περίπου- πραγματοποιήθηκε στις 12.30 αναδεικνύει το βραδύ ρυθμό ανταπόκρισης του συστήματος αποκοπής φορτίων.
- Στις 12.35 δόθηκε εντολή για περικοπή 200 επιπλέον, η οποία δεν κατέστη δυνατό να υλοποιηθεί λόγω της ταχείας εξέλιξης του φαινομένου.
- Το σύστημα αποκοπής που είχε συμφωνηθεί μεταξύ του Κέντρου Ελέγχου Επιχειρήσεων (ΚΕΕ) του ΔΕΣΜΗΕ και του Κέντρου Ελέγχου Διανομής της ΔΕΗ, σε γενικές γραμμές λειτούργησε, ενώ δεν κατέστη δυνατόν να διατηρήσει σε λειτουργία το σύστημα, λόγω του χαμηλού βαθμού της αυτοματοποίησης του.

4.3.4 Διερεύνηση συμβάντων στην Ελλάδα

Γεγονότα αντίστοιχα με αυτά που οδήγησαν στο μπλακάουτ στις 12/7/2004 είχαν συμβεί ξανά στο παρελθόν, με πιο περιορισμένες συνέπειες (ΠΣΔΜΗ, 2004).

- Το 1996 υπήρξε ανάλογο συμβάν αστάθειας του Συστήματος, αν και η κατάρρευση των τάσεων αποφεύχθηκε.
- Το 1998 λόγω προβλημάτων στο ΚΥΤ Παλλήνης, σημειώθηκε αποκοπή φορτίου σε μεγάλο τμήμα της Αττικής, σε ώρα όχι ιδιαίτερα υψηλού φορτίου.
- Το 2003, αναφέρει ο ΔΕΣΜΗΕ, κατά τις ώρες αιχμής διαμορφώθηκαν τάσεις στα επίπεδα των 140KV, κάτω όριο λειτουργίας του Συστήματος.
- Το 2003 τέλη Αυγούστου–αρχές Σεπτεμβρίου, οι τάσεις στην Ανατολική Περιοχή του Λεκανοπεδίου ήταν χαμηλές 134KV, χωρίς όμως προβλήματα για τους πελάτες καταναλωτές.

Από το 1996, η ετήσια αιχμή του φορτίου εμφανίζεται το καλοκαίρι, λόγω της ταχύτατης αύξησης των εγκατεστημένων κλιματιστικών φορτίων. Η αιχμή εμφανίζεται τις ημέρες του καύσωνα (άνω 38°), και συγκεντρώνεται κυρίως στην περιοχή των Αθηνών. Παράλληλα, το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής συγκεντρώνεται στο Βορρά και στα Υδροηλεκτρικά της Δυτικής Ελλάδας. Η έντονη ανισοκατανομή παραγωγής/κατανάλωσης μεταξύ Βορρά και Νότου, συμβάλει στη δημιουργία προβλημάτων στη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από το Βορρά στο Νότο.

Όταν εμφανίζεται καύσωνας στην αρχή του καλοκαιριού, πριν από την έξοδο των κατοίκων του Λεκανοπεδίου για τις διακοπές της θερινής περιόδου, και ιδιαίτερα όταν διαρκεί για συνεχόμενες μέρες, αναμένονται νέα μέγιστα κατανάλωσης φορτίου. Εφόσον σε τέτοιες περιπτώσεις υπάρξουν απώλειες στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, και τίθενται εκτός λειτουργίας μονάδες παραγωγής, επιβάλλεται εγρήγορση.

Ιστορικά το πρόβλημα είχε παρουσιαστεί το 1996, οπότε αφορούσε όλο το Νότιο Σύστημα με ασθενέστερο σημείο την Πελοπόννησο. Λόγω των ενισχύσεων του συστήματος παραγωγής μεταφοράς, η δυνατότητα φόρτισης του συστήματος αυξήθηκε, ενώ το ασθενέστερο πλέον σημείο του συστήματος βρισκόταν στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς, με επίκεντρο τον Υποσταθμό Σχηματαρίου.

Παρά τη βελτίωση του συστήματος παραγωγής-μεταφοράς τα τελευταία χρόνια, ο ρυθμός αύξησης των φορτίων είναι υψηλός, και αντίστοιχα υψηλές είναι και οι αναμενόμενες αιχμές του συνολικού φορτίου. Επίσης, η επαγωγική συνιστώσα του φορτίου λόγω των κινητήρων επαγωγής των κλιματιστικών και άλλων συσκευών αυξάνεται συνεχώς. Μετά το 2003, είχαν προγραμματιστεί στο σύστημα μία σειρά από σοβαρές ενισχύσεις, ενόψει της διοργάνωσης των Ολυμπιακών αγώνων, οι οποίες επρόκειτο να ολοκληρωθούν μέχρι το τέλος του Ιουλίου του 2004. Οι ενισχύσεις αυτές, στόχευαν κυρίως στην αντιμετώπιση του φαινομένου αστάθειας των τάσεων, και την αύξηση της δυνατότητας μεταφοράς ισχύος προς την Α. Στερεά και την Αττική.

Μελετώντας κανείς τα μπλακάουτ στον Ελλαδικό χώρο, διαπιστώνει ότι δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου το μπλακάουτ ξεκίνησε από μία βλάβη ή από μία μη έγκαιρη αποσύνδεση ενός στοιχείου, μη αποκοπέντος λόγω βλάβης που προκλήθηκε λόγω ελαττώματος των ρελαί και των κυκλωμάτων προστασίας. Σε πολλές περιπτώσεις, ένα τέτοιο γεγονός, αποτελεί ένα συμβάν το οποίο θα έπρεπε να είχε ξεπεραστεί από το σύστημα χωρίς να υπάρξει κάποιο επακόλουθο. Στα εκτεταμένα διασυνδεδεμένα συστήματα, προβλήματα δημιουργούνται από: α) το άνοιγμα λόγω υπερφόρτισης γραμμών που βρίσκονται σε παράλληλη λειτουργία, μετά από βραχύ χρονικό διάστημα, β) την πτώση των τάσεων σε τιμές προσεγγίζουσες την κρίσιμη τιμή, λόγω ανεπάρκειας χωρητικής αέργου ισχύος, γ) την πτώση της συχνότητας, που εάν δεν περιοριστεί από την αυτόματη μείωση του φορτίου, προκαλεί την αποσύνδεση γεννητριών, λόγω ενεργοποίησης των ρελαί προστασίας ελάχιστης συχνότητας, και την κατάρρευση ολόκληρου του δικτύου.

Στα συστήματα όπου το φορτίο είναι συγκεντρωμένο σε μία περιοχή (π.χ. Αθήνα), τροφοδοτούμενη κατά μεγάλο μέρος από απομακρυσμένους σταθμούς παραγωγής, μέσω μεγάλου μήκους γραμμών υπερυψηλής και υψηλής τάσης, οι μεγάλες διαταραχές μπορεί να δημιουργηθούν με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

- Πολλαπλές βλάβες στο σύστημα μεταφοράς, ακολουθούμενες από δυναμική ανισορροπία ή από ταχύτατη πτώση τάσης.
- Πολύ μεγάλη και αιφνίδια απώλεια παραγωγής σε μία ακραία περίπτωση ή οριακό φορτίο (στα όρια της δυναμικότητας των γραμμών μεταφοράς), που ακολουθείται από πτώση ή αύξηση της συχνότητας, από πιθανές υπερτάσεις ή από φαινόμενο αστάθειας τάσεως.
- Αστοχία υλικού του συστήματος μεταφοράς (π.χ. έπεσε μία γραμμή μεταφοράς, χάλασε ένας μετασχηματιστής).
- Στην τριτεύουσα ρύθμιση/τριτεύουσα εφεδρεία (PAE, 2012), δηλαδή όταν ο διαχειριστής του συστήματος βλέπει τα φορτία να ανεβαίνουν, δίνει εντολές σε μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας να μπουν με μεγάλη ταχύτητα, και είτε οι μονάδες αυτές δεν προλαβαίνουν να μπουν, είτε δεν υπάρχουν.

Μελετώντας κανείς τις εκθέσεις διερεύνησης των μπλακάουτ στην Ελλάδα και το εξωτερικό, διαπιστώνει τα ακόλουθα. Η ανάλυση στην Ελλάδα, δίνει βάση περισσότερο στο τεχνικό μέρος, που έχει να κάνει με τις αρχές, τον τρόπο λειτουργίας και τους φυσικούς κανόνες που διέπουν τη λειτουργία των ηλεκτρικών δικτύων. Οι αναλύσεις των μπλακάουτ στο εξωτερικό, ακολουθούν μία ευρύτερη οπτική στην ανάλυση και ερμηνεία των μπλακάουτ, προχωρώντας σε παράγοντες που βρίσκονται πέρα από τα τεχνικά ζητήματα λειτουργίας.

4.4 Διαχείριση και Αποκατάσταση Διαταραχών

Ο κρίσιμος χρόνος εξέλιξης ενός μπλακάουτ είναι από πολλά δευτερόλεπτα έως αρκετά λεπτά (Kurita & Sakurai, 1988, Kosterev et al., 1999, UCTE, 2004.), και αφορά συνήθως σε υπερθέρμανση μετασχηματιστών, προβλημάτων στη ρύθμιση της τάσης, και σε υπερβάσεις των δυνατοτήτων παροχής ενέργειας του συστήματος (Morison et al., 1993). Παρότι πολλές από τις λειτουργίες του δικτύου είναι αυτοματοποιημένες, σε πολλές περιπτώσεις ο βαθμός αυτοματοποίησης είναι χαμηλότερος απ' ό,τι πιστεύουν οι περισσότεροι καταναλωτές. Οι ανθρωπίνου χειριστές και οι μηχανικοί εμπλέκονται σε μεγάλο βαθμό στον κύκλο ελέγχου. Βέβαια, το εάν οι ενέργειες των χειριστών μπορούν ή όχι να προλάβουν ή να μετριάσουν τις συνέπειες ενός διαχεόμενου μπλακάουτ, εξαρτάται από το χρονικό παράθυρο εξέλιξης των γεγονότων· οι σεισμοί εξελίσσονται τάχιστα, και δεν μπορούν να προβλεφθούν για να υπάρξει κάποια προετοιμασία· οι τυφώνες και οι παγοθύελλες ή οι καύσωνες εξελίσσονται πιο αργά, και υπάρχει η δυνατότητα πρόβλεψης για τα φαινόμενα αυτά, οπότε μπορούν να προετοιμαστούν κατάλληλα τα δίκτυα και οι χειριστές, για να τα αντιμετωπίσουν (Overbye & Wiegmann, 2005).

Πολλά μπλακάουτ συμβαίνουν σε χρονικές κλίμακες που δεν επιτρέπουν τη διαχείριση της κατάστασης από πλευράς χειριστών. Παρόλα αυτά, οι χειριστές για να διαχειριστούν αποτελεσματικά την κατάσταση, πρέπει να γνωρίζουν άμεσα ποια είναι η ακριβής κατάσταση του δικτύου, και να υλοποιήσουν έγκαιρα διορθωτικές ενέργειες (Overbye & Wiegmann, 2005). Από τις περιπτώσεις μπλακάουτ που εξελίσσονται σε χρονικά παράθυρα που επιτρέπουν την παρέμβαση των χειριστών, πρακτικά τα περισσότερα θα μπορούσαν να μετριαστούν, μέσα από άμεσες διορθωτικές ενέργειες όπως η απόρριψη φορτίων (U.S. Department of Energy, 2000, Mukhopadhyay et al., 2008). Παρότι τέτοιες αποφάσεις δεν μπορούν να ληφθούν εύκολα, λόγω της πίεσης χρόνου πρέπει να λαμβάνονται γρήγορα, καθώς ο χρόνος που αφιερώνεται στο να αποφασιστεί τι πρέπει να γίνει, περιορίζει το χρόνο και τα περιθώρια δράσης.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το μπλακάουτ στις 14 Αυγούστου 2003 στην Αμερική (U.S. Department of Energy, 2004a.), όπου πέρασαν σχεδόν 60 λεπτά από την απώλεια της πρώτης γραμμής (15.05) μέχρι την εκτεταμένη διάχυση των συνεπειών, που προκλήθηκε από την απώλεια μίας άλλης γραμμής (στις 16.05). Ακόμη και εάν αφαιρέσει κανείς το χρόνο 30 λεπτών που μεσολάβησε από την πρώτη απώλεια γραμμής, μέχρι να γίνει αντιληπτό το πρόβλημα από τις εμπλεκόμενες εταιρείες, υπήρχαν διαθέσιμα τριάντα λεπτά, μέσα στα οποία μπορούσαν να είχαν γίνει διορθωτικές ενέργειες. Όπως αναφέρει το σχετικό πόρισμα, εάν είχε γίνει χειροκίνητη ή αυτόματη απόρριψη 1500MW πριν την απώλεια συγκεκριμένης γραμμής στις 16.05, το μπλακάουτ θα είχε αποφευχθεί. Ένα βασικό ερώτημα που διατυπώθηκε, είναι γιατί μέσα σε αυτή την κρίσιμη χρονική περίοδο δεν έγινε καμία ενέργεια.

Στην περίπτωση του μπλακάουτ του 2004 στην Ελλάδα (ΠΣΔΜΗ, 2004), ήταν επιβεβλημένη η αποκοπή φορτίων με τον τρόπο που είχε διαμορφωθεί η κατάσταση (§4.3.3). Στις 12.30 έγινε κυκλική απόρριψη φορτίων, η οποία δεν απέτρεψε τη λειτουργία προστασιών, με συνέπεια να τεθούν εκτός λειτουργίας Μονάδες στο Αλιβέρι και Γραμμές μεταφοράς 400kV, και το Νότιο Σύστημα στις 12.39. Η περικοπή φορτίων αποτελεί μία ευαίσθητη πολιτικά και κοινωνικά απόφαση. Έτσι, ο Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος, που έχει αρμοδιότητα για περικοπές φορτίων προκειμένου να αποφευχθούν γενικευμένες διακοπές, βρισκόταν σε συνεννοήσεις με το αρμόδιο υπουργείο για το ζήτημα αυτό. Καθώς οι συνεννοήσεις αυτές βρισκότουσαν σε εξέλιξη, ο Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος δεν προχώρησε άμεσα στην περικοπή φορτίων προκειμένου να επέλθει ισορροπία στο σύστημα, και στη συνέχεια να εντάξει νέα ισχύ.

Η αποκοπή φορτίων δεν αποτελεί ενδεδειγμένη λύση για την αποφυγή κατάρρευσης του συστήματος, καθώς αποτελεί ένα εξίσου επώδυνο μέτρο για τους αποκοπόμενους καταναλωτές. Ωστόσο, σαφώς περιορίζει την έκταση μίας επικείμενης διακοπής, και πρέπει να εφαρμόζεται μόνο όταν είναι πλέον σχεδόν αδύνατον να αποφευχθεί η διακοπή, και ως μοναδικός ρεαλιστικός στόχος παραμένει ο περιορισμός της έκτασης της.

Κάθε φορέας ή εταιρεία ηλεκτρισμού έχει αναπτύξει σχέδια αποκατάστασης της λειτουργίας του δικτύου (restoration plans) (Fink & Carlsen, 1978, Adibi, 2000, Handshin & Leder, 2001, UCTE, 2005, 2006, Voropai & Hammons, 2008b), που παρέχουν γενικές οδηγίες, αναφορικά με το τι πρέπει να γίνει σε περίπτωση που το σύστημα ενέργειας παρουσιάσει μία σοβαρή διαταραχή, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε απώλειες φορτίου ή απώλεια της συνέχειας του.

Η αποκατάσταση της ηλεκτροδότησης περιλαμβάνει μη ελεγχόμενες παραμέτρους, όπως η ζήτηση φορτίου, οι ροές στα σημεία διασύνδεσης, και απρόοπτα συμβάντα όπως λάθη στο σύστημα και δυσλειτουργίες του εξοπλισμού. Ο γενικός σκοπός της αποκατάστασης της ηλεκτροδότησης του συστήματος, περιλαμβάνει πολλούς επιμέρους μικρούς στόχους: α) ελαχιστοποίηση του χρόνου αποκατάστασης, β) μεγιστοποίηση του παρεχόμενου φορτίου, γ) ελαχιστοποίηση των ενεργειών ελέγχου και των απρόβλεπτων συνεπειών που μπορεί αυτές να έχουν. Αυτοί οι τρεις στόχοι, βρίσκονται συνήθως σε αντίθεση μεταξύ τους, αφού για παράδειγμα αύξηση του παρεχόμενου φορτίου μπορεί να προκαλέσει απότομη μείωση της συχνότητας, η οποία με τη σειρά της μπορεί να ενεργοποιήσει τους διακόπτες απόρριψης φορτίου. Επίσης, η λειτουργία του δικτύου χαρακτηρίζεται από: α) μεταβλητές διακριτού ελέγχου, που συνδέονται με αλλαγές στη διαμόρφωση του δικτύου (π.χ. επανασύνδεση συγκεκριμένων τμημάτων) και ρυθμίσεις συγκεκριμένων στοιχείων (π.χ. ρύθμιση της τάσεως εξόδου των Μετασχηματιστών), και β) μεταβλητές συνεχούς ελέγχου, που συνδέονται με ελεγχόμενες παραμέτρους, που μπορεί να μεταβάλλονται συνεχώς, όπως η ενεργός και άεργος ισχύς.

Η δυνατότητα αποκατάστασης της λειτουργίας του δικτύου, εξαρτάται από τις σύνθετες σχέσεις μεταξύ περιορισμών, που αποτυπώνονται μέσα από αλγεβρικές εξισώσεις (αποδίδουν τις μη-γραμμικές σχέσεις ροής φορτίου και τους περιορισμούς ασφαλούς λειτουργίας του εξοπλισμού) και διαφορικές εξισώσεις (απεικονίζουν τη δυναμική συμπεριφορά, κάποιων σημαντικών στοιχείων του δικτύου, όπως είναι οι μονάδες παραγωγής). Τα περισσότερα σχέδια αποκατάστασης αποκαθιστούν το σύστημα σταδιακά, συνδέοντας μονάδες μεταφοράς ή παραγωγής, αναλαμβάνοντας κάποια φορτία, και

επαναλαμβάνοντας αυτή τη διαδικασία ξανά και ξανά, μέχρι το σύστημα να αποκατασταθεί πλήρως. Οι ενέργειες που είναι διαθέσιμες σε κάθε στάδιο της διαδικασίας αποκατάστασης, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες: α) αλλαγές σε ό,τι αφορά τις μονάδες παραγωγής, β) αλλαγές στη δομή και τη συνδεσιμότητα του δικτύου, γ) αλλαγές στα φορτία, δ) αλλαγές στις μεταβλητές συνεχούς ελέγχου, όπως η ενεργός και άεργος ισχύς. Από τις προαναφερθείσες ενέργειες, κάποιες απαιτούν περισσότερο χρόνο για να αποφασισθούν και να εκτελεστούν, ενώ άλλες εκτελούνται σε σχετικά μικρότερο χρονικό διάστημα. Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο του χρόνου, υπάρχουν τρεις τρόποι ελέγχου: «άμεσος», «βελτιστοποίησης», και «προσαρμοσίμος» (Nadira et al., 1992). Στον Πίνακα 4.1 συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά, οι περιορισμοί και οι κυριότεροι στόχοι για κάθε τρόπο ελέγχου του δικτύου.

Τρόπος Ελέγχου	Στόχοι	Μεταβλητές	Περιορισμοί
Προσαρμοσίμος	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Ελαχιστοποίηση του χρόνου αποκατάστασης. 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Διακριτές μεταβλητές που έχουν σχέση με τη δομή και τα μοντέλα παραγωγής. 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Γενικοί περιορισμοί συνδεσιμότητας. ➢ Τοπικοί περιορισμοί σχετικοί με την ενέργεια και τα φορτία.
Βελτιστοποίησης	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Μεγιστοποίηση της κατανομής φορτίου. ➢ Ελαχιστοποίηση των ενεργειών ελέγχου. 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Μεταβλητές συνεχούς ελέγχου. ➢ Διακριτές μεταβλητές σχετικές με την κατανομή φορτίου. 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Περιορισμοί ενέργειας και φορτίου για κάθε επιμέρους τμήμα του δικτύου.
Άμεσος	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Μεγιστοποίηση της τοπικής κατανομής φορτίου. ➢ Ελαχιστοποίηση των τοπικών ενεργειών ελέγχου. 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Τοπικές Μεταβλητές συνεχούς ελέγχου. ➢ Διακριτές μεταβλητές σχετικές με την κατανομή φορτίου και με αλλαγές στη δομή και τα μοντέλα παραγωγής. 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Τοπικοί περιορισμοί συνδεσιμότητας. ➢ Τοπικοί περιορισμοί ενέργειας και φορτίου.

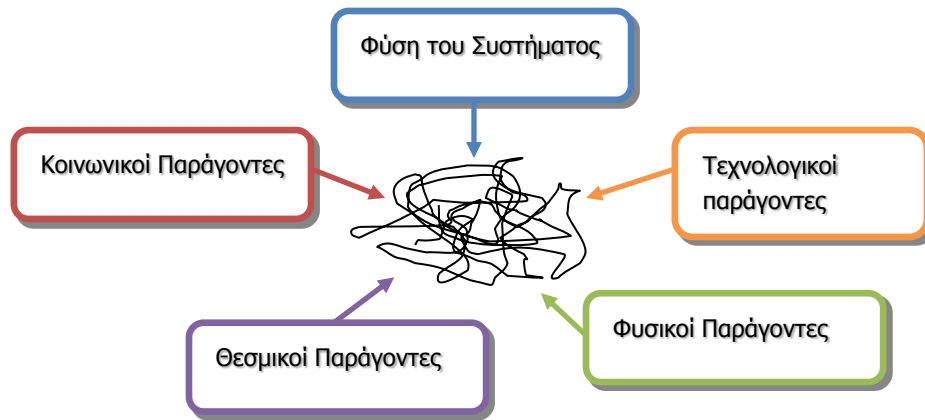
Πίνακας 4.1 Τρόποι Ελέγχου κατά την Αποκατάσταση Διαταραχών (Nadira et al., 1992)

Η διαχείριση των διαταραχών στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η πρόληψη των συνεπειών εντός και μεταξύ των άλλων δικτύων, απαιτεί την ουσιαστική κατανόηση της πραγματικής δυναμικής του συστήματος, καθώς και τον αποτελεσματικό καταναμημένο έλεγχο, έτσι ώστε μετά από μία διαταραχή, να παραμείνουν λειτουργικά όσο το δυνατόν μεγαλύτερα τμήματα του δικτύου (Vogorai & Hammons, 2008b, Amin, 2000).

4.5 Παράγοντες Εκδήλωσης- Αντιμετώπισης Διαταραχών

Τα εργαλεία προσομοίωσης αποτελούν σημαντικό εργαλείο, με τη βοήθεια του οποίου μπορούν οι ειδικοί, και να κάνουν προβλέψεις για τη συμπεριφορά του συστήματος, αλλά και να εκτιμήσουν εκ των υστέρων τις ενέργειες που έγιναν κατά την διαχείριση μίας κρίσιμης κατάστασης, και να διερευνήσουν τη λήψη μέτρων για τη διαχείριση μίας αντίστοιχης κατάστασης μελλοντικά.

Για το μπλακάουτ του 2004 στην Ελλάδα, μελέτη του Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) είχε προειδοποιήσει ότι, εάν η ζήτηση ξεπεράσει τα 9000 MW και εφόσον λείπουν και μέχρι 2 μονάδες από το νότο, η κατανομή της ΔΕΗ και οι υπηρεσίες διανομής θα πρέπει να κάνουν περικοπές για να «μην πέσει το σύστημα». Με δεδομένες τις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούσαν τις ημέρες εκείνες, ήταν αναμενόμενη η κατακόρυφη αύξηση της κατανάλωσης, και θα έπρεπε να είχε γίνει σωστός προγραμματισμός. Το πρόβλημα ξεκίνησε στις 10 πμ, όταν η θερμοκρασία στην Αττική άρχισε να ανεβαίνει. Ο προγραμματισμός του ΔΕΣΜΗΕ προέβλεπε μάξιμουμ ζήτησης στις 2.00μμ 9110MW. Η ζήτηση αυτή άρχισε να εμφανίζεται πολύ νωρίτερα, γύρω στις 11.00, ώρα για την οποία ο προγραμματισμός προέβλεπε 8620 MW. Πριν την 12/7/2004, είχαν υπάρξει εκτεταμένες διακοπές ρεύματος στην Αττική, και άλλα συμπτώματα στο δίκτυο που προειδοποιούσαν για τα προβλήματα που –τελικά- εκδηλώθηκαν. Οι προσομοιώσεις που έγιναν για διερεύνηση των συμβάντων στις 12/7/2004, ανέδειξαν την «Αδυναμία Διατήρησης Ευσταθούς Σημείου Λειτουργίας», ενώ τελικά το Σύστημα περιήλθε σε «Κατάσταση Κατάρρευσης Τάσεων» (ΠΣΔΜΗ, 2004).



Εικόνα 4.1 Παράγοντες εκδήλωσης- αντιμετώπισης διαταραχών

Η διερεύνηση σημαντικών μπλακάουτ που έχουν γίνει, τόσο στην Ελλάδα, όσο και στο εξωτερικό, φανερώνει μία ποικιλία παραγόντων που μπορούν: 1) να συμβάλουν με άμεσο ή έμμεσο τρόπο στην εμφάνιση διαταραχών, και στην εκδήλωση ενός μπλακάουτ, και 2) να επηρεάσουν τον τρόπο-χρόνο αποκατάστασης τους. Οι παράγοντες αυτοί –που περιγράφονται αναλυτικά στις ενότητες που ακολουθούν- είναι: α) τεχνολογικοί, β) φυσικοί (διαθεσιμότητα φυσικών πόρων, φυσικές συνθήκες και κίνδυνοι, ακραία καιρικά φαινόμενα), γ) θεσμικοί (νομοθεσία και κανονισμοί, κοινωνικο-οικονομικές δομές, κυβερνητικές πολιτικές, οργάνωση της αγοράς- βαθμός απελευθέρωσης), δ) κοινωνικοί (συγκέντρωση πληθυσμού σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές), ε) σχετικοί με τη φύση του συστήματος (βαθμός πολυπλοκότητας και διασύνδεσης) (Apt et al., 2004a, IRGC, 2006, Kroger, 2008).

4.5.1 Καιρικές Συνθήκες

Ο καιρός, αποτελεί μία βασική αιτία για μεγάλης διάρκειας και εκτεταμένα μπλακάουτ στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Καταιγίδες, τυφώνες, ισχυρές χιονοπτώσεις και χιονοστιβάδες, ισχυρός παγετός και πλημύρες αφενός, αλλά και πολύ υψηλές θερμοκρασίες και καύσωνες από την άλλη, μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές διαταραχές στη λειτουργία των δικτύων (Fink & Carlsen, 1978, Landstedt & Holmström, 2007, De Watcher, 2008, Voropai & Hammons, 2008b, OSCE, 2016).

Χρησιμοποιώντας τις προβλέψεις καιρού, οι χειριστές σε πολλές περιπτώσεις έχουν αρκετό χρόνο να προετοιμαστούν και να δράσουν κατάλληλα, ενισχύοντας την επανατακτικότητα (resilience) του συστήματος, στο δυναμικό περιβάλλον που χαρακτηρίζει τον τομέα ηλεκτρικής ενέργειας (Hauer & Dagle, 1999). Βέβαια, σε κάποιες περιπτώσεις η σφοδρότητα των φαινομένων και οι καταστροφές που επιφέρουν στα δίκτυα είναι τέτοια, που είναι αδύνατον να καταστεί διαχειρίσιμη, ακόμη και με τη μεγαλύτερη δυνατή προετοιμασία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση του τυφώνα Sandy που χτύπησε στις 5 Νοεμβρίου 2012 την ευρύτερη περιοχή της Νέας Υόρκης, που οδήγησε στο θάνατο 48 ατόμων, και άφησε περισσότερα από 8.2 εκατομμύρια ανθρώπους χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα και μέσα μαζικής μεταφοράς, για αρκετές ημέρες (New York Times, 2012).

Η πρόβλεψη του καιρού μπορεί να αξιοποιηθεί στη διαχείριση των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας με διάφορους τρόπους (Barker, 1996, Altalo et al., 2000, Overbye & Weber, 2001, Ilic, 2002, Murnane et al., 2002): α) με το να χρησιμοποιηθεί σε μοντέλα πρόβλεψης της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να προβλεφθεί κατάλληλα η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας, σε επιμέρους σημεία των δικτύων, β) με το να γίνει καλύτερος προγραμματισμός της συντήρησης και υποστήριξης των δικτύων (εργοδηγεία έτοιμα να επέλθουν), γ) με το να τροποποιήσουν κατάλληλα οι διαχειριστές/χειριστές του δικτύου, τις στρατηγικές ελέγχου των στοιχείων του δικτύου (επίπεδα φόρτισης, συστήματα ρύθμισης της τάσεως, κλπ). Για όλες αυτές τις περιπτώσεις, χρειάζεται αφενός κατάλληλη αφομοίωση των παραμέτρων του καιρού από τα μοντέλα πρόβλεψης, και αφετέρου κατάλληλη παρουσίαση των παραμέτρων του καιρού στους διαχειριστές-χειριστές του δικτύου.

4.5.2 Εξωγενή Φαινόμενα

Εκτός από τα καιρικά φαινόμενα υπάρχουν και άλλα εξωγενή φαινόμενα όπως σεισμοί, τσουνάμι, εκρήξεις και πυρκαγιές, τα οποία μπορεί να διαταράξουν τη λειτουργία των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, και να προκαλέσουν καταστροφή του εξοπλισμού τους (OSCE, 2016).

Στις 11 Ιουλίου 2011, στη ναυτική βάση Ευάγγελος Φλωράκης στην περιοχή Ζύγι της Κύπρου, εξερράγησαν 100 εμπορευματοκιβώτια με εκρηκτικά, τα οποία βρισκότουσαν για 2 ½ χρόνια εκτεθειμένα στον ήλιο, με συνέπεια να σκοτωθούν 12 άνθρωποι, και να τραυματιστούν 60. Η φωτιά από την έκρηξη μεταδόθηκε και στη μονάδα παραγωγής

ηλεκτρικής ενέργειας του Βασιλικού, που βρίσκεται δίπλα ακριβώς στη Ναυτική βάση, και παρέχει το 50% της ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού. Λόγω της ανισορροπίας στην προσφορά-ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθούν εκ περιτροπής διακοπές ηλεκτρικού ρεύματος. Έμμεσες επιπτώσεις προέκυψαν και για το δίκτυο ύδρευσης, καθώς από τις διακοπές της ηλεκτροδότησης τέθηκαν εκτός λειτουργίας όλες οι μονάδες αφαλάτωσης, με αποτέλεσμα τον περιορισμό των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού. Η διατήρηση ενός τόσο επικίνδυνου φορτίου δίπλα στον σημαντικότερο σταθμό ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού, είναι κάτι το οποίο θα έπρεπε να είχε αποφευχθεί σε κάθε περίπτωση, καθώς η εξέλιξη που τελικά υπήρξε, θα έπρεπε να είχε εξεταστεί ως ενδεχόμενο κατά την απόφαση επιλογής του σημείου φύλαξης.

Τον Αύγουστο του 1976 συνέβη στην Tangshan στην Κίνα σεισμός, με συνέπεια όλοι οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής να σταματήσουν να λειτουργούν. Άνοιξαν όλοι οι διακόπτες των γραμμών μεταφοράς. Το Κέντρο Διαχείρισης έχασε επαφή μέσω τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με σημαντικό μέρος των μονάδων και των υποσταθμών, λόγω της διακοπής ηλεκτροδότησης. Λόγω του σεισμού βυθίστηκαν βάσεις υποσταθμών, ενώ άλλες πήραν σημαντική κλίση, πυλώνες έγειραν στο έδαφος, ενώ πολλοί μονωτήρες ράγισαν ή έσπασαν ολοκληρωτικά, και καταστράφηκαν πολλοί μετασχηματιστές. Η διακοπή ηλεκτροδότησης προκάλεσε δυσκολίες τόσο στη ζωή των κατοίκων, όσο και στη διαδικασία αντιμετώπισης των επιπτώσεων του σεισμού. Γεγονότα όπως οι σεισμοί, μπορούν να προκαλέσουν μαζικές καταστροφές στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσα σε δευτερόλεπτα (Kobayashi, 1997, Kameda, 2000, Yang, 2009). Δυστυχώς οι κίνδυνοι που μπορεί να υποστεί από ένα σεισμό ο εξοπλισμός του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, δεν λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά την κατασκευή τους, ακόμη και σε χώρες που εκδηλώνονται πολλοί σεισμοί στη μεγαλύτερη έκταση τους (πχ στην Κίνα στο 80% της έκτασης της). Συνήθως εθνικοί κανονισμοί καθορίζουν την αντοχή των επιμέρους στοιχείων εξοπλισμού, των κτηρίων ή της δομής τους, αλλά όχι την συνολική συμπεριφορά των συστημάτων ενέργειας σε περίπτωση σεισμού (Lakervi & Holmes, 1995, Lee et al., 2002). Σε περιπτώσεις σεισμών, το εάν το ηλεκτρικό σύστημα θα επιβιώσει εξαρτάται από τις ενέργειες των αυτοματοποιημένων συσκευών όπως τα ρελαί, καθώς τα συνοδά συμβάντα ενός σεισμού, εξελίσσονται συνήθως πριν προλάβει να παρέμβει ο ανθρώπινος χειριστής.

Τα ακραία εξωγενή συμβάντα είναι σπάνια, και για το λόγο φέρνουν τους χειριστές αντιμέτωπους με μη-οικείες καταστάσεις κατά τη διάρκεια εξέλιξης τους. Προκειμένου οι χειριστές να τα διαχειριστούν κατάλληλα, και να μειώσουν το χρόνο αποκατάστασης της εύρυθμης λειτουργίας του δικτύου, θα πρέπει να έχουν κατάλληλη υποστήριξη από το σύστημα εποπτείας και ελέγχου του δικτύου.

4.5.3 Οργάνωση της αγοράς ενέργειας και αρμοδιότητες θεσμικών φορέων

Η απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί μία πολύ σημαντική παράμετρο για τη λειτουργία των δικτύων. Ακόμη και όταν υλοποιείται σταδιακά, ενέχει πολλούς κινδύνους για την ασφαλή και αξιόπιστη λειτουργία των δικτύων. Στις απελευθερωμένες αγορές, βασικό κριτήριο αποτελεί η ύπαρξη κέρδους από τις εμπορικές συναλλαγές ενέργειας, ενώ δεν γίνονται πάντα κατάλληλες επενδύσεις για την ενίσχυση του δικτύου με νέες μονάδες, με λογισμικό ή με εξοπλισμό για τη διατήρηση της αξιοπιστίας (Wito, 2001, ΠΣΔΜΗ, 2004, EASAC, 2009).

Στις ΗΠΑ, η κατάρρευση του δικτύου το 2003, είχε τα αίτια της στη λεγόμενη αναδόμηση που συνέβη τη δεκαετία του 1990. Μέχρι τότε, οι περισσότερες εταιρείες διεξήγαγαν και τις τρεις βασικές λειτουργίες, δηλαδή παρήγαγαν ενέργεια σε μεγάλα εργοστάσια, την μετέφεραν μέσω γραμμών υψηλής τάσης σε μετασχηματιστές, και κατόπιν την διένειμαν από εκεί στους πελάτες μέσω γραμμών χαμηλότερης τάσης. Σήμερα, πολλοί ανεξάρτητοι παραγωγοί πωλούν ενέργεια μέσω των γραμμών μεταφοράς που κατέχουν. Ταυτόχρονα, εταιρείες έχουν πουλήσει μέρος των επιχειρήσεων τους, προκειμένου να ενισχύσουν τον ανταγωνισμό. Σταδιακά ο τομέας της μεταφοράς ενέργειας αποτέλεσε ένα μείγμα από ελεγχόμενες και απελευθερωμένες υπηρεσίες, που ελέγχουν επιμέρους κομμάτια. Οι επενδυτές βρήκαν ελκυστική την πλήρως απελευθερωμένη αγορά ενέργειας, και αυτό είχε ως συνέπεια μεγάλα ποσά ενέργειας, να ρέουν μέσω γραμμών μεταφοράς που είχαν δημιουργηθεί για τοπική χρήση πολλές δεκαετίες πριν. Όμως, ακόμη και εάν αυξηθεί η δυναμικότητα των γραμμών μεταφοράς, θα συνεχίσουν να υπάρχουν προβλήματα, εάν δεν αλλάξει ο εξοπλισμός ελέγχου, ώστε να γίνονται άμεσα αντιληπτές η αστοχία μίας γραμμής ή η πιθανότητα μεγάλης αστάθειας.

Στην Ιταλία και τη Βρετανία -χώρες με απελευθερωμένες αγορές ενέργειας- είχαν επίσης συμβεί μπλακάουτ το καλοκαίρι του 2003, και είχαν αποδοθεί ευθύνες στους ιδιώτες και στην έλλειψη υπευθυνότητας εκ μέρους τους (Χρυσολωρά, 2004). Σε χώρες όπου υπάρχουν περισσότερες από μία εταιρείες, γειτονικές εταιρείες διασυνδέουν τα δίκτυα τους μέσω γραμμών υψηλής τάσης, προκειμένου να βοηθήσουν η μία την άλλη, και να διατηρήσουν την κρίσιμη ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης ενέργειας στους πελάτες. Αυτή η διασύνδεση ενέχει διάφορους κινδύνους, όπως το να μεταδοθεί γρήγορα η διακοπή από ένα τμήμα και σε άλλα.

Στην Ελλάδα, η απελευθέρωση για την παραγωγή, μεταφορά, και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, ξεκίνησε το 1999 και υλοποιείται σταδιακά μέχρι σήμερα σύμφωνα με τα όσα προβλέπουν οι νόμοι: Ν. 2773/1999 "Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας-Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις", Ν. 3175/2003 "Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις", Ν. 4273/2014 "Δημιουργία νέας καθετοποιημένης εταιρείας ηλεκτρικής ενέργειας", Νόμος 4389/2016 - (Άρθρα 133-240) "Επείγουσες διατάξεις για την εφαρμογή της συμφωνίας δημοσιονομικών στόχων και διαρθρωτικών μεταρρυθμίσεων και άλλες διατάξεις", καθώς και η 11/4/2017 ψηφισθείσα Τροπολογία - Άρθρο 14 - «Ρύθμιση θεμάτων σχετικά με τον πλήρη ιδιοκτησιακό διαχωρισμό της Α.Δ.Μ.Η.Ε Α.Ε. από τη Δ.Ε.Η. Α.Ε.».



Εικόνα 4.2 Αλλαγές στις αρμοδιότητες ενεργειακών θεσμικών φορέων

Στην Ελλάδα, ταυτόχρονα με την σταδιακή απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, έχουν λάβει χώρα από το 1999 και εξής, σημαντικές αλλαγές στους θεσμικούς φορείς που εμπλέκονται στη διαχείριση των ηλεκτρικών δικτύων (Εικόνα 4.2). Αρχικά, η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) κάλυπτε τους κλάδους παραγωγής, μεταφοράς, και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (Ν. 1468/1950 "Περί ιδρύσεως της ΔΕΗ").

Με το νόμο Ν. 2773/99, συστάθηκαν δύο νέοι φορείς: η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) και ο Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.). Η ΡΑΕ, ορίζεται ως ανεξάρτητη αρχή, η οποία παρακολουθεί και ελέγχει τη λειτουργία της αγοράς ενέργειας, και εισηγείται στα αρμόδια όργανα τη λήψη των αναγκαίων μέτρων για την τήρηση των κανόνων του ανταγωνισμού και την προστασία των καταναλωτών. Ο ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε., ορίζεται ως εταιρεία που διαχειρίζεται το Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, και σκοπός της είναι η λειτουργία, η εκμετάλλευση, η διασφάλιση της συντήρησης και η μέριμνα για την ανάπτυξη του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας σε ολόκληρη τη χώρα, καθώς και των διασυνδέσεών του με τα άλλα δίκτυα, για να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια, κατά τρόπο επαρκή, ασφαλή, οικονομικά αποδοτικό και αξιόπιστο.

Με το νόμο Ν. 4001/2011 «Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις» έγινε ανασύσταση των ενεργειακών φορέων και των αρμοδιοτήτων τους. Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) διατηρήθηκε -επιφορτισμένη με νέες, σημαντικά αυξημένες, εκτελεστικές αρμοδιότητες- ενώ συστάθηκαν τρεις νέοι φορείς:

α) Ο Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΗΕ Α.Ε.), με αρμοδιότητα να εφαρμόζει τους κανόνες για τη λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου και των κατ' εξουσιοδότηση αυτού εκδιδόμενων πράξεων και ιδίως τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό. Ο ΛΑΓΗΕ ΑΕ ασκεί τις δραστηριότητες που ασκούσαν από το ΔΕΣΜΗΕ ΑΕ, πλην εκείνων που κατά μεταφέρονται στον ΑΔΜΗΕ ΑΕ.

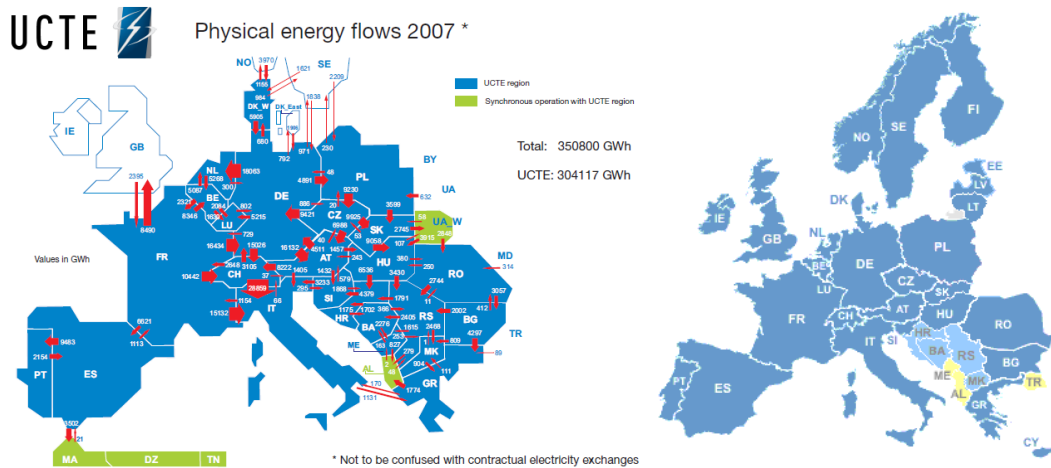
β) Ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ Α.Ε.), που έχει την ευθύνη της διαχείρισης, λειτουργίας, ανάπτυξης και συντήρησης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και των διασυνδέσεών του.

γ) Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.), έχει την ευθύνη για την διαχείριση, ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, και οι αλλαγές στις αρμοδιότητες/υπευθυνότητες των ενεργειακών θεσμικών φορέων, διαφοροποιεί τους κινδύνους κατά τη λειτουργία και διαχείριση των δικτύων, και για το λόγο αυτό απαιτείται ο σχεδιασμός σύγχρονων συστημάτων εποπτείας, που θα καλύπτουν κατάλληλα τις απαιτήσεις που δημιουργούνται μέσα στα νέα πιο πολύπλοκα και αποκεντρωμένα περιβάλλοντα ελέγχου (Lehtonen & Nye, 2009).

4.5.4 Διακρατικές Συνδέσεις

Τα διασυνδεδεμένα ηλεκτρικά δίκτυα σε όλες τις χώρες, αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα και πιο σύνθετα δημιουργήματα του ανθρώπου (Overbye, 2000). Η Ένωση για το Συντονισμό της Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (UCTE -Union for the Coordination of the Transmission of Electricity), συντονίζει τη λειτουργία και την ανάπτυξη των δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας για το ηπειρωτικό ευρωπαϊκό δίκτυο, παρέχοντας μία αξιόπιστη πλατφόρμα για τους συμμετέχοντες στην εσωτερική ηλεκτρική αγορά, από το 1951. Η UCTE από το 1999, έχει κάνει τα τεχνικά πρότυπα πιο δεσμευτικά, μέσω του Εγχειριδίου Λειτουργίας και της Πολύπλευρης Συμφωνίας μεταξύ των μελών της. Τα πρότυπα αυτά, έχουν καταστεί απαραίτητα για την αξιόπιστη λειτουργία των δικτύων υψηλής τάσης που δουλεύουν στη συχνότητα των 50Hz, η οποία συνδέεται με την ονομαστική ισορροπία μεταξύ παραγωγής και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας 500 εκατομμυρίων ανθρώπων, σε ένα από τα μεγαλύτερα δίκτυα ηλεκτρικής σύγχρονης διασύνδεσης στον κόσμο (Εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.3 Διακρατικές Ροές Ενέργειας (πηγή: UCTE)

Την 1 Ιουλίου 2009 όλα τα λειτουργικά καθήκοντα της UCTE μεταφέρθηκαν στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (European Network of Transmission System Operators for Electricity - ENTSO-E). Δημιουργήθηκε έτσι, ένας ενιαίος φορέας που αριθμεί 34 χώρες μέλη, και συντονίζει θέματα τεχνικά, θέματα αγοράς και θέματα πολιτικής μεταξύ των χρηστών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, των Ευρωπαϊκών φορέων, των ρυθμιστών, και των εθνικών κυβερνήσεων.

Η Ελλάδα είναι μέλος του ENTSO-E, και το διασυνδεδεμένο ελληνικό σύστημα λειτουργεί σύγχρονα και παράλληλα με το υπόλοιπο διευρωπαϊκό σύστημα μεταφοράς, υπό την εποπτεία του «Ανεξάρτητου Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) ΑΕ» (πρώην Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας-ΔΕΣΜΗΕ), ο οποίος εκπροσωπεί την Ελλάδα στην ENTSO-E. Η Ελλάδα έχει συνάψει διμερείς συμβάσεις ανταλλαγής ενέργειας (π.χ. με Ιταλία, Αλβανία, Π.Γ.Δ.Μ., Βουλγαρία, και Τουρκία).

Οι διασυνοριακές ροές ενέργειας είναι σαφώς μεγαλύτερες απ' ότι στο παρελθόν και, είτε λόγω των μικρών επενδύσεων στην αύξηση της δυναμικότητας μεταφοράς, είτε λόγω περιβαλλοντικών θεμάτων που αφορούν τις γραμμές υψηλής τάσης, τα δίκτυα μεταφοράς φτάνουν όλο και περισσότερο στα όρια τους, αυξάνοντας τις πιθανότητες εμφάνισης ενός μπλακάουτ. Οι τάσεις που επικρατούν στις σύγχρονες αγορές ενέργειας (συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση, γεωγραφική εξάπλωση και εισαγωγή νέων τεχνολογιών), θέτουν επιπλέον προκλήσεις για τη σταθερότητα και τη λειτουργική ασφάλεια των δικτύων. Στις 4 Νοεμβρίου 2006, μία ανισορροπία στο Δυτικό τμήμα του δικτύου της UCTE, προκάλεσε διαταραχές στη συχνότητα, οι οποίες με τη σειρά τους οδήγησαν στο διαμοιρασμό του δικτύου σε τρεις περιοχές και στη διακοπή παροχής ενέργειας σε περισσότερα από 15 εκατομμύρια νοικοκυριά, ευτυχώς για ένα μικρό χρονικό διάστημα (UCTE, 2007).

Από τις μελέτες που έχουν γίνει για μπλακάουτ (IRGC, 2006), έχει προκύψει ότι μεμονωμένα γεγονότα (π.χ. βραχυκύκλωμα γιατί κάποια γραμμή ακούμπησε σε δέντρο, υπερφόρτιση γραμμής ή απόρριψη γραμμής λόγω υπέρτασης) μπορεί να δημιουργήσουν ένα μαζικό πρόβλημα σε ένα σύστημα που λειτουργεί κοντά στα όρια του, με γραμμές μεταφοράς που διανύουν μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον, η δυσλειτουργία κρίσιμου εξοπλισμού (πιθανώς λόγω ανεπαρκούς διάγνωσης) και η συμπεριφορά του εξοπλισμού προστασίας (πιθανώς με ρυθμίσεις διαφορετικές από αυτές που θα έπρεπε), καθιστούν πιο περίπλοκη τη διαχείριση αυτών των γεγονότων, ενώ οι διαθέσιμοι αυτοματισμοί αποδεικνύονται ανεπαρκείς.

Η αύξηση στις διακρατικές ροές ενέργειας, αποτελεί μία αναδυόμενη τάση στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας, που θέτει αυξημένες νοητικές απαιτήσεις στους χειριστές των Συστημάτων Μεταφοράς. Οι χειριστές έχουν να αντιμετωπίσουν ανταλλαγές ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις, με τις μονάδες διαθέσιμων αποθεμάτων να βρίσκονται όλο και πιο μακριά από τα κέντρα βασικής ζήτησης. Επιπλέον, η αυξημένη διασύνδεση μεταξύ των εθνικών συστημάτων μεταφοράς, σημαίνει ότι γεγονότα στο δίκτυο μίας χώρας μπορεί να έχουν επίδραση πέρα από τα εθνικά σύνορα, και να επηρεάσουν καταναλωτές που βρίσκονται πολύ μακριά από το αρχικό συμβάν (Nies, 2010). Ακριβείς αναλύσεις κατάστασης και κατάλληλη απεικόνιση επιλεγμένης πληροφορίας για τα διασυνδεδεμένα δίκτυα είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς τα δίκτυα μεταφοράς λειτουργούν όλο και περισσότερο κοντά στα ονομαστικά τους όρια. Κάθε χειριστής πρέπει να διαθέτει πληροφορία για το δικό του δίκτυο, σε πολλαπλά επίπεδα και βαθμούς λεπτομέρειας, ενώ θα πρέπει να έχει πρόσβαση και σε πληροφορία για τα γειτονικά δίκτυα, η οποία θα πρέπει να δίνεται μέσα από κατάλληλες συνοπτικές απεικονίσεις (Bretthauer & Nelles, 2001).

4.5.5 Διαθεσιμότητα ενεργειακών πόρων και μονάδων

Η δυνατότητα πρόληψης, διαχείρισης, και αποκατάστασης μίας κρίσιμης κατάστασης, συνδέεται άμεσα με την επάρκεια ενέργειας, την γεωγραφική κατανομή των ενεργειακών μονάδων, τον τρόπο και ρυθμό επέκτασης και αναβάθμισης του δικτύου, καθώς και το επίπεδο συντήρησης του εξοπλισμού του.

Επάρκεια ενέργειας

Η σύνθετη αλληλεπίδραση μεταξύ κοινωνικών και φυσικών παραμέτρων διαμορφώνει συχνά μία μη-γραμμική δυναμική, σε ό,τι αφορά την τοπική, αλλά και την ευρύτερη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (Fink & Carlsen, 1978, ΠΣΔΜΗ, 2004,). Οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και την απόδοση του εξοπλισμού, τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν την ποιότητα της ηλεκτρικής ενέργειας (συχνότητα, τάση, αξιοπιστία) και το κόστος της.

Στο μπλακάουτ στις 12/7/2004 στην Ελλάδα, η πτώση τάσης στη γραμμή μεταφοράς υπερυψηλής τάσης, οφείλεται σε αδυναμία μεταφοράς άεργου ισχύος, η οποία απαιτήθηκε από το σύστημα σαν αποτέλεσμα της ζήτησης από μεγάλο αριθμό κλιματιστικών μονάδων που προστίθεντο συνεχώς στο δίκτυο από το πρωί, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος (38° στο κέντρο της Αθήνας). Η επάρκεια του συστήματος το 2004 στηριζόταν στις εισαγωγές ενέργειας, καθώς το Υπουργείο Ανάπτυξης με το Υπουργείο Ενέργειας της Ιταλίας είχαν συμφωνία, σύμφωνα με την οποία διασφαλιζόταν η επαρκής ροή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω Ιταλίας, και η παροχή προτιμησιακού δικαιώματος για τις αναγκαίες εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας, στην περίοδο των Ολυμπιακών αγώνων. Το διάστημα μετά το μπλακάουτ, διατυπώθηκαν διαφορετικές απόψεις γύρω από το θέμα της επάρκειας. Η ΔΕΗ ανέφερε ότι δεν υπήρχε πρόβλημα ισχύος, καθώς υπήρχε εφεδρική ισχύς 800 MW, αλλά ο ΔΕΣΜΗΕ δεν ζήτησε να αξιοποιηθεί καμία από τις δυνατότητες αυτές. Ο ΔΕΣΜΗΕ απάντησε ότι δεν αρκεί μόνο η ύπαρξη εφεδρείας, αλλά μονάδες που θα βρίσκεται κοντά στη ζήτηση στην Αττική, για αυτό επελέγη η μονάδα του Λαυρίου .

Για να μην φτάνει το δίκτυο σε οριακή κατάσταση, θα πρέπει να υπάρχουν οι απαραίτητες εφεδρείες, σύμφωνα με τα κριτήρια που θέτουν οι διεθνείς οργανισμοί, και να γίνεται κατάλληλη αξιοποίηση τους.

Γεωγραφική Κατανομή Μονάδων

Πέρα από την επάρκεια ισχύος βάσει της απλής εξίσωσης προσφοράς-ζήτησης, σημαντικό ρόλο παίζει η ποιότητα και τα χαρακτηριστικά της ισχύος που καλείται ανά πάσα στιγμή να καλύψει το σύστημα. Στις 12/7/2004, ενώ το δίκτυο μπορούσε να καλύψει την ενεργό ισχύ, δεν μπορούσε να καλύψει τα επιπλέον 300 MVAR άεργου ισχύος που προστέθηκαν από κλιματιστικά. Η έλλειψη ικανής διαθέσιμης άεργου ισχύος, οφειλόταν σε χρόνιες δυσλειτουργίες του όλου διασυνδεδεμένου συστήματος, και στην έλλειψη επαρκούς εγκατεστημένης ισχύος στο Λεκανοπέδιο Αττικής ή εγγύς αυτού (ΠΣΔΜΗ, 2004). Το πρόβλημα με την άεργο είναι ότι δεν μεταφέρεται εύκολα, έτσι εάν μία περιοχή χρειαστεί ξαφνικά άεργο ισχύ (ανάγκη που δημιουργείται από απώλεια μίας ή δύο παραγωγικών μονάδων ή από ταυτόχρονη χρήση κλιματιστικών και άλλων φορτίων εξαιτίας μεγάλου καύσωνα), τότε θα χρειασθεί να υπάρχει διαθέσιμη πολλαπλασίου μεγέθους άεργος ισχύς σε άλλο γεωγραφικό διαμέρισμα, ώστε αυτή μεταφερόμενη στην περιοχή ανάγκης, να φτάσει ως κλάσμα της αρχικής ισχύος. Επιπλέον, ακόμα και να λαμβανόταν μία τέτοια απόφαση, δεν θα μπορούσε να εκτελεστεί μέσα σε λίγα λεπτά της ώρας, χωρίς να έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες ρυθμίσεις.

Κύριο χαρακτηριστικό του Διασυνδεδεμένου συστήματος της χώρας μας, αποτελεί η συγκέντρωση μεγάλου δυναμικού παραγωγής στο Βορρά, ενώ το κύριο κέντρο κατανάλωσης βρίσκεται στο Νότο (ΠΣΔΜΗ, 2004). Όπως φάνηκε από το μπλακάουτ 2004, η ανισορροπία του Συστήματος (Παραγωγή στο Βορρά- Κατανάλωση στο Νότο) μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα τάσεων.

Επέκταση και Αναβάθμιση του Δικτύου

Ο προγραμματισμός διασφαλίζει ότι ο απαιτούμενος εξοπλισμός παραγωγής, μεταφοράς, και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, θα είναι πάντα διαθέσιμος για να καλύψει τη ζήτηση (EASAC, 2009). Ο σχεδιασμός επέκτασης του δικτύου, πρέπει να γίνεται με τρόπο σύμφωνο προς τις βραχυχρόνιες και μακροχρόνιες ανάγκες που παρουσιάζονται στα ηλεκτρικά δίκτυα (Art et al., 2004b).

Στη Ελλάδα, από το Νοέμβριο του 2003 μέχρι το Μάρτιο του 2004, δεν είχαν γίνει οι απαραίτητες ενέργειες για την αναβάθμιση και αναγκαία επέκταση των δικτύων μεταφοράς, ώστε να μην δημιουργούνται επικίνδυνες καταστάσεις στο ηλεκτρικό σύστημα, που συσσωρεύονται λόγω της ετεροβαρούς τοπολογίας της παραγωγής και της κατανάλωσης (Βορράς – Νότος), και ιδιαίτερα τα προβλήματα στο πέταλο κατανάλωσης των ΚΥΤ 400/150KV Αχαρνών-Κομουνδούρου – Παλλήνη (ΠΣΔΜΗ, 2004).

Στο ελληνικό δίκτυο, την περίοδο του 2004 είχαν αποφασιστεί και άλλες ενισχύσεις του δικτύου (εγκατάσταση νέων αυτομετασχηματιστών, πολλών νέων συστοιχιών πυκνωτών στη μέση και υψηλή τάση, νέων Κέντρων Διανομής, νέων καλωδίων στην περιοχή Αττικής), προκειμένου να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση του φαινομένου αστάθειας των τάσεων και την αύξηση της δυνατότητας μεταφοράς ισχύος προς την Α. Στερεά και την Αττική. Στην πράξη διαπιστώνεται ότι, ενώ πραγματοποιούνται έργα, δημιουργούνται ισόποσες νέες ανάγκες από κλιματιστικές μονάδες και άλλα φορτία (π.χ. τραμ, προαστιακός, νέες ξενοδοχειακές μονάδες).

Γενικά, σε όλα τα κράτη απαιτούνται περισσότερες γραμμές υψηλής τάσης, προκειμένου να καλυφθεί η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση που δημιουργείται από τα όλο και περισσότερα κλιματιστικά, ηλεκτρονικούς υπολογιστές και επαναφορτιζόμενες συσκευές.

Συντήρηση Δικτύου

Οι δυσλειτουργίες ή οι βλάβες σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφή εξοπλισμού ή σε ένα μπλακάουτ, με συνέπεια σημαντικές οικονομικές απώλειες. Στα σημαντικά μπλακάουτ που έγιναν στην Ελλάδα, στην Ιταλία, στην Σκανδιναβία, και στη Νέα Υόρκη, εμπλέκονται γεγονότα τα οποία οφείλονται και σε αστοχία υλικού του συστήματος μεταφοράς (π.χ. έπεσε μία γραμμή μεταφοράς, χάλασε ένας ΜΣ). Παρότι είναι σημαντικό να ελέγχεται περιοδικά η κατάσταση του εξοπλισμού, των αισθητήρων και των διαφόρων μηχανισμών, αυτό δεν γίνεται με συστηματικό τρόπο, γιατί έχει κόστος το οποίο σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους δεν αποτελεί προτεραιότητα. Για το λόγο αυτό, γίνονται προσπάθειες να καθιερωθεί η συντήρηση μέσα σε κανονισμούς και πρότυπα, προκειμένου να επιβληθεί (Apt et al., 2004a).

Η συντήρηση του εξοπλισμού και του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο αναπτύσσεται το δίκτυο (π.χ. Κλάδεμα δέντρων κλπ), πρέπει να αντιμετωπίζονται μέσα από την οπτική του κόστους της ζημιάς που μπορεί να προκαλέσουν, αν δεν γίνουν όταν πρέπει. Σημαντικό είναι επίσης, να γίνεται κατάλληλος χρονικός προγραμματισμός της συντήρησης του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος εξοπλισμού του δικτύου, σύμφωνα με τις συνθήκες λειτουργίας κάθε δικτύου, καθώς και να αποφασίζονται άμεσα οι κατάλληλες τροποποιήσεις όταν προκύψει κάποιο έκτακτο γεγονός. Στην Αμερική και στην Ιταλία, γεννήτριες και εξοπλισμός των γραμμών μεταφοράς βρίσκονταν σε προγραμματισμένη συντήρηση τις ημέρες που εξελίσσονταν τα γεγονότα που οδήγησαν σε μπλακάουτ (Vogorai & Hammons, 2008a). Στην Ελλάδα, την περίοδο του 2004 λόγω κατασκευής των Ολυμπιακών έργων, υπήρξε έλλειψη συνεργείων και κατά συνέπεια δυσκολία επισκευής των καλωδίων, ενώ για κάποιες γραμμές 150kV είχε διαπιστωθεί έλλειψη ανταλλακτικών (ΠΣΔΜΗ, 2004). Για να αποφεύγονται τέτοια περιστατικά, είναι σημαντικό να υπάρχει μέριμνα για επάρκεια ανταλλακτικών για τη συντήρηση, καθώς και για διαθεσιμότητα των κατάλληλων συνεργείων που εκτελούν τις συντηρήσεις.

4.5.6 Εξοπλισμός Εποπτείας Δικτύων

Υπάρχουν περιπτώσεις, όπου επιμέρους γεγονότα που συνέβαλλαν στην εκδήλωση ενός μπλακάουτ, οφείλονταν στο γερασμένο εξοπλισμό του συστήματος ελέγχου, που δεν ήταν σε θέση να υποστηρίξει τις σύγχρονες απαιτήσεις εποπτείας και ελέγχου των δικτύων (Korzyk & Yurcik, 2002). Σε πολλά δίκτυα, η πλειοψηφία του εξοπλισμού που επιβλέπει ή ελέγχει τη ροή της ενέργειας είναι τεχνολογίας του 1970. Ένα τέτοιο σύστημα, δεν είναι ικανό να παρακολουθηθεί διαταραχές σε πραγματικό χρόνο, ή να ανταποκριθεί αυτόματα, απομονώνοντας προβλήματα πριν αυτά πάρουν μορφή χιονοστιβάδας. Κάθε κόμβος στο δίκτυο, πρέπει να βρίσκεται σε επαγρύπνηση ανταπόκρισης, και να βρίσκεται σε επικοινωνία με κάθε άλλο κόμβο. Επιπλέον, η πληροφορία που λαμβάνουν οι χειριστές στα κέντρα ελέγχου, έχει κάποια seconds χρονική υστέρηση, μη επιτρέποντας σε κάποιες περιπτώσεις στους χειριστές να αντιδράσουν όσο γρήγορα χρειάζεται για να σταματήσουν συγκεκριμένες ακολουθίες γεγονότων.

Στα σύγχρονα δίκτυα, «έξυπνοι επεξεργαστές» που είναι καταμετρημένοι κατά μήκος του δικτύου, αντιδρούν κατάλληλα όταν εμφανιστούν πρόδρομα φαινόμενα ενός μπλακάουτ. Οι Amin & Svhewe (2007) επισημαίνουν ότι ένα αυτοδιορθωνόμενο έξυπνο δίκτυο (Self-Healing Smart Grid) - δηλαδή ένα δίκτυο το οποίο αντιλαμβάνεται τα προβλήματα εν τη γενέσει τους, και μπορεί να ανασχηματισθεί προκειμένου να επιλύσει το πρόβλημα- θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά τα μπλακάουτ. Θα επέτρεπε την καλύτερη ροή ενέργειας, εξοικονομώντας για τις εταιρείες και τους πελάτες πολλά εκατομμύρια δολάρια, κατά τη διάρκεια της συνήθους λειτουργίας.

Στις ΗΠΑ, σε μελέτη που είχε γίνει το 2007 σχετικά με το κόστος δημιουργίας και συντήρησης ενός «έξυπνου δικτύου», είχε εκτιμηθεί ότι η εγκατάσταση του σε όλο το δίκτυο μεταφοράς και διανομής, θα έφτανε τα \$10-\$13 δις δολάρια το χρόνο για δέκα χρόνια, ενώ επιπλέον χρήματα θα απαιτούνταν και για την εκπαίδευση των χειριστών. Τα κόστη αυτά ακούγονται υψηλά, αλλά οι οικονομικές απώλειες από τις διακοπές ηλεκτροδότησης σε όλες τις ΗΠΑ, είναι γύρω στα \$70-\$120 δις δολάρια το χρόνο. Παρότι ένα μεγάλης έκτασης μπλακάουτ συμβαίνει περίπου μία φορά στα 10 χρόνια, κάθε μέρα περίπου 500,000 κάτοικοι των ΗΠΑ, είναι χωρίς ηλεκτρική ενέργεια για δύο ώρες ή και περισσότερο.



Εικόνα 4.4 Έξυπνος Μετρητής (πηγή: www.gegridsolutions.com)

Στην Ελλάδα, ο νόμος N4001/2011 "Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις", προέβλεπε την Εφαρμογή ευφυών

συστημάτων μέτρησης στα δίκτυα διανομής. Το 2016, δρομολογήθηκε το έργο «Πιλοτικό Σύστημα Τηλεμέτρησης και Διαχείρισης της ζήτησης Παροχών Ηλεκτρικής Ενέργειας Οικιακών και Μικρών Εμπορικών Καταναλωτών και Εφαρμογής Έξυπνων Δικτύων» (ENERGYPRESS, 2012, ΤΟ ΒΗΜΑ, 2016). Οι έξυπνοι μετρητές (smart meters, Εικόνα 4.4) θα αντικαταστήσουν το παραδοσιακό ρολόι μέτρησης κατανάλωσης ρεύματος κάθε καταναλωτή, προσφέροντας μεταξύ άλλων δυνατότητες τηλεχειρισμών στο διαχειριστή του δικτύου.

Τα έξυπνα δίκτυα συνεπάγονται πιο εντατική χρήση υπηρεσιών πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών. Έτσι, ενώ παρέχονται νέες δυνατότητες, αυξάνεται η έκθεση των ηλεκτρικών δικτύων σε αστοχίες εξοπλισμού και στοχευμένες επιθέσεις (Kroger, 2008, Westby & Allen, 2007, Hoag, 2004). Ο κίνδυνος πρόκλησης ενός περιορισμένου ή εκτεταμένου μπλακάουτ, μέσω διαδικτυακής επίθεσης στα συστήματα ελέγχου, είναι πιο πιθανός από ποτέ τη σύγχρονη εποχή (E-ISCAC, 2016). Έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Ασφάλεια Δικτύων και Πληροφοριών (ENISA) αναφέρει ότι: «Καθώς τα δίκτυα δεν περιορίζονται πλέον από φυσικούς ή γεωγραφικούς φραγμούς, μια επίθεση σε έξυπνο δίκτυο ενέργειας κάποιας χώρας, θα μπορούσε να παραβιάσει φυσικά και εικονικά σύνορα, προκαλώντας ένα χειμάρρο βλαβών» (SEPE, 2016).

Πρόκληση για τους διαχειριστές των σύγχρονων συστημάτων ελέγχου, αποτελεί το γεγονός ότι οι δικτυακοί κίνδυνοι πρέπει να αντιμετωπιστούν σε πραγματικό χρόνο, χωρίς να υπάρχει συνήθως προηγούμενη εμπειρία σε επίθεση με όμοια χαρακτηριστικά. Νέα τεχνολογία απαιτείται, προκειμένου να ενισχυθεί η ασφάλεια της εποπτείας, του ελέγχου και των τηλεπικοινωνιών στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας (Amin, 2010).

4.6 Απεικόνιση πληροφορίας για το δίκτυο

Κατά τη διερεύνηση πολλών μπλακάουτ στο εξωτερικό, έχει διαπιστωθεί ότι η αλληλεπίδραση των ανθρώπινων χειριστών μεταξύ τους, καθώς και με το σύστημα διαχείρισης ενέργειας των δικτύων (Energy management system) και γενικότερα με τον εξοπλισμό των αιθουσών ελέγχου, έχει παίξει πολύ σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη και αντιμετώπιση των μπλακάουτ.

Στο μαζικό και μεγάλο κόστους μπλακάουτ που συνέβη στις 13/7/1977 στη Νέα Υόρκη, ένας από τους παράγοντες που συνέβαλαν στην εξέλιξη του συμβάντος, ήταν η προσδοκία ενός χειριστή για τη συνήθη ένδειξη της ροής ρεύματος σε μία συγκεκριμένη γραμμή (Fink & Carlsen, 1978, U.S. Department of Energy, 2004a). Συνήθως η γραμμή αυτή είχε λίγο ή καθόλου φορτίο. Ο χειριστής δεν γνώριζε ότι υπήρχαν δύο αστοχίες σε ρελαί- μία που οδηγούσε σε μέγιστη ροή πάνω στη γραμμή, και μία δεύτερη που μπλοκάριζε τη ροή στη συγκεκριμένη γραμμή. Ο χειριστής αντιμετώπισε τη μηδενική ένδειξη ως φυσιολογική. Στην πραγματικότητα ήταν μη-φυσιολογική, αλλά κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες που προαναφέρθηκαν. Αυτή η αμφιβολία οδήγησε σε μία -σύμφωνα με τα πρότυπα- αλληλουχία ενεργειών, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα σε άλλα τμήματα του συστήματος, που οδήγησαν τελικά στο σταμάτημα του συστήματος. Σε ό,τι αφορά την ύπαρξη ενδείξεως για το πρόβλημα, το μόνο που μπορούσε να δει ο χειριστής ήταν ότι είχαν σβήσει τα φώτα στην αίθουσα ελέγχου.

Στο μπλακάουτ του 1982 στη Δυτική Ακτή της Αμερικής (U.S. Department of Energy, 2004a), διαπιστώθηκε ότι ο όγκος δεδομένων και η μορφοποίηση με την οποία παρουσιάζονταν τα δεδομένα στους χειριστές, καθιστούσε δύσκολο το να εκτιμήσουν την έκταση της διαταραχής, καθώς και το ποιες διορθωτικές ενέργειες έπρεπε να κάνουν.

Το μεγάλο μπλακάουτ που συνέβη στις 10/8/1996 στην Αμερική, προέκυψε από ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου, το οποίο οδήγησε σε διαδοχικές συνέπειες, μετά από ένα μικρό πρόβλημα υπέρβασης φορτίου στην περιοχή του Όρεγκον (Korzyk & Yurcik, 2002). Η ευπάθεια του συστήματος σε μικρά σφάλματα είναι χαρακτηριστική σε αυτή την περίπτωση, καθώς οδήγησε σε μπλακάουτ 11 πολιτείες και 2 περιοχές του Καναδά, άφησε χωρίς ρεύμα 100 εκατομμύρια ανθρώπους, και προκάλεσε ζημιές κόστους \$1.5 δισεκατομμυρίων. Πρακτικά, αυτό που συνέβη ήταν ότι οι χειριστές αντιλήφθηκαν το πρόβλημα που συνέβη από το αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου, και αντέδρασαν στέλνοντας περισσότερη ισχύ αντί λιγότερη στο Όρεγκον. Στο Όρεγκον, ο επικεφαλής χειριστής δεν γνώριζε πώς να ακυρώσει την εντολή αποστολής περισσότερης ισχύος, με συνέπεια να συμβεί μία μεγάλη απότομη αύξηση ισχύος (500+ Megawatts). Το τοπικό περιφερειακό δίκτυο δεν μπορούσε να ελέγξει αυτή την αύξηση ισχύος, με συνέπεια να συμβούν εκτεταμένες καταστροφικές απώλειες ισχύος. Ένα ανοιχτό ερώτημα που προέκυψε από αυτό το μπλακάουτ, είναι το εάν ένας βελτιωμένος διαμεσολαβητής που θα διατηρούσε τον άνθρωπο εντός του κύκλου δράσης, θα μπορούσε να είχε μειώσει ή εμποδίσει τις συνέπειες του λανθασμένου χειρισμού και των συνεπειών που αυτός είχε, καθώς η ανεπαρκής ανθρώπινη εποπτεία των ενσωματωμένων αισθητήρων, προσδιορίστηκε ως ένας από τους παράγοντες που συνέβαλαν στο συμβάν (Korzyk & Yurcik, 2002, Su & Yurcik, 2005).

Για το μπλακάουτ στην Αμερική στις 14 Αυγούστου 2003, μελετώντας κανείς την χρονική εξέλιξη των γεγονότων (§4.3.1), δημιουργείται το ερώτημα γιατί μέσα στο κρίσιμο χρονικό διάστημα δεν έγινε καμία ενέργεια. Σύμφωνα με τα όσα προκύπτουν από την Έκθεση για το μπλακάουτ, η απάντηση στο ερώτημα είναι η ανεπαρκής ενημερότητα κατάστασης, και η αδυναμία των εμπλεκόμενων φορέων να παρέχουν αποτελεσματική διαγνωστική υποστήριξη. Σύμφωνα με την έκθεση, σε επίπεδο εξοπλισμού και μέσων απεικόνισης τα προβλήματα εντοπίζονται: στην αίθουσα ελέγχου της Εταιρείας Ενέργειας, σε αστοχία της Εφαρμογής Συναγερμών, σε απουσία Οθόνης Απεικόνισης Τοίχου, σε αργό χρόνο ανανέωσης των ενδείξεων στο Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων SCADA, ενώ σε

κάποιοι από τους εμπλεκόμενους φορείς διαχείρισης του δικτύου ενέργειας, δεν υπήρχαν μονογραμμικά διαγράμματα που να δείχνουν την τρέχουσα κατάσταση των στοιχείων του δικτύου της εταιρείας παροχής ενέργειας.

4.7 Χειριστές του Συστήματος

Οι εργαζόμενοι στο σύστημα έχουν διπλό ρόλο, καθώς μπορούν να δημιουργήσουν, αλλά και να εμποδίσουν κρίσιμα συμβάντα. Κατά την ανάλυση κρίσιμων συμβάντων, μοιάζει πολλές φορές σαν οι εμπλεκόμενοι σε αυτά, να εκτελούσαν σκόπιμα ενέργειες που θα οδηγούσαν αναπόφευκτα σε μη επιθυμητά αποτελέσματα (Cook, 1998). Όμως η ενέργεια κάθε εμπλεκόμενου ενέχει πάντα ένα ρίσκο, αφού το αποτέλεσμα είναι αβέβαιο. Βέβαια, ο βαθμός αβεβαιότητας δεν είναι πάντα ο ίδιος. Η εκ των υστέρων ανάλυση των κρίσιμων συμβάντων, δείχνει ότι η επιλογή δεν ήταν η κατάλληλη, μπορεί όμως η λήψη του ίδιου ρίσκου σε άλλη περίπτωση, να οδηγούσε σε επιτυχή αντιμετώπιση μίας κατάστασης.

Η σύνδεση μεταξύ των παραγωγικών στόχων, της αποτελεσματικής χρήσης των πόρων, και του αποδεκτού ρίσκου για τις μικρές ή μεγάλες συνέπειες των κρίσιμων συμβάντων, δεν είναι πάντα καθορισμένοι με σαφή τρόπο. Η ασάφεια αυτή συχνά ξεκαθαρίζει, όταν οι χειριστές του συστήματος αποφασίζουν και εκτελούν ενέργειες σε πραγματικό χρόνο. Μετά το κρίσιμο συμβάν, οι ενέργειες αυτές μπορεί να αξιολογηθούν ως «σφάλματα» ή «παραβιάσεις» (Besnard & Greathead, 2003), αλλά οι αξιολογήσεις αυτές είναι επηρεασμένες από το αποτέλεσμα που είχαν οι ενέργειες, και αγνοούν συχνά τις παραμέτρους (πίεση χρόνου, κοινωνικός αντίκτυπος μίας ενέργειας), που μπορεί να οδήγησαν τους χειριστές στο να ενεργήσουν με ένα συγκεκριμένο τρόπο. Η γνώση του αποτελέσματος, συχνά οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα γεγονότα που οδήγησαν στο συμβάν, θα έπρεπε να ήταν πιο προφανή για τους χειριστές όταν εξελισσόταν το συμβάν. Η εκ των υστέρων ανάλυση των συμβάντων, συχνά δεν επιτρέπει να αντιληφθούμε την οπτική των εργαζομένων για το πεδίο πριν εξελιχθεί το συμβάν. Η εκ των υστέρων γνώση, αποτελεί πάντα πρόβλημα στην διερεύνηση του συμβάντος, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν παράμετροι έμπειρης διαχείρισης του συστήματος.

Το ανθρώπινο λάθος (Κεφ.3-§3.1.3) μπορεί να αποτελεί την άμεση αιτία ενός μπλακάουτ, αλλά οι πραγματικές αιτίες βρίσκονται πολύ βαθύτερα μέσα στο ηλεκτρικό σύστημα (Apt et al., 2004a). Οι μετά από ένα κρίσιμο συμβάν «θεραπευτικές» ενέργειες για την εξάλειψη των ανθρώπινων λαθών, στηρίζονται συνήθως σε δραστηριότητες παρεμπόδισης του λάθους, που μπορεί να προκαλέσουν νέα κρίσιμα συμβάντα (Cook, 1998). Πολλές φορές οι «θεραπευτικές» ενέργειες, αντί να αυξάνουν την ασφάλεια, αυξάνουν τη συνοχή και την πολυπλοκότητα του συστήματος. Αυτό αυξάνει τις πιθανές υποβόσκουσες αστοχίες, και καθιστά πιο δύσκολο τον εντοπισμό των διαδρομών που οδηγούν σε ένα κρίσιμο συμβάν.

Τα ανθρώπινα λάθη μπορεί να δημιουργηθούν σε διαφορετικά επίπεδα ενός οργανισμού. Όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο, τόσο πιο εκτεταμένες είναι οι συνέπειες του, και τόσο μεγαλύτερη η επίδραση του. Οι Zhang et al. (2004) προτείνουν τη διερεύνηση των λαθών μέσα από διαφορετικά επίπεδα. Σε επίπεδο κατανεμημένου συστήματος, τα λάθη μπορεί να αποδοθούν στην κοινωνική δυναμική των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των επιμέρους κοινωνικών ομάδων, που αλληλεπιδρούν μέσω σύνθετης τεχνολογίας στο κατανεμημένο γνωσιακό σύστημα. Σε αυτό το επίπεδο τα λάθη οφείλονται κυρίως κοινωνικο-τεχνικούς παράγοντες, όπως ροή πληροφορίας, δυναμική ομάδας, πρακτική της νοητικής εργασίας, ανασχεδιασμός διαδικασιών, πολιτισμικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά. Σε επίπεδο οργανωτικής δομής, τα λάθη μπορούν να αποδοθούν σε παράγοντες που ενυπάρχουν στις οργανωτικές δομές όπως: συντονισμός, συνεργασία μεταξύ διαφορετικών μονάδων του συστήματος, τρόπος επικοινωνίας, οργανωσιακή μνήμη, ομαδική λήψη αποφάσεων (Reason, 1990, Teeni, 2001). Τα λάθη σε επίπεδο οργανωτικής δομής, συνδέονται επίσης με τις πολιτικές αντιμετώπισης αστοχιών, την κατανομή μη-επαρκών πόρων, την άσκηση πίεσης που οδηγεί σε «παράβλεψη» κάποιων παραμέτρων ασφαλείας, εσφαλμένη αντίληψη του μεγέθους και των συνεπειών μίας κρίσης/κινδύνου, καθώς και ανεπάρκεια πλάνων για την αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων.

Στο εξωτερικό, όταν συμβεί ένα μπλακάουτ συντάσσεται έκθεση, που καταλήγει σε μία λίστα συστάσεων για ενέργειες που πρέπει να γίνουν προκειμένου να μειωθούν οι πιθανότητες εμφάνισης ενός επόμενου μπλακάουτ (U.S. Department of Energy, 2004a.). Μετά από ένα εύλογο χρονικό διάστημα, συντάσσεται δεύτερη έκθεση, όπου γίνεται αξιολόγηση των μέτρων που ελήφθησαν (U.S. Department of Energy, 2004b). Οι συστάσεις που γίνονται, καλύπτουν πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες της λειτουργίας και ελέγχου του συστήματος, προτείνοντας θεσμικές αλλαγές, οργανωτικές αλλαγές, αλλαγές στους κανόνες λειτουργίας των δικτύων, τεχνολογικές αλλαγές, καθώς και αλλαγές που αφορούν την οπτική απεικόνιση του δικτύου στις αίθουσες ελέγχου.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΙΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

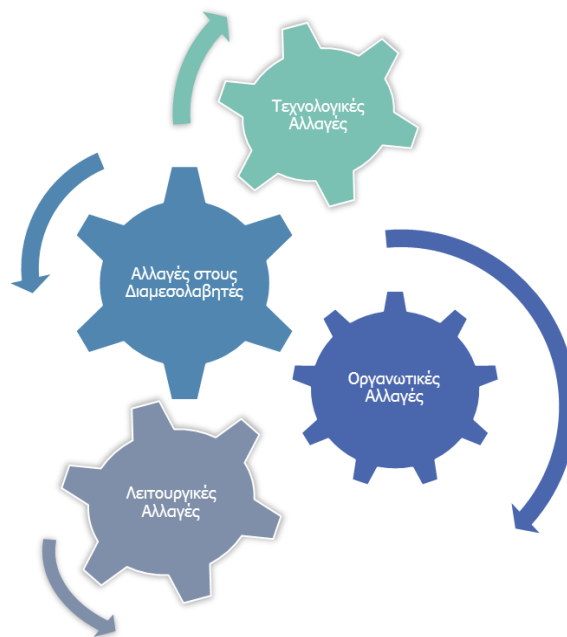
5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΙΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

5.1 Υλοποίηση Συστημικών αλλαγών

Τα σύγχρονα ηλεκτρικά δίκτυα αποτελούν πολύπλοκα συστήματα, τα οποία λειτουργούν σε ένα δυναμικά μεταβαλλόμενο –εσωτερικά και εξωτερικά– περιβάλλον (Κεφ.4-§4.5). Οι αλλαγές συμβαίνουν αφενός λόγω της φυσικής κοινωνικο-τεχνικής εξέλιξης των υποδομών, και αφετέρου λόγω στοχευμένων ενεργειών που γίνονται σε μία προσπάθεια αντιστάθμισης και αποφυγής των προβλημάτων (παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο), που οδηγούν τα ηλεκτρικά δίκτυα σε διαταραχές λειτουργίας ή σε μικρής ή μεγάλης έκτασης μπλακάουτ (Κεφ.4-§4.7).

Αλλαγές στα δίκτυα συμβαίνουν καθώς αυτά επεκτείνονται και αυξάνει το πλήθος των στοιχείων τους. Τεχνολογικές εξελίξεις στον κλάδο της ηλεκτρολογικής μηχανικής, επιβάλλουν αλλαγές στους αυτοματισμούς και τον εξοπλισμό εποπτείας των δικτύων (Orwat, 2011). Οι συνεχείς αλλαγές στην πληροφορική τεχνολογία και στη διάδραση ανθρώπου – υπολογιστή, εισάγουν συνεχώς αλλαγές στο περιβάλλον της αίθουσας ελέγχου. Αλλαγές στη νομοθεσία λειτουργίας στον τομέα της ενέργειας, καθώς και αλλαγές στην πολιτική της αγοράς ενέργειας, προκαλούν οργανωτικές αλλαγές στις εταιρείες παροχής ηλεκτρικού ρεύματος (Toner, 2012).

Οι αλλαγές σε κάθε τομέα λειτουργίας των δικτύων μπορεί να συμβαίνουν με αργούς ή με γρήγορους ρυθμούς, σύγχρονα ή ασύγχρονα με αλλαγές που πραγματοποιούνται σε άλλους τομείς. Στην πράξη, είτε μικρές αλλαγές, είτε ριζικές αλλαγές συμβούν σε ένα τομέα λειτουργίας, άμεσα προκαλούνται αλλαγές και στους άλλους τομείς (Εικόνα 5.1). Επίσης, στα ηλεκτρικά δίκτυα λόγω της συνέχειας που παρουσιάζουν από την παραγωγή μέχρι την διανομή, αλλαγές στα υψηλότερα επίπεδα λειτουργίας του ενιαίου δικτύου, αντανακλώνται στα χαμηλότερα επίπεδα όπως τα δίκτυα διανομής μέσης και χαμηλής τάσης. Αυτό συμβαίνει γιατί στα πολύπλοκα συστήματα, όταν ένα υποσύστημα του βρίσκεται σε φάση ανασχεδιασμού, αλλαγών, συνεχούς προσαρμογής και βελτίωσης, τότε οι αλλαγές-τροποποιήσεις-βελτιώσεις σε αυτό, πυροδοτούν αλλαγές και σε κάθε άλλο υποσύστημα που βρίσκεται σε άμεση σχέση μαζί του (Dekker et al., 2003, Clegg, 2000).



Εικόνα 5.1 Αλληλεπίδραση αλλαγών σε επιμέρους Τομείς Λειτουργίας

Μία αλλαγή που διαχέεται σε όλη την έκταση ενός συστήματος, επηρεάζοντας ένα μεγάλο μέρος αυτού ή και ολόκληρο το σύστημα, αποτελεί μία συστημική αλλαγή. Οι συστημικές αλλαγές προκαλούν μετασχηματισμούς που πηγαινούν πέρα από μεμονωμένα άτομα ή τομείς λειτουργίας, ωθώντας ολόκληρο το σύστημα να μεταβεί σε μία νέα κατάσταση, αφού πρώτα περάσει από διάφορα επιμέρους στάδια (επαναπροσανατολισμός, αναδιαμόρφωση, υποκατάσταση, προσαρμογή) (Geels & Schot, 2007).

Αλλαγή	Δομή	Τεχνολογικό Σύστημα	Διαμεσολαβητής
Μικρή	ανέπαφη	αλλάζει λίγο	νέος
Εξελικτική	ανέπαφη	ανασχεδιάζεται	νέος
Επαναστατική	νέα	ανασχεδιάζεται	νέος

Εικόνα 5.2 Βαθμός και Συνδυασμός αλλαγών στο σύστημα

Η Ockerman (2005) αναφερόμενη στις αλλαγές που μπορεί να συμβούν ταυτόχρονα στη δομή του συστήματος εργασίας, στο τεχνολογικό σύστημα εποπτείας και ελέγχου του συστήματος, και στο διαμεσολαβητή του, διακρίνει τις ακόλουθες περιπτώσεις (Εικόνα 5.2):

α) μικρή αλλαγή (minor Change), όπου η δομή του συστήματος εργασίας παραμένει ανέπαφη, το τεχνολογικό σύστημα εποπτείας αλλάζει λίγο, και εισάγεται καινούριος διαμεσολαβητής.

β) εξελικτική αλλαγή (evolutionary change), όπου η δομή του συστήματος εργασίας παραμένει ανέπαφη, το τεχνολογικό σύστημα εποπτείας ανασχεδιάζεται, και εισάγεται καινούριος διαμεσολαβητής.

γ) επαναστατική αλλαγή (revolutionary change), όπου εισάγεται νέα δομή εργασίας, το τεχνολογικό σύστημα εποπτείας ανασχεδιάζεται, και εισάγεται καινούριος διαμεσολαβητής.

Η πραγματοποίηση αλλαγών σε ένα σύστημα, αποτελεί παρέμβαση σε αυτό, και μπορεί να έχει σημαντικές συνέπειες στην ασφαλή λειτουργία του. Η ασφάλεια αποτελεί μία αναδυόμενη ιδιότητα των συστημάτων και το επίπεδο ασφάλειας σε κάθε σύστημα είναι δυναμικό. Συνεχείς συστημικές αλλαγές, καθιστούν βέβαιο ότι ο κίνδυνος και η διαχείριση του θα μεταβάλλονται συνεχώς (Cook, 1998, Orwat, 2011). Ο ρυθμός και ο τρόπος εισαγωγής των αλλαγών, καθορίζει το εάν το σύστημα θα μπορέσει να τις αφομοιώσει και να ισορροπήσει γύρω από αυτές, λειτουργώντας με ασφάλεια (Mulgan & Leadbeater, 2013).

Η υλοποίηση οργανωτικών αλλαγών και τεχνολογικών αλλαγών στον εξοπλισμό εποπτείας και ελέγχου των δικτύων και στους διαμεσολαβητές των αισθουσών ελέγχου (μέσα και τρόποι απεικόνισης πληροφορίας) σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, ενέχει κινδύνους, αλλά δημιουργεί και σημαντικές ευκαιρίες, οι οποίες εάν αξιοποιηθούν και συντονιστούν κατάλληλα, μπορούν να οδηγήσουν σε πιο ασφαλή και αποτελεσματική διαχείριση των δικτύων.

5.2 Οργανωτικές Αλλαγές

Οργανωτικές αλλαγές στο ηλεκτρικό σύστημα μίας χώρας, μπορεί να πραγματοποιηθούν είτε λόγω αλλαγής στη νομοθεσία για το ευρύτερο περιβάλλον ενέργειας, είτε λόγω αλλαγής στην πολιτική και τους στόχους των εταιρειών ηλεκτρικής ενέργειας (Κεφ.4-§4.5.3). Οι οργανωτικές αλλαγές στα ηλεκτρικά δίκτυα μεταβάλλουν: α) τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επικοινωνία επίσημα και ανεπίσημα, β) τους κανόνες, τις διαδικασίες και τις τυποποιημένες μεθόδους, που έχουν αναπτυχθεί σε βάθος χρόνου, τόσο για διαδικασίες ρουτίνας, όσο και για ασυνήθιστες καταστάσεις, γ) την ιεράρχηση των στόχων και τα κριτήρια λειτουργίας του ενεργειακού συστήματος, δ) την κατανομή των φυσικών, τεχνικών και ανθρώπινων πόρων του συστήματος, ε) τους ρόλους και τις αρμοδιότητες, σε ατομικό και συλλογικό επίπεδο (Ghosh & Apostolakis, 2005).

Η διαχείριση μίας κρίσιμης κατάστασης οριακών φορτίων στο δίκτυο στο πλαίσιο ενός νέου οργανωτικού σχήματος, μπορεί να φέρει τους χειριστές αντιμέτωπους με «μη-οικείες συνθήκες λήψης αποφάσεων» για το ποιος και πότε θα πάρει την κρίσιμη απόφαση απόρριψης φορτίων. Οι αλλαγές σε οργανωτικό επίπεδο απαιτούν επαναπροσδιορισμό των πρακτικών εργασίας, καθώς αυτές καθορίζουν την οργανωτική ποιότητα, την αξιοπιστία, την ανθεκτικότητα σε καταστροφικά συμβάντα, και την επαναστατικότητα (resilience) (Gifuna & Karydas, 2010). Ο τρόπος και ο χρόνος υλοποίησης τέτοιων μεταβάσεων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς οργανωτικές ανεπάρκειες, μπορεί να συμβάλλουν στην εκδήλωση κρίσιμων συμβάντων (Kontogiannis, 2010).

Στο πλαίσιο κάθε οργανωτικού σχήματος, αναπτύσσεται οργανωσιακή γνώση για τη διαχείριση του συστήματος, η οποία συνδέεται άμεσα με τα τεχνήματα που υποστηρίζουν την εκτέλεση της εργασίας, και τις τεχνικές διαδικασίες. Συνδέεται επίσης με τους ανθρώπους, το πλαίσιο εργασίας, και τις συγκεκριμένες καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί το σύστημα. Η οργανωσιακή γνώση είναι αφηρημένη και έχει κάποια «μαλακά» χαρακτηριστικά, καθώς συνδέεται με γνώσεις, πεποιθήσεις, αξίες και τρόπους σκέψης που διέπουν τη συμπεριφορά, τις αποφάσεις, και τις ενέργειες (Guzman & Wilson, 2005). Η συμπεριφορά διαμορφώνεται από σχετικούς με το πλαίσιο κανόνες και πηγές. Η οργανωσιακή γνώση είναι πολύπλοκη, καθώς βασίζεται σε ατομικές ερμηνείες.

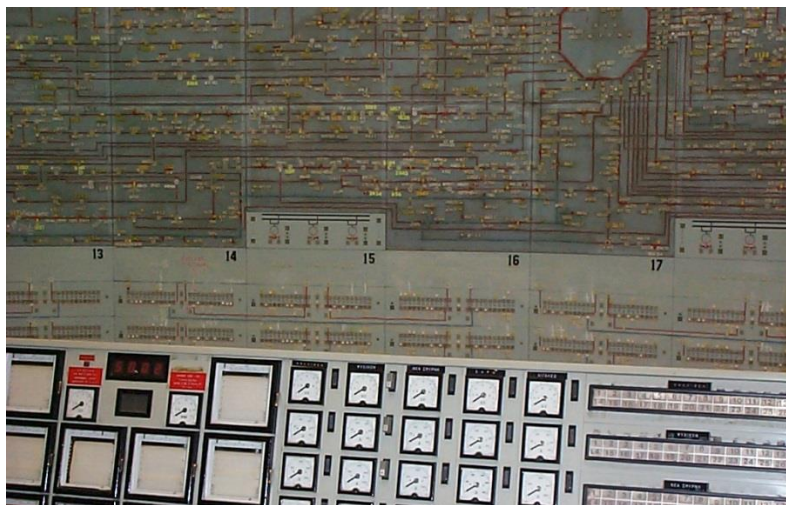
Η προσαρμογή της οργανωσιακής γνώσης σε ένα νέο οργανωτικό πλαίσιο, πρέπει να περάσει από τα στάδια της διαπίστωσης των αλλαγών, της αφομοίωσης (εξέταση, μετάφραση, και κατανόηση των νέων δεδομένων), του μετασχηματισμού (εμπλουτισμό και αναπροσαρμογή του υπάρχοντος τρόπου δράσης), και της διερεύνησης της αποτελεσματικότητας του αναπροσαρμοσμένου τρόπου δράσης, στο νέο κοινωνικό και οργανωτικό πλαίσιο εκτέλεσης της εργασίας (Zahra and George, 2002).

Οι οργανωτικές αλλαγές έχουν επίδραση στις κοινωνικές και νοητικές διαδικασίες εκτέλεσης της εργασίας. Όταν σε ένα σύστημα εισάγεται ένα νέο οργανωτικό σχήμα, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν νέα κοινά νοητικά μοντέλα, που υποστηρίζουν κατάλληλα τις συνεργασίες και τη συλλογική δράση στο σύστημα, μέσα από τη χρήση συστημικής σκέψης. Η άρρητη και συνειδητή γνώση για το σύστημα που αναπτύσσεται σε συλλογικό επίπεδο, είναι αναδυόμενη και εξελίσσεται μέσα από τη διάδραση με αυτό (Guzman & Wilson, 2005). Τη σύγχρονη εποχή, η διάδραση των χειριστών με το δίκτυο αλλά και με χειριστές σε άλλες αίθουσες ελέγχου, υλοποιείται μέσω του συστήματος ελέγχου. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητος ο ανασχεδιασμός των διαμεσολαβητών των συστημάτων ελέγχου, έτσι ώστε να εξυπηρετούν κατάλληλα τις ανάγκες –σε πρόσβαση και ανταλλαγή πληροφορίας- των νέων οργανωτικών σχημάτων.

5.3 Τεχνολογικές Αλλαγές στους Διαμεσολαβητές

Σε μία αίθουσα ελέγχου, ο διαμεσολαβητής απαρτίζεται από το σύνολο των επιφανειών, στις οποίες απεικονίζεται πληροφορία για το δίκτυο και υπάρχουν χειριστήρια εκτέλεσης χειρισμών στο δίκτυο. Οι διαμεσολαβητές των σύγχρονων αιθουσών ελέγχου, αλλάζουν συνεχώς μορφή, μέγεθος, και υποστηριζόμενους τρόπους διάδρασης, ενώ ανανεώνονται και επεκτείνονται συνεχώς οι πληροφορικές εφαρμογές που υποστηρίζουν τη λειτουργία τους.

Πριν το 2000, σε πολλές αίθουσες ελέγχου δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, τα βασικά μεγέθη λειτουργίας όπως οι ροές φορτίου και οι τάσεις, απεικονίζονταν είτε σε αναλογικά ενδεικτικά πάνω στα μονογραμμικά διαγράμματα υποσταθμών, είτε ως αριθμητικά πεδία σε μορφή πίνακα πάνω σε οθόνες. Η δυναμική απεικόνιση πληροφορίας για το σύστημα ήταν περιορισμένη. Μία συνοπτική απεικόνιση των στοιχείων του δικτύου, υπήρχε διαθέσιμη σε στατικό διάγραμμα τοίχου, με τα μόνα δυναμικά δεδομένα να παρουσιάζονται με έγχρωμες λυχνίες (Εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3 Παραδοσιακή Αίθουσα Ελέγχου

Οι διαμεσολαβητές στις παραδοσιακές αίθουσες ελέγχου, ήταν σχεδιασμένοι με την φιλοσοφία «ένας αισθητήρας – μία ένδειξη ή χειρισμός», και έχει διαπιστωθεί ότι παρουσιάζουν διάφορα προβλήματα όπως (Mumaw et al., 2000, Overbye, 2008):

- Χειριστήρια ελέγχου τοποθετημένα στην τράπεζα χειρισμών, μακριά από τα ενδεικτικά που παρουσίαζαν την εικόνα του συστήματος, στον Πίνακα ελέγχου.
- Ενδεικτικά με μη-συνεπή σχεδίαση, τα οποία έδειχναν όμοια, βρισκόντουσαν τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο, αλλά ήλεγχαν εντελώς διαφορετικές λειτουργίες.
- Αντιφατικά σχεδιασμένα συστήματα φωτεινών ενδείξεων, μοχλών και κομβίων χειρισμού, τοποθετημένα με τρόπο τέτοιο, ώστε να εκτελεί κάποιος μία ενέργεια σε ένα χειριστήριο και ταυτόχρονα να επιφέρει αλλαγή κατάστασης και σε κάποιο άλλο.
- Ενδείξεις οργάνων τις οποίες ήταν δύσκολο να διαβάσει κάποιος, λόγω θάμβωσης ή λόγω ελλιπούς φωτισμού ή γιατί ήταν τοποθετημένα σε σημείο όπου οι χειριστές δεν είχαν άμεση οπτική επαφή.

- Καθυστερημένη ανάδραση από το σύστημα, δεν επέτρεπε στους ανθρώπους να ενημερώνουν συνέχεια τον κύκλο αντίληψης – δράσης, ενώ τα δεδομένα που παρέχονταν στους εργαζόμενους μπορεί να ήταν ανακριβή ή αμφιβόλου ποιότητας, προκαλώντας αβεβαιότητα.

Η καθιέρωση των ψηφιακών ηλεκτρονικών, έφερε σημαντικές αλλαγές στις αίθουσες ελέγχου, που σταδιακά απέκτησαν πολλές διαφορετικού μεγέθους οθόνες απεικόνισης -τοποθετημένες στους τοίχους της αίθουσας, αλλά και σε τοπικούς σταθμούς εργασίας- οι οποίες απεικονίζουν σε επιλεγμένα παράθυρα, πληροφορία για το δίκτυο, μέσα από διαφορετικού τύπου μορφοποιήσεις (Korzyk & Yurcik, 2002, Moreno-Munoz et al., 2009, Skřehot et al., 2017).



Εικόνα 5.4 Σύγχρονη αίθουσα ελέγχου με Ψηφιακές Οθόνες Τοίχου (πηγή: www.usatoday.com)

Οι μεγάλες ψηφιακές οθόνες απεικόνισης τοίχου (Εικόνα 5.4), έχουν καθιερωθεί στις σύγχρονες αίθουσες ελέγχου. Ο βασικός τους ρόλος είναι να παρέχουν μία εποπτική απεικόνιση του δικτύου, αποτελώντας μία σταθερή πηγή πληροφόρησης για τους χειριστές, που βοηθάει την εκτέλεση του συνεργατικού έργου και την ανταλλαγή πληροφορίας κοινού ενδιαφέροντος. Στα πλεονεκτήματα τους συγκαταλέγονται σύμφωνα με μελέτες, η ενίσχυση δραστηριοτήτων που έχουν σχέση με τη μνήμη, η δημιουργία της αίσθησης στους χειριστές ότι αλληλεπιδρούν πιο άμεσα με το πεδίο, και η βελτίωση της παραγωγικότητας και της απόδοσης (Tan, 2004, Groot & Pikaar, 2006, NEC & University of Utah, 2008). Στα μειονεκτήματα των μεγάλων οθονών, αναφέρονται δυσκολίες στη διαχείριση των πολλαπλών παραθύρων (Czerwinski et al., 2006), καθώς επίσης και το γεγονός ότι πολλές φορές δεν γίνεται εξειδικευμένος σχεδιασμός του περιεχομένου τους, εκμεταλλευόμενος κατάλληλα τη μεγάλη επιφάνεια απεικόνισης που παρέχουν, αλλά γίνεται μεταφορά και μεγέθυνση υπό κλίμακα του περιεχομένου των παραδοσιακών οθονών (Veland & Eikås, 2007). Για το λόγο αυτό, επισημαίνεται η ανάγκη ανάπτυξης αρχών σχεδιασμού, προσαρμοσμένων κατάλληλα στις οθόνες μεγάλης επιφάνειας (Collier, 2005). Σημαντικές παραμέτρους των μεγάλων οθονών, αποτελούν η πυκνότητα πληροφορίας και ο βαθμός αφαίρεσης της απεικονιζόμενης πληροφορίας. Οι οθόνες αυτές υποστηρίζουν το συνεργατικό έργο των χειριστών, ταυτόχρονα όμως εγείρονται ζητήματα ελέγχου στην οθόνη, δηλαδή το ποιος θα έχει τη δυνατότητα ή την αρμοδιότητα να αλλάξει το περιεχόμενο της και να επιλέξει την τρέχουσα ενεργή απεικόνιση πάνω στην οθόνη τοίχου (Härefors, 2008).



Εικόνα 5.5 Διαδραστικό Τραπέζι (πηγή: www.generation-tactile.com)

Τα διαδραστικά τραπέζια (Εικόνα 5.5) υπάρχουν σε διαφορετικά μεγέθη, και υποστηρίζουν διαφορετικούς τρόπους διάδρασης και εκτέλεσης βασικών ενεργειών (όπως μετακίνηση, περιστροφή, αναπροσαρμογή μεγέθους ενός

αντικειμένου), καθώς και διαφορετικούς τρόπους πρόσβασης και διαχείρισης αποθηκευμένων αρχείων (Stacey et al., 2003, Hoff, 2004, Apted et al., 2009). Τα πλέον σύγχρονα διαδραστικά τραπέζια, έχουν δυνατότητα εύκολης μετακίνησης, και περιστροφής 180° γύρω από τον κάθετο άξονα τους, προκειμένου να εξυπηρετούν διαφορετικές ανάγκες μέσα στην αίθουσα ελέγχου.

Στις αίθουσες ελέγχου, τα διαδραστικά τραπέζια χρησιμοποιούνται για να παρουσιάσουν τους δυναμικούς χάρτες του δικτύου, που δημιουργούνται με εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Τα διαδραστικά τραπέζια δίνουν στον χρήστη μία αίσθηση άμεσης διάδρασης με τα στοιχεία του δικτύου, καθώς οι χειριστές αλληλεπιδρώντας απτικά με το εικονίδιο ενός στοιχείου, μπορούν να λάβουν πληροφορία για αυτό ή να αλλάξουν την κατάσταση του. Τα διαδραστικά τραπέζια πολλών χρηστών, επιτρέπουν στα μέλη μίας ομάδας να έχουν από κοινού πρόσβαση σε πληροφορία, να μπορούν να μαρκάρουν πληροφορία, και να διαχειρίζονται χάρτες GIS σε διαφορετικά επίπεδα εστίασης – λεπτομέρειας (Selim, & Maurer, 2010).

Η εισαγωγή διαδραστικών τραπέζιων σε μία αίθουσα ελέγχου, προϋποθέτει τη διευθέτηση ζητημάτων που συνδέονται με την ανάπτυξη συνεργατικού έργου πάνω σε αυτή, όπως: α) συνεργασία ατόμων που είναι πιθανό να έχουν διαφορετικούς στόχους ο καθένας, β) βαθμός εξατομίκευσης και προσαρμογής, ατομικές και ομαδικές περιοχές και χώροι αποθήκευσης πάνω στην επιφάνεια εργασίας, γ) «κοινωνικοί κανόνες» για το πώς ένας συνεργάτης θα εμπλακεί στον προσωπικό χώρο του άλλου, δ) κανόνες διευθέτησης των επικαλυπτόμενων θεάσεων, και της εστίασης για πιο λεπτομερείς θεάσεις, ε) πολλαπλός προσανατολισμός των στοιχείων, ώστε να γίνονται κατάλληλα ορατά και αντιληπτά από όλους, ανεξάρτητα από τη θέση τους.

Τα διαδραστικά τραπέζια πολλών χρηστών αποτελούν νέα τεχνολογία για τις αίθουσες ελέγχου των ηλεκτρικών δικτύων, και για το λόγο αυτό διατυπώνεται η ανάγκη για τυποποίηση σχεδιαστικών οδηγιών, για ζητήματα όπως η ταυτόχρονη διάδραση, πρόσβαση και χειρισμός των φυσικών και ψηφιακών αντικειμένων, και η οργάνωση του ατομικού και ομαδικού χώρου εργασίας, ο τρόπος επιλογής στοιχείων και ο τρόπος εισαγωγής δεδομένων από έναν, αλλά και από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα, καθώς και η εναλλαγή και ο συντονισμός των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται πάνω στην οθόνη, και σε άλλα τεχνήματα της αίθουσας ελέγχου.

5.3.1 Μετάβαση από τα Παραδοσιακά στα Ψηφιακά Τεχνήματα

Η πρόοδος της τεχνολογίας οδηγεί στη συνεχή ανάπτυξη νέων ψηφιακών γνωσιακών τεχνημάτων, το οποία αλλάζουν σημαντικά τον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας. Σε πολλές μελέτες, γίνεται προσπάθεια να διερευνηθεί πώς οι αλλαγές αυτές μεταβάλλουν τον τρόπο οργάνωσης της εργασίας, τις συνεργασίες και το νοητικό έργο των χειριστών, καθώς και ποιες οι πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να έχουν οι αλλαγές αυτές στην απόδοση των ανθρώπων και στην ασφαλή λειτουργία του συστήματος (Smith & Carayon, 1995, Woods, 1998, Woods & Dekker, 2000, Weick & Sutcliffe, 2001, Eason, 2001).

Σε πολλές περιπτώσεις υιοθετείται η συνύπαρξη των φυσικών με τα ψηφιακά τεχνήματα –τουλάχιστον για κάποιο διάστημα- προκειμένου να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο για πιο ομαλή μετάβαση από τη μία κατάσταση στην άλλη (Bodker, 1991). Όμως όταν εισάγονται σταδιακά σε ένα χώρο νέα εργαλεία, τα οποία πρέπει να λειτουργήσουν μαζί με το παλαιά εργαλεία, παρουσιάζονται συχνά προβλήματα δια-λειτουργικότητας τα οποία πρέπει να επιλυθούν (Nardi & O'Day, 1999).

Σε άλλες περιπτώσεις γίνεται απευθείας αντικατάσταση φυσικών τεχνημάτων από ψηφιακά τεχνήματα (Prius, 2002, Kyhlback & Sutter, 2007, Han et al., 2007, Witt et al., 2009). Η απλή «μεταμόσχευση/μεταφύτευση τεχνολογίας», χωρίς κατάλληλη προσαρμογή, μπορεί να οδηγήσει σε μία σειρά από προβλήματα και να ωθήσει τον άνθρωπο σε μη-φυσική αλληλεπίδραση με το σύστημα που διαχειρίζεται και με το περιβάλλον, γεγονός που αποτελεί τη βασική αιτία για την εμφάνιση του ανθρώπινου λάθους (Norman, 1980). Υπάρχουν περιπτώσεις, όπου τα ψηφιακά τεχνήματα δημιουργήθηκαν ως απομιμήσεις των φυσικών τεχνημάτων (Jones & Nemeth, 2005). Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα χαρακτηριστικά των φυσικών απλών αντικειμένων που καθιστούσαν τα τεχνήματα τόσο χρήσιμα, αντικαταστάθηκαν από ηλεκτρονικά ανάλογα, τα οποία δεν ήταν και τόσο εύκολα για χρήση σε σύνθετες εργασίες.

Τα ψηφιακά τεχνήματα που δημιουργήθηκαν με ανεπαρκή έρευνα πάνω στις καθημερινές πρακτικές εργασίας των ανθρώπων, μπορεί να κάνουν την εργασία τους πιο δύσκολη, αντί πιο εύκολη. Τέτοια προβλήματα περιλαμβάνουν χρονική υστέρηση στην ανανέωση της πληροφορίας, περικοπές στην αναπαρασιτώμενη πληροφορία προκειμένου να ταιριάζει στο μέγεθος της οθόνης, ενώ επιπλέον απαιτείται από τους χρήστες να καταδυθούν σε καταλόγους επιλογής πολλαπλών επιπέδων, προκειμένου να εντοπίσουν το στοιχείο ενδιαφέροντος. Έτσι, σε πολλές περιπτώσεις το αποτέλεσμα αυξάνει παρά μειώνει τον όγκο της εργασίας που πρέπει να εκτελέσουν οι εργαζόμενοι. Οι εργαζόμενοι που έρχονται αντιμέτωποι με αυτές τις συνθήκες, μπορεί να απορρίψουν τα ψηφιακά τεχνήματα και να επιστρέψουν στα φυσικά τεχνήματα. Αυτό συμβαίνει γιατί τα φυσικά τεχνήματα έχουν ενσωματώσει άρρητα νοητικά καθήκοντα, και έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικά στην υποστήριξη των κοινών πρακτικών εργασίας των συνεργατών.

Στο χώρο των ηλεκτρικών δικτύων, έχει υιοθετηθεί τόσο η άμεση αντικατάσταση φυσικών τεχνημάτων από ψηφιακά, όσο και η σταδιακή αντικατάστασή τους. Οι Krost & Linders (2001) περιγράφουν περιπτώσεις αντικατάστασης του Μιμικού Διαγράμματος Τοίχου, από σύστημα προβολής σε πολλαπλές οθόνες υπολογιστών. Σε κάποιες από τις περιπτώσεις αυτές, έγινε προσπάθεια να «μεταφερθεί» η εμφάνιση και το περιεχόμενο του αναλογικού Μιμικού

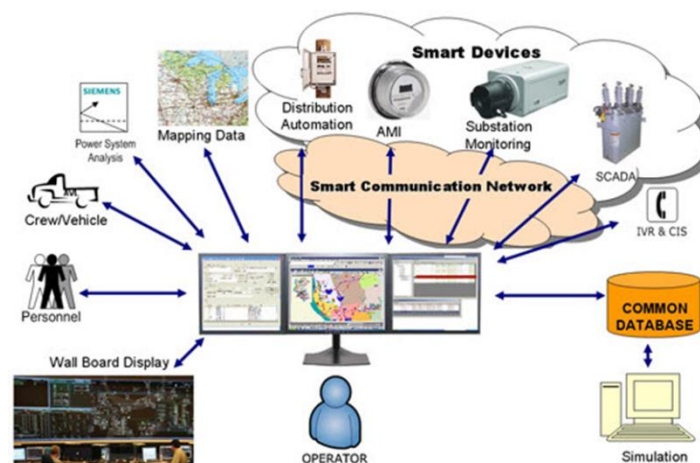
Διαγράμματος Τοίχου στις οθόνες απευθείας, χωρίς να γίνει προσπάθεια εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων που παρέχουν οι σύγχρονες τεχνικές γραφικών (§5.5). Διατηρώντας την εμφάνιση του αρχικού διαγράμματος, παρέχεται μία αίσθηση οικείας απεικόνισης στους χειριστές, αλλά δεν γίνεται εκμετάλλευση της τεχνικής υποδομής και των χαρακτηριστικών των οθονών. Οι Klump et al. (2003) παρουσιάζουν περιπτώσεις, όπου σε αίθουσες που αρχικά υπήρχε μόνο αναλογικό Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου που απεικόνιζε την κατάσταση διακοπών και τους συναγερμούς του δικτύου μεταφοράς, προστέθηκαν οθόνες υπολογιστών που έδειχναν τις μετρήσεις του συστήματος, χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό από πίνακες δεδομένων και γραφικές απεικονίσεις. Τέλος, ο Lothong (2009) παρουσιάζει τη διαδικασία μετάβασης από ένα παραδοσιακό σύστημα Εποπτικού ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων SCADA (§5.4) με απεικονίσεις σε μορφή πίνακα και διαγράμματα Υποσταθμών, σε ένα νέο σύστημα αποτελούμενο από την απεικόνιση ενός ευρείας περιοχής συστήματος μεταφοράς, και ένα σύστημα διαχείρισης διανομής κατασκευασμένο σύμφωνα με προηγμένες τεχνικές απεικόνισης.

Η αντικατάσταση των παραδοσιακών τεχνημάτων με σύγχρονα στην αίθουσα ελέγχου, δεν εγγυάται βελτιωμένη απόδοση του συστήματος άνθρωπος-σύστημα εργασίας (Woods et al., 1997, Woods and Dekker, 2000, Pfautz & Roth, 2006). Προκειμένου να αντικατασταθεί μέρος ή το σύνολο των τεχνημάτων μίας αίθουσας, θα πρέπει πρώτα να αποτυπωθεί ποιες οι δυνατότητες κάθε τεχνηματος, και πώς αυτό μπορεί δουλέψει μεμονωμένα, αλλά και σε συνεργασία με τα υπόλοιπα (Bodker, 1991), και κατόπιν να σχεδιασθεί συνολικά η κατανομή, οργάνωση και απεικόνιση πληροφορίας σε καθένα από αυτά.

5.4 Εξέλιξη των Συστημάτων Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων

Η δυνατότητα εξ' αποστάσεως εποπτείας και ελέγχου των δικτύων στηρίζεται σε Συστήματα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA). Τα συστήματα SCADA εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του εξήντα, ως ηλεκτρονικές μονάδες που μετέφεραν σήματα από μία κεντρική μονάδα επεξεργασίας σε μία απομακρυσμένη. Η κεντρική μονάδα λάμβανε δεδομένα μέσω ενός συστήματος τηλεμετρίας και αυτά αποθηκεύονταν σε υπολογιστές. Στις αρχές της δεκαετίας του εβδομήντα αναπτύχθηκαν τα συστήματα καταμετρημένου ελέγχου προκειμένου να ελέγχονται μεμονωμένα απομακρυσμένα υποσυστήματα, και τη δεκαετία του ογδόντα με την περαιτέρω ανάπτυξη των υπολογιστών, ο έλεγχος διαδικασιών μπορούσε να καταμετρηθεί ανάμεσα σε απομακρυσμένες τοποθεσίες. Περαιτέρω ανάπτυξη οδήγησε στη χρήση Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών (Programmable Logic Controllers-PLC), που έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν απομακρυσμένες τοποθεσίες χωρίς την καθοδήγηση από κάποια κεντρική μονάδα. Στα τέλη της δεκαετίας του ενενήντα, τα συστήματα SCADA δημιουργούνταν με δυνατότητες καταμετρημένου ελέγχου, καθώς και δυνατότητες προσαρμογής συγκεκριμένων λειτουργιών. Τα τέσσερα βασικά στοιχεία ενός συστήματος SCADA είναι: η κεντρική τερματική μονάδα (Master Terminal Unit-MTU), οι απομακρυσμένες τερματικές μονάδες (Remote Terminal Units-RTUs), ο εξοπλισμός επικοινωνίας και το λογισμικό.

Τα παραδοσιακά συστήματα SCADA λάμβαναν και έστελναν σήματα πληροφορίας και εκτέλεσης χειρισμών, από/προς τον εξοπλισμό που ήταν καταμετρημένος σε διάφορα σημεία του δικτύου. Σταδιακά οι βελτιώσεις στις κεντρικές και απομακρυσμένες μονάδες ελέγχου και στα επικοινωνιακά δίκτυα διασύνδεσης, αύξησαν τις δυνατότητες ανταλλαγής πληροφορίας και ελέγχου του ηλεκτρικού εξοπλισμού του δικτύου. Ταυτόχρονα αναπτύχθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού εξοπλισμού του δικτύου (διακόπτες, αποζεύκτες, προστατευτικές διατάξεις, υποσταθμοί), δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για πιο αποτελεσματικό έλεγχο του δικτύου μέσα από την αίθουσα ελέγχου χωρίς την παρέμβαση εξωτερικών συνεργείων.



Εικόνα 5.6 Δυνατότητες Συστημάτων SCADA (πηγή: www.electricaltechnology.org)

Τη σύγχρονη εποχή, τα SCADA συνεργάζονται με Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (Energy Management Systems-EMS), υποστηρίζοντας την πραγματικού χρόνου εποπτεία και διαχείριση του δικτύου (Εικόνα 5.6). Επιπλέον, μέσα από κατάλληλα διαμορφωμένες θεάσεις, υποστηρίζουν την αναδρομική ανάλυση της συμπεριφοράς του δικτύου (π.χ. μελέτη της τιμής της τάσεως ή της ροής φορτίων για τον τελευταίο μήνα), αλλά και πρόβλεψη της μελλοντικής συμπεριφοράς του δικτύου (ElectricalTechnologyOrg, 2015). Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων των σύγχρονων SCADA- EMS συστημάτων, και ο ασφαλής και αποτελεσματικός έλεγχος των δικτύων με αυτά, προϋποθέτει την ανάπτυξη απεικονίσεων πληροφορίας που θα υποστηρίζουν τους χειριστές στο να αντιλαμβάνονται τι συμβαίνει, τόσο στο δίκτυο, όσο και μέσα στα εξελιγμένα συστήματα ελέγχου του δικτύου (Overbye, 2009, Kang & Park, 2010).

5.5 Εξέλιξη των τεχνικών απεικόνισης πληροφορίας

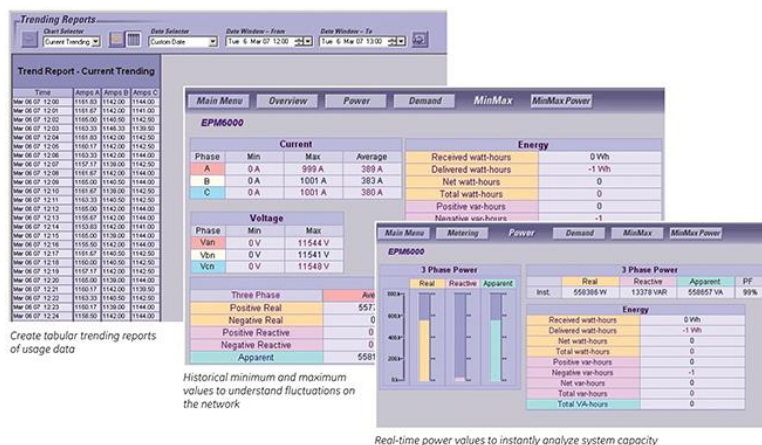
Στα ηλεκτρικά δίκτυα: α) υπάρχουν πολλές δυναμικές πηγές δεδομένων, καθώς κάθε στοιχείο δημιουργεί δεδομένα, γ) τα δεδομένα παρουσιάζουν πλούσια διασύνδεση, αλλά ποικίλλουν στο βαθμό συσχέτισης που παρουσιάζουν, και δ) τα δεδομένα είναι διαγνωστικά αμφιλεγόμενα, καθώς η κατάσταση μίας μόνο παραμέτρου δεν επαρκεί για να χαρακτηρίσει κανείς την κατάσταση του συστήματος (Woods, 1984). Τα δεδομένα για το δίκτυο, που καλούνται να διαχειριστούν οι εργαζόμενοι μέσα σε συγκεκριμένα χρονικά παράθυρα, μπορεί να είναι: α) συνεχή (πραγματικές – τρέχουσες τιμές μεγεθών), β) αποσπασματικά (συνδεσιμότητα δικτύου – αλλαγές κατάστασης διακοπών) ή γ) στατικά (ιστορικά αρχεία, ονομαστικά όρια εξοπλισμού, ειδικές ρυθμίσεις εξοπλισμού).

Στο παρελθόν, τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονταν ως κείμενο ή γραφικά, ως καμπύλες τάσης ή μονογραμμικά διαγράμματα, καθώς οι περιορισμένες διαστάσεις των οθονών, η απουσία των δυνατοτήτων που έχουν τα παραθυρικά περιβάλλοντα, και οι περιορισμένες δυνατότητες της τεχνολογίας γραφικών, αποτελούσαν εξ' ορισμού περιορισμούς κατά τη σχεδίαση των εφαρμογών, οδηγώντας συχνά σε υποβέλτιστες λύσεις.

Με τη βοήθεια σύγχρονων τεχνικών απεικόνισης, μπορεί να οργανώσει κάποιος τα δεδομένα: Μονοδιάστατα, Δισδιάστατα, Τρισδιάστατα, πολυδιάστατα, χρονικά, ιεραρχικά, δικτυακά (Geisler, 1998, Avouris, 2001). Συνήθως χρησιμοποιείται ένας ή περισσότεροι συνδυασμοί αυτών των τρόπων οργάνωσης-παρουσίασης των δεδομένων (Overbye & Weber, 2015).

Τα σύγχρονα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας περιλαμβάνουν συνήθως οθόνες με Πίνακες Δεδομένων, Διαγράμματα Τάσεων, Μονογραμμικά Διαγράμματα (γεωγραφικού τύπου, υποσταθμών) και Συναγεμμούς. Η πληροφορία στις οθόνες αυτές παρουσιάζεται με ποικίλες μεθόδους και τεχνικές, οι οποίες περιλαμβάνουν δυναμική κίνηση ροών, ισουΐφεις καμπύλες ροών φορτίου και τάσης, διαγράμματα διασυνδεδεμένων περιοχών, απεικονίσεις Υποσταθμών, έγχρωμα ενδεικτικά συναγεμμών, και τρισδιάστατη αποτύπωση, προκειμένου να μεταφέρουν την τρέχουσα κατάσταση του ηλεκτρικού δικτύου με τρόπο ξεκάθαρο, σαφή, και ελκυστικό.

5.5.1 Πίνακες Δεδομένων



Εικόνα 5.7 Πίνακες Δεδομένων για περιοχές και υποσταθμούς του δικτύου (Πηγή: www.gegridsolutions.com)

Οι Πίνακες παρουσιάζουν την πληροφορία σε μορφή κειμένου και αριθμητικών χαρακτήρων. Οι οθόνες σε μορφή Πίνακα αποτελούν μία σημαντική κατηγορία οθονών, αφού παρουσιάζουν μεγάλο όγκο πληροφορίας με συνοπτικό τρόπο, όπως π.χ. φορτία, παραγωγή, τάσεις, συχνότητα και γενικά πολλές πληροφορίες από διάφορα σημεία τηλεμετρίας. Επίσης, υπάρχουν και αναλυτικοί πίνακες που αναφέρονται σε μία συγκεκριμένη περιοχή, και ενεργοποιούνται από τους χειριστές όταν αυτό κριθεί σκόπιμο. Συνήθως, τα κείμενα πάνω στις οθόνες αυτές χρησιμοποιούν υπερδεσμούς, που οδηγούν σε πιο αναλυτικές οθόνες για συγκεκριμένα αντικείμενα. Το πλεονέκτημα παρουσίασης πληροφορίας σε μορφή πίνακα είναι

η δυνατότητα πρόσβασης σε συνοπτική πληροφορία, η οποία μπορεί να αποτελεί αποτελέσματα υπολογισμών όπως π.χ. αθροίσματα, γωνίες κλπ, και η οποία παρουσιάζεται στο χρήστη, έτοιμη για χρήση.

Στους Πίνακες χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές όπως η χρωματική κωδικοποίηση, για να εντοπίζονται πιο εύκολα ομοειδή μεγέθη. Υπάρχουν Πίνακες που παρουσιάζουν μεγάλη πυκνότητα δεδομένων, και άλλοι που παρουσιάζουν μικρότερη πυκνότητα δεδομένων, όπως οι Πίνακες για συγκεκριμένους Υποσταθμούς, στους οποίους οι χειριστές μπορούν να εντοπίσουν εύκολα και άμεσα πληροφορία (Εικόνα 5.7).

5.5.2 Διαγράμματα Τάσεων



Εικόνα 5.8 Διάγραμμα Τάσεων για Φορτίο και Συχνότητα (Πηγή: new.abb.com)

Τα διαγράμματα τάσεων (Trend charts) παρουσιάζουν τη συμπεριφορά σημαντικών παραμέτρων του συστήματος συναρτήσει του χρόνου (συνήθως το τελευταίο 24ωρο). Τα διαγράμματα τάσεων παρέχουν τη δυνατότητα παρακολούθησης της πορείας μίας ή περισσότερων παραμέτρων στο χρόνο, δίνοντας π.χ. τη δυνατότητα συνδυαστικής μελέτης της συμπεριφοράς δύο μεγεθών στο χρόνο (Εικόνα 5.8). Τα διαγράμματα τάσεων είναι χρήσιμα, αλλά μπορούν να παρουσιάσουν περιορισμένο αριθμό σημείων ταυτόχρονα.

5.5.3 Μονογραμμικά Διαγράμματα

Στη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται συνήθως τα Γεωγραφικού Τύπου Μονογραμμικά Διαγράμματα και τα Διαγράμματα Υποσταθμών. Ο άνθρωπος έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται καλύτερα τη γραφικά απεικονιζόμενη πληροφορία, απ' ό τι να μεταφράζει αριθμούς ή λίστες (Mitsui & Christie, 1997). Ο συνδυασμός τοπολογικής πληροφορίας με αναλυτική πληροφορία, υλοποιείται με χρήση ποικίλων τεχνικών (δυναμικές ροές, διαγράμματα πίτας, ισούψεις καμπύλες, τρισδιάστατα στοιχεία), και οδηγεί στη δημιουργία μονογραμμικών διαγραμμάτων που ενισχύσουν την ισχύ της πληροφορίας που αποτυπώνουν (Εικόνα 5.9). Οι τεχνικές αυτές εξελίσσονται συνεχώς, αξιοποιώντας τη σύγχρονη τεχνολογία γραφικών (Overbye & Weber, 2000, 2015, Overbye et al., 2007).



Εικόνα 5.9 Διάφοροι τύποι μονογραμμικών διαγραμμάτων (πηγή:www.powerworld.com)

Γεωγραφικού Τύπου

Τα Μονογραμμικά Διαγράμματα Γεωγραφικού Τύπου (Εικόνα 5.9, μεσαία οθόνη) παρουσιάζουν τις συνδέσεις των διαφόρων στοιχείων του δικτύου, καθώς και τις τιμές των πιο κρίσιμων παραμέτρων, παρέχοντας στους χειριστές μία εποπτική απεικόνιση του δικτύου. Οι χειριστές μπορούν έτσι να αντιληφθούν, πώς καθένα από τα στοιχεία του συστήματος συνδέεται με τα υπόλοιπα στοιχεία, και πώς κάθε στοιχείο επηρεάζει τη λειτουργία των υπόλοιπων

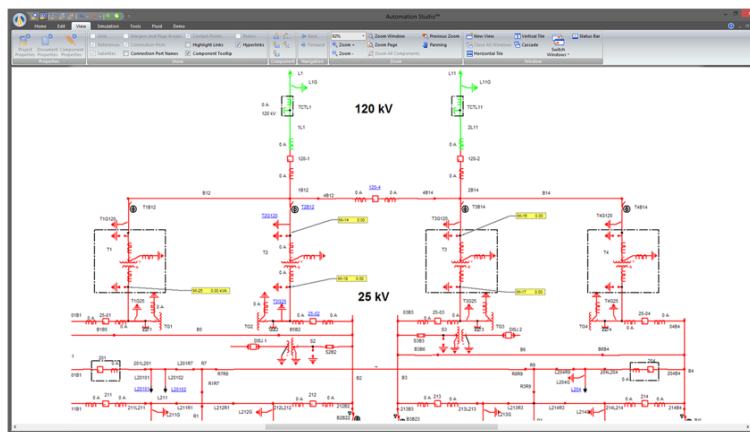
στοιχείων. Αυτή η πληροφορία είναι δύσκολο να αποκτηθεί από ένα πίνακα με πληροφορίες για τις ροές στοιχείων, γιατί οι πίνακες δεδομένων δεν αποτυπώνουν πληροφορία για την τοπολογία (Klump et al., 2002).

Πρόκειται για γεωγραφικούς χάρτες, προσεγγιστικούς ή σε κλίμακα, πάνω στους οποίους υπερθέτει κανείς ηλεκτρική πληροφορία. Σε πολλές περιπτώσεις, δουλεύουν πάνω σε εφαρμογές γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών GIS, που επιτρέπουν την ακριβή αποτύπωση του δικτύου σύμφωνα με τις γεωγραφικές συντεταγμένες των στοιχείων. Η ακριβής αποτύπωση των γεωγραφικών σχέσεων μεταξύ των στοιχείων του δικτύου, αποτελεί μία πιο διαισθητική ευρείας μορφής απεικόνιση του δικτύου, παρέχοντας το πλαίσιο για την ερμηνεία των χαρακτηριστικών σε όλη την έκταση του πεδίου (Moreno-Munoz et al., 2009). Αυτού του τύπου τα διαγράμματα αποτελούν εμπλουτισμένες και κατάλληλα προσαρμοσμένες γεωγραφικές απεικονίσεις, οι οποίες περιέχουν σημαντικούς κόμβους του δικτύου, οι οποίοι μπορούν να «ανοίξουν» και να περάσει κανείς σε πιο λεπτομερείς τοπολογικές θεάσεις για το συγκεκριμένο κόμβο (π.χ. Διαγράμματα Υποσταθμών). Επίσης, περιγράφουν πώς αυτοί οι κόμβοι συνδέονται μεταξύ τους μέσω ηλεκτρικών γραμμών και συνδέσεων.

Συνήθως λόγω του μεγάλου όγκου στατικής και δυναμικής πληροφορίας που απεικονίζεται πάνω στα γεω-σχηματικά διαγράμματα, δημιουργείται ένα οπτικά πολύ πυκνό αποτέλεσμα, το οποίο μειώνει την ικανότητα του χειριστή να κατανοήσει, να εκτιμήσει και να ανταποκριθεί άμεσα στην κατάσταση.

Δεδομένης της τεχνολογικής δυνατότητας απεικόνισης πληροφορίας σε πολλαπλά επίπεδα στα συστήματα GIS, μπορεί να επιλέξει κανείς στη φάση του σχεδιασμού της γεωσχηματικής απεικόνισης, να απεικονίσει διαφορετικά μεγέθη και παραμέτρους σε διαφορετικά επίπεδα (π.χ. MW, MVAR, τιμές τάσεως στα άκρα των γραμμών, μήκη γραμμών, επαγωγικά και χωρητικά φορτία, γωνίες τάσεως - εντάσεως, φορτία ΜΣ, δίκτυα διαφορετικού επιπέδου τάσεως, αθροιστικά φορτία, γεωγραφικά όρια, κλπ). Έτσι έχει κανείς τη δυνατότητα ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας τα διάφορα επίπεδα, ανάλογα με τις τρέχουσες απαιτήσεις, να δημιουργήσει χάρτες που έχουν την απολύτως απαραίτητη -σε κάθε περίπτωση- πληροφορία (Soonee et al., 2006).

Υποσταθμών



Εικόνα 5.10 Μονογραμμικό Διάγραμμα Υποσταθμού (Πηγή: www.famictech.com)

Τα Μονογραμμικά Διαγράμματα Υποσταθμών, παρουσιάζουν τη συνδεσιμότητα και την κατάσταση των διακοπών εσωτερικά σε έναν υποσταθμό, αντί για τη γεωγραφική θέση του στο δίκτυο. Τα μονογραμμικά διαγράμματα απεικονίζουν συνήθως τη συνδεσμολογία των ζυγών μέσα σε κάθε Υποσταθμό. Καθιερωμένα ηλεκτρικά σύμβολα χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν ζυγούς, γραμμές, ασφαλειοδιακόπτες, απομονωμένα στοιχεία. Γράμματα και αριθμοί χρησιμοποιούνται σε κατάλληλα σημεία στο διάγραμμα, για να δηλώσουν την ταυτότητα και σημαντικές ιδιότητες των στοιχείων. Πρόκειται για την λεπτομερή πληροφορία την οποία μπορεί να προσπελάσει κάποιος όταν «ανοίξει» έναν κόμβο με τη δεικτική συσκευή, πάνω σε ένα «γεωγραφικού τύπου μονογραμμικό».

Δυναμικές Ροές

Ένα χαρακτηριστικό που εμπλουτίζει τα ενοποιημένα διαγράμματα είναι η κίνηση (Εικόνα 5.9, μεσαία οθόνη). Η κίνηση μπορεί να δείξει την κατεύθυνση μίας ροής, αυξομειώσεις στις τιμές καθώς και το ρυθμό μεταβολής (Bennett, 1993, Bennett & Malek, 2000). Το μέγεθος της πραγματικής ροής ενέργειας, μπορεί να απεικονιστεί με το σχετικό μέγεθος και την πυκνότητα των βελών πάνω στις ηλεκτρικές γραμμές (Overbye & Weber, 2000).

Η τεχνική της απεικόνισης με βέλη, εφαρμόζεται κυρίως για την απεικόνιση των ροών φορτίου, αλλά έχει χρησιμοποιηθεί και για την απεικόνιση της τρέχουσας, ενεργού, και αέργου ισχύος (Overbye et al., 1997, Overbye and Wiegmann, 2005). Ειδικά για την απεικόνιση των άεργων φορτίων, οι Soonee et al. (2006) προτείνουν την απεικόνιση της διαφοράς των μετρούμενων τιμών, στην αρχή και το τέλος της γραμμής, με χρήση βελών που παρουσιάζουν ανάλογη διαφορά στο μέγεθος και την ταχύτητα ροής. Οι Klump et al. (2003), προτείνουν την απεικόνιση της πραγματικής και αέργου ισχύος με χρήση βελών διαφορετικού χρώματος, κατεύθυνσης, και μεγέθους, ανάλογα με τη συμπεριφορά και διακύμανση των μεγεθών κατά μήκος της γραμμής.

Η χρήση των κινούμενων ροών πάνω στα μεγάλης κλίμακας συστήματα, μπορεί να οδηγήσει σε μονογραμμικά διαγράμματα που είναι οπτικά τόσο πυκνά, ώστε προκαλούν σύγχυση στον παρατηρητή. Η δυνατότητα ελέγχου των απεικονίσεων από τον παρατηρητή (φιλτραρίσματα των απεικονίσεων, εστίασης σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου, απενεργοποίηση της κίνησης), συμβάλει στην καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των διαθέσιμων τεχνικών (Moreno-Munoz et al., 2009).

Μία άλλη τεχνική που χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση γραμμών σε μονογραμμικά διαγράμματα γεωγραφικού τύπου, είναι η σκίαση των γραμμών (Εικόνα 5.9, αριστερή οθόνη). Η κωδικοποίηση γίνεται συνήθως αναφορικά με κάποιο όριο φόρτισης των γραμμών (π.χ. κίτρινο: 50% ονομαστικού φορτίου, πορτοκαλί: 75% φορτίο, φούξια: 100% φορτίου) που παρουσιάζεται σε υπόμνημα του διαγράμματος (Klump et al., 2003).

Η σκίαση γραμμών έχει χρησιμοποιηθεί επίσης και για την απεικόνιση της ελεύθερης χωρητικότητας των γραμμών (Overbye & Weber, 2000), καθώς και για την αποτύπωση μεταβολών στην ενεργό ισχύ κατά την εξέταση πιθανών σεναρίων μεταγωγής. Το πλεονέκτημα που παρουσιάζει η μέθοδος αυτή σε σχέση με τις κινούμενες ροές, είναι ότι αποτυπώνει τις περιοχές που παρουσιάζουν πρόβλημα, ακόμη και σε μακρινή εστίαση, καθώς τα μεγέθη αποτυπώνονται χρωματικά και όχι συγκριτικά.

Σε περιπτώσεις μονογραμμικών γεωγραφικού τύπου που αποτυπώνουν ταυτόχρονα δίκτυα διαφορετικών επιπέδων τάσεως (π.χ. υψηλή, μέση, χαμηλή), τότε χρησιμοποιείται η χρωματική κωδικοποίηση γραμμής για να αποτυπώσει το επίπεδο του δικτύου, και μεταβαλλόμενο πάχος γραμμής ανάλογα με το φορτίο που αυτή φέρει (Soonee et al, 2006).

Διαγράμματα πίτας

Μία τεχνική που εξυπηρετεί την άμεση απεικόνιση των υπερφορτίσεων ή ελλείψεων απαιτούμενης ενέργειας, αποτελούν τα διαγράμματα πίτας, στα οποία το ποσοστό πλήρωσης της πίτας είναι αντίστοιχο με το ποσοστό φόρτισης της γραμμής (Εικόνα 5.9, μεσαία οθόνη). Η «πληρότητα φορτίου γραμμής» προκύπτει από το λόγο «τρέχον φορτίο/δυναμικότητα γραμμής», και αποτυπώνεται ως ποσοστό σε κύκλο ανάλογου μεγέθους και ανάλογου χρώματος, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις αναγράφεται και αριθμητικά το ποσοστό (Overbye & Weber, 2000).

Σε απεικονίσεις με αραιό δίκτυο γραμμών, όπου κάθε διάγραμμα πίτας είναι ορατό στη λεπτομέρεια του, τα διαγράμματα αυτά παρέχουν μία άμεση εποπτική απεικόνιση του ποσοστού φόρτισης του συστήματος. Σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται διαφορετικά χρώματα, για να απεικονιστούν στοιχεία που είναι φορτισμένα από ένα επίπεδο και επάνω.

Σε μεγαλύτερης κλίμακας και πιο πυκνά δίκτυα, δεν υπάρχει επαρκής χώρος για να δείξει κανείς με λεπτομέρεια κάθε διάγραμμα πίτας, και έτσι χρησιμοποιείται μία διαφορετική τεχνική, όπου το μέγεθος της πίτας είναι ανάλογο του ποσοστού φόρτισης (για να είναι αντιληπτικά άμεση η πληροφορία). Το χρώμα και το μέγεθος της πίτας μεταβάλλεται δυναμικά καθώς το φορτίο ξεπερνά ένα συγκεκριμένο όριο, έτσι η προσοχή του παρατηρητή εστιάζει στα στοιχεία που βρίσκονται πάνω από το όριο, ακόμη και σε πολύ πυκνές απεικονίσεις με πολλά στοιχεία. Ουσιαστικά τα υπερφορτισμένα στοιχεία, έρχονται στο προσκήνιο της απεικόνισης. Σε κάθε περίπτωση, τα διαγράμματα πίτας πρέπει να είναι αρκετά μεγάλα για να ελκύουν την προσοχή, αλλά όχι τόσο μεγάλα ώστε να καλύπτουν την απεικόνιση άλλων στοιχείων του δικτύου.

Ισοΰψεις καμπύλες

Παραδοσιακά οι χειριστές των ηλεκτρικών δικτύων χρησιμοποιούσαν οθόνες με μονογραμμικά διαγράμματα, όπου δίπλα στους ζυγούς υπήρχαν αριθμητικές απεικονίσεις που αποτύπωναν τις τιμές των παραμέτρων. Το πλεονέκτημα αυτών των απεικονίσεων, είναι ότι προσδιορίζουν τα ακριβή μεγέθη και είναι άμεσα διαθέσιμες δίπλα στο στοιχείο που αναφέρονται. Το μειονέκτημα είναι ότι δεν είναι τόσο βοηθητικές, όταν προσπαθεί κάποιος να εξετάσει τα στοιχεία του δικτύου προκειμένου να εντοπίσει μοτίβα συμπεριφοράς.

Η τεχνική των ισοΰψων καμπυλών (Contour lines/iso-lines) εμφανίστηκε γύρω στο 1999-2000 (Weber & Overbye, 2000) και χρησιμοποιείται για την απεικόνιση χωρικά κατανομημένων συνεχών δεδομένων σε πολλά πεδία (Εικόνα 5.9, αριστερή και δεξιά οθόνη). Οι ισοΰψεις καμπύλες αποτελούν μία δισδιάστατη απεικόνιση μίας τρισδιάστατης επιφάνειας, κωδικοποιημένης σύμφωνα με χρωματική κλίμακα που περιγράφεται από σχετικό υπόμνημα, και αντιστοιχίζει συγκεκριμένα χρώματα σε συγκεκριμένες περιοχές τιμών (Hauser & Verstege, 1999, Sun & Overbye, 2004). Οι καμπύλες αυτές περιγράφουν την κατάσταση διαφόρων στοιχείων του δικτύου, όπως ζυγών και γραμμών, στη γεωγραφική τους θέση. Ουσιαστικά, παρουσιάζουν πώς μία παράμετρος μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή. Ανάλογα με την απεικονιζόμενη παράμετρο και τον τύπο του Διαγράμματος (π.χ. Rich et al., 2001, Overbye & Wiegmann, 2005), μπορεί να υπάρξουν μικρές διαφοροποιήσεις στο οπτικό αποτέλεσμα.

Στα μεγάλης κλίμακας ηλεκτρικά δίκτυα, οι ισοΰψεις επισημάνουν τις πιο προβληματικές περιοχές, στις οποίες οι χειριστές και μηχανικοί πρέπει να δώσουν προσοχή. Σύμφωνα με μελέτες που έγιναν, οι ισοΰψεις παρέχουν αυξημένη ταχύτητα και ακρίβεια στη διάγνωση προβλημάτων (Overbye et al., 2003a). Η χρωματική κωδικοποίηση πάνω στην οποία στηρίζονται, επιτρέπει στους χειριστές να εκτιμήσουν τη συνολική κατάσταση του συστήματος, αναπτύσσοντας καλύτερη ενημερότητα κατάστασης και ένα πιο ακριβές νοητικό μοντέλο, διευκολύνοντας έτσι την επιλογή μίας πιο κατάλληλης και έγκαιρης διορθωτικής ενέργειας.

Τρισδιάστατα Στοιχεία

Η ανάγκη για την απεικόνιση όλο και πιο σύνθετων σχέσεων δεδομένων απαιτεί την ανάπτυξη νέων τεχνικών οπτικοποίησης. Οι τρισδιάστατες θεάσεις δείχνουν πώς πολλά μεγέθη μπορούν να ποικίλουν ταυτόχρονα (Rich et al.,

2001). Η χρήση διαδραστικών τρισδιάστατων απεικονίσεων που χρησιμοποιούν τα γραφικά πραγματικού χρόνου, κάνει το χρήστη να αισθάνεται μέρος του εικονικού πεδίου (Εικόνα 5.9, αριστερή οθόνη). Η βασική ιδέα είναι να δοθεί στο χρήστη η ψευδαίσθηση ότι -τουλάχιστον σε ένα βαθμό- βρίσκεται σε πραγματικό χρόνο μέσα στον τρισδιάστατο κόσμο που δημιουργούν τα γραφικά αντικείμενα.

Στα ηλεκτρικά δίκτυα, μία από τις πρώτες απόπειρες απεικόνισης τρισδιάστατης πληροφορίας ήταν αυτή των Alvarado et al. (1993), όπου τρισδιάστατα γραφικά είχαν χρησιμοποιηθεί για να απεικονίσουν παραμέτρους ασφάλειας της τάσεως του ηλεκτρικού δικτύου. Λίγα χρόνια αργότερα, οι Breen & Scott (1996) και Tam et al. (1998) παρουσίασαν τη χρήση τρισδιάστατων απεικονίσεων για την εκπαίδευση των χειριστών των μονάδων παραγωγής και των υποσταθμών. Οι Overbye et al. (1999) χρησιμοποίησαν αυτό τον τρόπο απεικόνισης, για να παρουσιάσουν οικονομικά στοιχεία του ηλεκτρικού δικτύου. Αργότερα, οι Klump et al. (2003, 2002) αναφέρονται στη χρήση τρισδιάστατων τεχνικών για την απεικόνιση της πληροφορίας στις αίθουσες ελέγχου, ενώ οι Overbye et al. (2003b) περιγράφουν πιθανές εφαρμογές τρισδιάστατων τεχνικών σε πακέτα ανάλυσης δεδομένων για τα ηλεκτρικά δίκτυα.

Οι Wiegmann et al. (2006) παρουσίασαν τη διαδικασία μετάβασης από τα αριθμητικά πεδία, στις τρισδιάστατες απεικονίσεις με «θερμόμετρα», και μετέπειτα στους τρισδιάστατους κυλίνδρους σε Μονογραμμικά Διαγράμματα Υποσταθμών. Το μέγιστο ύψος των κυλίνδρων είναι ανάλογο με τη μέγιστη χωρητικότητα/δυναμικότητα του ηλεκτρικού στοιχείου, το κάτω τμήμα του κυλίνδρου αντιστοιχεί στην τρέχουσα καταναλισκόμενη ισχύ, και το άνω τμήμα αντιστοιχεί στα αποθέματα αντιστάθμισης μέσω γεννητριών και πυκνωτών. Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή, η χρήση τρισδιάστατων κυλίνδρων επιτρέπει την καλύτερη αξιολόγηση των συνεπειών, που μπορεί να έχουν σε όλο το σύστημα οι αλλαγές των ρυθμίσεων σε μία συγκεκριμένη μονάδα του δικτύου.

Οι τρισδιάστατοι κύλινδροι χρησιμοποιούνται και σε Γεωγραφικού Τύπου Μονογραμμικά, για να αποδώσουν είτε τη γωνία τάσεως – εντάσεως σε στοιχεία του δικτύου (Yokoyama et al., 1997) ή τη σχέση πραγματικής-αέργου ισχύος σε μονάδες του δικτύου (Klump et al., 2003). Η χρήση μίας τέτοιας απεικόνισης σε δίκτυα που ισχύει η ελεύθερη αγορά ενέργειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναγνωριστούν οι πιο ισχυροί ενεργειακά γείτονες, από τους οποίους μπορεί να γίνει αγορά ενέργειας.

Με την πάροδο του χρόνου, έχουν αναπτυχθεί πολλές και διαφορετικές τεχνικές τρισδιάστατων απεικονίσεων όπως οι κύλινδροι, κώνοι, ανάστροφοι κώνοι, τοιχία, και πολλές άλλες τεχνικές (Sun & Overbye, 2004), οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τις τεχνικές που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες υποενότητες.

Ο Milano (2009) παρουσίασε μία ακόμη εξελιγμένη μορφή τρισδιάστατων απεικονίσεων, που συνδυάζει τοπολογικά με αριθμητικά δεδομένα από ανεξάρτητες πηγές, και έχει τη δυνατότητα μέσω κατάλληλων αριθμητικών μεθόδων, να δημιουργεί έναν τρισδιάστατο ανάγλυφο χάρτη ισούψων περιοχών. Οι ισούψειες αυτές, αποτυπώνουν μεγέθη όπως τις τιμές και τις γωνίες τάσεως, τα φορτία γραμμών και Μετασχηματιστών, και πάνω στο ανάγλυφο τοποθετείται το μονογραμμικό διάγραμμα του δικτύου.

Τα τρισδιάστατα διαγράμματα, παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα, μεταξύ των οποίων και το γεγονός ότι επιτρέπουν τον διαχωρισμό των οπτικών στόχων από στοιχεία που αποσπούν την προσοχή, μέσω της απεικόνισης τους σε διαφορετικό επίπεδο οπτικού βάθους, και διευκολύνουν τη δημιουργία πιο έγκυρων νοητικών μοντέλων για τα διαχειριζόμενα συστήματα (Wiegmann et al., 2006). Παρουσιάζουν όμως και μειονεκτήματα, όπως οι αντιληπτικές αμφιβολίες για το βάθος, το μέγεθος και την απόσταση (Gregory, 1970, Carswell et al., 1991, Ware, 2004). Καθώς οι τρισδιάστατες απεικονίσεις εξελίσσονται συνεχώς, υπάρχει ανάγκη συνεχούς αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας τους και της καταλληλότητας τους για συγκεκριμένα καθήκοντα.

5.5.4 Προειδοποιήσεις και Συναγερμοί

Όλα τα σύγχρονα συστήματα εποπτείας δικτύων περιλαμβάνουν οθόνες/θεάσεις αποτύπωσης γεγονότων (Εικόνα 5.11 αριστερά) και συναγερμών-προειδοποιήσεων (Εικόνα 5.11 δεξιά) που αφορούν στοιχεία του δικτύου.

Ένα στοιχείο μπορεί να βρίσκεται σε τρεις καταστάσεις: φυσιολογική, συναγερμού, και παραβίασης. Η απεικόνιση καταστάσεων συναγερμού και καταστάσεων πολύ κοντά στο συναγερμό, γίνεται μέσω κατάλληλου ορισμού των ορίων που σηματοδοτούν τις δύο αυτές καταστάσεις. Η φιλοσοφία απεικόνισης των συναγερμών, είναι να αποδίδονται με τρόπο σαφή, καταστάσεις που συγκεντρώνουν το ενδιαφέρον. Η παρουσίαση των Συναγερμών μπορεί να γίνεται είτε σε μορφή λίστας, είτε σε Χωρική Απεικόνιση.

Date	Time	ms	Subst.	Description	Event	Qualif.
14/10/08	15:18:33	000	KEP1	LT2 KGL1 69kV-LoCFaltas-DstFalta-Pri	3.3 km	3L
14/10/08	15:19:05	343	KAW2	TR3-Nivel óleo CDC(71C)-Mínimo	ALARMADO	1L
14/10/08	15:19:45	390	KAW2	AL21 13.8kV-(50/51)-Bloqueio-N	BLOQUEADO	2L
14/10/08	15:20:25	421	KAW2	Bco.Cap.BC1 230kV-Seccs-AbertCarga	ALARMADO	1L
14/10/08	15:21:05	421	KAW2	TR3 Ld.230kV-Mola descarr.-DJ52-19	ALARMADO	1L
14/10/08	15:21:45	421	KAW2	TR3-Paralelismo TR-Falha	INVALID	1L
14/10/08	15:22:25	421	KAW2	AL23 13.8kV-Comando DJ-FtaCC-DJ52-36	ALARMADO	1
14/10/08	15:23:05	421	KAW2	AL22 13.8kV-BobFech-Superv-DJ52-37	ALARMADO	1
14/10/08	15:23:45	421	KIK3	LT1 KAL1 138kV-Painel-Falta CC	ALARMADO	1L
14/10/08	15:24:25	421	KAW2	TR3 Ld.230kV-Secconadoras-Fth-SC124	ALARMADO	1L
14/10/08	15:25:05	421	KAW2	TR3-VF-Minidijuntor-Ind.2	ALARMADO	1
14/10/08	15:25:45	421	KIK3	TR2 Ld.138kV-Transfer.prot.-Incompl	ALARMADO	1L
14/10/08	15:26:25	421	KAW2	AL21 13.8kV-Proteção-Falha	COM_DEFEITO	3L
14/10/08	15:27:05	421	KIK3	LT1 KAL1 138kV-CmdDJ-Falta CC-DJ52-01	ALARMADO	1L
14/10/08	15:27:45	421	KAW2	AL22 13.8kV-Proteção-Falha comunic.	SEM_COMUNICAÇÃO	3L
14/10/08	15:28:25	421	KAW2	IB3 13.8kV-Motor DJ-Falta CC-DJ24-05	ALARMADO	1L

Εικόνα 5.11 Πίνακας Γεγονότων και Συναγερμών (Πηγή: sourceforge.net)

Στις απεικονίσεις των συναγερμών και προειδοποιήσεων σε λίστα, όπου εμφανίζονται με χρονική σειρά για το σύνολο του εξοπλισμού, δίνεται η δυνατότητα στο χειριστή να ενεργοποιήσει κάποια «φίλτρα», ζητώντας να δει συγκεκριμένη πληροφορία (Overbye & Wiegmann, 2005). Πιο συγκεκριμένα μπορεί να ζητήσει: 1) χρονικά διατεταγμένη λίστα του εξοπλισμού, 2) λίστα κατάστασης του αναλογικού εξοπλισμού, 3) λίστα κατάστασης του εξοπλισμού, 4) λίστα για τον εξοπλισμό επικοινωνίας, 5) λίστες διατεταγμένες ανά σταθμό, 6) λίστες για μεμονωμένους σταθμούς, 7) λίστα για τον εξοπλισμό ελέγχου, 8) λίστα κατάστασης εξοπλισμού στο δίκτυο, 9) λίστα κατάστασης απομακρυσμένων τερματικών μονάδων (RTU), 10) λίστα του εξοπλισμού τοπολογίας (γέφυρες, διακόπτες συνδέσεων, κλπ).

Κάθε συμβάν του συστήματος που απεικονίζεται σε λίστα, περιγράφεται συνήθως από στήλες που παρουσιάζουν: α) την ταυτότητα του συμβάντος στο σύστημα, β) τιμές παραμέτρων, γ) εικονίδιο ενεργοποίησης των διαγραμμάτων απεικόνισης του εμπλεκόμενου στοιχείου του δικτύου, δ) αναφορά για τη διαθεσιμότητα ή λειτουργία του στοιχείου, ε) αναγνώριση/απενεργοποίηση του συναγερμού, στ) ημερομηνία και ώρα έλευσης της αναγγελίας.

Στα σύγχρονα συστήματα SCADA, υπάρχουν ειδικές «ταμπέλες» που χαρακτηρίζουν την αξιοπιστία της τηλεμετρούμενης τιμής (π.χ. αν η σύνδεση δεν είναι καλή, μπορεί μία τιμή να είναι λανθασμένη) ή το είδος της ρύθμισης (π.χ. αν μία ρύθμιση έχει γίνει χειροκίνητα) (Soonee et al., 2006). Γενικά, οι χαρακτηρισμοί που δίνονται αφορούν σε: μη-ενεργά δεδομένα, παλαιά δεδομένα, αναξιόπιστα δεδομένα, αστοχία του συστήματος τηλεμετρίας, εύρος παραβίασης, μη-ομαλά ή μη-λογικά δεδομένα, χειρονακτικά τοποθετημένα δεδομένα, υπολογισμένα δεδομένα, μετρητικά στοιχεία ή εξοπλισμό που βρίσκονται σε συντήρηση ή είναι εκτός λειτουργίας για άλλο λόγο, μπλοκαρισμένο συναγερμό, στοιχείο στο οποίο έχει γίνει χειρισμός εξ' αποστάσεως.

Η χωρική απεικόνιση των συναγερμών, είναι σε πολλές περιπτώσεις ιδιαίτερα χρήσιμη για την εξαγωγή συσχετίσεων που συνδέονται με την εκδήλωση διαδοχικών συμβάντων στο δίκτυο. Έτσι, πολλές από τις τεχνικές απεικόνισης που υλοποιούνται στα Μονογραμμικά Διαγράμματα (Εικόνα 5.9), χρησιμοποιούνται και για την απεικόνιση των συναγερμών (Klump et al., 2003, 2002, Overbye and Wiegmann, 2005, Flores-Arias et al., 2009). Για παράδειγμα: α) κατάσταση συναγερμού σε στοιχείο του δικτύου, μπορεί να απεικονίζεται είτε με χρωματική κωδικοποίηση και μεταβαλλόμενο μέγεθος «πίτας», είτε με επισήμανση κειμένου που αναβοσβήνει δίπλα στο στοιχείο, β) εκτός λειτουργίας εξοπλισμός, μπορεί να απεικονίζεται κυκλώνοντας γραφικά ή υπερτονίζοντας το στοιχείο, γ) παραβίαση ορίου συναγερμού ή κρίσιμη κατάσταση σε γραμμή, μπορεί να απεικονίζεται με χρωματικά κωδικοποιημένα βέλη και κινούμενες ροές, είτε με μία διαφορετική μορφοποίηση της γραμμής (π.χ. διακεκομμένη γραμμή αντί για ενιαία), είτε με απλή χρωματική κωδικοποίηση της (π.χ. μπλε για φυσιολογική τιμή, πορτοκαλί για κατάσταση ετοιμότητας, και κόκκινο για κατάσταση συναγερμού). Η απεικόνιση των συναγερμών με γραφικό τρόπο, επιτρέπει στους χειριστές να εκτιμούν τη συνολική κατάσταση του συστήματος άμεσα, χωρίς να χρειάζεται να ελέγξουν επιμέρους αριθμητικές τιμές στην οθόνη.

5.6 Εργονομική προσέγγιση του περιβάλλοντος εποπτείας δικτύων

Ο τρόπος απεικόνισης πληροφορίας για τα ηλεκτρικά δίκτυα μεταβάλλεται συνεχώς, λόγω της διαρκούς εξέλιξης της τεχνολογίας γραφικών. Οι αλλαγές αυτές επηρεάζουν το νοητικό έργο των χειριστών, και για το λόγο αυτό μετά το 2000 διατυπώνεται όλο και πιο συστηματικά σε μελέτες, η ανάγκη ελέγχου της αποτελεσματικότητας τους βάσει κριτηρίων που θέτει η επιστήμη της εργονομίας (Krost & Linders, 2001, Klump et al., 2002, Tory & Moller, 2004, Greitzer et al., 2009).

Οι Overbye, et al. (2001b) ανακεφαλαιώνοντας τις πιο σημαντικές μέχρι τότε τεχνικές απεικόνισης πληροφορίας στα ηλεκτρικά δίκτυα, επισημαίνουν την ανάγκη να δοκιμαστεί η ευχρηστία των απεικονίσεων που υπάρχουν για τα ηλεκτρικά δίκτυα.

Οι Rich et al. (2001) επισημαίνουν την ανάγκη να ελέγξει κανείς πειραματικά, εάν οι νέες μορφοποιήσεις απεικόνισης παρουσιάζουν τα οφέλη που προσδιορίζονται στην περιοχή της εργονομικής έρευνας. Προχώρησαν για το λόγο αυτό στη διεξαγωγή πειράματος, όπου οι συμμετέχοντες έπρεπε να χρησιμοποιήσουν οθόνες με τρεις διαφορετικές μορφοποιήσεις απεικόνισης (απεικόνιση σε μορφή πίνακα, μονογραμμικό διάγραμμα, και ενοποιημένο μονογραμμικό διάγραμμα εμπλουτισμένο με πληροφορίες από τον πίνακα), για την επίλυση προβλημάτων σε δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Η

απόδοση των συμμετεχόντων ελέγχθηκε τόσο για το καθήκον του εντοπισμού, όσο και για το καθήκον της διάγνωσης, αναφορικά με τα προβλεπόμενα από την εργονομική έρευνα οφέλη.

Επίσης, επειδή κατά την εφαρμογή σύγχρονων τεχνικών όπως η τρισδιάστατη απεικόνιση και η κίνηση, αναδύονται επιπλέον ζητήματα εργονομικού σχεδιασμού, επισημάνθηκε η ανάγκη του να ελεγχθούν εμπειρικά, ως προς την αποτελεσματικότητά τους και τους περιορισμούς που θέτουν.

Οι Overbye, et al. (2003a) παρουσίασαν –μέσα από την οπτική της εργονομίας- τα πειραματικά αποτελέσματα της χρήσης ισούψων καμπύλων χρώματος (§5.5.3) για την οπτικοποίηση της πληροφορίας για την τάση ζυγών των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Ο έλεγχος των τεχνικών απεικόνισης της πληροφορίας (π.χ. χρωματικών περιοχών τάσης) σύμφωνα με εργονομικά κριτήρια, έδειξε ότι η συγκεκριμένη τεχνική απεικόνισης συμβάλλει στην αυξημένη ταχύτητα και ακρίβεια διάγνωσης, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται παραβίαση των τάσεων.

Οι Wiegmann et al. (2005) μελέτησαν πειραματικά –με τη συμμετοχή φοιτητών Ηλεκτρολόγων Μηχανικών- την επίδραση της κίνησης στην απεικόνιση των ροών φορτίου, και διαπίστωσαν ότι όταν η κίνηση στα γραφικά χρησιμοποιείται κατάλληλα, τότε βελτιώνει την απόδοση. Αντίθετα, η κίνηση και η απεικόνιση δυναμικών αλλαγών, όταν δεν χρησιμοποιείται σε κατάλληλα σημεία, μπορεί να οδηγήσει σε απόσπαση της προσοχής και σε αυξημένους χρόνους αναζήτησης πληροφορίας.

Οι Wiegmann et al. (2006) παρουσίασαν μέσα από την εργονομική θεώρηση, τα πειραματικά αποτελέσματα που σχετίζονται με την ανάπτυξη τρισδιάστατων απεικονίσεων, για την απεικόνιση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πάνω σε μονογραμμικά διαγράμματα (π.χ. Εικόνα 5.9). Τα αποτελέσματα βασίζονται σε πειράματα που έγιναν, με συμμετέχοντες φοιτητές στην περιοχή των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε σχέση με τις τυπικές δισδιάστατες μονογραμμικές απεικονίσεις, η τρισδιάστατη απεικόνιση της παραγωγής και των αποθεμάτων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία πάνω στις μονογραμμικές απεικονίσεις, προκειμένου να βελτιώσει και την ακρίβεια και την ταχύτητα για συγκεκριμένα καθήκοντα.

Ο Overbye (2008) μελέτησε μέσα από την εργονομική οπτική, πώς συγκεκριμένες μορφές απεικόνισης όπως οι «πίτες» απεικόνισης της ροής φορτίου μίας γραμμής, αξιοποιούν την προ-αντιληπτική επεξεργασία (preattentive processing) που κάνουν οι άνθρωποι. Αυτό συμβαίνει γιατί τα χαρακτηριστικά σχήμα/μέγεθος, το χρώμα, και η κίνηση που χρησιμοποιούνται στις «πίτες», κάνουν μία πληροφορία να αναδυθεί και να ξεχωρίσει μέσα στο πλήθος απεικονίσεων μίας οθόνης. Επίσης, σημειώνει ότι τα διαγράμματα «ισούψων περιοχών» που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των δεδομένων των ζυγών, λειτουργούν πολύ καλά, λόγω της ικανότητας του ανθρώπινου οπτικού συστήματος να εντοπίζει μοτίβα. Η χρωματική κωδικοποίηση περιοχών βοηθά στην αυξημένη ταχύτητα και ακρίβεια στη διάγνωση, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που εμφανίζονται πολλές παραβιάσεις τάσεως. Αυτό συμβαίνει γιατί το χρώμα λειτουργεί ως ένα αποτελεσματικό μέσο τονισμού, που ελκύει την προσοχή σε μία περιοχή της οθόνης και μειώνει το μέγεθος της περιοχής αναζήτησης, διευκολύνοντας έτσι τον ταχύ εντοπισμό της περιοχής που παρουσιάζει πρόβλημα. Οι χρωματικές ισούψεις περιοχές έχουν την ικανότητα να δημιουργούν γενικές ιδιότητες σε μία οθόνη, οι οποίες έρχονται σε αντίθεση με τα τοπικά στοιχεία που υπάρχουν. Οι γενικές ιδιότητες ενός στοιχείου εξαρτώνται από τις αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ των μερών, και σύμφωνα με τη Μορφολογική θεωρία (Gestalt concept) «το όλον αποτελεί κάτι μεγαλύτερο από το άθροισμα των μερών του». Έτσι η χρωματική κωδικοποίηση ισούψων περιοχών επιτρέπει στους χειριστές να εκτιμούν την συνολική κατάσταση του συστήματος πιο άμεσα, διατηρώντας καλύτερη ενημερότητα κατάστασης ή αναπτύσσοντας πιο έγκυρα νοητικά μοντέλα, και διευκολύνοντας έτσι την επιλογή μίας πιο κατάλληλης και έγκαιρης διορθωτικής ενέργειας.

Επίσης, μελέτες έχουν διερευνήσει πειραματικά, τη συνδυαστική χρήση διαφορετικών μορφών απεικόνισης για βελτιστοποίηση της απόδοσης των χρηστών σε ό,τι αφορά την ακρίβεια στην εκτέλεση συγκεκριμένων καθηκόντων (Wong et al., 2009), καθώς και τους χρόνους αντίδρασης και τις στρατηγικές εντοπισμού προβλήματος, τους χρόνους επίλυσης των προβλημάτων, και το βαθμό αξιοποίησης του διαθέσιμου εξοπλισμού των δικτύων (Rich et al., 2001, Overbye et al., 2001).

Παρά τα θετικά αποτελέσματα που διαπιστώθηκαν από τη χρήση σύγχρονων τεχνικών στις προαναφερθείσες μελέτες, ο Norman (1988) επισημαίνει ότι υπάρχει μία τάση πλεονασμού στη χρήση των δυνατοτήτων οπτικοποίησης (creeping featurism). Πολλές φορές η αυξημένη τεχνολογική λειτουργικότητα (υπολογιστική ισχύς και τεχνικές οπτικοποίησης) αποβαίνει εις βάρος της ευχρηστίας, καθώς η πολυπλοκότητα χρήσης αυξάνεται ως το τετράγωνο της αύξησης της λειτουργικότητας. Σημαντικά προβλήματα ευχρηστίας παρατηρούνται, τόσο σε περιορισμένου μεγέθους επιφάνειες διάδρασης (π.χ. οθόνες επιτραπέζιων υπολογιστών), όσο και σε μεγάλου μεγέθους επιφάνειες (π.χ. οθόνες τοίχου), καθώς χρησιμοποιούνται σε αυτά ακατάλληλες τεχνικές (π.χ. οι δυναμικές εικόνες χρησιμοποιούν συχνά πολλά σύμβολα, και χρώματα στους πίνακες απεικόνισης πληροφορίας) (Mumaw et al., 2000, Krost & Linders, 2001).

Τα προβλήματα που εντοπίζονται σε συγκεκριμένες απεικονίσεις, στους διαμεσολαβητές και στο περιβάλλον των αιθουσών ελέγχου συνολικά, αντιμετωπίζονται σε πολλές περιπτώσεις με την εφαρμογή συγκεκριμένων σχεδιαστικών προσεγγίσεων (π.χ. χρηστοκεντρικός σχεδιασμός), κατάλληλων οδηγιών, και προτύπων (ISO, IEEE). Η προσέγγιση του χρηστοκεντρικού σχεδιασμού, στην περίπτωση των βιομηχανικών συστημάτων SCADA, υιοθετεί μία θεώρηση των διαδραστικών συστημάτων, η οποία δεν εστιάζει μόνο στην λειτουργικότητα του πυρήνα εφαρμογής ενός συστήματος, αλλά δίνει έμφαση στο πώς ο χρήστης ενός συστήματος μπορεί αξιόπιστα να εργαστεί με το λογισμικό, επιτυγχάνοντας τα επιθυμητά αποτελέσματα με την εφαρμογή. Οι σχεδιαστικές οδηγίες, αποτελούν συνήθως συμβουλές που παρέχονται στους σχεδιαστές για ένα πολύ ευρύ πλαίσιο χρήσης, και έχουν αναπτυχθεί μέσω θεωριών της ψυχολογίας, πειραματικής έρευνας, αξιολογήσεων από ειδικούς, και πρακτικής εμπειρίας. Για παράδειγμα οι Krost, et al. (2003) αναφέρουν ότι είναι

σκόπιμο: α) οι απεικονίσεις να καθορίζονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των καθηκόντων, β) οι απεικονίσεις να είναι διαισθητικά προφανείς, και γ) να αποφεύγονται μη-χρήσιμες διακοσμητικές συνιστώσες των απεικονίσεων. Η ομάδα προτύπων ISO παρέχει γενικές και εξειδικευμένες αρχές και μεθόδους εργονομικού σχεδιασμού, τόσο για το διαμεσολαβητή, όσο και για τις θέσεις εργασίας, αλλά και το περιβάλλον της αίθουσας ελέγχου. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνουν:

A) αρχές ευχρηστίας και χρηστοκεντρικού σχεδιασμού συστημάτων (π.χ. ISO 13407: Human-centred design processes for interactive systems, ISO 16982: Ergonomics of human-system interaction - Usability methods supporting human-centred design, ISO 18152: Ergonomics of human-system interaction - Specification for the process assessment of human-system issues).

B) λεπτομερείς αρχές για το σχεδιασμό του περιεχομένου της οθόνης, όσο και για τους τρόπους διάδρασης με αυτό (π.χ. ISO 9241: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals— Part 8 to 17, Part 110, Part 400, ISO 9355: Ergonomic requirements for the design of displays and control actuators - Part 1,2, ISO 10075: Ergonomic principles related to mental workload—Part 2, ISO 14915-2: Software ergonomics for multimedia user interfaces - Part 2,3).

Γ) γενικές αρχές για τους σταθμούς εργασίας των εργαζομένων (ISO 9241: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals— Part 5 to 7, ISO 13406: Ergonomic requirements for work with visual displays based on flat panels).

Δ) αρχές σχεδιασμού και αξιολόγησης των αιθουσών ελέγχου (π.χ. ISO 11064: Ergonomic design of control centres - Part 1 to 7).

Από την ομάδα προτύπων IEEE, εφαρμόζεται το IEEE Standard Definition, Specification, and Analysis of Systems Used for Supervisory Control, Data Acquisition, and Automatic Control, IEEE Std C37.1-1994. Βέβαια σε ό,τι αφορά την οπτική της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή, το πρότυπο παρέχει μόνο κάποιες βασικές υποδείξεις για τα χαρακτηριστικά απεικόνισης πληροφορίας της οθόνης, τις δυνατότητες ελέγχου, τις αρχές που διέπουν τη δομή των διαλόγων και που πρέπει να ακολουθηθούν, καθώς και τη χρήση χρωμάτων και συναγευμένων. Λεπτομερείς αναφορές για τον τρόπο και τους περιορισμούς απεικόνισης μίας πληροφορίας πάνω στην οθόνη, προσδιορίζονται συμπληρωματικά από πρότυπα όπως το IEEE Guide for the Application of Human Factors Engineering in the Design of Computer-Based Monitoring and Control Displays for Nuclear Power Generating Stations, IEEE Std. 1289-1998, το οποίο καθορίζει π.χ. τον αριθμό των χρωμάτων στα οποία μπορούν να αποδοθούν διαφορετικές έννοιες ανάλογα με το σύστημα απεικόνισης, και τις συνθήκες φωτεινότητας και θάμβωσης.

Η ανάπτυξη και εφαρμογή εξειδικευμένων προτύπων για την οπτικοποίηση πληροφορίας στα ηλεκτρικά δίκτυα, αποτελεί ένα πάγιο αίτημα των εταιρειών και των χρηστών σύγχρονων συστημάτων SCADA, καθώς η λειτουργικότητα των συστημάτων αυτών αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία των δικτύων.

5.7 Σχεδιασμός Εξειδικευμένων Συστημάτων Διαχείρισης

Οι περισσότεροι διαμεσολαβητές των Συστημάτων Διαχείρισης Υποδομών απευθύνονται σε διάφορα δίκτυα παροχής κοινωφελών αγαθών (ρεύμα, νερό, φυσικό αέριο), και το πρόβλημα που συναντάται συνήθως είναι ότι έχουν σχεδιασθεί να εξυπηρετούν γενικά δίκτυα διαφορετικής φύσεως, διαφορετικής κλίμακας και πυκνότητας, τα οποία διέπονται από διαφορετικές φυσικές αρχές και κινδύνους λειτουργίας, με συνέπεια να πρέπει κανείς να προχωρήσει σε σημαντικό βαθμό προσαρμογή στο δικό του δίκτυο, προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες διαχείρισης και ελέγχου. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι ανάγκες ενός συγκεκριμένου πεδίου, υπερβαίνουν τις δυνατότητες και τα περιθώρια του συστήματος SCADA για προσαρμογή. Σε αρκετές περιπτώσεις, αναγκάζονται οι χειριστές να «προσαρμοστούν» στις δυνατότητες που παρέχει η εφαρμογή (Korzyk & Yurcik, 2002).

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές μελέτες που παρουσιάζουν τα Συστήματα διαχείρισης ενέργειας (ΣΔΕ), δίνοντας έμφαση στην αρχιτεκτονική δομή και τον τρόπο λειτουργίας του εξοπλισμού του ΣΔΕ. Σε ό,τι αφορά την ολοκληρωμένη παρουσίαση των διαμεσολαβητών των συστημάτων αυτών, ο αριθμός των διαθέσιμων μελετών είναι περιορισμένος. Μελετώντας κανείς τους διαμεσολαβητές των ΣΔΕ διαφορετικών χωρών όπως της Ινδίας (Soonee et al., 2006), του Καναδά (Sloman & Benedicenti, 2005), και της Αμερικής (Overbye and Wiegmann, 2005, Klump et al., 2003, 2002), διαπιστώνει μία κοινή φιλοσοφία και τεχνικές απεικόνισης, καθώς τα δίκτυα παραγωγής-μεταφοράς στις περισσότερες χώρες παρουσιάζουν πολλά κοινά στοιχεία. Βέβαια υπάρχουν και σημαντικές διαφορές όπως πυκνότητα, πλήθος ηλεκτρικών στοιχείων, πλήθος εξυπηρετούμενων καταναλωτών, τεχνολογικό επίπεδο εξοπλισμού δικτύου, συνθήκες περιβάλλοντος λειτουργίας του δικτύου, που επηρεάζουν με μοναδικό τρόπο τη λειτουργία του συστήματος σε κάθε χώρα, δημιουργώντας κατά συνέπεια ιδιαίτερες απαιτήσεις για την κατάλληλη απεικόνιση πληροφορίας που θα οδηγήσει στην αποτελεσματική διαχείριση του δικτύου.

Οι ιδιαίτερες απαιτήσεις που έχουν τα δίκτυα σε κάθε χώρα, γίνονται ακόμη πιο εμφανείς όσο προχωρά κανείς σε χαμηλότερης ενεργειακής τάξης δίκτυα, δηλαδή σε δίκτυα διανομής μέσης και χαμηλής τάσης. Στις περιπτώσεις αυτές, συναντά κανείς ιδιαιτερότητες που έχουν να κάνουν ακόμη και με τοπικά γεωγραφικά, πολιτισμικά στοιχεία.

Τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνουν συνεχώς σε μέγεθος, και γίνονται όλο και πιο σύνθετα, καθώς εξελίσσονται οι αστικές κοινωνικές λειτουργίες. Τα πρώτα εξειδικευμένα συστήματα διαχείρισης διανομής εισήχθησαν τη

δεκαετία του '90 σε εταιρείες ενέργειας στην Ιαπωνία, προκειμένου να βελτιωθεί η αξιοπιστία της λειτουργίας των συστημάτων διανομής και να γίνει πιο αποτελεσματική η λειτουργία του εξοπλισμού διανομής. Ένα Σύστημα Διαχείρισης Διανομής, είναι ένα σύστημα που –εξ' αποστάσεως- εποπτεύει και ελέγχει τους διακόπτες και τους υποσταθμούς στα δίκτυα διανομής. Τα Συστήματα Διαχείρισης Διανομής απαιτούν συχνά τροποποίηση και προσαρμογή των λειτουργιών του συστήματος εποπτείας και ελέγχου, προκειμένου να διαχειριστεί κανείς με επιτυχία τις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις του δικτύου.

Οι μελέτες που παρουσιάζουν τους διαμεσολαβητές των Συστημάτων Διαχείρισης Δικτύων Διανομής (Distribution Management Systems) είναι σαφώς περιορισμένες και παρουσιάζουν μόνο συγκεκριμένες πτυχές του σχεδιασμού και της λειτουργίας τους. Οι Overbye et al. (2003a) παρουσιάζουν κάποιες από τις οθόνες και απεικονίσεις του διαμεσολαβητή που υποστήριζε τη διαχείριση του δικτύου 69kV στην περιοχή του Tennessee (Βόρειο-Ανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες), με αφορμή ένα συμβάν διακοπής ηλεκτροδότησης που συνέβη τον Ιούλιο του 1999. Οι Moreno-Munoz et al. (2009) παρουσιάζουν τις σχεδιαστικές οδηγίες βάσει των οποίων χτίστηκε ο διαμεσολαβητής για το σύστημα διανομής 400kV-220kV στην Κόρντοβα της Ισπανίας. Ο Lothong (2009) παρουσιάζει τη διαδικασία μετάβασης από ένα παραδοσιακό σύστημα SCADA με απεικονίσεις σε μορφή πίνακα και διαγράμματα Υποσταθμών, σε ένα νέο σύστημα αποτελούμενο από την απεικόνιση ενός ευρείας περιοχής συστήματος μεταφοράς, και σε ένα σύστημα διαχείρισης διανομής κατασκευασμένο σύμφωνα με προηγμένες τεχνικές απεικόνισης.

Η ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων σε επίπεδο διανομής (Κεφ.4-§4.5.6) έχει στρέψει το ενδιαφέρον του βιομηχανικού σχεδιασμού συστημάτων διαχείρισης, σε αυτής της τάξης τα δίκτυα, με αποτέλεσμα να διατίθενται σταδιακά εξειδικευμένα συστήματα για τον έλεγχο των δικτύων αυτών. Η ανάπτυξη κατάλληλων διαμεσολαβητών για Συστήματα Διαχείρισης Διανομής, μέσα από την οπτική της εργονομίας και της μηχανικής γνωσιακών συστημάτων, παρουσιάζει ιδιαίτερο πρακτικό ενδιαφέρον, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη υποστήριξη του νοητικού έργου των χειριστών και αποτελεσματικότερο έλεγχο των δικτύων.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ
ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΣΟΛΑΒΗΤΗ
ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΕΩΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΣΟΛΑΒΗΤΗ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΕΩΣ

6.1 Αλλαγές και Ευκαιρίες στα Δίκτυα Διανομής Μέσης Τάσεως

Το ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα (Παραγωγή-Μεταφορά-Διανομή), τα τελευταία 20 χρόνια βρίσκεται σε διαδικασία σταδιακής υλοποίησης σημαντικών τεχνολογικών και οργανωτικών αλλαγών, που περιγράφηκαν στα Κεφ.4 και Κεφ.5. Μάκρο-θεσμικές αλλαγές, όπως αλλαγές στο περιβάλλον και τους κανόνες λειτουργίας των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας σε τοπικό επίπεδο, στον έλεγχο της διανομής (Guzman & Wilson, 2005). Η λειτουργία και αποκατάσταση των δικτύων μέσα σε ένα απελευθερωμένο περιβάλλον, απαιτεί περισσότερο ενεργό έλεγχο σε επίπεδο διανομής, με συνέπεια να απαιτείται ενίσχυση των υποδομών και των συστημάτων ελέγχου τους (EASAC, 2009, Baker, 2011).

Στα δίκτυα διανομής μέσης τάσης, η υλοποίηση σημαντικών έργων αναβάθμισης των δικτύων και των Κέντρων Ελέγχου Αττικής είχε ξεκινήσει πριν το 2000, εν όψει των Ολυμπιακών Αγώνων 2004. Ο παλιός εξοπλισμός του δικτύου (καλώδια, διατάξεις ρύθμισης και προστασίας, κλπ) αντικαθίστατο σταδιακά με σύγχρονο τεχνολογικό εξοπλισμό, είτε λόγω καταστροφής του, είτε στο πλαίσιο προγραμματισμένων εργασιών συντήρησης. Ταυτόχρονα, η συνεχής επέκταση του δικτύου, με την προσθήκη νέων παραγωγών, νέων καταναλωτών, νέων Κέντρων Διανομής και Υποσταθμών, αύξανε συνεχώς τον όγκο των εποπτευόμενων φορτίων, και απαιτούσε από τους χειριστές γνώσεις διαχείρισης στοιχείων με πολύ διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά.

Στα Κέντρα Ελέγχου, στις παραδοσιακές αίθουσες ελέγχου δικτύων μέσης τάσης με στατικό Μιμικό διάγραμμα τοίχου, Πίνακα Μετασχηματιστών, Πίνακα Ελέγχου, και Τράπεζα χειρισμών, είχαν αρχίσει ήδη πριν το 2000 να εισάγονται μεμονωμένες ηλεκτρονικές εφαρμογές τήρησης αρχείων για βλάβες και για το ιστορικό λειτουργίας των διακοπών στα Κέντρα Διανομής. Ταυτόχρονα είχαν αρχίσει να λειτουργούν μεμονωμένες εφαρμογές Συστημάτων Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (SCADA) για τη διαχείριση των τηλεχειριζόμενων Υποσταθμών, ενώ από το 2004 λειτουργήσαν και τηλεχειριζόμενα μέσω SCADA Κέντρα Διανομής (Κεφ.5-§5.4).

Την ίδια εποχή είχε ξεκινήσει η ψηφιακή αποτύπωση του δικτύου πάνω σε κατάλληλα γεωγραφικά υπόβαθρα σε εφαρμογή Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών GIS (Κεφ.5-§5.5.3), με στόχο αρχικά, την εκτύπωση χαρτών του δικτύου για την υποστήριξη του έργου των εργοδηγείων που εκτελούσαν εργασίες σε διάφορα σημεία του δικτύου. Το 2012, ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) επέλεξε ανάδοχο για το έργο προμήθειας, εγκατάστασης και θέσης σε παραγωγική λειτουργία Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS) για το Δίκτυο Διανομής (ΔΕΔΔΗΕ, 2012), με στόχο την περαιτέρω αξιοποίηση των δυνατοτήτων των GIS στα δίκτυα μέσης τάσης. Οι δράσεις αυτές αποτελούσαν επιμέρους έργα εκσυγχρονισμού των αιθουσών ελέγχου μέσης τάσης, με τελικό στόχο την μετάβαση από το παραδοσιακό σε ένα σύγχρονο περιβάλλον ελέγχου, που θα έχει τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν στο Κεφ.5-§5.3.1.

Τον Ιανουάριο του 2016, ο ΔΕΔΔΗΕ (προκειμένου να προσαρμόσει τη λειτουργία των δικτύων διανομής στο νέο περιβάλλον της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως διαμορφώνεται διεθνώς μέσα από τις ραγδαίες εξελίξεις στα έξυπνα δίκτυα, στην τηλε-εξυπηρέτηση, και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής) ανήγγειλε τον προγραμματισμό 12 έργων στρατηγικής σημασίας όπως: τον Εκσυγχρονισμό του Κέντρου Ελέγχου Δικτύων Αττικής, την Δημιουργία Κέντρου Ελέγχου δικτύων Νησιών, τον Εκσυγχρονισμό ελέγχου δικτύων λοιπής Χώρας, την Αναβάθμιση περιφερειακού εξοπλισμού τηλεχειρισμών στα δίκτυα, την Εγκατάσταση Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών, το Νέο Πληροφοριακό Σύστημα Εξυπηρέτησης Πελατών, την Εγκατάσταση Συστημάτων Τηλε-εξυπηρέτησης Πελατών, την Αναβάθμιση Προγραμματισμού Ανάπτυξης Δικτύων, την Ανάπτυξη υποδομών Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών για εφαρμογή Κώδικα ΜΔΝ, την Ανάπτυξη «Έξυπνων Νησιών» (Πιλοτικό και προώθηση επέκτασής του), την Τηλεμέτρηση πελατών Χαμηλής Τάσης (Πιλοτικό και προώθηση επέκτασής του) και την Αναδιοργάνωση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η πρώτη ομάδα στρατηγικών έργων που θα υλοποιηθεί εντάσσεται στη γενικότερη προσπάθεια δημιουργίας «έξυπνων δικτύων» (smart grids) (Κεφ.4-§4.5.6), και περιλαμβάνει έργα τηλεχειρισμών και αυτοματισμών, όπως ο εκσυγχρονισμός του ελέγχου των δικτύων της Αττικής και η συγκέντρωσή τους μέχρι το 2019 σε ένα ενιαίο Κέντρο Ελέγχου. Σε αυτή την ομάδα έργων εντάσσεται επίσης η δημιουργία Κέντρου Ελέγχου των δικτύων των Νησιών μέχρι το 2019, ο εκσυγχρονισμός και συγκέντρωση των Κέντρων Ελέγχου της λοιπής χώρας σε τρία περιφερειακά Κέντρα μέχρι το 2019, και η εγκατάσταση έως το 2020 των αναγκαίων στοιχείων τηλεχειρισμού, αυτοματισμού και τηλεοπτείας, ώστε τα Κέντρα Ελέγχου να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τα δίκτυα όλης της χώρας, και να τηλε-ελέγχουν τους βασικούς διακόπτες τους (SevOrg,2016).

Η εισαγωγή νέας τεχνολογίας (μέσα διάδρασης και τρόποι απεικόνισης της πληροφορίας) στις αίθουσες ελέγχου, φέρνει πολύ σημαντικές αλλαγές στον τρόπο εκτέλεσης του έργου των χειριστών και διαμορφώνει νέες νοητικές αρχιτεκτονικές (Moray, 1997). Οι διαμεσολαβητές των Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας αποτελούν ένα γνωσιακό τέχνημα (Κεφ.2-§2.4), το οποίο υποστηρίζει το ατομικό και συνεργατικό νοητικό έργο των χειριστών, καθορίζοντας σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο που οι χειριστές θα αντιμετωπίσουν κρίσιμα συμβάντα, καθώς και το πόσο γρήγορα και αποτελεσματικά θα καταφέρουν να επαναφέρουν το σύστημα μετά από ένα εκτεταμένο μπλακάουτ (Κεφ.4-§4.6). Η πιθανότητα εμφάνισης ενός μπλακάουτ, δεν μπορεί να εξαλειφθεί πλήρως, ακόμη και με τις δυνατότητες που παρουσιάζουν τα σύγχρονα

Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας, αποτελεί όμως μία «δημιουργική» αφορμή για τη βελτίωση των συστημάτων και των τρόπων αντιμετώπισης τους (Fairley, 2004, Overbye & Wiegmann, 2005).

Ο βιομηχανικός σχεδιασμός Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας εστιάζει κυρίως στην υποστήριξη των δικτύων παραγωγής-μεταφοράς, τα οποία παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά στα περισσότερα κράτη. Όμως όσο προχωρά κανείς σε χαμηλότερης τάξης δίκτυα (μέση και χαμηλή τάση), μπορεί να εντοπίσει σημαντικές διαφορές, σε ό,τι αφορά τη δομή, ανάπτυξη και τεχνολογία των δικτύων σε διαφορετικά κράτη. Λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης «έξυπνων δικτύων» τη σύγχρονη εποχή, ο σχεδιασμός εξειδικευμένων διαμεσολαβητών για Συστήματα Διαχείρισης Διανομής (Distribution management Systems) σε μέση και χαμηλή τάση, παρουσιάζει ιδιαίτερο πρακτικό ενδιαφέρον (Κεφ.5-§5.7)

Ο οικολογικός σχεδιασμός αποτελεί μία σύγχρονη προσέγγιση στο σχεδιασμό διαμεσολαβητών, που στοχεύει στο να ξεπεράσει τις ατέλειες και τις αδυναμίες των υπαρχόντων διαμεσολαβητών(Κεφ.1 και Κεφ.3). Μέσα από την υλοποίηση οικολογικών διαμεσολαβητών σε ποικίλα πεδία, έχει διαμορφωθεί ένας κορμός εμπειρικής έρευνας που δείχνει ότι μέσω του οικολογικού σχεδιασμού μπορούν να βελτιωθούν διάφορες παράμετροι της απόδοσης των χρηστών (Vicente, 2002). Στις μελέτες αυτές, έχει διαπιστωθεί ότι ο οικολογικός σχεδιασμός βοηθά τους χρήστες να αντιμετωπίζουν πιο αποτελεσματικά μη-οικεία περιστατικά, και επιπλέον βοηθά ακόμη και αρχάριους χρήστες να αποκτήσουν πιο γρήγορα εξελιγμένα νοητικά μοντέλα, τα οποία συνήθως απαιτούν χρόνια εμπειρίας και εκπαίδευσης για να αναπτυχθούν. Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι οι χρήστες μπορούν να μάθουν εύκολα να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τις οικολογικές, μη-παραδοσιακές γραφικές αναπαραστάσεις.

Τα ελληνικά δίκτυα διανομής μέσης τάσης έχουν χαρακτηριστικά (πολύ πυκνό δίκτυο με εναέρια, επίγεια και υπόγεια τμήματα, μεγάλο πλήθος ελεγχόμενων στοιχείων, εξοπλισμό με ποικίλα τεχνολογικά χαρακτηριστικά, διαφορετικών τεχνολογικών γενεών) που θέτουν ιδιαίτερες απαιτήσεις ως προς τη διαχείριση τους.

Επιπλέον, οι χειριστές πέρα από τα μη-οικεία περιστατικά (Κεφ.3-§3.1.1) που μπορεί να εμφανιστούν λόγω ασυνήθους ηλεκτρικής, φυσικής ή τεχνολογικής συμπεριφοράς του δικτύου, καλούνται να αντιμετωπίσουν και μη-οικείες περιστάσεις διαχείρισης του δικτύου, που αναδύονται όταν κρίσιμα περιστατικά συμβούν στο πλαίσιο πρόσφατων αλλαγών στο σύστημα (π.χ. μετάβαση από παραδοσιακό σε σύγχρονο ηλεκτρονικό διαμεσολαβητή, λήψη αποφάσεων στο πλαίσιο ενός νέου οργανωτικού σχήματος).

Ο σχεδιασμός ενός ηλεκτρονικού πρωτότυπου οικολογικού διαμεσολαβητή, που θα παρέχει εξειδικευμένη υποστήριξη για τη διαχείριση των ελληνικών δικτύων μέσης τάσης, αποτελεί μία ευκαιρία: α) για τη διερεύνηση των επιπτώσεων που θα έχουν στο νοητικό και συνεργατικό έργο των χειριστών οι υλοποιούμενες αλλαγές, και β) για τη δοκιμή της αποτελεσματικότητας του οικολογικού σχεδιασμού στα ηλεκτρικά δίκτυα μέσης τάσεως, που αποτελούν πεδίο στο οποίο δεν έχει εφαρμοστεί ξανά.

Στις ενότητες που ακολουθούν, παρουσιάζεται η ερευνητική προσέγγιση του προβλήματος που περιγράφηκε στην παρούσα ενότητα, καθώς και οι λόγοι επιλογής και εφαρμογής συγκεκριμένων πλαισίων, μεθόδων, και εργαλείων της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων.

6.2 Ενσωμάτωση αλλαγών στο σχεδιασμό

Οι τεχνολογικές αλλαγές (Κεφ.4-§4.5.6, Κεφ.5-§5.3, §5.4, §5.5) γίνονται σε αρκετές περιπτώσεις για να βελτιωθεί η απόδοση και η ακρίβεια των ενεργειών των χειριστών, δημιουργώντας όμως ταυτόχρονα νέα μονοπάτια για την εμφάνιση αστοχιών (Cook, 1998, Sarter et al. 1997, Norman 1988, Woods et al. 1994). Οι αλλαγές στο οργανωτικό σχήμα λειτουργίας (Κεφ.4-§4.5.3, Κεφ.5-§5.2), μπορούν κατά τη διαχείριση μίας κρίσιμης κατάστασης, να οδηγήσουν σε σύγχυση για το πώς πρέπει να γίνει ο συντονισμός και η λήψη διαχειριστικών αποφάσεων, με συνέπεια απώλειες κατά τον έλεγχο του δικτύου. Οι συνέπειες των αλλαγών εκδηλώνονται λόγω της διαδραστικής δυναμικής που υπάρχει μεταξύ των καθηκόντων εργασίας, των εργαλείων εργασίας, της νόησης, των συνεργασιών μεταξύ των εργαζομένων, και του οργανωτικού πλαισίου (Κεφ.5).

Οι σταδιακά υλοποιούμενες τεχνολογικές και οργανωτικές αλλαγές, τροποποιούν συνεχώς το έργο όλων των εργαζομένων και τις απαιτήσεις εργασίας, με συνέπεια παραδοσιακοί τρόποι συγκέντρωσης απαιτήσεων και προδιαγραφών για τον ανασχεδιασμό του συστήματος, να μην επαρκούν (Sharples, 2002, Grootjen et al., 2009, Stevens-Adams et al., 2015, Kant, 2017).

Η ομαλή ενσωμάτωση των υλοποιούμενων αλλαγών στα δίκτυα μέσης τάσης, αποτελεί ένα πρόβλημα κοινωνικο-τεχνικού σχεδιασμού. Έτσι αρχικά, μελετούνται οι επιμέρους τομείς λειτουργίας του συστήματος και οι διαδράσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των τομέων στο τρέχον περιβάλλον λειτουργίας του πεδίου, πριν υλοποιηθούν οι αλλαγές. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται αναλυτικές μέθοδοι, που επιτρέπουν την ιχνηλάτηση των επιπτώσεων που θα έχουν οι αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας του συστήματος, και που βοηθούν στην διερεύνηση των συμπεριφορών που θα αναπτύξουν οι χειριστές στο «μελλοντικό περιβάλλον εργασίας», το οποίο δεν υπάρχει αυτή τη στιγμή.

6.3 Συμμετοχή εργαζομένων στο σχεδιασμό

Οι χειριστές βρίσκονται στο επίκεντρο των αλλαγών που προαναφέρθηκαν, καθώς διαφοροποιείται ο ρόλος τους, και μετασχηματίζεται ο τρόπος εκτέλεσης του έργου τους. Έτσι καλούνται να προσαρμοστούν σε νέα οργανωτικά σχήματα, να αξιοποιήσουν κατάλληλα νέες τεχνολογίες, και να αλληλεπιδράσουν με το δίκτυο μέσα από νέα εποπτικά και διαδραστικά μέσα.

Νέες τεχνολογικές εφαρμογές για την εποπτεία των δικτύων ή νέοι τρόποι απεικόνισης πληροφορίας για το δίκτυο – με τα οποία οι χειριστές δεν είναι εξοικειωμένοι- μπορεί να τους δυσκολέψουν, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια διαχείρισης κρίσιμων συμβάντων, όπου ο φόρτος εργασίας και η χρονική πίεση είναι μεγάλη. Επιπλέον οι εργαζόμενοι έχουν την τάση να απορρίπτουν τεχνικές απεικόνισης που δεν τους είναι οικείες, όπως προκύπτει από τη μελέτη των Krost & Linders (2001), όπου ζητήθηκε η γνώμη των χειριστών για την τρισδιάστατη αποτύπωση του προφίλ τάσεως σε γεωγραφικού τύπου διαγράμματα (Κεφ.5–§5.5.3), και την απέρριψαν λόγω μη εξοικείωσης με αυτό τον τρόπο απεικόνισης πληροφορίας. Επίσης, οι εργαζόμενοι έχουν την τάση να απορρίπτουν νέα εργαλεία και τεχνολογίες που τους επιβάλλονται, χωρίς πρώτα να έχει ζητηθεί η γνώμη και η εμπειρία τους. Η μη-εμπλοκή των εργαζομένων στο σχεδιασμό, όχι μόνο μπορεί να έχει επίπτωση στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος, αλλά μπορεί να θέσει σε κίνδυνο και την αποδοχή του στο χώρο εργασίας (Klump et al., 2002, Crabtree, 2010). Αντίθετα η εμπλοκή των εργαζομένων στο σχεδιασμό, τους δίνει την ευκαιρία να έχουν έλεγχο πάνω στην τεχνολογία με την οποία εκτελούν την εργασία τους, καθώς συμμετέχουν στην διαμόρφωση του τρόπου αξιοποίησης της, μέσω του σχεδιασμού.

Η συμμετοχή των εργαζομένων στη διαμόρφωση της οργανωτικής δομής συμβάλλει στο να δεσμευτούν καλύτερα οι εργαζόμενοι απέναντι στους οργανωτικούς στόχους. Η συμμετοχή στη διαμόρφωση μίας οργανωτικής αλλαγής λειτουργεί ως κίνητρο και επιβράβευση, και είναι επωφελής και για τα άτομα μεμονωμένα, αλλά και για την οργάνωση του συστήματος συνολικά. Συνήθως όταν οι εργαζόμενοι δεν συμμετέχουν στη αναδιοργάνωση, η αντίσταση που παρουσιάζουν είναι υψηλή (Robertson, 2001). Αντίθετα εμπλέκοντας τους εργαζόμενους στη συζήτηση για τις προτεινόμενες αλλαγές, είναι πιο πιθανό να είναι οι προτεινόμενες λύσεις πλήρεις και πολιτισμικά αποδεκτές. Ο τρόπος δημιουργικής εμπλοκής, καθορίζεται από τις εκτελούμενες στο σύστημα δραστηριότητες και τις διαδικασίες αλλαγής, που πρέπει να συγχρονιστούν μέσω του ανασχεδιασμού.

Ο συμμετοχικός σχεδιασμός αποτελεί μία σχεδιαστική προσέγγιση και φιλοσοφία, που υποστηρίζει την άμεση συμμετοχή των χρηστών και άλλων εμπλεκόμενων στη λειτουργία του συστήματος εργασίας, στην ανάλυση και το σχεδιασμό της εργασίας σε αυτό (Kensing and Blomberg, 1998, Simonsen & Hertzum, 2008, Martine, 2012, Simonsen & Robertson, 2013, Bratteteig & Wagner, 2016, Smith et al., 2017). Ο συμμετοχικός σχεδιασμός ή συνεργατικός σχεδιασμός (Cooperative Design) εφαρμόζεται συστηματικά στις σκανδιναβικές χώρες από τη δεκαετία του '70 (Bjerknes et al., 1987, Greenbaum & Kyng, 1991, Schuler & Namioka, 1993, Gregory, 2003), ενώ οι ρίζες του στη θεωρία σχεδιασμού προσδιορίζονται από τον Holmlid (2009) στη δουλειά των Morris (1891), Paulsson (1919), και Paulsson and Paulsson (1957). Ο συμμετοχικός σχεδιασμός αποτελεί μία μακρο-εργονομική μέθοδο, που έχει δοκιμαστεί σε ποικίλα πεδία (π.χ. σχεδιασμός λογισμικών, προϊόντων, παροχής υπηρεσιών, ιατρική, κλπ) προκειμένου να σχεδιασθούν περιβάλλοντα που ανταποκρίνονται στις πολιτισμικές, συναισθηματικές, πνευματικές και πρακτικές ανάγκες των χρηστών τους (Greenbaum and Kyng, 1991, Muller and Kuhn, 1993, Bødker et al., 1993, Grønbaek et al., 1995, Crabtree, 1998, Haines et al., 2002, Grudin & Pruitt, 2002, Frauenberger et al., 2010, Muller & Druin, 2010). Ο συμμετοχικός σχεδιασμός έχει δώσει έμφαση στην ανάπτυξη –βασισμένων σε υπολογιστές- τεχνιμάτων τα οποία ταιριάζουν και την ίδια στιγμή μετασχηματίζουν τις δραστηριότητες και την οργάνωση της εργασίας, στην οποία πρόκειται να λειτουργήσουν.

Οι εργαζόμενοι στο σύστημα, ανάλογα με το ρόλο τους μέσα σε αυτό, μπορεί να έχουν διαφορετική οπτική για το αντικείμενο, και διαφορετικά κίνητρα στο να πάρουν μέρος στη συμμετοχική διαδικασία (Gould & Lewis, 1985, Gould, 1995, Miettinen & Mervi, 2002). Ο συμμετοχικός σχεδιασμός διευκολύνει την κατανόηση μεταξύ διαφορετικών ομάδων ενδιαφερόμενων για το σύστημα (εργαζόμενοι, διοίκηση, αναλυτές-σχεδιαστές), δίνοντας τη δυνατότητα σε κάθε ομάδα να κατανοήσει την οπτική και τις γνώσεις για το σύστημα, που έχει μία άλλη ομάδα. Ο σχεδιασμός αποτελεί μία αμοιβαία διαδικασία μάθησης μεταξύ εργαζομένων και σχεδιαστών και γίνεται πιο παραγωγικός, όταν μπορούν οι εργαζόμενοι να λειτουργούν ως σχεδιαστές και οι σχεδιαστές να ενεργούν ως εργαζόμενοι (Reich et al., 1996, Béguin, 2003).

Ο συμμετοχικός σχεδιασμός υλοποιείται με τη βοήθεια διαφόρων τεχνικών- μεθόδων, οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως σε συνδυασμό, όπως σενάρια, πρωτότυπα, εξομοιωτές, και κάθε άλλο μέσο που μπορεί να βοηθήσει τους σχεδιαστές να κατανοήσουν το έργο των χρηστών. Ο τρόπος που ο γνωσιακός μηχανικός (αναλυτής-σχεδιαστής) αντλεί τη γνώμη των συμμετεχόντων μπορεί να διαφέρει, ανάλογα με το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η διαδικασία συμμετοχικού σχεδιασμού. Κάθε συμμετέχων είναι σκόπιμο να εμπλέκεται στα στάδια σχεδιασμού που μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά, και με τον τρόπο που πρέπει (Light & Luckin, 2008).

Ιδιαίτερα σε περιπτώσεις σχεδιασμού – όπως η παρούσα- που περιλαμβάνουν τεχνολογικές αλλαγές στα μέσα διάδρασης και απεικόνισης πληροφορίας, παίζει σημαντικό ρόλο η στάση των εργαζομένων απέναντι στην τεχνολογία, καθώς εργαζόμενοι που αποκρούουν την τεχνολογία λόγω μη εξοικείωσης με αυτή, μπορεί να λειτουργήσουν περιοριστικά κατά το συμμετοχικό σχεδιασμό. Αντίθετα, οι εργαζόμενοι που είναι υπέρμαχοι της χρήσης σύγχρονης τεχνολογίας, λειτουργούν θετικά στην εισαγωγή και αφομοίωση της στην αίθουσα ελέγχου.

Στο χώρο των δικτύων διανομής μέσης τάσης δραστηριοποιούνται εργαζόμενοι (χειριστές, μηχανικοί και λοιπό προσωπικό), με διαφορετικό γνωστικό υπόβαθρο και εμπειρία στη διαχείριση του τεχνολογικού δικτύου, καθώς και

διαφορετικό επίπεδο δεξιότητας στη χρήση εφαρμογών νέας τεχνολογίας. Στο σχεδιασμό διαμεσολαβητή για τα δίκτυα μέσης τάσης, η συμμετοχή των εργαζομένων:

- κατά την διερεύνηση του υπάρχοντος περιβάλλοντος διάδρασης στην αίθουσα ελέγχου, βοήθησε στο να μελετηθούν τα τεχνικά και γνωσιακά χαρακτηριστικά των τεχνημάτων, και ο βαθμός που αυτά διευκολύνουν ή δυσκολεύουν το νοητικό και συνεργατικό έργο των χειριστών στην αίθουσα ελέγχου.

- κατά την ανάλυση του συστήματος, συνέβαλε στο να επιτευχθεί μία καλή ισορροπία μεταξύ των προδιαγραφών που εξαγάγει ο γνωσιακός μηχανικός και των απαιτήσεων της εργασίας που προσδιορίζουν οι εργαζόμενοι.

- κατά τα στάδια της ανάπτυξης και αξιολόγησης, παρείχε συνεχή ανάδραση, για την κατάλληλη προσαρμογή του διαμεσολαβητή στις πραγματικές συνθήκες εκτέλεσης της εργασίας. Βέβαια, όσα υποστηρίζουν και προτείνουν οι εργαζόμενοι στο στάδιο αυτό, ελέγχθηκαν προσεκτικά, καθώς πολλά πράγματα που βρίσκουν κατάλληλα κατά τη διάρκεια του συμμετοχικού σχεδιασμού, δεν τα βρίσκουν απαραίτητα κατάλληλα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της εργασίας τους σε πραγματικές συνθήκες (Crabtree, 1998, Perry & Sanderson, 1998, Luck, 2003, 2007). Αντίστροφα, υπάρχουν σχεδιαστικές προτάσεις τις οποίες οι εργαζόμενοι απορρίπτουν κατά το στάδιο του σχεδιασμού, παρότι πρόκειται για λύσεις που μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των χειρισμών σε πραγματικές συνθήκες. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι εργαζόμενοι κατευθύνθηκαν σε περαιτέρω διερεύνηση των προτεινόμενων λύσεων, προκειμένου να αντιληφθούν τη σημασία τους.

6.4 Κλίμακα σχεδιασμού ενός «μεταβατικού» πειραματικού κόσμου

Η μετάβαση από τον παραδοσιακό σε πλήρως ηλεκτρονικό διαμεσολαβητή στο χώρο των δικτύων μέσης τάσης, θα επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον τρόπο οργάνωσης και εκτέλεσης του φυσικού και νοητικού έργου των χειριστών. Εάν αξιοποιήσουν την προγενέστερη εμπειρία και δημιουργήσουν αναλογίες μεταξύ των προηγούμενων καθηκόντων και των νέων, θα κατανοήσουν και θα εξοικειωθούν πιο εύκολα με το νέο περιβάλλον εργασίας.

Η εμπειρία δεν αποτελεί μία σταθερή ιδιότητα ενός ανθρώπου, αλλά αποτελεί μία δυναμικά μεταβαλλόμενη σχέση μεταξύ των απαιτήσεων που θέτει το περιβάλλον και των «πόρων» που διαθέτει ένας άνθρωπος. Δεδομένου ότι ο εργαζόμενος και το περιβάλλον μέσα στο οποίο προκύπτει η εμπειρία, υπόκεινται σε συνεχείς αλλαγές, η εμπειρία είναι περισσότερο αυτό που ο εργαζόμενος φέρει, μέσω της άρρητης, έμμεσης και άμεσης γνώσης για τα αντικείμενα με τα οποία αλληλεπιδρά (Dewey, 1958). Κατά την ανάπτυξη πρωτότυπων στο πλαίσιο του συμμετοχικού σχεδιασμού, μπορούν να μελετηθούν οι χωρικές, χρονικές και κοινωνικο-πολιτισμικές πτυχές της εμπειρίας, καθώς και παράμετροι της που συνδέονται με την προθετικότητα, την υποκειμενικότητα και την οντολογία (Dourish, 2001). Μέσα από αυτή την προσέγγιση, κατανοούνται οι καθημερινές πρακτικές των εργαζομένων και η προγενέστερη γνώση που αυτές φέρουν σε μία νέα κατάσταση.

Η διαδικασία μεταφοράς γνώσης είναι πολύ σημαντική, όταν μεταβάλλεται το τεχνολογικό πλαίσιο εργασίας ή/και το κοινωνικό πλαίσιο εργασίας, και πρέπει οι υπάρχουσες κοινωνικο-πολιτισμικές πρακτικές να μεταφερθούν και να μεταφραστούν κατάλληλα στο νέο πλαίσιο. Σε προβλήματα ανασχεδιασμού και υλοποίησης ενός συστήματος σε ένα νέο μέσο, όπως στην παρούσα περίπτωση για τα δίκτυα μέσης τάσης, το πρωτότυπο που δημιουργείται, αποτελεί ένα «μεταβατικό» κόσμο ανάμεσα στο παλιό και το νέο σύστημα (Papert, 1980). Το πρωτότυπο είναι σκόπιμο να είναι αρκετά απλό ώστε να επιτρέπει στο χρήστη να εμπλακεί γρήγορα στο μεταβατικό σύστημα, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να είναι πλούσιο και προσαρμόσιμο επαρκώς, ώστε να ενθαρρύνει την ενεργή διερεύνηση, που είναι αυτή που θα οδηγήσει το χρήστη στην κατανόηση της νέας δομής που υλοποιείται από το πρωτότυπο. Το πρωτότυπο θα πρέπει να δίνει κίνητρα στους χειριστές να αξιοποιήσουν την προηγούμενη γνώση τους για το σύστημα, παρέχοντάς τους ένα πλαίσιο για να υλοποιήσουν και να εφαρμόσουν τις εμπειρίες τους.

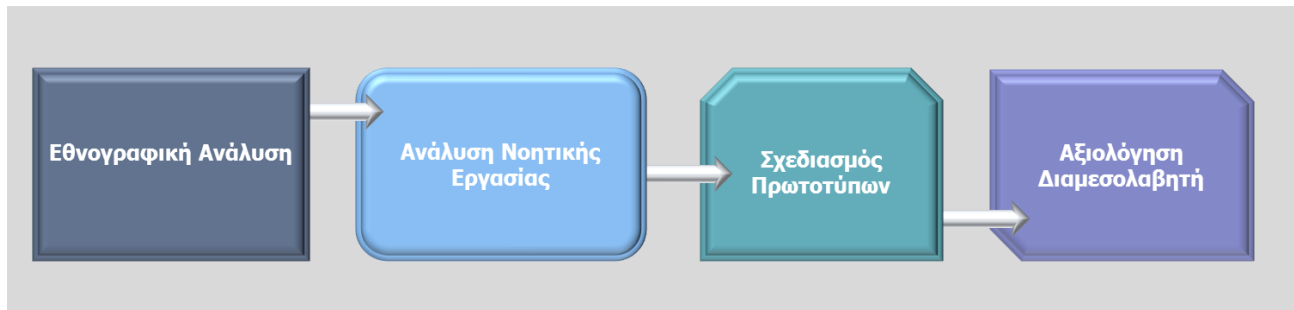
Στα προβλήματα σχεδιασμού διαμεσολαβητών με νέες προσεγγίσεις, τα πρωτότυπα που αναπτύσσονται αρχικά υποστηρίζουν συνήθως τη διαχείριση ενός προσδιοριζόμενου πειραματικού κόσμου, που περιλαμβάνει κατ' αναλογία κάποιες πτυχές του πραγματικού φυσικού κόσμου (Edwards, 1995). Οι πειραματικοί κόσμοι είναι σημαντικό να είναι σχετικά απλοί, περιλαμβάνοντας όμως τα σημαντικά χαρακτηριστικά των πραγματικών κόσμων λήψης αποφάσεων, καθώς ο βαθμός ρεαλισμού τους επηρεάζει τον βαθμό ρεαλισμού των ευρημάτων (Ehret et al., 2000). Οι παρουσιαζόμενες στη βιβλιογραφία μελέτες οικολογικού σχεδιασμού διαμεσολαβητών, εστίαζαν αρχικά στον έλεγχο διαδικασιών (Κεφ.3), και σε μικρές κλίμακας κόσμους (π.χ. Dufress), που περιλαμβάνουν ένα μικρό αριθμό παραμέτρων, μία απλή φυσική δομή και ένα μοναδικό χειριστή, εν αντίθεση με το πραγματικό σύστημα που περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό παραμέτρων, σύνθετη φυσική δομή, και μεγάλο αριθμό χειριστών (Urton & Doherty, 2006). Η μεγέθυνση υπό κλίμακα από τη στοιχειώδη διαδικασία σε μεγαλύτερης κλίμακας σύστημα αποτελεί μία απαιτητική και δύσκολη διαδικασία (Dinadis & Vicente, 1995, Burns, 2000).

Οι γνωσιακές ιδιότητες των διαμεσολαβητών μπορούν να ελεγχθούν σε σχεδιαστική μικρο-κλίμακα, αλλά η μελέτη της νοητικής δραστηριότητας στα σύνθετα συστήματα, απαιτεί μεγαλύτερη κλίμακα στο σχεδιασμό -σε ό,τι αφορά τις διαδικασίες και τις πτυχές του συστήματος που λαμβάνονται υπόψη- προκειμένου να μελετηθεί αξιόπιστα (Noro and Imada, 1991, Beyer and Holtzblatt, 1998).

Στόχος του σχεδιασμού για τα δίκτυα μέσης τάσης, ήταν η ανάπτυξη ενός ηλεκτρονικού πρωτότυπου οικολογικού διαμεσολαβητή που θα μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα κατά το σχεδιασμό του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας,

με το οποίο θα ελέγχεται μελλοντικά το πραγματικό σύστημα. Για το λόγο αυτό, ο πρωτότυπος διαμεσολαβητής που αναπτύχθηκε, υποστηρίζει τη διαχείριση ενός πειραματικού κόσμου, κατάλληλης κλίμακας, ώστε να αποδίδει την πολυπλοκότητα και την ποικιλία των στοιχείων, των λειτουργιών, και των κοινωνικο-οργανωτικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων, που καθορίζουν τη συνολική συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος.

6.5 Στάδια Γνωσιακού Σχεδιασμού του Οικολογικού Διαμεσολαβητή



Εικόνα 6.1 Στάδια του Κύκλου Γνωσιακού Σχεδιασμού

Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων, υποστηρίζει ότι η ανάπτυξη ενός γνωσιακού τεχνήματος γίνεται μέσα από ένα κύκλο σχεδιασμού που περιλαμβάνει πολλά επιμέρους στάδια (Κεφ.2-§2.4.3). Για την ανάπτυξη του οικολογικού διαμεσολαβητή Συστήματος Διαχείρισης Δικτύου Διανομής Μέσης Τάσης, υλοποιήθηκε αρχικά ένα στάδιο περιγραφικής ανάλυσης του πεδίου για τη συστηματική αποτύπωση των δεδομένων και της γνώσης που αντλήθηκαν για αυτό στο φυσικό περιβάλλον εργασίας (Εθνογραφική ανάλυση). Ακολούθησε ένα στάδιο διαπλαστικής ανάλυσης (Ανάλυση Νοητικής Εργασίας), όπου έγινε μοντελοποίηση του πεδίου και πλαισιοθετημένη ανάλυση δραστηριότητας για την εξαγωγή απαιτήσεων και προδιαγραφών σχεδιασμού. Σε επόμενο στάδιο, υλοποιήθηκε επαναληπτικός σχεδιασμός πρωτοτύπων, μέχρι να διαμορφωθεί το τελικό ηλεκτρονικό πρωτότυπο, το οποίο αξιολογήθηκε με αναλυτικό τρόπο σε επόμενο στάδιο, ως προς τη νοητική υποστήριξη που παρέχει στους χειριστές (Εικόνα 6.1).

Στις ενότητες που ακολουθούν, παρουσιάζεται συνοπτικά για κάθε στάδιο του κύκλου γνωσιακού σχεδιασμού: ο τρόπος υλοποίησης του, οι λόγοι επιλογής και εφαρμογής συγκεκριμένων μεθόδων και εργαλείων, τα αποτελέσματα που προέκυψαν, και ο τρόπος αξιοποίησης τους σε ένα ή περισσότερα επόμενα στάδια.

6.5.1 Εθνογραφική Ανάλυση

Οι ανάγκες για νέα τεχνήματα αποκαλύπτονται μέσα από την ανάλυση των προβλημάτων και των ευκαιριών της υπάρχουσας τεχνολογίας, πάνω στην οποία θα χτιστεί η νέα τεχνολογία. Προκειμένου να αντικατασταθεί μέρος ή το σύνολο των τεχνημάτων, πρέπει πρώτα να κατανοηθεί πώς τα τεχνήματα αυτά δουλεύουν μεμονωμένα, αλλά και σε συνεργασία με τα υπόλοιπα (Bødker, 2006). Η δημιουργία ενός νέου εργαλείου, όπως ένας νέος διαμεσολαβητής, προϋποθέτει την συλλογή υλικού μέσα από μία εθνογραφική διερεύνηση, και τη μελέτη της ιστορικής εξέλιξης της εργασίας (Roth & Patterson, 2005, Kyhlback & Sutter, 2007). Κατανοώντας την πρακτική εργασίας και τις λεπτομέρειες επίτευξης της εργασίας, καταφέρνει κανείς να κατανοήσει τα προβλήματα της εργασίας, και τις κατά περίπτωση κατάλληλες λύσεις στα προβλήματα αυτά. Έτσι μπορεί να αναπτύξει κανείς συστήματα που από τη μία υποστηρίζουν και από την άλλη μετασχηματίζουν τις δραστηριότητες στις οποίες ενσωματώνονται.

Η δυνατότητα σύνδεσης των ευρημάτων της εθνογραφίας με τον καθορισμό προδιαγραφών για το σύστημα περιγράφεται από τους: Crabtree, 1998, Bardram, 1996, Hughes et al., 1994, Shapiro, 1994. Οι Plowman et al. (1995), αναφέρουν ότι η εθνογραφική ανάλυση «μεταφέρει πλούσια πληροφορία στο σχεδιασμό, αλλά δεν διαμορφώνει σχεδιαστικές λύσεις». Ο Shapiro (1993) καθιστά σαφές ότι μέσω της εθνογραφικής ανάλυσης, αναγνωρίζεται «τι πραγματικά συμβαίνει στο πεδίο» και «ποιο είναι το πρόβλημα» που αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι ασχολούμενοι με αυτό. Η Εθνογραφία δεν έχει την υποχρέωση να προτείνει συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις. Οι Simonsen & Kensing (1994) αναφέρουν ότι «παρότι η εμπειρία έχει δείξει ότι η εφαρμογή της εθνογραφίας συμβάλει στο αποτέλεσμα, είναι δύσκολο να προσδιορίσει κανείς με ακρίβεια ποιες τεχνικές οδήγησαν στην εξόρυξη ποιας γνώσης». Γενικά, η Εθνογραφική ανάλυση συμβάλει στην γνωριμία με το πεδίο και με τα όσα συμβαίνουν σε αυτό, με απώτερο στόχο την κατανόηση των νοητικών και συνεργατικών απαιτήσεων του περιβάλλοντος εργασίας.

Ο χώρος των αισουσών ελέγχου δικτύων διανομής μέσης τάσης στην Αττική, αποτελεί ένα περιβάλλον πλούσιο σε χρησιμοποιούμενα τεχνήματα χαμηλού και υψηλού τεχνολογικού επιπέδου, πληροφορίες, εκτελούμενα καθήκοντα, και συνεργασίες. Προκειμένου να αποκτηθεί ουσιαστική γνώση για όλα αυτά, πραγματοποιήθηκε ενδελεχής Εθνογραφική Ανάλυση.

Στο Κεφάλαιο 7, παρουσιάζεται αρχικά (§7.1) ο τρόπος διεξαγωγής της στο χώρο των δικτύων μέσης τάσης, το προφίλ των συμμετεχόντων μηχανικών και χειριστών, και οι τεχνικές άντλησης πληροφορίας που χρησιμοποιήθηκαν (συστηματικές παρατηρήσεις, ελεύθερες και δομημένες συνεντεύξεις, ανάλυση χρήσης τεχνημάτων, γλώσσα εργασίας).

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, οδήγησαν σε μία συστηματική περιγραφή του πεδίου (§7.2), που καλύπτει τη βασική δομή και λειτουργία των δικτύων μέσης τάσης (Κέντρα Διανομής, γραμμές μέσης τάσης, Υποσταθμούς, ηλεκτρικά στοιχεία και διατάξεις, βασικές παράμετροι λειτουργίας), καθώς και το ρόλο που διαδραματίζουν τα δίκτυα μέσης τάσης, κατά τη διαχείριση διαταραχών στο ευρύτερο ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα. Επίσης, αποτυπώνεται ο τρόπος που υλοποιείται η εποπτεία και ο έλεγχος των δικτύων μέσα από την αίθουσα ελέγχου.

Περιγράφεται το «υβριδικό» περιβάλλον ελέγχου, αποτελούμενο από σύγχρονες επιφάνειες διάδρασης (οθόνες Συστημάτων Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων SCADA και μεμονωμένων ηλεκτρονικών εφαρμογών και αρχείων), και παραδοσιακά πρωτεύοντα και δευτερεύοντα τεχνήματα (Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου, Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Πίνακας Ελέγχου, Τράπεζα Χειρισμών, μέσα επικοινωνίας, έντυπους χάρτες και διαγράμματα του δικτύου, έντυπα αρχεία, σημειώματα, καρτέλες και υπομνήματα), που υποστηρίζουν το έργο των χειριστών.

Ακολουθως περιγράφονται οι διαφορετικές πτυχές του έργου των χειριστών (§7.3), και ο τρόπος που τα τεχνήματα υποστηρίζουν το ατομικό και συνεργατικό έργο των χειριστών. Ειδικότερα, περιγράφεται ο τρόπος που διαφοροποιείται το έργο των χειριστών σε συνθήκες και κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου, ανάλογα με το πλήθος και το είδος συμβάντων και τις απαιτούμενες συνεργασίες με άλλες αίθουσες ελέγχου και συνεργεία. Παρουσιάζονται οι ιδιαίτερες νοητικές απαιτήσεις που θέτει στους χειριστές η διαχείριση του δικτύου σε κρίσιμες συνθήκες, λόγω των πολλών εκδηλωνόμενων συμβάντων που πρέπει να διαχειριστούν ταυτόχρονα, των συνεχών μεταβολών συνδεσιμότητας του οριακά φορτισμένου δικτύου, και της εκδήλωσης μη-οικείων ή μη- αναμενόμενων συμβάντων.

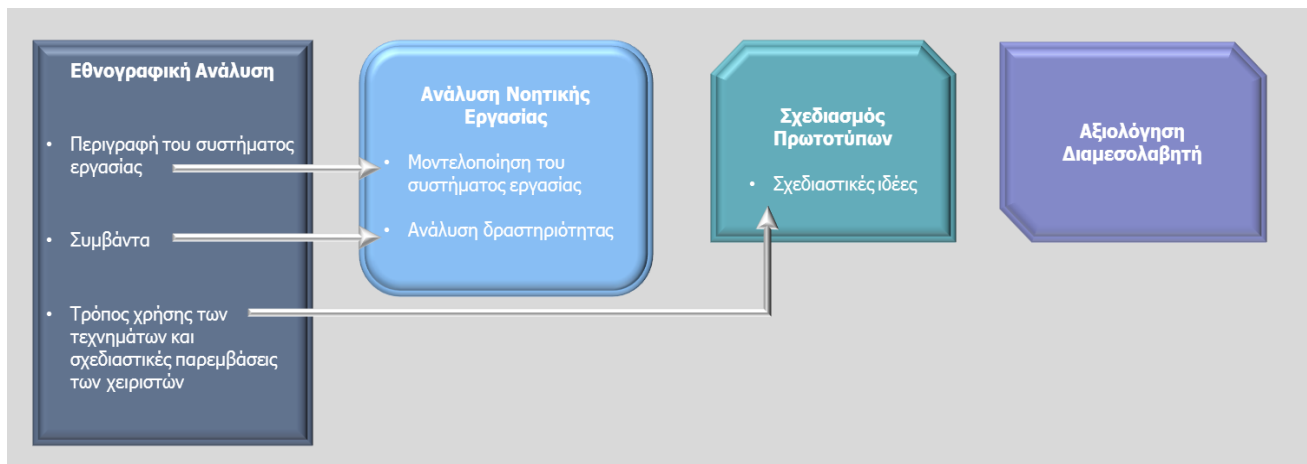
Περιγράφεται επίσης η κοινωνική οργάνωση της εργασίας, και ο τρόπος που αναπτύσσεται το συνεργατικό έργο εντός και μεταξύ των αιθουσών ελέγχου, καθώς και με το προσωπικό των συνεργείων στο δίκτυο. Περιγράφεται ο τρόπος που οι εργαζόμενοι ανταλλάσσουν πληροφορία για να διατηρήσουν την ατομική και ομαδική ενημερότητα κατάστασης, καθώς και ο τρόπος που ιεραρχούν τους τοπικά σημαντικούς και συνολικά σημαντικούς στόχους, προκειμένου να συντονίσουν κατάλληλα το έργο τους.

Η γνώση για το σύστημα είναι κατανοητή σε εργαζόμενους και τεχνήματα που μπορεί να βρίσκονται στον ίδιο ή διαφορετικούς χώρους (κατανοημένο γνωσιακό σύστημα). Στο Κεφάλαιο 7, αποτυπώνεται πώς τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά των τεχνημάτων, το μέγεθος τους, η θέση τους στο χώρο, το είδος, ο τρόπος, και η ενημερότητα της πληροφορίας που απεικονίζουν, διαμορφώνουν τις ιδιότητες τους (ευρύτητα- ορίζοντα παρατήρησης, φορητότητα, κλπ), και καθορίζουν τον τρόπο που αυτά εξυπηρετούν το ατομικό και συνεργατικό έργο.

Η ανάλυση έδειξε ότι οι πρακτικές εργασίας που έχουν αναπτύξει οι χειριστές, συνδέονται με τις ιδιότητες των τεχνημάτων που προαναφέρθηκαν, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις διαπιστώθηκε ότι οι χειριστές χρησιμοποιούν κάποια τεχνήματα ή λειτουργίες τους, με τρόπο διαφορετικό από αυτόν που είχε προσδιοριστεί κατά το σχεδιασμό τους, προκειμένου να εκτελέσουν πιο αποτελεσματικά την εποπτεία, διάγνωση και τον έλεγχο του δικτύου. Επίσης διαπιστώθηκε ότι τα υπάρχοντα τεχνήματα στην αίθουσα παρουσιάζουν και κάποιες «αδυναμίες», τις οποίες οι χειριστές αντισταθμίζουν με συγκεκριμένες ενέργειες.

Για την ενίσχυση του έργου εποπτείας, διατηρούν οι ίδιοι «επικαιροποιημένα» τα τεχνήματα (προσθέτουν τρέχουσα πληροφορία πάνω στα τεχνήματα, κρατούν συγκεντρωτικές σημειώσεις με πρόσφατα γεγονότα σε χαρτί, κλπ) και δημιουργούν «εξωτερικές υπενθυμίσεις» για σημαντικές ή κρίσιμες πληροφορίες (Σημειώματα εργασιών, συγκεντρωτικές εκτυπώσεις παραμέτρων δικτύου). Για το έργο της διάγνωσης, ανακαλούν ιστορική πληροφορία για τα στοιχεία του δικτύου από τη μνήμη τους ή από διαθέσιμα αρχεία, αξιοποιούν επίσημες και ανεπίσημες πηγές πληροφορίας, χρησιμοποιούν έμμεσες διαγνωστικές νύξεις, και αξιοποιούν τυπικά και άτυπα σήματα.

Μελετώντας τη χρήση των τεχνημάτων, διαπιστώθηκε ότι οι χειριστές «παρεμβαίνουν» σχεδιαστικά σε αυτά και τα εξελίσσουν, προκειμένου να επεκτείνουν τις γνωσιακές παροχές τους, να διευκολύνουν την εκτέλεση των καθηκόντων τους, να αυξήσουν την ατομική και ομαδική ενημερότητα κατάστασης, και να βελτιώσουν την ασφάλεια των εργασιών (Drivalou & Marmaras, 2006). Οι χειριστές προχωρούν σε «προσθήκες» πληροφορίας με κιμωλία πάνω σε υπάρχοντα τεχνήματα (π.χ. για τρέχουσες σημαντικές τροποποιήσεις που συμβαίνουν στο δίκτυο), μέσω κατάλληλα κωδικοποιημένων συμβόλων. Οι χειριστές έχουν προχωρήσει επίσης σε σταδιακές «προσαρμογές» απεικόνισης σημαντικής πληροφορίας, πάνω σε τεχνήματα που υπάρχουν ή έχουν δημιουργήσει οι ίδιοι. Επίσης διαπιστώθηκε ότι οι χειριστές υιοθετούν σε κάποιες περιπτώσεις «αποκλίσεις» από τις επίσημες διαδικασίες (π.χ. ενημέρωσης για παραμέτρους στις οποίες δεν έχουν άμεση πρόσβαση), προκειμένου να εξοικονομήσουν χρόνο ή να διαχειριστούν το σύστημα πιο ευέλικτα βάσει της εμπειρίας τους, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας του δικτύου.



Εικόνα 6.2 Αξιοποίηση αποτελεσμάτων Εθνογραφικής Ανάλυσης

Ο τρόπος που υλοποιήθηκε η εθνογραφική ανάλυση, οδήγησε σε εξαγόμενα που αξιοποιούνται περαιτέρω στα επόμενα στάδια του κύκλου γνωσιακού σχεδιασμού (Drivalou, 2005b).

Σε ό,τι αφορά το στάδιο της Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας, η Εθνογραφική ανάλυση (μέσα από τη λεπτομερή περιγραφή του συστήματος εργασίας) συμβάλει στη δημιουργία των αναλυτικών μοντέλων του πεδίου (Κεφ.8-§8.1), που αποτυπώνουν με ακρίβεια κάθε σημαντική πτυχή της λειτουργίας του πεδίου. Επιπλέον, στο πλαίσιο των συστηματικών παρατηρήσεων στο πεδίο, έγιναν αναλυτικές καταγραφές πραγματικών οικείων και μη-οικείων συμβάντων, που έλαβαν χώρα σε συνήθειες και κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου. Τα συμβάντα αυτά, εξυπηρετούν την διαμόρφωση αντιπροσωπευτικών περιστατικών, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στην Ανάλυση Δραστηριότητας, προκειμένου να ιχνηλατηθεί ο τρόπος δράσης των χειριστών (Κεφ.8-§8.2).

Σε ό,τι αφορά το Σχεδιασμό, η εθνογραφική ανάλυση βοήθησε στην διερεύνηση και οριοθέτηση του σχεδιαστικού προβλήματος. Επίσης, βοήθησε στην διαμόρφωση υποθέσεων αναφορικά με το τι θα μπορούσε να αποτελέσει ουσιαστικό σημείο παρέμβασης, κατά τον ανασχεδιασμό του διαμεσολαβητή που υποστηρίζει την εργασία. Επιπλέον, μέσα από την ανάλυση της χρήσης των τεχνημάτων, αναδείχθηκαν κάποιες άμεσες και έμμεσες σχεδιαστικές κατευθύνσεις.

Ειδικότερα, διαπιστώθηκε ότι η συχνότητα και ο τρόπος χρήσης κάθε τεχνήματος κατά την εκτέλεση διαφορετικών καθηκόντων, συνδέεται άμεσα με τα φυσικά και γνωσιακά χαρακτηριστικά του τεχνήματος (μέσο υλοποίησης, μέγεθος, θέση, περιεχόμενο και μορφή απεικονιζόμενης πληροφορίας). Εντοπίστηκαν ενέργειες των χειριστών που εκτελούνται προκειμένου: α) να αυξήσουν την εξαγωγή πληροφορίας, β) να δημιουργήσουν νέα πληροφορία, γ) να δημιουργήσουν εξωτερικές υπενθυμίσεις, και δ) να εκφορτώσουν μέρος των νοητικών υπολογισμών πάνω στο διαμεσολαβητή. Οι αναφορές των χειριστών για καταστάσεις ή διαδικασίες που τους δυσκολεύουν, συνέβαλλε στο να εντοπιστούν: α) ποιες πληροφορίες δεν αναπαρίστανται τώρα και είναι σκόπιμο να αναπαρασταθούν στο νέο διαμεσολαβητή, β) ποιες αναπαρίστανται αλλά όχι στην κατάλληλη μορφή, γ) ποιες αναπαρίστανται τώρα κατάλληλα, αλλά θα πρέπει να αναπαρασταθούν σε άλλη, αντίστοιχα κατάλληλη μορφή στο νέο μέσο απεικόνισης της.

Ο τοπικός σχεδιασμός και ανασχεδιασμός τεχνημάτων ανέδειξε τις γνωσιακές παροχές των τεχνημάτων (cognitive affordances) που θεωρούν οι χειριστές σημαντικές για την εργασία τους, καθώς και το πώς οι χειριστές καταφέρνουν να ξεπεράσουν τις ανεπάρκειες του περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης. Εντοπίζοντας τους τρόπους με τους οποίους οι χειριστές επεκτείνουν τις γνωσιακές ιδιότητες των τεχνημάτων, σκιαγραφούνται πιθανές σχεδιαστικές λύσεις. Οι «παρεμβάσεις» των χειριστών στα τεχνήματα και τις διαδικασίες, συμβάλουν στον εντοπισμό των υποθέσεων και των προσδοκιών των εργαζομένων για τις δυνατότητες του μελλοντικού διαμεσολαβητή. Οι καλές πρακτικές απεικόνισης πληροφορίας στον υπάρχοντα διαμεσολαβητή (δομή, μορφή, κωδικοποίηση πληροφορίας), εάν αξιοποιηθούν κατάλληλα κατά το σχεδιασμό, μπορούν να λειτουργήσουν ως γέφυρα μεταξύ παλαιού και νέου συστήματος, διευκολύνοντας τον προσανατολισμό και την εξοικείωση των εργαζομένων στο νέο σύστημα απεικόνισης πληροφορίας.

Ο τρόπος που τα υπάρχοντα τεχνήματα λειτουργούν μεμονωμένα, αλλά και συνδυαστικά, παρέχει αξιοποιήσιμη γνώση για την επιλογή του τρόπου οργάνωσης και κατανομής της πληροφορίας (πληροφορία στο προσκήνιο, θέσεις με συνοπτική πληροφορία για το δίκτυο, παράλληλα προβαλλόμενες πληροφορίες) σε μελλοντικά τεχνολογικά μέσα υλοποίησης του διαμεσολαβητή (ταμπλέτες, μεγάλες οθόνες τοίχου, επιτραπέζιες οθόνες, διαδραστικά τραπέζια). Επιπλέον, διαπιστώνοντας μέσα από την εθνογραφική ανάλυση το βαθμό που οι πρακτικές εργασίες εξαρτώνται από το τρέχον οργανωτικό σχήμα (π.χ. ο τρόπος διακίνησης πληροφορίας για τη θερμοκρασία ΜΣ) ή από τις τεχνολογικές δυνατότητες των διαθέσιμων μέσων (π.χ. η χρήση συγκεντρωτικών εκτυπώσεων που αποτυπώνουν όλες τις βασικές παραμέτρους του δικτύου), μπορεί να δοκιμάσει κανείς αλλαγές, που θα αλλάξουν τις παλαιές πρακτικές μέσα στο νέο τεχνολογικό περιβάλλον.

Η εθνογραφική ανάλυση είναι σημαντική όχι μόνο στα αρχικά στάδια του κύκλου γνωσιακού σχεδιασμού, αλλά καθ' όλη τη διάρκεια ανάπτυξης ή εξέλιξης ενός τεχνήματος (Crabtree & Mogensen, 1998). Πέρα από τη μελέτη της τρέχουσας

κατάσταση, συμβάλει και στη μελέτη των πτυχών της σταδιακής μετάβασης και προσαρμογής στη μελλοντική κατάσταση του συστήματος εργασίας, επιτρέποντας στο σχεδιασμό-ανασχεδιασμό να παρακολουθεί την εξέλιξη αυτή. Για το λόγο αυτό, η Εθνογραφική ανάλυση συνεχίζει να εξελίσσεται σε όλα τα στάδια, όπου γίνεται επεξεργασία των μελλοντικών τρόπων λειτουργίας του συστήματος, με τη συμμετοχή των εργαζομένων.

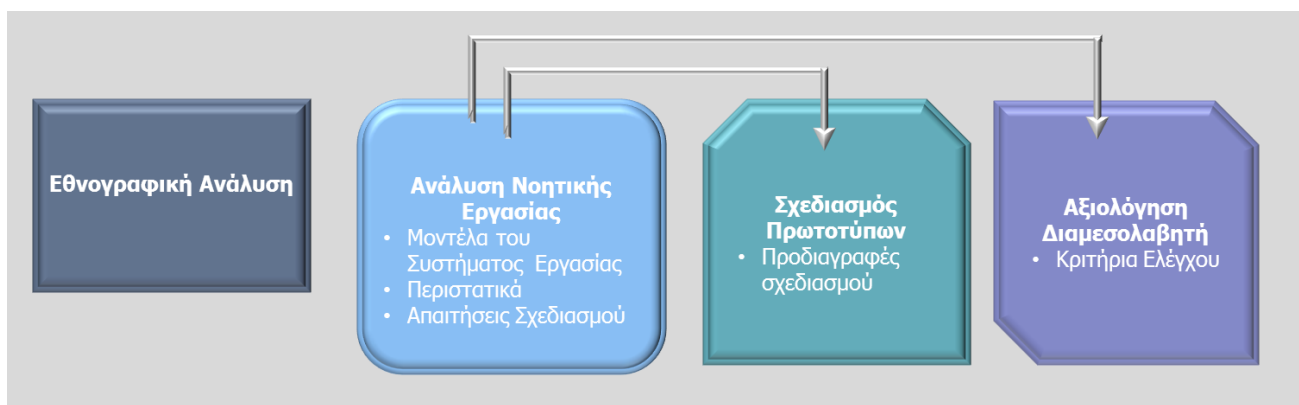
6.5.2 Ανάλυση Νοητικής Εργασίας

Οι εργαζόμενοι κατά τη διαχείριση του δικτύου υπόκεινται σε περιβαλλοντικούς και νοητικούς περιορισμούς. Οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί είναι περιορισμοί που αναδύονται μέσα από το πλαίσιο στο οποίο δραστηριοποιούνται οι εργαζόμενοι (η φυσική, τεχνολογική και κοινωνική πραγματικότητα). Επίσης, όταν αναπτύσσονται συνεργασίες, οι προθέσεις και οι ενέργειες των άλλων μελών της ομάδας αποτελούν περιβαλλοντικούς περιορισμούς, γιατί πρέπει να εναρμονιστεί η δράση σύμφωνα με αυτούς, προκειμένου να επιτευχθούν οι οποιοδήποτε στόχοι. Οι νοητικοί περιορισμοί είναι απαιτήσεις για την εργασία που αναδύονται μέσα από το ανθρώπινο νοητικό σύστημα π.χ. ταυτόχρονη επεξεργασία πολλαπλών συμβάντων, ενοποίηση ανεξάρτητων πληροφοριών. Ο καθορισμός των απαιτήσεων και προδιαγραφών για ένα διαμεσολαβητή που υποστηρίζει τη διάδραση ηλεκτρικού δικτύου-χειριστών, πρέπει να λάβει υπόψη τόσο τους περιορισμούς που αφορούν το τεχνολογικό σύστημα, όσο και τους περιορισμούς που αφορούν τον ίδιο τον άνθρωπο.

Η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (ANE) αποτελείται από πέντε θεμελιώδεις φάσεις (Κεφ.3-§3.4): Ανάλυση του Πεδίου Εργασίας, Ανάλυση των Καθηκόντων Ελέγχου, Ανάλυση Στρατηγικών, Κοινωνική-Οργανωτική Ανάλυση, Ανάλυση Ικανοτήτων των Εργαζομένων. Η ANE υποστηρίζει τη διαπλαστική προσέγγιση στο σχεδιασμό, και μοντελοποιεί τη δομή του συστήματος εργασίας, ως ένα μέσο για να αναγνωρίσει κανείς τις τεχνολογικές και οργανωτικές απαιτήσεις, που πρέπει να ικανοποιηθούν για την αποτελεσματική εκτέλεση της εργασίας (Lintern, 2007). Αντί να χτίζει κανείς πάνω στις τρέχουσες πρακτικές εργασίας, η διαπλαστική προσέγγιση δημιουργεί ευκαιρίες για ριζοσπαστικό σχεδιασμό που υποστηρίζει ανεξερεύνητους ή νέους τρόπους εκτέλεσης της εργασίας (Vicente, 1999). Για τους προαναφερθέντες λόγους, η ANE είναι κατάλληλη για μεγάλης κλίμακας συστήματα, τα οποία υπόκεινται σε συνεχείς και συχνά ταχείες τεχνολογικές αλλαγές (Lintern & Naikar, 1998).

Η ANE βοηθά το σχεδιασμό νέων συστημάτων, να προχωρήσει με τρόπο που είναι ανεξάρτητος από προηγούμενες τεχνικές λύσεις, ενώ στοχεύει στο σχεδιασμό συστημάτων που είναι κατάλληλα για την υποστήριξη της ανθρώπινης δραστηριότητας σε καταστάσεις που δεν είχαν ληφθεί υπόψη, και ιδιαίτερα σε αυτές που ενέχουν μεγάλους κινδύνους. Αυτό το επιτυγχάνει καθώς αντί να εστιάζει στο πώς οι νέες τεχνολογίες μπορούν να υποστηρίξουν τις υπάρχουσες τακτικές εργασίας, προσπαθεί να προσδιορίσει πώς οι νέες τεχνολογίες μας δίνουν τη δυνατότητα να εκτελεστούν τα καθήκοντα καλύτερα και πιο αποτελεσματικά (Sanderson et al., 1999, Naikar et al., 2003).

Όταν σχεδιάζει κανείς για ένα πραγματικό μεγάλης κλίμακας σύστημα, είναι απαραίτητο να περάσει από όλα τα στάδια Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας, καθώς κάθε φάση προσθέτει ένα επιπλέον επίπεδο περιορισμών στο συνολικό σχεδιασμό του τελικού συστήματος. Η ANE αποτελεί ένα μεθοδολογικό πλαίσιο, που παρέχει ένα συστηματικό και δομημένο τρόπο ενοποίησης των αναλύσεων από κάθε επιμέρους φάση, καλύπτοντας όλες τις απαιτήσεις γύρω από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Επειδή αποτελεί ένα πλαίσιο, ο αναλυτής είναι ελεύθερος να επιλέξει για κάθε φάση την κατάλληλη μέθοδο/εργαλείο από τα πολλά διαθέσιμα (Κεφ.2-§2.3.3, Κεφ.3-§3.4). Η ANE αποτελεί ένα πλαίσιο που υποστηρίζει τη μετάβαση, από μία σε βάθος ανάλυση της αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με την πληροφορία για την εργασία, στον καθορισμό προδιαγραφών (Εικόνα 6.3). Κάθε μία από τις πέντε θεμελιώδεις φάσεις, μπορεί να συνδεθεί άμεσα με συγκεκριμένες σχεδιαστικές αποφάσεις για το σύστημα.



Εικόνα 6.3 Αξιοποίηση αποτελεσμάτων της Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας

Η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας στο χώρο των ηλεκτρικών δικτύων, παρουσιάζεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 8. Τα προτεινόμενα από το θεωρητικό πλαίσιο της ANE στάδια, υλοποιήθηκαν μέσω κατάλληλης προσαρμογής ως εξής. Αρχικά, δημιουργήθηκαν διαφορετικά μοντέλα του συστήματος εργασίας, με τη μορφή Πινάκων Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης (§6.5.2.1). Κατόπιν, επιλέχθηκαν πραγματικά αντιπροσωπευτικά περιστατικά του πεδίου, και αναλύθηκαν πάνω σε επιλεγμένα μοντέλα, υπό το πρίσμα βασικών παραμέτρων της εργασίας όπως καθήκοντα ελέγχου, στρατηγικές, κοινωνική οργάνωση συνεργασιών, και ατομικοί παράγοντες (§6.5.2.2).

6.5.2.1 Μοντέλα του πεδίου

Οι Πίνακες Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης (Κεφ.3-§3.3.1) αποτελούν ένα εργαλείο που δίνει τη δυνατότητα συστηματικής αποτύπωσης των αρχών, κανόνων, δομής και λειτουργίας του πεδίου.

Αρχικά, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο πέντε επιπέδων Ιεραρχικής Αφαίρεσης του τεχνολογικού δικτύου διανομής μέσης τάσης. Έμφαση δόθηκε στον εντοπισμό των δεδομένων, των πληροφοριών και των κρίσιμων μεταβλητών που αποτυπώνουν τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος σε κάθε επίπεδο αφαίρεσης, και παίζουν ιδιαίτερο ρόλο κατά την εποπτεία και διαχείριση του δικτύου σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας.

Κατόπιν, αναπτύχθηκαν πολλαπλά μοντέλα Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης, με στόχο να αποτυπωθούν οι σημαντικές πτυχές λειτουργίας του συστήματος εργασίας, που συνδέονται με το σχεδιασμό (Δριβάλου, 2002). Αναλυτικότερα διαμορφώθηκαν: Μοντέλο Ενεργειακών Θεσμικών Φορέων, Μοντέλο Υποτομέων, Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών, Μοντέλο συνεργασίας Χειριστών- Συνεργειών, Μοντέλο Δομής Μετασχηματιστών, Μοντέλο Τεχνολογικών Συστημάτων Εποπτείας και Ελέγχου Δικτύου. Η ανάπτυξη των Μοντέλων, πέρασε από πολλαπλά στάδια αναπροσαρμογής του περιεχομένου των επιπέδων, και αναδιαμόρφωσης του τρόπου διάσπασης σε επιμέρους τομείς ή οπτικές θέασης, μέχρι να λάβουν την τελική τους μορφή. Η ανάπτυξη των μοντέλων συνέβαλε στη συστηματική ανταλλαγή γνώσης με τους χειριστές και μηχανικούς, για τον τρόπο λειτουργίας του πεδίου.

Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν αποτυπώνουν με στατικό τρόπο τις αρχές και κανόνες λειτουργίας του πεδίου, σκιαγραφώντας τον τρόπο λειτουργίας του. Σε ό,τι αφορά τη συμβολή τους στον κύκλο γνωσιακού σχεδιασμού (Εικόνα 6.3):

- αποτελούν τον καμβά πάνω στον οποίο γίνεται η Ανάλυση Δραστηριότητας στο πλαίσιο συγκεκριμένων περιστατικών.
- συμβάλουν στον προσδιορισμό του περιεχομένου και της δομής της πληροφορίας που πρέπει να απεικονιστεί στο διαμεσολαβητή, ώστε να μπορούν οι εργαζόμενοι να διαχειριστούν το σύστημα ακόμη και σε μη –οικείες καταστάσεις.
- βοηθούν να ελεγχθεί κατά την τελική αξιολόγηση του διαμεσολαβητή, εάν η απαιτούμενη πληροφορία έχει πράγματι αποτυπωθεί με τρόπο κατάλληλο στο τελικό πρωτότυπο.

6.5.2.2 Πλαισιοθετημένη Ανάλυση Δραστηριότητας

Ο σχεδιασμός καλής γνωσιακής υποστήριξης στο σύστημα, προϋποθέτει τη μελέτη του τρόπου δράσης των εργαζομένων. Με την Ανάλυση δραστηριότητας εντοπίζονται τα μονοπάτια λήψης αποφάσεων και αναζήτησης πληροφορίας κατά την διάρκεια εκτέλεσης αντιπροσωπευτικών δραστηριοτήτων στο πεδίο, τόσο σε επίπεδο ατομικό όσο και σε επίπεδο ομαδικό (Burns & Vicente, 2001, Chalmers et al., 2002, Naikar et al.,2006). Τα πλαίσια παίζει σημαντικό ρόλο στην ερμηνεία και διερεύνηση του τι συμβαίνει στο πεδίο, και του τρόπου δράσης των εργαζομένων. Διαφορετικά πλαίσια εργασίας απαιτούν διαφορετική υποστήριξη για τους εργαζόμενους, και για το λόγο αυτό δόθηκε έμφαση στην παράμετρο αυτή, κατά την ανάλυση δραστηριότητας.

Από τις καταγραφές συμβάντων που είχαν γίνει κατά τη διάρκεια των συστηματικών παρατηρήσεων στην αίθουσα μέσης τάσης, επελέγησαν 54 Περιστατικά τα οποία αποτύπωναν τον τρόπο διαχείρισης αντιπροσωπευτικών οικείων και μη-οικείων καταστάσεων, που είχαν αντιμετωπίσει οι χειριστές, σε διαφορετικές εποχές του χρόνου και συνθήκες λειτουργίας του συστήματος. Τα περιστατικά αυτά αναλύθηκαν πάνω στα μοντέλα του πεδίου που είχαν δημιουργηθεί (Drivalou & Marmaras, 2003). Κάθε περιστατικό αναλύθηκε σε ένα ή περισσότερα μοντέλα, ανάλογα με το περιεχόμενο-πλοκή του (π.χ. διαγνωστικό περιστατικό σχετικό με λειτουργίες του συστήματος ελέγχου και του πεδίου, περιστατικό που απαιτούσε το συντονισμό εργασιών μεταξύ επιμέρους φορέων διαχείρισης του δικτύου, κλπ).

Η Ανάλυση Δραστηριότητας υλοποιήθηκε σε τέσσερα επιμέρους στάδια, καθένα από τα οποία εστιάζει σε διαφορετική παράμετρο της εργασίας των χειριστών.

Η ανάλυση καθηκόντων, εστιάζει στον εντοπισμό των σειριακών περιορισμών, κριτηρίων, ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών του πεδίου τα οποία λαμβάνουν υπόψη τους οι χειριστές κατά την εκτέλεση επιμέρους καθηκόντων. Η ανάλυση γίνεται ανεξάρτητα από το πώς τα καθήκοντα υποστηρίζονται από το σύστημα ελέγχου και το διαμεσολαβητή.

Η ανάλυση στρατηγικών υλοποιείται προκειμένου: α) να εντοπιστούν οι διαφορετικές κατηγορίες στρατηγικών δράσης που έχουν αναπτυχθεί και καθιερωθεί στο πεδίο με την πάροδο του χρόνου, β) να συγκριθούν οι στρατηγικές που υιοθετούν οι χειριστές ανάλογα με το πλαίσιο λειτουργίας του δικτύου (συνήθεις συνθήκες – κρίσιμες συνθήκες) και το είδος των εμφανιζόμενων συμβάντων (πολλές βλάβες στο δίκτυο ή πολλοί μετασχηματιστές με υψηλά φορτία ή υψηλή

θερμοκρασία), και γ) να εντοπιστούν τα κριτήρια επιλογής στρατηγικής που αποκτούν προτεραιότητα σε κάθε περίπτωση.

Η ανάλυση της κοινωνικής οργάνωσης της εργασίας γίνεται προκειμένου: α) να αποτυπωθεί πώς οι αρμοδιότητες εποπτείας και ελέγχου των συνεργαζόμενων φορέων, καθορίζουν τον τρόπο, το χρόνο και το περιεχόμενο της συνεργασίας τους, β) να προσδιοριστεί η πληροφορία που χρειάζονται διαφορετικοί πράκτορες μέσα στο οργανωτικό σχήμα, για να συνεργαστούν εκτελώντας με επιτυχία τα καθήκοντά τους.

Η ανάλυση ατομικών παραγόντων γίνεται προκειμένου να προσδιοριστεί: α) ποια ατομικά χαρακτηριστικά (νοητικά χαρακτηριστικά, ιδιοσυγκρασιακές παράμετροι, μέθοδοι ανάπτυξης επικοινωνίας και χειρισμού συνεργασιών, προσωπικός τρόπος εργασίας, επίπεδο εμπειρίας και ατομική γνώση) επηρεάζουν τον τρόπο δράσης των χειριστών, και β) πότε και πώς λειτουργούν οι χειριστές σε συγκεκριμένα επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς.

Σε κάθε επιμέρους στάδιο ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν επιλεγμένα περιστατικά, που είχαν χαρακτηριστικά συναφή με την εξεταζόμενη παράμετρο. Έμφαση δόθηκε σε περιστατικά που εξελίσσονται σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου, καθώς στις συνθήκες αυτές γίνονται εμφανή κοινωνικο-τεχνικά προβλήματα στην εποπτεία και τον έλεγχο του συστήματος, ενώ είναι και νοητικά πιο απαιτητικές για τους χειριστές.

Μέσα από την Ανάλυση Δραστηριότητας:

- γίνεται περεταίρω επεξεργασία, έλεγχος, και αξιοποίηση των ευρημάτων της Εθνογραφικής ανάλυσης.
- αποκαλύπτονται- κατά την ανάλυση συγκεκριμένων περιστατικών - πτυχές της δράσης που δεν είχαν περιγραφεί λεκτικά από τους χειριστές ή δεν είχαν αποτυπωθεί σε προηγούμενα στάδια ανάλυσης.
- εντοπίζονται περιπτώσεις όπου ο τρόπος δράσης των χειριστών περιορίζεται από το ισχύον οργανωτικό σχήμα του συστήματος. Ακόμη, εντοπίζονται περιπτώσεις, όπου διαθέσιμες τεχνολογικές δυνατότητες δεν αξιοποιούνται κατάλληλα. Ταυτόχρονα διερευνούνται οι ευκαιρίες που αναδύονται από επερχόμενες οργανωτικές και τεχνολογικές αλλαγές.
- αποτυπώνεται η οπτική των γεγονότων που έχουν οι χειριστές στη μέση τάση, κατά τη συνεργασία τους με υψηλότερες ιεραρχικά αίθουσες ελέγχου, για κρίσιμα συμβάντα. Η συνδυαστική αξιοποίηση των αναλύσεων αυτών με ήδη δημοσιευμένες μελέτες (π.χ. για το μπλακάουτ του 2004, Κεφ.4-§4.3.3, §4.3.4, §4.5) που εξετάζουν τα γεγονότα μέσα από την οπτική των υψηλότερων επιπέδων διαχείρισης, μπορεί να συμβάλει στον κατάλληλο ανασχεδιασμό των κανόνων και διαδικασιών συντονισμού του έργου όλων των αιθουσών, ώστε να γίνει πιο αποτελεσματική η διαχείριση του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος.
- διαπιστώνεται πώς διαφοροποιείται η δραστηριότητα των χειριστών σε οικεία, και μη-οικεία περιστατικά, εντοπίζοντας σημεία που αποτελούν προτεραιότητα για το σχεδιασμό.

Σε ό,τι αφορά τον κύκλο γνωσιακού σχεδιασμού, η Ανάλυση Δραστηριότητας (Εικόνα 6.3):

- διαμορφώνει και μελετά περιστατικά, τα οποία αναδεικνύουν διαφορετικές πτυχές του έργου των χειριστών. Τα περιστατικά αυτά αξιοποιούνται περεταίρω στο στάδιο του σχεδιασμού, διευκολύνοντας τον αναστοχασμό πάνω σε συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις, καθώς και στο στάδιο της αξιολόγησης, προκειμένου να ελεγχθεί ο τρόπος υποστήριξης του νοητικού έργου στο διαμεσολαβητή που σχεδιάστηκε.
- αναδεικνύει συγκεκριμένες απαιτήσεις σχεδιασμού, σε κάθε επιμέρους στάδιο ανάλυσης, οι οποίες αξιοποιούνται τόσο μεμονωμένα, όσο και συνδυαστικά για την εξαγωγή προδιαγραφών σχεδιασμού για κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, που είναι και νοητικά πιο απαιτητικές (Drivalou, 2008). Οι απαιτήσεις και προδιαγραφές πέρα από το σχεδιασμό, αξιοποιούνται και στην αξιολόγηση προκειμένου να διαπιστωθεί εάν βασικοί σχεδιαστικοί στόχοι έχουν πράγματι επιτευχθεί.
- εντοπίζει ποιες πληροφορίες, με ποια σειρά, και σε ποιο επίπεδο λεπτομέρειας πρέπει να απεικονιστούν, ώστε να εκτελείται με επιτυχία κάθε βήμα των διαχειριζόμενων περιστατικών. Οι σχέσεις μεταξύ των στοιχείων συστήματος που βρίσκονται στο προσκήνιο σε κάθε βήμα του περιστατικού, καθορίζουν τον τρόπο που πρέπει να είναι δομημένη η πληροφορία στο διαμεσολαβητή. Επιπλέον, προσδιορίζεται ο ενδεδειγμένος τρόπος οπτικής, ακουστικής, και απτικής διάδρασης με την πληροφορία για το δίκτυο, προκειμένου να υποστηρίζονται κατάλληλα τα διαφορετικά επίπεδα νοητικής λειτουργίας εμπειρών και λιγότερο εμπειρών χειριστών, στο διαμεσολαβητή που θα σχεδιασθεί.

6.5.3 Σχεδιασμός πρωτοτύπων

Ο σύγχρονος σχεδιασμός δίνει έμφαση στο σχεδιασμό πιθανών τεχνολογικών λύσεων με τη συμμετοχή των εργαζομένων (§6.3). Η συμμετοχή των εργαζομένων είναι σκόπιμη προκειμένου να διασφαλιστεί ότι το προϊόν που θα σχεδιασθεί, θα ικανοποιεί τις ανάγκες τους και θα χρησιμοποιηθεί από τους τωρινούς ή τους μελλοντικούς χρήστες του. Η συμμετοχή των εργαζομένων στο σχεδιασμό είναι σημαντική, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κατάλληλοι ειδικοί, για τον εντοπισμό των λεπτομερειών που αφορούν την εκτέλεση της εργασίας.

Ο σχεδιασμός είναι μία αναδυόμενη διαδικασία, καθώς πτυχές μίας λύσης διερευνώνται σε συνδυασμό με την προσπάθεια κατανόησης και αντιμετώπισης του προβλήματος, ενώ ο τρόπος αντιμετώπισης του σχεδιαστικού προβλήματος, μπορεί να αλλάξει καθώς η διαδικασία του σχεδιασμού εξελίσσεται.

Η συμμετοχή των εργαζομένων στο σχεδιασμό συνδέεται με την εξελικτική ανάπτυξη πρωτοτύπων. Τα πρωτότυπα αποτελούν την εξωτερικευση σε ένα δομημένο περιβάλλον των σχεδιαστικών ιδεών, και των απαιτήσεων και προδιαγραφών που προέκυψαν από την ανάλυση στο πεδίο αναφοράς του σχεδιαστικού προβλήματος. Τα πρωτότυπα αναπτύσσονται μέσα από διαδοχικές φάσεις, και υπόκεινται σε συνεχή αναθεώρηση και βελτίωση. Η εξέλιξή τους μέσα στο χρόνο αποτυπώνει την κατανόηση του σχεδιαστικού προβλήματος και του ίδιου του πεδίου (Harel & Papert, 1991). Στους εργαζόμενους, η διάδραση με το πρωτότυπο επιτρέπει την εξερεύνηση του, και μπορεί να αποκαλύψει νέες οπτικές στη χρήση του (Rheingans, 2002), δίνοντας στο σχεδιαστή ιδέες για περαιτέρω ανάπτυξη του. Επιπλέον, μέσα από τη διαδικασία σταδιακής ανάπτυξης ενός πρωτότυπου διαμεσολαβητή, οι εργαζόμενοι μπορούν να εξοικειωθούν και να μάθουν να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά μη-παραδοσιακές απεικονίσεις, όπως αυτές που αναπτύσσονται με την οικολογική φιλοσοφία σχεδιασμού.

Στον κύκλο σχεδιασμού-αξιολόγησης χρησιμοποιούνται διάφορες εναλλακτικές ανάπτυξης πρωτοτύπων, διαφορετικού βαθμού ρεαλισμού και πολυπλοκότητας, και διαφορετικού επιπέδου λειτουργικότητας (Hall, 2001, Jordan, 1998). Συνήθως ξεκινά κανείς από χαμηλού επιπέδου πρωτότυπα και βαθμιαία προστίθεται σε αυτά λειτουργικότητα (π.χ. Anderson & Crocca, 1993, Muller, 2002), περνώντας από μία απλή στατική απεικόνιση του τεχνήματος (σε χαρτί ή οθόνη), σε ένα διαδραστικό –βασισμένο σε οθόνες υπολογιστή πρωτότυπο, μέχρι ένα πλήρως λειτουργικό πρωτότυπο. Τα ηλεκτρονικά πρωτότυπα, παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της ευελιξίας και της δυνατότητας πολλαπλής αναπαραγωγής και βελτιώσεων, και αποτελούν μία κατηγορία τεχνημάτων, μέσω των οποίων μπορεί να αντιμετωπίσει κανείς πραγματικά προβλήματα και προκλήσεις, και να διερευνήσει διάφορες περιοχές της γνώσης (Bodker, 1991).

Στο Κεφάλαιο 9, παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία ανάπτυξης και ελέγχου των σχεδιαστικών ιδεών που οδήγησαν στη διαμόρφωση του τελικού ηλεκτρονικού πρωτότυπου διαμεσολαβητή. Βασικό στόχο του σχεδιασμού στην παρούσα έρευνα, αποτέλεσε η ανάπτυξη ενός πρότυπου διαμεσολαβητή που θα μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα, για το διαμεσολαβητή του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας που θα ελέγχει το πραγματικό σύστημα. Έτσι προσδιορίστηκε αρχικά ένας πειραματικός κόσμος που περιλαμβάνει κατ' αναλογία σημαντικές οργανωτικές και τεχνολογικές πτυχές λειτουργίας του πραγματικού συστήματος (§6.4). Κριτήριο επιλογής τους αποτέλεσε ο ρόλος που παίζουν, κατά τη διαχείριση του δικτύου σε κρίσιμες Συνθήκες Λειτουργίας, που είναι νοητικά πιο απαιτητικές για τους χειριστές.

Η μετατροπή των απαιτήσεων και προδιαγραφών που προέκυψαν από την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, σε οργανωμένες φόρμες και δομές απεικόνισης πληροφορίας, αποτελεί τη διαδικασία της Σημασιολογικής Αποτύπωσης (Semantic mapping) (Κεφ.3-§3.5). Η διαδικασία ξεκινά με τη σύλληψη και διαμόρφωση σχεδιαστικών ιδεών (Ideation), και εξελίσσεται μέσα από επαναληπτικά στάδια ανασχεδιασμού, τα αποτελέσματα των οποίων αποτυπώνονται πάνω σε διαφορετικής τεχνολογίας και πληρότητας πρωτότυπα. Για τη μορφοποίηση των σχεδιαστικών ιδεών συνδυάζονται κατάλληλα γενικές αρχές της γνωσιακής μηχανικής, αρχές και φόρμες του οικολογικού σχεδιασμού, καλές πρακτικές απεικόνισης που χρησιμοποιούνται στα παραδοσιακά τεχνήματα, και διεθνείς συμβάσεις κωδικοποίησης πληροφορίας ηλεκτρικών δικτύων.

Δεδομένου ότι ο σχεδιασμός απευθύνεται σε ένα υφιστάμενο σύστημα, αρχικό πρωτότυπο αποτελούν τα υπάρχοντα τεχνήματα (Μιμικό Διάγραμμα τοίχου, Διάγραμμα ΜΣ, Πίνακας Ελέγχου, Τράπεζα χειρισμών) τα οποία πρόκειται να ανασχεδιαστούν/αντικατασταθούν. Ο τρόπος εργασίας των χειριστών με τα τεχνήματα αυτά έχει μελετηθεί κατά το στάδιο της Εθνογραφικής Ανάλυσης. Στο παρόν στάδιο συνοψίζεται: α) η δομή απεικόνισης (π.χ. τοπολογικό διάγραμμα, μονογραμμικό διάγραμμα), ο τρόπος απεικόνισης πληροφορίας (π.χ. αλφαριθμητικά σύμβολα, φωτεινές λυχνίες) και το είδος ενδεικτικών/χειριστηρίων (π.χ. αναλογικά κυκλικά ενδεικτικά, ψηφιακά ενδεικτικά), β) το περιεχόμενο των πληροφοριών και η ενημερότητα αυτών (π.χ. στατική, πραγματικού χρόνου) και γ) ο τρόπος διάδρασης με τις επιμέρους πληροφορίες και χειριστήρια. Αποτυπώνεται συγκεντρωτικά η κατανομή και οργάνωση της πληροφορίας πάνω στα υπάρχοντα τεχνήματα, καθώς και ο τρόπος συνδυαστικής χρήσης των τεχνημάτων. Περιγράφεται επίσης το σύστημα τυπικών και άτυπων συμβόλων που χρησιμοποιείται σε κάθε τέχνημα, για την αποτύπωση συγκεκριμένων καταστάσεων/γεγονότων στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Σε επόμενο στάδιο οι θεμελιώδεις σχεδιαστικές ιδέες αποτυπώνονται σε χαρτί, δημιουργώντας τα πρώτα χαμηλής πιστότητας πρωτότυπα. Στο στάδιο αυτό αναπτύσσεται ο πυρήνας των σχεδιαστικών ιδεών, καθώς ο σχεδιασμός σε χαρτί βοηθάει στην απομόνωση τους από το αρχικό και τελικό μέσο υλοποίησης τους.

Δεδομένου ότι το χρώμα αποτελεί το πιο ισχυρό χαρακτηριστικό ταυτοποίησης ενός στοιχείου, ορίζεται η «χρωματική ταυτότητα» κάθε Κέντρου Διανομής του δικτύου, καθώς και κάθε στοιχείου/απεικόνισης που συνδέεται φυσικά, λειτουργικά, και τοπολογικά με το αυτό. Διαμορφώνονται ειδικά σύμβολα- «Σημείες» με σχηματικά, αλφαριθμητικά και χρωματικά κωδικοποιημένη πληροφορία- που αποδίδουν επιλεγμένα χαρακτηριστικά και ιδιότητες λειτουργίας των στοιχείων του δικτύου. Δημιουργείται η πρώτη «Εστιασμένη Θέση Γραμμών» που παρουσιάζει ενοποιημένη πληροφορία (φορτία, ηλεκτρική συνδεσιμότητα, και επιλεγμένες ιδιότητες γραμμών του δικτύου). Αναπτύσσεται η πρώτη «Συνοπτική Θέση Μετασχηματιστών» με σημαντικές παραμέτρους λειτουργίας (φορτίο ζυγών, συνολικό φορτίο ΜΣ, θερμοκρασία Μετασχηματιστή, ρύθμιση θέσης Συστήματος αλλαγής Τάσεως υπό Φορτίο (ΣΑΤΥΦ), σχέση φορτίου-δυναμικότητας τροφοδοτικής γραμμής υψηλής τάσης) όλων των Μετασχηματιστών του δικτύου.

Στο στάδιο του σχεδιασμού ηλεκτρονικών πρωτοτύπων, αποτυπώνεται πώς από τις βασικές σχεδιαστικές ιδέες και απεικονίσεις που είχαν αναπτυχθεί σε σκίτσα στο προηγούμενο στάδιο, διαμορφώνονται συγκεκριμένες οθόνες με το περιεχόμενο τους οργανωμένο σε επιμέρους παράθυρα και θεάσεις, δημιουργώντας σταδιακά ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον διάδρασης με το δίκτυο (Drivalou, 2005b, Drivalou & Marmaras, 2009).

Για το δυναμικό Μιμικό Διάγραμμα, δημιουργήθηκαν υποδείγματα των σχεδιαστικών ιδεών γεωσχηματικής τοπολογικής απεικόνισης πληροφορίας, με έμφαση σε αυτές που υποστηρίζουν τη λειτουργικότητα μεταξύ των οθονών και τον προσανατολισμό μέσα σε αυτές κατά την αναζήτηση πληροφορίας (π.χ. κωδικοποίηση ιδιοτήτων γραμμών). Προσδιορίζονται επίσης επιλεγμένες θεάσεις πληροφορίας του συνολικού δικτύου (π.χ. δίκτυο γραμμών αντιστήριξης) ή επάλληλες θεάσεις (π.χ. δίκτυο γραμμών υψηλής τάσης που τροφοδοτεί δίκτυο μέσης τάσης), οι οποίες είναι σημαντικό να είναι διαθέσιμες για την διαχείριση του.

Στην Οθόνη Αναγγελιών διαμορφώθηκαν «καρτέλες» με δυναμικό περιεχόμενο, που συνοψίζουν την κρίσιμότερη τρέχουσα πληροφορία για το δίκτυο, όπως «Συναγερμοί», «Γεγονότα», «Εργοδηγία», «Σημειώματα», «Εκκρεμότητες», «Επισημάνσεις».

Στην Οθόνη Εποπτείας, σχεδιάσθηκαν αρχικά τα αναδιπλούμενα «Παράθυρα Εποπτείας Μετασχηματιστών» που παρουσιάζουν για κάθε Μετασχηματιστή πληροφορία σε επίπεδο Γραμμών, Ζυγών, και Μετασχηματιστή, σε τρία επάλληλα επίπεδα παρουσίασης πληροφορίας. Για κάθε επίπεδο αναπτύχθηκαν εξειδικευμένες σημασιολογικές δομές, όπως ο Πίνακας Συνδεσιμότητας και το Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο. Σε δεύτερο κύκλο σχεδιασμού, αναπτύχθηκαν τέσσερις συγκεντρωτικές θεάσεις: α) που περιλαμβάνουν πληροφορία που κρίθηκε σκόπιμο να μην συμπεριληφθεί στα Παράθυρα Εποπτείας Μετασχηματιστών, αλλά να είναι επιλεκτικά διαθέσιμη μέσα από μία κατάλληλα σχεδιασμένη θέαση (Παράθυρο Ισχύος – Θερμοκρασίας), β) που συνοψίζουν κρίσιμη πληροφορία που υπάρχει κατανοητή στα επιμέρους Παράθυρα Εποπτείας Μετασχηματιστών (Παράθυρο Παράλληλης λειτουργίας, Παράθυρο Ρύθμισης ΣΑΤΥΦ, Παράθυρο Τροποποιήσεων Διακοπών). Στη δοκό περιεχομένων αποτυπώθηκε «Γενική Πληροφορία Συστήματος» (Ημερομηνία, Ώρα, Θερμοκρασία, Υγρασία, Συχνότητα, συνολική κατανάλωση στην Αττική, και πανελλαδικά) που προσδιορίζει το τρέχον πλαίσιο διαχείρισης του δικτύου.

Για τον έλεγχο των τηλεχειριζόμενων στοιχείων και λειτουργιών του δικτύου, αρχικά εξετάστηκε το ενδεχόμενο να γίνεται ο χειρισμός τους μέσα από τα «Παράθυρα Εποπτείας Μετασχηματιστών» της Οθόνης Εποπτείας. Τελικά, κρίθηκε σκόπιμο να διαχωριστεί το περιβάλλον εποπτείας από το περιβάλλον ελέγχου, και έτσι δημιουργήθηκε η Οθόνη Ελέγχου που περιλαμβάνει ένα «Παράθυρο Ελέγχου» για κάθε Μετασχηματιστή του δικτύου, μέσα στο οποίο γίνεται αναγνώριση των συναγερμών, και διαχείριση των διακοπών του μετασχηματιστή και των ρυθμίσεων ελέγχου του Συστήματος Αλλαγής Τάσεως Υπό Φορτίο. Το Παράθυρο Ελέγχου παρουσιάζει τους διακόπτες κάθε μετασχηματιστή σε μορφή μονογραμμικού διαγράμματος, οργανωμένους στα τρία δομικά επίπεδα του μετασχηματιστή, και με κωδικοποιημένες επιλεγμένες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά-ιδιότητες κάθε διακόπτη-γραμμής. Δημιουργήθηκαν επίσης δύο συγκεντρωτικές θεάσεις: α) το Παράθυρο Αναγγελιών που συνοψίζει σε ποιες ζώνες διακοπών κάθε Μετασχηματιστή εκκρεμεί κάποιος συναγερμός, και β) το Παράθυρο Σταδίων Απόρριψης που συνοψίζει σε ποιο στάδιο απόρριψης και για ποια τιμή της συχνότητας ενεργοποιείται η απόρριψη φορτίων στους μετασχηματιστές κάθε Κέντρου Διανομής.

Τα πρωτότυπα που δημιουργήθηκαν συμβάλουν:

- στη συστηματική αποτύπωση γνώσης για το σχεδιασμό διαμεσολαβητών για τα ηλεκτρικά δίκτυα, καθώς για κάθε Οθόνη, Παράθυρο, Θέαση που δημιουργήθηκε, παρουσιάζονται: α) η διαδικασία σύλληψης και μετασχηματισμού των σχεδιαστικών ιδεών στα επιμέρους στάδια ανάπτυξης πρωτοτύπων, β) οι απαιτήσεις που αναδύθηκαν από την ανάλυση, και κατεύθυναν το σχεδιασμό τους, γ) ο τρόπος επιλογής, οργάνωσης, και μορφοποίησης της πληροφορίας σύμφωνα με συγκεκριμένες αρχές σχεδιασμού, δ) ο στόχος σχεδιασμού που εξυπηρετεί κάθε απεικόνιση, και η δυναμική αξιοποίησης της, μεμονωμένα ή συνδυαστικά με άλλες. Η αναλυτική αποτύπωση της φιλοσοφίας σχεδιασμού κάθε απεικόνισης διευκολύνει, την πιθανή αναθεώρηση των σχεδιαστικών λύσεων, βάσει των ευρημάτων της αξιολόγησης που ακολουθεί, καθώς και τη μελλοντική επέκταση του διαμεσολαβητή, για την υποστήριξη επιπλέον λειτουργιών του δικτύου που δεν συμπεριλήφθησαν στο σχεδιασθέν πειραματικό πρωτότυπο.
- στον έλεγχο της καταλληλότητας και αποτελεσματικότητας του οικολογικού σχεδιασμού στα ηλεκτρικά δίκτυα. Η έμπειρη δράση ενός χειριστή εξαρτάται αφενός από τις γνώσεις του για το πεδίο, και αφετέρου από το βαθμό εξοικείωσης του με το σύστημα απεικόνισης πληροφορίας για το πεδίο. Κατά το σχεδιασμό επιδιώχθηκε τα νέα σύμβολα και δομές απεικόνισης (π.χ. Σχισιακές Δομές, Συναθροιστικές δομές) που εισάγονται, να είναι εύκολα ερμηνεύσιμα σύμφωνα με την προϋπάρχουσα γνώση των χειριστών, ώστε να είναι μικρός ο νοητικός φόρτος των χειριστών κατά την εξοικείωση με αυτά, στο νέο ηλεκτρονικό περιβάλλον ελέγχου.

Προκειμένου να είναι ιχνηλάσιμη η σχέση μεταξύ των παραδοσιακών και των οικολογικά σχεδιασμένων απεικονίσεων, για κάθε μονάδα απεικόνισης που δημιουργήθηκε περιγράφεται αναλυτικά από ποια παραδοσιακά τεχνήματα συνδυάζει πληροφορία, και με ποιο τρόπο αυτή συνδυάζεται και συγχωνεύεται με επιπλέον πληροφορία. Ειδικότερα προσδιορίζεται α) σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν αυτούσιες απεικονίσεις οντοτήτων από τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, β) σε ποιες περιπτώσεις προσαρμόστηκαν προϋπάρχουσες απεικονίσεις, και γ) σε ποιες περιπτώσεις αναπτύχθηκαν νέες οπτικές φόρμες για την απεικόνιση οντοτήτων.

Τα ηλεκτρονικά πρωτότυπα αποτελούν ένα «μεταβατικό περιβάλλον» ανάμεσα στο παραδοσιακό και στο πλήρως ηλεκτρονικό περιβάλλον διαχείρισης του δικτύου που θα υλοποιηθεί μελλοντικά στο χώρο των αιθουσών μέσης τάσης. Μέσα στο περιβάλλον αυτό μπορεί να ελεγχθεί: α) ο τρόπος που ένας οικολογικά σχεδιασμένος διαμεσολαβητής υποστηρίζει το νοητικό έργο των χειριστών, σε συνθήκες και σε κρίσιμες –νοητικά

- πιο απαιτητικές- συνθήκες, β) ο βαθμός ευκολίας, και ο τρόπος που οι εργαζόμενοι μπορούν να μάθουν να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά μη-παραδοσιακές γραφικές αναπαραστάσεις.
- στη δοκιμή αναπροσαρμοσμένων αρμοδιοτήτων εποπτείας και ελέγχου πληροφορίας για το δίκτυο. Για τεχνικά και οργανωτικά ζητήματα, για τα οποία είχε διαπιστωθεί κατά την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας ότι χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση, δοκιμάστηκαν διαφορετικές διευθετήσεις και τρόποι απεικόνισης πληροφορίας, κατά την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών Οθονών Εποπτείας και Ελέγχου. Οι περιπτώσεις αυτές αφορούν κυρίως στοιχεία/λειτουργίες του δικτύου που τα συνδιαχειρίζονται δύο αίθουσες ελέγχου, με διαμοιρασμένες αρμοδιότητες εποπτείας και ελέγχου. Προκειμένου ο σχεδιασμός, αφενός να είναι σύμφωνος με την ισχύουσα δια-οργανωσιακή κατανομή πληροφορίας, και αφετέρου να ικανοποιούνται οι σχεδιαστικές απαιτήσεις της ανάλυσης, δημιουργήθηκαν θεάσεις που επιτρέπουν τη δημιουργία διαφορετικών συνθηκών ελέγχου κατά την αξιολόγηση. Η λύση αυτή επιλέχθηκε, προκειμένου να διαπιστωθεί μέσα από την ανάλυση πραγματικών περιστατικών κατά την αξιολόγηση, η αποτελεσματικότητα συγκεκριμένων τρόπων απεικόνισης-πρόσβασης σε πληροφορία.

6.5.4 Αξιολόγηση Οικολογικού Διαμεσολαβητή PIGMENTUM

Η επιλογή του κατάλληλου τρόπου αξιολόγησης σε κάθε περίπτωση (όπως περιγράφηκε στο Κεφ.2-§2.4.3) εξαρτάται από τον τύπο και την πολυπλοκότητα του υπό σχεδίαση συστήματος, το στάδιο της σχεδιαστικής διαδικασίας κατά την οποία πραγματοποιείται η αξιολόγηση, καθώς επίσης και από τα διαθέσιμα τεχνολογικά μέσα και το χρόνο υλοποίησης. Η αξιολόγηση οικολογικών διαμεσολαβητών (Κεφ.3-§3.7) έχει χρησιμοποιηθεί ως μέσο για να ελεγχθεί η δυνατότητα που έχουν για βελτίωση της απόδοσης των χειριστών, για την υιοθέτηση καλύτερων ποιοτικά λύσεων, για την πιο εύκολη εκμάθηση και εξοικείωση με νέα συστήματα, κλπ. Όμως, η ουσιαστική συμβολή του οικολογικού σχεδιασμού στη διαχείριση πολύπλοκων συστημάτων, μπορεί να αποδειχθεί εάν μελετήσει κανείς το επίπεδο νοητικής συμπεριφοράς των χρηστών του διαμεσολαβητή, όταν αντιμετωπίζει συγκεκριμένες καταστάσεις (Rasmussen et al., 1994, Makoto & Toshiyuki, 2004, McIlroy & Stanton, 2015). Για το λόγο αυτό, στο παρόν στάδιο του κύκλου γνωσιακού σχεδιασμού, το εργαλείο ταξινόμησης της «συμπεριφοράς βασισμένης σε επιτηδειότητες, κανόνες, και γνώσεις» (Κεφ.3-§3.3.2), χρησιμοποιείται ως μέσο για την αναλυτική αξιολόγηση του διαμεσολαβητή που σχεδιάστηκε.

Στο Κεφάλαιο 10, παρουσιάζεται το τελικό ηλεκτρονικό πρωτότυπο του οικολογικού διαμεσολαβητή PIGMENTUM, που σχεδιάστηκε για την υποστήριξη της εποπτείας και ελέγχου των δικτύων μέσης τάσης. Κατόπιν παρουσιάζονται αναλυτικά τα επιμέρους βήματα της αξιολόγησης που εκτελέστηκαν, και τα οποία στοχεύουν στο (Drivalou & Marmaras, 2009):

- να διαπιστωθεί εάν εκπληρώνονται οι σχεδιαστικοί στόχοι (περιεχόμενο, δομή και μορφοποίηση του διαμεσολαβητή) σύμφωνα με τις απαιτήσεις και προδιαγραφές σχεδιασμού που είχαν προσδιοριστεί.
- να αποτυπωθεί μέσα από αντιπροσωπευτικά πραγματικά περιστατικά, πώς λειτουργούν μεμονωμένα και συνδυαστικά οι σημασιολογικές δομές και τα σύμβολα, που περιλαμβάνει ο διαμεσολαβητής (π.χ. Σημείες, Πίνακας Συνδεσιμότητας, Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο, κλπ), και πώς υποστηρίζονται οι χειριστές στα τρία επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς, και στις εναλλαγές μεταξύ των επιπέδων.
- να διερευνηθούν συγκριτικά, οι τρέχουσες πρακτικές εργασίας που υιοθετούν οι χειριστές στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, σε σχέση με αυτές που αναμένεται να αναπτύξουν στον οικολογικό διαμεσολαβητή.

Ο σχεδιασμός έδωσε έμφαση στην υποστήριξη των κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας του δικτύου, που είναι νοητικά πιο απαιτητικές για τους χειριστές. Για το λόγο αυτό και κατά την αξιολόγηση, εξετάζονται μεμονωμένα, αλλά και στο πλαίσιο συγκεκριμένων περιστατικών, τα χαρακτηριστικά του διαμεσολαβητή που παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του νοητικού και συνεργατικού έργου στις συνθήκες αυτές.

Η διαδικασία αναλυτικής αξιολόγησης (επαλήθευσης) που υιοθετείται στο παρόν στάδιο, αν και δεν εξετάζει άμεσα ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια απόδοσης των χειριστών, συμβάλει στο να διαπιστωθεί:

- πώς υποστηρίζονται κρίσιμες παράμετροι του νοητικού έργου όπως η άμεση αντίληψη, η ενημερότητα κατάστασης, η ανάκληση πληροφορίας.
- πώς μπορεί να αλλάξει ο χρόνος και τρόπος εξέλιξης του συνεργατικού έργου με άλλες αίθουσες, όταν είναι διαθέσιμες συγκεκριμένες πληροφορίες για το δίκτυο
- ποιες αλλαγές θα επιφέρει στον τρόπο εκτέλεσης του νοητικού έργου των χειριστών, η μετάβαση από τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή στο ηλεκτρονικό περιβάλλον ελέγχου του οικολογικού διαμεσολαβητή.

Τα στάδια γνωσιακού σχεδιασμού που υλοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του πρότυπου οικολογικού διαμεσολαβητή, παρουσιάζονται αναλυτικά στα κεφάλαια που ακολουθούν, και συγκεκριμένα: Κεφάλαιο 7-Εθνογραφική Ανάλυση, Κεφάλαιο 8-Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, Κεφάλαιο 9 – Σχεδιασμός Πρωτοτύπων, Κεφάλαιο 10 – Αξιολόγηση.

ΕΘΝΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7. ΕΘΝΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η Εθνογραφία πηγάζει από την πολιτισμική ανθρωπολογία (cultural anthropology) στην οποία οι ερευνητές του ανθρωπίνου πολιτισμού καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους για την ανθρώπινη συμπεριφορά. Η Εθνογραφία είναι μία μέθοδος που χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να ταιριάξουμε ή να συντονίσουμε την εργασία με το περιβάλλον λειτουργίας. Η Εθνογραφία συμβάλει επίσης στο να αντιληφθούμε τις κοινωνικές διαδράσεις που λαμβάνουν χώρα στον τόπο εργασίας, από την πλευρά των συμμετεχόντων σε αυτές.

Οι εθνογραφικές μελέτες εστιάζουν στο να χτίσουν μία κατανόηση της δραστηριότητας όπως αυτή εξελίσσεται στο φυσικό της χώρο (in situ) (Martin & Sommerville, 2004, Rouncefield, 2011). Εθνογραφικές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί σε ποικίλα πεδία (Bentley et al., 1992, Morgan & Tryfonas, 2011, Vyas, 2013, Sharp, 2016). Οι Baxter & Sommerville (2011) επισημαίνουν την ανάγκη να λαμβάνονται υπόψη ζητήματα που συνδέονται με τους γενικότερους κανόνες και το πλαίσιο λειτουργίας του συστήματος, καθώς και την ανάγκη να γίνεται αναφορά στα πληροφοριακά συστήματα και σε παραμέτρους γνωσιακής μηχανικής αυτών.

Η εθνογραφική ανάλυση εστιάζει συνήθως στην ανάλυση των θεμάτων που επηρεάζουν τη λειτουργικότητα και τη χρήση ενός συστήματος και βοηθάει στο να κατανοήσει κανείς τις λεπτομέρειες της εργασίας. Οι Εθνογραφικές μελέτες πεδίου διαφέρουν στον τρόπο διερεύνησης του πεδίου, και χρησιμοποιούν πολλές μεθόδους συλλογής δεδομένων προκειμένου να μελετήσουν τη συμπεριφορά μέσα στο πλαίσιο της ομάδας (Jones & Nemeth, 2005). Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αναλυτικές τεχνικές παρατήρησης, ενώ για να ερμηνεύσει κανείς τη συμπεριφορά του ατόμου μέσα στο σύστημα είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν και άλλες τεχνικές, οι οποίες σε κάθε περίπτωση καθορίζονται από το περιβάλλον μελέτης, το πεδίο, και τις δραστηριότητες των συμμετεχόντων. Προκειμένου η εθνογραφία να εξυπηρετεί κατάλληλα ποικίλα πλαίσια χρήσης της, έχουν αναπτυχθεί διάφορες επιμέρους κατηγορίες όπως π.χ. λειτουργικές, δομικές, διαδραστικές εθνογραφίες (Saphiro, 1994).

Οι εθνομεθοδολογικά προσανατολισμένες εθνογραφίες (Ethnomethodologically-informed ethnographic studies) εστιάζουν στις λεπτομέρειες των πρακτικών που αναπτύσσονται για τη διαχείριση συγκεκριμένων καταστάσεων, στο πλαίσιο επίτευξης των κοινωνικών στόχων της ομάδας (Martin & Sommerville, 2004). Η εθνομεθοδολογία στοχεύει στο να περιγράψει και να ερμηνεύσει τα χαρακτηριστικά κοινωνικής οργάνωσης των επαναλαμβανόμενων δραστηριοτήτων που εμφανίζονται στο πεδίο, καθιστώντας ορατές τις πρακτικές που έχουν κυριαρχήσει στο πεδίο και πρόκειται να αλλάξουν. Η εθνομεθοδολογική προσέγγιση της εθνογραφίας, είναι προσανατολισμένη στην κοινωνική οργάνωση της τρέχουσας πρακτικής και βοηθάει στο να δούμε πώς γίνεται η διαχείριση των καταστάσεων του πεδίου σύμφωνα με τη λογική των πραγμάτων που ισχύει τοπικά (αρχές και κανόνες). Η προσέγγιση αυτή ασχολείται με την οργάνωση και το περιεχόμενο της εργασίας, καθώς με τον εντοπισμό των μεθόδων και των συλλογισμών δράσης, με τους οποίους οι εργαζόμενοι χειρίζονται τις καταστάσεις ως οικείες. Η Εθνομεθοδολογία εστιάζει στην κατανομή ρόλων, καθώς το κάθε άτομο αποτελεί μέρος ενός συνόλου, και έτσι το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας τους απαιτεί τον συντονισμό των καθηκόντων τους μέσα στην υπάρχουσα οργάνωση της εργασίας τους. Η εθνομεθοδολογική προσέγγιση της εθνογραφίας βοηθάει στο να δούμε πώς εκτελούνται πραγματικά οι εργασίες στο πεδίο (λόγω της κοινωνικής οργάνωσης της εργασίας ή και για άλλους λόγους), σε αντίθεση με το πώς θα έπρεπε να γίνονται σύμφωνα με τις ονομαστικές διαδικασίες.

Η χρήση της Εθνογραφίας για τον σχεδιασμό, βοηθά στη μελέτη ανθρώπων μέσα σε ομάδες εργασίας, καθώς και στη μελέτη της σύζευξης τους με τα τεχνολογικά τεχνήματα.

Η Γνωσιακή Εθνογραφία (Cognitive Ethnography) αναπτύχθηκε ειδικά για να κατανοηθεί η νοητική εργασία μέσω της εθνογραφικής προσέγγισης. Η Γνωσιακή Εθνογραφία ενοποιεί την παρατήρηση, τις συνεντεύξεις, και τη διαδραστική μελέτη με στόχο τις αποδοτικές περιγραφές και την αποτύπωση των νοητικών φαινομένων μέσα στο περιβάλλον εργασίας (Jones & Nemeth, 2005). Η γνωσιακή εθνογραφία περιλαμβάνει μεθόδους με τις οποίες μπορεί κανείς να συλλέξει στοιχεία και να αναλύσει: τη ροή της πληροφορίας, τα γνωσιακά χαρακτηριστικά των συστημάτων, την κοινωνική οργάνωση και τις πολιτισμικές διαδικασίες (Ball & Ormerod, 2000). Επιπλέον, συγκεκριμένες μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μελετηθούν θέματα ειδικού ενδιαφέροντος.

Τα γνωσιακά τεχνήματα αναλύονται για να εντοπιστεί το πώς χρησιμοποιείται και ανταλλάσσεται η πληροφορία. Μέσα από την μελέτη αυτή καταφέρνει κανείς να εντοπίσει κοινές χρήσεις και ρόλους για τα τεχνήματα αυτά, αποκαλύπτοντας πώς χρησιμοποιούνται στις ομαδικές εργασίες, και εντοπίζοντας τα όρια που υπάρχουν στην υιοθέτηση τεχνολογίας της πληροφορίας. Η Γνωσιακή εθνογραφία παρέχει νέα οπτική στο σχεδιασμό νοητικά συμβατών εργαλείων και περιβαλλόντων εργασίας (Hollan et al., 2000).

Η σύνδεση της εθνογραφίας με το σχεδιασμό συστημάτων (Design Ethnography) γίνεται με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με την προσέγγιση που χρησιμοποιείται κατά την υλοποίηση της (Hughes et al., 1993, Barley, 1996, Heath et al., 2000, Viller & Sommerville, 2000, Martin & Sommerville, 2004, Baxter & Sommerville, 2011). Υπάρχουν προσεγγίσεις που αναγνωρίζουν τις κοινωνικές πτυχές της εργασίας που έχουν σχέση με το σχεδιασμό εστιάζοντας στην κατανομημένη συνεργασία (πώς οι εργαζόμενοι συντονίζουν το έργο τους), στα πλάνα και τις διαδικασίες (πώς η εργασία επηρεάζεται από τη δράση των υπολοίπων στο χώρο), και στην ενημερότητα για την εργασία (πώς ο καθένας παρακολουθεί τις δραστηριότητες των υπολοίπων σε ένα σύστημα). Υπάρχουν επίσης προσεγγίσεις που παρέχουν τη δυνατότητα

επαναχρησιμοποίησης των ευρημάτων της μελέτης πεδίου στο σχεδιασμό. Αυτό επιτυγχάνεται εστιάζοντας στα μοτίβα συνεργατικής δράσης, όπως αυτά αποτυπώνονται μέσα από την κοινωνικο-τεχνική διευθέτηση των ανθρώπων και των αντικειμένων σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο, και την περιγραφή των κοινωνικών πρακτικών βάσει των οποίων εξελίσσεται η εργασία στο πλαίσιο που περιγράφηκε. Εάν κάποιος δεν λάβει υπόψιν του τα κοινωνικά χαρακτηριστικά της εργασίας, ο σχεδιασμός μπορεί να προσκρούσει πάνω στην εργασιακή πραγματικότητα με τρόπους που θα είναι επιβλαβείς και για τους εργαζομένους αλλά και για το αντικείμενο της εργασίας τους (Randall et al., 1995).

O Crabtree (1998) επισημαίνει τη σημασία της κοινωνιολογικής διάστασης της εθνογραφίας, καθώς σχετίζεται άμεσα με την μελέτη των κοινωνικών αλλαγών, που ιδιαίτερα στα επαγγελματικά περιβάλλοντα επέρχονται συνεπεία της τεχνολογικής προόδου και του τεχνολογικού σχεδιασμού. Για να σχεδιάσει κάποιος μία παρέμβαση για ένα σύστημα, θα πρέπει να διαθέτει επαρκή γνώση για τις καθιερωμένες πρακτικές εργασίας και για το πώς οι άνθρωποι χρησιμοποιούν την τεχνολογία στην πράξη. Πολλές μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το έργο του σχεδιασμού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις τρέχουσες υπόγειες κοινωνικές διαδράσεις και τις διαδικασίες μετασχηματισμού της εργασίας στις οποίες εμπλέκονται τα τεχνήματα. Για το λόγο αυτό απαιτείται μία βαθειά κατανόηση των τρεχουσών πρακτικών εργασίας, προκειμένου να προτείνει κανείς τεχνολογίες που θα τις υποστηρίξουν και θα τις ενισχύσουν (Perry & Sanderson, 1998). Οι τρέχουσες πρακτικές εργασίας, θέτουν περιορισμούς σε πιθανές αλλαγές, ενώ ταυτόχρονα περιέχουν τα κλειδιά για τις κατάλληλες σχεδιαστικές υποθέσεις (Mogensen, 1994). Παρακολουθώντας κανείς τις τρέχουσες πρακτικές, ανακαλύπτει δυνατότητες για το σχεδιασμό μέσα στο πλαίσιο των περιορισμών ή των χαρακτηριστικών της πρακτικής της εργασίας, που είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένα με την απόδοση στην εργασία (Randall et al., 1995, Wakkary, 2007).

Μελετώντας κανείς τη χρήση των τεχνημάτων, καθώς και τη γνώση και εμπειρία που ενσωματώνουν οι χειριστές πάνω σε αυτά, μπορεί να αποκτήσει μία αίσθηση των παραμέτρων γνωσιακής μηχανικής που εμπλέκονται στην επίτευξη των στόχων στο πεδίο, και κατόπιν χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία της επιστημονικής αυτής περιοχής, μπορεί να βελτιώσει το σύστημα εργασίας, σχεδιάζοντας κατάλληλα νέα τεχνολογικά τεχνήματα (Lakoff & Johnson, 1999, Chalmers et al., 2002).

Στις ενότητες που ακολουθούν, παρουσιάζεται ο τρόπος που υλοποιήθηκε η εθνογραφική ανάλυση στο πεδίο των δικτύων διανομής μέσης τάσης (§7.1), οδηγώντας σε μια συστηματική περιγραφή του πεδίου (§7.2). Επιπλέον, περιγράφεται το νοητικό και συνεργατικό έργο των εργαζομένων, οι πρακτικές εργασίας που υιοθετούν, ο τρόπος που χρησιμοποιούν τα διαθέσιμα τεχνήματα, καθώς και ο τρόπος που παρεμβαίνουν σχεδιαστικά σε τεχνήματα και διαδικασίες, προκειμένου να εξυπηρετούν καλύτερα το ατομικό και συλλογικό έργο (§7.3).

7.1 Υλοποίηση

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε πεδίου και ο στόχος της εθνογραφικής ανάλυσης, καθορίζουν τον τρόπο υλοποίησής της. Στις ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι βασικές παράμετροι υλοποίησης της (χρόνος, τόπος και τρόπος διεξαγωγής, προφίλ των συμμετεχόντων μηχανικών και χειριστών), η διαδικασία εξοικείωσης με τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του πεδίου, και οι τεχνικές άντλησης πληροφορίας (συστηματικές παρατηρήσεις, ελεύθερες και δομημένες συνεντεύξεις, ανάλυση χρήσης τεχνημάτων, γλώσσα εργασίας) που χρησιμοποιήθηκαν στο πεδίο των δικτύων διανομής μέσης τάσης.

7.1.1 Τόπος διεξαγωγής

Κυρίως χώρο διεξαγωγής της μελέτης, αποτέλεσαν οι αίθουσες ελέγχου της Περιφέρειας Αττικής. Αρχικά η συλλογή δεδομένων εστιάστηκε στην αίθουσα ελέγχου ΜΤ (20KV), στην υποστήριξη των καθηκόντων της οποίας στόχευε και ο διαμεσολαβητής που επρόκειτο να σχεδιασθεί. Σε επόμενη φάση, η συλλογή δεδομένων επεκτάθηκε σε αίθουσες ελέγχου δικτύων αντίστοιχης τάξης τάσεως (22KV), αλλά και στην αίθουσα ελέγχου δικτύου ΥΤ Αθηνών (150KV), καθώς υπάρχει άμεση εξάρτηση και συνεργασία σε ό,τι αφορά τη λήψη αποφάσεων και τη διαχείριση του δικτύου (λόγω της κατανεμημένης εποπτείας των ηλεκτρικών στοιχείων και συναγεμίων των μετασχηματιστών ΥΤ/ΜΤ, μεταξύ των αιθουσών ΥΤ και των αιθουσών ΜΤ).

Επίσης, πραγματοποιήθηκε επίσκεψη σε αίθουσα ελέγχου ίδιας τάξης δικτύου στη Θεσσαλονίκη, προκειμένου να διαπιστωθούν ομοιότητες και διαφορές στο έργο διαχείρισης των αστικών δικτύων δύο μεγάλων πόλεων, που οφείλονται στα χαρακτηριστικά των δικτύων (π.χ. μέγεθος και πυκνότητα δικτύου, παλαιότητα και τεχνολογία εξοπλισμού), στην οργανωτική δομή που υποστηρίζει τις λειτουργίες τους, καθώς και σε περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά κάθε αστικού δικτύου (π.χ. υψηλή υγρασία στη Θεσσαλονίκη).

7.1.2 Συμμετέχοντες Εργαζόμενοι

Η συλλογή δεδομένων κάλυψε το σύνολο των δραστηριοτήτων που αναπτύσσουν οι χειριστές του πεδίου σε συνεργασία με το προσωπικό που εμπλέκεται πρωτογενώς ή δευτερογενώς στη διαχείριση του δικτύου όπως: α) μηχανικούς από

τους υποτομείς Λειτουργίας Συστήματος, Μελετών Λειτουργίας, Προστασίας και Μετρήσεων Υπογείων καλωδίων, και Τηλεχειρισμών Συστήματος, β) προσωπικό εντεταλμένο για την έκδοση σημειωμάτων προγραμματισμένων συντηρήσεων ή επισκευών στοιχείων του δικτύου, γ) προσωπικό εργοδηγίων που επιχειρεί στο δίκτυο υπό τις οδηγίες των χειριστών στην αίθουσα ελέγχου.

Την περίοδο που έγινε η μελέτη, ενισχύθηκε το προσωπικό των αιθουσών ελέγχου με νέους χειριστές. Υπήρξε έτσι η ευκαιρία συλλογής δεδομένων για χειριστές με διαφορετικά επίπεδα εμπειρίας στη διαχείριση του δικτύου, καθώς στις βάρδιες συνυπήρχαν χειριστές με πολλά χρόνια εργασίας στην αίθουσα ελέγχου, μαζί με χειριστές που είχαν ξεκινήσει πολύ πρόσφατα να εργάζονται στις αίθουσες. Οι περισσότεροι από τους χειριστές ήταν πρώην εργαζόμενοι σε εργοδηγία, και διέθεταν αντίληψη της φυσικής διευθέτησης των στοιχείων του δικτύου, έχοντας έτσι τη δυνατότητα να δημιουργήσουν νοητική εικόνα των στοιχείων που διαχειρίζονται μέσα από την αίθουσα ελέγχου.

Σε κάθε βάρδια, οι παλαιοί χειριστές εκπαιδευαν τους νεότερους, καθοδηγώντας τους και λέγοντας τους τι πρέπει να κάνουν σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Επιπλέον, για τους νέους εργαζόμενους στην αίθουσα γίνονταν εκπαιδευτικές διαλέξεις από τους μηχανικούς βάρδιας, πάνω σε θεωρητικά (αρχές λειτουργίας ηλεκτρισμού, φυσικοί κανόνες, κλπ) και πρακτικά θέματα (τρόπος χειρισμού στοιχείων του δικτύου, συνδυαστική ερμηνεία ενδείξεων, κλπ) λειτουργίας του δικτύου. Παρακολουθώντας τις προαναφερθείσες εκπαιδευτικές διαδικασίες, υπήρξε η δυνατότητα συλλογής δεδομένων για τις πιο σημαντικές έννοιες και παραμέτρους διαχείρισης του πεδίου.

Οι χειριστές στην αίθουσα παρουσίαζαν επίσης διαφορετικά επίπεδα εμπειρίας, και σε ό,τι αφορά την εξοικείωση τους με τα ηλεκτρονικά μέσα ελέγχου, δηλαδή τη διάδραση με τους Τηλεχειριζόμενους Υποσταθμούς και Κέντρα Διανομής μέσω των εφαρμογών SCADA από οθόνες υπολογιστών.

Για την εισαγωγή νέων εφαρμογών, όπως το ηλεκτρονικό Αρχείο Βλαβών, προσωπικό του Τμήματος Πληροφορικής της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού εκπαιδευσε όλους τους χειριστές στη χρήση τους. Με την ολοκλήρωση της εκπαίδευσης, ζητήθηκε από τους εκπαιδευτές η γνώμη των χειριστών για το περιεχόμενο και την λειτουργικότητα της εφαρμογής. Παρακολουθώντας τη διαδικασία εισαγωγής της νέας ηλεκτρονικής εφαρμογής στην αίθουσα ελέγχου, υπήρξε δυνατότητα αποτύπωσης των δυσκολιών διάδρασης που συναντούν οι χειριστές κατά την εισαγωγή νέων μέσων εποπτείας και ελέγχου.

7.1.3 Προπαρασκευή

Η λειτουργία των ηλεκτρικών δικτύων διέπεται από εξειδικευμένες αρχές και κανόνες. Έτσι προκειμένου να υπάρξει εξοικείωση με το αντικείμενο και την ορολογία του πεδίου μελετήθηκε έντυπο και ηλεκτρονικό υλικό που περιγράφει τις βασικές αρχές και κανόνες λειτουργίας των δικτύων. Για την κατανόηση της τεχνολογικής υποδομής που υπάρχει στην αίθουσα για τον έλεγχο του δικτύου, μελετήθηκαν εγχειρίδια που περιγράφουν τα μέσα χειρισμού και ελέγχου της αίθουσας (την κωδικοποίηση των συστημάτων προστασίας/συναγερμών, επεξήγηση βασικών απεικονίσεων και συμβόλων πάνω στα τεχνήματα), ενώ πραγματοποιήθηκε και παρακολούθηση εξειδικευμένου σεμιναρίου, πάνω στη δομή και λειτουργία των Συστημάτων Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (SCADA). Επιπλέον, μελετήθηκαν εκθέσεις και αναλύσεις πάνω στη διαχείριση και αντιμετώπιση κρίσιμων συμβάντων, που είχαν δημοσιευτεί σε περιοδικά και βιβλία του χώρου της Ηλεκτρολογικής Μηχανικής (Κεφ.4).

Πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στις αίθουσες ελέγχου της Διεύθυνσης Περιφέρειας Αττικής (20kV, 22KV, 150KV), κατά τη διάρκεια των οποίων έγινε από τους μηχανικούς βάρδιας, περιγραφή των βασικών καθηκόντων εποπτείας και ελέγχου των χειριστών πάνω στα στοιχεία του δικτύου. Ακολούθησε συνοπτική παρουσίαση των μέσων απεικόνισης πληροφορίας (Μιμικό Διάγραμμα, Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Πίνακας ελέγχου) και των χειριστηρίων που επιτρέπουν την εκτέλεση χειρισμών εξ' αποστάσεως στο δίκτυο (Τράπεζα χειρισμών). Επίσης, έγινε αναλυτική περιγραφή του συστήματος συναγερμών, του τρόπου καταγραφής συμβάντων, των διαδικασιών συντήρησης και των τεχνικών προδιαγραφών.

Η εθνογραφική ανάλυση εξελίχθηκε σε επαναλαμβανόμενους κύκλους με τη βοήθεια των τεχνικών που παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες (συστηματικές παρατηρήσεις, ελεύθερες και δομημένες συνεντεύξεις, ανάλυση χρήσης τεχνημάτων, μελέτη της γλώσσας εργασίας). Η κατάρτιση πάνω σε θέματα λειτουργίας των δικτύων εξελισσόταν ταυτόχρονα με τους κύκλους εθνογραφικής ανάλυσης, καθώς η σταδιακή συλλογή νέων δεδομένων δημιουργούσε αφορμές για περαιτέρω βιβλιογραφική διερεύνηση.

7.1.4 Συστηματικές παρατηρήσεις

Οι Mumaw et al. (2000) χρησιμοποιούν τον όρο γνωσιακές μελέτες πεδίου (Cognitive field studies) για να περιγράψουν μελέτες που εστιάζουν στις γνωσιακές και συνεργατικές διαδικασίες, και χρησιμοποιούν γνωσιακές θεωρίες για να ερμηνεύσουν τι παρατηρεί κανείς και για να καθορίσουν τι είναι ενδιαφέρον. Οι παρατηρήσεις πεδίου συμβάλουν στο να αποκαλυφθούν οι γνωσιακές πολυπλοκότητες (cognitive complexities) που αντιμετωπίζουν οι εργαζόμενοι σε διαφορετικά πλαίσια λειτουργίας του συστήματος, καθώς και στο να εντοπιστούν οι παράμετροι της νοητικής δραστηριότητας των εργαζομένων, που παίζουν σημαντικό ρόλο κατά τη δυναμική διαχείριση του πεδίου. Έτσι αποκτάται μία ρεαλιστική άποψη για την πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος εργασίας, εντοπίζοντας παραμέτρους της εργασίας που αποσπούν την προσοχή των χειριστών, καθώς και παραμέτρους της εργασίας που συνδέονται με την ανάπτυξη συνεργασιών εντός και

εκτός της αίθουσας ελέγχου. Οι παρατηρήσεις πεδίου διευκολύνουν την κατανόηση του κατανεμημένου γνωστικού συστήματος (Hutchins, 1995), καθώς διαπιστώνεται πώς οι χειριστές προσαρμόζουν το περιβάλλον εργασίας, προκειμένου να εναποθέσουν (off-load) νοητικές απαιτήσεις και να διευκολύνουν την απόδοση τους. Επίσης, οι αναλυτικές τεχνικές παρατήρησης βοηθούν στον προσδιορισμό σχεδιαστικής γνώσης, ιδιαίτερα σε πεδία που εμπεριέχουν μεγάλο όγκο δεδομένων και πλήθος τεχνημάτων, όπως η αίθουσα μέσης τάσης.

Οι φυσικές/νατουραλιστικές παρατηρήσεις στο πεδίο υποστηρίζουν τη διαδικασία ανακάλυψης των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων του πεδίου, και ελκύουν την προσοχή σε ιδιαίτερα φαινόμενα ή συμπτώματα που παρουσιάζει το πεδίο. Πλούσια δεδομένα, δίνουν οι παρατηρήσεις σε χρονικές περιόδους όπου βασικές παράμετροι του δικτύου διαφέρουν σημαντικά (§7.1.8), καθώς και οι παρατηρήσεις σε επιμέρους τομείς του συστήματος, ατόμων με διαφορετικές αρμοδιότητες, καθήκοντα, και επίπεδα εμπειρίας (§7.1.2). Κατά τη διάρκεια των συστηματικών παρατηρήσεων στο πεδίο, επωφελείται κανείς από το ότι τα γεγονότα παρουσιάζονται με τη φυσική τυχαιότητα που χαρακτηρίζει τη δραστηριότητα στο πεδίο. Οι παρατηρήσεις πεδίου δίνουν τη δυνατότητα να καταγράψει κανείς πραγματικά περιστατικά (§7.1.9), που φανερώνουν τις νοητικές απαιτήσεις του περιβάλλοντος εργασίας, και τις στρατηγικές που έχουν αναπτύξει οι εργαζόμενοι προκειμένου να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις αυτές, τόσο σε συνήθειες, όσο και σε σπάνιες συνθήκες.

Η διεξαγωγή των συστηματικών παρατηρήσεων στο φυσικό χώρο εργασίας (in situ), έγινε αρχικά με τρόπο που να μην αποσπά την προσοχή των εργαζομένων, και να μην παρεμβαίνει στην εξέλιξη της δράσης στο πεδίο. Σε μεταγενέστερο στάδιο, υπήρξε πιο ενεργή η συμμετοχή στον εντοπισμό πληροφοριών και στην διερεύνηση των ενδεχομένων δράσης. Η δραστηριότητα αυτή συνέβαλε στην εξοικείωση και καλύτερη κατανόηση των καθηκόντων των χειριστών, καθώς και των λειτουργικών σχέσεων που διέπουν το πεδίο, των σχέσεων αιτίας-αποτελέσματος, και των ιδιαίτεροτήτων διαχείρισης που παρουσιάζουν κάποια τμήματα του δικτύου και του εξοπλισμού.

7.1.5 Ελεύθερες και Δομημένες συνεντεύξεις

Η εργασία σε ένα πολύπλοκο πεδίο είναι δύσκολο να γίνει κατανοητή μόνο μέσα από τις παρατηρήσεις. Έτσι μετά τον πρώτο κύκλο συστηματικών παρατηρήσεων, πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις με χειριστές και μηχανικούς, με στόχο να καλυφθούν ερωτήματα που δεν μπορούσαν να απαντηθούν μόνο μέσω της παρατήρησης. Όταν το επέτρεπαν οι συνθήκες μέσα στην αίθουσα, ζητούταν από τους χειριστές να περιγράφουν σε πραγματικό χρόνο, τον τρόπο και το σκεπτικό δράσης τους, και να χαρακτηρίζουν τα τρέχοντα συμβάντα ως προς το πόσο οικεία ήταν, και ως προς τη συχνότητα εμφάνισης τους. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στον περιεχόμενο των διαλόγων μεταξύ των χειριστών ή μεταξύ χειριστών και μηχανικών, κατά την προσπάθεια ερμηνείας φαινομένων ή συμπεριφορών στο δίκτυο, που περιγράφονταν ως ασυνήθη από το προσωπικό.

Μετά την ολοκλήρωση της διαχείρισης των συμβάντων από κάθε χειριστή και σε χρονικές στιγμές που αυτό δεν θα παρακάλυε το έργο στην αίθουσα ελέγχου, γίνονταν συνεντεύξεις αυτό-αντιπαράθεσης (auto-confrontation) πάνω στις ενέργειες που είχαν εκτελέσει σε πρόσφατα περιστατικά. Διατρέχοντας κάθε περιστατικό (walkthrough) ζητούταν από τους χειριστές να εξηγήσουν ποια η σκοπιμότητα της κάθε ενέργειας, ποιες οι πιθανές εναλλακτικές από τις οποίες επέλεξαν μία συγκεκριμένη λύση, από πού αντλούσαν πληροφορία για να ελέγξουν ή να επιβεβαιώσουν κάποια απόφαση, σε ποιες περιπτώσεις ανακαλούσαν πληροφορία από τη μνήμη, και με ποιο τρόπο καταχωρούνταν αυτόματα ή καταχωρούσαν οι ίδιοι στο σύστημα αλλαγές κατάστασης ή ενημέρωναν συναδέλφους τους για τις αλλαγές αυτές. Επίσης, τους ζητούταν να αξιολογήσουν εκ των υστέρων τις ενέργειες που είχαν κάνει, και να αναφέρουν εάν θα ήταν καλύτερο να είχαν ακολουθήσει κάποιο άλλο τρόπο δράσης. Επιπλέον, τους ζητούταν να αναφέρουν πιθανούς κινδύνους που ενείχαν οι ενέργειες που έκαναν, και να εξηγήσουν γιατί ήταν απαραίτητο να λάβει κανείς το ρίσκο, παρακάμπτοντας το συνήθη τρόπο δράσης. Οι συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν τόσο με έμπειρους όσο και με λιγότερο έμπειρους χειριστές, προκειμένου να εντοπιστούν πιθανές διαφορές στις πρακτικές δράσης που χρησιμοποιούσαν, και να διαπιστωθεί η αντιπροσωπευτικότητα των στρατηγικών τους.

Αφού μελετήθηκε το επίσημο οργανόγραμμα (αρμοδιότητες, καθήκοντα, όρια ευθυνών) της Διεύθυνσης στην οποία ανήκε η διαχείριση του συστήματος μέσης τάσης, έγιναν ημι-δομημένες συνεντεύξεις (Semi-structured interviews) με μηχανικούς και χειριστές, πάνω στον τρόπο ανάπτυξης και εξέλιξης των συνεργασιών μεταξύ αίθουσών ίδιας τάξης MT-MT (αίθουσα 20KV-αίθουσα 22KV) ή διαφορετικής τάξεως MT-ΥΤ (αίθουσα 20KV-αίθουσα 150KV), κατά τη συνδιαχείριση στοιχείων.

Τέλος, προκειμένου να υπάρξει πρόσβαση σε διαφορετικές οπτικές για το σύστημα, ακολούθησαν συνεντεύξεις με τομάρχες μηχανικούς (υπεύθυνους για τους τομείς Λειτουργίας Συστήματος, Μελετών Λειτουργίας, Προστασίας και Μετρήσεων Υπογείων καλωδίων, Τηλεχειρισμών Συστήματος) αναφορικά με το πώς συντονίζουν τις δράσεις τους και προγραμματίζουν θέματα λειτουργίας, ενίσχυσης, επέκτασης και αναβάθμισης του δικτύου.

7.1.6 Ανάλυση Χρήσης Τεχνημάτων

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν και δημιουργούν τεχνήματα για να αντιμετωπίζουν τα καθήκοντα που πρέπει να εκτελέσουν. Τα τεχνήματα αυτά γίνονται μέρος του πολιτισμικού πλαισίου άλλων ανθρώπων. Τα τεχνήματα διαμεσολαβούν συνδέοντας έναν άνθρωπο όχι μόνο με άλλα τεχνήματα, αλλά και με άλλους ανθρώπους. Ταυτόχρονα ένα τέχνημα-

εργαλείο αντικατοπτρίζει τη συλλογική εμπειρία που έχει ενσωματωθεί σε αυτό σε βάθος χρόνου, κατά τη χρήση του (Leontiev, 1981).

Η συνδυαστική μελέτη των νοητικών και κοινωνικό-διαδραστικών χαρακτηριστικών των τεχνημάτων στοχεύει στο να συλλάβει τόσο τον σύμφωνο με την περίπτωση τρόπο εκτέλεσης της εργασίας, όσο και τις νοητικές δραστηριότητες των εργαζομένων μέσα σε μία αίθουσα ελέγχου. Η μελέτη των τεχνημάτων φανερώνει επίσης πώς οι παροχές και οι περιορισμοί των γνωσιακών τεχνημάτων επηρεάζουν το συνεργατικό έργο διαχείρισης, και βοηθάει στο να διαπιστώσει κανείς το ρόλο που παίζουν τα γνωσιακά τεχνήματα, στη δημιουργία και διατήρηση της αμοιβαίας κατανόησης της διαδικασίας που χειρίζονται.

Αρχικά, οι παρατηρήσεις πεδίου εστίασαν στον τρόπο χρήσης των γνωσιακών τεχνημάτων σε διαφορετικές περιστάσεις εποπτείας και ελέγχου του δικτύου, και βοήθησαν να διαπιστωθεί πώς οι παροχές κάθε τεχνήματος δύνανται να αξιοποιηθούν ανάλογα με το τρέχον πλαίσιο δράσης. Επίσης, οι παρατηρήσεις εστίασαν στο πώς τα τεχνήματα υποστηρίζουν το ατομικό και συνεργατικό έργο. Σε επόμενο στάδιο, έγιναν συνεντεύξεις πάνω στη χρήση των τεχνημάτων. Στους εργαζόμενους τέθηκαν ερωτήσεις για το περιεχόμενο πληροφορίας και το σύστημα συμβολισμών των τεχνημάτων. Επίσης, μέσω κατάλληλα διατυπωμένων ερωτήσεων, ζητήθηκε η υποκειμενική γνώμη των χειριστών για τα ισχυρά και αδύναμα σημεία των τεχνημάτων, στοχεύοντας στο να εντοπιστούν πιθανά γνωσιακά προβλήματα που συναντούν κατά τη χρήση τους. Μέσα από τη συνδυαστική διαδικασία συνεντεύξεων και παρατήρησης της χρήσης των τεχνημάτων προσδιορίστηκαν:

- Τα χαρακτηριστικά κάθε τεχνήματος (είδη πληροφορίας που απεικονίζει, τρόποι διάδρασης με το ίδιο το τέχνημα, τρόπος ελέγχου του δικτύου που υποστηρίζει, επίπεδο ενημερότητας κλπ).
- Η θέση, η μορφή απεικόνισης, και η οργάνωση της πληροφορίας για το δίκτυο πάνω στο σύνολο των τεχνημάτων του χώρου. Εντοπίστηκαν πληροφορίες που επικαλύπτουν η μία την άλλη, παρουσιαζόμενες σε ίδια ή διαφορετική μορφή, σε δύο ή περισσότερα τεχνήματα, φανερώνοντας περιπτώσεις όπου τα τεχνήματα δεν έχουν σχεδιασθεί για να λειτουργούν συμπληρωματικά και να συνεργάζονται. Επίσης, εντοπίστηκαν και πληροφορίες που λείπουν.
- Η αναζήτηση, ανάκτηση, επεξεργασία, ανταλλαγή και διάχυση της πληροφορίας. Ιχνηλατήθηκε η ευκολία πρόσβασης και εντοπισμού της πληροφορίας κάθε τεχνήματος.
- Ο τρόπος και η συχνότητα χρήσης των τεχνημάτων, καθώς και η προτίμηση των χειριστών σε συγκεκριμένα τεχνήματα ανάλογα με το αντιμετωπιζόμενο συμβάν.
- «Σχεδιαστικές Παρεμβάσεις» στα τεχνήματα, που έχουν πραγματοποιήσει οι χειριστές σε βάθος χρόνου, για να εξυπηρετούν καλύτερα τις ανάγκες τους.
- Περιπτώσεις όπου ο σχεδιασμός του τεχνήματος δεν είναι συμβατός με το κοινωνικο-οργανωτικό σχήμα που εξυπηρετεί.
- Προβλήματα λειτουργίας των τεχνημάτων που ανάγκαζαν τους χειριστές να αγνοούν ή να «παρακάμπτουν» παροδικά κάποιες λειτουργίες τους (π.χ. ψευδής συναγερμός για το σύστημα τηλεμετρίας).

Η ανάλυση τεχνημάτων συμπεριέλαβε και τις σύγχρονες εφαρμογές SCADA που χρησιμοποιούνται για την εποπτεία των Τηλεχειριζόμενων Υποσταθμών και Κέντρων Διανομής, καθώς και των διαφόρων εφαρμογών τήρησης ηλεκτρονικών αρχείων για τα στοιχεία του δικτύου. Οι εφαρμογές αυτές είχαν εισαχθεί σχετικά πρόσφατα στο χώρο των αιθουσών ελέγχου. Όταν ένα νέο τέχνημα εισαχθεί στον κύκλο δραστηριότητας για χρήση, προκαλεί επιπτώσεις εντός και μεταξύ των στοιχείων του συστήματος. Παρατηρήθηκε ότι παρά τις όποιες δυσκολίες συναντούσαν οι χειριστές στην χρήση των εφαρμογών SCADA, επειδή δεν υπήρχε εναλλακτική δυνατότητα χειρισμού των στοιχείων, χρησιμοποιούσαν τις εφαρμογές. Αντίθετα σε ό,τι αφορά τις υπόλοιπες νέες εφαρμογές, παρατηρήθηκε ότι κάποια τεχνήματα ήταν ανενεργά ή υπήρχε προτίμηση χρήσης τους στην παλαιά τους μορφή. Οι διαπιστώσεις αυτές κατέδειξαν ότι –πέρα από την αλλαγή συνήθειας στον τρόπο εργασίας- οι χειριστές δεν διαπίστωναν κάποιο άμεσο κέρδος από την τήρηση των αρχείων σε ηλεκτρονική μορφή. Όταν εμφανίζονται δυσκολίες στην καθιέρωση χρήσης νέων τεχνημάτων, αυτό συχνά αποτελεί ένδειξη για ανάγκη ανασχεδιασμού τους ή ανάπτυξη νέων τεχνημάτων (Engestrom 1987).

7.1.7 Γλώσσα Εργασίας

Στα περισσότερα πλαίσια εργασίας, οι δραστηριότητες του ανθρώπου διεξάγονται μέσω της χρήσης πολιτισμικά καθιερωμένων εργαλείων, συμπεριλαμβανομένων των τεχνημάτων, των καθιερωμένων διαδικασιών, και της γλώσσας (Ryder, 2012). Πέρα από τη φυσική γλώσσα (natural language) υπάρχει και η γλώσσα εργασίας (working language), στην οποία χρησιμοποιούνται διάφορες λέξεις κλειδιά, εξειδικευμένο λεξιλόγιο, κατηγοριοποιήσεις και ονοματολογία (Genzok, 2003, Holzinger et al., 2007).

Η γλώσσα ως μεθοδολογικό εργαλείο, έχει αποδειχθεί αποτελεσματική, για τη διερεύνηση της καθιερωμένης πρακτικής εργασίας, καθώς μέσα από την χρήση των όρων κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων, μπορούμε να παρατηρήσουμε τη ροή της δράσης και της διάδρασης σε πραγματικό χρόνο (Blomberg et al., 1993, Hughes & Sharrock, 1997). Η γλώσσα εργασίας παρέχει τη δυνατότητα να κατανοήσει κανείς περαιτέρω ζητήματα που συνδέονται με την εργασία και την οργάνωση, καθώς και να συνδέσει πιο αποτελεσματικά τα ευρήματα της εθνογραφίας με το σχεδιασμό (Crabtree, 1998). Η καθημερινή γλώσσα του πεδίου έχει άμεση σχέση με τον τρόπο εργασίας και τη λογική της εργασίας στο πεδίο (Wittegenstein, 1967), και για το λόγο αυτό η μελέτη της μπορεί να οδηγήσει στη διαμόρφωση σχεδιαστικών λύσεων.

Στο χώρο των δικτύων μέσης τάσης, κάθε έννοια που χρησιμοποιείται στην καθημερινότητα των συνεννοήσεων συνδέεται με συγκεκριμένες ενέργειες, συνεργασίες, χρονικά χαρακτηριστικά, εργαλεία, και πληροφορία που παράγεται ή διακινείται στο σύστημα. Η εξοικείωση με την ορολογία του πεδίου (π.χ. «Γραμμές Αντιστήριξης») και τη γλώσσα εργασίας (π.χ. «θα γυρίσω τα φορτία από-σε»), συμβάλει αφενός στην περιγραφή της εργασίας με όρους που χρησιμοποιούνται στο πεδίο, και αφετέρου συμβάλει στη σύνδεση σημαντικών ενεργειών και δραστηριοτήτων με τους σχεδιαστικούς στόχους.

Στην αίθουσα ελέγχου η επικοινωνία διεξάγεται και μέσω του Συμβολικού Συστήματος που χρησιμοποιείται πάνω στα τεχνήματα (Μιμικό διάγραμμα, Σήμανση διακοπών στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Τοπολογικούς χάρτες), για να αποτυπώσει χαρακτηριστικά και ιδιότητες των στοιχείων, αλλά και παραμέτρους συνδεσμολογίας του ηλεκτρικού δικτύου ή καταστάσεις. Στο συμβολικό σύστημα πέρα από τα επίσημα και καθιερωμένα σύμβολα, εντάσσονται και σύμβολα που έχουν αναπτύξει οι χειριστές (π.χ. σύμβολα με κιμωλία, §7.3.5). Με την πάροδο του χρόνου τα σύμβολα έχουν τυποποιηθεί και χρησιμοποιούνται από όλους τους εργαζόμενους στην αίθουσα.

Μέρος του συμβολικού συστήματος επικοινωνίας στην αίθουσα ελέγχου αποτελούν και τα ηχητικά σήματα, τα οποία λειτουργούν συνήθως επικουρικά στην οπτικά απεικονιζόμενη πληροφορία, και είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να προσελκύουν το ενδιαφέρον των χειριστών σε σημαντικά ή κρίσιμα συμβάντα στο δίκτυο (π.χ. συναγερμός για παράμετρο που έχει φτάσει μία κρίσιμη τιμή, αλλαγή κατάστασης σε στοιχείο του δικτύου, κλπ). Πέρα από τα επίσημα ηχητικά αλάρμς, οι χειριστές αξιοποιούν συνήθως και φυσικούς ήχους του εξοπλισμού εντός της αίθουσας ελέγχου (π.χ. βούισμα του τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού ή ήχος στον εκτυπωτή, που σηματοδοτεί την αποτύπωση κάποιας αλλαγής κατάστασης στο δίκτυο).

Στην αίθουσα ελέγχου, οι εργαζόμενοι πέρα από τη λεκτική επικοινωνία, ανέπτυξαν και εξωλεκτική επικοινωνία με νεύματα και χειρονομίες υπόδειξης π.χ. σημαντικών πληροφοριών πάνω στα τεχνήματα. Η εξωλεκτική επικοινωνία σε ένα χώρο όπου εργάζονται πολλοί άνθρωποι με διαφορετικά καθήκοντα, συμβάλει στην άμεση συνεννόηση δύο συνεργατών, χωρίς να επιβαρύνουν με την ομιλία τους άλλους εργαζόμενους στην αίθουσα.

Η μελέτη όλων των τρόπων επικοινωνίας στην αίθουσα ελέγχου είναι σημαντική, καθώς για να σχεδιασθούν νέα τεχνήματα που θα είναι χρήσιμα για τους χρήστες τους, θα πρέπει να μελετηθεί και κατανοηθεί κάθε τρόπος έκφρασης και επικοινωνίας που συνδέεται με τη δραστηριότητα χρήσης τους, και με την ανάπτυξη συνεργατικού έργου (Ehn, 1988).

7.1.8 Συνθήκες Λειτουργίας Ειδικού Ενδιαφέροντος

Ακραία καιρικά φαινόμενα που έχουν εκδηλωθεί παλαιότερα (ΕΜΥ, 2007, ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 1998), αλλά και πιο πρόσφατα στον ελλαδικό χώρο (π.χ. 27/6/2017, 18/1/2017, 29/12/2016, 9/9/2016), έχουν επηρεάσει σημαντικά τον τρόπο λειτουργίας των ηλεκτρικών δικτύων, οδηγώντας σε κάποιες περιπτώσεις και στην εκδήλωση μπλακάουτ (Κεφ.4-§4.5.1).

Σε περιόδους χιονόπτωσης λόγω του κρύου αυξάνει σημαντικά η ζήτηση ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα από το βάρος του χιονιού και του πάγου καταστρέφεται ο εξοπλισμός του δικτύου. Ταυτόχρονα πολλές περιοχές γίνονται μη-προσβάσιμες λόγω του χιονιού, και δεν μπορούν τα συνεργεία να προσπελάσουν εύκολα τα σημεία προκειμένου να αποκαταστήσουν τις βλάβες και να εκτελέσουν τους απαραίτητους χειρισμούς. Ενδεικτικά παραδείγματα αποτελούν η 3/1/2000, που είχε εκδηλωθεί ισχυρή χιονοθύελλα και αέρας, με συνέπεια να υπάρξουν ζημιές σε γραμμές που τροφοδοτούν την Αττική, και οι 24-25/1/2006, που παρατηρήθηκε χιονόπτωση διάρκειας στην Αθήνα και σε όλη την Ελλάδα.

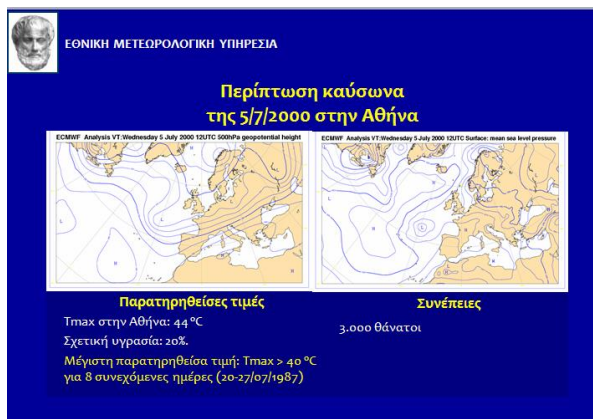
Σε περιόδους με υψηλή υγρασία (80% - 95%), η σκόνη που επικάθεται στον εξοπλισμό του δικτύου (π.χ. ζυγούς ΥΤ, Πίνακες, μονωτήρες) δημιουργεί αγωγή στοιχεία, ο ιονισμός μεταδίδεται από το ένα σημείο στο άλλο, και η βλάβη αποκτά- σε κάποιες περιπτώσεις- μεγάλες διαστάσεις. Τέτοια φαινόμενα έχουν καταγραφεί ιδιαίτερα το μήνα Σεπτέμβριο κοντά σε παραθαλάσσιες περιοχές (π.χ. 20/9/2004 στο Λαύριο), όπου παρουσιάζονται επανειλημμένα βραχυκυκλώματα για το λόγο αυτό.

Όταν επικρατούν ισχυροί άνεμοι, έχουν καταγραφεί περιπτώσεις καταστροφής του εξοπλισμού του δικτύου είτε άμεσα, είτε έμμεσα λόγω της πτώσεως δέντρων πάνω σε στοιχεία του δικτύου. Επίσης, έχουν καταγραφεί περιπτώσεις όπου κεραυνοί έχουν χτυπήσει τον εξοπλισμό του δικτύου, παρά την ύπαρξη αλεξικέραυνων.



Εικόνα 7.1 Συνέπειες Ισχυρής Βροχοπτώσης Μαρτίου 1998 (πηγή:ΕΜΥ,2007)

Σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων έχουν καταγραφεί σημαντικά προβλήματα στη λειτουργία του δικτύου, καθώς εγκαταστάσεις του δικτύου πλημμυρίζουν, με συνέπεια να εμφανιστούν πολλαπλές βλάβες και καταναλωτές να μείνουν χωρίς ρεύμα για πολλές ώρες. Η αποκατάσταση των βλαβών μπορεί να απαιτήσει πολύ χρόνο, καθώς πολλές από τις εγκαταστάσεις είναι δύσκολα προσβάσιμες ή πρέπει να ληφθούν επιπλέον μέτρα κατά την εκτέλεση χειρισμών σε αυτές (π.χ. 9/10/2000). Στις 26/3/1998 ισχυρή βροχοπτώση είχε οδηγήσει σε μπλακάουτ, κατά τη διάρκεια του οποίου γκρεμίστηκαν πυλώνες στην Πάρνηθα, οι οποίοι τροφοδοτούσαν το 80% της Αττικής από το δίκτυο της Βόρειας Ελλάδας (Εικόνα 7.1). Το γεγονός αυτό είχε ως συνέπεια να βυθιστεί στο σκοτάδι η Αττική για περισσότερες από 8 ώρες, μέχρι να αρχίσει η σταδιακή αποκατάσταση της ηλεκτροδότησης.



Εικόνα 7.2 Χαρακτηριστικά Καύσωνα Ιουλίου 2000 (πηγή:ΕΜΥ,2007)

Τα παρατεταμένα διαστήματα εκδήλωσης υψηλών θερμοκρασιών ή και καύσωνα (θερμοκρασιών υψηλότερων από 37° – 38° κελσίου) για διαδοχικές ημέρες, οδηγούν αφενός στην αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της χρήσης κλιματιστικών για την ψύξη των χώρων εργασίας και κατοικίας, και αφετέρου στη φυσική καταπόνηση του εξοπλισμού του δικτύου. Οι μήνες Ιούνιος και Ιούλιος είναι οι πιο κρίσιμοι σε περίπτωση καύσωνα (Εικόνα 7.2), καθώς ο περισσότερος πληθυσμός είναι συγκεντρωμένος στο λεκανοπέδιο Αττικής, και τις εργάσιμες ημέρες τα πολλά φορτία εμφανίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές όπως το κέντρο της Αθήνας. Ημέρες αργίας τα φορτία μπορεί να είναι επίσης υψηλά, αλλά είναι πιο ομοιόμορφα καταναμεμένα πάνω στο δίκτυο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τόσο τα διαστήματα έξαρσης υψηλών θερμοκρασιών (π.χ. 3–6/7/2000), όταν σημειώνονται προβλήματα στο εθνικό δίκτυο, τοπικά ή εκτεταμένα μπλακάουτ, προβλήματα πτώσεων τάσης, εθνικό σοκ κλπ, όσο και τα διαστήματα που ακολουθούν (π.χ. 7/7–12/7/2000), οπότε και εκδηλώνονται οι συνέπειες της μεγάλης καταπόνησης του εξοπλισμού, και εξελίσσονται οι διαδικασίες αποκατάστασης σημαντικών βλαβών (π.χ. βλάβες σε 25 καλώδια).

Η Εθνογραφική ανάλυση εστίασε στις συνθήκες που προαναφέρθηκαν, α) πραγματοποιώντας στοχευμένες παρατηρήσεις σε ημέρες που αναμένονταν ακραία καιρικά φαινόμενα, β) συλλέγοντας επίσημες καταγραφές από το Βιβλίο Συμβάντων της αίθουσας ελέγχου και από άλλες επίσημες πηγές, για ακραία φαινόμενα που είχαν εκδηλωθεί σε περιόδους που δεν διεξάγονταν παρατηρήσεις, και γ) προχωρώντας σε αναδρομική διερεύνηση των γεγονότων που συνέβησαν κατά τη διάρκεια τους, μέσα από την οπτική της αίθουσας ελέγχου διανομής μέσης τάσης.

7.1.9 Μέθοδος Συλλογής Δεδομένων

Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε διαφορετικές εποχές του χρόνου, και με συχνότητα κατάλληλη ώστε να συγκεντρωθεί ο απαιτούμενος όγκος και ποικιλία δεδομένων, για τη λειτουργία και τις απαιτήσεις του δικτύου κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Κάθε επίσκεψη συλλογής δεδομένων στο πεδίο, διαρκούσε συνήθως τέσσερις ώρες: οι επισκέψεις προγραμματίστηκαν κατάλληλα (σε διαφορετικές βάρδιες) ώστε να καταγραφεί –κατά το δυνατόν– το σύνολο των δραστηριοτήτων (εκτέλεση προγραμματισμένων εργασιών-συντηρήσεων, διαδικασία αλλαγής βάρδιας, κλπ) ή συμβάντων, που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της εικοσιτετράωρου λειτουργίας της αίθουσας ελέγχου.

Λόγω των κανονισμών λειτουργίας των αιθουσών ελέγχου, δεν ήταν επιτρεπτή η βιντεοσκόπηση των εργασιών στην αίθουσα (ελήφθησαν μόνο φωτογραφίες για τα βασικά τεχνήματα του χώρου). Για την καταγραφή των συμβάντων σε πραγματικό χρόνο, τηρήθηκαν αναλυτικές σημειώσεις για: το ποιοι ήταν οι υπεύθυνοι χειριστές και μηχανικοί βάρδιας, το χρονικό στίγμα κάθε γεγονότος ή ενέργειας, το είδος της αναγγελίας που προκαλούσε την έναρξη της δράσης, τη θέση-μορφή-προέλευση των πληροφοριών που χρησιμοποιούσαν οι εργαζόμενοι, τα μέσα που χρησιμοποιούσαν για να εκτελέσουν χειρισμούς στο δίκτυο (χειριστήρια διαμεσολαβητών, συνεργεία στο δίκτυο), στοιχεία για τις συνεργασίες και τους διαλόγους που ανέπτυσαν με άτομα εντός και εκτός της αίθουσας ελέγχου (διακινούμενες εισερχόμενες και εξερχόμενες πληροφορίες). Επίσης, καταγράφηκαν «τυποποιημένες διαδικασίες», που τηρούνται κατά την επικοινωνία των χειριστών με τα εργοδηγεία (εκπομπή και επανάληψη της εντολής από κάθε πλευρά), και κατά την παράδοση του δικτύου από τη μία βάρδια στην επόμενη (Δριβάλου, 2010).

Τηρήθηκαν επίσης σημειώσεις για τα κριτήρια επιλογής των στοιχείων που εμπλέκονταν σε ενέργειες (π.χ. μεταγωγές φορτίων), για τον τρόπο διερεύνησης σεναρίων, κατάρριψη εναλλακτικών, επιλογή κάποιων άλλων, καθώς και για τις προβλέψεις/εκτιμήσεις που έκαναν για τη βραχυπρόθεσμη συμπεριφορά των στοιχείων, όπως αυτά προέκυπταν από την λεκτική επικοινωνία των χειριστών μέσα στην αίθουσα ελέγχου. Καταγράφηκαν επίσης οι εκ των υστέρων αναλύσεις και σχολιασμοί που έκαναν οι χειριστές –σε κάποιες περιπτώσεις με τη συμμετοχή των μηχανικών, για την θετική ή αρνητική έκβαση των συμβάντων, και για εναλλακτικούς τρόπους δράσης που θα μπορούσαν να ακολουθήσουν σε κάθε συμβάν.

Οι χειρόγραφες σημειώσεις που τηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των συστηματικών παρατηρήσεων, είχαν τη μορφή που έχει το ακόλουθο απόσπασμα:

- 12.00 οι ΜΣ δεν είχαν φέρει υπερφόρτιση.
- Από Πειραιά γύρισαν φορτία στο Αιγάλεω και έφερε θερμοκρασία.
- Στο Ψυχικό υπήρχαν ήδη υψηλά φορτία, έφυγε γραμμή της Ν. Ιωνίας. Αποφάσισαν να γυρίσουν από τον ΜΣ 31.2 στον ΜΣ1 10-12 MW, αλλά και ο ΜΣ1 μάλλον για λίγο θα αντέξει.
- Αναζητούσαν κάποια γραμμή του Αιγάλεω που να μπορούσε να γυρίσει σε κάποιο ΜΣ του Πειραιά που δεν ήταν βεβαρημένος. Τελικά γύρισαν μία γραμμή του Αιγάλεω στην Ελευθερία με 230 A.
- 12.20 Ο ΜΣ1 του Πειραιά έφερε θερμοκρασία. Αποφάσισαν να μπει ο ΜΣ1 παράλληλα με τον ΜΣ3 που ήταν ξεκούρατος. Θα αναλάβει 600 A (φορτίο τμήματος ζυγών) ο ΜΣ3. Τα ΣΑΤΥΦ βγαίνουν εκτός.
- 12.30 ο ΜΣ3 Ν. Σμύρνης με 2200 A έφερε θερμοκρασία.
- 12.45 επειδή η προστασία θερμοκρασίας λαδιού και τυλιγμάτων δεν έχει δέσμευση, θα δοκιμάσουν σε λίγο να επαναφορτίσουν το Ψυχικό.
- Επικοινωνία με Αγ. Στέφανο να ρωτήσουν εάν μπορούν να γυρίσουν φορτία στις Αχαρναίς.
- 12.50 έφυγε και ο ΜΣ3 της Ν. Σμύρνης από θερμοκρασία. Έδωσαν 31.2 από 11.1 και έκλεισαν 0. Μάλλον δεν το σήκωνε η διασυνδεδετική οπότε έπρεπε να κόψουν δύο γραμμές να τις δώσουν στο 31.1 και όσο αντέξει. Τη γραμμή που είχε μείνει εκτός της δώσανε στο Παγκράτι.
- Ο ΜΣ1 της Καλλιθέας έφερε θερμοκρασία με 2200 A.
- 1.05 Αιγάλεω ΜΣ3 και Καλλιθέα ο ΜΣ1 έφεραν θερμοκρασία, έφυγε η 21.14 της Ν. Σμύρνης.
- Στη Ν. Σμύρνη γυρίζανε συνεχώς το ΜΣ3 σε ΜΣ1(μέσω διασυνδεδετικών μπορεί να γυρίσει κανείς μέσω 31.4 και το 32.3 του ΜΣ 3 στο 11.3 και 12.4 ΜΣ 1) προκειμένου να ξεκουράζουν μία τον έναν και μία τον άλλον και να πέφτουν οι θερμοκρασίες.
- 1.10 Εθνικό σοκ. Δύο φορές έγινε βύθιση τάσης και μέσα στις κατανομές. Αργότερα παρουσίασε πρόβλημα και ο κλιματισμός.
- Εμφανίστηκαν γραμμές με 300 A.
- 1.20 έφυγε στο Αιγάλεω το 32.2, έφυγε η 12.17 που είχε επάνω ΗΛΠΑΠ και έφερε θερμοκρασία ο ΜΣ1 του Παγκρατίου. Ακολούθησαν δοκιμές για γυρίσματα από ΜΣ1 σε ΜΣ2 στο Παγκράτι.
- Έφυγε η γραμμή 22.20 στο Ψυχικό.
- Υπήρξε τηλεφωνική πληροφορία ότι οι πίνακες κάποιοι πελάτη βουίζουν .
- Τηλεφωνική πληροφορία για μπετόβεργα που έπεσε πάνω σε εναέριο ΥΣ και μπορεί να προκάλεσε έκρηξη.
- Παγκράτι, γραμμή με ΤΧ ΥΣ και έφυγε στο Αιγάλεω ο ΜΣ3.
- 21.14 Ν. Σμύρνης (είναι διπλή με Παγκράτι) τη χειρίστηκαν με συνεργείο περιοχής και ξαναέφυγε.

- Έφυγε και το 11.1 και το 11.2 στη Ν. Σμύρνη. Άνοιγμα τομής, άνοιγμα διασυνδετικής και έδωσαν 11.3 στο 31.2 (Επαναφορά από εναλλαγές μεταφοράς φορτίων μεταξύ ΜΣ 1 και ΜΣ 3 Ν. Σμύρνης -που αναφέρονται αναλυτικά πιο πάνω- για να πέσει η θερμοκρασία).
- Έφυγε η 21.12 του Ψυχικού που έχει και δίκτυο Ν. Ιωνίας από ΦΓ71 και πέρα. Σε τηλεφωνική συνεννόηση με Ν. Ιωνία ξαναδώσανε από ΜΤ και έμεινε κάτω.
- Η πρεσβεία που έπαιρνε από γραμμή Ψυχικού, έχει μείνει εκτός λόγω βλάβης. Αποκατέστησαν αρχικά μέχρι πρεσβεία (τροφοδότησαν από Παγκράτι, ανέφεραν ότι είχε πρόβλημα και η γεννήτρια της), και μετά είχε μείνει κομμάτι με ΤΧ τμήμα. Θα έκοβαν στη μέση.
- 2.03 έφυγαν με τα νερά που έριξαν στους ΜΣ τα αλάρμς.
- 2.25 όλες οι γραμμές μπήκαν επάνω, εκτός από αυτές που είχαν βλάβη.
- 2.30 Παγκράτι 12.1 και 12.2. Δόθηκε εντολή να δουν τοπικά τη θερμοκρασία του ΜΣ, Τύλιγμα 2. Έβγαλαν γραμμές από 12.2. Έδωσαν εντολή να σταματήσουν να ρίχνουν νερό στο ΜΣ2 και να ρίξουν στον ΜΣ1.
- 2.35 Το ΜΕΤΡΟ έχασε το σταθμό του Συντάγματος, μάλλον από ΧΤ. Είναι πελάτης Παγκρατίου από 12.14 γραμμή και τους είπαν ότι θα πάρουν σε 5 λεπτά. Από το ΜΕΤΡΟ ζητήθηκε στη ΔΕΗ, να τους ειδοποιήσουν για να μειώσουν τους συρμούς, εάν δουν ότι οι ΥΣ 30.41 και 30.43 μείνουν εκτός για αρκετή ώρα, επειδή είναι για αυτούς πολύ σημαντικοί.
- Η ΕΡΤ έμεινε για 2-3 λεπτά εκτός, από αίθουσα 22.
- 2.45 Πήρε και σταθμός ΜΕΤΡΟ που ήταν εκτός.
- Αίθουσα ΜΤ ζήτησε από αίθουσα ΥΤ να τους ειδοποιούν όταν φεύγουν τα αλάρμς θερμοκρασίας.
- Οι πυκνωτές πρέπει να έφυγαν με το Εθνικό σοκ.
- Παγκράτι, Ν. Σμύρνη, Αιγάλεω, Πειραιά, Καλλιθέα και Ν. Μάρη έφεραν κατά τη διάρκεια της ημέρας θερμοκρασίες τυλίγματος κοντά στους 100C. Η θερμική εικόνα του ΜΣ έχει πάντα μία υστέρηση 30-45 λεπτά.
- 3.05 ΜΣ3 Ελευθερίας με αλάρμ θερμοκρασίας.
- 3.10 Η Ν. Ιωνία είχε έξι γραμμές κάτω.
- Πολλά ΣΑΤΥΦ σε εκκρεμότητα στο χειροκίνητο.
- 3.30 Έφυγε γραμμή στο Αιγάλεω που είχε και κομμάτι βλάβης.
- Έφυγε η 22.22 Ψυχικού που είναι αποκλειστικής αρμοδιότητας αίθουσας Ν. Ιωνίας
- Θα γίνει μεταφορά φορτίων από ΜΣ3 σε ΜΣ2 στο Αιγάλεω, γιατί ξαναέφερε θερμοκρασία.
- 4.00 Έπεσε 32.20 Ν. Σμύρνης με 290 Α, σε σημείο που γινόταν και επιδιόρθωση βλάβης.
- Έφυγε 21.9 Ψυχικού με 272 Α που είναι αρμοδιότητας αίθουσας Ν. Ιωνίας . Έχουν πέσει όλες της Ιωνίας στην ίδια περιοχή και δεν υπάρχει και εναλλακτικός τρόπος τροφοδότησης (εγκλωβισμός).

Το ανωτέρω απόσπασμα καταγραφών είναι από μία ημέρα που επικρατούσε καύσωνα, κατά το κρίσιμο χρονικό διάστημα 12.00–16.00 που παρατηρούνται τα υψηλότερα φορτία, και είναι ενδεικτικό του ρυθμού έλευσης, της πυκνότητας και του είδους των συμβάντων (π.χ. συναγερμοί θερμοκρασίας, υπερφορτίσεις γραμμών και ΜΣ), των βασικότερων προβλημάτων (π.χ. εντοπισμός μονάδων του δικτύου που είναι σε θέση να δεχτούν φορτία από μεταγωγές, εγκλωβισμός), καθώς και του όγκου και είδους συνεννοήσεων που απαιτούνται για συντονισμό των ενεργειών (π.χ. επικοινωνία με αίθουσα ΥΤ, με Εθνικό Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας, με αίθουσα μέσης τάσης Ν. Ιωνίας, με πελάτες, συνεργεία περιοχών, επόπτες στα Κέντρα Διανομής), σε ιδιαίτερα απαιτητικές συνθήκες εργασίας.

7.2 Περιγραφή του Πεδίου

Τα δεδομένα που προέκυψαν από την υλοποίηση της εθνογραφικής, οδήγησαν αρχικά σε μία –απαραίτητη για τα επόμενα στάδια ανάλυσης και σχεδιασμού- συστηματική περιγραφή του πεδίου, που καλύπτει την τεχνολογική δομή, τις σημαντικές παραμέτρους λειτουργίας του, και το υπάρχον περιβάλλον εργασίας στην αίθουσα ελέγχου (προσωπικό, φυσικοί και ηλεκτρονικοί διαμεσολαβητές, τρόποι διάδρασης με αυτούς).

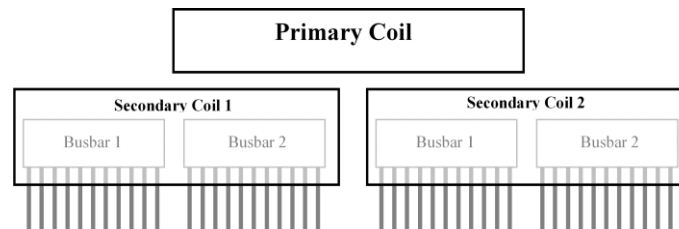
7.2.1 Δίκτυο Διανομής Μέσης Τάσεως Αθηνών

Στην Περιφέρεια Αττικής, στη Διανομή υπάγεται και το υπόγειο δίκτυο Υψηλής Τάσης, καθώς και τα Κέντρα Διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΚΔ), δηλαδή οι κλειστού τύπου (εντός κτηρίου) υποσταθμοί υποβιβασμού της τάσης από υψηλή σε μέση σε εντός σχεδίου περιοχές και γενικώς σε οικιστικές περιοχές, καθώς και σε κάθε άλλου είδους πολεοδομικό ιστό, των οποίων η σύνδεση με τα δίκτυα υψηλής τάσης και μέσης τάσης είναι αμιγώς υπόγεια.

Την χρονική περίοδο που έγινε η μελέτη, στην περιοχή της Αττικής όπου παρουσιάζονται και οι μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες, το μεγαλύτερο μέρος του δικτύου διανομής με πολλούς σημαντικούς καταναλωτές, ελεγχόταν από την αίθουσα

διανομής ΜΤ Αθηνών. Το δίκτυο διανομής Αθηνών αποτελούταν από 210.000 Km υπόγειων καλωδίων και εναέριων συρμάτων, τα οποία μεταφέρουν την ενέργεια από τα σημεία πρωτογενούς διανομής (κέντρα διανομής με μετασχηματιστές ΥΤ/ΜΤ) στα σημεία δευτερογενούς διανομής (Υποσταθμοί πόλεως - υποσταθμούς ΔΕΗ προς οικιακές καταναλώσεις, ΥΣ δημόσιων και ιδιωτικών υπηρεσιών, και ΥΣ εμπορικών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων).

Το δίκτυο διανομής αποτελούταν από 10 επιμέρους ηλεκτρικές περιοχές (Πειραιάς, Παγκράτι, Ν.Ιωνία, Αριστείδου, Ασπρόπυργος, Καλλιθέα, Ψυχικό, Ν.Σμύρνη, Βάρη, Αιγάλεω), κάθε μία από τις οποίες είχε ένα Κέντρο Διανομής (ΚΔ). Με τα έργα που έγιναν για τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2004, προστέθηκαν και τέσσερα νέα ΚΔ (Ελληνικού, Φαλήρου, Νίκαιας, Βριλησίων), καθώς και τρεις Υποσταθμοί (Αργυρούπολης, Καλλιστήρι Ασπροπύργου και Ολυμπιακού Χωριού).



Εικόνα 7.3 Δομή μετασχηματιστών ΥΤ/ΜΤ

Κάθε Κέντρο Διανομής (ΚΔ) περιλαμβάνει τρεις μετασχηματιστές ΥΤ/ΜΤ. Κάθε μετασχηματιστής ΥΤ/ΜΤ έχει ένα πρωτεύον και δύο δευτερεύοντα ημιυλίσματα, και κάθε δευτερεύον έχει δύο τμήματα ζυγών (Εικόνα 7.3). Σε κάθε τμήμα ζυγών υπάρχουν έντεκα ελαιοδιακόπτες τροφοδοσίας γραμμών μέσης τάσης. Οι μετασχηματιστές στα ΚΔ περιλαμβάνουν μία σειρά διατάξεων και λειτουργιών που υποστηρίζουν τη δυνατότητα ρύθμισης παραμέτρων λειτουργίας του συστήματος (συστήματα ρύθμισης της τάσης υπό φορτίο, τοποθέτηση συστοιχιών πυκνωτών), καθώς και τον έλεγχο της κατανομής των φορτίων στους ΜΣ (διασυνδεδετικών γραμμών, γραμμών αντιστήριξης, διπλών γραμμών).

Κάθε γραμμή μέσης τάσης (ΜΤ) μπορεί να αποτελείται από υπόγειο ή/και εναέριο τμήμα. Κατά μήκος των γραμμών μέσης τάσης υπάρχουν κατανεμημένοι οι υποσταθμοί (ΥΣ) πόλεως (βιομηχανικοί, εμπορικοί και αστικοί ΥΣ): κάθε ΥΣ πόλεως μπορεί να περιλαμβάνει έναν ή δύο, εναέριους, επίγειους ή υπόγειους μετασχηματιστές μέσης τάσης/χαμηλή τάση. Κατά μήκος των γραμμών ΜΤ βρίσκεται επίσης ένα πλήθος ηλεκτρικών στοιχείων και διατάξεων (πυκνωτών, διακοπών, αποζευκτών, ασφαλειοδιακοπών) που εξυπηρετούν τις λειτουργίες ασφάλειας και ελέγχου του δικτύου. Οι γραμμές μέσης τάσης διασταυρώνονται μεταξύ τους σε διάφορα σημεία δημιουργώντας ένα σύνθετο πλέγμα. Στα σημεία διασταύρωσης υπάρχουν διατάξεις (τομές) που επιτρέπουν την εναλλακτική τροφοδότηση μέρους ή του συνόλου μίας γραμμής, δίνοντας επιπλέον δυνατότητες για τον έλεγχο της κατανομής φορτίων.

Βασικές παραμέτρους λειτουργίας του δικτύου αποτελούν:

- τα ωμικά (resistive loads) και άεργα (reactive loads) φορτία. Τα άεργα φορτία περιλαμβάνουν επαγωγικά (inductive) και χωρητικά φορτία (capacitive). Η πλειοψηφία των φορτίων σε ένα δίκτυο είναι επαγωγικά (από τους επαγωγικούς κινητήρες που χρησιμοποιούνται για τους ανελκυστήρες, τα συστήματα ψύξης, τις αντλίες, κλπ). Οι μετασχηματιστές αποτελούν επίσης ένα επαγωγικό φορτίο πάνω στο δίκτυο. Η αντιστάθμιση των επαγωγικών φορτίων γίνεται με χρήση γεννητριών ή συστοιχιών πυκνωτών.

- η φαινόμενη ισχύς (apparent power MVA), η πραγματική ισχύς (real power MW) και η άεργος ισχύς (reactive power MVAR) που συνδέονται μεταξύ τους με την ακόλουθη σχέση $MVA = \sqrt{MW^2 + MVAR^2}$. Η άεργος ισχύς προκύπτει από τη σχέση μεταξύ επαγωγικών (inductive) και χωρητικών φορτίων (capacitive).

- η συχνότητα του δικτύου, ο συντελεστής ισχύος (Power factor = kW/kVA) και το συνήμιτονο ρεύματος/τάσεως (cosine of amps/volts), που αποτελούν δείκτες για την αναγκαιότητα ή τη δυνατότητα εκτέλεσης συγκεκριμένων ενεργειών στο δίκτυο.

- η τιμή της τάσεως στα επιμέρους στοιχεία και τμήματα του δικτύου (απόκλιση εντός προκαθορισμένων ορίων ασφαλούς λειτουργίας ή φαινόμενα υπέρτασης ή υπότασης που μπορεί να δημιουργήσουν δυσλειτουργία ή βλάβες στις συσκευές),

- η διαθέσιμη από το δίκτυο Παραγωγής – Μεταφοράς ενέργεια (επαρκής, οριακή, ανεπαρκής).

Το Σύστημα Μεταφοράς αποτελεί το συνδετικό κρίκο μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι διαταραχές ή βλάβες στο σύστημα αυτό μπορούν να προκαλέσουν διαδοχικά και κατά βαθμό σοβαρότητας, μείωση του βαθμού ασφάλειας και αξιοπιστίας του συστήματος, σβέση μεγάλου τμήματος της χώρας (brown out) ή και ολοκληρωτική σβέση του συστήματος (black out). Οι διαταραχές του συστήματος που οδηγούν σε μείζονες ανωμαλίες είναι συνήθως αποτέλεσμα μίας σειράς καταστάσεων και συμβάντων τα οποία συνέβησαν την ίδια χρονική στιγμή, όπως: Αστοχία του εξοπλισμού (Παραγωγής/Μεταφοράς), Ελλιπής ή πλημμελής συντήρηση, Ηλεκτρικά ή και μηχανικά αίτια στο σύστημα, Διαταραχές γειτονικών διασυνδεδεμένων με το Ελληνικό Σύστημα, Καταστάσεις εξωτερικές ως προς το σύστημα Παραγωγής και Μεταφοράς που έχουν άμεση δυσμενή επίπτωση στη λειτουργία του (π.χ. Θεομηνίες), Καταστροφή Εξοπλισμού, καθώς επίσης και Λανθασμένοι χειρισμοί που οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα (Κεφ.4).

Στοιχεία του δικτύου όπως οι κόμβοι ΥΥΤ/ΥΤ (400/150kV) που περιβάλλουν το λεκανοπέδιο της Αθήνας (Κέντρα Υπερυψηλής Τάσεως Κουμουνδούρου, Αχαρνών, Αγ. Στεφάνου, Παλλήνης), αποτελούν στοιχεία στα οποία οι όποιες διαταραχές ή βλάβες έχουν δυσμενέστερες ή πολλαπλασιαστικές επιπτώσεις στην όλη λειτουργία του συστήματος, και στην εξυπηρέτηση των καταναλωτών. Η θέση αυτών των στοιχείων εκτός τάσεως ή λειτουργίας, έχει αλυσιδωτές επιπτώσεις τόσο σε άλλα στοιχεία του δικτύου, όσο και στους σταθμούς παραγωγής. Κατά την αντιμετώπιση διαταραχών βασικό στόχο αποτελεί ο περιορισμός της διαταραχής και των συνεπακόλουθων συνεπειών που δημιουργούνται, στον ελάχιστο δυνατό τόπο και χρόνο. Η αποκατάσταση της ομαλής λειτουργίας του συστήματος το ταχύτερο δυνατόν, είναι το χρονικά δεύτερο ζητούμενο. Κατά την αποκατάσταση της λειτουργίας του συστήματος μετά από μείζονες διαταραχές, ο παράγων ελαχιστοποίησης του κόστους λαμβάνεται υπόψιν, αλλά δεν θεωρείται πρώτης προτεραιότητας (www.dei.gr).

Η προστασία του δικτύου μεταφοράς έναντι διαταραχών γίνεται μέσω ειδικού εξοπλισμού προστασίας, ο οποίος εγκαθίσταται στα προς προστασία στοιχεία του Συστήματος. Έτσι αυτόματες διατάξεις προστασίας (πολλές από τις οποίες επαναφέρουν σε προεπιλεγέντα χρόνο τα στοιχεία) όπως ηλεκτρονόμοι υπερεντάσεως, ηλεκτρονόμοι αποστάσεως, συστήματα τηλεπτώσεων μέσω προστασίας φερεσύχων, κλπ, θέτουν εκτός τάσεως ένα Μετασχηματιστή ΥΤ/ΜΤ ή μία γραμμή μεταφοράς, λόγω βραχυκυκλώματος κατά το μήκος της. Επιπλέον, υπάρχουν διατάξεις οι οποίες απομονώνουν το σφάλμα και προλαμβάνουν τις πολλαπλασιαστικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει. Τέτοιες διατάξεις είναι η διαφορική προστασία ζυγών ενός υποσταθμού (Υ/Σ), οι τηλεπτώσεις μονάδων σταθμών παραγωγής ή αποκοπής φορτίου καταναλωτών όταν κάποιες τιμές σε κρίσιμα σημεία του Συστήματος υπερβούν κάποια προκαθορισμένα όρια. Για περιπτώσεις γενικότερων διαταραχών υπάρχουν εγκατεστημένοι ηλεκτρονόμοι υποσυχνότητας, οι οποίοι αποκόπτουν φορτία καταναλωτών προκειμένου να επαναφέρουν το ισοζύγιο παραγωγής-ζήτησης σε περίπτωση απώλειας μονάδων παραγωγής. Οι ηλεκτρονόμοι αποκόπτουν φορτία σε τέσσερα στάδια υποσυχνότητας 49.0 – 48.8 – 48.4 – 48.2 Hz. Η επαναφορά των αποκοπέντων φορτίων για κάποιες κατηγορίες καταναλωτών ενδέχεται να είναι αυτόματη, όταν αποκατασταθεί η συχνότητα στις κανονικές τιμές της (www.dei.gr).

7.2.2 Αίθουσα ελέγχου διανομής

Στην αίθουσα ελέγχου διανομής, σε κάθε βάρδια, υπεύθυνοι για την εποπτεία και έλεγχο του δικτύου είναι δύο χειριστές. Το έργο των χειριστών εποπτεύεται και υποστηρίζεται από δύο μηχανικούς του Υποτομέα Λειτουργίας Συστήματος (με αντικείμενο την εποπτεία και διαχείριση του δικτύου σε επίπεδο λήψης κρίσιμων κυρίως αποφάσεων), καθώς και από έναν μηχανικό του Υποτομέα Μελετών Λειτουργίας (με αντικείμενο τη ρύθμιση και εποπτεία παραμέτρων λειτουργίας των στοιχείων του δικτύου), έναν του Υποτομέα Προστασίας και Μετρήσεων Υπογείων καλωδίων (με αντικείμενο την τοποθέτηση και έλεγχο των μέσων προστασίας του δικτύου) και έναν του Υποτομέα Τηλεχειρισμών Συστήματος (με αντικείμενο την εγκατάσταση, συντήρηση, επισκευή των αυτοματισμών του δικτύου και την εποπτεία του δικτύου τηλεχειρισμών). Στην αίθουσα ελέγχου υπάρχει – όχι σε μόνιμη βάση- και άλλο προσωπικό το οποίο παρέχει υποστηρικτικό έργο, όπως τήρηση αρχείων, έκδοση σημειωμάτων για εκτέλεση εργασιών στο δίκτυο, μεταφορά σημαντικών πληροφοριών από/προς άλλες αίθουσες και υπηρεσίες.

Η εποπτεία και ο έλεγχος των δικτύων διανομής γίνεται μέσα από τις αίθουσες ελέγχου, με τη βοήθεια του συστήματος ελέγχου, που επιτρέπει στους εργαζόμενους να αποκτούν πληροφορία για το δίκτυο και να αλληλεπιδρούν με αυτό, διαβιβάζοντας εντολές ελέγχου. Πιο συγκεκριμένα, η εποπτεία και ο έλεγχος του δικτύου διανομής (διαχείριση των στοιχείων και η ρύθμιση των λειτουργιών) μπορεί να γίνει με τους ακόλουθους τρόπους:

- *εξ αποστάσεως, μέσω του συστήματος τηλεχειρισμών του δικτύου.* Το σύστημα τηλεχειρισμών στηρίζεται σε ένα εκτεταμένο δίκτυο αυτοματισμών που αποτελείται από αισθητήρες, επεξεργαστές και άλλες ηλεκτρονικές διατάξεις οι οποίες μεταφέρουν πληροφορία από το πεδίο στην αίθουσα (πληροφορίες μετρήσεων, αλλαγής κατάστασης στοιχείου), διαβιβάζουν εντολές ελέγχου από την αίθουσα προς τα εξ'αποστάσεως χειριζόμενα στοιχεία του δικτύου (αλλαγή κατάστασης διακόπτη, ρύθμιση τάσεως εξόδου), και υλοποιούν τον αυτόματο έλεγχο στο δίκτυο για συγκεκριμένες λειτουργίες όπως ενεργοποίηση συναγερμών (alarm), ενεργοποίηση αλλαγών κατάστασης για προστασία των στοιχείων (trip), αλλαγή του λόγου μετασχηματισμού για ρύθμιση της τάσεως εξόδου των μετασχηματιστών.

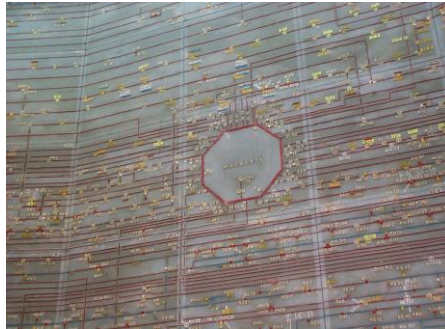
Ο εξ'αποστάσεως έλεγχος υλοποιείται σε δύο διαφορετικές λειτουργίες: α) αυτόματη, με ενέργειες που δίνει προς εκτέλεση το αυτόματο σύστημα ελέγχου του δικτύου, β) χειροκίνητη, με ενέργειες που στέλνουν προς εκτέλεση οι ίδιοι οι χειριστές του πεδίου. Η συνήθης λειτουργία ελέγχου του συστήματος είναι η αυτόματη. Για την εκτέλεση όμως συγκεκριμένων χειρισμών ή για περιπτώσεις όπου το σύστημα τηλεχειρισμών παρουσιάζει μη-αξιόπιστη λειτουργία, υιοθετείται η χειροκίνητη λειτουργία. Ενέργειες όπως το άνοιγμα κλείσιμο ελαυδιακοπών αναχωρήσεως των γραμμών, ο έλεγχος της τάσεως εξόδου, η τοποθέτηση πυκνωτών, η μαζική απόρριψη φορτίων, μπορούν να υλοποιηθούν και στις δύο λειτουργίες ανάλογα με τις τρέχουσες απαιτήσεις διαχείρισης του συστήματος.

- *τοπικά, με τη βοήθεια τεχνικών των εργοδηγείων και άλλων εξειδικευμένων συνεργείων.* Ο τρόπος αυτός διαχείρισης υιοθετείται για τα στοιχεία του συστήματος που δεν υποστηρίζονται από δυνατότητες τηλεχειρισμού, και στις περιπτώσεις τηλεχειριζόμενων στοιχείων όπου το σύστημα τηλεχειρισμών παρουσιάζει κάποια βλάβη ή αστοχία. Σε κάθε περίπτωση οι τοπικοί χειρισμοί εκτελούνται υπό την καθοδήγηση των χειριστών στην αίθουσα ελέγχου, οι οποίοι έχουν τη γενική εποπτεία και ευθύνη για τις εργασίες στο δίκτυο.

7.2.3 Διαμεσολαβητής Συστήματος Ελέγχου

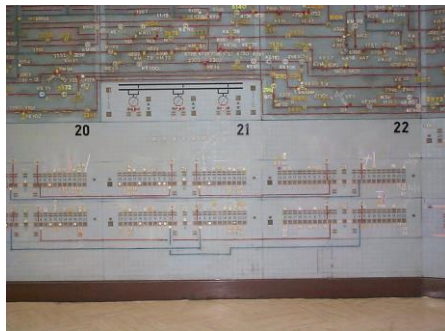
Το σύστημα ελέγχου του δικτύου διανομής αποτελείται από δύο διακριτά μέρη: το σύστημα αυτοματισμών ελέγχου, και το διαμεσολαβητή. Το σύστημα αυτοματισμών, αποτελείται από ένα σύνθετο σύστημα τεχνολογικών διατάξεων, που βρίσκονται κατανεμημένες στο δίκτυο (ηλεκτρονόμοι, αναγνωριστικά διέλευσης σφάλματος), και την αίθουσα ελέγχου (racks συστήματος επικοινωνίας). Ο διαμεσολαβητής της αίθουσας ελέγχου αποτελεί το σύνολο των επιφανειών, μέσω των οποίων μπορούν οι χειριστές να αλληλεπιδράσουν με το δίκτυο και το σύστημα αυτοματισμών, αντλώντας πληροφορία ή προκαλώντας μία αλλαγή κατάστασης σε αυτό.

Οι αίθουσες ελέγχου του δικτύου μέσης τάσης Αθηνών, την περίοδο πραγματοποίησης της μελέτης, είχαν ένα «υβριδικό» περιβάλλον ελέγχου, που συνδυάζε στον ίδιο χώρο σύγχρονες επιφάνειες διάδρασης (οθόνες υπολογιστή) με παραδοσιακές επιφάνειες διαμεσολάβησης (Μιμικό Διάγραμμα τοίχου, Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Πίνακα Ελέγχου, Τράπεζα χειρισμών): αναλυτικότερα, ο διαμεσολαβητής της αίθουσας ελέγχου μέσης τάσεως, αποτελούταν από τα ακόλουθα πρωτεύοντα και δευτερεύοντα τεχνήματα (Drivalou, 2005):



Εικόνα 7.4 Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου

- *Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου* (Εικόνα 7.4), το οποίο αναπτύσσεται σε ημικυκλική διάταξη γύρω από τις θέσεις εργασίας των χειριστών, και απεικονίζει: α) τις οδεύσεις των γραμμών, τα σημεία τροφοδοσίας στα άκρα των γραμμών και τα σημεία διασταύρωσης των γραμμών μεταξύ τους, που επιτρέπουν την επίτευξη εναλλακτικών τροφοδοτήσεων μέρους ή του συνόλου μίας γραμμής, β) την τοπολογική διευθέτηση των στοιχείων του δικτύου (ΥΣ, διακοπών) πάνω στις γραμμές μέσης τάσης, γ) την προεπιλεγμένη θέση των διακοπών (κλειστός /ανοιχτός) των στοιχείων του συστήματος.



Εικόνα 7.5 Διάγραμμα Μετασχηματιστών

- *Διάγραμμα Μετασχηματιστών* (Εικόνα 7.5), το οποίο αναπτύσσεται επίσης σε ημικυκλική διάταξη, κάτω από το Μιμικό Διάγραμμα. Το Διάγραμμα Μετασχηματιστών απεικονίζει μέσω έγχρωμων λυχνιών: α) την τρέχουσα κατάσταση (ανοικτός/κλειστός) των διακοπών των ζυγών και των γραμμών κάθε μετασχηματιστή (ΜΣ), ενώ η μόνιμη κατάσταση των διακοπών αποτυπώνεται με πλαστικά σύμβολα πάνω από τη φωτεινή λυχνία του διακόπτη), β) την τρέχουσα κατάσταση λειτουργίας (αυτόματο/χειροκίνητο) του Συστήματος Αλλαγής Τάσης Υπό Φορτίο (ΣΑΤΥΦ), που ρυθμίζει την τάση εξόδου κάθε ΜΣ, γ) τα στοιχεία στα οποία έχει εμφανιστεί κάποιος συναγερμός. Κατά την σκοπούμενη αλλαγή κατάστασης ενός στοιχείου του ΜΣ ή την ενεργοποίηση κάποιου αλάρμ τα στοιχεία που εμπλέκονται σε αυτό αναβοσβήνουν, ενώ ταυτόχρονα εκπέμπεται αντίστοιχα και κάποιο σύντομο ή μακρύ ηχητικό σήμα.



Εικόνα 7.6 Πίνακας Ελέγχου

- *Πίνακας ελέγχου* (Εικόνα 7.6), ο οποίος βρίσκεται ακριβώς μπροστά από τη θέση εργασίας των χειριστών, και έχει: α) ψηφιακό ενδεικτικό της συχνότητας του δικτύου, β) για κάθε Κέντρο Διανομής (ΚΔ), υπάρχει σειρά αριθμητικά κωδικοποιημένων αλάρμς (1-26) σε μορφή φωτεινών ενδεικτικών· στην περίπτωση έλευσης αλάρμ για το μετασχηματιστή (ΜΣ) ενός ΚΔ, αναβοσβήνει το αντίστοιχο ενδεικτικό νούμερο, και το εμπλεκόμενο στοιχείο στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, ενώ ταυτόχρονα ενεργοποιείται και η ηχητική ειδοποίηση, η οποία σταματά αφού γίνει αναγνώριση του αλάρμ από τους χειριστές, γ) για κάθε ΚΔ, υπάρχουν αναλογικά ενδεικτικά της τάσης, των φορτίων, της ισχύος των στοιχείων κάθε ΜΣ, καθώς και ψηφιακό ενδεικτικό της τρέχουσας τιμής της θέσης του Συστήματος Αλλαγής Τάσης Υπό Φορτίο, που ρυθμίζει την τάση εξόδου των μετασχηματιστών.



Εικόνα 7.7 Τράπεζα Χειρισμών

- *Τράπεζα Χειρισμών* (Εικόνα 7.7), μέσω της οποίας μπορούν οι χειριστές –χρησιμοποιώντας κατάλληλο συνδυασμό κουμπιών: α) να ενεργοποιήσουν τις ενδείξεις στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών και τον Πίνακα Ελέγχου, β) να κάνουν αναγνώριση της αναγγελίας συναγεμίων, και γ) να ελέγξουν την κατάσταση των διακοπών κάθε ΜΣ (άνοιγμα/κλείσιμο) ή του Συστήματος Αλλαγής Τάσης Υπό Φορτίο (αλλαγή λειτουργίας π.χ. από αυτόματο σε χειροκίνητο και ρύθμιση θέσης ΣΑΤΥΦ).

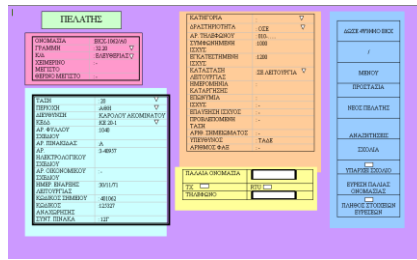
- *Μέσα επικοινωνίας* (Εικόνα 7.7): α) Σύστημα επικοινωνίας με την αίθουσα ΥΤ, β) Ασύρματος επικοινωνίας με τα εργοδηγεία, γ) Τηλεφωνικές γραμμές άμεσης σύνδεσης (μέσω αποκλειστικής συσκευής) με συγκεκριμένους σημαντικούς πελάτες του δικτύου μέσης τάσης.

- *Έντυποι χάρτες και διαγράμματα του δικτύου*: α) Χάρτης Δικτύου ΥΤ, ο οποίος απεικονίζει τα Κέντρα και τις Γραμμές υψηλής τάσης που τροφοδοτούν τους μετασχηματιστές ΥΤ/ΜΤ στα επιμέρους Κέντρα Διανομής του δικτύου μέσης τάσης, β) Χάρτης Γραμμών Αντιστήριξης, που απεικονίζει τις γραμμές αντιστήριξης μεταξύ των μετασχηματιστών των διαφόρων Κέντρων Διανομής, γ) Μονογραμμικά Διαγράμματα Υποσταθμών, δ) Μονογραμμικά Διαγράμματα Κέντρων Διανομής.

- *Έντυπα αρχεία για το δίκτυο* όπως: α) Εκτυπώσεις καταγραφής συμβάντων στο δίκτυο (αναγγελίες συναγεμίων, συναγεμοί που επέφεραν αλλαγές κατάστασης σε στοιχεία του δικτύου, και αλλαγές κατάστασης σε στοιχεία που προκλήθηκαν από τους χειριστές) β) Βιβλίο Συμβάντων, στο οποίο καταγράφονται χρονολογικά οι σημαντικές δραστηριότητες που έγιναν κατά τη διάρκεια κάθε βάρδιας (αναφορά σε σημειώματα εργασιών που εκτελέστηκαν, αλάρμς, αναφορές σε βλάβες που εντοπίστηκαν, ώρα εκδήλωσης συμβάντος, βηματικές ενέργειες αντιμετώπισης κλπ), γ) Σημειώματα Προγραμματισμένων Εργασιών, όπου περιγράφονται βηματικά οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν για την επιδιόρθωση ή συντήρηση κάποιου στοιχείου, δ) Αρχείο πελατών (τεχνικά χαρακτηριστικά και ρυθμίσεις), Αρχείο Εναέριων Υποσταθμών Μέσης τάσης/Χαμηλή τάση, Αρχείο διακοπών αναχωρήσεων Υψηλής τάσης/Μέση τάση (τύποι καλωδίου, ρελαί και ρυθμίσεις προστασίας), Αρχείο Μετασχηματιστών Υψηλής τάσης/Μέση τάση (ρυθμίσεις, προστασίες), Αρχείο μετρήσεων/καταναλώσεων υποσταθμών, Αρχείο εναέριων διακοπών.

- *Βοηθητικά αρχεία με συγκεντρωτική πληροφορία* όπως: α) Υπόμνημα Αλάρμς κάθε Κέντρου Διανομής, όπου περιγράφεται σε ποιο αλάρμ αντιστοιχεί κάθε μία από τις 26 αριθμημένες φωτεινές ενδείξεις που υπάρχουν για κάθε ΚΔ

στον πίνακα ελέγχου., β) Υπόμνημα Συμβόλων Μιμικού, γ) Υπόμνημα των σταδίων απόρριψης από Υποσυχνότητα, στο οποίο αναφέρονται οι τιμές ενεργοποίησης κάθε σταδίου και οι διακόπτες των ΜΣ που ανήκουν σε κάθε στάδιο.



Εικόνα 7.8 Κάρτα Πελάτη

Στο χώρο υπήρχαν ακόμη μεμονωμένα – διαφορετικά ανά προμηθευτή- Συστήματα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων SCADA (Κεφ.5), για τη διαχείριση Τηλεχειριζόμενων Υποσταθμών και των Τηλεχειριζόμενων Κέντρων Διανομής, που περιείχαν οθόνες με μονογραμμικά διαγράμματα και καρτέλες με πληροφορίες για τα ελεγχόμενα στοιχεία του δικτύου (Εικόνα 7.8).

Τέλος, στο χώρο τηρούνταν σε ηλεκτρονική μορφή μέσω μεμονωμένων εφαρμογών: α) Αρχείο Βλαβών, κατασκευασμένο από το τμήμα Πληροφορικής της ΔΕΗ, που αποτελεί εξειδικευμένη εφαρμογή που περιλαμβάνει φόρμες καταχώρησης των στοιχείων κάθε βλάβης, β) Αρχείο βλαβών ανά περιοχή, όπου αναφέρονται οι βλάβες που δεν έχουν αποκατασταθεί· οι καταχωρήσεις για κάθε περιοχή γίνονται σε χωριστό φύλλο εργασίας, ενός αρχείου MS Excel, και γ) Αρχείο Πτώσεως Διακοπών των μετασχηματιστών, όπου για κάθε Κέντρο Διανομής αναφέρονται οι πτώσεις διακοπών των τριών μετασχηματιστών του, που συνέβησαν μετά την τελευταία συντήρηση ή επισκευή.

7.3 Έργο χειριστών και χρήση τεχνημάτων

Οι Mumaw et al. (2000) χρησιμοποίησαν τον όρο γνωσιακές μελέτες πεδίου (Cognitive field studies) για να περιγράψουν μελέτες που εστιάζουν στις γνωσιακές και συνεργατικές διαδικασίες, και χρησιμοποιούν γνωσιακές θεωρίες για να ερμηνεύσουν τι παρατηρεί κανείς και για να καθορίσουν τι είναι ενδιαφέρον. Η ανάλυση του έργου των χειριστών και της χρήσης των τεχνημάτων της αίθουσας ελέγχου εστίασε: α) στο πλαίσιο εργασίας σε συνήθειες και κρίσιμες συνθήκες, αλλά και στο νοητικό και συνεργατικό έργο που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια αυτών των συνθηκών, β) στο κατανεμημένο γνωσιακό σύστημα, στις πρακτικές εργασίας που υιοθετούν οι χειριστές, και στις παρεμβάσεις που έχουν πραγματοποιήσει πάνω στα τεχνήματα προκειμένου να διευκολύνουν το έργο τους. Μέσα από την ανάλυση αυτή, παρήχθη ουσιαστική γνώση για το έργο στο πεδίο, και εντοπίστηκαν σημεία που απαιτούν σχεδιαστική παρέμβαση και ανασχεδιασμό.

7.3.1 Νοητικό έργο σε Συνήθειες και Κρίσιμες Συνθήκες

Η συμπεριφορά του ηλεκτρικού δικτύου διαμορφώνεται από την αλληλεπίδραση μεταξύ των εξωτερικών επιδράσεων, των αντιδράσεων του συστήματος, και των ενεργειών των χειριστών. Κατά τη διάρκεια των συστηματικών παρατηρήσεων, διαπιστώθηκε ότι το φυσικό και νοητικό έργο των χειριστών διαφοροποιείται ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας που επικρατούν στο δίκτυο.

Σε συνήθειες συνθήκες, η συχνότητα εμφάνισης και η φύση των συμβάντων μία τυπική χειμωνιάτικη από μία καλοκαιρινή ημέρα, δεν διαφέρουν σημαντικά. Περιλαμβάνουν συνήθως την εκτέλεση προγραμματισμένων εργασιών συντήρησης του δικτύου ή σύνδεσης νέων πελατών, και φυσικά την αντιμετώπιση βλαβών που μπορεί να εμφανιστούν. Η ροή συμβάντων δεν είναι συνεχής, παρότι μπορεί να υπάρξουν στιγμές όπου οι χειριστές θα πρέπει να διαχειριστούν ταυτόχρονα δύο περιστατικά. Οι συνεννοήσεις με εξωτερικές μονάδες συνεργασίας, περιορίζονται συνήθως στις απαραίτητες συνεννοήσεις που γίνονται με τα εργοδηγεία για το χειρισμό των μη-τηλεχειριζόμενων στοιχείων στο δίκτυο. Έτσι, σε συνήθειες συνθήκες οι χειριστές έχουν το χρόνο να προετοιμάσουν και να οργανώσουν λεπτομερώς τις εργασίες, να διεκπεραιώσουν με άνεση την επικοινωνία με τα εργοδηγεία, και να εκτελέσουν τις ενέργειες που απαιτούνται προκειμένου να απομονωθεί κάποιο στοιχείο, να γίνουν εργασίες συντήρησης ή να εντοπιστεί σε ποιο τμήμα της γραμμής εκδηλώθηκε βλάβη.

Κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας επικρατούν στο δίκτυο όταν εκδηλώνονται:

α) *προβλέψιμα ή αναγγελθέντα γεγονότα*, όπως ακραία καιρικά φαινόμενα (§7.1.8), απεργιακές κινητοποιήσεις στις μονάδες παραγωγής, περιορισμοί στις διακρατικές ανταλλαγές ενέργειας (Κεφ.4), που μπορεί να οδηγήσουν σε οριακή σχέση παρεχόμενης-ζητούμενης ισχύος. Για τα γεγονότα αυτά –καθώς είναι γνωστά εκ των προτέρων- υπάρχει συνήθως δυνατότητα προετοιμασίας και προσαρμογής της λειτουργίας του δικτύου, μέσω περικοπών και άλλων ενεργειών ελέγχου της ζήτησης στα δίκτυα.

β) *μη-προβλέψιμα ακραία γεγονότα* (Σεισμοί, τσουνάμι, εκρήξεις, πυρκαγιές σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) που προκαλούν αιφνίδια μεγάλες καταστροφές στον εξοπλισμό του δικτύου (Κεφ.4), οι οποίες πρέπει να αντισταθμιστούν μέσα από κατάλληλους χειρισμούς, που γίνονται υπό πίεση χρόνου.

Τα γεγονότα αυτά σε συνδυασμό με ελλείψεις ή προβλήματα που προϋπάρχουν στο σύστημα, μπορεί να οδηγήσουν στην εκδήλωση μη-οικείων ή μη-αναμενόμενων καταστάσεων στο δίκτυο (Κεφ.3-§3.1.1). Ειδικότερα, μπορεί να εκδηλωθούν ασυνήθη φαινόμενα ηλεκτρικής συμπεριφοράς, σπάνια συμπτώματα του εξοπλισμού (επειδή δουλεύει κοντά στα όρια λειτουργίας του και καταπονείται περισσότερο), καθώς επίσης και επικαλυπτόμενα συμπτώματα (πολλά συνήθη μεμονωμένα συμπτώματα τα οποία αλληλεπιδρούν και δίνουν μία ασυνήθη εικόνα).

Η φύση των καιρικών φαινομένων στο περιβάλλον των δικτύων (§7.1.8), δημιουργεί διαφορετικές απαιτήσεις σε ό,τι αφορά το έργο εποπτείας και διαχείρισης του δικτύου.

Σε περιπτώσεις έντονης χιονόπτωσης, οι χειριστές πρέπει να ελέγχουν τα επίπεδα φόρτισης των μετασχηματιστών του δικτύου, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να συνεργάζονται με πολλά συνεργεία περιοχών για την αποκατάσταση των ζημιών που προκαλούνται σε στοιχεία του δικτύου λόγω του χιονιού. Ο νοητικός φόρτος προκύπτει κυρίως από την ανάγκη ιεράρχησης και παρακολούθησης του έργου πολλών εξωτερικών συνεργείων, με συνεχείς συνεννοήσεις και διακοπές στη ροή των καθηκόντων των χειριστών, που προκύπτουν κατά το συντονισμό των εργασιών κάθε συνεργείου.

Σε ημέρες καύσωνα, όσο η ζήτηση είναι μέση έως υψηλή, αλλά εντός των ορίων δυναμικότητας του δικτύου, το ενδιαφέρον των χειριστών εστιάζεται στην παρακολούθηση των φορτίων, την έγκαιρη εκτέλεση προληπτικών ενεργειών για την αποφόρτιση τοπικών σημείων και στοιχείων του δικτύου που παρουσιάζουν ιδιαίτερα μεγάλη ζήτηση, και γενικότερα την εκτέλεση μεταγωγών φορτίου για την ισοφόρτιση του δικτύου. Έτσι, ο έλεγχος του δικτύου γίνεται κυρίως μέσα από την αίθουσα ελέγχου, με τηλεχειρισμούς εξ' αποστάσεως πάνω σε στοιχεία του δικτύου. Συνεργασία με τα συνεργεία περιοχών, απαιτείται όταν στις μεταγωγές φορτίων εμπλέκονται μη-τηλεχειριζόμενα στοιχεία του δικτύου, και όταν πρέπει να εκτελεστούν ειδικοί χειρισμοί σε στοιχεία, που έχουν εμφανίσει βλάβη ή έχουν καταστραφεί. Σε περιόδους καύσωνα τα στοιχεία του δικτύου εμφανίζουν βλάβες –ιδίαιτερα εάν δεν έχει προηγηθεί η κατάλληλη συντήρηση- λόγω της καταπόνησης που υφίστανται από τη μακροχρόνια έκθεση σε υψηλές φορτίσεις.

Όταν η ζήτηση αγγίζει το όριο δυναμικότητας του δικτύου, τόσο τοπικά σε επίπεδο διανομής, όσο και σε επίπεδο δικτύου ΥΤ, τότε οι χειριστές της αίθουσας διανομής πρέπει να συντονίσουν κατάλληλα το έργο τους με τους χειριστές της αίθουσας ΥΤ, συμμορφούμενοι με τις οδηγίες που λαμβάνουν από αυτούς για συναγερούς θερμοκρασίας των ΜΣ ΥΤ/ΜΤ και για περιορισμούς στις φορτίσεις Μετασχηματιστών, που τροφοδοτούνται από συγκεκριμένες γραμμές ΥΤ (§7.2.1).

Σε συνθήκες καύσωνα, τα επίπεδα φόρτισης και η συνδεσμολογία του δικτύου μεταβάλλονται συνεχώς, ενώ είναι μεγάλη και η συχνότητα έλευσης συμβάντων (γεγονότα ή συναγερούς). Οι χειριστές πρέπει να κατηγοριοποιούν και να ιεραρχούν τα εισερχόμενα συμβάντα και τα τρέχοντα καθήκοντα, θέτοντας κατάλληλες προτεραιότητες διαχείρισης. Επιπλέον, πρέπει να αναπροσαρμόζουν τους στόχους και τις λειτουργικές προτεραιότητες στη διαχείριση του συστήματος, κατά την ταυτόχρονη διαχείριση πολλών κρίσιμων συμβάντων.

Η παράλληλη διαχείριση πολλών συμβάντων, είναι ιδιαίτερα απαιτητική νοητικά και για τον ακόλουθο λόγο. Οι ενέργειες που απαιτούνται για την διαχείριση ενός συμβάντος έχουν ένα συγκεκριμένο χρονικό εύρος εκτέλεσης. Εάν οι ενέργειες για ένα συμβάν δεν έχουν ολοκληρωθεί όταν συμβεί ένα επόμενο, η ολοκλήρωση του προηγούμενου μπορεί να λειτουργήσει διασπαστικά σε ό,τι αφορά την προσοχή του εργαζόμενου για τη διαχείριση του επόμενου, καθώς διαταράσσεται η ροή δραστηριότητας (Bodker, 1989, Norman, 1991, Cook, 2001, Speier et al., 2003, Grundgeiger & Sanderson, 2009). Οι χειριστές ουσιαστικά αφήνουν ένα καθήκον ημιτελές, αποθηκεύοντας στη μνήμη (προοπτική μνήμη) τις ενέργειες που πρέπει να εκτελεστούν, προκειμένου να τις ολοκληρώσουν αργότερα. Κατά τη διαχείριση πολλαπλών συμβάντων είναι πιθανό η ανάκληση των ενεργειών που εκκρεμούν, να μην λειτουργήσει σωστά και να συμβούν λάθη.

Για την αποτελεσματική εποπτεία και τον έλεγχο του δικτύου σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, οι χειριστές εκτελούν και άλλες νοητικά απαιτητικές δραστηριότητες (Drivalou, 2005b), όπως:

- ανακαλούν από τη μνήμη τους πληροφορίες για τιμές, και συμπεριφορές στοιχείων του δικτύου,
- εκτελούν απλούς υπολογιστικούς ελέγχους (π.χ. τα αθροίσματα των φορτίων σε ζυγούς και ημιτυλίγματα),
- υπολογίζουν σύνθετες σχέσεις μεταξύ κρίσιμων παραμέτρων του δικτύου (ρύθμιση Θέσης του ΣΑΤΥΦ - τάσεως εξόδου του Μετασχηματιστή ή τη σχέση πτώσεων τάσης – συχνότητας,
- προσομοιώνουν νοητικά την εξέλιξη συγκεκριμένων παραμέτρων και για να εντοπίζουν τις διαδοχικές αλυσιδωτές συνέπειες που μπορεί να έχει ένα συμβάν.

Ο βαθμός που τα τεχνήματα της αίθουσας ελέγχου υποστηρίζουν τις νοητικές απαιτήσεις που θέτει η διαχείριση του δικτύου στους χειριστές, καθορίζει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των χειρισμών. Για την αντιστάθμιση των αδυναμιών που παρουσιάζουν τα τεχνήματα, οι χειριστές έχουν αναπτύξει συγκεκριμένες πρακτικές εργασίας (§7.3.4), καθώς και σχεδιαστικές παρεμβάσεις πάνω στα τεχνήματα (§7.3.5).

7.3.2 Συνεργατικό Έργο σε Συνήθειες και Κρίσιμες Συνθήκες

Η συνεργασία είναι μία δομική σχέση μεταξύ πρακτόρων, αλλά επίσης και μία νοητική δραστηριότητα (Hoc & Carlier, 2002). Οι οργανωτικές διευθετήσεις και οι δομές επικοινωνίας που υπάρχουν σε ένα σύστημα, μπορούν να επηρεάσουν

τη διαδικασία της συνεργασίας μεταξύ των κατανεμημένων μονάδων. Η οργανωτική δομή που ισχύει στο ελληνικό ηλεκτρικό δίκτυο είναι ιεραρχική σε διαφορετικά επίπεδα τάσεως (Κεφ.4, παραγωγή-μεταφορά-διανομή), με κατανεμημένες αρμοδιότητες μεταξύ διαφορετικών αιθουσών ελέγχου σε κάθε επίπεδο. Στη μέση τάση, ο συντονισμός του έργου γίνεται κάθετα (αίθουσα ΥΤ – αίθουσα ΜΤ - εργοδηγεία διανομής), αλλά και οριζόντια (αίθουσα ΜΤ με άλλες αίθουσες μέσης τάσης). Κάθε αίθουσα ελέγχου πρέπει να αντιμετωπίσει την κατάσταση στο δικό της επίπεδο, κάνοντας συμβιβασμούς ανάμεσα σε τοπικά σημαντικούς και συνολικά σημαντικούς στόχους και περιορισμούς. Έτσι από τη μία το κάθε επίπεδο πρέπει να δουλεύει ανεξάρτητα από το άλλο, και από την άλλη πρέπει να συντονίζουν το έργο τους. Τα υψηλότερα επίπεδα έχουν εικόνα για το γενικό περιβάλλον. Τα χαμηλότερα επίπεδα έχουν πρόσβαση σε τοπική πληροφορία, κατανοούν πώς το γεγονός εξελίσσεται τοπικά, και κάνουν υποθέσεις για τη συνολική εξέλιξη των πραγμάτων. Τα υψηλότερα επίπεδα χάνουν σε λεπτομέρεια, αλλά κερδίζουν σε εύρος.

Βασική παράμετρο της άσκησης συνεργατικού έργου στο πεδίο, αποτελεί η ατομική και ομαδική ενημερότητα κατάστασης (Endsley, 1997, Guttromson et al., 2007, Stanton, 2016). Η ατομική ενημερότητα κατάστασης (Individual Situation Awareness), αποτελεί μία διαδραστική διαδικασία που μπορεί να εκκινήσει τη διαδικασία εκτίμησης μίας κατάστασης, η οποία με τη σειρά της αλλάζει τη συλλογική και ατομική ενημερότητα κατάστασης. Η ομαδική ενημερότητα κατάστασης (Team Situation Awareness), αποτελεί την κοινή κατανόηση μίας κατάστασης (εξωτερική κατάσταση, στόχοι, σχέδια, και μεταγνώση) μεταξύ των μελών μίας ομάδας, μία δεδομένη χρονική στιγμή. Οι χειριστές αναπτύσσουν και διατηρούν την ενημερότητα κατάστασης για τα όσα συμβαίνουν στο δίκτυο:

- παρακολουθώντας όλα τα ενεργά προβλήματα που συνεξελίσσονται,
- ενσωματώνοντας στον τρόπο δράσης τους, τις παραμέτρους που διαμορφώνουν το πλαίσιο λειτουργίας,
- εντοπίζοντας τις σχετικές με κάθε γεγονός πληροφορίες και αξιολογώντας τις ως προς την εγκυρότητα τους,
- κατανοώντας το επίπεδο κρισιμότητας των γεγονότων στο δίκτυο,
- αναγνωρίζοντας τις σχέσεις και εξαρτήσεις μεταξύ των στοιχείων του δικτύου, και
- προβλέποντας τι πρόκειται να συμβεί, και εντοπίζοντας πιθανούς κινδύνους,

Για να ενισχύσουν την ενημερότητα κατάστασης, οι χειριστές χρησιμοποιούν διάφορους «μηχανισμούς συνεργασιών» (Gutwin et al., 1996), όπως: επικοινωνία, ανταλλαγή πληροφορίας, αναγνώριση στόχων, μεταφορά εμπειρίας και γνώσης, συντονισμό της δράσης, προγραμματισμό, αμοιβαίο έλεγχο.

Στις ενότητες που ακολουθούν περιγράφεται ο τρόπος που αναπτύσσεται το συνεργατικό έργο εντός και μεταξύ των αιθουσών ελέγχου.

7.3.3.1 Εντός της Αίθουσας ελέγχου

Η ομαδική εργασία αποτελείται συνήθως από μία ποικιλία τρόπων συνεργασίας (Scott et al., 2003), που περιλαμβάνει την παράλληλη εργασία, την εργασία σειριακά σε άρρηκτα συνδεδεμένες δραστηριότητες, την εργασία ανεξάρτητα, και την εργασία με διαφορετικούς ρόλους μέσα στο σύστημα, όπως του μηχανικού, του χειριστή, του εργάτη σε εργοδηγείο. Οι χειριστές στην αίθουσα μέσης τάσης, είτε διαχειρίζονται ένα συμβάν ταυτόχρονα (συνήθως όταν παρουσιάζει κάποια δυσκολία), είτε επιμερίζουν τα εισερχόμενα συμβάντα και διαχειρίζεται ο καθένας αυτά που έχει αναλάβει.

Οι χειριστές, όταν διαχειρίζονται ένα συμβάν ταυτόχρονα, καθορίζουν από κοινού το στόχο (π.χ. «πρέπει να κάνουμε τομή στην γραμμή και να μοιράσουμε φορτία»), αναλαμβάνοντας ο καθένας να πραγματοποιήσει μέρος των ελέγχων που απαιτούνται (π.χ. εντοπισμός πιθανών σημείων που θα γίνει η τομή σύμφωνα με διάφορα κριτήρια), και τέλος αφού καθένας παρουσιάσει τη λύση που θεωρεί ενδεδειγμένη, συναποφασίζουν για την τελική λύση που θα υλοποιήσουν. Αφού καταλήξουν στα επιμέρους βήματα δράσης, επιμερίζουν τις ενέργειες που απαιτούν παράλληλη δράση (π.χ. αναλαμβάνει ο ένας στην μία κονσόλα χειρισμών το χειρισμό των ελαιοδιακοπών του ΚΔ Παγκράτι και ο άλλος του ΚΔ Ψυχικό).

Σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, όπου υπάρχει μεγάλος αριθμός εισερχόμενων συμβάντων, οι χειριστές πρέπει να διαμοιράσουν και να συντονίσουν κατάλληλα το έργο τους, τόσο εντός της αίθουσας ελέγχου, όσο και με το προσωπικό των εργοδηγείων που επιχειρεί στο δίκτυο (§7.3.1). Συνήθως, κάθε χειριστής αναλαμβάνει την αντιμετώπιση ενός ανεξάρτητου συμβάντος κάθε φορά. Βέβαια, καθώς κάθε χειριστής προσπαθεί να επιτύχει τους στόχους του, μπορεί να παρεμβληθεί στους στόχους που έχουν άλλοι χειριστές του συστήματος, στις πηγές που χρησιμοποιούν, και στις διαδικασίες που εκτελούν. Κάθε χειριστής προσπαθεί να διαχειριστεί τέτοιες «παρεμβολές», προκειμένου να καταστήσει πιο εύκολες τις ατομικές, αλλά και τις κοινές με τους άλλους δραστηριότητες. Σε επίπεδο συστήματος ελέγχου, για την αποφυγή βασικών μη-συμβατών χειρισμών, κλειδώνει η κονσόλα σε περίπτωση επιλογής του ίδιου ΚΔ και από τους δύο χειριστές, λειτουργώντας ως δικλείδα ασφαλείας για την αποφυγή εκτέλεσης αντικρουόμενων χειρισμών πάνω σε μετασχηματιστή.

Η άμεση προφορική επικοινωνία, βοηθάει τους χειριστές της αίθουσας να αντιληφθούν ποιος έχει αναλάβει ποιο καθήκον, ώστε να μην γίνονται αλληλο-επικαλυπτόμενες προσπάθειες ή ενέργειες που ανατρέπουν τη δράση κάποιου, αλλά και να ελέγχουν ο ένας τον τρόπο δράσης του άλλου. Σε περιπτώσεις όπου η διερεύνηση ενός χειριστή κατέληγε σε αδιέξοδο, πληροφορίες ή προτροπές από συνάδελφο χειριστή ανακατεύθυναν τις προσπάθειες του σε εναλλακτικές δράσης.

Η επικοινωνία υλοποιείται με την υποστήριξη των τεχνημάτων της αίθουσας ελέγχου καθώς οι χειριστές: α) μπορεί ταυτόχρονα να καταφεύγουν στην ίδια οθόνη υπολογιστή για κάποια πληροφορία, β) μπορεί να αναφέρονται ή να

τηρούν αντίγραφο από το ίδιο έντυπο, γ) να παραχωρούν κάποιο έγγραφο σε κάποιον άλλο εργαζόμενο μέσα στην αίθουσα.

Έμμεσο τρόπο επικοινωνίας, αποτελεί η παρακολούθηση των κινήσεων, της εστίασης του βλέμματος ενός χειριστή πάνω σε ένα τέχνημα της αίθουσας, καθώς και η παρακολούθηση των συζητήσεων άλλων χειριστών. Η συζήτηση μεγαλοφώνως μέσα στην αίθουσα, βοηθούσε στην καλύτερη οργάνωση της ομαδικής εργασίας, καθώς μέσω της συνακρόασης διατηρούνταν η ομαδική ενημερότητα κατάστασης και γινόταν κατάλληλος συντονισμός των ενεργειών.

Σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, ότι όταν ο φόρτος εργασίας είναι πολύ μεγάλος διαπιστώθηκε ότι δημιουργούνται προσωρινές δομές συνεργασίας, όπου επιπλέον προσωπικό του χώρου υποστηρίζει ενεργά το έργο της βασικής ομάδας εργασίας των δύο χειριστών. Συγκεκριμένα, υπήρξαν περιπτώσεις όπου οι μηχανικοί ανέλαβαν να συντονίσουν το έργο των δύο χειριστών (π.χ. ο μηχανικός εντόπιζε σε χάρτη τις γραμμές αντιστήριξης, και κάθε χειριστής είχε αναλάβει ένα ΚΔ στο οποίο και εκτελούσε τις απαιτούμενες ενέργειες). Στις περιπτώσεις αυτές, οι μηχανικοί έχοντας τη γενική εποπτεία των ενεργειών που εκτελούν οι χειριστές, αναλαμβάνουν επίσης το συντονισμό της επικοινωνίας με άλλους εξωτερικούς συνεργάτες. Ο τρόπος δράσης των χειριστών σε κρίσιμες συνθήκες, μπορεί να εποπτεύεται ακόμη και από μέλη της διοίκησης, που έχουν εισέλθει στην αίθουσα για το σκοπό αυτό. Επιπλέον, άτομα όπως οι υπεύθυνοι εκδόσεως σημειωμάτων, αναλαμβάνουν περιφερειακές υποστηρικτικές δραστηριότητες (π.χ. υπενθύμιση μετρήσεων που έγιναν και εντολών που δόθηκαν από την αίθουσα ΥΤ, εντοπισμό σημείων ενδιαφέροντος πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα, μεταφορά πληροφορίας από καταναλωτές, κλπ) για να βοηθήσουν το έργο των χειριστών σε στιγμές μεγάλου φόρτου εργασίας.

Η ανάδυση προσωρινών δομών συνεργασίας που υποστηρίζουν το έργο των χειριστών, καταδεικνύει δυσκολίες διαχείρισης όγκου πληροφορίας για το σύστημα, άρα σημεία στα οποία οι χειριστές χρειάζονται καλύτερη νοητική υποστήριξη από το διαμεσολαβητή.

7.3.3.2 Μεταξύ των Αιθουσών ελέγχου

Στη Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, η κατανομή των αρμοδιοτήτων εποπτείας και ελέγχου σε αίθουσες που βρίσκονται στο ίδιο ή διαφορετικό ιεραρχικό επίπεδο, αποτελεί μία οργανωτική και τεχνική απόφαση. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου έχει η αίθουσα εποπτική πληροφορία για στοιχεία που δεν μπορεί να διαχειριστεί, και άλλες που διαχειρίζεται στοιχεία για τα οποία δεν έχει εποπτική πληροφορία, και πρέπει να έρθει σε συνεννόηση με άλλη αίθουσα για να αποκτήσει πρόσβαση σε αυτή. Η επικοινωνία και ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ των αιθουσών, αυξάνει τον νοητικό φόρτο των χειριστών (διακοπή εκτέλεσης άλλων καθηκόντων, αποθήκευση στη μνήμη και επεξεργασία προφορικής πληροφορίας).

Σε ό,τι αφορά τις συνεργασίες μεταξύ των αιθουσών ελέγχου που βρίσκονται στο ίδιο ιεραρχικό επίπεδο (αίθουσες ΜΤ Αθηνών, Ν. Ιωνίας, Παλλήνης), ο κανονισμός λειτουργίας καθορίζει το σχήμα επικοινωνίας (ποιος πρέπει να ειδοποιεί ποιον, σε ποιες περιπτώσεις) που τηρείται: α) για στοιχεία τα οποία ανήκουν στην αποκλειστική αρμοδιότητα ελέγχου κάθε επιπέδου, β) για στοιχεία τα οποία βρίσκονται στο όριο αρμοδιότητας, και συνδέονται με ενέργειες που πρέπει να γίνουν συντονισμένα από τις δύο πλευρές.

Σε ό,τι αφορά τις συνεργασίες μεταξύ των αιθουσών ελέγχου που βρίσκονται σε διαφορετικό ιεραρχικό επίπεδο (αίθουσα ΥΤ, αίθουσα ΜΤ), και στις οποίες έχει διαμοιραστεί η εποπτεία των ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, ισχύουν τα ακόλουθα. Η αίθουσα ΥΤ πρέπει να ειδοποιεί την αίθουσα ΜΤ, για αποφυγή επιβάρυνσης με φορτία ΜΣ ΥΤ/ΜΤ που τροφοδοτούνται από οριακά φορτισμένες γραμμές ΥΤ. Εάν στην αίθουσα ΜΤ εντοπίσουν τοπική πληροφορία που δεν επιτρέπει τη συμμόρφωση με τις οδηγίες που έχουν πάρει, πρέπει να ενημερώσουν την αίθουσα ΥΤ. Επιπλέον, μέρος των συναγερμών που συνδέονται με διαχειριστικές ενέργειες που εκτελούνται στην αίθουσα ΜΤ, έρχονται ως αναγγελίες στην αίθουσα ΥΤ. Οι πληροφορίες για τα αλάρμ μεταφέρονται στην αίθουσα ΜΤ προφορικά μέσω τηλεφώνου, και οι χειριστές πρέπει να προσαρμόσουν κατάλληλα τους χειρισμούς, μέχρι να λάβουν μία νέα ειδοποίηση από την αίθουσα ΥΤ ότι ο συναγερμός έχει λήξει. Σε κρίσιμες συνθήκες, η συχνότητα επικοινωνίας μεταξύ των δύο αιθουσών ΥΤ και ΜΤ αυξάνει σημαντικά, καθώς αφενός οι γραμμές ΥΤ είναι οριακά φορτισμένες, και αφετέρου ενεργοποιούνται πολλοί συναγερμοί.

Σημαντική παράμετρο στην ανάπτυξη συνεργασιών και την ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ των αιθουσών ΥΤ και ΜΤ, αποτελεί ο χρονικός συντονισμός. Η συνεργασία μεταξύ ατόμων ή ομάδων που βρίσκονται σε διαφορετικά ιεραρχικά επίπεδα ενός συστήματος, πρέπει να λαμβάνει υπόψη, το χρόνο που απαιτείται για να διακινηθεί η πληροφορία, καθώς και το χρόνο που απαιτείται προκειμένου να γίνει η επεξεργασία από τα μέλη της ομάδας στην οποία απευθύνεται. Η έγκαιρη ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ των αιθουσών ελέγχου, μπορεί να οδηγήσει σε πιο ασφαλή και αποτελεσματικότερο σχεδιασμό και συντονισμό της δράσης, τόσο τοπικά σε κάθε αίθουσα, όσο και συνολικά, αποφεύγοντας τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν στο Κεφ.4.

Ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, η ανάγκη για έγκαιρη πρόσβαση σε συγκεκριμένες πληροφορίες από την πλευρά της αίθουσας ΜΤ, έχει οδηγήσει σε «αποκλίσεις» (αναλυτικά §7.3.5.3) από το επίσημο σχήμα επικοινωνίας των αιθουσών που περιγράφηκε πιο πάνω.

7.3.3 Κατανεμημένο Γνωσιακό Σύστημα

Η γνώση για το σύστημα, είναι χωρικά κατανεμημένη πάνω σε πράκτορες και τεχνήματα που βρίσκονται στην ίδια ή σε διαφορετικές αίθουσες ελέγχου, αλλά και χρονικά κατανεμημένη πάνω στο ιστορικό συμβάντων που έχουν λάβει χώρα στο σύστημα.

Η κατανεμημένη γνώση είναι η διαμοιρασμένη γνώση από την οποία επωφελείται μία ομάδα, και δεν μπορεί να την κατέχει ένα άτομο μεμονωμένα (Jones & Nemeth, 2005). Η κατανεμημένη γνώση συνδέεται με τη συμμετοχική ενημερότητα στόχων, πλάνων και λεπτομερειών που δεν μπορεί να κατέχει κάποιος μόνος του (Hutchins, 1991). Βασίζεται στην εμπειρία όλων των μελών της ομάδας, και στη δυνατότητά τους να δημιουργούν ιδέες, οι οποίες βρίσκονται πέρα από την ατομική δραστηριότητα.

Τα γνωσιακά τεχνήματα παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία και διατήρηση, σε επίπεδο ομάδας, της συνολικής κατανόησης της διαδικασίας που διαχειρίζονται. Τα τεχνήματα κατανέμουν κοινωνικά τη γνώση, σε όσα μέλη του προσωπικού έχουν πρόσβαση σε αυτά, ενημερώνοντάς τους για τρέχοντα πλάνα και την κατάσταση του πεδίου (Jones & Nemeth, 2005). Η διάδραση ενός ανθρώπου με ένα τεχνήμα, μπορεί να είναι ή να μην είναι «ανοιχτή» σε άλλους που βρίσκονται στο γύρω χώρο, ανάλογα με τη φύση και τα χαρακτηριστικά του τεχνήματος. Ο Garbis (2002) χρησιμοποιεί τον όρο των «ανοιχτών τεχνημάτων» (open artifacts) για να επισημάνει τη σημασία του ορίζοντα παρατήρησης των τεχνημάτων, κατά τη διάρκεια της ομαδικής εκτίμησης μίας διαδικασίας, καθώς η χωρική πληροφορία είναι πολύ σημαντική στα συνεργατικά περιβάλλοντα.

Τα χωρικά συστήματα αξιοποιούν την ικανότητα του ανθρώπινου αντιληπτικού συστήματος να λαμβάνει πληροφορία από περιφερειακούς χώρους αποτύπωσης πληροφορίας (Jones & Nemeth, 2005). Έτσι, κατά την ομαδική διάδραση με τα τεχνήματα ενός χώρου, ενισχύεται η κοινωνική διαδικασία ανακάλυψης πληροφορίας και ανταλλαγής απόψεων μεταξύ των συνεργατών. Η ευρύτητα (openness) των τεχνημάτων, μπορεί να ενισχύσει την ικανότητα αναζήτησης και εντοπισμού συγκεκριμένης πληροφορίας, μειώνοντας έτσι το φόρτο προσήλωσης που δημιουργείται κατά την αναζήτηση πληροφορίας, τόσο σε ατομικό επίπεδο, όσο και συλλογικό επίπεδο (Garbis, 2002). Από τη στιγμή που η πληροφορία είναι διαθέσιμη και οπτικά προσπελάσιμη από τη θέση που βρίσκεται κάθε εργαζόμενος, είναι ζήτημα του ίδιου εάν θα εμπλακεί ή θα απορρίψει την πληροφορία που εκπέμπεται από τους συνεργάτες ή από τα τεχνήματα.

Τα τεχνήματα που βρίσκονται μέσα στην αίθουσα ελέγχου μέσης τάσης, ανάλογα με τα τεχνολογικά τους χαρακτηριστικά, το μέγεθός τους, τη θέση τους στο χώρο και την απεικονιζόμενη πληροφορία, υποστηρίζουν σε διαφορετικό βαθμό την «έναν προς έναν» ή «έναν προς πολλούς» συνεργασίες.

- Το Μιμικό Διάγραμμα σε ημικυκλική διάταξη, έχει ευρύ ορίζοντα παρατήρησης, όμως λόγω της πυκνότητας της απεικονιζόμενης πληροφορίας είναι συχνά δύσκολος ο εντοπισμός πληροφορίας πάνω σε αυτό. Για την ευκολία εντοπισμού, έχει οριστεί σύστημα συντεταγμένων με οριζόντιες και κάθετες ζώνες, που χρησιμοποιείται από τους χειριστές στη μεταξύ τους επικοινωνία (π.χ. «ο ΥΣ ΑΒ5 βρίσκεται στο Γ4»). Επίσης, χρησιμοποιούν και μία μεγάλο μεγέθους μεταλλική βέργα ως δεικτική συσκευή, όταν θέλουν να ακολουθήσουν την όδευση μίας γραμμής πάνω στο διάγραμμα.

- Το Διάγραμμα Μετασχηματιστών, βρίσκεται κάτω από το Μιμικό Διάγραμμα με συνέπεια να μην είναι όλες οι απεικονίσεις του οπτικά προσβάσιμες από την θέση εργασίας των χειριστών. Για το λόγο αυτό, συχνά εργάζονται όρθιοι στην τράπεζα εργασίας.

- Ο Πίνακας Ελέγχου, βρίσκεται ακριβώς μπροστά από τις δύο θέσεις εργασίας στην τράπεζα χειρισμών. Ανάλογα με τη γωνία θέασης του χειριστή προς κάποια κυκλικά ενδεικτικά, μπορεί να μην είναι εύκολη η άντληση πληροφορίας, οπότε ο χειριστής μπορεί είτε να μετακινηθεί ο ίδιος προς το ενδεικτικό, είτε να ζητήσει από συνάδελφο την ένδειξη.

- Οι οθόνες υπολογιστών, έχουν σαφώς μικρότερο ορίζοντα παρατήρησης, λόγω του φυσικού μεγέθους της απεικονιζόμενης πληροφορίας πάνω στην περιορισμένη επιφάνεια του τεχνήματος, και έτσι απαιτείται η παρατήρηση της πληροφορίας από κοντινή απόσταση.

- Οι καρτέλες των στοιχείων του δικτύου και τα σημειώματα εργασιών παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της φορητότητας και της δυνατότητας διευθέτησής τους στο χώρο με ευέλικτο τρόπο, π.χ. μπορούν να ιεραρχηθούν με σειρά προτεραιότητας, και να τοποθετηθούν σε διάφορα σημεία πάνω στην τράπεζα χειρισμών.

- Οι εκτυπωμένοι χάρτες τμημάτων του δικτύου, και οι συγκεντρωτικές εκτυπώσεις με τις τιμές των βασικών παραμέτρων του δικτύου, παρέχουν τη δυνατότητα τήρησης σημειώσεων πάνω τους και εξυπηρετούν τη μεταφορά πληροφορίας σε ανώτερα στελέχη της διοίκησης ή σε άλλες αίθουσες.

Η κατανομή της γνώσης πάνω στα τεχνήματα, βοηθάει το συντονισμό του έργου των χειριστών, και συμβάλει στη διαχείριση των περιορισμένων νοητικών πόρων των χειριστών, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που διαχειρίζονται πολλά συμβάντα ταυτόχρονα.

Η γνώση είναι επίσης κατανεμημένη στο χρόνο με τρόπο τέτοιο, ώστε το προϊόν προηγούμενων γεγονότων να μετασχηματίζει γεγονότα που ακολουθούν (Hollan et al., 2000). Στα υπάρχοντα τεχνήματα αποτυπώνεται με άμεσο ή έμμεσο τρόπο πληροφορία για την χρονική εξέλιξη των γεγονότων στο δίκτυο. Στις συγκεντρωτικές εκτυπώσεις τιμών παραμέτρων λειτουργίας του δικτύου, παρουσιάζεται πληροφορία για την κατάσταση του δικτύου μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Σε τεχνήματα όπως το Βιβλίο Συμβάντων ή στις εκτυπώσεις ροής συμβάντων (§7.2.3), οι χειριστές μπορούν να εντοπίσουν πληροφορία για τη χρονική ακολουθία συμβάντων. Η «χρονική πληροφορία» που υπάρχει στα τεχνήματα βοηθάει στη διατήρηση της συνεργατικής μνήμης.

Οι χειριστές αξιοποιούν τις δυνατότητες κάθε τεχνήματος (ευρύτητα, φορητότητα, αποτύπωση χρονικής πληροφορίας, κλπ) μέσα από τις πρακτικές χρησιμοποίησης τους που έχουν αναπτύξει με την πάροδο του χρόνου (Drivalou, 2005a), ενώ σε πολλές περιπτώσεις προχωρούν και σε «ανασχεδιασμό» τους, προκειμένου αυτά να εξυπηρετούν καλύτερα το νοητικό και συνεργατικό έργο (§7.3.5).

7.3.4 Πρακτικές Εργασίας

Μέσω της Εθνογραφίας παρακολουθεί κανείς τη φυσική αλληλουχία των πρακτικών εργασίας που υιοθετούν οι εργαζόμενοι (D'Andrade, 1990). Η εθνογραφική ανάλυση έδειξε ότι οι χειριστές έχουν αναπτύξει πρακτικές εργασίας που συνδέονται με τις τεχνολογικές δυνατότητες των διαθέσιμων τεχνημάτων και την «οργανωτική κουλτούρα» της επιχείρησης ηλεκτρισμού. Επίσης, κατά την ανάλυση της χρήσης των τεχνημάτων, διαπιστώθηκε ότι οι χειριστές χρησιμοποιούν κάποια τεχνήματα ή συγκεκριμένες λειτουργίες αυτών, με τρόπο διαφορετικό από αυτόν που είχε προκαθοριστεί κατά το σχεδιασμό τους, ωστόσο τα χρησιμοποιούν για την πραγματοποίηση των σκοπών που εξυπηρετεί το σύστημα εργασίας. Στόχο σε κάθε περίπτωση αποτελεί η υποβοήθηση του φυσικού και νοητικού τους έργου, προκειμένου να εκτελούν πιο άμεσα και αποτελεσματικά την εποπτεία, διάγνωση, και έλεγχο του δικτύου.

7.3.4.1 Εποπτεία

Ο εποπτικός έλεγχος αποτελεί το σύνολο των δραστηριοτήτων και τεχνικών που αναπτύσσουν οι χειριστές, προκειμένου να επιτυγχάνουν τους στόχους του συστήματος.

Ο τρόπος εποπτείας του δικτύου διαφοροποιείται ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο. Υπάρχουν περιπτώσεις που οι χειριστές εκτελούν αντισταθμιστική εποπτεία, δηλ. εποπτεύουν συγκεκριμένα σημεία του δικτύου αφού εμφανιστεί κάποιος συναγερμός ή άλλη πληροφορία. Σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας όπως οι καύσωνες, αρκετοί χειριστές εκτελούν προληπτική εποπτεία, προχωρώντας σε περιοδικούς ελέγχους σημαντικών παραμέτρων προκειμένου να διαπιστώσουν ότι δεν βρίσκονται σε κρίσιμες τιμές. Ελέγχουν επίσης τον τρόπο λειτουργίας (αυτόματο, χειροκίνητο) και τις ρυθμίσεις των μετασχηματιστών. Επιπλέον, ελέγχουν ποια συστήματα ασφαλείας του δικτύου βρίσκονται εκτός λειτουργίας, προκειμένου να εποπτεύουν με προσοχή την συμπεριφορά των στοιχείων που βρίσκονται προσωρινά εκτός προστασίας. Τέλος, ελέγχουν μήπως κατά τη διάρκεια των ταυτόχρονων εργασιών σε πολλά σημεία του δικτύου, προκύψει κάποια παραβίαση των τεχνικών προδιαγραφών ή λειτουργικών περιορισμών των στοιχείων του δικτύου (π.χ. να μπουν παράλληλα πηγές με μη-συμβατή πηγή τροφοδοσίας). Γενικά, η προληπτική εποπτεία, παρέχει τη δυνατότητα καλύτερου μακροπρόθεσμου σχεδιασμού της διαχείρισης του δικτύου.

Για την κατάλληλη υποστήριξη του εποπτικού έργου, οι χειριστές εκτελούν μία σειρά από ενέργειες πάνω στα τεχνήματα.

Για να διατηρούν τα τεχνήματα επικαιροποιημένα:

- καταχωρούν με κιμωλία προσωρινές αλλαγές ή εργασίες που πραγματοποιούν στη συνδεσμολογία του δικτύου, προκειμένου να μπορούν εύκολα να τις εντοπίσουν (αναλυτικά §7.3.5.1).
- τηρούν ενήμερο το αρχείο συμβάντων, καταχωρούν αλλαγές κατάστασης σε έντυπα, ηλεκτρονικά αρχεία, και φακέλους, ενημερώνουν το αρχείο βλαβών και τις κάρτες των ΥΣ, και τηρούν στατιστικά για το δίκτυο.
- κρατάνε χειρόγραφε σημειώσεις σε μπλοκ, που αποτυπώνουν είτε επιλεγμένη πληροφορία από τα άλλα τεχνήματα, είτε πληροφορία που έρχεται εξωτερικά από άλλες αίθουσες ελέγχου, είτε τρέχουσες ενέργειες που εκτελούνται και πρέπει να καταχωρηθούν-μεταφερθούν αργότερα σε έντυπα ή χειρόγραφα αρχεία.

Κατά τη διαδικασία παράδοσης - παραλαβής βάρδιας, οι χειριστές της πρώτης βάρδιας ενημερώνουν τους χειριστές της επόμενης για: την κατάσταση σημαντικών παραμέτρων, ασυνήθη αλάρμ, εργασίες που έχουν ολοκληρωθεί και εργασίες που βρίσκονται σε εξέλιξη, ενέργειες που έχουν προγραμματιστεί να γίνουν μέσα στις επόμενες ώρες, παραμέτρους τις οποίες πρέπει να παρακολουθούν συστηματικά, ποια εργοδηγεία εργάζονται σε ποια σημεία, για ποιες επόμενες ενέργειες είναι ενήμερο το προσωπικό του κάθε εργοδηγείου. Επιπλέον, οι χειριστές που παραλαμβάνουν το δίκτυο, κάνουν μία σύντομη ανασκόπηση των όσων αναφέρονται στο Βιβλίο Συμβάντων, των καταχωρήσεων με κιμωλία που υπάρχουν πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα και το Διάγραμμα Μετασχηματιστών, και των χειρόγραφων καταχωρήσεων με σημαντικές πληροφορίες, που έχουν κρατηθεί από την προηγούμενη βάρδια σε μπλοκ σημειώσεων.

Οι χειριστές εκτελούν επίσης σε μόνιμη βάση, διάφορες ενέργειες για την προετοιμασία και υποστήριξη των κυρίως δραστηριοτήτων τους, δημιουργώντας «εξωτερικές υπενθυμίσεις» για σημαντικές ή κρίσιμες πληροφορίες καθώς:

- Αφήνουν χειρόγραφα σημειώματα ή Σημειώματα Εκτέλεσης Εργασιών πάνω στην τράπεζα χειρισμών, για να επισημάνουν σημεία όπου εξελίσσονται εργασίες από εργοδηγεία της επιχείρησης ή συνεργεία άλλων φορέων (δίκτυα φυσικού αερίου, ύδρευσης, τηλεπικοινωνιών). Στα σημεία αυτά, υπάρχει πιθανότητα τραυματισμού των καλωδίων του δικτύου ηλεκτρισμού και εμφάνισης βλάβης. Έτσι, αν υπάρξει κάποιο συμβάν στην περιοχή, οι χειριστές ξεκινούν την αναζήτηση του προβλήματος από εκεί.
- Δημιουργούν και διατηρούν εκτυπώσεις που απεικονίζουν την συνολική κατάσταση του δικτύου σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Οι εκτυπώσεις αυτές λειτουργούν ως ένα στοιχείο αναφοράς για την κατάσταση του δικτύου, βάσει του οποίου μπορεί να αξιολογήσει κανείς μελλοντικές αλλαγές ή συμπεριφορές στοιχείων του δικτύου.

- Αφήνουν ανοιχτό το Βιβλίο Συμβάντων, σε επιλεγμένες σελίδες, ώστε οι χειριστές να έχουν άμεση πρόσβαση σε αναλυτική πληροφορία για ένα προγενέστερο συμβάν στο δίκτυο, που συνδέεται με την εξέλιξη ενός τρέχοντος συμβάντος.

Όταν ολοκληρωθεί η διαχείριση συγκεκριμένων συμβάντων, «καθαρίζουν» τις επιφάνειες του διαμεσολαβητή, απενεργοποιώντας τα φωτεινά διαγράμματα και αποσύροντας οποιοδήποτε από τα προαναφερθέντα στοιχεία δεν είναι πια χρήσιμο για το έργο των χειριστών.

7.3.4.2 Διάγνωση

Ο εντοπισμός μίας μη-ομαλής κατάστασης ή ενός σφάλματος, αποτελεί συχνά ένα πολύπλοκο και δύσκολο καθήκον. Οι χειριστές πρέπει να εντοπίζουν τα σφάλματα μέσα στο σύστημα, και να μπορούν να διαγνώσουν την υποκείμενη αιτία της αστοχίας. Μία ένδειξη μπορεί να είναι αληθής ή ψευδής, το ίδιο και ένα αλάρμ. Το πώς θα το αξιολογήσει κάθε φορά ο χειριστής ή εάν θα το λάβει υπόψη του, εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως την εγρήγορση, την ενημερότητα κατάστασης, το πλαίσιο λειτουργίας, και τη συμπεριφορά του συστήματος ελέγχου το πρόσφατο χρονικό διάστημα.

Οι χειριστές χτίζουν σταδιακά τη γνώση τους για τη δυναμική του συστήματος, τη φυσική εικόνα των στοιχείων του, τη διευθέτησή τους στο χώρο και τις αιτιακές σχέσεις του συστήματος, μετά από ένα μεγάλο διάστημα εργασίας στο σύστημα. Η γνώση αυτή, αποτελεί τη βάση πάνω στην οποία στηρίζονται τα νοητικά μοντέλα των χειριστών, τα οποία τους βοηθούν να προβλέπουν μελλοντικά γεγονότα ή καταστάσεις στο δίκτυο, ενώ ταυτόχρονα τους δίνουν τη δυνατότητα να προχωρούν σε διάγνωση των αστοχιών και των μη-αναμενόμενων γεγονότων, καθώς τους επιτρέπουν να έχουν καλύτερη κατανόηση του συστήματος εργασίας.

Μετά από την εκδήλωση ενός σφάλματος στο δίκτυο, οι χειριστές πρέπει: α) να εκτελέσουν άμεσα ενέργειες που θα επαναφέρουν την ομαλή λειτουργία του δικτύου, β) να εκτελέσουν διαγνωστικές ενέργειες προκειμένου να εντοπίσουν και να διορθώσουν το σφάλμα. Η διαδικασία της διάγνωσης ξεκινά αρχικά από το να διαπιστώσουν εάν ο συναγερμός είναι αληθής ή ψευδής, και κατόπιν στηρίζεται στον έλεγχο μίας σειράς κριτηρίων (π.χ. εάν μία γραμμή που έπεσε έχει εναέριο τμήμα).

Προκειμένου να διαπιστώσουν την αξιοπιστία των απεικονιζόμενων ενδείξεων για το δίκτυο, οι χειριστές ελέγχουν με πρακτικούς τρόπους, εάν οι τηλεμετρήσεις λειτουργούν σωστά (π.χ. ανεβοκατεβάζουν τη θέση του ΣΑΤΥΦ για να δουν εάν η ένδειξη της τάσης μεταβάλλεται ανάλογα), και εάν η συμπεριφορά των ενδεικτικών στον Πίνακα ελέγχου είναι ομαλή (π.χ. παρακολουθούν την κίνηση της βελόνας στα ενδεικτικά). Επιπλέον, ελέγχουν την αξιοπιστία και την ορθότητα των συστημάτων προστασίας και των αυτοματισμών του δικτύου (π.χ. όταν η τιμή μίας παραμέτρου, έρχεται σε αντίθεση με κάποια άλλη πληροφορία), χρησιμοποιώντας την γνώση που έχουν για τις αρχές λειτουργίας του τεχνολογικού συστήματος.

Η διάγνωση απαιτεί συνήθως την ενοποίηση πληροφορίας από πολλές πηγές, έτσι οι χειριστές:

- Ανακαλούν από τη μνήμη τους ιστορική πληροφορία για συμπεριφορές και ιδιαιτερότητες στοιχείων του δικτύου («κάποιος διακόπτης που παρουσίαζε συχνά πτώσεις την τελευταία εβδομάδα», «μετασχηματιστής που τίθεται εκτός λειτουργίας σε τιμή χαμηλότερη από τη ρύθμιση του συναγερμού») και ανατρέχουν σε έντυπα και ηλεκτρονικά αρχεία, προκειμένου να αντλήσουν ιστορική πληροφορία για το δίκτυο και τον εξοπλισμό ελέγχου (πληροφορία για ρυθμίσεις, προηγούμενες βλάβες, και κατάσταση συντήρησης).

- Αξιοποιούν επίσημες και ανεπίσημες πηγές πληροφορίας. Π.χ. καταναλωτές μπορεί να τηλεφωνήσουν στο Κέντρο Ελέγχου για να παραπονεθούν για διακοπή ηλεκτροδότησης. Ο έλεγχος της θέσεως του καταναλωτή στο δίκτυο, και της πηγής τροφοδοσίας του, μπορεί να βοηθήσει στην ερμηνεία άλυτου προβλήματος που είχε παρουσιαστεί σε μία περιοχή ή ακόμη και στον εντοπισμό προβλήματος στο δίκτυο, για το οποίο δεν είχε φτάσει οποιαδήποτε πληροφορία μέσω του συστήματος ελέγχου.

- Χρησιμοποιούν έμμεσες διαγνωστικές νύξεις. Η μη-εμφάνιση ενός γεγονότος αποτελεί κάποιες φορές ένα διαγνωστικό αξιοποιήσιμο γεγονός π.χ. το αλάρμ 25 για την κατάσταση του συστήματος τηλεχειρισμών, ειδικά για κάποια Κέντρα Διανομής, εμφανίζεται και υποχωρεί σε τακτά διαστήματα. Όταν για μεγάλο χρονικό διάστημα δεν φέρει κάποια αναγγελία, αυτό δημιουργεί στους χειριστές υπόνοιες ότι μπορεί να υπάρχει κάποιο πρόβλημα στο σύστημα επικοινωνίας με τα Κέντρα Διανομής.

- Αξιοποιούν Τυπικά και Άτυπα Σήματα. Π.χ. άτυπο ηχητικό σήμα αποτελεί το «βούισμα» του τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού του συστήματος ελέγχου που βρίσκεται ακριβώς πίσω από το Μιμικό διάγραμμα, και αποτελεί ένδειξη για πιθανό πρόβλημα στο σύστημα επικοινωνίας με τα στοιχεία του δικτύου.

Από τα παραπάνω, διαπιστώνει κανείς ότι οι χειριστές βασίζονται τόσο σε κλασικές διαγνωστικές τεχνικές (τις οποίες έχουν διδαχθεί κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης), όσο και σε κάποιες μη-συμβατικές τεχνικές, τις οποίες είτε τις έχουν αναπτύξει οι ίδιοι μέσα από την τριβή τους με την καθημερινή πρακτική, είτε τις έχουν «αντιγράψει» από συναδέλφους τους, έχοντας διαπιστώσει την αποτελεσματικότητά τους στην πράξη.

7.3.4.3 Έλεγχος

Οι εργαζόμενοι εκπαιδεύονται σε επίσημες διαδικασίες, που καθοδηγούν τον τρόπο ανταπόκρισής τους στα όσα συμβαίνουν στις αίθουσες ελέγχου. Μελέτες όμως έχουν δείξει, ότι οι εργαζόμενοι δεν εκτελούν πάντα απόλυτα πιστά τις διαδικασίες (Roth et al., 1994). Οι χειριστές προσδιορίζουν τους στόχους βασισμένοι πάνω στη δική τους εκτίμηση της κατάστασης, εκτιμούν εάν οι ενέργειες που καθορίζονται από τις διαδικασίες επαρκούν για την επίτευξη αυτών των στόχων, και προσαρμόζουν τη διαδικασία στην τρέχουσα κατάσταση, όταν κρίνουν ότι αυτό είναι απαραίτητο. Κατά τη διάρκεια της στοχοθεσίας ακολουθούν τα παρακάτω βήματα:

- Εκτιμούν την κατάσταση ως προς την επίτευξη των λειτουργικών στόχων του συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη τις μετρήσεις που τους βοηθούν να εκτιμήσουν το εάν ένας στόχος μπορεί να επιτευχθεί ή όχι (π.χ. να διατηρήσουν τα φορτία των ΜΣ κάτω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο φόρτισης).
- Ελέγχουν τις προϋποθέσεις που υπάρχουν για την εκτέλεση συγκεκριμένων ενεργειών, δηλαδή εάν υπάρχουν τα διαθέσιμα μέσα και πόροι για την επίτευξη των στόχων (π.χ. υπάρχουν ΜΣ με ελεύθερα φορτία για να γίνουν οι μεταγωγές, η γραμμή ΥΤ μπορεί να σηκώσει το σύνολο των φορτίων).
- Εντοπίζουν εναλλακτικούς τρόπους δράσης. Η δυναμική λήψη αποφάσεων στηρίζεται σε μία αλληλουχία αλληλοεξαρτώμενων αποφάσεων, που λαμβάνονται σε ένα περιβάλλον που αλλάζει συναρτήσει της αλληλουχίας αποφάσεων (Edwards, 1962). Δεδομένου ότι κάποιοι από τους πόρους, μπορεί εξαρχής ή και κατά την εξέλιξη της εκτέλεσης μίας διαδικασίας να προκύψουν μη-διαθέσιμοι, ή ακόμη και η ίδια η εκτέλεση της διαδικασίας να αποτύχει για τεχνικούς λόγους (τεχνική αστοχία διακόπτη), οι χειριστές έχουν πρόχειρες και εναλλακτικές λύσεις, που είναι εφικτές σύμφωνα με την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος.
- Εξετάζουν εάν οι ενέργειες που σκοπεύουν να εκτελέσουν, έχουν κάποιες παράπλευρες συνέπειες. Ουσιαστικά, οι χειριστές προσπαθούν να εξασφαλίζουν ότι οι ενέργειες τους ή οι ενέργειες κάποιων συναδέλφων τους, δεν θα έχουν κάποια μη σκοπούμενη συνέπεια για τη λειτουργία συγκεκριμένων στοιχείων (π.χ. αύξηση της θερμοκρασίας ενός ΜΣ) ή του συστήματος γενικότερα.
- Λαμβάνουν ανάδραση, ότι οι εκτελούμενες ενέργειες έχουν όντως πραγματοποιηθεί (π.χ. διακόπτης έκλεισε, θέση του ΣΑΤΥΦ αυξήθηκε) και ότι οι σχετικές παράμετροι ανταποκρίνονται κατάλληλα (π.χ. τάση εξόδου αυξήθηκε).

Αφού ολοκληρωθούν οι ενέργειες για το τρέχον βήμα ελέγχου, προχωρούν διαδοχικά στις ενέργειες του επόμενου βήματος ελέγχου του δικτύου.

7.3.5 Παρεμβάσεις χειριστών σε τεχνήματα και διαδικασίες

Οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν ένα τεχνήμα, το μεταφράζουν, το τροποποιούν και το ρυθμίζουν μέχρι να διαπιστώσουν ότι τους ταιριάζει ή μέχρι του σημείου που δεν υπάρχουν περιθώρια τροποποιήσεων (Dekker et al, 2003). Πάνω στα τεχνήματα αποτυπώνεται η γνώση για το πεδίο σε βάθος χρόνου (Jones & Nemeth, 2005). Μέσα από μία διαδικασία «αντίστροφης σχεδίασης» των τεχνημάτων (Hale & Schmidt, 2008), μπορεί να διαπιστώσει κανείς τις μεταβαλλόμενες ανάγκες των χρηστών τους.

Στο χώρο της αίθουσας ελέγχου μέσης τάσης, υπάρχουν τόσο «εξωγενή γνωσιακά τεχνήματα» που έχουν αναπτυχθεί εκτός του περιβάλλοντος εργασίας και έχουν εισαχθεί μετά σε αυτό, όσο και «ενδογενή γνωσιακά τεχνήματα» που έχουν δημιουργηθεί από τους χρήστες τους, προκειμένου να κάνουν την εργασία τους καλύτερη ή ευκολότερη.

Η μελέτη των τεχνημάτων φανέρωσε τον εξελικτικό τους χαρακτήρα, μέσω του οποίου αποτυπώνεται πληροφορία που λείπει, θέματα επίσημων και άτυπων προτεραιοτήτων στην εργασία, καθώς και οργανωτικά θέματα. Η ερμηνεία των «σχεδιαστικών παρεμβάσεων» των χειριστών στο σύστημα εργασίας, βασίστηκε στην κείμενη χρήση των τεχνημάτων, στην πραγματική κατανομή των νοητικών πόρων, και στις πρακτικές εργασίας. Διαπιστώθηκε ότι οι χειριστές παρεμβαίνουν σχεδιαστικά, και εξελίσσουν τα διαθέσιμα τεχνήματα, προκειμένου:

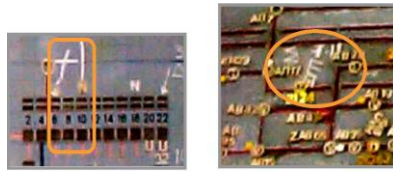
- να επεκτείνουν τις γνωσιακές τους παροχές.
- να μετριάσουν τις νοητικές απαιτήσεις που τίθενται από το σύστημα εργασίας.
- να διευκολύνουν την εκτέλεση των καθηκόντων, εξοικονομώντας χρόνο και προσπάθεια.
- να αυξήσουν την ατομική και συλλογική ενημερότητα κατάστασης.
- να ενδυναμώσουν το συνεργατικό έργο.
- να βελτιώσουν την ασφάλεια των εργασιών.

Οι παρεμβάσεις των χειριστών εμπίπτουν σε τρεις βασικές κατηγορίες (Drivalou & Marmaras, 2006): Προσθήκες, Προσαρμογές, και Αποκλίσεις, που περιγράφονται αναλυτικά στις ενότητες που ακολουθούν.

7.3.5.1 Προσθήκες

Οι προσθήκες (Innovations) αφορούν σε παρεμβάσεις που έχουν αναπτύξει οι χειριστές προκειμένου να αντισταθμίσουν τους περιορισμούς, και να επεκτείνουν τις κοινωνικο-διαδραστικές δυνατότητες των υπαρχόντων τεχνημάτων που

περιγράφηκαν στις §7.3.3 & 7.3.4. Οι χειριστές έχουν καθιερώσει ένα «Σύνολο Συμβόλων» τα οποία καταχωρούν με κιμωλία στον Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου και στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, προκειμένου να αποτυπώσουν ενημερωμένη πληροφορία για το δίκτυο.



Εικόνα 7.9 Καταχωρήσεις με κιμωλία στο Διάγραμμα μετασχηματιστών και στο Μιμικό Διάγραμμα

Σημειώσεις με Κιμωλία στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών.

Η κατάσταση των διακοπών αναχωρήσεων κάθε Μετασχηματιστή, προσδιορίζεται από τρεις επιμέρους θέσεις:

- *Τρέχουσα θέση* που απεικονίζεται με φωτεινή ένδειξη πάνω στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών.
- *Μόνιμη θέση* που απεικονίζεται πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα και στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, με πλαστικά σύμβολα.
- *Προσωρινή θέση* που αντιστοιχεί στην τροποποίηση της θέσεως του διακόπτη, που πραγματοποιούν οι χειριστές για λόγους διαχείρισης του πεδίου, και η οποία διαφέρει από τη μόνιμη θέση.

Συνήθως, η προσωρινή και η τρέχουσα θέση ταυτίζονται, εκτός εάν έχει ενεργοποιηθεί κάποιος συναγερμός ή έχει συμβεί κάποια βλάβη, και όλοι οι διακόπτες έχουν περάσει στην κατάσταση «ανοιχτός».

Σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό του Διαγράμματος Μετασχηματιστών, που απεικονίζει μόνο την τρέχουσα και την μόνιμη θέση των διακοπών, η πληροφορία για τις προσωρινές τροποποιήσεις που έχουν κάνει οι χειριστές χάνεται, καθώς δεν υπάρχει σημείο αποτύπωσής της. Έτσι, οι χειριστές προκειμένου να αποτυπώνουν την πληροφορία αυτή πάνω στα τεχνήματα, έχουν καθιερώσει μία Συμβολική Απεικόνιση αποτελούμενη από δύο σύμβολα (Εικόνα 7.9, αριστερά):

- το *σύμβολο "/"* χρησιμοποιείται για να δείξει την αλλαγή «ενός διακόπτη που είναι μόνιμα κλειστός, σε προσωρινά ανοιχτό»,
- το *σύμβολο "+"* χρησιμοποιείται για να δείξει τη μετάβαση «ενός μόνιμα ανοιχτού διακόπτη, σε προσωρινά κλειστό»

Τα σύμβολα αυτά, καταχωρούνται με κιμωλία πάνω στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, στο χώρο πάνω από το φωτεινό ενδεικτικό της τρέχουσας κατάστασης κάθε διακόπτη.

Σημειώσεις με κιμωλία στο Μιμικό Διάγραμμα.

Οι χειριστές έχουν επεκτείνει την χρήση καταχωρήσεων με κιμωλία και στο Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου, προκειμένου να απεικονίσουν ενημερωμένη πληροφορία, σε ό,τι αφορά την εκτέλεση εργασιών συντήρησης και την λειτουργική κατάσταση των στοιχείων του δικτύου, καθώς επίσης και για να παρακολουθούν τη θέση των εργοδηγείων πάνω στο δίκτυο.

Αρχικά, οι χειριστές χρησιμοποιούσαν μία δική τους κωδικοποίηση ο καθένας. Με την πάροδο του χρόνου, επικράτησαν συγκεκριμένες συμβολικές-συντακτικές μορφές απεικόνισης, και έτσι υπήρξε μία τυποποίηση στα σχηματικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται, την οποία ακολουθούν όλοι οι χειριστές. Συνήθως, κάθε καταχώρηση με κιμωλία πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα, έχει την ακόλουθη συντακτική μορφή (Εικόνα 7.9, δεξιά):

- *ένα ηλεκτρικό Σύμβολο* (π.χ. το σύμβολο της γείωσης που δείχνει ότι ένα στοιχείο έχει ήδη απομονωθεί).
- *μία αλφαριθμητική Σημείωση* (π.χ. το γράμμα «Σ» και μία ημερομηνία « 7/11», που επισημαίνει την ημέρα που πρόκειται να γίνουν οι εργασίες συντήρησης από το εργοδηγείο).
- *διαφορετικό χρώμα κιμωλίας*, χρησιμοποιείται όταν καταχωρούνται ενέργειες για διαφορετικά σημειώματα εργασιών, προκειμένου να μην δημιουργείται σύγχυση.

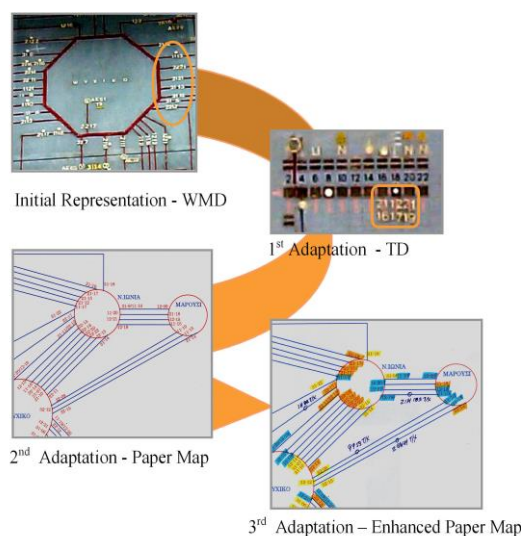
Οι σημειώσεις με κιμωλία (οι οποίες μπορούν εύκολα να καταχωρηθούν και να σβηστούν) ενισχύουν τα υπάρχοντα τεχνήματα της αίθουσας ελέγχου, με πραγματικού χρόνου πληροφορία για το δίκτυο. Καθώς έχουν διαφορετική υφή από τα υπόλοιπες πληροφορίες που αποτυπώνονται στα τεχνήματα (π.χ. φωτεινά ενδεικτικά, πλαστικά σύμβολα, κλπ), τραβούν την προσοχή των χειριστών, και για το λόγο αυτό είναι αντιληπτικά πολύ ισχυρές. Πρακτικά, αποτελούν μία μόνιμα ενεργή θέαση των τροποποιήσεων που έχουν γίνει στο δίκτυο και των χειρισμών που βρίσκονται σε εξέλιξη. Σε νοητικό επίπεδο, λειτουργούν ως τοπικές υπενθυμίσεις κρίσιμης πληροφορίας.

Οι χειριστές, βασισμένοι στην κοινή σημασιολογική γνώση που έχουν αναπτύξει σε βάθος χρόνου, καταχωρούν ενδείξεις με κιμωλία και ταυτόχρονα ερμηνεύουν τις καταχωρήσεις των συνεργατών τους, ενισχύοντας την ατομική και ομαδική ενημερότητα κατάστασης για τις τρέχουσες εργασίες και τροποποιήσεις στο δίκτυο.

7.3.5.2 Προσαρμογές

Οι προσαρμογές (Adaptations) αφορούν σε παρεμβάσεις που πραγματοποιούν οι χειριστές προκειμένου να επεκτείνουν την νοητική υποστήριξη που παρέχεται από το υπάρχον περιβάλλον ελέγχου, και έτσι να διευκολύνουν την εκτέλεση των καθηκόντων.

Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα προσαρμογών, συνδέεται με την αξιοποίηση των Γραμμών Αντιστήριξης που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φορτίων από ένα Μετασχηματιστή (ΜΣ) σε έναν άλλο. Οι γραμμές αυτές συνδέονται στα άκρα τους με δύο διαφορετικούς ΜΣ, και μπορούν να τροφοδοτηθούν ηλεκτρικά είτε από τον έναν ΜΣ είτε από τον άλλον ΜΣ, με αντίστοιχη ρύθμιση των διακοπών στα άκρα της γραμμής. Αυτό είναι ένα λειτουργικό χαρακτηριστικό, που παρέχει στους χειριστές τη δυνατότητα να μεταγούν φορτία άμεσα, ανακατανέμοντας τα φορτία μεταξύ των μετασχηματιστών (δραστηριότητα ιδιαίτερη κρίσιμη σε περιπτώσεις καύσωνα).



Εικόνα 7.10 Προσαρμογές των Χειριστών

Αρχικά, η πληροφορία για τις Γραμμές Αντιστήριξης αναζητούταν από τους χειριστές στο Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου. Αλλά λόγω της πυκνότητας της πληροφορίας πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα, ήταν δύσκολο να εντοπίσει και να διατρέξει κανείς το μονοπάτι κάθε Γραμμής Αντιστήριξης, από τον ΜΣ Α μέχρι τον ΜΣ Β (Εικόνα 7.10, **Αρχική Απεικόνιση- Μιμικό Διάγραμμα**).

Προκειμένου να ξεπεραστεί εν μέρει αυτή η δυσκολία, οι χειριστές προσέθεσαν πάνω στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών κάτω από τον αντίστοιχο διακόπτη του ΜΣ Α (στον οποίο βρίσκεται το ένα άκρο της γραμμής), την ονομασία του αντίστοιχου διακόπτη του ΜΣ Β (στον οποίο βρίσκεται το άλλο άκρο της γραμμής). Η σήμανση (annotation) αυτή, έχει μόνιμο χαρακτήρα και έγινε με χρήση πλαστικών συμβόλων, όμοιων με αυτά που χρησιμοποιούνται πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα (Εικόνα 7.10, **1η Προσαρμογή-Διάγραμμα Μετασχηματιστών**).

Έτσι, δημιούργησαν πάνω στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, μία μόνιμη θέαση των Γραμμών Αντιστήριξης κάθε μετασχηματιστή, η οποία παρουσιάζει άμεσα τις δυνατότητες μεταγωγής φορτίων ενός ΜΣ, και διευκολύνει τον προσανατολισμό και τον εντοπισμό πληροφορίας πάνω Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου. Παρόλα αυτά, η λύση αυτή δεν αντιμετωπίζει το πρόβλημα της εξαγωγής περαιτέρω πληροφορίας για τις γραμμές αυτές από το πυκνό –σε πληροφορία- Μιμικό Διάγραμμα. Οι χειριστές προκειμένου να πάρουν αποφάσεις για αποτελεσματικές μεταγωγές φορτίων εκμεταλλευόμενοι τις δυνατότητες των Γραμμών Αντιστήριξης, πρέπει να έχουν πρόσβαση σε μία συνοπτική τοπολογική θέαση των γραμμών αυτών. Για το λόγο αυτό, οι χειριστές ζήτησαν από τους μηχανικούς, να δημιουργήσουν μία απλοποιημένη μορφή του Μιμικού Διαγράμματος Τοίχου, που να δείχνει μόνο τις Γραμμές Αντιστήριξης που συνδέουν τους Μετασχηματιστές του δικτύου. Οι μηχανικοί δημιούργησαν ένα Χάρτη σε έντυπη μορφή, ο οποίος παρουσιάζει μόνο τα Κέντρα Διανομής μέσα στα οποία βρίσκονται οι μετασχηματιστές, και τις Γραμμές Αντιστήριξης που τους συνδέουν, με τα στοιχεία των διακοπών στις άκρες τους (Εικόνα 7.10, **2η Προσαρμογή- Χάρτης Γραμμών Αντιστήριξης**).

Λίγο αργότερα οι χειριστές προχώρησαν σε μία νέα προσαρμογή πάνω στον έντυπο Χάρτη, πραγματοποιώντας δύο παρεμβάσεις (Εικόνα 7.10, **3η Προσαρμογή- Επαυξημένος Χάρτης Γραμμών Αντιστήριξης**):

α) Χρησιμοποιώντας μαρκαδόρους υπογράμμισης, χρωμάτισαν τους διακόπτες στις άκρες κάθε γραμμής, ανάλογα με τον αριθμό του μετασχηματιστή στο Κέντρο Διανομής στον οποίο ανήκαν, δηλ. Μπλέ, Πορτοκαλί και Κίτρινο χρώμα για τους ΜΣ1, ΜΣ2, ΜΣ3 αντίστοιχα. Η παρέμβαση αυτή έγινε για να μπορούν οι χειριστές να ξεχωρίζουν τις δυνατότητες μεταγωγής κάθε ΜΣ.

β) Σημείωσαν πάνω στις Γραμμές Αντιστήριξης τους υπάρχοντες Τηλεχειριζόμενους Υποσταθμούς. Οι υποσταθμοί αυτοί παρέχουν επιπλέον ευελιξία, σε ό,τι αφορά την μεταφορά φορτίων με άμεσο τηλεχειρισμό μέσα από την αίθουσα

ελέγχου. Η πληροφορία αυτή υπήρχε διαθέσιμη και στο Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου, αλλά λόγω της πυκνότητας του Μιμικού Διαγράμματος και της δυσκολίας στο να παρακολουθήσει την όδευση της γραμμής αντιστήριξης και να τους εντοπίσει, θεωρήθηκε σκόπιμη η επιπλέον αυτή προσαρμογή του έντυπου Χάρτη. Ο Χάρτης αυτός είναι πολύ χρήσιμος για τους χειριστές, ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου, καθώς τότε πρέπει να προχωρούν σε συνεχείς μεταγωγές φορτίων για να διατηρούν την ισορροπία στο δίκτυο.

Οι διαδοχικές προσαρμογές των τεχνημάτων, αποτυπώνουν την ικανότητα των χειριστών να μετατρέπουν υπάρχουσες απεικονίσεις σε άλλο τύπου απεικονίσεις, που είναι πιο συμβατές με τους στόχους και την γνώση τους. Επίσης, ενδιαφέρον εύρημα για το σχεδιασμό, αποτελεί η μετάβαση από δύο τεχνηματα που χαρακτηρίζονται από μεγάλη ευρύτητα και όγκο πληροφορίας (Μιμικό Διάγραμμα και Διάγραμμα Μετασχηματιστών), σε ένα τέχνημα που χαρακτηρίζεται από φορητότητα και από την συνοπτική αποτύπωση συγκεκριμένης πληροφορίας (έντυπος Χάρτης Γραμμών Αντιστήριξης), καθώς δείχνει τη σημασία αποτύπωσης κάθε πληροφορίας στην κατάλληλη κλίμακα και μέσο.

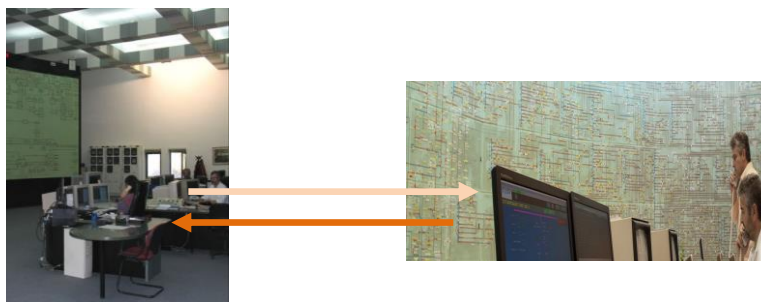
7.3.5.3 Αποκλίσεις

Οι αποκλίσεις (Deviations) αφορούν σε σκόπιμες ενέργειες των χειριστών, οι οποίες διαφοροποιούνται από τις επίσημες διαδικασίες και κανονισμούς. Οι αποκλίσεις μπορεί να πυροδοτηθούν από την πίεση χρόνου ή από κρίσιμα μη-οικεία και μη-αναμενόμενα συμβάντα. Οι αποκλίσεις μπορεί επίσης να αναδυθούν και λόγω χαλαρά προσδιορισμένων διαδικασιών και ασαφών κανονισμών ή τεχνημάτων υποστήριξης του έργου των χειριστών, που δεν ικανοποιούν τις νοητικές και συνεργατικές απαιτήσεις του έργου τους.

Οι αποκλίσεις μπορεί να είναι συντομεύσεις που παρακάμπτον κάποια βήματα διαδικασιών, στοχεύοντας στη εξοικονόμηση χρόνου ή και προσπάθειας κατά την εκτέλεση ενός καθήκοντος. Για παράδειγμα σε κάποιες περιπτώσεις, οι χειριστές προχωρούν σε επανηλέκτριση συγκεκριμένων στοιχείων του δικτύου, βασιζόμενοι σε εμπειρική εκτίμηση της κατάστασης «παρακάμπτοντας» συγκεκριμένα βήματα ελέγχου. Αυτοί οι τύποι αποκλίσεων αφορούν σε οικείες καταστάσεις, όπου οι χειριστές βασίζονται σε προηγούμενες εμπειρίες και στη γνώση τους για το πεδίο (Vicente, 1999).

Οι αποκλίσεις μπορεί επίσης να αφορούν διαφοροποιήσεις από επίσημες διαδικασίες που καθοδηγούνται από τη νοητική ευελιξία των χειριστών όταν αντιμετωπίζουν κρίσιμες ή μη-οικείες καταστάσεις (Besnard & Greathead, 2003).

Οι αποκλίσεις που πραγματοποιούν οι χειριστές, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής: α) κρίσιμες αποκλίσεις, οι οποίες κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να οδηγήσουν σε μη-επιθυμητά γεγονότα, και β) εποικοδομητικές αποκλίσεις, οι οποίες ενισχύουν την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης του συστήματος, χωρίς να αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης μη-επιθυμητών γεγονότων. Οι αποκλίσεις ξεκινούν πάντα ως αποδεκτές διαφοροποιήσεις, που διευκολύνουν την εργασία ή την κάνουν κατά περίπτωση πιο αποτελεσματική, και καθώς περνάει ο χρόνος εξελίσσονται βαθμιαία σε καθιερωμένες πρακτικές εργασίας.



Εικόνα 7.11 Ανταλλαγή Πληροφορίας μεταξύ των αιθουσών ελέγχου

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο τρόπος επικοινωνίας των αιθουσών ΥΤ και ΜΤ, σε κρίσιμες συνθήκες. Όπως περιγράφηκε στην ενότητα (§7.3.2), το χρονικό διάστημα που πραγματοποιήθηκε η μελέτη, η εποπτεία και έλεγχος των ΜΣ ΥΤ/ΜΤ ήταν μοιρασμένος μεταξύ των δύο αιθουσών (Εικόνα 7.11). Η αίθουσα ΥΤ επόπτευε τη θερμική εικόνα των ΜΣ, και έπρεπε να ενημερώνει την αίθουσα ΜΤ για την έλευση των συναγερωμένων θερμοκρασίας (τυλίγματος και πυρήνα), ώστε αυτοί με τη σειρά τους να αφαιρέσουν φορτία από τους Μετασχηματιστές που έχουν θερμικό αλάρμ. Επίσης, έπρεπε να τους ενημερώνουν και για την παύση του συναγερωμού, προκειμένου οι χειριστές μέσης τάσης να προχωρήσουν σε επαναφορά των φορτίων στις αρχικές πηγές τροφοδότησης.

Σε συνθήκες καύσωνα, όταν όλες οι μονάδες λειτουργούν κοντά στα όρια των δυνατοτήτων λειτουργίας τους, είναι χρήσιμο για τους χειριστές ΜΤ (δεδομένης της χρονικής υστέρησης που υπάρχει στην αποτύπωση της θερμικής εικόνας των ΜΣ, αλλά και του χρόνου που απαιτείται για τη πτώση της θερμοκρασίας όταν γίνουν ενέργειες στο ΜΣ), να γνωρίζουν έγκαιρα πότε οι ΜΣ προσεγγίζουν κρίσιμες τιμές, πριν φτάσουν σε κατάσταση συναγερωμού (alarm) ή ενεργοποίησης της προστασίας (trip).

Η έγκαιρη πρόσβαση σε αυτή την πληροφορία, βοηθάει στο να εκτελούν οι χειριστές μέσης τάσης πιο ακριβείς και αποτελεσματικούς χειρισμούς, οι οποίοι προστατεύουν τους ΜΣ από το να πάθουν βλάβη ή από το να τεθούν εκτός λειτουργίας για κάποιο χρονικό διάστημα και να είναι μη-διαθέσιμοι στο δίκτυο. Πρακτικά, η θερμοκρασία αποτελεί πληροφορία που επιτρέπει στους χειριστές να καταστρώνουν και να υλοποιούν σενάρια χειρισμών και μεταγωγών φορτίων, που είναι βιώσιμα μακροπρόθεσμα και δεν κινδυνεύουν να ανατραπούν άμεσα από την ξαφνική έλευση ενός συναερμού θερμοκρασίας. Για το λόγο αυτό, διαπιστώθηκαν: α) περιπτώσεις όπου η αίθουσα ΜΤ με δική της πρωτοβουλία επικοινωνούσε με την αίθουσα ΥΤ, για να ρωτήσει ποιοι ΜΣ βρίσκονται κοντά στο θερμικό όριο συναερμού, προκειμένου να αποφύγουν ενέργειες που θα μπορούσαν να τους επιβαρύνουν περαιτέρω, και β) περιπτώσεις όπου μηχανικός της αίθουσας ΜΤ βρισκόταν στην αίθουσα ΥΤ, με σκοπό να μεταφέρει άμεσα σχετικές πληροφορίες στην αίθουσα ΜΤ.

Οι «αποκλίσεις» από τις επίσημες διαδικασίες, όταν το περιβάλλον εργασίας των χειριστών γίνεται πολύ απαιτητικό, προκύπτει ως αποτέλεσμα διερεύνησης στην πράξη, πιο αποτελεσματικών τρόπων εργασίας από πλευράς χειριστών και μηχανικών, και είναι σκόπιμο να λαμβάνονται υπόψη κατά τον ανασχεδιασμό ενός συστήματος.

Στο χώρο των δικτύων μέσης τάσης, η εθνογραφική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τρόπο τέτοιο, ώστε να οδηγήσει αρχικά σε μία περιγραφική μοντελοποίηση του πεδίου, που θα τροφοδοτήσει με κατάλληλο υλικό την διαπλαστική μοντελοποίηση του πεδίου που θα ακολουθήσει, προκειμένου να εξαχθούν συγκεκριμένες απαιτήσεις και προδιαγραφές σχεδιασμού.

Στα επόμενα κεφάλαια, παρουσιάζεται ο τρόπος αξιοποίησης και η επέκταση των ευρημάτων της Εθνογραφικής Ανάλυσης, κατά την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, και κατά το στάδιο του σχεδιασμού.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΝΟΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8. ΑΝΑΛΥΣΗ ΝΟΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (Κεφ.3-§3.4) σχεδιάστηκε για συστήματα στα οποία η ανθρώπινη εργασία δεν μπορεί να περιγραφεί ως μία διαδικασία, λόγω των λειτουργικών συνεπειών που έχουν απρόβλεπτα γεγονότα, και χρησιμοποιείται για να αναδείξουν οι σχεδιαστές τους περιορισμούς –που επιβάλλονται στην δράση, έτσι ώστε ο χειριστής να είναι ελεύθερος να προσαρμοστεί ευέλικτα, εντός αυτών των περιορισμών, όταν εμφανιστούν μη-αναμενόμενες καταστάσεις (Κεφ.3-§3.1.1).

Το πλαίσιο εστιάζει στα γνωσιακά στοιχεία των καθηκόντων, αλλά και στους περιορισμούς που τίθενται από την οργάνωση και την τεχνολογία του συστήματος. Η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας πραγματεύεται τις κοινωνικές και τεχνικές πτυχές του συστήματος, μεμονωμένα, αλλά και συνολικά. Στοχεύει στο να αναγνωριστούν οι απαιτήσεις και οι προδιαγραφές σχεδιασμού, που θα επιτρέψουν σε εργαζόμενους με διαφορετικό επίπεδο εμπειρίας και ατομικά χαρακτηριστικά, να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τόσο οικεία, όσο και μη-οικεία περιστατικά.

Στο Κεφ. 6-§6.5.2, παρουσιάστηκαν οι λόγοι που καθιστούν σκόπιμη την εφαρμογή και των πέντε σταδίων ανάλυσης που προτείνει το μεθοδολογικό πλαίσιο. Στο παρόν κεφάλαιο, περιγράφεται ο τρόπος προσαρμογής και εφαρμογής της Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας, στο πλαίσιο των αναγκών που παρουσιάζει ο σχεδιασμός για τα ηλεκτρικά δίκτυα μέσης τάσης. Η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας υλοποιήθηκε σε δύο επιμέρους φάσεις, πρώτα έγινε Μοντελοποίηση του Συστήματος Εργασίας, και κατόπιν ακολούθησε Πλαισιοθετημένη Ανάλυση Δραστηριότητας, με στόχο την εξαγωγή απαιτήσεων και τη διαμόρφωση προδιαγραφών σχεδιασμού (Drivalou, 2005b, 2008, Drivalou & Marmaras, 2009).

- Μοντελοποίηση του Συστήματος Εργασίας

Αρχικά, προσδιορίστηκαν οι παράμετροι που διαμορφώνουν το εξωτερικό περιβάλλον λειτουργίας του δικτύου (φυσικό περιβάλλον και καταναλωτές), και θέτουν απαιτήσεις και περιορισμούς στον τρόπο που το δίκτυο μπορεί να εξυπηρετήσει το σκοπό λειτουργίας του.

Τα Μοντέλα Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης (Κεφ.3 -§3.3.1) εξυπηρετούν ένα βασικό στόχο της μηχανικής σχεδίασης, καθώς δίνουν μία ακριβή και ρεαλιστική απεικόνιση του συστήματος που είναι ανεξάρτητη από συγκεκριμένα περιστατικά. Σε πρώτη φάση, αναπτύχθηκε ένα βασικό μοντέλο πέντε επιπέδων Ιεραρχικής Αφαίρεσης του τεχνολογικού δικτύου διανομής μέσης τάσης, προκειμένου να αποτυπωθούν με συστηματικό τρόπο, ο σκοπός λειτουργίας, οι περιορισμοί, και οι διάφορες λειτουργίες του. Έμφαση δόθηκε στον εντοπισμό των δεδομένων, των πληροφοριών και των κρίσιμων μεταβλητών που αποτυπώνουν τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος σε κάθε επίπεδο αφαίρεσης, και παίζουν ιδιαίτερο ρόλο κατά την εποπτεία και διαχείριση του δικτύου σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας.

Κατόπιν, αναπτύχθηκαν πολλαπλά Μοντέλα Ιεραρχικής Αφαίρεσης – Διάσπασης (όπως Μοντέλο Ενεργειακών Θεσμικών Φορέων, Μοντέλο Υποτομένων, Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών, Μοντέλο Συνεργασίας Χειριστών-Συνεργειών, Μοντέλο Δομής Μετασηματιστών, Μοντέλο Τεχνολογικών Συστημάτων Εποπτείας και Ελέγχου Δικτύου), προκειμένου να αποτυπωθούν οι δυνατότητες και οι περιορισμοί δράσης, που συνδέονται με διαφορετικές πτυχές της λειτουργίας και δομής του συστήματος (Δριβάλου, 2002).

- Πλαισιοθετημένη Ανάλυση Δραστηριότητας

Τα μοντέλα λειτουργίας του πεδίου συλλαμβάνουν τα βασικά χαρακτηριστικά του, τα οποία διαμορφώνουν την εκ' προθέσεως δραστηριότητα μέσα σε αυτό. Οι εργαζόμενοι που δραστηριοποιούνται στο πεδίο, εκτελούν ενέργειες χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα σε αυτό μέσα, προκειμένου να επιτύχουν συγκεκριμένους στόχους. Οι ευκαιρίες που έχουν οι εργαζόμενοι να ενεργήσουν σωστά, εξαρτώνται από την γνώση που έχουν για την κανονικότητα στην συμπεριφορά του συστήματος, δηλαδή την γνώση που έχουν σχετικά με τους κανόνες που διαμορφώνουν την συμπεριφορά του συστήματος.

Τα Μοντέλα Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης (Μοντέλα ΙΑΔ) παρέχουν μία μοντελοποίηση του πεδίου εργασίας που μπορεί να υποστηρίξει διαφορετικά μονοπάτια επίλυσης προβλημάτων, για ποικίλα καθήκοντα που εκτελούνται ακόμη και στο πλαίσιο μη-οικείων ή μη αναμενόμενων καταστάσεων. Η διερεύνηση περιστατικών (που περιγράφουν δυναμικά σενάρια δράσης) πάνω στον καμβά των Μοντέλων Ιεραρχικής Αφαίρεσης –Διάσπασης, δείχνει πώς οι εργαζόμενοι χρησιμοποιούν τους πόρους του δικτύου και προσαρμόζονται στους δυναμικούς περιορισμούς, σε διαφορετικές συνθήκες (Drivalou & Marmaras, 2003).

Η εκ των υστέρων βηματική αποτύπωση της διαχείρισης μη-οικείων περιστατικών πάνω σε Μοντέλα Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης, ακόμη και σε περιπτώσεις που η αντιμετώπιση ήταν ανεπιτυχής, βοηθά στο να διαπιστωθεί πόσο κοντά ή μακριά από την περιοχή ή τη διαδρομή σωστής επίλυσης βρέθηκαν οι χειριστές και γιατί. Σε περιπτώσεις επιτυχούς διαχείρισης, η ανάλυση των περιστατικών βοηθάει στο να συσχετίσει κανείς συγκεκριμένους στόχους με συγκεκριμένες ενέργειες, οι οποίες εάν αξιοποιηθούν κατάλληλα σχεδιαστικά, μπορούν να βοηθήσουν τους χειριστές να αναπτύξουν προηγμένους τρόπους συλλογισμού και λήψης αποφάσεων που είναι χρήσιμες για την αντιμετώπιση των μη-αναμενόμενων περιστατικών.

Όπως διαπιστώθηκε από την Εθνογραφική Ανάλυση, οι εργαζόμενοι στα δίκτυα διανομής μέσης τάσης έρχονται αντιμέτωποι με τρεις κατηγορίες συμβάντων: α) συνήθη, επαναλαμβανόμενα συμβάντα, τα οποία είναι οικεία στους χειριστές, β) περιστασιακά εκδηλωνόμενα συμβάντα, με τα οποία οι χειριστές δεν είναι ιδιαίτερα εξοικειωμένοι, και γ)

σπάνια συμβάντα τα οποία δεν είναι προβλέψιμα, και οδηγούν σε μη-οικείες καταστάσεις του συστήματος, με ή χωρίς αρνητικές συνέπειες. Και στις τρεις κατηγορίες συμβάντων μπορεί να εμφανιστούν παρολίγον-αστοχίες, αστοχίες, σοβαροί κίνδυνοι, καθώς και οργανωτικοί αιφνιδιασμοί στον τρόπο συντονισμού των μονάδων που διαχειρίζονται το σύστημα. Η ανάλυση των συμβάντων αυτών αναδεικνύει κρίσιμα σημεία στη λειτουργία του δικτύου, καθώς και καθοριστικά –θετικές ή αρνητικές- ενέργειες των χειριστών κατά τη διαχείριση του συστήματος. Από τις καταγραφές συμβάντων που είχαν γίνει στο πλαίσιο των συστηματικών παρατηρήσεων (§7.1.9), διαμορφώθηκαν 54 αντιπροσωπευτικά Περιστατικά, οικείων και μη-οικείων καταστάσεων που είχαν αντιμετωπίσει οι χειριστές στο πλαίσιο διαφορετικών συνθηκών λειτουργίας του δικτύου (§7.1.8). Κάθε περιστατικό ανάλογα με το περιεχόμενο του (βασικό γεγονός, κατηγορία ενεργειών διαχείρισης, είδος συνεργασιών που απαιτούνταν) αναλύθηκε σε κατάλληλα επιλεγμένα Μοντέλα ΙΑΔ.

Η Ανάλυση Δραστηριότητας υλοποιήθηκε σε τέσσερα επιμέρους στάδια, καθένα από τα οποία εστιάζει σε διαφορετική παράμετρο της εργασίας των χειριστών (καθήκοντα ελέγχου, στρατηγικές, κοινωνική οργάνωση συνεργασιών, ατομικοί παράγοντες). Σε όλα τα στάδια δίνεται έμφαση στον τρόπο δράσης των χειριστών σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας. Για κάθε στάδιο παρουσιάζονται α) οι στόχοι της ανάλυσης, β) τα περιστατικά που αναλύθηκαν και ο τρόπος επεξεργασίας τους, γ) κρίσιμες παράμετροι δραστηριότητας που διαπιστώθηκαν, και δ) οι εξαχθείσες απαιτήσεις σχεδιασμού.

Οι απαιτήσεις κάθε σταδίου συνδέονται με συγκεκριμένες σχεδιαστικές αποφάσεις. Η συγχώνευση των απαιτήσεων οδηγεί στην εξαγωγή συγκεκριμένων προδιαγραφών σχεδιασμού, για την υποστήριξη των χειριστών σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου, που είναι νοητικά πιο απαιτητικές. Ειδικότερα, τα αποτελέσματα της ανάλυσης ατομικών παραγόντων, συμβάλουν στη διαδικασία της «σημασιολογικής αποτύπωσης» των πληροφοριών στο διαμεσολαβητή, έτσι ώστε να υποστηρίζονται αποτελεσματικά τα επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς που υιοθετούν χειριστές με διαφορετικά ατομικά χαρακτηριστικά, κατά τη διάρκεια οικείων και μη-οικείων περιστατικών.

Η ανάλυση δραστηριότητας συνολικά, συνέβαλε στο να μελετηθούν οι ρόλοι όλων των εμπλεκόμενων στη διαχείριση του συστήματος, να διαπιστωθούν ασφαλείς και μη διαδικασίες, και να εντοπιστούν τεχνικές και οργανωτικές παράμετροι της εργασίας, για τις οποίες είναι σκόπιμο να δοκιμαστούν αλλαγές στο πλαίσιο του πειραματικού σχεδιασμού διαμεσολαβητή (π.χ. εναλλακτικές λύσεις πρόσβασης σε πληροφορία για το δίκτυο μεταξύ συνεργαζόμενων φορέων).

8.1 Μοντελοποίηση του Συστήματος Εργασίας

Τα δίκτυα μέσης τάσης αποτελούν ένα υποσύστημα, του συνολικού ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος. Η διαχείριση τους καθορίζεται από αρχές που συνδέονται με πολιτικές διοίκησης και νομικές παραμέτρους, από τεχνολογικούς παράγοντες και φυσικούς κανόνες, και από κοινωνικό – οργανωτικές αρχές και προτεραιότητες. Για παράδειγμα, για λόγους δημόσιας ασφάλειας και υγείας, νοσοκομεία, κρατικά κτήρια, Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, πρεσβείες, ευάλωτοι καταναλωτές κλπ. πρέπει να έχουν αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, και να επανηλεκτρίζονται με προτεραιότητα σε περίπτωση διακοπής.

Έτσι, η λειτουργία του δικτύου καθορίζεται από αιτιακούς περιορισμούς που πηγάζουν από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου, και από προθετικούς περιορισμούς που ισχύουν για κοινωνικούς και πρακτικούς λόγους ή λόγω εξωτερικών πιέσεων στον τρόπο διαχείρισης του δικτύου (π.χ. άσκηση πίεσης για άμεση αποκατάσταση των διακοπών ηλεκτροδότησης από τα Μέσα Ενημέρωσης και τους καταναλωτές).

Οι αιτιακοί/φυσικοί περιορισμοί αποτελούν «σκληρούς περιορισμούς» του συστήματος αφού δεν μπορούν και δεν πρέπει να παραβιάζονται. Οι προθετικοί περιορισμοί θεωρούνται «μαλακοί περιορισμοί», καθώς μπορεί κάποιος να τους παραβιάσει, αλλά συνήθως δεν το κάνει, γιατί μία τέτοια ενέργεια είναι συνήθως κοινωνικά μη αποδεκτή. Ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες, είναι σημαντικό να σταθμίζονται κατάλληλα οι επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν από την παραβίαση των δύο αυτών κατηγοριών περιορισμών, και να μπαίνουν οι κατάλληλες προτεραιότητες.

Για την ανάπτυξη των Μοντέλων Ιεραρχικής Αφαίρεσης – Διάσπασης, που αποτυπώνουν σημαντικές πτυχές του τρόπου λειτουργίας των δικτύων, προσδιορίστηκε αρχικά ποιο είναι το σύστημα της ανάλυσης, και ποια τα όρια του με το εξωτερικό περιβάλλον. Επίσης, καθορίστηκε ποια τα όρια μεταξύ των διαφορετικών οπτικών θεώρησης, τομέων και δομικών επιπέδων λεπτομέρειας του συστήματος, που υιοθετούνται στον άξονα της διάσπασης. Τα όρια αυτά προσδιορίστηκαν βάσει των τεχνικών, οργανωτικών και θεσμικών κανόνων λειτουργίας του συστήματος.

8.1.1 Διαμόρφωση Βασικού Μοντέλου

Αρχικά, αναπτύχθηκε ένας πρωτόλειος Πίνακας Ιεραρχικής Αφαίρεσης, που αποτελούσε ένα βασικό μοντέλο του τεχνολογικού δικτύου διανομής μέσης τάσης, σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης.

Για τη συμπλήρωση κάθε επιπέδου αφαίρεσης χρησιμοποιήθηκε πρωτογενές υλικό που είχε συλλεχθεί κατά τη μελέτη εγχειριδίων και την πραγματοποίηση συστηματικών παρατηρήσεων στο πλαίσιο της Εθνογραφικής Ανάλυσης, και περιελάμβανε πληροφορίες (Κεφ.7-§7.2): για τη λειτουργία του ελληνικού ενεργειακού συστήματος, για τη δομή και λειτουργία του συστήματος διανομής, για τις αρχές και τον τρόπο λειτουργίας των βασικών μονάδων του δικτύου (δομικά και τεχνικά χαρακτηριστικά μετασχηματιστών), για τις φυσικές και τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των στοιχείων του δικτύου, για την ταυτότητα των στοιχείων του δικτύου (ονομασία, τεχνικά χαρακτηριστικά, κατάσταση λειτουργίας,

κλπ). Επιπλέον, έγιναν συμπληρωματικές συνεντεύξεις με μηχανικούς και χειριστές (πέρα από αυτές που είχαν πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια της εθνογραφικής ανάλυσης), προκειμένου να αντληθούν επιπλέον πληροφορίες για το περιεχόμενο κάθε επιπέδου.

Στον Πίνακα 8.Ι, αποτυπώνονται τα βασικά ερωτήματα στα οποία απαντά το περιεχόμενο κάθε επιπέδου, και οι πηγές άντλησης πληροφοριών για τη συμπλήρωσή του. Αρχικά, αναγνωρίστηκαν οι βασικοί στόχοι του πεδίου, και συμπληρώθηκε το επίπεδο Λειτουργικού Σκοπού. Μετά καταχωρήθηκε το περιεχόμενο του Επιπέδου Φυσικής Λειτουργίας και Φυσικής Μορφής. Τέλος, συμπληρώθηκε το Επίπεδο Αφηρημένης Λειτουργίας και Γενικής Λειτουργίας,

ΕΠΙΠΕΔΟ	Ερωτήματα	Πηγές Πληροφορίας
Λειτουργικός Σκοπός	«Ποιοι είναι οι βασικοί στόχοι, κατά τη διαχείριση του συστήματος?»	- Συνεντεύξεις με στελέχη, μηχανικούς, και χειριστές (πολιτική της επιχείρησης ηλεκτρισμού, ισχύουσα νομοθεσία).
Αφηρημένη Λειτουργία	«Ποιες είναι οι προτεραιότητες κατά την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων?» «Ποιοι κανόνες-ισορροπίες – προτεραιότητες τηρούνται κατά τη διαχείριση των πόρων του συστήματος?»	- Εγχειρίδια για θέματα σχετικά με τις αρχές λειτουργίας των ηλεκτρικών δικτύων. - Συνεντεύξεις και Εγχειρίδια για το ελληνικό ενεργειακό σύστημα (θέματα φυσικής σύνδεσης και εξάρτησης από υψηλότερης και χαμηλότερης ενεργειακής τάξης δίκτυα, τρόπους παραγωγής ενέργειας, ανταλλαγές ενέργειας με γειτονικά κράτη, κλπ).
Γενική Λειτουργία	«Ποιες βασικές λειτουργίες του δικτύου αξιοποιούνται κατά τον έλεγχο του?»	- Συνεντεύξεις και Εγχειρίδια για τις αρχές και τον τρόπο λειτουργίας των βασικών μονάδων του συστήματος (μετασχηματιστών, γραμμών).
Φυσική Λειτουργία	«Ποιες οι ιδιότητες και το εύρος δυνατοτήτων κάθε λειτουργίας-στοιχείου?»	- Εγχειρίδια που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά-δυνατότητες λειτουργίας του εξοπλισμού του δικτύου (ΜΣ, ΥΣ, Διακοπών, Αποζευκτών, καλωδίων και αγωγών, κλπ). - Συστηματικές παρατηρήσεις και Συνεντεύξεις με χειριστές για τα ονομαστικά και πραγματικά όρια ασφαλούς λειτουργίας του δικτύου (αποκλίσεις λόγω παλαιότητας, συντήρησης, ελαττωμάτων ή κατασκευαστικών ιδιαιτεροτήτων).
Φυσική Μορφή	«Ποια η τρέχουσα ρύθμιση και θέση κάθε στοιχείου του δικτύου?»	- Εγχειρίδια και χάρτες που αποτυπώνουν τις φυσικές και τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των στοιχείων του δικτύου. - Εγχειρίδια και τεχνήματα που περιγράφουν την ταυτότητα κάθε στοιχείου του δικτύου (αποζεύκτης, διακόπτης, ενσέριος ή επίγειος ή υπόγειος ΥΣ) και την τρέχουσα ρύθμιση τους (ανοιχτό/κλειστό, γειωμένο, υπό τάση, εκτός τάσεως).

Πίνακας 8.Ι Διαδικασία συμπλήρωσης επιπέδων

8.1.2 Μοντέλο Τεχνολογικού Συστήματος Δικτύου

Η επιλογή της διαστρωμάτωσης που επιλέγεται για να περιγραφεί ένα συγκεκριμένο σύστημα, εξαρτάται από τον παρατηρητή, και από την γνώση και το ενδιαφέρον του για τον έλεγχο του συστήματος. Κάθε στρώμα ή επίπεδο της Ιεραρχίας πραγματεύεται το ίδιο ακριβώς σύστημα, με την μόνη διαφορά ότι κάθε στρώμα παρέχει μία διαφορετική περιγραφή ή ένα διαφορετικό μοντέλο του παρατηρούμενου συστήματος (Naikar, 2006). Κάθε επίπεδο έχει τους δικούς του μοναδικούς όρους, έννοιες και αρχές.

Στον Πίνακα 8.ΙΙ παρουσιάζονται οι βασικές λειτουργίες του ηλεκτρικού δικτύου, μέσα από την οπτική των χειριστών του δικτύου μέσης τάσης, ανεξάρτητα από την τεχνολογία του συστήματος ελέγχου. Για κάθε επίπεδο, εντοπίζονται οι απαιτήσεις σε πληροφορία για την ασφαλή διαχείριση του δικτύου, με έμφαση στις πληροφορίες που είναι σημαντικές σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου (Κεφ.7-§7.1.8 και §7.3.1).

Ο εξοπλισμός του δικτύου και οι αρχές που διέπουν τη λειτουργία του, αποτελούν το βασικό κορμό του συστήματος. Κατανοώντας κανείς πώς λειτουργεί το σύστημα (μέσα από το περιεχόμενο κάθε επιπέδου), μπορεί να κατανοήσει πιο εύκολα και κάθε άλλη παράμετρο που συνδέεται με τη λειτουργία του (τεχνολογία εποπτείας, οργάνωση, διοίκηση), και θα αναλυθεί μεταγενέστερα.

Επίπεδο	ΔΙΚΤΥΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ
Λειτουργικός Σκοπός	Συνεχής και αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας (για γενικές και ειδικές κατηγορίες καταναλωτών). Διατήρηση της συχνότητας και της τάσης εντός των αποδεκτών ορίων.	<ul style="list-style-type: none"> - Παράμετροι που αποτυπώνουν τη συνολική ευστάθεια του δικτύου, τη δυναμικότητα του δικτύου (π.χ. συχνότητα, ζήτηση ισχύος σε επίπεδο λεκανοπεδίου, συνολική ζήτηση πανελλαδικά). - Παράμετροι που αποτυπώνουν το τρέχον εξωτερικό περιβάλλον λειτουργίας που επηρεάζει τη ζήτηση και λειτουργία του εξοπλισμού (ημέρα-ώρα- θερμοκρασία - υγρασία περιβάλλοντος). - Συνολικό Ποσοστό μη-ηλεκτροδοτούμενων καταναλωτών.
Αφηρημένη Λειτουργία	«Εξωτερικοί περιορισμοί» προερχόμενοι από το δίκτυο ΥΤ. «Εσωτερικοί περιορισμοί» που ισχύουν στο δίκτυο ΜΤ. Αρχές – κανόνες ηλεκτρισμού που διαμορφώνουν την αλληλεπίδραση σημαντικών παραμέτρων λειτουργίας.	<ul style="list-style-type: none"> - Πηγή τροφοδοσίας και σχέση φορτίου-δυναμικότητας γραμμής ΥΤ που τροφοδοτεί κάθε Κέντρο Διανομής με 3 Μετασχηματιστές. - Κατανομή Φορτίων-ζήτησης ανά Κέντρο Διανομής- Μετασχηματιστή- Ημιτύλιγμα- Ζυγούς. - Σχέση Φορτίου-Τάσεως σε κάθε Μετασχηματιστή. - Καταναλώσεις - Πτώσεις τάσεως κατά μήκος των γραμμών.
Γενική Λειτουργία	Λειτουργίες ελέγχου του δικτύου.	<ul style="list-style-type: none"> - Μεταγωγή Φορτίων (μέσω Διασυνδετικών, Γραμμών αντιστήριξης, Διπλών Γραμμών, Τομών, Ζεύξεων, ΤΧ ΥΣ). - Παράλληλη λειτουργία, Ισοφόρτιση Στοιχείων. - Ρύθμιση Τάσεως (με το Σύστημα Αλλαγής Τάσεως υπό Φορτίο/ΣΑΤΥΦ του Μετασχηματιστή). - Αντιστάθμιση Αέργων (με Συστοιχίες Πυκνωτών). - Μαζική Απόρριψη Φορτίων σε προεπιλεγμένες γραμμές (στάδια Απόρριψης).
Φυσική Λειτουργία	Είδη, Εύρος ρύθμισης, τρόποι, και όρια λειτουργίας εξοπλισμού.	<ul style="list-style-type: none"> -Είδη Διακοπών (γέφυρα, διακόπτης χειροκίνητος αυτόματος, Διακόπτες Interlock) –κατασκευή, θέση, τρόπος ρύθμισης και λειτουργίας τους. - Είδη Υποσταθμών - κατασκευή, συνδεσιμότητα. - Είδη Γραμμών (αντιστήριξης, διασυνδετική, διπλής όδευσης, γραμμή με τομές και Ζεύξεις, γραμμή με πυκνωτές) και επιμέρους δυνατότητες κάθε είδους. - εύρος ρύθμισης θέσης ΣΑΤΥΦ (θέση 1-25). - τρόποι λειτουργίας ΣΑΤΥΦ (αυτόματος, χειροκίνητος, τοπικός), - τρόποι ελέγχου στοιχείων δικτύου (Τηλεχειρισμό, Τοπικό χειρισμό). - «ονομαστικά όρια» φόρτισης (π.χ. γραμμών, ζυγών, διασυνδετικών, ΜΣ). - «διαφοροποιημένα» όρια φόρτισης λόγω ειδικής ρύθμισης, κατασκευαστικής ιδιαιτερότητας ή λόγω κακής συντήρησης. - «σχετικά με το πλαίσιο» όρια ασφαλούς λειτουργίας των στοιχείων (π.χ. θερμοκρασία πυρήνα και τυλίγματος Μετασχηματιστή). - «άνω και κάτω όρια ομαλής λειτουργίας», για μεγέθη όπως η τάση και η συχνότητα. - Στάδια απόρριψης (1-4), τιμές συχνότητας ενεργοποίησης τους (49.0 – 48.8 – 48.4 – 48.2 Hz).

Επίπεδο	ΔΙΚΤΥΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ
Φυσική Μορφή	Ταυτότητα, τρέχων τρόπος ελέγχου, συνδεσιμότητας και λειτουργίας, τιμές, ρυθμίσεις και θέσεις κάθε στοιχείου.	<ul style="list-style-type: none"> - Ταυτότητα Γραμμής (βάσει ηλεκτρικής περιοχής που τροφοδοτείται, είδους γραμμής). - Στάδιο Απόρριψης που πιθανά ανήκει μία γραμμή. - Ταυτότητα Διακόπτη (βάσει ηλεκτρικής περιοχής, είδους διακόπτη). - Ταυτότητα Υποσταθμού (βάσει ηλεκτρικής περιοχής, είδους υποσταθμού). - Κατηγορία Υποσταθμών-Πελατών (Αστικοί- Οικιακοί, Εμπορικοί- Βιομηχανικοί, «Ειδικοί»- κρατικά κτήρια, Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, πρεσβείες, νοσοκομεία, ευάλωτοι καταναλωτές). - Τρόπος ελέγχου στοιχείου. - Κατάσταση Λειτουργίας Στοιχείου (κανονική λειτουργία, συναγερμό, εκτός λειτουργίας). - Τρόπος ηλεκτρικής συνδεσιμότητας στοιχείων του δικτύου (π.χ. σε παράλληλη λειτουργία). -Τιμή φορτίου γραμμών, ζυγών, μετασχηματιστών. - Τιμή Τάσεως. - Τιμή Θέσης ΣΑΤΥΦ. - Τρόπος ρύθμισης ΣΑΤΥΦ. - Τιμή Θερμοκρασίας Πυρήνα και Τυλίγματος Μετασχηματιστή - Θέση Διακοπών («τρέχουσα θέση», «προσωρινή θέση», «μόνιμη θέση»). - Συνδεσιμότητα και διέλευση κάθε γραμμής από ηλεκτρικές περιοχές. - Τοπολογική θέση κάθε στοιχείου στο δίκτυο. - Φυσική θέση στοιχείου (εναέριο, επίγειο ή υπόγειο στοιχείο).

Πίνακας 8.II Μοντέλο Τεχνολογικού Συστήματος Δικτύου

8.1.2.1 Λειτουργικού Σκοπού

Ο σκοπός λειτουργίας ενός ηλεκτρικού δικτύου είναι να παρέχει συνεχώς και αδιαλείπτως ενέργεια στους καταναλωτές του. Δέσμευση προς τους καταναλωτές αποτελεί επίσης η διατήρηση της συχνότητας και της τάσης μέσα σε συγκεκριμένα όρια που επιτρέπουν την καλή και ασφαλή λειτουργία των συσκευών, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50160 «Χαρακτηριστικά της τάσης που παρέχεται από τα δημόσια δίκτυα διανομής».

Σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, όπου το σύστημα λειτουργεί κοντά στα φυσικά όρια αντοχής του εξοπλισμού, και η ζήτηση αγγίζει τη δυναμικότητα του δικτύου, στόχο αποτελεί το να αποφευχθεί να τεθούν εκτός λειτουργίας στοιχεία του δικτύου, και σε περίπτωση που συμβεί ένα μικρότερης ή μεγαλύτερης έκτασης μπλακάουτ, να ελαχιστοποιείται όσο είναι δυνατόν το χρονικό διάστημα της διακοπής.

Απαιτήσεις σε πληροφορία - Σε επίπεδο εποπτείας, οι χειριστές πρέπει να έχουν πρόσβαση σε:

- παραμέτρους που αποτυπώνουν τη συνολική ευστάθεια του δικτύου, τη δυναμικότητα του δικτύου (π.χ. συχνότητα, ζήτηση ισχύος σε επίπεδο λεκανοπεδίου, συνολική ζήτηση πανελλαδικά)
- παραμέτρους που αποτυπώνουν το τρέχον εξωτερικό περιβάλλον λειτουργίας που καθορίζει τη ζήτηση (ημέρα-ώρα- θερμοκρασία - υγρασία περιβάλλοντος), προκειμένου να μπορούν να προβλέψουν βραχυπρόθεσμα τη συμπεριφορά του δικτύου.
- συνολικό ποσοστό μη-ηλεκτροδοτούμενων καταναλωτών του δικτύου, κάθε χρονική στιγμή.

8.1.2.2 Αφηρημένης Λειτουργίας

Όσα περιγράφονται σε αυτό το επίπεδο αποτελούν μέτρο για την επίτευξη των στόχων· όπως αναφέρουν οι Wilson et al. (2005), ο βαθμός που επιτυγχάνει κάποιος τη συμμόρφωση με τα κριτήρια ή τις προτεραιότητες που περιγράφονται στο Επίπεδο αυτό, δείχνει πόσο κοντά στην επίτευξη του Λειτουργικού Σκοπού του είναι το Σύστημα.

Το ελληνικό ηλεκτρικό δίκτυο (Κεφ.4 & Κεφ.7-§7.2.1) είναι ένα πολύπλοκο ενιαίο σύστημα που αποτελείται από επιμέρους διασυνδεδεμένα δίκτυα (παραγωγή, μεταφορά, διανομή). Η ηλεκτρική ενέργεια καθορίζεται από φυσικούς νόμους, και έτσι οι περιορισμοί μεταδίδονται και ισχύουν σε όλα τα επιμέρους δίκτυα, καθώς η ενέργεια ρέει από τα

σημεία παραγωγής προς τους τελικούς καταναλωτές. Έτσι, το δίκτυο ΜΤ που βρίσκεται ανάμεσα στο δίκτυο ΥΤ και της διανομής ΧΤ, δέχεται και μεταδίδει περιορισμούς και παροχές προς τα δίκτυα αυτά.

Ορίζονται ως «εξωτερικοί περιορισμοί λειτουργίας» οι περιορισμοί που προέρχονται από το δίκτυο ΥΤ, και αφορούν: α) τη σχέση φορτίου-δυναμικότητας κάθε γραμμής ΥΤ, που τροφοδοτεί τους τρεις μετασχηματιστές ΥΤ/ΜΤ που υπάρχουν σε κάθε Κέντρο Διανομής, γ) την πηγή τροφοδοσίας κάθε γραμμής ΥΤ, καθώς επηρεάζει τη συμβατότητα των διανυσμάτων τάσεως στοιχείων του δικτύου ΜΤ, που τροφοδοτούνται από διαφορετικές γραμμές ΥΤ.

«Εσωτερικοί περιορισμοί λειτουργίας» είναι οι περιορισμοί που ισχύουν εντός του δικτύου ΜΤ για: α) τη σχέση δυναμικότητας-ζήτησης σε ό,τι αφορά τα φορτία των Μετασχηματιστών ΥΤ/ΜΤ, σε όλα τα δομικά επίπεδα (Μετασχηματιστή-Ζυγών-Γραμμών), β) τη συμβατότητα διάδρασης στοιχείων των Μετασχηματιστών ΥΤ/ΜΤ, αναφορικά με τα επίπεδα φόρτισης.

Αρχές-κανόνες ηλεκτρισμού διαμορφώνουν την αλληλεπίδραση μεταξύ σημαντικών παραμέτρων λειτουργίας του δικτύου, όπως: α) η σχέση μεταξύ φορτίου-τάσεως εξόδου μετασχηματιστή, β) η σχέση καταναλώσεων-πτώσεων τάσης που παρατηρούνται κατά μήκος των γραμμών ΜΤ.

Σε κρίσιμες συνθήκες, οι χειριστές προκειμένου να αποφύγουν μία τοπική ή εκτεταμένη διακοπή λειτουργίας προσπαθούν: α) να εντοπίζουν ασυμμετρίες στη φόρτιση των στοιχείων (κατά το δυνατόν ισοφόρτιση βασικών μονάδων), β) να εντοπίζουν και να αντισταθμίζουν τις επιπτώσεις των άεργων φορτίων, γ) να αποφεύγουν χειρισμούς που αντιβαίνουν τους ισχύοντες περιορισμούς, και μπορούν να πυροδοτήσουν διαδοχικές συνέπειες.

Απαιτήσεις σε πληροφορία - Για να μπορούν οι χειριστές να πραγματοποιήσουν τις προαναφερθείσες ενέργειες και να συμμορφωθούν με τους φυσικούς κανόνες λειτουργίας των ηλεκτρικών δικτύων θα πρέπει να έχουν άμεση πρόσβαση σε πληροφορία για:

- την πηγή τροφοδοσίας και σχέση φορτίου-δυναμικότητας γραμμής ΥΤ που τροφοδοτεί κάθε Κέντρο Διανομής με 3 Μετασχηματιστές,
- την Κατανομή Φορτίων σε κάθε Κέντρο Διανομής, και για κάθε Μετασχηματιστή- Ημιτύλιγμα- Ζυγούς,
- τη σχέση φορτίου-τάσεως εξόδου σε κάθε μετασχηματιστή,
- τη σχέση καταναλώσεων-πτώσεων τάσης κατά μήκος των γραμμών.

8.1.2.3 Γενικής Λειτουργίας

Στο επίπεδο αυτό παρουσιάζονται οι μηχανισμοί και οι λειτουργίες που υποστηρίζουν την επίτευξη των στόχων του συστήματος, καθώς και τη συμμόρφωση με τους νόμους, κανόνες, αρχές και προτεραιότητες που αναφέρονται στα δύο πιο πάνω επίπεδα.

Σε κρίσιμες συνθήκες, οι χειριστές πρέπει να γνωρίζουν ποιες λειτουργίες είναι διαθέσιμες, προκειμένου να συμμορφώνουν τη λειτουργία του δικτύου με τους κανονισμούς και τους φυσικούς νόμους.

Απαιτήσεις σε πληροφορία – Οι εργαζόμενοι πρέπει να γνωρίζουν τις δυνατότητες για:

- Μεταγωγή Φορτίων (μέσω Διασυνδετικών, Γραμμών αντιστήριξης, Διπλών Γραμμών, Τομών, Ζεύξεων, ΤΧ ΥΣ)
- Παράλληλη λειτουργία, Ισοφόρτιση Στοιχείων
- Ρύθμιση Τάσεως (με το Σύστημα Αλλαγής Τάσεως υπό Φορτίο/ΣΑΤΥΦ του Μετασχηματιστή)
- Αντιστάθμιση Άεργων (με Συστοιχίες Πυκνωτών),
- Μαζική Απόρριψη Φορτίων σε προεπιλεγμένες γραμμές (στάδια Απόρριψης).

8.1.2.4 Φυσικής Λειτουργίας

Στο επίπεδο αυτό παρουσιάζεται το εύρος δυνατοτήτων και ρυθμίσεων που έχει ο εξοπλισμός, για την επίτευξη των παραπάνω λειτουργιών.

Σε κρίσιμες συνθήκες, οι χειριστές πρέπει αφενός να συμμορφώνονται με τους περιορισμούς που θέτουν η διαθεσιμότητα και οι ροές ενέργειας (Επίπεδο Αφηρημένης Λειτουργίας), και αφετέρου να συμμορφώνονται με τους περιορισμούς που θέτουν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες του εξοπλισμού. Σε κρίσιμες συνθήκες απαιτούνται συχνά λεπτοί οριακοί χειρισμοί, και για το λόγο αυτό οι χειριστές πρέπει να αξιοποιούν όλο το εύρος των δυνατοτήτων ρύθμισης και των τρόπων λειτουργίας του εξοπλισμού, προκειμένου να προχωρούν σε κατάλληλη διαχείριση του δικτύου εντός των ορίων ασφαλούς λειτουργίας.

Απαιτήσεις σε πληροφορία - Οι χειριστές πρέπει να γνωρίζουν για τον διαθέσιμο εξοπλισμό του δικτύου:

- Είδη Διακοπών (γέφυρα, διακόπτης χειροκίνητος αυτόματος, Διακόπτες Interlock) –κατασκευή, τρόπος ρύθμισης και λειτουργίας τους.
- Είδη Υποσταθμών - κατασκευή, συνδεσιμότητα
- Είδη Γραμμών (αντιστήριξης, διασυνδετική, διπλής όδευσης, γραμμή με τομές και Ζεύξεις, γραμμή με πυκνωτές) και επιμέρους δυνατότητες ηλεκτρικής συνδεσιμότητας που υποστηρίζει κάθε είδος.

- Στάδια απόρριψης (1-4) που μπορεί να ανήκει μία γραμμή, και τιμές συχνότητας ενεργοποίησης τους (49.0 – 48.8 – 48.4 – 48.2 Hz), και όγκος απορριπτόμενων φορτίων σε κάθε στάδιο.
- Εύρος ρύθμισης Θέσης ΣΑΤΥΦ μετασχηματιστή (θέση 1-25)
- Τρόποι λειτουργίας ΣΑΤΥΦ μετασχηματιστή (αυτόματος, χειροκίνητος, τοπικός),
- Τρόποι ελέγχου στοιχείων δικτύου (Τηλεχειρισμό, Τοπικό χειρισμό)
- Τα ονομαστικά όρια φόρτισης (π.χ. γραμμών, ζυγών, διασυνδετικών, Μετασχηματιστών) .
- Τα «άνω και κάτω όρια ομαλής λειτουργίας», για μεγέθη όπως η τάση και η συχνότητα.

Οι προαναφερθείσες ρυθμίσεις και όρια συνδέονται με την ενεργοποίηση συναγερωμένων αρχικά, και λειτουργιών αυτόματης προστασίας του συστήματος μετέπειτα (θέση εκτός λειτουργίας).

Από την Εθνογραφική ανάλυση του πεδίου προέκυψε ότι πέρα από τα ονομαστικά όρια λειτουργίας κάθε στοιχείου (που προκύπτουν από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ή τον τρόπο που έχει ρυθμιστεί να λειτουργεί), οι χειριστές δίνουν ιδιαίτερη σημασία στα πραγματικά όρια λειτουργίας των στοιχείων. Τα πραγματικά όρια λειτουργίας ενός στοιχείου μπορεί να διαφοροποιούνται λίγο ή πολύ από τα ονομαστικά για διάφορους λόγους, όπως ελαττώματα ή ιδιαιτερότητες κατασκευής, φυσική φθορά λόγω διάρκειας λειτουργίας, κακή συντήρηση.

Η Εθνογραφική ανάλυση έδειξε επίσης, ότι σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας όπως οι καύσωνες, οι χειριστές τηρούν κάποια διαφοροποιημένα όρια ασφαλούς λειτουργίας του εξοπλισμού, που έχουν κριθεί (μέσα από την εμπειρία στο πεδίο) κατάλληλα για την ομαλή λειτουργία του δικτύου στο συγκεκριμένο πλαίσιο. Έτσι, λαμβάνονται υπόψη από τους χειριστές:

- Τα «διαφοροποιημένα πραγματικά» όρια φόρτισης που παρουσιάζουν κάποια στοιχεία του δικτύου λόγω ειδικής ρύθμισης, κατασκευαστικής ιδιαιτερότητας ή λόγω κακής συντήρησης.
- Τα «σχετικά με το πλαίσιο» όρια ασφαλούς λειτουργίας των στοιχείων (π.χ. θερμοκρασία πυρήνα και τυλίγματος Μετασχηματιστή) που υιοθετούνται προληπτικά, όταν το σύστημα λειτουργεί κοντά στα όρια της λειτουργικής του διαθεσιμότητας και της φυσικής αντοχής του εξοπλισμού λόγω εξωτερικών συνθηκών.

Τα όρια αυτά δεν είναι επίσημα αποτυπωμένα στον έλεγχο λειτουργίας του συστήματος, και δεν συνδέονται με κάποιο συναγερωμό ή ενεργοποίηση αυτόματης προστασίας.

8.1.2.5 Φυσικής Μορφής

Στο επίπεδο αυτό περιγράφεται η μοναδική ταυτότητα των στοιχείων, ο τρέχων τρόπος ελέγχου, συνδεσιμότητας και λειτουργίας κάθε στοιχείου, οι τιμές, οι ρυθμίσεις και οι θέσεις κάθε στοιχείου. Τόσο σε συνήθεις συνθήκες λειτουργίας, όσο και σε κρίσιμες συνθήκες, το επίπεδο αυτό αποτυπώνει την τρέχουσα εικόνα του δικτύου, και για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αποτυπώνεται με ακρίβεια. Οι περιορισμοί που θέτει το επίπεδο αυτό, συνδέονται με το αν τελικά και σε ποια στοιχεία του εξοπλισμού μπορούν να εκτελεστούν οι ενέργειες που αποφασίζουν οι χειριστές, σύμφωνα με τις δυνατότητες και τους περιορισμούς που καθορίζονται από τα υψηλότερα επίπεδα.

Απαιτήσεις σε πληροφορία - Στο επίπεδο οι χειριστές πρέπει να γνωρίζουν:

- Ταυτότητα Γραμμής (βάσει ηλεκτρικής περιοχής που τροφοδοτείται, είδους γραμμής)
- Στάδιο Απόρριψης που πιθανά ανήκει μία γραμμή
- Ταυτότητα Διακόπτη (βάσει ηλεκτρικής περιοχής, είδους διακόπτη)
- Ταυτότητα Υποσταθμού (βάσει ηλεκτρικής περιοχής, είδους υποσταθμού)
- Κατηγορία Υποσταθμών-Πελατών (Αστικοί, Εμπορικοί-Βιομηχανικοί, «Ειδικοί» όπως κρατικά κτήρια, Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, πρεσβείες, νοσοκομεία, ευάλωτοι καταναλωτές)
- τρόπος ελέγχου στοιχείου
- Τρόπος ηλεκτρικής συνδεσιμότητας στοιχείων του δικτύου (π.χ. σε παράλληλη λειτουργία)
- Κατάσταση Λειτουργίας Στοιχείου (κανονική λειτουργία, συναγερωμό, εκτός λειτουργίας).
- Τιμή φορτίου γραμμών, ζυγών, μετασχηματιστών
- Τιμή Τάσεως
- Τιμή Θέσης ΣΑΤΥΦ
- Τρόπος ρύθμισης ΣΑΤΥΦ.
- Τιμή Θερμοκρασίας Πυρήνα και Τυλίγματος Μετασχηματιστή
- Θέση Διακοπών (ανοικτό/κλειστό). Η εθνογραφική ανάλυση (Κεφ.7-§7.3.5.1) έδειξε ότι πέρα από την «τρέχουσα θέση» του διακόπτη, που μπορεί να είναι αποτέλεσμα κάποιας σκόπιμης ή αυτόματης αλλαγής, οι εργαζόμενοι είναι σημαντικό να γνωρίζουν και την «μόνιμη θέση» που αντιστοιχεί στην προκαθορισμένη θέση βάσει του σχεδιασμού του δικτύου, αλλά και «προσωρινή θέση» που οφείλεται σε αλλαγές που πραγματοποιούν οι χειριστές. Έτσι, είναι σκόπιμο να αποτυπώνονται και οι τρεις θέσεις.
- Συνδεσιμότητα και διέλευση κάθε γραμμής από ηλεκτρικές περιοχές. Τα άκρα κάθε γραμμής συνδέονται πάνω στους Μετασχηματιστές των Κέντρων Διανομής που βρίσκονται σε διαφορετικές ηλεκτρικές περιοχές. Οι οδεύσεις των

γραμμών τέμνονται μεταξύ τους σε διάφορα σημεία που επιτρέπουν την ηλεκτρική συνδεσιμότητα (τομές, ζεύξεις, κλπ) δημιουργώντας πολλούς πιθανούς συνδυασμούς ηλέκτρισης των επιμέρους τμημάτων των γραμμών. Ο τρέχων τρόπος ηλέκτρισης κάθε τμήματος πρέπει να απεικονίζεται με τρόπο σαφή.

- Τοπολογική Θέση κάθε στοιχείου στο δίκτυο. Η κατανομή στοιχείων στο δίκτυο, οι φυσικές αποστάσεις, και οι σχετικές θέσεις μεταξύ τους, αποτελούν σημαντική πληροφορία, καθώς αποτυπώνουν την πυκνότητα του δικτύου ανά περιοχή, ενώ βοηθούν και στην ερμηνεία συμπεριφορών του δικτύου που συνδέονται με το επίπεδο Αφηρημένης Λειτουργίας.
- Φυσική θέση στοιχείου (εναέριο, επίγειο ή υπόγειο στοιχείο), η οποία πέρα από την ευκολία προσβασιμότητας και εκτέλεσης χειρισμών, καταδεικνύει και παραμέτρους όπως ο βαθμός καταπόνησης των στοιχείων του δικτύου (π.χ. βρίσκονται σε υπαίθριο ή στεγασμένο χώρο).

Η φυσική και τοπολογική θέση αποτυπώνει ιδιότητες των στοιχείων (π.χ. προσβασιμότητα) που αποτελούν ευκαιρίες ή περιορισμούς για λειτουργίες σε υψηλότερα επίπεδα.

8.1.3 Πολλαπλά Μοντέλα Διάσπασης

Όταν ολοκληρώθηκε η ανάπτυξη του βασικού μοντέλου Ιεραρχικής Αφαίρεσης για το τεχνολογικό δίκτυο, διαμορφώθηκαν πολλαπλά μοντέλα Αφαίρεσης-Διάσπασης του πεδίου, καθένα από τα οποία εστιάζει σε μία διαφορετική πτυχή λειτουργίας του συστήματος. Τα μοντέλα αυτά αποτυπώνουν: α) την αρμοδιότητα και την οπτική διαχείρισης του δικτύου που έχουν διαφορετικοί φορείς βάσει του θεσμικού ή οργανωτικού ρόλου τους, β) την κατανομή εποπτείας και ελέγχου των πόρων του δικτύου σε συνεργαζόμενες αίθουσες και εργαζόμενους, γ) τη δομική λειτουργία βασικών μονάδων του δικτύου, δ) τα επιμέρους τεχνολογικά συστήματα, που εμπλέκονται στη διαχείριση του ηλεκτρικού δικτύου.

Η κατηγοριοποίηση και ονομασία των μοντέλων, αντικατοπτρίζει τις ανάγκες ανάλυσης που εξυπηρετεί καθένα από αυτά. Στις ενότητες που ακολουθούν, παρουσιάζονται αναλυτικά τα διαφορετικά μοντέλα του πεδίου εργασίας που αναπτύχθηκαν. Για κάθε μοντέλο είναι συμπληρωμένα τα σημαντικότερα στοιχεία του πίνακα, αυτά δηλαδή που αποδίδουν το λόγο επιλογής της συγκεκριμένης διάσπασης, και συμβάλουν άμεσα ή έμμεσα στην περεταίρω ανάλυση και το σχεδιασμό του συστήματος.

8.1.4 Μοντέλο Ενεργειακών Θεσμικών Φορέων

Οι αρμοδιότητες των ενεργειακών θεσμικών φορέων που εμπλέκονται στην εποπτεία και διαχείριση του ελληνικού ενεργειακού συστήματος προσδιορίζονται από την εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία (Κεφ.4-§4.5.3).

Το Υπουργείο Ενέργειας εποπτεύει το έργο των υπόλοιπων φορέων. Οι φορείς είναι αρμόδιοι για την ανάπτυξη, συντήρηση, ανανέωση, και λειτουργία του Συστήματος-Δικτύου που επιβλέπουν.

Ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς εποπτεύει το Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) που αποτελείται από: γραμμές υψηλής τάσης, εγκατεστημένες στην Ελληνική Επικράτεια διασυνδέσεις, χερσαίες ή θαλάσσιες, και όλες τις εγκαταστάσεις και εξοπλισμό ελέγχου που απαιτούνται για την ομαλή, ασφαλή και αδιάλειπτη διακίνηση ηλεκτρικής ενέργειας από έναν σταθμό παραγωγής σε έναν υποσταθμό, από έναν υποσταθμό σε έναν άλλο ή προς ή από οποιαδήποτε διασύνδεση. Στο Σύστημα Μεταφοράς δεν περιλαμβάνονται οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι γραμμές και εγκαταστάσεις υψηλής τάσης που έχουν ενταχθεί στο Δίκτυο Διανομής, καθώς και τα δίκτυα των μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Η λειτουργία του συστήματος μεταφοράς εποπτεύεται από το Εθνικό Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας (ΕΚΕΕ), καθώς και από το Βόρειο Περιφερειακό Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας και το Νότιο Περιφερειακό Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας. Το ΕΚΕΕ είναι αρμόδιο για την πρόβλεψη, πρόληψη και αντιμετώπιση καταστάσεων ανάγκης, καθώς και για τον περιορισμό των διαταραχών και των συνακόλουθων συνεπειών τους στον ελάχιστο δυνατό χρόνο, και με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Ο Διαχειριστής του Δικτύου Διανομής εποπτεύει το Ελληνικό Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ) που είναι εγκατεστημένο στην Ελληνική Επικράτεια, και αποτελείται από γραμμές μέσης και χαμηλής τάσης και εγκαταστάσεις διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και από γραμμές και εγκαταστάσεις υψηλής τάσης που έχουν ενταχθεί στο δίκτυο αυτό. Το Δίκτυο, εκτός από το δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, συνδέεται στο ΕΣΜΗΕ μέσω των υποσταθμών υψηλής τάσης προς μέση τάση (ΥΤ/ΜΤ). Η εποπτεία του ΕΔΔΗΕ γίνεται από Αίθουσες Ελέγχου που επιβλέπουν τα επιμέρους δίκτυα των Περιφερειών Αττικής, Μακεδονίας- Θράκης, Πελοποννήσου-Ηπείρου, Κεντρικής Ελλάδας, Νησιών.

Όριο μεταξύ Συστήματος Μεταφοράς και Δικτύου Διανομής αποτελεί το διακοπτικό μέσο που βρίσκεται στην πλευρά της Υψηλής Τάσης του μετασχηματιστή ισχύος του υποσταθμού και το οποίο αποτελεί στοιχείο του Δικτύου. Για τις περιοχές, στο δίκτυο διανομής των οποίων ανήκουν γραμμές Υψηλής Τάσης, το όριο μεταξύ Συστήματος Μεταφοράς και Δικτύου Διανομής καθορίζεται με απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), μετά από εισήγηση των Διαχειριστών του (ΕΣΜΗΕ) και του (ΕΔΔΗΕ).

Οι φορείς λειτουργούν ανεξάρτητα, αλλά σε πολλές περιπτώσεις ο συντονισμός των ενεργειών τους είναι απαραίτητος λόγω της συνέχειας που παρουσιάζει το ηλεκτρικό σύστημα από τους χώρους παραγωγής-μεταφοράς, μέχρι τα τελικά σημεία διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας (Κεφ.7-§7.2.1). Κάθε φορέας (Υπουργείο, ο Διαχειριστής Μεταφοράς και ο Διαχειριστής Διανομής) ανάλογα με το ρόλο και τις αρμοδιότητες που έχει στο ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα, έχει τη δική

του οπτική για αυτό. Προκειμένου να διαπιστωθεί πώς αυτοί οι τρεις φορείς μπορούν να συντονίσουν το έργο τους, διαμορφώνεται Πίνακας Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης, όπου κάθε φορέας αποτελεί έναν ανεξάρτητο τομέα στον άξονα της Διάσπασης.

ΕΠΙΠΕΔΟ	Υπουργείο Ενέργειας	Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς	Διαχειριστής Δικτύου Διανομής
ΔΙΚΤΥΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ			
Λειτουργικός Σκοπός	- Αδιάκοπη παροχή ενέργειας σε όλη την επικράτεια. - Αποφυγή του κοινωνικού-πολιτικού κόστους που συνεπάγονται εκτεταμένες ή μεγάλης διάρκειας διακοπές.	- αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και διατήρηση της συχνότητας και των τάσεων σε όλα τα σημεία του συστήματος, στα πλαίσια που καθορίζονται από τον Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος.	- αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και διατήρηση της συχνότητας και των τάσεων σε όλα τα σημεία του συστήματος, στα πλαίσια που καθορίζονται από Κανονισμό Διαχείρισης Δικτύου.
Αφηρημένη Λειτουργία	- Διεθνής και Εθνική νομοθεσία για την παροχή ενέργειας. - Εθνική πολιτική για την παροχή ενέργειας (επάρκεια και επέκταση ενεργειακών πηγών, κατανομή του ελέγχου των ενεργειακών πηγών, τιμολογιακή πολιτική).	- Κανόνες και προτεραιότητες του Κώδικα Διαχείρισης Συστήματος. - Διαθεσιμότητα και κατανομή ενεργειακών πόρων (παραγωγή, διασυνδέσεις με άλλα κράτη) και εξοπλισμού συστήματος μεταφοράς.	- Κανόνες και προτεραιότητες του Κανονισμού Διαχείρισης Δικτύου. - Διαθεσιμότητα και κατανομή ενεργειακών πόρων (δικτύου μεταφοράς) και εξοπλισμού δικτύου διανομής.
Γενική Λειτουργία	- Εφαρμογή ενεργειακής πολιτικής. -Εποπτεία του έργου υπολοίπων φορέων.	- Αξιοποίηση διαθέσιμων πόρων και λειτουργιών εξοπλισμού μεταφοράς ενέργειας. -Αυτόματη-Χειροκίνητη ενεργοποίηση λειτουργιών προστασίας Δικτύου/Εξοπλισμού.	- Αξιοποίηση διαθέσιμων πόρων και λειτουργιών εξοπλισμού διανομής ενέργειας. -Αυτόματη-Χειροκίνητη ενεργοποίηση λειτουργιών προστασίας Δικτύου/Εξοπλισμού (Μηχανισμός Απόρριψης Φορτίων).
Φυσική Λειτουργία		- Δυνατότητες, ρυθμίσεις, και ονομαστικά/πραγματικά χαρακτηριστικά λειτουργίας εξοπλισμού μεταφοράς.	- Δυνατότητες, ρυθμίσεις, και ονομαστικά/πραγματικά χαρακτηριστικά λειτουργίας εξοπλισμού διανομής.
Φυσική Μορφή		-11.000 χιλιόμετρα γραμμών υψηλής τάσης. -270 υποσταθμούς και Κέντρα Υψηλής Τάσης (ΚΥΤ). Για τον ανωτέρω εξοπλισμό: - Τοπολογία Δικτύου/Κατανομή εξοπλισμού/Συνδεσιμότητα. - Τρέχουσες ρυθμίσεις εξοπλισμού. - Φορτία.	- 9.500 Πελάτες Μέσης Τάσης - 7.514.000 Πελάτες Χαμηλής Τάσης - 102.000 χλμ. Δίκτυο Μέσης Τάσης - 115.000 χλμ. Δίκτυο Χαμηλής Τάσης - 922 χλμ. γραμμών Υψηλής Τάσης που υπάγονται Διανομή Για τον ανωτέρω εξοπλισμό: - Τοπολογία Δικτύου/Κατανομή εξοπλισμού/Συνδεσιμότητα. - Τρέχουσες ρυθμίσεις εξοπλισμού. - Φορτία.

Πίνακας 8.ΙΙΙ Μοντέλο Ενεργειακών Θεσμικών Φορέων

Σκοπός της λειτουργίας των ηλεκτρικών δικτύων είναι η αδιάκοπη παροχή ενέργειας σε όλη την ελληνική επικράτεια. Σε έκτακτα συμβάντα (πυρκαγιές, εκρήξεις, σεισμοί, κλπ) ή ακραία καιρικά φαινόμενα (καύσωνες, παγετοί, θύελλες, τσουνάμι, έντονος βροχοπτώσεις), τα προβλήματα ηλεκτροδότησης και οι συνέπειες τους είναι μεγάλης κλίμακας. Η διαχείριση κρίσιμων καταστάσεων γίνεται τόσο σε επίπεδο Πολιτείας (Υπουργείο Ενέργειας που εποπτεύει τις δράσεις όλων των φορέων), όσο και σε επίπεδο Διαχειριστή του Συστήματος Μεταφοράς (ΑΔΜΗΕ σήμερα, προγενέστερα ΔΕΣΜΗΕ, και παλαιότερα ΔΕΗ) και Διαχειριστή του Δικτύου Διανομής (ΔΕΔΔΗΕ σήμερα, και παλαιότερα ΔΕΗ).

Σε κάθε φορέα, οι προτεραιότητες για τη διαχείριση κρίσιμων καταστάσεων διαφέρουν. Για το Υπουργείο, είναι ιδιαίτερα σημαντική η αποφυγή του κοινωνικού κόστους που προκύπτει από αδυναμία ηλεκτροδότησης μεγάλης μάζας πολιτών, σε

περίπτωση ενός μπλακάουτ. Για το Διαχειριστή του Συστήματος Μεταφοράς, είναι σημαντική η έγκαιρη διαχείριση κρίσιμων καταστάσεων, μέσα από κατάλληλες προληπτικές και αντισταθμιστικές δράσεις, σύμφωνα με τις διαδικασίες και ενέργειες που περιγράφονται στον Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος (περιλαμβάνει λεπτομέρειες για τα σχέδια αποκατάστασης του Συστήματος, τους συναγερούς, την εκπαίδευση του προσωπικού, την αποσύνδεση εγκαταστάσεων και τους χειρισμούς στοιχείων του Συστήματος). Για τον Διαχειριστή του Συστήματος Διανομής, βασικό στόχο αποτελεί ο περιορισμός της διαταραχής και των συνεπακόλουθων συνεπειών που ήδη δημιουργήθηκαν ή δημιουργούνται, στον ελάχιστο δυνατό τόπο και χρόνο. Η αποκατάσταση της ομαλής λειτουργίας του συστήματος το ταχύτερο δυνατόν, είναι το χρονικά δεύτερο ζητούμενο. Κατά την αποκατάσταση της λειτουργίας του συστήματος μετά από μείζονες διαταραχές, ο παράγων ελαχιστοποίησης του κόστους λαμβάνεται υπόψιν, αλλά δεν θεωρείται πρώτης προτεραιότητας.

Στη διαχείριση κρίσιμων καταστάσεων όπως το μπλακάουτ του 2004, συμμετέχουν όλοι οι φορείς με διαφορετική βαρύτητα γνώμης (Κεφ.4-§4.3.3 & §4.3.4). Για να ληφθεί απόφαση για μία σημαντική ενέργεια όπως η απόρριψη φορτίων, είναι σημαντικό να αξιολογηθούν οι συνέπειες που μπορεί να έχει η εκτέλεση ή η μη-εκτέλεση της. Ο τρόπος που ο κάθε φορέας αντιλαμβάνεται τη σημασία και κρισιμότητα των περιορισμών που ισχύουν μία δεδομένη χρονική στιγμή, έχει να κάνει με τον τρόπο θεώρησης του συστήματος (Πίνακας 8.III), αλλά και με το γεγονός ότι έχουν καθένας πρόσβαση σε άλλο τύπου πληροφορίες για το σύστημα (βλέπουν το ηλεκτρικό σύστημα σε άλλο δομικό επίπεδο).

Ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς, έχει πρόσβαση στην συνολική εικόνα και συμπεριφορά του συστήματος πανελλαδικά. Ο Διαχειριστής του Δικτύου Διανομής, έχει πρόσβαση σε πληροφορία για επιμέρους τμήματα του δικτύου (Πίνακας 8.III - Επ. Γενικής Λειτουργίας). Για να εξελιχθεί αποτελεσματικά η συνεργασία μεταξύ των φορέων θα πρέπει κάθε φορέας να μεταφέρει στους υπόλοιπους, τους περιορισμούς και δυνατότητες που θεωρεί κυρίαρχους μέσα από τη δική του οπτική για το σύστημα. Αναλύοντας αντίστοιχα περιστατικά με το μοντέλο του Πίνακα 8.III, εντοπίζεται η πληροφορία στην οποία πρέπει να έχει πρόσβαση κάθε φορέας, ώστε να είναι αποτελεσματική η μεταξύ τους συνεργασία, και να προχωρούν έγκαιρα στη λήψη κρίσιμων αποφάσεων όπως η απόρριψη φορτίων.

Ο τρόπος λειτουργίας και διαχείρισης του τεχνολογικού Συστήματος Μεταφοράς σε επίπεδο Γενικής και Φυσικής Λειτουργίας και Φυσικής Μορφής, μεταφέρει περιορισμούς διαθεσιμότητας πόρων και τήρησης ισορροπιών στο επίπεδο Αφηρημένης Λειτουργίας του τεχνολογικού Συστήματος Διανομής. Με το μοντέλο του Πίνακα 8.III μπορεί να διαπιστώσει κανείς πώς οι στρατηγικές σχεδιασμού των δικτύων (π.χ. κατανομή σημείων παραγωγής σε σχέση με τα σημεία υψηλής κατανάλωσης) καθορίζουν τα περιθώρια διαχείρισης κρίσιμων καταστάσεων, και τη δυνατότητα ανάκαμψης του συστήματος μετά από μία ισχυρή διαταραχή –μπλακάουτ, σαν αυτό που συνέβη το 2004.

Με το μοντέλο του Πίνακα 8.III, μπορούν επίσης να διερευνηθούν οι επιπτώσεις που θα έχουν πιθανές αλλαγές στις αρμοδιότητες των ενεργειακών θεσμικών φορέων (Κεφ.4-§4.5.3, Οργάνωση της αγοράς ενέργειας, Κεφ.5-§5.2, Οργανωτικές αλλαγές), στον τρόπο λειτουργίας των δικτύων.

8.1.5 Μοντέλο Υποτομών

Οι αρμοδιότητες ανάπτυξης, συντήρησης, και λειτουργίας του Δικτύου Μέσης στην Διεύθυνση Περιφέρειας Αττικής -την περίοδο διεξαγωγής της μελέτης- ήταν κατανεμημένες σε υποτομείς ως εξής: Ο Υποτομέας Λειτουργίας Συστήματος, είχε αντικείμενο την εποπτεία και διαχείριση του δικτύου, με τους αρμόδιους μηχανικούς να συντονίζουν το έργο των χειριστών σε επίπεδο λήψης κρίσιμων κυρίως αποφάσεων. Ο Υποτομέας Μελετών Λειτουργίας, είχε αντικείμενο τη ρύθμιση και εποπτεία παραμέτρων λειτουργίας των στοιχείων του δικτύου, καθώς και τον εντοπισμό αναγκών για την επέκταση και αναβάθμιση του δικτύου. Ο Υποτομέας Προστασίας και Μετρήσεων Υπογείων καλωδίων, είχε αντικείμενο την τοποθέτηση, ρύθμιση, έλεγχο και συντήρηση των μέσων προστασίας του δικτύου. Ο Υποτομέας Τηλεχειρισμών Συστήματος, είχε αντικείμενο την εγκατάσταση, συντήρηση, επισκευή των αυτοματισμών του δικτύου και την εποπτεία του δικτύου τηλεχειρισμών. Η εύρυθμη λειτουργία των δικτύων μέσης τάσης, απαιτεί τον κατάλληλο συντονισμό του έργου και των τεσσάρων Υποτομών.

Η λειτουργία του δικτύου μέσης τάσης όπως παρουσιάστηκε στον Πίνακα 8.II, αποτελεί αντικείμενο του Υποτομέα Λειτουργίας Συστήματος, και για να είναι εφικτή απαιτεί την κατάλληλη υποστήριξη από τους υπόλοιπους Υποτομείς, για τη ρύθμιση των προστασιών, τη συντήρηση του εξοπλισμού, αλλά και τη λειτουργία των συστήματος τηλεχειρισμών που μεταφέρει πληροφορία και εντολές από και προς το βασικό εξοπλισμό του δικτύου.

Ο Πίνακας 8.IV, παρουσιάζει το έργο κάθε Υποτομέα σε διαφορετικά επίπεδα διάσπασης, μέσα από μία κατάλληλη «ευθυγράμμιση» του περιεχομένου τους. Με αυτό τον τρόπο απεικόνισης, αφενός μπορεί να μελετήσει κανείς το έργο κάθε Υποτομέα σε μεγαλύτερο βαθμό λεπτομέρειας, και αφετέρου μπορεί να εντοπίσει κρίσιμα σημεία αλληλεπιδράσεων και στα πέντε επίπεδα, που παρουσιάζονται κατά τη σύζευξη του έργου των επιμέρους Υποτομών.

Οι σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών Υποτομών εμφανίζονται σε πρακτικό επίπεδο, με τη μορφή περιορισμών ή ευκαιριών που μεταφέρονται οριζόντια-κάθετα-διαγώνια πάνω στο πλέγμα απεικόνισης του πεδίου. Για παράδειγμα, η μη κατάλληλη επέκταση και ενίσχυση του δικτύου σε περιοχή που υπάρχουν υψηλές καταναλώσεις (Υποτομέας Μελετών Λειτουργίας), μπορεί να οδηγήσει σε υπερφόρτιση συγκεκριμένων Μετασχηματιστών –ιδιαίτερα σε περιπτώσεις καύσωνα- καθώς θα υπάρχουν πάνω τους συγκεντρωμένα πολλά φορτία. Επίσης, η μη-κατάλληλη τοποθέτηση και ρύθμιση των μέσων προστασίας στο Δίκτυο (Προστασίας και Μετρήσεων Υπογείων καλωδίων), μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές βλάβες στο δίκτυο. Επιπλέον, εάν η επικοινωνία με τα τηλεχειριζόμενα στοιχεία του δικτύου, δεν είναι κατάλληλα

ρυθμισμένη (Υποτομέας Τηλεχειρισμών Συστήματος), δεν είναι δυνατή η διάδραση με τα στοιχεία αυτά, με συνέπεια να περιορίζεται σημαντικά το εύρος ενεργειών που μπορούν να εκτελέσουν οι χειριστές στο δίκτυο.

Με το μοντέλο Υποτομένων μπορεί να διερευνηθεί, ποιους περιορισμούς θέτει κάθε υποτομέας, πώς αυτοί επηρεάζουν την συνολική διαχείριση του δικτύου, καθώς και ποιες δυνατότητες που παρέχουν οι υποτομείς θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν περαιτέρω.

Ο Πίνακας 8.IV βοηθάει επίσης στο να μελετήσει κανείς τον τρόπο διάδοσης των ευκαιριών και των επιπτώσεων, που μπορεί να έχουν σημαντικές αλλαγές στις υποδομές ή στην τεχνολογία (Κεφ.4 & Κεφ.5), σε έναν ή περισσότερους υποτομείς στο ηλεκτρικό δίκτυο, και πώς μπορεί να επηρεάσουν τον τρόπο που εκτελείται η εργασία στο σύστημα.

Οι τεχνολογικές δυνατότητες των συστημάτων που υποστηρίζουν τη λειτουργία του δικτύου, πρέπει να γνωστοποιούνται στους χειριστές πάνω στα διάφορα τεχνήματα της αίθουσας ελέγχου, προκειμένου αυτοί να μπορούν να τις αξιοποιήσουν στο μέγιστο βαθμό, και με τον καταλληλότερο τρόπο. Ο Πίνακας 8.VIII (ακολουθεί στην §8.1.9) αποτυπώνει τις δυνατότητες αυτές με τρόπο που μπορεί να αξιοποιηθεί κατά το σχεδιασμό του ηλεκτρονικού διαμεσολαβητή εποπτείας και διαχείρισης για το δίκτυο μέσης τάσης.

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΑΝΟΜΗΣ			
	A- Υποτομέα Λειτουργίας Συστήματος	B- Υποτομέα Μελετών Λειτουργίας	Γ- Υποτομέα Προστασίας και Μετρήσεων Υπογείων καλωδίων	Δ- Υποτομέα Τηλεχειρισμών Συστήματος
Λειτουργικός Σκοπός		- Ρύθμιση και εποπτεία παραμέτρων λειτουργίας των στοιχείων του δικτύου.	- Τοποθέτηση και έλεγχος των μέσων προστασίας του δικτύου.	- Εγκατάσταση, συντήρηση, επισκευή των αυτοματισμών του δικτύου και εποπτεία του δικτύου τηλεχειρισμών.
Αφηρημένη Λειτουργία		- Ανάγκες στο δίκτυο (νέοι καταναλωτές, περισσότερα φορτία). - Διαθέσιμοι οικονομικοί πόροι.	- Ανανέωση μέσω των μέσων προστασίας του δικτύου. - Διαθέσιμοι οικονομικοί πόροι.	- Ανανέωση και προσθήκη νέων συστημάτων αυτοματισμών και εποπτείας (τηλεχειριζόμενα ΚΕΔΔ & ΥΣ). - Διαθέσιμοι οικονομικοί πόροι.
Γενική Λειτουργία		- Ανάπτυξη και αναβάθμιση του δικτύου (επέκταση και ενίσχυση γραμμών).	- Τοποθέτηση, Ρύθμιση, Συντήρηση Εξοπλισμού.	- Διαχείριση των συστημάτων τηλεχειρισμού.
Φυσική Λειτουργία		- Γραμμές και μονάδες παροχής ενέργειας στο δίκτυο.	- Μέσα προστασίας (ηλεκτρονόμοι, κλπ).	- Τηλεχειριζόμενα ΚΕΔΔ - Τ/Χ ΥΣ - Εξ' αποστάσεως Τ/Χ στοιχεία του δικτύου
Φυσική Μορφή		- Θέση γραμμών και μονάδων.	- Θέση και τρέχουσα κατάσταση μέσω των μέσων προστασίας.	- Θέση και κατάσταση Τ/Χ στοιχείων στο δίκτυο.

Πίνακας 8.IV Μοντέλο Υποτομένων

8.1.6 Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών Ελέγχου

Το δίκτυο ΥΤ (150KV) που υπάγεται στη Διανομή (Κεφ.7-§7.1.1 & §7.2.1) εποπτεύεται από συγκεκριμένη Αίθουσα Ελέγχου, η οποία συνεργάζεται με τις Αίθουσες ελέγχου που εποπτεύουν τα δίκτυα ΜΤ (20KV και 22KV). Οι επικοινωνίες από την αίθουσα ΥΤ με τις χαμηλότερης τάξης αίθουσες ελέγχου, γίνονται συνήθως με στόχο τη μετάδοση περιορισμών, καθώς και εντολών και οδηγιών εκτέλεσης χειρισμών. Οι επικοινωνίες αυτές, κατά τη διάρκεια κρίσιμων συνθηκών όπως οι καύσωνες, γίνονται πιο συχνές και αποκτούν ιδιαίτερη σημασία.

Η εποπτεία και έλεγχος λειτουργιών των ΜΣ ΥΤ/ΜΤ είναι διαμοιρασμένες στις δύο αίθουσες (Κεφ.7-§7.3.3.2). Η οπτική κάθε αίθουσας για τα κοινά διαχειριζόμενα στοιχεία και για όσα στοιχεία συνδέονται με αυτά, παρουσιάζεται στο Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών που ακολουθεί (Πίνακα 8.V). Η ανάπτυξη στα επίπεδα Αφαίρεσης, του τεχνολογικού Δικτύου που επιβλέπει η αίθουσα ΥΤ, περιλαμβάνει ένα μεγάλο όγκο στοιχείων και αναλυτικών περιγραφών. Στον Πίνακα 8.V περιγράφονται μόνο τα στοιχεία του τεχνολογικού δικτύου ΥΤ που συνδέονται με τη λειτουργία των ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, και μεταφέρονται ως δυνατότητες ή περιορισμοί στο τεχνολογικό δίκτυο ΜΤ. Η αίθουσα ΥΤ, αρμόδια για την εποπτεία των

επιπέδων φόρτισης γραμμών ΥΤ, καθώς και των θερμοκρασιών τυλίγματος και πυρήνα ΜΣ (Επ. Φυσικής Μορφής), όταν διαπιστώσει ότι προσεγγίζουν κρίσιμες-οριακές τιμές (Επ. Φυσικής Λειτουργίας), ειδοποιούν τους χειριστές στην αίθουσα ΜΤ, μεταφέροντας τους περιορισμούς για το ποιες γραμμές ΥΤ και ποιι ΜΣ ΥΤ/ΜΤ δεν πρέπει να επιβαρυνθούν με περαιτέρω φορτία (π.χ. εντολή για μη-υπέρβαση του ορίου των 2000Α σε κάθε ΜΣ). Οι περιορισμοί αυτοί, μαζί με τα χαρακτηριστικά που προσδίδει στα στοιχεία κάθε ΜΣ η πηγή τροφοδοσίας της γραμμής ΥΤ, έρχονται στην αίθουσα ΜΤ ως «εξωτερικοί περιορισμοί» στο Επίπεδο Αφηρημένης Λειτουργίας (§8.1.2.2), και συνεπάγονται την εκτέλεση συγκεκριμένων χειρισμών σε επίπεδο Γενικής Λειτουργίας – Φυσικής Λειτουργίας – Φυσικής Μορφής του τεχνολογικού δικτύου ΜΤ.

Ανάλογα με την οπτική που έχει για τα από κοινού διαχειριζόμενα στοιχεία του δικτύου κάθε αίθουσα ελέγχου, πρέπει αντίστοιχη να είναι σχεδιαστικά, η αποτύπωση της πληροφορίας για τα στοιχεία αυτά, στα μέσα εποπτείας και ελέγχου της.

Η αποτύπωση της οπτικής των δύο αιθουσών, βοηθάει επίσης στο να μελετηθεί σε επόμενα στάδια της ανάλυσης, ο τρόπος, ο χρόνος και η συχνότητα ανταλλαγής της πληροφορίας κοινού ενδιαφέροντος μεταξύ των δύο αιθουσών, καθώς και το πόσο λειτουργική είναι σε επίπεδο διαχείρισης του δικτύου, η ισχύουσα κατανομή αρμοδιοτήτων εποπτείας και ελέγχου.

ΕΠΙΠΕΔΟ	Αίθουσα ΥΤ Τεχνολογικό δίκτυο	Αίθουσα ΜΤ Τεχνολογικό δίκτυο
Λειτουργικός Σκοπός		
Αφηρημένη Λειτουργία	- Διαθέσιμη ενέργεια για το δίκτυο γραμμών ΥΤ.	- Δυνατότητα φόρτισης των ΜΣ σύμφωνα με το όριο χωρητικότητας, τα θερμικά όρια, και τη δυναμικότητα των γραμμών ΥΤ που τροφοδοτούν τους ΜΣ. - Συμβατότητα διάδρασης στοιχείων διαφορετικών ΜΣ, σύμφωνα με χαρακτηριστικά των τροφοδοτικών γραμμών ΥΤ.
Γενική Λειτουργία	- Λειτουργίες Συστήματος Γραμμών ΥΤ. - Λειτουργίες ΜΣ ΥΤ/ΜΤ που ελέγχονται από Αίθουσα ΥΤ.	- Λειτουργίες ΜΣ ΥΤ/ΜΤ που ελέγχονται από Αίθουσα ΜΤ. - Λειτουργίες Συστήματος Γραμμών ΜΤ.
Φυσική Λειτουργία	- Θερμικό όριο τυλίγματος & Πυρήνα ΜΣ. - Όρια χωρητικότητας γραμμών ΥΤ.	
Φυσική Μορφή	- Τιμή Θερμοκρασίας λαδιού (Τυλίγματος και πυρήνα των ΜΣ ΥΤ/ΜΤ). - Τιμή Φορτίου γραμμών ΥΤ. - Χαρακτηριστικά γραμμής ΥΤ (συνημίτονο τάσης κλπ).	

Πίνακας 8.V Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών

Στην Περιφέρεια Αττικής, η εποπτεία των δικτύων μέσης τάσης είναι κατανομημένη σε επιμέρους Αίθουσες Ελέγχου (αίθουσα Αθηνών 20KV, αίθουσα Αθηνών 22KV, Αίθουσα Ν. Ιωνίας, Αίθουσα Παλλήνης) (Κεφ.7-§7.1.1). Τα όρια αρμοδιότητας κάθε αίθουσας ελέγχου και ο τρόπος συνεργασίας τους για τις ανάγκες διαχείρισης του δικτύου, καθορίζονται από τον κανονισμό λειτουργίας και τα οργανογράμματα. Κάθε αίθουσα, εποπτεύει ένα διαφορετικό τμήμα του τεχνολογικού δικτύου μέσης τάσης (υπο-δίκτυο), και έχει συγκεκριμένες αρμοδιότητες εποπτείας ή/και ελέγχου πάνω στα διασυννοριακά στοιχεία των υποδικτύων. Δηλαδή οι τομείς δραστηριότητας τους, διαφοροποιούνται κυρίως στο επίπεδο Φυσικής Μορφής του Πίνακα 8.II. Οι επικοινωνίες που αναπτύσσονται μεταξύ τους οι αίθουσες, γίνονται με αφορμή κάποιο συμβάν που απαιτεί συντονισμό χειρισμών, για στοιχεία που βρίσκονται στο όριο αρμοδιότητας των δύο αιθουσών ή για πληροφορίες που είναι διαθέσιμες μόνο στη μία αίθουσα.

Για τη μελέτη της συνεργασίας μεταξύ των αιθουσών ίδιας τάξης δικτύων αναπτύσσονται μοντέλα αντίστοιχα με αυτό του Πίνακα 8.V, τοποθετώντας στον άξονα της διάσπασης όλες τις εμπλεκόμενες αίθουσες, και στα επίπεδα αφαίρεσης τα στοιχεία για το τεχνολογικό υπο-δίκτυο που επιβλέπει κάθε αίθουσα.

8.1.7 Μοντέλο Συνεργασίας Χειριστών-Συnergείων

Το Δίκτυο Διανομής Μέσης Τάσης είναι επαρκώς «παρατηρήσιμο» μέσα από την αίθουσα ελέγχου και εν μέρει άμεσα «ελέγξιμο». Οι χειριστές αλληλεπιδρούν με το δίκτυο εξ' αποστάσεως, μέσω του συστήματος τηλε-ελέγχου. Τα συνεργεία/εργοδηγεία χειρίζονται τοπικά στο φυσικό πεδίο, τα στοιχεία του δικτύου. Τα συνεργεία λειτουργούν σαν μία προέκταση του συστήματος ελέγχου, μέσω του οποίων οι χειριστές μπορούν να λάβουν πληροφορία και να διαχειριστούν τα μη-τηλεχειριζόμενα στοιχεία του δικτύου.

Σε καθημερινή βάση, οι χειριστές στην αίθουσα ελέγχου συνεργάζονται με τα συνεργεία περιοχών, για την εκτέλεση προγραμματισμένων εργασιών που καθορίζουν τα χειρόγραφα Σημειώματα Εργασιών, αλλά και για την επισκευή έκτακτων βλαβών στο δίκτυο (Κεφ.7-§7.3.1).

Σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας (π.χ. καύσωνας) λόγω των συνθηκών που διαμορφώνονται (όπως προέκυψε από την Εθνογραφική ανάλυση), το έργο των συνεργείων διαφοροποιείται σημαντικά καθώς: α) εξυπηρετούν επείγοντα περιστατικά (π.χ. εντοπισμός τμήματος γραμμής που εμφανίζει την βλάβη) και τα προγραμματισμένα σημειώματα αναβάλλονται, β) αλλάζει ο ρυθμός εργασίας και η διάρκεια της βάρδιας τους λόγω έκτακτων αναγκών στο δίκτυο. Έτσι, η εργασία των συνεργείων γίνεται πιο απαιτητική, και η αποτελεσματική συνεργασία με την αίθουσα ελέγχου καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική.

Το Μοντέλο Χειριστών-Συnergείων (Πίνακας 8.VI) αποτυπώνει τους στόχους και τους κανόνες που διέπουν τη συνεργασία των δύο πλευρών, καθώς και τα μέσα/δυνατότητες που έχει κάθε πλευρά για τη διαχείριση του δικτύου. Οι χειριστές στην αίθουσα ελέγχου και τα συνεργεία, διαχειρίζονται ακριβώς το ίδιο τεχνολογικό δίκτυο που περιγράφεται στον Πίνακα 8.II, αλλά έχουν διαφορετικές δυνατότητες ελέγχου πάνω στο δίκτυο (Πίνακας 8.VI, Επίπεδο Γενικής Λειτουργίας-Φυσικής Λειτουργίας -Φυσικής Μορφής). Οι χειριστές από την αίθουσα ελέγχουν μόνο τις τηλεχειριζόμενες λειτουργίες και στοιχεία του δικτύου, ενώ τα συνεργεία εκτελούν μόνο τοπικούς χειρισμούς στα στοιχεία του δικτύου.

Σε ό,τι αφορά την οπτική του δικτύου, οι χειριστές έχουν τη γενική εικόνα του δικτύου μέσα από τα τεχνήματα της αίθουσας ελέγχου (Κεφ.7-§7.2.3), ενώ τα συνεργεία έχουν την τοπική φυσική εικόνα για κάθε στοιχείο του δικτύου (π.χ. συνδεσμολογία στοιχείων, πλημμυρισμένη εγκατάσταση, καμένα στοιχεία, κλη). Κάθε πλευρά έχει πρόσβαση σε κάποιες πληροφορίες για το δίκτυο που δεν έχει η άλλη πλευρά, έτσι τα συνεργεία μεταφέρουν προφορικά στην αίθουσα (μέσω τηλεφώνου, ασυρμάτου) λεπτομερή πληροφορία για την εικόνα του εξοπλισμού του δικτύου, τη φυσική διευθέτηση του στο χώρο, και το άμεσο περιβάλλον του (Επίπεδο Φυσικής Μορφής), ενώ οι χειριστές μεταφέρουν προφορικά πληροφορία για στοιχεία ρυθμίσεων και δυνατότητες συνδεσιμότητας (Επίπεδο Φυσικής λειτουργίας).

Η εγκατάσταση σύγχρονων συστημάτων εποπτείας και ελέγχου του δικτύου στην αίθουσα, και η ταυτόχρονη χρήση έξυπνων φορητών συσκευών από τα συνεργεία, δίνει τη δυνατότητα για άμεση ανταλλαγή ψηφιακών δεδομένων. Τα συνεργεία θα μπορούν να λαμβάνουν αναλυτικά ψηφιακά σχεδιαγράμματα και άλλες πληροφορίες για τα σημεία του δικτύου στα οποία επιχειρούν, και αντίστοιχα να αποστέλλουν στην αίθουσα ελέγχου οπτικό υλικό με τη φυσική εικόνα των σημείων στα οποία επιχειρούν.

Ο Πίνακας 8.VI βοηθάει στο εντοπίσει κανείς: α) σε ποιες πληροφορίες και με ποιο τρόπο είναι σκόπιμο να έχει πρόσβαση κάθε πλευρά, και β) πώς θα ήταν σκόπιμο να αναθεωρηθούν οι κανόνες και διαδικασίες (π.χ. επανάληψης-επιβεβαίωσης των λεγομένων κάθε πλευράς) που διέπουν τη συνεργασία αίθουσας ελέγχου-συnergείων, στο σύγχρονο τεχνολογικό περιβάλλον.

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΧΕΙΡΙΣΤΕΣ	ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ/ΕΡΓΟΔΗΓΕΙΑ
Λειτουργικός Σκοπός	<ul style="list-style-type: none"> - Διαχείριση του δικτύου με τρόπο που δεν θέτει σε κίνδυνο την Ασφάλεια των συνεργείων/εργοδηγείων και των πολιτών. - Διαχείριση του δικτύου με τρόπο που να μην καταστρέφεται και να μην καταπονείται ο εξοπλισμός. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ασφαλή εκτέλεση χειρισμών για την προσωπική τους προστασία, και την προστασία του εξοπλισμού και των πολιτών.
Αφηρημένη Λειτουργία	<ul style="list-style-type: none"> - Διαθέσιμοι ενεργειακοί πόροι και εξοπλισμός στο δίκτυο. - Πλήθος και είδος εκδηλωνόμενων περιστατικών. - Αριθμός συνεργαζόμενων συνεργείων στο δίκτυο. -Κανόνες επικοινωνίας και διάδρασης με τα συνεργεία (επανάληψη- επιβεβαίωση εντολών, κλπ). 	<ul style="list-style-type: none"> -Ρυθμός εργασίας (όπως καθορίζεται από το ρυθμό εκδηλωνόμενων συμβάντων) - Προσβασιμότητα στα σημεία επέμβασης (καθορίζεται από εξωτερικά γεγονότα και κυκλοφοριακό περιβάλλον). - Βαθμός δυσκολίας περιστατικών και απαιτούμενος χρόνος εκτέλεσης δραστηριότητας. - Κανόνες εκτέλεσης χειρισμών.
Γενική Λειτουργία	<ul style="list-style-type: none"> - Εποπτεία δικτύου στα «παρατηρήσιμα» μέσω συστήματος ελέγχου στοιχεία. - Διαχείριση τηλεχειριζόμενων στοιχείων και τηλε-ελεγχόμενων λειτουργιών (Πίνακα 8.II). - Επικοινωνία και συντονισμός ενεργειών συνεργείων στο δίκτυο (Εργοδηγεία Περιοχής, ΧΕΑ, Συνεργείο Μετρήσεων, κλπ). 	<ul style="list-style-type: none"> - Εκτέλεση εργασιών/χειρισμών σε στοιχεία του δικτύου και χειροκίνητος έλεγχος λειτουργιών (Πίνακα 8.II). - Επικοινωνία με την αίθουσα ελέγχου και συντονισμός ενεργειών (σημεία επέμβασης και τρόπος δράσης). - Συνεργασίες με άλλα συνεργεία (απομονώσεων, μετρήσεων, υπογείων καλωδίων) για ανταλλαγή πληροφοριών-εντολών (π.χ. καρτών, κλπ).
Φυσική Λειτουργία	<ul style="list-style-type: none"> - Δυνατότητες τηλεχειρισμού στοιχείων. - Τρόποι-Μέσα επικοινωνίας με τα συνεργεία (τηλέφωνα, ασύρματος). - Δυνατότητες- Εύρος ρυθμίσεων στοιχείων δικτύου (Πίνακα 8.II). 	<ul style="list-style-type: none"> - Εξοπλισμός και Εργαλεία εκτέλεσης της εργασίας. - Μέσα ατομικής προστασίας για την εκτέλεση της εργασίας. - Τρόποι-Μέσα επικοινωνίας με την αίθουσα ελέγχου και άλλα συνεργεία (Ασύρματος, τηλέφωνα). - Δυνατότητες- Εύρος ρυθμίσεων στοιχείων δικτύου (Πίνακα 8.II).
Φυσική Μορφή	<ul style="list-style-type: none"> - Συγκεκριμένα Στοιχεία δικτύου στα οποία εκτελούνται τηλεχειρισμοί. - Τρέχουσες Ρυθμίσεις, θέσεις, τοπολογία στοιχείων (Πίνακα 8.II). 	<ul style="list-style-type: none"> - Συγκεκριμένα Στοιχεία δικτύου στα οποία εκτελούνται τοπικοί χειρισμοί (Απομονώσεις - Συνδέσεις, Αντιστοιχία φάσεων, τοποθέτηση και επαναφορά γειώσεων) και επισκευές (αλλαγές ασφάλειας, ραγισμένων μονωτήρων, καλωδίων που βρίσκονται στο έδαφος). - Τρέχουσες Ρυθμίσεις, θέσεις, τοπολογία στοιχείων (Πίνακα 8.II).

Πίνακας 8.VI Μοντέλο Συνεργασίας Χειριστών – Συνεργείων

8.1.8 Μοντέλο Δομής Μετασηματιστών

Οι Μετασηματιστές ΥΤ/ΜΤ που βρίσκονται στα Κέντρα Διανομής, αποτελούν τις βασικές τηλεχειριζόμενες μονάδες, γύρω από τις οποίες αναπτύσσεται το έργο εποπτείας και ελέγχου στο δίκτυο μέσης τάσης. Οι ΜΣ ΥΤ/ΜΤ συντίθενται από τρία βασικά δομικά επίπεδα, Μετασηματιστή-Ημιτυλιγμάτων/Ζυγών-Γραμμών (Κεφ.7-§7.2.1, Εικόνα 7.3), καθένα από τα οποία υποστηρίζει διαφορετικές λειτουργίες και χειρισμούς, και έχει διαφορετικές προστασίες λειτουργίας.

Ο Πίνακας 8.VII Ιεραρχικής Αφαίρεσης- Διάσπασης περιγράφει τους ΜΣ ΥΤ/ΜΤ στα διαφορετικά δομικά επίπεδα λειτουργίας «Μετασηματιστής-Ζυγοί-Γραμμές» (Κεφ.3-§3.3.1). Στον Πίνακα 8.VII για τα Επίπεδα Λειτουργικού Σκοπού και Αφηρημένης Λειτουργίας ισχύουν οι περιορισμοί και οι δυνατότητες των στοιχείων του δικτύου που περιγράφονται

στον Πίνακα 8.II. Στα επίπεδα Γενικής Λειτουργίας, Φυσικής Λειτουργίας, και Φυσικής Μορφής παρουσιάζονται οι λειτουργίες και οι περιορισμοί που ισχύουν σε κάθε δομικό επίπεδο διάσπασης, και πρέπει να τηρούνται μεμονωμένα, αλλά και αθροιστικά βάσει των σχέσεων μέρους-όλου (part-whole) που διέπουν κάθε μετασχηματιστή.

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΣ	ΖΥΓΟΙ	ΓΡΑΜΜΕΣ
Λειτουργικός Σκοπός			
Αφηρημένη Λειτουργία			
Γενική Λειτουργία	- Λειτουργίες Ελέγχου ΜΣ (π.χ. Ρύθμιση ΣΑΤΥΦ).	- Λειτουργίες Ελέγχου Ημιπυλινμάτων/Ζυγών (π.χ. ισοφόρτιση).	- Λειτουργίες Ελέγχου Γραμμών (π.χ. τοποθέτηση πυκνωτών, μεταγωγή φορτίων, απόρριψη φορτίων).
Φυσική Λειτουργία	- Ονομαστικά/ συνήθη όρια φόρτισης ΜΣ (2800Α/2500Α). - Ρυθμίσεις Θερμοκρασίας λαδιού (αλάρμ 95°/ trip 100 °).	- Ονομαστικά/ συνήθη όρια ημιπυλινματος (1400 Α/1250Α). - Όρια φόρτισης ζυγού (1000 Α/ 900 Α).	- Ονομαστικά/ συνήθη όρια φόρτισης γραμμής (300Α/220Α).
Φυσική Μορφή	- Θέση διακοπών ΜΣ. - Θέση ΣΑΤΥΦ. - Τάση Εξόδου. - Φορτίο ΜΣ.	- Θέση διακοπών Ζυγών. - Φορτίο ζυγών.	- Θέση διακοπών Γραμμών. - Φορτίο γραμμών. - Θέση διακοπών στοιχείων που βρίσκονται πάνω σε κάθε γραμμή.

Πίνακας 8.VII Μοντέλο Δομής Μετασχηματιστών

Οι σχέσεις μεταξύ των επιμέρους δομικών επιπέδων λειτουργίας του Μετασχηματιστή, είναι αυτές που οδηγούν στον προσδιορισμό κατάλληλων λύσεων μεταγωγής φορτίων, ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες όπως οι καύσωνες, όπου το δίκτυο λειτουργεί σε οριακές συνθήκες, και είναι πιθανό να εκδηλωθούν πολύπλοκα φαινόμενα.

Μέσω του Πίνακα 8.VII εντοπίζονται οι πληροφορίες που πρέπει να έχουν οι χειριστές για να τηρούν τους περιορισμούς, και να αξιοποιούν τις δυνατότητες κάθε δομικού επιπέδου λειτουργίας του μετασχηματιστή.

Ο Πίνακας 8.VII πέρα από τον εντοπισμό του περιεχομένου της πληροφορίας, συμβάλει και στον καθορισμό της δομής-μορφής απεικόνισης που είναι σκόπιμο να έχει αυτή στο διαμεσολαβητή.

8.1.9 Μοντέλο Τεχνολογικών Συστημάτων Εποπτείας και Ελέγχου Δικτύου

Οι χειριστές στην αίθουσα ελέγχου, ασκούν την εποπτεία και τον έλεγχο των ηλεκτρικών δικτύων, αλληλεπιδρώντας ταυτόχρονα με τρία λειτουργικά συζευγμένα τεχνολογικά συστήματα: το ηλεκτρικό δίκτυο, το σύστημα ελέγχου και τον διαμεσολαβητή. Το τεχνολογικό σύστημα του ηλεκτρικού δικτύου έχει περιγραφεί στο Κεφ.7-§7.2.1 και έχει αποτυπωθεί στον Πίνακα 8.II. Το δίκτυο μέσης τάσης είναι επαρκώς τηλεοπτευόμενο και εν μέρει τηλεελεγχόμενο (Κεφ.7-§7.2.2). Το σύστημα ελέγχου των ενεργειακών δικτύων αποτελείται από αισθητήρες και μηχανισμούς εκτέλεσης ενεργειών, και από ηλεκτρονικό και τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό που βρίσκεται κατανεμημένος στο δίκτυο, ενώ όλη η πληροφορία και οι εντολές που διακινεί καταλήγουν σε ανάλογο εξοπλισμό στην αίθουσα ελέγχου (Κεφ.5-§5.4). Ο διαμεσολαβητής αποτελείται από το σύνολο των ελεγκτών/χειριστηρίων και οθονών, μέσω των οποίων αλληλεπιδρά ο άνθρωπος, τόσο με το δίκτυο, όσο και με το σύστημα ελέγχου (Κεφ.5-§5.3 και Κεφ.7-§7.2.3).

Το Μοντέλο Τεχνολογικών Συστημάτων Εποπτείας και Ελέγχου Δικτύου (Πίνακας 8.VIII), παρουσιάζει τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες των τριών συστημάτων. Για το ηλεκτρικό δίκτυο, η ανάπτυξη του στα επίπεδα αφαίρεσης έχει παρουσιαστεί αναλυτικά στον Πίνακα 8.II. Για τον εξοπλισμό του συστήματος ελέγχου και το διαμεσολαβητή, παρουσιάζεται αναλυτικά το περιεχόμενο κάθε επιπέδου αφαίρεσης. Ο διαχωρισμός αυτός είναι σκόπιμος, προκειμένου να προσδιοριστούν με ακρίβεια οι διακριτοί ρόλοι, τα όρια, οι στόχοι λειτουργίας κάθε επιμέρους τεχνολογικού συστήματος, καθώς και οι περιορισμοί και οι δυνατότητες που έχει κάθε σύστημα. Επίσης, βοηθάει στο να μελετηθεί πώς γίνεται η λειτουργική σύζευξη των τριών συστημάτων.

Στα σύγχρονα δίκτυα, εκδηλώνονται προβλήματα που δεν είναι πάντα σαφές, εάν οφείλονται σε αστοχία του διαμεσολαβητή, του συστήματος ελέγχου ή του ηλεκτρικού δικτύου. Για τις περιπτώσεις αυτές, οι χειριστές στα δίκτυα μέσης τάσης εφαρμόζουν τις διαγνωστικές πρακτικές που περιγράφηκαν στο Κεφ.7-§7.3.4.2. Σημαντικό ρόλο σε αυτές τις περιπτώσεις, παίζει ο βαθμός διαφάνειας (Transparency) του διαμεσολαβητή, δηλαδή το κατά πόσο και πώς παρουσιάζονται σε αυτόν οι «εσωτερικές λειτουργίες» που εκτελούνται στο Σύστημα Ελέγχου και στο δίκτυο (Drivalou, 2005a).

Η κατάλληλη «εξωτερική» πάνω στο διαμεσολαβητή (Vakil & Hansman, 2002, Vicente & Rasmussen, 1992), τόσο του μοντέλου λειτουργίας του Συστήματος Ελέγχου, όσο και του μοντέλου λειτουργίας του δικτύου, παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο. Ο Πίνακας 8.VIII συμβάλει στην κατάλληλη αποτύπωση του λειτουργικού μοντέλου κάθε επιμέρους συστήματος, κατά το σχεδιασμό του διαμεσολαβητή.

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΔΙΚΤΥΟ	ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΔΙΑΜΕΣΟΛΑΒΗΤΗΣ
Λειτουργικός Σκοπός		- Συνεχής Επικοινωνία με Τηλεελεγχόμενα και τηλεχειριζόμενα στοιχεία του δικτύου.	- Αποτελεσματική αναπαράσταση πληροφορίας και διάδραση με τα στοιχεία του δικτύου.
Αφηρημένη Λειτουργία		- Παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό και τρόπο λειτουργίας του (θόρυβος στις επικοινωνίες, τραυματισμός εξοπλισμού, φθορά εξοπλισμού, υγρασία).	- Διαθεσιμότητα πληροφορίας και δυνατότητα εκτέλεσης χειρισμών, καθοριζόμενα από το σύστημα ελέγχου. - Ρυθμός ροής πληροφορίας μέσω του συστήματος ελέγχου. - Τεχνολογική δυνατότητα απεικόνισης εισερχόμενης πληροφορίας (διαθεσιμότητα ενδεικτικών, υπολογιστική δυνατότητα και τεχνολογία γραφικών).
Γενική Λειτουργία		- Μεταφορά πληροφορίας από-προς το δίκτυο. - Εκπομπή & εκτέλεση εντολών πάνω στον εξοπλισμό του δικτύου.	- Αναπαράσταση πληροφορίας για σύστημα ελέγχου και δίκτυο. - Χειριστήρια/Μέσα διάδρασης με σύστημα ελέγχου και δίκτυο.
Φυσική Λειτουργία		- Τρόποι επικοινωνίας (δίκτυα τηλεφωνίας, φερέσυχα, δίκτυο πιλότων). - Ρυθμοί σάρωσης και όγκος μεταφερόμενων δεδομένων. - Τρόποι ελέγχου εξ' αποστάσεως (χειροκίνητος, αυτόματος). - Συστήματα ενεργοποίησης/ελέγχου λειτουργιών και στοιχείων δικτύου (π.χ. ΣΑΤΥΦ και διακοπών). - Είδη αισθητήρων/ελεγκτών στο δίκτυο (ενδεικτικά διέλευσης σφάλματος, διακόπτες interlock – Reset, αυτόματου επανοπλισμού). - Είδη τηλεπικοινωνιακού Εξοπλισμού στην αίθουσα.	- Είδη ενδεικτικών (δυνατότητες-τρόποι απεικόνισης- Μορφοποίηση και κωδικοποίηση πληροφορίας). - Είδη χειριστηρίων (τρόποι διάδρασης - θέσεις χειρισμού).
Φυσική Μορφή		- Τρέχουσες ελεύθερες/μη-κλειδωμένες λειτουργίες. - Τρέχων τρόπος ελέγχου εξοπλισμού. - Τρέχουσες εκτελούμενες αλλαγές κατάστασης/χειρισμοί. - Τρέχων τρόπος επικοινωνίας και ρυθμός μεταφοράς δεδομένων. - Ενεργοί διαθέσιμοι αισθητήρες/ελεγκτές στο δίκτυο. - Ενεργός τηλεπικ. εξοπλισμός στην αίθουσα.	- Ενεργά Ενδεικτικά και Χειριστήρια, και θέση αυτών στο χώρο. - Ενεργές Οθόνες και Θεάσεις, διευθέτηση αυτών στο χώρο.

Πίνακας 8.VIII Μοντέλο Τεχνολογικών Συστημάτων Εποπτείας και Ελέγχου Δικτύου

Το σύστημα ελέγχου μεταφέρει κατανεμημένη πληροφορία από το δίκτυο στον ανθρώπινο χειριστή, και αντίστροφα μεταφέρει εντολές προς εκτέλεση στα διάφορα στοιχεία του συστήματος, που έχει δώσει ο χειριστής. Σε κάθε τέτοια μεταφορά, μπορεί να εμφανιστεί κάποιο σφάλμα μετάδοσης, που μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια δεδομένων ή σε μη-εκτέλεση κάποιας εντολής στο σύστημα. Για το λόγο αυτό, για κάθε αλλαγή που εκτελείται αυτόματα από το σύστημα ελέγχου ή έχει δοθεί εντολή από το χειριστή να εκτελεστεί μέσω του συστήματος ελέγχου (Επίπεδο Φυσικής Μορφής Πίνακα 8.VIII), πρέπει να παράγεται οπτική/ηχητική ανάδραση πάνω στο διαμεσολαβητή.

Για τους διαθέσιμους Τρόπους ελέγχου εξ' αποστάσεως (χειροκίνητος, αυτόματος) και για τα Συστήματα ενεργοποίησης/ελέγχου λειτουργιών και στοιχείων δικτύου (π.χ. ΣΑΤΥΦ και διακοπών) που υποστηρίζει το σύστημα

ελέγχου, πρέπει να αποτυπώνονται στο διαμεσολαβητή οι διαθέσιμες δυνατότητες ρύθμισης τους (Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας Πίνακα 8.VIII), αλλά και η τρέχουσα ρύθμιση τους (Επίπεδο Φυσικής Μορφής), ώστε οι χειριστές να παρακολουθούν τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος, και να παρεμβαίνουν κατάλληλα.

Σε ό,τι αφορά συνολικά τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του συστήματος εργασίας, με το Μοντέλο του Πίνακα 8.VIII μπορεί κανείς: α) να εντοπίσει τεχνολογικές δυνατότητες στα επιμέρους συστήματα που δεν αξιοποιούνται πλήρως, π.χ. κατά την εθνογραφική ανάλυση είχε διαπιστωθεί ότι η τρέχουσα πληροφορία από τα αναγνωριστικά διέλευσης σφάλματος στο δίκτυο, δεν απεικονίζεται στο παραδοσιακό στατικό Μιμικό Διάγραμμα, καθώς δεν υποστηρίζεται η απεικόνιση δυναμικής πληροφορίας, β) να εντοπίσει τεχνολογικές δυνατότητες που απουσιάζουν π.χ. σημαντικές πληροφορίες για το δίκτυο, δεν μπορούν να μεταφερθούν στους χειριστές λόγω έλλειψης κατάλληλων αισθητήρων του συστήματος ελέγχου.

Στην περίπτωση εισαγωγής νέων τεχνολογιών όπως π.χ. έξυπνων μετρητών (Κεφ.4-§4.5.6), στο Μοντέλο του Πίνακα 8.VIII μπορεί να αποτυπώσει κανείς με συστηματικό τρόπο τις δυνατότητες τους, και να διερευνήσει τις ευκαιρίες αλλά και τις επιπτώσεις των αλλαγών που αυτές θα φέρουν, στην εποπτεία και διαχείριση των δικτύων.

8.1.10 Αξιολόγηση και αξιοποίηση των Μοντέλων

Τα Μοντέλα Αφαίρεσης-Διάσπασης που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες, αναπτύχθηκαν μέσα από μία επαναληπτική διαδικασία διαμόρφωσης και εξειδίκευσης τους, σύμφωνα με τις απαιτήσεις αποτύπωσης του πεδίου. Σε κάθε μοντέλο, έγινε έλεγχος εάν παρουσιάζει εσωτερική συνέχεια, συντακτική συνέπεια, και νοηματική σαφήνεια. Διατρέχοντας τα επίπεδα και τους τομείς διάσπασης προς διάφορες κατευθύνσεις, ελέγχθηκε εάν προκύπτει μία ομαλή και ρέουσα περιγραφή των περιγραφόμενων συστημάτων.

Στοχεύοντας στην επεξεργασία των Μοντέλων με το προσωπικό και τους μηχανικούς του πεδίου εργασίας, χρησιμοποιήθηκε η τυποποιημένη ορολογία του πεδίου σε συνδυασμό με τη γλώσσα εργασίας (Κεφ.7-§7.1.7). Η αξιολόγηση των Μοντέλων έγινε σε συνεργασία με μηχανικό, στον οποίο παραδόθηκε έκθεση που περιέγραφε τον τρόπο δόμησης και το περιεχόμενο των Μοντέλων που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες (Δριβάλου, 2002). Ο μηχανικός επελέγη ως αξιολογητής, καθώς λόγω του αντικειμένου εργασίας του, διέθετε εμπειρία τόσο στη δομή και λειτουργία του δικτύου, όσο και στα συστήματα εποπτείας και ελέγχου του δικτύου, ενώ επιπλέον ήταν υπεύθυνος για τον καθορισμό προδιαγραφών των νέων συστημάτων εποπτείας και ελέγχου, που επρόκειτο να εισαχθούν στο χώρο των δικτύων μέσης τάσης. Η αξιολόγηση από μηχανικό έγινε, προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι τα Μοντέλα αποτυπώνουν ορθά, πτυχές της δομής και λειτουργίας του πεδίου.

Τα μοντέλα που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες, επεκτάθηκαν περαιτέρω, προκειμένου να εξυπηρετήσουν τις απαιτήσεις ανάλυσης ποικίλων περιστατικών πάνω σε αυτά, όπως παρουσιάζεται στην ενότητα ανάλυσης δραστηριότητας που ακολουθεί.

8.2 Πλαισιοθετημένη Ανάλυση Δραστηριότητας

Η ανθρώπινη δραστηριότητα είναι εξαρτώμενη από το πλαίσιο μέσα στο οποίο εξελίσσεται, και το οποίο μεταβάλλεται συνεχώς. Κατά τη διαχείριση των ηλεκτρικών δικτύων, το πλαίσιο Δραστηριότητας κάθε χρονική στιγμή διαμορφώνεται από: α) το εξωτερικό περιβάλλον του δικτύου (Κεφ.4-§4.5.1 και §4.5.2, Κεφ.7-§7.1.8 και §7.3.1), β) τα εισερχόμενα γεγονότα, και γ) το μεταβαλλόμενο υπόβαθρο που δημιουργούν άλλα καθήκοντα ελέγχου που βρίσκονται σε εξέλιξη.

Προκειμένου να μελετηθεί ο τρόπος που εξελίσσεται η δράση των εργαζομένων σε διαφορετικά πλαίσια δραστηριότητας, επελέγησαν αρχικά συγκεκριμένα περιστατικά, από το υλικό που είχε καταγραφεί σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του δικτύου κατά την εθνογραφική ανάλυση (Κεφ.7-§7.1.9).

Τα Μοντέλα Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης (ΙΑΔ), που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο στάδιο, αποτελούν μία «στατική» αποτύπωση του σκοπού λειτουργίας, των δυνατοτήτων, των περιορισμών και του τρόπου λειτουργίας του πεδίου. Η βηματική αποτύπωση δραστηριότητας πάνω στα Μοντέλα ΙΑΔ, συμβάλει στο να προσδιοριστούν οι ενεργοί περιορισμοί, πληροφορίες, και χειρισμοί στα διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης, που εμπλέκονται στα επιμέρους βήματα νοητικής δραστηριότητας (δραστηριοποίηση, παρατήρηση, αναγνώριση, ερμηνεία, αξιολόγηση, καθορισμό του καθήκοντος, διαμόρφωση της διαδικασίας, εκτέλεση) που πραγματοποιεί ο χειριστής κατά τη διαχείριση των περιστατικών. Έτσι, ακολούθησε ανάλυση των επιλεγμένων περιστατικών υπό το πρίσμα τεσσάρων παραμέτρων της εργασίας (καθήκοντα ελέγχου, στρατηγικές, κοινωνική οργάνωση συνεργασιών, ατομικοί παράγοντες), προκειμένου να εξαχθούν απαιτήσεις για το σχεδιασμό διαμεσολαβητή που θα υποστηρίξει αποτελεσματικά κάθε πτυχή του έργου των χειριστών.

Ευρήματα ειδικού ενδιαφέροντος (π.χ. βήματα έμμεσης διάγνωσης δυσλειτουργιών στο σύστημα ελέγχου, βήματα συντόμευσης, κλπ), που προέκυψαν από τα στάδια ανάλυσης που ακολουθούν, ελέγχθηκαν ως προς την εγκυρότητα τους με τη βοήθεια μηχανικών και χειριστών στο πεδίο, προκειμένου να αξιοποιηθούν κατάλληλα στο σχεδιασμό.

8.2.1 Επεξεργασία και Κωδικοποίηση Περιστατικών

Το υλικό που συλλέχθηκε κατά τις συστηματικές παρατηρήσεις στο πεδίο είχε τη μορφή συνεχών περιγραφών διαδοχικών συμβάντων που εξελίσσονταν ταυτόχρονα, και παρεμβάλλονταν το ένα εντός του άλλου. Τα συμβάντα αυτά χαρακτηρίζονταν από διαφορετικό βαθμό κρισιμότητας σε ό,τι αφορά τις επιπτώσεις στη λειτουργία του δικτύου, και είχαν διαφορετική προτεραιότητα εξυπηρέτησης. Προκειμένου η Ανάλυση Δραστηριότητας να αξιοποιήσει κατάλληλα το υλικό που είχε συλλεχθεί προσδιορίστηκαν τα ακόλουθα:

- Συμβάν, είναι ένα συγκεκριμένο γεγονός που αποτελεί αφορμή για την έναρξη μιας αλληλουχίας ενεργειών από πλευράς χειριστών.

- Περιστατικό, αποτελεί ένα μεμονωμένο συμβάν ή πολλαπλά συμβάντα που εκδηλώθηκαν διαδοχικά ή ταυτόχρονα και συν-εξελίσσονται, μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό παράθυρο δραστηριότητας στο πεδίο. Η δομή σεναρίου κάθε περιστατικού είναι τέτοια, ώστε να εστιάζει σε ένα αντιπροσωπευτικό συμβάν, και τα υπόλοιπα που τρέχουν παράλληλα, να αποτυπώνονται κυρίως ως μεταβολές στο πλαίσιο μέσα στο οποίο εξελίσσεται το κεντρικό συμβάν. Οι μεταβολές στο πλαίσιο αποτυπώνονται, είτε ως αλλαγές στις τιμές συγκεκριμένων σημαντικών παραμέτρων, είτε ως εξωτερικές πληροφορίες που δίνονται στους χειριστές.

Για τις ανάγκες της ανάλυσης διαμορφώθηκαν (54) πενήντα τέσσερα περιστατικά, που καλύπτουν αντιπροσωπευτικά συνθήκη ή σπάνια εμφανιζόμενα συμβάντα, που είχαν καταγραφεί κατά τις συστηματικές παρατηρήσεις. Εικοσιπέντε (25) περιστατικά από αυτά, παρουσιάζουν ειδικό διαγνωστικό και διαχειριστικό ενδιαφέρον.

Τα 54 Περιστατικά είναι κατανομημένα στις τέσσερις εποχές, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.1. Το σημαντικό πλήθος περιστατικών τους καλοκαιρινούς μήνες, παρέχει ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των απαιτήσεων που θέτουν οι κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας όπως ο καύσωνας, στους χειριστές.

ΕΠΟΧΗ	ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ
Άνοιξη (ΜΑΡ-ΑΠΡ- ΜΑΙ)	4
Καλοκαίρι (ΙΟΥΝ – ΙΟΥΛ- ΑΥΓ)	34
Φθινόπωρο (ΣΕΠ-ΟΚΤ-ΝΟΕ)	5
Χειμώνα (ΔΕΚ-ΙΑΝ-ΦΕΒ)	11

Εικόνα 8.1 Κατανομή 54 περιστατικών/εποχές έτους

Στην περιγραφή κάθε περιστατικού περιλαμβάνεται: η ημέρα καταγραφής και οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες, η βηματική εξέλιξη των ενεργειών- χειρισμών που έγιναν για τη διαχείριση του, καθώς και οι συνεργασίες και επικοινωνίες που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων.

Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε κάθε στάδιο ανάλυσης τα περιστατικά που συμβάλουν περισσότερο στην εξαγωγή γνώσης για το σχεδιασμό, δημιουργήθηκε για κάθε περιστατικό μία συνοπτική περιγραφή-τίτλος, η οποία περιελάμβανε: την ημέρα καταγραφής τους και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν, μία κωδικοποίηση του περιεχομένου τους (π.χ. Προγραμματισμένη Εργασία, Προληπτική εργασία, Συναγερμός, Διάγνωση, Βλάβη), τα βασικά στοιχεία και ενέργειες (π.χ. μεταγωγές φορτίων, σημεία τομής, τηλεχειριζόμενοι υποσταθμοί, σημαντικοί πελάτες, συστήματα και λειτουργίες ρύθμισης των μετασχηματιστών), το είδος επικοινωνιών των χειριστών (με άλλες αίθουσες ελέγχου, εξωτερικά συνεργεία και πελάτες), το ποιοι χειριστές διαχειρίζονταν το περιστατικό (επισημάνσεις για το επίπεδο εμπειρίας τους, κλπ). Το πλήθος περιστατικών που αξιοποιήθηκαν σε κάθε στάδιο ανάλυσης, και ο τρόπος που αναλύθηκαν, παρουσιάζεται στις ενότητες που ακολουθούν.

8.2.2 Καθήκοντα Ελέγχου

Η εργασία αποτελείται από επιμέρους καθήκοντα, τα οποία εκτελούνται προκειμένου να επιλυθούν προβλήματα ή να επιτευχθούν συγκεκριμένοι στόχοι στο πεδίο (Vicente, 1999, Crandall al., 2006). Η ανάλυση των καθηκόντων ελέγχου των ενεργούντων στο πεδίο, αποτυπώνει τους στόχους που πρέπει να ικανοποιηθούν για συγκεκριμένες κατηγορίες καταστάσεων, και τους περιορισμούς που ισχύουν κατά την επίτευξη αυτών των στόχων (Ainsworth, 2001). Ο εργαζόμενος θέλει να επιτύχει κάποιο βασικό στόχο (π.χ. μεταφορά φορτίων από κάποιον επιβαρυσμένο ΜΣ σε κάποιον άλλο ή άλλους με χαμηλά φορτία) και ξεκινά διερευνώντας εναλλακτικές δράσης και υλοποιώντας επιμέρους υποστόχους (π.χ. τμηματική μεταγωγή φορτίων) μέχρι να επιτύχει το βασικό στόχο. Αρχικά, ο εργαζόμενος μπορεί να έχει πολλές δυνατότητες (εναλλακτικά μονοπάτια της δράσης πάνω στο πεδίο) για την επίτευξη του στόχου. Δεδομένου ότι υπάρχει μία χρονική διάσταση/εξέλιξη στον τρόπο επίτευξης των στόχων, μπορεί να υπάρξει κάποιο συμβάν το οποίο, είτε να τροποποιήσει την πορεία προς την επίτευξη του κυρίως στόχου, είτε και να καταστήσει αδύνατη την επίτευξη του (Volpert, 1982).

Ο τρόπος εκτέλεσης των καθηκόντων στο πεδίο, καθορίζεται από τις τεχνολογικές δυνατότητες του εξοπλισμού του δικτύου, και από τους κανονισμούς λειτουργίας και εκτέλεσης χειρισμών που ισχύουν (π.χ. κάποιες ενέργειες/χειρισμοί πρέπει να εκτελεστούν πριν από κάποιες άλλες). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι το τεχνολογικό σύστημα δεν αποτελεί τη μόνη πηγή περιορισμών στο σύστημα εργασίας.

Η ανάλυση καθηκόντων ελέγχου στοχεύει στον καθορισμό των σειριακών περιορισμών, κριτηρίων, ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών του πεδίου, τα οποία λαμβάνουν υπόψη τους οι χειριστές κατά την εκτέλεση επιμέρους καθηκόντων, στο πλαίσιο διαφόρων περιστατικών. Η ανάλυση καθηκόντων βοηθάει επίσης στον εντοπισμό των χρονικών σχέσεων μεταξύ παραμέτρων και λειτουργιών του συστήματος π.χ. όταν ενεργοποιηθεί μία λειτουργία ή περιορισμός, πώς επηρεάζονται άλλες παράμετροι λειτουργίας του δικτύου, και κατ'επέκταση ο τρόπος εκτέλεσης συγκεκριμένων καθηκόντων.

Στην Εθνογραφική Ανάλυση είχε μελετηθεί ο τρόπος εκτέλεσης καθηκόντων συναρτήσει των δυνατοτήτων των τεχνολογικών συστημάτων (συστήματος ελέγχου και διαμεσολαβητή) που υποστηρίζουν τη διάδραση των χειριστών με το δίκτυο. Στο παρόν στάδιο, η ανάλυση εστιάζει αποκλειστικά και μόνο στις δυνατότητες και τους περιορισμούς που θέτει το τεχνολογικό δίκτυο και οι κανόνες ασφαλούς εκτέλεσης χειρισμών σε αυτό.

8.2.2.1 Ανάλυση Περιστατικών I

Στο στάδιο αυτό μελετήθηκε το σύνολο των περιστατικών (§8.2.1), προκειμένου να διαπιστωθεί ποια είναι τα βήματα μέσα από τα οποία περνούν οι εργαζόμενοι, κατά την εκτέλεση των βασικών καθηκόντων εποπτείας – διάγνωσης – ελέγχου στο δίκτυο (Κεφ.7-§7.3.4). Η συχνότητα εμφάνισης συγκεκριμένων κατηγοριών καθηκόντων στα αναλυόμενα περιστατικά ήταν η ακόλουθη:

- προγραμματισμένο έργο με τη συμμετοχή συνεργείων, σε τρία (3) περιστατικά
- εκτέλεση προληπτικών ενεργειών, σε πέντε (5) περιστατικά
- αντιμετώπιση συναγερμών, σε έντεκα (11) περιστατικά
- επαναφορά στοιχείων που τέθηκαν εκτός λειτουργίας (π.χ. γραμμής, ζυγών ή ΜΣ) λόγω ενεργοποίησης κάποιας προστασίας, σε δέκα (10) περιστατικά
- αντιμετώπιση βλάβης/καταστροφής σε εξοπλισμό του δικτύου σε δέκα (10) περιστατικά, εκ των οποίων ένα (1) αφορούσε σε εκδήλωση πυρκαγιάς σε εγκαταστάσεις, δύο (2) σε έκρηξη σε εγκαταστάσεις, και ένα (1) βλάβη που προκάλεσε συνεργείο εργολάβου που εγκαθιστούσε νέο εξοπλισμό στο δίκτυο.
- ιχνηλάτιση αιτίου εκδηλωνόμενης δυσλειτουργίας, σε έντεκα (11) περιστατικά, εκ των οποίων τέσσερα (4) αφορούσαν σε δυσλειτουργία του συστήματος ελέγχου και τηλεχειρισμών. Αυτή η κατηγορία καθηκόντων συνδέεται συχνά με τη διερεύνηση μη-οικείων καταστάσεων, και με ειδικές γνώσεις και εμπειρία των χειριστών στον τρόπο λειτουργίας όχι μόνο του δικτύου, αλλά και του συστήματος ελέγχου – διαμεσολαβητή (αναλυτικά στο Κεφ.7-§7.3.4.2 και §8.2.5.2).

Τα παραπάνω καθήκοντα αποτελούν μέρος της καθημερινότητας του χειριστή σε όλες τις εποχές του χρόνου. Μελετώντας βέβαια κανείς τα περιστατικά ανά εποχή, διαπιστώνει ότι η συχνότητα αντιμετώπισης συναγερμών, η επαναφορά στοιχείων που τέθηκαν εκτός λειτουργίας, και η εκτέλεση προληπτικών χειρισμών, είναι σαφώς μεγαλύτερη τους καλοκαιρινούς μήνες όταν επικρατούν συνθήκες καύσωνα. Μελετώντας επίσης τη ροή και συχνότητα συμβάντων σε συνθήκες καύσωνα, διαπιστώνει κανείς ότι μεταβάλλεται πολύ πιο γρήγορα η δυναμική κατάσταση του δικτύου (φορτία, τάσεις, συχνότητα, διαθεσιμότητα εξοπλισμού).

Για την ανάλυση των περιστατικών, χρησιμοποιήθηκε το Μοντέλο του Τεχνολογικού Συστήματος (Πίνακας 8.II), προκειμένου να προσδιοριστεί η υποστήριξη σε πληροφορία που χρειάζονται οι χειριστές, κατά την εκτέλεση καθηκόντων στο τεχνολογικό δίκτυο ΜΤ. Περιορισμοί-δυνατότητες που προέρχονται από άλλα αλληλένδετα με αυτό δίκτυα, ενσωματώνονται στο επίπεδο Αφηρημένης Λειτουργίας (§8.1.6). Επίσης, συμπληρωματικά για τα επίπεδα Φυσικής Λειτουργίας και Φυσικής Μορφής, χρησιμοποιήθηκαν το Μοντέλο Δομής Μετασχηματιστή (Πίνακας 8 V.II) προκειμένου να προσδιοριστεί πώς λειτουργούν -τοπικά και συνολικά- οι δυνατότητες και περιορισμοί, στα τρία δομικά επίπεδα κάθε ΜΣ (ΜΣ- Ζυγοί-Γραμμές).

Για κάθε περιστατικό, κατά τη βηματική αποτύπωση δραστηριότητας, επισημαίνονται οι ενεργοί περιορισμοί, πληροφορίες, και χειρισμοί στα διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης, που εμπλέκονται στα επιμέρους βήματα δραστηριότητας που εκτελεί ο χειριστής. Το παράδειγμα που ακολουθεί είναι αντιπροσωπευτικό του τρόπου ανάλυσης που ακολουθήθηκε για όλα τα περιστατικά.

Περιστατικό: Εντοπίστηκε γραμμή με υψηλά φορτία και θα πρέπει να τα αναλάβουν δύο ΜΣ, σε παράλληλη λειτουργία. Οι δύο ΜΣ έχουν το ΣΑΤΥΦ στην αυτόματη λειτουργία, και ο ένας έχει σημαντικά περισσότερα φορτία από τον άλλο, με συνέπεια να υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθούν μεταξύ τους ρεύματα. Έτσι, τοποθετούνται τα ΣΑΤΥΦ στο χειροκίνητο, και ρυθμίζεται η μεταξύ τους διαφορά φορτίων (1500 A ο ένας και 1300 A ο άλλος) για να λειτουργήσουν παράλληλα.

Τεχνολογικό Δίκτυο 20 KV	
Επίπεδο Γενικού Σκοπού	3 - Κίνδυνος να βρεθούν καταναλωτές χωρίς ηλεκτροδότηση
Επίπεδο Αφηρημένης Λειτουργίας	7 - Σύμφωνα με αρχές λειτουργίας δικτύου, διαφορές πηγές τροφοδοσίας ΜΣ 150/20 , και διαφορετικά χαρακτηριστικά λειτουργίας απαιτούν προσοχή κατά τον παραλληλισμό.
Επίπεδο Γενικής Λειτουργίας	4 - Δυνατότητα παράλληλης τροφοδοσίας γραμμής από δύο ΜΣ 8 - Ρύθμιση τάσεως εξόδου σε ΜΣΑ και ΜΣΒ
Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας	2 - Όριο φορτίου Γραμμής 5 - Γραμμή αντιστήριξης με διακόπτες στα άκρα σε ΜΣ Α και ΜΣ Β. 9 - Σε ΜΣΑ και ΜΣΒ δυνατότητα - Ελέγχου ΣΑΤΥΦ στο χειροκίνητο - Επιλογής τιμής τούσας
Επίπεδο Φυσικής Μορφής	1 - Εντοπίστηκε σε ΜΣ Α γραμμή με υψηλά φορτία 6 - Τιμές φορτίων σε ΜΣΑ και ΜΣ Β έχουν σημαντική διαφορά 10- Σε ΜΣΑ και ΜΣΒ - θέση ΣΑΤΥΦ Χειροκίνητο - Νέα Τιμή Τούσας - Νέα τιμή Τάσης - Αλλαγή θέσεως διακόπτη γραμμής προς ΜΣΒ - παράλληλη τροφοδοσία γραμμής από ΜΣΑ και ΜΣΒ

Εικόνα 8.2 Βηματική Ανάλυση στο Μοντέλο Τεχνολογικού Δικτύου

- (Τεχνολογικό Δίκτυο ΜΤ–Επίπεδο Φυσικής Μορφής) Εντοπίζεται γραμμή σε ΜΣ-Α με υψηλά φορτία.
- (Τεχνολογικό Δίκτυο ΜΤ–Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας) Ενδεχόμενη υπέρβαση ορίου φόρτισης γραμμής.
- (Τεχνολογικό Δίκτυο ΜΤ–Επίπεδο Γενικού Σκοπού) Κίνδυνος να βρεθούν καταναλωτές χωρίς ηλεκτροδότηση.
- (Τεχνολογικό Δίκτυο ΜΤ–Επίπεδο Γενικής Λειτουργίας) Δυνατότητα παράλληλης τροφοδοσίας γραμμής από δύο ΜΣ.
- (Τεχνολογικό Δίκτυο ΜΤ–Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας) Γραμμή αντιστήριξης με διακόπτες στα άκρα στο ΜΣ-Α και ΜΣ-Β.
- (Τεχνολογικό Δίκτυο ΜΤ–Επίπεδο Φυσικής Μορφής) Έλεγχος τιμών φορτίων σε ΜΣ-Α και ΜΣ-Β οδηγεί στη διαπίστωση ότι έχουν σημαντική διαφορά.
- (Τεχνολογικό Δίκτυο ΜΤ–Επίπεδο Αφηρημένης Λειτουργίας) Σύμφωνα με αρχές λειτουργίας δικτύου, διαφορές στις πηγές τροφοδοσίας ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, και διαφορετικά χαρακτηριστικά λειτουργίας απαιτούν προσοχή κατά τον παραλληλισμό.
- (Τεχνολογικό Δίκτυο ΜΤ–Επίπεδο Γενικής Λειτουργίας) Ρύθμιση τάσεως εξόδου σε ΜΣ-Α και ΜΣ-Β.
- (Τεχνολογικό Δίκτυο ΜΤ–Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας) Σε ΜΣ-Α και ΜΣ-Β δυνατότητα: α) Ελέγχου ΣΑΤΥΦ στο χειροκίνητο, και β) Επιλογής Θέσης ΣΑΤΥΦ.
- (Τεχνολογικό Δίκτυο ΜΤ–Επίπεδο Φυσικής Μορφής) Σε ΜΣ-Α και ΜΣ-Β: 1) αλλαγή ρύθμισης ΣΑΤΥΦ στο Χειροκίνητο, 2) αλλαγή Τιμής Θέσης, με συνέπεια να προκύψει νέα τιμή Τάσης. Κατόπιν, εκτελείται αλλαγή θέσεως διακόπτη γραμμής προς ΜΣ-Β, και επιτυγχάνεται η παράλληλη τροφοδοσία γραμμής από ΜΣ-Α και ΜΣ-Β.

8.2.2.2 Βασικά Καθήκοντα

Από την ανάλυση περιστατικών αναγνωρίστηκαν βασικές κατηγορίες καθηκόντων, και οι αλληλουχίες ενεργειών και ελέγχου περιορισμών, κριτηρίων, και προτεραιοτήτων που ισχύουν για αυτές. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι:

- οι χειριστές πραγματοποιούν ελέγχους φόρτισης των στοιχείων, σε κάθε δομικό επίπεδο του ΜΣ (Μοντέλο Δομής Μετασηματιστή, Πίνακας 8 V.II). Οι έλεγχοι γίνονται αναφορικά με τα ονομαστικά όρια φόρτισης (π.χ. ΜΣ 2500/2800Α -100 MW, Ημιτυλιγμάτων 1250/1400Α- 50MW), αλλά και με τα όρια ειδικών ρυθμίσεων που έχουν γίνει (π.χ. ειδικό όριο διασυνδετικής 1000 Α αντί 900 Α). Διαπιστώθηκε επίσης, ότι οι χειριστές προχωρούν σε περιορισμένου χρόνου υπερβάσεις των κανόνων φόρτισης, όταν υπάρχει ανάγκη εκτέλεσης συγκεκριμένων χειρισμών (π.χ. οι γραμμές συνήθως μέχρι 200-220Α, σε ειδικές συνθήκες μέχρι 280-300Α).
- Οι χειριστές προχωρούν συχνά σε μεταγωγές φορτίων, αξιοποιώντας τη δυνατότητα ηλεκτρικής σινοποίησης στοιχείων του δικτύου εναλλακτικά από διαφορετικές πηγές (ΜΣ, ζυγούς). Η δυνατότητα αυτή καθορίζεται από τις ιδιότητες συνδεσιμότητας μίας γραμμής (διπλή γραμμή, γραμμή αντιστήριξης, διασυνδετική), και από τα στοιχεία που υπάρχουν κατά μήκος της όδευσης της όπως σημεία τομής και σημεία διακλάδωσης (επίγειο ΥΣ, ΤΧ ΥΣ, Εναέριο ΥΣ, διακόπτες στο εναέριο και υπόγειο δίκτυο) (Μοντέλο Τεχνολογικού Δικτύου – Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας, Πίνακας 8.II). Σε εννέα (9) περιστατικά όπου γίνεται χρήση των δυνατοτήτων, διαπιστώθηκε ότι πριν την υλοποίηση μίας μεταγωγής γίνεται μία σειρά από ελέγχους όπως π.χ. εντοπισμός κατάλληλης γραμμής μεταγωγής ή σημείου τομής, έλεγχος στοιχείων που υπάρχουν στη γραμμή, και έλεγχος ότι η πηγή προορισμού μπορεί να δεχθεί τα μεταγόμενα φορτία, σε επίπεδο ζυγών, ημιτυλιγμάτων, ΜΣ. Επίσης, κατά την εκτέλεση της μεταγωγής τηρείται συγκεκριμένη διαδικασία για το άνοιγμα /κλείσιμο των διακοπών τροφοδοσίας.
- οι χειριστές πριν προχωρήσουν σε ειδικές ρυθμίσεις λειτουργίας όπως η ισοφόρτιση ζυγών ή η παράλληλη λειτουργία στοιχείων, πραγματοποιούν μία σειρά από διαδοχικούς ελέγχους και χειρισμούς (π.χ. Περιστατικό στην §8.2.2.1 και άλλα 3 περιστατικά, γίνεται έλεγχος της συμβατότητας των στοιχείων που θα λειτουργήσουν παράλληλα αναφορικά με την πηγή τροφοδοσίας των ΜΣ από πλευράς ΥΤ, έλεγχος διαφορών στα φορτία, χειροκίνητη ρύθμιση του ΣΑΤΥΦ).
- οι χειριστές ρυθμίζουν τα άεργα και αντισταθμίζουν τις πτώσεις τάσης στο δίκτυο, τοποθετώντας πυκνωτές που βρίσκονται πάνω σε συγκεκριμένες γραμμές (3 περιστατικά), και ρυθμίζοντας κατάλληλα το ΣΑΤΥΦ στη χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία (10 περιστατικά), τηρώντας συγκεκριμένα όρια που επιτρέπουν την καλή και ασφαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων των καταναλωτών.
- Οι χειριστές προχωρούν σε εντοπισμό βλάβης, απομόνωση, και επισκευή, θέτοντας προτεραιότητες σύμφωνα με: το είδος της βλάβης και το αν υπάρχουν ή μπορεί να δημιουργηθούν επικίνδυνες καταστάσεις, το πλήθος και την ισχύ των καταναλωτών που έχει διακοπεί η τροφοδότηση τους, καθώς και το αν εμπλέκεται «ειδικός» πελάτης (τράπεζες, ΟΤΕ, ΟΑΚΑ, Μετρό, Τραμ, κλπ), οπότε οι χειριστές ακολουθούν ειδικές προτεραιότητες όπως διαπιστώθηκε σε 8 περιστατικά.
- Οι χειριστές προσαρμόζουν την εποπτεία-έλεγχο-διάγνωση των στοιχείων του δικτύου, στον τύπο και τη θέση τους (π.χ. διακόπτες, Αποζεύκτες, Ασφαλειοαποζεύκτες, Ιδιοκατασκευές, Υπόγειοι ή Εναέριοι, σε στεγασμένο ή μη-στεγασμένο χώρο), στις ειδικές ρυθμίσεις τους (π.χ. στοιχεία με διαφοροποιημένα –από τα συνήθη- όρια αντοχής ή διαφορετικό τρόπο σύνδεσης στο δίκτυο), σε παρατηρούμενες συμπεριφορές τους (π.χ. συγκεκριμένα τμήματα ή στοιχεία του δικτύου παρουσιάζουν «ευπάθεια» και εκδηλώνουν συχνά βλάβες), και στις συνθήκες λειτουργίας τους (π.χ. σε σταθμούς ΜΕΤΡΟ δημιουργείται διακύμανση τάσεως μεταξύ 20000 σε 20800 V, λόγω διέλευσης συρμών).
- Για την εκτέλεση καθηκόντων (π.χ. μία μεταγωγή φορτίων) σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, οι χειριστές προχωρούν σε έλεγχο επιπτώσεων των εκτελούμενων χειρισμών, τοπικά και συνολικά στο δίκτυο, και συμμορφώνουν τη δράση τους και με κανόνες, εντολές, και περιθώρια δράσης που ισχύουν συνολικά σύμφωνα με το τρέχον πλαίσιο λειτουργίας. Υπάρχει περίπτωση ένας χειρισμός να είναι υλοποιήσιμος τοπικά, αλλά να μην είναι επιτρεπτός λόγω ισορροπιών που ισχύουν σε υψηλότερα επίπεδα του δικτύου (π.χ. σε ένα περιστατικό, λόγω προβλημάτων στο δίκτυο μεταφοράς, οι χειριστές είχαν λάβει εντολή να μην εκτελέσουν μεταγωγές που μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία των ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, και κατ' επέκταση την ισορροπία του συστήματος). Επίσης, υπάρχει περίπτωση να μην υπάρχουν περιθώρια εκτέλεσης κανονικού χειρισμού (π.χ. σε περιστατικό διαπιστώθηκε ότι τα επίπεδα φόρτισης όλων των στοιχείων και μονάδων του δικτύου ήταν τέτοια, που δεν υπήρχε διαθέσιμη καμία εναλλακτική δράσης για τη διαχείριση συμβάντος - εγκλωβισμός).

8.2.2.3 Απαιτήσεις Σχεδιασμού I

Κάθε περιστατικό, ξεκινά με παρατήρηση του συστήματος ή δραστηριοποίηση με αφορμή κάποιο συμβάν ή συναγερό, και κατόπιν αναγνώριση της κατάστασης του πεδίου. Σε επίπεδο σχεδιασμού διαμεσολαβητή, αρχικά οι χειριστές χρειάζονται πληροφορία για να αντιληφθούν: α) πότε πρέπει να αναλάβουν δράση, β) ποια είναι η κατάσταση του δικτύου αυτή τη στιγμή, αλλά και πώς ενδέχεται να εξελιχθεί σε βάθος χρόνου και γ) ποια είναι τα εμπλεκόμενα ή επηρεαζόμενα στοιχεία από ένα συμβάν ή συναγερό.

Τα επόμενα βήματα στα οποία περνούν οι εργαζόμενοι είναι η προσπάθεια ερμηνείας και αξιολόγησης του τι συμβαίνει. Για να εκτελέσουν τα βήματα αυτά οι χειριστές χρειάζονται πληροφορία για: α) τα ασφαλή όρια λειτουργίας των παραμέτρων, που προκύπτουν μέσα από τους περιορισμούς που ισχύουν για διαφορετικά πλαίσια λειτουργίας του δικτύου, β) τα κριτήρια-δείκτες απόδοσης του δικτύου (συχνότητα, πτώση τάσης), και γ) τις πιθανές αλυσιδωτές αλληλεπιδράσεις, που προκύπτουν λόγω της λειτουργικής σύζευξης του πεδίου.

Από τα επόμενα τρία βήματα (καθορισμό του καθήκοντος, διαμόρφωση της διαδικασίας, εκτέλεση) οι χειριστές χρειάζονται πληροφορία (§8.2.2.2):

- για τις εναλλακτικές δράσης, που παρέχουν οι λειτουργικές (δυνατότητες ρύθμισης έργων και πτώσης τάσης μέσω ΣΑΤΥΦ, τοποθέτησης πυκνωτών κλπ) και τοπολογικές σχέσεις συνδεσιμότητας του πεδίου (Διασυνδετικές, διπλές γραμμές, γραμμές αντιστήριξης, τομές, ζεύξεις, σημεία διασταύρωσης).
- για τα κριτήρια που πρέπει να ελεγχθούν προκειμένου να αποφασιστεί ή όχι η εκτέλεση μίας ενέργειας, και τη βαρύτητα κάθε κριτηρίου, ανάλογα με το τρέχον πλαίσιο εργασίας.
- για την απουσία ή μη-διαθεσιμότητα μίας λειτουργίας ή στοιχείου (λόγω βλάβης ή γιατί βρίσκεται σε συντήρηση), που μπορεί να έχει επίπτωση στην επίτευξη των στόχων του συστήματος.

Οι χειριστές χρειάζονται επίσης πληροφορία (§8.2.2.2):

- για τους χρονικούς περιορισμούς εκτέλεσης ενός χειρισμού (π.χ. άμεση μεταγωγή φορτίων, ενέργειες για μείωση της θερμοκρασίας ΜΣ, κλπ). Μία ενέργεια μπορεί να είναι ιδανική, ακατάλληλη ή και επιζήμια ανάλογα με την χρονική στιγμή που θα γίνει. Κάποιες ενέργειες εάν δεν γίνουν έγκαιρα μπορεί να πυροδοτήσουν διαδοχικά φαινόμενα. Οι εργαζόμενοι για να παρακολουθούν τη δυναμική του πεδίου, χρειάζονται πληροφορία για το: τι έχει ήδη συμβεί, τι έχει ενεργοποιηθεί, ποιοι οι ρυθμοί αλλαγής σημαντικών παραμέτρων. Με αυτές τις πληροφορίες οι εργαζόμενοι μπορούν να παρακολουθούν το δίκτυο, και να προβλέπουν τις επιπτώσεις των χειρισμών τους μελλοντικά.
- για το πώς η εκτέλεση ενός καθήκοντος, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το πλαίσιο εξέλιξης ενός άλλου, και για το ποιοι χειρισμοί πρέπει να γίνουν πριν από άλλους (§8.2.2.2), ώστε να γίνεται κατάλληλος χρονικός συντονισμός καθηκόντων.

Ο διαμεσολαβητής θα πρέπει να υποστηρίζει κατάλληλα την εκτέλεση τόσο μεμονωμένων καθηκόντων, όσο και την εκτέλεση πολλών καθηκόντων ταυτόχρονα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις που προαναφέρθηκαν.

8.2.3 Στρατηγικές

Στο πλαίσιο της ανάλυσης γνωσιακών συστημάτων, οι στρατηγικές μπορούν να οριστούν ως διαφορετικές αλληλουχίες ενεργειών για την επίτευξη του ίδιου στόχου. Δηλαδή η στρατηγική συνδέεται με τον τρόπο που θα επιλέξει κάποιος, να εκτελέσει ένα συγκεκριμένο καθήκον.

Η επιλογή στρατηγικής από τους εργαζόμενους συνδέεται με τρέχοντα δεδομένα του διαχειριζόμενου συστήματος όπως χαρακτηριστικά συμβάντος, περιθώριο χρόνου αντιμετώπισης του συμβάντος, χρόνος υλοποίησης απαιτούμενων ενεργειών, διαθέσιμος εξοπλισμός για υλοποίηση ενεργειών. Η επιλογή στρατηγικής συνδέεται επίσης με κριτήρια ανάπτυξης νοητικής δραστηριότητας όπως: αριθμός παρατηρήσεων που απαιτείται, διαθεσιμότητα πληροφορίας που απαιτείται, απαίτηση ανάκλησης πληροφορίας από τη μνήμη, φόρτος πρόσφατης μνήμης, συνθετότητα του λειτουργικού μοντέλου, υπολογιστικός φόρτος, απαιτούμενη εμπειρία και γνώση, συνθετότητα των νοητικών διαδικασιών (Vicente, 1999).

Στο πεδίο των δικτύων μέσης τάσης, η Ανάλυση Στρατηγικών υλοποιείται προκειμένου: α) να εντοπιστούν οι διαφορετικές κατηγορίες στρατηγικών δράσης που έχουν αναπτυχθεί και καθιερωθεί στο πεδίο με την πάροδο του χρόνου, β) να συγκριθούν οι στρατηγικές που υιοθετούν οι χειριστές ανάλογα με το πλαίσιο λειτουργίας του δικτύου (συνήθεις συνθήκες-κρίσιμες συνθήκες) και το είδος των εμφανιζόμενων συμβάντων (πολλές βλάβες στο δίκτυο ή πολλοί ΜΣ με υψηλά φορτία ή υψηλή θερμοκρασία), και γ) να εντοπιστούν τα κριτήρια επιλογής στρατηγικής που αποκτούν προτεραιότητα σε κάθε περίπτωση.

Στην Εθνογραφική Ανάλυση, είχε διαπιστωθεί ότι οι στρατηγικές που υιοθετούν οι χειριστές επηρεάζονται από τη διαθεσιμότητα ή μη συγκεκριμένου τεχνολογικού εξοπλισμού (π.χ. αισθητήρων διέλευσης σφάλματος), όσο και από τις δυνατότητες ανταλλαγής πληροφορίας που επιτρέπουν οι ισχύουσες οργανωτικές δομές. Οι διαπιστώσεις αυτές ελέγχονται περαιτέρω στο παρόν στάδιο ανάλυσης.

8.2.3.1 Ανάλυση περιστατικών ΙΙ

Κατά την αρχική καταγραφή των περιστατικών στο πλαίσιο της Εθνογραφικής Ανάλυσης (Κεφ.7-§7.1), είχε ζητηθεί από τους εργαζόμενους να περιγράψουν: το πώς αξιολογούσαν το τρέχον πλαίσιο λειτουργίας του δικτύου, την αλληλουχία καθηκόντων και εκτελούμενων ενεργειών, τα κριτήρια ελέγχου, κρίσιμες αποφάσεις που χρειάστηκε να λάβουν, τους λόγους που επέλεξαν μία συγκεκριμένη ενέργεια από τις διαθέσιμες, τους λόγους για τους οποίους άλλαζαν τρόπο δράσης, αλλά και τους λόγους για τους οποίους απέκλειαν εξ αρχής συγκεκριμένα μονοπάτια δράσης. Τους είχε ζητηθεί επίσης να περιγράψουν πόσο οικεία ή μη, τους ήταν η κατάσταση σε κάθε συμβάν, καθώς και να χαρακτηρίσουν σε ποια ευρύτερη κατηγορία συμβάντων ανήκε το κάθε συμβάν. Επίσης, είχε συζητηθεί ο τρόπος με τον οποίο συσχέτιζαν συγκεκριμένα συμβάντα με ιδιαίτερες λειτουργίες του εξοπλισμού ή με άλλα συμβάντα που είχαν λάβει χώρα στο παρελθόν. Στο παρόν στάδιο ανάλυσης, τα δεδομένα αυτά συσχετίζονται με τον τρόπο επιλογής και εφαρμογής στρατηγικών δράσης. Ειδικότερα μελετήθηκαν οι στρατηγικές των χειριστών κατά την:

- Ιεράρχηση και εκτέλεση προγραμματισμένων εργασιών σε τρία (3) περιστατικά.
- Εποπτεία και έλεγχο των στοιχείων του δικτύου σε (5) πέντε περιστατικά.
- Αντιμετώπιση συναγερμών (Αλάρμ 1 έως 26) και επαναφορά στοιχείων που τέθηκαν εκτός λειτουργίας (trip) σε (11) έντεκα περιστατικά.
- Διάγνωση δυσλειτουργιών και βλαβών σε (10) δέκα περιστατικά που αφορούσαν σε στοιχεία που τέθηκαν εκτός λειτουργίας (πτώση γραμμής ή ΜΣ), και σε (10) δέκα περιστατικά που αφορούσαν σε σημαντική βλάβη (πυρκαγιά, έκρηξη, ζημιά από εργασίες συνεργείου).

Για τη διαχείριση ενός περιστατικού, οι εργαζόμενοι χρειάζεται συνήθως να εκτελέσουν διάφορα επιμέρους καθήκοντα (π.χ. εντοπισμό βλάβης, επιλογή εναλλακτικού τρόπου ηλεκτρισμού στοιχείων του δικτύου). Κάθε καθήκον, στοχεύει στην επίτευξη ενός στόχου, και μπορεί συνήθως να εκτελεστεί με διαφορετικούς τρόπους. Ο τρόπος που επιλέγει κάποιος να εκτελέσει κάθε επιμέρους καθήκον σύμφωνα με τα δεδομένα που ισχύουν στο δίκτυο κάθε χρονική στιγμή, διαμορφώνει τη συνολική στρατηγική (αλληλουχία ενεργειών) που ακολουθεί για τη διαχείριση του περιστατικού. Μπορεί να έχει ξεκινήσει κάποιος με μία συγκεκριμένη στρατηγική, και ξαφνικά τα δεδομένα να αλλάξουν και να αλλάξει στρατηγική.

Το Περιστατικό που ακολουθεί είναι αντιπροσωπευτικό των βημάτων διερεύνησης και αντιμετώπισης συμβάντων που ακολουθούν οι χειριστές. Μέσα από αυτό, φαίνεται ο τρόπος που επιμέρους κριτήρια και περιορισμοί καθορίζουν τη στρατηγική δράσης, ενώ γίνεται αναφορά και στις πληροφορίες που χρειάζονται σε κάθε βήμα, καθώς και στο πώς αυτές προσπελαύνονται στο πλαίσιο του υπάρχοντος συστήματος ελέγχου.

Περιστατικό: «Πτώση γραμμής ΜΤ και αναγγελία Υπερφόρτισης (Σφάλμα ανάμεσα σε φάσεις) Αλάρμ 1 ή Στοιχείου Γης (Σφάλμα σε φάση και Ουδέτερο) Αλάρμ 2»

Βήμα 1: Μετά την σιγή του Αλάρμ και την αναγνώριση του ΕΔ, ελέγχεται ο τύπος της γραμμής (απλή, διασυνδετική, αντιστήριξη).

1.1 Εάν είναι αντιστήριξη, δεν γίνεται δοκιμαστική επανηλεκτρισμό, ειδοποιείται κάποιος να πάει να την απομονώσει και να την γειώσει προς το στοιχείο.

1.2 Εάν η γραμμή είναι απλή, γίνεται έλεγχος στο μιμικό διάγραμμα για το εάν η γραμμή περιλαμβάνει εναέριο τμήμα.

Βήμα 2: Ελέγχοντας επιπλέον χαρακτηριστικά της γραμμής, αποφασίζεται εάν είναι σκόπιμο να γίνει δοκιμαστική επανηλεκτρισμό.

2.1 Εάν η γραμμή έχει εναέριο τμήμα, πιθανολογείται ότι η πτώση μπορεί να οφείλεται σε κάποιο στιγμιαίο αίτιο (π.χ. πτηνό πάνω σε σύρμα, χαρταετός που ακούμπησε στο σύρμα, απώλεια επαφής με μονωτήρες λόγω του αέρα ή σε κάποιο ιονισμό). Ανάλογα με το σημείο του δικτύου που βρίσκεται (είναι στο κέντρο της πόλης ή σε προάστια), μπορεί να γίνει προσπάθεια επανηλεκτρισμού.

2.1.1 Εάν είναι μέσα σε πόλη ή σε εγκαταστάσεις υψηλού κινδύνου, τότε μπορεί να μη γίνει επανηλεκτρισμό.

2.1.1 Εάν το εναέριο τμήμα είναι σε αραιοκατοικημένη περιοχή, τότε γίνεται προσπάθεια επανηλεκτρισμού.

α) Εάν η γραμμή ηλεκτριστεί τότε επανέρχεται σε ομαλή λειτουργία.

β) Εάν όχι τότε πρόκειται για μόνιμη βλάβη.

2.2 Εάν η γραμμή είναι όλη υπόγεια, μπορεί να γίνει επανηλεκτρισμό, αλλά συνήθως η βλάβη είναι μόνιμη (π.χ. τραυματισμός από συνεργείο εργολάβου ΔΕΗ ή άλλης υποδομής, φυσική φθορά του καλωδίου - σκάσιμο λόγω παλαιότητας, διαρροή λαδιού, βραχυκύκλωμα λόγω υγρασίας, πυρκαγιά, κλπ).

Βήμα 3: Ελέγχονται τα στοιχεία που υπάρχουν πάνω στη γραμμή, για να καταστρωθεί ο τρόπος διερεύνησης του προβλήματος.

3.1 Εάν υπάρχει ΤΧ ΥΣ, ελέγχονται τα Ενδεικτικά Διέλευσης Σφάλματος που βρίσκονται εκατέρωθεν του ΥΣ, με τη βοήθεια των οποίων μπορούν να καταλήξουν σε συμπεράσματα για το τμήμα της γραμμής στο οποίο βρίσκεται το σφάλμα.

3.2 Σε περίπτωση που δεν υπάρχει ΤΧ ΥΣ, οι χειριστές προσπαθούν να ανακαλέσουν πληροφορία για σημεία ή στοιχεία της γραμμής που παρουσιάζουν κάποια ευπάθεια (τμήμα του αγωγού που παρουσιάζει συχνά προβλήματα, διακόπτης που κολλάει, ασφάλεια που καίγεται συχνά κλπ), ώστε να ξεκινήσουν την αναζήτησή τους από το σημείο αυτό.

Επίσης, αξιοποιούν πληροφορίες για σημεία ή στοιχεία του δικτύου, που φτάνουν προφορικά στην αίθουσα π.χ. α) συνεργείο περιοχής μπορεί να αναφέρει ότι έχει ραγίσει κάποιος μονωτήρας, ή είναι κομμένη κάποια γέφυρα, ή έχει καεί ασφάλεια σε έναν εναέριο ΥΣ, β) καταναλωτής μπορεί να αναφέρει ότι είδε έναν αγωγό πεσμένο στο έδαφος, ή ότι κάποιος αγωγός σπινθηρίζει, ή ότι έχει εκδηλωθεί πυρκαγιά, ή ότι γερανός ακούμπησε πάνω σε εναέριο αγωγό, γ) συνεργεία που εκτελούν εργασίες σε παρακείμενο δίκτυο υποδομής (π.χ. ύδρευσης) μπορεί να αναφέρουν ότι προκλήθηκε κατά λάθος ζημιά στο δίκτυο ηλεκτρισμού.

Βήμα 4: Οι χειριστές σε συνεργασία με τα συνεργεία περιοχών, εκτελούν τομές στο δίκτυο για να εντοπίσουν τα υγιή τμήματα της γραμμής. Όταν δεν υπάρχει κάποιο άλλο σημαντικό κριτήριο επιλογής του σημείου τομής, τότε επιλέγεται σύμφωνα με τα ακόλουθα:

- τις δυνατότητες χειρισμών σύμφωνα με τα φορτία που έχουν οι γραμμές, και από τα στοιχεία στα οποία μπορούν να γίνουν μεταγωγές.

- την ευκολία ή δυσκολία χειρισμού που παρουσιάζει κάποιο στοιχείο (διακόπτης, γέφυρα), καθώς και τις κατηγορίες των καταναλωτών (π.χ. βιομηχανίες) που επηρεάζονται από τους χειρισμούς.
- το πόσο εύκολα ή πόσο σύντομα (π.χ. λόγω κίνησης στο δρόμο, διαδήλωσης κλπ) μπορεί να μεταβεί το -αρμόδιο για κάθε σημείο τομής- συνεργείο περιοχής αυτό.

Βήμα 5: Κάθε επιμέρους τμήμα της γραμμής που διαπιστώνεται ότι είναι υγιές, τίθεται σε λειτουργία, αξιοποιώντας τις δυνατότητες εναλλακτικής ηλεκτρισής των στοιχείων από διαφορετικές πηγές, που είναι διαθέσιμες σύμφωνα με την τοπολογία - δυνατότητες συνδεσιμότητας του δικτύου.

Για την εκτέλεση των χειρισμών αυτών, οι χειριστές εκτελούν πολλά από τα επιμέρους καθήκοντα που παρουσιάστηκαν στην §8.2.2.2, τηρώντας τους κανόνες εκτέλεσης χειρισμών, και συμμορφούμενοι πάντα με τους τρέχοντες περιορισμούς (π.χ. φορτίου, πλήθους και καταναλώσεων ΥΣ που θα επανηλεκτριστούν, συμβατότητας, κλπ).

8.2.3.2 Επιλογή και εναλλαγή Στρατηγικών

Μέσα από την ανάλυση των περιστατικών, διαπιστώθηκαν οι σημαντικότερες παράμετροι, που καθορίζουν τη στρατηγική δράσης ή οδηγούν τους χειριστές στην αλλαγή στρατηγικής, οι οποίες είναι:

- οι συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον λειτουργίας του δικτύου (Κεφ.7-§7.1.8 και §7.3.1), και η χρονική στιγμή της ημέρας (π.χ. το καλοκαίρι η αιχμή της ζήτησης είναι 12-3μμ, και πολλά στοιχεία του δικτύου είναι οριακά φορτισμένα και οι ισορροπίες στο δίκτυο επισφαλείς).
- η μη-διαθεσιμότητα εξοπλισμού λόγω καταστροφής ή βλάβης, και η πιθανή αδυναμία πρόσβασης των συνεργείων σε αυτά λόγω κίνησης στο δρόμο ή άλλων φυσικών εμποδίων.
- η μη- διαθεσιμότητα συνεργείων περιοχών για εκτέλεση χειρισμών στο δίκτυο, λόγω πολλαπλών περιστατικών που βρίσκονται ταυτόχρονα σε εξέλιξη.
- η εμπλοκή «ειδικών» πελατών του δικτύου, που απαιτούν συγκεκριμένους χειρισμούς (π.χ. ειδική διαδικασία εντοπισμού βλάβης σε γραμμή που βρισκόταν ΥΣ αθλητικών εγκαταστάσεων).
- τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες του διαχειριζόμενου εξοπλισμού όπως παλαιότητα, συντήρηση, ειδικές ρυθμίσεις, καθώς επίσης και η διαχειριστική ευκολία-δυσκολία που παρουσιάζει ένα στοιχείο λόγω των τεχνολογικών του χαρακτηριστικών (τύπος διακόπτη).

Διαπιστώθηκε επίσης, ότι οι χειριστές επιλέγουν στρατηγικές δράσης με κριτήρια όπως η βιωσιμότητα μίας λύσης, η συμβολή της στη συνολική ευστάθεια του συστήματος, ο χρόνος διεκπεραίωσης της, κλπ.

Για μεμονωμένα συμβάντα, τα οποία ήταν διαχειρίσιμα, οι χειριστές υιοθετούσαν ποιοτικά κριτήρια στη διαχείριση, και στρατηγικές δράσεις με μακροπρόθεσμα αποτελέσματα (π.χ. μεταγωγές φορτίων με στόχο τη μη-επιβάρυνση συγκεκριμένων ΜΣ, διατήρηση των στοιχείων ισοφορτισμένων, κλπ). Όταν ο αριθμός των περιστατικών αύξανε, και το δίκτυο βρισκόταν σε πιο κρίσιμη κατάσταση από πλευράς ζήτησης ή ευστάθειας, τότε οι χρόνοι αντίδρασης ήταν πιο περιορισμένοι και οι χειριστές υιοθετούσαν στρατηγικές βραχυπρόθεσμης αντιμετώπισης της κατάστασης (π.χ. μεταγωγή φορτίων με τον πιο άμεσα διαθέσιμο τρόπο). Διαπιστώθηκε επίσης ότι:

- υπάρχουν στρατηγικές οι οποίες είναι εξειδικευμένες και αποτελεσματικές σε επίπεδο διαχείρισης και ελέγχου του συστήματος, αλλά δεν χρησιμοποιούνται γιατί είναι νοητικά απαιτητικές και απαιτούν περισσότερο χρόνο εφαρμογής.
- μερικοί χειριστές υιοθετούν συγκεκριμένες στρατηγικές που βασίζονται στην εμπειρία τους για τη συμπεριφορά του δικτύου, και στη γνώση τους για τις πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται στο δίκτυο σε κρίσιμα πλαίσια λειτουργίας. Οι στρατηγικές αυτές στοχεύουν στην αποφυγή χειρισμών που θα μπορούσαν να πυροδοτήσουν διαδοχικές συνέπειες στο δίκτυο, απαιτώντας εκ των υστέρων μεγαλύτερο όγκο χειρισμών για την επαναφορά του δικτύου στην ομαλή λειτουργία.
- σε διαφορετικές χρονικές στιγμές μπορεί να χρησιμοποιείται άλλη στρατηγική για το ίδιο καθήκον (π.χ. ο ίδιος χειριστής σε στιγμές που αισθάνεται νοητική κόπωση, μπορεί να επιλέξει μία νοητικά πιο οικονομική στρατηγική).

8.2.3.3 Ρόλος του διαθέσιμου τεχνολογικού εξοπλισμού.

Μέσα από την ανάλυση περιστατικών διαπιστώθηκε ότι υπήρχε συνάφεια μεταξύ των υιοθετούμενων στρατηγικών, και τεχνολογικών παραμέτρων του εξοπλισμού (συστήματος ελέγχου και δικτύου) που δυσκόλευαν ή διευκόλυναν την εποπτεία και διαχείριση του δικτύου.

Για παράδειγμα, τα αναγνωριστικά διέλευσης σφάλματος (ΑΔΣ), αποτυπώνουν εάν συγκεκριμένης κατηγορίας σφάλματα, έχουν «περάσει» από το σημείο της γραμμής που βρίσκεται ο αισθητήρας (§8.2.3.1-Περιστατικό-Βήμα 3.1). Στο δίκτυο μέσης τάσης υπάρχουν τέτοιοι παλαιοί αισθητήρες κατανεμημένοι στις γραμμές, αλλά πολλοί είναι ανενεργοί λόγω τεχνικών προβλημάτων-συντήρησης. Επιπλέον, η μεταφορά της ένδειξη τους δεν υποστηρίζεται από το σύστημα ελέγχου (μεταφέρεται προφορικά από το προσωπικό των εξωτερικών συνεργείων).

Στους σύγχρονους ΤΧ ΥΣ στο δίκτυο, η πληροφορία αυτή είναι άμεσα διαθέσιμη στην αίθουσα ελέγχου μέσω των SCADA εφαρμογών εποπτείας τους. Όπως προέκυψε από το Περιστατικό που προαναφέρθηκε, και από (8) οκτώ άλλα περιστατικά στα οποία εμπλέκονταν ΤΧ ΥΣ, η ένδειξη των ΑΔΣ τους σε συνδυασμό με την θέση της πηγής τροφοδοσίας της γραμμής, οδηγεί σε άμεσα συμπεράσματα τους χειριστές για την θέση του σφάλματος. Έτσι, βελτιώνεται σημαντικά ο χρόνος διάγνωσης και η αξιοπιστία της διάγνωσης, καθώς οι χειριστές αποφεύγουν κάποιους επαναλαμβανόμενους κύκλους δοκιμής-κατάρριψης υποθέσεων, που απαιτούνται μέχρι να εντοπίσουν τι πραγματικά συμβαίνει.

Με αφορμή την παραπάνω διαπίστωση, κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί κατά το σχεδιασμό του διαμεσολαβητή, ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος αξιοποίησης των τεχνολογικών ευκαιριών, που δημιουργούνται από την αναβάθμιση του εξοπλισμού εποπτείας των δικτύων (Κεφ.4 -§4.5.6).

8.2.3.4 Απαιτήσεις Σχεδιασμού ΙΙ

Οι στρατηγικές αποτελούν νοητικούς οδηγούς δράσης, που συντίθενται από συγκεκριμένα βήματα. Από την ανάλυση των περιστατικών, προέκυψε ότι οι στρατηγικές διαμορφώνονται μέσα από:

- τη διαπίστωση της ομαλής ή μη λειτουργίας του εξοπλισμού βάσει της γνώσεως των αρχών λειτουργίας του συστήματος, και των φυσικών και τεχνικών χαρακτηριστικών που έχουν τα στοιχεία του συστήματος (π.χ. η διερεύνηση προβλήματος στη λειτουργία του ΣΑΤΥΦ, γίνεται μέσα από τη συσχέτιση της τρέχουσας τιμής θέσης του ΣΑΤΥΦ, της τάσεως εξόδου του ΜΣ, και των φορτίων του ΜΣ. Άλλοι εργαζόμενοι ελέγχουν τη λειτουργία βάσει εμπειρικών κανόνων της μορφής «η Α τιμή Θέσης ΣΑΤΥΦ δίνει περίπου Χ τιμή τάσεως εξόδου», ενώ άλλοι μπορεί να προχωρήσουν σε ερμηνεία βάσει της γνώσης που διαθέτουν για τον τρόπο λειτουργίας της διάταξης).
- την αναγνώριση μοτίβων συμπεριφοράς. Σε αυτές τις περιπτώσεις, βάσει προηγούμενων εμπειριών, συσχετίζονται συγκεκριμένες καταστάσεις του συστήματος με συγκεκριμένες αιτίες και συγκεκριμένους τρόπους διαχείρισης (π.χ. εάν τεθεί εκτός λειτουργίας μία γραμμή και εμφανιστεί: α) Αλάρμ 1 (Βραχυκύκλωμα μεταξύ φάσεων), τότε σε περίπτωση που υπάρχει εναέριο δίκτυο, γίνεται δοκιμαστική επανηλέκτριση, β) Αλάρμ 2 (Βραχυκύκλωμα προς γη), τότε μπορεί να πρόκειται για κομμένο αγωγό ο οποίος έχει πέσει στο έδαφος, και γίνονται άλλες ενέργειες).
- έλεγχο συνθηκών της μορφής «ΕΑΝ το σύστημα παρουσιάζει τα συμπτώματα/ή συμπεριφορές Σ1, Σ2, Σ3, ΤΟΤΕ κάνε αυτόν τον έλεγχο», «ΕΑΝ τα συμπτώματα είναι τα Σ4,Σ5, τότε εκτέλεσε αυτή την ενέργεια», «Εάν τα συμπτώματα είναι Σ6, Σ7, ΤΟΤΕ μάλλον πρόκειται για αυτή τη βλάβη» (π.χ. ΥΣ πελάτη στο τέλος γραμμής παραπονήθηκε για προβλήματα υπέρτασης στις εγκαταστάσεις του, εάν συνέβαινε αυτό οι πελάτες που είναι στην αρχή της γραμμής θα έπρεπε να είχαν κάψει τις συσκευές τους, όμως δεν υπήρχαν παράπονα, έτσι πέρασαν σε έλεγχο ΣΑΤΥΦ στο χειροκίνητο για περαιτέρω διερεύνηση).
- έλεγχο υποθέσεων. Στην περίπτωση αυτή ξεκινά κανείς με μία αρχική υπόθεση, η οποία έχει πιθανώς προκύψει από προηγούμενη εμπειρία. Δηλαδή, γίνεται μία υπόθεση για το ποιο πρέπει να είναι το πρόβλημα/κατάσταση, ακολουθεί έλεγχος των επιμέρους στοιχείων που το χαρακτηρίζουν, και σταδιακά αποκλείοντας μία – μία υπόθεση καταλήγουν στο αίτιο ή στα αίτια του προβλήματος (π.χ. σε περίπτωση γραμμής που εμφάνισε βλάβη, ξεκινούν την αναζήτηση από τμήμα της που έχει εμφανίσει συχνές βλάβες και στο παρελθόν. Εάν δεν εντοπιστεί εκεί, προχωρούν σε περαιτέρω διερεύνηση εντοπίζοντας τα υγιή τμήματα της γραμμής, και αναζητούν τη βλάβη στο υπόλοιπο). Όταν τα αίτια μίας κατάστασης είναι περισσότερα από ένα ή αλληλο-επικαλυπτόμενα, τότε μέσα από τη διερεύνηση αποκαλύπτονται ταυτόχρονα (π.χ. σε περιστατικό βλάβης εντοπίστηκε ταυτόχρονα, εκτός από πρόβλημα σε αλεξικέραυνα, και σφάλμα σε καλώδιο το οποίο ήταν κρίσιμο) ή σταδιακά (π.χ. σφάλμα σε αγωγό, αποκαλύφθηκε αφού αντικαταστάθηκε καμένη ασφάλεια και δεν επανήλθε η λειτουργία). Η διερεύνηση και αποκλεισμός πιθανών αιτιών, χρησιμοποιείται συχνά κατά την αντιμετώπιση μη-οικείων συμβάντων ή συμπεριφορών του δικτύου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι σημαντικό ο διαμεσολαβητής που θα σχεδιασθεί:

- να διευκολύνει τη βασισμένη σε αναγνώριση μοτίβων λήψη αποφάσεων.
- να διευκολύνει την εκτέλεση νοητικών προσομοιώσεων για την αλληλεπίδραση του συστήματος με περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ. εξέλιξη τάσεων ζήτησης ενέργειας σε συνθήκες καύσωνα το διάστημα 12.00 – 15.00), ιδιαίτερα σε περιπτώσεις μεγάλου φόρτου εργασίας (π.χ. πολλαπλές μεταγωγές σε συνθήκες οριακής φόρτισης στοιχείων του δικτύου).
- να κατευθύνει τους χειριστές σε σάρωση όλων των πληροφοριών του περιβάλλοντος προκειμένου να αποφεύγεται το σύνδρομο σωληνοειδούς όρασης (tunnel vision), που εμφανίζεται συνήθως σε καταστάσεις έντονου στρες, και μπορεί να μειώσει την πιθανότητα επιλογής κατάλληλων στρατηγικών για την εποπτεία του συστήματος.
- να κατευθύνει τους χειριστές στον έλεγχο και τη συσχέτιση κατάλληλων παραμέτρων, σε περιπτώσεις όπου αγνοούνται νύξεις οι οποίες δεν ταιριάζουν ή ανατρέπουν την εικόνα για την κατάσταση που έχει διαμορφώσει νοητικά ο εργαζόμενος. Η υποστήριξη αυτή μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην περίπτωση μη-οικείων καταστάσεων, όπου ένα μεμονωμένο σύμπτωμα μπορεί να αποτελεί το κλειδί για την ερμηνεία της κατάστασης.

Μελετώντας τον τρόπο δράσης των χειριστών σε ομοειδή περιστατικά, και λαμβάνοντας πάντα υπόψη το πλαίσιο (κρισιμότητα, διαθεσιμότητα πόρων, κλπ) μέσα στο οποίο εξελισσόταν η δράση, διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν κάποιες

στρατηγικές δράσης που ήταν πιο αποτελεσματικές από άλλες, σε ό,τι αφορά την ποιότητα του αποτελέσματος που επέφεραν στο ηλεκτρικό δίκτυο. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό ο διαμεσολαβητής που θα σχεδιασθεί:

- να παρέχει υποστήριξη για τα τμήματα των εξειδικευμένων και αποτελεσματικών στρατηγικών που απαιτούν τους περισσότερους πόρους.
- να ενθαρρύνει τους χειριστές να υιοθετούν αποτελεσματικές στρατηγικές, τις οποίες μπορεί αλλιώς να μην τις υιοθετούσαν.
- να παρέχει στους εργαζόμενους την ευελιξία να εναλλάσσουν τις στρατηγικές, ιδιαίτερα όταν το απαιτούν οι μεταβαλλόμενες συνθήκες στο πεδίο.
- να παρέχει υποστήριξη για στρατηγικές που είναι κατάλληλες για διαφορετικά πλαίσια λειτουργίας του δικτύου (π.χ. οι μεταγωγές φορτίων από υπερφορτισμένα στοιχεία σε συνήθεις συνθήκες ή συνθήκες καύσωνα).
- να υποστηρίζει τους χειριστές στην αντιμετώπιση μη-οικείων ή σύνθετων καταστάσεων. Μέσα από την ανάλυση περιστατικών προέκυψε ότι οι καταστάσεις αυτές μπορούν να αντιμετωπιστούν, εάν οι χειριστές αξιοποιήσουν τη γνώση τους για το σύστημα (αρχές λειτουργίας και συμπεριφορά στοιχείων του δικτύου) και προσαρμόσουν κατάλληλα τις στρατηγικές που χρησιμοποιούν, στις ιδιαίτερες απαιτήσεις της μη-οικείας κατάστασης.

8.2.4 Κοινωνική Οργάνωση Συνεργασιών

Ο έλεγχος των ηλεκτρικών δικτύων υλοποιείται μέσα από ιεραρχικές και ομότιμες δομές συνεργασίας εργαζομένων που βρίσκονται σε διαφορετικές αίθουσες ελέγχου (§8.1.6). Δεδομένου ότι το ηλεκτρικό σύστημα είναι ενιαίο, καμία αίθουσα ελέγχου δεν μπορεί να διασφαλίσει την ομαλή λειτουργία και ευστάθεια του δικτύου που επιβλέπει, ανεξάρτητα από ό,τι συμβαίνει στις άλλες αίθουσες. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό οι συνεργαζόμενες αίθουσες να ανταλλάσουν πληροφορία έγκαιρα, και να προετοιμάζουν και να συντονίζουν κατάλληλα τις ενέργειες τους.

Σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας (π.χ. όταν έχει εκδηλωθεί ένα μπλακάουτ), μπορεί να παρουσιαστούν προβλήματα με τη διαχείριση μεγάλου αριθμού εισερχομένων συμβάντων, προβλήματα ενημερότητας κατάστασης, και προβλήματα στο χρόνο απόκρισης των επιμέρους ιεραρχικών επιπέδων (Κεφ.4-§4.7). Μετά την ανάλυση των γεγονότων σε μεγάλα μπλακάουτ, έχει κριθεί σκόπιμη σε κάποιες περιπτώσεις η αναπροσαρμογή του τρόπου συνεργασίας των επιμέρους δομών.

Στην Ελλάδα, οι αρμοδιότητες των ενεργειακών φορέων καθορίζονται από την εθνική νομοθεσία (Κεφ.4-§4.5.3). Το οργανόγραμμα και οι κανονισμοί λειτουργίας εντός κάθε φορέα, προσδιορίζουν πώς θα κατανεμηθούν οι αρμοδιότητες μεταξύ εργαζομένων στο ίδιο ή διαφορετικό επίπεδο υπευθυνότητας. Επίσης, καθορίζουν άμεσα ή έμμεσα τους κανόνες επικοινωνίας για την ανταλλαγή πληροφοριών ή εντολών εκτέλεσης χειρισμών.

Στην Εθνογραφική ανάλυση, μελετήθηκε ο τρόπος που οι εργαζόμενοι στην αίθουσα ελέγχου μέσης τάσης, αναπτύσσουν συνεργασίες με άλλες αίθουσες ελέγχου και με τα συνεργεία (Κεφ.7-§7.3.2), και διαπιστώθηκε τότε συγκεκριμένες συνεργασίες απαιτούνται συχνότερα, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο (Κεφ.7-§7.3.1). Διαπιστώθηκε ότι οι εργαζόμενοι -σε πολλές περιπτώσεις- όταν ενεργούν υπό πίεση χρόνου ή/και αντιμετωπίζουν σημαντικές διαταραχές, αναπροσαρμόζουν τον τρόπο και ρυθμό ανταλλαγής πληροφορίας, προκειμένου να γίνεται έγκαιρα διαμοιρασμός κρίσιμης πληροφορίας (Κεφ.7-§7.3.5.3).

Η ανάλυση κοινωνικής οργάνωσης της εργασίας στοχεύει στο: α) να προσδιορίσει την πληροφορία που χρειάζονται διαφορετικοί πράκτορες μέσα στο οργανωτικό σχήμα, για να συνεργαστούν εκτελώντας με επιτυχία τα καθήκοντά τους, β) να διερευνήσει πώς οι αρμοδιότητες εποπτείας και ελέγχου των συνεργαζόμενων φορέων, καθορίζουν τον τρόπο-χρόνο-περιεχόμενο της συνεργασίας τους. Η διερεύνηση αυτή βοηθάει στο να εντοπιστούν σημεία επικάλυψης ή σύγχυσης αρμοδιοτήτων, καθώς και σημεία που είναι σκόπιμο να αλλάξει ο τρόπος πρόσβασης και η διαδικασία ανταλλαγής κρίσιμων πληροφοριών.

8.2.4.1 Ανάλυση περιστατικών ΙΙΙ

Από τα 54 περιστατικά που μελετήθηκαν, είκοσι δύο (22) απαιτούσαν συνεργασίες μεταξύ δύο ή περισσότερων αιθουσών ή φορέων-παραγόντων (π.χ. συνεργεία, επόπτες, σημαντικοί πελάτες, κλπ) που εμπλέκονται στη λειτουργία και διαχείριση του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα:

- επικοινωνία με το ΕΚΕΕ στον Αγ. Στέφανο, απαιτούσαν τέσσερα (4) περιστατικά. Οι επικοινωνίες αυτές αφορούσαν σε: α) εντολή τοποθέτησης πυκνωτών, η οποία είχε προκαλέσει φαινόμενα υπότασης στο δίκτυο μέσης τάσης, β) έλεγχο του εάν η λειτουργία του Σταδίου Απόρριψης από Υποσυχνότητα σε ένα ΚΔ ήταν πραγματική ή πλασματική, γ) εντολή που έλαβαν «να μην πραγματοποιήσουν καμία μεταγωγή φορτίων για να μην καταρρεύσει το σύστημα» ή εντολή «όλοι οι ΜΣ να έχουν μέχρι 2000 Α», σε συνθήκες καύσωνα, δ) επικοινωνία για το αν θα ήταν σκόπιμο ή όχι να προχωρήσουν σε περικοπή φορτίων για να προληφθεί πιθανή κατάρρευση του συστήματος, σε συνθήκες καύσωνα.
- διαδοχικές επικοινωνίες με την αίθουσα ΥΤ Αθηνών απαιτούσαν δέκα (10) περιστατικά. Αντικείμενο αυτών των επικοινωνιών αποτελούσαν: α) έκτακτα έργα που πραγματοποιούνται στο δίκτυο ΥΤ, β) ετήσιος έλεγχος και

συντήρηση γραμμών υψηλής τάσης που τροφοδοτούν τους ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, γ) εντολές από την ΥΤ για μείωση των φορτίων συγκεκριμένων ΜΣ, και για όχι περεταίρω μεταγωγή φορτίων σε κάποιους άλλους –λόγω υψηλών φορτίσεων γραμμών ΥΤ ή λόγω υψηλής θερμοκρασίας λαδιού ή τυλίγματος που παρουσίαζαν οι ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, δ) χειρισμοί στην ΥΤ, όπως αλλαγή γραμμής τροφοδοσίας ενός ΜΣ ΥΤ/ΜΤ που προϋποθέτουν ενέργειες στη ΜΤ, ε) χειρισμοί στα ΥΤ που έχουν συνέπειες στον τρόπο λειτουργίας των στοιχείων της ΜΤ, στ) συναγερμοί στην ΥΤ που προκαλούν αλλαγές κατάστασης στα στοιχεία της ΜΤ.

- επικοινωνία με άλλες αίθουσες σε Κέντρα Ελέγχου Δικτύων Διανομής μέσης τάσης (όπως Ν. Ιωνίας και Παλλήνης, καθώς και την αίθουσα 22/6,6KV Αθηνών) απαιτούσαν τέσσερα (4) περιστατικά. Οι επικοινωνίες αυτές αφορούσαν σε: α) Κέντρα Διανομής (Ασπρόπυργο, Μέγαρο, Ελευσίνα, Μάντρα) για τα οποία οι αναγγελίες των αλάρμς έρχονται στην αίθουσα ΜΤ 20KV και οι χειρισμοί γίνονται στην αίθουσα ΜΤ 22KV, και β) για τον χειρισμό ή διαγνωστικό έργο σε γραμμές που από ένα στοιχείο και μετά ανήκουν στον έλεγχο Ν. Ιωνίας ή Παλλήνης.
- συνεργασία με τα Συνεργεία περιοχών και άλλα συνεργεία (π.χ. μετρήσεων, ΧΕΑ, συνεργείο αδιαλείπτου, κλπ) απαιτούσαν εννέα (9) περιστατικά. Οι συνεργασίες αυτές αφορούσαν σε χειρισμούς στοιχείων του δικτύου για τα οποία δεν υπάρχει δυνατότητα τηλεχειρισμού, καθώς και έλεγχο-εποπτεία του χώρου του δικτύου, μετρήσεις βλαβών, και επισκευές των στοιχείων. Επίσης, οι χειριστές επικοινωνούν και με επόπτες στα ΚΔ όπου βρίσκονται οι ΜΣ, προκειμένου να τους δώσουν τις τιμές για τις τάσεις και ρεύματα από τοπικά ενδεικτικά, όταν οι μετρήσεις που έρχονται από το σύστημα ελέγχου παρουσιάζουν κάποιο πρόβλημα. Καταγράφηκε επίσης περίπτωση, όπου πρέπει να επικοινωνήσουν και με τα γραφεία χαμηλής τάσης για ζητήματα του δικτύου.
- επικοινωνία με «ειδικούς» πελάτες (πχ. ΜΕΤΡΟ, ΤΡΑΜ, ΟΤΕ Γλυφάδας, Ολυμπιακές εγκαταστάσεις, κλπ.) απαιτούσαν τρία (3) περιστατικά. Οι πελάτες αυτοί επικοινωνούν μέσα από την τοπική αίθουσα ελέγχου του υποσταθμού τους, και υποστηρίζονται είτε από ειδική απευθείας γραμμή επικοινωνίας με τους χειριστές, είτε επικοινωνούν μέσω της γραμμής αναφοράς συμβάντων που υπάρχει για όλους τους καταναλωτές. Οι επικοινωνίες έχουν αφορμή την αναφορά προβλήματος από πλευράς του πελάτη (π.χ. υπότασης-υπέρτασης που αντιμετωπίζουν στις εγκαταστάσεις τους), και περιλαμβάνουν συνήθως τη λήψη οδηγιών από την αίθουσα μέσης τάσης, για ενέργειες και διαγνωστικούς ελέγχους που πρέπει να κάνουν στις εγκαταστάσεις τους, για να αντιμετωπιστεί το αναφερόμενο πρόβλημα.
- επικοινωνία με τον Υποτομέα Μελετών, απαιτούσαν δύο (2) περιστατικά. Η επικοινωνία αυτή γινόταν προκειμένου να ενημερωθούν για τις καταναλώσεις ΥΣ σε γραμμή, στην οποία θα γινόταν επανηλέκτριση με εναλλακτικό τρόπο.

Η ανάλυση των προαναφερθέντων περιστατικών, έγινε με βηματική αποτύπωση της δραστηριότητας των χειριστών πάνω σε κατάλληλα προσαρμοσμένα Μοντέλα Συνεργαζόμενων Αιθουσών Ελέγχου, Μοντέλα Συνεργασίας χειριστών-συνεργείων, Μοντέλα Υποτομέων (§8.1.6, §8.1.7, §8.1.5). Για κάθε περιστατικό, στον άξονα της διάσπασης περιλαμβάνεται το σύνολο των εμπλεκόμενων σε κάθε περιστατικό φορέων (αίθουσες, συνεργεία, πελάτες, κλπ).

Το περιστατικό που ακολουθεί, έχει καταγραφεί μέσα Ιουνίου με υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, και είναι ενδεικτικό της ανάγκης που υπάρχει για συντονισμό του έργου μεταξύ δύο ή περισσότερων αιθουσών ελέγχου για τη διαχείριση περιστατικών, ιδιαίτερα σε συνθήκες καύσωνα.

Περιστατικό: Η αίθουσα ΥΤ δίνει τηλεφωνικά εντολή στην αίθουσα ΜΤ 20KV: α) για διατήρηση του φορτίου σε όλους τους ΜΣ μέχρι 2000 A και β) για μείωση φορτίων στους ΜΣ των Κέντρων Διανομής (ΚΔ) Αριστείδου και Ψυχικό, και για μη-επιβάρυνση με επιπλέον φορτία στο ΚΔ Παγκράτι. Αφορμή για τη μετάδοση των παραπάνω εντολών – οδηγιών αποτελεί η οριακή φόρτιση γραμμών ΥΤ που τροφοδοτούν τους ΜΣ στα ΚΔ ή/και η υψηλή θερμοκρασία τυλίγματος/πυρήνα στους ΜΣ των ΚΔ. Μετά από επικοινωνία της αίθουσας ΜΤ 20KV με την αίθουσα ΜΤ 22KV, αναζητούν και οι δύο αίθουσες δυνατότητες μεταγωγής φορτίων από τους ΜΣ ΚΔ Αριστείδου και Ψυχικού προς άλλα ΚΔ (εκτός Παγκρατίου), λαμβάνοντας υπόψη τη μη-υπέρβαση του ορίου 2000 A σε κάθε ΜΣ. Τελικά, έγινε από την αίθουσα ΜΤ 22KV μεταγωγή δύο γραμμών αντιστήριξης από τους ΜΣ1 και ΜΣ2 του ΚΔ Ψυχικού στο ΚΔ Ν. Ιωνία.

	τεχνολογικό δίκτυο 150	τεχνολογικό δίκτυο 20	τεχνολογικό δίκτυο 22
Επίπεδο Γενικού Στόχου	4 - Κίνδυνος για Διαταραχή στην παροχή ενέργειας σε σημαντικό τμήμα του δικτύου (περιοχές Αριστείδου, Ψυχικού, Παγκρατίου).		
Επίπεδο Αφηρημένης Λειτουργίας	3 - Επικρατούν αυξημένες θερμοκρασίες στο περιβάλλον (ΚΑΪΡΟΣ). - Παρουσιάζεται αυξημένη κατανάλωση σε περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών και ιδιαίτερα τις ώρες 12.00 - 15.00 (ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ). - Χρονική Υστέρηση θερμικής εικόνας ΜΣ (ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ).	5- Περιορισμός στον τρόπο διάθεσης των πόρων του δικτύου - Εντολή από 150 για μείωση φορτίων σε Αριστείδου και Ψυχικό και όχι επιβάρυνση με φορτία σε Παγκράτι). - Εντολή όλοι οι ΜΣ να έχουν μέχρι 2000 Α	6- Περιορισμός στον τρόπο διάθεσης των πόρων του δικτύου - Εντολή από 150 για μείωση φορτίων σε Αριστείδου και Ψυχικό και όχι επιβάρυνση με φορτία σε Παγκράτι - εντολή όλοι οι ΜΣ να έχουν μέχρι 2000 Α
Επίπεδο Γενικής Λειτουργίας		7- Δυνατότητα μεταγωγής φορτίων σύμφωνα με τους περιορισμούς.	8- Δυνατότητα μεταγωγής φορτίων σύμφωνα με τους περιορισμούς.
Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας	2- Κρίσιμη τιμή θερμοκρασίας τυλίγματος αποτελεί η προσέγγιση των 85ο C.	9- Αναζήτηση πιθανών μεταγωγών μέσω Διασυνδεδεικτών γραμμών και Γραμμών αντιστήριξης	10 - Αναζήτηση πιθανών μεταγωγών μέσω Διασυνδεδεικτών γραμμών και Γραμμών αντιστήριξης
Επίπεδο Φυσικής Μορφής	1 - Αριστείδου και Ψυχικό θερμοκρασία τυλίγματος 85ο < Παγκράτι εμφανίζει έντονη αυξητική τάση.		11- Αλλαγή κατάσταση διακοπών για μεταγωγή δύο γραμμών από ΜΣ1 και ΜΣ2 Ψυχικού προς Ν. Ιωλία.

Εικόνα 8.3 Βηματική Ανάλυση στο Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών

Δημιουργήθηκε Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών, με τον άξονα της διάσπασης να περιλαμβάνει τις αίθουσες ελέγχου του τεχνολογικού δικτύου ΥΤ 150KV (ανώτερο ιεραρχικά επίπεδο) και των δικτύων ΜΤ 20KV και 22KV (ίδιο ιεραρχικά επίπεδο). Το περιστατικό εξελίσσεται ως εξής:

1. (Τεχνολογικό δίκτυο ΥΤ–Επ. Φυσικής Μορφής) Οι χειριστές στην αίθουσα ΥΤ εντοπίζουν κρίσιμες τιμές θερμοκρασίας τυλίγματος στους ΜΣ τριών Κέντρων Διανομής (ΚΔ)- Αριστείδου, Ψυχικού, Παγκρατίου.
2. (Τεχνολογικό δίκτυο ΥΤ–Επ. Φυσικής Λειτουργίας) Κρίσιμη τιμή θερμοκρασίας τυλίγματος αποτελεί η προσέγγιση των 85 °C.
3. (Τεχνολογικό δίκτυο ΥΤ–Επ. Αφηρημένης Λειτουργίας) Η τιμή αυτή ερμηνεύεται ως κρίσιμη δεδομένων των καιρικών συνθηκών που επικρατούν στο περιβάλλον λειτουργίας του δικτύου (καλοκαιρινή ημέρα με υψηλές θερμοκρασίες), της συμπεριφοράς κατανάλωσης ενέργειας των καταναλωτών (σταδιακή αύξηση της ζήτησης το διάστημα 12.00- 15.00), και των τεχνολογικών χαρακτηριστικών του συστήματος ελέγχου (υπάρχει χρονική υστέρηση στη θερμική εικόνα των ΜΣ).
4. (Τεχνολογικό δίκτυο ΥΤ–Επ. Λειτουργικού Σκοπού) Κίνδυνος για διαταραχή στην παροχή ενέργειας σε σημαντικό τμήμα του δικτύου (περιοχές Αριστείδου, Ψυχικού, Παγκρατίου).
5. (Τεχνολογικό δίκτυο ΜΤ 20KV–Επ. Αφηρημένης Λειτουργίας) Περιορισμός στον τρόπο διάθεσης των πόρων του δικτύου (Εντολή από την ΥΤ για μείωση φορτίων σε Αριστείδου και Ψυχικό, και όχι επιβάρυνση με φορτία σε Παγκράτι, και Εντολή όλοι οι ΜΣ να έχουν μέχρι 2000 Α).
6. (Τεχνολογικό δίκτυο ΜΤ 22KV– Επ. Αφηρημένης Λειτουργίας) Περιορισμός στον τρόπο διάθεσης των πόρων του δικτύου (Εντολή από την ΥΤ για μείωση φορτίων σε Αριστείδου και Ψυχικό, και όχι επιβάρυνση με φορτία σε Παγκράτι, και Εντολή όλοι οι ΜΣ να έχουν μέχρι 2000 Α).
7. (Τεχνολογικό δίκτυο ΜΤ 20KV–Επ. Γενικής Λειτουργίας) Δυνατότητα μεταγωγής φορτίων σύμφωνα με τους περιορισμούς.
8. (Τεχνολογικό δίκτυο ΜΤ 22KV–Επ. Γενικής Λειτουργίας) Δυνατότητα μεταγωγής φορτίων σύμφωνα με τους περιορισμούς.
9. (Τεχνολογικό δίκτυο ΜΤ 20KV–Επ. Φυσικής Λειτουργίας) Αναζήτηση πιθανών μεταγωγών μέσω Διασυνδεδεικτών γραμμών και Γραμμών αντιστήριξης.

10. (Τεχνολογικό δίκτυο ΜΤ 22KV–Επ. Φυσικής Λειτουργίας) Αναζήτηση πιθανών μεταγωγών μέσω Διασυνδεδειγμένων γραμμών και Γραμμών αντιστήριξης.
11. (Τεχνολογικό δίκτυο ΜΤ 22KV–Επ. Φυσικής Μορφής) Αλλαγή κατάστασης διακοπών για μεταγωγή δύο γραμμών αντιστήριξης από ΜΣ1 και ΜΣ2 Ψυχικού προς Ν. Ιωνία.

8.2.4.3 Σημασία της κατανομής αρμοδιοτήτων εποπτείας και ελέγχου

Μέσα από την εθνογραφική ανάλυση και την ανάλυση περιστατικών υπό το πρίσμα της κοινωνικής οργάνωσης της εργασίας, εντοπίστηκαν περιπτώσεις όπου μία αίθουσα έχει αρμοδιότητα εποπτείας πληροφορίας (απεικονιζόμενης στα τεχνήματα της) που αφορά σε στοιχεία που ανήκουν στην αρμοδιότητα ελέγχου/χειρισμού άλλης αίθουσας. Αυτό συμβαίνει γιατί η κατανομή των αρμοδιοτήτων εποπτείας και των αρμοδιοτήτων ελέγχου, γίνεται βάσει τόσο τεχνολογικών, όσο και οργανωτικών παραμέτρων λειτουργίας.

Μεταξύ αιθουσών του ίδιου ιεραρχικού επιπέδου (αίθουσες που εποπτεύουν δίκτυα μέσης τάσης 20KV και 22kV), διαπιστώθηκε ότι η κατανομή αρμοδιοτήτων εποπτείας και ελέγχου, για συγκεκριμένα στοιχεία των δικτύων, γίνεται σε κάποιες περιπτώσεις σύμφωνα με τις τεχνολογικές δυνατότητες ή τις χωρικές δυνατότητες απεικόνισης που υποστηρίζουν τα παραδοσιακά τεχνήματα κάθε αίθουσας.

Μεταξύ αιθουσών διαφορετικού ιεραρχικού επιπέδου (π.χ. 150KV και 20KV), η κατανομή αρμοδιοτήτων εποπτείας πληροφορίας (Κεφ.7-§7.3.3.2), συνδέεται και με τον όγκο εποπτευόμενης πληροφορίας που κρίθηκε σκόπιμος για κάθε αίθουσα. Η ισχύουσα κατανομή αρμοδιοτήτων σε κρίσιμες συνθήκες όπως οι καύσωνες, απαιτεί αφενός σημαντικό όγκο επικοινωνιών μεταξύ των αιθουσών, και αφετέρου περιορίζει τη χρήση συγκεκριμένων αποτελεσματικών στρατηγικών δράσης που συνδέονται με την έγκαιρη γνώση των τιμών θερμοκρασίας των ΜΣ.

Οι «αποκλίσεις» στα επίσημα σχήματα επικοινωνίας (Κεφ.7-§7.3.5.3) που υιοθετούν οι χειριστές για να αντιμετωπίσουν τα ζητήματα αυτά, καταδεικνύουν την ανάγκη να ελεγχθεί μέσω του σχεδιασμού η αποτελεσματικότητα εναλλακτικών διευθετήσεων πρόσβασης και απεικόνισης πληροφορίας στο διαμεσολαβητή των συνεργαζόμενων αιθουσών ελέγχου, καθώς και να διερευνηθεί το κατά πόσο οι διευθετήσεις αυτές θεωρούνται λειτουργικές ή/και επιθυμητές από τους εργαζόμενους.

8.2.4.4 Απαιτήσεις Σχεδιασμού ΙΙΙ

Ο επιμερισμός, η οργάνωση, και η οπτικοποίηση της πληροφορίας στο διαμεσολαβητή που υποστηρίζει το έργο κάθε χειριστή σε κάθε αίθουσα ελέγχου, θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις αρμοδιότητες εποπτείας και ελέγχου που αυτός έχει, προκειμένου να εξελίσσεται ομαλά και αποτελεσματικά το συνεργατικό έργο. Για την υποστήριξη του συνεργατικού έργου μεταξύ αιθουσών ελέγχου:

- Πληροφορίες για παραμέτρους λειτουργίας στοιχείων που διαχειρίζονται δύο ή περισσότερες αίθουσες (π.χ. θερμοκρασία μετασχηματιστών ΥΤ/ΜΤ του Επιπέδου Φυσικής Μορφής-Μοντέλο 8.II), πρέπει να είναι κατάλληλα διαθέσιμες και στις δύο αίθουσες.
- Σχέσεις στο Μοντέλο 8.V που καθορίζουν την ταυτότητα, την διαθεσιμότητα, και τα περιθώρια κατανομής πόρων μεταξύ των διαφορετικών δικτύων (π.χ. δυναμικότητα και φόρτιση γραμμών ΥΤ - δυνατότητα φόρτισης ενός ΜΣ ΥΤ/ΜΤ που τροφοδοτείται από συγκεκριμένη γραμμή ΥΤ) πρέπει να απεικονίζονται κατάλληλα σε κάθε αίθουσα, καθώς επιτρέπουν στους χειριστές να αντιληφθούν την συνάφεια/επιπτώσεις που έχουν οι δικές τους ενέργειες, στις δυνατότητες και τα περιθώρια δράσης άλλων αιθουσών.
- Κρίσιμες παράμετροι λειτουργίας, όπως η σχέση δυναμικότητας-ζήτησης, η κατανομή φορτίων, κλπ. που καθορίζουν τη συνολική ευστάθεια και τα περιθώρια δράσης κάθε δικτύου (Μοντέλο 8.V–Επίπεδο Αφηρημένης Λειτουργίας), θα πρέπει να απεικονίζονται συγκεντρωτικά στις συνεργαζόμενες αίθουσες ελέγχου. Αυτό θα διευκολύνει όλους στην «ορθή μετάφραση» της τρέχουσας εικόνας κάθε δικτύου, και στο συντονισμό της δράσης αναφορικά με την επίτευξη, των στόχων που είναι τοπικά σημαντικοί σε κάθε δίκτυο, και των στόχων που είναι σημαντικοί συνολικά σε επίπεδο ηλεκτρικού συστήματος.

8.2.5 Ατομικοί Παράγοντες

Το τελευταίο αυτό στάδιο ανάλυσης στοχεύει στο: α) να αναγνωριστούν οι διάφορες απαιτήσεις (νοητικός φόρτος, πόροι μνήμης) που το πεδίο εφαρμογής θέτει στους εργαζόμενους, σε επίπεδο ικανοτήτων, β) να διαπιστωθεί πώς ατομικοί παράγοντες των εργαζομένων (νοητικά χαρακτηριστικά, ιδιοσυγκρασιακές παράμετροι, μέθοδοι ανάπτυξης επικοινωνίας και χειρισμού συνεργασιών, προσωπικός τρόπος εργασίας, επίπεδο εμπειρίας και ατομική γνώση) καθορίζουν τον τρόπο δράσης τους, γ) να εντοπιστεί με τη βοήθεια του εργαλείου «ταξινόμησης της συμπεριφοράς σε επιτηδειότητες, κανόνες και γνώσεις» (Κεφ.3-§3.3.2), πότε και πώς λειτουργούν οι χειριστές σε συγκεκριμένα επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς, και δ) να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις για την αποτελεσματική οπτική, ακουστική και απτική διάδραση με την πληροφορία για το σύστημα εργασίας, και στα τρία επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς.

8.2.5.1 Σημαντικές Κατηγορίες Παραγόντων

Η καταγραφή των περιστατικών στο πεδίο περιελάμβανε την ημερομηνία καταγραφής του συμβάντος, καθώς και στοιχεία για τους χειριστές βάρδιας. Έτσι, κατά την ανάλυση των περιστατικών που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες, υπήρξε η δυνατότητα να μελετηθεί συγκριτικά ο διαφορετικός τρόπος δράσης που υιοθετούν –για ομοειδείς κατηγορίες περιστατικών– οι χειριστές. Συνδυάζοντας τα ευρήματα αυτά, με τις παρατηρήσεις από την εθνογραφική ανάλυση (π.χ. αποτελεσματικά, αλλά και μη-αποτελεσματικά μοτίβα δράσης σε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας, χαρακτηριστικά της έμπειρης δράσης στο πεδίο, δεξιότητες που χαρακτηρίζουν την εργασία), διαπιστώθηκε ότι ο τρόπος που ενεργούν οι χειριστές εξαρτάται από παράγοντες όπως:

I.Νοητικά χαρακτηριστικά.

Η ικανότητα ανάκλησης πληροφοριών από τη μνήμη (π.χ. ειδικές συμπεριφορές που εκδηλώνουν στοιχεία του δικτύου, ιστορικό βλαβών σε στοιχεία του δικτύου, προηγούμενες ενέργειες), η νοητική ευελιξία και ικανότητα συνδυασμού πληροφοριών από διαφορετικά μέσα (Πίνακας ελέγχου, έντυπα και ηλεκτρονικά αρχεία) και πηγές/κανάλια (οπτικές και προφορικές πληροφορίες), ο τρόπος εκτέλεσης συλλογισμών (π.χ. μετάβαση από το γενικό στο ειδικό, κλπ), η ικανότητα συγκέντρωσης και ο ρυθμός παραγωγικότητας (π.χ. χρόνος ολοκλήρωσης επιμέρους βημάτων δεδομένου καθήκοντος), συνθέτουν το νοητικό προφίλ των χειριστών.

II.Ιδιοσυγκρασιακές παράμετροι.

Συνθήκες στρες στην εργασία, παρατηρήθηκαν τόσο κατά την εκδήλωση μεγάλου αριθμού συμβάντων (π.χ. στην διάρκεια δύο ημερών καύσωνα είχαν παρουσιαστεί βλάβες σε 25 καλώδια, που απαιτούσαν ενέργειες επαναφοράς από τους χειριστές), όσο και λόγω των πολλαπλών συνεννοήσεων-συνεργασιών (π.χ. για πολλαπλές βλάβες σε εξοπλισμό του δικτύου λόγω χιονοθύελλας και αέρα, οι χειριστές έπρεπε να συντονίζουν το έργο τους με τρία τέσσερα συνεργεία ταυτόχρονα). Και στις δύο περιπτώσεις, αυξάνεται το νοητικό φορτίο, στο οποίο οι εργαζόμενοι εμφανίζουν διαφορετική αντοχή και τρόπο διαχείρισης (π.χ. κάποιοι προκειμένου να μην φτάσουν στο όριο νοητικής φόρτισης και να καταστούν δυσλειτουργικοί, περνούν σε λιγότερο ποιοτικές στρατηγικές, οι οποίες οδηγούν στην εκπλήρωση των στόχων με ένα λιγότερο απαιτητικό τρόπο).

III.Μέθοδοι ανάπτυξης επικοινωνίας και χειρισμού των συνεργασιών.

Όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο στάδιο ανάλυσης, λόγω των καταναμεμένων αρμοδιοτήτων διαχείρισης του δικτύου, οι χειριστές αναπτύσσουν πολλαπλές συνεργασίες με άτομα εντός και εκτός της αίθουσας ελέγχου (Κεφ.7-§7.3.2). Ο τρόπος που κάθε χειριστής εμπλέκεται και διαχειρίζεται τις συνεργασίες είναι διαφορετικός, παρότι για πολλές από αυτές υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες για το πώς και πότε γίνονται. Κατά το συντονισμό του έργου εντός της αίθουσας, παρατηρήθηκε ότι κάποιοι λειτουργούν περισσότερο αυτόνομα σε ό,τι τους έχει ανατεθεί, ενώ άλλοι ανατρέχουν πιο συχνά στη γνώμη των συναδέλφων τους.

IV.Προσωπικός τρόπος εργασίας.

Συγκρίνοντας τον τρόπο εργασίας διαφορετικών χειριστών διαπιστώθηκε ότι:

- υπάρχουν χειριστές που προτιμούν να ενεργούν προληπτικά, και άλλοι που ενεργούν επανορθωτικά/αντισταθμιστικά (Κεφ.7-§7.3.4.1). Ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες (π.χ. καύσωνα) παρατηρήθηκε ότι κάποιοι χειριστές πραγματοποιούν συνεχείς ελέγχους για τον εντοπισμό κρίσιμων τιμών παραμέτρων, προκειμένου να ενεργήσουν κατάλληλα πριν αυτές προσεγγίσουν την τιμή συναγερμού· άλλοι περιμένουν πρώτα να εμφανιστεί η κρίσιμη τιμή, και μετά αντιμετωπίζουν την κατάσταση.
- στο πλαίσιο των περιορισμών και των κανονισμών λειτουργίας που ισχύουν σε κάθε περίπτωση, οι χειριστές υιοθετούν διαφορετικό στυλ ελέγχου. Κάποιοι επιδιώκουν πιο δραστικές λύσεις για την αντιμετώπιση ενός προβλήματος (π.χ. υψηλά φορτία ενός ΜΣ), ενώ άλλοι καταφεύγουν σε πιο συντηρητικό τρόπο ελέγχου, με ενέργειες που εκτελούνται σταδιακά.
- κάποιοι χειριστές επιλέγουν λύσεις (π.χ. μεταγωγής φορτίων) βιώσιμες μέσο-, μακρο- πρόθεσμα, ενώ άλλοι αρκούνται σε λύσεις που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα βραχυπρόθεσμα. Οι μακροπρόθεσμα βιώσιμες λύσεις, απαιτούν συνήθως αξιολόγηση περισσότερων παραμέτρων και πληροφοριών, και συνήθως μεγαλύτερο χρόνο κατάστροφης και εκτέλεσης, ο οποίος δεν είναι συνήθως διαθέσιμος σε κρίσιμες συνθήκες.

V.Δεξιότητες χρήσης παραδοσιακών και ηλεκτρονικών μέσων ελέγχου.

Ο βαθμός εξοικείωσης των χειριστών με τη σύγχρονη τεχνολογία, επηρέαζε την προτίμησή τους για έλεγχο της κατάστασης με ηλεκτρονικά μέσα (π.χ. αξιοποίηση των πληροφοριακών και διαχειριστικών δυνατοτήτων, που υποστηρίζει ο σύγχρονος τεχνολογικός εξοπλισμός τους). Μέσα από τα περιστατικά, επαληθεύτηκαν τα ευρήματα που είχαν προκύψει από την παρακολούθηση της εκπαίδευσης εργαζομένων στη χρήση νέου λογισμικού καταγραφής και διαχείρισης βλαβών (Κεφ.7-§7.1.2). Τότε, είχε διαπιστωθεί για κάθε χειριστή, τόσο η ευχέρεια στη χρήση ηλεκτρονικών μέσων διάδρασης, όσο και η πρόθεση εξοικείωσης με αυτά. Όταν σε ένα περιστατικό ήταν απαραίτητη η χρήση σύγχρονων μέσων, από τους δύο χειριστές αναλάμβανε τους χειρισμούς ο πιο εξοικειωμένος. Σε περιπτώσεις που οι χειριστές συναντούσαν πρόβλημα στη λειτουργία των ηλεκτρονικών μέσων, τους βοηθούσε ο αρμόδιος μηχανικός για το σύστημα τηλεχειρισμών.

VI. Επίπεδο εμπειρίας.

Η εμπειρία στο πεδίο κάθε χειριστή, ήταν συνάρτηση των χρόνων εργασίας σε αυτό, της ικανότητας ανάπτυξης ατομικής γνώσης, και της εκπαίδευσης που λαμβάνουν.

Οι περισσότεροι χειριστές στην αίθουσα ελέγχου προέρχονταν από άλλες θέσεις εργασίας στην εταιρεία (για τις οποίες είχαν λάβει εκπαίδευση και είχαν πολυετή εμπειρία), και είχαν μετακινηθεί εκεί στο πλαίσιο της εργασιακής τους εξέλιξης (Κεφ.7-§7.1.2). Ιδιαίτερα οι χειριστές που ήταν πρώην εργαζόμενοι σε συνεργεία, παρουσίαζαν το σημαντικό πλεονέκτημα του να έχουν αντίληψη της φυσικής διευθέτησης του εξοπλισμού στο δίκτυο, των δυσκολιών και κινδύνων που έχει ο χειρισμός των στοιχείων του δικτύου, και του πόσο σημαντικό είναι να ανταλλάσσονται οι προφορικές πληροφορίες μεταξύ συνεργείων και αίθουσας ελέγχου με σαφή τρόπο.

Η ατομική γνώση (Individual knowledge) βασίζεται στο πλαίσιο δράσης, και μεταφέρεται μεταξύ καθηκόντων μόνο όταν μπορεί κάποιος να εντοπίσει επιτυχώς αναλογίες και να δημιουργήσει γενικεύσεις. Η ατομική γνώση κάθε εργαζόμενου έχει μία συνιστώσα ρητής γνώσης (explicit knowledge), που μεταφέρεται στους χειριστές μέσα από διαδικασίες εκπαίδευσης, και μια συνιστώσα άρρητης γνώσης (Tacit knowledge), η οποία είναι λιγότερο απτή και είναι ενσωματωμένη στις πρακτικές εργασίας κάθε οργανισμού (D'Andrade, 1990, Gasson, 2004, Wakkary, 2007). Η άρρητη γνώση περιλαμβάνει τις σχέσεις, τους κανόνες, και τις καθιερωμένες διαδικασίες, και εάν μεταφερθεί κατάλληλα μεταξύ των εργαζομένων, αποτελεί ένα «συγκριτικό πλεονέκτημα». Κάθε εργαζόμενος καταφέρνει σε διαφορετικό βαθμό να εντοπίζει, να χρησιμοποιεί, και να αναμειγνύει τη διαθέσιμη ρητή γνώση, με την εσωτερικά δημιουργούμενη άρρητη γνώση. Όπως παρουσιάστηκε στην Εθνογραφική ανάλυση, οι εργαζόμενοι επικοινωνούν την εμπειρία τους μέσω ενός κοινού μέσου (π.χ. τεχνήματος όπως ο χάρτης γραμμών αντιστήριξης), και η εμπειρία αυτή μπορεί να ανακτηθεί στο μέλλον μέσω αυτού του κοινού μέσου. Με την πάροδο του χρόνου, συνεξελίσσονται και μετασχηματίζονται οι δεξιότητες και η εμπειρία των χειριστών, καθώς κάθε εργαζόμενος είναι εξίσου πάροχος και χρήστης της εμπειρίας που είναι ενεργή στο σύστημα εργασίας.

Η εκπαίδευση αποτελεί τρόπο εξέλιξης της ατομικής γνώσης για το σύστημα και τις τεχνολογίες που υποστηρίζουν τη λειτουργία του (Κεφ.7-§7.1.2). Η εκπαίδευση των νεότερων χειριστών γίνεται σε πραγματικές συνθήκες χειρισμού του δικτύου, και περιλαμβάνει την εκτέλεση βασικών ενεργειών (π.χ. τοποθέτηση πυκνωτών, κάθε πρωί), καθώς και τη διαχείριση συνήθων περιστατικών υπό την εποπτεία και καθοδήγηση έμπειρων χειριστών. Η εκπαίδευση ακόμη και των έμπειρων χειριστών, είναι μία συνεχής διαδικασία η οποία εξελίσσεται αφενός μέσα από την λεκτική εξωτερική εκπαίδευση των συλλογισμών τους και την αιτιολόγηση του τρόπου δράσης κατά τη διαχείριση συνήθων περιστατικών (π.χ. «Χειροκίνητα μειώθηκε η θέση ΣΑΤΥΦ από 12 σε 8, αλλά υπήρχε μικρή μείωση στη τάση, ενώ κανονικά θα έπρεπε να πέσει $200 * 4 = 800 \text{ V}$ »), και αφετέρου μέσα από τη διαχείριση και ερμηνεία σπάνιων ή μη-οικείων περιστατικών με τη συνδρομή των μηχανικών, οι οποίοι διαθέτουν εξειδικευμένες γνώσεις για τις αρχές του ηλεκτρισμού, το μοντέλο λειτουργίας – συνδεσμολογίας του δικτύου, και τα χαρακτηριστικά κατανάλωσης συγκεκριμένων πελατών (π.χ. αύξηση των φορτίων σε γραμμή με Ολυμπιακές εγκαταστάσεις δημιουργούταν λόγω της μεγάλης ισχύος που κατανάλωνε το σύστημα δημιουργίας κύματος για τα κανό).

Μέσα από την ανάλυση των περιστατικών, διαπιστώθηκε ότι οι έμπειροι χειριστές στο πεδίο:

- Συνδυάζουν κατάλληλα διαθέσιμες πληροφορίες, και μπορούν να εντοπίσουν έγκαιρα καταστάσεις στο δίκτυο που είναι μη-ορατές για τους λιγότερο έμπειρους (π.χ. μη-φυσιολογική συμπεριφορά ενός στοιχείου).
- Μπορούν πιο εύκολα να ανακαλέσουν ιδιαίτερες συμπεριφορές του εξοπλισμού ή συμβάντα που συνέβησαν στο παρελθόν, καθώς και τα επιμέρους βήματα που οδήγησαν σε εσφαλμένη ή επιτυχή διαχείρισή τους. Έχουν έτσι τη δυνατότητα να εκτελούν κάποιες συντομεύσεις κατά τη διαχείριση του περιστατικού, εξοικονομώντας νοητικούς πόρους. Οι συντομεύσεις αυτές, στηρίζονται σε εμπειρικούς κανόνες και αντιλήψεις που μπορεί να λειτουργήσουν τόσο θετικά, όσο και επικίνδυνα.
- Μπορούν να ρυθμίσουν καλύτερα το φόρτο εργασίας, θέτοντας κατάλληλες προτεραιότητες στα καθήκοντα, ανάλογα με την κρίσιμότητά τους.

Κατά τη διαχείριση του δικτύου σε κρίσιμες συνθήκες (π.χ. καύσιμα) διαπιστώθηκε ότι καθήκοντα διαφορετικής φύσεως και δυσκολίας, κατανέμονταν σε κάποιες περιπτώσεις, σύμφωνα με την εμπειρία και τις δεξιότητες των διαθέσιμων χειριστών.

8.2.5.2 Ανάλυση Περιστατικών IV

Η ικανότητα διαχείρισης μη-οικείων ή μη-αναμενόμενων περιστατικών, εξαρτάται κυρίως από την εμπειρία των χειριστών στο πεδίο, και από την ικανότητα τους να δημιουργούν αντιστοιχίες και αναλογίες με συμβάντα που έχουν διαχειριστεί στο παρελθόν. Το επίπεδο νοητικής λειτουργίας που υιοθετεί ένας χειριστής, εξαρτάται από το πόσο πολύπλοκο και πόσο οικείο του είναι ένα περιστατικό, καθώς και από το επίπεδο εμπειρίας του στο πεδίο.

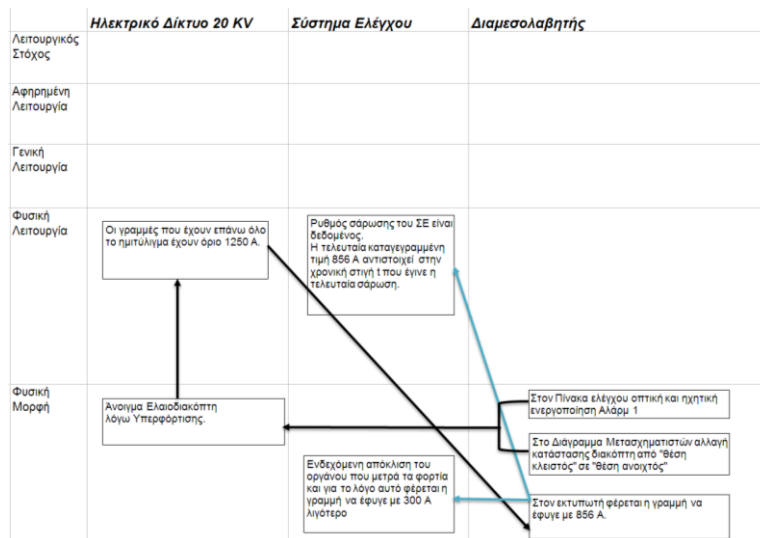
Μία κατηγορία περιστατικών όπου αποτυπώνονται ξεκάθαρα οι διαφορές στο επίπεδο νοητικής λειτουργίας που τα διαχειρίζονται οι χειριστές, είναι περιστατικά όπου π.χ. δεν είναι σαφές εάν υπάρχει δυσλειτουργία, αστοχία ή βλάβη σε ένα ή περισσότερα από τα τρία λειτουργικά συζευγμένα τεχνολογικά συστήματα Δίκτυο-Σύστημα Ελέγχου-Διαμεσολαβητής (§8.1.9). Μία διαταραχή σε ένα από τα τρία συστήματα, μπορεί να προκαλέσει ή να εκδηλωθεί σαν διαταραχή σε ένα άλλο σύστημα (Κεφ.7-§7.3.4.2). Επίσης, μπορεί τα συμπτώματα ενός συστήματος να επικαλύψουν

αυτό που πραγματικά συμβαίνει σε ένα άλλο σύστημα (Symptom Masking). Στο σύνολο των 54 περιστατικών που αναλύθηκαν, διαπιστώθηκε η ακόλουθη συχνότητα εμφάνισης προβλημάτων που:

- οφείλονταν στο Σύστημα Ελέγχου, σε (6) έξι περιστατικά π.χ. δυσλειτουργίες ή αστοχίες στα δίκτυα επικοινωνίας με τα Κέντρα Διανομής και τους ΤΧ ΥΣ, πλασματική λειτουργία των ηλεκτρονόμων και ενεργοποίηση μηχανισμών όπως τα Στάδια Απόρριψης από Υποσυχνότητα, πραγματική βλάβη στο σύστημα Χειρισμών Εξ Αποστάσεως ή πλασματική εμφάνιση ηχητικού και οπτικού αλάρμ λόγω προβλημάτων στις κάρτες επαφών του συστήματος, μη ανταπόκριση στις εξ' αποστάσεως εντολές για αύξηση – μείωση της θέσης του ΣΑΤΥΦ (π.χ. σε έναν ΜΣ είχε κολλήσει στην 8 Θέση με 19500 V προκαλώντας προβλήματα υπότασης σε σημαντικούς καταναλωτές).
- παρουσιάζονταν στο Διαμεσολαβητή, σε (3) τρία περιστατικά: στον Πίνακα ελέγχου -λάθος ένδειξη του ενδεικτικού οργάνου (π.χ. ημιπυλίγμα του ΜΣ είχε 1100 A και έδειχνε στο μετρητή του πίνακα ελέγχου 500 A μόνο ή αντίστροφα για γραμμή που είχε μόνο 50 A έδειχνε η ένδειξη 220 A), αργή μετάβαση του δείκτη στην τελική ένδειξη σε αναλογικό ενδεικτικό ή σε ενεργή ένδειξη συμβαίνει αιφνίδια μετάβαση του δείκτη στο μηδέν. Στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, φωτεινά ενδεικτικά κατάστασης διακοπών που δεν λειτουργούν ή αλλάζουν στιγμιαία κατάσταση.
- υπήρχαν σε εγκαταστάσεις πελατών μέσης τάσης, σε (8) οκτώ περιστατικά: π.χ. προβλήματα σε αυτόματο διακόπτη πελάτη ή σε κάποια καμένη ασφάλεια, προβλήματα υπέρτασης-υπότασης που δημιουργεί η λειτουργία των εγκαταστάσεων ενός πελάτη (π.χ. συρμοί μετρό προκαλούν διακύμανση 20000 σε 20800 V) σε άλλον που βρίσκεται στην ίδια γραμμή ΜΤ.
- οφείλονταν στον εξοπλισμό του ηλεκτρικού δικτύου, σε (5) πέντε περιστατικά όπως: διακόπτης που δεν αλλάζει κατάσταση μετά από ενεργοποίηση προστασίας, βλάβη σε υπόγειο καλώδιο, τραυματισμός εξοπλισμού από πτώση αντικειμένου, κλπ.

Τα ανωτέρω περιστατικά αναλύθηκαν με τη βοήθεια του Μοντέλο Συνεργαζόμενων Συστημάτων Εποπτείας και ελέγχου (§8.1.7), προκειμένου να διαπιστωθεί πώς οι χειριστές προσπαθούν να εντοπίσουν σε ποιο από τα τρία συστήματα οφείλεται η παρουσιαζόμενη αστοχία, δυσλειτουργία ή βλάβη. Επίσης, μελετήθηκε σε ποιες ιδιότητες, χαρακτηριστικά λειτουργίας και εξοπλισμό των τριών συστημάτων, αναζητείται η ερμηνεία των συμπτωμάτων.

Περιστατικό: Άνοιξε διακόπτης ημιπυλίγματος μετασχηματιστή από υπερφόρτιση με ένδειξη στον εκτυπωτή «Υπερφόρτιση 856 A». Ο διακόπτης έχει όριο φόρτισης 1250 A. Οι χειριστές προσπαθούν να ερμηνεύσουν τι συμβαίνει.



Εικόνα 8.4 Βηματική Ανάλυση στο Μοντέλο Τεχνολογικών Συστημάτων

1. (Διαμεσολαβητής–Επίπεδο Φυσικής Μορφής) Στον Πίνακα ελέγχου εμφανίζεται οπτική και ηχητική ενεργοποίηση συναγερμού (Αλάρμ 1), και ταυτόχρονα στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών πραγματοποιείται αλλαγή κατάστασης διακόπτη ημιπυλίγματος από θέση "κλειστός" σε "ανοιχτός".
2. (Ηλεκτρικό Δίκτυο–Επίπεδο Φυσικής Μορφής) Οι πληροφορίες από το διαμεσολαβητή σημαίνουν ότι έχει ανοίξει ο διακόπτης του ημιπυλίγματος λόγω υπέρβασης ορίου φόρτισης.
3. (Ηλεκτρικό Δίκτυο–Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας) Το όριο φόρτισης ημιπυλίγματος είναι 1250 A. Άρα πρέπει να αναζητηθεί ποια ήταν τα φορτία την στιγμή που οδήγησαν σε υπερφόρτιση.
4. (Διαμεσολαβητής–Επίπεδο Φυσικής Μορφής) Στον εκτυπωτή το φορτίο φέρεται να ήταν μόλις 856 A (σημαντικά κάτω από το όριο).

5. (Σύστημα ελέγχου) Οι χειριστές αναζητούν την ερμηνεία στα ακόλουθα χαρακτηριστικά του Συστήματος ελέγχου.
 - 5.1 (Σύστημα ελέγχου–Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας) Ο ρυθμός σάρωσης/δειγματοληψίας του ΣΕ είναι δεδομένος, και βάσει αυτού στέλνονται οι μετρήσεις στον εκτυπωτή ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Έτσι, ενώ έχει σταλεί η τελευταία ένδειξη 856 Α, μπορεί μέχρι να σταλεί η επόμενη να έχει ξεπεραστεί το όριο υπερφόρτισης.
 - 5.2 (Σύστημα ελέγχου–Επίπεδο Φυσικής Μορφής) Ενδέχεται ο μετρητής του φορτίου –λόγω δυσλειτουργίας- να δείχνει μικρότερο φορτίο, και κατά συνέπεια να στέλνει εσφαλμένη τιμή μέτρησης.

8.2.5.3 Λειτουργία στα Επίπεδα Νοητικής Συμπεριφοράς

Για τον τρόπο δράσης των χειριστών σε κάθε επίπεδο νοητικής συμπεριφοράς, από την ανάλυση περιστατικών στο παρόν και σε προηγούμενα στάδια, διαπιστώθηκε ότι:

Κατά τη Συμπεριφορά βασισμένη σε Επιτηδειότητες Συμπεριφορά (ΣΒΕ), οι χειριστές αξιοποιούν τις βασικές αντιληπτικές τους ικανότητες/δεξιότητες για να αναγνωρίζουν τα στοιχεία, και να παρακολουθούν τις αναπαριστώμενες οντότητες και παραμέτρους του δικτύου πάνω στο διαμεσολαβητή (π.χ. σήματα για διακόπτες όπως ανοικτό/κλειστό, γείωση, μόνωση, στον Πίνακα Ελέγχου, Διάγραμμα Μετασχηματιστών ή Μιμικό Διάγραμμα).

Η εκτέλεση ενεργειών πάνω στο διαμεσολαβητή, καθοδηγείται από προ-προγραμματισμένες ενέργειες αποθηκευμένες στην ανθρώπινη μνήμη, και ο εργαζόμενος έχει αναπτύξει έναν κατάλογο από αυτοματισμούς της μορφής «νύξη-απάντηση». Η ΣΒΕ παρατηρείται σε συνήθεις-επαναλαμβανόμενες καταστάσεις, με τις οποίες ο εργαζόμενος είναι εξοικειωμένος, και στις περισσότερες περιπτώσεις δεν δίνει συνειδητή προσοχή στην ενέργεια που εκτελεί (π.χ. ενεργοποίηση γραμμής μέσω κατάλληλου συνδυασμού κουμπιών στην κονσόλα χειρισμών).

Η Συμπεριφορά βασισμένη σε Κανόνες (ΣΒΚ), προκύπτει μέσα από την ανάλυση των καθηκόντων ελέγχου και των στρατηγικών στις προηγούμενες ενότητες. Οι χειριστές κάνουν χρήση αποθηκευμένων κανόνων (που συνδέονται με την υλοποίηση των στόχων του συστήματος) και που έχουν προκύψει από διαδικασίες, από κανονισμούς λειτουργίας του συστήματος, είτε ακόμη έχουν αναδυθεί από την εμπειρία ή από προηγούμενες διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων. Με τη βοήθεια των κανόνων αυτών οι χειριστές αναπτύσσουν μεθοδολογίες δράσης.

Η Συμπεριφορά βασισμένη σε Γνώσεις (ΣΒΓ), βασίζεται σε σκόπιμη σειριακή αναζήτηση, βασισμένη στο νοητικό μοντέλο των λειτουργικών χαρακτηριστικών του δικτύου. Από πλευράς εργαζομένων απαιτεί συνειδητή, εστιασμένη προσοχή. Η πραγματοποίηση των ενεργειών, καθοδηγείται από μία εκτενή ανάλυση της κατάστασης, και μία συστηματική μελέτη των εναλλακτικών τρόπων δράσης σε σχέση με τους επιδιωκόμενους στόχους. Η ΣΒΓ παρατηρείται όταν εμφανίζονται στο δίκτυο ασυνήθη συμπτώματα και μη-οικείες καταστάσεις (παραδείγματα που παρουσιάστηκαν στην §8.2.5.2)· σε αυτές τις περιπτώσεις ο άνθρωπος αξιοποιεί τις όποιες γνώσεις διαθέτει για την δομή και την λειτουργία του συστήματος, εκτελώντας νοητικές προσομοιώσεις προκειμένου να εντοπίσει τον καταλληλότερο τρόπο δράσης. Σε πολλές περιπτώσεις, προχωράει σε διαδικασίες «δοκιμής και λάθους» προκειμένου απορρίπτοντας κάποια ενδεχόμενα, να καταλήξει στο τι πραγματικά συμβαίνει. Βέβαια, και σε οικείες περιπτώσεις μπορεί οι εργαζόμενοι να καταφύγουν στη ΣΒΓ, προκειμένου να επιβεβαιώσουν ότι οι καθιερωμένες πρακτικές δράσης εξυπηρετούν πράγματι τους στόχους του συστήματος, διερευνώντας περαιτέρω τρόπους βελτίωσης τους.

Σε ό,τι αφορά την επιλογή του επιπέδου δράσης, καθώς και την εναλλαγή των επιπέδων κατά τη διαχείριση ενός συμβάντος, διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

- Η διαχείριση του ίδιου περιστατικού μπορεί να γίνεται σε άλλο επίπεδο νοητικής συμπεριφοράς από δύο διαφορετικούς εργαζόμενους.
- Η εμπειρία στο πεδίο, σε συνδυασμό με την εμπειρία στην διαχείριση των μέσων ελέγχου κάθε χειριστή, παίζει σημαντικό ρόλο.
- Καθήκοντα όπως π.χ. η εκτέλεση μεταγωγών φορτίων, τα οποία ξεκινούν στη βασισμένη σε κανόνες συμπεριφορά, με την απόκτηση εμπειρίας μεταπίπτουν στη βασισμένη σε επιτηδειότητες συμπεριφορά.
- Οι έμπειροι χειριστές και μηχανικοί που έχουν ειδικές γνώσεις στο πεδίο, μπορούν να λειτουργούν με άνεση στη βασισμένη σε κανόνες και γνώσεις συμπεριφορά, εξηγώντας τη λογική που κρύβεται πίσω από τις πράξεις τους, είτε με τη μορφή κανόνων, είτε με τη μορφή νοητικού μοντέλου.
- Σταδιακά οι εργαζόμενοι αποκτούν μετά-εμπειρία (meta-expertise), γνωρίζουν δηλαδή πότε πρέπει να λειτουργούν σε κάθε επίπεδο. Μετακινούνται έτσι από τη βασισμένη σε επιτηδειότητες και κανόνες συμπεριφορά στη βασισμένη σε γνώσεις συμπεριφορά, για να διαχειριστούν συμβάντα ή καταστάσεις που είναι μη-οικείες σε αυτούς και χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση.

8.2.5.4 Απαιτήσεις Σχεδιασμού IV

Η ενεργοποίηση οποιουδήποτε από τα τρία επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς, εξαρτάται από την μορφή που η πληροφορία παρουσιάζεται, γίνεται αντιληπτή, και μεταφράζεται από τον άνθρωπο. Ο τρόπος μετάφρασης μίας

απεικόνισης, εξαρτάται κυρίως από τις προθέσεις, τις προσδοκίες και την εμπειρία του εργαζόμενου. Το ίδιο στοιχείο ή απεικονιζόμενη σχέση, μπορεί να μεταφραστεί με διαφορετικούς τρόπους από διαφορετικούς εργαζόμενους ή και από τον ίδιο εργαζόμενο σε διαφορετική περίπτωση (Vicente, 1999).

Μέσα από την ανάλυση περιστατικών, προέκυψαν οι απαιτήσεις για το σχεδιασμό της οπτικής, απτικής και ακουστικής διάδρασης με την πληροφορία για το δίκτυο, προκειμένου να υποστηρίζονται κατάλληλα τα διαφορετικά επίπεδα νοητικής λειτουργίας έμπειρων και λιγότερο έμπειρων χειριστών, στο διαμεσολαβητή που θα σχεδιασθεί.

- *Συμπεριφορά Βασισμένη σε Επιτηδειότητες.*

Πρέπει να υποστηρίζεται η διάδραση μέσω χωρο-χρονικών σημάτων (π.χ. απόσταση της ράβδου που απεικονίζει την ποσότητα του φορτίου από απεικονιζόμενο όριο ασφαλούς λειτουργίας – αποτελεί ένα συνεχές ποσοτικό σήμα). Ο τρόπος παρουσίασης των πληροφοριών, θα πρέπει να είναι σύμφωνος με την μέρος-όλο δομή του ελεγχόμενου συστήματος (π.χ. ΜΣ-Ζυγοί-Γραμμές).

Οι χειριστές θα πρέπει να μπορούν να ενεργήσουν απευθείας/άμεσα πάνω στο διαμεσολαβητή, σύμφωνα με τη σχεδιαστική αρχή του «άμεσου χειρισμού» (Hutchins et al., 1986). Η λειτουργικότητα αυτή, είναι σκόπιμο να υποστηρίζεται από μέσα διάδρασης όπως η δεικτική συσκευή ή οθόνες αφής, που επιτρέπουν την πλοήγηση στην οθόνη και την άμεση επιλογή των στοιχείων ενδιαφέροντος (π.χ. αλλαγή θέσεως διακόπτη από θέση «ανοιχτό σε κλειστό», μετάβαση από τον «αυτόματο στο χειροκίνητο» τρόπο ελέγχου λειτουργίας). Επίσης, είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει άμεση ανάδραση, τόσο για τις ενέργειες που εκτελεί ο χειριστής πάνω στο διαμεσολαβητή, όσο και για τους χειρισμούς στον εξοπλισμό του δικτύου που προκαλούν κάποιες από τις ενέργειες αυτές, όπως η αλλαγή κατάστασης ενός διακόπτη.

Δεδομένου ότι οι χειριστές προσλαμβάνουν πληροφορία από το περιβάλλον με όλες τους τις αισθήσεις (ακοή, όραση, κλπ), χωρίς συνήθως να επιλέγουν συνειδητά με ποια από τις αισθήσεις θα προσλάβουν την πληροφορία που απαιτείται προκειμένου να διατηρήσουν την ενημερότητα κατάστασης (Rasmussen et al 1994), είναι σκόπιμο να γίνεται κατάλληλος σχεδιασμός των οπτικών και ηχητικών παραμέτρων του διαμεσολαβητή (π.χ. κάθε ενέργεια ή συμβάν να συνδέεται με κατάλληλη οπτική ή/και ακουστική πληροφορία ή αναγγελία).

- *Συμπεριφορά Βασισμένη σε Κανόνες.*

Τα Μοντέλα του πεδίου που παρουσιάστηκαν (§8.1), αποτελούν χάρτες του πεδίου που αποτυπώνουν τις δυνατότητες και τα όρια του, και τα συσχετίζουν με το σκοπό λειτουργίας και τους επιμέρους στόχους του πεδίου. Ο σκοπός λειτουργίας του συστήματος συνδέεται με το λόγο ύπαρξης του και με αυτά που εξυπηρετεί. Οι στόχοι από την άλλη αποτελούν καταστάσεις που πρέπει να επιτευχθούν ή να διατηρηθούν μία δεδομένη χρονική στιγμή. Συνήθως, στο σύστημα υπάρχουν περισσότεροι του ενός ενεργοί στόχοι, οι οποίοι είτε βρίσκονται σε αντίθεση, είτε συμπληρώνουν ο ένας τον άλλο. Οι στόχοι ιεραρχούνται ανάλογα με την κρισιμότητα, και τα χωρικά- χρονικά χαρακτηριστικά υλοποίησής τους. Έτσι, κάθε χρονική στιγμή υπάρχουν κάποιοι στόχοι στο προσκήνιο, στους οποίους εστιάζεται η προσοχή, ενώ κάποιοι άλλοι βρίσκονται στο παρασκήνιο, και συνεχίζει κάποιος να τους παρακολουθεί, αλλά με χαμηλότερο επίπεδο προτεραιότητας.

Στα Μοντέλα ΙΑΔ, ο Σκοπός Λειτουργίας βρίσκεται στο υψηλότερο επίπεδο ιεραρχικής αφαίρεσης, και είναι ίδιος/κοινός για όλους τους συνεργαζόμενους φορείς διαχείρισης του συστήματος (Μοντέλα Οργάνωσης), οι στόχοι όμως κάθε τομέα μπορεί να διαφέρουν. Τα μοντέλα Οργάνωσης εστιάζουν στην οπτική των συνεργαζόμενων φορέων για το σύστημα, αποτυπώνοντας τις απαιτήσεις σε πληροφορία που έχει κάθε συμμετέχων για να εμπλακεί επιτυχώς στις συνεργασίες αυτές, ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες που μεταβάλλονται δυναμικά οι στόχοι και οι περιορισμοί. Προκειμένου να συνεργαστούν αποτελεσματικά οι φορείς, θα πρέπει η πληροφορία για το πεδίο να είναι προσβάσιμη σε κατάλληλη μορφή, στο διαμεσολαβητή κάθε συμμετέχοντα.

Τα περιθώρια δράσης για την επίτευξη των στόχων κάθε χρονική στιγμή, εξαρτώνται από τις δυνατότητες που παρέχουν εναλλακτικές δράσης, και τους περιορισμούς που μειώνουν τον αριθμό των εναλλακτικών, καθοδηγώντας τους εργαζόμενους στην ασφαλή και αποτελεσματική δράση.

Στα Μοντέλα που αναπτύχθηκαν διαπιστώθηκαν διάφορες κατηγορίες περιορισμών που πρέπει να απεικονίζονται και να συσχετίζονται κατάλληλα στο διαμεσολαβητή. Σε κάθε φορέα, η δράση καθορίζεται τόσο από εσωτερικούς περιορισμούς, όσο και από εξωτερικούς περιορισμούς (π.χ. Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών Ελέγχου-§8.1.6).

Ισχύουν επίσης τόσο «σκληροί» περιορισμοί που προκύπτουν από τις αιτιακές σχέσεις και τα χαρακτηριστικά του δικτύου, όσο και «μαλακοί» περιορισμοί που προκύπτουν από προτεραιότητες που έχουν καθιερωθεί να ισχύουν για κοινωνικούς και πρακτικούς λόγους, και συνδέονται με τον κοινωνικό χαρακτήρα που έχει η παροχή ενέργειας («Ειδικοί Πελάτες»-§8.1.2). Επίσης, υπάρχουν περιορισμοί που ισχύουν σε συγκεκριμένες περιστάσεις, και συνδέονται με τα «σχετικά με το πλαίσιο» όρια ασφαλούς λειτουργίας των στοιχείων και τα «διαφοροποιημένα» όρια λειτουργίας (Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας -§8.1.2).

Είναι σημαντικό να γίνεται άμεσα αντιληπτό, τότε ένας περιορισμός έχει ανατραπεί. Πρέπει επίσης οι βασικές παράμετροι που σχετίζονται με τον περιορισμό, να απεικονίζονται με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι προφανής και η μεταξύ τους σχέση, και η σχέση που έχει οποιαδήποτε μεταβολή τους με την ισορροπία του συνολικού του συστήματος. Όταν οι εργαζόμενοι αντιλαμβάνονται μέσω της απεικόνισης τη σχέση δύο παραμέτρων (π.χ. η απεικόνιση της σχέσης τάσεως-φορτίου ενός ΜΣ), δεν χρειάζεται να περάσουν στην διαδικασία αναλυτικών συλλογισμών. Ομοίως με τη γραφική απεικόνιση πιο σύνθετων σχέσεων μεταξύ περισσότερων των δύο παραμέτρων μέσω σχεσιακών απεικονίσεων (π.χ. Θέση ΣΑΤΥΦ-τάση εξόδου- χωρητικά φορτία-συνολικά φορτία), υπάρχει κέρδος σε επίπεδο νοητικού φόρτου.

Σημαντική είναι επίσης η υποστήριξη των συσχετίσεων και η παροχή αντιληπτικών νύξεων–ενδείξεων που κατευθύνουν τη δράση (π.χ. η γραφική απεικόνιση πάνω στην ίδια κλίμακα αναφοράς του φορτίου ενός ζυγού και της χωρητικότητας μίας διασυνδετικής γραμμής, παρέχει άμεση νύξη για το εάν το φορτίο μπορεί να μεταχθεί μέσω της διασυνδετικής ή όχι). Η άμεση συσχέτιση μεταξύ αναγνωρίσιμων γεγονότων και κατάλληλων αντιδράσεων, ωθεί τους εργαζόμενους σε συγκεκριμένες αλληλουχίες ενεργειών. Οι ενέργειες αυτές συνδέονται με το διαδοχικό έλεγχο συγκεκριμένων δυνατοτήτων και περιορισμών, όπως προέκυψε από την ανάλυση των καθηκόντων ελέγχου (§8.2.2). Αυτά τα κριτήρια ελέγχου είναι σημαντικό να είναι αντιληπτικά εμφανή, ώστε να κατευθύνονται οι εργαζόμενοι στον έλεγχο τους (π.χ. τα κριτήρια ελέγχου για εκτέλεση μεταγωγής φορτίων μίας γραμμής).

Η ανάλυση στρατηγικών (§8.2.3) έδειξε ότι οι χειριστές ανάλογα με το τρέχον πλαίσιο λειτουργίας, επιλέγουν κατάλληλες στρατηγικές, οι οποίες έχουν διαφορετική αλληλουχία επιμέρους βημάτων. Ο διαμεσολαβητής θα πρέπει να υποστηρίζει κατάλληλα την εφαρμογή οποιασδήποτε στρατηγικής, βοηθώντας ταυτόχρονα το χειριστή να αντιληφθεί τότε η στρατηγική είναι εφαρμόσιμη ή η πιο κατάλληλη για τις τρέχουσες συνθήκες (π.χ. στην περίπτωση της μεταγωγής φορτίων, μπορεί να μεταφέρει κανείς μαζικά φορτία μέσω διασυνδετικών ή επιλεγμένα φορτία μέσω γραμμών αντιστήριξης. Παρουσιάζοντας κατάλληλα τα επίπεδα φόρτισης των στοιχείων που εμπλέκονται στη μεταγωγή, μπορεί να αποφασίσει ο χειριστής ποιος είναι ο ενδεδειγμένος τρόπος μεταγωγής).

Η αποτύπωση του πλαισίου λειτουργίας στο διαμεσολαβητή είναι πολύ σημαντική, καθώς καθορίζει τον τρόπο δράσης και συνδέεται με την ενεργοποίηση συγκεκριμένων περιορισμών (π.χ. ειδικά όρια ασφαλούς φόρτισης στοιχείων σε συνθήκες καύσωνα). Το γενικό πλαίσιο λειτουργίας, προσδιορίζεται από τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος λειτουργίας (π.χ. θερμοκρασία-υγρασία περιβάλλοντος, ημέρα-ώρα), όσο και από την κατάσταση φόρτισης του δικτύου (π.χ. η συνολική κατανάλωση του δικτύου στην Αττική και Πανελλαδικά). Το πλαίσιο λειτουργίας τοπικά σε κάθε περιοχή ελέγχου του δικτύου, προσδιορίζεται από τις συνθήκες λειτουργίας- διαθεσιμότητα μονάδων και πόρων.

- *Συμπεριφορά Βασισμένη σε Γνώσεις.*

Η χρήση των δυνατοτήτων και των περιορισμών στο σχεδιασμό, αφήνει το χρήστη να καθορίσει την σωστή αλληλουχία ενεργειών, ακόμη και όταν βρίσκεται αντιμέτωπος με νέες καταστάσεις.

Στους άξονες Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης των Μοντέλων του πεδίου §8.1.2 και §8.1.8, αναπαρίστανται διαφορετικές κατηγορίες περιορισμών, που χαρακτηρίζουν το σύστημα. Όταν εμφανιστεί μία διαταραχή ένας ή περισσότεροι από αυτούς τους περιορισμούς καταπατώνται, καταδεικνύοντας ότι το πεδίο δεν συμπεριφέρεται όπως θα έπρεπε. Η πληροφορία για τους περιορισμούς, πρέπει να απεικονιστεί κατάλληλα, ώστε να μπορέσει να αντιληφθεί ο χειριστής ποιο είναι το σύνολο των παραμέτρων που βρίσκονται εκτός ορίων, και ποια τα περιθώρια δράσης στις λοιπές ενεργές και διαθέσιμες μονάδες του δικτύου.

Σε πεδία όπως τα δίκτυα μέσης τάσης, περίπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ φαινομενικά ανεξάρτητων περιορισμών, μπορεί να οδηγήσουν σε εκδήλωση συμβάντων στο δίκτυο. Μέσα από την ανάλυση περιστατικών με τη βοήθεια των Μοντέλων, εντοπίστηκαν αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των επιμέρους λειτουργικών περιοχών των Μοντέλων, οι οποίες μοιάζουν συχνά ως ανεξάρτητες (π.χ. εάν η μεταγωγή φορτίων σε ΜΣ θα προκαλέσει υπερφόρτιση σε μία γραμμή ΥΤ ή θα προκαλέσει πιθανά ένα γενικότερο πρόβλημα ευστάθειας στο δίκτυο). Η αποτύπωση αυτών των αλληλεξαρτήσεων στο διαμεσολαβητή, βοηθάει τους εργαζόμενους να εντοπίζουν τις συνέπειες που μπορεί να έχουν συγκεκριμένες δράσεις τους, σε ένα από τα αλληλένδετα τμήματα. Μέσα από τη διαδικασία αυτή, οι εργαζόμενοι αναπτύσσουν σταδιακά βαθιά γνώση για το πεδίο.

Στη βασισμένη σε επιτηδειότητες και κανόνες συμπεριφορά, οι χειριστές κινούνται κυρίως στα τρία χαμηλότερα επίπεδα των Μοντέλων Ιεραρχικής Αφαίρεσης- Διάσπασης (ΙΑΔ), προσαρμοζόμενοι σε φυσικούς-τεχνολογικούς περιορισμούς του δικτύου. Όταν οι χειριστές αντιμετωπίζουν μη-οικείες ή επισφαλείς συνθήκες λειτουργίας του δικτύου, λειτουργούν στη βασισμένη σε γνώσεις συμπεριφορά, και κινούνται σε όλη την έκταση των Μοντέλων ΙΑΔ, καθώς προσπαθούν βάσει των αρχών και κανόνων λειτουργίας τους συστήματος, να προχωρήσουν σε διάγνωση και έλεγχο της κατάστασης.

Παρουσιάζοντας στο διαμεσολαβητή τις σχέσεις των ανώτερων και κατώτερων επιπέδων των Μοντέλων ΙΑΔ, δημιουργεί κανείς ένα αξιόπιστο εξωτερικευμένο μοντέλο του τρόπου λειτουργίας του δικτύου. Το μοντέλο αυτό, επιτρέπει στους εργαζόμενους να ιχνηλατούν τις επιμέρους αλληλεπιδράσεις, εντοπίζοντας σε ποια αιτία μπορεί να οφείλεται ένα συγκεκριμένο σύμπτωμα–συμπεριφορά του δικτύου.

Οι χειριστές κατά την εποπτεία και έλεγχο του δικτύου, αλληλεπιδρούν στην πράξη, με τρία επιμέρους αλληλένδετα τεχνολογικά συστήματα (δίκτυο, σύστημα ελέγχου, διαμεσολαβητής), όπως παρουσιάστηκε στο μοντέλο Εποπτείας και Διαχείρισης πόρων δικτύου (§8.1.9). Οι χειριστές χρειάζονται ένα σαφές λειτουργικό μοντέλο για καθένα από τα συστήματα αυτά, προκειμένου να μπορούν να διαχειριστούν πολύπλοκες καταστάσεις με επικαλυπτόμενα συμπτώματα. Κατά την ανάλυση των περιστατικών (§8.2.5.2), διαπιστώθηκαν οι λειτουργίες και σχέσεις των τριών συστημάτων που πρέπει να απεικονίζονται στο διαμεσολαβητή, προκειμένου να εξασφαλίζεται ο απαραίτητος βαθμός διαφάνειας (Drivalou, 2005a) και να διευκολύνεται το διαγνωστικό έργο των χειριστών.

8.3 Σύζευξη Απαιτήσεων Σχεδιασμού

Η πλαίσιοθετημένη ανάλυση δραστηριότητας, στόχευσε στον εντοπισμό των ιδιαίτερων απαιτήσεων υποστήριξης του έργου των χειριστών σε διαφορετικά πλαίσια λειτουργίας του πεδίου, καθώς το πλαίσιο λειτουργίας επηρεάζει τον τρόπο

λειτουργίας του δικτύου και τη δυνατότητα επαναφοράς του μετά από ισχυρές διαταραχές, όπως διαπιστώθηκε κατά την Εθνογραφική Ανάλυση.

Η ανάλυση καθηκόντων ελέγχου συνέβαλε στον εντοπισμό και την ομαδοποίηση των απαιτήσεων σε πληροφορία ή χειρισμό που παρουσιάζονται στα επιμέρους βήματα εκτέλεσης συγκεκριμένων καθηκόντων, στο πλαίσιο διαφορετικών συνθηκών, και ανεξάρτητα από τα υπάρχοντα γνωσιακά τεχνήματα.

Η ανάλυση στρατηγικών συνέβαλε στον εντοπισμό των στρατηγικών που υιοθετούν οι χειριστές κατά την εκτέλεση συγκεκριμένων καθηκόντων, σε διαφορετικά πλαίσια. Η ανάλυση προσπάθησε να εντοπίσει σε ποιες περιπτώσεις, οι στρατηγικές που διαπιστώθηκε ότι υιοθετούσαν οι χειριστές στο πλαίσιο των συστηματικών παρατηρήσεων, επηρεάζονταν από χαρακτηριστικά και δυνατότητες του υπάρχοντος παραδοσιακού διαμεσολαβητή. Από την ανάλυση προέκυψαν οι απαιτήσεις για να υποστηρίζονται από το διαμεσολαβητή οι πιθανές στρατηγικές με τις οποίες μπορεί κάποιος να εκτελέσει ένα καθήκον, χωρίς να παραβιάσει τους περιορισμούς που ισχύουν για το τρέχον πλαίσιο λειτουργίας του δικτύου. Επίσης, αναδύθηκαν οι απαιτήσεις υποστήριξης των χειριστών, ώστε να μπορούν να επιλέξουν την πιο ενδεδειγμένη στρατηγική για το τρέχον πλαίσιο, ή και να αλλάζουν κατάλληλα στρατηγική όταν δυναμικές μεταβολές στη λειτουργία του πεδίου το καθιστούν απαραίτητο.

Κατά την ανάλυση Περιστατικών υπό το πρίσμα της κοινωνικής οργάνωσης της εργασίας, διαπιστώθηκαν κάποιες μη – προφανείς παράμετροι (τεχνολογικοί λόγοι, δυνατότητες απεικόνισης πληροφορίας παραδοσιακών διαμεσολαβητών, φόρτος εργασίας) που βρίσκονται πίσω από την ισχύουσα κατανομή αρμοδιοτήτων εποπτείας και ελέγχου των δικτύων σε συνεργαζόμενες αίθουσες. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στον τρόπο χειρισμού διασυνωριακών στοιχείων μεταξύ δικτύων, για τα οποία άλλη αίθουσα είχε αρμοδιότητα εποπτείας, και άλλη αρμοδιότητα ελέγχου.

Δεδομένου ότι η επανατακτικότητα του συστήματος σε κρίσιμες στιγμές όπως τα μπλακάουτ εξαρτάται από την άμεση αντίδραση και τον κατάλληλο συντονισμό ενεργειών των επιμέρους συνεργαζόμενων μονάδων, εντοπίστηκαν: α) οι απαιτήσεις για τον ενδεδειγμένο χρόνο, τρόπο και ρυθμό ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ συνεργαζόμενων μονάδων, και β) οι απαιτήσεις ενημερότητας κατάστασης των χειριστών για στοιχεία στα οποία έχουν μερική ή και καθόλου αρμοδιότητα εποπτείας ή ελέγχου, αλλά καθορίζουν τα περιθώρια δράσης και εκτέλεσης χειρισμών στο δίκτυο τους. Τελικά, προσδιορίστηκε ποια πληροφορία και με ποιο τρόπο είναι σκόπιμο να αναπαρίσταται σε συνεργαζόμενες μονάδες, σύμφωνα με την εκάστοτε κατανομή αρμοδιοτήτων εποπτείας και ελέγχου του δικτύου, και με την οπτική για το δίκτυο που έχει ο κάθε συμμετέχων στη συνεργασία.

Στο στάδιο ανάλυσης ατομικών παραγόντων, βάσει της ανάλυσης περιστατικών που είχε προηγηθεί στα προηγούμενα στάδια, διαπιστώθηκαν αρχικά τα ατομικά χαρακτηριστικά των εργαζομένων, και οι προσωπικές προτιμήσεις εργασίας που επηρεάζουν τον τρόπο δράσης κάθε χειριστή.

Κατόπιν το εργαλείο ταξινόμησης της Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, Γνώσεις χρησιμοποιήθηκε: α) προκειμένου να διαπιστωθεί πώς και πότε λειτουργούν στα επιμέρους επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς χειριστές με διαφορετικά επίπεδα εμπειρίας, και β) για την εξαγωγή απαιτήσεων για το πώς πρέπει να είναι οργανωμένη και να παρουσιάζεται η πληροφορία, προκειμένου να υποστηρίζονται κατάλληλα τα επιμέρους επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς.

Η ανάλυση δραστηριότητας συμπεριέλαβε περιστατικά που είχαν καταγραφεί τόσο σε συνθήκες, όσο και σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, διαφορετικές εποχές του χρόνου. Από τη σύζευξη των απαιτήσεων σχεδιασμού που διατυπώθηκαν στα επιμέρους στάδια, διαμορφώθηκαν συγκεκριμένες προδιαγραφές σχεδιασμού για τις κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, με έμφαση στην υποστήριξη διαχείρισης του δικτύου σε συνθήκες καύσωνα, που αποτελούν από τα πλέον απαιτητικά πλαίσια λειτουργίας του δικτύου, και που παρουσιάζουν επαναληψιμότητα κάθε καλοκαίρι. Οι προδιαγραφές παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο, καθώς σε αυτές στηρίχθηκε η ανάπτυξη των σχεδιαστικών ιδεών στα πρωτότυπα.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

9. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ

Η ανάπτυξη πρωτοτύπων (Prototyping) αποτελεί μία τεχνική που χρησιμοποιείται στη μηχανική γνωστικών συστημάτων (Potter et al., 2002, Hale & Schmidt, 2008). Η ανάπτυξη πρωτοτύπων διευκολύνει την κατασκευή του μελλοντικού περιβάλλοντος εργασίας, μέσω του επαναληπτικού σχεδιασμού των εν δυνάμει συστημάτων, επιτρέποντας στους χρήστες να βιώσουν και να τροποποιήσουν πιθανές σχεδιαστικές λύσεις (Bødker & Grønbaek, 1991). Τα πρωτότυπα που αναπτύσσονται κατά το συμμετοχικό σχεδιασμό (Κεφ.6-§6.3), αποτελούν κόμβους κοινωνικής διάδρασης, μέσω των οποίων μπορεί να γίνει διαπραγμάτευση λύσεων, οι οποίες μπορούν να επιφέρουν σημαντικές αλλαγές. Μέσω των πρωτοτύπων μπορεί να πειραματιστεί κανείς με νέα οργανωτικά σχήματα, μετασχηματίζοντας σταδιακά την καθημερινή πρακτική με ένα πιο «δημοκρατικό τρόπο» (Crabtree, 1998), αφού συμμετέχουν στη διαδικασία μετασχηματισμού οι ίδιοι οι εργαζόμενοι. Τα σχεδιαστικά πρωτότυπα διευκολύνουν τον αναστοχασμό πάνω στις σχεδιαστικές ιδέες και λύσεις που αναπτύσσονται (Bødker, 2006, Wenngren, 2014). Οι εργαζόμενοι παρέχουν ανάδραση για τον τρόπο που συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις μπορούν να υποστηρίξουν το ατομικό και συνεργατικό έργο, καθώς και για άλλες παραμέτρους της εργασίας που παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Έτσι, μπορούν να διερευνηθούν με συστηματικό τρόπο, εναλλακτικές για τον τρόπο οργάνωσης και εκτέλεσης της εργασίας σε ένα μελλοντικό σύστημα.

Η τεχνική της ανάπτυξης πρωτοτύπων, όταν ξεκίνησε να χρησιμοποιείται, επικεντρωνόταν στις φυσικές πτυχές του σχεδιασμού (χωρικές διευθετήσεις, διαστάσεις σταθμών εργασίας, κλπ), αλλά καθώς η τεχνολογία των υπολογιστών γινόταν όλο και περισσότερο διαθέσιμη, τα πρωτότυπα μπορούσαν εύκολα και γρήγορα να αναπτυχθούν σε οθόνες υπολογιστών (Hall, 2001). Η ανάπτυξη πρωτοτύπων λογισμικών και άλλων σύγχρονων τεχνολογικών εφαρμογών, αποτελεί μία κυκλική, επαναληπτική διαδικασία, κατά τη διάρκεια της οποίας οι απαιτήσεις και τα προϊόντα του σχεδιασμού, δημιουργούνται, ελέγχονται, ανασχεδιάζονται, και αξιολογούνται πολλές φορές, πριν αναπτυχθούν τα τελικά βιομηχανικά προϊόντα. Ο Nielsen (1993) περιγράφει μία διαδικασία 11 σταδίων, την οποία ονομάζει Κύκλο Ζωής του Σχεδιασμού Ευχρηστίας (Usability Engineering Lifecycle), η οποία περιλαμβάνει το συμμετοχικό σχεδιασμό, και επαναληπτικά στάδια σχεδιασμού. Η επαναληπτική διαδικασία σχεδιασμού περιγράφεται με συστηματικό τρόπο και από το πρότυπο "International Standard 13407: Human-centred design processes for interactive systems". Οι Gould and Lewis (1985) σημειώνουν ότι η επαναληπτική διαδικασία δεν αποτελεί έναν «ακριβό τρόπο καλού σχεδιασμού», αλλά αποτελεί το μόνο τρόπο να διασφαλίσει κανείς την καλή λειτουργία του συστήματος.

Οι Houde & Hill (1997) και Dearden et al. (2003) ορίζουν ως πρωτότυπο την αναπαράσταση μίας σχεδιαστικής ιδέας, ανεξάρτητα από το μέσο που αυτή υλοποιείται. Οι Stanton and Young (1999) αναφέρουν ότι καθώς προχωράει η σχεδιαστική διαδικασία, τα πρωτότυπα μετεξελισσονται ως εξής: 1) Ιδέα, 2) Σχέδιο, 3) Αναλυτικό Πρωτότυπο (ηλεκτρονικό σκίτσο με τη βοήθεια υπολογιστή), 4) Λειτουργικό πρωτότυπο (σχέδιο έτοιμο για υλοποίηση).

Τα πρωτότυπα χρησιμοποιούνται από τον αναλυτή-σχεδιαστή για τη διαπραγμάτευση σχεδιαστικών λύσεων, με άτομα που έχουν διαφορετικές ιδιότητες, ρόλους, θεωρητικό-πρακτικό υπόβαθρο και οπτική του συστήματος εργασίας. Έτσι, τα πρωτότυπα που παρουσιάζονται στους χρήστες, πρέπει να είναι σε τέτοια μορφή ώστε να δίνουν απαντήσεις στα πιο σημαντικά σχεδιαστικά ερωτήματα. Τα πρωτότυπα που παρουσιάζονται στα διοικητικά όργανα του φορέα που ανήκει το υπό σχεδίαση σύστημα, θα πρέπει να αποτυπώνουν τη φιλοσοφία και την κατεύθυνση του σχεδιασμού που έχει το πρωτότυπο, και άρα θα έχει και το πραγματικής κλίμακας σύστημα (Ehn, 1988, Schrage, 1996).

Οπτικά και διαδραστικά ένα πρωτότυπο δεν υποστηρίζει συνήθως το σύνολο των λειτουργιών που υποστηρίζει ένα πραγματικό σύστημα. Ο Nielsen (1993) προσδιόρισε διαφορετικές κατηγορίες πρωτοτύπων, αναφέροντας ότι:

- Ένα «οριζόντιο πρωτότυπο» (horizontal prototype) διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά του συστήματος, αλλά υπολείπεται σε βάθος σε ό,τι αφορά τη λειτουργικότητα.
- Ένα «κάθετο πρωτότυπο» (vertical prototype) παρέχει πλήρη λειτουργικότητα για μερικά μόνο από τα χαρακτηριστικά του συστήματος.
- Το πλήρες σύστημα (full system) περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά του συστήματος παρέχοντας πλήρη λειτουργικότητα για όλα.

Στη βιβλιογραφία, συνήθως ένα πρωτότυπο χαρακτηρίζεται από το βαθμό ανάλυσης (πλήθος λεπτομερειών) και την πιστότητα (εγγύτητα στο τελικό σχέδιο). Ο Sæde (1999) κάνοντας μία σύντομη παρουσίαση των μελετών που έχουν γίνει για διάφορα προϊόντα, και ταξινομώντας τα ανάλογα με τον τύπο του πρωτοτύπου και το βαθμό διάδρασης που υποστηρίζουν, καταλήγει διαπιστώνοντας ότι είναι σκόπιμο να χρησιμοποιεί κάποιος διαφορετικές μεθόδους και τεχνικές σε κάθε κύκλο μοντελοποίησης και αξιολόγησης, μεταβαίνοντας ομαλά από τον ένα κύκλο στον άλλο. Διαφορετικοί τύποι πρωτοτύπων και τα αντίστοιχα επίπεδα πιστότητας, παρέχουν διαφορετικού τύπου σχεδιαστική πληροφορία.

Το ποιος τύπος πρωτοτύπου είναι σκόπιμο να χρησιμοποιείται και πότε, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Τα χαμηλής πιστότητας πρωτότυπα είναι κατάλληλα για να ελέγξει κάποιος τις νοητικές πτυχές του σχεδιασμού, όπως η χωροθέτηση των χειριστηρίων και αλληλουχία οθονών. Ο έλεγχος των φυσικών πτυχών (απτική, ακουστική, και οπτική ανάδραση) απαιτεί υψηλότερο επίπεδο πιστότητας (Nielsen, 1993). Τα υψηλότερης πιστότητας πρωτότυπα απαιτούν περισσότερο χρόνο υλοποίησης, ενώ έχουν και μεγαλύτερο κόστος, και χρησιμοποιούνται συνήθως στη δεύτερη ή τρίτη επανάληψη της κυκλικής διαδικασίας σχεδιασμού, κατά την οποία γίνεται και διερεύνηση ζητημάτων ευχρηστίας και

αισθητικής. Ο Crabtree (2010) αναφέρει ότι τα χαμηλής τεχνολογίας πρωτότυπα, είναι κατάλληλα για την ανάλυση και το σχεδιασμό, ενώ τα υψηλής τεχνολογίας πρωτότυπα είναι κατάλληλα για το σχεδιασμό και την αξιολόγηση.

Γενικά, η ανάπτυξη ενός πρωτότυπου περιλαμβάνει μία σειρά από πολύπλοκες σχεδιαστικές αποφάσεις, που εκτείνονται από το ποιες οντότητες και λειτουργίες θα συμπεριληφθούν σε αυτό, έως το ποιες συγκεκριμένες απεικονίσεις θα επιλεγούν ή θα δημιουργηθούν για τις οντότητες αυτές.

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης ενός πρωτότυπου ηλεκτρονικού διαμεσολαβητή για τα δίκτυα μέσης τάσης, μέσα από μία συμμετοχική διαδικασία σχεδιασμού (Κεφ.6-§6.3), όπου λαμβάνεται ανάδραση από τους εργαζόμενους σε κάθε επιμέρους στάδιο ανάπτυξης των σχεδιαστικών λύσεων. Η διαδικασία σχεδιασμού ξεκίνησε από τη μελέτη των υπάρχοντων τεχνημάτων στην αίθουσα ελέγχου. Σε επόμενο στάδιο αποτυπώθηκαν σε χαρτί οι αρχικές σχεδιαστικές ιδέες για το νέο διαμεσολαβητή. Στο τρίτο στάδιο, οι σχεδιαστικές ιδέες- σε πιο ολοκληρωμένη μορφή- υλοποιήθηκαν στο ηλεκτρονικό πρωτότυπο. Τα περιστατικά που είχαν διαμορφωθεί για το προηγούμενο στάδιο της ανάλυσης (Κεφ.8-§8.2.1), στο παρόν στάδιο διευκόλυναν τον αναστοχασμό πάνω σε συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις, υποκινώντας τους εργαζόμενους να αναπτύξουν τις ιδέες τους.

Η μετατροπή των απαιτήσεων (Κεφ.8) και προδιαγραφών (§9.1) που προέκυψαν από την ανάλυση, σε οργανωμένες δομές και φόρμες απεικόνισης πληροφορίας, αποτελεί τη διαδικασία της Σημασιολογικής Αποτύπωσης (Κεφ.3-§3.5). Στο πλαίσιο της διαδικασίας αυτής, αξιοποιήθηκαν κατάλληλα οι απαιτήσεις υποστήριξης των τριών μοντέλων νοητικής συμπεριφοράς (Κεφ.8-§8.2.5.4), καθώς και επιλεγμένες αρχές και τεχνικές οπτικής απεικόνισης της μηχανικής γνωσιακών συστημάτων (Κεφ.3-§3.6).

Κατά τη μορφοποίηση των σχεδιαστικών ιδεών, αξιοποιήθηκαν επίσης σύμβολα, δομές, και τεχνικές απεικόνισης πληροφορίας που χρησιμοποιούνται στο πεδίο της ηλεκτρολογίας και στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή (Κεφ.7-§7.2.3 και §7.3.5) όπως:

- καθιερωμένα ηλεκτρικά σύμβολα (π.χ. απεικόνιση ανοιχτού /κλειστού διακόπτη σε μονογραμμικά διαγράμματα).
- σύμβολα που χρησιμοποιούνται στα παραδοσιακά τεχνήματα (π.χ. κόκκινη/λευκή τελεία για τη σήμανση ανοιχτού/κλειστού διακόπτη).
- κωδικοποιήσεις πληροφορίας που έχουν αναπτυχθεί από τους ίδιους τους χειριστές (π.χ. σύμβολα με κιμωλία στο Μιμικό Διάγραμμα και Διάγραμμα Μετασχηματιστών).
- πολιτισμικά καθιερωμένες χρωματικές κωδικοποιήσεις ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών (π.χ. πράσινο, κίτρινο, κόκκινο για την διαβάθμιση της θερμικής εικόνας των ΜΣ).
- προϋπάρχουσες δομές απεικόνισης (π.χ. διάγραμμα ΜΣ) και μορφοποιήσεις (π.χ. σύνδεση ΜΣ μέσω διασυνδετικών), οι οποίες είτε υπήρχαν στα επίσημα τεχνήματα, είτε αναπτύχθηκαν από τους ίδιους τους χειριστές ως «προσθήκες» και «προσαρμογές» (π.χ. πρόσθετες πληροφορίες συνδεσιμότητας για κάθε διακόπτη-γραμμή στο Διάγραμμα ΜΣ), για να αυξήσουν τη λειτουργικότητα των παραδοσιακών τεχνημάτων.

Μέσα από τη διαδικασία σχεδιασμού αναπτύχθηκαν:

α) ένα νέο Σύστημα Συμβόλων (π.χ. «Σημαίες Διασύνδεσης»), που διαμορφώθηκε με συγκεκριμένους συντακτικούς κανόνες κωδικοποίησης εννοιών, ιδιοτήτων, και λειτουργιών του συστήματος. Κάθε σύμβολο, έχει συγκεκριμένα οπτικά/γραφικά χαρακτηριστικά, και συγκεκριμένο εννοιολογικό περιεχόμενο.

β) νέες Δομές Απεικόνισης Πληροφορίας, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα, αλλά και συνδυαστικά από τους εργαζόμενους. Σχεσιακές Δομές αποτυπώνουν μέσα από γεωμετρικές φόρμες (π.χ. «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο»), κανόνες λειτουργίας του δικτύου για να διευκολύνουν την εκτέλεση συλλογισμών. Συναθροιστικές δομές απεικόνισης (π.χ. «Πίνακας Συνδεσιμότητας»), που συγκεντρώνουν διαφορετικά είδη πληροφορίας για το δίκτυο (ιδιότητες, χαρακτηριστικά λειτουργίας, τοπολογικές σχέσεις) σε μία ενιαία αναπαράσταση.

Στις ενότητες που ακολουθούν, προσδιορίζονται οι στόχοι του σχεδιασμού (έμφαση στην υποστήριξη των χειριστών σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου), οριοθετούνται οι δυνατότητες του πρωτοτύπου, και περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος που οι επιμέρους σχεδιαστικές ιδέες δημιουργούνται, απορρίπτονται ή αναθεωρούνται, και ανασχεδιάζονται μέχρι να λάβουν την τελική τους μορφή. Παρουσιάζονται τα τελικά πρωτότυπα των Οθονών, Παραθύρων, και Θεάσεων που δημιουργήθηκαν, και προσδιορίζεται ο τρόπος κατανομής της πληροφορίας σε αυτές, καθώς και οι σχέσεις που συνδέουν τις πληροφορίες μεταξύ τους, έτσι ώστε να υποστηρίζεται η ροή της εργασίας κατά την εποπτεία και έλεγχο των δικτύων μέσης τάσης. Το κεφάλαιο καταλήγει, συνοψίζοντας τις νέες παραμέτρους που θέτει στην εκτέλεση του νοητικού και συνεργατικού έργου των χειριστών, ο σχεδιασμός που υλοποιήθηκε.

9.1 Προδιαγραφές Σχεδιασμού για Κρίσιμες Συνθήκες Λειτουργίας

Ο σχεδιασμός διαμεσολαβητή για τα δίκτυα μέσης τάσης, εστιάζει στην υποστήριξη των Κρίσιμων Συνθηκών Λειτουργίας του δικτύου, που είναι νοητικά πιο απαιτητικές για τους χειριστές (Κεφ.7-§7.1.8, §7.3.1). Η διαμόρφωση τέτοιων συνθηκών λόγω καύσωνα, παρατηρείται σχεδόν κάθε καλοκαίρι στην Ελλάδα, μία ή και περισσότερες φορές. Το έργο των χειριστών στις συνθήκες αυτές, επικεντρώνεται στο να παρακολουθούν συστηματικά κρίσιμες παραμέτρους λειτουργίας του δικτύου, και να προλαμβάνουν καταστάσεις που μπορεί να οδηγήσουν ένα ή περισσότερα στοιχεία εκτός λειτουργίας ή ακόμη και να προκαλέσουν μπλακάουτ. Συχνές είναι οι επικοινωνίες με άλλες αίθουσες ελέγχου, για

ανταλλαγή πληροφοριών ή μεταφορά περιορισμών λειτουργίας που αφορούν σε αλληλένδετα μέρη και λειτουργίες του συστήματος (Κεφ.7-§7.3.2, Κεφ.8-§8.2.4) Στις συνθήκες αυτές, οι χειριστές πρέπει:

- να εντοπίζουν άμεσα στοιχεία του δικτύου που παρουσιάζουν υψηλή φόρτιση ή κρίσιμη ηλεκτρική συμπεριφορά (π.χ. υψηλά άεργα, μεγάλη πτώση τάσης, κλπ).
- να βελτιστοποιούν την κατανομή των διαθέσιμων πόρων, διατηρώντας κατά το δυνατόν το δίκτυο ισοφορτισμένο.
- να προσαρμόζουν τη διαχείριση των στοιχείων του δικτύου στους περιορισμούς που ισχύουν σύμφωνα με το τρέχον πλαίσιο λειτουργίας,
- να συνδιαχειρίζονται αποτελεσματικά σε συνεργασία με άλλες αίθουσες ή φορείς ελέγχου δικτύων, τα συννοριακά στοιχεία των δικτύων και τους αλληλοεξαρτώμενους πόρους.
- να συνεργάζονται αποτελεσματικά με τα συνεργεία περιοχών, για τη διαχείριση των μη-τηλεχειριζόμενων στοιχείων του δικτύου.
- να επιτυγχάνουν άμεση –κατά το δυνατόν- αποκατάσταση της ηλεκτροδότησης, όταν ένα μικρό ή μεγαλύτερο μέρος του δικτύου, βρίσκεται εκτός διαθεσιμότητας ή έχει καταστραφεί πλήρως.

Σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας σημαντικό ρόλο παίζει η επανατακτικότητα (resilience) του συστήματος (Hollnagel, 2006, Woods, 2006, Sansavini, 2016), που συνδέεται με το ρυθμό επαναφοράς του συστήματος μετά από μία διαταραχή, και με την ικανότητα προσαρμογής των χειριστών στο απαιτητικό περιβάλλον διαχείρισης. Οι απαιτήσεις σχεδιασμού για τις συνθήκες αυτές προσδιορίστηκαν μέσα από: α) τη μελέτη θεσμοθετημένων κανόνων για τη λειτουργία του συστήματος σε μη ασφαλείς συνθήκες, και για την αποκατάσταση του συστήματος μετά από κατάρρευση (Κεφ.4-§4.4), β) την εμπειρία από τον τρόπο δράσης των εργαζομένων σε κρίσιμες συνθήκες και προγενέστερα μπλακάουτ (Κεφ.4-§4.3, §4.7, Κεφ.7-§7.1.9), γ) τη διερεύνηση κατά την ανάλυση δραστηριότητας, περιστατικών που είχαν λάβει χώρα στο πλαίσιο κρίσιμων συνθηκών (Κεφ.8-§8.2). Ο διαμεσολαβητής, μέσω του οποίου πραγματοποιούν τη διαχείριση του δικτύου οι χειριστές, είναι σημαντικό να υποστηρίζει:

- την ιεράρχηση και επίτευξη πολλαπλών και κάποιες φορές αντικρουόμενων στόχων (π.χ. αδιάλειπτη παροχή ενέργειας στους καταναλωτές, προστασία του εξοπλισμού).
- την κατανομή των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων, βάσει αιτιακών και προθετικών περιορισμών και προτεραιοτήτων που ισχύουν (π.χ. «ειδικές» κατηγορίες καταναλωτών έχουν προτεραιότητα κατά τη διαδικασία επανηλεκτρικής μετά από μία διακοπή).
- τον έλεγχο εγκυρότητας και τη δυνατότητα υλοποίησης συγκεκριμένων ενεργειών, βάσει των περιορισμών που ισχύουν κάθε χρονική στιγμή.
- την παρακολούθηση της αλλαγής της απόδοσης του συστήματος.
- τον εντοπισμό μη-ομαλών καταστάσεων στη λειτουργία τόσο του δικτύου, όσο και του συστήματος ελέγχου.
- τον εντοπισμό κατάλληλων μονοπατιών για την επαναφορά του συστήματος, μετά από ισχυρές διαταραχές.

Η σύνθεση των απαιτήσεων που διατυπώθηκαν στα επιμέρους στάδια της Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας (Κεφ.8), οδήγησε στον καθορισμό προδιαγραφών σχεδιασμού για ένα διαμεσολαβητή που θα υποστηρίζει αποτελεσματικά τη διαχείριση του δικτύου σε κρίσιμες συνθήκες. Οι ακόλουθες προδιαγραφές αποτελούν ενδεικτικά παραδείγματα (Drivalou & Marmaras, 2009):

- πρέπει να παρέχεται συνεχώς πληροφορία για το περιβάλλον λειτουργίας του δικτύου (θερμοκρασία, υγρασία, κλπ).
- πρέπει να παρουσιάζεται η σχέση ζήτησης- κατανάλωσης στα διαφορετικά επίπεδα του ηλεκτρικού συστήματος.
- πρέπει να παρέχονται συγκεντρωτικές θεάσεις για τις κρίσιμες παραμέτρους λειτουργίας όλων των Μετασχηματιστών.
- πρέπει να είναι διαθέσιμες συγκεντρωτικές θεάσεις για στοιχεία που βρίσκονται σε ειδική ρύθμιση ή κατάσταση λειτουργίας.
- πρέπει να είναι δυνατός ο άμεσος χειρισμός όλων των λειτουργιών ελέγχου των Μετασχηματιστών, μέσα από μία θέαση.
- πρέπει επιμέρους χαρακτηριστικά λειτουργίας (π.χ. θέση διακόπτη γραμμής, φορτίο, τρόποι συνδεσιμότητας) που συνδέονται με την εκτέλεση βασικών χειρισμών, να παρουσιάζονται κατάλληλα οργανωμένα σε επιμέρους περιοχές απεικόνισης των θεάσεων.
- πρέπει να διευκολύνεται η εφαρμογή εμπειρικών κανόνων ελέγχου (π.χ. έλεγχος ισοφόρτισης ζυγών), τόσο εντός, όσο και μεταξύ των θεάσεων που θα δημιουργηθούν.
- πρέπει πληροφορίες για το δίκτυο (π.χ. θερμοκρασία μετασχηματιστή), που είναι σημαντικές για το έργο συνεργαζόμενων πρακτόρων (διαφορετικές αίθουσες, συνεργεία), να παρουσιάζονται σε κατάλληλη μορφή και θέαση, σε καθέναν από αυτούς.

Ο τρόπος ανάπτυξης των σχεδιαστικών λύσεων βάσει των προδιαγραφών, παρουσιάζεται αναλυτικά στις ενότητες που ακολουθούν.

9.2 Οριοθέτηση Πειραματικού Πρωτοτύπου

Προκειμένου ο πρωτότυπος διαμεσολαβητής που θα δημιουργηθεί, να μπορεί να λειτουργήσει μελλοντικά ως υπόδειγμα για το διαμεσολαβητή του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας που θα ελέγχει το πραγματικό σύστημα, προσδιορίζεται αρχικά ένας πειραματικός κόσμος, που περιλαμβάνει κατ' αναλογία σημαντικές πτυχές λειτουργίας του πραγματικού συστήματος (Κεφ.6-§6.4), και περιγράφονται τα κριτήρια για την επιλογή των οργανωτικών-τεχνολογικών παραμέτρων του πραγματικού συστήματος, που λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό.

- *Κλίμακα Σχεδιασμού.*

Στις συνθήκες καύσωνα, ο αποτελεσματικός έλεγχος του δικτύου στηρίζεται κυρίως στις μεταγωγές φορτίων μέσω τηλεχειρισμών, και σε τηλεχειριζόμενες λειτουργίες ελέγχου των Μετασχηματιστών στα Κέντρα Διανομής. Για το λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμο ο πειραματικός διαμεσολαβητής που θα σχεδιασθεί, να περιλαμβάνει πέντε Κέντρα Διανομής του δικτύου, τις τηλεχειριζόμενες λειτουργίες των γραμμών-διακοπών κάθε Μετασχηματιστή στα Κέντρα Διανομής (διαχείριση διακοπών, ρύθμιση ΣΑΤΥΦ), επιλεγμένα στοιχεία (Υποσταθμούς, διακόπτες) που βρίσκονται κατανομημένα πάνω στις γραμμές του δικτύου, και τα χαρακτηριστικά/λειτουργίες των στοιχείων του δικτύου, που παίζουν ρόλο κατά τη διαχείριση τους σε κρίσιμες συνθήκες.

- *Οργανωτικές παράμετροι.*

Κατά την Εθνογραφική ανάλυση (Κεφ.7 -§7.3.3.2) και την Ανάλυση Δραστηριότητας (Κεφ.8-§8.2.4.3), διαπιστώθηκε ότι όταν το δίκτυο λειτουργεί σε απαιτητικές ή κρίσιμες συνθήκες, οι εργαζόμενοι προχωρούν σε «Αποκλίσεις» από τις συνήθεις διαδικασίες (Κεφ.7 -§7.3.5.3), προκειμένου να ενεργήσουν περισσότερο άμεσα και αποτελεσματικά. Οι «Αποκλίσεις» που διαπιστώθηκαν, αποτελούν ισχυρή ένδειξη ότι στα σημεία αυτά υπάρχει ανάγκη αναθεώρησης, τόσο των αρμοδιοτήτων επικοινωνίας (ποιος επικοινωνεί με ποιον και πότε), όσο και της υποστήριξης σε πληροφορία που λαμβάνει κάθε αίθουσα από το διαμεσολαβητή της.

Ο σχεδιασμός υλοποιείται σύμφωνα με την ισχύουσα –κατά τη διάρκεια της ανάλυσης- οργανωτική δομή και κατανομή αρμοδιοτήτων. Όμως κατά την ανάπτυξη πρωτοτύπων, διερευνούνται και εναλλακτικά σχήματα πρόσβασης σε πληροφορία, διευκολύνοντας τους χειριστές αλλά και τη διοίκηση, να διαπιστώσουν τη λειτουργικότητα και την αποτελεσματικότητά τους.

- *Τεχνολογικές παράμετροι.*

Τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες των συστημάτων που υποστηρίζουν το έργο των χειριστών, καθορίζουν σε πολλές περιπτώσεις, τις πρακτικές δράσης και συνεργασίας που υιοθετούν οι χειριστές.

Σε ό,τι αφορά το σύστημα ελέγχου, κατά την ανάλυση (Κεφ.8-§8.2.3.3) διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν διαθέσιμες δυνατότητες συλλογής δεδομένων, οι οποίες όμως μένουν ανεκμετάλλευτες, καθώς δεν υποστηρίζονται από τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή (π.χ. δεν υπάρχουν τα κατάλληλα ενδεικτικά). Ο παρών σχεδιασμός αξιοποιεί το σύνολο των δυνατοτήτων μεταφοράς πληροφορίας από το δίκτυο, που είχε το -διαθέσιμο κατά τη διάρκεια της ανάλυσης- σύστημα ελέγχου.

Σε ό,τι αφορά το διαμεσολαβητή, η μετάβαση από το παραδοσιακό περιβάλλον διάδρασης (Μιμικό Διάγραμμα τοίχου, Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Πίνακας Ελέγχου, Τράπεζα χειρισμών) στο σύγχρονο περιβάλλον (πολλαπλών οθονών-διαφορετικών μεγεθών και δυνατοτήτων διάδρασης), συνεπάγεται σημαντικές αλλαγές στον τρόπο οργάνωσης και διευθέτησης της πληροφορίας στο χώρο (Κεφ.5-§5.3). Στο παραδοσιακό σύστημα, όλη η πληροφορία βρίσκεται στην επιφάνεια των τεχνημάτων και είναι άμεσα προσβάσιμη οπτικά (Κεφ.7-§7.2.3). Στο σύγχρονο περιβάλλον, ισχύουν διαφορετικοί περιορισμοί χώρου και οργάνωσης της αναπαριστάμενης πληροφορίας (μέγεθος συμβόλων, αλφαριθμητικών χαρακτήρων, μέγεθος σχηματικών απεικονίσεων, κλπ) στις επιμέρους οθόνες απεικόνισης.

Στο διαμεσολαβητή που σχεδιάζεται, η πληροφορία για το δίκτυο αποτυπώνεται σε επιμέρους Οθόνες, που περιλαμβάνουν μόνιμα ορατές πληροφορίες, πληροφορίες οργανωμένες σε θεματικές καρτέλες, και πληροφορίες απεικονιζόμενες σε ενεργοποιούμενα-απενεργοποιούμενα παράθυρα και θεάσεις. Οι εργαζόμενοι θα διαμορφώνουν την ενεργή επιφάνεια εργασίας του διαμεσολαβητή, σύμφωνα με τις τρέχουσες ανάγκες τους, ενεργοποιώντας τις κατάλληλες Οθόνες-Παράθυρα-Θεάσεις πληροφορίας.

Το τελικό πρωτότυπο, σχεδιάζεται σύμφωνα με τους περιορισμούς που ισχύουν για οθόνες γραφείου. Η οργάνωση της πληροφορίας σε Οθόνες-Παράθυρα-Θεάσεις, διαμορφώνεται έτσι ώστε οι προτεινόμενες σχεδιαστικές λύσεις να είναι προσαρμόσιμες και περεταίρω αξιοποιήσιμες στο μελλοντικό περιβάλλον διάδρασης στην αίθουσα ελέγχου μέσης τάσης, που θα περιλαμβάνει οθόνες τοίχου και διαδραστικά τραπέζια. Σε ό,τι αφορά τις τεχνικές απεικόνισης πληροφορίας, χρησιμοποιούνται δισδιάστατα γραφικά αποτύπωσης αριθμητικών δεδομένων, σύνθετων σχέσεων μεταξύ δεδομένων, και τοπολογικής πληροφορίας. Σε ό,τι αφορά τη διάδραση με τα τηλεχειριζόμενα στοιχεία του δικτύου, υλοποιείται με στοιχεία διάδρασης (Interactors) που προσομοιώνουν την άμεση αλληλεπίδραση με το απομακρυσμένο στοιχείο (π.χ. το άνοιγμα/κλείσιμο ενός διακόπτη γίνεται με άμεσο χειρισμό πάνω στο εικονίδιο του).

Στις ενότητες που ακολουθούν, παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία σταδιακής μετάβασης από τις αρχικές σχεδιαστικές ιδέες που πηγάζουν από τα υπάρχοντα τεχνήματα, στα πρωτότυπα σε χαρτί, και μετά στα ηλεκτρονικά πρωτότυπα που οδήγησαν στη διαμόρφωση του τελικού διαμεσολαβητή.


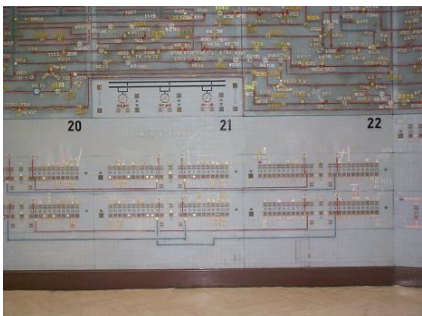
9.3 Υπάρχοντα τεχνήματα



Τα προϋπάρχοντα πρωτότυπα αποτελούν μία αφετηρία για το σχεδιασμό (Houde & Hill, 1997, Dearden et al., 2003), καθώς συνθέτουν το περιβάλλον μέσα στο οποίο έχουν «συνηθίσει» να εργάζονται οι χειριστές. Κατά την εθνογραφική ανάλυση, μελετήθηκε ο τρόπος χρήσης και η εξέλιξη των τεχνημάτων σε βάθος χρόνου, και διαπιστώθηκε ότι οι χειριστές έχουν πραγματοποιήσει παρεμβάσεις πάνω σε κάποια τεχνήματα (π.χ. «προσθήκες» και «προσαρμογές»), προκειμένου να εξυπηρετούν καλύτερα το έργο τους (Κεφ.7 -§7.3). Η μελέτη των «παρεμβάσεων» οδήγησε αφενός στον εντοπισμό ελλιπούς πληροφορίας και μη-λειτουργικών πρακτικών απεικόνισης- διάδρασης, και αφετέρου κατέδειξε συγκεκριμένες πληροφοριακές ανάγκες και τρόπους κατάλληλης απεικόνισης πληροφορίας.

Η σχεδιασμός του μελλοντικού περιβάλλοντος ελέγχου, προϋποθέτει την κατανόηση του υφιστάμενου συμβολικού συστήματος (οπτικό και εννοιολογικό περιεχόμενο), με το οποίο είναι εξοικειωμένοι οι χειριστές, καθώς και της λειτουργικότητας που παρουσιάζουν υφιστάμενες δομές απεικόνισης, χρησιμοποιούμενες μεμονωμένα και συνδυαστικά. Μέσα από αυτή τη διαδικασία μελέτης των τεχνημάτων, διαπιστώθηκαν και συνοψίζονται στην παρούσα ενότητα: α) το είδος της πληροφορίας, η κατανομή και η οργάνωση της πάνω στα υπάρχοντα τεχνήματα, καθώς και ο τρόπος συνδυαστικής χρήσης των τεχνημάτων, β) το σύστημα τυπικών και άτυπων συμβόλων που έχει καθιερωθεί να χρησιμοποιείται σε κάθε τέχνημα, για την αποτύπωση συγκεκριμένων καταστάσεων/γεγονότων.

9.3.1 Μονάδες Απεικόνισης & Διάδρασης

Στην εθνογραφική ανάλυση (Κεφ.7-§7.2.3) παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα κύρια τεχνήματα (Μιμικό Διάγραμμα, Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Πίνακας Ελέγχου) και δευτερεύοντα τεχνήματα της αίθουσας ελέγχου (εκτυπωτής αποτύπωσης συμβάντων και αλλαγών κατάστασης, συσκευές επικοινωνίας με τα συνεργεία και άλλες αίθουσες όπως ασύρματος και τηλέφωνο, καρτέλες Μετασχηματιστών, Υποσταθμών, Διακοπών, Χάρτης Γραμμών Αντιστήριξης Δικτύου ΜΤ, Έντυποι χάρτες Δικτύου ΥΤ, εφαρμογές ελέγχου Τηλεχειριζόμενων Υποσταθμών, κλπ). Τα κύρια τεχνήματα είναι οπτικά προσβάσιμα σχεδόν από κάθε σημείο της αίθουσας, ενώ η διάδραση με τα δευτερεύοντα τεχνήματα γίνεται τοπικά στο σημείο που βρίσκονται.

Κύρια τεχνήματα αίθουσας ελέγχου	Δομή/Τρόπος Απεικόνισης & Είδος ενδεικτικών/χειριστηρίων	Περιεχόμενο & Ενημερότητα Πληροφορίας
 <p data-bbox="331 1464 483 1498">Μιμικό Τοίχου</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Γεωγραφική /Τοπολογική απεικόνιση συνδεσιμότητας των στοιχείων στους ΜΣ των ΚΔ. - Κωδικοποίηση με αλφαριθμητικούς χαρακτήρες, και χρώμα-σχήμα πλαστικών συμβόλων. 	<ul style="list-style-type: none"> - Θέση, τύπος, συνδεσμολογία, σημαντικά χαρακτηριστικά κάθε στοιχείου του δικτύου. - Πληροφορία Στατική.
 <p data-bbox="245 1854 568 1888">Διάγραμμα Μετασχηματιστών</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Μονογραμμικό των τριών ΜΣ κάθε ΚΔ. - Φωτεινές λυχνίες απεικόνισης κατάστασης διακοπών & αλφαριθμητικοί χαρακτήρες και σύμβολα για δήλωση ταυτότητας /ιδιοτήτων κάθε διακόπτη ΜΣ. - Φωτεινές λυχνίες αυξομείωσης τιμής θέσης & τρόπου λειτουργίας ΣΑΤΥΦ. 	<ul style="list-style-type: none"> - Μόνιμη και τρέχουσα κατάσταση διακοπών ΜΣ – ζυγών – γραμμών. - Συνδεσιμότητα διακοπών εντός του ΜΣ, και μεταξύ των τριών ΜΣ (διασυνδετικές γραμμές). - Κατάσταση λειτουργίας ΣΑΤΥΦ. - Πληροφορία Δυναμική.

Κύρια τεχνήματα αίθουσας ελέγχου	Δομή/Τρόπος Απεικόνισης & Είδος ενδεικτικών/χειριστηρίων	Περιεχόμενο & Ενημερότητα Πληροφορίας
 <p style="text-align: center;">Πίνακας Ελέγχου</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Κυκλικά αναλογικά ενδεικτικά και ψηφιακά ενδεικτικά (ένας αισθητήρας – μία ένδειξη). -Φωτεινές λυχνίες απεικόνισης ενεργών συναγερωμών κάθε ΚΔ. 	<ul style="list-style-type: none"> - Φορτίο γραμμής. - Φορτίο και τάση ζυγών. - Φορτίο ΜΣ, και Ενεργή (MW) και Άεργο (MVar) ισχύ ΜΣ. - Τάση και θέση ΣΑΤΥΦ ΜΣ. - Συχνότητα Δικτύου. - Αριθμητικά κωδικοποιημένοι συναγερωμοί κάθε ΚΔ. - Πληροφορία Δυναμική.
 <p style="text-align: center;">Τράπεζα Χειρισμών</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Δομικό Διάγραμμα με συνδυαστικά χρησιμοποιούμενα κομβία επιλογής ΚΔ/ΜΣ/Ημιτυλιγματος/Ζυγού- Γραμμής. - Κομβία εκτέλεσης χειρισμών ή μετρήσεων. - Κομβία Διαχείρισης Συναγερωμών (Σιγή, αναγνώριση διακόπτη, αναγνώριση αλάρμ, κλπ). - Κομβία αλλαγής επαφών ΣΑΤΥΦ (αυτόματο/χειροκίνητο, αύξηση/μείωση θέσης). 	<ul style="list-style-type: none"> - Η ταυτότητα/λειτουργία κάθε κομβίου επισημαίνεται με αλφαριθμητικούς χαρακτήρες – ταμπέλες. - Διάδραση Πραγματικού χρόνου: <ul style="list-style-type: none"> α) με τεχνήματα (ενεργοποίηση ενδείξεων σε Διάγραμμα Μετασχηματιστών και Πίνακα Ελέγχου) και β) χειρισμός διακοπών και λειτουργιών των ΜΣ στα ΚΔ.

Πίνακας 9.1 Παραδοσιακά τεχνήματα – Απεικόνιση πληροφορίας και διάδραση

Οι χειριστές όταν αναζητούν κάποια πληροφορία, ανατρέχουν σε ένα τεχνήμα ή συνθέτουν πληροφορία από περισσότερα από ένα τεχνήματα (Πίνακας 9.1). Για παράδειγμα:

- Ο έλεγχος φορτίων μίας γραμμής, ενός ζυγού ή ενός ΜΣ, απαιτεί ενεργοποίηση κατάλληλου διακόπτη στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών και του σχετικού ενδεικτικού στον Πίνακα ελέγχου, μέσω της τράπεζας χειρισμών. Η σύγκριση των φορτίων σε δυο γραμμές διαφορετικών ΜΣ, απαιτεί ενεργοποίηση δύο αναλογικών κυκλικών ενδεικτικών στον Πίνακα Ελέγχου, έλεγχο κάθε τιμής αναφορικά με τη δική της κλίμακα, και νοητική σύγκριση των δύο τιμών.
- Ο έλεγχος του τρόπου ρύθμισης της τάσης κάθε Μετασχηματιστή (αυτόματα, χειροκίνητα, τοπικά), απαιτεί ενεργοποίηση των ενδεικτικών στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών και τον Πίνακα ελέγχου μέσω της τράπεζας χειρισμών, και σύνθεση της πληροφορίας νοητικά (σχέση τιμής θέσης ΣΑΤΥΦ – τάσεως εξόδου – ισχύος).
- Η αναζήτηση δυνατοτήτων μεταγωγής φορτίων από ένα ΜΣ σε έναν άλλο, ξεκινά από το Πίνακα ΜΣ και το Χάρτη Γραμμών Αντιστήριξης, ενισχύεται από συμπληρωματική πληροφορία στο αναλυτικό Μιμικό Διάγραμμα, και ολοκληρώνεται με έλεγχο των φορτίων πηγής - προορισμού στον Πίνακα ελέγχου.
- Ο έλεγχος ενός συναγερωμού που εκδηλώθηκε, απαιτεί συνδυασμό: των κωδικοποιημένων αναγγελιών συναγερωμού (Αλάρμ 1-25) που αναβοσβήνουν στον Πίνακα Ελέγχου, του ηχητικού σήματος (ήχος για πτώση διακόπτη, ήχος για λοιπούς συναγερωμούς), του οπτικού σήματος στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών (αλλαγή χρώματος λυχνίας διακόπτη, αναβόσβημα λυχνιών θέσης ΣΑΤΥΦ), και των λεπτομερών καταγραφών στο δικτυακό εκτυπωτή (συναγερωμών, αλλαγών κατάστασης, τιμών υπερφόρτισης, κλπ) που επικοινωνεί με το κεντρικό σύστημα τηλελέγχου και τηλεχειρισμών.

Τα κύρια τεχνήματα λειτουργούν όπως οι βασικές οθόνες απεικόνισης στους σύγχρονους ηλεκτρονικούς διαμεσολαβητές, ενώ τα δευτερεύοντα τεχνήματα (π.χ. Χάρτης γραμμών αντιστήριξης δικτύου ΜΤ, Καρτέλες με στοιχεία ΥΣ) λειτουργούν όπως οι επιλεγμένες θεάσεις των οθονών ή όπως τα παράθυρα με συμπληρωματική πληροφορία. Από την ανάλυση, διαπιστώθηκε ότι δεν είναι σε όλες τις περιπτώσεις εύκολη η «συνεργασία» των τεχνημάτων, καθώς η πληροφορία σε αυτά δεν αποτυπώνεται με τρόπο που να διευκολύνει τη νοητική σύνθεση της. Επίσης, πολλές πληροφορίες παρουσιάζονται σε περισσότερα από ένα τεχνήματα σε διαφορετική μορφή (Μιμικό, Πίνακας Ελέγχου, Εκτυπωτής), και διαπιστώθηκε ότι ανάλογα με το συμβάν που διαχειρίζονται οι χειριστές, προτιμούν να αντλούν την πληροφορία σε συγκεκριμένη μορφή από συγκεκριμένο τεχνήμα.

9.3.2 Συμβολικό Σύστημα & Κωδικοποίηση Ιδιοτήτων

Η γλώσσα εργασίας (Κεφ.7-§7.1.7) και το συμβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στα τεχνήματα, έχουν αναπτυχθεί από τους εργαζόμενους, και εξελίσσονται σε βάθος χρόνου μέσα από την καθημερινή χρήση τους. Οι τεχνολογικές

αλλαγές που συμβαίνουν στο σύστημα, εισάγουν επίσης νέους όρους και σύμβολα. Οι καθιερωμένες λέξεις και τα σύμβολα είναι φορείς εννοιών, και χρησιμοποιούνται από τους εργαζόμενους για να επικοινωνήσουν πληροφορία, να ανταλλάξουν γνώση, και να συντονίσουν το έργο τους στο πεδίο.

Η γλώσσα εργασίας αποτελείται από: α) επίσημους όρους, που χρησιμοποιούνται για στοιχεία, λειτουργίες, χαρακτηριστικά και δυνατότητες του δικτύου, σύμφωνα με την καθιερωμένη ορολογία που ισχύει στην επιστήμη της ηλεκτρολογίας, και β) ανεπίσημους όρους, που διαμορφώνονται συνήθως από μεταφορές εννοιών που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή γλώσσα (π.χ. η «μεταγωγή φορτίων» περιγράφεται ως «γύρισμα φορτίων από ..σε..»).

Τα συμβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στα τεχνήματα, αναπαριστά έννοιες, σχέσεις, ιδιότητες και λειτουργίες. Χρησιμοποιούνται τόσο τυποποιημένα διεθνή σύμβολα από την επιστήμη της ηλεκτρολογίας (π.χ. ένδειξη ανοιχτού διακόπτη σε μονογραμμικό διάγραμμα), όσο και σύμβολα των οποίων η κωδικοποίηση έχει αναπτυχθεί τοπικά σε επίπεδο διανομής. Τα σύμβολα χαρακτηρίζονται από το σχήμα, μέγεθος, χρώμα και την αλφαριθμητική ταυτότητα. Κάθε σύμβολο αποκτά νόημα μέσω της αντιστοίχισης του σε οντότητες και κατηγορίες.

Στο Μιμικό Διάγραμμα (Πίνακας 9.1) χρησιμοποιούνται πλαστικά σύμβολα τεσσάρων χρωμάτων (μπλε, κόκκινο, κίτρινο, λευκό), διαφόρων σχημάτων (κύκλος γεμάτος/κενός, τρίγωνο, ρόμβος), και αλφαριθμητικοί χαρακτήρες, για να προσδιοριστεί η ταυτότητα και σημαντικές ιδιότητες των απεικονιζόμενων στοιχείων. Για παράδειγμα:

- Κόκκινη γραμμή δηλώνει υπόγειο τμήμα γραμμής μέσης τάσης, ενώ μπλε δηλώνει εναέριο τμήμα.
- Κόκκινη κουκίδα δηλώνει διακόπτη κλειστό, ενώ λευκή κουκίδα ανοιχτό. Κίτρινη κουκίδα δηλώνει την ύπαρξη αναγνωριστικού διέλευσης σφάλματος.
- Η ταυτότητα ιδιοκτησίας κάθε ΥΣ προσδιορίζεται ως εξής: λευκός κύκλος δηλώνει υποσταθμό της ΔΕΗ, ενώ κίτρινος κύκλος δηλώνει υποσταθμό ΜΤ πελάτη. Η τεχνολογία κάθε υποσταθμού που καθορίζει τη συνδεσμολογία του και τον τρόπο χειρισμού του, δηλώνεται με το αρχικό γράμμα της εταιρείας κατασκευής εντός του κύκλου (π.χ. V,Σ,Τ,Α), ενώ σε ΥΣ με δύο ΜΣ ο κύκλος έχει κόκκινο γέμισμα. Περεταίρω ειδικές συνδεσμολογίες επισημαίνονται με συγκεκριμένα σύμβολα όπως κόκκινος ρόμβος, κίτρινο τρίγωνο, κλπ.
- Η ονομασία ενός υποσταθμού π.χ. «AZ 77» διαμορφώνεται από το Συνεργείο Περιοχής στο οποίο υπάγεται το στοιχείο «A -Αθηνών», από την περιοχή στην οποία βρίσκεται το στοιχείο «Z -Ζωγράφου», και από τον αριθμό εγκατάστασης του. Οι ονομασίες των στοιχείων της ΔΕΗ είναι με λευκά γράμματα, ενώ των πελατών ΜΤ με κίτρινα.
- Υποσταθμοί που ανήκουν σε «ειδικούς» πελάτες επισημαίνονται ως εξής: Διπλή Κόκκινη γραμμή δηλώνει Νοσοκομείο, Διπλή Μπλε δηλώνει Πελάτες όπως Υπουργεία, Διπλή Κίτρινη δηλώνει ΜΜΕ.

Ο συνδυασμός των παραπάνω κωδικοποιήσεων προσδιορίζει συνολικά την μοναδική ταυτότητα, τις σημαντικές ιδιότητες, και τον τρόπο λειτουργίας κάθε στοιχείου.

Στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών (Πίνακας 9.1), που έχει δομή μονογραμμικού διαγράμματος, παρουσιάζεται με αλφαριθμητικούς χαρακτήρες η ονομασία κάθε Κέντρου Διανομής (π.χ. «Ψυχικό», «Παγκράτι», κλπ) και η ονομασία κάθε διακόπτη π.χ. «11.09». Επίσης σημαντικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά των γραμμών δικτύου που τροφοδοτούνται από αυτούς τους διακόπτες, παρουσιάζονται κωδικοποιημένα με πλαστικά σύμβολα και αλφαριθμητικούς χαρακτήρες π.χ. γραμμές πυκνωτή υποδεικνύονται με λευκό σύμβολο «Π», γραμμές αντιστήριξης επισημαίνονται με λευκή κουκίδα, το Στάδιο Απόρριψης που ανήκει κάποια γραμμή, δηλώνεται με κίτρινο αριθμητικό σύμβολο «1,2,3,4..», κλπ.

Όπως προέκυψε από την εθνογραφική ανάλυση, η ανάγκη αποτύπωσης με περιεκτικό τρόπο επιπλέον πληροφοριών πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα και το Διάγραμμα Μετασχηματιστών, οδήγησε στον εμπλουτισμό και επέκταση του συστήματος απεικόνισης. Οι χειριστές χρησιμοποιώντας έγχρωμες κιμωλίες (λευκή, κίτρινη, κόκκινη) καταχωρούν σύμβολα που κωδικοποιούν συγκεκριμένη πληροφορία (Drivalou & Marmaras, 2006):

- Τα σύμβολα «+ , /» δηλώνουν αλλαγές κατάστασης διακοπών από ανοιχτό σε κλειστό και αντίστροφα.
- Το σύμβολο ¥, δηλώνει την τοποθέτηση γείωσης. Συνοδευόμενο από «Σ» σημαίνει ότι εκκρεμεί εκτέλεση σημειώματος, ενώ συνοδευόμενο από την ένδειξη «No1» σημαίνει ότι έχει απομονωθεί ο ένας από τους δύο ΜΣ ενός ΥΣ, κλπ.
- Το σύμβολο του κεραυνού δηλώνει βλάβη – χτυπημένο καλώδιο.
- Αλφαριθμητικές συντομογραφίες όπως π.χ. « ΔΧ, ΧΑ, ΚΣ, ΠΥΡΚ, ΤΡ, ΜΕΛ ΚΑΤ» συνοδευόμενες από ημερομηνία, δηλώνουν πληροφορίες όπως εκδήλωση πυρκαγιάς, κατάργηση κάποιου στοιχείου, κλπ.
- Κίτρινη κιμωλία χρησιμοποιείται για επισήμανση «ειδοποιημένων βλαβών», ενώ με κόκκινη κιμωλία μαρκάρονται πελάτες ή στοιχεία που απαιτούν προσοχή. Επίσης, διαφορετικό χρώμα κιμωλίας χρησιμοποιείται για επισήμανση ενεργειών που συνδέονται με διαφορετικά σημειώματα εργασίας.

Οι πληροφορίες με κιμωλία ξεχωρίζουν και ελκύουν οπτικά την προσοχή στα σημεία αυτά, λειτουργώντας ως υπενθυμίσεις για τους χειριστές, ενώ ταυτόχρονα εξυπηρετούν και τη μεταφορά πληροφορίας από βάρδια σε βάρδια. Οι πληροφορίες που καταχωρούνται με κιμωλία, έχουν προσωρινό χαρακτήρα και απαλείφονται εύκολα από τα τεχνήματα όταν πλέον δεν ισχύουν.

Τα τεχνήματα που υποστηρίζουν το έργο των χειριστών στην αίθουσα ελέγχου, έχουν κατασκευαστεί ανεξάρτητα, με συνέπεια να υιοθετούνται περισσότεροι από ένας τρόποι για τη δήλωση μίας έννοιας, σχέσης, ιδιότητας ή λειτουργίας. Για παράδειγμα στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, χρησιμοποιείται για τη δήλωση θέσης του διακόπτη η σύμβαση στις φωτεινές λυχνίες «κόκκινη κλειστός-πράσινη ανοιχτός». Αντίστοιχα στο Μιμικό Διάγραμμα, χρησιμοποιείται στα πλαστικά

σύμβολα η σύμβαση κουκίδα «κόκκινη κλειστός-λευκή ανοιχτός». Υπάρχουν επίσης και περιπτώσεις όπου η ίδια χρωματική κατηγοριοποίηση (π.χ. κόκκινη, μπλε γραμμή) χρησιμοποιείται στο Μιμικό Διάγραμμα για να δηλώσει ιδιότητα (εναέριο-υπόγειο τμήμα γραμμής), ενώ στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών χρησιμοποιείται για να διευκολύνει οπτικά την διάκριση των διασυνδεδετικών γραμμών που συνδέουν τους μετασχηματιστές μεταξύ τους. Η πολλαπλή κωδικοποίηση της ίδιας ιδιότητας, η μη συνεπής χρήση μίας κωδικοποίησης, καθώς και η δήλωση της ίδιας ιδιότητας ενός στοιχείου με πολλούς τρόπους ταυτόχρονα (χρώμα, σχήμα, μέγεθος και ονομασία), διαπιστώθηκε ότι αυξάνει και τον οπτικό φόρτο, και τον νοητικό φόρτο των χειριστών.

Η διερεύνηση του τρόπου που αλληλεπιδρούν τα παραδοσιακά τεχνήματα μεταξύ τους, καθώς και η μελέτη του τυπικού και του άτυπου συμβολικού συστήματος που χρησιμοποιούν οι χειριστές, βοήθησε στον εντοπισμό στοιχείων του υπάρχοντος συστήματος απεικόνισης που είναι απαραίτητο να αναθεωρηθούν, και άλλων που είναι σκόπιμο να αξιοποιηθούν κατάλληλα (π.χ. παρεμβάσεις των χειριστών) ή να κληρονομηθούν αυτούσια (π.χ. αποτελεσματικές δομές απεικόνισης και συμβολικής κωδικοποίησης πληροφορίας) στο μελλοντικό σύστημα.

9.4 Πρωτότυπα σε χαρτί

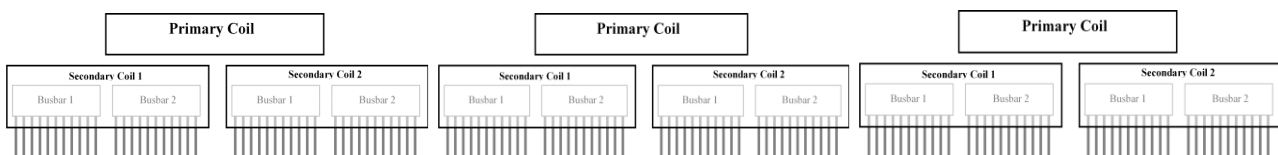
Ο σχεδιασμός σε χαρτί επιτρέπει την άμεση αποτύπωση και διαχείριση σχεδιαστικών ιδεών, καθώς μπορεί κανείς εύκολα να τις ανασχεδιάσει ή να τις αναδιατάξει. Η ευκολία και η ταχύτητα με την οποία γίνεται η ανάπτυξη πρωτοτύπων σε χαρτί, διευκολύνει την δημιουργία και παρουσίαση πολλών εναλλακτικών σχεδιαστικών ιδεών για το ίδιο περιεχόμενο. Η σχεδίαση σε χαρτί, προτιμάται ιδιαίτερα κατά τα πρώτα στάδια του συμμετοχικού σχεδιασμού, λόγω της ευκολίας που παρέχει στους χρήστες, να σχεδιάσουν οι ίδιοι πάνω στις απεικονίσεις τις τροποποιήσεις που προτείνουν (Thomas & Kellogg, 1989, Ehn & Kyng, 1991, Muller, 1993, Norman, 1993, Rettig, 1994, Preece et al., 2002).

Τα πρωτότυπα σε χαρτί αποτελούν «χαμηλής πιστότητας πρωτότυπα» και περιλαμβάνουν την απολύτως απαραίτητη πληροφορία που απαιτείται, προκειμένου να εξυπηρετήσουν το στόχο ή τη σχεδιαστική ιδέα που θέλουν να μεταδώσουν. Έτσι, χειριστές και σχεδιαστές εστιάζουν στη σχεδιαστική ιδέα αυτή κάθε αυτή, ανεξάρτητα από το τεχνολογικό περιβάλλον υλοποίησης της (παραδοσιακός ή σύγχρονος διαμεσολαβητής), και με τον τρόπο αυτό μπορούν να ελεγχθούν καλύτερα θεμελιώδεις δομές και μορφές απεικόνισης που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Από την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (Κεφ.8-§8.2.2.2 & 8.2.2.3), διαπιστώθηκε ότι η μεταγωγή φορτίων από ένα ΜΣ σε ένα άλλο, αποτελεί βασική δραστηριότητα που συναντάται στην εξέλιξη πολλών περιστατικών, ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου. Προκειμένου να μεταγει κανείς φορτία ενός ΜΣ σε άλλο ΜΣ, του ίδιου ή διαφορετικού ΚΔ, θα πρέπει να γνωρίζει: α) ποιες δυνατότητες μεταγωγής υπάρχουν βάσει της φυσικής συνδεσιμότητας στοιχείων που υποστηρίζει το δίκτυο, και β) ποια η τρέχουσα κατάσταση των ΜΣ που θα δεχτούν τα φορτία.

Οι χειριστές πρέπει να εντοπίζουν εύκολα και άμεσα τις διαθέσιμες δυνατότητες μεταγωγής φορτίων, και να ελέγχουν την δυνατότητα αξιοποίησης τους, στο τρέχον πλαίσιο λειτουργίας του δικτύου. Για το λόγο αυτό, υπάρχει ανάγκη για μία «εστιασμένη θέαση» των δυνατοτήτων-περιορισμών συνδεσιμότητας κάθε ΜΣ (π.χ. διασυνδεδετικές, γραμμές αντιστήριξης, τομές, κλπ), καθώς και για μία «συνοπτική θέαση» της τρέχουσας κατάστασης των ΜΣ στα διάφορα ΚΔ (π.χ. επίπεδο φόρτισης, θερμοκρασία). Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται το πώς αναπτύχθηκαν πρωτόλειες σχεδιαστικές ιδέες, που ικανοποιούν τις απαιτήσεις αυτές.

9.4.1 Χρωματική ταυτότητα



Εικόνα 9.1 Τρεις Μετασχηματιστές σε κάθε Κέντρο Διανομής

Στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών (Πίνακας 9.1) αποτυπώνονται τα 10 Κέντρα Διανομής (ΚΔ), σε καθένα από τα οποία είναι εγκατεστημένοι τρεις ΜΣ (ΜΣ1, ΜΣ2, ΜΣ3). Κάθε ΜΣ (Εικόνα 9.1), έχει ένα πρωτεύον (primary coil) και δύο δευτερεύοντα ημιτύλιγμα (secondary coil 1&2), καθένα από τα οποία έχει δυο τμήματα ζυγών (busbar 1&2). Κάθε ημιτύλιγμα (HM1, HM2), έχει ένα τμήμα ζυγών με μονούς διακόπτες (Δ1 έως Δ21), και ένα με ζυγούς (Δ2 έως Δ22). Οι γραμμές που τροφοδοτούνται από τους διακόπτες, αναφέρονται ως «γραμμή 11.09 Ψυχικού», δηλαδή γραμμή που τροφοδοτείται από το ΚΔ Ψυχικού, το ΜΣ1, το ημιτύλιγμα 1, από το ζυγό που βρίσκεται ο διακόπτης 9. Αυτή η αλφαριθμητική ταυτότητα των στοιχείων χρησιμοποιείται τόσο στην απεικόνιση των γραμμών στο Μιμικό Διάγραμμα

Τοίχου (Πίνακας 9.1), όσο και στα άλλα μέσα (τράπεζα χειρισμών, πίνακας ελέγχου, εκτυπωτής), όταν γίνεται αναφορά, μέτρηση ή χειρισμός σε αυτά.

Κατά την εθνογραφική ανάλυση, όπου μελετήθηκε ο τρόπος αναζήτησης-εντοπισμού πληροφορίας στα υπάρχοντα τεχνήματα, διαπιστώθηκε ότι (πέραν του Διαγράμματος Μετασχηματιστών, όπου τα στοιχεία κάθε ΚΔ είναι ομαδοποιημένα) η αλφαριθμητική ταυτότητα διακοπών/γραμμών δεν διευκολύνει νοητικά: α) τη μεταξύ τους διάκριση, β) την άμεση ταυτοποίηση πληροφορίας που συνδέεται με καθένα από αυτά, γ) τη συσχέτιση στοιχείων/γραμμών με κοινά χαρακτηριστικά όπως π.χ. κοινό ΚΔ τροφοδοσίας. Μάλιστα διαπιστώθηκε ότι το πρόβλημα αυτό, ήταν ιδιαίτερα έντονο κατά την αναζήτηση πληροφορίας στο πυκνό Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου.

Ο συνδυασμός χωρικής (χρώμα, σχήμα, μέγεθος, υφή, προσανατολισμός) και αλφαριθμητικής κωδικοποίησης, δημιουργεί μία μοναδική ταυτότητα για κάθε απεικονιζόμενο στοιχείο. Οι Wickens & Hollands (2000) αναφέρουν ότι η ερμηνεία χρωματικά κωδικοποιημένης πληροφορίας, συμβαίνει πολύ πιο γρήγορα σε σύγκριση με την αριθμητική επεξεργασία. Όταν το χρώμα ενός στόχου είναι μοναδικό και γνωστό στον παρατηρητή εξ' αρχής, τότε είναι πιο εύκολη η αναζήτηση και ο εντοπισμός του, καθώς το χρώμα αποτελεί το πιο ισχυρό χωρικό χαρακτηριστικό ταυτοποίησης ενός στοιχείου (Christ, 1975). Επιπλέον, οι άνθρωποι είναι δεκτικοί σε ομαδοποιήσεις και μοτίβα που δημιουργούνται με τη βοήθεια των χρωμάτων (Sun & Overbye, 2004, Ware, 2004).



Εικόνα 9.2 Χρωματική κωδικοποίηση Κέντρων Διανομής

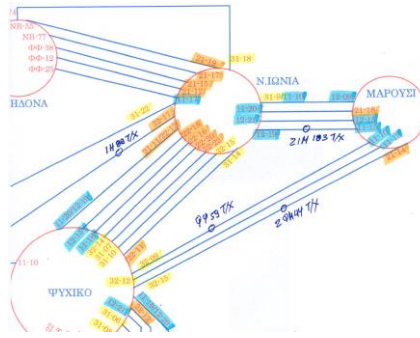
Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, κρίθηκε σκόπιμη η απόδοση συγκεκριμένης χρωματικής ταυτότητας σε κάθε ΚΔ, όπως «ΚΔ Ψυχικό» μπλε, «ΚΔ Παγκράτι» ροδί, «ΚΔ Ελευθερία» πορτοκαλί, «ΚΔ Αριστείδου» μωβ, «ΚΔ Ν Σμύρνη» πράσινο (Εικόνα 9.2).

Η χρωματική ταυτότητα κάθε ΚΔ, θα συνοδεύει σε όλες τις απεικονίσεις, κάθε στοιχείο του δικτύου ή ένδειξη που συνδέεται φυσικά, λειτουργικά, και τοπολογικά με το ΚΔ. Ένα γραφικό στοιχείο «μπλε χρώματος με την ένδειξη 12.15», αναφέρεται στο «ΚΔ Ψυχικού/ΜΣ1/ΗΜ 2/Γραμμή 15», ενώ ένα γραφικό στοιχείο «πράσινου χρώματος με την ένδειξη 12.15» αναφέρεται στην αντίστοιχη γραμμή του «ΚΔ Ν. Σμύρνης». Με τον τρόπο αυτό, για κάθε διακόπτη ή γραμμή του δικτύου δημιουργείται μία αντιληπτικά άμεσα αναγνωρίσιμη μοναδική ταυτότητα, που συνδυάζει την χρωματική και αλφαριθμητική κωδικοποίηση. Ο τρόπος που βρίσκει εφαρμογή η χρωματική κωδικοποίηση των ΚΔ στις αναπτυσσόμενες απεικονίσεις, παρουσιάζεται στις αμέσως επόμενες ενότητες.

9.4.2 Εστιασμένη Θέαση Γραμμών–Σημείες Συνδεσιμότητας

Το φωτεινό Διάγραμμα Μετασχηματιστών της αίθουσας ελέγχου (Πίνακας 9.1), είχε δημιουργηθεί αρχικά για να απεικονίζει με ένδειξη φωτεινής λυχνίας την μόνιμη και τρέχουσα κατάσταση των διακοπών των ΜΣ, οι οποίες μπορεί να είναι ίδιες ή διαφορετικές σε περίπτωση που έχει ενεργοποιηθεί κάποιος συναγερμός ασφαλείας.

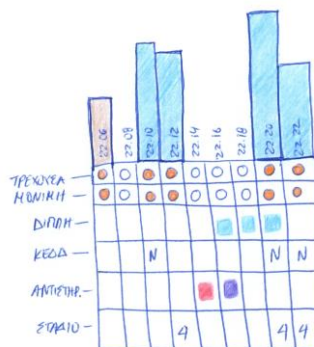
Οι χειριστές προκειμένου να ενισχύσουν την πληροφοριακή ισχύ του Διαγράμματος Μετασχηματιστών, είχαν προσθέσει επιλεγμένη πληροφορία με πλαστικά σύμβολα (Κεφ.7-§7.3.5.2), για να δηλώσουν: α) διάφορες ιδιότητες (π.χ. γραμμή πυκνωτών, γραμμή που ανήκει σε στάδιο απόρριψης, κοινές γραμμές με άλλα ΚΕΔΔ) και β) επιλεγμένες δυνατότητες εναλλακτικής συνδεσιμότητας των γραμμών εντός/μεταξύ των ΚΔ (διπλές γραμμές, γραμμές αντιστήριξης).



Εικόνα 9.3 Χάρτης Γραμμών Αντιστήριξης

Ο εντοπισμός των δυνατών τρόπων μεταγωγής φορτίων, ξεκινάει πάντα από πληροφορία που υπάρχει στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών. Για αναλυτική πληροφορία για γραμμές αντιστήριξης και άλλες δυνατότητες συνδεσιμότητας που παρέχονται από στοιχεία πάνω στις γραμμές (π.χ. τομές, ΤΧ ΥΣ), οι χειριστές ανέτρεχαν στο Μιμικό Διάγραμμα. Στην Εθνογραφική ανάλυση, είδαμε ότι οι χειριστές είχαν δημιουργήσει τον έντυπο Χάρτη Γραμμών Αντιστήριξης (Εικόνα 9.3), που απεικόνιζε όλες τις γραμμές αντιστήριξης μεταξύ των ΜΣ διαφορετικών ΚΔ και τους ΤΧ ΥΣ που υπήρχαν πάνω στις γραμμές, παρουσιάζοντας συγκεντρωτικά όλες τις δυνατότητες άμεσης μεταγωγής φορτίων, με χειρισμούς μέσα από την αίθουσα ελέγχου. Για να επιλέξουν το ιδανικότερο από τα διαθέσιμα σενάρια μεταγωγής φορτίου, οι χειριστές ελέγχουν τα φορτία των εμπλεκόμενων στη μεταγωγή στοιχείων (Γραμμών-ζυγών-ΜΣ), ενεργοποιώντας μέσω της κονσόλας χειρισμών, τα αντίστοιχα ενδεικτικά φορτίου πάνω στον Πίνακα Ελέγχου.

Οι πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την εκτέλεση μεταγωγής φορτίων, βρίσκονται κατανεμημένες σε τέσσερα επιμέρους τεχνήματα (Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Μιμικό Διάγραμμα, Χάρτης Γραμμών Αντιστήριξης, Πίνακας Ελέγχου), και πρέπει να συνδυαστούν οπτικά και νοητικά από τους χειριστές, για να εκτελέσουν τις απαιτούμενες ενέργειες.



Εικόνα 9.4 Εστιασμένη Θέση Διακοπών – Γραμμών

Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις σχεδιασμού (Κεφ.8-§8.2.2.2 & 8.2.2.3), και με αφετηρία το περιεχόμενο και τη δομή του Διαγράμματος Μετασχηματιστών, σχεδιάστηκε μία νέα απεικόνιση, που ενοποιεί την πληροφορία του μαζί με επιλεγμένες πληροφορίες διαθέσιμες στον Πίνακα Ελέγχου (φορτία) και το Χάρτη Γραμμών Αντιστήριξης (δυνατότητες συνδεσιμότητας). Η ενοποιημένη απεικόνιση περιλαμβάνει πληροφορία για (Εικόνα 9.4):

α) το φορτίο κάθε γραμμής, σε μορφή ράβδου. Στις τυπικές γραμμές φορτίου, το χρώμα των ράβδων είναι αντίστοιχο της χρωματικής ταυτότητας που είχε αποδοθεί στο ΚΔ που ανήκει ο ΜΣ (Εικόνα 9.2). Οι γραμμές πυκνωτών (στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών υποδεικνύονταν με το λευκό σύμβολο «Π») αποτυπώνονται με το ίδιο μεπζ χρώμα σε όλα τα ΚΔ, για να διακρίνονται (πχ. 22.06). Στη βάση κάθε ράβδου, υπάρχει η αλφαριθμητική ονομασία του διακόπτη.

β) την τρέχουσα και μόνιμη κατάσταση των διακοπών ΜΣ. Από τους δύο τρόπους που δηλώνεται η θέση του διακόπτη «ανοιχτός/κλειστός» (§9.3.2), δηλαδή στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών (πράσινη/κόκκινη φωτεινή ένδειξη) και στο Μιμικό Διάγραμμα (λευκή/κόκκινη κουκίδα), επελέγη ο δεύτερος, καθώς το λευκό αποδίδει εννοιολογικά την έννοια του κενού, μη-αγώγιμου για τη θέση «διακόπτης ανοιχτός».

Το δίπτυχο πράσινο/κόκκινο -σύμφωνα με τις πολιτισμικά καθιερωμένες συμβάσεις- αποδίδει συνήθως την εντός/εκτός ορίων λειτουργία, και θα χρησιμοποιηθεί μεταγενέστερα στο σχεδιασμό για να αποδώσει καταστάσεις λειτουργίας στοιχείων του δικτύου. Για το λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμο να μην χρησιμοποιηθεί και σε κάποιο άλλο συμβολισμό, για να μην δημιουργηθεί σύγχυση.

γ) τα βασικά χαρακτηριστικά λειτουργίας και οι ιδιότητες κάθε διακόπτη-γραμμής. Για την απεικόνιση τους χρησιμοποιούνται «Σημείες», με σχηματικά, αλφαριθμητικά και χρωματικά κωδικοποιημένη πληροφορία. Οι πληροφορίες αυτές παρουσιάζονται σε μορφή Πίνακα, σε κάθε σειρά του οποίου αποτυπώνεται ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ή δυνατότητα. Έτσι, στο σχέδιο που δημιουργήθηκε, παρουσιάζονται (Εικόνα 9.4) στην 2^η σειρά οι συνδιαχειριζόμενες γραμμές με άλλο ΚΕΔΔ (σύμβολο «N» για Ν. Ιωνία και «Π» για Παλλήνη), και στην 4^η οι γραμμές που ανήκουν σε συγκεκριμένο Στάδιο Απόρριψης (π.χ. «4» για το Στάδιο 4).

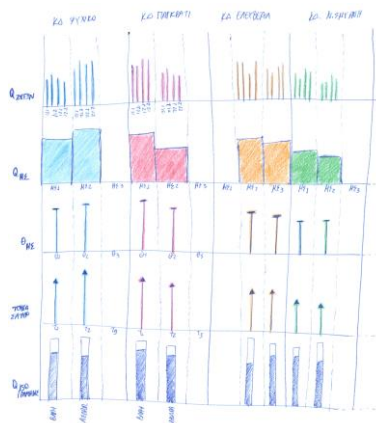
Ειδικότερα, δημιουργήθηκαν «Σημείες Συνδεσιμότητας» που υποδεικνύουν βάσει της χρωματικής κωδικοποίησης των ΚΔ (Εικόνα 9.2), τη δυνατότητα εναλλακτικής ηλεκτροδότησης ολόκληρης της γραμμής ή τμήματος αυτής (Εικόνα 9.4). Η «Σημεία Συνδεσιμότητας» έχει το ίδιο χρώμα με τις ράβδους των γραμμών (1^η σειρά, μπλε σύμβολο), όταν πρόκειται για διπλή γραμμή που μπορεί να τροφοδοτηθεί και από άλλο διακόπτη του ίδιου ΚΔ. Η «Σημεία Συνδεσιμότητας» έχει τα χρώματα που αντιστοιχούν στα διάφορα ΚΔ (3^η σειρά, πορτοκαλί σύμβολο), όταν πρόκειται για γραμμή Αντιστήριξης με άλλο ΚΔ, ή για γραμμή που τέμνεται με γραμμή άλλου ΚΔ σε κάποιο σημείο (τομή, ζεύξη, ΤΧ ΥΣ), και μπορεί έτσι να τροφοδοτηθεί τμήμα της από άλλο ΚΔ.

Στην απεικόνιση που σχεδιάστηκε, μέσω των έγχρωμων «Σημειών Συνδεσιμότητας» επιτυγχάνεται η συγκεντρωτική αποτύπωση τοπολογικής πληροφορίας, που υπάρχει κατανεμημένη στο Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου και στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών. Η μορφοποίηση αυτή επελέγη, καθώς πειράματα έχουν δείξει ότι η τοπολογική συνάφεια κάποιων στοιχείων είναι πιο άμεσα αναγνωρίσιμη, εάν η χρωματική κωδικοποίηση χρησιμοποιείται για να σηματοδοτήσει την τοπολογική σχέση (Krost & Linders, 2001).

Η ανάγκη για την συγκεντρωτική αποτύπωση των δυνατοτήτων εναλλακτικής τροφοδότησης των γραμμών κάθε ΜΣ, είχε αποτυπωθεί μέσα από τον έντυπο Χάρτη Γραμμών Αντιστήριξης, που είχαν κατασκευάσει μηχανικοί & χειριστές, και ο οποίος αποτελούσε μία φιλτραρισμένη θέαση του Μιμικού Διαγράμματος, που περιείχε μόνο τις γραμμές αντιστήριξης μεταξύ των ΚΔ. Μάλιστα, πάνω στο χάρτη οι χειριστές είχαν χρησιμοποιήσει κίτρινου, μπλε, και πορτοκαλί χρώματος μαρκάδωρο, για να μαρκάρουν αντίστοιχα τους διακόπτες των ΜΣ1, ΜΣ2 και ΜΣ3 κάθε ΚΔ, και να είναι πιο άμεσος ο εντοπισμός των γραμμών αντιστήριξης κάθε ΜΣ (Εικόνα 9.3). Η λειτουργικότητα της χρωματικής κωδικοποίησης ήταν οικεία στους χειριστές και μηχανικούς, και η προτεινόμενη χρωματική κωδικοποίηση των ΚΔ του δικτύου, καθώς και η αξιοποίηση της στις Σημείες Συνδεσιμότητας, αξιολογήθηκε θετικά.

9.4.3 Συνοπτική Θέαση Μετασχηματιστών

Κατά την ανάλυση αντιπροσωπευτικών περιστατικών κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας του δικτύου (Κεφ.8-§8.2.2.2, 8.2.2.3, 8.2.4.4), διαπιστώθηκε ότι σε αυτές τις περιπτώσεις οι χειριστές για να εκτιμήσουν τη γενική κατάσταση και την ελεύθερη δυναμικότητα του δικτύου, ήλεγχαν τα φορτία κάθε ΜΣ από συγκεντρωτικές εκτυπώσεις αναφοράς κατάστασης του δικτύου, και παρακολουθούσαν τα φορτία ζυγών και τη ρύθμιση του ΣΑΤΥΦ κάθε ΜΣ στον Πίνακα ελέγχου. Επίσης, εναρμονίζονταν με οδηγίες και περιορισμούς που λάμβαναν προφορικά από την αίθουσα ΥΤ για τη θερμοκρασία κάθε ΜΣ, και τα φορτία των γραμμών ΥΤ που τροφοδοτούσαν κάθε ΜΣ.



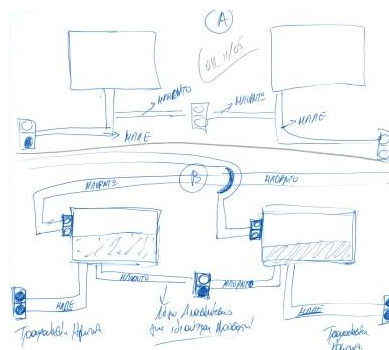
Εικόνα 9.5 Συνοπτική Απεικόνιση παραμέτρων των 3 ΜΣ σε κάθε ΚΔ

Προκειμένου να συγκεντρωθούν όλες αυτές οι παράμετροι σε μία θέαση, δημιουργήθηκε μία πρωτόλεια συνοπτική απεικόνιση, που αποτύπωνε την τρέχουσα τιμή: του φορτίου ζυγών κάθε ΜΣ, του φορτίου κάθε ΜΣ συνολικά, της θερμοκρασίας τυλίγματος κάθε ΜΣ, της ρύθμισης θέσης ΣΑΤΥΦ κάθε ΜΣ, και τη σχέση φορτίου/δυναμικότητας της γραμμής ΥΤ που τροφοδοτεί κάθε ΜΣ (Εικόνα 9.5). Οι παράμετροι λειτουργίας των ΜΣ κάθε ΚΔ, αποτυπώθηκαν σύμφωνα με τη χρωματική ταυτότητα που είχε αποδοθεί στο ΚΔ αυτό. Για τις τροφοδοτικές γραμμές ΥΤ των ΜΣ, χρησιμοποιήθηκε ουδέτερο χρώμα για όλες.

Μία γραμμή ΥΤ τροφοδοτεί περισσότερους από έναν ΜΣ του δικτύου, όπως προκύπτει από τον Έντυπο Χάρτη Δικτύου ΥΤ, που χρησιμοποιούν οι χειριστές. Η χρωματική κωδικοποίηση των γραμμών ΥΤ, και αντίστοιχα των ράβδων φορτίου/δυναμικότητας στην Εικόνα 9.5, θα βοηθούσε στον άμεσο εντοπισμό όλων των ΜΣ που τροφοδοτούνται από την ίδια γραμμή ΥΤ, και πρέπει να συμμορφωθούν με συγκεκριμένο περιορισμό. Η πιθανή υλοποίηση της λύσης αυτής, αφέθηκε για επόμενο στάδιο του σχεδιασμού.

Η συγκεντρωτική απεικόνιση πληροφορίας για όλους τους ΜΣ, κρίθηκε θετικά από τους χειριστές, εξέφρασαν όμως επιφυλάξεις για την άμεση πρόσβαση σε πληροφορία για τη Θερμοκρασία ΜΣ και τη δυναμικότητα των γραμμών ΥΤ, καθώς θεωρούσαν ότι έτσι μεταφέρεται σε αυτούς η ευθύνη εποπτείας των παραμέτρων αυτών- που τώρα ανήκει στην αίθουσα ΥΤ, η οποία τους ενημερώνει μόνο όταν οι παράμετροι αυτές πάρουν κρίσιμη τιμή.

Η Εστιασμένη Θέαση Γραμμών και η Συνοπτική Θέαση ΜΣ, παρουσιάστηκαν στους χειριστές και μηχανικούς προκειμένου να υπάρξει ανάδραση: α) για το σκελετό των βασικών δομών απεικόνισης, που στοχεύουν να υποστηρίξουν τη διαχείριση του δικτύου σε κρίσιμες συνθήκες, και β) για την κεντρική σχεδιαστική ιδέα της χρωματικής κωδικοποίησης των ΚΔ, και τον τρόπο χρήσης της σε διαφορετικές μορφοποιήσεις πληροφορίας (ποσοτική ράβδος, σημαίες συνδεσιμότητας, κλπ). Λεπτομέρειες του τρόπου υλοποίησης των σχεδιαστικών ιδεών αυτών, διερευνούνται στο επόμενο στάδιο του σχεδιασμού ηλεκτρονικών πρωτότυπων.



Εικόνα 9.6 Μεταγενέστερα πρωτότυπα σε χαρτί

Σκίτσα σε χαρτί (Εικόνα 9.6) χρησιμοποιήθηκαν και σε επόμενα στάδια του σχεδιασμού, καθώς αναπτύσσονταν τα ηλεκτρονικά πρωτότυπα. Στα σκίτσα αυτά, αποτυπώνονταν εύκολα και άμεσα, νέες ή αναθεωρημένες σχεδιαστικές ιδέες που έπρεπε να συζητηθούν με τους χειριστές, πριν περάσουν σε ηλεκτρονική μορφή.

Ανατρέχοντας σε σκίτσα που δημιουργήθηκαν στα επιμέρους στάδια του κύκλου σχεδιασμού, και μελετώντας τα σε συνάρτηση με άλλα που προηγήθηκαν, επακολούθησαν ή αναπτύχθηκαν παράλληλα, εντοπίστηκαν αναξιοποίητες σχεδιαστικές ιδέες, που αποτέλεσαν λύση σε ζητήματα του σχεδιασμού που προέκυψαν μεταγενέστερα.

9.5 Ηλεκτρονικά πρωτότυπα

Η δημιουργία ενός αναλυτικού ηλεκτρονικού πρωτότυπου βάσει των απαιτήσεων και προδιαγραφών που προέκυψαν από τα επιμέρους στάδια της ανάλυσης, επιτρέπει στους χρήστες και τους σχεδιαστές, να αλληλεπιδράσουν με τις προδιαγραφές αυτές σε ένα περιβάλλον που προσεγγίζει το πραγματικό. Καθώς τα ηλεκτρονικά πρωτότυπα υλοποιούνται σε σύγχρονες τεχνολογίες, επιτρέπουν στους σχεδιαστές και στους χρήστες να πειραματιστούν με διάφορες εναλλακτικές των μελλοντικών δυνατοτήτων, και να διαχειριστούν εξειδικευμένες παραμέτρους υλοποίησης των σχεδιαστικών λύσεων.

Τα υψηλής τεχνολογίας πρωτότυπα προσφέρουν καλύτερη προσαρμογή του σχεδιασμού, στις δυνατότητες και τους πρακτικούς περιορισμούς που τίθενται από την τεχνολογία των λογισμικών υλοποίησης. Ο σχεδιασμός σε ηλεκτρονικά μέσα, περιορίζεται επίσης και από το φυσικό μέγεθος/επιφάνεια της οθόνης που θα αποτελέσει και το τελικό περιβάλλον προβολής των σχεδίων. Έτσι, τα ηλεκτρονικά μέσα παρέχουν καλύτερη θεμελίωση του σχεδιασμού, στο πλαίσιο που δημιουργούν οι πρακτικές εργασίες των τελικών χρηστών σε ένα σύγχρονο περιβάλλον ελέγχου.

Μέσα από την ανάλυση είχε προσδιοριστεί η ανάγκη για τη δημιουργία ενός ηλεκτρονικού περιβάλλοντος διαχείρισης του δικτύου, που θα αποτελείται από τέσσερις οθόνες: Δυναμικό Μιμικό Διάγραμμα, Οθόνη Αναγγελιών, Οθόνη Εποπτείας, Οθόνη Ελέγχου.

Για την ανάπτυξη των τριών οθονών (Αναγγελιών, Εποπτείας, Ελέγχου), αναζητήθηκε εφαρμογή που υποστηρίζει το γραφικό σχεδιασμό και τον έλεγχο μέσω κώδικα, σχεδιαστικών αντικειμένων με τα οποία ο τελικός χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει δυναμικά. Επελέγη το λογισμικό Macromedia Flash Professional λόγω των πλούσιων βιβλιοθηκών γραφικών στοιχείων που διέθετε (π.χ. Accordion Component), της δυνατότητας διαχείρισης των σχεδιαστικών στοιχείων σε επάλληλα επίπεδα (layers) και σε χρονοσειρές (timelines), του κώδικα που υποστήριζε (flash-script), και της δυνατότητας άμεσου ελέγχου της λειτουργικότητας του προϊόντος μέσα στο περιβάλλον σχεδίασης (debugging).

Για το σχεδιασμό του Δυναμικού Μιμικού Διαγράμματος, αναζητήθηκε αρχικά κατάλληλη εφαρμογή Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS), καθώς οι εφαρμογές αυτές υποστηρίζουν σχεδιαστικά την τοπολογική αποτύπωση των στοιχείων του δικτύου και παραμέτρων λειτουργίας αυτού. Η τοπολογική απεικόνιση πληροφορίας με σύγχρονες τεχνικές γραφικών για δίκτυα παραγωγής-μεταφοράς, έχει εξελιχθεί περισσότερο από κάθε άλλο τρόπο απεικόνισης πληροφορίας για τα δίκτυα (Κεφ.5-§5.5). Όμως Δίκτυα Διανομής μέσης τάσης όπως αυτό της Αττικής, που είναι πάρα πολύ πυκνά, με πολλές γραμμές (με εναέρια και υπόγεια τμήματα) και μεγάλο πλήθος στοιχείων (διακοπών, αποζευκτών, ΥΣ, κλπ), θέτουν διαφορετικές απαιτήσεις σε ό,τι αφορά την αποτελεσματική τοπολογική αποτύπωση πληροφορίας. Για το λόγο αυτό, κρίθηκε τελικά σκόπιμο να αναπτυχθούν σε περιβάλλον Macromedia Flash, υποδείγματα των βασικών σχεδιαστικών ιδεών τοπολογικής απεικόνισης πληροφορίας, που είναι κατάλληλες για τα δίκτυα μέσης τάσης. Οι ιδέες αυτές, μπορούν μεταγενέστερα να αναπτυχθούν περαιτέρω σε περιβάλλον GIS, αξιοποιώντας τις δυνατότητες της σύγχρονης τεχνολογίας γραφικών που παρουσιάστηκαν στην Κεφ.5-§5.5.3, και να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά τους σε ρεαλιστικές συνθήκες απεικόνισης ενός «πυκνού» δικτύου.

Στις ενότητες που ακολουθούν, παρουσιάζεται για κάθε οθόνη πώς επελέγη το περιεχόμενο της, ο τρόπος οργάνωσης και μορφοποίησης της πληροφορίας σε αυτή, καθώς και τα επιμέρους στάδια ανασχεδιασμού που πέρασαν τα ηλεκτρονικά πρωτότυπα, μέσα από τη συνεργατική διαδικασία σχεδιασμού με τους χειριστές και μηχανικούς.

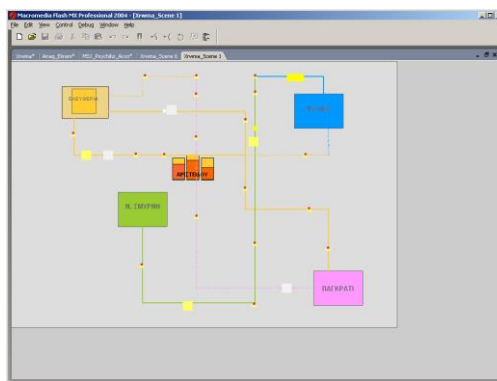
Οι ηλεκτρονικές οθόνες, αναπτύχθηκαν έτσι ώστε να λειτουργούν τόσο αυτόνομα, όσο και συνεργατικά. Κάθε οθόνη περιλαμβάνει πληροφορία σε διαφορετική μορφή και επίπεδα λεπτομέρειας, με τρόπο όμως που να δημιουργεί στο χρήστη μία ενιαία αντίληψη για το σύστημα, καθώς οι απεικονίσεις παρουσιάζουν χωρική και χρονική συνέχεια, και υποστηρίζουν την ενοποίηση και τον διαχωρισμό των πληροφοριών από πλευράς χειριστή.

9.6 Μιμικό Διάγραμμα

Ένα από τα πλεονεκτήματα των Μιμικών Διαγραμμάτων, αποτελεί ο απεικονιστικός ρεαλισμός που παρουσιάζουν (Κεφ.5-§5.5.3). Στα ηλεκτρικά δίκτυα, τα Μιμικά διαγράμματα απεικονίζουν την θέση κάθε στοιχείου στο φυσικό κόσμο, αποτυπώνοντας την τοπολογία του δικτύου. Το Μιμικό διάγραμμα παρουσιάζει χαμηλού επιπέδου πληροφορία από το Μοντέλο Ιεραρχικής Αφαίρεσης – Διάσπασης (Κεφ.8-§8.1.2.5, Πίνακας 8.II), που μπορεί να οδηγήσει σε ερμηνεία της λειτουργίας του δικτύου, βάσει των αρχών και προτεραιοτήτων που παρουσιάζονται στα ανώτερα επίπεδα του Μοντέλου.

Το υπάρχον Μιμικό Διάγραμμα τοίχου στην αίθουσα ελέγχου (Πίνακας 9.1), παρουσιάζει τη θέση, τη γραμμή τροφοδοσίας και τα χαρακτηριστικά των στοιχείων του δικτύου, μέσα από χρωματικά και σχηματικά κωδικοποιημένα σύμβολα (§9.3.2). Οι πληροφορίες αυτές, βοηθούν τους χειριστές να προσαρμόσουν τον τρόπο διαχείρισης των στοιχείων στα χαρακτηριστικά τους (π.χ. εναέριος – επίγειος Υποσταθμός, τύπος διακόπτη, τεχνολογία, κλπ), ενώ τους βοηθά και στην εξαγωγή διαγνωστικών συμπερασμάτων.

Τα εναέρια και υπόγεια τμήματα κάθε γραμμής είναι χρωματικά κωδικοποιημένα (μπλε - κόκκινο), και δημιουργούν μία χρωματική ομοιομορφία, η οποία σε συνδυασμό με τη μεγάλη πυκνότητα απεικονιζόμενων στοιχείων, καθιστά δύσκολο το να διατρέξει κάποιος οπτικά την όδευση μίας γραμμής πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα. Η ονομασία των διακοπών τροφοδοσίας, αποτυπώνεται μόνο στην αφετηρία των γραμμών στα Κέντρα Διανομής (ΚΔ). Καθώς το Μιμικό Διάγραμμα είναι στατικό, η τρέχουσα πηγή τροφοδοσίας μίας γραμμής ή τμήματος αυτής, μπορεί να εντοπιστεί μόνο με τη βοήθεια του φωτεινού Διαγράμματος Μετασχηματιστών (Πίνακας 9.1).



Εικόνα 9.7 Μιμικό Διάγραμμα: υπόδειγμα σχεδιαστικών λύσεων

Βάσει των απαιτήσεων της ανάλυσης, αναπτύχθηκε υπόδειγμα των θεμελιωδών σχεδιαστικών ιδεών, γύρω από τις οποίες μπορεί να αναπτυχθεί μελλοντικά πλήρους κλίμακας Μιμικό Διάγραμμα. Οι προτεινόμενες τεχνικές σχηματικής-χρωματικής απεικόνισης πληροφορίας στο Μιμικό είναι οι ακόλουθες (Εικόνα 9.7):

- Τα Κέντρα Διανομής (ΚΔ) παρουσιάζονται χρωματικά κωδικοποιημένα (§9.4.1).

- Κάθε γραμμή του δικτύου ή επιμέρους τμήμα αυτής, έχει το χρώμα του ΚΔ από το οποίο τροφοδοτείται. Κατά τη διέλευση της δεικτικής συσκευής πάνω από οποιοδήποτε σημείο της γραμμής, εμφανίζεται η ονομασία του διακόπτη τροφοδοσίας του αντίστοιχου ΚΔ (π.χ. 21.09).
- Τα υπόγεια τμήματα γραμμών του δικτύου, αποτυπώνονται αντίστοιχα με συνεχή γραμμή, ενώ τα εναέρια με εστιγμένη.
- Κωδικοποίηση ιδιοτήτων-τεχνικών χαρακτηριστικών των ηλεκτρικών στοιχείων, γίνεται με συνδυαστική χρήση συμβόλων (π.χ. τρίγωνο, τετράγωνο, ρόμβος, κύκλος) και χρήση έως δύο χρωμάτων (π.χ. γκρι για μη-τηλεχειριζόμενα στοιχεία, και κίτρινο για τηλεχειριζόμενα). Αυτός ο τρόπος απεικόνισης προτείνεται επιδιώκοντας, αφενός το να αποφευχθούν περιπτώσεις πολλαπλής κωδικοποίησης της ίδιας ιδιότητας ενός στοιχείου (§9.3.2), και αφετέρου το να περιοριστούν κατά το δυνατόν, τα προβλήματα που προκαλούνται από τη χρήση χρωμάτων σε πυκνά διαγράμματα (Κεφ.5-§5.5.3).

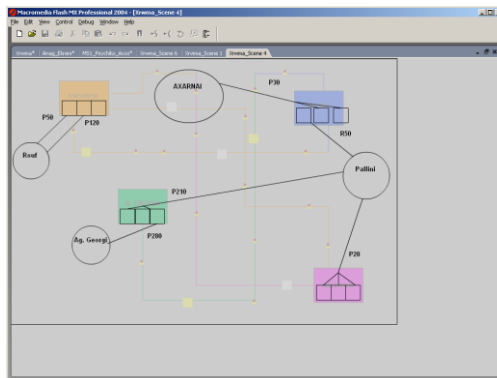
Η μεταβολή της πηγής τροφοδοσίας γραμμών είναι ιδιαίτερα συχνή, σε περιπτώσεις κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας του δικτύου, όπου οι χειριστές προχωρούν συνεχώς σε μεταγωγές φορτίων μεταξύ των ΜΣ διαφορετικών ΚΔ, προκειμένου να τους διατηρούν ισοφορισμένους ή να αντιμετωπίσουν περιπτώσεις υπερφόρτισης κάποιων στοιχείων. Η μεταγωγή φορτίων, πραγματοποιείται με τη βοήθεια γραμμών Αντιστήριξης ή γραμμών στις οποίες υπάρχουν τομές-ζεύξεις. Συνέπεια κάθε μεταγωγής, είναι μία ολόκληρη γραμμή ή ένα τμήμα αυτής να αλλάξει πηγή τροφοδοσίας, και αντίστοιχα να μεταβάλλεται και το χρώμα της πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα.

Προκειμένου να είναι δυνατός ο άμεσος εντοπισμός των Γραμμών Αντιστήριξης μεταξύ των ΚΔ, κρίθηκε σκόπιμη η δυνατότητα ενεργοποίησης μίας «φιλτραρισμένης» θέασης του Μιμικού, που περιλαμβάνει μόνο αυτές τις γραμμές. Η θέαση αυτή είναι αντίστοιχη του έντυπου Χάρτη Γραμμών Αντιστήριξης (Κεφ.7-§7.2.3 και §7.3.5.2), αλλά περιλαμβάνει επιπλέον πραγματικού χρόνου πληροφορία για την ηλεκτρίση των γραμμών, και αναλυτική πληροφορία για τα στοιχεία (διακόπτες, Υποσταθμούς, κλπ), διευκολύνοντας περαιτέρω την κατάσταση σεναρίων μεταγωγής.

Σκόπιμη κρίθηκε επίσης, η δυνατότητα ενεργοποίησης μίας «φιλτραρισμένης» θέασης του Μιμικού, που αποτυπώνει τους Τηλεχειριζόμενους Υποσταθμούς (ΤΧ ΥΣ), που βρίσκονται κατανεμημένοι στις γραμμές του δικτύου, και παρέχουν τη δυνατότητα εξ' αποστάσεως εκτέλεσης χειρισμών μέσα από την αίθουσα ελέγχου. Μέσω των ΤΧ ΥΣ, μπορούν να εντοπίσουν οι χειριστές τη σχετική θέση του σφάλματος αναφορικά με την πηγή τροφοδοσίας της γραμμής, να επανηλεκτρίσουν άμεσα το υγιές τμήμα του δικτύου, και αναζητήσουν τη βλάβη σε πολύ μικρότερο τμήμα του δικτύου. Η Θέαση των ΤΧ ΥΣ, μπορεί να λειτουργήσει ως αιτιακός γράφος, που βοηθάει στον ταχύτερο εντοπισμό του τρόπου διάδοσης ενός σφάλματος, καθώς και των στοιχείων ή τμημάτων του δικτύου που ευθύνονται για αυτό.

Οι εξειδικευμένες θεάσεις Γραμμών Αντιστήριξης και ΤΧ ΥΣ του δικτύου, αξιολογήθηκαν θετικά από τους χειριστές, καθώς αποτελούσαν σχεδιαστικές λύσεις, τις οποίες στο πλαίσιο των δυνατοτήτων που παρέχουν οι έντυποι χάρτες, τις είχαν υιοθετήσει ήδη. Η αποτύπωση της πηγής ηλεκτροδότησης κάθε γραμμής και των μεταβολών αυτής στο Μιμικό Διάγραμμα μέσω της χρωματικής κωδικοποίησης, κρίθηκε θετικά από τους μηχανικούς, καθώς αναμένεται να διευκολύνει τους χειριστές στην παρακολούθηση των χαρακτηριστικών λειτουργίας, και την ερμηνεία των γεγονότων σε κάθε γραμμή του δικτύου. Ασφαλή συμπεράσματα για το πώς θα λειτουργήσει η προτεινόμενη χρωματική κωδικοποίηση στοιχείων και γραμμών, σε ένα τόσο πυκνό δίκτυο όσο το δίκτυο μέσης τάσης Αττικής, μπορούν να εξαχθούν από μία μεγάλης κλίμακας υλοποίηση του διαγράμματος.

Ποσοτικές παράμετροι όπως η πτώση τάσης κατά μήκος της γραμμής (είχε προκύψει από την ανάλυση ότι θα ήταν σημαντικό να αποτυπωθεί), δεν παρουσιάζονται στο δίκτυο ΜΤ, λόγω έλλειψης κατάλληλου εξοπλισμού καταγραφής του συστήματος ελέγχου. Στα βιομηχανικά ηλεκτρονικά μιμικά διαγράμματα, απεικονίζονται με τη βοήθεια σύγχρονων τεχνικών διάφορα μεγέθη και παράμετροι λειτουργίας του δικτύου (Κεφ.5-§5.5.3.1). Εδώ, σχεδιάστηκαν ενδεχόμενοι τρόποι παρουσίασης της σχέσης φορτίου/δυναμικότητας κάθε Κέντρου Διανομής συνολικά (Εικόνα 9.7 – εικονίδιο «ΚΔ Ελευθερία») ή καθενός ΜΣ στο Κέντρο Διανομής (Εικόνα 9.7 – εικονίδιο «ΚΔ Αριστείδου»), αλλά τελικά κρίθηκε σκόπιμη η συγκεντρωτική (§9.8.2) και αναλυτική απεικόνιση των φορτίων σε τρία επίπεδα ΜΣ – ζυγούς – γραμμές (§9.8.1), στην Οθόνη Εποπτείας. Στις απεικονίσεις αυτές, που παρουσιάζονται αναλυτικά σε επόμενη ενότητα, η πληροφορία για το φορτίο μπορεί να ενοποιηθεί κατάλληλα με άλλες επιλεγμένες πληροφορίες.



Εικόνα 9.8 Μιμικό Διάγραμμα: υπόδειγμα επάλληλου διαγράμματος γραμμών ΥΤ

Δημιουργήθηκε «Επάλληλο Διάγραμμα Γραμμών ΥΤ» που τροφοδοτούν τους ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, αντίστοιχο του Έντυπου Χάρτη Δικτύου ΥΤ, που χρησιμοποιούσαν ήδη οι χειριστές (Κεφ.7-§7.2.3). Η θέαση του δικτύου ΥΤ, έχει δυνατότητα ενεργοποίησης ως επάλληλο επίπεδο πάνω στο δίκτυο ΜΤ (Εικόνα 9.8), διευκολύνοντας τη σύνθεση της πληροφορίας για τα δύο δίκτυα. Οι χειριστές χρειάζονται την πληροφορία που παρέχει ο χάρτης αυτός, προκειμένου να ελέγξουν τη «συμβατότητα» των ΜΣ, στους οποίους πρόκειται να πραγματοποιήσουν συγκεκριμένους χειρισμούς.

Σε περιόδους υψηλής ζήτησης ενέργειας (π.χ. καύσωνα), η σχέση φορτίου/δυναμικότητας κάθε γραμμής ΥΤ, συνδέεται με περιορισμούς φόρτισης των ΜΣ ΥΤ/ΜΤ και οδηγίες μείωσης φορτίων σε κάποιους ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, που λαμβάνουν συχνά οι χειριστές ΜΤ από την αίθουσα ΥΤ, όπως προέκυψε από την κοινωνικο-οργανωτική ανάλυση περιστατικών (Κεφ.8-§8.2.4). Η απεικόνιση της σχέσης τρέχοντος φορτίου/δυναμικότητας κάθε γραμμής ΥΤ στον ηλεκτρονικό χάρτη δικτύου ΥΤ, θα διευκόλυνε τους χειριστές στο να γνωρίζουν ποιοι ΜΣ ΥΤ/ΜΤ τροφοδοτούνται από οριακά φορτισμένες γραμμές ΥΤ, και να προσαρμόζουν κατάλληλα τους χειρισμούς τους.

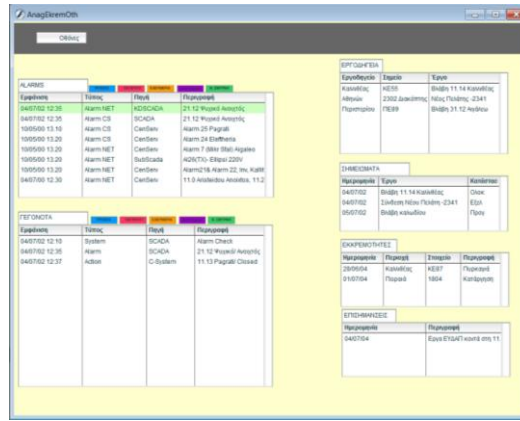
Ο τρόπος προβολής του «Επάλληλου Διαγράμματος Γραμμών ΥΤ» κρίθηκε θετικά από τους χειριστές. Για την απεικόνιση της σχέσης φορτίου/δυναμικότητας κάθε γραμμής ΥΤ, εξέφρασαν τις ίδιες επιφυλάξεις, που είχαν εκφράσει για την απεικόνιση της ίδιας πληροφορίας με άλλη μορφοποίηση στη «Συνοπτική Θέαση Μετασχηματιστών» (§9.4.3).

9.7 Οθόνη Αναγγελιών

Οι οθόνες αναγγελιών αποτελούν τυπικές οθόνες που υπάρχουν σε όλα τα συστήματα εποπτείας και ελέγχου δικτύων, προκειμένου να απεικονίζουν συναγεμμούς, προειδοποιήσεις, και αλλαγές κατάστασης (Κεφ.5-§5.5.4). Στην αίθουσα διανομής μέσης τάσης, οι πληροφορίες για τους συναγεμμούς είναι καταμεμημένες στον Πίνακα Ελέγχου όπου ενεργοποιείται το αντίστοιχο αλάρμ, στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, στα Συστήματα Εποπτείας Τηλεχειριζόμενων Υποσταθμών (ΤΧ ΥΣ), και στον εκτυπωτή όπου καταγράφονται αλλαγές κατάστασης στο δίκτυο, που συμβαίνουν συνεπεία της ενεργοποίησης κάποιου συναγεμμού (§9.3.1).

Όπως παρουσιάστηκε στην Εθνογραφική Ανάλυση (Κεφ.7-§7.3.4), ενέργειες που γίνονται από τους χειριστές για την αντιμετώπιση των συναγεμμών ή τη διαχείριση συμβάντων και επιφέρουν αλλαγές κατάστασης στα στοιχεία του δικτύου, καταγράφονται σε πρόχειρα σημειώματα πάνω στην τράπεζα χειρισμών, και αποτυπώνονται με κιμωλία πάνω στο Μιμικό διάγραμμα και το Διάγραμμα Μετασχηματιστών. Με την ολοκλήρωση της αλληλουχίας ενεργειών καταγράφονται στο Βιβλίο συμβάντων.

Τα προγραμματισμένα Σημειώματα εργασιών, βρίσκονται πάνω στη τράπεζα χειρισμών, για να παρακολουθούν οι χειριστές ποιες εργασίες είναι σε εξέλιξη. Σημαντικές Εκκρεμότητες εργασιών ή άλλων ενεργειών σε στοιχεία του δικτύου, καταγράφονται με κιμωλία στο στατικό Μιμικό Διάγραμμα και το Διάγραμμα Μετασχηματιστών. Επίσης, κατά τις αλλαγές βάρδιας, οι εργαζόμενοι μεταφέρουν προφορικά πληροφορία για σημαντικά γεγονότα που συμβαίνουν στο περιβάλλον του δικτύου (π.χ. τεχνικές εργασίες άλλου δικτύου υποδομών κοντά στις οδεύσεις του ηλεκτρικού δικτύου, πλημύρα σε συγκεκριμένη περιοχή κλπ) και μπορεί να βοηθήσουν στην ερμηνεία συμβάντων που εκδηλώνονται στο δίκτυο.



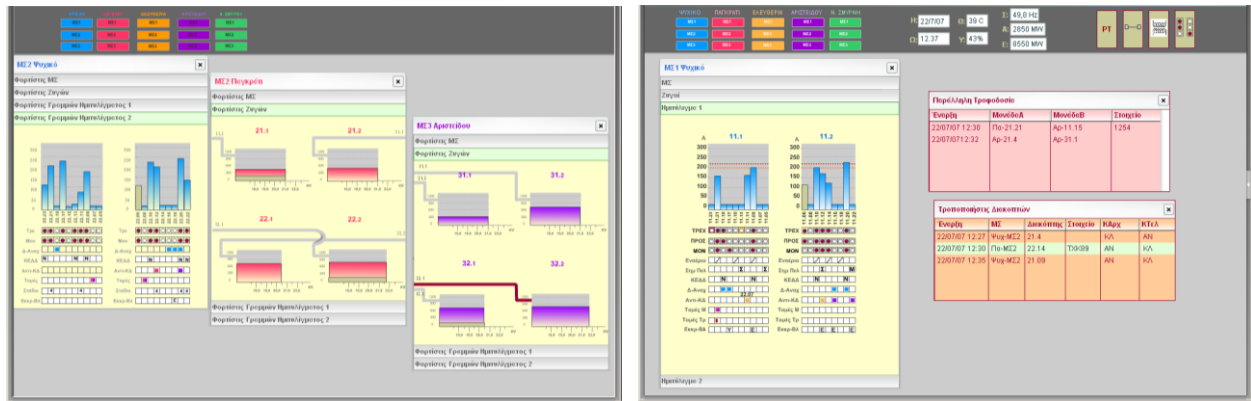
Εικόνα 9.9 Υπόδειγμα Οθόνης Αναγγελιών

Η εκτίμηση της τρέχουσας κατάστασης και ο συντονισμός διαχείρισης του δικτύου, απαιτεί το συνδυασμό πληροφοριών που είναι καταμετρημένες σε πολλά τεχνήματα στην παραδοσιακή αίθουσα ελέγχου. Ταυτόχρονα, ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας όπως οι καύσωνες, ο ρυθμός εκδήλωσης συναγεμίων ή συμβάντων είναι τέτοιος, που η έλευση μίας νέας αναγγελίας διακόπτει τη ροή εξέλιξης των ενεργειών που εκτελούνται ήδη ή πρόκειται να εκτελεστούν άμεσα. Για το λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμος ο σχεδιασμός μίας Οθόνης Αναγγελιών που θα συνοψίζει την κρισιμότερη τρέχουσα πληροφορία για το δίκτυο, ενώ ταυτόχρονα θα βοηθά τους χειριστές να επανέρχονται στη ροή χειρισμών που είχαν διακόψει. Δημιουργήθηκε έτσι υπόδειγμα της οθόνης αυτής (Εικόνα 9.9), που περιλαμβάνει τις ακόλουθες «Καρτέλες»:

- **Συναγεμιοί.** Η καρτέλα Συναγεμίων περιλαμβάνει συγκεντρωτική λίστα με τους συναγεμμούς που εμφανίζονται για τα στοιχεία και τον εξοπλισμό ελέγχου και εποπτείας του δικτύου. Για κάθε συναγεμμό, περιγράφεται η χρονική στιγμή εμφάνισης, το εάν αφορά στο δίκτυο ή στο σύστημα ελέγχου, από ποια πηγή έρχεται η αναγγελία του συναγεμμού, και ο κωδικός του συναγεμμού μαζί με το στοιχείο το οποίο αφορά. Ενεργοποιώντας κανείς τις διαθέσιμες υπο-καρτέλες για κάθε Κέντρο Διανομής (ΚΔ), μπορεί να δει επιλεκτικά τους συναγεμμούς που έχουν εμφανιστεί στα στοιχεία του συγκεκριμένου ΚΔ.
- **Γεγονότα.** Η καρτέλα με τα γεγονότα, παρουσιάζει κάθε δραστηριότητα που παρατηρείται στο σύστημα ελέγχου ή ενέργεια/χειρισμό που εκτελείται στο δίκτυο, με την αλληλουχία που αυτά συμβαίνουν.
- **Εργοδηγεία.** Παρουσιάζει τη θέση που επιχειρεί το εργοδηγείο κάθε περιοχής, ώστε να μπορούν οι χειριστές να έχουν άμεσα εικόνα για την τρέχουσα θέση του στο δίκτυο.
- **Σημειώματα.** Παρουσιάζεται για κάθε Σημείωμα Εργασιών, η ημερομηνία έναρξης εργασιών, το περιεχόμενο της εργασίας, και η κατάσταση του σημειώματος (π.χ. έχει προγραμματιστεί, βρίσκεται σε εξέλιξη, ολοκληρώθηκε).
- **Εκκρεμότητες.** Η καρτέλα αυτή, περιγράφει στοιχεία του δικτύου στα οποία υπάρχει κάποια σημαντική εκκρεμότητα, είτε λόγω κάποιου σοβαρού συμβάντος, λόγω κάποιας σημαντικής αλλαγής κατάστασης (π.χ. πυρκαγιά, κατάργηση στοιχείου, τοποθέτηση γείωσης κλπ).
- **Επισημάνσεις.** Στην καρτέλα αυτή, περιγράφονται συμβάντα ή εργασίες που εξελίσσονται στο περιβάλλον λειτουργίας του δικτύου, και μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία, να προκαλέσουν κάποια βλάβη, κλπ (π.χ. εργασίες σε γειτνιάζον δίκτυο ΕΥΔΑΠ, ισχυρή καταιγίδα που βρίσκεται σε εξέλιξη σε κάποια περιοχή).

Η πληροφορία που συγκεντρώθηκε στην Οθόνη Αναγγελιών, αξιολογήθηκε θετικά από τους χειριστές. Επιπλέον, επειδή οι συναγεμμοί στα παραδοσιακά και σύγχρονα συστήματα ελέγχου συνοδεύονται από συγκεκριμένο ηχητικό σήμα, συζητήθηκε το ενδεχόμενο της ηχητικής κωδικοποίησης τους. Οι χειριστές διατύπωσαν την άποψη ότι θα είχε νόημα η ηχητική διαφοροποίηση των «σημαντικών» από τους «μη-σημαντικούς» συναγεμμούς, αναφέροντας συγκεκριμένα παραδείγματα. Η επισήμανση αυτή σημειώθηκε ως σχεδιαστικό ενδεχόμενο, προκειμένου να ενσωματωθεί σε μελλοντικό πρωτότυπο της Οθόνης Αναγγελιών.

9.8 Οθόνη Εποπτείας



Εικόνα 9.10 Οθόνη Εποπτείας – αρχικό και τελικό ηλεκτρονικό πρωτότυπο

Η Οθόνη Εποπτείας σχεδιάστηκε ώστε να υποστηρίζει την εποπτεία των βασικών μονάδων του δικτύου, δηλαδή των τριών μετασχηματιστών (ΜΣ) σε κάθε Κέντρο Διανομής (ΚΔ), στα τρία δομικά τους επίπεδα. Η Οθόνη Εποπτείας συνδυάζει πληροφορία από το Διάγραμμα Μετασχηματιστών, τον Πίνακα Ελέγχου και επιλεγμένη τοπολογική πληροφορία από το Μιμικό διάγραμμα του παραδοσιακού διαμεσολαβητή (Πίνακας 9.1), με τρόπο που επιτρέπει να είναι ενεργή κάθε φορά μόνο η πληροφορία που ενδιαφέρει το χειριστή κάθε χρονική στιγμή.

Αρχικά, στο ηλεκτρονικό περιβάλλον πρωτοτυποποίησης, σχεδιάστηκε για κάθε ΜΣ ένα Παράθυρο Εποπτείας (ΠΕΠ). Τα ΠΕΠ έχουν δυνατότητα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης, μετακίνησης, επικάλυψης και παράθεσης, προκειμένου να είναι δυνατή η εξαγωγή πληροφορίας για έναν ή περισσότερους ΜΣ, μεμονωμένα ή συνδυαστικά. Σε δεύτερο κύκλο σχεδιασμού, και αφού είχε ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός των Παραθύρων Εποπτείας, αναπτύχθηκαν συγκεντρωτικές θεάσεις που: α) είτε περιλαμβάνουν πληροφορία που κρίθηκε σκόπιμο να μην συμπεριληφθεί στα ΠΕΠ, αλλά να είναι επιλεκτικά διαθέσιμη μέσα από μία κατάλληλα σχεδιασμένη θέαση (Παράθυρο Ισχύος – Θερμοκρασίας), β) είτε συνοψίζουν κρίσιμη πληροφορία που υπάρχει κατανομημένη στα επιμέρους ΠΕΠ (Παράθυρο Παράλληλης Λειτουργίας, Παράθυρο Χειρισμού ΣΑΤΥΦ, Παράθυρο Τροποποιήσεων).

Στη δοκό περιεχομένων της Οθόνης Εποπτείας –στην αριστερή πλευρά- υπάρχουν χρωματικά κωδικοποιημένα και ομαδοποιημένα τα κουμπιά ενεργοποίησης των τριών ΠΕΠ κάθε ΚΔ, ενώ στη δεξιά πλευρά υπάρχουν τα κουμπιά ενεργοποίησης των συγκεντρωτικών θεάσεων.

Στο κέντρο της δοκού περιεχομένων της οθόνης, υπάρχουν ψηφιακά ενδεικτικά που αποτυπώνουν τη Γενική Πληροφορία Συστήματος (Ημερομηνία, Ώρα, Θερμοκρασία, Υγρασία, Συχνότητα, συνολική κατανάλωση στην Αττική, και Πανελλαδικά). Αυτές οι παράμετροι, προσδιορίζουν το τρέχον πλαίσιο λειτουργίας του δικτύου (π.χ. 10 Ιουλίου, ώρα 13.00, θερμοκρασία 39°, υψηλές καταναλώσεις σε Αττική και Πανελλαδικά), βοηθώντας τους χειριστές να προσαρμόσουν κατάλληλα τον τρόπο δράσης τους, και να αξιολογήσουν τις συνέπειες που θα έχουν οι χειρισμοί που θέλουν να πραγματοποιήσουν.

Στις ενότητες που ακολουθούν περιγράφονται τα στάδια σχεδιασμού-ανασχεδιασμού από τα οποία πέρασε κάθε μονάδα απεικόνισης της Οθόνης Εποπτείας.

9.8.1 Παράθυρο Εποπτείας Μετασχηματιστή

Το Παράθυρο Εποπτείας (ΠΕΠ) αναπτύχθηκε πάνω στην ιδέα της «Εστιασμένης Θεάσης Γραμμών» (§9.7.2) που σχεδιάστηκε στο προηγούμενο στάδιο της ανάπτυξης πρωτοτύπων σε χαρτί.

Η εποπτεία κάθε ΜΣ γίνεται σε τρία βασικά επίπεδα ΜΣ-Ζυγών-Γραμμών. Οι φορτίσεις λαμβάνονται στον Πίνακα Ελέγχου, η θέση των διακοπών είναι αποτυπωμένη στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, ενώ πληροφορία συνδεσιμότητας λαμβάνεται από το Διάγραμμα Μετασχηματιστών και το Μιμικό Διάγραμμα. Στην «Εστιασμένη Θεάση Γραμμών» έγινε μία πρώτη σχεδιαστική απόπειρα ενοποίησης όλων αυτών των πληροφοριών σε μία μόνο απεικόνιση. Στο στάδιο της ανάπτυξης ηλεκτρονικών πρωτοτύπων, η θέαση αυτή αναπτύσσεται περαιτέρω, ενώ δημιουργούνται αντίστοιχες εξειδικευμένες θεάσεις και για το επίπεδο Ζυγών και επίπεδο ΜΣ. Το περιεχόμενο των επιπέδων απεικόνισης και οι μεταξύ τους σχέσεις, αντλήθηκαν από το «Μοντέλο Δομής Μετασχηματιστή», που είχε δημιουργηθεί κατά το στάδιο της ANE (Κεφ.8-§8.1.8).

Οι δυνατότητες της εφαρμογής ανάπτυξης του πρωτοτύπου έπαιξαν σημαντικό ρόλο, καθώς υποστήριξαν την υλοποίηση της σχεδιαστικής ιδέας για αποτύπωση κάθε Μετασχηματιστή στα τρία δομικά του επίπεδα (ΜΣ, Ζυγοί, Γραμμές). Σχεδιαστικός στόχος ήταν, να είναι σε κάθε περίπτωση ενεργό γραφικά, το επίπεδο του ΜΣ που απαιτείται για την εκτέλεση του τρέχοντος καθήκοντος των χειριστών. Χρησιμοποιώντας το σχεδιαστικό αντικείμενο «αναδιπλούμενο

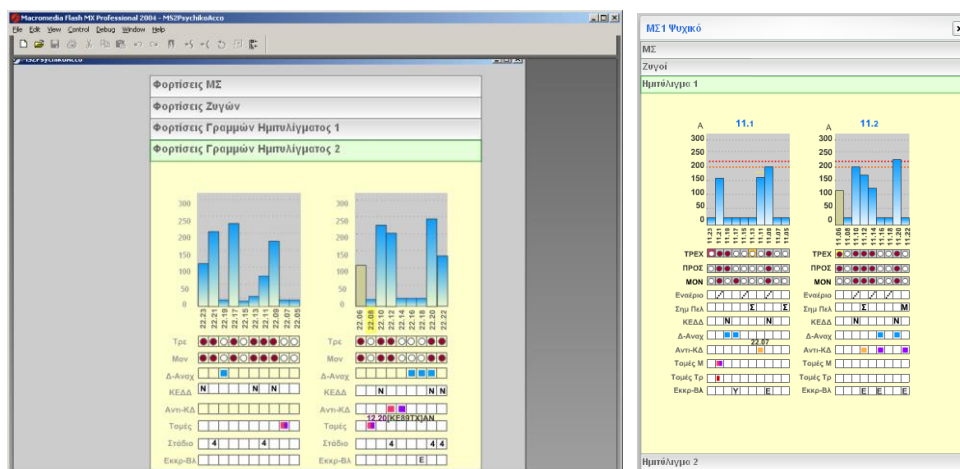
παράθυρο» δημιουργήθηκε θέαση με επικαλυπτόμενες καρτέλες απεικόνισης, και με δυνατότητα κάθε φορά να είναι ενεργή μόνο μία από αυτές.

Για κάθε ΜΣ αναπτύχθηκε ένα Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ (ΠΕΠ), που περιλαμβάνει τα ακόλουθα θυγατρικά επίπεδα Εποπτείας: δύο για το Επίπεδο Γραμμών (ΠΕΠ-Γ), ένα για το Επίπεδο Ζυγών (ΠΕΠ-Ζ), και ένα για το Επίπεδο Μετασχηματιστή (ΠΕΠ-ΜΣ). Η χρωματική ταυτότητα των ΜΣ κάθε ΚΔ, που ορίστηκε στην ενότητα (§9.4.1), χρησιμοποιείται σε όλα τα επίπεδα γραφικής απεικόνισης, καθώς βοηθάει στο να είναι αντιληπτικά εύκολη η διάκριση των ΜΣ, όταν είναι ανοιχτά δύο ή περισσότερα παράθυρα στην Οθόνη Εποπτείας.

9.8.1.1 Επίπεδο Γραμμών

Στο επίπεδο Γραμμών αναπτύσσεται περαιτέρω η αρχική σχεδιαστική ιδέα της «Εστιασμένης Θέασης Γραμμών» (§9.4.2), η οποία στηρίχθηκε πάνω στο προϋπάρχον πρωτότυπο του Διαγράμματος Μετασχηματιστών, εμπλουτίζοντας το με επιπλέον πληροφορία από τον Πίνακα Ελέγχου, και το Μιμικό Διάγραμμα.

Στο ηλεκτρονικό πρωτότυπο, η αρχική ενιαία δομή της «Εστιασμένης Θέασης Γραμμών» διαχωρίζεται σε τρεις επιμέρους περιοχές απεικόνισης: α) Γράφημα Φορτίων Γραμμών, β) Πίνακα Διακοπών, γ) Πίνακα Συνδεσιμότητας.



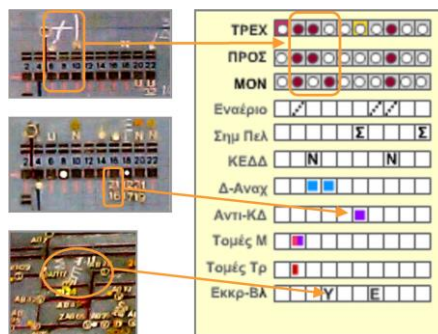
Εικόνα 9.11 Αρχική και τελική μορφή Επιπέδου Γραμμών

Γράφημα Φορτίων

Τα φορτία των γραμμών παρουσιάζονται σε μορφή ραβδογράμματος, ανά ομάδες (μονές-ζυγές γραμμές) σε κάθε ημιτύλιγμα (Εικόνα 9.11). Στη βάση κάθε ράβδου υπάρχει αλφαριθμητική ονομασία του διακόπτη (π.χ. 11.21). Το χρώμα της ράβδου δηλώνει το ΚΔ στο οποίο ανήκει η γραμμή (π.χ. μπλέ ράβδος 11.21, δηλώνει ότι πρόκειται για τη γραμμή 21 του ημιτύλιγματος 1 του ΜΣ 1 του ΚΔ Ψυχικού), ενώ οι μπεζ ράβδοι δηλώνουν γραμμή πυκνωτή (π.χ. 11.06). Τα φορτία γραμμών παρουσιάζονται αναφορικά με μία κλίμακα (0-300 A), της οποίας η ελάχιστη και μέγιστη τιμή καθορίζεται από τη δυναμικότητα και τα χαρακτηριστικά κάθε γραμμής. Στο υπόβαθρο του ραβδογράμματος υπάρχει πλαίσιο αναφοράς, και είναι διαβαθμισμένο σύμφωνα με τα επιμέρους διαστήματα της κλίμακας. Η επιλογή των χρωμάτων του υποβαθμού-κλίμακας είναι τέτοια, ώστε να μην προκαλεί οπτικό θόρυβο κατά την ανάγνωση του γραφήματος. Η τοποθέτηση των φορτίων γραμμών σε πλαίσιο αναφοράς, βοηθάει τον χειριστή να αντιληφθεί τις γραμμές κάθε ζυγού ως ομάδα, αξιοποιώντας τις αρχές διαχείρισης χωρικής εγγύτητας στις απεικονίσεις των Wickens and Carswell (1995).

Η μορφοποίηση του γραφήματος φορτίων, επιτρέπει τόσο την ταχεία προσεγγιστική ανάγνωση των φορτίων, όσο και τον εντοπισμό του ακριβούς φορτίου κάθε γραμμής κατά τη διέλευση της δεικτικής συσκευής πάνω από κάθε ράβδο φόρτισης (π.χ. γραμμή 22.17 έχει φορτίο 225 A). Επιπλέον, η σύγκριση των φορτίων των γραμμών μεταξύ τους με βάση ένα κοινό πλαίσιο αναφοράς, είναι ένα αντιληπτικό καθήκον που εκτελείται άμεσα και απαιτεί μικρότερο νοητικό φόρτο, από το να ενοποιεί και να συγκρίνει νοητικά ο χειριστής τις τιμές των κυκλικών ενδεικτικών οργάνων φορτίου στον Πίνακα Ελέγχου του παραδοσιακού διαμεσολαβητή.

Στην τελική μορφοποίηση του γραφήματος φορτίων, προστέθηκαν τα συνιστώμενα όρια μέγιστης φόρτισης γραμμών σε συνήθειες (πορτοκαλί εστιασμένη γραμμή κατά μήκος του πλαισίου αναφοράς) και κρίσιμες συνθήκες (κόκκινη εστιασμένη γραμμή για καύσιμα). Επιπλέον, σε γραμμές που παρουσιάζουν κάποια προσωρινή ή μόνιμη ιδιαιτερότητα λειτουργίας, και απαιτούν χαμηλότερα όρια φόρτισης από τα συνήθη για να μην τεθούν εκτός λειτουργίας, τα όρια αποτυπώνονται τοπικά πάνω από τη ράβδο της γραμμής (κίτρινη εστιασμένη γραμμή πάνω από φορτίο γραμμής 11.11). Οι πληροφορίες αυτές δεν αποτυπώνονταν στα παραδοσιακά κυκλικά ενδεικτικά, και οι χειριστές τις ανακαλούσαν από τη μνήμη τους.



Εικόνα 9.12 Πίνακας Διακοπών και Πίνακας Συνδεσιμότητας

Πίνακας Διακοπών

Όπως παρουσιάστηκε στο Κεφ.7-§7.3.5.1, η κατάσταση των διακοπών αναχωρήσεων κάθε Μετασχηματιστή προσδιορίζεται από τρεις επιμέρους θέσεις:

- *Τρέχουσα θέση*, που απεικονίζεται με φωτεινή ένδειξη πάνω στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών.
- *Μόνιμη θέση*, που απεικονίζεται πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα και στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών.
- *Προσωρινή θέση*, που αντιστοιχεί στην τροποποίηση της θέσεως του διακόπτη που πραγματοποιούν οι χειριστές προσωρινά για λόγους διαχείρισης του πεδίου, και η οποία διαφέρει από τη μόνιμη θέση. Οι χειριστές καταχωρούν με κιμωλία πάνω στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, τις προσωρινές αλλαγές στη θέση των διακοπών, χρησιμοποιώντας τα σύμβολα “/” και σύμβολο “+”

Στο τελικό πρωτότυπο του Επιπέδου Γραμμών, διαμορφώθηκε Πίνακας Διακοπών ο οποίος αποτυπώνει χρονικά τις μεταβολές της θέσης κάθε διακόπτη, μέσα από τις τρεις διακριτές καταστάσεις «Τρέχουσα – Προσωρινή – Μόνιμη», προκειμένου οι χειριστές να μπορούν να τις παρακολουθήσουν (Εικόνα 9.11-αριστερά, Εικόνα 9.12). Η κατάσταση «ανοιχτός/κλειστός» του διακόπτη, δηλώνεται αντίστοιχα με λευκή/κόκκινη κουκίδα. Το γενικό υπόβαθρο του Πίνακα Διακοπών είναι γκρι, ενώ κόκκινο πλαίσιο που περιβάλλει ανοιχτό διακόπτη (π.χ. 11.23) δηλώνει την ύπαρξη συναγερμού, και κίτρινο πλαίσιο (π.χ. 11.13) δηλώνει συναγερμό που έχει αναγνωριστεί.

Πίνακας Συνδεσιμότητας

Στην «Εστιασμένη Θέση Γραμμών» παρουσιάζοταν πληροφορία για τα χαρακτηριστικά συνδεσιμότητας (Διπλή αναχώρηση, κοινή γραμμή με άλλα ΚΕΔΔ, και γραμμές αντιστήριξης με άλλα ΚΔ) και τις ειδικές λειτουργίες (στάδιο απόρριψης), που υποστηρίζει κάθε γραμμή του ΜΣ. Κατά τη ανάπτυξη του ηλεκτρονικού πρωτοτύπου, δημιουργήθηκε ένας ανεξάρτητος «Πίνακας Συνδεσιμότητας», ο οποίος εστιάζει στην απεικόνιση επιλεγμένης τοπολογικής και λειτουργικής πληροφορίας από το Μιμικό Διάγραμμα τοίχου, μέσα από την περεταίρω ανάπτυξη του συμβολικού συστήματος «Σημειών» που παρουσιάστηκε στην §9.4.2.

Ο σχεδιαστικός στόχος, ήταν να ενσωματωθούν τα κριτήρια ελέγχου που χρησιμοποιούν οι χειριστές κατά την εκτέλεση βασικών δραστηριοτήτων (π.χ. η μεταγωγή φορτίων, ο εντοπισμός βλάβης ή σφάλματος και η εναλλακτική ηλεκτρική τμήματος γραμμής) σε συνήθεις και κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου. Ο «Πίνακας Συνδεσιμότητας» πέρασε από επαναληπτικό σχεδιασμό-ανασχεδιασμό, κατά τη διάρκεια του οποίου έγινε προσθαφαίρεση πληροφορίας και αντιμετάθεση σειρών, προκειμένου να επιτευχθεί η απεικόνιση της απόλυτα απαιτούμενης πληροφορίας στην κατάλληλη μορφοποίηση και θέση, ως εξής (Εικόνα 9.11):

- ύπαρξη εναέριου τμήματος σε γραμμή του δικτύου κατευθύνει αφενός τη δημιουργία υποθέσεων κατά την εμφάνιση βλάβης, ενώ λειτουργεί περιοριστικά για την εκτέλεση συγκεκριμένων χειρισμών, π.χ. οι γραμμές 11.21, 11.15 και 11.09 περιλαμβάνουν εναέριο τμήμα, που συμβολίζεται με διαγώνια εστιγμένη γραμμή στην 1^η σειρά Πίνακα Συνδεσιμότητας.
- ύπαρξη ειδικών πελατών (νοσοκομεία, κρατικά κτήρια, κλπ) αφενός δίνει προτεραιότητα σε περιπτώσεις αποκατάστασης βλάβης, ενώ ταυτόχρονα λειτουργεί απαγορευτικά για την εκτέλεση κάποιων ενεργειών, π.χ. οι γραμμές 11.13 και 11.05 περιλαμβάνουν ειδικούς πελάτες, που συμβολίζονται με «Σ» στην 2^η σειρά του Πίνακα. Κατά τη διέλευση της δεικτικής συσκευής πάνω από το σύμβολο, εμφανίζεται η ταυτότητα των πελατών.
- γραμμή που περιλαμβάνει τμήμα που ελέγχεται από την αίθουσα ελέγχου Ν. Ιωνίας ή Παλλήνης, απαιτεί προσοχή κατά τη διαχείριση. Η εκτέλεση χειρισμών και ο εντοπισμός βλάβης πάνω σε τέτοιες γραμμές, καθώς και ο έλεγχος των εργοδηγίων που θα επιχειρήσουν σε κάθε τμήμα της, και ιδιαίτερα ο χειρισμός διακοπών στο όριο των δύο επιμέρους τμημάτων, πρέπει να γίνονται κατόπιν συνεννόησης μεταξύ των δύο αιθουσών, π.χ. οι γραμμές 11.09 και 11.17 περιλαμβάνουν τμήμα που ελέγχεται από Ν. Ιωνία, και συμβολίζεται με «Ν» στην 3^η σειρά του Πίνακα. Εάν ελεγχόταν από Παλλήνη, θα είχε το σύμβολο «Π». Κατά τη διέλευση της δεικτικής συσκευής πάνω από το σύμβολο, εμφανίζεται το στοιχείο στο οποίο συμβαίνει η αλλαγή δικαιοδοσίας ελέγχου.

- γραμμή με δυνατότητα εναλλακτικής τροφοδότησης από διακόπτη του ίδιου ή διαφορετικού ΜΣ του ΚΔ, παρέχει δυνατότητες άμεσης μεταγωγής φορτίων, π.χ. η γραμμή «11.17» έχει τη δυνατότητα αυτή, που συμβολίζεται με μπλε χρωματική Σημαία στην 4^η σειρά του Πίνακα. Κατά τη διέλευση της δεικτικής συσκευής πάνω από το μπλε σύμβολο, εμφανίζεται η ταυτότητα του διακόπτη εναλλακτικής τροφοδότησης «22.18».
- γραμμή που έχει αντιστήριξη και μπορεί να τροφοδοτηθεί απ' ευθείας από ΜΣ άλλου ΚΔ, παρέχει δυνατότητες άμεσης μεταγωγής φορτίων, π.χ. η 11.11 Ψυχικού έχει αντιστήριξη με την 22.07 Ελευθερίας, που συμβολίζεται με την πορτοκαλί χρωματική Σημαία στην 5^η σειρά του Πίνακα. Κατά τη διέλευση της δεικτικής συσκευής πάνω από το πορτοκαλί σύμβολο, εμφανίζεται η ταυτότητα της αντιστήριξης «22.07».
- γραμμή που έχει τομές (σημεία διασταύρωσης) κατά μήκος της οδούσεως της, με γραμμές του ίδιου ή διαφορετικού ΚΔ, έχει δυνατότητα εναλλακτικής τροφοδότησης κάποιων φορτίων της από άλλη πηγή, π.χ. η γραμμή 22.08 Ψυχικού συναντάται με την 12.20 Αριστείδου στο στοιχείο ΚΕ 89 ΤΧ, και ο διακόπτης είναι ανοιχτός. Αυτό συμβολίζεται με τις αντίστοιχες χρωματικές Σημαίες Συνδεσιμότητας στην 6^η σειρά του Πίνακα, και με την χρωματική κωδικοποίηση ανοιχτός/κλειστός διακόπτης στην 7^η σειρά του Πίνακα. Κατά τη διέλευση της δεικτικής συσκευής, εμφανίζεται το στοιχείο τομής «ΚΕ 89 ΤΧ».
- γραμμή σε στοιχείο της οποίας υπάρχει κάποια εκκρεμότητα βλάβης ή εκτέλεσης εργασιών απαιτεί προσοχή κατά τη διαχείριση, π.χ. για τη γραμμή 11.09 αυτό συμβολίζεται με «Ε» στην 8^η σειρά του Πίνακα. Κατά τη διέλευση της δεικτικής συσκευής πάνω από το σύμβολο, εμφανίζονται λεπτομέρειες «γείωση στο στοιχείο ΚΝ55».

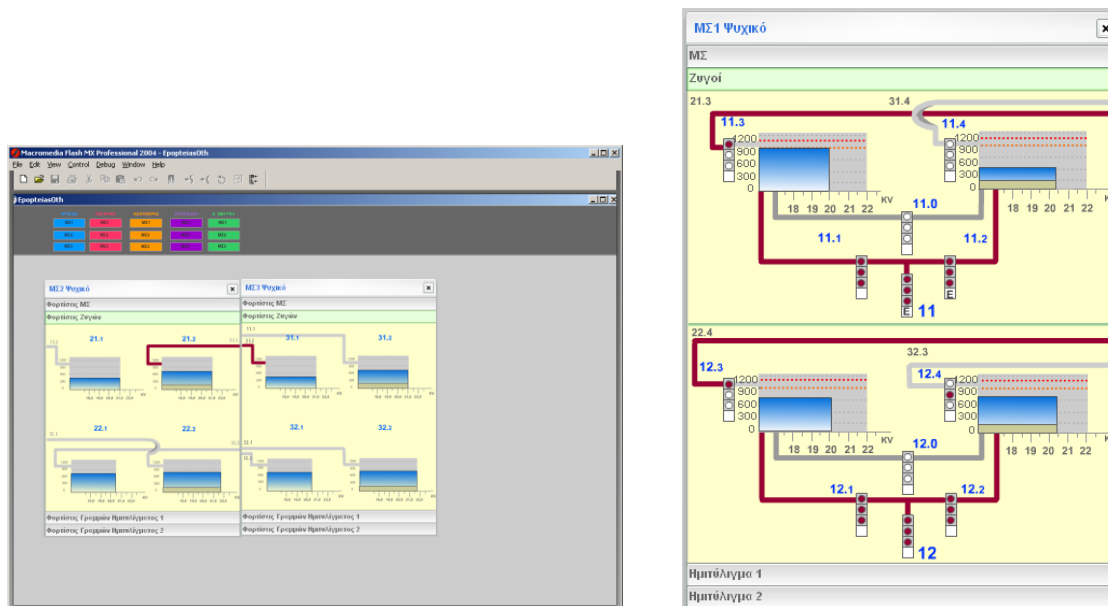
Ο Πίνακας Συνδεσιμότητας, αποτελεί μία πυκνή δομή απεικόνισης επιλεγμένης πληροφορίας. Η πληροφορία αυτή προέκυψε κατά την Ανάλυση Δραστηριότητας, καθώς διαπιστώθηκε ποιες περιοχές του Μοντέλου Τεχνολογικού Συστήματος (Κεφ.8-§8.1.2) ενεργοποιούνται κάθε φορά, στα επίπεδα Φυσικής Μορφής και Φυσικής λειτουργίας του. Ο Πίνακας Συνδεσιμότητας υπενθυμίζει στους χειριστές ποια στοιχεία πρέπει να φιλτράρουν, και ποιες πληροφορίες πρέπει να συνδυάσουν για να οδηγηθούν σε αποτελεσματική δράση. Με τον τρόπο αυτό, θα καθοδηγείται η εμπειρική δράση στο πεδίο.

Οι τρεις επιμέρους περιοχές απεικόνισης του Επιπέδου Γραμμών (Γράφημα φορτίων, Πίνακας Διακοπών, Πίνακας Διασύνδεσης) συγκεντρώνουν πληροφορία από διαφορετικά τεχνήματα του παραδοσιακού διαμεσολαβητή (Πίνακα Ελέγχου, Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Μιμικό Διάγραμμα, έντυποι χάρτες, καρτέλες), δημιουργώντας μία ενιαία απεικόνιση υψηλής χωρικής εγγύτητας (Wickens and Carswell, 1995, Wickens & Andre, 1990), καθώς τοποθετούνται κοντά πληροφορίες που πρέπει να ενοποιηθούν νοητικά από τους χειριστές.

Οι τρεις επιμέρους περιοχές απεικόνισης του Επιπέδου Γραμμών λειτουργούν τόσο ανεξάρτητα, όσο και συνδυαστικά. «Οριζόντια ανάγνωση» των περιοχών απεικόνισης, δίνει γενική πληροφορία για τον αν π.χ. πολλές γραμμές έχουν υψηλά φορτία (Γράφημα Φορτίων), εάν έχουν γίνει προσωρινές αλλαγές κατάστασης σε διακόπτες γραμμών ενός ζυγού (προσωρινή κατάσταση Πίνακα Διακοπών), με ποια ΚΔ έχουν αντιστήριξη οι γραμμές ενός ζυγού ή εάν υπάρχουν πολλές εκκρεμότητες στις γραμμές του (5^η και 8^η σειρά αντίστοιχα του Πίνακα Συνδεσιμότητας). «Κάθετη ανάγνωση» των τριών περιοχών απεικόνισης, δίνει αναλυτική πληροφορία για τα επιμέρους χαρακτηριστικά και δυνατότητες που έχει μία γραμμή (π.χ. στην Εικόνα 9.11-αριστερά, η Γραμμή 11.12 με φορτίο 175 Α, έχει σημαντικούς πελάτες, έχει αντιστήριξη με γραμμή του ΚΔ Ελευθερίας, και υπάρχει μία σημαντική εκκρεμότητα σε στοιχείο της). Οι ετικέτες πληροφορίας που εμφανίζονται με τη διέλευση της δεικτικής συσκευής πάνω από τα γραφικά και τα σύμβολα, επιτρέπουν την εμφάνιση περαιτέρω αναλυτικής πληροφορίας.

Οι απεικονίσεις στο επίπεδο Γραμμών αξιολογήθηκαν θετικά από τους χειριστές, καθώς: α) η βασική δομή απεικόνισης, τους ήταν οικεία από το Διάγραμμα Μετασχηματιστών στην αίθουσα ελέγχου, β) έχει εμπλουτιστεί με πληροφορία που οι ίδιοι οι χειριστές είχαν προσθέσει για να ενισχύσουν την πληροφοριακή ισχύ των τεχνημάτων, γ) έχει συμπεριληφθεί πληροφορία από ανεξάρτητα τεχνήματα που είχαν δημιουργήσει οι χειριστές (Χάρτης Γραμμών Αντιστήριξης), δ) έχει ενσωματωθεί επιλεγμένη πληροφορία, που ήταν απαραίτητη για την εκτέλεση βασικών καθηκόντων (πχ τομές με γραμμές άλλων ΚΔ και Βλάβες στη γραμμή), και υπήρχε κατανομημένη σε επιμέρους τεχνήματα στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή.

9.8.1.2 Επίπεδο Ζυγών



Εικόνα 9.13 Αρχική & τελική μορφή Επιπέδου Ζυγών

Κάθε ΜΣ έχει δύο ημιτυλίγματα, και κάθε ημιτύλιγμα έχει δύο ζυγούς (Κεφ.7-Εικόνα 7.3). Στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, απεικονίζονται τα δύο ημιτυλίγματα κάθε ΜΣ, το ένα κάτω από το άλλο (Πίνακας 9.1). Για κάθε ημιτύλιγμα απεικονίζεται: α) ο κεντρικός διακόπτης ελέγχου του ημιτυλίγματος (π.χ. 11), β) ο διακόπτης τομής/ζεύξης των δύο ζυγών του (π.χ. 11.0), και γ) ο διακόπτης ελέγχου κάθε ζυγού (π.χ. 11.1 και 11.2), που παρουσιάζεται μαζί με τους διακόπτες γραμμών.

Μέσα από την ανάλυση δραστηριότητας, προέκυψε η ανάγκη για τη δημιουργία μίας ανεξάρτητης απεικόνισης, που αποτυπώνει τους διακόπτες ελέγχου και τις βασικές παραμέτρους λειτουργίας κάθε ζυγού, προκειμένου να υποστηρίξονται κατάλληλα εκείνα τα βήματα των καθηκόντων, που απαιτούν εκτέλεση ενεργειών σε ζυγούς (π.χ. ισοφόρτιση ζυγών, παράλληλη λειτουργία, μεταγωγή φορτίων μέσω διασυνδετικών).

Αναπτύχθηκαν απεικονίσεις που αποτυπώνουν τις σημαντικές παραμέτρους λειτουργίας κάθε ζυγού, καθώς και ο τρόπος που μπορούν να διασυνδεθούν οι ζυγοί εντός του ίδιου ΜΣ ή μεταξύ διαφορετικών ΜΣ του κάθε ΚΔ. Η αρχική απεικόνιση του Επιπέδου Ζυγών (Εικόνα 9.13-αριστερά) ήταν απλή, και αποτύπωνε πληροφορία μόνο για τις παραμέτρους λειτουργίας κάθε ζυγού και για τις διασυνδέσεις μεταξύ των ζυγών διαφορετικών ΜΣ. Στην τελική μορφή (Εικόνα 9.13-δεξιά), το Επίπεδο Ζυγών αποτύπωνε τις ακόλουθες πληροφορίες.

Γράφημα φορτίων

Για κάθε τμήμα ζυγών έχει δημιουργηθεί ένα γράφημα φορτίων το οποίο απεικονίζει:

- το φορτίο κάθε τμήματος Ζυγών (πχ 11.2 έχει φορτίο 450 A)
- την τάση κάθε τμήματος Ζυγών (πχ 11.2 έχει 20,4KV)
- το συνολικό φορτίο ενεργών Πυκνωτών σε κάθε τμήμα Ζυγών (πχ στο 11.2 το φορτίο Πυκνωτών είναι 120 A)

Η σχέση Τάσεως – Φορτίου σε κάθε ζυγό, παρουσιάζεται μέσω ενός δύο διαστάσεων κλιμακούμενου ορθογωνίου, στην οριζόντια πλευρά του οποίου αποτυπώνεται η τάση εξόδου του ζυγού, ενώ στην κάθετη πλευρά του αποτυπώνεται το φορτίο του ζυγού. Έτσι, δύο παράμετροι συνδυάζονται σε ένα μόνο γραφικό αντικείμενο, διευκολύνοντας την αντιληπτική διαδικασία και την κατανόηση της μεταξύ τους σχέσης. Βάσει των αρχών λειτουργίας του ηλεκτρισμού, όταν αυξάνονται τα φορτία χαμηλώνει η τάση, έτσι όταν αυξάνει η κάθετη πλευρά θα μικραίνει η οριζόντια πλευρά του ορθογωνίου. Καθώς σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της τάσεως, παίζουν και οι πυκνωτές που είναι τοποθετημένοι πάνω σε κάθε ζυγό, το συνολικό τους φορτίο απεικονίζεται ενσωματωμένο πάνω στο κλιμακούμενο ορθογώνιο (μπεζ περιοχή), προκειμένου να διευκολύνεται η ερμηνεία της επίδρασης που έχουν στην τιμή της τάσης του ζυγού.

Το κλιμακούμενο ορθογώνιο αναπτύσσεται μέσα σε ένα οριοθετημένο πλαίσιο, που έχει οριζόντια και κάθετη κλίμακα τιμών. Το πεδίο τιμών των κλιμάκων, αποτυπώνει τη μέγιστη και ελάχιστη δυνατή τιμή τάσεως και φορτίου που μπορεί να έχει ένας ζυγός. Το πλαίσιο, είναι διαβαθμισμένο σύμφωνα με τα επιμέρους διαστήματα κάθε κλίμακας, ενώ αποτυπώνονται σε αυτό και τα συνιστώμενα όρια μέγιστης φόρτισης γραμμών, σε συνήθεις συνθήκες (πορτοκαλί εστιασμένη γραμμή κατά μήκος του πλαισίου αναφοράς) και κρίσιμες συνθήκες (κόκκινη εστιασμένη γραμμή για καύσιμα).

Η δημιουργία οριζόντια και κάθετα ευθυγραμμισμένων πλαισίων-κλιμάκων αναφοράς για τους τέσσερις ζυγούς, επιτρέπει: α) την εύκολη σύγκριση παραμέτρων (φορτίου-τάσης), β) την άμεση άθροιση των φορτίων των δύο ζυγών του ημιτυλίγματος 1 και του ημιτυλίγματος 2, και τη μεταξύ τους σύγκριση), γ) την διαπίστωση με απλή οπτική σάρωση της

απεικόνιση, του εάν οι ζυγοί είναι ισοφορτισμένοι, ή εάν σε κάποιους ζυγούς υπάρχουν προβλήματα υπέρτασης ή υπότασης.

Διασυνδέσεις

Στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών (Πίνακας 9.1), οι διασυνδετικές γραμμές που συνδέουν τους ζυγούς των τριών ΜΣ κάθε ΚΔ, αποτυπώνονται με γραμμές που συνδέουν τους δύο ζυγούς, κουμπώνοντας πάνω στο σύμβολο του αντίστοιχου διακόπτη κάθε ζυγού.

Στο ηλεκτρονικό πρωτότυπο οι ζυγοί των ΜΣ 1,2,3 κάθε ΚΔ, αποτυπώνονται σε χωριστό παράθυρο. Οι Διασυνδετικές γραμμές, σχεδιάσθηκαν έτσι ώστε να επιτρέπουν το γραφικό ταίριασμα και την δημιουργία φυσικής συνέχειας, κατά την οριζόντια παράθεση των παραθύρων Εποπτείας δύο ΜΣ στο Επίπεδο Ζυγών (Εικόνα 9.13-αριστερά). Με τον τρόπο αυτό τα δύο ανεξάρτητα παράθυρα δημιουργούν μία τρίτη ενοποιημένη απεικόνιση, που παρέχει επιπλέον πληροφορία. Η απεικόνιση αυτή, υποστηρίζει το αντιληπτικό καθήκον της σύγκρισης φορτίων σε ζυγούς διαφορετικών ΜΣ, και διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων για πιθανή μεταγωγή φορτίων μέσω διασυνδετικών.

Οι Διασυνδετικές γραμμές κουμπώνουν σε κάθε ζυγό πάνω στο οριοθετημένο πλαίσιο, στο σημείο που αντιστοιχεί στη χωρητικότητα τους (σημείο αγκίστρωσης). Έτσι, συγκρίνοντας οι χειριστές το ύψος του φορτίου του ΜΣ, σε σχέση με το σημείο που κουμπώνει η διασυνδετική (π.χ. ονομαστική χωρητικότητα 900 A), βοηθούνται στο να εξάγουν συμπεράσματα, για το εάν μπορεί να πραγματοποιηθεί η μεταγωγή των φορτίων του ζυγού μέσω της Διασυνδετικής. Τιμή φορτίου υψηλότερη από το σημείο αγκίστρωσης, δείχνει ξεκάθαρα ότι δεν είναι δυνατή η μεταγωγή φορτίων μέσω διασυνδετικής. Τιμή φορτίου χαμηλότερη από το σημείο αγκίστρωσης, δεν εξασφαλίζει απαραίτητα ότι μπορεί να γίνει η μεταφορά μέσω διασυνδετικής, αφού πρέπει να ελεγχθούν και άλλες παράμετροι.

Στην κάτω πλευρά των ζυγών κάθε ημιτυλίγματος, υπάρχει η γραμμή ζεύξης των ζυγών, και η γραμμή τροφοδοσίας των ζυγών από την υψηλή τάση. Απεικονίζονται επίσης οι διακόπτες των διασυνδετικών, οι διακόπτες τομής/ζεύξης ζυγών, οι διακόπτες τροφοδοσίας κάθε ζυγού, και ο κεντρικός διακόπτης τροφοδοσίας κάθε ημιτυλίγματος. Η θέση κάθε διακόπτη, αποτυπώνεται μέσα από την τρέχουσα, προσωρινή, και μόνιμη κατάσταση, όπως περιγράφηκε και στο επίπεδο Γραμμών (§9.8.1.1 – Εικόνα 9.12 – Πίνακας Διακοπών). Επιπλέον, προστέθηκε ένα πεδίο για τη σήμανση Εκκρεμοτήτων σε κάθε διακόπτη (π.χ. ύπαρξη τεχνικού προβλήματος, ειδικών απαιτήσεων χειρισμού κλπ), όπως υπάρχει αντίστοιχα στο Επίπεδο Γραμμών - Πίνακα Συνδεσιμότητας –σειρά 8^η (Εικόνα 9.12).

Οι διασυνδετικές γραμμές, οι γραμμές ζεύξης, και οι γραμμές τροφοδοσίας των ζυγών, αποτυπώνονται με μπορντό χρώμα όταν είναι ενεργές, και με γκρι χρώμα όταν είναι ανενεργές, προκειμένου να γίνεται άμεσα αντιληπτός ο τρόπος τροφοδοσίας ενός ζυγού.

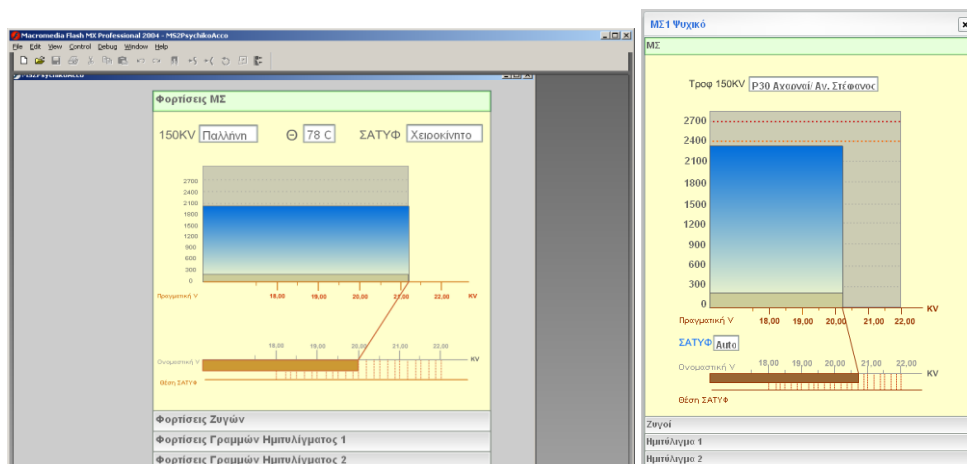
Η απεικόνιση του Επιπέδου Ζυγών, συνδυάζει πληροφορία από το Διάγραμμα Μετασχηματιστών (Θέσεις γραμμών - Διακοπών) και τον Πίνακα ελέγχου (φορτία στα κυκλικά ενδεικτικά), δημιουργώντας ένα διακριτό επίπεδο απεικόνισης πληροφορίας – πάνω από το επίπεδο γραμμών. Στην απεικόνιση, διατηρήθηκε η χωρική διευθέτηση των ημιτυλιγμάτων – ζυγών, καθώς και οι γραμμές σύνδεσης ζυγών που υπάρχουν στο παραδοσιακό Διάγραμμα Μετασχηματιστών, δημιουργώντας το σκελετό μίας οικείας απεικόνισης για τους χειριστές. Ο τρόπος απεικόνισης της σχέσης φορτίου – τάσης και της θέσεως/κατάστασης των διακοπών, στοχεύει στο να διευκολύνει τόσο την ενοποίηση πληροφορίας εντός του παραθύρου, όσο και μεταξύ δύο ή τριών διαφορετικών παραθύρων. Οι χειριστές αξιολόγησαν θετικά τον τρόπο απεικόνισης πληροφορίας στο Επίπεδο Ζυγών.

9.8.1.3 Επίπεδο Μετασχηματιστή

Η εποπτεία και ο έλεγχος των παραμέτρων λειτουργίας των ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, είναι διαμοιρασμένα στην αίθουσα ελέγχου ΥΤ και στην αίθουσα ελέγχου ΜΤ. Όπως παρουσιάστηκε στην Εθνογραφική ανάλυση (Κεφ.7-§7.3.3.2) και στην Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (Κεφ.8-§8.2.4), ισχύει μία τυπική κατανομή αρμοδιοτήτων, καθώς και καθιερωμένοι κανόνες που προσδιορίζουν σε ποιες περιπτώσεις και ποια χρονική στιγμή πρέπει να επικοινωνούν οι δύο αίθουσες μεταξύ τους για να ανταλλάσουν πληροφορία, προκειμένου να διαχειριστούν αποτελεσματικά τους ΜΣ.

Σε επίπεδο εποπτείας, κάθε αίθουσα έχει πρόσβαση σε διαφορετικές παραμέτρους λειτουργίας των ΜΣ. Ομοίως και σε επίπεδο ελέγχου των ΜΣ, άλλους χειρισμούς μπορούν να εκτελέσουν στην αίθουσα ΥΤ και άλλους στην αίθουσα ΜΤ. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να υπάρχει έγκαιρη συνεννόηση μεταξύ των δύο αιθουσών για να συντονίσουν κατάλληλα τις ενέργειες τους, προκειμένου να μην δημιουργηθεί μία δύσκολη ή μη-αναστρέψιμη κατάσταση λειτουργίας στο δίκτυο, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας (π.χ. καύσωνα), όπου οι ισορροπίες είναι πιο ευαίσθητες.

Στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, η πληροφορία για τις παραμέτρους λειτουργίας κάθε ΜΣ, υπάρχει κατανομημένη σε επιμέρους τεχνήματα όπως στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών (ρυθμιστής ΣΑΤΥΦ), στον Πίνακα Ελέγχου (Τιμή θέσης ΣΑΤΥΦ, τάση εξόδου), και στους έντυπους χάρτες δικτύου ΥΤ (τροφοδοτικές γραμμές ΥΤ κάθε ΜΣ). Από την Ανάλυση Δραστηριότητας (Κεφ.8-§8.2) προέκυψε ότι η αποτελεσματική εποπτεία και διαχείριση των ΜΣ, προϋποθέτει την ενοποίηση των πληροφοριών αυτών με επιπλέον πληροφορίες, μέσα από κατάλληλες οπτικές φόρμες. Έτσι, δημιουργήθηκε το Θυγατρικό Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ, το οποίο περιλαμβάνει: Γράφημα Φορτίων, Απεικόνιση των ρυθμίσεων λειτουργίας του ΣΑΤΥΦ, και πληροφορία για την τροφοδοτική γραμμή ΥΤ και τη Θερμοκρασία ΜΣ.



Εικόνα 9.14 Αρχική & τελική μορφή Επιπέδου ΜΣ

Γράφημα Φορτίων

Στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, τα φορτία του ΜΣ λαμβάνονται με άθροιση των επιμέρους φορτίων ημιτυλιγμάτων – ζυγών. Η σχέση συνολικού Φορτίου–τάσεως εξόδου ΜΣ, παρουσιάζεται μέσω ενός δύο διαστάσεων κλιμακούμενου ορθογωνίου, στην οριζόντια πλευρά του οποίου αποτυπώνεται η τάση εξόδου του ΜΣ, ενώ στην κάθετη πλευρά του αποτυπώνεται το φορτίο του ΜΣ (Εικόνα 9.14). Το συνολικό φορτίο των ενεργών πυκνωτών, απεικονίζεται στη βάση του κλιμακούμενου ορθογωνίου (μπεζ περιοχή).

Το κλιμακούμενο ορθογώνιο, αναπτύσσεται μέσα σε ένα οριοθετημένο πλαίσιο, που έχει οριζόντια και κάθετη κλίμακα τιμών. Το πεδίο τιμών των κλιμάκων, αποτυπώνει τη μέγιστη και ελάχιστη δυνατή τιμή τάσεως και φορτίου που μπορεί να έχει ένας ΜΣ. Το πλαίσιο, είναι διαβαθμισμένο σύμφωνα με τα επιμέρους διαστήματα κάθε κλίμακας, ενώ αποτυπώνονται σε αυτό και τα συνιστώμενα όρια μέγιστης φόρτισης ΜΣ σε συνήθεις συνθήκες (πορτοκαλί εστιγμένη γραμμή κατά μήκος του πλαισίου αναφοράς) και κρίσιμες συνθήκες (κόκκινη εστιγμένη γραμμή για καύσιμα). Οι μεταβολές στη γεωμετρία του κλιμακούμενου ορθογωνίου, διαμορφώνονται βάσει των κανόνων ηλεκτρισμού που περιγράφηκαν νωρίτερα στο επίπεδο Ζυγών (§9.8.1.1-γράφημα φορτίου ζυγών).

Ρύθμιση ΣΑΤΥΦ και Σχέση ονομαστικής – πραγματικής τάσεως εξόδου

Η τάση εξόδου ενός ΜΣ, προκύπτει από την αλληλεπίδραση του συνολικού φορτίου ενός ΜΣ, των επαγωγικών καταναλώσεων, και του χωρητικού φορτίου πάνω στο ΜΣ. Το Σύστημα Αλλαγής τάσεως Υπό φορτίο (ΣΑΤΥΦ) στην αυτόματη λειτουργία του, προσπαθεί να αντισταθμίσει τη σχέση των παραμέτρων αυτών, διατηρώντας την τάση εντός των αποδεκτών ορίων λειτουργίας. Η αντιστάθμιση αυτή, επιτυγχάνεται μέσα από την αυξομείωση της τιμής θέσης ρύθμισης ΣΑΤΥΦ.

Η Ανάλυση Δραστηριότητας σε πραγματικά περιστατικά (Κεφ.8), έδειξε ότι οι χειριστές και οι μηχανικοί ελέγχουν και ερμηνεύουν τη σχέση αυτών των παραμέτρων, προκειμένου να διαγνώσουν δυσλειτουργίες και να προχωρήσουν σε αποτελεσματική ρύθμιση του ΣΑΤΥΦ. Κάθε θέση του ΣΑΤΥΦ, αντιστοιχεί σε μία ονομαστική τιμή της τάσης. Εκτιμώντας νοητικά την απόκλιση της ονομαστικής τιμής από την πραγματική τιμή της τάσης, ερμηνεύουν τη συμπεριφορά του ΜΣ, και καταλήγουν σε συμπεράσματα για ενέργειες που πρέπει να γίνουν ή για πιθανές δυσλειτουργίες που παρουσιάζουν στοιχεία του ΜΣ. Οι χειριστές σε αυτές τις περιπτώσεις, χρησιμοποιούν πληροφορία που είναι διαθέσιμη στα επίπεδα Γενικής Λειτουργίας, Φυσικής λειτουργίας, και Φυσικής Μορφής του Μοντέλου Τεχνολογικού Συστήματος (Κεφ.8-§8.1.2).

Η σύγκριση παραμέτρων ως προς μία κοινή ή περισσότερες ευθυγραμμισμένες κλίμακες αναφοράς, επιτρέπει την πιο εύκολη σύγκριση παραμέτρων. Έτσι, παράλληλα και ευθυγραμμισμένα με τον οριζόντιο άξονα του γραφήματος Φορτίου (στον οποίο απεικονίζεται πραγματική τάση εξόδου ΜΣ), σχεδιάστηκαν δύο επιπλέον άξονες, ένας που απεικονίζει την τρέχουσα τιμή θέσης ΣΑΤΥΦ (τιμές από 1 έως 25) και ένας που απεικονίζει την ονομαστική τιμή τάσεως που αντιστοιχεί σε κάθε τιμή θέσης (Εικόνα 9.14). Μεταξύ των δύο αυτών αξόνων, αναπτύσσεται η οριζόντια «ράβδος θέσης ΣΑΤΥΦ», το δεξιό άκρο της οποίας ορίζεται από την τρέχουσα τιμή θέσης του ΣΑΤΥΦ και την αντίστοιχη ονομαστική τιμή τάσεως. Το μέγεθος της ράβδου αυξομειώνεται καθώς μεταβάλλεται η τιμή της θέσης ΣΑΤΥΦ.

Η σύνδεση με μία γραμμή, του άκρου της «ράβδου θέσης ΣΑΤΥΦ» με την τρέχουσα πραγματική τιμή της τάσεως στη βάση του «Γραφήματος Φορτίου», δημιουργεί μία απεικόνιση που ονομάζεται «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο», καθώς όταν οι τιμές πραγματικής και ονομαστικής τάσεως διαφέρουν μεταξύ τους, δημιουργούνται διαφορετικής γεωμετρίας τραπέζια (Εικόνα 9.14). Στην ιδανική περίπτωση που οι δύο τάσεις ταυτίζονται, δημιουργείται ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.

Η μεταβολή του μεγέθους και της κλίσης της γραμμής, παρέχει μία αντιληπτικά άμεση και διαισθητική ένδειξη διαφορών και αποκλίσεων για τα απεικονιζόμενα μεγέθη (οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται κυρίως την γωνία και όχι τόσο μέγεθος μίας γραμμής υπό κλίση). Η γραμμή με μεταβαλλόμενη κλίση, λειτουργεί κατάλληλα ως μία ποιοτική ένδειξη, για τον εντοπισμό του ότι κάτι δεν πάει καλά. Στην παρούσα απεικόνιση, που η γραμμή υπό κλίση ενώνει δύο οριζόντιες

βαθμονομημένες γραμμές που αντιστοιχούν σε κάποια μεγέθη, τότε αποτελεί και ποσοτική ένδειξη της μεταξύ τους σχέσης, αφού είναι πιο εύκολο να διαπιστώσει κανείς με ακρίβεια και σε αριθμητικό μέγεθος, ποια η μεταξύ τους σχέση.

Οι χειριστές συνεκτιμώντας την τρέχουσα γεωμετρία του «Γραφήματος Φορτίου» και του «Μεταβαλλόμενου Τραπεζίου», καταλήγουν σε συμπεράσματα για το αν η ηλεκτρική συμπεριφορά του ΜΣ είναι η αναμενόμενη ή όχι. Ο βαθμός απόκλισης από την αναμενόμενη κατάσταση (πόσο μεγαλύτερη ή μικρότερη είναι η πραγματική τάση από την ονομαστική), υποστηρίζει τους χειριστές στο να αποφασίσουν αν πρέπει να παρέμβουν ή όχι στον τρόπο λειτουργίας του ΜΣ, και με ποιο τρόπο (αφαίρεση/τοποθέτηση πυκνωτών, μετάβαση στο χειροκίνητο έλεγχο του ΣΑΤΥΦ κλπ), προκειμένου να κάνουν πιο ασφαλή και αποδοτική τη λειτουργία του. Σε περιπτώσεις που δεν είναι σαφές τι ακριβώς συμβαίνει, οι δύο απεικονίσεις διευκολύνουν τη διαδραστική εξερεύνηση της συμπεριφοράς του ΜΣ, καθώς οι χειριστές περνώντας στο χειροκίνητο έλεγχο του ΣΑΤΥΦ (Εικόνα 9.14, πεδίο «ΣΑΤΥΦ»), και αλλάζοντας την τιμή της θέσης ΣΑΤΥΦ, αναμένουν να δουν συγκεκριμένες αλλαγές στη γεωμετρία του τραπεζίου. Η εμφάνιση γεωμετρίας διαφορετικής από την αναμενόμενη, βοηθάει στη διάγνωση πιθανών δυσλειτουργιών του ΜΣ.

Το «Γράφημα φορτίου» και το «Μεταβαλλόμενο τραπέζιο» συνθέτουν μία ενοποιημένη απεικόνιση, που αποτυπώνει πώς οι επιμέρους παράμετροι λειτουργίας του ΜΣ διαμορφώνουν τη συνολική ηλεκτρική συμπεριφορά του. Μέσα από τη γεωμετρία των δύο απεικονίσεων, αναδύονται μοτίβα συμπεριφοράς των ΜΣ που σηματοδοτούν την ανάγκη εκτέλεσης συγκεκριμένων ενεργειών. Η αναγνώριση των μοτίβων από τους χειριστές, υποστηρίζει την ενεργοποίηση κανόνων της μορφής «Αν το συνολικό φορτίο του ΜΣ είναι Χ, η τάση εξόδου ΜΣ είναι Υ, και η τιμή της θέσης ΣΑΤΥΦ Ζ, τότε πρέπει να κάνω.. ή συμβαίνει αυτό...». Οι απεικονίσεις αυτές δεν είναι οικείες στους χειριστές, όμως οπτικοποιούν τους συλλογισμούς και τις νοητικές εικόνες που έκαναν οι ίδιοι κατά τη διαχείριση ζητημάτων ρύθμισης της τάσεως στους ΜΣ, και μπορούν να συμβάλουν στην έγκαιρη διαχείριση φαινομένων υπότασης, τα οποία είναι ιδιαίτερα έντονα σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου (π.χ. καύσωνες).

Τροφοδοτική Γραμμή ΥΤ

Η γραμμή ΥΤ που τροφοδοτεί ένα ΜΣ ΥΤ/ΜΤ θέτει σε αυτόν (§9.4.3): α) περιορισμούς διαθεσιμότητας ενέργειας, και β) περιορισμούς συμβατότητας με άλλους ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, κατά την εκτέλεση συγκεκριμένων χειρισμών (π.χ. παράλληλη λειτουργία). Και οι δύο αυτοί περιορισμοί, είναι περιορισμοί του δικτύου ΥΤ που μεταφέρονται στο δίκτυο ΜΤ, και αποτυπώνονται στο επίπεδο Αφηρημένης Λειτουργίας του Μοντέλου Συνεργαζόμενων Αίθουσών (Κεφ.8-§8.1.6), διαμορφώνοντας τις δυνατότητες δράσης στα κατώτερα επίπεδα του Πίνακα.

Περιορισμοί διαθεσιμότητας ενέργειας για ΜΣ, εκδηλώνονται συνήθως σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου (π.χ. καύσωνας), και μεταφέρονται ως προφορικές οδηγίες από την αίθουσα ΥΤ στην αίθουσα ΜΤ. Οι συνεννοήσεις για την έναρξη και τη λήξη ισχύος αυτών των περιορισμών, απαιτούν επαναλαμβανόμενους κύκλους επικοινωνίας μεταξύ των δύο αίθουσών, όπως είχε προκύψει από την εθνογραφική ανάλυση (Κεφ.7-§7.3.2) και την Ανάλυση Δραστηριότητας (Κεφ.8-§8.2.4). Οι επικοινωνίες συνοδεύονται από οδηγίες, για μείωση φορτίων σε ΜΣ που τροφοδοτούνται από γραμμές ΥΤ που είναι υπερφορτισμένες. Ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες, είναι σημαντικό οι χειριστές στην αίθουσα ΜΤ να γνωρίζουν έγκαιρα την ισχύ ενός τέτοιου περιορισμού, για να μην καταστρώνουν σενάρια μεταγωγής φορτίων που αντιβαίνουν τον περιορισμό. Εξετάζοντας σχεδιαστικά το ενδεχόμενο άμεσης απεικόνισης της πληροφορίας για το τρέχον φορτίο-δυναμικότητα γραμμής ΥΤ που τροφοδοτεί κάθε ΜΣ, στη «Συνοπτική Θέαση Μετασχηματιστών» σε χαρτί (§9.4.3 - Εικόνα 9.5) και στο «Χάρτη δικτύου ΥΤ» στην οθόνη Μιμικού Διαγράμματος (§9.6- Εικόνα 9.8), η κριτική των χειριστών ήταν ότι η προσθήκη αυτής της πληροφορίας θα επεκτείνει την περιοχή εποπτείας παραμέτρων για αυτούς, και ότι προτιμούν να ενημερώνονται προφορικά από την αίθουσα ΥΤ, εάν και όταν ένας τέτοιος περιορισμός ενεργοποιείται. Δοκιμάζοντας ένα τρίτο τρόπο παρουσίασης της σημαντικής αυτής πληροφορίας, προτάθηκε η απεικόνιση της τοπικά στο ΠΕΠ-επίπεδο ΜΣ, με τη μορφή που έχουν συνιστώμενα όρια μέγιστης φόρτισης γραμμών (Εικόνα 9.14, δεξιά, πορτοκαλί και κόκκινη γραμμή). Έτσι, θα «μεταφράζονται» γραφικά οι οδηγίες που λαμβάνουν οι χειριστές, μέχρι ποιο ύψος πρέπει να κρατήσουν τα φορτία σε συγκεκριμένους ΜΣ, και πόσα φορτία πρέπει να αφαιρέσουν από κάποιους άλλους. Τα «όρια φόρτισης από ΥΤ» θα απαλείφονται, όταν σταματήσουν να ισχύουν οι σχετικοί περιορισμοί στο δίκτυο ΥΤ.

Περιορισμοί συμβατότητας, προκύπτουν όταν δύο γραμμές ΥΤ που τροφοδοτούνται από διαφορετικά Κέντρα Υπερψηλής Τάσης (ΚΥΤ), τροφοδοτούν με τη σειρά τους δύο ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, στους οποίους πρέπει να γίνει χειρισμός (π.χ. να λειτουργήσουν παράλληλα). Στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, την πληροφορία αυτή την αναζητούν οι χειριστές στον «Έντυπο Χάρτη Δικτύου ΥΤ». Στο στάδιο ανάπτυξης σχεδιαστικών ιδεών στο ηλεκτρονικό Μιμικό Διάγραμμα (§9.6) δημιουργήθηκε ένας «χάρτης δικτύου ΥΤ», που μπορεί να προβληθεί πάνω στο δίκτυο ΜΤ (Εικόνα 9.8) και έτσι οι χειριστές μπορούν να ελέγχουν το κριτήριο της συμβατότητας δύο ΜΣ. Προκειμένου όλα τα χαρακτηριστικά λειτουργίας ενός ΜΣ να είναι συγκεντρωμένα (και να μην χρειάζεται να αναζητήσουν οι χειριστές την πληροφορία αυτή στην τοπολογική της μορφή στο ηλεκτρονικό Μιμικό Διάγραμμα), συμπεριλήφθηκε η πληροφορία αυτή σε ειδικό πεδίο με αλφαριθμητικούς χαρακτήρες στο Επίπεδο ΜΣ. Στον αρχικό σχεδιασμό του ηλεκτρονικού πρωτοτύπου (Εικόνα 9.14-αριστερά), αναφερόταν μόνο η προέλευση της γραμμής τροφοδοσίας ΥΤ του ΜΣ (πχ ΚΥΤ Παλλήνη), ενώ στον τελικό (Εικόνα 9.14-δεξιά) προστέθηκε και η ακριβής ονομασία της γραμμής ΥΤ π.χ. Ρ30.

Θερμοκρασία

Οι συναγερμοί θερμοκρασίας τυλιγματος ή πυρήνα των ΜΣ ΥΤ/ΜΤ εποπτεύονται από την αίθουσα ΥΤ. Όταν εμφανιστεί ένας τέτοιος συναγερμός, η αίθουσα ΥΤ ειδοποιεί τηλεφωνικά την αίθουσα ΜΤ, προκειμένου να προχωρήσουν σε απαραίτητες ενέργειες αποφόρτισης των ΜΣ. Οι συναγερμοί αυτοί εμφανίζονται συχνά σε συνθήκες καύσωνα, κυρίως τις

ώρες αιχμής 12.00 – 15.00, και μπορεί να έχουν εκδηλωθεί σε έναν ή περισσότερους ΜΣ ταυτόχρονα, γεγονός που περιορίζει σημαντικά τις δυνατότητες μεταγωγής φορτίων από ΜΣ με συναγερμό, σε άλλους που δεν έχουν συναγερμό. Στην αίθουσα ΜΤ, οι χειριστές διατηρούν στη μνήμη τους περιορισμούς-οδηγίες που έχουν λάβει προφορικά, προκειμένου να προσαρμόσουν κατάλληλα τη δράση τους. Κατά τη διάρκεια των συστηματικών παρατηρήσεων σε συνθήκες καύσωνα (Κεφ.7-§7.1.8, §7.1.9,§7.3.5.3), διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

α) η ενημέρωση της αίθουσας ΜΤ για έναν συναγερμό θερμοκρασίας, διακόπτει τη συνέχεια του έργου των χειριστών, ανατρέποντας συχνά και τα διαχειριστικά σενάρια που έχουν ήδη καταστρώσει.

β) κάποιες φορές λόγω φόρτου εργασίας στην αίθουσα ΥΤ, η ενημέρωση της αίθουσας ΜΤ για την έλευση αλλά και την παύση του συναγερμού δεν γίνεται άμεσα. Η καθυστέρηση στην ενημέρωση για έναν συναγερμό, έχει ως συνέπεια την μη άμεση εκτέλεση ενεργειών αποφόρτισης ενός ΜΣ, με συνέπεια την περαιτέρω επιδείνωση της θερμικής του κατάστασης, και με επακόλουθη συνέπεια το να τεθεί εκτός λειτουργίας. Αντίστροφα, η μη άμεση ενημέρωση για την παύση ενός συναγερμού θερμοκρασίας, αφήνει ενεργούς περιορισμούς στη δράση των χειριστών στην αίθουσα ΜΤ, που δεν ισχύουν πλέον.

γ) ο ισχύων τρόπος κατανομής αρμοδιοτήτων εποπτείας και ελέγχου μεταξύ των αιθουσών ΥΤ και ΜΤ, απαιτεί σημαντικό όγκο συνεννοήσεων μεταξύ των αιθουσών.

δ) κάποιοι χειριστές στην αίθουσα ΜΤ ενεργούσαν προληπτικά, επικοινωνώντας με τους επόπτες στα ΚΔ και ζητώντας πληροφορία για τις τρέχουσες τιμές θερμοκρασίες από τα τοπικά ενδεικτικά, καθώς υπάρχει και μία χρονική υστέρηση στην θερμική εικόνα των ΜΣ που έρχεται στις αίθουσες ελέγχου.

Κατά την Ανάλυση Δραστηριότητας περιστατικών σε συνθήκες καύσωνα (Κεφ.8-§8.2.3, §8.2.4), διαπιστώθηκε ότι η έγκαιρη γνώση της θερμικής εικόνας των ΜΣ, επιτρέπει την επιλογή καλύτερων στρατηγικών, την κατάστροψη πιο μακροπρόθεσμων πλάνων δράσης, και απομακρύνει το δίκτυο από ακραίες καταστάσεις, όπως το να τεθεί εκτός λειτουργίας ένας ΜΣ λόγω θερμοκρασίας.

Στο πλαίσιο του συμμετοχικού σχεδιασμού, ζητήθηκε από τους χειριστές να αξιολογήσουν την σχεδιαστική λύση όπου η θερμοκρασία ΜΣ θα ήταν άμεσα προσβάσιμη σε αυτούς μέσω κατάλληλης απεικόνισης (Εικόνα 9.14- αριστερά, Θερμοκρασία του ΜΣ 78°C).

Η πρώτη επισήμανση των χειριστών, ήταν ότι η απεικόνιση της πληροφορίας αυτής στην αίθουσα ΜΤ αντιβαίνει την ισχύουσα επίσημη κατανομή καθηκόντων, σύμφωνα με την οποία η εποπτεία αυτής της πληροφορίας ανήκει στην αίθουσα ΥΤ, στην οποία εμφανίζονται και οι σχετικοί συναγερμοί. Επίσης, θεωρούσαν ότι η πρόσβαση τους στην πληροφορία αυτή, θα επέκτεινε το όγκο των εποπτευόμενων παραμέτρων, μετακυλώντας σε αυτούς μέρος της ευθύνης παρακολούθησης της παραμέτρου.

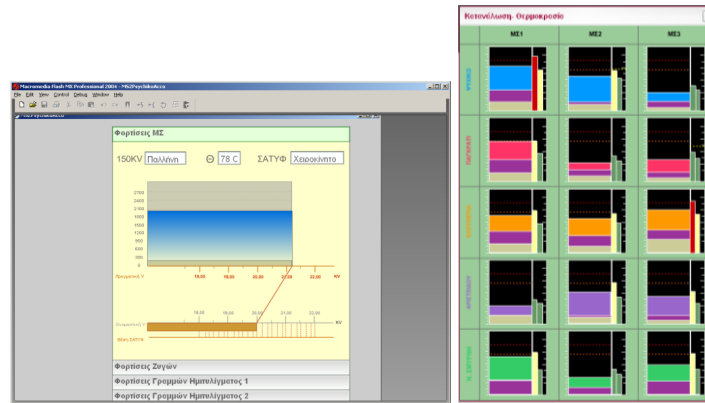
Δεδομένου ότι οι συναγερμοί θερμοκρασίας ΜΣ εκδηλώνονται σε συνθήκες καύσωνα, που ο νοητικός φόρτος από τη διαχείριση των περιστατικών είναι ήδη υψηλός, οι χειριστές δήλωσαν ότι το να ενημερώνονται για την θερμοκρασία μόνο όταν είχε εκδηλωθεί συναγερμός, λειτουργεί υπενθυμιστικά για ενέργειες που πρέπει να εκτελέσουν άμεσα. Πράγματι, κατά τη διάρκεια της εθνογραφικής ανάλυσης (Κεφ.7-§7.3.2) είχε διαπιστωθεί ότι οι παρεμβολές και οι διακοπές, ενώ γενικά επιβαρύνουν αρνητικά το νοητικό έργο των χειριστών καθώς διακόπτουν τη ροή δράσης, έχουν και θετική επίδραση καθώς λειτουργούν σαν υπενθυμίσεις.

Ο βαθμός που η συνεχής πρόσβαση στη θερμοκρασία ΜΣ, θα προκαλούσε διάχυση αρμοδιοτήτων μεταξύ των δύο αιθουσών, καθώς και ο βαθμός που θα οδηγούσε σε αποτελεσματικότερη διαχείριση των πόρων του δικτύου (π.χ. ο σχεδιασμός ενεργειών μεταγωγής φορτίων που δεν ακυρώνονται ξαφνικά από την αιφνίδια εμφάνιση ενός συναγερμού), μπορεί να διαπιστωθεί μελλοντικά σε ένα περιβάλλον προσομοίωσης του συνεργατικού έργου των δύο αιθουσών. Στο ίδιο περιβάλλον, μπορεί να μελετηθεί και ο νοητικός φόρτος των χειριστών, που αναπτύσσεται κατά την επεξεργασία πληροφορίας, και τον σχεδιασμό και εκτέλεση χειρισμών, όταν έχουν και όταν δεν έχουν μόνιμη πρόσβαση στην θερμική εικόνα ΜΣ.

9.8.2 Παράθυρο Ισχύος–Θερμοκρασίας

Σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του πεδίου όπως οι καύσωνες, οι ΜΣ του δικτύου έχουν πολλά φορτία, παρουσιάζονται περιορισμοί τροφοδοσίας σε αυτούς λόγω οριακής φόρτισης των γραμμών ΥΤ, παρουσιάζονται προβλήματα στη ρύθμιση της τάσης τους (φαινόμενα υπότασης στο δίκτυο), και εμφανίζουν κρίσιμες τιμές θερμοκρασίας τυλίγματος. Η εποπτεία των παραμέτρων αυτών για όλους τους ΜΣ είναι σημαντική, και για το λόγο αυτό είχε δημιουργηθεί αρχικά στο στάδιο της πρωτοτυποποίησης σε χαρτί η «Συνοπτική Θέση Μετασχηματιστών» (Εικόνα 9.5). Μέσα από τη διαδικασία ανάπτυξης των ηλεκτρονικών πρωτοτύπων, κάποιες από τις πληροφορίες αυτές (φορτίο ζυγών, ρύθμιση ΣΑΤΥΦ, φορτίο γραμμής ΥΤ) μεταφέρθηκαν σε επιμέρους θεάσεις, καθώς κρίθηκε καταλληλότερη η τοποθέτηση τους εκεί.

Κατά την Ανάλυση Δραστηριότητας πραγματικών περιστατικών στο Κεφ.8, είχε διαπιστωθεί ότι η αποτελεσματική εποπτεία του δικτύου, στηρίζεται στον άμεσο εντοπισμό των ΜΣ που παρουσιάζουν οριακή φόρτιση και κρίσιμη θερμική εικόνα, προκειμένου να πραγματοποιηθούν έγκαιρα ενέργειες αποφόρτισης σε αυτούς. Αντίστοιχα, όπως παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, είναι σημαντικό να μην πραγματοποιούνται μεταγωγές φορτίων σε ΜΣ που βρίσκονται σε κρίσιμη κατάσταση, προκειμένου να μην επιβαρυνθούν περαιτέρω και τεθούν εκτός λειτουργίας.



Εικόνα 9.15. Μεταφορά της Θερμοκρασίας ΜΣ στο παράθυρο Ισχύος-Θερμοκρασίας

Βάσει της αρχικής ιδέας της «Συνοπτικής Απεικόνιση Μετασηματιστών» και των αναγκών εποπτείας που προαναφέρθηκαν, δημιουργήθηκε το συγκεντρωτικό «Παράθυρο Ισχύος-Θερμοκρασίας» (Εικόνα 9.15, δεξιά). Το «Παράθυρο Ισχύος-Θερμοκρασίας» παρουσιάζει επιλεγμένες παραμέτρους λειτουργίας για τους τρεις ΜΣ κάθε ΚΔ. Η απεικόνιση για κάθε ΜΣ, αποτελείται από δύο περιοχές: την περιοχή Ισχύος, και την περιοχή θερμοκρασιών.

Στην περιοχή Ισχύος, παρουσιάζονται η Φαινόμενη Ισχύς κάθε ΜΣ, η Πραγματική Ισχύς, και η Άεργος ισχύς, με επικαλυπτόμενες ράβδους φόρτισης για κάθε ΜΣ· η Φαινόμενη με χρώμα ίδιο με την χρωματική ταυτότητα κάθε ΜΣ, η Πραγματική με μωβ χρώμα για κάθε ΜΣ, και η Άεργος με μπλε για κάθε ΜΣ.

Στην περιοχή θερμοκρασιών, παρουσιάζεται η Θερμοκρασία Πυρήνα και η Θερμοκρασία Τυλιγματος. Κάθε θερμοκρασία παρουσιάζεται με μία ράβδο φόρτισης, που χαρακτηρίζεται από την περιοχή ασφαλούς λειτουργίας (ράβδος πράσινου χρώματος), την περιοχή κρίσιμης λειτουργίας (ράβδος κίτρινου χρώματος), και την περιοχή συναγερμού (ράβδος κόκκινου χρώματος). Η μορφοποίηση του γραφήματος θερμοκρασιών, επιτρέπει τον άμεσο εντοπισμό των ΜΣ που παρουσιάζουν κρίσιμη θερμική εικόνα.

Στην προηγούμενη ενότητα διατυπώθηκαν οι προβληματισμοί των χειριστών, σχετικά με την μόνιμη πρόσβαση της αίθουσας ΜΤ στην θερμική εικόνα των ΜΣ, καθώς αυτή αποτελεί αντικείμενο εποπτείας της αίθουσας ΥΤ. Για το λόγο αυτό, η πληροφορία για τη θερμική εικόνα των ΜΣ, αφαιρέθηκε από το θυγατρικό Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ, και μεταφέρθηκε στο συγκεντρωτικό «Παράθυρο Ισχύος-θερμοκρασίας», αλλάζοντας ταυτόχρονα και τη μορφοποίηση της από αλφαριθμητική τιμή, σε χρωματικά κωδικοποιημένη απεικόνιση ράβδου (Εικόνα 9.15, αριστερά-δεξιά). Το «Παράθυρο Ισχύος-θερμοκρασίας» μπορεί να είναι ενεργό σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου (π.χ. καύσωνες), καθώς τότε αποκτούν κρίσιμες τιμές οι παράμετροι λειτουργίας που περιλαμβάνει. Έτσι, οι χειριστές θα μπορούν να την ενεργοποιήσουν, αξιοποιώντας την πληροφορία που παρουσιάζει κατά τη διαχείριση του πεδίου.

Διατηρώντας ταυτόχρονα την υπάρχουσα κατανομή αρμοδιοτήτων (όπου οι χειριστές της αίθουσας ΥΤ, θα πρέπει να ενημερώνουν προφορικά τους χειριστές της αίθουσας ΜΤ για την έλευση/παύση συναγερμού θερμοκρασίας), η δυνατότητα πρόσβασης των χειριστών της αίθουσας ΜΤ στο «Παράθυρο Ισχύος-θερμοκρασίας», αναμένεται να έχει τα ακόλουθα οφέλη:

- η απεικόνιση θα λειτουργεί υπενθυμιστικά για τις οδηγίες-περιορισμούς που έχουν πάρει από την αίθουσα ΥΤ, για το ποιοι ΜΣ είναι επιβαρυνμένοι και ποιοι έχουν συναγερμό, και έτσι δεν θα χρειάζεται να διατηρούν και να ανακαλούν την πληροφορία από τη μνήμη.
- οι χειριστές θα γνωρίζουν άμεσα και έγκαιρα πότε ένα στοιχείο ανέβασε θερμοκρασία, καταστρώνοντας μακροπρόθεσμα βιώσιμα σενάρια, τα οποία δεν θα απαιτούν αναπροσαρμογή, αφού δεν θα ανατρέπεται ξαφνικά η ροή των ενεργειών τους από την έλευση κάποιου συναγερμού θερμοκρασίας.
- οι χειριστές βλέποντας ποιοι ΜΣ παρουσιάζουν κρίσιμες τιμές, μπορούν να λειτουργούν προληπτικά, απομακρύνοντας έγκαιρα φορτία από ΜΣ που παρουσιάζουν τάση αύξησης της θερμοκρασίας, αποφεύγοντας έτσι τη διαβάθμιση καταστάσεων που μπορεί να οδηγήσουν σε περιορισμένα ή εκτεταμένα μπλακάουτ.

Το «Παράθυρο Ισχύος-Θερμοκρασίας», βασίζεται στην ιδέα της σχετικής με το πλαίσιο καθοδήγησης, και της προσαρμοσμένης απεικόνισης επιλεγμένων συγκεντρωτικών δεδομένων για συγκεκριμένη κατηγορία εργαζομένων. Σε πειραματικό επίπεδο, το «Παράθυρο Ισχύος-Θερμοκρασίας» επιτρέπει τη διερεύνηση των διαφορών στο τρόπο δράσης των εργαζομένων, όταν είναι διαθέσιμο και όταν δεν είναι. Έτσι, μπορεί να διαπιστωθεί πότε: αναπτύσσεται καλύτερα η συνεργασία μεταξύ των δύο αιθουσών, υποστηρίζεται καλύτερα το νοητικό έργο των χειριστών, και είναι πιο αξιόπιστη και αποτελεσματική η διαχείριση του πεδίου.

9.8.3 Παράθυρο Παράλληλης Λειτουργίας

Παράλληλη Τροφοδοσία			
Εναρξη	ΜονάδαΑ	ΜονάδαΒ	Στοιχείο
22/07/07 12:30	Πα-21.21	Αρ-11.15	1254
22/07/07 12:32	Αρ-21.4	Αρ-31.1	

Εικόνα 9.16 Παράθυρο Παράλληλης Λειτουργίας

Στο δίκτυο πραγματοποιούνται συχνά διάφοροι ειδικοί χειρισμοί, αξιοποιώντας τρόπους λειτουργίας που υποστηρίζουν διάφορα στοιχεία του δικτύου. Μία τέτοια περίπτωση, αποτελούν οι γραμμές του δικτύου που έχουν τεθεί σε παράλληλη λειτουργία, και στις οποίες πρέπει να δίνεται προσοχή σε όλη τη διάρκεια που βρίσκονται σε αυτή την προσωρινή κατάσταση λειτουργίας, μέχρι να τις επαναφέρουν στην αρχική κατάσταση λειτουργίας.

Η πληροφορία αυτή συνοψίζεται στο «Παράθυρο Παράλληλης Λειτουργίας». Στην πρώτη στήλη του πίνακα παρουσιάζεται η χρονική στιγμή έναρξης της παράλληλης λειτουργίας, στη δεύτερη και την τρίτη παρουσιάζεται η ταυτότητα των δύο στοιχείων/γραμμών που έχουν τεθεί σε παράλληλη λειτουργία, και τέλος σε περίπτωση που η παράλληλη λειτουργία έχει γίνει/ενεργοποιηθεί μέσω στοιχείου του δικτύου, η ταυτότητα του παρουσιάζεται στην τέταρτη στήλη. Το παράθυρο αυτό λειτουργεί υπενθυμιστικά, ώστε τέτοιοι χειρισμοί όταν εκκρεμούν, να μην διαφεύγουν της προσοχής των χειριστών, ακόμη και όταν διαχειρίζονται μεγάλο όγκο περιστατικών.

9.8.4 Παράθυρο Ρύθμισης ΣΑΤΥΦ

Ρύθμιση ΣΑΤΥΦ		
Εναρξη	ΚΔ	Μετοσημείωση
22/07/07 12:25	Ψυχικό	ΜΣ1
22/07/07 12:28	Παγκράτι	ΜΣ2

Εικόνα 9.17 Παράθυρο Ρύθμισης ΣΑΤΥΦ

Ο τρόπος ρύθμισης του ΣΑΤΥΦ ενός ΜΣ (αυτόματο, χειροκίνητο, τοπικό), αποτελεί σημαντική παράμετρο της λειτουργίας του (Κεφ.7-§7.2.2). Η συνήθης ρύθμιση είναι η αυτόματη λειτουργία, όπου γίνεται αυτορρύθμιση της τιμής θέσεως ΣΑΤΥΦ. Σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, ορισμένοι ΜΣ περνούν σε χειροκίνητη ρύθμιση, προκειμένου να ελέγχεται καλύτερα ο τρόπος λειτουργίας τους (§9.8.1.3).

Στην Οθόνη Εποπτείας, η πληροφορία για τον τρόπο ρύθμισης του ΣΑΤΥΦ κάθε ΜΣ, είναι καταγεγραμμένη στα επιμέρους Παράθυρα Εποπτείας-επίπεδο ΜΣ (Εικόνα 9.14). Δεδομένου ότι είναι σημαντικό να γνωρίζουν οι χειριστές ποια ΣΑΤΥΦ έχουν τεθεί σε χειροκίνητη ή τοπική ρύθμιση, δημιουργήθηκε το Παράθυρο Ρύθμισης ΣΑΤΥΦ, το οποίο παρουσιάζει συγκεντρωτικά όλους τους ΜΣ που βρίσκονται σε χειροκίνητη ή τοπική λειτουργία, προκειμένου να τους επιτηρούν πιο προσεκτικά οι χειριστές, και να τους υπενθυμίζεται η εκκρεμότητα επαναφοράς τους στην αυτόματη λειτουργία, όταν αυτό κριθεί σκόπιμο.

9.8.5 Παράθυρο Τροποποιήσεων Διακοπών

Τροποποιήσεις Διακοπών					
Εναρξη	ΜΣ	Διακόπτης	Στοιχείο	ΚΑΡΧ	ΚΤΕΛ
22/07/07	Ψυχ-ΜΣ2	21.4		ΚΑ	ΑΝ
22/07/07	Ψυχ-ΜΣ2	21.09		ΑΝ	ΚΑ
22/07/07	Πα-ΜΣ2	22.14	ΤΧΚ89	ΑΝ	ΚΑ

Εικόνα 9.18 Παράθυρο Τροποποιήσεων Διακοπών

Η θέση κάθε διακόπτη (ανοιχτό/κλειστό) και οι μεταβολές στη θέση αυτή, είναι σημαντικό να αποτυπώνονται, και για το λόγο αυτό κάθε διακόπτης περιγράφεται μέσα από την «Τρέχουσα-Προσωρινή-Μόνιμη» κατάσταση του, στο Παράθυρο Εποπτείας – Επίπεδο Γραμμών – Επίπεδο Ζυγών (Εικόνα 9.11, Εικόνα 9.13).

Το Παράθυρο Τροποποιήσεως Διακοπών, συνοψίζει τους διακόπτες στους οποίους έχει πραγματοποιηθεί προσωρινή αλλαγή της συνήθους κατάστασης τους. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζεται η χρονική στιγμή έναρξης τροποποίησης, στη

δεύτερη, τρίτη και τέταρτη στήλη παρουσιάζεται η ταυτότητα του ΜΣ, διακόπτη, και στοιχείου γραμμής, και στην πέμπτη και έκτη, η αρχική και τελική κατάσταση του διακόπτη. Το παράθυρο αυτό αποτελεί μία συγκεντρωτική θέαση, κατανεμημένης σε επιμέρους παράθυρα πληροφορίας, που υπενθυμίζει στους χειριστές να επαναφέρουν τα στοιχεία στην αρχική τους κατάσταση, όταν εκλείψουν οι λόγοι τροποποίησης.

9.9 Οθόνη Ελέγχου



Εικόνα 9.19 Οθόνη Ελέγχου

Στην παραδοσιακή αίθουσα ελέγχου η διαχείριση των διακοπών και του ΣΑΤΥΦ γίνεται μέσω της Τράπεζας Χειρισμών πάνω στο Διάγραμμα Μετασηματιστών, το οποίο έχει μορφή μονογραμμικού διαγράμματος. Στα ηλεκτρονικά συστήματα εποπτείας και ελέγχου Υποσταθμών (SCADA), που υπάρχουν επίσης στην παραδοσιακή αίθουσα ελέγχου, ο έλεγχος των διακοπών γίνεται με απευθείας διάδραση με τα εικονίδια των διακοπών στα μονογραμμικά διαγράμματα.

Αρχικά, εξετάστηκε το ενδεχόμενο χειρισμού των διακοπών και του ΣΑΤΥΦ των ΜΣ, πάνω στα τρία επίπεδα Γραμμών-Ζυγών-Μετασηματιστή στα Παράθυρα Εποπτείας, της Οθόνης Εποπτείας (§9.8.1). Για το εάν υποστηρίζεται η δυνατότητα αυτή, είχε τεθεί σχετικό ερώτημα και από εργαζόμενο με προγενέστερη εμπειρία σε αίθουσα ελέγχου ηλεκτρικών δικτύων (εκτός του παρόντος πεδίου μελέτης), κατά την παρουσίαση του ηλεκτρονικού πρωτότυπο της Οθόνης Εποπτείας σε επιστημονική συνάντηση.

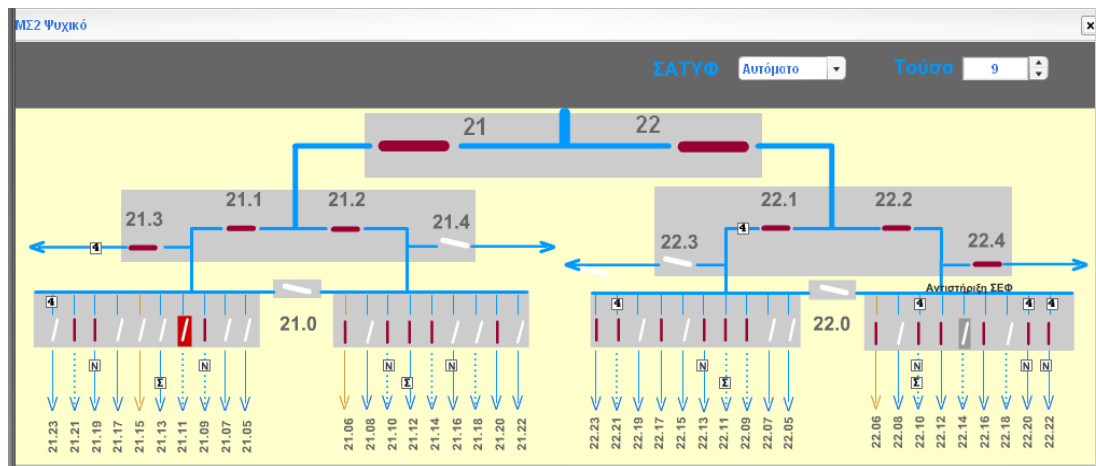
Τα Παράθυρα Εποπτείας έχουν διαμορφωθεί έτσι, ώστε να ενοποιούν ποικίλες ποσοτικές, λειτουργικές και τοπολογικές πληροφορίες, στα επιμέρους επίπεδα εποπτείας κάθε ΜΣ. Τα μονογραμμικά διαγράμματα αποτυπώνουν πληροφορία συνδεσιμότητας για το σύνολο των διακοπών κάθε ΜΣ (θέση ανοιχτός/κλειστός). Τα μονογραμμικά υποστηρίζουν ιδιαίτερα το διαγνωστικό έργο των χειριστών, κατά την διερεύνηση συναγεμμένων που καλύπτουν πολλαπλές ζώνες διακοπών. Προκειμένου να αξιοποιηθούν, τόσο τα πλεονεκτήματα των απεικονίσεων εποπτείας που είχαν ήδη δημιουργηθεί για κάθε ΜΣ, όσο και τα πλεονεκτήματα των μονογραμμικών διαγραμμάτων, κρίθηκε σκόπιμο να διαχωριστεί το περιβάλλον εποπτείας από το περιβάλλον ελέγχου.

Η Οθόνη Ελέγχου που δημιουργήθηκε έχει αντίστοιχη αρχιτεκτονική με την Οθόνη Εποπτείας, και περιλαμβάνει ένα Παράθυρο Ελέγχου (ΠΕΛ) για κάθε ΜΣ (Εικόνα 9.19). Κάθε Παράθυρο Ελέγχου παρουσιάζει τους διακόπτες του μετασηματιστή σε δομή μονογραμμικού διαγράμματος, και μέσα από αυτό γίνεται: α) αναγνώριση των συναγεμμένων, β) διαχείριση των διακοπών, και γ) διαχείριση των ρυθμίσεων ελέγχου του Συστήματος Αλλαγής Τάσεως Υπό Φορτίο.

Όταν ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός των Παραθύρων Ελέγχου, δημιουργήθηκαν και δύο συγκεντρωτικές θεάσεις: α) το Παράθυρο Αναγγελιών, που συνοψίζει σε ποιες ζώνες διακοπών κάθε ΜΣ εκκρεμεί κάποιος συναγεμμός, και β) το Παράθυρο Σταδίων Απόρριψης, που συνοψίζει σε ποιο στάδιο απόρριψης, και για ποια τιμή της συχνότητας ενεργοποιείται η απόρριψη φορτίων στους ΜΣ κάθε ΚΔ.

Στη δομή περιεχομένων της Οθόνης Ελέγχου –στην αριστερή πλευρά– υπάρχουν χρωματικά κωδικοποιημένα και ομαδοποιημένα ανά ΚΔ τα κουμπιά ενεργοποίησης των Παραθύρων Ελέγχου, ενώ στη δεξιά πλευρά υπάρχουν τα κουμπιά ενεργοποίησης των συγκεντρωτικών θεάσεων.

9.9.1 Παράθυρο Ελέγχου Μετασχηματιστή



Εικόνα 9.20 Παράθυρο Ελέγχου Μετασχηματιστή

Το Παράθυρο Ελέγχου (ΠΕΛ) παρουσιάζει τους διακόπτες ελέγχου και τις γραμμές του ΜΣ σε μία αναπροσαρμοσμένη μορφοποίηση του Διαγράμματος ΜΣ. Το ΠΕΛ εξυπηρετεί την εκτέλεση χειρισμών πάνω στα στοιχεία του ΜΣ, καθώς και την αναγνώριση και πρώτη αξιολόγηση των εμφανιζόμενων συναγερμών, που υποστηρίζονται επίσης από το Διάγραμμα Μετασχηματιστών (Πίνακας 9.1).

Πολλοί συναγερμοί που εκδηλώνονται σε ένα ΜΣ, συνδέονται με συγκεκριμένες ζώνες διακοπών. Για το λόγο αυτό, γκρι πλαίσια έχουν χρησιμοποιηθεί για να ομαδοποιηθούν γραφικά οι διακόπτες στα τρία δομικά επίπεδα του μετασχηματιστή (ΜΣ – Ζυγοί -Γραμμές) (Εικόνα 9.20). Η ομαδοποίηση των διακοπών, βοηθάει στην ερμηνεία της ταυτόχρονης εμφάνισης συναγερμών σε έναν, δύο ή περισσότερους διακόπτες ενός ΜΣ, ενώ εξυπηρετεί και τη σύνδεση κάθε ζώνης με τα αντίστοιχα επίπεδα απεικονίσεων πληροφορίας για γραμμές-ζυγούς - ΜΣ του Παραθύρου Εποπτείας (§9.8.1).

Στο Παράθυρο Ελέγχου, χρησιμοποιούνται οι κωδικοποιήσεις χρωμάτων, σχημάτων και εννοιών που υιοθετήθηκαν στο Παράθυρο Εποπτείας, προκειμένου να υπάρχει αντιληπτική συνέχεια και συνέπεια στην πληροφορία που παρουσιάζουν τα δύο παράθυρα. Έτσι, ο σκελετός κάθε μονογραμμικού ΜΣ (Εικόνα 9.20) έχει τη χρωματική ταυτότητα του ΚΔ στο οποίο βρίσκεται ο ΜΣ (π.χ. μπλε για το Ψυχικό). Οι Διασυνδεδετικές γραμμές, οι τυπικές γραμμές ΜΤ και οι γραμμές πυκνωτών, παρουσιάζονται με γραφικά «διανύσματα». Οι Γραμμές με πυκνωτές δηλώνονται με διάνυσμα μπλε χρώματος. Γραμμές που περιλαμβάνουν και εναέριο τμήμα απεικονίζονται με εστιγμένη γραμμή διανύσματος (όπως στο Μιμικό Διάγραμμα - §9.6, και στον Πίνακα Συνδεσιμότητας -§9.8.1.1).

Πάνω στα διανύσματα των γραμμών, παρουσιάζεται με χρήση «αλφαριθμητικών σημαιών» (που χρησιμοποιήθηκαν και στον Πίνακα Συνδεσιμότητας §9.8.1) επιλεγμένη πληροφορία για το: α) αν υπάρχει ειδικός πελάτης πάνω στη γραμμή (σημαία «Σ»), β) αν πρόκειται για κοινή γραμμή με άλλα ΚΕΔΔ (σημαία «N» για Ν. Ιωνίας, «Π» για Παλλήνης). Οι πληροφορίες αυτές υπάρχουν και στο Παράθυρο Εποπτείας, αλλά κρίθηκε σκόπιμο να υπάρχουν και εδώ, προκειμένου να λειτουργούν ως υπενθύμιση πριν εκτελέσει κάποιος ένα χειρισμό.

Πληροφορία για το στάδιο απόρριψης στο οποίο ανήκει μία γραμμή, είχε τοποθετηθεί αρχικά στον Πίνακα Συνδεσιμότητας, αλλά μετά αφαιρέθηκε (Εικόνα 9.11, αριστερά -δεξιά), καθώς κρίθηκε ότι συνδέεται με την αξιολόγηση των εμφανιζόμενων συναγερμών, δραστηριότητα που υποστηρίζεται κυρίως από τα Παράθυρα Ελέγχου. Για το λόγο αυτό οι «σημαίες» με τον αριθμό του σταδίου (πχ «4» για το Στάδιο 4) τοποθετήθηκαν πάνω στα διανύσματα των γραμμών (Εικόνα 9.20). Επίσης εάν σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου (π.χ. καύσωνας) ληφθεί απόφαση για ενεργοποίηση των σταδίων απόρριψης, υποδεικνύονται άμεσα οι αντίστοιχοι διακόπτες ενεργοποίησης.

Η θέση των διακοπών αποτυπώνεται μέσα από τα σύμβολα για ανοικτό/κλειστό διακόπτη, που χρησιμοποιούνται στα παραδοσιακά ηλεκτρικά μονογραμμικά διαγράμματα, και την χρωματική κωδικοποίηση λευκό/κόκκινο που έχει χρησιμοποιηθεί και στο παράθυρο Εποπτείας. Έτσι, διακόπτης κλειστός, συμβολίζεται με κόκκινο χρώμα και δημιουργεί ένα συνεχές διάνυσμα, ενώ διακόπτης ανοικτός, συμβολίζεται με λευκό χρώμα και δημιουργεί ασυνέχεια στο διάνυσμα. Κόκκινο πλαίσιο που περιβάλλει ανοικτό διακόπτη, δηλώνει την ύπαρξη συναγερμού για το συγκεκριμένο στοιχείο, ενώ κίτρινο πλαίσιο δηλώνει συναγερμό που έχει αναγνωριστεί. Έντονο γκρι πλαίσιο γύρω από ανοικτό διακόπτη, δηλώνει ότι δεν επιτρέπεται χειρισμός στο συγκεκριμένο διακόπτη λόγω βλάβης ή εκτέλεσης εργασιών σε αυτό.

Σε ορισμένες περιπτώσεις οι χειριστές πριν εκτελέσουν χειρισμό σε κάποιο διακόπτη, αναζητούσαν συγκεκριμένες πληροφορίες π.χ. στο Μιμικό Διάγραμμα ή σε έντυπα και ηλεκτρονικά αρχεία (π.χ. πλήθος των φορών που έχει τεθεί εκτός λειτουργίας ένας διακόπτης λόγω βραχυκυκλώματος). Πάνω σε κάθε διακόπτη μπορεί να ενεργοποιηθεί κανείς «Ετικέτες πληροφορίας» (π.χ. «Αντιστήριξη ΣΕΦ»), και καρτέλες με επιπλέον πληροφορία (ιστορικό πτώσεων διακοπών, κλπ), με κατάλληλες ενέργειες της δεικτικής συσκευής. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται ο χρόνος αναζήτησης της πληροφορίας, καθώς αυτή είναι άμεσα διαθέσιμη τοπικά.

Ο έλεγχος του Συστήματος Αλλαγής Τάσεως Υπό Φορτίο (§9.8.1.3, §9.8.4), γίνεται με χρήση του επιλογέα τρόπου λειτουργίας (χειροκίνητο, αυτόματο, τοπικό) και του επιλογέα ρύθμισης της θέσης (π.χ. 9).

Τα απλά μονογραμμικά διαγράμματα, αποτελούν μία απεικόνιση οικεία στους χειριστές, καθώς αυτά χρησιμοποιούνται και από τα παραδοσιακά συστήματα οπτικοποίησης πληροφορίας για δίκτυα. Η παρούσα μορφοποίηση του μονογραμμικού διαγράμματος (χρωματική κωδικοποίηση γραμμών, ζώνες-ομάδες διακοπών, χρωματική κωδικοποίηση κατάστασης διακοπών), και η προσθήκη επιλεγμένης πληροφορίας για τις γραμμές και τους διακόπτες, οδήγησε στη δημιουργία μίας εμπλουτισμένης δομής απεικόνισης, που είχε θετική αποδοχή από τους χειριστές.

9.9.2 Παράθυρο Αναγγελιών



Εικόνα 9.21 Συγκεντρωτική Απεικόνιση Αναγγελιών

Στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, στον Πίνακα Ελέγχου, παρουσιάζονται αριθμητικά κωδικοποιημένοι οι συναγερμοί που εκδηλώνονται σε κάθε ΚΔ. Επιπλέον, στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών, οι χειριστές έχουν άμεση οπτική επαφή με όλους τους διακόπτες των ΜΣ, στους οποίους έχει ενεργοποιηθεί συναγερμός (Πίνακας 9.1).

Στο ηλεκτρονικό πρωτότυπο, στην Οθόνη Αναγγελιών, στην Καρτέλα Συναγερμών σε μορφοποίηση πίνακα (Εικόνα 9.9), έχει κανείς δυνατότητα να δει το σύνολο των συναγερμών που έχουν εκδηλωθεί πρόσφατα σε όλο το σύστημα ή και σε κάθε επιμέρους ΚΔ (καρτέλες επιμέρους ΚΔ).

Στην Οθόνη Ελέγχου, οι ενεργοί συναγερμοί απεικονίζονται σε κάθε επιμέρους παράθυρο ΠΕΛ (Εικόνα 9.20). Όμως σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας (π.χ. καύσωνες) που μπορεί να ενεργοποιηθούν πολλοί συναγερμοί ταυτόχρονα, είναι σημαντικό να βλέπει ο χειριστής συγκεντρωτικά σε ποιους ΜΣ, και σε ποιες επιμέρους ζώνες τους, εκκρεμούν συναγερμοί. Προκειμένου να καλυφθεί αυτή η απαίτηση, δημιουργήθηκε στην Οθόνη Ελέγχου, το Παράθυρο Αναγγελιών (Εικόνα 9.21), στο οποίο για κάθε ΜΣ σε κάθε ΚΔ απεικονίζονται σε μικρογραφία οι τρεις ζώνες διακοπών του (§9.9.1). Εάν σε κάποια ζώνη υπάρχει συναγερμός σε ένα ή περισσότερα στοιχεία της, εμφανίζεται μία λευκή κουκίδα. Το Παράθυρο Αναγγελιών σε συνδυασμό με το Παράθυρο Ισχύος – θερμοκρασίας (§9.8.2) στην Οθόνη Εποπτείας, βοηθάει τους χειριστές στο να εντοπίσουν ποιοι ΜΣ έχουν περιθώρια εκτέλεσης χειρισμών (π.χ. είναι δυνατή η μεταγωγή φορτίων σε αυτούς) και ποιοι όχι.

9.9.3 Παράθυρο Σταδίων Απόρριψης

ΚΔ	ΣΤ1	ΣΤ2	ΣΤ3	ΣΤ4
Συχνότητα	49,0 Hz	48,8 Hz	48,4 Hz	48,2 Hz
ΨΥΧΙΚΟ				31.23
ΠΑΓΚΡΑΤΙ				31.23
ΚΑΛΛΙΘΕΑ		31.23		
Ν.ΣΜΥΡΝΗ			11.23	
ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ				31.23

Εικόνα 9.22 Στάδια Απόρριψης

Σε περιπτώσεις κρίσιμων συνθηκών, όπου παρατηρείται μεγάλη ζήτηση ενέργειας μπορεί να εκδηλωθούν προβλήματα υποσυχνότητας στο δίκτυο και να υπάρξει αυτόματη απόρριψη φορτίων (Κεφ.7-§7.2.1). Εάν ενεργοποιηθεί ένα στάδιο, θα τεθούν εκτός λειτουργίας όλοι οι διακόπτες στους ΜΣ διαφορετικών ΚΔ που ανήκουν στο στάδιο αυτό (οι επιμέρους διακόπτες κάθε ΜΣ που ανήκουν σε κάποιο στάδιο απόρριψης αποτυπώθηκαν στο Παράθυρο Ελέγχου, Εικόνα 9.20). Προκειμένου οι χειριστές να μπορούν να αντιληφθούν άμεσα πότε συμβαίνει αυτό, δημιουργήθηκε το Παράθυρο Σταδίων Απόρριψης που απεικονίζει με συνοπτικό τρόπο σε μορφή Πίνακα, τα Στάδια Απόρριψης από Υποσυχνότητα (ΣΤ1, ΣΤ2,

ΣΤ3, κλπ) μαζί με την τιμή της συχνότητας (49,0 Hz, 48,8 Hz, 48,4 Hz, 48,2Hz) στην οποία ενεργοποιούνται, καθώς και ο διακόπτης σε κάθε ΚΔ μέσω του οποίου ενεργοποιείται η απόρριψη (Εικόνα 9.22). Σε περίπτωση μαζικής έλευσης συναγερμών, πιθανή αυτόματη ενεργοποίηση της λειτουργίας απόρριψης, μπορεί να διαπιστωθεί με συνδυαστική ανάγνωση του Παραθύρου Αναγγελιών και του Παραθύρου Σταδίων Απόρριψης.

9.10 Νέο Περιβάλλον Διάδρασης

Μελέτες έχουν δείξει ότι οι εργαζόμενοι απορρίπτουν εξ' αρχής, και αρνούνται ακόμη και να διερευνήσουν ή να προτείνουν τροποποιήσεις σε νέες, μη-οικείες απεικονίσεις πληροφορίας, οι οποίες απαιτούν μεγάλη νοητική επεξεργασία (Dear den et al., 2003, Green & Blackwell, 1998). Δεδομένου ότι η οικολογική φιλοσοφία σχεδιασμού που εφαρμόστηκε, εισάγει σύνθετες απεικονίσεις με τις οποίες οι χειριστές στο χώρο της διανομής δεν είναι εξοικειωμένοι, και προκειμένου να αποφευχθεί η προαναφερθείσα αντίδραση από πλευράς τους, επιδιώχθηκε η αξιοποίηση του συμβολικού συστήματος και των αποτελεσματικών σχηματικών αναπαραστάσεων του παραδοσιακού διαμεσολαβητή, κατά τη διαμόρφωση των εννοιών και των σχημάτων που εισάγουν τα πρωτότυπα. Ειδικότερα, η διαπραγμάτευση σχεδιαστικών λύσεων στα πρωτότυπα, βοήθησε τη δημιουργία αμοιβαία κατανοητής γλώσσας επικοινωνίας χειριστών – γνωσιακού μηχανικού, και διευκόλυσε την συστηματική αντιστοίχιση των εννοιών και όρων του πεδίου στις νέες σχεδιαστικές οντότητες. Δόθηκε προσοχή, ώστε να μην χρησιμοποιηθούν παλαιές καθιερωμένες συμβολικές απεικονίσεις για να αποδώσουν νέες έννοιες (χρησιμοποιήθηκαν οι παλαιές αυτούσιες ή ορίστηκαν νέες). Οι νέες έννοιες, σύμβολα ή σχήματα που εισάγονται (π.χ. Σημεία Συνδεσιμότητας), διαμορφώθηκαν έτσι ώστε να είναι εύκολα ερμηνεύσιμες σύμφωνα με την προϋπάρχουσα γνώση των χειριστών, και να είναι μικρός ο νοητικός φόρτος των χειριστών κατά την εξοικείωση με αυτές. Ο τρόπος που λειτουργεί νοητικά η σύζευξη των εννοιών, συμβόλων και δομών απεικόνισης που «κληρονομούνται» από τα προϋπάρχοντα τεχνήματα (παραδοσιακός διαμεσολαβητής και ηλεκτρονικές εφαρμογές ΤΧ ΥΣ) με αυτές που παρουσιάζονται για πρώτη φορά, αποτυπώνεται μέσα από την αναλυτική αξιολόγηση του τελικού πρωτότυπου διαμεσολαβητή, στο επόμενο στάδιο του κύκλου γνωσιακού σχεδιασμού.

Ο σχεδιασμός έδωσε έμφαση και στην αποτελεσματική υποστήριξη του συνεργατικού έργου της αίθουσας μέσης τάσεως με άλλες αίθουσες, καθώς είναι καθοριστικής σημασίας για την εξέλιξη των γεγονότων σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου. Λαμβάνοντας υπόψη τις ισχύουσες αρμοδιότητες εποπτείας και ελέγχου των δικτύων των επιμέρους αιθουσών ελέγχου, αλλά δίνοντας κυρίως βαρύτητα στις εξαχθείσες απαιτήσεις και προδιαγραφές σχεδιασμού, διαμορφώθηκαν σχεδιαστικές λύσεις για τις ακόλουθες περιπτώσεις.

Η πληροφορία για γραμμές τις οποίες συνδιαχειρίζονται δύο αίθουσες ελέγχου μέσης τάσης, αποτυπώθηκε στην Οθόνη εποπτείας/Παράθυρο Εποπτείας/Επίπεδο Γραμμών/Πίνακας Συνδεσιμότητας-3^η σειρά, με αλφαριθμητική «Σημεία» (§9.8.1.1 – Εικόνα 9.11), ενώ κατά τη διέλευση της δεικτικής συσκευής πάνω από τη σημεία, εμφανίζεται επιπλέον αναλυτική πληροφορία για τα στοιχεία που βρίσκονται στο όριο αρμοδιότητας. Η ενοποίηση της πληροφορίας αυτής με τις λοιπές πληροφορίες στο Επίπεδο Γραμμών, υποστηρίζει την ορθή διαχείριση των διασυννοριακών στοιχείων και των γραμμών αυτών, και τον κατάλληλο συντονισμό ενεργειών μεταξύ των συνεργαζόμενων αιθουσών.

Η πληροφορία για οριακή φόρτιση της τροφοδοτικής γραμμής ΥΤ κάποιων ΜΣ ΥΤ/ΜΤ, έρχεται προφορικά από την αίθουσα ΥΤ στην αίθουσα ΜΤ. Αρχικά προτάθηκε η απεικόνιση της, στη «Συνοπτική Θέση ΜΣ» σε μορφοποίηση ράβδου (§9.4.3 - Εικόνα 9.5) και μετέπειτα στην Οθόνη Μιμικού Διαγράμματος στο Χάρτη Γραμμών Δικτύου ΥΤ (§9.6 – Εικόνα 9.8), ως ένδειξη πάνω στη γραμμή ΥΤ. Και οι δύο σχεδιαστικές λύσεις απορρίφθηκαν από τους χειριστές, καθώς θεωρούσαν ότι θα τους προσέθετε αρμοδιότητες εποπτείας της παραμέτρου. Η οριακή φόρτιση μίας τροφοδοτικής γραμμής ΥΤ, συνεπάγεται την ανάγκη μείωσης φορτίων ή τη διατήρηση των φορτίων σε χαμηλότερο επίπεδο στους τροφοδοτούμενους από αυτή ΜΣ. Οι περιορισμοί αυτοί – για το διάστημα που ισχύουν- αποτυπώνονται ως «προσωρινά όρια φόρτισης ΜΣ» πάνω στο πλαίσιο γραφήματος φορτίου ΜΣ στην Οθόνη Εποπτείας/Παράθυρο Εποπτείας/Επίπεδο ΜΣ (§9.8.1.3 – Εικόνα 9.14). Έτσι, αντί να δοθεί αυτούσια η πληροφορία για τη γραμμή ΥΤ, αποτυπώνεται με τον τρόπο που αυτή «μεταφράζεται» σε περιορισμούς στο δίκτυο ΜΤ.

Η πληροφορία για την έναρξη και παύση κρίσιμης τιμής της θερμοκρασίας των ΜΣ ΥΤ/ΜΤ μεταφέρεται προφορικά από την αίθουσα ΥΤ στην αίθουσα ΜΤ. Στον πρώτο κύκλο σχεδιασμού του ηλεκτρονικού πρωτοτύπου, προτάθηκε η απεικόνιση της στην Οθόνη εποπτείας/Παράθυρο Εποπτείας/Επίπεδο ΜΣ (§9.8.1.3 – Εικόνα 9.14 αριστερά), προκειμένου να μειωθεί ο όγκος συνεννοήσεων και συνεργασιών που απαιτούνται μεταξύ των αιθουσών ΥΤ και ΜΤ – και να επιτρέψει στους χειριστές να καταστρώνουν σενάρια δράσης που θα είναι βιώσιμα μακροπρόθεσμα. Επιπλέον, η λύση αυτή στόχευε στο να μειώσει το νοητικό φόρτο, που απορρέει από τη διατήρηση και ανάκληση από τη μνήμη πληροφοριών και περιορισμών για πολλούς ΜΣ, που λαμβάνουν ταυτόχρονα οι χειριστές σε κρίσιμες συνθήκες. Η αντίδραση των χειριστών ήταν ότι η συνεχής πρόσβαση στην πληροφορία θερμοκρασίας, θα αύξανε τον όγκο της εποπτευόμενης πληροφορίας και την διαχειριστική ευθύνη που συνεπάγεται η άμεση γνώση της.

Κατά τον ανασχεδιασμό του ηλεκτρονικού πρωτοτύπου (προκειμένου ο σχεδιασμός αφενός να είναι σύμφωνος με την ισχύουσα διαοργανωσιακή κατανομή πληροφορίας, και αφετέρου να ικανοποιούνται οι σχεδιαστικές απαιτήσεις της ανάλυσης), έγινε μεταφορά της πληροφορίας θερμοκρασίας σε ειδική θέση η οποία περιλαμβάνει συγκεντρωτική πληροφορία (§9.8.2 – Εικόνα 9.15), και εξυπηρετεί την εποπτεία του δικτύου σε κρίσιμες συνθήκες. Το «Παράθυρο Ισχύος-Θερμοκρασίας» επιτρέπει τη δημιουργία δύο συνθηκών ελέγχου, κατά την αξιολόγηση του τελικού πρωτότυπου διαμεσολαβητή με πραγματικά σενάρια χρήσης: α) μία που δεν θα είναι διαθέσιμο (συνθήκες παραδοσιακού

διαμεσολαβητή αίθουσας ελέγχου), και β) μία που θα είναι διαθέσιμο. Με τον τρόπο αυτό, θα μπορέσει να ελεγχθεί και να αποτυπωθεί η λειτουργικότητα της θέασης κατά τη διαχείριση του πεδίου, ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες.

Τα ηλεκτρονικά πρωτότυπα που δημιουργήθηκαν αποτελούν ένα «μεταβατικό κόσμο» ανάμεσα στο παραδοσιακό σύστημα ελέγχου και στο πλήρως ηλεκτρονικό σύστημα που θα υλοποιηθεί στο χώρο των αιθουσών διανομής (§6.4). Μέσα από τη διαδικασία αξιολόγησης που θα ακολουθήσει, θα διερευνηθούν σημαντικές παράμετροι της νοητικής υποστήριξης των χειριστών στο παραδοσιακό και στο «οικολογικά σχεδιασμένο» περιβάλλον διάδρασης, καθώς και το πώς οι δυνατότητες του διαμεσολαβητή μπορούν να διαφοροποιήσουν τις πρακτικές εργασίας που υιοθετούν οι χειριστές.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΑΜΕΣΟΛΑΒΗΤΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

10. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΑΜΕΣΟΛΑΒΗΤΗ

Για τα ηλεκτρικά δίκτυα, ο οικολογικός σχεδιασμός αποτελεί μία σχεδιαστική φιλοσοφία που διαφοροποιείται από τις καθιερωμένες στη βιομηχανία (Κεφ.1-§1.2). Στην παρούσα έρευνα, δημιουργήθηκαν με τη φιλοσοφία αυτή, ηλεκτρονικά πρωτότυπα τα οποία στοχεύουν στο να λειτουργήσουν ως υπόδειγμα, για τον ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό διαμεσολαβητή που θα εγκατασταθεί μελλοντικά στις αίθουσες ελέγχου μέσης τάσης. Τα χαρακτηριστικά του πειραματικού κόσμου (Κεφ. 6-§6.4, Κεφ.9-§9.2), του οποίου τη διαχείριση υποστηρίζουν τα ηλεκτρονικά πρωτότυπα, είναι τέτοια, ώστε μεγεθύνοντας υπό κλίμακα τα αποτελέσματα του σχεδιασμού, να μπορούν να αναπτυχθούν αποτελεσματικές και εφαρμόσιμες σχεδιαστικές λύσεις για το πραγματικό μεγάλης κλίμακας σύστημα.

Ο κύκλος ανάπτυξης πρωτοτύπου-τελικού προϊόντος, όταν ο σχεδιασμός απευθύνεται σε ένα πραγματικό μεγάλης κλίμακας σύστημα, περιλαμβάνει επιμέρους στάδια αξιολόγησης ή/και συνδυασμούς αυτών (Sanderson & Burns, 2017). Τα στάδια που υλοποιούνται, είναι συνήθως τα ακόλουθα:

A) Ανάπτυξη πρωτοτύπου. Ο κύκλος ανάπτυξης πρωτοτύπων ξεκινά από χαμηλής τεχνολογίας πρωτότυπα (π.χ. σε χαρτί) και καταλήγει μέσα από διαδοχικούς κύκλους ανασχεδιασμού στα τελικά υψηλής τεχνολογίας πρωτότυπα (ηλεκτρονικό πρωτότυπο). Όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 9, τα τελικά πρωτότυπα αναπτύχθηκαν μέσα από μία συμμετοχική διαδικασία σχεδιασμού, όπου οι εργαζόμενοι παρείχαν ανάδραση σε κάθε επιμέρους στάδιο ανάπτυξης τους.

B) Επαλήθευση (verification). Αφού διαμορφωθεί το τελικό πρωτότυπο, ακολουθεί η συστηματική αξιολόγηση του, μέσω της διαδικασίας επαλήθευσης που διεξάγεται με τη βοήθεια αναλυτικών μέσων. Η επαλήθευση γίνεται προκειμένου να διαπιστωθεί εάν το πρωτότυπο:

β1) υποστηρίζει τα καθήκοντα των χειριστών. Ελέγχεται εάν ο διαμεσολαβητής πληροί τα κριτήρια σχεδιασμού που τέθηκαν στις φάσεις ανάλυσης του συστήματος, και οι οποίες εντόπιζαν την πληροφορία που έχει σχέση με τις δραστηριότητες ή ενέργειες που πρέπει να εκτελεστούν, προκειμένου να επιτύχει κανείς τους στόχους λειτουργίας του συστήματος, μέσα σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο (Kirwan & Ainsworth, 1992, Rasmussen, et al., 1994).

β2) έχει σχεδιασθεί σύμφωνα με τις αρχές της γνωσιακής μηχανικής. Αξιολογείται εάν ο διαμεσολαβητής είναι προσαρμοσμένος στις ανθρώπινες δυνατότητες και αδυναμίες, όπως αυτές έχουν προκύψει από τις σχεδιαστικές οδηγίες (O'Hara & Brown, 2002).

Γ) Επιβεβαίωση (validation) και Υλοποίηση (implementation). Η διαδικασία της επιβεβαίωσης υλοποιείται συνήθως με εμπειρικό τρόπο, σε πρωτότυπα που έχουν περάσει προηγουμένως από τη διαδικασία της επαλήθευσης. Η επιβεβαίωση γίνεται προκειμένου να διαπιστωθεί εάν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις επίτευξης των στόχων στο πεδίο (χρόνοι απόδοσης, ποιότητα λύσεων, κλπ) και των γενικότερων στόχων ασφάλειας ή απαιτήσεων του βιομηχανικού κλάδου στον οποίο ανήκει το πεδίο (O'Hara, 1999, O'Hara et al., 2004, Borst et al., 2006). Το πρωτότυπο, αναδιαμορφώνεται βάσει των παρατηρήσεων που προκύπτουν από την διαδικασία επιβεβαίωσης, επαναξιολογείται, και υλοποιείται τελικά το πραγματικό σύστημα που θα τεθεί σε χρήση σε ρεαλιστικό περιβάλλον.

Δ) Έγκριση (Confirmation). Εγκρίνεται η χρήση του πραγματικού συστήματος, αφού αξιολογηθεί η καταλληλότητα και λειτουργικότητα του σε πραγματικές συνθήκες χρήσης. Στην ιδανική περίπτωση, αφού τεθεί το σύστημα σε χρήση για κάποιο χρονικό διάστημα, επανέρχονται οι ερευνητές και οι σχεδιαστές, για να αξιολογήσουν εκ νέου το σύστημα, και να πραγματοποιήσουν τις απαραίτητες αλλαγές. Η διαδικασία αυτή απαιτεί σημαντικούς πόρους και πολύ χρόνο, και έτσι συνήθως οι φορείς χρησιμοποιούν το αρχικό σχεδιαστικό προϊόν μέχρι να εμφανιστούν τα πρώτα σημαντικά προβλήματα.

Παρότι μελέτες επαλήθευσης και επιβεβαίωσης οικολογικών διαμεσολαβητών σε ποικίλα πεδία, έχουν δείξει ότι παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους βιομηχανικούς διαμεσολαβητές, που έχουν σχεδιασθεί με την φιλοσοφία ένας αισθητήρας-μία ένδειξη ή με την φιλοσοφία του χρηστοκεντρικού σχεδιασμού, η χρήση των οικολογικών διαμεσολαβητών σε επίπεδο βιομηχανίας δεν έχει καθιερωθεί ακόμη. Στις μελέτες που έχουν γίνει, και παρουσιάστηκαν στο Κεφ.3-§3.7, έχει διαπιστωθεί ότι οι οικολογικοί διαμεσολαβητές: βελτιώνουν την ενημερότητα κατάστασης και οδηγούν σε καλύτερη εκτίμηση κινδύνου (Linegang et al., 2006, Kwok, 2007), βελτιώνουν την απόδοση των χειριστών (Bennett et al., 2008, Lau et al., 2008a), ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά το χρόνο εντοπισμού σφάλματος & χρόνο διάγνωσης σφάλματος (Burns et al., 2003, Duez & Vicente, 2005), καθώς και τους χρόνους ολοκλήρωσης του καθήκοντος, και τον αριθμό των ενεργειών που απαιτούνται, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις μη-οικείων ή μη-αναμενόμενων καταστάσεων (Jamieson, 2002).

Οι Makoto & Toshiyuki (2004) και οι Rasmussen et al. (1994), επισημαίνουν ότι η ουσιαστική συμβολή του οικολογικού σχεδιασμού στη διαχείριση πολύπλοκων συστημάτων, μπορεί να αποδειχθεί εάν μελετήσει κανείς το επίπεδο νοητικής συμπεριφοράς των χρηστών ενός διαμεσολαβητή, όταν έρχονται αντιμέτωποι με συγκεκριμένες καταστάσεις, προχωρώντας πέρα από τις μετρήσεις επιτυχίας εκτέλεσης χειρισμών, χρόνων εκτέλεσης, κλπ. Παρότι η ταξινόμηση της «συμπεριφοράς βασισμένης σε επιτηδειότητες, κανόνες, και γνώσεις» (Κεφ.3-§3.3.2) αποτελεί βασικό εργαλείο του οικολογικού σχεδιασμού διαμεσολαβητών, οι μελέτες που παρουσιάζουν πώς επιτυγχάνεται τελικά η υποστήριξη για τα τρία επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς στο πλαίσιο οικείων και μη-οικείων καταστάσεων, είναι περιορισμένες (Jamieson and Vicente, 2001, Cummings and Guerlain, 2003, Upton and Doherty, 2006, Watson and Sanderson, 2007, Lau et al., 2008a, McIlroy & Stanton, 2015).

Τα ηλεκτρονικά πρωτότυπα που δημιουργήθηκαν για τα δίκτυα μέσης τάσης, στοχεύουν στην υποστήριξη των καθηκόντων των χειριστών, με έμφαση στις κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας. Τα πρωτότυπα αυτά δημιουργούν ένα νέο περιβάλλον διάδρασης -διαφορετικό από αυτό των παραδοσιακών τεχνημάτων της αίθουσας ελέγχου- το οποίο θα αλλάξει τον τρόπο εκτέλεσης του νοητικού έργου στο πεδίο. Σε αυτό το στάδιο του κύκλου γνωσιακού σχεδιασμού, η ταξινόμηση της «Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις» θα χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο αναλυτικής αξιολόγησης, προκειμένου (Drivalou & Marmaras, 2009):

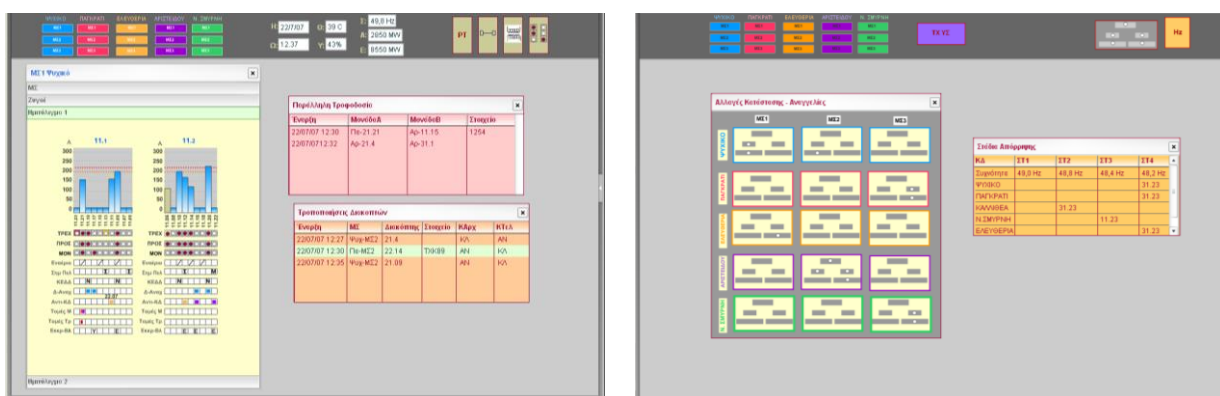
- να διαπιστωθεί εάν εκπληρώνονται οι σχεδιαστικοί στόχοι (περιεχόμενο, δομή και μορφοποίηση του διαμεσολαβητή) και πώς μπορούν να λειτουργήσουν οι νέες σημασιολογικές δομές, που εισάγονται στο σύστημα απεικόνισης πληροφορίας για το δίκτυο (π.χ. Σημείες και Πίνακας Συνδεσιμότητας, Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο, κλπ).
- να αποτυπωθεί μέσα από αντιπροσωπευτικά περιστατικά, ο τρόπος που μπορεί να υποστηριχθεί το νοητικό έργο των χειριστών και για τα τρία επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς, καθώς και οι εναλλαγές μεταξύ αυτών, στο απαιτητικό περιβάλλον των κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας.
- να διερευνηθούν συγκριτικά, οι τρέχουσες πρακτικές εργασίας που υιοθετούν οι χειριστές στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, σε σχέση με αυτές που αναμένεται να αναπτύξουν στον οικολογικό διαμεσολαβητή. Μέσα από τη σύγκριση, μπορούν να διαπιστωθούν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που υπάρχουν σε κάθε περίπτωση, τόσο σε ό,τι αφορά τον τρόπο υποστήριξης του νοητικού έργου, όσο και του συνεργατικού έργου, που παίζει πολύ σημαντικό ρόλο ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου.

Η διαδικασία αναλυτικής αξιολόγησης- επαλήθευσης που περιγράφεται στις επόμενες ενότητες, αποτελεί το πρώτο βήμα σε μία σειρά μελετών επιβεβαίωσης που είναι σκόπιμο να πραγματοποιηθούν μεταγενέστερα, για να προσδιοριστούν τα ποιοτικά και ποσοτικά οφέλη (π.χ. υιοθέτηση καλύτερων ποιοτικά λύσεων, βελτίωση της απόδοσης των χειριστών, κλπ), από την εφαρμογή του οικολογικού σχεδιασμού στα Δίκτυα Μέσης Τάσης.

10.1 Διαμεσολαβητής «PIGMENTUM»

Τα ηλεκτρονικά πρωτότυπα (Κεφ.9, §9.6-9.9) σχεδιάστηκαν έτσι, ώστε να παρέχουν φυσική, λειτουργική, και κατάλληλη για επιμέρους καθήκοντα δομή απεικόνισης πληροφορίας (P+F+T, Κεφ.3-§3.7). Οι θεμελιώδεις σχέσεις που καθορίζουν τη λειτουργία του πεδίου εντοπίστηκαν με τη βοήθεια των Μοντέλων Ιεραρχικής Αφαίρεσης Διάσπασης, ενώ μέσα από την Ανάλυση Δραστηριότητας, εντοπίστηκαν οι πληροφορίες που συνδέονται με την εκτέλεση συγκεκριμένων καθηκόντων (Κεφ.8).

Στα ηλεκτρονικά πρωτότυπα αναπτύχθηκαν τρεις Οθόνες (Αναγγελιών, Εποπτείας και Ελέγχου), ενώ για το Δυναμικό Μιμικό Διάγραμμα, παρουσιάστηκαν υποδείγματα των βασικών ιδεών γεωσχηματικής τοπολογικής απεικόνισης πληροφορίας για το δίκτυο. Οι σχεδιαστικές ιδέες που προτείνονται για το Δυναμικό Μιμικό Διάγραμμα και την Οθόνη Αναγγελιών, μπορούν να υλοποιηθούν μελλοντικά, μέσω κατάλληλης προσαρμογής διαθέσιμων βιομηχανικών εφαρμογών και τεχνικών απεικόνισης (Κεφ.5-§5.5.3 και §5.5.4). Ο σχεδιασμός εστίασε στις Οθόνες Εποπτείας και Ελέγχου, που παρουσιάστηκαν αναλυτικά, καθώς μέσα από αυτές μπορεί να παρέχεται η εξειδικευμένη υποστήριξη που απαιτείται για τη διαχείριση των δικτύων μέσης τάσης.



Εικόνα 10.1 Διαμεσολαβητής «PIGMENTUM»

Η Οθόνη Εποπτείας και η Οθόνη Ελέγχου (Κεφ.9-§9.8 και §9.9), συνθέτουν το διαμεσολαβητή «PIGMENTUM»¹ ο οποίος θα αξιολογηθεί με αναλυτικό τρόπο ως προς την παροχή κατάλληλης νοητικής υποστήριξης στους χειριστές. Σε ό,τι αφορά την κλίμακα αποτύπωσης του πεδίου, τα χαρακτηριστικά, και τη λειτουργικότητα του διαμεσολαβητή, ισχύουν τα ακόλουθα. Ο σχεδιασμός συμπεριέλαβε πέντε βασικά Κέντρα Διανομής (ΚΔ) του δικτύου, το σύνολο των ιδιοτήτων και λειτουργιών των γραμμών-διακοπών κάθε Μετασχηματιστή στα ΚΔ, καθώς και επιλεγμένα στοιχεία (Υποσταθμούς,

¹ Λατινική λέξη που αποδίδει την έννοια του χρωματίζω, δίνω απόχρωση σε κάτι.

διακόπτες) που βρίσκονται κατανομημένα πάνω στις γραμμές του δικτύου. Επιπλέον, πληροφορίες για στοιχεία του δικτύου που είναι απαραίτητες για τη διαχείριση περιστατικών κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης, και δεν αποτυπώνονται στο διαμεσολαβητή PIGMENTUM, θεωρείται ότι προσπελούνται από τα τεχνήματα του παραδοσιακού διαμεσολαβητή (π.χ. Μιμικό Διάγραμμα, Ηλεκτρονικά και Έντυπα Αρχεία, κλπ). Ο σχεδιασμός υποστηρίζει τις ενέργειες που μπορεί να εκτελέσει ένας μεμονωμένος χειριστής, μέσω του συστήματος τηλεχειρισμών (αλλαγή κατάστασης διακοπών στους ΜΣ των ΚΔ και τους ΤΧ ΥΣ, ρύθμιση του ΣΑΤΥΦ στους ΜΣ των ΚΔ). Ενέργειες ή συνέπειες ενεργειών άλλων εργαζομένων (στις αίθουσες ή στο δίκτυο), αποτυπώνονται ως αλλαγές κατάστασης–τρέχοντα γεγονότα πάνω στο διαμεσολαβητή.

10.2 Διαδικασία Αξιολόγησης

Ανάδραση από τους εργαζόμενους υπήρξε σε όλα τα στάδια του κύκλου γνωσιακού σχεδιασμού που προηγήθηκαν, καθώς: α) κατά την Εθνογραφική ανάλυση (Κεφ.7), μελετήθηκαν οι σχεδιαστικές παρεμβάσεις που είχαν κάνει στα υπάρχοντα τεχνήματα, προκειμένου να ενισχύσουν την πληροφοριακή ισχύ τους, β) κατά την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (Κεφ.8), παρείχαν ανάδραση πάνω στις απαιτήσεις και προδιαγραφές σχεδιασμού που αναδείχθηκαν, γ) κατά το Σχεδιασμό Πρωτοτύπων (Κεφ.9), επιχειρηματολόγησαν πάνω στην καταλληλότητα ή μη, συγκεκριμένων λύσεων. Στο παρόν στάδιο, το πρωτότυπο του διαμεσολαβητή «PIGMENTUM» αξιολογείται με αναλυτικό τρόπο (επαλήθευση), προκειμένου να διαπιστωθεί εάν ο διαμεσολαβητής εκπληρώνει τους σχεδιαστικούς στόχους, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά την υποστήριξη διαχείρισης του πεδίου σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας.

Η ταξινόμηση της «Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις» (Κεφ.3-§3.3.2), κατά το στάδιο της Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας (Κεφ.8-§8.2.5.3), συνέβαλε στο μελετηθεί με συστηματικό τρόπο η νοητική συμπεριφορά συναρτηθεί των ατομικών χαρακτηριστικών των εργαζομένων (π.χ. επίπεδο εμπειρίας). Κατά το στάδιο της Σημαιολογικής Αποτύπωσης (Κεφ.9), η ταξινόμηση συνέβαλε στη διαμόρφωση των δομών απεικόνισης πληροφορίας, με τρόπο που αξιοποιεί τις έμφυτες αντιληπτικές ικανότητες των ανθρώπων. Κατά το στάδιο της αξιολόγησης, η ταξινόμηση της «Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις» λειτουργεί ως ένα εργαλείο αναλυτικής αξιολόγησης, με τη βοήθεια του οποίου μπορεί να τεκμηριωθεί η νοητική συμβατότητα των ανθρώπων με συγκεκριμένες οπτικές απεικονίσεις, καθώς και να προσδιοριστούν οι αναμενόμενες επιπτώσεις στην ανθρώπινη απόδοση, όταν οι χειριστές επεξεργαστούν συγκεκριμένες οπτικές φόρμες. Στις ενότητες που ακολουθούν, παρουσιάζονται αναλυτικά:

- *Οι γενικοί στόχοι υποστήριξης της συμπεριφοράς σε κάθε επίπεδο, σύμφωνα με τον τρόπο που λειτουργούν οι εργαζόμενοι.*

- *Το περιεχόμενο, η μορφή, και η δομή των απεικονίσεων που υποστηρίζουν τη λειτουργία σε κάθε επίπεδο.*

Κατά την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (Κεφ.8-§8.1), αποτυπώθηκε ο τρόπος λειτουργίας του πεδίου μέσα από διαφορετικά Μοντέλα Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης (ΙΑΔ). Η κατάλληλη αποτύπωση του περιεχομένου των Μοντέλων ΙΑΔ είναι σημαντική για την ομαλή και αποτελεσματική διάδραση με το δίκτυο μέσω του διαμεσολαβητή, και ιδιαίτερα για την επίλυση προβλημάτων κατά τη διάρκεια μη οικείων γεγονότων. Στην παρούσα φάση, επαληθεύεται εάν έχει συμπεριληφθεί κατάλληλα στις απεικονίσεις, τόσο το περιεχόμενο κάθε επιπέδου αφαίρεσης (στόχοι, περιορισμοί, λειτουργίες, φυσικά χαρακτηριστικά, τρέχουσα θέση/διευθέτηση), όσο και οι σχέσεις που συνδέουν τις πληροφορίες διαφορετικών επιπέδων μεταξύ τους (λειτουργικές, δομικές, φυσικές, τοπολογικές).

- *Βηματική ανάλυση περιστατικών.*

Στο Κεφ.8-§8.2.1, από το υλικό που είχε συλλεχθεί κατά τη διάρκεια των συστηματικών παρατηρήσεων στο πεδίο, διαμορφώθηκαν περιστατικά για τις ανάγκες της Ανάλυσης Δραστηριότητας. Κάποια από τα περιστατικά αυτά είχαν χρησιμοποιηθεί στο Κεφ.9 για τον αναστοχασμό πάνω σε συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις (π.χ. έλεγχος εάν υποστηρίζεται η ομαλή ροή της δράσης, ο συντονισμός του έργου με άλλες αίθουσες ελέγχου). Επιλεγμένα αντιπροσωπευτικά περιστατικά, χρησιμοποιούνται και στο παρόν στάδιο αναλυτικής αξιολόγησης της νοητικής υποστήριξης που παρέχει ο διαμεσολαβητής PIGMENTUM. Τα περιστατικά καλύπτουν τόσο οικείες όσο και μη-οικείες καταστάσεις, και απαιτούν τόσο εντοπισμό, όσο και αποκατάσταση του συμβάντος. Τα σενάρια των περιστατικών, περιλαμβάνουν χρονικές εξαρτήσεις μεταξύ των καταστάσεων του συστήματος, αντικρουόμενους στόχους, πρωτεύοντα και συνοδά συμπτώματα. Η διαχείριση των περιστατικών απαιτεί αναζήτηση πληροφορίας, επεξεργασία και ιεράρχηση στόχων, και συνεκτίμηση του χρονικού ορίζοντα εξέλιξης των συμβάντων.

Ο σχεδιασμός έδωσε έμφαση στην κατάλληλη υποστήριξη των χειριστών, σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου. Δύο περιστατικά που είχαν λάβει χώρα σε τέτοιες συνθήκες, παρουσιάζονται στις ενότητες που ακολουθούν, για να αποτυπωθεί με αναλυτικό τρόπο η υποστήριξη που παρέχει ο οικολογικός διαμεσολαβητής κατά την βασισμένη σε Κανόνες-, και Γνώσεις- νοητική συμπεριφορά των χειριστών. Τα περιστατικά βοηθούν στο να αποτυπωθούν «περιπτώσεις χρήσης» του διαμεσολαβητή κατά τη διαχείριση του δικτύου, με τρόπο κατανοητό ακόμη και για αναγνώστη μη-εξοικειωμένο με το τεχνικό υπόβαθρο του πεδίου. Για να είναι εύκολη η παρακολούθηση της βηματικής ανάλυσης των περιστατικών, έχουν αφαιρεθεί από αυτά οι μη σημαντικές αναφορές στο σύστημα και τις τεχνολογίες, και έχουν γίνει απλουστεύσεις στην περιγραφή των στοιχείων (π.χ. οι «ΜΣ1 Ψυχικού» και «ΜΣ2 Παγκρατίου» αναφέρονται ως «ΜΣ(A)» και «ΜΣ(B)», ενώ η «γραμμή 9, του ΜΣ2, του ΚΔ Ψυχικού» αναφέρεται ως «21.09 του ΚΔ(A)»). Για κάθε Περιστατικό περιγράφονται τα επιμέρους βήματα που απαιτούνται για τη διαχείριση του, και παρουσιάζονται: α) το γεγονός ή οι αρχικά εισερχόμενες πληροφορίες, β) οι ενέργειες διάδρασης με τον διαμεσολαβητή, γ) οι επιμέρους νοητικές ενέργειες

των χειριστών, κατά τις οποίες επεξεργάζονται την πληροφορία, που υπάρχει διαθέσιμη στα ενεργοποιημένα τεχνήματα, δ) οι χειρισμοί που γίνονται στα στοιχεία του δικτύου (π.χ. αλλαγή κατάστασης διακόπτη), είτε μέσω τηλεχειρισμών στο διαμεσολαβητή, είτε μέσω τοπικών χειρισμών στο δίκτυο που εκτελούνται από τα συνεργεία περιοχών.

- Συγκριτική αξιολόγηση Οικολογικού – Παραδοσιακού διαμεσολαβητή

Για τα αναλυόμενα περιστατικά, ακολουθεί συγκριτική αξιολόγηση του τρόπου διαχείρισης τους με τον Οικολογικό και τον Παραδοσιακό Διαμεσολαβητή, προκειμένου να μελετηθεί ο τρόπος αλληλεπίδρασης με το δίκτυο σε κάθε περίπτωση. Η διαχείριση του ίδιου περιστατικού με διαφορετικά τεχνολογικά μέσα, βοηθάει στα να αναγνωριστεί τι είναι απαραίτητο για την πρακτική εργασία, και τι εξαρτάται από την τρέχουσα οργάνωση και τεχνολογική υποδομή της εργασίας. Επίσης, επιτρέπει τον εντοπισμό των αντιστοιχιών και αναλογιών μεταξύ του παραδοσιακού και του ηλεκτρονικού διαμεσολαβητή, οι οποίες μπορούν να διευκολύνουν την ομαλή μετάβαση των χειριστών σε ένα νέο διαμεσολαβητή, στο πραγματικό περιβάλλον ελέγχου.

Η σύγκριση των διαμεσολαβητών, δεν εστιάζει τόσο σε παραμέτρους φυσικής διάδρασης (καθώς κάθε διαμεσολαβητής παρουσιάζει τα δικά του φυσικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά), εστιάζει κυρίως στον τρόπο που αναπτύσσεται και υποστηρίζεται η νοητική δραστηριότητα σε κάθε περίπτωση. Έτσι, για κάθε βήμα του περιστατικού παρουσιάζονται: α) το γεγονός ή οι αρχικά εισερχόμενες πληροφορίες, β) τα τεχνήματα που χρησιμοποιούνται σε κάθε βήμα, γ) οι νοητικές ενέργειες που πρέπει να εκτελεστούν σε κάθε βήμα, όπως επεξεργασία απεικονιζόμενης στα τεχνήματα πληροφορίας, ανάκληση πληροφορίας από τη μνήμη, σύνθεση όλων των πληροφοριών κλπ.

- Εναλλαγές νοητικής συμπεριφοράς.

Αφού ολοκληρωθεί η παρουσίαση του τρόπου υποστήριξης κάθε επιπέδου νοητικής συμπεριφοράς μεμονωμένα, διερευνάται και ο τρόπος που υποστηρίζει ο οικολογικός διαμεσολαβητής PIGMENTUM την εναλλαγή μεταξύ των επιπέδων νοητικής συμπεριφοράς, η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ασφαλή και αποτελεσματική διαχείριση του πεδίου.

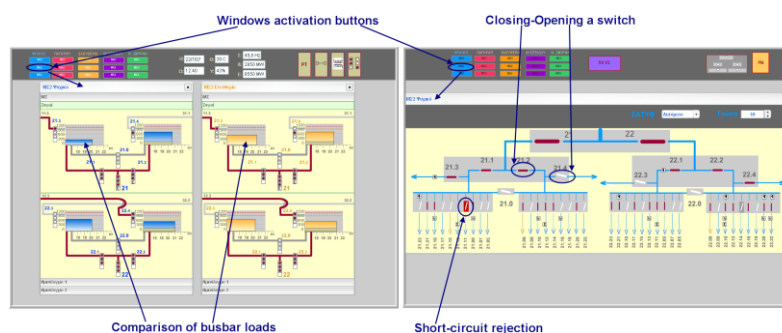
10.3 Υποστήριξη της Συμπεριφοράς βασισμένης σε Επιτηδειότητες (ΣΒΕ)

Η συμπεριφορά βασισμένη σε επιτηδειότητες αποτελεί το αποτέλεσμα εκτενούς πρακτικής, μέσω της οποίας οι χειριστές έχουν αναπτύξει «αυτοματισμούς» της μορφής «νύξη-δράση», κατάλληλους για συγκεκριμένες καταστάσεις. Όταν αναγνωριστεί μία οικεία κατάσταση, ενεργοποιείται αντίδραση κατάλληλη και εφαρμόσιμη στη συγκεκριμένη κατάσταση. Σε αυτές τις περιπτώσεις, δεν απαιτείται συνειδητή ανάλυση της κατάστασης, ούτε διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων.

Η βασισμένη σε επιτηδειότητες συμπεριφορά επιτρέπει στους χειριστές να ελευθερώσουν νοητικούς πόρους, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υψηλότερου επιπέδου νοητικές λειτουργίες, όπως η επίλυση προβλημάτων (Wickens & Hollands, 2000). Προκειμένου να επιτύχει κανείς αποτελεσματική υποστήριξη της βασισμένης σε επιτηδειότητες συμπεριφοράς, στους βασισμένους σε οθόνες διαμεσολαβητές, οι χειριστές θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να ενεργήσουν άμεσα πάνω στην οθόνη, ενώ η δομή της απεικονιζόμενης πληροφορίας πρέπει να είναι ισομορφική με τη μέρος-όλο δομή των κινήσεων του ματιού και του χεριού, επιτρέποντας στους χειριστές να εκτελέσουν ενοποιημένα μοτίβα κινήσεων, με μεγάλη άνεση και ταχύτητα (Vicente and Rasmussen, 1992).

10.3.1 Διάδραση με την πληροφορία και τις λειτουργίες του συστήματος

Ο οικολογικός διαμεσολαβητής PIGMENTUM υποστηρίζει την βασισμένη σε επιτηδειότητες συμπεριφορά μέσα από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.



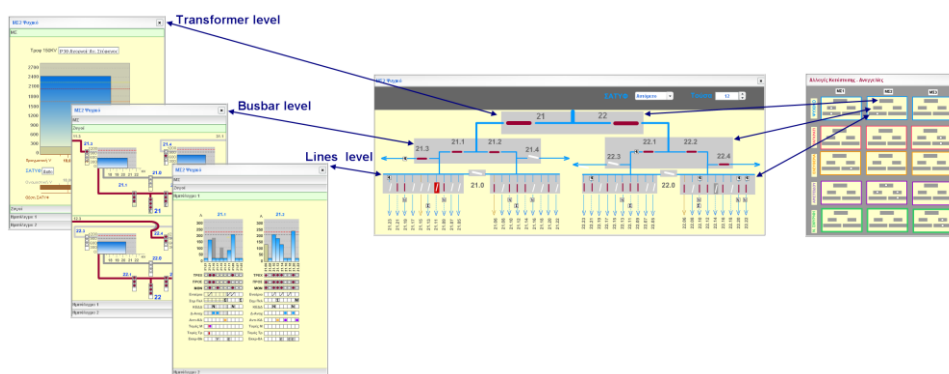
Εικόνα 10.2 Κόμβοι Διάδρασης στην Οθόνη Εποπτείας και Οθόνη Ελέγχου

- Η Οθόνη Εποπτείας και η Οθόνη Ελέγχου έχουν σχεδιασθεί με συνεπή τρόπο σε ό,τι αφορά την διάταξη και την εμφάνιση των στοιχείων του δικτύου, καθώς και των ενεργειών που μπορούν να εκτελεστούν πάνω σε αυτές. Έτσι π.χ.

σε κάθε οθόνη υπάρχει ένα παράθυρο για κάθε μετασχηματιστή (ΜΣ), το Παράθυρο Εποπτείας (ΠΕΠ) στην Οθόνη Εποπτείας (Εικόνα 10.2, αριστερή οθόνη), και το Παράθυρο Ελέγχου (ΠΕΛ) στην Οθόνη Ελέγχου (Εικόνα 10.2, δεξιά οθόνη)· τα κουμπιά ενεργοποίησης των παραθύρων ΜΣ βρίσκονται και στις δύο οθόνες στο αριστερό άκρο της δοκού περιεχομένων.

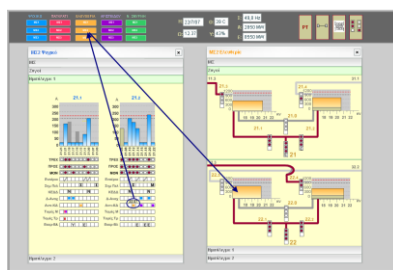
Τα παράθυρα σε κάθε οθόνη μπορούν να ενεργοποιηθούν, να απενεργοποιηθούν, να επικαλυφθούν, με κινήσεις άμεσου χειρισμού με τη βοήθεια της δεικτικής συσκευής (ποντίκι). Έτσι, οι χειριστές έχουν τη δυνατότητα να διευθετήσουν ευέλικτα την επιφάνεια αλληλεπίδρασης, προκειμένου να εκτελέσουν βασικά μοτίβα διάδρασης με τη διαθέσιμη πληροφορία (πχ η άμεση σύγκριση των φορτίων ζυγών δύο ΜΣ), όπως φαίνεται στην (Εικόνα 10.2, αριστερή οθόνη). Ενεργά παράθυρα, τοποθετημένα σε συγκεκριμένο σημείο ή με συγκεκριμένη διεύθυνση μεταξύ τους, λειτουργούν και ως υπενθυμίσεις σημαντικής πληροφορίας ή ενεργειών που εκκρεμούν.

- Πληροφορία για τις μεταβλητές και τα χαρακτηριστικά του συστήματος μπορεί να αναζητηθεί και να συλλεχθεί σε σημεία που θα ήταν «αναμενόμενο» να βρίσκεται, μέσα στα ΠΕΠ και ΠΕΛ. Για παράδειγμα το φορτίο ενός ζυγού οπτικοποιείται μέσα στη σχηματική απεικόνιση του ζυγού στο ΠΕΠ (Εικόνα 10.2, αριστερή οθόνη)· το πλήθος των φορών που έχει τεθεί εκτός λειτουργίας ένας διακόπτης λόγω βραχυκυκλώματος, μπορεί να εμφανιστεί πάνω στο εικονίδιο του διακόπτη στο ΠΕΛ, μέσω του δεξιού κουμπιού της δεικτικής συσκευής (Εικόνα 10.2).



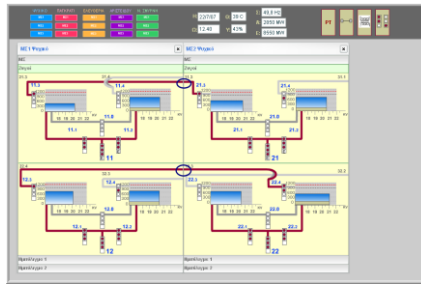
Εικόνα 10.3 Αντιστοιχίες επιπέδων απεικόνισης ΜΣ

- Στις Οθόνες Εποπτείας και Ελέγχου η πληροφορία είναι οργανωμένη σύμφωνα με τα τρία δομικά επίπεδα του ΜΣ (Κεφ.8–§8.1.8), όπως αυτά ορίζονται από τις τρεις ζώνες διακοπών (διακόπτες ΜΣ, διακόπτες Ζυγών, διακόπτες Γραμμών). Στο ΠΕΠ, οι χειριστές μπορούν να αλλάξουν δομικό επίπεδο απεικόνισης, με ενέργεια της δεικτικής συσκευής πάνω στην καρτέλα του κάθε επιπέδου (Εικόνα 10.3, αριστερά). Επίσης, η ομαδοποίηση των διακοπών στο ΠΕΛ (Εικόνα 10.3, κέντρο), και οι αντιστοιχίες ζώνες αναγγελιών για κάθε ΜΣ στο Παράθυρο Αναγγελιών στην Οθόνη Ελέγχου (Εικόνα 10.3, δεξιά), είναι σε αντιστοιχία με τα τρία υπο-παράθυρα του ΠΕΠ, στην Οθόνη Εποπτείας (Εικόνα 10.3, αριστερά). Έτσι, οι χειριστές μπορούν να αντιληφθούν άμεσα τις αντιστοιχίες μεταξύ των διαφόρων μεταβλητών και μονάδων των ΜΣ, όταν πλοηγούν στα αντίστοιχα παράθυρα και στις δύο οθόνες.



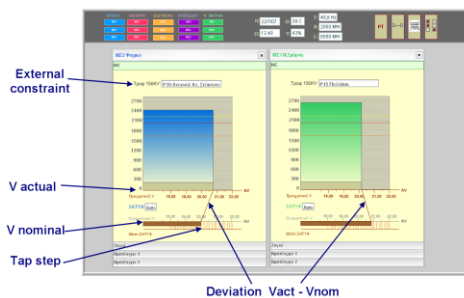
Εικόνα 10.4 Σημεία Συνδεσιμότητας

- Η γραφική απεικόνιση των στοιχείων και των σχέσεων του συστήματος παρέχουν νύξεις άμεσης αντίληψης, διευκολύνοντας τον προσανατολισμό στα διάφορα παράθυρα, καθώς και τον εντοπισμό των δυνατοτήτων δράσης, π.χ. οι εναλλακτικές δυνατότητες τροφοδοσίας των γραμμών ενός ΜΣ είναι χρωματικά κωδικοποιημένες μέσα από τις «Σημείες Συνδεσιμότητας» (Κεφ.9-§9.8.1.1), που προσδιορίζουν την ταυτότητα εναλλακτικών ηλεκτρικών συνδέσεων του δικτύου με μοναδικό τρόπο (Εικόνα 10.4). Έτσι, οι χειριστές μπορούν εύκολα και άμεσα να αναγνωρίσουν το ΠΕΠ που πρέπει να ενεργοποιηθεί, για τον έλεγχο πιθανόν μεταγωγών φορτίων.

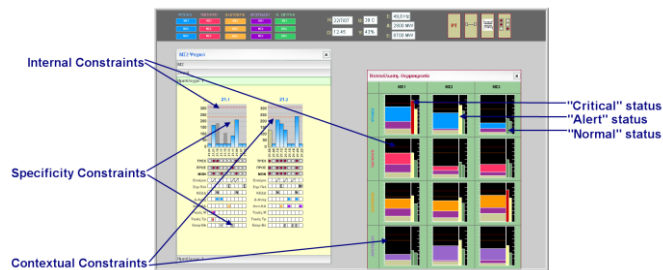


Εικόνα 10.5 Γραφικό Ταίριασμα ζυγών

- Όταν ζυγοί διαφορετικών ΜΣ του ίδιου Κέντρου Διανομής (π.χ. ΜΣ1 & ΜΣ2 Ψυχικού) συνδέονται με Διασυνδεδετική Γραμμή, κατά την παράθεση των παραθύρων του ΜΣ1 και ΜΣ2, εμφανίζεται ένα «γραφικό ταίριασμα» που ενοποιεί τα δύο παράθυρα δημιουργώντας μία ενιαία μεγαλύτερη απεικόνιση (Εικόνα 10.5).



Εικόνα 10.6 Διαφοροποίηση ονομαστικής – πραγματικής τιμής τάσεως



Εικόνα 10.7 Περιορισμοί λειτουργίας και κατάσταση παραμέτρων

- Τα στοιχεία του δικτύου και οι μεταβλητές που απεικονίζονται στα παράθυρα των Οθονών Εποπτείας και Ελέγχου, έχουν ομαδοποιηθεί με τρόπο τέτοιο, ώστε να γίνονται άμεσα αντιληπτές οι μεταξύ τους σχέσεις. Διαφοροποιήσεις στην αναμενόμενη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, επισημαίνονται γραφικά με σαφή τρόπο. Στην Εικόνα 10.6, φαίνεται πώς αποτυπώνεται στο διαμεσολαβητή η διαφορά μεταξύ πραγματικής και ονομαστικής τάσεως εξόδου, που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη τιμή θέσης του Συστήματος αλλαγής τάσεως υπό φορτίο (ΣΑΤΥΦ). Ο εντοπισμός σημαντικών αλλαγών ή κρίσιμων τιμών λειτουργίας μίας μεταβλητής, διευκολύνεται από την παρουσίαση της τρέχουσας τιμής της, σε σχέση με τα όρια ασφαλούς λειτουργίας. Στην Εικόνα 10.7, η χρωματική κωδικοποίηση των θερμοκρασιών πυρήνα και τυλίγματος του ΜΣ, επιτρέπει στους χειριστές να αντιληφθούν άμεσα, εάν οι τιμές θερμοκρασίας ενός ή περισσότερων ΜΣ, έχουν πλησιάσει ή ξεπεράσει μία κρίσιμη τιμή.

10.3.2 Σύγκριση Παραδοσιακού & Οικολογικού Διαμεσολαβητή για τη ΣΒΕ

Προκειμένου να διαπιστωθούν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, που παρουσιάζει ο οικολογικός και ο παραδοσιακός διαμεσολαβητής, σε ό,τι αφορά την Συμπεριφορά Βασισμένη σε Επιτηδειότητες, έγινε σύγκριση των ενεργειών που εκτελούνται στους δύο διαμεσολαβητές, στο πλαίσιο αντιπροσωπευτικών περιστατικών (Drinalou, 2005b). Ενδεικτικά παρουσιάζεται στον Πίνακα που ακολουθεί, ο τρόπος εκτέλεσης βασικών καθηκόντων (Έλεγχος επιπέδου φόρτισης στοιχείων, Αλλαγή κατάστασης διακόπτη) στους δύο διαμεσολαβητές. Οι εικόνες και περιγραφές των τεχνημάτων του παραδοσιακού διαμεσολαβητή, που αναφέρονται στον Πίνακα 10.1, είναι διαθέσιμες στο Κεφ.7-§7.2.3 και στο Κεφ.9-§9.3.1. Για τον οικολογικό διαμεσολαβητή, οι αντίστοιχες περιγραφές και εικόνες είναι διαθέσιμες στο Κεφ.9-§9.8 & §9.9.

Τυπικές δραστηριότητες εποπτείας και ελέγχου	Οικολογικός Διαμεσολαβητής		Παραδοσιακός Διαμεσολαβητής	
	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Ενέργειες των Χειριστών	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Ενέργειες των Χειριστών
1. Έλεγχος φορτίου γραμμής «21.09 του ΚΔ Ψυχικού».	<ul style="list-style-type: none"> Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας/ Επίπεδο Γραμμών (Εικόνα 10.3, αριστερά) 	<ul style="list-style-type: none"> Ενεργοποίηση Παραθύρου Εποπτείας του «ΜΣ2 Ψυχικού» στο Επίπεδο Γραμμών, και έλεγχος φορτίου γραμμής στο Γράφημα Φορτίων, όπου απεικονίζονται και τα όρια ασφαλούς λειτουργίας. 	<ul style="list-style-type: none"> Διάγραμμα Μετασχηματιστών Πίνακας Ελέγχου/ Ενδεικτικά Τράπεζα Χειρισμών/ Κουμπιά ενεργοποίησης ενδείξεων 	<ul style="list-style-type: none"> Στην Τράπεζα χειρισμών, πάτημα συνδυασμού κουμπιών («ΚΔ» /«ΜΣ Νο»/«Ζυγός»/«Γραμμή»), για ενεργοποίηση διακόπτη γραμμής στον Διάγραμμα ΜΣ. Ενεργοποίηση λήψης μετρήσεως φορτίου στον Πίνακα Ελέγχου, και έλεγχος τιμής φορτίου γραμμής στο κυκλικό ενδεικτικό του Πίνακα Ελέγχου.
2. Αλλαγή κατάστασης (κλειστό/ανοιχτό) διακόπτη «21.09 του ΚΔ Ψυχικού».	<ul style="list-style-type: none"> Οθόνη Ελέγχου/ Παράθυρο Ελέγχου (Εικόνα 10.3, κέντρο) 	<ul style="list-style-type: none"> Ενεργοποίηση Παραθύρου Εποπτείας του «ΜΣ2 Ψυχικού», και αλλαγή κατάστασης διακόπτη, με χειρισμό στο εικονίδιο του διακόπτη 21.09. 	<ul style="list-style-type: none"> Διάγραμμα Μετασχηματιστών Πίνακας Ελέγχου/ Ενδεικτικά Τράπεζα Χειρισμών/ Κουμπιά ενεργοποίησης χειρισμού 	<ul style="list-style-type: none"> Στην Τράπεζα χειρισμών, πάτημα συνδυασμού κουμπιών («ΚΔ»/«ΜΣ Νο»/«Ζυγός»/«Γραμμή»), για επιλογή του διακόπτη στο Διάγραμμα ΜΣ. Στην Τράπεζα χειρισμών, πάτημα κουμπιού για αλλαγή κατάστασης διακόπτη.

Πίνακας 10.1. Ενέργειες κατά τη Συμπεριφορά Βασισμένη σε Επιτηδειότητες

Από τη σύγκριση των διαμεσολαβητών για βασικά καθήκοντα, όπως αυτά που παρουσιάστηκαν στον προηγούμενο Πίνακα, καθώς και για άλλα πιο σύνθετα, που εκτελούνται κατά την εξέλιξη των περιστατικών που μελετήθηκαν στο Κεφ.8, διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα.

Στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, η πληροφορία είναι κατανοητή σε πολλά τεχνήματα και απαιτούνται ενέργειες σε πολλαπλά τεχνήματα για την ενεργοποίηση πληροφορίας (π.χ. μέτρηση φορτίου σε ενδεικτικό του Πίνακα Ελέγχου) ή για την εκτέλεση χειρισμού στο δίκτυο (π.χ. αλλαγή κατάστασης του διακόπτη, η αλλαγή του τρόπου ελέγχου του ΜΣ ή η αλλαγή της θέσης ΣΑΤΥΦ).

Στον οικολογικό διαμεσολαβητή:

- οι πληροφορίες προσπελούνται άμεσα και βρίσκονται στο σημείο που θα αναμενόταν να είναι.
- η πληροφορία παρουσιάζεται με συνεπή τρόπο σε όλες τις οθόνες, και είναι εύκολο να συσχετιστεί πληροφορία από διαφορετικά παράθυρα και οθόνες.
- υπάρχει δομική και συντακτική συνέπεια στην εκτέλεση ενεργειών πάνω στις θεάσεις του διαμεσολαβητή.
- πολύ ομαλά μπορεί να μεταβεί κανείς από τοπικές σε γενικές θεάσεις πληροφορίας, και αντίστροφα.
- οι χειριστές έχουν την δυνατότητα να οργανώνουν την επιφάνεια εργασίας, ενεργοποιώντας σε κάθε περίπτωση τις θεάσεις του συστήματος (παράθυρα), που είναι απαραίτητες για τα τρέχοντα καθήκοντα.

10.4 Υποστήριξη της συμπεριφοράς βασισμένης σε κανόνες (ΣΒΚ)

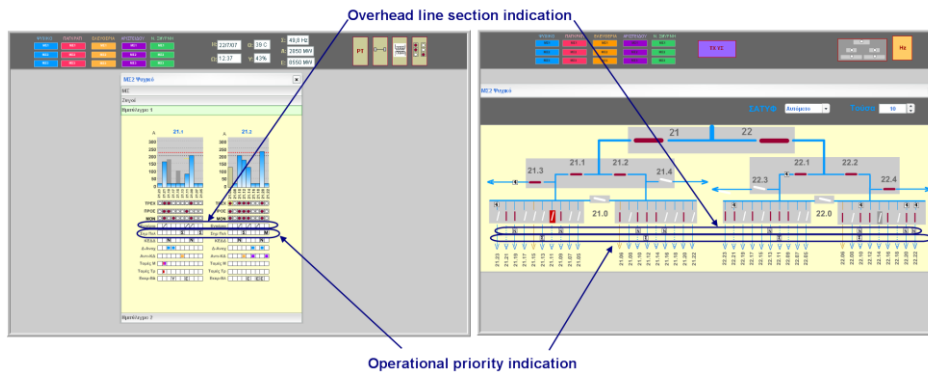
Η συμπεριφορά βασισμένη σε κανόνες (ΣΒΚ) χαρακτηρίζεται από την εφαρμογή κανόνων της μορφής «εάν Κατάσταση Α τότε Ενέργεια Β» (Rasmussen et al., 1994). Η συμπεριφορά σε αυτό το επίπεδο, απαιτεί συνειδητή νοητική δραστηριότητα, όπου πρώτα αναγνωρίζεται η ανάγκη για δράση, ακολουθεί η ανάκληση κανόνων και μεθόδων, και τελικά η εφαρμογή των κανόνων. Η βασισμένη σε κανόνες συμπεριφορά, είναι πιο αργή και πιο απαιτητική νοητικά απ' ό,τι η βασισμένη σε επιτηδειότητες συμπεριφορά. Οι κανόνες που χρησιμοποιούν οι χειριστές, μπορεί να είναι επίσημοι (επίσημες οδηγίες διαχείρισης ή οδηγίες που δόθηκαν κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης) ή ανεπίσημοι (να έχουν αναπτυχθεί μέσα από την πρακτική).

Η επιλογή και η εφαρμογή των κανόνων εξαρτάται από το δυναμικό πλαίσιο λειτουργίας, και καθοδηγείται: α) από τους κανόνες και τις παροχές του τεχνολογικού συστήματος του δικτύου μέσης τάσης ή/και από τις διαχειριστικές προτεραιότητες που ορίζονται από την πολιτική της εταιρείας, και β) από τις πρακτικές των χειριστών που αποκρυσταλλώνουν την εμπειρία τους. Προκειμένου να υποστηρίξει την συμπεριφορά βασισμένη σε κανόνες, ο οικολογικός διαμεσολαβητής που σχεδιάστηκε, καθιστά ορατούς τους περιορισμούς, τις προτεραιότητες και τις παροχές, και μέσω κατάλληλης απεικόνισης της απαιτούμενης πληροφορίας, διευκολύνει την εφαρμογή των πρακτικών των χειριστών.

10.4.1 Απεικόνιση κανόνων-προτεραιοτήτων-παροχών του συστήματος

Τα Παράθυρα Εποπτείας (ΠΕΠ) στα επίπεδα Γραμμών, Ζυγών και ΜΣ, και το Παράθυρο Ισχύος-Θερμοκρασίας, απεικονίζουν τους περιορισμούς του συστήματος, σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης και λεπτομέρειας (Εικόνα 10.3). Πιο συγκεκριμένα στα παράθυρα αυτά παρουσιάζονται:

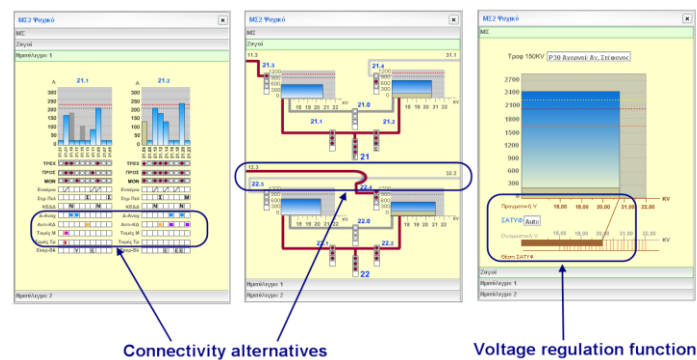
- *Περιορισμοί που επιβάλλονται από υψηλότερης ή χαμηλότερης τάξεως ηλεκτρικά δίκτυα (εξωτερικοί περιορισμοί)*, λόγω της συνέχειας που παρουσιάζει η λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου, από τους τόπους παραγωγής μέχρι τα σημεία κατανάλωσης. Π.χ. ο προσδιορισμός της ταυτότητας της τροφοδοτικής γραμμής του ΜΣ στο ΠΕΠ –Επίπεδο ΜΣ, δίνει πληροφορία για περιορισμούς δυναμικότητας/χωρητικότητας και συμβατότητας, που ισχύουν για τη γραμμή αυτή (Εικόνα 10.6).
- *Περιορισμοί που ισχύουν για το ίδιο το δίκτυο ΜΤ (εσωτερικοί περιορισμοί)*. Οι περιορισμοί αυτοί παρουσιάζονται με σαφή τρόπο στα σχετικά γραφήματα (π.χ. χρωματική κωδικοποίηση των ορίων χωρητικότητας στο δεξί και αριστερό παράθυρο της Εικόνας 10.7). Με τον τρόπο αυτό, παρέχονται άμεσες νύξεις για συμπεριφορές του δικτύου που βρίσκονται κοντά στο όριο.
- *Περιορισμοί που ισχύουν σε περιόδους υψηλής ζήτησης ρεύματος*, για την ασφαλή και ευσταθή λειτουργία του δικτύου (σχετικοί με το πλαίσιο λειτουργίας περιορισμοί). Π.χ. τα συνιστώμενα όρια φόρτισης στο ΠΕΠ–Επίπεδο Γραμμών και στο Παράθυρο Ισχύος–Θερμοκρασίας στην Εικόνα 10.7.
- *Περιορισμοί που συνδέονται με συγκεκριμένες διαφοροποιημένες συμπεριφορές ή ρυθμίσεις των στοιχείων του δικτύου* (περιορισμοί διαφοροποίησης). Τέτοιοι περιορισμοί (π.χ. χαμηλότερη αντοχή θερμοκρασίας πυρήνα ή τυλίγματος των ΜΣ) οφείλονται συνήθως σε τεχνικούς λόγους ή σε προβλήματα συντήρησης, και απεικονίζονται ως χρωματικά κωδικοποιημένα όρια στα σχετικά γραφήματα ή στον Πίνακα Συνδεσιμότητας στην Γραμμή Εκκρεμοτήτων, όπου περιγράφονται κωδικοποιημένα με αλφαριθμητικά σύμβολα (Εικόνα 10.7).



Εικόνα 10.8 Κριτήρια διαχείρισης ενεργειακών πόρων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κατά τη διαχείριση του δικτύου διανομής λαμβάνονται υπόψη η πολιτική της εταιρείας καθώς και κάποια κοινωνικά κριτήρια, τα οποία θέτουν ειδικές προτεραιότητες στην κατανομή της ενέργειας. Έτσι, νοσοκομεία, κρατικά κτήρια και πρεσβείες, κτήρια όπου στεγάζονται Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, έχουν προτεραιότητα στην επανηλεκτρίση σε περιπτώσεις κατάρρευσης του συστήματος ή εκτεταμένης διακοπής ηλεκτροδότησης.

Στον οικολογικό διαμεσολαβητή, υπάρχει στο ΠΕΠ-Επίπεδο Γραμμών-Πίνακα Συνδεσιμότητας, η Γραμμή Ειδικών Πελατών (Εικόνα 10.8, αριστερό παράθυρο), ενώ και στο ΠΕΛ (Εικόνα 10.8, δεξί παράθυρο) υπάρχουν αντίστοιχα σύμβολα πάνω στο Διάγραμμα ΜΣ, που επισημαίνουν στο χειριστή την ύπαρξη σημαντικών πελατών πάνω σε συγκεκριμένες γραμμές, προκειμένου να προσαρμόσουν κατάλληλα τους χειρισμούς.



Εικόνα 10.9 Τεχνικές παροχές

Ο εξοπλισμός του δικτύου, υποστηρίζει δυνατότητες αναδιανομής των φορτίων μεταξύ των ΜΣ μέσω: Διασυνδεδετικών γραμμών, κοινών γραμμών με άλλα ΚΕΔΔ, Διπλών Γραμμών/γραμμών διπλών αναχωρήσεων, Γραμμών Αντιστήριξης, και τομών. Οι τεχνικές παροχές αυτές, παρουσιάζονται μέσα από κατάλληλη ομαδοποίηση και οπτική φόρμα. Οι κοινές γραμμές με άλλα ΚΕΔΔ, οι γραμμές διπλών αναχωρήσεων, και οι γραμμές αντιστήριξης παρουσιάζονται στις αντίστοιχες γραμμές του Πίνακα Συνδεσιμότητας, στο ΠΕΠ-Επίπεδο Γραμμών (Εικόνα 10.9, αριστερό παράθυρο). Οι Διασυνδεδετικές γραμμές παρουσιάζονται στο ΠΕΠ-Επίπεδο Ζυγών (Εικόνα 10.9, κεντρικό παράθυρο).

Ο εξοπλισμός του δικτύου, υποστηρίζει επίσης τη ρύθμιση της τάσεως σε κάθε ΜΣ, μέσω του συστήματος ΣΑΤΥΦ. Οι παράμετροι ρύθμισης της τάσεως παρουσιάζονται στο ΠΕΠ-Επίπεδο Μετασχηματιστή (Εικόνα 10.9, δεξί παράθυρο).

Τα τρία επίπεδα ΜΣ (Εικόνα 10.9) απεικονίζουν πληροφορία από τα επίπεδα Γενικής Λειτουργίας, Φυσικής Λειτουργίας και Φυσικής Μορφής του Μοντέλου Τεχνολογικού Συστήματος (Κεφ.8-§8.2.1), επιτρέποντας στους χειριστές να διαχειριστούν τους περιορισμούς του συστήματος και να συμμορφωθούν με τις ισχύουσες προτεραιότητες.

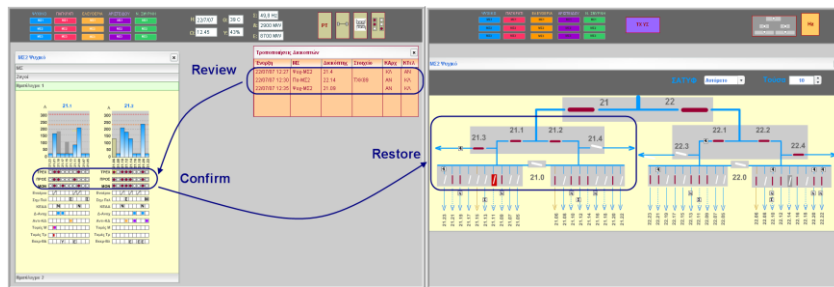
10.4.2 Διευκολύνοντας τις πρακτικές των χειριστών

Οι πρακτικές των χειριστών περιλαμβάνουν τυπικές/συνήθεις καταστάσεις «το EAN τμήμα των κανόνων» και τις πιθανές ενέργειες που πρέπει να εκτελεστούν «το TOTE κομμάτι των κανόνων». Ο οικολογικός διαμεσολαβητής που σχεδιάστηκε διευκολύνει την εφαρμογή τέτοιων πρακτικών με τους ακόλουθους τρόπους:

- Τα Παράθυρα των Οθονών Εποπτείας και Διαχείρισης, παρέχουν κατάλληλες νύξεις, ώστε να ανακαλούν οι χειριστές συμβάντα που έχουν διαχειριστεί στο παρελθόν, και να θέτουν σε εφαρμογή διαδικασίες αποδεδειγμένης αποτελεσματικότητας. Για παράδειγμα, όταν το φορτίο του ΜΣ φτάνει ή ξεπερνά το «διαφοροποιημένο όριο», που ισχύει λόγω κάποιων χαρακτηριστικών που έχει ο συγκεκριμένος ΜΣ, οι χειριστές λαμβάνουν σαφή νύξη να αφαιρέσουν

φορτία από αυτό το ΜΣ, προκειμένου να αποφύγουν ενδεχόμενη διακοπή λειτουργίας του, όπως έχει συμβεί στο παρελθόν σε αυτό το επίπεδο φόρτισης (Εικόνα 10.7).

- Συγκεκριμένες σχηματικές μορφές απεικόνισης, υποστηρίζουν την εφαρμογή αποτελεσματικών ενεργειών ελέγχου πάνω σε σύνθετους μηχανισμούς. Για παράδειγμα, το Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο (Εικόνα 10.6) σε περιπτώσεις διαφοροποίησης της τάσεως εξόδου από την αναμενόμενη τιμή, παρέχει νύξεις για την εφαρμογή διορθωτικών χειρισμών όπως η ενεργοποίηση/απενεργοποίηση πυκνωτών ή η αλλαγή της θέσεως του ΣΑΤΥΦ. Μέσα από αποδεδειγμένες ισχύος κανόνες της μορφής «Εάν η πραγματική Τάση Εξόδου είναι μεγαλύτερη από την ονομαστική, τότε επέλεξε χαμηλότερη θέση ΣΑΤΥΦ» ή «Εάν η πραγματική Τάση Εξόδου είναι μικρότερη από την ονομαστική τάση, τότε επέλεξε υψηλότερη θέση ΣΑΤΥΦ», οι χειριστές μπορούν να εκτελέσουν κατάλληλους διορθωτικούς χειρισμούς.
- Η συνοπτική πληροφορία για τις μονάδες του δικτύου, διευκολύνει την εφαρμογή κανόνων που βασίζονται στην πρακτική και διασφαλίζουν την ευστάθεια του συστήματος. Για παράδειγμα, η εφαρμογή της αρχής «Διατήρησε όλους τους ΜΣ ισοφορτισμένους» εξυπηρετείται από την απεικόνιση με τις ράβδους ζήτησης, στο συνοπτικό Παράθυρο Ισχύος – Θερμοκρασίας στην Οθόνη Εποπτείας (Εικόνα 10.7).
- Το Παράθυρο Εποπτείας (ΠΕΠ) και το Παράθυρο Ελέγχου (ΠΕΛ) παρέχουν κατάλληλη πληροφορία, η οποία διευκολύνει συγκεκριμένα διαγνωστικά καθήκοντα. Για παράδειγμα, γραμμές διανομής, οι οποίες αποτελούνται τόσο από υπόγειο, όσο και από εναέριο δίκτυο, παρουσιάζουν συχνές διακοπές λειτουργίας εξαιτίας στιγμιαίων συμβάντων που συμβαίνουν στο εναέριο τμήμα. Συγκεκριμένο σύμβολο στη Γραμμή «Εναέριου Τμήματος» του Πίνακα Συνδεσιμότητας στο ΠΕΠ – Επίπεδο γραμμών, και στο μονογραμμικό διάγραμμα στο ΠΕΛ, υποδεικνύει την ύπαρξη εναέριου τμήματος σε αυτή τη γραμμή. Έτσι, οι χειριστές μπορούν να προχωρήσουν γρηγορότερα στη διάγνωση της διακοπής, κάνοντας μία δοκιμαστική επανηλέκτριση αρχικά, και προχωρώντας κατόπιν σε έλεγχο του εναέριου τμήματος, σε περίπτωση που η διακοπή επανέλθει (Εικόνα 10.8).
- Κατάλληλη απεικόνιση πληροφορίας στην Οθόνη Εποπτείας και στην Οθόνη Ελέγχου, επιτρέπει στους χειριστές να διακρίνουν σφάλματα του εξοπλισμού, από τα πραγματικά συμβάντα στο δίκτυο. Π.χ. η οργάνωση της πληροφορίας στο ΠΕΛ και στο Παράθυρο Αναγγελιών στην Οθόνη Ελέγχου, είναι σύμφωνη με τις ζώνες εμφάνισης συγκεκριμένων αλάρμ. Έτσι, ασυμφωνίες μεταξύ του τύπου της αναγγελίας και της τρέχουσας θέσεως των διακοπών παρέχουν σαφείς νύξεις για την ύπαρξη σφαλμάτων στο σύστημα αυτοματισμών (Εικόνα 10.3).

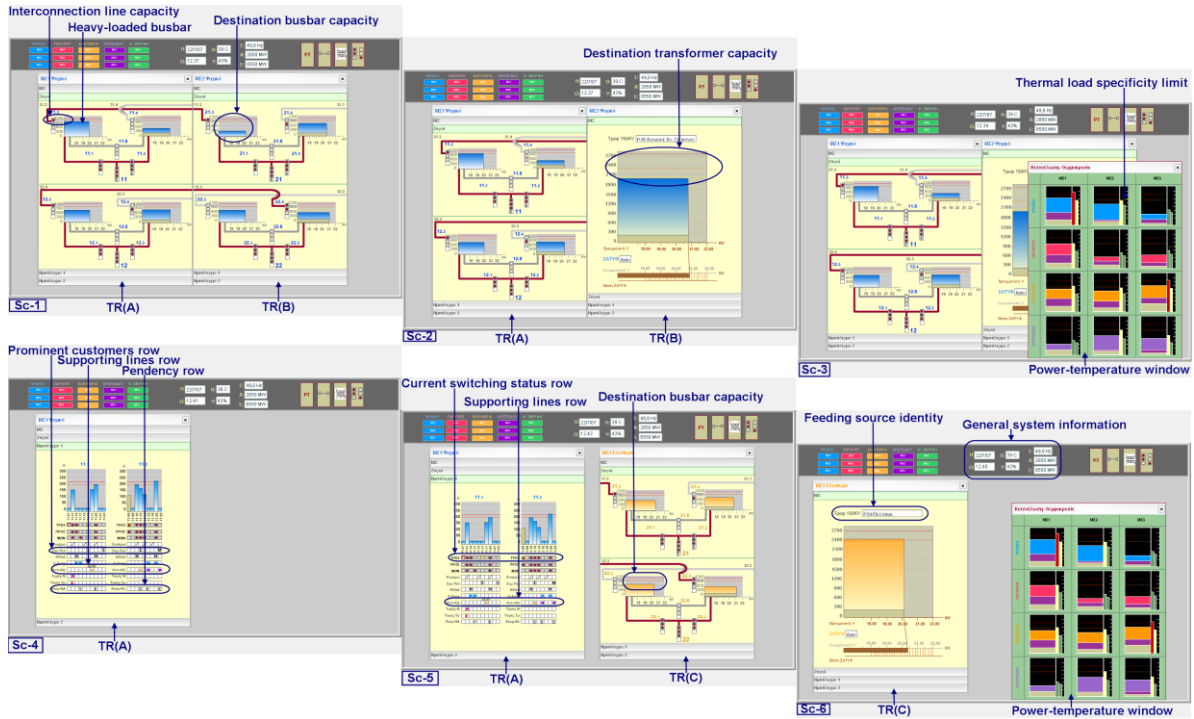


Εικόνα 10.10 Υποστήριξη πολλαπλών βημάτων ελέγχου

- Κατάλληλες σχηματικές μορφές απεικόνισης στο ΠΕΠ και στο ΠΕΛ, υποστηρίζουν τους χειριστές στην εκτέλεση σύνθετων χειρισμών. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας, περιορισμένες ή εκτεταμένες διακοπές ηλεκτροδότησης σε συγκεκριμένες μονάδες, απαιτούν την προσωρινή μεταφορά φορτίων, και την επαναφορά των φορτίων αυτών στις αρχικές πηγές τροφοδοσίας, όταν επανέλθει η δυνατότητα παροχής ενέργειας. Στη Οθόνη Εποπτείας στο ΠΕΠ-Επίπεδο Γραμμών, η πληροφορία του Πίνακα Διακοπών (παρουσιάζει την τρέχουσα, προσωρινή και μόνιμη κατάσταση των διακοπών κάθε γραμμής) και του Πίνακα Συνδεσιμότητας (αποτυπώνει τις δυνατότητες μεταγωγής φορτίων μεταξύ ΜΣ), σε συνδυασμό με το Παράθυρο Τροποποιήσεων (συνοψίζει τις αλλαγές κατάστασης διακοπών) (Εικόνα 10.10, αριστερή οθόνη), υποστηρίζει τους χειριστές στην ευθεία και αντίστροφη μεταγωγή φορτίων, μέσω κατάλληλων χειρισμών στο ΠΕΛ (Εικόνα 10.10, δεξιά οθόνη).

10.4.3 Διαχείριση περιστατικού υιοθετώντας ΣΒΚ

Η αποτελεσματικότητα του διαμεσολαβητή -πέρα από την υποστήριξη συγκεκριμένων νοητικών διαδικασιών που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη ενότητα- μπορεί να αποτυπωθεί καλύτερα, μέσα από τη μελέτη συγκεκριμένων περιστατικών που απαιτούν Συμπεριφορά Βασισμένη σε Κανόνες. Στο αντιπροσωπευτικό περιστατικό που ακολουθεί, παρουσιάζονται με αναλυτικό τρόπο τα βήματα διαχείρισης που χρειάζεται να εκτελέσουν οι χειριστές, και οι αντίστοιχες ενέργειες πάνω στο διαμεσολαβητή.



Εικόνα 10.11 Στιγμιότυπα διαχείρισης περιστατικού που απαιτεί ΣΒΚ

Περιστατικό: Κατά τη διάρκεια καλοκαιρινής ημέρας, όπου επικρατούν κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας λόγω καύσιμα, γίνεται έλεγχος του συστήματος για να καθοριστεί, εάν συγκεκριμένες παράμετροι είναι εντός των αποδεκτών ορίων. Εντοπίζονται υψηλά φορτία σε ζυγό του ΜΣ(Α). Η πληροφορία αυτή αποτυπώνεται στον οικολογικό διαμεσολαβητή RIGMENTUM στο Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Α)-Επίπεδο Ζυγών (Εικόνα 10.11- Στιγμιότυπο 1).

Ο εξοπλισμός του δικτύου υποστηρίζει τη δυνατότητα μεταγωγής φορτίων (Κεφ.8-§8.1.2, Μοντέλο 8.II- Επίπεδο Γενικής Λειτουργίας) με διάφορους τρόπους (Επίπεδο Φυσικής Λειτουργίας), από τους οποίους επιλέγεται ο καταλληλότερος ανάλογα με την τρέχουσα κατάσταση του δικτύου (Επίπεδο Φυσικής Μορφής).

Σε πρώτη φάση ελέγχεται η δυνατότητα μαζικής μεταφοράς φορτίων του ζυγού, μέσω διασυνδεδετικής γραμμής στο ΜΣ(Β). Ο έλεγχος αυτός υλοποιείται ως εξής:

1. Ελέγχεται εάν η Διασυνδεδετική γραμμή (τεχνική παροχή) μεταξύ του υπερφορτωμένου ζυγού του ΜΣ(Α) και του ζυγού προορισμού στο ΜΣ(Β), μπορεί να μεταφέρει τα φορτία. Για να πραγματοποιηθεί αυτός ο έλεγχος, πρέπει να ενεργοποιηθεί το Παράθυρο Εποπτείας (ΠΕΠ) ΜΣ(Β)-Επίπεδο Ζυγών· να τοποθετούν το ΠΕΠ-ΜΣ(Α) και ΠΕΠ-ΜΣ(Β) το ένα δίπλα στο άλλο, προκειμένου να ελέγξουν ποιος ζυγός του ΜΣ(Β) συνδέεται μέσω Διασυνδεδετικής γραμμής με το ζυγό του ΜΣ(Α) που ενδιαφέρει τους χειριστές· κατόπιν, ελέγχονται τα φορτία του υπερφορτωμένου ζυγού του ΜΣ(Α), σε σχέση με τη χωρητικότητα της Διασυνδεδετικής γραμμής που παρουσιάζεται γραφικά (Εικόνα 10.11- Στιγμιότυπο 1-«σημείο αγκίστρωσης»).
2. Ελέγχεται εάν ο ζυγός προορισμού στο ΜΣ(Β), μπορεί να δεχτεί τα φορτία χωρίς να υπάρξει υπέρβαση ορίου χωρητικότητας του ζυγού (Κεφ.8-§8.1.8– Μοντέλο 8.VII – Επίπεδο αφαίρεσης: Φυσικής Λειτουργίας & Επίπεδο δομικής διάσπασης: Ζυγού). Ο έλεγχος πραγματοποιείται ελέγχοντας το φορτίο του ζυγού σε σχέση με το οπτικοποιημένο όριο του ζυγού στο ΠΕΠ ΜΣ(Β)- Επίπεδο Ζυγών, για να διαπιστωθεί η ελεύθερη χωρητικότητα του ζυγού (Εικόνα 10.11- Στιγμιότυπο 1).
3. Ελέγχεται εάν συνολικά ο ΜΣ(Β), μπορεί να διατηρήσει τα φορτία που πρέπει να μεταφερθούν σε αυτόν, χωρίς να υπάρξει υπέρβαση του ορίου συνολικής χωρητικότητας ΜΣ(Β) (Κεφ.8-§8.1.8, Μοντέλο 8.VII-Επίπεδο Αφαίρεσης Φυσικής Λειτουργίας & Επίπεδο δομικής διάσπασης ΜΣ). Για να πραγματοποιηθεί αυτός ο έλεγχος, ενεργοποιείται το ΠΕΠ ΜΣ(Β)- Επίπεδο ΜΣ, και ελέγχεται το φορτίο σε σχέση με το οπτικοποιημένο όριο, για να διαπιστωθεί η συνολική ελεύθερη χωρητικότητα του ΜΣ(Β) (Εικόνα 10.11- Στιγμιότυπο 2).
4. Τέλος, ελέγχεται η θερμοκρασία του ΜΣ προορισμού, προκειμένου να αποφευχθεί μεταφορά φορτίων σε ένα ΜΣ που παρουσιάζει ήδη θερμοκρασία κοντά στο όριο. Ο έλεγχος γίνεται για να μην προκληθεί περαιτέρω αύξηση θερμοκρασίας, η οποία θα θέσει εκτός λειτουργίας τον ΜΣ, προκαλώντας σημαντικά προβλήματα στην εύρυθμη λειτουργία του δικτύου. Για να γίνει ο έλεγχος της θερμοκρασίας του ΜΣ(Β), πρέπει να ενεργοποιηθεί το Παράθυρο Ισχύος-Θερμοκρασίας. Εκεί αποτυπώνεται μία ένδειξη για «διαφοροποιημένο όριο θερμοκρασίας» που υπενθυμίζει στους χειριστές, ότι ο ΜΣ(Β) παρουσιάζει συχνά διακοπές λειτουργίας για τιμές μικρότερες από

το ονομαστικό όριο θερμοκρασίας. Η συμπεριφορά του συγκεκριμένου ΜΣ, έχει παρατηρηθεί σε προηγούμενα συμβάντα, και έχει κωδικοποιηθεί ως «διαφοροποιημένο όριο» (Εικόνα 10.11- Στιγμιότυπο 3).

Βάσει των ευρημάτων στα προηγούμενα βήματα ελέγχου, κρίνεται σκόπιμη η αποφυγή της «μαζικής» μεταγωγής φορτίων, και επιλέγεται η αναζήτηση «τμηματικών» μεταγωγών για τη διαχείριση της κατάστασης, μέσω Γραμμών Αντιστήριξης, τομών του δικτύου, Διπλών Γραμμών ή γραμμών κοινών μεταξύ δύο ΚΕΔΔ. Τα βήματα εντοπισμού και εκτέλεσης τμηματικών μεταγωγών έχουν ως εξής:

5. Αναζητούνται όλες οι δυνατότητες «τμηματικής» μεταγωγής φορτίου του υπερφορτωμένου ΜΣ(Α). Για να εντοπιστούν ενεργοποιείται το ΠΕΠ ΜΣ(Α)–Επίπεδο Γραμμών, και ελέγχεται ο Πίνακας Συνδεσιμότητας στη σειρά που παρουσιάζονται οι δυνατότητες «Αντιστήριξης». Στη σειρά αυτή, αποτυπώνεται η δυνατότητα μεταγωγής φορτίων στο ΜΣ(Γ) (Εικόνα 10.11- Στιγμιότυπο 4).
6. Ελέγχεται εάν οι γραμμές αντιστήριξης περιλαμβάνουν Ειδικούς Πελάτες όπως νοσοκομεία, κρατικά κτήρια, κλπ. Η πληροφορία αυτή παρουσιάζεται στον Πίνακα Συνδεσιμότητας, στη σειρά «Ειδικών Πελατών» (Εικόνα 10.11- Στιγμιότυπο 4).
7. Ελέγχεται εάν υπάρχουν εκτός λειτουργίας στοιχεία στις Γραμμές Αντιστήριξης. Η πληροφορία αυτή αποτυπώνεται στον Πίνακα Συνδεσιμότητας, στη σειρά «Εκκρεμοτήτων» (Εικόνα 10.11- Στιγμιότυπο 4).
8. Ελέγχεται εάν οι δυνατότητες μεταγωγής φορτίων είναι υλοποιήσιμες σύμφωνα με την τρέχουσα θέση των διακοπών. Το βήμα αυτό απαιτεί συσχέτιση πληροφορίας που είναι διαθέσιμη στον Πίνακα Συνδεσιμότητας, στη σειρά «Αντιστήριξης», με πληροφορία που βρίσκεται διαθέσιμη στον Πίνακα Κατάστασης Διακοπών, στην σειρά «Τρέχουσας κατάστασης» (Εικόνα 10.11- Στιγμιότυπο 5).
9. Τέλος, ελέγχεται εάν η ελεύθερη χωρητικότητα του ζυγού προορισμού ΜΣ(Γ), είναι τέτοια ώστε να κρατήσει τα φορτία που θα μεταχθούν μέσω της γραμμής Αντιστήριξης. Το βήμα αυτό, απαιτεί ενεργοποίηση του ΠΕΠ ΜΣ(Γ) – Επίπεδο Ζυγών, και έλεγχο της ράβδου φορτίου ζυγού σε σχέση με το όριο φόρτισης του ζυγού, για να διαπιστωθεί η ελεύθερη χωρητικότητα του (Εικόνα 10.11- Στιγμιότυπο 5).

Μετά τον έλεγχο που έγινε στα προηγούμενα βήματα, διαπιστώθηκε ότι η μεταγωγή φορτίων από το ΜΣ(Α) στο ΜΣ(Γ) μέσω γραμμών αντιστήριξης, είναι υλοποιήσιμη σύμφωνα με τους περιορισμούς που ισχύουν τοπικά σε επίπεδο διανομής. Όμως, κατά τη διάρκεια των κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας του δικτύου, όταν η ζήτηση φτάνει τα όρια της δυναμικότητας και η ευστάθεια είναι οριακή, τότε οι χειριστές πρέπει να ελέγξουν εάν η λύση είναι υλοποιήσιμη σύμφωνα με την κατάσταση που επικρατεί συνολικά στο ηλεκτρικό σύστημα.

10. Πρέπει να διερευνηθεί εάν η λύση είναι συμβατή με τους «εξωτερικούς περιορισμούς λειτουργίας» του δικτύου, που προέρχονται από υψηλότερης τάξης δίκτυα, ελέγχοντας την συμβατότητα των γραμμών τροφοδοσίας ΥΤ των ΜΣ(Α) και ΜΣ(Γ), και την συνολική ευστάθεια του δικτύου στο τρέχον πλαίσιο λειτουργίας. Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται ως εξής: η πηγή τροφοδοσίας των ΜΣ(Α) και ΜΣ(Γ) διαπιστώνεται στα αντίστοιχα Παράθυρα Εποπτείας ΜΣ–Επίπεδο ΜΣ· στο Παράθυρο Ισχύος- Θερμοκρασίας ελέγχεται για όλους τους ΜΣ η σχέση ζήτησης – χωρητικότητας και η θερμοκρασία· στη ράβδο περιεχομένων της Οθόνης Εποπτείας όπου απεικονίζεται η Γενική Πληροφορία Συστήματος διαπιστώνεται το χρονικό πλαίσιο, η συνολική ζήτηση και η συχνότητα του συστήματος. Αφού ελεγχθούν συνδυαστικά οι παράμετροι που προαναφέρθηκαν, λαμβάνεται η απόφαση για το εάν είναι σκόπιμο να πραγματοποιηθεί η διερευνηθείσα μεταγωγή φορτίων (Εικόνα 10.11- Στιγμιότυπο 6).

10.4.4 Σύγκριση Παραδοσιακού & Οικολογικού Διαμεσολαβητή για τη ΣΒΚ

Η σύγκριση των νοητικών ενεργειών που εκτελούν οι χειριστές, για να διαχειριστούν το περιστατικό που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, όταν χρησιμοποιούν τον οικολογικό διαμεσολαβητή και όταν χρησιμοποιούν τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, βοηθά περαιτέρω στη διαπίστωση των πλεονεκτημάτων του οικολογικού διαμεσολαβητή, κατά την υποστήριξη της βασισμένης σε κανόνες συμπεριφοράς. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.2. Οι εικόνες και περιγραφές των τεχνημάτων του παραδοσιακού διαμεσολαβητή, που αναφέρονται στον Πίνακα 10.2 είναι διαθέσιμες στο Κεφ.7-§7.2.3 και στο Κεφ.9-§9.3.1. Για τον οικολογικό διαμεσολαβητή, οι αντίστοιχες περιγραφές και εικόνες είναι διαθέσιμες στο Κεφ.9-§9.8 & §9.9, και στην §10.4.3, Εικόνα 10.11.

Βήματα διαχείρισης του Περιστατικού	Οικολογικός Διαμεσολαβητής		Παραδοσιακός Διαμεσολαβητής	
	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες
Αρχικά γίνεται έλεγχος του συστήματος για να εντοπιστεί εάν οι σημαντικές παράμετροι λειτουργίας του βρίσκονται σε αποδεκτά όρια.	<ul style="list-style-type: none"> • Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Α)/Επίπεδο Ζυγών 	<ul style="list-style-type: none"> - Ελέγχουν το φορτία ζυγών σε σχέση με τα οπτικοποιημένα όρια τους. - Εντοπίζουν ένα υπερφορτωμένο ζυγό στο ΜΣ(Α). 	<ul style="list-style-type: none"> • Πίνακας Ελέγχου/ Ενδεικτικά ΜΣ(Α) • Διάγραμμα Μετασχηματιστών/ Διάγραμμα ΜΣ(Α) • Τράπεζα Χειρισμών/ Κουμπιά ενεργοποίησης ενδείξεων ζυγού 	<ul style="list-style-type: none"> - Διαβάζουν τις μετρήσεις φορτίου κάθε ζυγού που έχουν ενεργοποιηθεί στα ενδεικτικά. - Ανακαλούν από τη μνήμη τη χωρητικότητα κάθε ζυγού. - Εντοπίζουν έναν υπερφορτωμένο ζυγό στο ΜΣ(Α).
<i>Αναζητούν δυνατότητες «μαζικής» μεταφοράς φορτίων</i>				
1. Ελέγχεται εάν η Διασυνδεδετική Γραμμή μεταξύ του υπερφορτωμένου ζυγού του ΜΣ(Α) και του ζυγού προορισμού στο ΜΣ(Β), μπορεί να κρατήσει τα φορτία που πρόκειται να μεταφερθούν.	<ul style="list-style-type: none"> • Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Α)/ Επίπεδο Ζυγών & • Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Β)/ Επίπεδο Ζυγών 	<ul style="list-style-type: none"> - Ελέγχουν το φορτίο του υπερφορτωμένου ζυγού του ΜΣ(Α) σε σχέση με την οπτικοποιημένη χωρητικότητα της Διασυνδεδετικής γραμμής. 	<ul style="list-style-type: none"> • Πίνακας Ελέγχου/ Ενδεικτικά ΜΣ(Α) • Διάγραμμα Μετασχηματιστών/ Διάγραμμα ΜΣ(Α) & Διάγραμμα ΜΣ(Β) • Τράπεζα Χειρισμών/ Κουμπιά ενεργοποίησης 	<ul style="list-style-type: none"> - Εντοπίζουν την ταυτότητα της Διασυνδεδετικής γραμμής που συνδέει τον υπερφορτωμένο ζυγό στο ΜΣ(Α) με το ζυγό στο ΜΣ(Β). - Διαβάζουν ξανά το φορτίο του ζυγού ΜΣ(Α) στο ενδεικτικό. - Ανακαλούν από τη μνήμη τη χωρητικότητα της Διασυνδεδετικής. - Συγκρίνουν νοητικά τη χωρητικότητα της Διασυνδεδετικής με το φορτίο ζυγού του ΜΣ(Α) που πρόκειται να μεταφερθεί.
2. Ελέγχεται εάν ο ζυγός προορισμού του ΜΣ(Β) μπορεί να κρατήσει τα φορτία που πρόκειται να μεταφερθούν χωρίς να γίνει υπέρβαση της χωρητικότητας του.	<ul style="list-style-type: none"> • Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Β)/ Επίπεδο Ζυγών 	<ul style="list-style-type: none"> - Ελέγχουν το οπτικοποιημένο φορτίο του ζυγού προορισμού του ΜΣ (Β) σε σχέση με το όριο χωρητικότητας για να εξάγουν την ελεύθερη χωρητικότητα του ζυγού. 	<ul style="list-style-type: none"> • Πίνακας Ελέγχου/ Ενδεικτικά ΜΣ(Β) • Διάγραμμα Μετασχηματιστών/ Διάγραμμα ΜΣ(Β) • Τράπεζα Χειρισμών/ Κουμπιά ενεργοποίησης 	<ul style="list-style-type: none"> - Διαβάζουν το φορτίο του ζυγού ΜΣ(Β) στο ενδεικτικό. - Ανακαλούν από τη μνήμη τη χωρητικότητα του ζυγού ΜΣ(Β). - Υπολογίζουν νοητικά την ελεύθερη χωρητικότητα του ζυγού ΜΣ(Β).
3. Ελέγχεται εάν συνολικά ο ΜΣ(Β) μπορεί να κρατήσει τα φορτία που πρόκειται να μεταφερθούν χωρίς να υπάρξει υπέρβαση του ορίου χωρητικότητας του.	<ul style="list-style-type: none"> • Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Β)/ Επίπεδο Μετασχηματιστή 	<ul style="list-style-type: none"> - Ελέγχουν το οπτικοποιημένο συνολικό φορτίο του ΜΣ (Β) σε σχέση με το όριο χωρητικότητας για να εξάγουν την ελεύθερη χωρητικότητα του μετασχηματιστή. 	<ul style="list-style-type: none"> • Πίνακας Ελέγχου/ Ενδεικτικά ΜΣ(Β) • Διάγραμμα Μετασχηματιστών/ Διάγραμμα ΜΣ(Β) • Τράπεζα Χειρισμών/ Κουμπιά ενεργοποίησης 	<ul style="list-style-type: none"> - Διαβάζουν το συνολικό φορτίο του ΜΣ(Β) στο ενδεικτικό. - Ανακαλούν από τη μνήμη τη χωρητικότητα του ΜΣ(Β). - Υπολογίζουν νοητικά την ελεύθερη χωρητικότητα του ΜΣ(Β).

Βήματα διαχείρισης του Περιστατικού	Οικολογικός Διαμεσολαβητής		Παραδοσιακός Διαμεσολαβητής	
	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες
4. Ελέγχεται το θερμικό φορτίο του ΜΣ(Β), για να αποφευχθεί μεταφορά φορτίων σε ένα μετασχηματιστή που παρουσιάζει συμπεριφορά κοντά στο θερμικό όριο, και να διασφαλιστεί η αδιάκοπη λειτουργία του ΜΣ, και κατ' επέκταση και η ευστάθεια του συστήματος συνολικά .	<ul style="list-style-type: none"> Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Ισχύος – Θερμοκρασίας 	- Εντοπίζεται ένδειξη για ύπαρξη ιδιαίτερου ορίου που υπενθυμίζει στους χειριστές ότι ο συγκεκριμένος ΜΣ(Β) βγαίνει συχνά εκτός λειτουργίας για τιμές χαμηλότερες από την ονομαστική τιμή θερμικού ορίου.	<ul style="list-style-type: none"> Δεν υπάρχει ενδεικτικό που δείχνει το θερμικό φορτίο και όριο του ΜΣ(Β). 	<p>Οι χειριστές είτε:</p> <p>(Εναλλακτική 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> προχωρούν στη μεταφορά φορτίων μέσω Διασυνδεδετικής αγνοώντας το τελευταίο βήμα ελέγχου; <p>Είτε (Εναλλακτική 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> ζητούν και αποκτούν πληροφορία για το θερμική εικόνα του ΜΣ(Β) από την υψηλότερου επιπέδου εποπτείας αίθουσα ελέγχου; σε περίπτωση που οι χειριστές θυμούνται ότι ο συγκεκριμένος ΜΣ(Β) βγαίνει συχνά εκτός λειτουργίας, για τιμές χαμηλότερες από την ονομαστική τιμή θερμικού ορίου, προχωρούν στην αναζήτηση «τμηματικών» μεταφορών φορτίων.
<i>Αναζήτηση δυνατοτήτων «τμηματικής» μεταφοράς φορτίων</i>				
5. Αναζητούνται οι δυνατότητες «τμηματικής» μεταγωγής φορτίων από τον υπερφορτωμένο ζυγό του ΜΣ(Α), ξεκινώντας από τις γραμμές Αντιστήριξης.	<ul style="list-style-type: none"> Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Α)/ Επίπεδο Γραμμών/ Πίνακας Συνδεσιμότητας 	- Εντοπίζουν στη Γραμμή του Πίνακα Συνδεσιμότητας που δίνει πληροφορίες για τις γραμμές Αντιστήριξης, δυνατότητα μεταγωγής φορτίων στον ΜΣ(Γ), μαζί με πληροφορία για τον ΜΣ .	<ul style="list-style-type: none"> Διάγραμμα Μετασχηματιστών/ Διάγραμμα ΜΣ(Α) Έντυπος Χάρτης Γραμμών Αντιστήριξης 	<ul style="list-style-type: none"> Εντοπίζουν δυνατότητες μεταγωγής στο ΜΣ(Γ) (δηλ. αφαριθμητικά κωδικοποιημένη πληροφορία για Γραμμές Αντιστήριξης πάνω στο Διάγραμμα ΜΣ(Α)). Διαβάζουν πάνω στον Έντυπο Χάρτη Γραμμών Αντιστήριξης, λεπτομέρειες για το ΜΣ(Γ).
6. Ελέγχουν εάν οι γραμμές Αντιστήριξης που έχουν εντοπίσει εμπλέκουν σημαντικούς πελάτες τα νοσοκομεία, κρατικά κτήρια, κλπ.	<ul style="list-style-type: none"> Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Α)/ Επίπεδο Γραμμών/ Πίνακας Συνδεσιμότητας 	- Ελέγχουν στη Γραμμή Σημαντικών Πελατών του Πίνακα Συνδεσιμότητας για παρουσία συμβόλων που δηλώνουν σημαντικούς πελάτες.	<ul style="list-style-type: none"> Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου 	- Διατρέχουν πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα την όδευση της γραμμής Αντιστήριξης που θέλουν να ελέγξουν, προκειμένου να δουν εάν υπάρχουν πάνω σε αυτή σημαντικοί πελάτες .
7. Ελέγχεται εάν υπάρχουν στοιχεία εκτός λειτουργίας πάνω στη γραμμή Αντιστήριξης.	<ul style="list-style-type: none"> Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Α)/ Επίπεδο Γραμμών/ Πίνακας Συνδεσιμότητας 	- Ελέγχουν στη γραμμή Εκκρεμοτήτων για στοιχεία που βρίσκονται εκτός λειτουργίας.	<ul style="list-style-type: none"> Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου Διάγραμμα Μετασχηματιστών/ Διάγραμμα ΜΣ(Α) 	- Ελέγχουν για σημειώσεις με κιμωλία, που δηλώνουν στοιχεία εκτός λειτουργίας στο Μιμικό Διάγραμμα και στο Διάγραμμα ΜΣ(Α).

Βήματα διαχείρισης του Περιστατικού	Οικολογικός Διαμεσολαβητής		Παραδοσιακός Διαμεσολαβητής	
	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες
8. Ελέγχουν ποιες από τις δυνατότητες μεταγωγής φορτίων είναι υλοποιήσιμες σύμφωνα με την τρέχουσα θέση των διακοπών των γραμμών.	<ul style="list-style-type: none"> Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Α)/ Επίπεδο Γραμμών/ Πίνακας Συνδεσιμότητας & Πίνακας Κατάστασης Διακοπών Αναχωρήσεων Γραμμών 	- Ελέγχουν για κάθε γραμμή που δηλώνεται ως γραμμή Αντιστήριξης στον Πίνακα Συνδεσιμότητας, την τρέχουσα κατάσταση του διακόπτη, που δηλώνεται στην πρώτη γραμμή του Πίνακα Κατάστασης Διακοπών.	<ul style="list-style-type: none"> Διάγραμμα Μετασχηματιστών Έντυπος Χάρτης Γραμμών Αντιστήριξης 	<ul style="list-style-type: none"> Εντοπίζουν τις γραμμές ενδιαφέροντος πάνω στο Χάρη Γραμμών Αντιστήριξης. Ελέγχουν την τρέχουσα κατάσταση των διακοπών αναχωρήσεως των γραμμών πάνω στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών.
9. Ελέγχουν εάν ο ζυγός του ΜΣ(Γ) που θα δεχθεί τα φορτία μέσω της Γραμμής Αντιστήριξης, μπορεί να κρατήσει τα φορτία.	<ul style="list-style-type: none"> Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Γ)/ Επίπεδο Ζυγών 	- Ελέγχουν το οπτικοποιημένο φορτίο του ζυγού προορισμού του ΜΣ(Γ) σε σχέση με το όριο χωρητικότητας για να εξάγουν την ελεύθερη χωρητικότητα του ζυγού.	<ul style="list-style-type: none"> Πίνακας Ελέγχου/ Ενδεικτικά ΜΣ(Γ) Διάγραμμα Μετασχηματιστών/ Διάγραμμα ΜΣ(Γ) Τράπεζα Χειρισμών/ Κουμπιά ενεργοποίησης 	<ul style="list-style-type: none"> Διαβάζουν το φορτίο του ζυγού ΜΣ(Γ) στο ενδεικτικό. Ανακαλούν από τη μνήμη τη χωρητικότητα του ζυγού ΜΣ(Γ). Υπολογίζουν νοητικά την ελεύθερη χωρητικότητα του ζυγού ΜΣ(Γ).
<i>Ελέγχεται η καταλληλότητα των υποψήφιων ενεργειών σε γενικό επίπεδο λειτουργίας του δικτύου</i>				
10. Καταλληλότητα των υποψήφιων ενεργειών σε γενικό επίπεδο Κριτήριο1: Συμβατότητα των ΜΣ(Α) και ΜΣ(Β) σε ό,τι αφορά τις πηγές τροφοδοσίας. Κριτήριο 2: Η συνολική ευστάθεια του συστήματος όπως αυτή καθορίζεται από: τη συχνότητα του συστήματος, τη σχέση ζήτησης- χωρητικότητας όλων των ΜΣ, και την κρισιμότητα του χρονικού πλαισίου σε ό,τι αφορά την εξέλιξη της ζήτησης.	<ul style="list-style-type: none"> Οθόνη Εποπτείας: Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Α)/ Επίπεδο μετασχηματιστή, Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ(Γ)/ Επίπεδο μετασχηματιστή Παράθυρο Ισχύος – Θερμοκρασίας Γενική πληροφορία Συστήματος (Ημερομηνία, την Ώρα, Θερμοκρασία, Υγρασία, Συχνότητα, Συνολική κατανάλωση στην Αττική, και Πανελλαδικά), 	<p>Για το Κριτήριο1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Διαβάζουν την ταυτότητα της γραμμής τροφοδοσίας του ΜΣ(Α) και ΜΣ(Γ) στα αντίστοιχα Παράθυρα Εποπτείας. <p>Για το Κριτήριο 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουν τη σχέση ζήτησης- χωρητικότητας σε όλους τους ΜΣ στο Παράθυρο Ισχύος – Θερμοκρασίας. Διαβάζουν την ώρα, τη συχνότητα του συστήματος, και τη συνολική ζήτηση του συστήματος στη δοκό περιεχομένων της Οθόνης Εποπτείας. 	<ul style="list-style-type: none"> Έντυπος Χάρτης Πηγών Τροφοδοσίας ΜΣ Πίνακας Ελέγχου/ Ψηφιακό Ενδεικτικό Συχνότητας Ψηφιακό ρολόι τοίχου 	<p>Για το Κριτήριο1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Εντοπίζουν την ταυτότητα των πηγών τροφοδοσίας των ΜΣ(Α) και ΜΣ(Γ) στο Χάρτη Πηγών Τροφοδοσίας. <p>Για το Κριτήριο 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ζητούν από την υψηλότερου επιπέδου εποπτείας αίθουσα ελέγχου, μία εκτύπωση που αποτυπώνει τη συνολική ζήτηση του δικτύου διανομής, και τη ζήτηση ενέργειας των εποπτευόμενων ΜΣ. Διαβάζουν τη συχνότητα του συστήματος στο ενδεικτικό του Πίνακα Ελέγχου. Διαβάζουν την ώρα στο ρολόι .

Πίνακας 10.2. Ενέργειες κατά τη Συμπεριφορά βασισμένη σε Κανόνες

Από τη σύγκριση της υποστήριξης που παρέχουν οι δύο διαμεσολαβητές για τη διαχείριση του αντιπροσωπευτικού περιστατικού που απαιτεί ΣΒΚ, διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα.

Στον υπάρχοντα παραδοσιακό διαμεσολαβητή, για να εφαρμόσουν οι χειριστές βασισμένες σε κανόνες διαδικασίες πρέπει:

- να συνδυάσουν και να ενοποιήσουν πληροφορία που βρίσκεται διασκορπισμένη σε διάφορα τεχνήματα μέσα στην αίθουσα ελέγχου (Μιμικό Διάγραμμα, Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Πίνακα Ελέγχου) (βήμα 3,9 &10).
- να ζητήσουν κρίσιμη, μη-διαθέσιμη πληροφορία, από εξωτερικούς πράκτορες (βήμα 10).
- να ανακαλέσουν από τη μνήμη, όρια χωρητικότητας, χαρακτηριστικά, και ιδιαίτερες συμπεριφορές των στοιχείων (βήμα 1,2,3,4&9).
- να εκτελέσουν νοητικούς υπολογισμούς και συγκρίσεις για τις διάφορες μεταβλητές του συστήματος (βήμα 1,2,3&9).

Αντίθετα στον οικολογικό διαμεσολαβητή:

- η πληροφορία για τα χαρακτηριστικά των στοιχείων και το τρέχον πλαίσιο λειτουργίας παρουσιάζεται άμεσα (βήμα 10).
- οι σχέσεις ζήτησης – χωρητικότητας παρουσιάζονται κατάλληλα (βήμα 1,2,3,4,9 &10).
- τα κριτήρια ελέγχου (διαδοχικά βήματα 6,7,8,9) για διάφορα καθήκοντα (π.χ. δυνατότητα μεταγωγής φορτίων στο βήμα 5), βρίσκονται σε γειτονικές περιοχές στα παράθυρα και υπο-παράθυρα (πχ Διάγραμμα Φορτίσεων, Πίνακας Διακοπών και Πίνακας Συνδεσιμότητας).

Έτσι, οι χειριστές υποστηρίζονται στο να εφαρμόσουν τις σχετικές με το πλαίσιο διαδικασίες, να ανακαλέσουν συμπεριφορές του συστήματος ή συμβάντα που έχουν βιώσει στο παρελθόν, και να εφαρμόσουν εμπειρικές διαδικασίες ελέγχου. Επιπλέον, ο διαμεσολαβητής υποστηρίζει τους χειριστές στο να διερευνήσουν τις δυνατότητες δράσης μέσα από ανιχνεύσιμους περιορισμούς, παροχές, προτεραιότητες, καθώς και να εντοπίσουν τις επιπτώσεις που ενδέχεται να έχουν τοπικές ενέργειες στην ευστάθεια του συνολικού συστήματος, εκτελώντας έτσι πιο αποτελεσματικό έλεγχο του δικτύου.

10.5 Υποστήριξη της συμπεριφοράς βασισμένης σε γνώσεις (ΣΒΓ)

Η βασισμένη σε γνώσεις συμπεριφορά είναι η λιγότερο αξιόπιστη και ασφαλής συμπεριφορά, και είναι απαιτητική σε ό,τι αφορά το χρόνο εκτέλεσης και τους νοητικούς πόρους. Οι χειριστές υιοθετούν βασισμένη σε γνώσεις συμπεριφορά, όταν εμφανίζονται μη-οικείες καταστάσεις (Κεφ.3-§3.3.1), οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν, είτε πολύ σπάνια, είτε πρωτοεμφανιζόμενα συμβάντα. Προκειμένου να διαχειριστούν αυτές τις καταστάσεις οι χειριστές πρέπει να συνδυάσουν γενικές γνώσεις, για τη λειτουργία του συστήματος, τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, και τους στόχους που πρέπει να επιτευχθούν (Holness et al., 2006).

Κατά τη διάρκεια των κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας (Κεφ.7-§7.3.1), η πιθανότητα να εμφανιστούν μη-οικείες καταστάσεις αυξάνει σημαντικά, καθώς ολόκληρο το ηλεκτρικό σύστημα (παραγωγή-μεταφορά-διανομή) λειτουργεί κοντά στα φυσικά και λειτουργικά του όρια, και ο τεχνολογικός εξοπλισμός του συστήματος ενέργειας, μπορεί να εμφανίσει ελαττώματα και βλάβες. Επιπλέον, η υψηλή ζήτηση ενέργειας, έχει επιπτώσεις στην ποιότητα της τάσης και τη συχνότητα του συστήματος, με συνέπεια να εκδηλώνονται κατά τη λειτουργία του συστήματος μη-αναμενόμενες συμπεριφορές. Συνήθως, μη οικείες καταστάσεις στα δίκτυα διανομής μπορεί να αναδυθούν από:

A) Δύο ή περισσότερα οικεία συμβάντα τα οποία εκδηλώνονται ταυτόχρονα, οδηγώντας σε μη-συνήθη συμπτώματα και σε καινοφανείς συμπεριφορές του συστήματος. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι χειριστές πρέπει να εμπλακούν σε μία στοχευμένη αναζήτηση των λειτουργικών και φυσικών ιδιοτήτων του συστήματος, προκειμένου να αναγνωρίσουν τα επιμέρους συμβάντα. Τότε, μπορούν να περάσουν σε μία βασισμένη σε κανόνες συμπεριφορά, χρησιμοποιώντας τη «βιβλιοθήκη» διαθέσιμων κανόνων, για να αντιμετωπίσουν είτε κάθε συμβάν χωριστά, είτε ταυτόχρονα με τα υπόλοιπα. Συνεπώς, για αυτή την κατηγορία καταστάσεων ο διαμεσολαβητής είναι σημαντικό να υποστηρίζει την πραγματοποίηση συλλογισμών σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης-διάσπασης, παρουσιάζοντας όλους τους τύπους σχέσεων που καθορίζουν τη δομή και τη δυναμική του συστήματος.

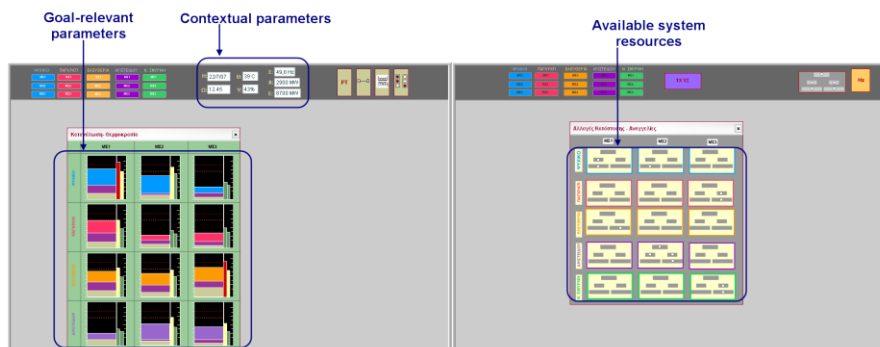
B) Ελαττώματα του εξοπλισμού ή βλάβες του συστήματος που οδηγούν σε καινοφανείς καταστάσεις. Τέτοιες καταστάσεις προκαλούνται συνήθως από ακραίες συνθήκες λειτουργίας. Για να διαχειριστούν αυτή την κατηγορία μη-οικείων καταστάσεων οι χειριστές, πρέπει να υιοθετήσουν δημιουργική σκέψη (van den Bogaard & Swuste, 2006). Επιπλέον, σε αυτές τις περιπτώσεις οι χειριστές είναι υποχρεωμένοι να διαφοροποιηθούν από τις τυπικές διαδικασίες, και να εκτελέσουν δοκιμαστικές ενέργειες, προκειμένου να διερευνήσουν τις ιδιαιτερότητες της κατάστασης. Έτσι, οι χειριστές δεν θα πρέπει να βασιστούν στην τοπική περιορισμένη γνώση που διαθέτουν για το σύστημα, αντίθετα θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν συνολική γενική γνώση για το σύστημα (Edworthy et al., 2004), και να ανακαλέσουν ευρύτερης ισχύος κανόνες και ιδέες που γνωρίζουν (Hale & Swuste, 1998).

10.5.1 Αποτύπωση Πλαισίου Λειτουργίας & Θεμελιωδών Σχέσεων του Συστήματος

Ο οικολογικός διαμεσολαβητής διαμορφώθηκε σύμφωνα με το Περιεχόμενο των Μοντέλων ΙΑΔ, που αποτυπώνουν μέσα από διαφορετικές οπτικές, τον τρόπο λειτουργίας του πεδίου (Κεφ.8-§8.1.2 και 8.1.8). Ο διαμεσολαβητής παρουσιάζει

τους διάφορους τύπους σχέσεων, που συνδέουν τα στοιχεία και τις μεταβλητές του συστήματος, μέσα από κατάλληλες δυναμικές δομές πληροφορίας και σχηματικές απεικονίσεις. Έτσι, οι χειριστές υποστηρίζονται στο να εκτελούν συλλογισμούς, και να διαχειρίζονται το πεδίο ακόμη και σε μη-οικείες καταστάσεις, ιχνηλατώντας τις:

- *Λειτουργικές σχέσεις*, όπως αυτές ορίζονται από τις βασικές αρχές που περιγράφουν τη συνολική συμπεριφορά των επιμέρους στοιχείων του συστήματος, και εκφράζονται από τις μεταβλητές που περιγράφουν τη συμπεριφορά των στοιχείων του συστήματος. Απλές λειτουργικές σχέσεις, όπως η σχέση ζήτησης/δυναμικότητας παρουσιάζονται ως όρια χωρητικότητας στα διαφορετικά επίπεδα διάσπασης του ΜΣ, στα Παράθυρα Εποπτείας ΠΕΠ–Επίπεδα ΜΣ-Ζυγών-Γραμμών (Εικόνα 10.3). Πιο σύνθετες σχέσεις, όπως η σχέση χωρητικού φορτίου – θέσης μετασχηματιστή – τάσεως εξόδου αποδίδονται μέσα από πιο σύνθετες σχηματικές απεικονίσεις όπως η «Ενοποιημένη Απεικόνιση ΜΣ», δηλαδή το «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο» απεικόνισης της τάσεως σε συνδυασμό με τη γραφική απεικόνιση φορτίων, στο ΠΕΠ–Επίπεδο ΜΣ (Εικόνα 10.3 και 10.6).
- *Δομικές σχέσεις*, που ορίζουν πώς τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος διαμορφώνουν πιο σύνθετες δομές, σε διαφορετικά επίπεδα διάσπασης. Για παράδειγμα, το Παράθυρο Εποπτείας ξεδιπλώνεται σε τρία επικαλυπτόμενα υπο-παράθυρα (Μετασχηματιστή, Ζυγών και Γραμμών) που συνθέτουν τον μετασχηματιστή. Επιπλέον, στο Παράθυρο Ελέγχου, οι διακόπτες στο μονογραμμικό διάγραμμα έχουν ομαδοποιηθεί με τρόπο συνεπή προς τα τρία επίπεδα διάσπασης του ΜΣ. Τέλος, το Παράθυρο Αναγγελιών ακολουθεί αυτή την ομαδοποίηση κατά τη συνοπτική απεικόνιση των τμημάτων κάθε μετασχηματιστή, για τα οποία έχει έρθει κάποια αναγγελία (Εικόνα 10.3).
- *Φυσικές σχέσεις*, που αφορούν στη φυσική αλληλεπίδραση μεταξύ γειτονικών ή απομακρυσμένων στοιχείων του δικτύου. Για παράδειγμα, οι φυσικές σχέσεις που συνδέουν τους γειτονικούς ΜΣ που συνυπάρχουν σε ένα Κέντρο Διανομής, δηλώνονται μέσα από το γραφικό ταίριασμα των Διασυνδεδετικών γραμμών, όταν τοποθετήσει κανείς το ένα δίπλα στο άλλο δύο Παράθυρα Εποπτείας, ενεργοποιημένα στο Επίπεδο Ζυγών (Εικόνα 10.5). Επίσης οι φυσικές σχέσεις των στοιχείων που βρίσκονται σε ένα ΚΔ ή που μπορούν να συνδεθούν με αυτό, αποτυπώνονται στο Παράθυρο Εποπτείας/Επίπεδο Γραμμών/Πίνακας Συνδεσιμότητας μέσω των χρωματικά κωδικοποιημένων «Σημειών Συνδεσιμότητας» στις σειρές «Διπλών αναχωρήσεων», «Γραμμών αντιστήριξης» και «Τομών» (Εικόνα 10.4, Εικόνα 10.5, και Εικόνα 10.9). Τα στοιχεία που συνδέονται με φυσικές σχέσεις, και οι απεικονιζόμενες για αυτά μεταβλητές, δηλώνονται με κοινό χρώμα (Εικόνα 10.11).
- *Τοπολογικές σχέσεις*, που περιγράφουν τη θέση των στοιχείων του συστήματος. Για παράδειγμα, η θέση πελατών που αντιμετωπίζονται με ειδικό τρόπο δηλώνεται στο Παράθυρο Εποπτείας/Επίπεδο Γραμμών/Πίνακας Συνδεσιμότητας στη σειρά «Ειδικών Πελατών» (Εικόνα 10.8), όσο και στο Παράθυρο Ελέγχου στο μονογραμμικό διάγραμμα (Εικόνα 10.11, Στιγμιότυπο 4)



Εικόνα 10.12 Τρέχον πλαίσιο λειτουργίας και Κατάσταση Βασικών Μονάδων

Η συνεχής ηλεκτροδότηση όλων των καταναλωτών του δικτύου, αποτελεί τον σκοπό λειτουργίας του δικτύου. Για να επιτύχουν αυτό το σκοπό, οι χειριστές θέτουν επιμέρους στόχους. Ο οικολογικός διαμεσολαβητής, υποστηρίζει τους χειριστές στο να προσαρμόζουν τους στόχους αυτούς στο τρέχον πλαίσιο λειτουργίας. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια των κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας, όταν η ζήτηση φτάνει τη μέγιστη δυναμικότητα του δικτύου, ο στόχος της «αδιάκοπης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας» μετατρέπεται σε «ελαχιστοποίηση των διακοπών ηλεκτροδότησης, στο βαθμό που αυτό είναι δυνατόν».

Στην Οθόνη Εποπτείας (Εικόνα 10.12, αριστερά), η Γενική Πληροφορία Συστήματος προσδιορίζει το τρέχον πλαίσιο λειτουργίας (ημέρα-ώρα, περιβαλλοντικές συνθήκες θερμοκρασία/υγρασία, συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας Πανελλαδικά και στην Αττική, και συχνότητα του δικτύου), ενώ το Παράθυρο Ισχύος–Θερμοκρασίας παρουσιάζει συνοπτικά τις σχετικές με τους στόχους παραμέτρους λειτουργίας του δικτύου (τρέχουσα σχέση ζήτησης/δυναμικότητας και θερμική εικόνα κάθε ΜΣ). Στην Οθόνη ελέγχου, το Παράθυρο Αναγγελιών (Εικόνα 10.12, δεξιά) παρουσιάζει συνοπτικά, τα βασικά στοιχεία του δικτύου που βρίσκονται εκτός λειτουργίας.

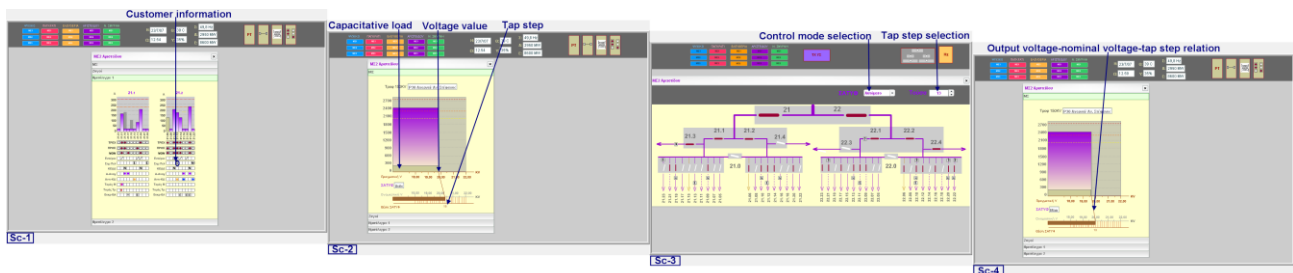
Η Γενική Πληροφορία Συστήματος και το Παράθυρο Ισχύος–Θερμοκρασίας, υποστηρίζουν τους χειριστές στο να προβλέψουν πώς θα εξελιχθεί η τρέχουσα κατάσταση του δικτύου, τι μπορεί να συμβεί βραχυπρόθεσμα ή

μακροπρόθεσμα, και πόσο κοντά σε ένα μπλακάουτ βρίσκεται το δίκτυο. Βάσει των θεάσεων αυτών, οι χειριστές διαμορφώνουν τους στόχους διαχείρισης του συστήματος. Για να καθορίσουν τους επιμέρους υποστόχους και τις ενέργειες που θα εκτελεστούν, πρέπει να καταφύγουν στα επιμέρους Παράθυρα Εποπτείας και Παράθυρα Ελέγχου των μετασχηματιστών, που παρουσιάζουν αναλυτική πληροφορία.

Το Παράθυρο Ισχύος–Θερμοκρασίας και το Παράθυρο Αναγγελιών, αποτυπώνουν το βαθμό επίτευξης των βασικών στόχων του συστήματος (μονάδες εν λειτουργία και εντός ασφαλών ορίων λειτουργίας), και ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας είναι σκόπιμο να είναι σταθερά ενεργά στις οθόνες.

10.5.2 Διαχείριση περιστατικού υιοθετώντας ΣΒΓ

Ο τρόπος που ο διαμεσολαβητής υποστηρίζει τους χειριστές (με την αποτύπωση των σχέσεων που συνδέουν τα στοιχεία και τις μεταβλητές του συστήματος, αλλά και τους στόχους και σκοπούς λειτουργίας του), διαπιστώνεται κατά τη βηματική αποτύπωση ενός περιστατικού, που απαιτεί νοητική συμπεριφορά βασισμένη σε γνώσεις.



Εικόνα 10.13 Στιγμιότυπα διαχείρισης περιστατικού που απαιτεί ΣΒΓ

Το Περιστατικό που ακολουθεί περιγράφει μία περίπτωση επικάλυψης βλαβών. Δύο βλάβες συμβαίνουν ταυτόχρονα (μία στον εξοπλισμό οργάνων του δικτύου, και μία στο σύστημα ρύθμισης της τάσεως στον πελάτη), εκδηλώνοντας ένα σύμπτωμα, που θα μπορούσε να είχε εμφανιστεί ακόμη και εάν συνέβαινε μόνο μία από τις δύο βλάβες. Οι χειριστές ξεκινούν τη διερεύνηση από το πιο πιθανό αίτιο, προχωρώντας στη διερεύνηση του δεύτερου πιθανού αιτίου, όταν η βλάβη συνεχίζει να εμφανίζεται μετά την επισκευή του πρώτου προβλήματος.

Το βασισμένο σε γνώσεις τμήμα της διαδικασίας επίλυσης, αφορά στο κομμάτι όπου οι χειριστές πρέπει να ανακαλέσουν και να συνδυάσουν γενική γνώση για το σύστημα, προκειμένου να προσδιορίσουν ποιες θα είναι οι διαδικασίες ελέγχου μέσα από τις οποίες πρέπει να περάσουν, για να αντλήσουν επιπλέον πληροφορία για τη συμπεριφορά του συστήματος. Οι επιμέρους αυτοί έλεγχοι, αφορούν σε βασισμένες σε κανόνες διαδικασίες (έλεγχος θέσης ΥΣ, έλεγχος τιμής τάσεως ΜΣ, χειροκίνητος έλεγχος ΣΑΤΥΦ).

Στο πλαίσιο του περιστατικού, οι χειριστές της αίθουσας ελέγχου πρέπει να συνεργαστούν με συνεργείο περιοχής που επιχειρεί στο πεδίο, και με πελάτη μέσης τάσης. Η συνεργασία έχει στόχο την ανταλλαγή πληροφορίας, και το συντονισμό της δράσης κατά την εκτέλεση επιμέρους διαγνωστικών βημάτων.

Περιστατικό: Κατά τη διάρκεια μίας καλοκαιρινής ημέρας, όπου το σύστημα δουλεύει σε Κρίσιμες Συνθήκες Λειτουργίας λόγω καύσωνα, ένας πελάτης μέσης τάσεως επικοινωνεί με την αίθουσα ελέγχου και παραπονείται για προβλήματα υπέρτασης στις εγκαταστάσεις του.

Προβλήματα υπέρτασης σε εγκαταστάσεις Υποσταθμού (ΥΣ) πελάτη μπορούν να παρουσιαστούν σε συνήθεις συνθήκες, κυρίως σε πελάτες που βρίσκονται κοντά στην αρχή της γραμμής, λόγω ρύθμισης που υπάρχει στο ΣΑΤΥΦ του ΜΣ που τροφοδοτεί τη γραμμή που βρίσκεται ο ΥΣ. Κατά τη διάρκεια του καύσωνα, τα επαγωγικά φορτία είναι υψηλά λόγω της εκτεταμένης χρήσης κλιματιστικών, και για το λόγο αυτό εμφανίζονται συνήθως προβλήματα υπότασης, που είναι περισσότερο αισθητά όσο πιο μακριά βρίσκεται ο καταναλωτής από την πηγή τροφοδοσίας της γραμμής (γενική γνώση για τη λειτουργία του συστήματος). Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα η κατάσταση αξιολογείται ως μη-συνήθης, και απαιτεί διερεύνηση.

Ο πελάτης κατά την επικοινωνία με την αίθουσα ελέγχου δηλώνει: α) την ιδιότητα της εγκατάστασης του, από όπου προκύπτει ότι ανήκει στην κατηγορία «σημαντικών πελατών», και β) την κωδική ονομασία του ΥΣ ΜΤ/ΧΤ των εγκαταστάσεων του, από όπου προκύπτει το ΚΔ από το οποίο τροφοδοτείται, και ακολουθούν τα εξής βήματα:

1. Σε πρώτη φάση ελέγχεται η θέση του πελάτη πάνω στη γραμμή, προκειμένου να διαπιστωθεί πόσο μακριά βρίσκεται από τον μετασχηματιστή ΥΤ/ΜΤ που τροφοδοτεί τη γραμμή. Για να εκτελεστεί αυτός ο έλεγχος, πρέπει να ενεργοποιηθεί στην Οθόνη Εποπτείας, το Παράθυρο Εποπτείας, στο Επίπεδο Γραμμών. Εκεί, στον Πίνακα Συνδεσιμότητας, στη σειρά Ειδικών Πελατών, κατά τη διέλευση της δεικτικής συσκευής πάνω από την αλφαριθμητική σημαία, εμφανίζεται πληροφορία για τη θέση του πελάτη, και την απόσταση του από την πηγή (τοπολογική σχέση). Έτσι, διαπιστώνεται ότι ο πελάτης βρίσκεται στη μέση της γραμμής (Εικόνα 10.13, Στιγμιότυπο 1).

2. Ελέγχεται η τάση εξόδου του ΜΣ που τροφοδοτεί τη γραμμή που βρίσκεται ο πελάτης. Στο ήδη ενεργοποιημένο Παράθυρο Εποπτείας, γίνεται μετάβαση στο Επίπεδο Μετασχηματιστή. Στην ενοποιημένη απεικόνιση «Γράφημα φορτίων-Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο» ελέγχεται: η τρέχουσα τιμή- θέση του ΣΑΤΥΦ και τα ενεργά χωρητικά φορτία, που αλληλεπιδρούν με τα τρέχοντα φορτία του ΜΣ, διαμορφώνοντας την τάση εξόδου του (λειτουργική σχέση). Το «μεταβαλλόμενο Τραπέζιο» που οπτικοποιεί το μηχανισμό ρύθμισης της τάσεως, φανερώνει μία σχετικά μικρή τιμή της τάσεως σε σχέση με την τρέχουσα ρύθμιση της θέσης ΣΑΤΥΦ (Εικόνα 10.13, Στιγμιότυπο 2). Το γεγονός αυτό δεν είναι συμβατό με το παράπονο του πελάτη για υπέρταση.
3. Κρίνεται σκόπιμη η περαιτέρω διερεύνηση του τρόπου ρύθμισης της τάσεως στο ΜΣ, μεταβαίνοντας σε χειροκίνητο έλεγχο του ΣΑΤΥΦ. Για να γίνει αυτό, ενεργοποιείται στην Οθόνη Ελέγχου, το Παράθυρο Ελέγχου, και γίνεται αλλαγή της ρύθμισης του ΣΑΤΥΦ από τη θέση «Αυτόματο» στη θέση «Χειροκίνητο» μέσω του σχετικού χειριστηρίου. Επιλέγεται επίσης μία μικρότερη τιμή θέσης του ΣΑΤΥΦ, μέσω του διαθέσιμου χειριστηρίου (Εικόνα 10.13, Στιγμιότυπο 3).
4. Οι χειριστές ελέγχουν την –μετά το χειροκίνητο έλεγχο- συμπεριφορά της τάσεως εξόδου. Για να το πραγματοποιήσουν αυτό, ανατρέχουν στην Οθόνη Εποπτείας και στο Παράθυρο Εποπτείας, στο Επίπεδο Μετασχηματιστή, εστιάζουν στη σχέση «Πραγματικής τάσεως εξόδου- θέσης ΣΑΤΥΦ– Ονομαστικής τάσεως εξόδου» όπως αυτή έχει διαμορφωθεί μετά τη χειροκίνητη ρύθμιση του ΣΑΤΥΦ, και αποτυπώνεται από το «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο». Η αξιολόγηση και ερμηνεία του μεγέθους και της κλίσης της δεξιάς πλευράς του τραπέζιου, φανερώνει μία δυσλειτουργία του εξοπλισμού οργάνων του δικτύου (Εικόνα 10.13, Στιγμιότυπο 4).

Με την υποστήριξη του προσωπικού του αρμόδιου Συνεργείου Περιοχής, συντονίζεται η επισκευή της βλάβης στα όργανα, αλλά ο πελάτης παραπονείται ακόμα για προβλήματα υπέρτασης στις εγκαταστάσεις του. Τότε, εκτιμάται ότι μπορεί να υπάρχει πρόβλημα στο ρυθμιστή τάσεως του Υποσταθμού του πελάτη. Γίνεται σύσταση στον πελάτη να ελέγξει το τοπικό σύστημα ρύθμισης της τάσεως στο ΜΣ του Υποσταθμού του, το οποίο βρίσκεται τελικά λάθος ρυθμισμένο.

10.5.3 Σύγκριση Παραδοσιακού & Οικολογικού Διαμεσολαβητή για τη ΣΒΓ

Η σύγκριση των νοητικών ενεργειών που εκτελούν οι χειριστές για να διαχειριστούν το περιστατικό που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα όταν α) χρησιμοποιούν τον οικολογικό διαμεσολαβητή και β) όταν χρησιμοποιούν τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, βοηθά περαιτέρω στη διαπίστωση των πλεονεκτημάτων του οικολογικού διαμεσολαβητή κατά την υποστήριξη της βασισμένης σε γνώσεις συμπεριφοράς. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.3. Οι εικόνες και περιγραφές των τεχνημάτων του παραδοσιακού διαμεσολαβητή που αναφέρονται στον επόμενο πίνακα, είναι διαθέσιμες στο Κεφ.7-§7.2.3 και στο Κεφ.9-§9.3.1. Για τον οικολογικό διαμεσολαβητή, οι αντίστοιχες περιγραφές και εικόνες είναι διαθέσιμες στο Κεφ.9-§9.8 & 9.9, και στην §10.5.2-Εικόνα 10.13.

Βήματα διαχείρισης του Περιστατικού	Οικολογικός Διαμεσολαβητής		Παραδοσιακός Διαμεσολαβητής	
	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες
Κατά τη διάρκεια μίας καλοκαιρινής ημέρας όπου επικρατούν Κρίσιμες Συνθήκες Λειτουργίας λόγω καύσωνα, πελάτης μέσης τάσης, επικοινωνεί με την αίθουσα ελέγχου παραπονούμενος για προβλήματα υπέρτασης, στην εγκατάσταση του.	<ul style="list-style-type: none"> • Τηλεφωνική-πληροφορία για την ιδιότητα, την ταυτότητα, και για την τάση σε ΥΣ πελάτη. 	<ul style="list-style-type: none"> - Εκτιμούν την κατάσταση ως μη-οικεία, αξιολογώντας τη σύμφωνα με γενική γνώση που υπάρχει για τη λειτουργία του συστήματος. - Διαπιστώνουν ότι πρόκειται για σημαντικό πελάτη. - Αναγνωρίζουν από την κωδική ονομασία του ΥΣ πελάτη, το ΚΔ από το οποίο τροφοδοτείται. 	<ul style="list-style-type: none"> • Τηλεφωνική-πληροφορία για την ιδιότητα, την ταυτότητα, και για την τάση σε ΥΣ πελάτη. 	<ul style="list-style-type: none"> - Εκτιμούν την κατάσταση ως μη-οικεία, αξιολογώντας τη σύμφωνα με γενική γνώση που υπάρχει για τη λειτουργία του συστήματος. - Διαπιστώνουν ότι πρόκειται για σημαντικό πελάτη. - Αναγνωρίζουν από την κωδική ονομασία του ΥΣ πελάτη, το ΚΔ από το οποίο τροφοδοτείται.
1. Ελέγχεται η θέση του πελάτη πάνω στη γραμμή, προκειμένου να διαπιστωθεί πόσο μακριά βρίσκεται από τον μετασχηματιστή ΥΤ/ΜΤ που τροφοδοτεί τη γραμμή.	<ul style="list-style-type: none"> • Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ/ Υποπαράθυρο Γραμμών/ Πίνακας Συνδεσιμότητας/ Γραμμή Σημαντικών Πελατών 	<ul style="list-style-type: none"> - Αναζητούν στους τρεις ΜΣ του ΚΔ, τη γραμμή μέσης τάσης που τροφοδοτεί τον ΥΣ, ελέγχοντας στα Παράθυρα Εποπτείας, στα Υποπαράθυρα Γραμμών, στη Γραμμή ειδικών πελατών. - Διαβάζουν την πληροφορία για τον ΥΣ (θέση, απόσταση από ΚΔ) που αναδύεται κατά τη διέλευση της δεικτικής συσκευής, πάνω από το σύμβολο σημαντικού πελάτη. 	<ul style="list-style-type: none"> • Μιμικό Διάγραμμα 	<ul style="list-style-type: none"> - Αναζητούν οπτικά πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα Τοίχου το σύμβολο του ΥΣ του πελάτη, στην περιοχή που βρίσκονται οι γραμμές του ΚΔ από το οποίο τροφοδοτείται. - Εντοπίζουν τη γραμμή- θέση του ΥΣ πελάτη πάνω στο Μιμικό Διάγραμμα. - Διατρέχουν οπτικά τη γραμμή μέχρι το ΚΔ, για να διαπιστώσουν πόσο απέχει η θέση του ΥΣ από το ΚΔ.

Βήματα διαχείρισης του Περιστατικού	Οικολογικός Διαμεσολαβητής		Παραδοσιακός Διαμεσολαβητής	
	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες
2. Ελέγχεται η τάση εξόδου του ΜΣ.	<ul style="list-style-type: none"> • Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ- Υποπαράθυρο Γραμμών/ «Ενοποιημένη Απεικόνιση ΜΣ» (Γράφημα Φορτίων & Μεταβαλλόμενο Τραπέζο) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ελέγχουν την «Ενοποιημένη Απεικόνιση ΜΣ» που αποτυπώνει μία σχετικά χαμηλή τιμή της τάσης για την τρέχουσα τιμή θέσης του ΣΑΤΥΦ και το τρέχον ενεργό χωρητικό φορτίο. 	<ul style="list-style-type: none"> • Διάγραμμα Μετασχηματιστών/ Γραμμές Πυκνωτών • Πίνακας Ελέγχου/ Ενδεικτικό Τάσης & Ενδεικτικό θέσης του ΣΑΤΥΦ ΜΣ • Τράπεζα Χειρισμών/ Κουμπιά ενεργοποίησης 	<ul style="list-style-type: none"> - Μετρούν στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών τις ενεργές γραμμές με πυκνωτές πάνω στο ΜΣ. - Υπολογίζουν νοητικά το συνολικό χωρητικό φορτίο (πολλαπλασιάζουν το αριθμό των ενεργών γραμμών με το ονομαστικό χωρητικό φορτίο κάθε γραμμής). - Διαβάζουν τον αριθμό της θέσης του ΣΑΤΥΦ πάνω στο αντίστοιχο ενδεικτικό του Πίνακα Ελέγχου. - Ανακαλούν από τη μνήμη την ονομαστική τάση που αντιστοιχεί σε αυτή την τιμή της θέσης του ΣΑΤΥΦ. - Διαβάζουν την τάση εξόδου του ΜΣ στο αντίστοιχο ενδεικτικό του Πίνακα Ελέγχου. - Εκτιμούν νοητικά την απόκλιση μεταξύ της τρέχουσας και της ονομαστικής τιμής της τάσεως, που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη τιμή της θέσης του ΣΑΤΥΦ.
3. Κρίνεται σκόπιμο να διερευνηθεί περαιτέρω ο τρόπος ρύθμισης της τάσεως στο ΜΣ, περνώντας στη χειροκίνητη λειτουργία του ΣΑΤΥΦ προκειμένου να διερευνηθεί η συμπεριφορά του.	<ul style="list-style-type: none"> • Οθόνη Ελέγχου/ Παράθυρο Ελέγχου Μετασχηματιστή/ Ελεγκτής τρόπου λειτουργίας & Ελεγκτής θέσης του ΣΑΤΥΦ 	<ul style="list-style-type: none"> - Αλλάζουν τη ρύθμιση από τον αυτόματο στο χειροκίνητο έλεγχο, μέσω του αντίστοιχου ελεγκτή. - Επιλέγουν μία χαμηλότερη τιμή θέσης του ΣΑΤΥΦ μέσω του αντίστοιχου ελεγκτή. 	<ul style="list-style-type: none"> • Διάγραμμα Μετασχηματιστών/ Ενδεικτικό τρόπου λειτουργίας • Πίνακας Ελέγχου/ Ενδεικτικό θέσης του ΣΑΤΥΦ • Τράπεζα Χειρισμών/ Κουμπιά ενεργοποίησης 	<ul style="list-style-type: none"> - Διαβάζουν το ενδεικτικό τρόπου λειτουργίας στο Διάγραμμα Μετασχηματιστών. - Αλλάζουν τη ρύθμιση από τον αυτόματο στο χειροκίνητο έλεγχο, χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα κουμπιά ενεργοποίησης στην Τράπεζα Χειρισμών. - Διαβάζουν την τρέχουσα τιμή της θέσης του ΣΑΤΥΦ, στο ενδεικτικό θέσεως ΣΑΤΥΦ στον Πίνακα Ελέγχου. - Ρυθμίζουν μία χαμηλότερη τιμή θέσης του ΣΑΤΥΦ, μέσω των αντίστοιχων κουμπιών ενεργοποίησης στην Τράπεζα Χειρισμού.

Βήματα διαχείρισης του Περιστατικού	Οικολογικός Διαμεσολαβητής		Παραδοσιακός Διαμεσολαβητής	
	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες	Χρησιμοποιούμενα Τεχνήματα	Νοητικές Ενέργειες
4. Ελέγχεται η συμπεριφορά του συστήματος μετά το χειροκίνητο έλεγχο.	<ul style="list-style-type: none"> • Οθόνη Εποπτείας/ Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ- Υποπαράθυρο Γραμμών/ «Ενοποιημένη Απεικόνιση ΜΣ» (Γράφημα Φορτίων & Μεταβαλλόμενο Τραπέζο) 	<ul style="list-style-type: none"> - Αναγνωρίζουν στην ενημερωμένη – μετά το χειρισμό- απεικόνιση, ένα γεωμετρικό μοτίβο τραπέζιου, που υποδηλώνει βλάβη σε όργανα. 	<ul style="list-style-type: none"> • Διάγραμμα Μετασχηματιστών/ Γραμμές Πυκνωτών • Πίνακας Ελέγχου/ Ενδεικτικό Τάσης & Ενδεικτικό θέσης του ΣΑΤΥΦ ΜΣ • Τράπεζα Χειρισμών/ Κουμπιά ενεργοποίησης 	<ul style="list-style-type: none"> - Ανακαλούν από τη μνήμη τα ενεργά χωρητικά φορτία που είχαν υπολογίσει στο βήμα 2. - Διαβάζουν την νέα ρύθμιση της θέσης του ΣΑΤΥΦ (που επέλεξαν στο βήμα 3) στο αντίστοιχο ενδεικτικό στον Πίνακα Ελέγχου. - Ανακαλούν από τη μνήμη την ονομαστική τάση που αντιστοιχεί στη νέα τιμή της θέσης του ΣΑΤΥΦ. - Διαβάζουν την ανανεωμένη τιμή της τάσης – που προέκυψε μετά τη νέα ρύθμιση- στο αντίστοιχο ενδεικτικό στον Πίνακα Ελέγχου. - Εκτιμούν νοητικά την απόκλιση μεταξύ της τρέχουσας και της ονομαστικής τιμής της τάσεως, που αντιστοιχεί στην νέα τιμή της θέσης του ΣΑΤΥΦ που επελέγη χειροκίνητα. - Υποθέτουν βάσει της απόκλισης ότι ενδέχεται να υπάρχει βλάβη σε όργανα.

Πίνακας 10.3. Ενέργειες κατά τη Συμπεριφορά βασισμένη σε Γνώσεις

Από τη σύγκριση των δύο διαμεσολαβητών διαπιστώνουμε ότι:

A) στο Βήμα 1, στον οικολογικό διαμεσολαβητή, ο εντοπισμός πληροφορίας για τον ΥΣ είναι άμεσος αφού απαιτεί οπτικό έλεγχο στα Παράθυρα Εποπτείας, για τον εντοπισμό της γραμμής που τον τροφοδοτεί, και τη διέλευση της δεικτικής συσκευής πάνω στο σύμβολο του στοιχείου, για να αποκτηθεί ακριβής πληροφορία για τη θέση του και απόσταση από την πηγή. Αντίθετα στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, ο χειριστής αναζητά την πληροφορία σε ένα πυκνό γεμάτο σύμβολα και χρώματα Μιμικό Διάγραμμα, για να εντοπίσει τον ΥΣ και τη γραμμή στην οποία βρίσκεται. Τότε, χρειάζεται να διατρέξει οπτικά τη γραμμή, για να εντοπίσει την απόσταση από τον ΜΣ που την τροφοδοτεί.

B) στο Βήμα 2 & 4, στον οικολογικό διαμεσολαβητή, μέσω της «Ενοποιημένης Απεικόνισης» υπάρχει άμεσα διαθέσιμη πληροφορία για: τον τρόπο ελέγχου του ΣΑΤΥΦ, το σύνολο των χωρητικών φορτίων, και την σχέση μεταξύ πραγματικής τάσεως εξόδου- τρέχουσας θέσης ΣΑΤΥΦ- ονομαστικής τάσεως. Αντίθετα, στον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, ο χειριστής πρέπει να καταμετρήσει το πλήθος των γραμμών με πυκνωτές και να υπολογίσει νοητικά τα χωρητικά φορτία, να ανακαλέσει πληροφορία από τη μνήμη του για την ονομαστική τιμή τάσεως που αντιστοιχεί η τρέχουσα θέση του ΣΑΤΥΦ, και να συσχετίσει νοητικά τη διαφορά της πραγματικής από την ονομαστική τάση εξόδου, προκειμένου να καταλήξει σε συμπεράσματα.

Γενικά, όταν χρησιμοποιούν τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή οι χειριστές χρειάζεται να εκτελέσουν νοητικές προσομοιώσεις, προκειμένου να αντιληφθούν τις σύνθετες σχέσεις που συνδέουν τρεις ή περισσότερες αλληλεπιδρούσες μεταβλητές του συστήματος. Η διαδικασία αυτή, ενέχει τον κίνδυνο της ανακριβούς προσομοίωσης ή της παρερμηνείας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που οι χειριστές αντιμετωπίζουν μη-οικείες καταστάσεις.

Ο οικολογικός διαμεσολαβητής οπτικοποιεί με ερμηνεύσιμο τρόπο τις λειτουργικές, δομικές, και τοπολογικές σχέσεις που συνδέουν τα στοιχεία και τις μεταβλητές του συστήματος. Έτσι, όπως προκύπτει από το περιστατικό που παρουσιάστηκε, οι χειριστές υποστηρίζονται στο να ανακαλούν και να εφαρμόζουν γενικές γνώσεις για τη λειτουργία του συστήματος, καθώς και στο να αναγνωρίζουν συμπεριφορές και συμπτώματα του συστήματος, ακόμη και όταν αντιμετωπίζουν μη-οικείες καταστάσεις.

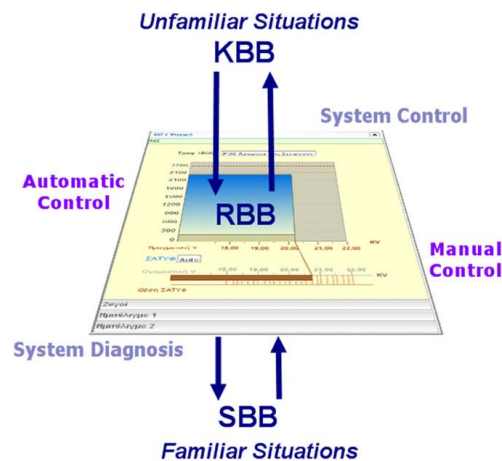
10.6 Εναλλαγές Νοητικής Συμπεριφοράς

Ο οικολογικός διαμεσολαβητής «PIGMENTUM» δημιουργήθηκε για να υποστηρίζει την έγκαιρη, ομαλή και αποτελεσματική εναλλαγή μεταξύ των τριών επιπέδων νοητικού ελέγχου. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των ενοποιημένων απεικονίσεων, οι οποίες μπορούν να διαβαστούν και να ερμηνευθούν σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης-διάσπασης, ανάλογα με το τρέχον πλαίσιο δραστηριότητας. Η σχηματική απεικόνιση «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο» αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα των απεικονίσεων αυτής της μορφής (Εικόνα 10.6).

Το «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο» παρέχει πληροφορία, η οποία είναι επεξεργάσιμη είτε ως μεμονωμένη ένδειξη, εξυπηρετώντας την εστιασμένη προσοχή κατά την ανάγνωση για τον έλεγχο συγκεκριμένης παραμέτρου, είτε μπορεί να ενοποιηθεί με άλλες παραμέτρους, εξυπηρετώντας την εξαγωγή συμπερασμάτων για την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος, από τους χειριστές (Εικόνα 10.6). Συνεπώς, επιτρέπει στους χειριστές να υιοθετήσουν βασισμένη σε επιτηδειότητες συμπεριφορά.

Η παρουσίαση των υποκείμενων σχέσεων μεταξύ των παραμέτρων του συστήματος (π.χ. η σχέση μεταξύ της τάσεως εξόδου του ΜΣ και της τρέχουσας τιμής θέσης του ΣΑΤΥΦ), επιτρέπει στους χειριστές να αναγνωρίσουν μοτίβα στη συμπεριφορά του ΜΣ. Ουσιαστικά, το μέγεθος και η κλίση της γραμμής που ενώνει την πραγματική-τρέχουσα τάση εξόδου του ΜΣ (V_{np}), με την ονομαστική τιμή της τάσης (V_{ov}) που αντιστοιχεί στην τρέχουσα τιμή θέσης του ΣΑΤΥΦ, σηματοδοτεί διαφορετικές περιοχές λειτουργίας του ΜΣ (Εικόνα 10.6). Συνεπώς, από τη στιγμή που οι χειριστές θα μάθουν αυτά τα μοτίβα, αυτά θα τους βοηθήσουν στο να αναπτύξουν προηγμένους τρόπους συλλογισμού και λήψης αποφάσεων διαχειριζόμενοι συγκεκριμένες κατηγορίες καταστάσεων, στο επίπεδο της βασισμένης σε κανόνες συμπεριφοράς.

Τέλος, η «Ενοποιημένη Απεικόνιση ΜΣ» (Γράφημα Φορτίων & Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο), αποτυπώνει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ όλων των παραμέτρων που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του ΜΣ (πραγματικά και χωρητικά φορτία, την τιμή θέσης του ΣΑΤΥΦ, τη διαφοροποίηση μεταξύ πραγματικής και ονομαστικής τάσεως, και τον τρόπο λειτουργίας του ΣΑΤΥΦ), καθώς και τις υποκείμενες αρχές που καθορίζουν τις μεταξύ τους συσχετίσεις (Εικόνα 10.13, Στιγμιότυπο 2 και Στιγμιότυπο 4). Συνεπώς, υποστηρίζει τους χειριστές στο να διαχειριστούν μη-οικείες καταστάσεις, σε επίπεδο βασισμένης σε γνώσεις συμπεριφοράς.



Εικόνα 10.14 Τρόποι ελέγχου και εναλλαγές νοητικής συμπεριφοράς

Η ταυτόχρονη χρήση περισσότερων από μία απεικονίσεων του οικολογικού διαμεσολαβητή, επιτρέπει στους χειριστές να εναλλάσσουν εύκολα επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς, είτε λαμβάνοντας υπόψη επιπλέον παραμέτρους, είτε υιοθετώντας διαφορετικές οπτικές της πληροφορίας ενδιαφέροντος (Εικόνα 10.14). Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα, αποτελεί η ταυτόχρονη χρήση του Γραφήματος Φόρτισης και του Μεταβαλλόμενου Τραπεζίου (στο Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ – Επίπεδο ΜΣ) για τη ρύθμιση της τάσης.

Υποστήριξη για ένα κρίσιμο καθήκον. Η ρύθμιση της τάσης αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για την απόδοση του συστήματος, τόσο σε ποιοτικούς, όσο και ποσοτικούς όρους. Η ρύθμιση της τάσεως υλοποιείται αφενός μέσω του Συστήματος Αλλαγής Τάσεως Υπό Φορτίο (ΣΑΤΥΦ), αυξάνοντας ή μειώνοντας την τιμή θέσης του ΣΑΤΥΦ, και αφετέρου με την χρήση χωρητικών φορτίων για την αντιστάθμιση των μαγνητικών φορτίων του δικτύου, που γίνεται με την προσθήκη/αφαίρεση γραμμών με πυκνωτές.

Ο συνήθης τρόπος λειτουργίας του ΣΑΤΥΦ είναι ο αυτόματος, ενώ συγκεκριμένες καταστάσεις στο δίκτυο (π.χ. όταν παρατηρούνται μεγάλες πτώσεις τάσης λόγω υψηλής ζήτησης ή δυσλειτουργίες του ΣΑΤΥΦ) είναι σκόπιμο να τις χειρίζεται κανείς στο χειροκίνητο έλεγχο λειτουργίας. Η αποτελεσματική ρύθμιση της τάσης, βασίζεται στον έγκαιρο εντοπισμό καταστάσεων που απαιτούν χειροκίνητο έλεγχο, και στην κατάλληλη ρύθμιση των μετασχηματιστών (Εικόνα 10.13, Στιγμιότυπα 2,3,&4). Η χειροκίνητη ρύθμιση της τάσεως, εξυπηρετεί τόσο τον έλεγχο φαινομένων στο δίκτυο (χειρισμό τοπικών ή εκτεταμένων συμπτωμάτων υπέρτασης ή υπότασης), όσο και τη διάγνωση προβλημάτων στο δίκτυο (διερεύνηση ασυνήθων συμπτωμάτων). Η εναλλαγή μεταξύ χειροκίνητου και αυτόματου ελέγχου κατά τη διάρκεια Κρίσιμων Συνθηκών Λειτουργίας είναι συχνή, καθώς παρατηρούνται αστάθειες στην τάση, και ασυνήθεις συμπεριφορές του δικτύου. Η αλλαγή του τρόπου ελέγχου του συστήματος, συνεπάγεται συχνά και την αλλαγή της νοητικής συμπεριφοράς του χειριστή, προκειμένου να συνεχίσει να γίνεται με ασφάλεια ο έλεγχος του δικτύου.

Συνήθως, ο έλεγχος της τάσεως των ΜΣ γίνεται με το ΣΑΤΥΦ στην αυτόματη λειτουργία. Οι χειριστές κατά τη *βασισμένη σε επιτηδειότητα συμπεριφορά*, χρησιμοποιούν το «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο» για να ελέγξουν το μέγεθος και την κλίση της γραμμής, και να συμπεράνουν εάν η τάση βρίσκεται σε συνήθη επίπεδα, εντός των αποδεκτών ορίων. Η ίδια γραφική απεικόνιση των παραμέτρων της τάσεως, παρέχει νύξεις για το αν ο έλεγχος της τάσεως είναι σκόπιμο να γυρίσει στη χειροκίνητη λειτουργία (π.χ. εάν παρατηρηθεί σημαντική διαφορά μεταξύ της πραγματικής και της ονομαστικής τιμής της τάσεως).

Εάν τα χαρακτηριστικά των παραμέτρων της τάσεως δεν είναι συμβατά με το τρέχον πλαίσιο λειτουργίας, οι χειριστές περνούν σε *βασισμένη σε κανόνες συμπεριφορά*, για να εντοπίσουν τις αιτίες που οδήγησαν σε αυτή την κατάσταση. Όπως έχει αναφερθεί ήδη, το «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο» κωδικοποιεί σχηματικά τους κανόνες λειτουργίας που αφορούν στον υποκείμενο μηχανισμό ρύθμισης της τάσεως, και για το λόγο αυτό παρέχει επαρκείς νύξεις επεξήγησης, προκειμένου να προχωρήσει κάποιος σε διάγνωση της κατάστασης. Για παράδειγμα, συγκεκριμένου βαθμού απόκλιση μεταξύ πραγματικής και ονομαστικής τάσης ($V_{np} - V_{ov}$), σηματοδοτεί πρόβλημα/βλάβη στους αυτοματισμούς ή στον εξοπλισμό του συστήματος. Η ίδια απεικόνιση, καθοδηγεί τους χειριστές στο πώς να προχωρήσουν σε έλεγχο του συστήματος (προσθέτοντας ή αφαιρώντας τούσες), όταν βρίσκονται σε χειροκίνητο έλεγχο.

Τέλος, όταν εμφανίζεται μία μη-οικεία κατάσταση, η ταυτόχρονη χρήση του γραφήματος Φορτίου-Τάσεως και του «Μεταβαλλόμενου Τραπεζίου» (Εικόνα 10.6), παρέχει την απαιτούμενη πληροφορία για να λειτουργήσουν οι χειριστές με *βασισμένη σε γνώσεις συμπεριφορά*. Ουσιαστικά, καθώς αυτές οι απεικονίσεις αποτυπώνουν τις σχέσεις μεταξύ όλων των παραγόντων που καθορίζουν την τάση (δηλ. Συνολικό πραγματικό φορτίο, συνολικό χωρητικό φορτίο ενεργών γραμμών πυκνωτών, τρέχουσα τιμή θέσης του ΣΑΤΥΦ), υποστηρίζουν τους χειριστές στον αποτελεσματικό έλεγχο και διάγνωση του συστήματος.

10.7 Παραδοσιακό και Οικολογικό Περιβάλλον Διάδρασης

Στόχο του σχεδιασμού, αποτέλεσε η ανάπτυξη ενός οικολογικού διαμεσολαβητή που θα μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα για τον ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό διαμεσολαβητή, που θα εγκατασταθεί μελλοντικά στις αίθουσες ελέγχου μέσης τάσης, αντικαθιστώντας τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή. Στις ενότητες που προηγήθηκαν, παρουσιάστηκε αναλυτικά η υποστήριξη που παρέχεται από τον οικολογικό διαμεσολαβητή «PIGMENTUM» για την «Συμπεριφορά Βασισμένη σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις», καθώς και για την εναλλαγή μεταξύ των τριών επιπέδων συμπεριφοράς. Πρακτικά, υπάρχει πάντα χάσμα/ανομοιότητα ανάμεσα στον τρόπο που εκτελείται τώρα η εργασία, και στον τρόπο που θα εκτελείται στο μέλλον με ένα νέο διαμεσολαβητή. Μέσα από την αναλυτική αξιολόγηση ιχνηλατούνται οι μελλοντικές πρακτικές εργασίας, αξιοποιώντας τη γνώση που υπάρχει από τις τρέχουσες πρακτικές. Η αναλυτική αξιολόγηση που προηγήθηκε συνδέεται με τον προβληματισμό που υπάρχει γύρω από κάθε «οραματιζόμενο κόσμο» (Woods and Hollnagel, 2006), εγείροντας ερωτήματα για το εάν η υιοθετούμενη νοητική συμπεριφορά απορρέει από τα τρέχοντα συμβάντα στο σύστημα ή από τα χαρακτηριστικά του διαμεσολαβητή. Η υιοθετούμενη νοητική συμπεριφορά απορρέει κυρίως από το επίπεδο εμπειρίας του χειριστή στο να διαχειριστεί τα τρέχοντα συμβάντα στο δίκτυο, όμως τα χαρακτηριστικά του διαμεσολαβητή που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες, μπορούν να δυσκολέψουν ή να διευκολύνουν την υιοθέτηση ενός συγκεκριμένου επιπέδου νοητικής συμπεριφοράς (Drivalou & Marmaras, 2009).

Ο σχεδιασμός κατευθύνθηκε από τις ικανότητες που διαθέτουν ήδη οι χειριστές για τη διαχείριση του συστήματος. Η συνεχής εμφάνιση νέων καταστάσεων στο δυναμικά μεταβαλλόμενο περιβάλλον λειτουργίας των σύγχρονων ηλεκτρικών δικτύων, σε συνδυασμό με την φιλοσοφία σχεδιασμού (που ενισχύει την ενσωμάτωση γνώσης που προκύπτει από νέες καταστάσεις), αναμένεται να διευκολύνει τους χειριστές στο να αναπτύξουν περαιτέρω τις ικανότητες τους.

Η αναλυτική αξιολόγηση του τρόπου υποστήριξης από τον οικολογικό διαμεσολαβητή της «Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις» στο πλαίσιο αντιπροσωπευτικών περιστατικών, που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες ενότητες του κεφαλαίου, συνέβαλε και στην αναγνώριση των συγκριτικών πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν ο παραδοσιακός και ο οικολογικός διαμεσολαβητής, σε ό,τι αφορά σημαντικές πτυχές της νοητικής δραστηριότητας των χειριστών (Δριβάλου, 2006).

Ο παραδοσιακός διαμεσολαβητής:

- περιλαμβάνει πληροφορίες οργανωμένες ανά εφαρμογή, και όχι σύμφωνα με το περιεχόμενο.
- απεικονίζει τις μετρήσεις του συστήματος, και όχι τη συμπεριφορά, τους στόχους και τις προτεραιότητες του συστήματος, και περιλαμβάνει κυρίως χαμηλού επιπέδου πληροφορία από το «Μοντέλο Τεχνολογικού Συστήματος Δικτύου» (Κεφ.8-§8.1.2, Πίνακας 8.II).
- δίνει τις πληροφορίες για το σύστημα μεμονωμένα, και όχι ενοποιημένες μεταξύ τους, απαιτώντας από τους χειριστές να ενοποιήσουν την πληροφορία.
- χρησιμοποιεί για μία πληροφορία ή έννοια, πολλαπλές αυθαίρετες απεικονίσεις.
- χρησιμοποιεί τεχνικές απεικόνισης πληροφοριών που μπορεί να οδηγήσουν σε λάθος ερμηνείες, ενώ δεν υποστηρίζουν κατάλληλα την εκτέλεση νοητικών προσομοιώσεων.
- δεν είναι προσαρμοσμένος στη δομή της ανθρώπινης γνώσης και της λήψης αποφάσεων, και δεν υποστηρίζει κατάλληλα διαφορετικά επίπεδα εμπειρίας στο πεδίο.
- δεν παρέχει προσαρμοσμένη υποστήριξη, για διαφορετικά πλαίσια λειτουργίας του συστήματος.

Κατά την εποπτεία και διαχείριση του δικτύου με τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή οι χειριστές πρέπει να:

- συσχετίσουν πληροφορίες που βρίσκονται κατανεμημένες σε επιμέρους τεχνήματα (χάρτες, ενδεικτικά, αρχεία).
- συγκρίνουν πληροφορίες που αποτυπώνονται σε απομακρυσμένα μεταξύ τους ενδεικτικά.
- ανακαλέσουν από την μνήμη τους φυσικούς ή λειτουργικούς περιορισμούς.
- υπολογίσουν σύνθετες παραμέτρους που δεν αποτυπώνονται σε κάποιο ενδεικτικό.
- επινοήσουν τρόπους για την αποτύπωση των μεταβαλλόμενων χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων των στοιχείων του δικτύου, πάνω στα διαθέσιμα στατικά μέσα.

Ο οικολογικός διαμεσολαβητής:

- παρέχει πολλαπλές απεικονίσεις του συστήματος με διαφορετικό βαθμό λεπτομέρειας (τοπική-εστιασμένη πληροφορία και συνολική-συνοπτική εικόνα λειτουργίας των βασικών μονάδων διαχείρισης).
- περιλαμβάνει σε κάθε απεικόνιση κατάλληλα επιλεγμένη πληροφορία από όλα τα επίπεδα του «Μοντέλου Τεχνολογικού Συστήματος Δικτύου» (Κεφ.8-§8.1.2, Πίνακας 8.II).
- υποστηρίζει την ενοποίηση των πληροφοριών χωρικά και χρονικά, μέσω διαφόρων τεχνικών (χρώμα, σχήμα), διευκολύνοντας τον άμεσο εντοπισμό, τη συσχέτιση, και τη σύγκριση πληροφοριών για το σύστημα.
- αναπαριστά τις φυσικές, λειτουργικές, δομικές και τοπολογικές σχέσεις των στοιχείων και παραμέτρων του συστήματος, επιτρέποντας στους χειριστές να αντιλαμβάνονται υψηλού επιπέδου χαρακτηριστικά λειτουργίας του πεδίου.

- οπτικοποιεί τη σχέση πολλαπλών μεταβλητών που σχετίζονται με πολλούς περιορισμούς (π.χ. τάση εξόδου του ΜΣ, τα συνολικά ενεργά, άεργα, χωρητικά φορτία) υποστηρίζοντας τους χειριστές στην σύνθεση των επιμέρους ενδείξεων, και στην ερμηνεία του συνόλου των δεδομένων.
- αποδίδει σύνθετες σχέσεις μεταξύ παραμέτρων, με άμεσο τρόπο, μέσα από γεωμετρικές απεικονίσεις, υποστηρίζοντας την αναγνώριση μοτίβων συμπεριφοράς των στοιχείων του δικτύου, και βοηθώντας τους χειριστές στον έγκαιρο εντοπισμό ασυνήθιστων ή μη-οικείων συμπεριφορών του συστήματος.
- αποτυπώνει «ιστορική πληροφορία» (βλάβες-συντήρηση) για τα στοιχεία του δικτύου, διευκολύνοντας την ανάκληση της από τη μνήμη και τη συσχέτιση της με τρέχοντα συμβάντα.
- απεικονίζει διαφορετικές κατηγορίες περιορισμών λειτουργίας του πεδίου, υποστηρίζοντας τη μνήμη των χειριστών και μειώνοντας τον υπολογιστικό φόρτο.
- απεικονίζει τα ονομαστικά και ιδιαίτερα όρια λειτουργίας (λόγω τεχνικών ιδιοπεροτήτων) των στοιχείων του δικτύου, καθώς τα σχετικά με το πλαίσιο όρια ασφαλούς λειτουργίας, ώστε να προσαρμόζονται κατάλληλα οι στρατηγικές διαχείρισης του πεδίου.
- παρέχει σε κάθε εργαζόμενο τις πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την εκτέλεση των καθηκόντων του, με τρόπο συμβατό με την κοινωνικό-οργανωτική δομή και κατανομή αρμοδιοτήτων.

Η σύγκριση του υπάρχοντος παραδοσιακού διαμεσολαβητή με τον οικολογικό διαμεσολαβητή «PIGMENTUM» που σχεδιάστηκε, και η διαπίστωση των πλεονεκτημάτων που συγκεντρώνει ο οικολογικός διαμεσολαβητής, αποτελεί ένα πρώτο βήμα τεκμηρίωσης της σημασίας της οικολογικής προσέγγισης για το σχεδιασμό διαμεσολαβητών συστημάτων διαχείρισης διανομής. Τα βήματα αξιολόγησης που πρέπει να ακολουθήσουν, για την επιβεβαίωση των αρχικών ευρημάτων σε πραγματικές συνθήκες χρήσης, περιγράφονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 11.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

11.1 Πρωτοτυπία

Η παρούσα διατριβή στόχευσε στο να αντιμετωπίσει θεωρητικές και πρακτικές προκλήσεις που παρουσιάζονται στο σημείο τομής της Εργονομίας-Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων και του Σχεδιασμού Διαμεσολαβητών για σύγχρονα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας. Η πρωτοτυπία και η συνεισφορά της παρούσας διατριβής, όπως προκύπτει από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας στα κεφάλαια που προηγήθηκαν, και όπως αποτυπώνεται μέσα από δημοσιευμένα άρθρα και εργασίες της διεθνούς βιβλιογραφίας που αναφέρονται στα αποτελέσματα αυτά, συνοψίζεται στα ακόλουθα σημεία.

Η παρούσα διατριβή αποτελεί μοναδική περίπτωση εφαρμογής και διερεύνησης των δυνατοτήτων του οικολογικού σχεδιασμού στο πεδίο των συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (McIlroy & Stanton, 2015, Table I, p.149).

Η ανάλυση του πραγματικού, μεγάλης κλίμακας συστήματος υπό το πρίσμα του οικολογικού σχεδιασμού, υλοποιήθηκε με συνδυαστική και προσαρμοσμένη χρήση διαφορετικών πλαισίων, μεθόδων, και εργαλείων της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων (Rosendal & Ziprus, 2009, p 14-17, May, 2010, p70-71, Garg & Govil, 2012, p. 94, Read et al., 2012, p370-Table 2). Ειδικότερα, προκειμένου να μελετηθούν και να ενσωματωθούν κατάλληλα στο σχεδιασμό σημαντικές κοινωνικο-τεχνικές παράμετροι (υλοποιούμενες τεχνολογικές και οργανωτικές αλλαγές), πραγματοποιήθηκε πρώτα λεπτομερής Εθνογραφική ανάλυση (Κεφ.7) και κατόπιν εκτενής Ανάλυση Νοητικής Εργασίας πέντε σταδίων (Κεφ.8).

Στην διαθέσιμη βιβλιογραφία, αποτελεί μία από τις ελάχιστες έρευνες εφαρμογής και των 5 σταδίων της Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας (ANE), που αποτυπώνεται με αναλυτικό τρόπο πώς εξάγονται οι απαιτήσεις σχεδιασμού από κάθε στάδιο, και πώς διαμορφώνονται οι τελικές προδιαγραφές, με έμφαση στις κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας (McIlroy & Stanton, 2015, p.149-Table I, pp154-155 & Fig 3, Read et al., 2015, p 826).

Στην παρούσα διατριβή, τα δύο θεμελιώδη εργαλεία του οικολογικού σχεδιασμού, δηλαδή το εργαλείο της «Ιεραρχικής Αφαίρεσης – Διάσπασης» και το εργαλείο ταξινόμησης της «συμπεριφοράς βασισμένης σε επιτηδειότητες, κανόνες, και γνώσεις», αξιοποιούνται με τρόπους που διαφοροποιούνται από τη συνήθη πρακτική στη βιβλιογραφία.

Σε ό,τι αφορά τη μοντελοποίηση του συστήματος εργασίας (Κεφ.8-§8.1): α) αναπτύσσονται πολλαπλά Μοντέλα Ιεραρχικής Αφαίρεσης Διάσπασης που αποτυπώνουν πτυχές του συστήματος μέσα από διαφορετικούς τομείς, οπτικές και δομικά επίπεδα λειτουργίας του, β) παρότι το ηλεκτρικό δίκτυο αποτελεί ένα αιτιοκρατικό σύστημα, αποτυπώθηκαν στα Μοντέλα και τα προθετικά χαρακτηριστικά λειτουργίας του (π.χ. προτεραιότητες ηλεκτροδότησης συγκεκριμένων πελατών) που καθορίζουν σε μικρό ή μεγαλύτερο βαθμό τον τρόπο διαχείρισης του, γ) αποτυπώνεται εξειδικευμένη πληροφορία που συνδέεται με τη λειτουργία του δικτύου σε πραγματικές συνθήκες (π.χ. Ονομαστικά-, Πραγματικά-, και Σχετικά με το Πλαίσιο- Όρια λειτουργίας του εξοπλισμού). Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν χρησιμοποιούνται: α) στα επόμενα στάδια ανάλυσης ANE, για την ανάλυση της δραστηριότητας στο σύστημα εργασίας (Κεφ.8-§8.2), β) στο στάδιο ανάπτυξης σχεδιαστικών ιδεών, για να διερευνηθούν οι συνέπειες συγκεκριμένων σχεδιαστικών επιλογών στη λειτουργία του συστήματος (π.χ. Κεφ.9-§9.8.1.3, §9.8.2), και γ) στο στάδιο αξιολόγησης του τελικού διαμεσολαβητή για να διαπιστωθεί, εάν περιλαμβάνεται όλη η απαραίτητη πληροφορία, και εάν αυτή είναι δομημένη κατάλληλα (Κεφ.10-§10.3,10.4,10.5).

Σε ό,τι αφορά το εργαλείο ταξινόμησης της «συμπεριφοράς βασισμένης σε επιτηδειότητες, κανόνες, και γνώσεις», που συνδέεται με την επίτευξη βασικών στόχων του οικολογικού σχεδιασμού, η παρούσα διατριβή αποτελεί μία από τις λίγες περιπτώσεις (McIlroy & Stanton, 2015, p.153-Table 3, p.155), που προσδιορίζεται αναλυτικά πώς το εργαλείο χρησιμοποιήθηκε: α) για να μελετηθεί η νοητική συμπεριφορά των εργαζομένων σε διαφορετικά περιστατικά (Κεφ.8-§8.2.5.3), β) για να κατευθυνθεί κατάλληλα ο σχεδιασμός των δομών απεικόνισης πληροφορίας (π.χ. Κεφ.9-§9.8.1), και γ) για να αξιολογηθεί τελικά η νοητική υποστήριξη που παρέχει ο διαμεσολαβητής για τα τρία επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς στο πλαίσιο οικείων και μη-οικείων καταστάσεων (Κεφ.10-§10.3,10.4,10.5).

Η ανάλυση του συστήματος εργασίας και ο σχεδιασμός του διαμεσολαβητή σύμφωνα με την οικολογική προσέγγιση, υλοποιήθηκε με τη συμμετοχή χειριστών και μηχανικών (§11.2), με κατάλληλα επιλεγμένο τρόπο, σε κάθε επιμέρους στάδιο του κύκλου γνωσιακού σχεδιασμού. Στόχος ήταν να επιτευχθεί μία καλή ισορροπία μεταξύ των προδιαγραφών που προκύπτουν από την ανάλυση, και των προτάσεων- παρεμβάσεων των χειριστών, έτσι ώστε το σχεδιαστικό αποτέλεσμα να είναι προσαρμοσμένο στις ανάγκες διαχείρισης και ελέγχου του πραγματικού δικτύου.

Ειδικότερα, κατά την Εθνογραφική ανάλυση (Κεφ.7-§7.1), χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά ποικίλες τεχνικές (ελεύθερες και δομημένες συνεντεύξεις, αυτό-αντιπαράθεση πάνω στον τρόπο δράσης σε περιστατικά, κλπ). Κατά την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας ζητήθηκε από επιλεγμένους εργαζόμενους να αξιολογήσουν το περιεχόμενο των Μοντέλων Ιεραρχικής Αφαίρεσης- Διάσπασης, και να παρέχουν ανάδραση και για τα αποτελέσματα των επόμενων σταδίων, ώστε να ελεγχθεί η εγκυρότητα των ευρημάτων, πριν τη διαμόρφωση προδιαγραφών (Κεφ.8-§8.1.10, §8.2). Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ANE από ειδικούς στο πεδίο που εφαρμόστηκε στην παρούσα διατριβή, δεν απαντάται συνήθως σε άλλες μελέτες χρήσης του πλαισίου, παρότι αποτελεί θεμελιώδη παράμετρο του κοινωνικο-τεχνικού σχεδιασμού, όπως επισημαίνουν οι Read et al. (2015, p. 837-§5.2).

Στο στάδιο του σχεδιασμού, στα προϋπάρχοντα παραδοσιακά τεχνήματα οι εργαζόμενοι παρείχαν ήδη ανάδραση μέσα από τις «μετασκευές»- ανασχεδιασμούς που είχαν πραγματοποιήσει σε αυτά (Κεφ.9-§9.3), ενώ στα πρωτότυπα σε χαρτί

και στα ηλεκτρονικά πρωτότυπα κλήθηκαν να αξιολογήσουν εναλλακτικές σχεδιαστικές λύσεις και επιχειρηματολογήσουν πάνω σε αυτές, υπό το πρίσμα διαφόρων οργανωτικών και τεχνολογικών παραμέτρων της εργασίας (π.χ. Κεφ.9-§9.8.1.3, §9.8.2). Στη διατριβή αποτυπώνεται αναλυτικά ο τρόπος που η ανάδραση από τους χειριστές ενσωματώνεται στο σχεδιασμό.

Η διαδικασία σχεδιασμού που περιγράφηκε, οδήγησε στη διαμόρφωση ενός ηλεκτρονικού περιβάλλοντος εποπτείας και ελέγχου του ηλεκτρικού δικτύου, που αξιοποιεί την προϋπάρχουσα γνώση και τις δεξιότητες των χειριστών από το παραδοσιακό περιβάλλον ελέγχου, ενισχύοντας περαιτέρω την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων σε οικείες, αλλά και μη-οικείες κρίσιμες καταστάσεις.

Στην παρούσα διατριβή, η διαδικασία Σημαιολογικής Αποτύπωσης, παρουσιάζεται με συστηματικό τρόπο, σε ένα πεδίο που δεν έχει αποτυπωθεί ξανά στο πλαίσιο του οικολογικού σχεδιασμού. Ειδικότερα, παρουσιάζεται αναλυτικά, πώς οι επιμέρους απαιτήσεις και προδιαγραφές, που αναδείχθηκαν από την Εθνογραφική Ανάλυση και την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, «μεταφράζονται» σε συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις, μέσα από τη σύζευξη των βασικών αρχών του οικολογικού σχεδιασμού με άλλες αρχές, τεχνικές και πρότυπα (May, 2010, p.70-71, McIlroy & Stanton, 2015, p.158-Table VI). Επίσης, προσδιορίζεται αναλυτικά ο τρόπος που αξιοποιούνται στο σχεδιασμό μέσω κατάλληλης προσαρμογής, οι προϋπάρχουσες δομές απεικόνισης από τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, αλλά και οι σχεδιαστικές παρεμβάσεις των χειριστών πάνω στα παραδοσιακά τεχνήματα.

Τέλος, στο πλαίσιο του σχεδιασμού αναπτύχθηκε ένα πρωτότυπο Σύστημα Συμβόλων (π.χ. «Σημαίες Διασύνδεσης») και Δομών Απεικόνισης (π.χ. «Πίνακας Συνδεσιμότητας», «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο»), καθώς και εξειδικευμένες θεάσεις (π.χ. «Παράθυρο Ισχύος-Θερμοκρασίας», «Παράθυρο Αναγγελιών») για την εποπτεία και έλεγχο των δικτύων διανομής μέσης τάσης (Κεφ.9-§9.6 έως §9.9). Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην αποτύπωση της ταυτότητας, των ιδιοτήτων, καθώς και των λειτουργικών, δομικών, φυσικών, τοπολογικών σχέσεων που συνδέουν τα στοιχεία του ηλεκτρικού δικτύου (Κεφ.10-§10.5.1). Οι απεικονίσεις περιλαμβάνουν πληροφορία, τόσο για τους φυσικούς και λειτουργικούς περιορισμούς, όσο και για τους προθετικούς περιορισμούς (π.χ. προτεραιότητα σε συγκεκριμένες κατηγορίες καταναλωτών) που διέπουν τη λειτουργία του δικτύου, ώστε να συνεκτιμούνται και να ιεραρχούνται ανάλογα με τη σπουδαιότητα τους και το τρέχον πλαίσιο λειτουργίας (Κεφ.10-§10.4.1). Ο οικολογικός διαμεσολαβητής PIGMENTUM διαφοροποιείται από τους διαμεσολαβητές των σύγχρονων βιομηχανικών Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας (Κεφ.5-§5.5), τόσο ως προς τη φιλοσοφία σχεδιασμού και το σύστημα απεικονίσεων που περιλαμβάνει, όσο και ως προς το ό,τι παρέχει εξειδικευμένη νοητική υποστήριξη στους χειριστές, για πλαίσια λειτουργίας που είναι απαιτητικά και επικίνδυνα για την ευσταθή λειτουργία του δικτύου.

11.2 Συμβολή

Η παρούσα διατριβή στο πεδίο των ηλεκτρικών δικτύων, επεκτείνει τα ευρήματα προγενέστερων μελετών, σε ό,τι αφορά την εφαρμογή του οικολογικού σχεδιασμού σε μεγάλης κλίμακας βιομηχανικά συστήματα, για τα οποία δεν υπάρχει σημαντικός αριθμός ολοκληρωμένων μελετών. Για την ανάλυση, το σχεδιασμό και την αξιολόγηση επελέγησαν συγκεκριμένα πλαίσια, μέθοδοι και εργαλεία της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη χρήση τους στον κύκλο γνωσιακού σχεδιασμού, οδηγούν σε ανάδειξη επιπλέον δυνατοτήτων τους, και εμπλουτισμό της θεωρίας σε ό,τι αφορά την μεμονωμένη ή συνδυαστική εφαρμογή τους.

Σε πρακτικό επίπεδο, ο τρόπος προσέγγισης των υφιστάμενων προβλημάτων του πεδίου (εκδήλωση μπλακάουτ) και ο τρόπος διερεύνησης των απαιτήσεων και ευκαιριών που δημιουργούν οι υλοποιούμενες αλλαγές στο πεδίο (τεχνολογικές και οργανωτικές), μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα για την διαχείριση αντίστοιχων προβλημάτων σχεδιασμού/ανασχεδιασμού τεχνημάτων και διαδικασιών, για δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και για άλλες κρίσιμες υποδομές.

Στις ενότητες που ακολουθούν συνοψίζεται η αναμενόμενη συμβολή, από τα αποτελέσματα των επιμέρους σταδίων γνωσιακού σχεδιασμού.

Εθνογραφική Ανάλυση

Η Εθνογραφική Ανάλυση (Κεφ.7) με τον τρόπο που πραγματοποιήθηκε, συνέβαλε στην κατανόηση των διαδικασιών και των πρακτικών εργασίας, στον εντοπισμό της άρρητης γνώσης για τη λειτουργία του συστήματος που κατέχουν οι χειριστές, και στην κατανόηση του ρόλου που διαδραματίζουν τα γνωσιακά τεχνήματα της αίσθησης ελέγχου κατά την ανάπτυξη του νοητικού και συνεργατικού έργου των χειριστών. Τα ευρήματα που προέκυψαν από την Εθνογραφική ανάλυση, αξιοποιούνται περαιτέρω στο επόμενο στάδιο της Ανάλυσης Νοητικής Εργασίας, αλλά και απευθείας στο σχεδιασμό του μελλοντικού συστήματος.

Ο τρόπος υλοποίησης και αποτύπωσης των ευρημάτων της εθνογραφικής ανάλυσης στην παρούσα διατριβή, συμβάλει στην τυποποίηση του τρόπου συλλογής, ανάλυσης, και αξιοποίησης δεδομένων, κατά τη διαχείριση ανάλογων σχεδιαστικών προβλημάτων σε αντίστοιχα περιβάλλοντα (π.χ. αίθουσες ελέγχου διαχείρισης κρίσιμων υποδομών).

Ειδικότερα σε ό,τι αφορά τη διαχείριση κρίσιμων συμβάντων, όπως τα μπλακάουτ (Κεφ.4), οι δημοσιευμένες στην Ελλάδα και το εξωτερικό αναλύσεις, προσεγγίζουν τα γεγονότα κυρίως μέσα από την οπτική των δικτύων παραγωγής-μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Στην παρούσα διατριβή, αναλύεται η οπτική διαχείρισης κρίσιμων συμβάντων σε επίπεδο διανομής μέσης τάσης (Κεφ.7 & Κεφ.8) και γίνεται σύνθεση των δύο οπτικών για τις ανάγκες σχεδιασμού (π.χ.

Κεφ.9-§9.8.1.3, 9.8.2). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης, και ο τρόπος σύνθεσης των δύο οπτικών, μπορούν να αξιοποιηθούν κατά το σχεδιασμό διαμεσολαβητών και για άλλες αίθουσες ελέγχου (π.χ. μεταφοράς), που συντονίζουν το έργο τους με τις αίθουσες ελέγχου μέσης τάσης.

Ανάλυση Νοητικής Εργασίας

Πραγματοποιήθηκε Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (ΑΝΕ) 5 σταδίων (Κεφ.8), και σε κάθε στάδιο περιγράφηκε αναλυτικά ο λόγος επιλογής και χρήσης συγκεκριμένων εργαλείων ανάλυσης (Πίνακες Ιεραρχικής Αφαίρεσης- Διάσπασης, Περιστατικά, Ταξινόμηση της Συμπεριφοράς βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες και Γνώσεις). Η ΑΝΕ δομήθηκε σε δύο επιμέρους φάσεις :

α) Μοντελοποίηση του Συστήματος εργασίας, με την ανάπτυξη πολλαπλών μοντέλων Ιεραρχικής Αφαίρεσης- Διάσπασης, που αποτυπώνουν διαφορετικές πτυχές και παραμέτρους λειτουργίας του συστήματος εργασίας, και παρέχουν μία περιεκτική, λεπτομερή και με νόημα περιγραφή του. Τα Μοντέλα αυτά, μεταξύ άλλων, συμβάλουν στον εντοπισμό ομοιοτήτων και διαφορών με άλλα πεδία, καθώς και στην μεταφορά σχεδιαστικής γνώσης μέσω αναλογιών ή αντιστοιχιών.

Β) Ανάλυση δραστηριότητας υπό το πρίσμα των καθηκόντων, στρατηγικών, της κοινωνικής οργάνωσης της εργασίας και των ατομικών παραγόντων, που επηρεάζουν τον τρόπο δράσης των χειριστών. Από την ανάλυση εξήχθησαν απαιτήσεις και προδιαγραφές για το διαμεσολαβητή, αλλά και για της παραμέτρους του συστήματος εργασίας που συνδέονται με τη χρήση του, υποστηρίζοντας έτσι τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό του περιβάλλοντος, μέσα στο οποίο θα λειτουργήσει ο διαμεσολαβητής (11.3.2).

Η εφαρμογή και των πέντε σταδίων της ΑΝΕ στο πεδίο των δικτύων μέσης τάσης –όπου δεν υπάρχει προηγούμενο εφαρμογής της – συμβάλει στον εμπλουτισμό των πεδίων στα οποία έχει δοκιμαστεί ο ρόλος των επιμέρους σταδίων ανάλυσης, και η αποτελεσματικότητα κάθε εργαλείου.

Η διαδικασία ανάλυσης που εφαρμόστηκε, μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα για ερευνητές, υπεύθυνους συγγραφής προδιαγραφών, και σχεδιαστές σε παρεμφερή πεδία ελέγχου διαδικασιών.

Ενσωμάτωση τεχνολογικών και οργανωτικών αλλαγών

Η μελέτη υλοποιήθηκε σε ένα σύστημα όπου βρίσκονται σε εξέλιξη σημαντικές οργανωτικές και τεχνολογικές αλλαγές. Επιδιώχθηκε μέσω της ανάλυσης, η διερεύνηση των υλοποιούμενων αλλαγών, και η ενσωμάτωση τους στη διαδικασία ανασχεδιασμού του τεχνολογικού συστήματος- διαμεσολαβητή διάδρασης με το δίκτυο.

Η Εθνογραφική ανάλυση (Κεφ.7) συνέβαλε στην αποτύπωση του τρόπου εργασίας με τα υπάρχοντα τεχνήματα και την ισχύουσα κοινωνική οργάνωση της εργασίας, ενώ βοήθησε και στην διερεύνηση του τρόπου αφομοίωσης αλλαγών που έχουν συμβεί στο παρελθόν.

Η Ανάλυση Νοητικής Εργασίας (Κεφ.8) συνέβαλε στο να μελετηθεί πώς βασικές πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας (τρόπος εκτέλεσης καθηκόντων, στρατηγικές δράσης, συνεργατικό έργο) επηρεάζονται άμεσα ή έμμεσα από τεχνολογικές και οργανωτικές παραμέτρους του συστήματος εργασίας.

Τα πολλαπλά Μοντέλα Ιεραρχικής Αφαίρεσης – Διάσπασης που αναπτύχθηκαν, αποτυπώνουν διαφορετικές πτυχές της δομής και λειτουργίας του συστήματος εργασίας, παρέχοντας μία περιεκτική, λεπτομερή και με νόημα περιγραφή του συστήματος εργασίας. Διατρέχοντας συγκεκριμένα Μοντέλα από τα υψηλότερα επίπεδα προς τα κάτω, διαπιστώνεται πώς αλλαγές στην ενεργειακή πολιτική και την οργάνωση του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος μπορούν να επηρεάσουν τον τρόπο λειτουργίας και διαχείρισης κάθε επιμέρους υποσυστήματος (π.χ.Κεφ.8-§8.1.4). Αντίστροφα, σε μία από τα χαμηλότερα επίπεδα προς τα πάνω διερεύνηση, μπορεί να διαπιστώσει κανείς πώς αλλαγές στα φυσικά μέσα του συστήματος και τις δυνατότητες τους (τεχνολογικές αλλαγές), μπορούν να επηρεάσουν τον τρόπο επίτευξης των στόχων του συστήματος (π.χ.Κεφ.8-§8.1.2). Ειδικότερα, η ανάλυση περιστατικών πάνω στα Μοντέλα του συστήματος εργασίας, βοήθησε στο: α) να εντοπιστούν τεχνολογικές δυνατότητες του υπάρχοντος εξοπλισμού που μένουν αναξιοποίητες, β) να εντοπιστούν σημεία στα οποία είναι σκόπιμο να γίνει οργανωτική ή τεχνολογική βελτίωση, γ) να διερευνηθούν οι επιπτώσεις των αλλαγών που βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη ή πρόκειται να υλοποιηθούν στο άμεσο μέλλον (π.χ.Κεφ.8-§8.2.3.3, 8.2.4.3). Η αξιοποίηση της ΑΝΕ, για την διαχείριση των παραμέτρων που περιγράφηκαν, συμβάλλει στην επέκταση των τρόπων χρήσης της τόσο μεμονωμένα, όσο και συνδυαστικά με παραδοσιακές μεθόδους κοινωνικο-τεχνικού σχεδιασμού όπως η Εθνογραφία.

Σε ό,τι αφορά το σχεδιασμό, τα πρωτότυπα διαμορφώνουν ένα «μεταβατικό κόσμο» μέσω του οποίου οι εργαζόμενοι έρχονται σε επαφή με μελλοντικές λύσεις στο περιβάλλον εργασίας τους (π.χ. Κεφ.9-§9.10), και σε συνεργασία με το γνωσιακό μηχανικό ελέγχουν υποθέσεις που σχετίζονται με τη μετάβαση σε νέες τεχνολογίες, και κυρίως σε νέα οργανωτικά σχήματα (π.χ. Κεφ.9-§9.8.1.3, 9.8.2).

Κατά την ανάπτυξη των πρωτοτύπων, περιγράφηκαν με λεπτομέρεια τα μονοπάτια μέσα από τα οποία κατέληξε ο σχεδιασμός σε συγκεκριμένες λύσεις, καθώς και ο τρόπος που διερευνήθηκαν οι πιθανές θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις των λύσεων αυτών στην ασφαλή διαχείριση του δικτύου (π.χ. σύγχυση αρμοδιοτήτων εποπτείας συγκεκριμένης παραμέτρου). Μέσα από τη διαδικασία αυτή, συνδέονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων που προηγήθηκαν, με τα παραγόμενα γνωσιακά τεχνήματα, και εμπλουτίζεται η γνώση για τον τρόπο διαχείρισης πολύπλοκων θεμάτων της εργασίας κατά το σχεδιασμό. Η διαδικασία ανάπτυξης πρωτοτύπων που ακολουθήθηκε, μπορεί να λειτουργήσει ως ένας οδηγός επεξεργασίας σχεδιαστικών λύσεων, σε πεδία που αντιμετωπίζονται παρεμφερή προβλήματα σχεδιασμού/ανασχεδιασμού τεχνημάτων.

Ανάδραση από τους εργαζομένους

Στον κύκλο γνωστικού σχεδιασμού που υλοποιήθηκε, συμμετείχαν εργαζόμενοι με διαφορετικές ιδιότητες και ρόλους στο σύστημα εργασίας (χειριστές βάρδιας, μηχανικοί, προσωπικό που εξυπηρετεί υποστηρικτικό έργο), προκειμένου να εξασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα των ευρημάτων.

Στο πλαίσιο της Εθνογραφικής Ανάλυσης (Κεφ.7), το προσωπικό της αίθουσας ελέγχου κατά τη διάρκεια συνεντεύξεων και ελεύθερων συζητήσεων, επισήμανε δυνατότητες και αδυναμίες των διαθέσιμων τεχνημάτων, διαδικασίες που δυσκολεύουν τη δράση στο πεδίο, κλπ., συμβάλλοντας στον εντοπισμό σημείων που είναι σκόπιμο να εστιάσει ο σχεδιασμός.

Κατά την Νοητική Ανάλυση Εργασίας (Κεφ.8), επιλεγμένοι εργαζόμενοι αξιολόγησαν το περιεχόμενο των Μοντέλων Ιεραρχικής Αφαίρεσης –Διάσπασης που αναπτύχθηκαν. Τα Μοντέλα αυτά αποτελώντας μία συστηματική περιγραφή σημαντικών πτυχών λειτουργίας του πεδίου, διευκόλυναν την επικοινωνία με το σύνολο των εργαζομένων, δημιουργώντας τη βάση για την μετέπειτα αξιολόγηση σχεδιαστικών λύσεων που συνδέονται με την κατανομή αρμοδιοτήτων εποπτείας και ελέγχου ή την περεταίρω αξιοποίηση διαθέσιμων τεχνολογιών. Επιπλέον, χειριστές και μηχανικοί συμμετείχαν στον χαρακτηρισμό και την κατηγοριοποίηση των περιστατικών (είδος συμβάντων, συχνότητα εμφάνισης, κρίσιμότητα, κλπ), τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά την Ανάλυση Δραστηριότητας, τη διερεύνηση επιμέρους σχεδιαστικών λύσεων στα πρωτότυπα, και την αξιολόγηση του τελικού διαμεσολαβητή.

Κατά το Σχεδιασμό Πρωτοτύπων (Κεφ.9), για τα προϋπάρχοντα τεχνήματα στην αίθουσα ελέγχου, η ανάδραση χειριστών και μηχανικών αποτυπωνόταν μέσα από τους ανασχεδιασμούς που είχαν πραγματοποιήσει σε αυτά, καθώς και από τη συχνότητα και τον τρόπο χρήσης τους, στο πλαίσιο διαφορετικών περιστατικών. Στα πρωτότυπα σε χαρτί και στα ηλεκτρονικά πρωτότυπα που αναπτύχθηκαν, προτάθηκαν στους εργαζόμενους εναλλακτικές σχεδιαστικές λύσεις, και τους ζητήθηκε να προσδιορίσουν τα κριτήρια επιλογής/απόρριψής τους. Η ανάδραση που ζητήθηκε για συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις, κινητοποίησε της εργαζόμενους, ώστε να μοιραστούν επιπλέον πληροφορία για τον τρόπο διαχείρισης του δικτύου, με συνέπεια να αναγνωριστούν παράμετροι της εργασίας και περιορισμοί, που δεν είχαν εντοπιστεί σε προηγούμενα στάδια ανάλυσης.

Η συμμετοχή των εργαζομένων στην ανάλυση και το σχεδιασμό, με τον τρόπο και τα μέσα (χρήση πολλαπλών τεχνικών λήψης ανάδρασης) που περιγράφηκαν στην παρούσα διατριβή, μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα και για μελλοντικές ερευνητικές μελέτες σχεδιασμού, αλλά και για τη βιομηχανική πράξη.

Συμβολικό Σύστημα και Δομές Απεικόνισης

Τα πρωτότυπα αποτελούν την εξωτερικευση σε ένα δομημένο περιβάλλον των σχεδιαστικών ιδεών. Στην διατριβή παρουσιάστηκε αναλυτικά η διαδικασία μετασχηματισμού των σχεδιαστικών λύσεων (αρχική ιδέα, στάδια ανασχεδιασμού, απαιτήσεις και προδιαγραφές που ικανοποιεί, αρχές, τεχνικές και πρότυπα βάσει των οποίων μορφοποιήθηκε), κατά τη μετάβαση από τα υπάρχοντα τεχνήματα, στα πρωτότυπα σε χαρτί, και κατόπιν στα ηλεκτρονικά πρωτότυπα.

Κατά τη διαμόρφωση του Συμβολικού Συστήματος, τεκμηριώθηκε ο τρόπος που οι ιδιότητες των οντοτήτων του δικτύου ιεραρχούνται και αποτυπώνονται μέσα από διαφορετικές κλάσεις γραφικών χαρακτηριστικών (χρώμα, σχήμα, μοτίβο) δημιουργώντας μονοσήμαντους συνδυασμούς (Κεφ.9-§9.4.1-9.4.2). Επιπλέον, παρουσιάστηκαν οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν (π.χ. ενιαία και συνεπής χρωματική κωδικοποίηση και σύμβολα, αντίστοιχη δομή και οργάνωση Οθονών- Παραθύρων-θεάσεων), για να υποστηρίξουν τη διαλειτουργικότητα των επιμέρους μονάδων και δομών απεικόνισης, καθώς και την χώρο-χρονική ενοποίηση πληροφορίας μεταξύ αυτών.

Σε ό,τι αφορά την δημιουργία των δομών απεικόνισης, παρουσιάστηκε:

- πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν προϋπάρχουσες δομές απεικόνισης από τα παραδοσιακά τεχνήματα, ανασχεδιασμένες κατάλληλα σύμφωνα με τις σύγχρονες απαιτήσεις και τεχνολογικές δυνατότητες του πεδίου,
- πώς μπορούν οι σχεδιαστικές παρεμβάσεις των χειριστών (π.χ. πληροφορίες με κιμωλία στο Διάγραμμα ΜΣ) να εμπνεύσουν και να κατευθύνουν το σχεδιασμό νέων δομών απεικόνισης (π.χ. Πίνακας Συνδεσιμότητας και του Πίνακας Διακοπών),
- πώς μπορούν να αξιοποιηθούν μέσω κατάλληλης προσαρμογής, οι διαθέσιμες στη βιβλιογραφία τεχνικές ενοποίησης πληροφορίας σε γεωμετρικές φόρμες.

Η διαδικασία σχεδιασμού που υλοποιήθηκε μπορεί: α) να εμπλουτίσει τις ήδη υπάρχουσες σχεδιαστικές αρχές και τεχνικές της θεωρίας, και β) να συμβάλει στη συστηματοποίηση της διαδικασίας σημασιολογικής αποτύπωσης στο πεδίο των ηλεκτρικών δικτύων, και σε άλλα πεδία με παρεμφερή χαρακτηριστικά.

Δεδομένου ότι το σύστημα συμβόλων και οι δομές απεικόνισης του διαμεσολαβητή PIGMENTUM, έχουν αναπτυχθεί σύμφωνα με κανόνες και συμβάσεις που μπορούν να ερμηνευθούν διεθνώς, μπορούν να λειτουργήσουν ως πρότυπα, κατά το σχεδιασμό διαμεσολαβητών εποπτείας και ελέγχου:

- ηλεκτρικών δικτύων αντίστοιχης τάξης του εξωτερικού, που παρουσιάζουν ανάλογα κοινωνικο-τεχνικά χαρακτηριστικά λειτουργίας,
- ηλεκτρικών δικτύων διαφορετικής τάξης (μεταφοράς, διανομής σε υψηλή τάση) στην Ελλάδα και το εξωτερικό,
- δικτύων άλλων κρίσιμων υποδομών, που διέπονται από συναφείς αρχές λειτουργίας και ελέγχου.

11.3 Αξιοποίηση Αποτελεσμάτων Ανάλυσης και Σχεδιασμού

Ο διαμεσολαβητής PIGMENTUM μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα, κατά το σχεδιασμό διαμεσολαβητή του ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης Διανομής, που θα υλοποιηθεί στο πεδίο μελέτης. Δεδομένου ότι σε κάποιες περιπτώσεις οι προηγμένες τεχνικές απεικόνισης, απαιτούν μεγαλύτερο χρόνο εμπειρίας και εξοικείωσης, για την πλήρη κατανόηση τους και εκμετάλλευση της πληροφορίας που παρέχουν (Κεφ.3), ο διαμεσολαβητής PIGMENTUM μπορεί να λειτουργήσει και ως ένα περιβάλλον εκπαίδευσης, στο οποίο οι χειριστές θα διδαχθούν προηγμένους τρόπους διαχείρισης του πεδίου, και θα αναπτύξουν νέες δεξιότητες και γνώσεις.

Στις ενότητες που ακολουθούν συνοψίζονται:

- α) οι σημαντικότερες δυνατότητες του διαμεσολαβητή (αναφορικά με τους σχεδιαστικούς στόχους που είχαν τεθεί), οι οποίες μπορούν να αναπτυχθούν περαιτέρω, όταν υλοποιηθούν σε κλίμακα μεγαλύτερη από αυτή του πειραματικού διαμεσολαβητή,
- β) η δυνατότητα περαιτέρω αξιοποίησης των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση και το σχεδιασμό, για την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου «οικολογικά σχεδιασμένου περιβάλλοντος», μέσα στο οποίο θα λειτουργήσει ο διαμεσολαβητής.

11.3.1 Δυνατότητες Διαμεσολαβητή

Οι βασικοί στόχοι που είχαν τεθεί κατά την ανάπτυξη του διαμεσολαβητή ήταν να υποστηρίξει αποτελεσματικά:

- τη διαχείριση του δικτύου σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας που είναι και νοητικά πιο απαιτητικές για τους χειριστές,
- τη διαχείριση οικείων και μη-οικείων καταστάσεων,
- την έμπειρη δράση στο πεδίο και την ανάπτυξη δεξιοτήτων διαχείρισης,
- τη διαχείριση πολλών συμβάντων ταυτόχρονα,
- το χειροκίνητο έλεγχο και αυτόματο έλεγχο, καθώς και την εναλλαγή μεταξύ αυτών,
- το συνεργατικό έργο εντός και μεταξύ των αιθουσών ελέγχου.

Ο τρόπος επίτευξης των στόχων αυτών μέσω των δομών απεικόνισης και θεάσεων του διαμεσολαβητή, περιγράφεται στις παραγράφους που ακολουθούν.

Κρίσιμες Συνθήκες Λειτουργίας

Στόχο αποτελεί το να επιτυγχάνεται πάντα η βέλτιστη λειτουργικότητα του δικτύου, ακόμη και σε μη-ομαλές καταστάσεις, που προκαλούνται από γεγονότα στο περιβάλλον λειτουργίας τους. Όπως προέκυψε από την ανάλυση εκτεταμένων μπλακάουτ που είχαν συμβεί παλαιότερα στο διεθνή και στον ελλαδικό χώρο, η κατάλληλη υποστήριξη από το διαμεσολαβητή μπορεί να συμβάλει τόσο στο να προληφθούν ή να περιοριστούν οι επιπτώσεις ενός μπλακάουτ, όσο και στο να αποκατασταθεί πιο γρήγορα η λειτουργία του συστήματος μετά από ένα συμβάν. Στο διαμεσολαβητή «PIGMENTUM» η υποστήριξη αυτή παρέχεται μέσα από (Κεφ.10-§10.3.1 και §10.5.1):

α) τη συγκεντρωτική αποτύπωση των παραμέτρων που προσδιορίζουν το τρέχον πλαίσιο λειτουργίας (θερμοκρασία, υγρασία, ημέρα-ώρα, συνολική κατανάλωση σε Αττική και Πανελλαδικά) και τη συνοπτική αποτύπωση επιλεγμένων παραμέτρων λειτουργίας (φορτία, θερμική εικόνα) των βασικών μονάδων του δικτύου στο «Παράθυρο Ισχύος – θερμοκρασίας» ώστε να μπορούν οι χειριστές: α1) να εκτιμήσουν και να ερμηνεύσουν κάθε παράμετρο σύμφωνα με το τρέχον πλαίσιο, α2) να προβλέψουν βραχυπρόθεσμα, αλλά και μακροπρόθεσμα την εξέλιξη της κατάστασης στο δίκτυο, και α3) να προγραμματίσουν κατάλληλα προληπτικές ή αντισταθμιστικές ενέργειες,

β) την αποτύπωση των προ-οριακών, των κρίσιμων και των τιμών ασφαλούς λειτουργίας των παραμέτρων, μέσω των οποίων επισημαίνεται, τότε είναι η κατάλληλη στιγμή για ανάληψη δράσης (μεταγωγή φορτίων, διόρθωση της τάσης κλπ).

γ) την συγκεντρωτική αποτύπωση των διαθέσιμων μονοπατιών επαναφοράς της ηλεκτροδότησης σε κάθε μονάδα (Παράθυρο Εποπτείας, Επίπεδο Ζυγών- Διασυνδετικές & Επίπεδο Γραμμών-Πίνακας Διακοπών & Πίνακας Συνδεσιμότητας), ενισχύοντας την ανθεκτικότητα του δικτύου σε σοβαρές διαταραχές (π.χ. όταν τεθούν εκτός λειτουργίας πολλές μονάδες ταυτόχρονα). Οι απεικονίσεις των παραμέτρων λειτουργίας των ΜΣ σε διαφορετικά επίπεδα, αφενός παρέχουν την περιοχή πιθανών λύσεων για τη διαχείριση ζητημάτων όπως π.χ. μία μεταγωγή φορτίων, και αφετέρου βοηθούν την εκτέλεση νοητικών προσομοιώσεων και την εκτίμηση των θετικών ή αρνητικών συνεπειών που μπορεί να έχουν στο δίκτυο οι ενέργειες των χειριστών.

δ) εξειδικευμένες θεάσεις. Μέσα από την ανάλυση περιστατικών που είχαν καταγραφεί σε διαφορετικές κατηγορίες κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας του δικτύου, διαπιστώθηκε ότι κάθε κατηγορία συνθηκών θέτει διαφορετικές απαιτήσεις υποστήριξης του έργου των χειριστών.

Σε συνθήκες καύσωνα, οι περισσότεροι ΜΣ είναι οριακά φορτισμένοι, φυσικά καταπονημένοι λόγω υψηλών φορτίων και θερμοκρασίας, και παρουσιάζονται προβλήματα στη ρύθμιση της τάσεως και συχνότητας στο δίκτυο. Το έργο των χειριστών, προϋποθέτει κατάλληλο συντονισμό με άλλες αίθουσες ελέγχου, και επικεντρώνεται στην διαχείριση φορτίων μέσω τηλεχειρισμών. Στην αναλυτική αξιολόγηση που προηγήθηκε, αποτυπώθηκε πώς το «Παράθυρο Ισχύος-

θερμοκρασίας» και τα τρία επίπεδα του «Παράθρου Εποπτείας» υποστηρίζουν τους χειριστές στο να παρακολουθούν παραμέτρους όπως τα άεργα φορτία, η θερμοκρασία ΜΣ, η ρύθμιση ΣΑΤΥΦ, που παίζουν σημαντικό ρόλο σε συνθήκες καύσωνα, καθώς το δίκτυο είναι υπερφορτισμένο.

Αντίθετα σε συνθήκες καταιγίδας, το βασικό πρόβλημα είναι ότι πολλά στοιχεία του δικτύου τίθενται εκτός λειτουργίας λόγω βλαβών-ζημιών στον εξοπλισμό του δικτύου, και απαιτείται συνεχής συντονισμός του έργου των χειριστών με τα εξωτερικά συνεργεία που επιχειρούν στα μη-τηλεχειριζόμενα στοιχεία του δικτύου. Σε αυτές τις περιπτώσεις το έργο των χειριστών, υποστηρίζεται από το «Παράθυρο Αναγγελιών» που συνοψίζει τα τμήματα – στοιχεία κάθε ΜΣ που βρίσκονται εκτός λειτουργίας.

Κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας στο δίκτυο μπορεί να δημιουργήσουν εκτός από τους καιρικούς και άλλοι εξωγενείς παράγοντες, όπως σεισμοί, πυρκαγιές, κλπ, που προκαλούν ζημιές σε εκτεταμένα τμήματα του δικτύου. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται τόσο η εναλλακτική ηλεκτροδότηση τμημάτων που έχουν υποστεί βλάβη, όσο και ταυτόχρονη συνεργασία με εξωτερικά συνεργεία για την αποκατάσταση των ζημιών, που υποστηρίζονται συνδυαστικά από τις μονάδες απεικόνισης και παράθυρα που περιγράφηκαν στα (γ) και (δ).

Διαχείριση πολλών συμβάντων ταυτόχρονα.

Ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου, εκδηλώνονται ταυτόχρονα ή διαδοχικά πολλά συμβάντα, τα οποία οι χειριστές πρέπει να διαχειριστούν, ιεραρχώντας τα ανάλογα με την κρισιμότητα τους. Κάθε νέο συμβάν που εκδηλώνεται διακόπτει τη ροή διαχείρισης των προηγούμενων, και μεταβάλλει συχνά το πλαίσιο εξέλιξης τους. Έτσι οι χειριστές διακόπτουν τη διαχείριση ενός συμβάντος, για να καταπιαστούν με κάποιο άλλο, επανερχόμενοι αργότερα στη διαχείριση του αρχικού συμβάντος. Η διαδικασία αυτή μπορεί να οδηγήσει τους χειριστές στο να παραλείψουν κάποιες ενέργειες, να αφήσουν άλλες ημιτελείς ή να κάνουν λάθη.

Ο διαμεσολαβητής «PIGMENTUM» παρέχει δομές απεικόνισης που υποστηρίζουν την ταυτόχρονη διαχείριση συμβάντων, των οποίων οι ενέργειες παρεμβάλλονται μεταξύ τους. Έτσι δομές όπως π.χ. Παράθυρο Εποπτείας –Επίπεδο Γραμμών/Πίνακας Διακοπών –μόνιμη, προσωρινή,τρέχουσα κατάσταση διακόπτη (Κεφ.9-§9.8.1.1) που αποτυπώνουν την πληροφορία σύμφωνα με τη χρονική της εξέλιξη, επιτρέπει στους χειριστές να παρακολουθούν τις αλλαγές που έχουν πραγματοποιήσει ήδη. Επίσης συγκεντρωτικές θεάσεις όπως το «Παράθυρο Παράλληλης Λειτουργίας», το «Παράθυρο Ρύθμισης ΣΑΤΥΦ», το «Παράθυρο Τροποποιήσεων Διακοπών» (Κεφ.9-§9.8.3,§9.8.4,§9.8.5) υπενθυμίζουν στους χειριστές τις εκκρεμότητες που υπάρχουν ή ενέργειες που έχουν μείνει ημιτελείς σε διάφορα συμβάντα.

Οικείες και μη-οικείες καταστάσεις

Στόχο αποτέλεσε ο Διαμεσολαβητής να αξιοποιεί την ανθρώπινη ευελιξία και δημιουργικότητα στη σκέψη, όταν οι χειριστές έρχονται αντιμέτωποι με νέα περιστατικά. Οι χειριστές χρησιμοποιούν τη γνώση που έχουν από προγενέστερα περιστατικά, για να αναγνωρίσουν και να διαχειριστούν πιο σύντομα, νέα περιστατικά που παρουσιάζουν ομοιότητες. Επίσης, προγενέστερες συμπεριφορές του δικτύου, αξιοποιούνται από τους χειριστές για να προβλέψουν τη δυναμική συμπεριφορά του συστήματος μέσα από αναγωγές. Οι προβλέψεις που βασίζονται στην εμπειρία περιορίζονται σε γεγονότα που κάποιος έχει συναντήσει. Οι χειριστές όμως πρέπει να ανταπεξέρχονται και σε σπάνιες συμπεριφορές του δικτύου που οδηγούν σε μη-οικεία γεγονότα, η διαχείριση των οποίων απαιτεί συλλογισμούς πάνω στον θεμελιώδη τρόπο λειτουργίας του συστήματος.

Ο σχεδιασμός του διαμεσολαβητή υποστηρίζει τον «παραγωγικό τρόπο σκέψης» για το σύστημα, τόσο βάσει προγενέστερων συμπεριφορών του δικτύου (π.χ. καταγεγραμμένα διαφοροποιημένα όρια ασφαλούς λειτουργίας κάποιων στοιχείων στα γραφήματα, επισημάνσεις στη Σειρά Εκκρεμοτήτων του Πίνακα Συνδεσιμότητας), όσο και βάσει των αρχών λειτουργίας του συστήματος (ενοποιημένη απεικόνιση «Γράφημα φορτίων- Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο») που βοηθούν στην ερμηνεία μη- οικείων καταστάσεων στο δίκτυο, σύμφωνα με το τρέχον πλαίσιο (Κεφ.10-§10.5.2). Με την υποστήριξη των απεικονίσεων που προαναφέρθηκαν, οι εργαζόμενοι αναπτύσσουν δεξιότητες διαχείρισης του πεδίου κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες.

Έμπειρη δράση στο πεδίο

Η έμπειρη δράση στο πεδίο είναι μία διαδικασία που χτίζεται σταδιακά, μέσα από το πλήθος των οικείων και μη-οικείων περιστατικών που καλείται να διαχειριστεί κάποιος. Οι έμπειροι εργαζόμενοι αναπτύσσουν προσαρμοσμένη στο πλαίσιο νοητική δραστηριότητα, επιλέγοντας ενέργειες που είναι κατάλληλες για την τρέχουσα κατάσταση στο πεδίο. Οι στρατηγικές διάγνωσης ή διαχείρισης του δικτύου, αποτελούνται από διαφορετικές αλληλουχίες ενεργειών, και συνδέονται με τον έλεγχο συγκεκριμένων περιορισμών. Μέσα από την πλαισιοθετημένη Ανάλυση Δραστηριότητας για ποικίλα περιστατικά, είχαν αναδειχθεί οι αποτελεσματικές στρατηγικές δράσης (π.χ. για τη ρύθμιση των φορτίων ή της τάσεως), και οι εναλλαγές μεταξύ των στρατηγικών που υιοθετούν οι έμπειροι χειριστές ανάλογα με τις δυνατότητες που διαμορφώνονται δυναμικά στο δίκτυο.

Οι πληροφορίες για το δίκτυο και ο τρόπος που συνδυάζονται κατά την εκτέλεση των επιμέρους βημάτων των στρατηγικών, έχουν ενσωματωθεί κατάλληλα στο «Παράθυρο Εποπτείας- Επίπεδο ΜΣ/Ζυγών/Γραμμών» και στο «Παράθυρο Ισχύος-Θερμοκρασίας», έτσι ώστε να διευκολύνεται η υιοθέτηση στρατηγικών δράσης, που αν και είναι πολύ αποτελεσματικές δεν προτιμούνται από όλους τους χειριστές, λόγω του αυξημένου νοητικού φόρτου που απαιτούν. Με τον σχεδιασμό που υλοποιήθηκε παρέχονται οι προϋποθέσεις για την ανάπτυξη έμπειρης δράσης από όλους, καθώς οι έμπειροι χειριστές μπορούν να πραγματοποιούν συντομεύσεις στις νοητικές διαδικασίες, συνδυάζοντας επιλεγμένες πληροφορίες και εντοπίζοντας άμεσα τι πρέπει να γίνει ή ποια είναι η αιτία ενός συμπτώματος, ενώ οι λιγότερο έμπειροι

μπορούν να αναπτύξουν αναλυτικούς αιτιακούς συλλογισμούς, κατευθυνόμενοι στα επιμέρους βήματα ελέγχου-επιβεβαίωσης/απόρριψης υποθέσεων που πρέπει να εκτελέσουν (Κεφ.10-§10.5.2).

Χειροκίνητος και Αυτόματος έλεγχος

Σε συνθήκες, και πολύ περισσότερο σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να παρακολουθούν οι εργαζόμενοι τη λειτουργία των αυτοματισμών και να περνούν σε χειροκίνητο έλεγχο στις περιπτώσεις που απαιτείται. Επίσης, σε επίπεδο διάγνωσης είναι πολύ σημαντικό να μπορούν να εντοπίσουν εάν μία αστοχία οφείλεται στους αυτοματισμούς ή σε στοιχεία και παραμέτρους λειτουργίας του δικτύου, κάτι που μπορεί να είναι δύσκολο εάν έχουν εκδηλωθεί συμβάντα με επικαλυπτόμενα συμπτώματα.

Οι περιορισμοί διαμορφώνουν ένα σαφές μοντέλο της αναμενόμενης συμπεριφοράς, και έτσι είτε αστοχίες του συστήματος ελέγχου είτε προβλήματα στο δίκτυο εκδηλώνονται ως διαφοροποιήσεις από την αναμενόμενη συμπεριφορά. Σε πολλές περιπτώσεις οι αστοχίες του συστήματος ελέγχου εκδηλώνονται με διαφορετικά συμπτώματα απ' ό,τι άλλες διαταραχές στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις που αυτό δεν ισχύει τότε υποστηρίζεται με άλλους τρόπους η έμμεση διερεύνηση και διάγνωση (Κεφ.10-§10.5.2).

Η αποτύπωση του μοντέλου ομαλής λειτουργίας του δικτύου μέσα από οπτικά μοτίβα απεικόνισης πληροφορίας, βοηθάει τους χειριστές – ανεξαρτήτως επιπέδου εμπειρίας- να αντιλαμβάνονται άμεσα την κατάσταση λειτουργίας του δικτύου. Στο «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο» συγκεκριμένες αποκλίσεις μεταξύ πραγματικής και ονομαστικής τάσης ($V_{np} - V_{ov}$) σηματοδοτούν πιθανό πρόβλημα στους αυτοματισμούς ή στον εξοπλισμό του συστήματος (Κεφ.10-Εικόνα 10.6). Το «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο» βοηθάει επίσης τους χειριστές να παρακολουθούν την αυτόματη λειτουργία του συστήματος, και να αντιλαμβάνονται πότε είναι σκόπιμο να περάσουν από την αυτόματη στη χειροκίνητη λειτουργία (Κεφ.10-§10.6).

Απεικονίσεις όπως το «μεταβαλλόμενο τραπέζιο» παρέχουν «διαφάνεια» σε ό,τι αφορά το ρόλο των αυτοματισμών (Drivalou, 2005b), και διευκολύνουν τη ανάπτυξη γνώσης σχετικά με την αλληλεπίδραση λειτουργίας του δικτύου και του συστήματος ελέγχου.

Συνεργατικό έργο

Στο πλαίσιο της σύγχρονης νομοθεσίας για την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, το ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα μεταβαίνει σταδιακά από ένα κρατικά ελεγχόμενο σχήμα λειτουργίας, σε ένα σχήμα όπου ανεξάρτητοι φορείς που είναι υπεύθυνοι για διαφορετικά τμήματα και λειτουργίες των δικτύων, πρέπει να συντονίζουν κατάλληλα το έργο τους, έχοντας σε κάποιες περιπτώσεις και αντικρουόμενους στόχους κατά τη διαχείριση τους. Σε κρίσιμα συμβάντα όπως τα μπλακάουτ, έχει διαπιστωθεί ότι σημαντικό ρόλο στον τρόπο εξέλιξης τους, έχει παίξει ο έγκαιρος και αποτελεσματικός συντονισμός του έργου μεταξύ αιθουσών που ελέγχουν του ίδιου επιπέδου, υψηλότερης ή χαμηλότερης τάξεως δίκτυα (Κεφ.7-§7.3.2).

Οι πληροφορίες που πρέπει να ανταλλάξουν οι αίθουσες για να συντονίσουν το έργο τους, αποτυπώθηκαν στα Μοντέλα Συνεργαζόμενων Αιθουσών (Κεφ.8-§8.1.6). Οι πληροφορίες αυτές (π.χ. περιορισμοί λειτουργίας) μπορούν να παρουσιάζονται σε κάθε αίθουσα ελέγχου με τον ίδιο ή διαφορετικούς τρόπους. Για πληροφορίες όπως η θερμοκρασία ΜΣ, δημιουργήθηκαν δύο σχεδιαστικές λύσεις α) μία (Κεφ.9-Εικόνα 9.15 αριστερά) βάσει του «Μοντέλου Τεχνολογικού Συστήματος Δικτύου» (Κεφ.8-§8.1.2), που δίνει έμφαση στους στόχους και τα κριτήρια λειτουργίας του ενεργειακού συστήματος, καθώς και στην κατανομή των φυσικών και τεχνικών πόρων του συστήματος στις επιμέρους αίθουσες ελέγχου, και β) μία (Κεφ.9-Εικόνα 9.15 δεξιά) βάσει της Ανάλυσης Δραστηριότητας (Κεφ.8-§8.2.4), προσαρμοσμένη στην ισχύουσα κατανομή αρμοδιοτήτων των χειριστών, και στον τρόπο που γίνεται η επικοινωνία τους επίσημα. Και οι δύο λύσεις διαμορφώθηκαν έτσι ώστε να υποστηρίζεται καλύτερα η έγκαιρη αντίληψη –από πλευράς χειριστών- της κρισιμότητας συγκεκριμένων παραμέτρων που συνδέονται με το συνεργατικό έργο διαφορετικών αιθουσών. Το ποια σχεδιαστική λύση από τις δύο λειτουργεί πιο αποτελεσματικά, θα διαπιστωθεί μέσω εμπειρικής αξιολόγησης (§11.4.1).

11.3.2 Επέκταση του Σχεδιασμού

Σε περιβάλλοντα εποπτείας και διαχείρισης κρίσιμων υποδομών είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται μία ενιαία φιλοσοφία για το σχεδιασμό (Integrated Systems Design) του διαμεσολαβητή, του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων, των αυτοματισμών, της εκπαίδευσης, των συναγερμών, των διαδικασιών ελέγχου, της οργανωτικής δομής και των κανόνων συνεργασίας κλπ. προκειμένου να αποφεύγονται ασυνέπειες και αντιφάσεις στο σχεδιασμό τους (Rasmussen, 1994, Vicente, 2002, Watson & Sanderson, 2007, Naikar, 2013, Read et al., 2015).

Στην παρούσα διατριβή, τα εξαγόμενα των επιμέρους σταδίων της ανάλυσης και του σχεδιασμού (Κεφ.7,8,&9), μπορούν να αξιοποιηθούν περαιτέρω κατά το σχεδιασμό και άλλων στοιχείων του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο θα λειτουργήσει ο οικολογικός διαμεσολαβητής, προκειμένου να αποδώσει το μέγιστο της δυναμικής του. Τα στοιχεία αυτά είναι τα ακόλουθα.

Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Δικτύου

Τα σύγχρονα Συστήματα Διαχείρισης Διανομής (DMS) ενοποιούν τις λειτουργίες των Συστημάτων Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (SCADA), των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και των Συστημάτων Προγραμματισμού Επιχειρησιακών Πόρων (SAP) για την διάδραση με τα ενεργειακά δίκτυα σε πραγματικό χρόνο.

Στα ελληνικά δίκτυα εισάγονται σταδιακά «έξυπνοι μετρητές» (smart meters) σε επιμέρους κόμβους-πελάτες των δικτύων μέσης τάσης, οι οποίοι θα συμβάλουν περαιτέρω στον έλεγχο κατανάλωσης σε ώρες αιχμής, στον έλεγχο ποιότητας φορτίων, στην παρακολούθηση πτώσεων τάσης, στη διάγνωση προβλημάτων, και την απόρριψη φορτίων. Οι μετρητές αυτοί επεκτείνουν τη δυνατότητα ελέγχου των επιμέρους γραμμών-τμημάτων του δικτύου, που όπως προέκυψε μέσα από την ανάλυση είναι ιδιαίτερα σημαντική στις περιπτώσεις κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας όπως οι καύσωνες. Η δομή απεικόνισης του «Πίνακα Συνδεσιμότητας» (Κεφ.9-§9.8.1.1), περιέχει επιλεγμένη πληροφορία από το Μιμικό Διάγραμμα, συνοψίζοντας σημαντικές ιδιότητες και λειτουργίες για κάθε γραμμή του δικτύου. Ο «Πίνακας Συνδεσιμότητας» μέσα από κατάλληλη επέκταση του περιεχομένου του, μπορεί να υποστηρίξει την συγκεντρωτική απεικόνιση πληροφορίας, η οποία παρέχεται από τους έξυπνους μετρητές για επιμέρους στοιχεία του δικτύου (Drivalou, 2013).

Στις σύγχρονες αγορές προβλέπεται η χρέωση των πελατών βάσει της πραγματικής και αέργου ισχύος που καταναλώνουν. Επίσης σημαντική είναι η δυνατότητα ρύθμισης της πραγματικής και αέργου ισχύος βάσει των απαιτήσεων των καταναλωτών, σε συγκεκριμένα τμήματα-γραμμές του δικτύου. Δομές απεικόνισης όπως το ενοποιημένο διάγραμμα φορτίων-Μεταβαλλόμενου Τραπεζίου στο Παράθυρο Εποπτείας- Επίπεδο Μετασηματιστή (Κεφ.9-§9.8.1.3), μπορούν να διευκολύνουν την εποπτεία διαφορετικών καταναλώσεων και την κατάλληλη ρύθμιση τους.

Στο στάδιο της ανάπτυξης πρωτοτύπων, προσδιορίστηκε ο κορμός των σχεδιαστικών ιδεών για το Μιμικό Διάγραμμα του δικτύου (Κεφ.9 -§9.6), δίνοντας έμφαση στην κωδικοποίηση και αποτύπωση της ταυτότητας, των ιδιοτήτων, και των σχέσεων μεταξύ των στοιχείων του δικτύου. Η υλοποίηση των σχεδιαστικών ιδεών κατά την αποτύπωση του δικτύου σε εφαρμογή GIS, θα συμβάλει στη διαλειτουργικότητα (προσανατολισμός, αντιστοίχιση, και ενοποίηση πληροφορίας) του Μιμικού Διαγράμματος δικτύου με τις Οθόνες Εποπτείας και Ελέγχου, διευκολύνοντας το νοητικό έργο των χειριστών.

Υποστήριξη εξωτερικών μονάδων

Η Οθόνη Αναγγελιών που σχεδιάστηκε (Κεφ.9-§9.7), εφόσον υλοποιηθεί μελλοντικά θα συμβάλει στον αποτελεσματικότερο συντονισμό του έργου χειριστών – συνεργείων, ιδιαίτερα όταν έχουν εκδηλωθεί πολλαπλά ή ιδιαίτερα κρίσιμα συμβάντα στον εξοπλισμό του δικτύου. Ο συντονισμός υποστηρίζεται από τις καρτέλες «Εργοδηγία» (συνοψίζει το τρέχον σημείο επέμβασης κάθε συνεργείου), και «Σημειώματα» (προγραμματισμένες εργασίες που έχουν ανατεθεί σε συνεργεία), σε συνδυασμό με τις σύγχρονες εφαρμογές GIS που επιτρέπουν την παρακολούθηση της δυνατότητας – ρυθμού μετάβασης των συνεργείων (παράμετροι κυκλοφοριακού φόρτου, λοιπών εμποδίων) στα σημεία που πρέπει να επέμβουν.

Κατά τη συνεργασία χειριστών- συνεργείων, οι χειριστές διαθέτουν την συνολική εικόνα και πληροφορία για το δίκτυο, ενώ το προσωπικό των συνεργείων έχει πρόσβαση στην τοπική εικόνα και φυσική κατάσταση των στοιχείων του δικτύου. Στο μελλοντικό περιβάλλον ελέγχου οι χειριστές θα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε σημαντικές συγκεντρωτικές πληροφορίες για το δίκτυο μέσω της Οθόνης Αναγγελιών, καρτέλα «Εκκρεμότητες» (στοιχεία δικτύου στα οποία υπάρχει κάποια αλλαγή που απαιτεί προσοχή π.χ. πυρκαγιά, κατάργηση στοιχείου, τοποθέτηση γείωσης κλπ), και καρτέλα «Επισημάνσεις» (εργασίες που εξελίσσονται στο άμεσο περιβάλλον λειτουργίας του δικτύου). Η εποπτεία του τρέχοντος σημείου επέμβασης θα υποστηρίζεται στην Οθόνη Εποπτείας (Κεφ.9-§9.8), συνδυαστικά από το Παράθυρο Εποπτείας-Επίπεδο Γραμμών/Πίνακας Συνδεσιμότητας (στον οποίο έχει ενσωματωθεί επιλεγμένη πληροφορία από το Μιμικό Διάγραμμα), και την ηλεκτρονική Καρτέλα του Υποσταθμού-Στοιχείου (Κεφ.7-Εικόνα 7.8). Τα συνεργεία μέσω φορητών ηλεκτρονικών συσκευών, θα έχουν πρόσβαση στην πληροφορία των Καρτελών Υποσταθμού-Στοιχείου, και θα αποστέλλουν την τρέχουσα εικόνα (φωτογραφίες ή βίντεο) του σημείου που επιχειρούν, διευκολύνοντας το συντονισμό ενεργειών και τη λήψη αποφάσεων από πλευράς χειριστών.

Ηχητικοί Συναγερμοί

Ο ενιαίος σχεδιασμός οπτικής και ηχητικής αναγγελίας πληροφοριών σύμφωνα με την οικολογική προσέγγιση, και ειδικότερα σύμφωνα με τις αρχές της «Συμπεριφοράς βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις», αποτελεί αντικείμενο μελλοντικής έρευνας στο πεδίο.

Κατά την εθνογραφική ανάλυση μελετήθηκε μεταξύ άλλων η ηχητική κωδικοποίηση των συναγερμών στο παραδοσιακό σύστημα, και στο σύστημα τηλεχειριζόμενων Υποσταθμών μέσω SCADA. Διαπιστώθηκε ότι στην αίθουσα ελέγχου οι ηχητικές ειδοποιήσεις που συνοδεύουν τα οπτικά αλάρμες, παρουσιάζουν ομοιομορφία. Έτσι, ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας όπου οι συναγερμοί είναι πολλοί και συχνοί, οι χειριστές δεν μπορούν να αντιληφθούν άμεσα το πόσο κρίσιμος είναι ένας συναγερμός, πριν αναζητήσουν οπτικά λεπτομερή πληροφορία για αυτόν.

Κατά το σχεδιασμό της Οθόνης Αναγγελιών (Κεφ.9 -§9.7) προτάθηκε η συνδυαστική κωδικοποίηση οπτικών και ηχητικών συναγερμών, και συγκεκριμένα κωδικοποίηση ανάλογα με τον τύπο (συμβάν στο δίκτυο ή στο σύστημα ελέγχου), και το περιεχόμενο του συναγερμού. Η προτεινόμενη πολλαπλή κωδικοποίηση των συναγερμών, είναι σαφώς πιο σύνθετη από την ηχητική διαφοροποίηση των «σημαντικών» από τους «μη-σημαντικούς» συναγερμούς, που αναφέρθηκε ως επαρκής από τους χειριστές. Σε περιβάλλον προσομοίωσης θα μπορέσουν να ελεγχθούν και οι δύο εναλλακτικές, και να διαπιστωθεί ποια υποστηρίζει καλύτερα το νοητικό έργο των χειριστών (π.χ. προσοχή, ενημερότητα), ιδιαίτερα σε χρονικά παράθυρα έλευσης πολλών συναγερμών ταυτόχρονα, όπως σε συνθήκες καύσωνα.

Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα

Στα ηλεκτρικά δίκτυα, η εκπαίδευση των χειριστών στο να αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά, περιστατικά που βρίσκονται πέρα από τη συνήθη καθημερινή εμπειρία, και μπορεί να οδηγήσουν σε ένα μεγάλης κλίμακας μπλακάουτ, θεωρείται θεμελιώδους σημασίας (Apt et al., 2004, Sloman & Benedicenti, 2005, Amin & Schewe, 2007, Greitzer et al., 2009b).

Τα Περιστατικά που διαμορφώθηκαν για την Πλαισιοθετημένη Ανάλυση Δραστηριότητας (Κεφ.8-8.2.1), εξυπηρετούν την διερεύνηση, και την αυτό-αντιπαράθεση με ενέργειες που δύναται να εκτελέσει κάποιος. Τα Περιστατικά αυτά αποτυπώνουν συμβάντα σε συνήθειες αλλά και κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την διαμόρφωση εκπαιδευτικών προγραμμάτων για τους χειριστές πάνω: α) στην ερμηνεία πολύπλοκων φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο δίκτυο, β) στην διαχείριση ακραίων καταστάσεων βάσει της αναδυόμενης συμπεριφοράς του συστήματος, και του συντονισμού ενεργειών που πρέπει να γίνει από επιμέρους μονάδες-φορείς.

Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων

Οι απαιτήσεις υποστήριξης των χειριστών ιδιαίτερα σε Κρίσιμες Συνθήκες Λειτουργίας του δικτύου, έχουν περιγραφεί αναλυτικά στο Κεφ.9-§9.1 «Προδιαγραφές για Κρίσιμες Συνθήκες». Βάσει αυτών ο διαμεσολαβητής PIGMENTUM σχεδιάστηκε έτσι ώστε: α) να παρέχει υποστήριξη και για τα τρία επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς που μπορεί να υιοθετήσουν οι χειριστές κατά τη διαχείριση συμβάντων στις συνθήκες αυτές, β) να υποστηρίζει τη δυνατότητα παρακολούθησης των αυτοματοποιημένων λειτουργιών του δικτύου, ώστε να μεταβαίνουν ομαλά οι χειριστές από τον αυτόματη στη χειροκίνητη λειτουργία και το αντίστροφο, γ) να είναι ιχνηλάσιμη η πριν το συμβάν κατάσταση του δικτύου και η δυνατότητα επαναφοράς σε αυτή (επισημαίνεται ποια η αρχική συνδεσμολογία του δικτύου-θέση διακοπών πριν το συμβάν, ποιες οι σχέσεις-θέσεις των τμημάτων που δεν ηλεκτροδοτούνται και αυτών που ηλεκτροδοτούνται, και σε περίπτωση που το αρχικό μονοπάτι ηλεκτροδότησης δεν είναι δυνατόν να αποκατασταθεί, υποστηρίζονται στο να εντοπίζουν εναλλακτικά μονοπάτια ηλεκτροδότησης, κλπ.)

Ανεξάρτητα όμως από τις δυνατότητες του διαμεσολαβητή, η δημιουργία κατάλληλων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων των χειριστών, συγκέντρωνε πάντα το ενδιαφέρον στο πεδίο της Ηλεκτρολογικής Μηχανικής, ιδιαίτερα για την αποκατάσταση των δικτύων μετά από μπλακάουτ (Shinozawa et al., 2000). Ο κορμός γνώσης που έχει συλλεχθεί σχετικά με την «λανθασμένη- ορθή -βέλτιστη» διαχείριση συμβάντων, από την βηματική ανάλυση συνήθων και σπάνιων περιστατικών (Κεφ.8-§8.2), θα μπορούσε να αξιοποιηθεί μελλοντικά στο σχεδιασμό ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων που θα κατευθύνει επικουρικά τους χειριστές, κατά τη διερεύνηση συναγεργιών και διαχείριση συμβάντων στο πλαίσιο κρίσιμων συνθηκών, που είναι και νοητικά πιο απαιτητικές. Η υποστήριξη θα μπορεί να παρέχεται από το σύστημα με τη μορφή «συμβουλευτικών μηνυμάτων» (π.χ. προτείνουν εναλλακτικές δράσης σύμφωνα με τους τρέχοντες περιορισμούς) ή «προγνωστικών μηνυμάτων» (π.χ. παραθέτουν τις συνέπειες στο δίκτυο από την επιλογή συγκεκριμένης ενέργειας που προσκρούει σε απλούς ή πιο σύνθετους περιορισμούς ή θα προβλέπουν τη δυναμική εξέλιξη ενός συμβάντος στο δίκτυο).

11.4 Μελλοντικά Βήματα

Για τις ανάγκες του πειραματικού σχεδιασμού, προσδιορίστηκε ένας ερευνητικός κόσμος που περιελάμβανε μέρος των στοιχείων και παραμέτρων λειτουργίας του πραγματικού συστήματος (Κεφ.9-§9.2). Η κλίμακα του ερευνητικού κόσμου επελέγη έτσι ώστε να διερευνηθούν κατάλληλα, θεωρητικά και πρακτικά ζητήματα εφαρμογής του οικολογικού σχεδιασμού σε ένα μεγάλης κλίμακας πολύπλοκο σύστημα όπως τα ηλεκτρικά δίκτυα. Ο οικολογικός διαμεσολαβητής PIGMENTUM έχει διαμορφωθεί έτσι ώστε η μετάβαση από το πρωτότυπο σε έναν πραγματικής κλίμακας διαμεσολαβητή μελλοντικά, να είναι αντίστοιχη της διαδικασίας αποκάλυψης όλων των δυνατοτήτων, λειτουργιών και στοιχείων, ενός διαμεσολαβητή του οποίου στο πρωτότυπο έχουμε επιλέξει να βλέπουμε μόνο ένα αντιπροσωπευτικό μέρος.

Το τελικό πρωτότυπο του διαμεσολαβητή PIGMENTUM διαμορφώθηκε βάσει των απαιτήσεων και προδιαγραφών σχεδιασμού, και της ανάδρασης που ελήφθη από τους εργαζόμενους πάνω στις σχεδιαστικές λύσεις. Όμως σε κάποιες περιπτώσεις οι εργαζόμενοι, χαρακτηριστικά του διαμεσολαβητή τα οποία αξιολογούν ως κατάλληλα κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, δεν τα βρίσκουν κατάλληλα κατά την εκτέλεση της εργασίας σε πραγματικές συνθήκες (Κεφ.9). Αυτό συμβαίνει γιατί η πρακτική εργασίας παρουσιάζει έντονα τοπικά χαρακτηριστικά, και βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη, καθώς μεταβάλλεται το κοινωνικο-τεχνικό πλαίσιο λειτουργίας του δικτύου (Κεφ.5) και οι εργαζόμενοι υιοθετούν νέους αποτελεσματικούς τρόπους διαχείρισης του πεδίου. Για το λόγο αυτό, οι σχεδιαστικές λύσεις που αναπτύχθηκαν, είναι σκόπιμο να ελεγχθούν, είτε σε πραγματικές αίθουσες ελέγχου όπου υπάρχει ο τεχνολογικός εξοπλισμός και εφαρμογές διαχείρισης που μπορούν να λειτουργήσουν σε δοκιμαστικό περιβάλλον εκτός ροής (offline), είτε σε αίθουσες που αποτελούν πλήρους κλίμακας προσομοιωτή (Εικόνα 11.1), όπου μπορούν να αναπαραχθούν ρεαλιστικές συνθήκες λειτουργίας των δικτύων. Βέβαια, παράμετροι που έχουν να κάνουν με τη χρονική απόκριση, τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων στις βάσεις δεδομένων, κλπ. σε πραγματικές συνθήκες, δεν λαμβάνονται υπόψιν σε αυτές τις συνθήκες αξιολόγησης του διαμεσολαβητή.

Η υιοθέτηση του οικολογικού σχεδιασμού στο βιομηχανικό σχεδιασμό διαμεσολαβητών συστημάτων ελέγχου για ηλεκτρικά δίκτυα, προϋποθέτει την πραγματοποίηση μελετών εμπειρικής αξιολόγησης/επιβεβαίωσης με τη συμμετοχή

χειριστών σε πραγματικές συνθήκες ελέγχου, όπου θα γίνεται συγκριτική αξιολόγηση του τρόπου διαχείρισης του δικτύου, με τον οικολογικό διαμεσολαβητή και με σύγχρονους βιομηχανικούς διαμεσολαβητές.

Στις ενότητες που ακολουθούν συνοψίζονται τα βασικά βήματα μελλοντικής αξιολόγησης, από τα οποία είναι σκόπιμο να περάσουν οι Οθόνες που αναπτύχθηκαν στα ηλεκτρονικά πρωτότυπα (Κεφ.9), προκειμένου να ελεγχθούν και τεκμηριωθούν περαιτέρω τα ευρήματα που προέκυψαν από την αναλυτική αξιολόγηση (Κεφ.10), αναφορικά με τη σημασία εφαρμογής του οικολογικού σχεδιασμού στα ηλεκτρικά δίκτυα.

11.4.1 Αξιολόγηση σε Περιβάλλον Προσομοίωσης



Εικόνα 11.1 Πλήρους Κλίμακας Προσομοιωτής (πηγή: Toshiba Corporation, 2010)

Σε περιβάλλον προσομοίωσης μπορεί να δημιουργήσει κανείς συνθήκες διαφορετικής δυσκολίας (οικεία, σπάνια, μη-οικεία συμβάντα) και ρυθμού έλευσης γεγονότων (προκαλώντας διακοπές στην εκτέλεση ενός καθήκοντος, απαιτώντας παράλληλη διαχείριση συμβάντων, κλπ). Επίσης θα μπορεί να μελετηθεί ο ατομικός και συνεργατικός τρόπος δράσης των εργαζομένων (δύο θέσεις προσομοίωσης). Ειδικότερα, στο περιβάλλον προσομοίωσης μπορούν να ελεγχθούν οι δυνατότητες του διαμεσολαβητή που παρουσιάστηκαν συνοπτικά στην §11.3.1, και συγκεκριμένα:

- ο τρόπος και ο βαθμός που οι εξειδικευμένες θεάσεις που έχουν δημιουργηθεί, παρέχουν υποστήριξη για διαφορετικά πλαίσια λειτουργίας (π.χ. συμβάντα σε καύσιμα, σε καταιγίδα, σε εκτεταμένες καταστροφές στο δίκτυο). Στις ιδιαίτερες αυτές συνθήκες είναι σκόπιμο να ελεγχθεί α) ο βαθμός που ο σχεδιασμός βοηθά τους χειριστές να προλαμβάνουν καταστάσεις και χειρισμούς που μπορεί να οδηγήσουν σε μικρής ή μεγαλύτερης έκτασης μπλακάουτ, και β) από τη στιγμή που ένα μπλακάουτ συμβεί, ο βαθμός που υποστηρίζεται η έγκαιρη, ομαλή, και ασφαλής αποκατάσταση λειτουργίας του δικτύου. Κατά την αξιολόγηση αυτή έχει ενδιαφέρον να μελετηθούν τα μονοπάτια συλλογισμών-διαχείρισης της κατάστασης που υιοθετούν οι χειριστές.
- ο τρόπος που συγκεκριμένες απεικονίσεις υποστηρίζουν την παρακολούθηση εκκρεμοτήτων που υπάρχουν σε χειρισμούς κατά τη διαχείριση πολλαπλών συμβάντων. Στην περίπτωση αυτή έχει ενδιαφέρον να μελετηθεί τότε και πόσο συχνά ανατρέχουν σε αυτές, και πώς αυτές συμβάλουν στην ολοκλήρωση της αλληλουχίας ενεργειών για κάθε συμβάν.
- ο τρόπος και ο βαθμός που υποστηρίζονται χειριστές με διαφορετικά επίπεδα εμπειρίας, στην εκτέλεση χειρισμών ρουτίνας, στην έγκυρη και έγκαιρη μετάβαση από τον αυτόματο έλεγχο στο χειροκίνητο έλεγχο του συστήματος (και το αντίστροφο), αλλά και στην εκτέλεση σύνθετων διαγνωστικών καθηκόντων και χειρισμών που απαιτούν αντίληψη του τρόπου λειτουργίας του δικτύου και του συστήματος ελέγχου (π.χ. επικαλυπτόμενα συμπτώματα βλάβης).
- ο βαθμός υποστήριξης του συνεργατικού έργου εντός της αίθουσας, αλλά και μεταξύ των αιθουσών ελέγχου. Για τις εναλλακτικές σχεδιαστικές λύσεις- απεικονίσεις που δημιουργήθηκαν για την υποστήριξη του συνεργατικού έργου με άλλες αίθουσες ελέγχου, θα πρέπει να διαπιστωθεί: α) ποια διευκολύνει την επικοινωνία και τον συντονισμό της δράσης μεταξύ των αιθουσών, β) ποια ενισχύει την ασφάλεια και αξιοπιστία στον έλεγχο του δικτύου, και γ) ποια βοηθάει στο να κατανεμηθεί καλύτερα ο επιχειρησιακός και νοητικός φόρτος (προβληματισμοί που διατυπώθηκαν στο Κεφ.9-§9.8.1.3 και §9.8.2). Για τις καρτέλες της Οθόνης Αναγγελιών (Κεφ.9-§9.7) και τις συγκεντρωτικές θεάσεις πληροφορίας στις Οθόνες Εποπτείας και Ελέγχου (Κεφ.9-§9.8 & §9.9) που συνοψίζουν συμβάντα, ενέργειες, και εκκρεμότητες στα επιμέρους στοιχεία του δικτύου, θα πρέπει να διαπιστωθεί ο βαθμός που διευκολύνουν το συντονισμό του έργου των χειριστών εντός της αίθουσας, και σημαντικές διαδικασίες όπως η παράδοση του δικτύου από τη μία βάρδια στην επόμενη.

Προκειμένου να διαπιστωθεί εάν τα ευρήματα της αξιολόγησης - βάσει των κριτηρίων που προαναφέρθηκαν- είναι αντιπροσωπευτικά και γενικεύσιμα για αυτής της τάξης τα δίκτυα, θα πρέπει να γίνει αξιολόγηση με πεδία εφαρμογής τα δίκτυα διαφορετικών πόλεων (άλλη πυκνότητα στοιχείων, εξοπλισμός, λειτουργίες και κανόνες ελέγχου, κλπ) και συμμετέχοντες το προσωπικό που διαχειρίζεται τα δίκτυα αυτά.

Στο περιβάλλον προσομοίωσης πέρα από τις παραμέτρους νοητικής υποστήριξης που παρέχεται από το διαμεσολαβητή, είναι σημαντικό να ελεγχθούν και παράμετροι φυσικής διάδρασης των χρηστών με αυτόν (οπτικές, ακουστικές, απτικές). Το μέγεθος και οι δυνατότητες των επιφανειών απεικόνισης πληροφορίας και τα χειριστήρια ελέγχου των τεχνημάτων που απαρτίζουν το διαμεσολαβητή, πρόκειται να αλλάξουν σημαντικά κατά τη μετάβαση από τις παραδοσιακές στις σύγχρονες αίθουσες ελέγχου (Κεφ.5). Στο Περιβάλλον προσομοίωσης οι Οθόνες- Παράθυρα-Θεάσεις του Διαμεσολαβητή

(π.χ. στο Παράθυρο Εποπτείας ΜΣ, η πληροφορία από τα επικαλυπτόμενα επίπεδα ΜΣ-Ζυγών – Διακοπών) θα δοκιμαστούν στις φυσικές διαστάσεις των ηλεκτρονικών επιφανειών διάδρασης των μελλοντικών αιθουσών ελέγχου (Οθόνες γραφείου, Οθόνες Τοίχου, Διαδραστικά Τραπέζια). Έτσι, θα μπορούν να ελεγχθούν επιμέρους χαρακτηριστικά των σχεδιαστικών λύσεων (π.χ. χρώματα των απεικονίσεων, τύπος-μέγεθος συμβόλων, κλπ), με κριτήριο τις απαιτήσεις αποτύπωσης πληροφορίας στο φυσικό χώρο της αίθουσας (π.χ. απόσταση-γωνία ανάγνωσης πληροφορίας στις επιφάνειες). Επιπλέον, από τον τρόπο που οι εργαζόμενοι οργανώνουν και χρησιμοποιούν την πληροφορία στις επιφάνειες διάδρασης, διευθετώντας τις ενεργές θεάσεις και παράθυρα, θα προκύψουν επιπλέον συμπεράσματα για τις δυνατότητες και αδυναμίες των απεικονίσεων που σχεδιάστηκαν (πιθανή η ανάδυση τρόπων χρήσης των απεικονίσεων που δεν είχαν προβλεφθεί).

Χρησιμοποιώντας τις σύγχρονες τεχνικές συλλογής υλικού από την αξιολόγηση των τεχνημάτων (Κεφ.2-§2.4.3), μπορεί κανείς να μελετήσει τον τρόπο αναζήτησης-εντοπισμού πληροφοριών, τους χρόνους εστίασης σε συγκεκριμένες πληροφορίες, τη συχνότητα χρήσης – πρόσβασης σε συγκεκριμένες οθόνες-θεάσεις-περιοχές απεικόνισης πληροφορίας, τη συνδυαστική χρήση τους, κλπ, και να εξάγει άμεσα και έμμεσα συμπεράσματα, αξιοποιήσιμα για την περαιτέρω βελτίωση του διαμεσολαβητή που σχεδιάστηκε.

11.4.2 Συγκριτική Αξιολόγηση Οικολογικού και Βιομηχανικών Διαμεσολαβητών

Ο τρόπος που ένα γνωσιακό εργαλείο υποστηρίζει το χειριστή στη διαχείριση ενός συστήματος, χαρακτηρίζεται από τον βαθμό που του επιτρέπει να επιτύχει τους στόχους του συστήματος, και από το εάν παρατηρούνται λάθη στις συμπεριφορές των χρηστών από το νοητικό φόρτο και την κόπωση (Dowell & Long, 1998). Επίσης, χαρακτηρίζεται από τους χρόνους που χρειάζονται οι χρήστες για να επιτύχουν τους στόχους τους, και από τις στρατηγικές που χρησιμοποιούν για να τους επιτύχουν. Η αποδοτικότητα μίας στρατηγικής χαρακτηρίζεται από την ποιότητα των λύσεων και τις συνέπειες που έχει στη διαχείριση του συστήματος. Στα ηλεκτρικά δίκτυα μία λύση μεταγωγής φορτίων μπορεί να απαιτεί λιγότερους χειρισμούς βραχυπρόθεσμα, αλλά μακροπρόθεσμα να προκαλέσει συνθήκες στο δίκτυο, που απαιτούν πολλαπλούς χειρισμούς αυξάνοντας το νοητικό φόρτο. Ο κατάλληλος σχεδιασμός του γνωσιακού εργαλείου, μπορεί να βοηθήσει τους χρήστες να τροποποιήσουν τη συμπεριφορά τους σε ό,τι αφορά τον τρόπο διαχείρισης του συστήματος (π.χ. διευκολύνοντας τους χειριστές στο να υιοθετούν εξ αρχής μακροπρόθεσμα βιώσιμες λύσεις, με νοητικά οικονομικό τρόπο), και να επιφέρει μία ποιοτική αλλαγή στην απόδοση του συστήματος, βελτιώνοντας την ποιότητα εκτέλεσης των επιμέρους καθηκόντων, και τελικά τη συνολική απόδοση του συστήματος.

Η υλοποίηση του διαμεσολαβητή PIGMENTUM σε μεγαλύτερη κλίμακα μελλοντικά, και η συγκριτική αξιολόγηση του με σύγχρονους διαμεσολαβητές Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας, που υποστηρίζουν αυτής της τάξης τα δίκτυα, είναι σκόπιμο να περιλαμβάνει κριτήρια όπως:

- επίδοση των χειριστών κατά την εκδήλωση οικείων και μη-οικείων περιστατικών, στο πλαίσιο διαφορετικών συνθηκών λειτουργίας του δικτύου (καύσωνες, καταιγίδες, καταστροφές σε τμήμα του δικτύου λόγω εξωτερικών γεγονότων όπως πυρκαγιές).
- ποιότητα στρατηγικών και βιωσιμότητα λύσεων που υιοθετούνται (μακροπρόθεσμης, βραχυπρόθεσμης ισχύος), καθώς και βαθμός επικινδυνότητας εκτιμήσεων και εκτελούμενων χειρισμών.
- χρόνοι αποκατάστασης του δικτύου μετά από μείζονες /ελάσσονες διαταραχές, και ευστάθεια δικτύου συνεπεία εκτελούμενων χειρισμών.

Στο πλαίσιο του ελέγχου των παραπάνω κριτηρίων θα ήταν σκόπιμο να διερευνηθούν συγκριτικά και επιμέρους παράμετροι όπως:

- νοητικές και διαδραστικές δεξιότητες που απαιτούνται για τη χρήση κάθε διαμεσολαβητή.
- νοητικός φόρτος που αναπτύσσεται από δραστηριότητες όπως ανάκληση πληροφορίας από τη μνήμη, σύνθεση πληροφορίας, εκτίμηση της κατάστασης, εντοπισμός εναλλακτικών δράσης, κλπ.
- ευκολία προσανατολισμού και χρόνοι εντοπισμού πληροφορίας κατά τις μεταβάσεις μεταξύ των επιμέρους οθονών και θεάσεων κάθε διαμεσολαβητή -παράμετροι σχετικές με την οπτική ώθηση (visual momentum).
- επίπεδο ενημερότητας κατάστασης (Situation awareness) και επαγρύπνησης (vigilance) των χειριστών.

Η μελλοντική δημιουργία ενός πλήρους κλίμακας οικολογικού διαμεσολαβητή για τα δίκτυα μέσης τάσης και η εμπειρική αξιολόγηση του, αν και απαιτεί σημαντικούς πόρους, αποτελεί έναν ασφαλή τρόπο για να αποδείξει κανείς, ότι μία καινοτόμα τεχνική όπως ο οικολογικός σχεδιασμός, μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματική υποστήριξη των χειριστών και σε πιο ασφαλείς, αξιόπιστους και παραγωγικούς τρόπους διαχείρισης των δικτύων υποδομών.

11.5 Εφαρμογή στο Βιομηχανικό Σχεδιασμό

Από την βιβλιογραφική επισκόπηση μελετών σχεδιασμού παρεμβάσεων με την προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων, αλλά και από την εμπειρία εφαρμογής της στο χώρο των ηλεκτρικών δικτύων, διαπιστώνεται ότι η υιοθέτηση της προσέγγισης αυτής στο βιομηχανικό σχεδιασμό, απαιτεί πολύ περισσότερα από την απόδειξη της αξίας των αποτελεσμάτων που παράγει, με τους τρόπους που περιγράφηκαν στην §11.4, αλλά και με άλλους τρόπους. Για να καθιερωθεί η προσέγγιση αυτή στο βιομηχανικό σχεδιασμό, είναι σημαντικό πρώτον να καθιερωθεί ο ρόλος του

γνωσιακού μηχανικού στις ομάδες σχεδιασμού, και δεύτερον να διατίθενται οι πόροι που απαιτούνται για την ορθή εφαρμογή της.

11.5.1 Συμβολή του Γνωσιακού Μηχανικού

Στα μεγάλης κλίμακας συστήματα, οι εργονόμοι/γνωσιακοί μηχανικοί καλούνται συνήθως να παρέμβουν όταν έχουν πλέον παρουσιαστεί σημαντικά προβλήματα στη σύζευξη του ανθρώπου με το τεχνολογικό σύστημα, τα οποία συνδέονται με τις πρακτικές σχεδιασμού, εκπαίδευσης, και διοίκησης στο σύστημα. Οι εργονόμοι/γνωσιακοί μηχανικοί είναι σημαντικό να συμμετέχουν εξ αρχής σε διεπιστημονικές ομάδες σχεδιασμού ή ανασχεδιασμού συστημάτων, καθώς μπορούν να εντοπίσουν τον τρόπο που οι άνθρωποι αναπτύσσουν δεξιότητες στα συστήματα εργασίας, και μπορούν να αξιοποιήσουν τη γνώση αυτή στο σχεδιασμό της εργασίας και των τεχνημάτων που την υποστηρίζουν (Dong, 2004, Carayon, 2006, Cooke & Durso, 2007, Kant, 2017).

Διαθέτοντας μία «αρχιτεκτονική γνώσης που εκτείνεται σε ποικίλα επιστημονικά πεδία» (Rouse, 2003) μπορούν να συμβάλουν στην ενοποίηση της εργονομίας και άλλων επιστημονικών πεδίων (π.χ. μηχανική, επιστήμη των υπολογιστών, επιστήμες οργάνωσης). Επιπλέον, στις ομάδες σχεδιασμού μπορούν να λειτουργήσουν ως κόμβος που επικοινωνεί έννοιες και ιδέες για το πεδίο και το σχεδιασμό, μεταξύ ειδικών (χειριστές, διοίκηση, μηχανικοί πληροφοριακών συστημάτων, κλπ) που έχουν διαφορετικό υπόβαθρο, διαφορετικούς ρόλους, διαφορετική οπτική για το σύστημα, και διαφορετικούς σχεδιαστικούς στόχους. Τη διαδικασία αυτή βοηθούν κατάλληλα επιλεγμένα εργαλεία και μέθοδοι ανάλυσης και σχεδιασμού, όπως αποτυπώθηκε και στην παρούσα διατριβή.

Μέσω της εθνογραφίας, ο εργονόμος/γνωσιακός μηχανικός εισέρχεται στον κόσμο των χρηστών, προκειμένου να μελετήσει τις πρακτικές που οι χρήστες έχουν καθιερώσει, να τις κατανοήσει με κάθε λεπτομέρεια, και να περιγράψει τα χαρακτηριστικά της εργασίας.

Κατά τη διάρκεια του συμμετοχικού σχεδιασμού οι χρήστες μπαίνουν στον κόσμο του εργονόμου/γνωσιακού μηχανικού, και με την επεξεργασία εναλλακτικών λύσεων στα πρωτότυπα, έχουν τη δυνατότητα να διαπιστώσουν στην πράξη τις δυνατότητες που τους παρέχουν συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις. Σε έργα ανασχεδιασμού, όπου προϋπάρχει ήδη ένα σύστημα, ο γνωσιακός μηχανικός μπορεί να βοηθήσει τους εργαζόμενους στο να γνωρίσουν τις εναλλακτικές σχεδιασμού που δημιουργούνται με την εισαγωγή νέας τεχνολογίας, και να τους καθοδηγήσει κατάλληλα στο να αξιολογήσουν ποια από αυτές ικανοποιεί καλύτερα τις απαιτήσεις λειτουργίας του συστήματος.

Εργαλεία όπως οι Πίνακες Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης, βάσει των οποίων αναπτύσσονται Μοντέλα του συστήματος εργασίας (Κεφ.8-§8.1), διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ ειδικών που υλοποιούν διαφορετικές πτυχές του σχεδιασμού, καθώς διαμορφώνουν μία κοινή βάση αναφοράς και συστηματικής περιγραφής σημαντικών παραμέτρων λειτουργίας του συστήματος.

Οι εργονόμοι/γνωσιακοί μηχανικοί στις σύγχρονες ομάδες σχεδιασμού έχουν άποψη και για ζητήματα που θεωρούταν στο παρελθόν ότι ανήκαν στην αποκλειστική αρμοδιότητα άλλων επιστημονικών ειδικοτήτων. Για παράδειγμα, στην παρούσα έρευνα με τη βοήθεια «Μοντέλου Τεχνολογικών Συστημάτων Εποπτείας και Ελέγχου Δικτύου» (Κεφ.8-§8.1.9) εντοπίστηκαν και επισημάνθηκαν τεχνολογικές δυνατότητες του υπάρχοντος συστήματος ελέγχου που μένουν αναξιοποίητες από τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, καθώς επίσης και τεχνολογικός εξοπλισμός (αισθητήρες, αυτοματισμοί) που είναι σκόπιμο να προστεθεί για να υποστηριχθεί καλύτερα το έργο εποπτείας του δικτύου.

Οι εργονόμοι/γνωσιακοί μηχανικοί μπορούν να λειτουργήσουν ως «συντονιστές των αλλαγών» κατά την υλοποίηση μεγάλης κλίμακας τεχνολογικών και οργανωτικών αλλαγών στα βιομηχανικά συστήματα (Kleiner, 2004), καθώς με τα επιστημονικά εργαλεία που διαθέτουν, αφενός διερευνούν τις ευκαιρίες που δημιουργούν οι αλλαγές στοχεύοντας στην βέλτιστη αξιοποίηση τους, και αφετέρου συμβάλουν στην ομαλή ενσωμάτωση τους στη λειτουργία του συστήματος, και στην εξοικείωση των εργαζομένων με τις αλλαγές αυτές.

11.5.2 Οφέλη και Κόστη Εφαρμογής της ΜΓΣ στη Βιομηχανία

Η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων (ΜΓΣ) διαφέρει από άλλες προσεγγίσεις σχεδιασμού συστημάτων, στον τρόπο που αξιολογεί και διαχειρίζεται τα σχεδιαστικά προβλήματα, στις πτυχές του σχεδιασμού που δίνει έμφαση, και στα κριτήρια επιτυχίας που υιοθετεί. Η ΜΓΣ προτείνει μία πολλαπλών σταδίων- επαναληπτική- διαδικασία σχεδιασμού που περιλαμβάνει φάσεις ανάλυσης της νοητικής εργασίας, φάσεις ανάπτυξης των σχεδιαστικών ιδεών σε πρωτότυπα, και φάσεις αξιολόγησης τους. Τα οφέλη από την εφαρμογή της ΜΓΣ μεγιστοποιούνται όταν τα χαρακτηριστικά του πεδίου, και η φύση του προβλήματος σχεδιασμού/ανασχεδιασμού, ταιριάζουν με τη φιλοσοφία της ΜΓΣ (π.χ. τα οφέλη από τον οικολογικό σχεδιασμό αυξάνονται καθώς αυξάνεται η συνθετότητα του καθιζόντων που εκτελούνται στο πεδίο).

Η εφαρμογή της ΜΓΣ παράγει σημαντικά οφέλη, αλλά προϋποθέτει και υπολογίσιμα κόστη (Hendrick, 1996,2003, Dowell & Long, 1998, Robert et. Al., 1998, Kleiner, 2004, Pfautz & Roth, 2006, McIlroy & Stanton, 2015). Για παράδειγμα, η μελέτη των τεχνημάτων σε ένα χώρο εργασίας και η διερεύνηση του τρόπου εργασίας των εργαζομένων με αυτά, απαιτεί σημαντικό χρόνο παρατήρησης και καταγραφής (Κεφ.7). Επίσης, η συστηματική ανάλυση του πεδίου – που είναι σκόπιμο να γίνεται σε κάποιες περιπτώσεις με πολλαπλές μεθόδους και ποικίλα εργαλεία (Κεφ.8)- είναι μία χρονοβόρα διαδικασία,

η οποία όμως οδηγεί στην εξαγωγή αναλυτικών απαιτήσεων και προδιαγραφών που δεν είναι εύκολο να εντοπιστούν με τις συνήθεις τεχνικές ανάλυσης που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία.

Το κόστος σε σχεδιασμό που πρέπει να αφιερώσει κάποιος για να επιτύχει αποτελεσματικότητα, παραγωγικότητα, αποδοτικότητα, θεωρείται από πολλούς υπολογίσιμο. Ειδικότερα, το στάδιο της ανάπτυξης των σχεδιαστικών ιδεών μπορεί να είναι χρονοβόρο, καθώς πολλές σχεδιαστικές ιδέες αναπτύσσονται και αξιολογούνται σε επαναλαμβανόμενους κύκλους (Κεφ.9), προκειμένου να εντοπιστεί η πλέον κατάλληλη, μεμονωμένα και συνδυαστικά.

Στα πολύπλοκα συστήματα η πραγματοποίηση αξιολογήσεων (Κεφ.10) απαιτεί συνήθως χρόνο και έχει κόστη που συνδέονται με: τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών αξιολόγησης, το πλήθος αξιολογητών, τη διαμόρφωση κατάλληλων σεναρίων και το εύρος ελεγχόμενων παραμέτρων.

Ο σχεδιασμός για τα γνωσιακά συστήματα περιλαμβάνει επίσης και κόστη για να μάθει ο χρήστης να εκτελεί τη νοητική εργασία και να χρησιμοποιεί τα γνωσιακά εργαλεία, καθώς και κόστη για να αναπτύξει και να διατηρήσει ο χρήστης την γνώση και τις νοητικές τους δεξιότητες, μέσω της μόρφωσης, της εκπαίδευσης και της απόκτησης εμπειρίας. Σε περίπτωση τώρα που δεν θέλει κάποιος φορέας να καταναλώσει πόρους για την ανάπτυξη κατάλληλων γνωσιακών εργαλείων, θα πρέπει να ξοδέψει περισσότερους πόρους για εκπαίδευση, ή/και να αντιμετωπίσει τα κόστη που θα προκύψουν από την νοητική κόπωση των χρηστών, και τα λάθη που αυτοί ενδεχομένως θα κάνουν, προκαλώντας καταστροφές εξοπλισμού, ακατάλληλη διαχείριση των πόρων του συστήματος, κλπ.

Τα οφέλη από την εφαρμογή του γνωσιακού σχεδιασμού διαπιστώνονται μέσα από τη συγκριτική αξιολόγηση τεχνημάτων που έχουν σχεδιασθεί με την προσέγγιση της ΜΓΣ, και τεχνημάτων που έχουν σχεδιασθεί με άλλες προσεγγίσεις, βάσει κριτηρίων όπως αυτά που περιγράφηκαν στο Κεφ.10 και στην §11.4. Στα οφέλη της ΜΓΣ συγκαταλέγεται επίσης, το ότι παράγει αποτελέσματα που μπορούν να αξιοποιηθούν σε πολλούς τομείς λειτουργίας του συστήματος (§11.3.2).

Η υιοθέτηση της ΜΓΣ στη βιομηχανία, απαιτεί αντιστάθμιση της σχέσης κόστους- οφέλους εφαρμογής, μέσα από τον καθορισμό συγκεκριμένων στόχων (ανάλυσης και σχεδιασμού), ορισμού χρονικών περιθωρίων για κάθε στάδιο, και χρήσης κατάλληλων τεχνικών διαχείρισης ζητημάτων που αυξάνουν το κόστος εφαρμογής (π.χ. ταυτόχρονη αξιολόγηση σχεδιαστικών λύσεων). Ήδη από το 2000, ο Kirwan ανέφερε ότι σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει, κόστη που ανέρχονται μέχρι 1% του συνολικού προϋπολογισμού ενός έργου, θεωρείται εύλογο να ξοδευτούν για παραμέτρους του έργου που συνδέονται με την εργονομία, ιδιαίτερα σε συστήματα κρίσιμης ασφάλειας. Όσο εξελίσσεται η τεχνολογία, αυξάνεται η πολυπλοκότητα των συστημάτων που υποστηρίζουν τη διάδραση των εργαζομένων με τα απομακρυσμένα φυσικά συστήματα (δίκτυα, μονάδες, κλπ), και για το λόγο αυτό γίνεται όλο και επιτακτική η ανάγκη να διατίθενται σημαντικοί πόροι για τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό του περιβάλλοντος διάδρασης των εργαζομένων, υπό το πρίσμα εξειδικευμένων προσεγγίσεων όπως η Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aamodt, A., and Nygård, M. (1995). Different roles and mutual dependencies of data, information, and knowledge - an AI perspective on their integration. *Data and Knowledge Engineering*, vol 16, pp 191-222.
- Aboulafla, A., Gould, E., and Spyrou. T. (1995). Activity Theory vs Cognitive Science in the Study of Human-Computer Interaction, 18th IRIS conference.
- Adibi, M. (2000). *Power System Restoration – Methodologies and Implementation Strategies*. IEEE Series on Power Engineering.
- Ahlstrom, U. (2005). Work domain analysis for air traffic controller weather displays. *Journal of Safety Research* 36, pp.159–169.
- Ainsworth, L. (2001). Task Analysis. *People in Control- Human factors in Control Room Design*, Ed. J. Noyes & M. Bransby. IEE Control Engineering Series 60, pp.117-132.
- Albrechtsen, H., Andersen, H., Bodker, S., and Pejtersen, A. (2001). Affordances in Activity Theory and Cognitive Systems Engineering. Riso-R-1287(EN).
- Alexander, C. A. (1964). *Notes on the Synthesis of Form*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Altalo, Mary G., M. Mondshine, J. Findsen, C. Mahoney, W. Keene, J. Doherty (2000). *Defining the Requirements of the U.S. Energy Industry for Climate, Weather, and Ocean Information*, Science Applications International Corporation, July.
- Alvarado, F. L., Hu, Y., Rinzin, C., and Adapa, R. (1993). "Visualization of Spatially Differentiated Security Margins," Proc. 11th Power Systems Computation Conference (PSCC), Avignon, France, August.
- Amelink, M.H. J., Mulder, M., van Paassen, M.M., and Flach, J. (2005). 'Theoretical Foundations for a Total Energy-Based Perspective Flight-Path Display', *The International Journal of Aviation Psychology*, 15: 3, pp.205-231.
- Amin M. and Schewe, P., F. (2007). Preventing Blackouts. *Scientific American*. 296 (5), pp. 60-67.
- Amin, M. (2000). National Infrastructures as Complex Interactive Networks. *Automation, Control, and Complexity: An Integrated Approach*, Samad & Weyrauch (Eds.), John Wiley and Sons, pp. 263-286.
- Amin, M. (2010). *Cyber and Critical Infrastructure Security: Toward Smarter and More Secure Power and Energy Infrastructures*. Canada/U.S. Workshop on Smart Grid Technologies.
- Anderson, W. L., and Crocca, W. T. (1993). Engineering practice and codevelopment of product prototypes. *Communications of the ACM*, 36(6), pp. 49–56.
- Apt, J., Lave, L. B., Talukdar, S., Morgam, M. G. and Ilic, M. (2004 a). Electrical Blackouts: a systemic problem. *Issues in Science and Technology*, Volume 40, Number 4, pp. 55–61.
- Apt, J., Lave, L. B., Talukdar, S., Morgam, M. G. and Ilic, M. (2004b). Electrical Blackouts: Repeating Our Mistakes. *Electrical Blackouts: Repeating Our Mistakes*, pp. 1-11.
- Apted, T., Collins, A. and Kay, J. (2009). Heuristics to support design of new software for interaction at tabletops. In Proc. CHI '09.
- Apted, T., Collins, A., Kay, J. (2009). Heuristics to Support Design of New Software for Interaction at Tabletops. CHI 2009.
- Arrow, K. J. (1984). *The Economics of Information*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Artman, H. (1999). Situation awareness and co-operation within and between hierarchical units in dynamic decision making. *Ergonomics*, 42(11), pp.1404- 1417.
- Ashoori, M. and Burns, C. (2013). Team Cognitive Work Analysis: Structure and Control Tasks, *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, Vol. 7, No. 2, June, pp. 123–140.
- Avgerou, C., Ciborra, C., and Land, F. (2004). *The social study of information and communication technology*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Avouris, N.M. (2001). Abstractions for operator support in energy management systems. *Electrical Power & Energy Systems*, 23, pp. 333–341.
- Badham, R., Clegg, C., Wall, T., (2000). Socio-technical theory. In: Karwowski, W. (Ed.), *Handbook of Ergonomics*. John Wiley, New York, NY.
- Baker, J. (2011). What about the human factor? Can we say that the liberalisation of electricity markets has changed the way that people operate the system? In what ways can better technology improve crisis management? IEA OPEN Bulletin.
- Baker, C., Naikar, N. and Neerincx, M.A. (2008). Engineering planetary exploration systems: integrating novel technologies and the human element using work domain analysis. *Proceedings of the 59th International Astronautical Congress (IAC2008)*, Glasgow.
- Ball, L.J and Ormerod, T.C. (2000). Putting ethnography to work: the case for a cognitive ethnography of design. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53 (1). 147-168.

-
- Ball, L.J and Ormerod, T.C. (2000). Putting ethnography to work: the case for a cognitive ethnography of design. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53 (1), pp.147-168.
- Bardram, J. (1997). Plans as Situated Action: An Activity Theory Approach to Workflow Systems, In *The 5th European Conference on Computer Supported Cooperative Work (ECSCW '97)*; Kluwer Academic Publishers: Lancaster, UK.
- Bardram, J.E. (1996). The Role of Workplace Studies in Design of CSCW Systems, *Proceedings of IRIS 19, Gothenburg Studies in Informatics, Sweden*, pp. 613-629.
- Barker, B. (1996). Technology and the Transformation of the Electric Industry. *EPRI Journal* 11-12, pp. 23-30.
- Barley, S. P. (1996). Technicians in the workplace: Ethnographic evidence for bringing work into organization studies. *Administrative Science Quarterly*, 41(3), pp.404-441.
- Barnett, B. J. and Wickens, C. D. (1988). Display proximity in multicue information integration: The benefits of boxes. *Human Factors*, 30[1], pp.15-24.
- Bartle, I. and Laperrouza, M. (2009). Systemic risk in the network industries: is there a governance gap? *Proceedings of 5th ECPR general conference - Networks of Regulation and the Management of Transnational Risk*, Potsdam University, September 10th -12th.
- Bar-Yam, Y. (1997). *Dynamics of Complex Systems*, Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Bar-Yam, Y. (2003). When Systems Engineering Fails -Toward Complex Systems Engineering. *International Conference on Systems, Man & Cybernetics 2003 Vol. 2*, IEEE Press, Piscataway, NJ, pp. 2021- 2028.
- Bar-Yam, Y. (2004). Multiscale complexity/entropy, *Advances in Complex Systems* 7, pp.47-63.
- Baxter, G. and Sommerville, I. (2011). Socio-technical systems: From design methods to systems engineering. *Interacting with Computers*, 23, 1, pp.4-17.
- Beevis, D., Vicente, K., and Dinadis, N. (1998). An Exploratory Application of Ecological Interface Design to Aircraft Systems. *Proceedings of RTO HFM Symposium on "Collaborative Crew Performance in Complex Operational Systems*, Edinburgh, UK.
- Beevis, D., Vicente, K., and Dinadis, N. (1998). An Exploratory Application of Ecological Interface Design to Aircraft Systems. *Proceedings of RTO HFM Symposium on "Collaborative Crew Performance in Complex Operational Systems*, Edinburgh, UK.
- Béguin, P. (2003). Design as a mutual learning process between users and designers. *Interacting with Computers* 15(5), pp.709-730.
- Benda, P., Cioffi, G. & Vicente, K. J. (1996). Skill, Participation, and Competence: Implications of Ecological Interface Design for Working Life. *CEL* 96-02.
- Benelli, G., Caporali, M., Rizzo, A., Rubegni, E. (2003). Design concepts for learning spatial relationships, In *ACM SIGDOC '01 Communicating in the New Millennium*, Ottobre 21-24, Santa Fe, New Mexico, USA, pp.22-30.
- Bennett, K. B. (1993). Encoding apparent motion in animated mimic displays. *Human Factors*,35[4], pp.673-691.
- Bennett, K. B., and Flach, J.M. (1992). Graphical displays: Implications for divided attention, focused attention, and problem solving. *Human Factors*, 34, pp.513-533.
- Bennett, K.B., and Flach, J.M. (2011). *Display and Interface Design: Subtle Science, Exact Art*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Bennett, K. B., and Fritz, H. I. (2005). Objects and mappings: Incompatible principles of display design: A critique of Marino and Mahan. *Human Factors*, 47,pp.131-137.
- Bennett, K. B. and Malek, D. A. (2000). Evaluation of alternative waveforms for animated mimic displays. *Human Factors*, 42[3], pp. 432-450.
- Bennett, K. B., Nagy, A. L., and Flach, J. M. (2006). Visual displays. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of human factors and ergonomics*, 3rd ed., New York: Wiley, pp.1191-1221.
- Bennett, K. B., Posey, S. M., and Shattuck, L. G. (2008). Ecological interface design for military command and control. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making* 2(4), pp.349-385.
- Bennett, K. B., Toms, M. L., and Woods, D. D. (1993). Emergent features and graphical elements: Designing more effective configurational displays. *Human Factors*, 35, pp.71-98.
- BENTLEY, R., HUGHES, J., RANDALL, D., RODDEN, T., SAWYER, P., SHAPIRO, D., SOMMERVILLE, I. (1992). Ethnographically-Informed Systems Design for Air Traffic Control. *Proceedings of ACM CSCW'92 Conference on Computer-Supported Cooperative Work*. pp.123-129.
- Benyon, D. (1998). Commentary Cognitive engineering as the development of information spaces, *Ergonomics*, 41: 2, pp. 153 -155.
- Bereton, Margot & McGarry, Ben (2000). An Observational Study of How Objects Support Engineering Design Thinking and Communication: Implications for the design of tangible media. In *The Future Is Here, CHI Letters*, vol. 2 (1).
- Bergman, L.D., Rogowitz, B.E., and Treinish, L.A. (1995). "A Rule-Based Tool for Assisting Colormap Selection," *Proc. IEEE Visualization*, pp. 118-125.
- Bertelsen, O. W. (1998). *Elements of a theory of design artefact*, Ph.D.-thesis, University of Aarhus.

- Bertelsen, O. W. (2006). Tertiary Artefactness at the. Interface, In Fishwick, P. (ed). Aesthetic Computing, MIT press, pp. 357-368.
- Bertelsen, O., and Bødker, S. (2002). Interaction through clusters of artefacts. Proceedings of ECCE-11, September 8-11, Catania, Italy, pp. 103-110.
- Bertin, J. (1981). Graphics and graphic information-processing. Berlin: Walter de Gruyter.
- Besnard, D. and Greathead, D. (2003). A cognitive approach to safe violations, Cognition, Technology & Work, Volume 5, Issue 4, pp. 272-282.
- Besnard, D., Greathead, D., and Baxter, G. (2004). When mental models go wrong: Co-occurrences in dynamic, critical systems. International Journal of Human-Computer Studies, 60, pp.117-128.
- Beyer, H., and Holtzblatt, K. (1998). Contextual design: Defining customer-centered systems. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Beyer, H., and Holtzblatt, K. (1999). Contextual design. Interactions 6 (1), pp. 32–42.
- Billings, C.E. (1997). Aviation Automation: The Search for a Human-Centered Approach. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- Bisantz, A. and Vicente, K. J. (1994). Making the abstraction hierarchy concrete, International Journal of Human-Computer Studies, v.40 n.1, Jan, p.83-117.
- Bisantz, A., Burns, C., and Roth, E. (2002). Validating methods in cognitive engineering: A comparison of two work domain models. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting. (pp. 521-525). Santa Monica, CA: HFES.
- Bisantz, A.M. and Ockerman, J.J. (2002). Informing the evaluation and design of technology in intentional work environments through a focus on artefacts and implicit theories, International Journal of Human-Computer Studies, v.56 n.2, pp.247-265.
- Bjerknes, G., Ehn, P., and Kyng, M. (1987), Computers and Democracy - A Scandinavian Challenge. Aldershot, UK: Avebury.
- Blomberg, J. L. (1988). The variable impact of computer technologies on the organization of work activities. Computer-supported cooperative work: a book of readings, San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 771-789.
- Blomberg, J., J. Giacomi, A. Mosher, and P. Swenton-Wall. (1993). Ethnographic field methods and their relation to design. In Participatory design: Principles and practices, ed. D. Schuler and A. Namioka. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 123–156.
- Boccaro, N. (2004). Modeling Complex Systems, New York ; London: Springer.
- Bodker, S. (1989). A human activity approach to user interfaces. Human-Computer Interaction, 4, pp.171-195.
- Bodker, S. (1991). Through the interface: A human activity approach to user interface design. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Bødker, S. (2006). When second wave HCI meets third wave challenges. ACM International Conference Proceeding Series; Vol. 189. Proceedings of the 4th NordiCHI, ACM, pp. 1 – 8.
- Bodker, S., and Gronbaek, K. (1991). Cooperative prototyping: Users and designers in mutual activity. International Journal of Man-Machine Studies, 34(3), pp.435–478.
- Bødker, S., Christiansen, E., Ehn, P., Markussen, R., Mogensen, P., and Trigg, R. (1993). The AT Project: Practical research in cooperative design, DAIMI No. PB-454. Department of Computer Science, Aarhus University.
- Boehm, B., and Turner, R. (2004). Balancing agility and discipline: A guide for the perplexed. Boston, MA: Addison-Wesley.
- Boisot, M. and Canals, A. (2004). Data, information and knowledge: have we got it right? Working Paper Series WP04-002, <http://www.uoc.edu/in3/eng/index.htm>
- Bolter, J. D. and Gromala, D. (2003). Windows and Mirrors: Interaction Design, Digital Art, and the Myth of Transparency. Cambridge MA: MIT Press.
- Bonaceto, C. and Burns, K. (2004). A Roadmap for Cognitive Engineering in Systems Engineering. Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society.
- Bonaceto, C. and Burns, K. (2006). Using cognitive engineering to improve systems engineering. INCOSE 2006, 16th Annual International Symposium Proceedings, Orlando, Florida, Paper 6.1.2.
- Borst, C., Suijkerbuijk, H. C. H., Mulder, M. and Van Paassen, M. M.(2006). 'Ecological Interface Design for Terrain Awareness', The International Journal of Aviation Psychology, 16: 4, pp.375-400.
- Borst, C., Flach, J., and Ellerbroek, J. (2015). Beyond Ecological Interface Design: Lessons From Concerns and Misconceptions, IEEE Transactions on Human-Machine Systems, April, Volume 45, Number 2, pp.164–175.
- Brady, A., Naikar, N. and Treadwell, A. (2013). Organisational storytelling with cognitive work analysis: Case study of air power doctrine and strategy narrative, 20th International Congress on Modelling and Simulation, Adelaide, Australia, www.mssanz.org.au/modsim2013.

-
- Bratteteig, T. and Wagner, I. (2016). What is a participatory design result? Proceeding PDC '16 Proceedings of the 14th Participatory Design Conference: Full papers - Volume 1 Pages 141-150.
- Breen Jr., P.T. and Scott, W.G. (1996). "Virtual reality applications in T&D engineering," Proc. Rural Electric Power Conference, May 1995, pp. B5/1-6., A.O. Veh, et. al., "Design and Operation of a Virtual Reality Operator-Training System, IEEE. Trans. on Power Systems, vol. 11, pp. 1585-1591.
- Brethauer, G. and Nelles, D. (2001). "Systems-theoretical methods for the control of trans-European energy supply systems," Electrical Engineering, Springer-Verlag, pp. 231-233.
- Burke, J., Murphy, R., Coover, M., and Riddle, D. (2004). Moonlight in Miami: A field study of human-robot interaction in the context of an urban search and rescue disaster response training exercise. *Human-Computer Interaction*, 19, pp.85-116.
- Burns, C. M. (2000 a). "Putting it all together: Improving display integration in ecological displays," *Human Factors*, vol. 42, pp. 226-241.
- Burns, C. M. (2000 b). "Navigation strategies with ecological displays," *Int. J. Human-Comput. Studies*, vol. 52, pp. 111-129.
- Burns, C. M., and Hajdukiewicz, J. R. (2004). *Ecological Interface Design*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Burns, C. M., and Vicente, K. J. (2001). Model-based approaches for analyzing cognitive work: a comparison of Abstraction Hierarchy, Multi-level Flow Modeling, and Decision Ladder Modeling. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, Volume 5, Number 3, pp. 357-366.
- Burns, C. M., and Vicente, K. J. (1995). A framework for describing and understanding interdisciplinary interactions in design. In *Proceedings of the 1st conference on designing interactive systems: Processes, Practices, methods, and techniques*, pp. 97-103.
- Burns, C. M., Bisantz, A. M., and Roth, E. M. (2004). Lessons from a comparison of work domain models: Representational choices and their implications. *Human Factors*, 46, pp. 711-727.
- Burns, C.M., Bryant, D.J., and Chalmers, B.A. (2000). A work domain model to support shipboard command and control. In: *International conference on systems, man, and cybernetics, 2000*. Nashville, TN: IEEE, 2228-2233.
- Burns, C. M., Bryant, D. J., and Chalmers, B. A. (2005). Boundary, Purpose, and Values in Work-Domain Models: Models of Naval Command and Control. *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, 35(5), pp.603-616.
- Burns, C. M., Kuo, J., and Ng, S. (2003). Ecological interface design: A new approach for visualizing network management. *Computer Networks*, 43, pp.369-388.
- Cacciabue, P.C., Carpignano, A. and Vivalda, C. (1993). A dynamic reliability technique for error assessment in man-machine systems. *Int. J. Man Machine Stud.* 38 3., pp.403-428.
- Cagno, E., Grande, O. and Trucco, P. (2008). Towards an integrated vulnerability and resilience analysis for underground infrastructures. *Proceedings of the Third Resilience Engineering Symposium*, pp.35-43.
- Carayon, P. (2006). Human factors of complex sociotechnical systems. *Applied Ergonomics*, 37, pp. 525-535.
- Carayon, P., Smith, M. J., and Haims, M. C. (1999). Work organization, job stress and work-related musculoskeletal disorders. *Human Factors*, 41, 644-663.
- Carroll, J. M., Singley, M.K. and Rosson, M.B. (1992). 'Integrating theory development with design evaluation', *Behaviour & Information Technology*, 11: 5, pp.247 -255.
- Carroll, J.M. and Campbell, R.L. (1989). Artefacts as psychological theories: the case of human-computer interaction. *Behaviour and Information Technology*, 8, pp. 247-256.
- Carswell, C. M. and Wickens, C. D. (1987). Information integration and the object display: An interaction of task demands and display superiority. *Ergonomics*, 30, 511-527.
- Carswell, C. M. and Wickens, C. D. (1988). Comparative graphics: History and applications of perceptual integrality theory and the proximity compatibility hypothesis. University of Illinois Technical Report ARL-88-2/AHEL-88-1/AHEL, IL: Aviation Research Laboratory.
- Carswell, C.M., Frankenberger, S., and Bernhard, D. (1991). Graphing in depth: Perspectives on the use of three-dimensional graphs to represent lower-dimensional data," *Behaviour and Information Technology*, vol. 10, no. 6, pp. 459-474.
- Chalmers, B.A., Burns, C.M., and Bryant, D.J. (2001). Work Domain modeling to Support Shipboard Command and Control. 6th International Command and Control Research and Technology Symposium. Track 4.
- Chalmers, B.A., Webb, R.D.G., and Keeble, R. (2002). Cognitive Work Analysis Modeling for Tactical Decision Support. 7th International Command and Control Research and Technology Symposium. Track 3: C2.
- Checkland, P. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*, Chichester: Wiley.
- Checkland, P., and Poulter, J. (2006). *Learning for Action: A Short Definitive Account of Soft Systems Methodology and its use for Practitioners, Teachers and Students*. Wiley, Chichester, UK.
- Checkland, P., and Scholes, J. (1999). *Soft Systems in Action*, second ed. Wiley, Chichester, UK.

- Chiasson, S., Biddle, R., and Somayaji, A. (2007). Even experts deserve usable security: design guidelines for security management systems. Workshop on Usable IT Security Management (USM'07).
- Christ, R. E. (1975). Review and analysis of color coding research for visual displays. *Human Factors*, 17[6], pp.542-570.
- Christoffersen, K., Hunter, C. N., and Vicente, K. J. (1994). Research on factors influencing human cognitive behaviour I (CEL 94-05). Toronto: Cognitive Engineering Laboratory, University of Toronto.
- Clark L.N., Benda N.C., Hegde S., McGeorge N.M., Guarrera-Schick T.K., Hettinger A.Z., LaVergne D.T., Perry S.J., Wears R.L., Fairbanks R.J. and Bisantz A.M.(2017). Usability evaluation of an emergency department information system prototype designed using cognitive systems engineering techniques. *Applied Ergonomics*, Apr, 60, pp. 356-365.
- Clark, A. (1997). *Being There: Putting Brain, Body, and World Together Again*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Clegg, C. (2000). Sociotechnical principles for system design. *Applied Ergonomics*, 31, pp. 463-477.
- Clegg, C., Coleman, P., Hornby, P., Maclaren, R., Robson, J., Carey, N., Symon, G. (1996). Tools to incorporate some psychological and organizational issues during the development of computer-based systems. *Ergonomics* 39 (3), 482–511.
- Collier, S. (2005). Human factors guidelines for large screen displays (HWR-796). Halden, Norway: Institute for Energy Technology.
- Collins, P., Shukla, S. and Redmiles, D. (2002). "Activity Theory and System Design: A View from the Trenches," Computer Supported Cooperative Work—Special Issue on Activity Theory and the Practice of Design, vol. 11, pp. 55-80.
- Cook, M. (2001). Memory and Complex Skills. *People in Control: Human Factors in Control Room Design*, Eds. Noyes, I. and Bransby, M., IEE Control Engineering Series 60, pp. 17-33.
- Cook, R., Woods, D., Walters, M., and Cristoffersen, K. (1996). "The cognitive systems engineering of automated medical evacuation scheduling and its implication", Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, NJ.
- Cook, R.I. (1998). How Complex Systems Fail. CL, University of Chicago, <http://web.mit.edu/2.75/resources/random/How%20Complex%20Systems%20Fail.pdf>
- Cooke, N. and Durso, F. (2007). *Stories of modern technology failures and cognitive engineering success*, CRC Press, New York.
- Cooley, J., G. and McKneely, J. (2012). *Command and Control Systems Engineering: Integrating Rapid Prototyping and Systems Engineering*. JOHNS HOPKINS APL TECHNICAL DIGEST, VOLUME 31, NUMBER 1, pp. 31-42.
- Cornelissen, M., Salmon, P., Jenkins, D. and Lenné, M. (2013). A structured approach to the strategies analysis phase of cognitive work analysis, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 14:6, pp.546-564.
- Crabtree, A. (1998). *Ethnography in Participatory Design*. Proceedings of the 1998 Participatory Design Conference, pp. 93-105.
- Crabtree, A. (2010). *Participatory Design – User Evaluation*. Human Computer Interaction. The University of Nottingham. (Handouts in HCI).
- Crabtree, A. and Mogensen, P. (1998). *The Relevance of Specifics and the Specifics of Relevance*, Computer Science Dept., Århus University.
- Crandall, B., Klein, G. and Hoffman, R.R. (2006). *Working minds: A practitioner's guide to cognitive task analysis*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Crandall, B.W. and Hoffman, R. R. (2013). *Cognitive Task Analysis*. The Oxford Handbook of Cognitive Engineering, J.D. Lee and A. Kirlik (Eds), Cognitive Engineering Methods. pp 229-239.
- Crone, D., Sanderson, P. and Naikar, N. (2003). Using cognitive work analysis to develop a capability for the evaluation of future systems. Proceedings of the 47th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society (pp. 1938-1942). Santa Monica CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Cummings, M. and Guerlain, S. (2003). The tactical Tomahawk conundrum: designing decision support systems for revolutionary domains. Proceedings of the IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp.1583-1488.
- Czerwinski, M, Robertson, G, Meyers, B, Smith, G, Robbins, D, and Tan, D. (2006). Large display research overview. In *Proceeding of CHI 2006 - Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 69-74.
- Damasio, A. R. (1999). *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*. Harcourt, San Diego.
- D'ANDRADE, R. G. (1990). Some propositions about the relations between culture and human cognition. In J. W. STIGLER, R. A. SHWEDER & G. HERDT, Eds. *Cultural Psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dankelman, J., Wentink, M., Grimbergen, C.A., Stassen, H., and Reekers, J. (2004). Does virtual reality training make sense in interventional radiology? Training skill-, rule- and knowledge-based behaviour. *Cardiovascular and Interventional Radiology* 27, pp.417–421.
- Davidson, M.J., Dove, L. & Weltz, J. (1999). *Mental Models and Usability*. Cognitive Psychology at DepaulUniversity. Cognitive Psychology 404, Nov, 15. <http://www.lauradove.info/reports/mental%20models.htm>

-
- Davis, G. B. (1999). *Blackwell Encyclopedic Dictionary of Management Information Systems*, Editors: C. I. Cooper & C. Argyris, Wiley.
- De Watcher, B. (2008). Climate change influencing the electricity network. Retrieved from <http://www.leonardo-energy.org/climate-change-influencing-electricity-network>
- Dearden, A., J., Siddiqi, J.I. and Naghsh, A.M. (2003). Using cognitive dimensions to compare prototyping techniques. In: *The First Joint Conference of EASE & PPIG (15th Annual Meeting of the Psychology of Programming Interest Group)*, Keel, UK.
- Decortis, F., Noirfalise, S. and Saudelli, B. (2000). Activity theory, cognitive ergonomics and distributed cognition: three views of a transport company. *International Journal of Human Computer Studies*, 53, pp.5–33.
- Dekker, S. and Woods, D. (1999). Extracting data from the future—assessment and certification of envisioned systems. In *Coping with Computers in the Cockpit*, S. Dekker and E. Hollnagel (Eds), Hants, UK: Ashgate, pp. 131–144.
- Dekker, S. W. A., Nyce, J. M., and Hoffman, R. R. (2003). From contextual inquiry to designable futures: What do we need to get there? *IEEE Intelligent Systems*, 18(2), 74-77.
- Deleuze, G. (1969) *Logique Du Sens*. Les Éditions de Minuit, Paris.
- Derrida, J. (1967) *L'Écriture Et La Différence*. Les Éditions du Seuil, Paris.
- Dewey, J. (1958). *Experience and Nature*. Dover Publications.
- Dinadis, N., and Vicente, K. J. (1995). "Does ecological interface design scale up to industrial plants?," *Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 3133-3138.
- Dinadis, N., and Vicente, K. J. (1996). "Ecological interface design for a power plant feedwater subsystem," *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, vol. 43, pp.266–277.
- Dinadis, N., and Vicente, K. J. (1999). Designing functional visualizations for aircraft systems status displays. *International Journal of Aviation Psychology*, 9(3), pp.241-269.
- DIX, A. FINLAY, J. ABOWD, G. and BEALE, R. (1993). *Human-Computer Interaction*. London: Prentice Hall.
- Dong, A. (2004). Design as a socio-cultural cognitive system, *Proceedings of the DESIGN 2004 8th International Design Conference*, Vol. 3, pp. 1467-1474.
- Dourish, P. (2001). *Where the Action is: The Foundations of Embodied Interaction*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Dowell, J. and Long, J. (1998). 'Target Paper: Conception of the cognitive engineering design problem'. *Ergonomics*, 41: 2, pp.126 -139.
- Draper, S. W. (1986). Display managers as a basis for user-machine interaction. In D. A. Norman & S. W. Draper (Eds.), *User centered system design: New perspectives in human-computer interaction* (pp. 339-352). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Drivalou, S. (2005a). "Openness, Transparency and Adaptation: Enhancing Interface Efficiency in Complex Management Systems", *Proceedings of HCI International 2005*, 22-27 July, Las Vegas, Nevada USA.
- Drivalou, S. (2005b). "Supporting Critical Operational Conditions in an Electricity Distribution Control Room through Ecological Interfaces", *Proceedings of EACE 2005*, Chania, Greece — September 29 - October 01, pp.263-270.
- Drivalou, S. (2008). Building-Up Cognitive Artefacts for a Complex Socio-technical System. *Proceedings of 2nd International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, 14-17 July, Las Vegas, Nevada, USA.
- Drivalou, S. (2013). "Control rooms in an era of technological and organizational change", *Workshop "Networks and Control Rooms: Practices and Challenges in the Context of Smart"*, Durham, United Kingdom, March 20th.
- Drivalou, S. and Marmaras, N. (2003). "Tracing Interface Design Solutions for an Electricity Distribution Network Control System using the Abstraction Hierarchy", *Proceedings International Ergonomics Association XVth Triennial Congress*, August 24-29, Seoul, Korea.
- Drivalou, S. and Marmaras, N. (2006). "Retrofitting Artefacts". *Proceedings of IEA 2006*. 10-14 July, Maastricht, The Netherlands.
- Drivalou, S. and Marmaras, N. (2009). Supporting skill-, rule-, and knowledge-based behaviour through an ecological interface: An industry-scale application. *International Journal of Industrial Ergonomics* 39, pp.947–965.
- Duez, P., and Vicente, K. J. (2005). Ecological interface design and computer network management: The effects of network size and fault frequency. *International Journal of Man-Machine Studies*, 63(6), pp.565-586.
- Dugger, M., Parker, C. and Winters, J. (1999). Interactions between systems engineering and human engineering. Retrieved November 7, 2005 from the Office of Naval Research, SC-21 Science and Technology Manning Affordability Initiative Web site: http://www.manningaffordability.com/s&tweb/PUBS/SE_HE/SE_HE_Inter.htm.
- Dumas, J. S., and Redish, J. C. (1999). *A practical guide to usability testing*. Intellect.
- EASAC (2009). *Transforming Europe's Electricity Supply – An Infrastructure Strategy for a Reliable, Renewable and Secure Power System*. European Academies Science Advisory Council. May, The Royal Society.
- Eason, K. (2001). Changing perspectives on the organizational consequences for information technology. *Behaviour & information technology*, 20(5), pp. 323-328.
-

- Edwards, L. D. (1995). Microworlds as representations. In A. A. diSessa, C. Hoyles, R. Noss, and L. D. Edwards (Eds.), *Computers and exploratory learning*, New York: Springer, pp. 127–154.
- Edwards, W. (1962). Dynamic decision theory and probabilistic information processing. *Human Factors*, 4, pp. 59–73.
- Edworthy, J., E. Hellier, N. Morley, C. Grey, K. Aldrich, and A. Lee (2004). Linguistic and location effects in compliance with pesticide warning labels for amateur and professional users. *Human Factors*, 46 (1), pp. 11-31.
- Eggleston, R.G. Roth, E.M. and Scott, R. (2003). A framework for work centered product evaluation, *Proceedings 47th Annual Meeting, HFES, Santa Monica, CA,,* pp. 503– 507.
- Ehn, P. (1988). *Work-oriented design of computer artifacts*. Falköping: Arbetslivscentrum/Almqvist & Wiksell International, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ehn, P. and Kyng, M. (1991). Cardboard Computers: Mocking-it-up or Hands-on the Future. In, Greenbaum, J. and Kyng, M. (Eds.) *Design at Work*, pp. 169 – 196. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ehret, B. D., Wayne, D. G., and Kirschenbaum, S. S. (2000). Contending with complexity: Developing and using a scaled world in applied cognitive research. *Human Factors*, 42(1), pp.8–23.
- E-ISCAC (2016). *Analysis of the Cyber Attack on the Ukrainian Power Grid, Defense Use Case*.
- ElectricalTechnologyOrg (2015). SCADA Systems for Electrical Distribution. <https://www.electricaltechnology.org/2015/09/scada-systems-for-electrical-distribution.html>
- Elix, B. and Naikar, N. (2008). Designing safe and effective future systems: a new approach for modeling decisions in future systems with cognitive work analysis. In: the 8th International Symposium of the Australian aviation psychology association, Sydney, Australia.
- ELKRAFT (2003). Power failure in Eastern Denmark and Southern Sweden on 23 September 2003, Final report on the course of events, Ekraft System, November 4, 2003. Available at <http://www.elkraft-system.dk/>
- Elliott, G., Watson, M., Crawford, J., Sanderson, P., and Naikar, N. (2000). Knowledge elicitation techniques for modelling intentional systems. *Proceedings of the Fifth Australian Aviation Psychology Symposium*. Manly, November 20-24.
- Elm, W.C., Potter, S.S., Gualtieri, J.W., Easter, J.R., and Roth, E.M. (2003). Applied cognitive work analysis: A pragmatic methodology for designing revolutionary cognitive affordances. In E. Hollnagel (Ed.), *Handbook of cognitive task design* (pp. 357-382). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Emery, F. E., and Trist, E. L. (1960). Socio-technical systems. In C. W. Churchman, and Verhulst, M. (Ed.), *Management Science Models and Techniques* (Vol. 2, pp. 83-97). Oxford, UK: Pergamon.
- Endsley, M. R., Hoffman, R., Kaber, D. and Roth, E. (2007). Cognitive Engineering and Decision Making: An Overview and Future Course. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, Volume 1, Number 1, Spring, pp. 1-21.
- Endsley, M. R. (1997). The role of situation awareness in naturalistic decision making (Chapter 26), in C.E. Zsombok & G. Klein (eds.), *Naturalistic Decision Making*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- ENERGYPRESS (2012). 160.000 "έξυπνους" μετρητές βάζει πιλοτικά η ΔΕΗ, energypress.gr, 22/04/2012.
- Engeström, Y. (1987). Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research. Helsinki, Orienta-Konsultit Oy. <http://lchc.ucsd.edu/MCA/Paper/Engestrom/expanding/toc.htm>
- Engeström, Y. (2000). Activity Theory as a framework for analyzing and redesigning work, *Ergonomics*, Vol 43, No 7, pp. 960-974.
- Ernst, N.A., Jamieson, G., and Mylopoulos, J. (2006). "Integrating requirements engineering and cognitive work analysis: A case study", presented at the 4th Conference on Systems Engineering Research, Los Angeles, April 6-7.
- European Cooperation for Space Standardization (2007). *Space engineering- Human factors engineering*. Draft 20 (ECSS-E-10 Part 11 WG).
- Fairley, P. (2004). Energy: the unruly power grid. *IEEE Spectrum archive*, Volume 41 Issue 8, August 2004, Page 22-27.
- Falzon, P. (1990). *Cognitive ergonomics: understanding, learning and designing human-computer interaction*. Cognitive Ergonomics. ISBN:0-12-248290-5.
- Fields, R. E., Wright, P. C., Marti, P., and Palmonari, M. (1998). Air traffic control as a distributed cognitive system: A study of external representations. *Proceedings of ECCE-9*, pp. 85-90.
- Fink, L.H. and Carlsen, K. (1978). Operating under stress and strain. *Large Systems*. *IEEE Spectrum*, pp 48- 53. (USA).
- Flach, J. (2017). Supporting productive thinking: The semiotic context for Cognitive Systems Engineering (CSE), *Applied Ergonomics* 59, pp. 612-624.
- Flach, J. M., and Vicente, K. J. (1989). Complexity, difficulty, direct manipulation and direct perception (EPRL 89-03). Urbana, IL: Engineering Psychology Research Laboratory, University of Illinois.
- Flores-Arias, J.M.; Gil-de-Castro, A.; de la Rosa, J.J.G. (2009). Hypermedia user-interface integration in distribution power systems SCADA. *Proceedings of Industrial Informatics, 2009. INDIN 2009*. 23-26 June, pp.136 – 141.
- Forbus, K. (2000). Exploring analogy in the large. In Gentner, D., Holyoak, K. and Kokinov, B. (Eds) *Analogy: Perspectives from Cognitive Science*. Cambridge, MA: MIT Press.

-
- Frauenberger, C., Good, J., and Keay-Bright, W. (2010). Phenomenology- a Framework for Participatory Design, PDC 2010, November 29 – December 3, Sydney, Australia.
- Friedman, V. and Lennartz, S. (2007). Data Visualization: Modern Approaches. Smashingmagazine, Retrieved from <http://www.smashingmagazine.com>.
- Frost, A. (2010). Defining Knowledge, Information, Data. Retrieved from <http://www.knowledge-management-tools.net/knowledge-information-data.html>
- Furukawa, H. (2007). An Ecological Interface Design Approach to Human Supervision of a Robot Team, *Studies in Computational Intelligence (SCI)* 76, pp. 163–170.
- Furukawa, H. (2008). An Empirical Study on Ecological Interface Design for Multiple Robot Operations: Feasibility, Efficacy, and Issues. *Recent Advances in Multi-Robot Systems*, Book edited by: Aleksandar Lazinica, ISBN 978-3-902613-24-0, pp. 326, May 2008, I-Tech Education and Publishing, Vienna, Austria.
- Garabet, A., and Burns, C.M. (2004). Collaboration with Ecological Interface Design. In, *Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society* (pp. 543-546). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Garbis, C. (2002). Exploring the Openness of Cognitive Artifacts in Cooperative Process Management, *Cognition, Technology and Work* 4, pp.9-21.
- Gardner, H. (1985). *The Mind's New Science* by Howard Gardner. New York: Basic Books, 423 pp., hardcover. (ISBN 0-465-04634-7).
- Garg, A. B & Govil, K. K. (2012) Empirical Evaluation of Complex System Interfaces for Power Plant Control Room using Human Work Interaction Design Framework. *Human Work Interaction Design – HWID2012 Copenhagen Business School*, December 5 &6, pp. 87-96.
- Gasson, S. (2004) 'The Management of Distributed Organizational Knowledge', *Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, Org. Systems and Technology (Track 8) January 2004, IEEE, page 80248.2.
- Geels, F.W. and Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways, *Research Policy*, Vol. 36, No.3, pp.399-417.
- Geisler, G. (1998). "Making Information More Accessible: A Survey of Information Visualization Applications and Technique". www.ils.unc.edu/~geisg/info/infovis/paper.html
- Genzuk, M. (2003). A synthesis of ethnographic research. Occasional Papers Series. Center for Multilingual, Multicultural Research (Eds.). Center for Multilingual, Multicultural Research, Rossier School of Education, University of Southern California. Los Angeles. http://www-bcf.usc.edu/~genzuk/Ethnographic_Research.html
- Ghosh, S.T. and Apostolakis, G.E. (2005). Organizational contributions to nuclear power plant safety. *Nuclear Engineering and Technology*, 37(3), pp.207-220.
- Gibson, J.J. (1966). *The Senses Considered as Perceptual Systems*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Gibson, J.J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Giere, R. N. and Moffatt, B. (2003). Distributed cognition: where the cognitive and the social merge. In *Social Studies of Science*, 33/2 (April), SSS and SAGE Publications, p. 1- 10.
- Gifuna, J. F. and Karydas, D. M. (2010). Organizational Attributes of Highly Reliable Complex Systems. *Qual. Reliab. Engng. Int.*, 26 53–62.
- Goettl, B. P., Wickens, C. D., and Kramer, A. F. (1991). Integrated displays and the perception of graphical data. *Ergonomics*, 34[8],pp.1047-1063.
- Goodstein, L. P. (1981). "Discriminative Display Support for Process Operators," in *Human Detection and Diagnosis of System Failures*, J. Rasmussen and W. B. Rouse, Eds. New York, NY, USA: Plenum Press, pp.433–449.
- GOULD, J. D. (1995). How to design usable systems. In R. M. BAECKER, J. GRUDIN, W. A. S. BUXTON & G. S. GREENBERG, Eds. *Readings in Human-Computer Interaction*, 2nd edn, San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, pp. 93-121.
- GOULD, J.D. and LEWIS, C. (1985). Designing for usability: key principles and what designers think. *Communications of the ACM*, 28, pp.300-311.
- Green, T.R.G. and Blackwell, A. F. (1998). Cognitive Dimensions of information artefacts: a tutorial. Available at <https://www.cl.cam.ac.uk/~afb21/CognitiveDimensions/CDtutorial.pdf>
- Greenbaum, J. and Kyng, M.(1991). *Design at work: Cooperative design of computer systems*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gregory, J. (2003). Scandinavian approaches to participatory design. *International Journal of Engineering Education* 19 (1), pp.62-74.
- Gregory, R.L. (1970). *The Intelligent Eye*, Great Britain: McGraw-Hill.
- Greitzer, F., Dauenhauer, P. and Wierks, T. (2009). Experimental Evaluation of Electric Power Grid Visualization Tools in the EIOC, Report PNNL-19103. Richland, WA: Pacific Northwest National Laboratory.

- Greitzer, F., Podmore, R., Robinson, M. and Ey, P. (2009b). Naturalistic Decision Making for Power System Operators. Proceedings of NDM9, the 9th International Conference on Naturalistic Decision Making, London, UK.
- Griffiths, T.L., Dougherty, D.J., 2001. Beyond socio-technical systems: introduction to the special issue. *Journal of Engineering and Technology Management* 18 (3–4), pp. 207–218.
- Grønbaek, K., Kyng, M. and P. Mogensen (1995). CSCW challenges: Cooperative Design in Engineering Projects, *Communications of the ACM*, 36, 6, pp. 67–77.
- Groot & Pikaar, 2006) Groot, de N, Pikaar, R. N. (2006) Videowall information design: useless and useful applications. In IEA2006 Congress Proceedings "Meeting diversity in ergonomics". R.N. Pikaar (Ed) Enschede, Netherlands, ErgoS Engineering & Ergonomics.
- Grootjen, M.,Vries, N.Th. de, Badon Ghijben, N.A., Neerinx, M.A. (2009). "Applying Situated Cognitive Engineering for Platform Automation in the 21st century", 14th International Ship Control Systems Symposium (SCSS).
- Gros, C. (2008). *Complex and Adaptive Dynamical Systems: A primer*, New York ; London: Springer.
- GRTN (2003). Black-Out: The Events Of 28 September 2003, Press Release, Gestore Rete Trasmissione Nazionale, Italy, October 1, 2003. Available at <http://www.grtn.it/eng/>
- Grudin, J. (1994). Computer-supported cooperative work: History and focus. *Computer*, 27(5), 19-26.
- Grudin, J. and Pruitt, J. (2002). Personas, participatory design and product development: An infrastructure for engagement. *Proc. PDC 2002*, pp.144-161.
- Grundgeiger, T. and Sanderson, P. (2009). Interruptions in healthcare: Theoretical views. *International journal of medical informatics*, 78, pp.293–307.
- Guerlain, S.A., Smith, P.J., and Obradovich, J.H. (1999). Interactive critiquing as a form of decision support: an empirical evaluation. *Human Factors*;41:72–89.
- Guttromson, RT, Greitzer, FL, Paget, ML, and Schur, A (2007). *Human Factors for Situation Assessment in Power Grid Operations*, Report PNNL-167803. Richland, WA: Pacific Northwest National Laboratory.
- Guzman, G.A.C. and Wilson, J. (2005). The "soft" dimension of organizational knowledge transfer . *Journal of Knowledge Management*, Vol. 9 Issue: 2, pp.59-74.
- Haines, H., Wilson, J. R., Vink, P., and Koningsveld, E. (2002). Validating a framework for participatory ergonomics (the PEF). *Ergonomics*, 45, pp.309–327.
- Hajdukiewicz, J. R. and Vicente, K. J. (2004). "A theoretical note on the relationship between work domain analysis and task analysis," *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, vol. 5, pp. 527–538.
- Hajdukiewicz, J. R., Burns, C. M., Vicente, K. J. and Eggleston, R. G. (1999). Work Domain Analysis for Intentional Systems, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 43, no. 3, Sep., pp. 333–337.
- Hajdukiewicz, J. R., Doyle, D. J., Milgram, P., Vicente, K. J., and Burns, C. M. (1998). A structured approach for patient monitoring in the operating room. In, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 42nd Annual Meeting*, SantaMonica, CA: Human Factors and Ergonomics Society,pp. 1038-1042.
- Hale, A.R. and Swuste, P. (1998). Safety rules: procedural freedom or action constraint?. *Safety Science*, Volume 29, Number 3, August,15, pp. 163-177.
- Hale, C.R. and Schmidt, V. A. (2008). 'Four Challenges, and a Proposed Solution, for Cognitive System Engineering – System Development Integration'. *Industrial Engineering Research Conference*, Vancouver, BC, Canada.
- Hall, R. R. (2001). Prototyping for usability of new technology. *International Journal of Human-Computer Studies* 55(4),pp. 485-501.
- Ham, D. H. and Yoon, W. C. (2001). "Design of information content and layout for process control based on goal-means domain analysis," *Cognition, Technol., Work*, vol. 3, pp. 205–223.
- Han, S. H., Yang, H. and Im, D.G. (2007). Designing a human-computer interface for a process control room: A case study in steel manufacturing company. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37, pp. 383-393.
- HANDSCHIN, E. AND LEDER, C. (2001). Automatic decision support with a new visualization concept for power systems. In *Proceedings on Power Tech 2001 IEEE Porto*. Vol. 2.
- Härefors, E. (2008). Use of large screen displays in nuclear control room. Uppsala Universitet. UPTec STS08 024.
- Harel, I., and Papert, S. (1991). Software design as a learning environment. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism*, Norwood, NJ: Ablex, pp. 41–84.
- Haro, E. and Kleiner, B.M. (2008). Macroergonomics as an organizing process for systems safety. *Applied Ergonomics* 39 (2008) 450– 458.
- Hassall, M., Sanderson, P., and Cameron, I. (2010). Using cognitive work analysis techniques to identify human factors hazards. *Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*. San Francisco, CA: 27 September - 1 October, pp. 269-273.
- Hassall, M. and Sanderson, P. (2014) A formative approach to the strategies analysis phase of cognitive work analysis, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 15:3, pp. 215 261.

-
- Hauer, J.F. & Dagle, J. E. (1999). "Consortium for Electric Reliability Technology Solutions Grid of the Future White Paper on Recent Reliability Issues and System Events," U.S. Department of Energy, December.
- Hauser, A.J., and Verstege, J.F. (1999). Compact and Task Oriented Visualization Techniques Displaying Global Power System Operating States. Presentation at CIGRE Symposium Working Plant and Systems Harder, London, United Kingdom.
- Healey, C.G. (1996). "Choosing Effective Colours for Data Visualization," Proc. IEEE Visualization, pp. 263-270, 493.
- Heath, C., and Luff, P. (1991). Collaboration and control: crisis management and multimedia technology in London underground line control rooms. *Computer Supported Cooperative Work*, 1, pp.69-94.
- Heath, C. and Luff, P. (1996). Documents and Professional Practice: 'bad' organisational reasons for 'good' clinical records. *Computer Supported Cooperative Work*, Cambridge, MA, USA.
- Heath, C., Knoblauch, H., and Luff, P. (2000). Technology and social interaction: The emergence of —workplace studies. *British Journal of Sociology*, 51(2), pp.291-320.
- Hellström, T. (2007). 'Critical infrastructure and systemic vulnerability: Towards a planning framework', *Safety Science*, 45 (3), pp. 415-430.
- Hendrick, H.W. (1991). Ergonomics in organizational design and management. *Ergonomics*, 34, pp.743–756.
- Hendrick, H.W.(1995). 'Future directions in macroergonomics', *Ergonomics*, 38: 8, pp. 1617-1624.
- Hendrick, H.W. (1996). Good Ergonomics is Good Economics. Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, CA.
- Hendrick, H.W.(2003). Determining the cost–benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success *Applied Ergonomics* 34, pp.419–427.
- Hendrick, H.W. (2008). Applying ergonomics to systems: Some documented "lessons learned", *Applied Ergonomics* 39, pp. 418–426.
- Higgins, P. (1998). Extending cognitive work analysis to manufacturing scheduling. In P. Calder and B. Thomas (Eds.) *Proceedings 1998 Australian Computer Human Interaction Conference, OzCHI'98*, November 30- December 4, Adelaide, IEEE, pp. 236-243.
- Hilliard, A. and Jamieson, G. (2017). Representing energy efficiency diagnosis strategies in cognitive work analysis, *Applied Ergonomics* 59, pp.602-611.
- Ho, D., and Burns, C.M. (2003). Ecological Interface Design in Aviation Domains: Work Domain Analysis of Automated Collision Detection and Avoidance. In, *Proceedings of Human Factors and Ergonomics 47th Annual Meeting*, Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society, pp. 119-123.
- Hoag, J.C. (2004). "Telecommunications Systems Failure: The Electricity Blackout of August 14, 2003," presented at the 12th International Conference on Communication Systems Modeling, <https://itsohio.net/people/faculty/hoag/>.
- Hoc, J. M. and X. Carlier. (2002). Role of a common frame of reference in cognitive cooperation: Sharing tasks between agents in air traffic control. *Cognition, Technology and Work* 4, pp.37–47.
- Hoff, Th. (2004). Comments on the Ecology of Computerised Systems. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5, 5, pp. 453-472.
- Holden, R.J., Or, C.K.L., Alper, S.J., Rivera, A.J., and Karsh, B. (2008). A change management framework for macroergonomic field research. *Appl Ergonomics*; 39, pp.459-474.
- Hollan, J., Hutchins, E., and Kirsh, D. (2000). Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 7, No. 2, June, pages 174-196.
- Hollnagel, E. (1993). *Human Reliability Analysis: Context and Control*, Academic Press, London.
- Hollnagel, E. (2006). Resilience: the challenge of the unstable. In: Hollnagell, E., Woods, D., Leveson, N. (Eds.), *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Ashgate publishing, pp. 8–17.
- Hollnagel, E., and Woods, D. D. (1983). Cognitive systems engineering: New wine in new bottles? *International Journal of Man-Machine Systems*, 18(6), pp.583-600.
- Hollnagel, E., and Woods, D. D. (2005). *Joint cognitive systems: Foundations of cognitive systems engineering*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Holmlid, S. (2009). Participative, co-operative, emancipatory: From participatory design to service design. First Nordic Conference on Service Design and Service Innovation, Oslo, 24-26 November.
- Holness, K., Drury, C., and Batta, R. (2006). A systems view of personnel assignment problems. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 16, pp. 285-307.
- Holzinger, A., Geierhofer, R., and Errath, M. (2007). Semantic Information in Medical Information Systems – from Data and Information to Knowledge: Facing Information Overload, In: *Proc. of I-MEDIA '07 and I-SEMANTICS '07*, Graz, Austria, pp.323-330.
- Hooey, B. L. Foyle, D. C., and Andre, A. D. (2001). The design of aircraft cockpit displays for low visibility taxi operations. In A. G. Gale, editor, *Vision in Vehicles IX*. Holland: Elsevier Science Publishers.
- Horan, T., and Schooley, B. (2007). Time-critical information services. *Communications of the ACM*, 50(3), pp. 73–78.
-

- Hori, S., Vicente, K. J., Shimizu, Y., and Takami, I. (2001). "Putting Cognitive Work Analysis to Work in Industry Practice: Integration With ISO13407 on Human-Centered Design." In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting CWA is applied to 'the design of industrial systems.
- Hornbæk, K. (2006). Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 64, 79–102.
- Houde, S., and Hill, C. (1997). What Do Prototypes Prototype?, in *Handbook of Human-Computer Interaction* (2nd Ed.), M. Helander, T.É Landauer, and P. Prabhu (eds.): Elsevier Science B. V: Amsterdam.
- Huddleston, J.A. and Stanton, N.A. (2016) New graphical and text-based notations for representing task decomposition hierarchies: towards improving the usability of an Ergonomics method, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 17:5-6, pp. 588-606.
- Hughes, J.A. and Sharrock, W.W. (1997). *The philosophy of social research*, Longman:London.
- Hughes, J. A., King, V., Rodden, T. & Andersen, H. (1994). *Moving Out of the Control Room: Ethnography in System Design*, Proceedings of CSCW '94, Chapel Hill, NC: ACM Press.
- Hughes, J.A., O'Brien, J., Rodden, T., Rouncefield, M., and Blythin, S. (1997). Designing with ethnography: a presentation framework for design. In: *Proceedings of the Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques*, DIS '97. ACM Press, New York, NY, pp. 147–158.
- Hughes, J.A., Randall, D., and Shapiro, D. (1992). Faltering from ethnography to design. In: *Proceedings of CSCW '92*. ACM Press, New York, NY, pp. 115–122.
- Hughes, J. A., Sommerville, I., Bentley, R., and Randall, D. (1993). Designing with ethnography: making work visible. *Interacting with Computers*, 5(2), pp. 239-253.
- Hunter, C.N., Janzen, M.E., and Vicente, K.J. (1995). *Research on Factors Influencing Human Cognitive Behaviour (II)*. CEL 95-08, Volume 1, Final Contract Report, Prepared for Japan Atomic Energy Research Institute.
- Hutchins, E. (1986). Mediation and automatization. *Quarterly Newsletter of the Laboratory of Comparative Human Cognition: University of California, San Diego*, 8(2), 4758.
- Hutchins, E. (1991). The social organization of distributed cognition. In L. B. Resnick, J.M. Levine, and S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on Socially Shared Cognition*, Washington, DC: American Psychological Association Press, pp. 283-307.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge, MA: MIT Press/A Bradford Book.
- Hutchins, E. (2002). *Cognitive Artifacts*. In R.A. Wilson and F.C. Keil (Eds.), *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*, <http://cognet.mit.edu/MITECS/Entry/hutchins>
- Hutchins, E. and Klausen, T. (2000). Distributed cognition in an Airline Cockpit. *Cockpit Cognition*, pp. 1- 23.
- Hutchins, E., Hollan, J., and Norman, D. A. (1986). Direct manipulation interfaces. In D. A. Norman & S. Draper (Eds.), *User centered system design: New perspectives in human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ikuma, L. H., Harvey, C., Taylor, C. F. ., and Handal, C. (2014). A guide for assessing control room operator performance using speed and accuracy, perceived workload, situation awareness, and eye tracking. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 32, pp. 454-465.
- Ilic, M. (2002). "The Future Power Grid", *Power Quality Magazine Archive*, 1 June, <http://www.ecmweb.com/power-quality-archive/future-power-grid>
- IRGC (2006). *White paper on managing and reducing social vulnerabilities from coupled critical infrastructures*, Geneva, International Risk Governance Council www.irgc.org.
- ISO (1999). *International Standard 13407: Human-centred design processes for interactive systems*. Geneva: International Organisation for Standards.
- ISO 13407 (1999). *International Standard 13407: Human-centred design processes for interactive systems*. ISO, Geneva, Switzerland.
- ISO 9241-210 (2010). *Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems*. . ISO, Geneva, Switzerland.
- Itoh, J., Sakuma, A., and Monta, K. (1995). "An ecological interface for supervisory control of BWR nuclear power plants," *Control Eng. Practice*, vol. 3, pp. 231–239.
- Jamieson, G. A. and Vicente, K. J. (2001). "Ecological interface design for petrochemical applications: Supporting operator adaptation, continuous learning, and distributed, collaborative work," *Comput. Chem. Eng.*, vol. 25, pp. 1055–1074.
- Jamieson, G. A. (2002). *Empirical Evaluation of an Industrial Application of Ecological Interface Design*. In, *Proceedings of the 46th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*, pp. 536-540. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics.

-
- Jamieson, G. A., Miller, C. A., Ho, W. H. and Vicente, K. J. (2007). "Integrating task- and work domain-based work analyses in ecological interface design: A process control case study," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. 37, pp. 887–905.
- Jastrzebowski, W. (1857). *An Outline of Ergonomics or the Science of Work*. Przyroda i Przemysl, No. 29, reprinted by Central Institute for Labour Protection (2000). Warsaw, Poland. - Karwowski on Original work published 1857 (2001). An outline of ergonomics, or the science of work based on the truths drawn from the science of nature. In W. Karwowski (Ed.), *International encyclopedia of ergonomics and human factors* (pp. 129–141). London: Taylor & Francis.
- Jeffers, J. N. R. (1978). *An Introduction to Systems Analysis: With Ecological Applications*, Arnold, London, pp. 23-65.
- Jenkins, D.P., Stanton, N.A., Salmon, P.M. and Walker, G.H. (2012). *Cognitive Work Analysis: Coping with Complexity*. Print Length: 304 pages Publisher: Ashgate (1st ed. 2009)
- Jenkins, D.P., Stanton, N.A., Salmon, P.M. and Walker, G.H., and Rafferty, L. (2010). Using the Decision-Ladder to Add a Formative Element to Naturalistic Decision-Making Research. *International Journal of Human Computer Interaction*, Volume 26, Issue 2-3, pp.132-146.
- Jenkins, D.P., Stanton, N.A., Salmon, P.M., Walker, G.H., and Young, M.S. (2008) 'Using cognitive work analysis to explore activity allocation within military domains', *Ergonomics*, 51: 6, pp.798 -815.
- Jenkins, D.P., Stanton, N.A., Walker, G.H., Salmon, P. M., and Young, M. S. (2007). Cognitive Work Analysis of a Sensor to Effector System: Implications for network structures. In D. de Waard, G.R.J. Hockey, P. Nickel, and K.A. Brookhuis (Eds.), *Human Factors Issues in Complex System Performance*, pp. 73-84. Maastricht, the Netherlands: Shaker Publishing.
- Johnston, J., Cannon-Bowers, J. and Smith-Jentsch, K. (1995). Event based performance measurement system, *Proceedings of the first International Symposium on Command and Control Research and Technology*, June, pp. 268–276.
- Jones, L. and Peters, G. (1972). *Production Systems Modelling and the Production Environment*, The Open University Press, Milton Keynes, pp. 76-98.
- Jones, P. H. and Nemeth, C. P. (2005). Cognitive Artifacts in Complex Work. Y. Cai (Ed.): *Ambient Intelligence for Scientific Discovery*, LNAI 3345, pp. 152–183.
- Jones, P. M., Wickens, C. D., and Deutsch, S. J. (1990). The display of multivariate information: An experimental study of an information integration task. *Human Performance*, 3[1], pp.1- 17.
- Jordan, P. (1998). *An Introduction to usability*. London: Taylor & Francis.
- Kaber, D. and Endsley, M. (2004). The effects of level of automation and adaptive automation on human performance, situation awareness and workload in a dynamic control task, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5:2, pp. 113-153.
- Kameda, H. (2000). "EQTAP- A new challenge for realizing safety and sustainability against earthquake and tsunami disasters in the Asia-Pacific region," in 3rd EQTAP workshop, Manila Philippines, Nov 28-30.
- Kang, D., and Park, S. (2010). A Conceptual Approach to Data Visualization for User Interface Design of Smart Grid Operation Tools. *International Journal of Energy, Information and Communications*, Vol. 1, Issue 1, November, pp.64-76.
- Kant, V. (2017). Supporting the human life-raft in confronting the juggernaut of technology: Jens Rasmussen, 1961-1986, *Applied Ergonomics* 59, pp.570-580.
- Kaptelinin, V. (2003). Learning with artefacts: integrating technologies into activities. *Interacting with Computers*, 15, pp. 831-836.
- Kawka, N., and Kirchsteiger, C. (1999). Technical note on the contribution of sociotechnical factors to accidents notified to MARS. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 12, pp.53-57.
- Kensing, F. and Blomberg, J. (1998). Participatory Design: Issues and Concerns, *Computer Supported Cooperative Work*, 7, pp.167–185.
- Kieras, D. E., and Meyer, D. E. (2000). The Role of Cognitive Task Analysis in the Application of Predictive Models of Human Performance. In J. M. Schraagen, S. F. Chipman, and V. L. Shalin, Eds. *Cognitive Task Analysis*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 237-260.
- Kirk, D. (1995). Hard and Soft Systems: A common paradigm for operations management? *International Journal for Contemporary Hospitality management*, 7,5, pp.13-16.
- Kirwan, B. and Ainsworth, L. (1992). *A Guide to Task Analysis*. Bristol, PA: Taylor and Francis.
- Kirwan, B. (2000). Soft systems, hard lessons. *Applied Ergonomics*, 31, pp. 663–678.
- Klein, G. (2004). *The power of intuition*, Doubleday, New York.
- Klein, G., Ross, K.G., Moon, B.M., Klein, D.E., Hoffman, R.R., and Hollnagel, E. (2003). *Macro-cognition*, *IEEE Intelligent Systems*, 18(3), pp. 81–85.

- Kleiner, B.M. (2002). Macroergonomics in large-scale organizational change. In H. W. Hendrick & B. M. Kleiner (Eds.), *Macroergonomics: Theory, methods and applications* (pp. 273–289). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kleiner, B.M. (2004). Macroergonomics as a Large Work-System Transformation Technology. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, Vol. 14 (2), pp. 99–115.
- Kleiner, B.M. (2008). Macroergonomics: Work System Analysis and Design. *HUMAN FACTORS*, Vol. 50, No. 3, June 2008, pp. 461–467.
- Kleiner, B.M., and Booher, H. R. (2003). Human systems integration education and training. In H. R. Booher (Ed.), *Handbook of human systems integration* (pp. 121–163). Hoboken, NJ: Wiley.
- Kleiner, B.M., and Hendrick, H. W. (1999). Revisiting macroergonomics as an integrating mechanism for TQM and ergonomics. In J. Axelsson, J. Eklund, and B. Bergman (Eds.), *Proceedings of the International Conference on TQM and Human Factors* (pp. 128–133). Linköping, Sweden: CMTO.
- Klinger, D.W. and Klein, G. (1999). Emergency response organizations: An accident waiting to happen, *Ergonomics Design*, 7(3), pp.20–25.
- Klump, R., Wu, W., and Dooley, G. (2003). "Displaying Aggregate Data, Interrelated Quantities, and Data Trends in Electric Power Systems," 36th Hawaii International Conference on System Sciences.
- Klump, R., Schooley, D., and Overbye, T. (2002). An Advanced Visualization Platform for Real-Time Simulations. 14th Power System Computation Conference (PSCC), June, Sevilla, Spain.
- Kobayashi, M. (1997). "What we must learn from 1995: the great Kobe-earthquake considerations on the distribution power poles," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 12, July, pp. 1368-1373.
- Kontogiannis, T. (2010). A contemporary view of organizational safety: variability and interactions of organizational processes. *Cogn Tech Work* 12, pp.231–249.
- Kontogiannis, T. and Embrey, D. (1997). A user-centred design approach for introducing computer-based process information systems. *Applied Ergonomics*, vol. 28, no. 2, pp. 109-119.
- Korzyk, A. and Yurcik, W. (2002). On Integrating Human-In-The-Loop Supervision Into Critical Infrastructure Process Control Systems. Published in the Proceedings of the Advanced Simulation Technologies Conference (ASTC), San Diego CA USA, April.
- Kosara, R., Mijsch, S. and Hauser, H. (2001). "Semantic Depth of Field," *Proc. IEEE Symp. Information Visualization*, pp. 97-104.
- Kosterev, D.N., Taylor, C.W. & Mittelstadt, W.A. (1999). "Model validation for the August 10, 1996 WSCC system outage," *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 14, August 1999, pp. 967-979.
- Kraemer, S., and Carayon, P. (2005). A macroergonomic framework for computer and information security. In P. Carayon, M. Robertson, B. Kleiner & P. Hoonakker (Eds.), *Human Factors in Organizational Design and Management - VII* (pp. 243-248). Santa Monica, CA: IEA Press.
- Kroger, W. (2008). Critical Infrastructures at risk: A need for a new conceptual approach and extended analytical tools. *Reliability Engineering and System Safety* 93, pp 1781-1787.
- Krost, G. and Linders, M. (2001). Advanced Visualization for Power System Operation *Electrical Engineering Archiv für Elektrotechnik*, Nov., Vol. 83, No. 5 – 6, pp. 303 – 306.
- Krost, G., Papazoglou, T., Malek, Z., and Linders, M.(2003)."Facilitating the Operation of large interconnected systems by means of innovative approaches in human-machine interaction". *CIGRE, Shanghai Symposium*, No. 440-05.
- Kuo, J., and Burns, C. M. (2000). A work domain analysis for virtual private networks. In, *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Nashville, TN: IEEE, pp. 1972-1977.
- Kurita, A. and Sakurai, T. (1988). "The Power System Failure on July 23, 1987 in Tokyo," *Proc. 27th IEEE Conf. on Decision and Control*, Austin, TX, Dec.
- Kwok, J. (2007). *Ecological Interface Design for Turbine Secondary Systems in a Nuclear Power Plant: Effects on Operator Situation Awareness*. Master Thesis, Waterloo, Ontario, Canada.
- Kyhllback, H. and Sutter, B. (2007). What does it take to replace an old functioning information system with a new one? A case study. *International journal of medical informatics* 76, pp.149–158.
- Lakervi, E. and Holmes, E. (1995). *Electricity Distribution Network Design*. Institution of Electrical Engineers, 2nd Edition.
- Lakoff, G., and Johnson, M. (1999) *Philosophy In The Flesh: the Embodied Mind and its Challenge to Western Thought*. Basic Books.
- Lamoureux, T.M., Rehak L., Bos J. C., and Chalmers B. A. (2006). Performing Control task analysis in applied settings. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th annual meeting 2006*, San Francisco, 16–20 October 2006. Santa Monica, CA: HFES, pp.391–395.
- Land, F. (2000). Evaluation in a socio-technical context. In: Baskerville, R., Stage, J., DeGross, J.I. (Eds.), *Organisational and Social Perspectives on Information Technology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 115–126.

-
- Landes, D. S. (1969). *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*. Cambridge, New York: Press Syndicate of the University of Cambridge. ISBN 0-521-09418-6.
- Landstedt, J. and Holmström, P. (2007). *Electric Power Systems Blackouts and the Rescue Services: the Case of Finland*. WORKING PAPER. Civil Protection Network.
- Lau, N., Jamieson, G. A., Skraaning Jr., G., and Burns, C. M. (2008a). Ecological Interface Design in the nuclear domain: An empirical evaluation of ecological displays for the secondary subsystems of a boiling water reactor plant simulator. *IEEE Trans. Nuclear Science*, 55(6), pp.3597-3610.
- Lau, N., Veland, Ø., Kwok, J., Jamieson, G., Burns, C., Braseth, A., and Welch, R. (2008b). Ecological Interface Design in the Nuclear Domain: An Application to the Secondary Subsystems of a Boiling Water Reactor Plant Simulator. *IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE*, VOL. 55, NO. 6, DECEMBER, pp.3579-3596.
- Laurel, B. K. (1986). Interface as mimesis. In D. A. Norman & S. W. Draper (Eds.), *User centered system design: New perspectives in human-computer interaction* (pp. 67-85). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lee, J.D. and Kirlik, A. (2013). *The Oxford Handbook of Cognitive Engineering*. Oxford University Press, 658 Pages, ISBN: 9780199757183.
- Lee, S.T., Kim S.Y., and Gilmore, D. (2017). Human-in-the-loop evaluation of human-machine interface for power plant operators. *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, pp.34-39.
- Lee, W. H. K., Kanamori, H. & Jennings, P. C. (2002). *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology*. Academic Press.
- Lehtonen, M. and Nye, S. (2009). History of electricity network control and distributed generation in the UK and Western Denmark. *Energy Policy* 37, pp. 2338–2345.
- Leontiev, A.N. (1981). *Problems of the development of the mind* (M. Kopylova, Trans.). Moscow: Progress. (Original work published 1959).
- Leveson, N. G. (1995) *Safeware: System Safety and Computers*, Addison-Wesley.
- Leveson, N. G., and Palmer, E. (1997). Designing automation to reduce operator errors. In *Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics* (pp. 1 144-1150). Piscataway, NJ: Institute of Electrical & Electronics Engineers.
- Levitch, G. (1994). *The New Ergonomics of Technology*. The Globe and Mail, p.D6.
- Levkowitz, H. and Herman, G.T. (1992). "Color Scales for Image Data," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 12, no. 1, pp. 72-80.
- Liew, A. (2007). "Understanding Data, Information, Knowledge And Their Inter-Relationships". *Journal of Knowledge Management Practice* 8 (2), <http://www.tlinc.com/articl134.htm>
- Light, A., and Luckin, R. (2008). *Designing for social justice: People, technology, and learning*. Futurelab: www.futurelab.org.uk/openingeducation
- Lin, Y. and Zhang, W. J. (2005). "A function-behavior-state approach to designing human-machine interface for nuclear power plant operators," *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, vol. 52, pp. 430–439.
- Lin, Y. Zhang, W.J., and Watson, L.G. (2003). Using eye movement parameters for evaluating human-machine interface frameworks under normal control operation and fault detection situations. *Int. J. Human-Computer Studies* 59, pp. 837–873.
- Lina, Chiuhsiang Joe, Wei-Jung Shiangb, Chun-Yu Chuangb, and Jin-Liang Liou (2014). Applying the Skill-Rule-Knowledge Framework to Understanding Operators' Behaviors and Workload in Advanced Main Control Rooms. *Nuclear Engineering and Design* 270, pp. 176–184.
- Linegang, M.P., and Lintern, G. (2003). Multifunction displays for optimum manning: Towards functional integration and cross-functional awareness. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 47th Annual Meeting*. HFES, Santa Monica, CA, pp. 1923–1927.
- Linegang, M. Stoner, H. A., and Patterson, M. (2006). "Improving Human-Automation Interaction for Unmanned Vehicle Mission Planning", *Undersea HSI Symposium*.
- Lintern, G. (2007). *The Entity Relationships within Cognitive Work Analysis*. <http://www.cognitivesystemsdesign.net/>
- Lintern, G. (2009). *The Foundations and Pragmatics of Cognitive Work Analysis: A Systematic Approach to Design of Large-Scale Information Systems*. Retrieved 14/3/2011 from www.CognitiveSystemsDesign.net
- Lintern, G. (2013). *Cognitive Work Analysis* (retrieved from www.CognitiveSystemsDesign.net).
- Lintern, G., and Naikar, N. (1998). "Cognitive Work Analysis for Training System Design," *ozchi*, pp.252, *Australasian Computer Human Interaction Conference*.
- Liu, Q., Nakata K., and Furuta K. (2004). Making control systems visible. *Cognition, Technology & Work*,. 6, pp.87–106.
- Liu, Q., Nakata, K., and Furuta, K. (2002). "Display design of process systems based on functional modelling," *Cognition, Technology & Work*, vol. 4, pp. 48–63.

- Long, J. and Dowell, J. (1996). Cognitive engineering or 'Getting users interacting with computers to perform effective work'. *The Psychologist*, 9, pp.313-317.
- Long, W. and Cox, D. (2007). Indicators for identifying systems that hinder cognitive performance, Proc Eighth Int NDM Conf, K. Mosier and U. Fischer (Editors), Pacific Grove, CA, June, CD Rom.
- Lothong, P. (2009). Power System Visualization of MEA's Distribution Networks. Proceedings of AESIEAP CEO Conference. October 15-16, Kaohsiung, Taiwan.
- Luck, R. (2003). Dialogue in participatory design. *Design Studies* 24(6), pp.523-535.
- Luck, R. (2007). Learning to talk to users in participatory design situations. *Design Studies* 28(3), pp.217-242.
- Ly, T., Huf, S., and Henley, P. (2006). Design for submarine command and control in the 21st Century. 12th International Command and Control Research.
- Macauley, C, Benyon, D, and Crerar, A (2000). "Ethnography, theory and systems design: from intuition to insight", *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 53 pp.35-60.
- Makoto, I. and Toshiyuki, I. (2004). A Microworld Approach to Identifying Issues of Human-Automation Systems Design for Supporting Operator's Situation Awareness, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 17:1, pp. 3-24.
- Malhotra, Y. (2004). Why Knowledge Management Systems Fail? Enablers and Constraints of Knowledge Management in Human Enterprises . In Michael E.D. Koenig & T. Kanti Srikantaiah (Eds.), *Knowledge Management Lessons Learned: What Works and What Doesn't*, Information Today Inc. (American Society for Information Science and Technology Monograph Series), pp.87-112.
- Malloch, J., Birnbaum, D., Sinyor, E., and Wanderley, M. (2006). Towards a new conceptual framework for digital musical instruments. In: Proceedings of the 9th Conference on Digital audio Effects, Montreal, Canada, September 18–20.
- Manovich, L. (2001). *The Language of New Media*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Marcus, R. (2006). Human factors in pediatric anesthesia incidents. *Pediatric Anesthesia* vol. 16 (Issue 3), 242–250.
- Marmaras, N. (2000). User needs analysis within user-centred design. In *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*, W. Karwowski (Ed.), London: Taylor & Francis.
- Marmaras, N. and Kontogiannis, T. (2001). Cognitive Tasks. In *Handbook of Industrial Engineering*, G. Salvendy (Ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Marmaras, N. and Nathanael, D. (2005). Cognitive engineering practice: Melting theory into reality. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 6 (2), pp. 109-127.
- Marmaras, N. and Pavard, B. (1999). Problem-Driven Approach to the Design of Information Technology Systems Supporting Complex Cognitive Tasks. *Cognition, Technology & Work*, 1:222-236.
- Marmaras, N., Poulakakis, G. and Papakostopoulos, V. (1999). Ergonomic design in ancient Greece. *Applied Ergonomics*, 30 (4), pp. 361-368.
- Martin, D., and Sommerville, I. (2004). Patterns of cooperative interaction: linking ethnomethodology and design. *ACM Transactions on Computer–Human Interaction (TOCHI)* 11 (1), pp. 59–89.
- Martine, T. (2012). The Importance of Describing Participatory Design in the Making. Participatory Design Conference 2012, Aug, Denmark. pp.20.
- Maurino, D.E., Reason, J., Johnston, N. and Lee, R.B. (1995). *Beyond Aviation Human Factors*. Avebury Aviation, Aldershot, UK.
- May, M.(2010). The semantic level in HMS design: Constraints, scale types and representational forms, ECCE 2010 - European Conference on Cognitive Ergonomics 2010: The 28th Annual Conference of the European Association of Cognitive Ergonomics, Pages 67-74.
- McGerry, Ben (2005). Understanding human action and interaction in the world. In Ben McGerry, *Things to Think With*, Ph.D. Dissertation, Department of ITEE, University of Queensland, Brisbane, Australia, p. 33-62.
- McIlroy, R.C. and Stanton, N.A (2015). Ecological interface design two decades on: Whatever happened to the SRK taxonomy?, *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* Volume 45, Issue 2, 1 April, Article number 7042788, pp. 145-163.
- McKneely, J. A., Ockerman, J., and Koterba, N. (2005). "A Hybrid Approach to Cognitive Engineering: Supporting Development of a Revolutionary Warfighter-Centered Command and Control System," in Proc. 10th International Command and Control Research and Technology Symp., McLean, VA, pp. 1–12.
- Meister, D.,and Enderwick, T.P. (2001). *Human Factors in System Design, Development, and Testing*. Mahwah, N.J.
- Mesarovic M. D., Macko D. and Takahara Y. (1970). "Theory of Hierarchical Multilevel Systems", New York: Academic.
- Meshkati, N. (1991). Human Factors in Large-Scale Technological Systems' Accidents: Three Mile Island, Bhopal, Chernobyl . "Industrial Crisis Quarterly", Vol. 5, pp.131-154.
- Meshkati, N. (1989). Technology transfer to developing countries: a tripartite micro and macroergonomic analysis of human-organization-technology interfaces. *International Journal of Industrial Ergonomics* 4 (2), pp.101–115.

-
- Miettinen, R. and Hasu, M. (2002). 'Articulating User Needs in Collaborative Design: Towards an Activity Theoretical Approach', *Computer Supported Collaborative Work* 11 (1-2), pp. 129-151.
- Milano, F. (2009). Three-Dimensional Visualization and Animation for Power Systems Analysis, *Electric Power System Research*, Vol. 79, No. 12,, December pp. 1638-1647.
- Militello, L. G., Dominguez, C. O., Lintern, G., and Klein, G. (2010). The role of cognitive systems engineering in the systems engineering design process. *Systems Engineering*, 13(3), pp. 261-273.
- Miller, A. (2004). "A work domain analysis framework for modeling intensive care unit patients," *Cognition, Technol.,Work*, vol. 6, pp. 207-222.
- Miller, C.A. and Vicente, K.J. (2001). Comparison of Display Requirements Generated Via Hierarchical Task and Abstraction-Decomposition Space Analysis Techniques, *International Journal of Cognitive Ergonomics*, September, Vol. 5, Number 3, pp. 335-355.
- Mitchell, C. M. and Miller, R. A. (1986). "A discrete control model of operator function: Methodology for information display design," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. SMC-16, pp. 343-357.
- Mitsui, H. and Christie, R.D. (1997). Visualizing voltage profiles for large-scale power systems. *IEEE Computer Applications in Power*, 10, pp. 32-37.
- Mogensen, P. (1994) *Challenging Practice: An Approach to Cooperative Analysis*, Ph.D. thesis, Computer Science Dept., Århus University.
- Moray, N. (1979). *Mental Workload its Theory and Measurement*, NATO Conference Series, III: 8, Plenum, NY.
- Moray, N. (1994). "De Maximus Non Curat Lex," or, How Context Reduces Science to Art in the Practice of Human Factors. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting 1994*. pp. 526-530.
- Moray, N. (1997). Human factors in process control. In G. Salvendy (Ed.) *Handbook of human factors and ergonomics*, New York: Wiley, pp. 1944-1971.
- Moray, N. (2000). Culture, politics and ergonomics. *Ergonomics* 43 (7), pp. 858-868.
- Moray, N. (2008). The Good, the Bad, and the Future: On the Archaeology of Ergonomics. *Human Factors* 50(3), pp.411-417.
- Moray, N., Sanderson, P. M., and Vicente, K. J. (1992). "Cognitive task analysis of a complex work domain: A case study," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 36, pp. 207-216.
- Morel, G., Amalberti, R., and Chauvin, C. (2009). How good micro/macro ergonomics may improve resilience, but not necessarily safety. *Safety Science* 47(2), pp.285-294.
- Moreno-Munoz, A., Flores-Arias, J.M., Gil-de-Castro, A., and de la Rosa, J.J.G. (2009). Hypermedia user-interface integration in distribution power systems SCADA. *Proceedings of Industrial Informatics, 2009. INDIN 2009. 7th IEEE International Conference on Issue Date: 23-26 June*, pp.136 - 141.
- Morgan, T. and Tryfonas, T. (2011). ADOPTION OF A SYSTEMATIC DESIGN PROCESS: A STUDY OF COGNITIVE AND SOCIAL INFLUENCES ON DESIGN. *INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, ICED11, 15 - 18 AUGUST 2011, TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK*.
- Morison, G.K., Gao, B. and Kundur, P. (1993). "Voltage stability analysis using static and dynamic approaches," *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 8, August, pp.1159-1171.
- Moro, F. B. P. (2009) 'Macroergonomics and Information Systems Development', *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25: 5, pp.414-429.
- Morris, W. (1892). *News from nowhere: or, An epoch of rest : being some chapters from a utopian romance*. 3. ed. London: Reeves & Turner.
- Mukhopadhyay, S., Soonee, S., Narasimhan, S., and Porwal, R. (2008). An Indian Experience of Defense Against Blackouts and Restoration Mechanism Followed. *IEEE PES General Meeting, July 20-24 2008, Pittsburgh, PA, USA*, pp. 1-18.
- Mulgan, G. and Leadbeater, C. (2013). *Joined-Up Innovation: what is systemic innovation and how can it be done effectively?*, *Systems innovation*. January Discussion Paper, www.nesta.org.uk.
- Muller, M. (1993). PICTIVE: Democratizing the dynamics of the design session. In Schuler, D. and Namioka, A. (Eds.). *Participatory Design: Principles and Practices*, Hillsdale, NJ. USA: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 211-238.
- Muller, M. J., and Druin, A. (2010). Participatory Design: The third Space in HCI. *Handbook of HCI*. J. Jacko and A. Sears. Mahway, NJ, Erlbaum (2010), pp.1050-1075.
- Muller, M.J., and Kuhn, S. (1993). Participatory Design. *Communications of the ACM special issue on participatory design*, 36(6), June 1993, Vol 36, No 4, pp.24-28.
- Mumaw, R.J., Roth, E.M., Vicente, K.J., and Burns, CM. (2000). There is more to monitoring a nuclear power plant than meets the eye. *Human Factors*, 42, pp. 36-55.
- Mumford, E. (1995). *Effective Requirements Analysis and Systems Design: the ETHICS Method* (New York: Macmillan).
- Mumford, E. (2000). A socio-technical approach to systems design. *Requirements engineering*, 5, pp. 125-133.

- Mumford, E. (2006). The story of socio-technical design: reflections in its successes, failures and potential. *Information Systems Journal* 16, pp. 317–342.
- Murnane, Richard, M. Crowe, A. Eustis, S. Howard, J. Koepsell, R. Leffler, and R. Livezey (2002). "The Weather Risk Management Industry's Climate Forecast and Data Needs", *Bulletin of the American Meteorological Society*, August.
- Nachreiner, F., Nickel, P., and Meyer, I. (2006). "Human factors in process control systems: The design of human-machine interfaces," *Safety Science*, vol. 44, pp. 5–26.
- Nadimian, R., and Burns, C.M. (2004). A visual display of flight time and distance. In, *Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*, Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society (pp. 6-10).
- Nadira, R., Liacco, T., and Loparo, K. (1992). " A hierarchical interactive approach to electric power system restoration". *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 7, No. 3, August, pp. 1123-1131.
- Naikar, N. (2013). *Work domain analysis: Concepts, guidelines, and cases*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, LLC (1st Ed. 2008).
- Naikar, N. and Sanderson, P.M. (2001). "Evaluating Design Proposals for Complex Systems with Work Domain Analysis", *Human Factors*, vol. 43, no. 4, p. 529-543.
- Naika, N., Hopcroft, R. and Moylan, A.(2005). *Work Domain Analysis: Theoretical Concepts and Methodology*. Published by Air Operations Division, DSTO Defence Science and Technology Organisation, AR-013-299.
- Naikar, N., Lintern, G., and Sanderson, P. M. (2002). Cognitive work analysis for air defense applications in Australia. In M. D. McNeese & M. A. Vidulich (Eds.), *Cognitive systems engineering in military aviation environments: Avoiding cogminutia fragmentosa!* (pp. 169-199). Wright Patterson Air Force Base, Dayton, OH: Human Systems Information Analysis Center.
- Naikar, N., Moylan, A. and Pearce, B. (2006). Analysing activity in complex systems with cognitive work analysis: concepts, guidelines and case study for control task analysis. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(4), pp.371-394.
- Naikar, N., Pearce, B., Drumm, D., and Sanderson, P.(2003). Designing teams for first-of-a-kind, complex systems using the initial phases of cognitive work analysis: Case study. *Human Factors*, 45:202– 217.
- Nardi B. A. (1996). *Context and Consiousness, Activity Theory and Human-Computer Interaction*. MIT Press.
- Nardi, B., and O'Day, V. (1999). *Information ecologies - using technology with heart*. Cambridge, Mass. MIT Press London.
- National Research Council. (2007). *Improving disaster management: The role of IT in mitigation, preparedness, response and recovery*. Washington, DC: National Academic.
- NEC Display Solutions & University of Utah (2008) Increasing monitor size translates to higher productivity. http://neccdisplay.com/gowide/NEC_Productivity_Study_0208.pdf
- Neerincx, M.A., Lindenberg, J., Smets, N., Grant, T., Bos, A., Olmedo Soler, A., Brauer, U., and Wolff, M. (2006). Cognitive engineering for long duration missions: Human–Machine collaboration on the Moon and Mars. *SMC–IT 2006: 2nd IEEE International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology*, pp. 40–46. Los Alamitos, California: IEEE Conference Publising Services.
- Neisser, U. (1987). *Concepts and conceptual development: Ecological and intellectual factors in categorization*. New York, NY US: Cambridge University Press. ISBN 978-0521378758.
- Nemeth, C. P., Cook, R. I., O'Connor, M. and P. Allan Klock (2004). Using Cognitive Artifacts to Understand Distributed Cognition. In *IEEE Transactions On Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, vol. 34 (6), p. 726- 735.
- NERC (2004). *Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations*, U.S.-Canada Power System Outage Task Force, April 5, 2004. Available at <http://www.nerc.com/~filez/blackout.html>
- Neville, K., Hoffman, R.R., Linde, C., Elm, W.C., and Fowlkes, J. (2007). The procurement woes revisited. *IEEE Intell Sys* 23(1) (January/February), pp.72–75.
- New York Times (2012). Hurricane Sandy; Covering the Storm. 6 November. <http://www.nytimes.com/interactive/2012/10/28/nyregion/hurricane-sandy.html>
- Newell, A. (1981). The knowledge level. *AI Magazine*, 2, 120. Also published in *Artificial Intelligence*, 1982, 18, 87127.
- Nickerson, Raymond S. (2011). Roles of human factors and ergonomics in meeting the challenge of terrorism. *American Psychologist*, Vol 66(6), Sep, pp.555-566.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. London: Academic Press.
- Nielsen, J. (2000). Why you only need to test with 5 users. *Alertbox: Current Issues in Web Usability*. Retrieved December 5, 2006 from <http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>,
- Nielsen, J., and Mack, R. L (Eds.). (1994). *Usability inspection methods*. New York: Wiley.
- Nies, S. (2010). *Electricity Interconnections EU*. IFRI ENERGY PROGRAMME.

-
- Norman, D.A. (1980). *Errors in Human Performances*. San-Diego, California, Centre for Information Processing.
- Norman, D. A. (1986). *Cognitive engineering*. In D. A. Norman, and S. W. Draper (Eds) *User-Centered System Design: New perspectives on human-computer interaction*. (pp.31-62). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Norman, D. A. (1988). *The Design of Everyday Things*. New York: Doubleday. ISBN: 0-385-26774-6. Call Number: TS171.4 .N67 1990.
- Norman, D. A. (1991). *Cognitive artifacts*. In J. Carroll (Ed.), *Designing interaction: Psychology at the human-computer interface*, New York: Cambridge University Press, pp. 17–38.
- Norman, D. A. (1992). *Design principles for cognitive artifacts*. *Research in Engineering Design*, 4, pp. 43-50).
- Norman, Donald A. (1993). *The Power of Representation*. Chapter 3 in Norman, D. A., *Things that make us smart: defending human attributes in the age of the machine*. Addison-Wesley.
- Norman, D. A. (1998). *The Invisible Computer*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Norman, D. A. and Draper, S. W. (1986). *User centered system design: New perspectives in human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Norman, D. A. and Hutchins, E. L. (1988). *Computation via direct manipulation (Final Report: ONR Contract N0001485C0133)*. La Jolla, CA: University of California, San Diego, Institute for Cognitive Science.
- Norman, D. A. and Hutchins, E. (1990). *Checklists*. Manuscript, Department of Cognitive Science, University of California, San Diego.
- Noro, K., and Imada, A. S. (1991). *Participatory ergonomics*. London: Taylor and Francis.
- O'Hara, J. M. (1999). "A quasi-experimental model of complex human-machine system validation," *Cognition, Technol. Work*, vol. 1, pp. 37–46.
- O'Hara, J. M. and Brown, W. S. (2002). *Human-System Interface Design Review Guidelines*, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, Tech. Rep. NUREG-700, Rev. 2.
- O'Hara, J. M., Higgins, J. C., Persensky, J. J., Lewis, P. M., and Bongarra, J. P. (2004). *Human Factors Engineering Program Review Model*, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, Tech. Rep. NUREG-0711 Rev. 2.
- Ockerman, J. (2005). *A Hybrid Approach to Cognitive Engineering: Supporting Development of a Revolutionary Warfighter-Centered Command and Control System*. Report, Johns Hopkins University.
- Orwat, C. (2011). *Systemic Risks in the Electric Power Infrastructure? Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, TECHNIKFOLGENABSCHÄTZUNG – Theorie und Praxis*, Nr. 3, 20. Jahrgang - Dezember, pp. 47-55.
- OSCE (2016). *Protecting Electricity Networks from Natural Hazards*. Organization for Security and Co-operation in Europe, www.osce.org.
- Overbye, T.J. (2000). *Reengineering the electric grid*. *American Scientist*, 88, pp. 220-229.
- Overbye, T.J. (2008). "Visualization enhancements for power system situational assessment," *Proc. IEEE PES*, pp. 1-4.
- Overbye, T.J. (2009). *Transmission System Visualization for the Smart Grid*. *Power Systems Conference and Exposition, PSCE '09. IEEE/PES*.
- Overbye, T. and Wiegmann, D.A. (2005). *Reducing the risk of major blackouts through improved power system visualization*, In *Proc. Power Systems Computational Conference (PSCC)*, Liege, Belgium, August.
- Overbye, T.J. and Weber, J.D. (2000). *Visualization of power system data*. In *Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 92.
- Overbye, T.J. and Weber, J.D. (2001). "Visualizing the Electric Grid", *IEEE Spectrum*, February, p. 52-58.
- Overbye, T.J. and Weber, J.D. (2015). *Smart Grid Wide-Area Transmission System Visualization*, [J]. *Engineering*, 1(4), pp.466 -474.
- Overbye, T.J., Gross, G., Laufenberg, M.J., and Sauer, P.W. (1997). "Visualizing Power System Operations in the Restructured Environment," *IEEE Computer Applications in Power*, pp. 53-58.
- Overbye, T. J., Klump, R. P., and Weber, J. D. (1999). *A virtual environment for interactive visualization of power system economic and security information*. *Proceedings IEEE PES 1999 Summer Meeting* (pp. 682-687). Edmonton, Canada.
- Overbye, T. J., Rantanen, E. M., and Judd, S. (2007). *Electric power control center visualization using geographic data views*. In *2007 iREP Symposium- Bulk Power System Dynamics and Control - VII, Revitalizing Operational Reliability*.
- Overbye, T.J., Sun, Y., Klump, R.P., and Weber, J.D. (2003b). "Interactive 3D visualizations of power system information," *Electric Power Components and Systems*, vol. 31, pp. 1205-1215, December.
- Overbye, T.J., Wiegmann, D. A., Rich A.M., Sun Y. (2003a). "Human factors aspects of power system voltage contour visualizations," *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. PWRs-18, pp. 76-82, February.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Parasuraman, R., Sheridan, T.B. and Wickens, C.D. (2000). *A model for types and levels of human interaction with automation*. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans*;SMC-30:286–97.

- Paulsson, G. (1919). *Vackrare vardagsvara*. Edited by the Swedish Society of Arts and Crafts, Stockholm. [More Beautiful Things for Everyday Use].
- Paulsson, G. and Paulsson, N. (1957). *Tingens bruk och prägel*. Stockholm: Kooperativa förbundets bokförlag. [The use and qualities of things].
- Pawklak, W. S. and Vicente, K. J. (1996). Inducing effective operator control through ecological interface design. *Int. Journal of Human-Computer Studies*, 44, pp.653-688.
- Pedersen, C. R. and Lind, M. (1999). "Conceptual design of industrial process displays," *Ergonomics*, vol. 42, pp. 1531–1548.
- Perfetti, C., and Landesman, L. (2001). Eight is not enough. Retrieved December 5, 2006 from http://www.uie.com/articles/eight_is_not_enough/
- Perrow, C. (1999). *Normal accidents: Living with high-risk technologies*, Princeton University Press, Princeton, NJ (1st Ed.1984).
- Perry, M. (2003). *Distributed Cognition*. In John M. Carroll (ed) (2003), *HCI Models, Theories and Frameworks: Toward a Multidisciplinary Science*, Morgan Kaufmann Publishers, pp. 193-224.
- Perry, M., and Sanderson, D. (1998). Coordinating joint design work: the role of communication and artefacts. *Design Studies* 19 pp.273–288.
- Petersen, J. and Neilsen, M. (2001). "Analyzing maritime work domains," presented at the Conf. Cognitive Science Approaches Process Control, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, Germany, Sep., pp.24–26.
- Petroski, H. (2006). *Success through failure: The paradox of design*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Pew, R. W., and Mavor, A. S. (2007). *Human-system integration in the system development process: A new look*. Washington, DC: National Academies Press.
- Pfautz, J. and Roth, E. (2006). "Using Cognitive Engineering for System Design and Evaluation: A Visualization Aid for Stability and Support Operations," *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(5), pp.389-407.
- Plowman, L., Rogers, Y., and Ramage, M. (1995). *What Are Workplace Studies For?* Proceedings of ECSCW '95, Sweden: Kluwer.
- Potter, S. S., Elm, W. C., Roth, E. M., Gualtieri, J. W., and Easter, J. R. (2002). Using intermediate design artifacts to bridge the gap between cognitive analysis and cognitive engineering. In M. McNeese & M. A. Vidulich (Eds.), *Cognitive systems engineering in military aviation environments: Avoiding cogminutia fragmentosa*, pp. 137–168.
- Potter, S.S., Roth, E.M., Woods, D.D. and Elm, W.C. (2000). Bootstrapping multiple converging cognitive task analysis techniques for system design. In: Chipman, Shalin, Schraagen (Eds.), *Cognitive Task Analysis*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, pp. 317–340.
- PREECE, J., ROGERS, Y., SHARP, H., BENYON, D., HOLLAND, S. and CAREY, T. (1994). *Human- Computer Interaction: Concepts and Design*. Wokingham, UK: Addison-Wesley.
- Preece, J., Sharp, H. and Rogers, Y. (2002). *Interaction Design*. John Wiley & Sons.
- Prius, D. (2002). "Future trends in computerized operation," in Proc. IEEE 7th Conf. Human Factors and Power Plants, pp. 4-28–4-32.
- Randall, D., Rouncefield, M., and Hughes, J.A. (1995) *BPR and Ethnomethodologically Informed Ethnography in CSCW*, Proceedings of ECSCW '95, Sweden: Kluwer.
- Rasmussen, J. (1976). Outlines of a hybrid model of the process plant operator. In T. B. Sheridan & G. Johansen (Eds.), *Monitoring behavior and supervisory control* (pp. 371-383). New York: Plenum.
- Rasmussen, J. (1980). The human as a systems component. In H. T. Smith & T. R. G. Green (Eds.), *Human interaction with computers*, Academic Press, London: UK, pp. 67-96.
- Rasmussen, J. (1981). Models of mental strategies in process plant diagnosis. In J. Rasmussen & W. B. Rouse (Eds.), *Human detection and diagnosis of system failures*, Plenum, NY: New York, pp. 241-258.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 13, pp.257–266.
- Rasmussen, J. (1985). The role of hierarchical knowledge representation in decision making and system management. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 15, pp.234–243.
- Rasmussen, J. (1986). *Information Processing and Human Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*, North-Holland, New York.
- Rasmussen, J. (1989). Human error and the problem of causality in analysis of accidents. Invited paper for Royal Society meeting on Human Factors in High Risk Situations, 28-29 June, 1989, London, England.
- Rasmussen, J. (2000). Human factors in a dynamic information society: where are we heading? *Ergonomics* 43 (7), pp. 869–879.
- Rasmussen, J. and Goodstein, L. P. (1987). Decision support in supervisory control of high-risk industrial systems. *Automatica*, 23, pp.663-671.

-
- Rasmussen, J. and Vicente, K. J. (1989). "Coping with human errors through system design: Implications for ecological interface design," *Int. J. Man. Mach. Stud.*, vol. 31, no. 5, Nov., pp. 517–534.
- Rasmussen, J., Leplat, J. and Duncan, K. (1987). *New Technology and Human Error*, Eds., Wiley, London.
- Rasmussen, J., Pedersen, O. M., and Grønberg, C. D. (1985). "Evaluation of the use of advanced information technology (expert systems) for data base system development and emergency management in non-nuclear industries," Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, Rev. Rep. JRC-ISPRA RISØ-M-2639.
- Rasmussen, J., Pejtersen, A. M., and Goodstein, L. P. (1994). *Cognitive Systems Engineering*. New York: Wiley.
- Read, G.J.M., Salmon, P.M., Lenné, M.G., and Stanton, N.A. (2015). Designing sociotechnical systems with cognitive work analysis: putting theory back into practice, *Ergonomics*, Volume 58, Issue 5, 4 May, pp.822-851.
- Read, G.J.M., Salmon, P.M., Lenné, M.G. (2012). From work analysis to work design: A review of cognitive work analysis design applications, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 56th Annual Meeting, HFES 2012*; Boston, MA, United States, 22-26 October, Pages 368-372.
- Reason, J. (1990). *Human Error*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- Reason, J. (1995). A systems approach to organisational errors. *Ergonomics*, pp. 1708-1721.
- Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organisational Accidents*, Ashgate, Aldershot, UK.
- Reich, Y., Konda, S., L., Monarch, I., A., Levy, S., N., and Subrahmanian, E. (1996). Varieties and issues of participation and design. *Design Studies* 17(2), pp.165-180.
- Reising, D. C (2000). The Abstraction Hierarchy and its Extension Beyond Process Control. *Proceedings of the Joint Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society and the International Ergonomics Association (IEA2000/HFES2000)*. Santa Monica, CA: HFES. Vol 1, pp. 194-197.
- Reising, D.V. and Sanderson, P.M. (1998). Designing displays under ecological interface design: Towards operationalizing semantic mapping. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 42nd Annual Meeting*, pp.372-376.
- Reising, D.V. and Sanderson, P.M. (2002). "Ecological interface design for Pasteurizer II: A process description of semantic mapping," *Human Factors*, vol. 44, pp. 222–247.
- Rettig, M. (1994). Prototyping for Tiny Fingers. *Communications of the ACM*, 37(4), pp. 21-27.
- Rheingans, P. (2002). "Are We There Yet? Exploring with Dynamic Visualization," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 22, no. 1, Jan./Feb., pp. 6-10.
- Rhyne, T. M. (2009). Data, Information, and Knowledge in Visualization. *Visualization Viewpoints*. January/February, IEEE Computer Society, pp. 12-19.
- Rich, A. M., Wiegmann, D. A. and Overbye, T. J. (2001) *Visualization of Power Systems Data: A Human Factors Analysis*. University of Illinois Aviation Research Lab Technical Report ARL-01-05/PSERC-01-1.
- Richardson, Sandra M. (2005). Knowledge Management and the Design of Distributed Cognition Systems. In *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Ricks, R. W. (2004). An ecological display for robot teleoperation. Master's thesis, Brigham Young University, Provo, Utah, USA.
- Rinaldi, S.M., Peerenboom, J.P., and Kelly, T.K. (2001). Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*. December, pp. 11-25.
- Robert, G., Hockey, J. and Westerman, S. J.(1998). 'Commentary Advancing human factors involvement in engineering design: a bridge not far enough?', *Ergonomics*, 41: 2, pp.147 – 149.
- Robertson, M. (2001). Macroergonomics: A work system design perspective. *Proceedings of the SELF-ACE 2001 Conference – Ergonomics for changing work VOLUME 1*.
- Rogers, Yvonne & Ellis, Judi (1994). Distributed Cognition: an alternative framework for analysing and explaining collaborative working. *Journal of Information Technology*, 1994, vol 9 (2), p. 119-128.
- Rosas-Casals, M. (2010). Power Grids as Complex Networks. *Topology and Fragility.Complexity in Engineering*, IEEE Computer Society, pp. 21- 26.
- Rosen, R. (1991). *Life Itself: A Comprehensive Inquiry Into the Nature, Origin and Fabrication of Life*. Columbia University Press, New York, NY.
- Rosendal, D. and Ziprus, J. (2009). Development of navigational features in the Graphical User Interface of the control system ABB Network Manager. Master's Thesis in Computing Science, Umea University, Department of Computing Science, Sweden.
- Roth, E.M., and Patterson, E.S. (2005). Using observational study as a tool for discovery: uncovering cognitive and collaborative demands and adaptive strategies. In: Montgomery, H., Lipshitz, R., Brehmer, B. (Eds.), *How Professionals Make Decisions*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahweh, NJ.
- Roth, E.M., Mumaw, R.J. and Lewis, P.M. (1994). An Empirical Investigation of Operator Performance in Cognitively Demanding Simulated Emergencies, NUREG/CR-6208, U.S. Nuclear Regulatory Commission: Washington, DC.

- Rouncefield, M. (2011). Fieldwork, ethnography and ethnomethodology. In LSCITS Socio-Technical Systems Engineering Handbook. University of St Andrews., Chapter 8, pp.44-48.
- Rouse, W.B. (2003). Engineering complex systems: implications for research in systems engineering. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part C 33(2), pp.154–156.
- Rumelhart, D. E., and Norman, D. A. (1988). Representation in memory. In R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey, and R. D. Luce (Eds.), *Stevens' handbook of experimental psychology*. New York: Wiley.
- Rust, C. (2004). Design Enquiry: Tacit Knowledge and Invention in Science. *Design Issues: Volume 20, Number 4 Autumn*, pp. 76-85.
- Ryder, M. (2012). What is Activity Theory? Retrieved from http://carbon.ucdenver.edu/~mryder/itc/act_dff.html
- Säde, S. (1999). Representations of smart product concepts in user interface design. In P. JORDAN & W. S. GREEN, Eds. *Human Factors in Product Design*, pp. 64}72. London: Taylor& Francis.
- Salmon, P., Jenkins, D., Stanton, N. and Walker, G. (2010). Hierarchical task analysis vs. cognitive work analysis: comparison of theory, methodology and contribution to system design, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11:6, pp. 504-531.
- Salmon, P.M. (2016a). Bigger, bolder, better: methodological issues in ergonomics science, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 17:4, pp. 337-344.
- Salmon, P.M. (2016b). Bridging the gap between ergonomics methods research and practice: Methodological Issues in Ergonomics Science Part II, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 17:5-6, pp. 459-467.
- Salvendy, G. (1998). 'Commentary A response to John Dowell and John Long, 'Conception of the cognitive engineering design problem'', *Ergonomics*, 41: 2, pp.140 -142
- Sanderson, P. and Burns, C. (2017). Rasmussen and the boundaries of empirical evaluation. *Applied Ergonomics* 59, pp. 649-656.
- Sanderson, P., Naikar, N., Lintern, G., and Goss, S. (1999). Use of Cognitive Work Analysis across the system life cycle: Requirements to decommissioning. *Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*. Santa Monica, CA: HFES. pp 318-322.
- Sanderson, P., Wong, W., Choudhury, S., and Memisevic, R. (2003). Hydro Scheme Controller in a Deregulated Environment: Cognitive Work Models and Design Implications. *Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*, Santa Monica, CA.
- Sanquist, T. F., Minsk, B., and Parasuraman, R. (2008). Cognitive engineering in radiation screening for homeland security. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 2, pp. 204-219.
- Sansavini, G. (2016). Engineering Resilience in Critical Infrastructures. In: *Resource Guide on Resilience*. Lausanne: EPFL International Risk Governance Center. v29-07-2016.
- Sarter, N.B. Woods, D.D. and Billings, C.E. (1997). "Automation surprises," *Handbook of human factors/ergonomics*, 2nd edition, G.Salvendy (Editor), Wiley, New York,, pp. 1926–1943.
- Sarter, N.B. and Woods, D.D. (2000). Team play with a powerful independent agent: a full mission simulation study. *Human Factors*, 42, pp. 390–402.
- Sarter, N.B., and Schroeder, B. (2001). Supporting decision making and action selection under time pressure and uncertainty: the case of in-flight icing. *Human Factors*; 43, pp.573–83.
- Sawaragi T, Shiose T, Akashi G (2000) Foundations for designing an ecological interface for mobile robot teleoperation. *Robotics and Autonomous Systems* 31:193–207
- Scacchi, W. (2004). Socio-technical design. In W. S. Bainbridge (Ed.), *The encyclopedia of human-computer interaction* (pp. 656-659). Great Barrington, MA: Berkshire Publishing Group.
- Schrage, M. (1996). *Cultures of Prototyping. Bringing Design to Software* (ed. T. Winograd). USA: ACM Press. pp. 191-205.
- Schuler, D. and Namioka, A. (1993). *Participatory design: Principles and practices*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Scott, R., Roth, E. M., Deutsch, S.E., Malchiodi, E., Kazmierczak, T. E., Eggleston, R.G., Kuper, S.R., and Whitaker, R.D. (2005). "Work-Centered Support Systems: A Human-Centered Approach to Intelligent System Design," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 20, no. 2, Mar./Apr, pp. 73-81.
- Scott, S., Grant, K., and Mandryk, R. (2003). *System Guidelines for Co-located, Collaborative Work on a Tabletop Display*.
- Seidler, K.S. and Wickens, C. (1992). Distance and Organization in multifunction displays. *Human Factors* v. 34 (October) pp. 555-69.
- Selim, E. and Maurer, F. (2010). eGrid Prototype. University of Calgary, in collaboration with TRILabs and Dextrus Prosoft.
- SEPE (2016). Προειδοποιούν για «χειμάρρο βλαβών» από ψηφιακές επιθέσεις σε έξυπνα δίκτυα ενέργειας, Πηγή: sepe.gr, 05/02/2016

-
- SevOrg (2016). <http://www.sev.org.gr/grafeio-typou/ta-nea-ton-melon-mas/deddie-a-e-diacheiristis-ellinikou-diktyou-dianomis-ilektrikis-energeias/>
- Shapiro, D. (1993). *Interdisciplinary Design*, Proceedings of IRIS 16, Computer Science Dept: University of Copenhagen.
- Shapiro, D. (1994). *The Limits of Ethnography*, Proceedings of CSCW '94, Chapel Hill, NC: ACM Press.
- Sharp, H. (2016). The Role of Ethnographic Studies in Empirical Software Engineering. *IEEE TRANSACTIONS ON SOFTWARE ENGINEERING*, VOL. 42, NO. 8, AUGUST, PP.786 – 804.
- Sharples, M., Jeffery, N., du Boulay, J. B. H., Teather, D., Teather, B., and du Boulay, G. H. (2002). *Socio-Cognitive Engineering: A Methodology for the Design of Human-Centred Technology*. *European Journal of Operational Research*, 132(2), pp. 310-323.
- Sheridan, T., and Verplanck, W. (1978). *Human and computer control of undersea teleoperators* (Technical Report). Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, Man-Machine Systems Laboratory.
- Shinohara, J., Kozakai, I., Kunugi, M., Nagata, J. and Saito, H. (2000). Knowledge-based behavior interface: its application to power network restoration support system. In *Power System Restoration*, edited by M. Adibi, IEEE Series on Power engineering, pp. 627-633.
- SHNEIDERMAN, B. (1998). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, 3rd ed. Reading MA: Addison Wesley.
- Shorrock, S. and Williams, C. (2016) *Human factors and ergonomics methods in practice: three fundamental constraints*, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 17:5-6, pp. 468-482.
- Simon, H. A. (1969). *The Sciences of the Artificial*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Simonsen J., and Hertzum M. (2008). Participative design and the challenges of large scale systems: extending the iterative CP approach. *Proceedings of the Tenth Anniversary Conference on Participatory Design* Bloomington, Indiana, p.1-10.
- Simonsen, J., and Kensing, F. (1994). *Take Users Seriously, But Take a Deeper Look*, Proceedings PDC '96, Chapel Hill, NC: CPSR.
- Simonsen, J., and Robertson, T. (2013). *Routledge International Handbook of Participatory Design*. London: Routledge.
- Skřehot, P., Marek, J., and Houser, F. (2017). Ergonomic aspects in control rooms, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 18:1, pp. 46-58.
- Sloman, I.G. and Benedicenti, L. (2005). *Displaying the state of an electric system: a preliminary study*. *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, Issue Date: 1-4 May. pp. 861 – 864.
- Smith, G.F. (1989). Representational effects on the solving of an unstructured decision problem. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*;SMC-19:1083–90.
- Smith, M.J., and Carayon, P. (1995). New technology, automation, and work organization: stress problems and improved technology implementation strategies. *Int. J. Hum. Factors Manuf.* 5 (1), pp.99–116.
- Smith, R.C., Bossen, C. and Kanstrup, A.M. (2017). Participatory design in an era of participation, *CoDesign*, 13:2, pp.65-69.
- Soonee, S., Kumar, D., Saxena, S., and Kumar, S. (2006). *Visualization and Human Factors in Electric Power System Operation*. Proceedings of ICPSODR, Dept. of Electrical Engineering, ITBHU.
- Speier, C., Vessey, I., and Valacich, J.S. (2003). The effects of interruptions, task complexity, and information presentation on computer supported decision-making performance. *Decis Sci* 34(4), pp.771–797.
- Stanton, N. (2016). Distributed situation awareness, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 17:1, pp. 1-7.
- STANTON, N. A.& YOUNG, M. S. (1999). *A Guide to Methodology in Ergonomics*. London: Taylor & Francis.
- Stassen, H.G., Johannsen, G. and Moray, N. (1990). Internal Representation, Internal Model, Human Performance Model and Mental Workload, *Automatica* 26 4., pp.811–820.
- Staszewski, J. (2004). Models of expertise as blueprints cognitive engineering: Applications to landmine detection, *Proc 48th Annu Meeting Hum Factors Ergonom Soc.*, Vol. 48, pp. 458–462.
- St-Cyr, O., Jamieson, G. and Vicente, K. (2013). "Ecological Interface Design and Sensor Noise," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 71, no. 11, pp. 1056–1068.
- Stevens-Adams, S., Cole, K., Haass, M., Warrender, C., Jeffers, R., Burnham, L., and Forsythe, C. (2015). Situation awareness and automation in the electric grid control room. *Procedia Manufacturing* 3, pp. 5277 – 5284.
- Su, R. and Yurcik, W. (2005). *A Survey and Comparison of Human Monitoring of Complex Networks*, National Enter for Computing Applications (NCSA), Champaign, IL.
- Suchman, L. (1987). *Plans and situated actions*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sun, Y. and Overbye, T. (2004). Visualizations for power system contingency analysis data. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS*, VOL. 19, NO. 4, NOVEMBER, pp. 1859 – 1866.
- Svenmarck, P., Lif, P., Jander, H., and Borgvall, J. (2005). *Studies of manned- unmanned teaming using cognitive systems engineering: An interim report*.

- Tam, E.K. (1998). "A Low-Cost PC-Oriented Virtual Environment for Operator Training, IEEE. Trans. on Power Systems, vol. 13, pp. 829-835, August.
- Tan, D.S. (2004) Exploiting the cognitive and social benefits of physically large displays. School of Computer Science, Pittsburgh, USA.
- Teeni D.(2001). Review: a cognitive-affective model of organizational communication for designing IT. MIS Q;25(2), pp.251–312.
- Thomas, J.C. and Kellogg, W. A. (1989). "Minimizing Ecological Gaps in Interface Design", IEEE Software, Volume 6, Issue 1, pp. 78 – 86.
- Tolone, W.J., Wilson, D., Raja, A., Xiang, W., Hao, H., Phelps, S., and Johnson, .W. (2004). "Critical Infrastructure Integration Modelling and Simulation", in Intelligence and Security Informatics, Springer Berlin /Heidelberg, 3073, pp. 214-225.
- Toner, P. (2012). Electricity Privatisation in Australia. Electricity Network Regulatory Frameworks Productivity Commission Draft Report, October.
- Tory, M. and Moller, T. (2004). Human Factors in Visualization Research. IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS, VOL. 10, NO. 1, JANUARY/FEBRUARY.
- U.S. Department of Energy (2000). "Interim Report of the U.S. Department of Energy's Power Outage Study Team," January ; available on-line at <http://www.eh.doe.gov/post/interim.pdf>
- U.S. Department of Energy (2004a). "Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations," April.
- U.S. Department of Energy (2004b). The August 14th 2003 Blackout One Year Later: Actions Taken in the United States and Canada to Reduce Blackout Risk," U.S. Department of Energy, August 2004.
- UCTE (2003). "Interim Report of The Investigation Committee on the 28 September 2003 Blackout in Italy", Press Release, Union for the Coordination of Transmission of Electricity, Brussels, Belgium, October 3, Available at <http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/medienmitteilungen/mm061220-03/82.pdf>
- UCTE (2004). "Final Report of the Investigation Committee on the 28 September 2003 Blackout in Italy," UCTE, April.
- UCTE (2005). Operational handbook, www.ucte.org
- UCTE (2006). UCTE- P5 – Policy 5: Emergency Operations, v.1.0 final policy, UCTE Steering Committee.
- UCTE (2007). Final report on system disturbance on 4 November 2006, Paris.
- Upton, C., and Doherty, G. (2006). Visual Representation of Complex Information Structures in High Volume Manufacturing. IFIP Conference on Human Work Interaction Design, Madeira, Portugal, Springer. pp.45-63.
- Vakil, S. S., and Hansman, R. J. (2002). Approaches to mitigating complexity-driven issues in commercial autoflight systems. Reliability Engineering and System Safety, 75, pp.133-145.
- Van Dam, S.B.J., Mulder, M., and van Paassen, M. M. (2008). Ecological Interface Design of a Tactical Airborne Separation Assistance Tool. IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART A: SYSTEMS AND HUMANS, VOL. 38, NO. 6, NOVEMBER, pp.1221-1233.
- Van den Bogaard, A., and Swuste, P. (2006). Safety: technology and behavior? In: Verbeek, P.-P., Slob, A. (Eds.), User Behavior and Technology Development: Shaping Sustainable Relations Between Consumers and Technology, pp.21–31.
- Veland, Ø. and Eikås, M. (2007). A novel design for an ultra-large screen display for industrial process control. In: Dainoff, M.J. (Ed.) Ergonomics and Health Aspects, HCI International 2007, LCNS 4566. Berlin: Springer, pp. 349–358.
- Vicente, K.J. (1991). Supporting knowledge-based behaviour through ecological interface design. Doctoral Dissertation, University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Vicente, K.J. (1992). Memory recall in a process control system: A measure of expertise and display effectiveness. Memory and Cognition, 20, pp. 356-373.
- Vicente, K.J. (1995). "Task analysis, cognitive task analysis, cognitive work analysis: What's the difference?," Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th Annual Meeting, pp. 534-537.
- Vicente, K.J. (1999). Cognitive Work Analysis. LEA, Mahwah, NJ.
- Vicente, K.J. (2002). Ecological interface design: progress and challenges. Human Factors Spring, vol. 44 (No 1), pp.62–78.
- Vicente, K.J. (2002). From patients to politicians: a cognitive engineering view of patient safety. Qual Saf in Health Care, 11, pp.302–304.
- Vicente, K.J. (2006). 'Cognitive engineering: a theoretical framework and three case studies', Int. J. Industrial and Systems Engineering, Vol. 1, Nos. 1–2, pp.168–181.
- Vicente, K. J. and Rasmussen, J. (1990). "The ecology of human-machine systems II: Mediating "direct perception" in complex work domains," Ecol. Psychol., vol. 2, pp. 207–249.

-
- Vicente, K. J. and Rasmussen, J. (1992). "Ecological interface design: Theoretical foundations," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. SMC-22, pp. 589–606.
- Viller, S., and Sommerville, I. (2000). Ethnographically informed analysis for software engineers. *International Journal of Human-Computer Studies* 53, pp. 169–196.
- Volpert, W. (1982). The Model of the Hierarchical- Sequential Organization of Action. In Hacker, W., Volpert, W., and von Cranach, M. (Eds.) *Cognitive and Motivational Aspects of Action*. North Holland, Amsterdam, pp. 35-51.
- Voropai, N. and Hammons, T. (2008a). Analysis of Blackout Development Mechanisms in Electric Power Systems. *IEEE PES General Meeting, July 20-24 2008, Pittsburgh, PA, USA, Paper 08GM0656*.
- Voropai, N. and Hammons, T. (2008b). Blackouts: Remedial Measures and Restoration Practices – Asian and Australian Experience. *IEEE PES General Meeting, July 20-24, Pittsburgh, PA, USA*.
- Vyas, D. (2013). Ethnographic notes on visualization practices in tissue engineering research. *Cogn Tech Work*, 15, pp.373–388.
- Wakkary, R. (2007). A Participatory Design Understanding of Interaction Design. *Science of Design Workshop WS#18, CHI2007, San Jose, CA*.
- Ware, C. (2004). *Information Visualization: Perception for Design*. (2nd Ed.), Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA (1st Ed. 2000).
- Wartofsky, M.W. (1973). Perception, representation, and the forms of action: toward an historical epistemology. In *Models*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1979, pp. 188-210.
- Waterson, P.E., Older Gray, M.T., and Clegg, C.W. (2002). A sociotechnical method for designing work systems. *Human Factors* 44 (3), 376–391.
- Watson, M., and Sanderson, P. (2007). Designing for attention with sound: challenges and extensions to ecological interface design. *Human Factors* vol. 49 (No. 2), April, pp. 331–346.
- Watson, M., Russell, W. J., and Sanderson, P. (2000). Anaesthesia monitoring, alarm proliferation, and ecological interface design. *Australian Journal of Information Systems*, 7(2), 109-114.
- Weber, D. & Overbye, T. J. (2000). "Voltage contours for power system visualization," *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. PWRS-15, pp. 404-409.
- Weick, K.E., Sutcliffe, K.M., 2001. *Managing the Unexpected: Assuring High Performance in an Age of Complexity*. Jossey-Bass, San Francisco, CA.
- Weinmann, Svenja (2007). Cognitive Artifacts in Refrigeration System Configuration? *Proceedings of SIDEr 2007, March 8-9, Ronneby, Sweden. Proceedings of Scandinavian Student Interaction. Design Research Conference 2007*.
- Wengren, J., Ericson, A., and Nergård, H. (2014). Prototyping - cognition while doing. *5th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications, November 5-7, pp. 511-514*.
- Wentink, M., Stassen, L.P.S., Alwayn, I., Hosman, R.J.A.W., and Stassen, H.G. (2003). Rasmussen's model of human behavior in laparoscopy training. *Surgical Endoscopy* vol. 17, pp.1241–1246.
- Wickens, C. D. (1992). *Engineering Psychology and Human Performance*. (2nd ed.). New York: Harper Collins.
- Wickens, C. D. and Andre, A. D. (1990). Proximity compatibility and information display: Effects of color, space, and objectness on information integration. *Human Factors*, 32[1], pp. 61-77.
- Wickens, C. D. and Carswell, C. M. (1995). The Proximity compatibility principle: Its psychological foundation and relevance to display design. *Human Factors*, 37[3], pp. 473- 494.
- Wickens, C.D., and Hollands, J.G. (2000). *Engineering Psychology and Human Performance*, third ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Wiegmann, D.A., Essenberg, G.R., Overbye, T.J., and Sun, Y. (2005). "Human factor aspects of power system flow animation," *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. PWRS-20, August, pp. 1233-1240.
- Wiegmann, W. D. A., Overbye, T. J., Hoppe, S. M., Essenberg, G. R., and Sun., Y. (2006). "Human factors aspects of three-dimensional visualization of power system information," in *Proc. IEEE General Meeting, Montreal, Quebec, June 18-22*.
- Williams, R. (2003). Education for the Profession Formerly Known as Engineering, *For Engineering Educators magazine, CREE, University of Cape Town, Vol 7(1)*.
- Williams, R., and Edge, D. (1996). The social shaping of technology. *Research Policy*, 25, pp.856-899.
- Wilson, A., Humphrey, C., and Adams, J. (2005). Cognitive and ecological techniques compared for weapons of mass destruction scenario. Retrieved from <http://ariwilson.com/Documents/methodologyWMD.pdf>
- Wilson, J. R. (2000). Fundamentals of ergonomics in theory and practice, *Applied Ergonomics* 31, pp. 557-567.
- Wilson, J.R. (2014). Fundamentals of systems ergonomics/human factors. *Applied Ergonomics* 45, pp.5-13.
- Wilson, S., Galliers, J., and Fone, J. (2007). Cognitive Artifacts in Support of Medical Shift Handover: An In Use, In Situ Evaluation, *INTERNATIONAL JOURNAL OF HUMAN-COMPUTER INTERACTION*, 22(1 & 2), pp. 59–80.
- Winograd, T. and Flores, F. (1986). *Understanding Computers and Cognition* (New York: Addison Wesley).

- Wisner, A. (1984). Ergonomics or Anthropotechnology: A limited or Branch Approach in Technology Transfer. In: Shahnavaz, H. and Babri, H. (Eds.), *Ergonomics in Developing Countries*, CEDC, Luleå University Press, Sweden.
- Wisniewski, M. (1994). *Quantitative Methods for Decision Makers*, Pitman, London.
- Wito, S. (2001). The Changing Shape of the UK Electricity Supply Industry. IPA Energy Consulting, March, Issue 1.
- Witt, O., Grandt, M., and Küttelwesch, H. (2009): Direct Perception Displays for Military Radar-based Air Surveillance. In: *Engin. Psychol. And Cog. Ergonomics, HCI 2009, LNAI 5639 proceedings*, pp. 606-615.
- Wittgenstein, L. (1967). *Zettel*, Oxford: Basil Blackwell. <http://cogprints.org/3540/>
- Wong, W., Sallis, P., and O'Hare, D. (1998). The ecological approach to interface design: Applying the abstraction hierarchy to intentional domains. In *Proceedings of the Australasian Conference on Computer Human Interaction*, page 144. IEEE Computer Society.
- Wong, B.L.W. (1999). The cognitive engineering–design gap. In *Proceedings of the Ninth Australian Conference on Computer–Human Interaction OzCHI'99*, Charles Sturt University, Australia, pp. 196–198.
- Wong, P., Schneider, K., Machev, P., Foote, H., Chin, G., Guttromson, R., & Thomas, J. (2009). A novel visualization technique for electric power grid analytics. *IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS*, VOL. 15, NO. 3, MAY/JUNE, pp. 410-423.
- Woods, D.D. (1984). Visual momentum: A concept to improve the cognitive coupling of person and computer, *Int J Man-Machine Stud* 21(3), pp.229–244.
- Woods, D. D. (1998). Commentary Designs are hypotheses about how artifacts shape cognition and collaboration, *Ergonomics*, 41: 2, pp.168 –173.
- Woods, D.D. (2006). Essential characteristics of resilience. In: Hollnagel, E., Woods, D.D., Leveson, N. (Eds.), *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Ashgate, Aldershot, UK, pp. 69–76.
- Woods, D. D., and Dekker, S. W. A. (2000). Anticipating the effects of technological change: a new era of dynamics for human factors. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 1(3), pp. 272-282.
- Woods, D. D., and Hollnagel, E. (2006). *Joint cognitive systems: Patterns in cognitive systems engineering*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Woods, D. D. and Roth, E. M. (1988). Cognitive systems engineering, in M. Helander (ed.), *Handbook of Human Computer Interaction* (Amsterdam: Elsevier North-Holland) pp. 3 ±43.
- Woods, D. D. and Roth, E. M. (1988 b). "Cognitive Engineering: Human Problem Solving with Tools," *Human Factors* 30, 415-430).
- Woods, D.D., Johannesen, L., Cook, R.I. and Sarter, N.B. (1994). Behind human error: Cognitive systems, computers, and hindsight (Report). Crew Systems Ergonomic Information and Analysis Center, Dayton, OH.
- Yamaguchi, Y. and Tanabe, F. (2000). "Creation of interface system for nuclear reactor operation—Practical implication of implementing EID concept on a large complex system," in *Proc. XIVth Triennial Congr. Int. Ergonomics Assoc. 44th Annu. Meeting Human Factors and Ergonomics Soc.*, pp. 571–574.
- Yang, S. (2009). An Overview of Earthquake Mitigation of Urban Power Systems, *Proceedings of ICEE*, Shenyang, China, July.
- Yokoyama, A., Shimada, N., Takahashi, K. and Sekine, Y. (1997). "Visualization of unstable or poorly damped phenomena of Large-scale power systems". Panel Session on visualization of power systems, ISAP'97, Seoul.
- Zachary, W. Neville, K., Fowlkes, J. and Hoffman, R.R. (2007). Human total cost of ownership: The penny foolish principle at work, *IEEE Intell Sys* (March/April), 22–26.
- Zahra, S. and George, G. (2002), "Absorptive capacity: a review and reconceptualization, and extension", *Academy of Management Review*, Vol. 27 No. 2, pp. 185-203.
- Zhang, J., Patel, V.L., Johnson, T.R., and Shortliffe, E.H. (2004). A cognitive taxonomy of medical errors. *Journal of Biomedical Informatics*, 37, pp. 193-204.
- Zink, K. (2000). Ergonomics in the past and the future: from a German perspective to an international one, *Ergonomics* 43 (7), pp. 920–930.
- Zins, C. (2007). "Conceptual Approaches for Defining Data, Information, and Knowledge" (PDF). *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (Wiley Periodicals, Inc.) 58 (4), pp.479–493.
- ΔΕΔΔΗΕ (2012). ΑΠΟΣΠΑΣΜΑΤΑ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΤΗΣ 9ης/5.7.2012 ΣΥΝΕΔΡΙΑΣΗΣ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ ΑΠΟΣΠΑΣΜΑΤΑ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ, <http://www.deddie.gr/Default.aspx?id=59617&nt=18&lang=1>
- Δριβάλου, Σ. (2002). Ιεραρχία Αφαιρετικής Διάσπασης – Τομείς Διαχείρισης Δικτύου Διανομής 20kV. Έκθεση Αποτελεσμάτων.
- Δριβάλου, Σ. (2006). Σχεδιασμός Διαμεσολαβητή Αυξημένης Ευχρηστίας για ένα Παραγωγικό Σύστημα. Εσπερίδα: «Εργονομία και Ποιότητα Χρήσης Πληροφοριακών Συστημάτων», Συνδιοργάνωση: ΙΔΥΠ-ΠΥ, ΕΙΠ, ΕΕΔΕ & ΕΕΕ, 14 Νοεμβρίου, Συνεδριακό Κέντρο ΕΕΔΕ, Αθήνα
- Δριβάλου, Σ. (2010). Μικρο- και Μάκρο- εργονομική προσέγγιση της εργασίας σε κρίσιμες υποδομές. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο για την Υγεία & Ασφάλεια στην Εργασία, 29-30 Νοεμβρίου, Αθήνα.

-
- ΕΜΥ (2007). «Εθνική Πολιτική Εκτίμησης και Διαχείρισης Κινδύνων από τον Καιρό και το Κλίμα», Ι. Παπαγεωργίου, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.
- ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ (1998). «Ρεύμα με το σταγονόμετρο», Φύλλο 23.835, 27 Μαρτίου.
- ΠΣΔΜΗ (2004). Δελτίο πανελληνίου Συλλόγου Διπλωματούχων Μηχανολόγων–Ηλεκτρολόγων. Blackout της 12-07-2004. Τεύχος 369. Ιούλιος - Αύγουστος 2004.
- ΡΑΕ (2004). Επιτροπή για τα αίτια της διακοπής παροχής ηλεκτρικού ρεύματος στις 12/07/2004, Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, Πόρισμα.
- ΡΑΕ (2012). ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΑΙ ΕΦΕΔΡΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΙV, ΚΕΦΑΛΑΙΟ 23, ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ, σ. 113-136.
- ΤΟ ΒΗΜΑ (2016). ΔΕΗ: Προχωρά ο διαγωνισμός για τους έξυπνους μετρητές, tonima.gr, 18/07/2016.
- Χρυσολωρά, Ε. (2004). «Ιδιωτική παραγωγή ρεύματος και μπλακάουτ, Η άλλη όψη», ΤΑ ΝΕΑ, 15/7/2004.