



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΑΣΙΛΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Επιβλέπων : Ασκούνης Δημήτριος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2015



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΤΩΝ
ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ
ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΑΣΙΛΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Επιβλέπων : Ασκούνης Δημήτριος

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20^η Ιουλίου 2015.

.....
Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Βασίλειος Ασημακόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2015

.....
ΒΑΣΙΛΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © ΒΑΣΙΛΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, 2015
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Δημήτριο Ασκούνη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κάνοντας δεκτό το αίτημά μου για την υλοποίηση της Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας μου, υπό την επίβλεψή του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω για στην υποψήφια διδάκτορα Ουρανία Μαρκάκη, της οποίας τόσο η καθοδήγηση όσο και η βοήθεια που μου προσέφερε ήταν καθοριστική για την ολοκλήρωση της Εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υποστήριξη και συμπαράσταση που μου πρόσφερε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, αλλά και τους φίλους μου και συμφοιτητές μου για τη στήριξη και κατανόηση που μου έδειξαν.

Περίληψη

Το σύγχρονο και ιδιαίτερα ανταγωνιστικό και απαιτητικό επιχειρηματικό περιβάλλον θέτει τις επιχειρήσεις αντιμέτωπες με σημαντικές προκλήσεις. Προκειμένου, να ανταποκριθούν στις προκλήσεις αυτές, οι επιχειρήσεις αναζητούν τις πλέον κατάλληλες στρατηγικές, με αποτέλεσμα σταδιακά να αναδύονται νέα επιχειρηματικά μοντέλα. Ένα τέτοιο επιχειρηματικό μοντέλο είναι τα «Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής», τα οποία ουσιαστικά είναι συνεργατικά δίκτυα επιχειρήσεων, που σχηματίζονται δυναμικά, με σκοπό την από κοινού σχεδίαση και παραγωγή προϊόντων. Η ένταξη όμως των επιχειρήσεων σε δίκτυα αυτής της μορφής ενέχει και κινδύνους τόσο για τις ίδιες τις επιχειρήσεις όσο και για τα ίδια τα δίκτυα στο σύνολό τους.

Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τη διερεύνηση και τη μοντελοποίηση των κινδύνων των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής. Μέσω βιβλιογραφικής έρευνας, προέκυψαν οι παράγοντες που επηρεάζουν τους συγκεκριμένους κινδύνους, καθώς επίσης και οι σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ τους. Χρησιμοποιήθηκαν μεθοδολογίες από τη θεωρία της πολυκριτηριακής ανάλυσης για να προσδιορισθούν οι βαθμοί των συγκεκριμένων αλληλεπιδράσεων. Με τη χρήση της ασαφούς λογικής και ιδιαίτερα των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων, κατασκευάστηκε ο Ασαφής Γνωστικός Χάρτης που περιγράφει τους κινδύνους των συγκεκριμένων δικτύων. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε προσομοίωση του μοντέλου σε προγραμματιστικό περιβάλλον MATLAB. Τέλος, πραγματοποιήθηκε ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την προσομοίωση, εξάχθηκαν τα σχετικά συμπεράσματα και διατυπώθηκαν εκφράσεις για περαιτέρω έρευνα και μελέτη με βάση τη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία.

Λέξεις Κλειδιά: Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής, Ασαφής Λογική, Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες, Ασαφείς Γκρι Γνωστικοί Χάρτες, Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία, Προσθετική Συνάρτηση Αξίας

Abstract

The modern and highly competitive and demanding business environment poses significant challenges for businesses. In order to respond to these challenges, businesses search for appropriate strategies, a fact which gradually gives rise to new business models. Such a business model are as well the so-called “Dynamic Manufacturing Networks”, which, in short, are collaborative business networks that form dynamically in order to jointly design and produce products. Yet, entering a “Dynamic Manufacturing Network” might involve risks for both the single enterprise itself and for the network as a whole.

More specifically, this thesis deals with the exploration and modeling of the risks of Dynamic Manufacturing Networks. Through literature research, the factors that affect these risks were highlighted, as well as the interrelationships between them. In order to determine the degrees of these interactions, methodologies from the multi-criteria analysis were used. Using fuzzy logic, we built the Fuzzy Cognitive Map that describes the risks of these networks. To simulate the model that was built, we developed an algorithm in the interactive programming environment of MATLAB. Finally, the results that were obtained from the simulation, were analyzed, some conclusions were reached and suggestions for further research based on this thesis were made.

Keywords: Dynamic Manufacturing Networks, Fuzzy Logic, Fuzzy Cognitive Maps, Fuzzy Grey Cognitive Maps, Analytic Hierarchy Process, Additive Value Function

Πίνακας Περιεχομένων


1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1	Εισαγωγή.....	10
1.2	Το Πρόβλημα	11
1.3	Στάδια της Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας.....	12
2	ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	13
2.1	Περιγραφή των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής	13
2.1.1	Χαρακτηριστικά και Πλεονεκτήματα των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής 14	
2.1.2	Πλεονεκτήματα των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής	16
2.1.3	Κίνδυνοι και Ρίσκα των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής	18
2.1.4	Κύκλος Ζωής ενός Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής.....	19
2.2	Αιτιώδης Χαρτογράφηση των Πλεονεκτημάτων των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής.....	22
2.2.1	Έννοιες και Μεταβλητές.....	22
2.2.2	Βασικοί Δείκτες Απόδοσης.....	28
2.3	Μοντελοποίηση των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής μέσω Γνωστικών Χαρτών	29
2.3.1	Εισαγωγή στους Γνωστικούς Χάρτες.....	30
2.3.2	Γνωστικές Απεικονίσεις.....	31
3	ΑΣΑΦΗ ΓΝΩΣΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (FCMs).....	35
3.1	Περιγραφή των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων	36
3.1.1	Μεθοδολογία για την Ανάπτυξη των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων	38
3.1.2	Μαθηματικό Μοντέλο	39
3.1.3	Περιγραφή της διαδικασίας προσομοίωσης των αλληλεπιδράσεων των κόμβων του ΑΓΔ	41
3.1.4	Ασαφή Χρονικά Γνωστικά Δίκτυα	43
3.2	Μέθοδοι Υπολογισμού του Πίνακα Βαρών.....	44
3.2.1	Προσδιορισμός του πίνακα βαρών του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου με χρήση λεκτικών μεταβλητών	44
3.2.2	Προσδιορισμός της τιμής του πίνακα βάρους διασύνδεσης από το αποτέλεσμα ενός λεκτικού κανόνα	47
3.2.3	Υπολογισμός συνάρτησης για το βάρος μιας διασύνδεσης από τη περιγραφή της σχέσης μεταξύ των μεταβλητών των κόμβων.....	49
3.2.4	Αλγόριθμοι Εκμάθησης	52
3.2.5	Πλεονεκτήματα των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων.....	54
3.3	Ασαφή Γκρι Γνωστικά Δίκτυα (FGCMs)	54
3.3.1	Θεωρία Γκρι Συστημάτων (Grey Systems Theory)	55
3.3.2	Γκρι θεωρία.....	56
3.3.3	Ασαφή Γκρι Γνωστικοί Χάρτες	57
3.3.4	Διαφορές ανάμεσα σε Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα & Ασαφή Γκρι Γνωστικά Δίκτυα 59	
3.4	Προσέγγιση των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων για Λήψη Αποφάσεων σε Εφαρμογές Σχεδιασμού	61
4	Ανάπτυξη Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου για τους Κινδύνους των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής	66
4.1	Παράγοντες και Αλληλεξαρτήσεις που περιγράφουν τους Κινδύνους των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής	66
4.1.1	Διερεύνηση των παραγόντων που αλληλεπιδρούν με τους κινδύνους των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής.....	67

4.1.2	Σχεδίαση του Γνωστικού Χάρτη των Κινδύνων των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής.....	74
4.2	Προσδιορισμός του Πίνακα Βαρών	76
4.2.1	Θεωρία και Εφαρμογή της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας	78
4.2.2	Θεωρία και Εφαρμογή της Προσθετικής Συνάρτησης Αξίας	83
4.2.3	Τελικοί Πίνακες Βαρών.....	87
4.3	Μοντελοποίηση των Κινδύνων των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής με χρήση του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου.....	92
4.3.1	Ορισμός Αρχικού Διανύσματος.....	92
4.3.2	Εφαρμογή της Διαδικασίας Προσομοίωσης του εργαλείου των ΑΓΔ.....	95
5	Σ ΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ	101
5.1	Συμπεράσματα.....	101
5.2	Μελλοντική Έρευνα	103
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	106
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	110

Πίνακες

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ [20].....	42
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: ΟΙ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΤΟΥ ΓΝΩΣΤΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ [28]	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3: ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΕΙΤΝΙΑΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΣΑΦΟΥΣ ΓΝΩΣΤΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΤΩΝ ΔΔΠ.....	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟΥΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥΣ ΤΩΝ ΔΔΠ	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3 ΚΟΜΒΟΙ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ ΤΟ ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΧΑΡΤΗ.....	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 ΣΧΕΣΕΙΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΤΟΥ ΓΝΩΣΤΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ.....	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5 ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΤΩΝ 13 ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6 ΜΕΣΟΣ ΤΥΧΑΙΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΝΟΧΗΣ	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7 ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΓΚΡΙΣΕΩΝ ΑΝΑ ΖΕΥΓΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΗΡ	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8 ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΑΝΑ ΖΕΥΓΗ ΤΩΝ 6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΗΡ ΜΕΤΑ ΤΗΝ 1Η ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ.....	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10 ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗ ΚΛΙΜΑΚΑ [0,1]	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11 ΤΕΛΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΡΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΗΡ.....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.12 ΤΕΛΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΡΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ AVF	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 1ΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 2ΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	97

Σχήματα

ΣΧΗΜΑ 2.1: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΔΔΠ [2].....	21
ΣΧΗΜΑ 2.2: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ.....	32
ΣΧΗΜΑ 2.3: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ	33
ΣΧΗΜΑ 2.4: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ.....	34
ΣΧΗΜΑ 3.1: ΑΣΑΦΗΣ ΓΝΩΣΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ.....	38
ΣΧΗΜΑ 3.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΤΩΝ ΑΓΔ [14].....	43
ΣΧΗΜΑ 3.3: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΛΕΚΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ [20].....	46
ΣΧΗΜΑ 3.4: ΑΘΡΟΙΣΗ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΛΕΚΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ [25]	49
ΣΧΗΜΑ 3.5: ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΣΟΥΚΑΜΟΤΟ [20]	51
ΣΧΗΜΑ 3.6: ΑΣΑΦΗΣ ΓΚΡΙ ΓΝΩΣΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ [37]	57
 ΣΧΗΜΑ 3.7 ΓΚΡΙ ΑΡΙΘΜΟΣ G ΜΕ ΤΙΜΗΣ ΒΑΣΗΣ A ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ/ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΔΟΝΗΣΗ.....	58
ΣΧΗΜΑ 3.8: ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΙΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΑΓΓΔ ΚΑΙ ΑΓΔ [37]	60
ΣΧΗΜΑ 3.9 ΑΓΔ ΠΟΥ ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΙ ΤΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΤΑΙΡΕΙΑ.....	62
ΣΧΗΜΑ 3.10: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ [28].....	64
ΣΧΗΜΑ 4.1 ΓΝΩΣΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΤΩΝ ΔΔΠ	76
ΣΧΗΜΑ 4.2 ΑΣΑΦΗΣ ΓΝΩΣΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΤΩΝ ΔΔΠ.....	78
ΣΧΗΜΑ 4.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ.....	79
ΣΧΗΜΑ 4.4 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΟΛΙΚΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕ ΟΛΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	84
ΣΧΗΜΑ 4.5 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ 1ΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	98
ΣΧΗΜΑ 4.6 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ 2ΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	99
ΣΧΗΜΑ Α.1 ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ	110
ΣΧΗΜΑ Α.2 ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΚΟΥ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΑ ΒΑΡΩΝ	110
ΣΧΗΜΑ Α.3 ΕΥΡΕΣΗ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗΝ 1Η ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	111
ΣΧΗΜΑ Α.4 ΕΥΡΕΣΗ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ "ΓΚΡΙ" ΚΟΜΒΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗΝ 1Η ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	111
ΣΧΗΜΑ Α.5 ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ "ΤΕΛΙΚΗΣ - ΑΡΧΙΚΗΣ" ΤΙΜΗΣ ΤΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΕΞΟΔΟΥ.....	111
ΣΧΗΜΑ Α.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ "WHILE LOOP"	112

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή

Στη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, μία σειρά καθοριστικών παραγόντων, όπως η συνεχιζόμενη και μάλιστα με εντεινόμενο ρυθμό παγκοσμιοποίηση, η ιλιγγιώδης τεχνολογική πρόοδος σε πολλούς τομείς, αλλά ιδίως στους τομείς της πληροφορικής και των επικοινωνιών, καθώς και εξελίξεις στο κοινωνικό, πολιτικό και οικονομικό πεδίο, όπως η γενικευμένη εφαρμογή σημαντικών οικονομικών και κοινωνικών μεταρρυθμίσεων προς την κατεύθυνση της φιλελευθεροποίησης και η ραγδαία άνοδος της κατανάλωσης στις ανεπτυγμένες χώρες αλλά και σε αρκετές αναπτυσσόμενες, αποτέλεσαν κινητήριες δυνάμεις για το σταδιακό, ουσιώδη μετασχηματισμό του παγκόσμιου επιχειρηματικού τοπίου και τη διαμόρφωση ενός ιδιαίτερα απαιτητικού περιβάλλοντος για τις επιχειρήσεις.

Το σύγχρονο, παγκοσμιοποιημένο επιχειρηματικό περιβάλλον χαρακτηρίζεται γενικά από ιδιαίτερος υψηλά επίπεδα ανταγωνισμού, δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες ζήτησης και υψηλή αβεβαιότητα και θέτει τις επιχειρήσεις αντιμέτωπες με σειρά σημαντικών προκλήσεων. Για παράδειγμα, η ραγδαία πρόοδος της τεχνολογίας οδηγεί στη συρρίκνωση των κύκλων ζωής των προϊόντων και, σε συνδυασμό με τον αυξανόμενο ανταγωνισμό, εντείνει την ανάγκη μείωσης των χρόνων ανάπτυξης και εισαγωγής στην αγορά νέων προϊόντων. Η ισχυροποιημένη θέση και οι αυξανόμενες απαιτήσεις των πελατών επιβάλλουν τη διαρκή επιδίωξη της καινοτομίας και την προσφορά προϊόντων λιγότερο τυποποιημένων και καλύτερα προσαρμοσμένων στις εξειδικευμένες απαιτήσεις των επιμέρους πελατών. Επίσης, η εξάπλωση των δικτύων παραγωγής και διανομής σε παγκόσμια κλίμακα και οι έντονες μεταβολές της ζήτησης εκθέτουν τις επιχειρήσεις σε πληθώρα αβεβαιοτήτων και καθιστούν αναγκαία την εξασφάλιση αυξημένης ευελιξίας, τόσο στην εσωτερική οργάνωση και λειτουργία των επιχειρήσεων όσο και στις μεταξύ τους σχέσεις.

Η ανάγκη ανταπόκρισης των επιχειρήσεων στις απαιτήσεις του σύγχρονου περιβάλλοντος, όπως οι παραπάνω, έχει κατά τις τελευταίες δεκαετίες οδηγήσει στη σταδιακή διαμόρφωση και διάδοση ορισμένων ευδιάκριτων στρατηγικών τάσεων. Έτσι, π.χ. η απαίτηση για ολοένα και πιο διαφοροποιημένα προϊόντα έχει επιφέρει τη σταδιακή απομάκρυνση από το παραδοσιακό μοντέλο της μαζικής παραγωγής (mass production) και τη στροφή προς τη νέα στρατηγική παραγωγής της μαζικής εξατομίκευσης (mass customization). Επίσης, οι αυξημένες απαιτήσεις σε εύρος γνώσεων, δεξιοτήτων και πόρων που συνεπάγεται η παραγωγή διευρυνόμενης ποικιλίας προϊόντων και παραλλαγών, αλλά και η ανάγκη ενίσχυσης της καινοτομίας, έχει στρέψει τις επιχειρήσεις στην εστίαση στις κύριες δεξιότητές τους και την αναζήτηση των απαραίτητων για την παραγωγή των προϊόντων συμπληρωματικών δεξιοτήτων και πόρων στη στενότερη συνεργασία με τις κατάλληλες επιχειρήσεις. Τέλος, η ανάγκη μεγιστοποίησης αφενός της αποδοτικότητας και αφετέρου της

ευελιξίας τόσο στην εσωτερική λειτουργία των επιχειρήσεων όσο και κατά μήκος των δικτύων εφοδιασμού και διανομής, έχει οδηγήσει στη γενικευμένη χρήση στον επιχειρηματικό κόσμο τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ) προς αξιοποίηση των ενισχυμένων δυνατοτήτων που προσφέρουν.

Ο συνδυασμός και η σύγκλιση των παραπάνω στρατηγικών τάσεων είχε ως αποτέλεσμα τη σταδιακή σχηματοποίηση και ανάπτυξη ενός νέου επιχειρηματικού μοντέλου, που φιλοδοξεί να απαντήσει αποτελεσματικά στις προκλήσεις του σύγχρονου επιχειρηματικού περιβάλλοντος. Το μοντέλο αυτό ονομάζεται “Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής” (Dynamic Manufacturing Networks-DMNs). Η ανάλυση και μοντελοποίησή τους είναι αυτό με το οποίο ασχολείται η παρούσα διπλωματική εργασία [1].

1.2 Το Πρόβλημα

Συμβατικές στρατηγικές της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας έχουν από καιρό προσπαθήσει να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα των μακροπρόθεσμων στατικών σχημάτων συνεργασίας προκειμένου να ικανοποιήσουν τις ανάγκες της αγοράς για ένα εκτεταμένο χρονικό διάστημα. Ύ ο πρόβλημα της πραγμάτωσης της αρχικής διαμόρφωσης της αλυσίδας εφοδιασμού, επιλέγοντας ταυτοχρόνως τους συνεργάτες-εταίρους οι οποίοι εμπλέκονται σε συγκεκριμένα κομμάτια της παραγωγής, έχει αντιμετωπιστεί κυρίως με τη χρησιμοποίηση γνωστικών προσεγγίσεων αλλά και άλλων τεχνικών όπως η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Analytic Hierarchy Process ή AHP) και η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (Data Envelopment Analysis ή DEA).

Πρόσφατες μελέτες κατέδειξαν την ανάγκη για αποδοτικότερα δίκτυα συνεργασίας με σκοπό τη παροχή καλύτερων προσαρμογών με τη αγορά. Έχουν προταθεί πρότυπες πλατφόρμες συνεργασίας για τη βελτιστοποίηση των σχέσεων μεταξύ των συνεργαζόμενων μελών σε όλη την αλυσίδα παραγωγής. Άλλες προσεγγίσεις εστιάστηκαν στη μοντελοποίηση του χρόνου παράδοσης του προϊόντος, συναρτήσκει της ικανοποίησης των πελατών καθώς επίσης και της απογραφής του εξοπλισμού και των εμπορευμάτων για τον εξορθολογισμό της παραγωγής.

Όσον αφορά το επιχειρησιακό κομμάτι, υπάρχουν μελέτες που στόχευσαν είτε τη μεγιστοποίηση των κερδών είτε την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Παρ’ όλα αυτά, το πρόβλημα της αρχικής διαμόρφωσης και σχεδίασης ενός Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής (DMN) δεν έχει αντιμετωπιστεί ευρέως. Σε μερικές περιπτώσεις έχουν προταθεί συγκεκριμένα μοντέλα για την υποστήριξη διαδικασιών λήψης απόφασης στο πλαίσιο ενός DMN, χωρίς ωστόσο να έχει εξετασθεί η πιθανή συμμετοχή μηχανικών εταιρών-συνεργατών για την πραγμάτωση μηχανικών και σχεδιαστικών εργασιών.

Καταλήγοντας, η ακαδημαϊκή έρευνα έχει επικεντρωθεί κυρίως στην ποιοτική αξιολόγηση των επιδόσεων των κόμβων των ΔΔΠ, ενώ, ταυτόχρονα η τρέχουσα κατάσταση των εταιρών του δικτύου, όσον αφορά τα επίπεδα ικανότητας και

αποθεμάτων, δεν λαμβάνεται υπόψη σε ρεαλιστικά σενάρια βραχυπρόθεσμων παραγωγικών διαδικασιών [2].

Στην παρούσα διπλωματική εργασία η προτεινόμενη προσέγγιση βασίζεται στη θεωρία της Ασαφούς Λογικής και των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων (ΑΓΔ-Fuzzy Cognitive Maps-FCMs) ως μέσου μοντελοποίησης για τη δημιουργία ενός δικτύου με διασυνδεδεμένους κόμβους τους παράγοντες επίδοσης των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής. Το πλεονέκτημα των Γνωστικών Χαρτών και ισοδύναμα των ΑΓΔ είναι ότι απεικονίζουν τις πληροφορίες σχετικά με ένα σύστημα με πολύ μεγαλύτερη επιτυχία σε σχέση με την αντίστοιχη περιγραφή κειμένου και καθιστούν ορατό το τρόπο σκέψης και τις αντιλήψεις των ατόμων.

1.3 Στάδια της Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, έγινε καταρχάς ενδελεχής περιγραφή των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής. Μέσω βιβλιογραφικής έρευνας καταγράφηκαν τα χαρακτηριστικά τους, τα πλεονεκτήματα που μπορούν να αποκομίσουν οι εταιρείες που σχηματίζουν τέτοια συνεργατικά δίκτυα, ενώ ιδιαίτερη αναφορά έγινε στον κύκλο ζωής των ΔΔΠ καθώς και στους κινδύνους που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν. Το 2^ο κεφάλαιο κλείνει αφού έχει εισαχθεί η έννοια των Γνωστικών Χαρτών και των απεικονίσεών τους.

Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα. Περιγράφονται μεθοδολογίες για την ανάπτυξη και την προσομοίωσή τους, ενώ υποδεικνύονται και διάφορες μέθοδοι υπολογισμού του πίνακα βαρών. Εισάγεται επίσης η έννοια της γκρι θεωρίας και των Γκρι Ασαφών Γνωστικών Δικτύων, καθώς μαζί με τα ΑΓΔ θα χρησιμοποιηθούν για την μοντελοποίηση των κινδύνων των ΔΔΠ.

Το 4^ο κεφάλαιο αποτελεί και την ουσία της διπλωματικής εργασίας. Μέσω της βιβλιογραφίας γίνεται διερεύνηση των παραγόντων που χαρακτηρίζουν και αλληλεπιδρούν με τους κινδύνους που διέπουν τα ΔΔΠ έτσι όπως αυτοί ορίστηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο. Οι κίνδυνοι και οι παράγοντες οι οποίοι τους επηρεάζουν, χρησιμοποιούνται για τη σχεδίαση του Γνωστικού Χάρτη. Για την εύρεση του πίνακα αλληλεπίδρασης όλων των παραγόντων που απαρτίζουν τον γνωστικό χάρτη, παράλληλα με τη βιβλιογραφική έρευνα, χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι της πολυκριτήριας ανάλυσης· η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία και η Προσθετική Συνάρτηση Αξίας. Αφού πλέον έχει δημιουργηθεί ο Ασαφής Γνωστικός Χάρτης ο οποίος περιγράφει τους κινδύνους των ΔΔΠ, η προσομοίωσή του γίνεται σε πρόγραμμα το οποίο έχει αναπτυχθεί σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τους διαφορετικούς πίνακες αλληλεπιδράσεων που βρέθηκαν από τις πολυκριτήριες μεθόδους και εισήχθησαν στο πρόγραμμα.

Το τελευταίο κεφάλαιο αποτελεί την κατακλείδα της διπλωματικής εργασίας. Ερμηνεύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν, εξάγονται κάποια συμπεράσματα και αναφέρονται πιθανές μελέτες που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν μελλοντικά για το παρόν θέμα.

2 ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Οι βασικές απαιτήσεις του σύγχρονου επιχειρηματικού περιβάλλοντος ή με άλλα λόγια, οι κυριότερες προκλήσεις με τις οποίες οι σημερινές επιχειρήσεις τίθενται αντιμέτωπες είναι οι εξής:

- Η μεγιστοποίηση της αξίας των προϊόντων για τον κάθε πελάτη
- Η μείωση του χρόνου που απαιτείται για την εισαγωγή νέων προϊόντων στην αγορά
- Η ευελιξία προσαρμογής στις δυναμικές συνθήκες του περιβάλλοντος
- Η διαρκής επιδίωξη της καινοτομίας
- Η έμφαση στην ανάπτυξη των σχέσεων με τους πελάτες

Οι παραπάνω διαπιστώσεις συγκλίνουν, κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες, στη σταδιακή σχηματοποίηση ενός νέου επιχειρηματικού μοντέλου. Το μοντέλο αυτό πατάει πάνω στην κεκτημένη εμπειρία υλοποιημένων λύσεων, αξιοποιεί και ενισχύει τα πλεονεκτήματά τους, ενώ φιλοδοξεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά τις αδυναμίες τους, σηματοδοτώντας έτσι ένα διακριτό, νέο στάδιο εξέλιξής τους. Κυρίαρχοι άξονες του νέου αυτού μοντέλου είναι η ολοκλήρωση διαδικασιών και συστημάτων, η συνεργατική φιλοσοφία και η ευελιξία διάρθρωσης και λειτουργίας. Το μοντέλο αυτό ονομάζεται “Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής” και αποτελεί το αντικείμενο της παρούσης εργασίας.

Η ευρεία και επιτυχής υιοθέτηση του νέου αυτού μοντέλου εκτιμάται ότι θα μπορούσε μεσομακροπρόθεσμα να επιφέρει μία ουσιαστική αλλαγή παραδείγματος ως προς τη στρατηγική των επιχειρήσεων προκαλώντας καταλυτικές αναδιατάξεις στις σχέσεις των επιχειρήσεων μεταξύ τους αλλά και με τους πελάτες τους, τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο[1].

2.1 Περιγραφή των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής

Μελετώντας τη βιβλιογραφία και προσπαθώντας να ορίσουμε τι είναι τελικά τα Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι δεν πρόκειται για να ένα concept το οποίο επιδέχεται έναν αυστηρό και περιοριστικό ορισμό αφού συνιστούν ένα διαρκώς εξελισσόμενο είδος παραγωγικών διαδικασιών. Ιδιαίτερα η συνεχής πρόοδος της τεχνολογίας και πιο συγκεκριμένα των τεχνολογιών πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών (Information and Communication Technologies – ICT) συμβάλλουν στη σταδιακή εξέλιξη και αναδιάρθρωση των ΔΔΠ καθώς επιτρέπουν όλο και πιο προωθημένες υλοποιήσεις.

Λόγω της ασάφειας αυτής και προκειμένου να συνεχίσουμε με την περιγραφή των ΔΔΠθα πρέπει να δοθεί ο ορισμός τους, ο οποίος θα είναι προσανατολισμένος σε μελλοντικές δυνατότητες των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής, θα λαμβάνει υπόψη την ήδη κεκτημένη εμπειρία και τις δυνατότητες που δημιουργεί η πρόοδος των τεχνολογιών ICT.

Όρισμός Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής

Τα Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής (ή Dynamic Manufacturing Networks – DMNs) είναι ένα νέο μοντέλο δυναμικής οργάνωσης επιχειρήσεων σε δίκτυα με σκοπό τη στενή συνεργασία τους για την από κοινού σχεδίαση και παραγωγή προϊόντων και την προώθηση τους στην αγορά. Τα κύρια τους χαρακτηριστικά που τα διαφοροποιούν είναι η προωθημένη συνεργατική τους φιλοσοφία, η ύπαρξη μίας ολοκληρωμένης υποδομής ICT και η δυναμική τους φύση[1].

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό μία επιχείρηση η οποία συμμετέχει σε Δυναμικό Δίκτυο Παραγωγής μπορεί να θεωρηθεί ότι καλλιεργεί μέσω ενός συστηματικού τρόπου, εκτεταμένες συνεργασίες με άλλα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιδιώκει την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο και την ενεργό συνεργασία μεταξύ των διαφόρων μελών-κόμβων του δικτύου, ενώ απαιτούνται και αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας της επιχείρησης.

2.1.1 Χαρακτηριστικά και Πλεονεκτήματα των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής

Σύμφωνα με τον προηγούμενο ορισμό, τα στοιχεία εκείνα που διαχωρίζουν τα Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής από παρεμφερείς σχηματισμούς και συνεργατικά δίκτυα παραγωγής όπως π.χ. «Global Manufacturing Virtual Networks», «Collaborative Manufacturing Mega-Networks», «International Manufacturing Networks»[3][4], είναι η προωθημένη συνεργατική τους φιλοσοφία, η ύπαρξη μίας ολοκληρωμένης υποδομής ICT καθώς και η δυναμική τους φύση. Τα τρία αυτά χαρακτηριστικά περιγράφονται λεπτομερώς παρακάτω.

- **Προωθημένη συνεργατική φιλοσοφία**

Η συνεργατική φιλοσοφία σημαίνει ότι οι συμμετέχουσες επιχειρήσεις, έχοντας συμφωνήσει εκ των προτέρων σε ένα κοινά αποδεκτό σύνολο κανόνων συμπεριφοράς, δικαιωμάτων και υποχρεώσεων που αποσκοπούν στην οικοδόμηση ενός απαραίτητου μίνιμουμ εμπιστοσύνης, συνεργάζονται στενά προς την επίτευξη ενός κοινού στόχου με αμοιβαίο όφελος για όλες (π.χ. εκμετάλλευση μίας επιχειρηματικής ευκαιρίας), παραμερίζοντας, στο πλαίσιο αυτό, ακόμα και τυχόν προϋπάρχουσες ανταγωνιστικές μεταξύ τους σχέσεις. Η στενή συνεργασία σημαίνει, ταυτόχρονα, διεύρυνση και εμβάθυνσή της, που αποτυπώνεται στην προώθηση ενός υψηλού βαθμού ολοκλήρωσης μίας σειράς επιχειρηματικών διαδικασιών κατά μήκος του δικτύου και βασίζεται στο διαμοιρασμό μεταξύ των επιχειρήσεων του δικτύου γνώσεων, δεξιοτήτων και πόρων και ιδιαίτερα στον εκτεταμένο διαμοιρασμό χρήσιμων πληροφοριών.

- **Ολοκληρωμένη υποδομή ICT**

Η ολοκληρωμένη υποδομή ICT σημαίνει τη διαλειτουργική διασύνδεση των πληροφοριακών συστημάτων των επιχειρήσεων. Αυτή είναι που επιτρέπει στην πράξη την άμεση, ενισχυμένη επικοινωνία μεταξύ των επιχειρήσεων του δικτύου, τον απρόσκοπτο διαμοιρασμό εκτεταμένης πληροφορίας μεταξύ τους, ακόμη και σε πραγματικό χρόνο, και κατ' επέκταση την προαναφερθείσα ολοκλήρωση και το συντονισμό των επιχειρηματικών τους διαδικασιών. Επιτρέπει επίσης τη διαμόρφωση μίας ολοκληρωμένης πλατφόρμας ηλεκτρονικών υπηρεσιών για την υποστήριξη και υλοποίηση των παραπάνω κατά το βέλτιστο, πλέον αποδοτικό και αποτελεσματικό τρόπο και συγκεκριμένα παρέχει υπηρεσίες όπως κοινόχρηστες, ενημερωμένες βάσεις δεδομένων για την εύκολη και οργανωμένη πρόσβαση στις διαμοιραζόμενες στατικές και δυναμικές πληροφορίες, αλλά και ολοκληρωμένες διαδικασίες διαχείρισης σε επίπεδο δικτύου μίας σειράς επιχειρηματικών διαδικασιών διεπιχειρησιακής φύσεως, όπως ο προγραμματισμός και έλεγχος της παραγωγής κατά μήκος του δικτύου ή σχεδίαση ενός νέου προϊόντος.

- **Δυναμική φύση**

Η δυναμική φύση αναφέρεται στο γεγονός ότι δεν πρόκειται για δίκτυα μόνιμης μορφής, αλλά για δίκτυα που οργανώνονται, στη μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων, για την αξιοποίηση μίας συγκεκριμένης, συνήθως σύντομης, επιχειρηματικής ευκαιρίας, μετά το πέρας της οποίας είτε αποσυντίθενται είτε αναδιαρθρώνονται ενόψει μίας νέας ευκαιρίας, διαθέτουν δηλαδή έναν κύκλο ζωής. Η δυναμική φύση αποτυπώνεται πρωτίστως στη δυνατότητα ταχύτερης επιλογής των βέλτιστων κάθε φορά συνεργατών για το σχηματισμό του δικτύου, που βασίζεται κυρίως στις διαμοιραζόμενες πληροφορίες σχετικά με τις κύριες δεξιότητες και τους πόρους των επιχειρήσεων αλλά και τη δυναμική τους κατάσταση, καθώς και στην ενισχυμένη ευελιξία αναδιάρθρωσης του δικτύου για την άμεση ανταπόκριση, είτε σε κάποια μεταβολή της ζήτησης είτε σε οποιοδήποτε εμφανισθέν πρόβλημα στη λειτουργία του δικτύου[1].

Στη Βάση των τριών αυτών χαρακτηριστικών, τα DMNs αποτελούν χαλαρά συνδεδεμένα σχήματα συνεργασίας μεταξύ ξεχωριστών εταίρων, των οποίων η λειτουργία και η αλληλεπίδραση διαμορφώνεται και συγχρονίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να αντιμετωπίζονται οι απρόβλεπτες ανάγκες των αγορών[2].

Οι συμμετέχουσες, σε αυτά τα συνεργατικά σχήματα, επιχειρήσεις παραμένουν ιδιοκτησιακά ανεξάρτητες και, ως ένα βαθμό λειτουργικά αυτόνομες. Ωστόσο, το τελικό αποτέλεσμα της διεύρυνσης και εμπάθυνσης της συνεργασίας τους είναι συνολικά το δίκτυο να λειτουργεί ως μία μεγάλη «εικονική επιχείρηση». Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αν ο κορμός των δικτύων αποτελείται από παραγωγικές επιχειρήσεις, τα DMNs ενδέχεται να περιλαμβάνουν επίσης εμπορικές επιχειρήσεις, μεταφορικές και logistics επιχειρήσεις, αποθήκες, κέντρα διανομής κ.α.

Όλες οι σχέσεις, που δημιουργούν οι εταιρείες μέσα στο δίκτυο, είναι αποτέλεσμα των επενδύσεων στη διαχείριση χρόνου και οικονομικών πόρων, καθώς η ανάπτυξη και η καλλιέργειά τους χρειάζεται χρόνο. Δεδομένου ότι οι πόροι είναι περιορισμένοι, οι επιχειρήσεις που απαρτίζουν το δίκτυο θα πρέπει να αναπτύξουν ένα «βέλτιστο σύνολο σχέσεων», λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ενέργειες μιας επιχείρησης εξαρτώνται από τις δράσεις των άλλων φορέων του Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής. Έτσι οι θέσεις του δικτύου καθώς και ο ρόλος των εταίρων μέσα σε αυτό εξαρτώνται από τις σχέσεις που έχουν συνάψει μεταξύ τους. Επομένως όσο καλύτερη είναι η κατανόηση

των σχέσεων που αποτελούν το δίκτυο, τόσο καλύτερη θα είναι και η δυνατότητα του δικτύου παραγωγής να προβλέπει στρατηγικές αλλαγές που ξεκινούν από συγκεκριμένους φορείς-ανταγωνιστές, πελάτες, προμηθευτές κ.α[5].

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η απόφαση του να ενταχθεί σε ένα DMN είναι πολύ σημαντική για κάθε επιχείρηση, δεδομένου ότι συνδέεται με πολλές αλλαγές, όχι μόνο αναφορικά με τον τρόπο που η επιχείρηση συνεργάζεται με το εξωτερικό περιβάλλον, αλλά και σχετικά με τον τρόπο που σχεδόν όλες οι εσωτερικές διαδικασίες εκτελούνται. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της ένταξης σε μία τέτοια παραγωγική διαδικασία, από άποψη οικονομικής αποδοτικότητας και οφελών, είναι ορατά μόνο όταν ένα αναληφθέν έργο (project) έχει ολοκληρωθεί[6].

2.1.2 Πλεονεκτήματα των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής

Όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου, ένα DMN είναι ένας συνασπισμός, είτε προσωρινός είτε μόνιμος, ο οποίος περιλαμβάνει συστήματα παραγωγής γεωγραφικά διασκορπισμένων Μικρών και Μεσαίων Επιχειρήσεων (Small and Medium Enterprises-SMEs) ή /και Παραγωγών Πρωτογενών Προϊόντων (Original Equipment Manufacturer-OEM) που συνεργάζονται σε ένα κοινό κύκλο εργασιών προκειμένου να διεξάγουν από κοινού παραγωγή.

Τα πλεονεκτήματα που αποκομίζουν επιχειρήσεις που λαμβάνουν μέρος σε ΔΔΠ είναι αρκετά και σχετίζονται με τη μείωση του κόστους, τη καλύτερη διαχείριση και εξοικονόμηση χρόνου καθώς και τη βελτίωση της λειτουργίας τους. Παρακάτω αναλύονται σε επιμέρους συνιστώσες οι τρεις κατηγορίες πλεονεκτημάτων [7].

Μείωση κόστους:

- Βελτιστοποιημένη επιλογή προμηθευτών βάση του κόστους: Μέσω της διαχείρισης των ΔΔΠ επιλέγεται το κατάλληλο σύνολο προμηθευτών που μπορούν να παρέχουν τα απαιτούμενα προϊόντα και υπηρεσίες στο προγραμματισμένο χρόνο με το ελάχιστο κόστος.
- Μείωση εξόδων αποθήκευσης: Όλες οι παραγωγικές διαδικασίες των προμηθευτών και των εταίρων είναι ευθυγραμμισμένες, με σκοπό τη μείωση του απαιτούμενου αποθέματος, μειώνοντας έτσι το σχετικό κόστος.
- Βελτιστοποιημένη διαχείριση των πόρων με βάση το κόστος: Η έγκυρη και έγκαιρη ανταλλαγή πληροφοριών μέσα στο ΔΔΠ επιτρέπει τη βέλτιστη και δυναμική κατανομή των διαθέσιμων πόρων, έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της ζήτησης.
- Μείωση των εξόδων μάρκετινγκ: Η διαθεσιμότητα των ικανοτήτων των προμηθευτών καθώς και η διαχείριση των πληροφοριών με δομημένο τρόπο, επιτρέπει τη μείωση των εξόδων του διεπιχειρησιακού μάρκετινγκ.

Εξοικονόμηση χρόνου:

- Μείωση του χρόνου παράδοσης τελικού προϊόντος: Οι νέες γραμμές

παραγωγής έχουν τη δυνατότητα να επιτυγχάνουν γρηγορότερα τη δημιουργία του προϊόντος και τη διοχέτευσή του στην αγορά.

- Βελτιστοποιημένος σχεδιασμός τελικών προϊόντων: Οι σχεδιαστές όλων των εμπλεκόμενων εταιρειών εργάζονται ταυτόχρονα με στόχο την καλύτερη σχεδίαση του τελικού προϊόντος, των επιμέρους τμημάτων του καθώς και τυχόν διασυνδέσεις μεταξύ τους.
- Συνεργατική ανάπτυξη προϊόντων: Όλα τα μέλη ενός DMN εργάζονται από κοινού πάνω στα επιχειρησιακά προϊόντα και στις τεχνικές τους περιγραφές.
- Βελτιστοποιημένος σχεδιασμός και προγραμματισμός παραγωγής: Ο προγραμματισμός και σχεδιασμός των διαδικασιών όλων των εταιρών είναι συγχρονισμένος και εξορθολογισμένος.
- Γρήγορη επιλογή προμηθευτών για το εκάστοτε έργο και διαμόρφωση του δικτύου παραγωγής: Η πλατφόρμα διαχείρισης του Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής αναγνωρίζει και προτείνει αμέσως το βέλτιστο σύνολο προμηθευτών για τις δοθείσες καταστάσεις.
- Άμεση αναδιάρθρωση του δικτύου των προμηθευτών: Προσθέτοντας νέους προμηθευτές ή αναθέτοντας περισσότερες εργασίες στους ήδη υπάρχοντες, υπάρχει η δυνατότητα της αναδιάρθρωσης όλης της παραγωγικής διαδικασίας.
- Αυτοματοποιημένη επικοινωνία με τους εταίρους, τους προμηθευτές και τους πελάτες: Η πλατφόρμα διαχείρισης των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής, αυτοματοποιεί την ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τυχόν λάθη που μπορούν να επιφέρουν αστοχίες και καθυστερήσεις στη παραγωγή.
- Αυξημένη ορατότητα και ταχύτητα πρόσβασης στα δεδομένα της παραγωγής: Συλλέγονται τα δεδομένα παραγωγής και logistics που επιτρέπουν τη ταχεία δημιουργία αναφορών και επιταχύνουν τυχόν αποφάσεις για αναδιαμόρφωση του δικτύου.

Βελτίωση λειτουργίας:

- Εστίαση στις βασικές ικανότητες: Οι συνεργασίες εντός των ΔΔΠ δημιουργούνται βάσει των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και δυνατοτήτων των εταιρών. Για αυτό το λόγο τα μέλη των ΔΔΠ επενδύουν στις βασικές τους ικανότητες αναπτύσσοντας προηγμένες δεξιότητες.
- Συν-δημιουργία προϊόντων και υπηρεσιών: Μέσα στο περιβάλλον ενός ΔΔΠ διευκολύνεται η συνεργασία και ο συντονισμός των διάφορων μελών σε μία παραγωγική διαδικασία.
- Διαμοιρασμός κόστους και ρίσκων: Στη λειτουργία των ΔΔΠ, τα περισσότερα κόστη και ρίσκα, μοιράζονται εξίσου σε όλους τους εταίρους που τα απαρτίζουν, επιφέροντας έτσι μία κρίσιμη αλλαγή στο συνήθη τρόπο που διεξάγονται τα έργα παραγωγής (manufacturing projects).

- Παρακολούθηση των παραγωγικών διαδικασιών και ανάπτυξης των προϊόντων: Σε περίπτωση που μία εργασία δεν ολοκληρώνεται σύμφωνα με το σχεδιασμό, ενεργοποιούνται συγκεκριμένες δικλίδες επιτρέποντας την αποτελεσματική διαχείριση και αξιοποίηση εναλλακτικών λύσεων.
- Μείωση των ατελειών σχεδιασμού και παραγωγής: Οι σχεδιαστικές και παραγωγικές ατέλειες μειώνονται χάρη στην ενισχυμένη συνεργασία μεταξύ των μηχανικών καθώς και ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης.
- Βέλτιστη επιλογή προμηθευτών και συνεργαζόμενων μελών: Η επιλογή των εταίρων βασίζεται στις βασικές τους ικανότητες και στη δυνατότητά τους να παρέχουν συγκεκριμένα αποτελέσματα, οδηγώντας σε πιο επιτυχημένες συνεργασίες.
- Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων: Μέσω της συνεχούς παρακολούθησης των Βασικών Δεικτών Επίδοσης (KPIs) και της εφαρμογής Συμφωνιών σε Επίπεδο Υπηρεσιών (SLAs), επιτυγχάνεται βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και των διεργασιών.
- Ανταλλαγή τεχνογνωσίας και πρόσβαση σε νέες τεχνολογίες: Η στενή συνεργασία μέσα σε ένα ΔΔΠ επιτρέπει την ανταλλαγή γνώσεων για προϊόντα και τεχνολογικές εξελίξεις.
- Πρόσβαση σε νέες αγορές: Το μεγάλο εύρος τομέων και πεδίων που καλύπτεται από ένα ΔΔΠ επιτρέπει στις συνεργαζόμενες επιχειρήσεις να επεκτείνουν το πελατολόγιο τους.
- Ενοποίηση ποικίλων συστημάτων ΤΠΕ: Μέσω της πλατφόρμας των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής διασυνδέονται τα λογισμικά των επιχειρήσεων για καλύτερη και αποτελεσματικότερη παραγωγή.

2.1.3 Κίνδυνοι και Ρίσκα των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής

Παρόλα τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται στις επιχειρήσεις κατά τη συμμετοχή τους σε ένα συνεργατικό δίκτυο παραγωγής όπως είναι τα DMNs, πολλές φορές η συμμετοχή αυτή ενέχει και κάποιους κινδύνους ή ρίσκα τόσο για τις επιμέρους επιχειρήσεις όσο και για το ίδιο το δίκτυο στο σύνολό του. Καταρχήν όμως θα πρέπει να δοθεί εν συντομία ο ορισμός του κινδύνου.

Ως κίνδυνος μπορεί να οριστεί ευρέως μία βλάβη, μία απώλεια ή οποιαδήποτε άλλη ανεπιθύμητη ενέργεια[8]. Τα λεξικά ορίζουν τον κίνδυνο ως μία πιθανότητα ζημιών ή επιβλαβών συνεπειών[9]. Ένας πιο επιστημονικός ορισμός παρεσχέθη από το Royal Society (1992): «Κίνδυνος μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι η πιθανότητα ότι ένα συγκεκριμένο ανεπιθύμητο συμβάν συμβαίνει κατά τη διάρκεια ενός καθορισμένου χρονικού διαστήματος ή ότι είναι τα αποτελέσματα από μία συγκεκριμένη πρόκληση. Ως πιθανότητα, κατά τη έννοια της στατιστικής θεωρίας, ο κίνδυνος υπακούει όλους τους τυπικούς νόμους των πιθανοτήτων» [8]. Για να γίνει η αξιολόγηση και η παρακολούθηση των κινδύνων απαιτείται αρχικά η μέτρησή τους. Διάφορες μελέτες μετρούν προσεγγιστικά την αβεβαιότητα των κινδύνων μέσα από κατανομές

πιθανοτήτων και τις απώλειες τους μέσα από τη χρησιμότητά τους. Από την οπτική γωνία της θεωρίας της χρησιμότητας, ο κίνδυνος μπορεί επίσης να οριστεί ως η αναμενόμενη απώλεια χρησιμότητας[9].

Έτσι όλες οι εταιρίες αντιμετωπίζουν διάφορα είδη κινδύνων, ανάλογα με τις δραστηριότητές τους και το περιβάλλον τους. Η οικονομική βιβλιογραφία ταξινομεί τους κινδύνους σε τρεις μεγάλες κατηγορίες· στους κινδύνους της αγοράς, στους πιστωτικούς κινδύνους και στους λειτουργικούς κινδύνους, οι οποίοι δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους[10]. Πιο συγκεκριμένα, τα Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής περιλαμβάνουν λειτουργίες οι οποίες παράγουν τη δυνατότητα ευεργετικών αποτελεσμάτων ή κέρδους αλλά συχνά περιλαμβάνουν και κινδύνους. Οι κίνδυνοι αυτοί μπορεί να σχετίζονται με την αντίσταση του δικτύου όσον αφορά τις αλλαγές, τις νέες τεχνολογίες, τις πρακτικές αλλά και τα μέλη του δικτύου. Κίνδυνοι μπορούν επίσης να προκύψουν στη διαχείριση του δικτύου ή στη δημιουργία κατάλληλων δραστηριοτήτων ανάπτυξης[9].

Παρακάτω παρουσιάζονται και επεξηγούνται κάποιες γενικές μορφές ρίσκων και κινδύνων που εμφανίζονται στα ΔΔΠ:

- **Θέματα Εμπιστοσύνης και Ασφάλειας Πληροφοριών:** Ο κίνδυνος αυτός εμφανίζεται έπειτα από ανεπιθύμητες και κακόβουλες επιθέσεις αλλά και την αθέμιτη δημοσιοποίηση εταιρικών πρακτικών και άλλων στοιχείων κρίσιμης σημασίας.
- **Κακή Διαμόρφωση, Σχεδίαση και Διαχείριση του DMN:** Ο κίνδυνος αυτός εμφανίζεται έπειτα από την παροχή μη έγκυρων ή ελλιπών πληροφοριών για την αναζήτηση των κατάλληλων εταίρων και το σχεδιασμό του δικτύου αλλά και για το συντονισμό και τη διαχείρισή του.
- **Διάλυση του DMN:** Αφορά την απόσυρση προμηθευτών και εταίρων που βρίσκονται σε θέσεις κλειδιά για τη λειτουργία του δικτύου.
- **Θέματα Μετάβασης:** Αφορά την αντίσταση που εμφανίζεται από τους εργαζομένους στην αλλαγή του παραγωγικού μοντέλου και των πληροφοριακών συστημάτων.
- **Ανταγωνιστικές Απειλές:** Αφορά την κακόβουλη χρήση αποτελεσμάτων Έρευνας και Ανάπτυξης έπειτα από απόσυρση εταίρων από το ΔΔΠ ή ακόμα και μετά από τη διάλυση του δικτύου.
- **Απώλεια της Φήμης του DMN:** Ο κίνδυνος αυτός εμφανίζεται από την ανικανότητα κάποιων εταίρων να παραδώσουν το έργο που τους έχει ανατεθεί στο χρόνο και την ποιότητα που έχει συμφωνηθεί[7].

2.1.4 Κύκλος Ζωής ενός Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής

Η απόφαση για μία επιχείρηση να ενταχθεί σε ένα ΔΔΠ είναι πολύ σημαντική, δεδομένου ότι συνδέεται με πολλές αλλαγές, όχι μόνο στον τρόπο που η επιχείρηση συνεργάζεται με το εξωτερικό περιβάλλον, αλλά και στον τρόπο που εκτελούνται

σχεδόν όλες οι εσωτερικές διαδικασίες. Ωστόσο τα αποτελέσματα της απόφασης αυτής, από την άποψη της οικονομικής αποδοτικότητας, γίνονται ορατά μόνο όταν το έργο έχει πια ολοκληρωθεί. Για αυτό, είναι σημαντικό για όλα τα μέλη που απαρτίζουν το DMN να καλλιεργηθεί η άποψη πως οποιαδήποτε επιχειρησιακή τροποποίηση που επιβάλλεται από την ένταξη της επιχείρησης στο DMN είναι προς όφελος της ίδιας της εταιρείας-μέλους. Για το σκοπό αυτό, απαιτείται μία πιο προσεκτική ματιά στον τρόπο με τον οποίο το DMN είναι δομημένο.

Ο κύκλος ζωής ενός DMN, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου IMAGINE αποτελεί μία καινοτόμο προσέγγιση για τη μοντελοποίηση όλης της διάρκειας ζωής ενός Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής, που κυμαίνεται από το σχεδιασμό και τη προμήθεια μέχρι την κατασκευή και την παράδοση του προϊόντος. Ο κύκλος ζωής του DMN οικοδομεί τη χρονική σειρά των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για τη σύσταση και τη λειτουργία του, και επομένως καλύπτει τις φάσεις της:

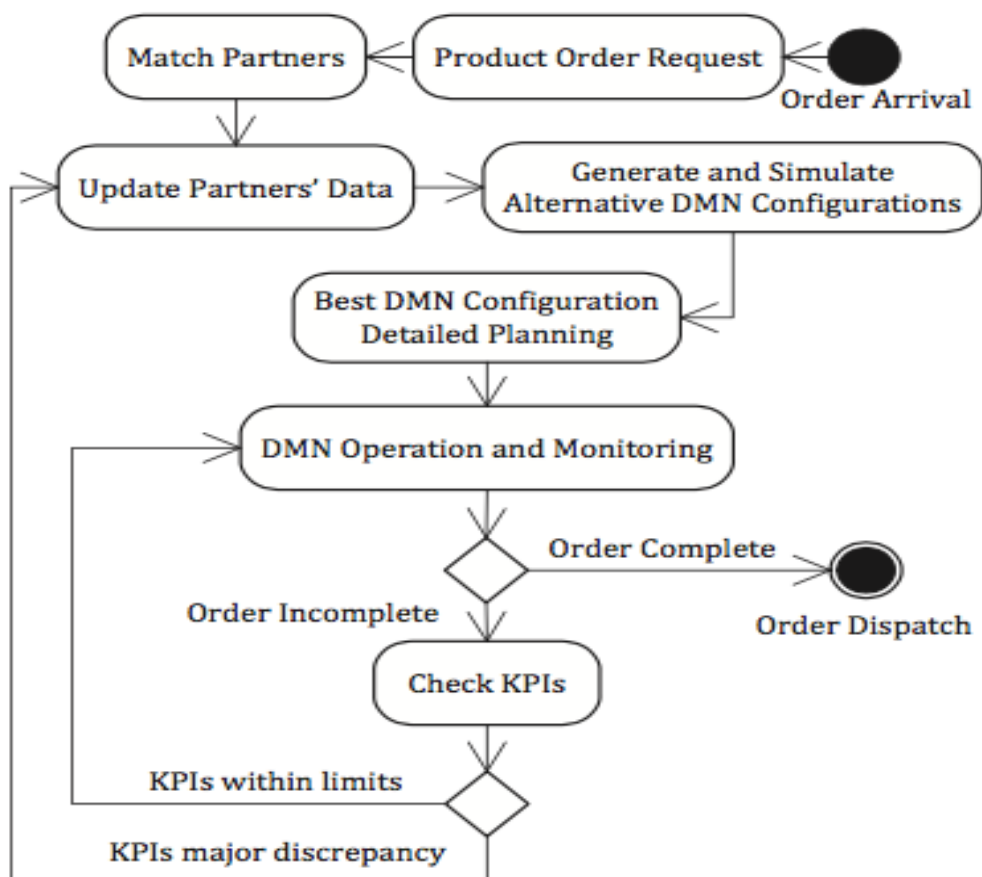
- Ανάλυσης και Διαμόρφωσης του Δικτύου
- Σχεδιασμού του Δικτύου
- Εκτέλεσης, Διαχείρισης και Παρακολούθησης του Δικτύου[6]

Ο κύκλος ζωής του δικτύου ξεκινάει ουσιαστικά από το αίτημα του πελάτη που περιγράφει τους τύπους και τον αριθμό των προϊόντων που θα παραχθούν καθώς και το χρονικό πλαίσιο στο οποίο το προϊόν θα πρέπει να είναι έτοιμο. Στη φάση της Ανάλυσης και Διαμόρφωσης του Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής λοιπόν, σαν δεδομένα εισάγονται οι απαιτήσεις για προϊόντα ή υπηρεσίες που έχει ο πελάτης. Στη συνέχεια το πρώτο βήμα που πραγματοποιείται από την εταιρεία που λαμβάνει την εντολή από τον πελάτη είναι η αναγνώριση, ιεράρχηση και ομαδοποίηση των απαιτήσεων της παραγγελίας[11]. Εν συνεχεία, η εταιρεία ελέγχει τα προφίλ των υφιστάμενων εταίρων, με στόχο την εύρεση εκείνων που θα μπορούσαν να εκτελέσουν μια σειρά από εργασίες, οι οποίες θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τη διεκπεραίωση της παραγγελίας. Τα καθήκοντα αυτά ενδέχεται να περιλαμβάνουν τη σχεδίαση μέρους του προϊόντος, διαδικασίες σχεδιασμού για ειδικό εξοπλισμό παραγωγής, την παραγωγή ορισμένων τμημάτων ή των προϊόντων καθώς και τη μεταφορά και παράδοση των πρώτων υλών, ανταλλακτικών και των τελικών προϊόντων εντός των ορίων του ΔΔΠ. Όταν ένα υπάρχον προφίλ εταίρου ταιριάζει με τις προδιαγραφές της παραγγελίας, τότε αυτός θεωρείται δυνητικός κόμβος του ΔΔΠ[2]. Αποτελέσματα της πρώτης φάσης του κύκλου ζωής του ΔΔΠ είναι η επιλογή των εταίρων και των προμηθευτών καθώς και η δημιουργία ενός προκαταρκτικού χρονοδιαγράμματος της παραγωγής.

Η φάση του Σχεδιασμού του δικτύου έγκειται στο συνδυασμό όλων των κρίσιμων διαδικασιών παραγωγής καθώς και των φυσικών διεργασιών όπως η μεταλλοτεχνία, η σφυρηλάτηση, η χύτευση, η χύτευση με έγχυση κ.α. Έτσι δημιουργείται ένα διάγραμμα ροών εργασίας που αποτελεί τον καμβά εργασίας για το σύνολο του Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής. Για να δημιουργηθεί αυτό πρέπει αρχικά να γίνει μία μετατροπή του προκαταρκτικού προγράμματος παραγωγής που έχει συντεθεί κατά τη φάση της Ανάλυσης και Διαμόρφωσης του Δικτύου. Έπειτα αποσυντίθενται οι διαδικασίες υψηλού επιπέδου σε άλλες απλούστερες, χαρτογραφούνται και υφίστανται επεξεργασία από τα επιμέρους τμήματα.

Τέλος κατά τη φάση της Εκτέλεσης, Διαχείρισης και Παρακολούθησης του Δικτύου, πραγματοποιείται η πραγματική ανάπτυξη του ΔΔΠ και των διαδικασιών του, καθώς επίσης περιλαμβάνονται και όλες οι απαραίτητες δραστηριότητες για τη παρακολούθηση και την αντιμετώπιση όλων των προβλημάτων λειτουργίας του. Περιλαμβάνεται η παρακολούθηση της παραγωγής, των διαθέσιμων πόρων, ενώ παράλληλα πραγματοποιείται ανάλυση των επιδόσεων του δικτύου και προσαρμόζονται τυχόν ρυθμίσεις και επισκευές[11].

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι εκτός από τις τρεις φάσεις του κύκλου ζωής του DMN που περιγράφηκε νωρίτερα, υπάρχει και μία τέταρτη, η οποία ουσιαστικά δεν αναφέρεται στο κύκλο ζωής του ΔΔΠ αλλά καλύπτει όλα τα προπαρασκευαστικά στάδια πριν από την εμφάνιση του αιτήματος για την κατασκευή ενός προϊόντος. Η φάση αυτή ονομάζεται «Administration and On-Boarding phase» και εμπεριέχει όλες εκείνες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τη συγκέντρωση όλων των φορέων που απαρτίζουν το DMN στο πλαίσιο μιας κάθετης αγοράς όπως πχ οι απαραίτητες τεχνικές και οργανωτικές ρυθμίσεις για την εξασφάλιση της τεχνικής συνδεσιμότητας, την πρόσβαση στην κατάλληλη πληροφορία κ.α.



Σχήμα 2.1: Διάγραμμα ροής λειτουργίας ενός ΔΔΠ [2]

2.2 Αιτιώδης Χαρτογράφηση των Πλεονεκτημάτων των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής

Η οικονομική αποδοτικότητα και τα οφέλη τα οποία μπορούν να αποκομίσουν οι επιχειρήσεις από την ένταξη και τη συμμετοχή τους σε ένα συνεργατικό δίκτυο παραγωγής όπως τα ΔΔΠ, προσδιορίζονται από ένα σύνολο μεταβλητών, οι οποίες είναι δείκτες γενικών όρων που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη συνολική απόδοση του δικτύου. Κάποιοι από τους δείκτες αυτούς εμφανίζονται σε κάθε φάση του κύκλου ζωής των ΔΔΠ, ωστόσο υπάρχουν και κάποιοι άλλοι οι οποίοι είναι πιο ειδικοί και χαρακτηριστικοί κάποιων συγκεκριμένων φάσεων. Ως εκ τούτου, είναι έλλογο κατά τη χαρτογράφηση του Δικτύου να λαμβάνεται υπόψη η διάρθρωσή του στις επιμέρους φάσεις του κύκλου ζωής, ώστε να γίνονται ορατά και κατανοητά τα φυσικά στάδια των ΔΔΠ μέσω της διασύνδεσης των εντοπισμένων μεταβλητών με σχέσεις αιτίου-αποτελέσματος.

2.2.1 Έννοιες και Μεταβλητές

Αποτέλεσμα της καταγραφής των πλεονεκτημάτων και κινδύνων που ενέχουν στη συμμετοχή μιας επιχείρησης σε ένα Δυναμικό Δίκτυο Παραγωγής είναι προφανώς ο εντοπισμός επιχειρησιακών κινήτρων με στόχο την προσέλκυση και την ένταξη επιχειρήσεων σε αυτά. Στο σημείο αυτό πρέπει αν γίνει ιδιαίτερη αναφορά στο πρόγραμμα IMAGINE το οποίο αποτελεί ένα έργο Έρευνας και Ανάπτυξης που χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο πλαίσιο των «Εικονικών Εργοστασίων και Επιχειρήσεων» (Virtual Factories and Enterprises). Το έργο αυτό έχει ως στόχο την ανάπτυξη και την παράδοση μίας νέας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας και της αντίστοιχης πλατφόρμας για την αποτελεσματική “end-to-end” διαχείριση των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής και στοχεύει στη δημιουργία ενός ισχυρού νέου μοντέλου παραγωγής βασιζόμενο στη συνεργασία, την αυτο-οργάνωση και τη διαφάνεια και όχι στην ιεραρχία και τον κεντρικό έλεγχο [12].

Μέσω του προγράμματος αυτού έγινε συλλογή δεδομένων από ημι-δομημένες συνεντεύξεις με ενδιαφερόμενους βιομηχανικούς φορείς και οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν, αναλύθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για τον ποιοτικό προσδιορισμό όλων των παραγόντων (μεταβλητών) που επιφέρουν θετικές επιπτώσεις τόσο στη λειτουργία της επιχείρησης ως μονάδας όσο και στη λειτουργία του Δικτύου στο σύνολό του. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι παράγοντες (μεταβλητές) που εντοπίστηκαν καθώς και οι μεταξύ τους αλληλεξαρτήσεις είναι αρκετά γενικές, με αποτέλεσμα να μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιοδήποτε σενάριο λειτουργίας Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής.

Παρακάτω παρατίθεται η λίστα, ανά φάση κύκλου ζωής, με τους παράγοντες που εξάχθηκαν από τις παρατηρήσεις των ενδιαφερόμενων φορέων, καθώς και μία σύντομη επεξήγηση τους για καλύτερη κατανόηση. Βέβαια πριν από τη δημιουργία του κύκλου ζωής του ΔΔΠ υπάρχει η φάση «Administration and On-Boarding» η

οποία αν και στην προηγούμενη παράγραφο αναφέρθηκε τελευταία, η λειτουργία της είναι η πρώτη κατά σειρά.

Φάση “Administration and On-Boarding”:

- **Κόστος Ολοκλήρωσης:** Αφορά τις Επενδύσεις που απαιτούνται για να καταστούν τα συστήματα κάποιου πιθανού εταίρου συμβατά με την πλατφόρμα του DMN. Οι επενδύσεις αυτές περιλαμβάνουν πιθανές υποδομές της παραγωγής καθώς και το κόστος της διασύνδεσης και τις άδειες λογισμικού.
- **Χρόνος Ολοκλήρωσης:** Είναι ο χρόνος που χρειάζεται κάποιος, προκειμένου να κάνει τα συστήματα πληροφορικής του συμβατά με αυτά της πλατφόρμας του DMN.
- **Εγκυρότητα Πληροφορίας:** Αφορά στην εκτιμώμενη συχνότητα ενημέρωσης των πληροφοριών που παρέχονται στο DMN. Η συχνότητα ενημέρωσης πληροφοριών είναι μία ένδειξη του τρόπου που διαχέονται οι διαθέσιμες πληροφορίες στο DMN.
- **Ορατότητα Πληροφορίας:** Ο βαθμός στον οποίο οι πληροφορίες είναι προσβάσιμες από διάφορα μέλη του DMN.
- **Πληρότητα Πληροφορίας:** Ο βαθμός στον οποίο οι πληροφορίες που παρέχονται στο DMN είναι πλήρεις.
- **Αυτοματοποιημένη Ανταλλαγή Πληροφοριών:** Αφορά την ικανότητα του προβλεπόμενου DMN να μεριμνήσει για την αυτοματοποιημένη ανταλλαγή πληροφοριών.
- **Ποιότητα Πληροφορίας:** Αυτός ο παράγοντας αποτελεί μία σύνθετη μεταβλητή, στην οποία συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά της Εγκυρότητας, της Ορατότητας, της Πληρότητας καθώς και της Αυτοματοποιημένης Ανταλλαγής της πληροφορίας.
- **Αντίσταση στην Αλλαγή:** Αποτελεί τον εκτιμώμενο βαθμό της αντίστασης που θα ασκηθεί από τους εργαζομένους κατά τη μετάβαση από ένα απομονωμένο παραγωγικό μοντέλο σε ένα συνεργατικό.
- **Επίπεδο Ασφάλειας και Πιστοποίησης Διασφάλισης:** Αφορά τον αναμενόμενο βαθμό εμπιστοσύνης που δημιουργείται από τους μηχανισμούς ασφάλειας και γνησιότητας που εφαρμόζονται, για την παροχή εγγύησης ότι η οντότητα που ενεργεί σε μια συγκεκριμένη ταυτότητα είναι στην πραγματικότητα η οντότητα στην οποία ανατέθηκε η ταυτότητα.
- **Επίπεδο Δέσμευσης που απορρέει από τις συμφωνίες εμπιστευτικότητας:** Είναι το προβλεπόμενο επίπεδο δέσμευσης των εταίρων όσον αφορά τη διατήρηση της εμπιστευτικότητας των πληροφοριών, ως αποτέλεσμα της δριμύτητας και της αυστηρότητας των όρων των σχετικών συμφωνιών που αφορούν στη χρήση και την εκμετάλλευση της πνευματική ιδιοκτησίας.

- Επίπεδο Δέσμευσης που απορρέει από τις συμφωνίες εταιρικής σχέσης: Αποτελεί το προβλεπόμενο επίπεδο δέσμευσης των εταίρων όσον αφορά την εκτέλεση των καθηκόντων τους, ως αποτέλεσμα της αυστηρότητας των σχετικών συμφωνιών, λαμβάνοντας υπ' όψιν λεπτομερώς τις σχέσεις και τις ευθύνες των εταίρων του DMN.

Φάση Ανάλυσης και Διαμόρφωσης του Δικτύου:

- Έξοδα B2BMarketing: Αυτή η μεταβλητή αφορά τους πόρους που καταναλώνονται για τη διαφήμιση στο πλαίσιο μιας αγοράς Business 2 Business.
- Χρονική Διάρκεια Επιλογής Συνεργατών: Αυτή η μεταβλητή αντιστοιχεί στο χρόνο που απαιτείται για την επιλογή ενός εταίρου στο Δυναμικό Δίκτυο Παραγωγής.
- Κόστος της Επιλογής Συνεργατών: Αυτή η μεταβλητή αντιστοιχεί στο μέσο κόστος που εμπλέκεται στην επιλογή ενός εταίρου.
- Καταλληλότητα της Επιλογής των Συνεργατών: Αυτή η μεταβλητή εκφράζει την καταλληλότητα όλων των πιθανών συνεργατών καθώς και των επιλεγμένων προμηθευτών από την άποψη των δυνατοτήτων τους, της οικονομικής προσφοράς τους και της ποιότητας που προσφέρουν.
- Χρόνος για τη διαμόρφωση του Δικτύου: Η μεταβλητή αυτή δηλώνει το χρόνο που απαιτείται για την παραγωγή του προγράμματος υψηλού επιπέδου.
- Κόστος για τη Διαμόρφωση του Δικτύου: Αυτή η μεταβλητή καταγράφει το κόστος που εμπλέκεται στην παραγωγή του χρονοδιαγράμματος παραγωγής.
- Επάρκεια Διαμόρφωσης Δικτύου: Αυτή η μεταβλητή αντανακλά την ποιότητα του προγράμματος παραγωγής.
- Πολυπλοκότητα του Δικτύου στη φάση της Διαμόρφωσης: Αυτή η μεταβλητή υποδηλώνει την πολυπλοκότητα της διαμόρφωσης του δικτύου, ανάλογα με τον αριθμό των επιμέρους τμημάτων του προϊόντος, που πρόκειται να κατασκευαστεί, καθώς και τον αριθμό των προμηθευτών που είναι σε θέση να παρέχουν κάθε ένα από τα παραπάνω συστατικά.
- Χρόνος για Οριστικοποίηση Συμβάσεων: Η μεταβλητή αυτή δηλώνει το χρόνο που απαιτείται για τη διεξαγωγή διαπραγματεύσεων μεταξύ των πιθανών εταίρων και την επίτευξη συμφωνίας μέσω της δημιουργίας νομικών συμβάσεων.

Φάση Σχεδίασης του Δικτύου:

- Συνεργασία Εταίρων: Αυτή η μεταβλητή αναφέρεται στην έκταση στην οποία οι συνεργατικές πρακτικές προβλέπονται και εφαρμόζονται στο πλαίσιο του σχεδιασμού και της ανάπτυξης νέων προϊόντων.
- Χρόνος για την ανάπτυξη των Προϊόντων: Αυτή η μεταβλητή αντιστοιχεί στο

χρόνο που απαιτείται για το σχεδιασμό ενός νέου προϊόντος (δηλαδή στον καθορισμό των προδιαγραφών του προϊόντος), αλλά και το σχεδιασμό της αντίστοιχης παραγωγικής διαδικασίας.

- **Κόστος Ανάπτυξης Προϊόντων:** Αυτή η μεταβλητή καλύπτει όλα τα έξοδα που σχετίζονται με το σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος.
- **Χρόνος για το Σχεδιασμό του Δικτύου:** Η μεταβλητή αυτή δηλώνει τον χρόνο που χρειάζεται για να παραχθεί το τελικό πρόγραμμα παραγωγής.
- **Κόστος για το Σχεδιασμό του Δικτύου:** Αυτή η μεταβλητή καταγράφει το συνολικό κόστος που εμπλέκεται στην παραγωγή του τελικού προϊόντος.
- **Επάρκεια του Σχεδιασμού του Δικτύου:** Αυτή η μεταβλητή αντανακλά την επάρκεια στην ενορχήστρωση των διαδικασιών του δικτύου, και ως εκ τούτου την επάρκεια του τελικού προγράμματος παραγωγής.
- **Πολυπλοκότητα του Δικτύου στη φάση του Σχεδιασμού:** Αυτή η μεταβλητή υποδηλώνει την πολυπλοκότητα του σχεδιασμού του δικτύου, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο μεμονωμένες διαδικασίες πρέπει να ενορχηστρωθούν.

Φάση Εκτέλεσης, Διαχείρισης και Παρακολούθησης του Δικτύου:

- **Αυτοματοποίηση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας:** Η μεταβλητή αυτή δηλώνει το βαθμό στον οποίο οι διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας εκτελούνται με αυτοματοποιημένο τρόπο.
- **Συγχρονισμός και Ευθυγράμμιση των Παραγωγικών Διαδικασιών:** Αυτή η μεταβλητή δείχνει τον βαθμό στον οποίο οι διαδικασίες παραγωγής εκτελούνται παράλληλα.
- **Χρόνος Κατασκευής:** Αυτή η μεταβλητή αφορά το χρόνο που απαιτείται για ένα προϊόν να περάσει μέσα από τη διαδικασία παραγωγής, οπότε και με τον τρόπο αυτό μετατρέπεται από πρώτες ύλες σε τελικά προϊόντα. Καλύπτει όλη την περίοδο από τη στιγμή που εισέρχεται για πρώτη φορά την κατασκευή μέχρι την έξοδό της παραγωγής.
- **Κόστος Παραγωγής του Προϊόντος:** Αυτή η μεταβλητή αφορά το άθροισμα των δαπανών για όλους τους πόρους (πρώτες ύλες, προσωπικό, εξοπλισμός) που καταναλώνονται κατά τη διαδικασία κατασκευής ενός προϊόντος, επομένως περιλαμβάνει τις κατηγορίες του κόστους άμεσων υλικών, το άμεσο εργατικό κόστος και το κόστος κατασκευής.
- **Κόστος Απογραφής:** Αυτή η μεταβλητή αντιστοιχεί στο κόστος της παραγγελίας, της προμήθειας και της αποθήκευσης.
- **Παραγωγικότητα:** Η μεταβλητή αυτή εκφράζει το ποσοστό του όγκου παραγωγής.
- **Χρόνος για τη Διαχείριση του Δικτύου:** Αυτή η μεταβλητή υποδηλώνει το χρόνο που δαπανάται στη λειτουργία, τη παρακολούθηση και την

αντιμετώπιση των προβλημάτων του δικτύου.

- **Κόστος Διαχείρισης Δικτύου:** Η μεταβλητή αυτή αποτυπώνει το κόστος που συνεπάγεται τη λειτουργία, την παρακολούθηση και αντιμετώπιση προβλημάτων του δικτύου κατά τη διάρκειας της διαδικασίας παραγωγής.
- **Επάρκεια Διαχείρισης Δικτύου:** Η μεταβλητή αυτή αντανακλά την αποτελεσματικότητα της λειτουργίας, καθώς και την παρακολούθηση και διάφορων προβλημάτων του δικτύου.

Κίνδυνοι του Δικτύου:

- **Κίνδυνος Ανεπιθύμητων και Κακόβουλων Επιθέσεων:** Ο κίνδυνος αυτός σχετίζεται με την πιθανότητα ενός τρίτου να αποκτά, συνήθως μέσα από κακόβουλο λογισμικό, μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε ιδιωτικά συστήματα πληροφορικής ή ευαίσθητες πληροφορίες, προκαλώντας έτσι διαταραχές στην λειτουργία των πληροφοριακών συστημάτων του DMN.
- **Κίνδυνος Αδυναμίας του Εταίρου:** Ο κίνδυνος αυτός υποδηλώνει την πιθανότητα ενός μέλους του DMN να μην ανταποκριθείστο χρόνο, στο κόστος και στην ποιότητα που έχουν συμφωνηθεί, καθώς και στις προδιαγραφές που δίδονται στο πλαίσιο της παραγωγικής διαδικασίας.
- **Κίνδυνος Απόσυρσης Μέλους του DMN:** Ο κίνδυνος αυτός αντιστοιχεί στη πιθανότητα απόσυρσης ενός μέλους του DMN, όχι όμως 1^ο προμηθευτή, την εγκατάλειψη του δικτύου και άρα την ανάγκη αντικατάστασής του.
- **Κίνδυνος Απόσυρσης βασικού εταίρου/ προμηθευτή:** Ο κίνδυνος αυτός αντιστοιχεί στην πιθανότητα ένας βασικός εταίρος ή προμηθευτής να εγκαταλείψει το δίκτυο και επομένως να πρέπει να αντικατασταθεί.
- **Κίνδυνος Καθυστερήσεων/ Λαθών/ Ανωμαλιών:** Ο κίνδυνος αυτός υποδηλώνει τη πιθανότητα καθυστερήσεων, λαθών ή άλλων ανωμαλιών που σχετίζονται με το σχεδιασμό και τη παραγωγή του προϊόντος με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται και να απορρυθμίζεται η παραγωγική διαδικασία.
- **Κίνδυνος Κατάχρησης Στρατηγικών Γνώσεων ή E&A:** Ο κίνδυνος αυτός αναφέρεται στη πιθανότητα κάποιας διαρροής πληροφοριών (που οφείλεται σε ανεπιθύμητες ή κακόβουλες επιθέσεις ή αποχώρηση ενός μέλους ή εκούσια ή ακούσια αποκάλυψη πληροφοριών), με αποτέλεσμα την κακή χρήση τους από πρώην μέλη του DMN ή ανταγωνιστές του.
- **Κίνδυνος Αποτυχίας του Έργου:** Ο κίνδυνος αυτός σχετίζεται με την πιθανότητα σχηματισμού ενός DMN που θα αποτύχει να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις ενός συγκεκριμένου έργου ή στους περιορισμούς που έχουν τεθεί σχετικά με το χρόνο, την ποιότητα και το κόστος.
- **Κίνδυνος Πρόκλησης Τραυματισμού της Φήμης του DMN:** Ο κίνδυνος αυτός σχετίζεται με την πιθανότητα η φήμη του ΔΔΠ να επηρεαστεί αρνητικά από πράξεις των επιμέρους εταίρων αλλά και από αναποτελεσματική απόδοση ολόκληρου του δικτύου.

2.2.2 Βασικοί Δείκτες Απόδοσης

Η μέτρηση και η συνεχής βελτίωση των επιδόσεων στο πλαίσιο των δυναμικών εφοδιαστικών αλυσίδων είναι κρίσιμης σημασίας για τις επιχειρήσεις, καθώς σκοπός τους είναι η συνεχής βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητάς τους. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων στις αλυσίδες εφοδιασμού συνήθως επικεντρώνονται στην ανάπτυξη και παρακολούθηση εργαλείων μέτρησης για την αξιολόγηση της επένδυσης. Τα εργαλεία αυτά ονομάζονται Βασικοί Δείκτες Απόδοσης (Key Performance Indicators-KPIs) και είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής. Συνήθως οι δείκτες αυτοί έχουν σχέση με το κόστος, το χρόνο, την ποιότητα (ή την αξιοπιστία), την ευελιξία και την καινοτομία[13].

Οι Βασικοί Δείκτες Απόδοσης εφαρμόζονται για να αξιολογηθεί η επιτυχής (ή μη) εξέλιξη μιας συγκεκριμένης δραστηριότητας ή τομέα. Άλλοτε η επιτυχία ορίζεται με βάση την επίτευξη προόδου προς τη κατεύθυνση των στρατηγικών στόχων και άλλοτε, ως επιτυχία θεωρείται η επαναλαμβανόμενη επίτευξη κάποιου επιπέδου επιχειρησιακού στόχου. Για αυτό οι συγκεκριμένοι δείκτες δεν αναφέρονται μαζί με τους παράγοντες που σχετίζονται με το όφελος, αφού οι δεύτεροι δεν δείχνουν άμεσα αποτελέσματα αλλά λειτουργούν ως επί το πλείστον ως προϋποθέσεις για την ομαλότερη και απρόσκοπτη λειτουργία του ΔΔΠ.

Για την επιλογή των Βασικών Δεικτών Απόδοσης θα πρέπει να ακολουθηθούν κάποιοι κανόνες, καθώς κατά τον επανασχεδιασμό των στόχων η έλλειψη κάποιας μορφής μέτρησης, στοχοθέτησης και παρακολούθησης μπορεί να μην οδηγήσει στην αναμενόμενη βελτίωση των επιδόσεων. Για αυτό το λόγο τα KPIs θα πρέπει:

- Να περιορίζονται σε ό,τι είναι απαραίτητο για την αγορά που στοχεύει το Δυναμικό Δίκτυο Παραγωγής. Το ΔΔΠ θα πρέπει πρώτα να εστιάσει στις ανάγκες του πελάτη του και στη συνέχεια στην κατανομή των πόρων του αναλόγως.
- Να παρακολουθούν τις βασικές επιχειρηματικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στο ΔΔΠ. Οι βασικές αυτές δραστηριότητες ορίζονται ως οι τρόποι που το Δυναμικό Δίκτυο Παραγωγής μετατρέπει τις εισροές του σε εκροές (εξόδους) προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες των πελατών του.
- Να επιτρέπουν την τακτική παρακολούθηση. Επιπλέον οι Βασικοί Δείκτες Απόδοσης θα πρέπει να είναι σύμφωνοι με τους κύριους φορείς των επιχειρήσεων που απαρτίζουν το ΔΔΠ, οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν θετικά την απόδοση του δικτύου.

Η επιλογή των KPIs δεν περιορίζει κατ' ανάγκη τις δυνατότητες της επιχείρησης. Αντιθέτως, η επιλογή τους παρέχει ένα αποτελεσματικό πλαίσιο για την εκτίμηση των επιπτώσεων στον επανασχεδιασμό των αποφάσεων. Η χρησιμοποίηση αυτών των δεικτών επιτρέπει στο δίκτυο αλλά και στους εταίρους να κατανοήσουν πλήρως τις αλληλένδετες επιπτώσεις των επιχειρηματικών αλλαγών και να ακολουθούν μια βήμα προς βήμα προσέγγιση πριν αποφασιστούν ριζοσπαστικές πρωτοβουλίες ανασχεδιασμού.[14]

Ως Βασικούς Δείκτες Απόδοσης για την προσομοίωση της λειτουργίας των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής θεωρούμε τους παρακάτω:

- Παραγωγικότητα: Ο δείκτης αυτός εκφράζει το ποσοστό του όγκου παραγωγής έναντι της εισόδου.
- Time to Market: Ο δείκτης αυτό δείχνει το χρονικό διάστημα που καλύπτουν όλα τα στάδια από τη σύλληψη ενός νέου προϊόντος μέχρι την είσοδό του στην αγορά ή από την παραλαβή της παραγγελίας μέχρι την παράδοση του τελικού προϊόντος στον πελάτη.
- Συνολικό Κόστος Παραγωγής: Ο δείκτης αυτός αντιστοιχεί σε όλους τους τύπους των δαπανών που σχετίζονται με ένα προϊόν.
- Κερδοφορία: Ο δείκτης αυτός αντανακλά τη δυνατότητα ενός έργου της παραγωγής να είναι οικονομικά επιτυχές.
- Χρηματοοικονομικό «Άνοιγμα» των Εταίρων: Ο δείκτης αυτός δείχνει τον κίνδυνο που αναλαμβάνουν οι εταίροι λόγω της συμμετοχής τους στο δίκτυο
- Ανταγωνιστικό Πλεονέκτημα: Ο δείκτης αυτός αντικατοπτρίζει την ικανότητα του ΔΔΠ να ξεπεράσει πιθανούς ανταγωνιστές του.
- Συνολική Διαχείριση Χρόνου: Ο δείκτης αυτός αντιστοιχεί στο συνολικό χρόνο που δαπανάται για τον σχηματισμό, τον σχεδιασμό και τη λειτουργία του ΔΔΠ.
- Συνολικό Κόστος Διαχείρισης: Ο δείκτης αυτός αποτυπώνει το συνολικό κόστος το οποίο εμπλέκεται για τη διαμόρφωση, το σχεδιασμό και τη λειτουργία του ΔΔΠ.

2.3 Μοντελοποίηση των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής μέσω Γνωστικών Χαρτών

Η μοντελοποίηση είναι η βάση για την αποτελεσματική αποτύπωση των γνώσεων από τους αρχαίους χρόνους. Οι απαιτήσεις όμως στη μοντελοποίηση, την κατανόηση και την ανάλυση των προβλημάτων των δικτύων παραγωγής δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν μόνο με τις υπάρχουσες συμβατικές μεθόδους και θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί. Είναι απαραίτητο λοιπόν να χρησιμοποιηθούν μεθοδολογίες και τεχνικές από διάφορα επιστημονικά πεδία. Η άνθηση των νέων θεωριών και τεχνικών που παρέχουν τα πεδία της Ασαφής Λογικής και των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων αποτελούν σημαντικό βοήθημα στη μοντελοποίηση της λειτουργίας των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής.

2.3.1 Εισαγωγή στους Γνωστικούς Χάρτες

Προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός της παρούσας εργασίας και να μοντελοποιηθεί η λειτουργία και οι κίνδυνοι των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής μέσω των γνωστικών χαρτών θα πρέπει πρώτα να δοθεί ο ορισμός των γνωστικών χαρτών καθώς και της νοητικής χαρτογράφησης.

Ο παραδοσιακός ορισμός που χρησιμοποιείται για την νοητική χαρτογράφηση και έγινε αποδεκτός από πολλούς ερευνητές αναφέρει ότι η νοητική χαρτογράφηση είναι μια διαδικασία που αποτελείται από μία σειρά ψυχολογικών μετασχηματισμών, με την οποία ένα άτομο αποκτά, αποθηκεύει, υπενθυμίζει και αποκωδικοποιεί πληροφορίες για τις σχετικές θέσεις και τα χαρακτηριστικά των φαινομένων στο καθημερινό χωρικό του περιβάλλον. Με αυτόν τον τρόπο η νοητική χαρτογράφηση μπορεί να θεωρηθεί ως η συνισταμένη της χωρικής και περιβαλλοντικής αντίληψης[15].

Οι γνωστικοί χάρτες έκαναν την εμφάνισή τους περίπου στο 1950. Συγκεκριμένα τον όρο «γνωστικό χάρτη» πιστώνεται ο Αμερικάνος ψυχολόγος Edward C. Tolman(1886- 1959). Ήταν μια προσπάθεια να εξηγήσει την συμπεριφορά ανθρώπων και ποντικών δίνοντας τους κάποια ερεθίσματα. Στα πειράματά του ο Tolman προκάλεσε κάθε αρουραίο να βρει σε ένα λαβύρινθο το φαγητό που προσφερόταν στο τέλος. Παρατήρησε ότι κάθε φορά που οι αρουραίοι περνούσαν από τα εκατοντάδες μικρά δρομάκια και αδιέξοδα, έκαναν λιγότερα λάθη. Τελικά, ήταν όλοι σε θέση να κινηθούν γρήγορα στο στόχο χωρίς να κάνουν λανθασμένες κινήσεις. Αυτό το αποτέλεσμα έδωσε στον Tolman την ιδέα ότι οι αρουραίοι απομνημόνευσαν το σχηματισμό του λαβυρίνθου στον εγκέφαλό τους. Προσπάθησε δηλαδή να σκιαγραφήσει το μυαλό ανθρώπων και ποντικών και δημοσίευσε αυτή του την μελέτη με τον τίτλο «Cognitive maps in rats and men(1948)»[16].

Έτσι η γνωστική απεικόνιση είναι μία μορφή μνήμης. Πιο απλά χρησιμοποιείται η «γνώση» για την κατανόηση, απλοποίηση και επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Με βάση αυτή την προσέγγιση οι γνωστικοί χάρτες βρήκαν εφαρμογή και αναπτύχθηκαν σε πάρα πολλούς τομείς. Εκτός από την ψυχολογία μελετήθηκαν επίσης στη γεωγραφία, στην αρχαιολογία, στην εκπαίδευση και φυσικά στον προγραμματισμό και την επιστήμη της πληροφορικής. Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των γνωστικών χαρτών έπαιξε και ο πολιτικός επιστήμονας Robert Axelrod στη δεκαετία του 1970, ο οποίος χρησιμοποίησε τους γνωστικούς χάρτες ως μέσο αναπαράστασης της κοινωνικής επιστημονικής γνώσης.

Οι γνωστικοί χάρτες Axelrod είναι αρκετά απλοί έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται ευρέως. Αυτού του τύπου λοιπόν οι γνωστικοί χάρτες είναι κάτι σαν κατευθυνόμενοι γράφοι. Αποτελούνται από κόμβους και κατευθυνόμενες ακμές. Οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τη γνώση και οι ακμές τη θετική ή αρνητική επίδραση-σχέση μεταξύ των κόμβων[17].

Έτσι ένας γνωστικός χάρτης είναι ένα δίκτυο-διάγραμμα που απεικονίζει σχέσεις αιτίας και αποτελέσματος και αναπαριστάται από ένα επισημασμένο κατευθυνόμενο γράφημα κόμβων και ακμών. Οι κόμβοι αναπαριστούν τις έννοιες του τομέα και οι ακμές τις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των κόμβων. Η κατεύθυνση του άκρου αποκαλύπτει την κατεύθυνση της αιτιώδους σχέσης, η οποία ονομάζεται και ανάδραση. Μια θετική (αρνητική) ανάδραση από τον κόμβο Α στον κόμβο Β

σημαίνει ότι μία αύξηση (μείωση) στη μεταβλητή A αιτιωδώς αυξάνει (μειώνει) τη μεταβλητή B.

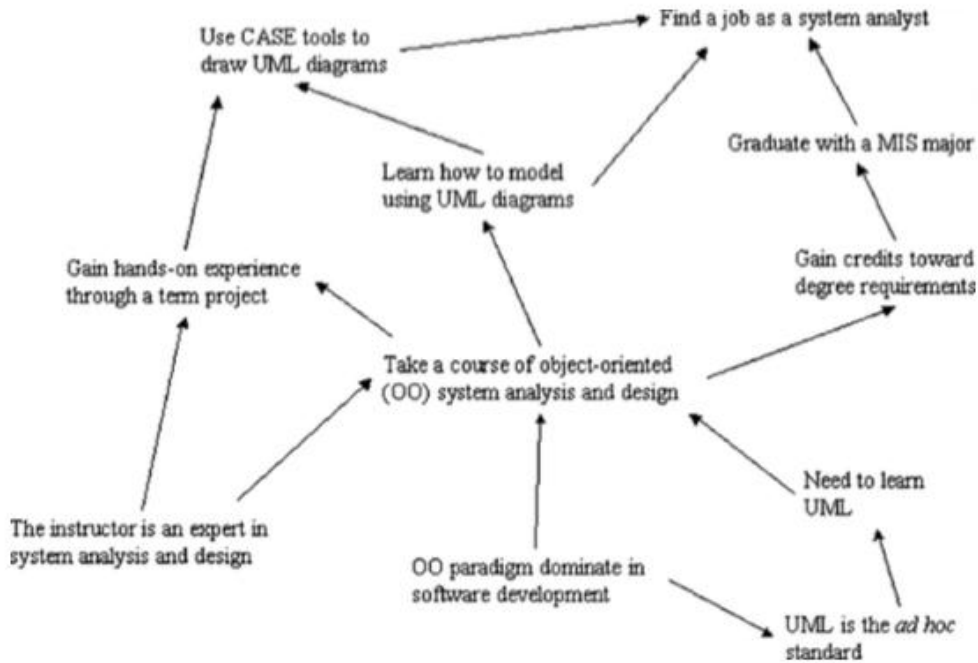
Οι συγκεκριμένοι χάρτες αναγνωρίζονται ως γνωστικοί λόγω του γεγονότος ότι χρησιμοποιούν τις έννοιες για να εκμαιεύσουν και να αναπαραστήσουν τις αντιλήψεις. Έχουν χρησιμοποιηθεί σε ποικίλες εφαρμογές και πλαίσια, κυρίως σε επίπεδο μάνατζμεντ και διαχείρισης αλλά και ως μέσο διευκόλυνσης και ανταλλαγής απόψεων και επικοινωνίας. Χάρη στα χαρακτηριστικά τους οι Γνωστικοί Χάρτες είναι η πλέον κατάλληλη μέθοδος για τη σύλληψη και επεξεργασία των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μεταβλητών εννοιών στο περιβάλλον ενός Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής (DMN).

2.3.2 Γνωστικές Απεικονίσεις

Για την εξαγωγή των γνωστικών χαρτών ως γραφικών απεικονίσεων και σχημάτων δημιουργήθηκαν κάποιες τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ευρέως σε τομείς όπως η κοινωνιολογία, οι πολιτικές επιστήμες, η οργανωτική συμπεριφορά καθώς και το στρατηγικό μάνατζμεντ. Η γενική προσέγγιση είναι να εξαχθούν υποκειμενικές δηλώσεις από διάφορα άτομα σε σχέση με κάποια συγκεκριμένα σενάρια που χαρακτηρίζουν το πρόβλημα, καθώς και τις σχέσεις των σεναρίων αυτών μεταξύ τους. Εν συνεχεία, τα σενάρια και οι σχέσεις αυτές περιγράφονται με κάποιου είδους γραφικής διάταξης[18]. Το αποτέλεσμα της τεχνικής αυτής ονομάζεται γνωστική απεικόνιση και παρακάτω παρουσιάζονται εν συντομία οι τρεις κυριότερες τεχνικές γνωστικής απεικόνισης.

Αιτιολογική Απεικόνιση (Causal Mapping)

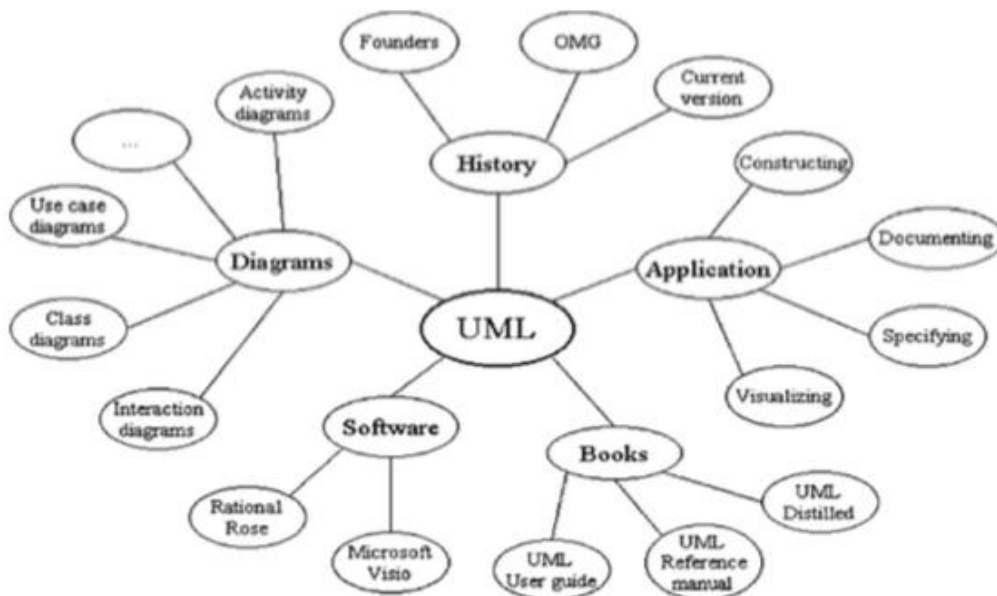
Η αιτιολογική απεικόνιση είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη γνωστική τεχνική χαρτογράφησης, όσον αφορά τη διερεύνηση της γνωστικής λειτουργίας των φορέων λήψης απόφασης στο εσωτερικό οργανισμών. Προέρχεται από την προσωπική κατασκευαστική θεωρία του Kelly, η οποία υποθέτει ότι ένα σύνολο προοπτικών ενός ατόμου είναι ένα σύστημα προσωπικών κατασκευασμάτων και τα άτομα χρησιμοποιούν τις προσωπικές τους κατασκευές για να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν τα διάφορα γεγονότα. Αυτό σημαίνει ότι ένα άτομο αντιλαμβάνεται το περιβάλλον χρησιμοποιώντας βασικές έννοιες οι οποίες εκφράζονται με απλές μονοπολικές φράσεις ή πλούσιες σε συμφραζόμενα διπολικές φράσεις. Όπως φανερώνει και το όνομά τους, ένας αιτιολογικός χάρτης (causal map) αντιπροσωπεύει ένα σύνολο αιτιολογικών σχέσεων μεταξύ των βασικών εννοιών μέσα σε ένα πραγματικό σύστημα. Μέσα από την καταγραφή αυτών των σχέσεων «αιτίας-συνέπειας» (cause-effect) αποκτώνται γνώσεις σχετικά με το σκεπτικό ενός συγκεκριμένου ατόμου.[19]



Σχήμα 2.2: Παράδειγμα Αιτιολογικού Χάρτη

Σημασιολογική Απεικόνιση (Semantic Mapping)

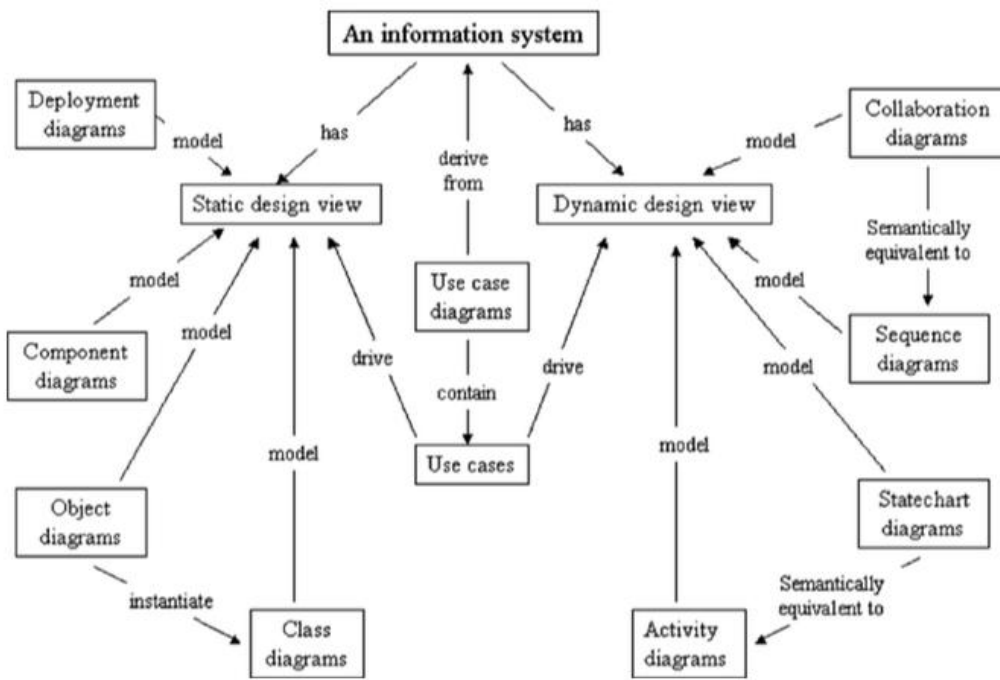
Οι αιτιολογικοί ισχυρισμοί αποτελούν μόνο ένα μέρος του συνολικού συστήματος πεποιθήσεων ενός ατόμου. Υπάρχουν μερικές γνωστικές τεχνικές χαρτογράφησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό άλλων σχέσεων μεταξύ των εννοιών. Η γνωστική απεικόνιση είναι επίσης γνωστή και ως ιδεολογική απεικόνιση (*idea mapping*), γιατί χρησιμοποιείται προκειμένου να εξερευνηθεί μία ιδέα χωρίς τους περιορισμούς που ενέχει μία δομή. Προκειμένου να κάνουμε μία σημασιολογική απεικόνιση ξεκινάμε από το κέντρο του χαρτιού με την κύρια ιδέα και εργαζόμαστε προς τα έξω σε όλες τις κατευθύνσεις, δημιουργώντας έτσι μία αυξανόμενη και οργανωμένη δομή που αποτελείται από βασικές λέξεις και εικόνες. Γύρω από την κεντρική ιδέα γράφονται πέντε με δέκα λέξεις (λέξεις-παιδιά) οι οποίες σχετίζονται με την κεντρική λέξη. Κάθε μία από τις λέξεις-παιδιά χρησιμοποιείται ως η επόμενη κεντρική λέξη για το επόμενο επίπεδο που θα σχεδιάσουμε κ.ο.κ. Με άλλα λόγια, ένας σημασιολογικός χάρτης έχει μία κεντρική ιδέα και στη συνέχεια άλλες ιδέες, με το τελικό αποτέλεσμα να μοιάζει με δένδροειδή δομή[19].



Σχήμα 2.3: Παράδειγμα Σημασιολογικού Χάρτη

Εννοιολογική Απεικόνιση (Concept Mapping)

Η τελευταία από τις πιο δημοφιλής γνωστικές τεχνικές χαρτογράφησης είναι η εννοιολογική χαρτογράφηση (Concept Mapping). Με βάση τις θεωρίες του Ausubel ο οποίος τόνισε τη σημασία της προηγούμενης γνώσης, ο Novak κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι υπάρχουσες γνωστικές δομές είναι ζωτικής σημασίας για την εκμάθηση νέων εννοιών. Ένας εννοιολογικός χάρτης, λοιπόν, είναι μία γραφική αναπαράσταση όπου οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τις έννοιες και οι σύνδεσμοι μεταξύ των εννοιών αντιπροσωπεύουν τις σχέσεις μεταξύ αυτών των εννοιών. Οι σύνδεσμοι μπορεί να είναι κατευθυνόμενοι ως προς τη μία μεριά, αμφίδρομοι ή και μη-κατευθυνόμενοι. Οι έννοιες και οι σύνδεσμοι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και ο εννοιολογικός χάρτης μπορεί να παρουσιάσει χρονικές ή αιτιολογικές σχέσεις μεταξύ των εννοιών. Η εννοιολογική απεικόνιση είναι χρήσιμη στην παραγωγή ιδεών, στο σχεδιασμό μιας περίπλοκης δομής, στην επικοινωνία σύνθετων ιδεών, βοηθώντας τη μάθηση με τη ρητή ενσωμάτωση της νέας και παλαιάς γνώσης, καθώς και στην αξιολόγηση της κατανόησης[19].



Σχήμα 2.4: Παράδειγμα Εννοιολογικού Χάρτη

3 ΑΣΑΦΗ ΓΝΩΣΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (FCMs)

Τα σύγχρονα συστήματα χαρακτηρίζονται ως πολυσύνθετα συστήματα με υψηλή διάσταση και ποικίλους παράγοντες και μεταβλητές. Οι συμβατικές μέθοδοι έχουν περιορισμένη συμβολή στη διαμόρφωση και τον έλεγχο σύνθετων δυναμικών συστημάτων και απαιτούνται νέες τεχνικές προκειμένου να επιτύχουμε τη μοντελοποίηση περίπλοκων συστημάτων. Οι νέες μέθοδοι που έχουν προταθεί για τα πολυσύνθετα συστήματα μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη υπάρχουσα γνώση και την ανθρώπινη εμπειρία και έχουν τις ικανότητες εκμάθησης καθώς και τα χαρακτηριστικά παλαιότερων μεθόδων όπως ιδιότητες ανίχνευσης και προσδιορισμού αποτυχίας. Σε αυτήν την εργασία τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα (ΑΓΔ), προτείνονται για τη μοντελοποίηση και τον έλεγχο πολυσύνθετων συστημάτων. Η εφαρμογή των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων μπορεί να συμβάλει στην προσπάθεια για ευφρέστερες μεθόδους ελέγχου και ανάπτυξης των πολυσύνθετων συστημάτων[20].

Τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα είναι μία διαδικασία μοντελοποίησης η οποία βασίζεται στην αξιοποίηση της γνώσης και της εμπειρίας. Προέρχονται από τις θεωρίες της ασαφούς λογικής, των νευρωνικών δικτύων, εξελικτικών αλγορίθμων αλλά και τεχνικών υπολογιστικής νοημοσύνης. Αποτελούνται από έννοιες που αναπαριστούν εννοιολογικές οντότητες, οι οποίες θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως κόκκοι πληροφορίας και αυτές οι έννοιες αλληλεπιδρούν έτσι ώστε η μία να επηρεάζει τις υπόλοιπες αλλά και την ανταλλαγή των πληροφοριών. Αυτοί οι κόκκοι πληροφορίας θα μπορούσαν να είναι φυσικές ποσότητες, ποιοτικά χαρακτηριστικά, αφηρημένες ιδέες και γενικά οντότητες.

Ένα Ασαφές Γνωστικό Δίκτυο είναι ένα ποιοτικό εργαλείο μοντελοποίησης που παρέχει έναν ευθύ και απλό τρόπο πραγμάτωσης των σχέσεων μεταξύ διαφορετικών παραγόντων. Μπορεί να περιγράψει κάθε σύστημα χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο με τρεις σαφείς και ξεχωριστές διαδικασίες. Αρχικά καθορίζεται η αιτιότητα υποδεικνύοντας θετικά ή αρνητικά τις σχέσεις, έπειτα οι δυνάμεις των αιτιωδών σχέσεων λαμβάνουν ασαφείς τιμές και τέλος οι αιτιώδεις σχέσεις είναι δυναμικές όπου το αποτέλεσμα μιας αλλαγής σε ένα παράγοντα/κόμβο επηρεάζει άλλους κόμβους οι οποίοι με τη σειρά τους επηρεάζουν άλλους κόμβους. Κατά την πρώτη διαδικασία υποδηλώνεται η κατεύθυνση και η φύση της αιτιώδους σχέσεις. Στη δεύτερη, εκχωρείται μία ασαφής ή λεκτική τιμή που αντικατοπτρίζει τη δύναμη της αιτιότητας ή το βαθμό της σχέσης μεταξύ των δύο παραγόντων και τέλος, κατά τρίτη διαδικασία, εφαρμόζεται ένας μηχανισμός ανάδρασης που συλλαμβάνει την δυναμική σχέση του συνόλου των κόμβων, οι οποίοι ενδέχεται να έχουν χρονικές επιπτώσεις[21].

Ο ορισμός των ΑΓΔ όπως δίνεται από τους B. Kosko και J. A. Dickerson αντίστοιχα:

- Τα ΑΓΔ είναι μια συμβολική αντιπροσώπευση για την περιγραφή και διαμόρφωση ενός συστήματος. Αποτελούνται από έννοιες, οι οποίες επεξηγούν τις διαφορετικές πτυχές στη συμπεριφορά ενός συστήματος και αυτές οι έννοιες αλληλεπιδρούν η μια με την άλλη όπως υπαγορεύει η

δυναμική του συστήματος[22].

- Η ανθρώπινη εμπειρία και η γνώση σχετικά με τη λειτουργία ενός συστήματος βρίσκονται πίσω απ' την ανάπτυξη ενός ασαφούς γνωστικού δικτύου, ως αποτέλεσμα της μεθόδου με την οποία κατασκευάζεται, χρησιμοποιώντας δηλαδή ανθρώπινους εμπειρογνώμονες που ξέρουν τη λειτουργία του συστήματος και της συμπεριφοράς του στις διάφορες περιπτώσεις. Ένα ΑΓΔ περιγράφει τη συμπεριφορά ενός συστήματος από την άποψη των εννοιών, όπου κάθε έννοια αντιπροσωπεύει μια κατάσταση, μια μεταβλητή ή ένα χαρακτηριστικό του συστήματος[23].

Οι κύριοι λόγοι που κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει τις προσεγγίσεις με τα ΑΓΔ είναι γιατί είναι εύκολα στη χρήση τους, καθώς και στην παραμετροποίηση και τη κατασκευή τους, παρουσιάζουν ευελιξία στην αναπαράστασή τους αφού μπορούν να προστεθούν περισσότερα φαινόμενα και έννοιες τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, απαιτούν ελάχιστο χρόνο εκτέλεσης, γίνονται εύκολα κατανοητά και αντιληπτά από απλούς ανθρώπους (μη εμπειρογνώμονες) και μπορούν να χειριστούν πολύπλοκα ζητήματα που σχετίζονται με την εκμείευση και τη διαχείριση της γνώσης.

Για αυτό το λόγο σύμφωνα με τον Codara (1998) τα ΑΓΔ χρησιμοποιούνται για τις παρακάτω λειτουργίες:

- Επεξηγηματική Λειτουργία: Κατασκευή των «χώρων» πίσω από τη συμπεριφορά ενός συγκεκριμένου παράγοντα, ώστε να γίνουν κατανοητοί οι λόγοι για τις αποφάσεις και τις ενέργειες της αφομοίωσης, επισημαίνοντας τα όρια εκπροσώπησής τους καθώς και τυχόν στρεβλώσεις.
- Λειτουργία Πρόβλεψης: Πρόβλεψη μελλοντικών αποφάσεων και ενεργειών, ή των λόγων, που ένας δεδομένος παράγοντας, θα χρησιμοποιήσει για να δικαιολογήσει τυχόν νέες εμφανίσεις.
- Αντανakλαστική Λειτουργία: Σκοπός της είναι να βοηθηθούν οι ιθύνοντες ώστε να συλλογιστούν πάνω σε μία δεδομένη κατάσταση, προκειμένου να εξακριβώσουν την επάρκειά της και, ενδεχομένως, να οδηγηθούν στην εισαγωγή οποιωνδήποτε αναγκαίων αλλαγών
- Στρατηγική Λειτουργία: Δημιουργία μιας πληρέστερης και ακριβέστερης περιγραφής μια δύσκολης κατάστασης[24]

Συμπερασματικά, ένα ΑΓΔ απεικονίζει ολόκληρο το σύστημα με μια γραφική παράσταση δείχνοντας την αιτία και το αποτέλεσμα των ανάλογων εννοιών, και είναι ένας απλός τρόπος να περιγραφεί η συμπεριφορά του συστήματος κατά τρόπο συμβολικό, εκμεταλλευόμενο τη συσσωρευμένη γνώση του συστήματος.

3.1 Περιγραφή των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων

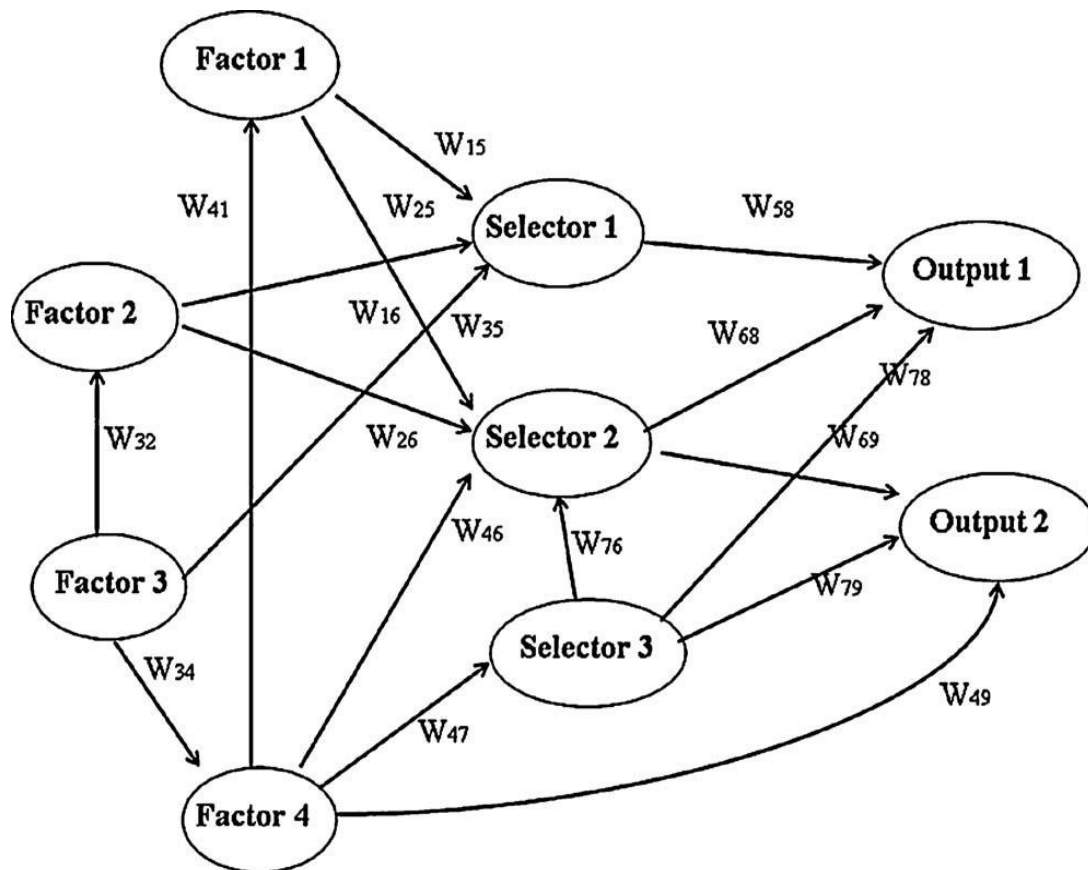
Όπως προείπαμε, τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα εισήχθησαν από τον Kosko το 1986

για την αναπαράσταση των αιτιατών διασυνδέσεων μεταξύ των κόμβων-εννοιών καθώς επίσης και για την ανάλυση των συμπερασμάτων προτύπων. Τα ΑΓΔ μοντελοποιούν το σύστημα και τη συμπεριφορά που αφορά τις καταστάσεις, τις μεταβλητές, τις διαδικασίες, τα γεγονότα, τις τιμές και τις εισόδους σύμφωνα με τις σχέσεις αιτίας-αποτελέσματος.

Η σχηματική απεικόνιση των ΑΓΔ είναι ένα δίκτυο αποτελούμενο από κόμβους οι οποίοι είναι διασυνδεδεμένοι μεταξύ τους με προσημασμένες συνδέσεις, κάθε μια από τις οποίες φέρει ένα βάρος διασύνδεσης. Οι κόμβοι ενός ΑΓΔ αντιπροσωπεύουν τις έννοιες-μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τη συμπεριφορά του συστήματος και συνδέονται με τα σταθμισμένα τόξα που αντιπροσωπεύουν τις αιτιατές διασυνδέσεις που υπάρχουν μεταξύ των κόμβων-εννοιών (βλ. σχήμα 3.1). Οι διασυνδέσεις μπορεί να υπάρχουν μεταξύ μερικών ή και όλων των κόμβων του ΑΓΔ επιτρέποντας την έμμεση ανατροφοδότηση μεταξύ των κόμβων, καθώς και τη δημιουργία κύκλων αλληλεπίδρασης.

Πιο συγκεκριμένα, κάθε κόμβος αντιπροσωπεύει μια έννοια ή ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του συστήματος το οποίο μοντελοποιείται με το προτεινόμενο μοντέλο. Οι διασυνδέσεις μεταξύ των κόμβων απεικονίζουν την σχέση αιτίας αποτελέσματος που υφίσταται μεταξύ δυο κόμβων, δηλαδή το αποτέλεσμα που έχει η μεταβολή της τιμής της μεταβλητής του ενός κόμβου στη διαμόρφωση της τιμής της μεταβλητής του διασυνδεδεμένου κόμβου. Η αιτιότητα των σχέσεων μπορεί να είναι είτε θετικά προσημασμένη (+) είτε αρνητικά (-). Αυτή η σχέση αιτιότητας μεταξύ δύο κόμβων χαρακτηρίζεται ως ασαφής σχέση λόγω της φύσης της και του τρόπου περιγραφής της με τη χρήση λεκτικών μεταβλητών, οι οποίες στη συνέχεια μετατρέπονται σε αριθμητικές μεταβλητές παίρνοντας τιμές στο πραγματικό διάστημα $[-1,1]$ [20].

Ουσιαστικά, ένα ΑΓΔ είναι ένα μη-ιεραρχικό διάγραμμα από το οποίο οι αλλαγές που πραγματοποιούνται σε κάθε δήλωση διέπονται από μία σειρά αιτιώδους αύξησης ή μείωσης σε ασαφείς τιμές βάρους (δηλαδή συνδέσεις μεταξύ των κόμβων). Το πλεονέκτημα της μοντελοποίησης δυναμικών συστημάτων μέσω ενός ΑΓΔ, είναι ότι ακόμα και αν η αρχική χαρτογράφηση του προβλήματος των εννοιών είναι ελλιπής ή ανακριβής, θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν περαιτέρω προσθήκες στον χάρτη, και η ανταπόκριση των νέων παραμέτρων θα ήταν άμεσα εμφανίσιμη, παρέχοντας έτσι μια ολιστική εικόνα του σεναρίου που εξετάζεται.



Σχήμα 3.1: Ασαφής Γνωστικός Χάρτης

Το παραπάνω σχήμα απεικονίζει ένα ΑΓΔ σχεδιασμένο για να προσομοιώσει ορισμένους παράγοντες και αποφάσεις στην ιατρική πληροφορική, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Ο κύριος στόχος της οικοδόμησης ενός ΑΓΔ γύρω από ένα πρόβλημα είναι να μπορεί να βρίσκεται σε θέση να προβλέψει το αποτέλεσμα αφήνοντας παράλληλα τα σχετικά θέματα να αλληλεπιδρούν το ένα με το άλλο. Οι προβλέψεις θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (DSS Decision Support System) για να διαπιστωθεί αν το αποτέλεσμα στο οποίο καταλήγει είναι συνεπές με το σύνολο των αρχικών αιτιωδών ισχυρισμών.

3.1.1 Μεθοδολογία για την Ανάπτυξη των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων

Πολύ σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της προσομοίωσης ενός Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου παίζει η ανάπτυξη του καθώς και η κατασκευή του. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, ένα ΑΓΔ αναπαριστά την ανθρώπινη γνώση στη διαδικασία ενός συστήματος και οι ειδικοί αναπτύσσουν τα ΑΓΔ χρησιμοποιώντας τη δική τους εμπειρία και γνώση για το σύστημα. Γνωρίζουν, λοιπόν, ποιοι είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν το σύστημα και ποια μπορεί να είναι τα ουσιώδη στοιχεία του και με βάση αυτά καθορίζουν τον αριθμό αλλά και το είδος των εννοιών από τις οποίες αποτελείται. Επίσης, παρατηρούν τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του προς εξέταση συστήματος, όπου κάθε ένας από τους παράγοντες αναπαριστάται από μία έννοια στο μοντέλο του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου. Παράλληλα, γνωρίζουν ποια στοιχεία του συστήματος επηρεάζουν άλλα στοιχεία και για τις αντίστοιχες έννοιες καθορίζουν τη θετική ή αρνητική μεταξύ τους επίδραση μέσω ενός ασαφούς βαθμού που καθορίζει την αιτιώδη συνάφεια.

Το κλειδί για την αναπαράσταση της ανθρώπινης γνώσης αλλά και του τρόπου που οι άνθρωποι φθάνουν στη λήψη μιας απόφασης είναι η αιτιότητα, οπότε με αυτόν τον τρόπο οι ειδικοί αποκωδικοποιούν τη δική τους υπάρχουσα γνώση για τη συμπεριφορά του συστήματος και μετασχηματίζουν τη γνώση αυτή σε ένα βαθμωτό γράφο, δηλαδή το Ασαφές Γνωστικό Δίκτυο.

Οι διασυνδέσεις, άμεσες ή έμμεσες, μεταξύ των εννοιών εκφράζουν τη σχέση αιτίου αποτελέσματος που υπάρχει ανάμεσά τους και περιγράφουν την επιρροή που έχει η μεταβολή της τιμής της μίας έννοιας στη τιμή εκείνης με την οποία είναι διασυνδεδεμένη. Βέβαια, η αιτιώδης αυτή σχέση χαρακτηρίζεται από ασάφεια, από τη φύση της, αφού αναπαριστά την επίδραση ενός ποιοτικού παράγοντα σε έναν άλλο και καθορίζεται χρησιμοποιώντας λεκτικές μεταβλητές. Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, καταλήγουμε στους επόμενους τρεις ορισμούς οι οποίοι καθορίζουν τις σχέσεις αιτίου αποτελέσματος μεταξύ δύο εννοιών.

Ορισμός 1. Κατεύθυνση της συσχέτισης μεταξύ δύο εννοιών.

Η αιτιώδης σχέση μεταξύ δύο εννοιών μπορεί να έχει τις παρακάτω κατευθύνσεις:

- Η έννοια C_i επηρεάζει την έννοια C_j οπότε υπάρχει σύνδεση μεταξύ των $i \rightarrow j$, επομένως $\delta_{i,j} = 1$.
- Η έννοια C_j επηρεάζει την έννοια C_i οπότε υπάρχει σύνδεση μεταξύ των $j \rightarrow i$, επομένως $\delta_{j,i} = 1$.
- Δεν υπάρχει σύνδεση μεταξύ των δύο εννοιών, επομένως $\delta_{i,j} = 0$.

Ορισμός 2. Είδος της συσχέτισης μεταξύ των δύο εννοιών.

Η συσχέτιση των δύο εννοιών μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική:

- $W_{i,j} > 0$, που σημαίνει ότι όταν η τιμή της έννοιας C_i αυξηθεί, η τιμή της έννοιας C_j θα αυξηθεί, και όταν η τιμή της C_i μειωθεί τότε και η τιμή της C_j θα μειωθεί.
- $W_{i,j} < 0$, που σημαίνει ότι όταν η τιμή της έννοιας C_i αυξηθεί η τιμή της έννοιας C_j θα μειωθεί, και όταν η τιμή της C_i μειωθεί τότε η τιμή της C_j θα αυξηθεί.

Ορισμός 3. Βαθμός της συσχέτισης μεταξύ των δύο εννοιών.

Η τιμή του βάρους $W_{i,j}$ της διασύνδεσης των εννοιών C_i και C_j εκφράζει το βαθμό της συσχέτισης της τιμής της μίας έννοιας στον υπολογισμό της τιμής της διασυνδεδεμένης. Η δύναμη της επιρροής της μίας έννοιας πάνω στην άλλη, περιγράφεται με λεκτικές μεταβλητές, ο μετασχηματισμός των οποίων στα βάρη $W_{i,j}$ γίνεται στο διάστημα τιμών $[-1,1]$ [21].

3.1.2 Μαθηματικό Μοντέλο

Όταν το ΑΓΔ έχει αναπτυχθεί με αυτόν τον τρόπο, η χαρτογράφηση μπορεί να καταμετρηθεί μέσω ενός αλγοριθμικού ασαφούς πρωτοκόλλου, όπου τα ασαφή βάρη και οι σχέσεις έχουν ορισθεί με κατάλληλες εσωτερικές συνδέσεις μεταξύ των κόμβων-εννοιών. Το ΑΓΔ μπορεί στη συνέχεια να τρέξει σαν μια διακριτή προσομοίωση και τα αποτελέσματα να καταγράφονται.

Ως εκ τούτου, ένα ΑΓΔ αποτυπώνεται μέσω ενός συγκεκριμένου αριθμού κόμβων, C_i

όπου $i=1,2,\dots,n$. Κάθε κόμβος αντιπροσωπεύει ένα φυσικό ή μη στοιχείο της περιγραφόμενης συμπεριφοράς του συστήματος και η τιμή της μεταβλητής του κόμβου καθορίζεται σε σχέση με τους διασυνδεδεμένους κόμβους αλλά και τους υπόλοιπους κόμβους του ΑΓΔ. Οι τιμές των κόμβων-εννοιών C_1, C_2, \dots, C_n (όπου n είναι ο αριθμός των εννοιών για το πρόβλημα) μαζί αντιπροσωπεύουν το διάνυσμα κατάστασης A . Το διάνυσμα κατάστασης ενός ΑΓΔ δίνει ανά πάσα στιγμή το στιγμιότυπο των γεγονότων στο σενάριο που διαμορφώνεται. Σε μια συγκεκριμένη επανάληψη, ένα στιγμιότυπο από τα επίπεδα ενεργοποίησης όλων των κόμβων προσδιορίζει τη κατάσταση του συστήματος. Η τιμή του κάθε κόμβου επηρεάζεται από τις τιμές των διασυνδεδεμένων με αυτόν κόμβων, μέσω των αντιστοίχων αιτιωδών βαρών αλλά και της αρχικής του τιμής.

Για να αφήσουμε το σύστημα να εξελιχθεί, το διάνυσμα κατάστασης A περνάει επανειλημμένα μέσα από τη μήτρα σύνδεσης W του γνωστικού δικτύου. Το αρχικό διάνυσμα κατάστασης αναφέρεται στη κατάσταση του συστήματος κατά τη πρώτη επανάληψη, ενώ τα νέα διανύσματα κατάστασης που δείχνουν την επίδραση των ενεργοποιημένων κόμβων-εννοιών, υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας επαναληπτικά κάθε φορά τη προηγούμενη τιμή του διανύσματος κατάστασης με τη μήτρα σύνδεσης W [25].

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N W_{ji} * A_j^{(k-1)}$$

Έτσι η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i κάθε χρονική στιγμή θα είναι $A_i^{(k)}$ και εξαρτάται μόνο από τις τιμές των διασυνδεδεμένων κόμβων τη χρονική στιγμή $(k-1)$ πολλαπλασιασμένες με το αντίστοιχο βάρος W_{ij} . Το αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού αθροίζεται και μέσω της συνάρτησης συμπίεσης f επεξεργάζεται και μετατρέπεται σε μια τιμή που ανήκει στο διάστημα $[0,1]$ στο οποίο οι μεταβλητές των n κόμβων του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου παίρνουν τιμές.

Η επιλογή της συνάρτησης συμπίεσης εξαρτάται από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για την περιγραφή των κόμβων, αλλά και από την ίδια την εφαρμογή η οποία καθορίζει το διάστημα στο οποίο η μεταβλητή κάθε κόμβου λαμβάνει τιμές. Οι πιο συνηθισμένες συναρτήσεις συμπίεσης είναι οι εξής[26]:

- Δισθενής (bivalent)

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$$

- Τρισθενής (trivalent)

$$f(x) = \begin{cases} -1, & x \leq -0.5 \\ 0, & -0.5 < x < 0.5 \\ 1, & x \geq 0.5 \end{cases}$$

- Σιγμοειδής (sigmoid)

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}}$$

- Υπερβολική Εφαπτομένη (hyperbolic tangent)

$$f(x) = \tanh(x)$$

Η υπερβολική εφαπτομένη χρησιμοποιείται ως συνάρτηση συμπίεσης σε περιπτώσεις όπου οι τιμές των εννοιών-κόμβων μπορούν να είναι και αρνητικές, ενώ η σιγμοειδής αντίστοιχα μας δίνει τιμές στο εύρος [0,1]. Στη παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιείται η σιγμοειδής συνάρτηση συμπίεσης όπου λ είναι θετικός αριθμός ($\lambda > 0$) και είναι η παράμετρος που καθορίζει την κύρτωση της συνάρτησης. Χρησιμοποιούμε $\lambda=1$, διότι η συγκεκριμένη τιμή έχει δείξει καλύτερα αποτελέσματα σύμφωνα με τη βιβλιογραφία.

Η συνάρτηση συμπίεσης χρησιμοποιείται προκειμένου να περιοριστεί το σταθμισμένο άθροισμα σε ένα συγκεκριμένο εύρος, το οποίο εμποδίζει την ποσοτική ανάλυση, αλλά επιτρέπει τις ποιοτικές συγκρίσεις μεταξύ των παραγόντων.

3.1.3 Περιγραφή της διαδικασίας προσομοίωσης των αλληλεπιδράσεων των κόμβων του ΑΓΔ

Γενικεύοντας τους κανόνες υπολογισμού των τιμών των μεταβλητών των κόμβων, θα χρησιμοποιηθούν πίνακες για να περιγραφεί το συνολικό μαθηματικό μοντέλο. Εάν υποτεθεί ότι το Ασαφές Γνωστικό Δίκτυο αποτελείται από n κόμβους, τότε ένας πίνακας A διαστάσεων $1 \times n$ θα περιλαμβάνει τις τιμές των n κόμβων και ένας πίνακας βαρών W διαστάσεων $n \times n$ θα περιλαμβάνει στοιχεία W_{ij} κάθε ένα από τα οποία θα δίνει το βάρος της διασύνδεσης των κόμβων C_i και C_j . Οι τιμές της διαγωνίου του πίνακα βαρών W θα είναι μηδέν αφού υποτίθεται ότι κανένας κόμβος δεν επιδρά με τον εαυτό του.

Έτσι λοιπόν η εξίσωση μπορεί να γραφεί σε μια πιο πλήρη μορφή, που περιλαμβάνει τον υπολογισμό των τιμών των μεταβλητών όλων των κόμβων τους Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου:

$$A^{\dagger}(k) = f(A^{\dagger}(k-1)) + \sum A^{\dagger}(k-1) * W$$

όπου $A^{(k)}$ είναι ο πίνακας γραμμή που περιλαμβάνει τις τιμές των κόμβων στο επαναληπτικό βήμα k και f είναι η συνάρτηση συμπίεσης[20].

Η δεύτερη αυτή μέθοδος υπολογισμού των τιμών των μεταβλητών των κόμβων, χρησιμοποιεί και έναν άλλον όρο στο άθροισμα ο οποίος περιλαμβάνει την προηγούμενη τιμή της μεταβλητής του υπολογιζόμενου κόμβου, ώστε να συμμετέχει άμεσα και η προηγούμενη τιμή στον καθορισμό της νέας. Η εφαρμογή της προηγούμενης τιμής της μεταβλητής κάθε κόμβου στον υπολογισμό της νέας τιμής επιδρά στη σύγκλιση του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου, οπότε και με αυτόν τον τρόπο οδηγείται πιο ομαλά στο επιθυμητό σημείο ισορροπίας. Επίσης επιτυγχάνεται πιο ομαλή μετάβαση από τη μία τιμή στην άλλη, καθώς κάθε κόμβος χαρακτηρίζεται από μνήμη ενός βήματος[27].

Αυτή η εξίσωση υπολογίζει το νέο διάνυσμα κατάστασης $A^{(k)}$, το οποίο προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του προηγούμενου διανύσματος τη χρονική στιγμή $(k-1)$, δηλαδή $A^{(k-1)}$ με τον πίνακα βαρών W . Το καινούριο διάνυσμα κατάστασης δίνει τις νέες τιμές των n κόμβων, μετά τις αιτιατές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κόμβων του ΑΓΔ και την πρόσθεση του $A^{(k-1)}$. Ο αλγόριθμος που περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα, αναπαριστά τη διαδικασία προσομοίωσης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των κόμβων του μοντέλου του ΑΓΔ.

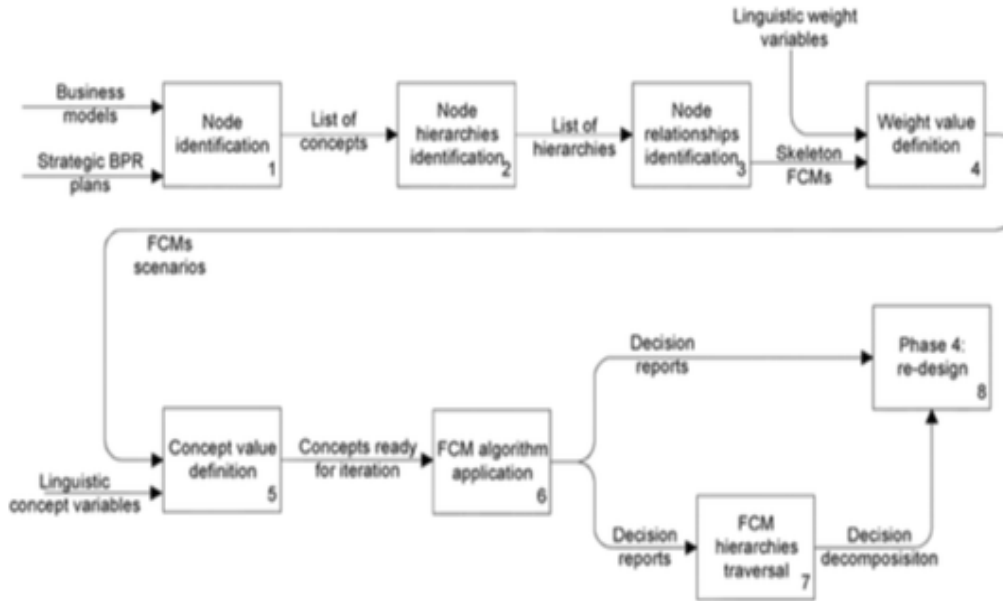
Αλγόριθμος Προσομοίωσης των αλληλεπιδράσεων του ΑΓΔ
<i>Αρχή</i>
<i>Βήμα 1: Διάβασε το αρχικό διάνυσμα A^0, $k=1$</i>
<i>Βήμα 2: Δώσε τη μήτρα του βάρους διασύνδεσης - W</i>
<i>Βήμα 3: Υπολόγισε το διάνυσμα $A^{(k)} = A^{(k-1)} + \sum A^{(k-1)} \cdot W$</i>
<i>Βήμα 4: Εφάρμοσε τη συνάρτηση συμπίεσης στο διάνυσμα $A^{(k)} = f(A^{(k)})$</i>
<i>Βήμα 5: ΕΑΝ ($A^{(k+1)} = A^{(k)}$), ΣΤΟΠ</i>
<i>Διαφορετικά ΠΗΓΑΙΝΕ στο Βήμα 1.</i>
<i>Τέλος</i>

Πίνακας 3.1 Αλγόριθμος Προσομοίωσης [20]

Οι διαδραστικές σχέσεις αιτιότητας ενός μοντέλου Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου είναι δυναμικές και συσσωρευτικές, επομένως οι αναλύσεις μπορούν να έχουν μια χρονική διάσταση. Ως εκ τούτου, η κατάσταση του συστήματος μπορεί να παρακολουθείται με τη πάροδο του χρόνου, τόσο μακροπρόθεσμα (σταθερή κατάσταση) όσο και βραχυπρόθεσμα (παροδική κατάσταση)[26]. Ο μηχανισμός εξαγωγής συμπερασμάτων του ΑΓΔ έχει ως εξής:

Το Ασαφές Γνωστικό Δίκτυο έχει προετοιμαστεί. Το επίπεδο ενεργοποίησης του καθενός από τους κόμβους του συστήματος έχει οριστεί σε συγκεκριμένες τιμές που βασίζονται στη πεποίθηση των εμπειρογνομόνων σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση. Στη συνέχεια, οι διάφορες έννοιες είναι ελεύθερες να αλληλεπιδράσουν. Η ενεργοποίηση ενός κόμβου επηρεάζει του κόμβους με τους οποίους συνδέεται. Η αλληλεπίδραση αυτή εκφράζεται μέσω της παραπάνω επαναληπτικής μεθόδου και συνεχίζεται μέχρι το μοντέλο:

- Να φτάσει σε ένα σταθερό σημείο ισορροπίας, με τις τιμές των κόμβων να σταθεροποιούνται γύρω από συγκεκριμένες αριθμητικές τιμές
- Να παρουσιάσει περιορισμένη κυκλική συμπεριφορά, όπου οι τιμές των κόμβων εμπίπτουν σε έναν βρόχο (κύκλο επαναλήψεων) αριθμητικών τιμών, για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο
- Να παρουσιάσει μια χαοτική συμπεριφορά, όπου κάθε κόμβος παίρνει ποικίλες αριθμητικές τιμές με έναν μη ντετερμινιστικό, τυχαίο τρόπο.



Σχήμα 3.2 Ανάπτυξη εργασιών των ΑΓΔ [14]

3.1.4 Ασαφή Χρονικά Γνωστικά Δίκτυα

Δύο από τα βασικά μειονεκτήματα των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων είναι η έλλειψη της έννοιας του χρόνου στις αιτιώδεις σχέσεις καθώς και ο συγχρονισμός, ο οποίος απαιτεί την ταυτόχρονη αξιολόγηση των τιμών των κόμβων του δικτύου [28]. Αν οι ειδικοί καταλήξουν σε αιτιώδεις σχέσεις με πολύ διαφορετικά χρονικά πλαίσια, όπως μήνες έναντι χρόνων, αυτά τα χρονικά πλαίσια θα πρέπει να επανασυγχρονιστούν [29]. Για να ενσωματωθεί η χρονική καθυστέρηση προτάθηκαν τα Ασαφή Χρονικά Γνωστικά Δίκτυα (ΑΧΓΔ, Fuzzy Time Cognitive Maps-FTCMs), τα οποία είναι μία επέκταση των κλασικών ΑΓΔ, αφού συμπεριλαμβάνουν και τον χρόνο στην ακμές του δικτύου.

Τα ΑΧΓΔ μοντελοποιούν την καθυστέρηση της επιρροής μεταξύ των αρχικών κόμβων του δικτύου και αυτών που προστέθηκαν με μια χρονική καθυστέρηση. Οι σχέση λοιπόν, ανάμεσα σε ένα ζευγάρι κόμβων θα αποτελείται πλέον από δύο τιμές, το συμβατικό βάρος της αλληλεπίδρασης που έχει δοθεί από τους ειδικούς αλλά και τη χρονική καθυστέρηση [30].

$$\omega = \{W_{ij}, t_{ij}\} \mid t_{ij} \geq 1$$

Για να συγχρονιστούν τα διαφορετικά χρονικά πλαίσια, εισάγονται στα ΑΧΓΔ οι αποκαλούμενοι «εικονικοί κόμβοι» (dummy nodes). Αυτοί οι κόμβοι εισάγονται στην πιο μακροπρόθεσμη αιτιώδη διασύνδεση προκειμένου να τη σπάσουν σε περισσότερες αιτιώδεις σχέσεις με μικρότερα χρονικά πλαίσια [29]. Επιπρόσθετα, επιτρέπεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των δυναμικών μοντέλων των ΑΧΓΔ και των ΑΓΔ για την ανάλυση των αποτελεσμάτων των χρονικών καθυστερήσεων σε σχέση με το σύστημα [30]. Όμως, οι κινήσεις αυτές στους κόμβους του δικτύου, προκειμένου να χειριστούν οι χρονικές καθυστερήσεις, αυξάνει κατά πολύ την πολυπλοκότητα στη διαμόρφωση του ΑΓΔ [28].

3.2 Μέθοδοι Υπολογισμού του Πίνακα Βαρών

Η ανάπτυξη των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων στηρίζεται αποκλειστικά στην ανθρώπινη εμπειρία και γνώση. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη και κατασκευή του ΑΓΔ έχει μεγάλη σημασία για την επαρκή μοντελοποίηση ενός συστήματος. Για αυτό το λόγο οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται εξαρτώνται αποκλειστικά από την ομάδα των εμπειρογνομόνων, οι οποίοι ελέγχουν και εποπτεύουν το σύστημα αλλά και αναπτύσσουν το μοντέλο του ΑΓΔ. Έχουν προταθεί διάφορες μεθοδολογίες για την ανάπτυξη των ΑΓΔ, οι οποίες εξάγουν τη γνώση των εμπειρογνομόνων σχετικά με το σύστημα και εκμεταλλεύονται την εμπειρία τους για το μοντέλο και τη συμπεριφορά του συστήματος. Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται τρεις ολοκληρωμένες μεθοδολογίες ανάπτυξης και κατασκευής Ασαφών Γνωστικών Δικτύων[20].

3.2.1 Προσδιορισμός του πίνακα βαρών του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου με χρήση λεκτικών μεταβλητών

Σημαντικό μειονέκτημα κατά τη κατασκευή του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου είναι η εφαρμογή του μαθηματικού τύπου και η επιλογή από τους ειδικούς μιας αριθμητικής τιμής για το βάρος κάθε διασύνδεσης στο Γνωστικό Χάρτη.

Η μεθοδολογία, που παρουσιάζεται εδώ, προέρχεται από ιδέες που έχουν εφαρμοσθεί στα πλαίσια της θεωρίας της Ασαφούς Λογικής. Οι ειδικοί δεν περιγράφουν με μια αριθμητική τιμή το βάρος μιας διασύνδεσης, αλλά χρησιμοποιούν μια λεκτική μεταβλητή, για να περιγράψουν τη σχέση μεταξύ δυο κόμβων και επομένως, το βάρος κάθε διασύνδεσης. Με αυτή την μέθοδο, είναι πιο εύκολο για τους ειδικούς, να εκφράζουν τις σχέσεις αιτιότητας μεταξύ δυο κόμβων, χαρακτηρίζοντας τη δύναμη της σχέσης και όχι δίνοντας μια συγκεκριμένη αριθμητική τιμή.

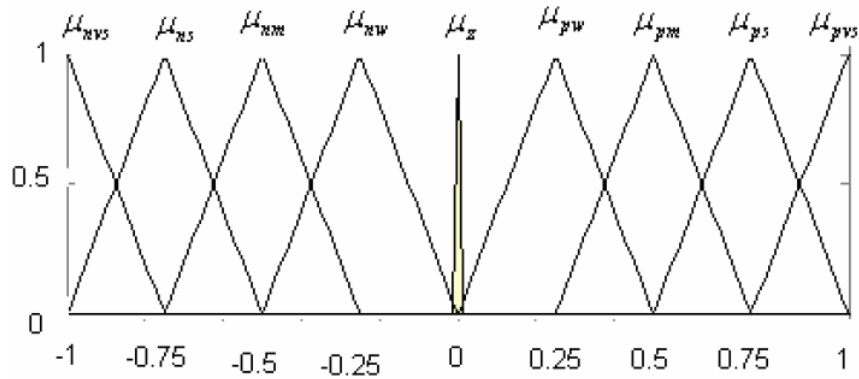
Καταρχήν, οι ειδικοί περιγράφουν τη συσχέτιση μεταξύ δύο κόμβων σύμφωνα με τη γνώση που έχουν για τους συγκεκριμένους κόμβους. Στη συνέχεια, καθορίζουν το είδος της συσχέτισης, είτε ως θετική είτε ως αρνητική. Έπειτα, προκειμένου να περιγράψουν το βάρος της κάθε διασύνδεσης, περιγράφουν την επίδραση που έχει ο ένας κόμβος στον άλλον, χρησιμοποιώντας λεκτικές μεταβλητές του τύπου «μικρή επίδραση», «μέση επίδραση» «ισχυρή επίδραση» κ.α. Δημιουργείται, λοιπόν, η λεκτική μεταβλητή «Επίδραση», που αντιπροσωπεύει τη συσχέτιση μεταξύ των κόμβων και λαμβάνει τιμές στο σύνολο αναφοράς $[-1,1]$. Οι τιμές αυτής της λεκτικής μεταβλητής ανήκουν σε ένα σύνολο τιμών το οποίο προτείνεται να αποτελείται από περιττό αριθμό μελών (συνήθως 7 ή 9 μέλη), τα οποία περιγράφουν λεπτομερώς τη σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών και είναι σε αντιστοιχία με τον γενικό τρόπο, με τον οποίο οι άνθρωποι περιγράφουν τη σχέση μεταξύ δύο στοιχείων. Βέβαια, το σύνολο τιμών της μεταβλητής «Επίδραση» θα μπορούσε να περιλαμβάνει πολύ περισσότερα μέλη, αλλά σε αυτή την περίπτωση θα ήταν τόσο λεπτομερής η περιγραφή, που θα ήταν προβληματική. Δηλαδή, ένας άνθρωπος είναι σχεδόν αδύνατο να περιγράψει μια σχέση αιτιότητας, ως “υπερβολικά πάρα μα πάρα πολύ υψηλή σχέση”. Και βέβαια, το σύνολο τιμών θα μπορούσε να αποτελείται από λιγότερα από 3 ή 5 μέλη, αλλά σε αυτή την περίπτωση η περιγραφή θα ήταν πάρα πολύ γενική. Από την μελέτη που έχει γίνει έχει πιστοποιηθεί, ότι ένα σύνολο, που αποτελείται από 9 στοιχεία, παρουσιάζει πάρα πολύ καλά χαρακτηριστικά. Η

χρησιμοποίηση μιας ενιαίας κλίμακας από όλους τους ειδικούς αποσκοπεί να τους οδηγήσει να την κατανοούν και να την χρησιμοποιούν κατά τον ίδιο τρόπο. Για τις τιμές της λεκτικής μεταβλητής «Επίδραση» χρησιμοποιούνται τριγωνικές συναρτήσεις συμμετοχής, οι οποίες εκφράζουν καλύτερα την έννοια της αυξημένης επίδρασης γύρω από κάποια περιοχή και καλύπτουν όλο το διάστημα, στο οποίο η μεταβλητή παίρνει τιμές. Έτσι λοιπόν, οι λεκτικές τιμές της μεταβλητής Επίδραση μπορούν να ανήκουν στο ακόλουθο σύνολο:

$\Gamma_{(Επίδραση)} = \{\text{αρνητικά πολύ ισχυρή, αρνητικά ισχυρή, αρνητικά μέση, αρνητικά αδύνατη, μηδενική, θετικά αδύνατη, θετικά μέση, θετικά ισχυρή, θετικά πολύ ισχυρή}\}$

Για κάθε μια από τις λεκτικές τιμές ορίζεται ένα ασαφές σύνολο, όπου οι συναρτήσεις απεικονίζονται στο σχήμα και έχουν τις εξής σημασιολογικές σχέσεις :

- M (αρνητικά πολύ ισχυρή) = το ασαφές σύνολο για επίδραση μικρότερη από -75% με συνάρτηση συμμετοχής μ_{nvs}
- M (αρνητικά ισχυρή) = το ασαφές σύνολο για επίδραση κοντά στο -75% με συνάρτηση συμμετοχής μ_{ns}
- M (αρνητικά μέση) = το ασαφές σύνολο για επίδραση κοντά στο -50% με συνάρτηση συμμετοχής μ_{nm}
- M (αρνητικά ασθενής) = το ασαφές σύνολο για επίδραση κοντά στο -25% με συνάρτηση συμμετοχής μ_{nw}
- M (μηδενική) = το ασαφές σύνολο για επίδραση κοντά στο 0% με συνάρτηση συμμετοχής μ_z
- M (θετικά ασθενής) = το ασαφές σύνολο για επίδραση κοντά στο 25% με συνάρτηση συμμετοχής μ_{pw}
- M (θετικά μέση) = το ασαφές σύνολο για επίδραση κοντά στο 50% με συνάρτηση συμμετοχής μ_{pm}
- M (θετικά ισχυρή) = το ασαφές σύνολο για επίδραση κοντά στο 75% με συνάρτηση συμμετοχής μ_{ps}
- M (θετικά πολύ ισχυρή) = το ασαφές σύνολο για επίδραση μεγαλύτερη από 75% με συνάρτηση συμμετοχής μ_{pvs} [31].



Σχήμα 3.3: Επίδραση των λεκτικών μεταβλητών [20]

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ανάπτυξη του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου μπορεί να υλοποιηθεί από ένα μόνο εμπειρογνώμονα ή από ομάδα εμπειρογνομόνων. Χρησιμοποιώντας μία ομάδα εμπειρογνομόνων βελτιώνεται η αξιοπιστία του τελικού μοντέλου, αφού τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα επιτρέπουν την απλή άθροιση των γνώσεων από πολλούς ειδικούς[26]. Για κάθε μια διασύνδεση, ο κάθε ειδικός περιγράφει την επίδραση από τον ένα κόμβο στον άλλο με μια λεκτική μεταβλητή, η οποία χαρακτηρίζει την διασύνδεση και από την οποία συμπεραίνεται η αριθμητική τιμή του βάρους. Οπότε, κάθε μια διασύνδεση δημιουργεί ένα σύνολο λεκτικών μεταβλητών, που αποτελείται από M μέλη, όσο και το πλήθος των ειδικών που αναπτύσσουν το ΑΓΔ. Οι M μεταβλητές συνδυάζονται με χρήση των αντίστοιχων συναρτήσεων συμμετοχής τους. Για τον συνδυασμό των λεκτικών μεταβλητών κάθε διασύνδεσης και στην συνέχεια την αποσαφοποίηση (defuzzification), εφαρμόζεται η γνωστή από τη θεωρία της ασαφούς λογικής μέθοδος του Κέντρου Περιοχής (Centre of Area, CoA) ή η μέθοδος του Κέντρου Βάρους (Centre of Gravity, CoG).

Πιο συγκεκριμένα, οι συναρτήσεις συμμετοχής όλων των λεκτικών μεταβλητών για κάθε διασύνδεση συνδυάζονται με χρήση των λογικών τελεστών min-max, προκύπτει ένα νέο ασαφές σύνολο που εκφράζει το βάρος της κάθε διασύνδεσης και το οποίο μετασχηματίζεται, με τη διαδικασία της αποσαφοποίησης και εξάγεται μια αριθμητική τιμή στο διάστημα $[-1,1]$, η οποία αποτελεί την αριθμητική τιμή του βάρους της κάθε διασύνδεσης. Η ίδια διαδικασία εφαρμόζεται για όλες τις διασυνδέσεις μεταξύ των N κόμβων του ΑΓΔ.

Συμπεράσματα:

Η μεθοδολογία, που παρουσιάστηκε έχει το πλεονέκτημα, ότι ζητά από τους ειδικούς να χρησιμοποιήσουν λεκτικές μεταβλητές, για να περιγράψουν το βαθμό της αιτιότητας μεταξύ δύο κόμβων. Μια προσέγγιση, που είναι ποιοτική, πιο οικεία στην ανθρώπινη φύση, ασαφής και ανάλογη με τον τρόπο, που ο κάθε άνθρωπος καταχωρεί στο μυαλό του πληροφορίες για τη σχέση και αλληλεπίδραση των καταστάσεων και των γεγονότων, που παρατηρεί τόσο στον πραγματικό κόσμο όσο και στα τεχνητά συστήματα. Επιπλέον, περιορίζεται το ποσοστό ανθρωπίνου λάθους, το οποίο είναι αυξημένο, όταν οι ειδικοί χαρακτηρίζουν την αιτιότητα μεταξύ δυο κόμβων με συγκεκριμένη αριθμητική τιμή.

3.2.2 Προσδιορισμός της τιμής του πίνακα βάρους διασύνδεσης από το αποτέλεσμα ενός λεκτικού κανόνα

Προκειμένου να βελτιωθεί η μεθοδολογία ανάπτυξης των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων μελετήθηκε μια διαφορετική προσέγγιση για τον προσδιορισμό των βαρών του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη μιας νέας μεθοδολογίας με βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Με τη νέα μεθοδολογία, οι ειδικοί περιγράφουν την υφιστάμενη σχέση αιτίας και αποτελέσματος μεταξύ δυο κόμβων, χρησιμοποιώντας λεκτικούς κανόνες, από τους οποίους συμπεραίνουν μια λεκτική μεταβλητή για την επίδραση του ενός κόμβου στον άλλο. Οπότε στη συνέχεια συνδυάζονται οι λεκτικές μεταβλητές που έχουν προταθεί για κάθε διασύνδεση και με χρήση ενός μηχανισμού αποσαφοποίησης προκύπτει μια αριθμητική τιμή για το βάρος της κάθε διασύνδεσης. Οι λεκτικοί κανόνες περιγράφουν τη σχέση, που υπάρχει μεταξύ των τιμών των μεταβλητών των κόμβων, και δια αυτής συμπεραίνουν το βαθμό της σχέσης αιτιότητας, οπότε συμπεραίνουν και μια λεκτική τιμή για το βάρος της διασύνδεσης μεταξύ δυο κόμβων. Οι λεκτικοί κανόνες ή αλλιώς IF-THEN rules, συνήθως είναι της μορφής:

- **ΕΑΝ** μία {καμία, μικρή, μεσαία, μεγάλη, πολύ μεγάλη} μεταβολή συμβεί στη τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i
- **TOTE** μία {καμία, μικρή, μεσαία, μεγάλη, πολύ μεγάλη} μεταβολή προκαλείται στη τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_j
- **ΕΠΟΜΕΝΩΣ** η επίδραση του κόμβου C_i στον κόμβο C_j θα είναι T{επίδραση}, το οποίο σημαίνει ότι το λεκτικό βάρος W_{ij} είναι μ_B όπου μ_B είναι η λογική μεταβλητή από το σύνολο T[25].

Προκειμένου να αναπτυχθεί ένα ΑΓΔ οι ειδικοί καθορίζουν το πλήθος και το είδος των κόμβων που θα αποτελέσουν το δίκτυο και περιγράφουν τα κύρια χαρακτηριστικά του συστήματος. Στη συνέχεια ζητείται από τους ειδικούς να περιγράψουν τη σχέση μεταξύ των κόμβων χρησιμοποιώντας τον προαναφερόμενο λεκτικό κανόνα. Όταν περιγραφεί η επίδραση από τον έναν κόμβο στον άλλο συμπεραίνεται η λεκτική μεταβλητή που περιγράφει τη μεταβλητή του βάρους της διασύνδεσης μεταξύ δυο κόμβων. Οι λεκτικές μεταβλητές για το βάρος μιας διασύνδεσης παίρνουν τις ακόλουθες τιμές 'πολύ μικρό, μικρό, μικρότερο από μέσο, μέσο, μεγαλύτερο από μέσο, μεγάλο πολύ μεγάλο' με τριγωνικές συναρτήσεις συμμετοχής που παίρνουν τιμές στο διάστημα [0,1]. Με αυτήν τη μέθοδο μια ομάδα από ειδικούς προτείνει για κάθε διασύνδεση ένα σύνολο λεκτικών κανόνων από τους οποίους συμπεραίνουν λεκτικές τιμές για το βάρος της διασύνδεσης και έτσι το βάρος κάθε διασύνδεσης περιγράφεται από ένα σύνολο λεκτικών μεταβλητών. Οι λεκτικές μεταβλητές για το βάρος μιας διασύνδεσης συνδυάζονται με χρήση της μεθόδου min-max από τη θεωρία της Ασαφούς Λογικής, οπότε στη συνέχεια χρησιμοποιείται η μέθοδος του Κέντρου Περιοχής για την αποσαφοποίηση και προκύπτει μια αριθμητική τιμή για το βάρος κάθε διασύνδεσης.

Στη συνέχεια περιγράφεται ένα παράδειγμα εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου καθορισμού των διασυνδέσεων.

Παράδειγμα:

Υποτίθεται, ότι έχουν επιλεγεί οι κόμβοι του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου σύμφωνα με το πρώτο στάδιο του αλγορίθμου επιλογής Ασαφών Γνωστικών Δικτύων. Το επόμενο στάδιο είναι ο καθορισμός του τύπου και είδους των διασυνδέσεων μεταξύ των κόμβων. Υπάρχει μια ομάδα τριών ειδικών, οι οποίοι περιγράφουν τη σχέση μεταξύ του κόμβου C_i και του κόμβου C_j ως εξής :

- 1^{ος} Ειδικός: EAN μία **μεσαία** μεταβολή συμβεί στη τιμή της μεταβλητής C_i ΤΟΤΕ μία **μεσαία** μεταβολή προκαλείται στη τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_j .

Συμπέρασμα 1^{ου} Ειδικού: Η επίδραση του C_i στο C_j είναι **μεσαία** επομένως το βάρος της διασύνδεσης W_{ij} είναι **μεσαίο**.

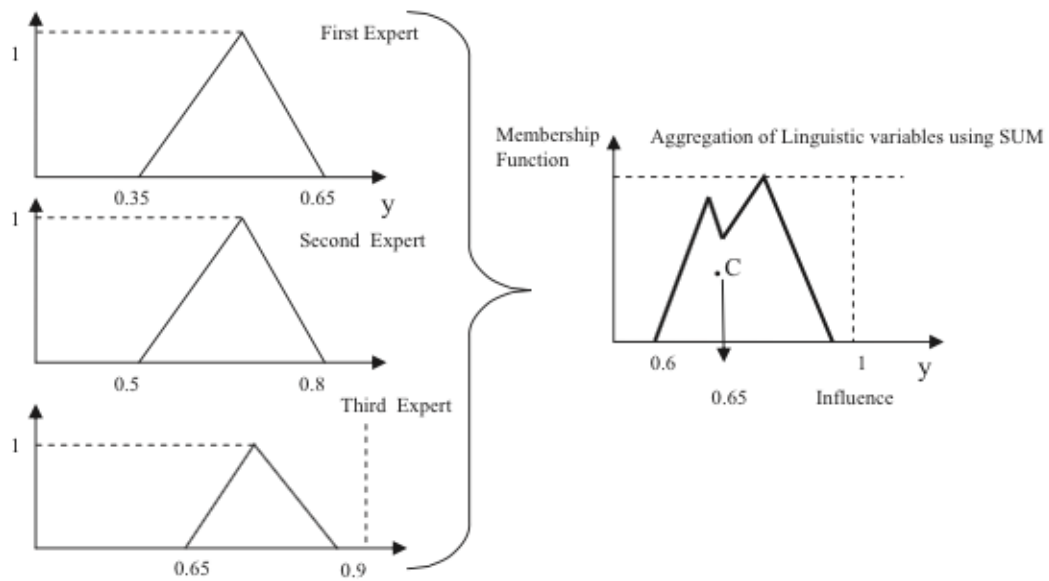
- 2^{ος} Ειδικός: EAN μία **μεσαία** μεταβολή συμβεί στη τιμή της μεταβλητής C_i ΤΟΤΕ μία **μεγάλη** μεταβολή προκαλείται στη τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_j .

Συμπέρασμα 2^{ου} Ειδικού: Η επίδραση του C_i στο C_j είναι **μεσαία** επομένως το βάρος της διασύνδεσης W_{ij} είναι **μεγάλο**.

- 3^{ος} Ειδικός: : EAN μία **μεγάλη** μεταβολή συμβεί στη τιμή της μεταβλητής C_i ΤΟΤΕ μία **πού μεγάλη** μεταβολή προκαλείται στη τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_j .

Συμπέρασμα 3^{ου} Ειδικού: Η επίδραση του C_i στο C_j είναι **πολύ μεγάλη** επομένως το βάρος της διασύνδεσης W_{ij} είναι **πολύ μεγάλο**[20].

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα χρησιμοποιήθηκαν οι τριγωνικές συναρτήσεις συμμετοχής για να περιγράψουν τις τιμές των βαρών των διασυνδέσεων. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται οι συναρτήσεις συμμετοχής που χρησιμοποίησαν οι τρεις ειδικοί προκειμένου να περιγράψουν την αιτιώδη σχέση μεταξύ των κόμβων C_i και C_j . Παράλληλα, η συνολική συνάρτηση παρουσιάζεται ακριβώς δίπλα, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο SUM, ενώ με τη χρήση του Κέντρου Βάρους (CoG method) εξάγεται για το βάρος της διασύνδεσης, η αριθμητική τιμή $W_{ij} = 0.65$ [25].



Σχήμα 3.4: Άθροιση των τριών λεκτικών μεταβλητών [25]

Συμπεράσματα:

Η μέθοδος, που παρουσιάστηκε είναι κατανοητή στους εμπειρογνώμονες, που περιγράφουν τη λειτουργία του συστήματος. Απαιτεί να περιγράψουν τη σχέση μεταξύ των κόμβων με ένα λεκτικό κανόνα και έτσι τους καθοδηγεί να βγάλουν αντικειμενικά συμπεράσματα για την αιτιατή σχέση και να την περιγράψουν με μια λεκτική μεταβλητή. Είναι μια αντικειμενική μέθοδος δημιουργίας των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων πάρα πολύ χρήσιμη για την ανάπτυξη ενός Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου, που θα μοντελοποιεί ένα σύνθετο σύστημα, όπου οι ειδικοί γνωρίζουν τη συμπεριφορά του συστήματος, αλλά δεν έχουν ερευνήσει τις σχέσεις αιτίας και αποτελέσματος μεταξύ των κύριων χαρακτηριστικών του συστήματος.

3.2.3 Υπολογισμός συνάρτησης για το βάρος μιας διασύνδεσης από τη περιγραφή της σχέσης μεταξύ των μεταβλητών των κόμβων

Οι ειδικοί με εμπειρία στη λειτουργία του συστήματος περιγράφουν τη σχέση μεταξύ δυο κόμβων χρησιμοποιώντας λεκτικούς κανόνες της μορφής EAN-TOTE (IF-THEN rules) και στη συνέχεια με χρήση ενός μηχανισμού συμπεράσματος εξάγεται μια συνάρτηση που περιγράφει το βάρος κάθε διασύνδεσης.

Οι λεκτικοί κανόνες περιγράφουν την αιτιατή σχέση που υπάρχει μεταξύ των τιμών των μεταβλητών δυο κόμβων, και η οποία αντικατοπτρίζεται στο βάρος της διασύνδεσης μεταξύ των δυο κόμβων. Ο λεκτικός κανόνας είναι της μορφής:

EAN η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i είναι A TOTE η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_j είναι B.

Ζητείται λοιπόν από τους ειδικούς να περιγράψουν τη σχέση μεταξύ όλων των κόμβων χρησιμοποιώντας τον προαναφερθέντα λεκτικό κανόνα όπου τα A και B

είναι λεκτικές μεταβλητές.

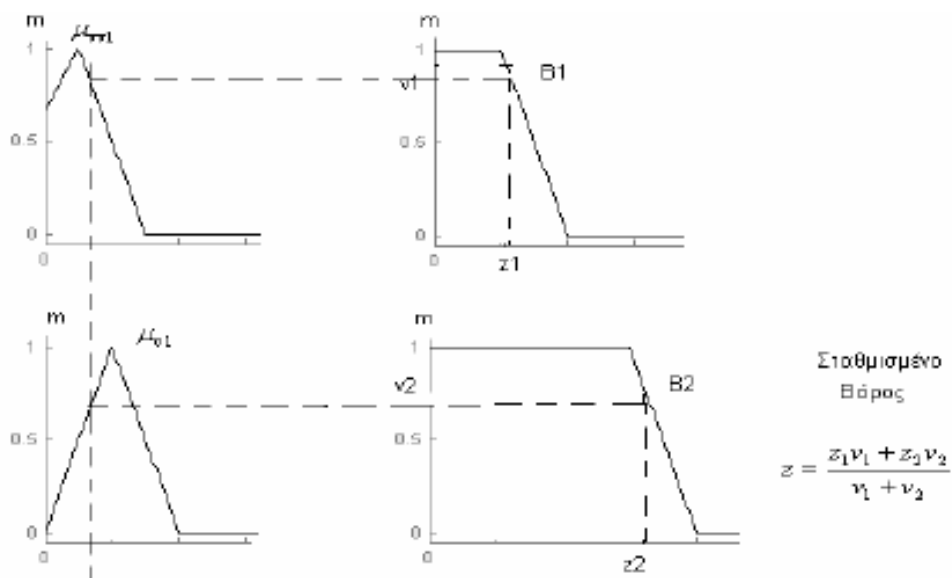
Όπως εξηγήθηκε προηγουμένως, ένα ικανοποιητικό σύνολο λεκτικών μεταβλητών που περιγράφει τις τιμές του συνόλου με αρκετή ακρίβεια αποτελείται από 9 μεταβλητές. Οι εννιά αυτές μεταβλητές βρίσκονται στο σύνολο $T\{\text{επίδραση}\} = \{\text{πάρα πολύ χαμηλή, πολύ χαμηλή, χαμηλή, μικρότερη από μέση, μεσαία, μεγαλύτερη από μέση, υψηλή, πολύ υψηλή, πάρα πολύ υψηλή}\}$ και οι αντίστοιχες συναρτήσεις συμμετοχής είναι $\mu_{vvl}, \mu_{vl}, \mu_l, \mu_{lm}, \mu_m, \mu_{gm}, \mu_h, \mu_{vh}, \mu_{vvh}$. Αναλυτικά οι λεκτικοί κανόνες:

- Η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i είναι πάρα πολύ χαμηλή με συνάρτηση συμμετοχής μ_{vvl}
- Η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i είναι πολύ χαμηλή με συνάρτηση συμμετοχής μ_{vl}
- Η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i είναι χαμηλή με συνάρτηση συμμετοχής μ_l
- Η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i είναι μικρότερη από τη μέση με συνάρτηση συμμετοχής μ_{lm}
- Η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i είναι μεσαία με συνάρτηση συμμετοχής μ_m
- Η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i είναι μεγαλύτερη από τη μέση με συνάρτηση συμμετοχής μ_{gm}
- Η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i είναι υψηλή με συνάρτηση συμμετοχής μ_h
- Η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i είναι πολύ υψηλή με συνάρτηση συμμετοχής μ_{vh}
- Η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i είναι πάρα πολύ υψηλή με συνάρτηση συμμετοχής μ_{vvh}

Διαδικασία ανάπτυξης του Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη

Συγκεντρώνονται οι M ειδικοί, οι οποίοι γνωρίζουν τη λειτουργία του συστήματος, και τους ζητείται να αναπτύξουν έναν Ασαφή Γνωστικό Δικτύου που θα περιγράφει το σύστημα. Οι ειδικοί αρχικά καθορίζουν το πλήθος και είδος των κόμβων που θα αποτελούν το ΑΓΔ. Έπειτα ο κάθε ειδικός ανάλογα με την εμπειρία του, προτείνει ένα λεκτικό κανόνα για κάθε διασύνδεση του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου. Για κάθε μια διασύνδεση το σύνολο αυτό αξιολογείται και με χρήση λογικών εκφράσεων και συλλογισμών βασισμένων σε Ασαφή Λογική συνδυάζεται και μετασχηματίζεται σε έναν συνολικό λεκτικό κανόνα, ο οποίος περιγράφει τη σχέση μεταξύ των δυο κόμβων. Ο συνολικός λεκτικός κανόνας περιγράφει την υφιστάμενη αιτιατή σχέση μεταξύ των δυο κόμβων, καθορίζοντας το βαθμό αιτιότητας μεταξύ των δύο κόμβων και κατά συνέπεια το αντίστοιχο βάρος της διασύνδεσης.

Για τον συνδυασμό όλων των προτεινόμενων λεκτικών κανόνων, που περιγράφουν τη συσχέτιση μεταξύ δυο κόμβων και τη δημιουργία ενός συνολικού κανόνα, χρησιμοποιείται ευρέως μια παραλλαγή της μεθοδολογίας, που έχει προταθεί από τον Tsukamoto για την ανάπτυξη ενός συστήματος συμπερασμού για Ασαφή Συστήματα. Στους κανόνες Tsukamoto η προκύπτουσα έξοδος κάθε κανόνα είναι μια σαφής τιμή ίση με τον βαθμό εκπλήρωσης του κανόνα, με τη γενική έξοδο να λαμβάνεται ως σταθμισμένος όρος όλων των αποτελεσμάτων, όπου τελικά είναι μια σαφής τιμή. Η μέθοδος Tsukamoto απεικονίζεται σχηματικά παρακάτω:



Σχήμα 3.5: Μέθοδος Tsukamoto[20]

Με τη μεθοδολογία αυτή, συνδυάζονται οι λεκτικοί κανόνες της γενικής μορφής:

EAN X είναι A TOTE Y είναι B

Επομένως η συνολική έξοδος προκύπτει, ως το αποτέλεσμα της συνάθροισης της εξόδου κάθε κανόνα με τη χρήση του σταθμισμένου μέσου όρου. Το τελικό αποτέλεσμα θα είναι μία συνολική συνάρτηση εισόδου-εξόδου για το βάρος της κάθε διασύνδεσης. Η συνάρτηση, που περιγράφει τη σχέση μεταξύ δυο κόμβων, θα παίρνει σαν είσοδο την τιμή της μεταβλητής του ενός κόμβου του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου και δίνει σαν έξοδο την τιμή της μεταβλητής του συνδεδεμένου κόμβου. Με την προτεινόμενη μέθοδο η αιτιατή σχέση μεταξύ δυο κόμβων περιγράφεται από μια συνάρτηση εισόδου-εξόδου και δεν απαιτείται πλέον η εύρεση μιας αριθμητικής τιμής για το βάρος της κάθε διασύνδεσης. Έτσι το βάρος της διασύνδεσης μεταξύ δυο κόμβων δεν είναι πλέον μια σταθερή αριθμητική τιμή, αλλά είναι μια συνάρτηση της τιμής της μεταβλητής του διασυνδεδεμένου κόμβου C_j :

$$W_{ij} = g_{ij}(A_j) \quad (1)$$

Οπότε μεταβάλλεται ο τρόπος υπολογισμού των τιμών των μεταβλητών των κόμβων μετά από κάθε βήμα. Εισάγεται η παραπάνω σχέση στην εξίσωση που περιγράφει τον υπολογισμό των τιμών των κόμβων μετά από κάθε βήμα και προκύπτει η εξής

εξίσωση:

$$A_i^t = f \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N (g_{ji} (A_j^{t-1}) + A_i^{t-1}) \right) \quad (2)$$

Έτσι η τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i στο βήμα t θα είναι A_i και εξαρτάται από τις τιμές A_j των μεταβλητών των διασυνδεδεμένων κόμβων στη $t-1$ επανάληψη. Κάθε διασυνδεδεμένος κόμβος C_j με τιμή μεταβλητής A_j διαμέσου της αντίστοιχης συνάρτησης εισόδου-εξόδου g_{ji} επηρεάζει την τιμή της μεταβλητής του κόμβου C_i , αθροίζονται οι τιμές από τους $N-1$ κόμβους που επηρεάζουν τον i -κόμβο και το αποτέλεσμα περνά μέσα από μία συνάρτηση συμπίεσης f , η οποία περιορίζει το αποτέλεσμα στο διάστημα $[0,1]$, στο οποίο ανήκουν οι τιμές των μεταβλητών των κόμβων του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου.

Συμπεράσματα:

Μια σημαντική διαφορά της μεθόδου που μόλις περιγράφηκε, σε σχέση με τη μέθοδο της προηγούμενης παραγράφου, είναι ότι ζητείται από τον κάθε ειδικό απλά να περιγράψει τη σχέση των τιμών των μεταβλητών των κόμβων, χρησιμοποιώντας ένα λεκτικό κανόνα και χωρίς να εξάγει κάποιο συμπέρασμα για τη λεκτική ή αριθμητική τιμή της μεταβλητής που περιγράφει την αιτιατή σχέση μεταξύ δύο κόμβων. Δημιουργείται μια συνάρτηση, που περιγράφει την αιτιατή σχέση μεταξύ των κόμβων, η οποία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των τιμών των μεταβλητών των κόμβων. Δηλαδή, η αιτιότητα μεταξύ δύο κόμβων περιγράφεται από μία συνάρτηση εισόδου-εξόδου διευκολύνοντας την εφαρμογή μαθηματικών μεθόδων και πράξεων, όπως η διαφορίση της συνάρτησης. Γενικά, η συγκεκριμένη μεθοδολογία δίνει ακόμα περισσότερες δυνατότητες στους ειδικούς να περιγράψουν αντικειμενικά τη σχέση μεταξύ δύο κόμβων, χρησιμοποιώντας λεκτικούς κανόνες, που βρίσκονται πολύ κοντά στην ανθρώπινη σκέψη.

3.2.4 Αλγόριθμοι Εκμάθησης

Η μεθοδολογία για την ανάπτυξη των ΑΓΔ βασίζεται κυρίως στην γνώση και την εμπειρία των ειδικών. Όμως η εξωτερική παρέμβαση (κυρίως από τους ειδικούς) για τον προσδιορισμό των παραμέτρων των ΑΓΔ, ο επανυπολογισμός των βαρών και των αιτιωδών σχέσεων κάθε φορά που μία νέα στρατηγική υιοθετείται καθώς και η δυνατότητα σύγκλισης σε ανεπιθύμητες περιοχές για τις τιμές των κόμβων, αποτελούν σημαντικά μειονεκτήματα των ΑΓΔ. Είναι, λοιπόν, αναγκαίο να καμφθούν τα εμπόδια αυτά προκειμένου να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα και η ευρωστία των ΑΓΔ. Ενθαρρυντικές είναι οι μέθοδοι προσαρμογής των βαρών, καθώς μπορούν να αντιμετωπίσουν τα παραπάνω προβλήματα, επιτρέποντας έτσι τη δημιουργία λιγότερων επιρρεπή σε λάθη ΑΓΔ, όπου οι αιτιώδεις σχέσεις προσαρμόζονται μέσω της διαδικασίας εκμάθησης.

Όταν οι εμπειρογνώμονες είναι υπεύθυνοι για τη κατασκευή των ΑΓΔ με τον προσδιορισμό των εννοιών και της αιτιώδους συνάφειας μεταξύ τους, μπορεί να

δημιουργήσουν ένα στρεβλό μοντέλο, καθώς δεν μπορούν να εξετάσουν και να λάβουν υπόψη τους πλέον ενδεδειγμένους παράγοντες, με αποτέλεσμα να καταλήγουν σε ακατάλληλα αιτιότητας βάρη μεταξύ των εννοιών του δικτύου. Για αυτό το λόγο, τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα συνδυάστηκαν με προσεγγίσεις που βασίζονται σε χαρακτηριστικά των νευρωνικών δικτύων, ενσωματώνοντας και τα πλεονεκτήματά τους. Συγκεκριμένα, τεχνικές μάθησης νευρωνικών δικτύων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατάρτιση των ΑΓΔ καθώς και την κατάλληλη τροποποίηση των βαρών των διασυνδέσεων μεταξύ των εννοιών. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ένα υβριδικό νευροασαφές σύστημα[21].

Η καλύτερη λειτουργία των ΑΓΔ και η σύγκλιση τους σε επιθυμητές καταστάσεις ισορροπίας μπορεί να επιτευχθεί προσαρμόζοντας τα βάρη τους με τρόπο αντίστοιχο με αυτόν που εφαρμόζεται στην περίπτωση των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων (ΤΝΔ). Όμως απαιτείται η εύρεση ενός διαφορετικού τρόπου εκμάθησης των βαρών των ΑΓΔ από τον αντίστοιχο των ΤΝΔ. Με τον όρο «εκμάθηση» των ΑΓΔ εννοούμε τη διαδικασία προσαρμογής των βαρών με τέτοιο τρόπο, ώστε να συγκλίνουν σε επιθυμητές περιοχές ισορροπίας κατάλληλες για την επιθυμητή λειτουργία του συστήματος. Το πρόβλημα της αποδοτικής προσαρμογής των βαρών των ΑΓΔ είναι δύσκολο και απαιτείται εύρεση της κατάλληλης μεθοδολογίας και σύγκλισης[18].

Πρώτος ο Kosko πρότεινε και ανέπτυξε μεθοδολογίες εκμάθησης βασισμένες σε κανόνες χωρίς επίβλεψη τύπου Hebb, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μοντέλα ΑΓΔ προσαρμόζοντας τα βάρη τους. Ο αλγόριθμος που πρότεινε ονομάζεται *Διαφορικός Αλγόριθμος Εκμάθησης τύπου Hebb* (Differential Hebbian Learning – DHL), κατά τη διάρκεια του οποίου η μάθηση των νέων τιμών των βαρών διεξάγεται επανειλημμένα μέχρι να βρεθεί η επιθυμητή δομή[30]. Σε γενικές γραμμές, τα βάρη στο πίνακα σύνδεσης τροποποιούνται μόνο όταν οι αντίστοιχοι κόμβοι αλλάζουν τιμή. Το κύριο μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι ενημερώνει τα βάρη ανάμεσα σε κάθε ζεύγος κόμβων, λαμβάνοντας όμως υπόψη μόνο τους δύο συγκεκριμένους κόμβους και αγνοώντας άρα την επίδραση από τους άλλους.

Μία βελτιωμένη έκδοση του DHL είναι ο *Ισορροπημένος Διαφορικός Αλγόριθμος Εκμάθησης τύπου Hebb* (Balanced Differential Hebbian Learning – BDHL) ο οποίος εισήχθη από τον Huerger[30]. Ο αλγόριθμος αυτός εξαλείφει έναν από τους περιορισμούς της μεθόδου DHL, λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των τιμών των κόμβων που αλλάζουν την ίδια χρονική στιγμή κατά την ενημέρωση των βαρών[32]. Πιο συγκεκριμένα, λαμβάνει υπόψη τις αλλαγές που παρατηρούνται σε όλες τις έννοιες όταν συμβαίνουν στην ίδια επανάληψη και έχουν την ίδια κατεύθυνση. Ωστόσο, εφαρμόστηκε μόνο σε δυαδικά ΑΓΔ, περιορίζοντας έτσι τους τομείς εφαρμογής της[30].

Ένα χρόνο αργότερα, η Παπαγεωργίου[30] εισήγαγε το *Μη Γραμμικό Αλγόριθμο Εκμάθησης τύπου Hebb* (Nonlinear Hebbian Learning – NHL). Ενώ ο αλγόριθμος αυτός προέρχεται από τις ίδιες αρχές μάθησης, χρησιμοποιεί μια μη γραμμική προέκταση του βασικού κανόνα Hebb εισάγοντας έναν τύπο τροποποιημένης ενημέρωσης βαρών. Απαιτείται αρχική ανθρώπινη παρέμβαση, αφού οι εμπειρογνώμονες οφείλουν να προτείνουν κόμβους που συνδέονται άμεσα και μόνο αυτές οι ακμές επικαιροποιούνται κατά τη διάρκεια της μάθησης. Με λίγα λόγια, ο αλγόριθμος NHL επιτρέπει τη δημιουργία ενός μοντέλου που διατηρεί την αρχική του δομή που επιβάλλεται από την ομάδα των εμπειρογνομόνων και ως εκ τούτου απαιτεί ανθρώπινη παρέμβαση πριν αρχίσει η διαδικασία της μάθησης. Επίσης, οι

εμπειρογνώμονες πρέπει να ορίσουν τους κόμβους εξόδου καθώς και το εύρος τιμών που αυτοί οι κόμβοι μπορούν να λάβουν. Η επικύρωση βασίζεται στο κατά πόσο η παρούσα κατάσταση του μοντέλου ικανοποιεί τους περιορισμούς[33],[34],[35].

3.2.5 Πλεονεκτήματα των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων

Η απλότητα της χρήσης που παρουσιάζουν τα ΑΓΔ όπως και η εύκολη κατανόησή τους αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί από χρήστες, μη εμπειρογνώμονες, που ενδέχεται να μην έχουν σχέση με τον τομέα του προβλήματος που μοντελοποιείται. Επίσης, είναι εύκολα στην κατασκευή και στην παραμετροποίησή τους, παρέχουν ευελιξία στην αναπαράστασή τους, καθώς οποιαδήποτε στιγμή μπορούν να προστεθούν περισσότερες έννοιες και φαινόμενα τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και έχουν χαμηλό χρόνο εκτέλεσης. Πολύ σημαντικό είναι και το γεγονός ότι μπορούν να διαχειριστούν πολύπλοκα ζητήματα τα οποία αφορούν την εκμαίευση και τη διαχείριση της γνώσης, αλλά και να χειριστούν καταστάσεις με δυναμικές επιδράσεις λόγω της δομής της ανάδρασης του διαμορφωμένου συστήματος[36].

Παράλληλα θα πρέπει να σχολιαστεί και η μοναδικότητα της λειτουργίας τους η οποία πλησιάζει κατά πολύ την ανθρώπινη σκέψη και κατ' επέκταση έχουν την δυνατότητα να μοντελοποιούν ρεαλιστικά την πραγματική εξέλιξη δυναμικών συστημάτων από όλους τους τομείς της σημερινής κοινωνίας. Για αυτό το λόγο, δυναμικά συστήματα που αποτελούνται κατά κόρον από σχέσεις «αιτίας-συνέπειας» μπορούν να περιγραφούν με χρήση των ΑΓΔ. Ακόμα και σε συστήματα λήψης απόφασης όπου σημαντικές πληροφορίες μπορεί να απουσιάζουν ή οι αποφασίζοντες να έχουν ελλιπή πληροφόρηση τα ΑΓΔ μπορούν να τα διαχειριστούν και να παράξουν ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Το στοιχείο όμως των ΑΓΔ που τα κάνει να ξεχωρίζουν από άλλες μορφές μοντελοποίησης είναι η ασάφεια. Με τη χρήση της θεωρίας των Ασαφών Συνόλων και της Ασαφούς Λογικής, τα ΑΓΔ έχουν τη δυνατότητα να περιγράψουν γεγονότα, δεδομένα και πληροφορίες χωρίς να ορίσουν μία αυστηρή μαθηματική τιμή για τη μέτρησή τους. Με τον τρόπο αυτό, πλησιάζουν ακόμα πιο κοντά στις διάφορες τεχνικές επεξεργασίας και λήψης απόφασης του ανθρώπου. Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό πλεονέκτημα των ΑΓΔ είναι το γεγονός ότι ο αποφασίζοντας έχει τη δυνατότητα να «παίξει» εκ του ασφαλούς με τις παραμέτρους του συστήματος που μοντελοποιεί αλλάζοντας μία ή περισσότερες τιμές. Έπειτα αφήνει το δίκτυο να «τρέξει» και αν αυτό συγκλίνει σε σταθερές καταστάσεις μπορεί να αξιολογήσει την ορθότητα των αρχικών του κινήσεων ή υποθέσεων και να εξάγει συμπεράσματα στρατηγικής για τις κινήσεις του στο πραγματικό σύστημα[18].

3.3 Ασαφή Γκρι Γνωστικά Δίκτυα (FGCMs)

Οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων είναι πολλές φορές τόσο πολύπλοκες, ώστε οι αποφασίζοντες να πρέπει να χρησιμοποιούν συμπληρωματικές μεθόδους ανάλυσης όπως soft computing, brainstorming, ερωτηματολόγια ή και συμβουλές ειδικών. Οι διάφορες όμως αυτές εναλλακτικές λύσεις μπορεί να έχουν είτε θετικές είτε αρνητικές επιπτώσεις, οι οποίες εξαρτώνται από την εξέλιξη των παραγόντων που

παίζουν ρόλο στη λήψη της απόφασης. Για το λόγο αυτό, σε πολλές περιπτώσεις οι αποφασίζοντες χρειάζεται να γνωρίζουν όλες τις προβλέψιμες καταστάσεις με σκοπό τη λήψη της απόφασης σε περιβάλλον με υψηλή αβεβαιότητα και ελλειπείς πληροφορίες. Έτσι πολλές φορές χρησιμοποιούνται τα Ασαφή Γκρι Γνωστικά Δίκτυα τα οποία αποτελούν μια καινοτόμα και αρκετά ευέλικτη τεχνική για τη μοντελοποίηση της ανθρώπινης γνώσης αλλά παρέχουν και εξαιρετικούς μηχανισμούς για την ανάπτυξη ασκήσεων πρόβλεψης και ειδικά what-if αναλύσεων.

3.3.1 Θεωρία Γκρι Συστημάτων (Grey Systems Theory)

Η θεωρία γκρι συστημάτων έχει γίνει μια πολύ αποτελεσματική μέθοδος για την επίλυση των προβλημάτων σε περιβάλλοντα με υψηλή αβεβαιότητα και κάτω από διακριτά μικρά και ελλιπή σύνολα δεδομένων. Αναπτύχθηκε ιδιαίτερα για τη μελέτη των προβλημάτων των μικρών δειγμάτων με κακή πληροφόρηση και έχει επιτυχημένες εφαρμογές στη βιομηχανία, την ενέργεια, τις μεταφορές, την ιατρική, των επιχειρήσεων και ούτω καθεξής.

Ένα πλεονέκτημα της θεωρίας γκρι συστημάτων σε σχέση με την ασαφή προσέγγιση είναι ότι η πρώτη ταιριάζει καλύτερα σε περιβάλλοντα με πολλαπλές σημασίες, δηλαδή σε περιβάλλοντα όπου το είδος της αβεβαιότητας παράγεται λόγω της έλλειψης ακριβών τιμών. Για παράδειγμα στη πρόταση «Ο αναμενόμενος προϋπολογισμός για τη κατασκευή του λογισμικού είναι μεταξύ 0,5 και 1,5 εκατομμύρια δολάρια» η αβεβαιότητα παράγεται από τις πολλές σημασίες που μπορεί να λάβει η πρόταση. Ο προϋπολογισμός δηλαδή, μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή μεταξύ του 0,5 και του 1,5, οπότε έχουμε τη πληροφορία για το εύρος της μεταβλητής «προϋπολογισμός» αλλά όχι για τη ακριβή της τιμή. Επιπλέον όμως η θεωρία γκρι συστημάτων λαμβάνει υπόψιν της και την ασάφεια, με αποτέλεσμα να μπορεί με ευελιξία να ασχοληθεί και με ασαφείς καταστάσεις.

Παράλληλα, από την υποκειμενική και αντικειμενική ανάλυση όλων των μεθόδων και ερευνών, στο μαθηματικό μοντέλο της ασαφούς θεωρίας χρειαζόμαστε κάποια προγενέστερη πληροφορία η οποία συνήθως βασίζεται στην εμπειρία, σε αντίθεση με τα γκρι συστήματα τα οποία ασχολούνται με αντικειμενικά δεδομένα και δεν χρειάζονται καμία προηγούμενη πληροφορία εκτός από τα σύνολα δεδομένων που πρέπει να διατεθούν.

Επιπλέον, η πιο σημαντική διαφορά της ασαφής και της γκρι θεωρίας συστημάτων είναι η ιδιότητα της πρόθεσης και της επέκτασης των ερευνών. Ενώ η γκρι θεωρία ερευνά αντικείμενα με σαφή επέκταση και διαφορούμενη πρόθεση, η ασαφής θεωρία, κατά κύριο λόγο, ερευνά σε αντικείμενα με σαφή πρόθεση και διαφορούμενη επέκταση. Για αυτό η ασαφής θεωρία έχει πλεονέκτημα σε προβλήματα με γνωστικές αβεβαιότητες, όπως για παράδειγμα η έννοια του «παλιού». Όλοι οι γνωρίζουν τη πρόθεση ενός «παλιού» αντικειμένου, ωστόσο είναι εξαιρετικά δύσκολο έως και αδύνατο να καθοριστεί ένα σαφές εύρος χρόνου, μέσα στο οποίο ένα αντικείμενο θεωρείται παλιό και έξω από αυτό όχι. Έτσι η κεντρική ιδέα της ασαφούς θεωρίας βασίζεται στις εμπειρίες.

Ολοκληρώνοντας, η θεωρία γκρι συστημάτων περιλαμβάνει πέντε κύρια μέρη : την πρόβλεψη, τη σχεσιακή ανάλυση, την απόφαση, τον προγραμματισμό και τον έλεγχο.

Ανάλογα με το βαθμό των γνωστών πληροφοριών χαρακτηρίζεται και το σύστημα. Οπότε ένα σύστημα ονομάζεται «λευκό», αν οι πληροφορίες του συστήματος είναι πλήρως γνωστές (πλήρης κατανόηση), «μαύρο» αν οι πληροφορίες του συστήματος είναι τελείως άγνωστες και «γκρι», αν ένα μέρος των πληροφοριών είναι γνωστό και ένα άλλο άγνωστο[37].

3.3.2 Γκρι θεωρία

Ας υποθέσουμε ότι U είναι ένα καθολικό σύνολο. Τότε ένα γκρι σύνολο G από το U καθορίζεται από τις απεικονίσεις $\bar{\mu}_G(x) : x \in [0,1]$ και $\underline{\mu}_G(x) : x \in [0,1]$. Σημειώνουμε ότι $\underline{\mu}_G(x) \leq \bar{\mu}_G(x)$, όπου $\bar{\mu}_G(x)$ και $\underline{\mu}_G(x)$ είναι τα άνω και κάτω μέλη της συνάρτησης G . Επιπλέον το γκρι σύνολο G γίνεται ασαφές σύνολο όταν $\underline{\mu}_G(x) = \bar{\mu}_G(x)$, αφού η θεωρία γκρι συστημάτων λαμβάνει υπ' όψιν της και την ασάφεια.

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, ένας γκρι αριθμός είναι ένας αριθμός του οποίου η ακριβή τιμή είναι άγνωστη, αλλά είναι γνωστό το εύρος μέσα στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η τιμή αυτή. Σε όλες τις εφαρμογές, ένας γκρι αριθμός είναι ένα διάστημα ή ένα γενικό σύνολο αριθμών ο οποίος συμβολίζεται με $\otimes G$ με άνω όριο \bar{G} και κάτω όριο \underline{G} , οπότε προκύπτει ότι $\otimes G \in [\underline{G}, \bar{G}]$, $\underline{G} \leq \bar{G}$. Σε αυτή τη περίπτωση και τα δύο όρια είναι κανονικοί αριθμοί. Αν ο αριθμός $\otimes G$ έχει μόνο άνω όριο, τότε συμβολίζεται με $\otimes G \in [-\infty, \bar{G}]$, ενώ αν έχει μόνο κάτω όριο $\otimes G \in [-G, +\infty]$.

Ένας «μαύρος» αριθμός θα συμβολίζεται με $\otimes G \in [-\infty, +\infty]$, αφού για αυτόν τον αριθμό δεν έχουμε καμία πληροφορία, σε αντίθεση με έναν «λευκό» αριθμό του οποίου έχουμε ολόκληρη τη πληροφορία και συμβολίζεται με $\otimes G \in [-G, \bar{G}]$ $\underline{G} = \bar{G}$.

Μπορούμε επίσης, να ορίσουμε και το μήκος ενός «γκρι» αριθμού ως $l(\otimes G) = |\underline{G} - \bar{G}|$. Με βάση τη συγκεκριμένη διατύπωση μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι όταν το μήκος του «γκρι» αριθμού είναι μηδενικό δηλαδή $l(\otimes G) = 0$, τότε ο αριθμός αυτός είναι «λευκός». Από την άλλη όμως, δεν μπορούμε να πούμε ότι όταν $l(\otimes G) = \infty$ ο αριθμός αυτός είναι μαύρος, γιατί και το μήκος ενός «γκρι» αριθμού με μόνο ένα όριο (άνω ή κάτω), $\otimes G \in [-\infty, \bar{G}]$ ή $\otimes G \in [-G, +\infty]$, είναι επίσης άπειρο, αλλά δεν είναι «μαύρος» αριθμός.

Τέλος, μπορούμε να ορίσουμε και τους «γκρι» πίνακες ως τους πίνακες τα στοιχεία των οποίων είναι «γκρι» αριθμοί. Αν συμβολίσουμε τη «γκρι» τιμή της σχέσης αιτίου αποτελέσματος των στοιχείων της i -οστής σειράς και της j -οστής στήλης ως $\otimes \alpha_{ij}$ τότε προκύπτει ο πίνακας :

$$A \left(\otimes \square \right) = \begin{pmatrix} \otimes \alpha_{11} & \dots & \otimes \alpha_{1n} \\ \vdots & \otimes \alpha_{ij} & \vdots \\ \otimes \alpha_{n1} & \dots & \otimes \alpha_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

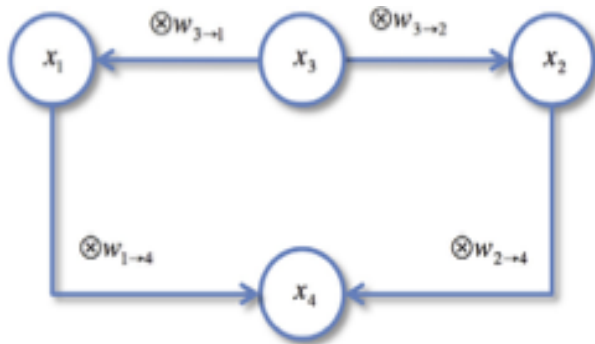
Βέβαια τα στοιχεία ενός «γκρι» πίνακα δεν είναι απαραίτητα «γκρι» αριθμοί, αλλά μπορεί κάποια από τα στοιχεία του να είναι και «λευκοί» όπως για παράδειγμα το στοιχείο a_{nn} .

3.3.3 Ασαφή Γκρι Γνωστικοί Χάρτες

Όπως προείπαμε, τα Ασαφή Γκρι Γνωστικά Δίκτυα εκφράζουν την άρρητη ανθρώπινη γνώση. Αντιπροσωπεύουν τις αδόμητες και ακατέργαστες γνώσεις μέσω αιτιοτήτων που εκφράζονται με ασαφείς όρους και «γκρι» σχέσεις μεταξύ τους.

Κατά τη κατασκευή, λοιπόν, ενός Ασαφούς Γκρι Γνωστικού Δικτύου, οι κόμβοι που το αποτελούν είναι μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν έννοιες. Όπως ακριβώς και με τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα, οι σχέσεις μεταξύ των κόμβων αναπαριστώνται με κατευθυνόμενες ακμές, δηλαδή η κάθε ακμή μοντελοποιεί τη αιτιώδη επίδραση που υπάρχει ανάμεσα στους δύο κόμβους που συνδέει.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα Ασαφές Γκρι Γνωστικό Δίκτυο όπως αυτό που φαίνεται στο Σχήμα 3.6:



Σχήμα 3.6: Ασαφής Γκρι Γνωστικός Χάρτης [37]

Τότε ο πίνακας γειτνίασης $A(\otimes \square)$, ο οποίος δείχνει τη σύνδεση των κόμβων του δικτύου καθώς και το κάθε βάρος της σύνδεσης θα έχει τη μορφή:

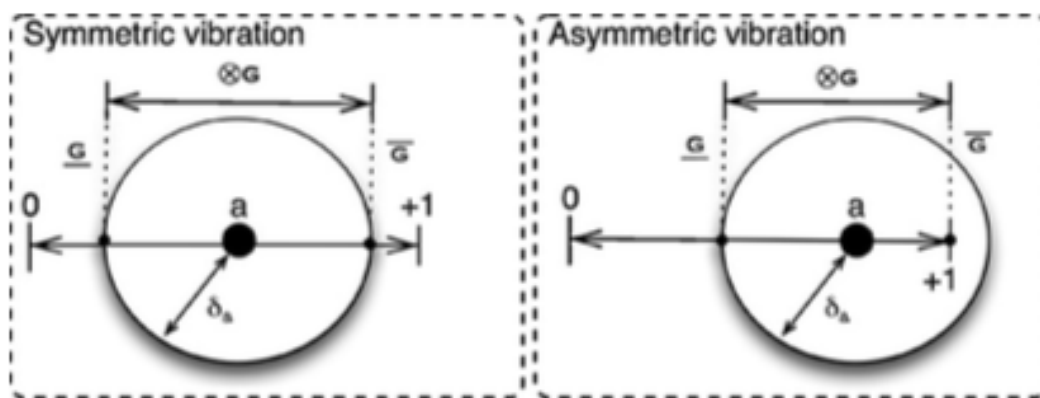
$$A(\otimes \square) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & \otimes W_{1 \rightarrow 4} \\ 0 & 0 & 0 & \otimes W_{2 \rightarrow 4} \\ \otimes W_{3 \rightarrow 1} & \otimes W_{3 \rightarrow 2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Ένας άλλος τρόπος να καθοριστούν τα βάρη του ΑΓΓΔ είναι να χρησιμοποιηθεί μία κλάση γκρι αριθμών, η οποία θα πάλλεται γύρω από μία τιμή βάσης και συμβολίζεται ως:

$$\otimes W_{ij}^\alpha \in [\otimes W_{ij}^\alpha - \delta_\alpha, \otimes W_{ij}^\alpha + \delta_\alpha]$$

Επιπλέον, η τιμή δ_α θα πρέπει να σχετίζεται με τη αβεβαιότητα της τιμής βάσης. Εάν η τιμή βάσης δεν έχει καμία αβεβαιότητα τότε $\delta_\alpha = \mathbf{0}$, οπότε έχουμε τη περίπτωση ενός λευκού αριθμού. Από την άλλη, εάν η τιμή βάσης είναι εντελώς άγνωστη τότε $\delta_\alpha = \infty$.

Κατά τη χρησιμοποίηση της παραπάνω μεθόδου, τα βάρη W_{ij}^α υπολογίζονται όπως και στη μεθοδολογία των ΑΓΔ, ενώ η τιμή δ_α μπορεί να καθοριστεί με χρήση λεκτικών μεταβλητών, όπως πχ πολύ μεγάλη αβεβαιότητα, μεγάλη αβεβαιότητα, μέτρια αβεβαιότητα και μικρή αβεβαιότητα. Στο Σχήμα 3.7 παρουσιάζονται γκρι αριθμοί με τιμές βάσης και συμμετρικές – ασύμμετρες δονήσεις ως αιτιώδη γκρι βάρη[38].



Σχήμα 3.7 Γκρι αριθμός $\otimes G$ με τιμές βάσης a και συμμετρική/ασύμμετρη δόνηση

Επιπλέον, με τον τρόπο αυτό υπάρχει η δυνατότητα να υπολογισθούν διαφορετικές τιμές των τελικών καταστάσεων οι οποίες αναλογούν σε διαφορετικά σενάρια και εξαρτώνται από την τιμή που έχουμε δώσει στο δ_α [38].

Τα Ασαφή Γκρι Γνωστικά Δίκτυα είναι δυναμικά συστήματα που περιλαμβάνουν τη διαδικασία της ανατροφοδότησης, όπου η επίδραση της αλλαγής σε έναν κόμβο ενδέχεται να επηρεάσει άλλους κόμβους οι οποίοι με τη σειρά τους μπορούν να επηρεάσουν τον κόμβο στην αρχή της αλλαγής.

Στο πλαίσιο αυτό, ένα σενάριο είναι μία αφηρημένη περιγραφή ενός γεγονότος ή ομάδων δράσεων και εκδηλώσεων. Ένα «γκρίζο» σενάριο απ' την άλλη, περιλαμβάνει μεταβλητές έννοιες, όπως εξηγήθηκε και προηγουμένως, για τον προσδιορισμό των καταστάσεων. Η ανάλυση ενός τέτοιου δικτύου, ξεκινάει με το σχεδιασμό του αρχικού «γκρι» διανύσματος κατάστασης $(\otimes \vec{C}_0)$, το οποίο αναπαριστά το προτεινόμενο «γκρι» σενάριο. Συμβολίζουμε το αρχικό διάνυσμα κατάστασης n κόμβων ως εξής:

$$\otimes \vec{C}_0 = (\otimes C_0^1 \quad \dots \quad \otimes C_0^n) \quad (2)$$

Οι νέες τιμές των κόμβων υπολογίζονται σε μια επαναληπτική διαδικασία κατά την οποία πολλαπλασιάζεται το διάνυσμα κατάστασης με τον πίνακα γειτνίασης που ορίσαμε προηγουμένως. Το αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού υφίσταται επεξεργασία από μια συνάρτηση συμπίεσης η οποία χρησιμοποιείται για να χαρτογραφήσει μονοτονικά τη «γκρι» τιμή του κόμβου σε ένα κανονικοποιημένο εύρος. Όπως και στη ανάλυση των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων, η συνάρτηση που χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον είναι η σιγμοειδής, καθώς οι τιμές των εννοιών βρίσκονται στη περιοχή $[0,1]$.

$$\vec{C}_{(t+1)} = S \left[\vec{C}_t * A \left(\bigotimes_{\Xi} \right) \right] \quad (3)$$

Στη παραπάνω εξίσωση ο όρος \vec{C}_t εκφράζει το διάνυσμα κατάστασης στη t επανάληψη, η $S(x)$ είναι η σιγμοειδής συνάρτηση συμπίεσης και $A \left(\bigotimes_{\Xi} \right)$ είναι ο πίνακας γειτνίασης.

Αν οι τιμές των εννοιών στο χάρτη βρίσκονται στο διάστημα $[-1,1]$ τότε ως συνάρτηση ενεργοποίησης θα χρησιμοποιούσαμε τη συνάρτηση υπερβολικής εφαπτομένης ως εξής:

$$\vec{C}_{(t+1)} = \tanh \left[\vec{C}_t * A \left(\bigotimes_{\Xi} \right) \right] \quad (4)$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το δυναμικό «γκρι» σύστημα εξελίσσεται κατά τη διάρκεια της επαναληπτικής διαδικασίας, η οποία τελειώνει μόλις επιτευχθεί η προσδοκώμενη σταθερότητα στο σύστημα. Το τελικό «γκρι» διάνυσμα κατάστασης δείχνει την επίδραση που έχει κάθε αλλαγή της «γκρι» τιμής κάθε κόμβου στο Ασαφές Γκρι Γνωστικό Δίκτυο. Τέλος, μετά τη διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων, το Δίκτυο μπορεί να καταλήξει είτε σε ένα σταθερό μοτίβο των τιμών των κόμβων (grey hidden pattern), είτε να συνεχίζει να παίρνει τιμές γύρω από διάφορες σταθερές γκρι καταστάσεις (limit grey cycle)[37].

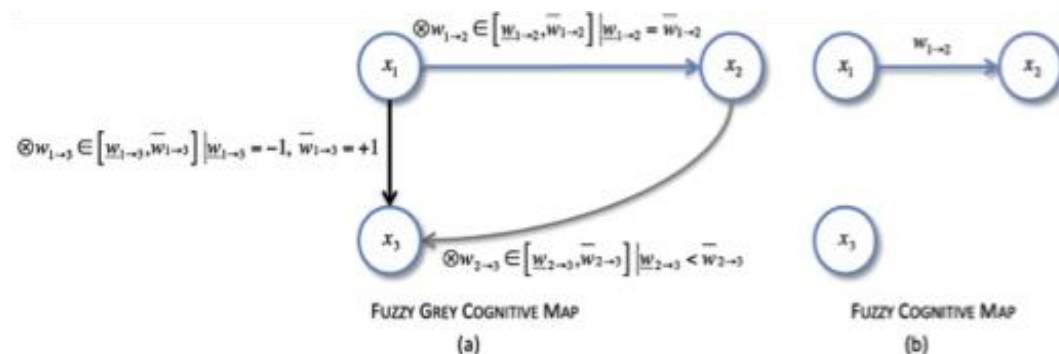
3.3.4 Διαφορές ανάμεσα σε Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα & Ασαφή Γκρι Γνωστικά Δίκτυα

Όπως αναφέραμε και στη παράγραφο 3.1, τα κλασσικά Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα μετρούν την ένταση της αιτιώδους σχέσης μεταξύ δύο παραγόντων και όταν δεν υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσά τους, τότε σημειώνουμε με μηδέν (0) στον πίνακα γειτνίασης. Από την άλλη όμως, τα Ασαφή Γκρι Γνωστικά Δίκτυα μετρούν, όχι μόνο, την αιτιώδη σχέση ή την απουσία τέτοιας σχέσης μεταξύ δύο εννοιών, αλλά δίνουν επίσης και μία αναπαράσταση των σχέσεων μεταξύ δύο εννοιών με άγνωστη ένταση.

Στην ουσία, τα Ασαφή Γκρι Γνωστικά Δίκτυα είναι μία γενίκευση των κλασσικών Ασαφών Γνωστικών Δικτύων, καθώς αν όλες οι ακμές που συνδέουν τους κόμβους-

έννοιες μεταξύ τους αναπαρασταθούν με «λευκούς» αριθμούς τότε θα προκύψει ένα ασαφές γνωστικό δίκτυο. Επομένως, η ανθρώπινη νοημοσύνη αντιπροσωπεύεται και αναπαρίσταται καλύτερα στα Γκρι Δίκτυα αφού έχουμε πληρέστερη αντιμετώπιση των ασαφών σχέσεων μεταξύ των παραγόντων και των ελλιπών πληροφοριών που μπορεί να παρουσιαστούν.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα Ασαφές Γκρι Γνωστικό Δίκτυο με τρεις σχέσεις μεταξύ των κόμβων, οι οποίες όμως είναι διαφορετικών ειδών. Καταρχήν, η σχέση μεταξύ των κόμβων x_1 και x_3 είναι μία «μαύρη» σχέση αφού το ακριβές βάρος της διασύνδεσης είναι άγνωστο, βρίσκεται δηλαδή κάπου μέσα στο διάστημα $[-1,+1]$. Κατά τη σχεδίαση του μοντέλου, γνωρίζουμε ότι υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσα στους κόμβους x_1 και x_3 όμως όχι και την ακριβή τιμή της. Η «μαύρη» αυτή σχέση λοιπόν, αυξάνει την αβεβαιότητα που μπορεί το μοντέλο να διαχειριστεί, όμως σε αντίστοιχη περίπτωση ένα κλασσικό Ασαφές Γνωστικό Δίκτυο δεν θα έδειχνε την ύπαρξη καμίας σχέσης ανάμεσα στους δύο συγκεκριμένους κόμβους. Βέβαια, το ίδιο θα συνέβαινε και ανάμεσα στους κόμβους x_2 και x_3 , όπου το «γκρι» δίκτυο μας πληροφορεί ότι υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσα τους, όμως η ακριβής έντασή της είναι άγνωστη. Αναπαρίσταται λοιπόν μία «γκρι» σχέση ανάμεσα στους δύο κόμβους η οποία στη κλασσική θεωρία των ασαφών γνωστικών δικτύων δεν μπορεί να εκφραστεί με κάποιο τρόπο. Τέλος, για την αιτιώδη σχέση ανάμεσα στον x_1 και τον x_2 , το επακριβές βάρος της διασύνδεσης είναι γνωστό, οπότε αναφερόμαστε σε ένα «λευκό» αριθμό, που είναι και το μοναδικό στοιχείο που μπορεί να αναπαρασταθεί και στο Ασαφές Γνωστικό Δίκτυο[37].



Σχήμα 3.8: Διαφορές στις σχέσεις ανάμεσα σε ΑΓΓΔ και ΑΓΔ [37]

Βέβαια, όπως είδαμε και στη θεωρία, η αβεβαιότητα που μπορούν να διαχειριστούν τα ΑΓΓΔ μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο αφού στη γκρι ένταση των βαρών του δικτύου μπορεί να συμπεριληφθεί γκρι αβεβαιότητα και ασάφεια ώστε να περιγραφούν καλύτερα οι επιρροές μεταξύ των κόμβων. Δίνεται λοιπόν η δυνατότητα της μοντελοποίησης της αβεβαιότητας και της διστακτικότητας των εμπειρογνομόνων η οποία σχετίζεται με την περιγραφή των αιτιωδών σχέσεων μεταξύ των εννοιών-κόμβων[38].

3.4 Προσέγγιση των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων για Λήψη

Αποφάσεων σε Εφαρμογές Σχεδιασμού

Όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου, τα ΑΓΔ είναι μια αποτελεσματική μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων για τη μοντελοποίηση σύνθετων αιτιωδών σχέσεων, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Για το λόγο αυτό κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στις εφαρμογές των διάφορων επιστημονικών τομέων, όπως η Μηχανική, η Τεχνολογία Πληροφοριών, η Ρομποτική, τα Έμπειρα Συστήματα, η Ιατρική, η Εκπαίδευση, η Πρόβλεψη και το Περιβάλλον.

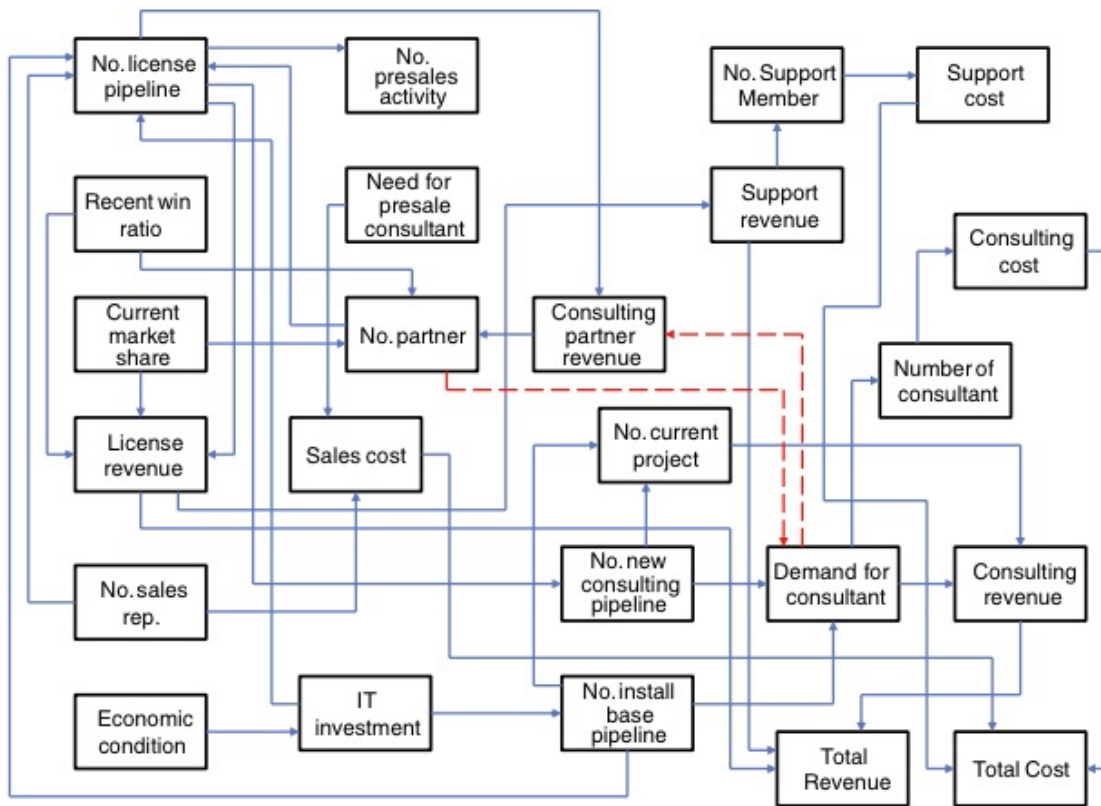
Μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης παρατηρήσαμε ότι τα ΑΓΔ έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως και στον τομέα των Κοινωνικών Επιστημών, συμπεριλαμβανομένων των Διοικητικών και Διαχειριστικών επιστημών (administrative and management science). Είναι ένα εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται από τη διοίκηση του μάρκετινγκ βιομηχανιών και εταιρειών με σκοπό το στρατηγικό σχεδιασμό του μάρκετινγκ, που ορίζει τις στρατηγικές και τις τακτικές που συγκροτούν τις απαραίτητες ενέργειες που απαιτούνται για την επίτευξη των αποστολών και των στόχων της εταιρείας, λαμβάνοντας υπόψη τις εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες της εταιρείας.

Μία τέτοια εφαρμογή παρουσιάστηκε από τους Kun Chang Lee, Habin Lee, Namho Lee και Jaehoon Lim[28]. Η εφαρμογή αφορά ένα σενάριο στρατηγικού σχεδιασμού μάρκετινγκ για μία εταιρεία παροχής υπηρεσιών λογισμικού. Η εταιρεία είναι ένα υποκατάστημα στη Νότια Κορέα μιας παγκόσμιας εταιρείας της οποίας η έδρα βρίσκεται στις ΗΠΑ. Στο πείραμα, κλήθηκαν να συμμετέχουν οι μάνατζερ του τμήματος πωλήσεων, οικονομικών, του συμβουλευτικού τμήματος καθώς και του τμήματος υποστήριξης των επιχειρήσεων.

Στο πρώτο στάδιο του πειράματος, πραγματοποιήθηκαν τεχνικές συνεντεύξεις με τους διευθυντές των τμημάτων, προκειμένου να εξαχθούν τα δεδομένα. Για παράδειγμα οι ερωτηθέντες κλήθηκαν να απαριθμήσουν τις έννοιες που τους ήρθαν στο μυαλό, ακούγοντας τον όρο «κόστος πωλήσεων». Στο δεύτερο στάδιο, καταγράφηκαν όλες οι έννοιες από τις συνεντεύξεις των διευθυντών, οι οποίες μετά στάλθηκαν πίσω σε κάθε διευθυντή τμήματος και τους ζητήθηκε να επιλέξουν αυτές για τις οποίες συμφωνούν. Στο τρίτο στάδιο του πειράματος, οι μάνατζερ κλήθηκαν να χαρτογραφήσουν τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών που εξήχθησαν από το προηγούμενο βήμα. Τους ζητήθηκε να ενώσουν με βέλη τις έννοιες που σχετίζονται μεταξύ τους και να σημειώσουν με + ή - αν η σχέση αντιπροσωπεύει θετική ή αρνητική αντίστοιχα επίδραση. Στο τελευταίο βήμα, οι διευθυντές υπολόγισαν το επίπεδο της αιτιωδών σχέσεων, το βάρος δηλαδή κάθε σχέσης, καθώς και τη χρονική καθυστέρηση.

Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προσομοιωτή MACOM, ο οποίος αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό NetLogo, ένα εργαλείο προσομοίωσης πολλαπλών παραγόντων, προκειμένου να είναι ευκολότερη η γραφική αναπαράσταση καθώς και η διεξαγωγή της «what-if» ανάλυσης. Ο Ασαφής Γνωστικός Χάρτης που

δημιουργήθηκε φαίνεται στο Σχήμα 3.9. Οι έννοιες καθώς και οι ορισμοί τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2.



Σχήμα 3.9 ΑΓΔ που περιγράφει τις επιπτώσεις του κόστους για την εταιρεία

No	Construct	Explanation
1	License pipeline	Number of license sales pipeline in CRM
2	Win ratio	Recent deal win ratio:
3	Market share	Market share of S/W license
4	License revenue	Revenue from S/W license sales
5	Number of sales rep.	Salesman number
6	Sales cost	Cost of sales LOB
7	IT investment	Total volume of IT investment of clients
8	Economic condition	Economic condition of local territory
9	Presales activity	Presales activity such as presentation
10	Need for presales consultant	Need for presales consultant
11	Number of partner	Number of S/W implementation partners
12	Consulting partner revenue	Revenue volume of implementation partner
13	Number of project	Current number of projects in progress
14	New consulting pipeline	New consulting pipeline
15	Install base pipeline	Consulting pipeline from install base client
16	Number of support member	Number of members in support LOBs
17	Support revenue	Revenue from support sales
18	Support cost	Cost of support LOB
19	Number of consultant	Number of consultants
20	Consulting cost	Cost of consulting LOB
21	Demand for consultant	Demand for consultant
22	Consulting revenue	Revenue from consulting sales
23	Total revenue	Total revenue of local branch
24	Total cost	Total cost of local branch

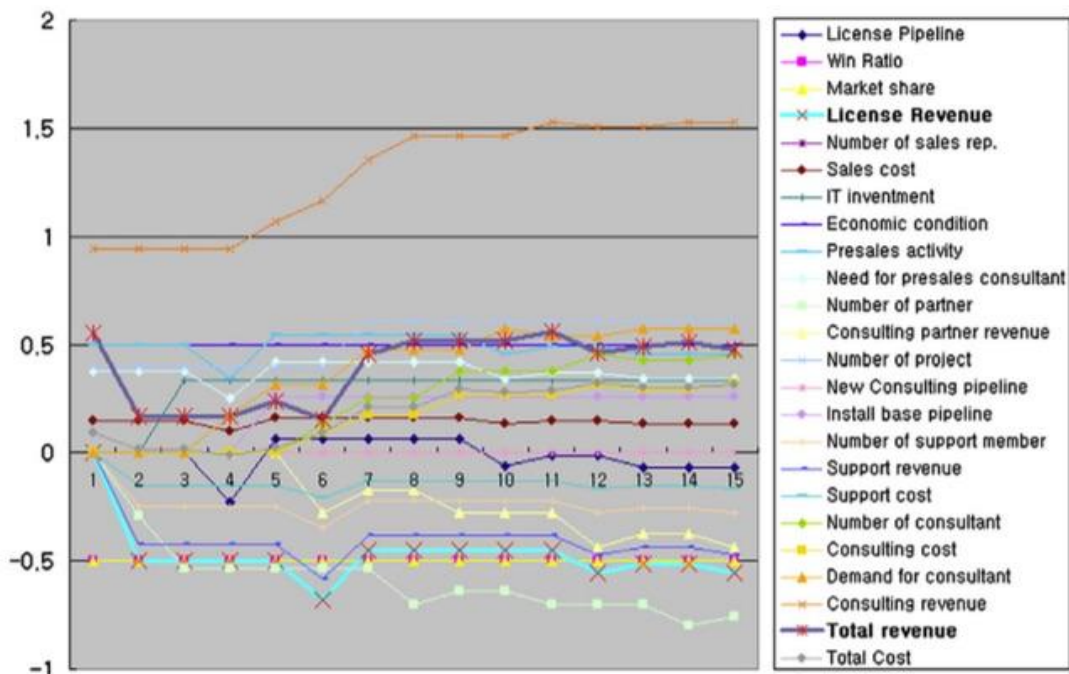
Πίνακας 3.2: Οι έννοιες των κόμβων του γνωστικού χάρτη της εταιρείας [28]

Για τις τιμές των βαρών των αιτιωδών σχέσεων, χρησιμοποιήθηκε μια κλίμακα πέντε τιμών ως εξής: “σημαντικά αυξημένη” (0,9), “αυξημένη” (0,5), “καμία αλλαγή” (0), “μειωμένη” (-0,5), “σημαντικά μειωμένη” (-0,9), ενώ για τη χρονική καθυστέρηση ορίστηκε με τιμή 2 η χρονική καθυστέρηση πέρα των έξι μηνών, με τιμή 1 η καθυστέρηση από έναν μέχρι τρεις μήνες και με τιμή 0 η άμεση εφαρμογή. Έπειτα οι μάνατζερ των τμημάτων συναντήθηκαν προκειμένου να διευθετήσουν τυχόν αλληλοσυγκρουόμενες τιμές που έχουν προσδώσει στις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των κόμβων. Ο Πίνακας 3.3 που ακολουθεί, παρουσιάζει τις διασυνδέσεις μεταξύ των κόμβων-εννοιών καθώς και τα βάρη αυτών.

Node Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
License Pipeline	1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Win Ratio	2	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Market share	3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
License revenue	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
Number of sales rep.	5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sales cost	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
IT investment	7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Economic condition	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Presales activity	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Need for presales consultant	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Number of partner	11	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.6	0.0	0.0
Consulting partner revenue	12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Number of project	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9
New Consulting pipeline	14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
Install base pipeline	15	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0
Number of support member	16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Support revenue	17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Support cost	18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
Number of consultant	19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Consulting cost	20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Demand for consultant	21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
Consulting revenue	22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
Total revenue	23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total cost	24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Πίνακας 3.3: Πίνακας γειτνίασης τους Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη

Ως αρχική κατάσταση, ορίσθηκε η πραγματική παρούσα κατάσταση της εταιρείας, όσον αφορά το μερίδιο της αγοράς, την οικονομική κατάσταση, τον αριθμό των έργων, τον αριθμό των κλεισμένων συμφωνιών και τα έσοδα από το συμβουλευτικό τμήμα. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης φαίνονται στο Σχήμα 3.4.2. Τα έσοδα από το συμβουλευτικό τμήμα θα αυξηθούν ραγδαία μέσα σε 6-9 μήνες, αλλά το σύνολο των εσόδων θα μειωθεί και δεν θα μπορέσει να ανακτηθεί στον επόμενο χρόνο. Επίσης τα έσοδα από τις άδειες των λογισμικών θα μειωθούν κατά τα επόμενα τρίμηνα και αυτή η κατάσταση δεν θα αλλάξει αν δεν υπάρχουν αλλαγές στις επιχειρηματικές συνθήκες. Ως εκ τούτου, η εταιρεία πρέπει να βρει μια νέα στρατηγική μάρκετινγκ που μπορεί να αυξήσει τα έσοδα από τις πωλήσεις των αδειών.



Σχήμα 3.10: Αποτελέσματα προσομοίωσης για την κατάσταση της εταιρείας [28]

Στην ίδια εφαρμογή πραγματοποιούνται οχτώ «what-if» προσομοιώσεις με τη βοήθεια του λογισμικού MACOM, προκειμένου να αξιολογηθεί ο αντίκτυπος της αύξησης του βάρους των σχέσεων μεταξύ των παραγόντων 'win ratio', 'number of

partners’, ‘IT investments’, ‘New consulting pipelines’ και ‘ installed base pipelines’. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι εάν η εταιρεία έχει πριν τις πωλήσεις επιθετική δραστηριότητα που μπορεί να επηρεάσει παράγοντες όπως ο ρυθμός των κερδισμένων προσφορών, ο αριθμός των εταίρων και οι επενδύσεις σε τεχνολογίες πληροφοριών των πελατών τότε οι πωλήσεις των αδειών θα αυξηθούν ραγδαία. Ωστόσο η σχέση μεταξύ προπωλητικών δραστηριοτήτων και αριθμού εταίρων μπορεί να μειώσει τα έσοδα από συναφή προϊόντα που εξυπηρετούν συγκεκριμένες συναλλαγές ή ανάγκες της εταιρείας. Είναι εύλογο λοιπόν, ότι με τη βοήθεια των ΑΓΔ μπορεί να εξαχθεί μία πλουραλιστική και πολύπλευρη εικόνα της λειτουργίας και απόδοσης της εταιρείας, αφού δίνεται η δυνατότητα να εξεταστούν διαφορετικά σενάρια απλά αλλάζοντας τα βάρη ορισμένων διασυνδέσεων ή προσθέτοντας και αφαιρώντας κόμβους από το δίκτυο που έχει δημιουργηθεί.

Όπως είναι φανερό, τα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την ενσωμάτωση των διάφορων λειτουργικών τμημάτων της εταιρείας με σκοπό τον προσδιορισμό των σημαντικότερων μεταβλητών αλλά και την απεικόνιση των αιτιωδών σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών αυτών. Επιτρέπουν στους αποφασίζοντες να δημιουργήσουν ένα γνωστικό χάρτη που περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό μεταβλητών, να ορίσουν τη δύναμη των αιτιωδών σχέσεων καθώς και τις αιτιώδεις κατευθύνσεις των μεταβλητών αυτών και να προβούν σε ποσοτική ανάλυση διαφόρων σεναρίων.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται μία μοντελοποίηση της ανάπτυξης και λειτουργίας των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής με τη βοήθεια της Ασαφούς Λογικής και των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων όπως αναλύθηκαν στο παρόν κεφάλαιο. Αποτελεί μία καινοτόμα, ρηξικέλευθη μελέτη, αφού προσπάθεια για κάτι ανάλογο δεν έχει γίνει μέχρι τώρα στη βιβλιογραφία.

4 Ανάπτυξη Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου για τους Κινδύνους των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής

Είναι γεγονός πλέον ότι σε πολλά επιχειρηματικά περιβάλλοντα, η συμμετοχή σε συνεργατικά δίκτυα αποτελεί αδήριτη ανάγκη προκειμένου οι εταιρείες να ανταποκριθούν γρήγορα στις αλλαγές της αγοράς. Στα συνεργατικά δίκτυα, όπως τα ΔΔΠ, οι εταιρείες εμβαθύνουν τις σχέσεις τους με τους εταίρους, με αποτέλεσμα να εξαρτώνται περισσότερο ο ένας από τον άλλον. Οι βασικοί παράγοντες επιτυχίας στη δικτύωση, καθώς και τα κίνητρα για την είσοδο σε μια συνεργασία ή συμμαχία αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη των ρυθμίσεων του δικτύου [9]. Οι ευκαιρίες και τα πλεονεκτήματα που μπορούν να αποκομίσουν οι επιχειρήσεις από την ένταξη και τη συμμετοχή τους σε ένα ΔΔΠ αναφέρθηκαν εκτενώς στη παράγραφο 2.1.2. Ωστόσο, οι τρέχουσες επιχειρηματικές τάσεις που επικρατούν, οδηγούν σε πολύπλοκα ΔΔΠ, με συνέπεια να αυξάνονται οι κίνδυνοι για την ομαλή και κερδοφόρα λειτουργία τους.

Στη βιβλιογραφία, υπάρχει ποικιλία γύρω από διαφορετικές εστιάσεις στην έρευνα για τη διαχείριση των κινδύνων για την αγορά και την προσφορά, όμως όσον αφορά τους κινδύνους που ενέχουν τα συνεργατικά δίκτυα και τα ΔΔΠ οι έρευνες βρίσκονται σε πολύ πρώιμο στάδιο. Στο παρόν κεφάλαιο θα προσπαθήσουμε να εμβαθύνουμε στους βασικούς κινδύνους των ΔΔΠ, αναλύοντάς τους μέσω της βιβλιογραφίας και μοντελοποιώντας τους με τη χρήση των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων.

4.1 Παράγοντες και Αλληλεξαρτήσεις που περιγράφουν τους

Κινδύνους των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τα Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής έχουν γίνει πολύ πολύπλοκα και ευάλωτα σε διάφορους κινδύνους. Σύμφωνα με τον Harland (2003), αυτή η πολυπλοκότητα προκύπτει από διαφορετικές πηγές, συμπεριλαμβανομένης και της παγκοσμιοποίησης, της αύξησης της πολυπλοκότητας του προϊόντος και των υπηρεσιών, της εξωτερικής ανάθεσης, του ηλεκτρονικού επιχειρείν, καθώς και των πιεστικών αναγκών των πελατών [39].

Ήδη από τη παράγραφο 2.1.3, έχει δοθεί ο ορισμός του κινδύνου ως μία πιθανότητα ζημιών ή επιβλαβών συνεπειών. Αυτός ο ορισμός αποκαλύπτει τα δύο βασικά συστατικά των κινδύνων: τις απώλειες και την αβεβαιότητα σχετικά με την ύπαρξη και το ύψος τους.[9] Σύμφωνα με τον κύκλο ζωής των ΔΔΠ, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου IMAGINE, οι κίνδυνοι που αναπτύσσονται κατά τη δημιουργία και τη λειτουργία των ΔΔΠ παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

R1	Κίνδυνος Αδυναμίας του Εταίρου	Risk of Partner Shortcoming
R2	Κίνδυνος Απόσυρσης βασικού εταίρου/ προμηθευτή	Risk of Key Partner/Supplier Withdrawal
R3	Κίνδυνος Καθυστερήσεων/ Λαθών/ Ανωμαλιών	Risk of Delays/Mistakes/Anomalies
R4	Κίνδυνος Αποτυχίας του Έργου	Risk of Project Failure
R5	Κίνδυνος Πρόκλησης Βλάβης στη Φήμη του DMN	Risk of Damage to DMN Reputation
R6	Κίνδυνος Κατάχρησης Στρατηγικών Γνώσεων ή E&A	Risk of Strategic or R&D Misuse
R7	Κίνδυνος Ανεπιθύμητων και Κακόβουλων Επιθέσεων	Risk of Unwanted and Malicious Attacks
R8	Κίνδυνος Διάλυσης του ΔΔΠ	Risk of DMN Dissolution

Πίνακας 4.1 Συνοπτικός πίνακας των κινδύνων των ΔΔΠ

Οι κίνδυνοι αυτοί επηρεάζονται από έναν μεγάλο αριθμό παραγόντων, των οποίων όμως η μοντελοποίηση είναι αρκετά δύσκολη. Αυτό συμβαίνει διότι οι πληροφορίες που σχετίζονται με τους συγκεκριμένους παράγοντες, τις περισσότερες φορές, έχουν ποιοτικό χαρακτήρα και όχι ποσοτικό. Επιπλέον, λόγω του ευμετάβλητου χαρακτήρα των γεγονότων, η μοντελοποίηση των κινδύνων με χρήση τυπικών στατιστικών εργαλείων καθίσταται αρκετά δύσκολη. Οι περισσότερες μεθοδολογίες με τις οποίες αντιμετωπίζονται οι κίνδυνοι έχουν μία στατιστική βάση και είναι επικεντρωμένες στη μοντελοποίηση των κινδύνων της αγοράς. Ωστόσο για την μοντελοποίηση των επιχειρησιακών κινδύνων οι στατιστικές προσεγγίσεις επικεντρώνονται στις διαδικασίες προσομοίωσης και θεωρίας ακραίων τιμών[10]. Χρήσιμο εργαλείο για την προσομοίωση και τη μοντελοποίηση των κινδύνων των ΔΔΠ, κρίνονται ότι είναι η Ασαφής Λογική και τα ΑΓΔ. Προκειμένου όμως να μπορέσουμε να τα χρησιμοποιήσουμε, θα πρέπει πρώτα να καθορίσουμε τους παράγοντες που περιγράφουν τους παραπάνω κινδύνους καθώς επίσης και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.

4.1.1 Διερεύνηση των παραγόντων που αλληλεπιδρούν με τους κινδύνους των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των κινδύνων είναι μία βασική δομή της θεωρίας του κόστους συναλλαγής: η αβεβαιότητα, είτε του περιβάλλοντος είτε του ανθρώπινου παράγοντα. Αυτό σημαίνει ότι σε καταστάσεις με υψηλή αβεβαιότητα, το κόστος συναλλαγών θα είναι υψηλότερο, ενώ και οι επιδόσεις είναι πιθανό να

είναι χαμηλότερες όταν η αβεβαιότητα είναι παρούσα. Έτσι σε μία σχέση ανταλλαγής που περιλαμβάνει καταστάσεις με υψηλή αβεβαιότητα, η απόδοση της διαχείρισης των κινδύνων θα είναι σαφώς μικρότερη συγκρινόμενη με καταστάσεις με χαμηλότερη αβεβαιότητα. Από την άλλη πλευρά, οι δραστηριότητες διαχείρισης των κινδύνων θεωρείται ότι έχουν θετική επίδραση στις εταιρίες καθώς και στη διαχείριση των επιδόσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας[40].

Η αβεβαιότητα του περιβάλλοντος αφορά τον απρόβλεπτο χαρακτήρα των καταστάσεων που ενδέχεται να ορίζουν το περιβάλλον ενός ΔΔΠ και μπορεί για παράδειγμα να περιλαμβάνει μεταβολές σε συναλλαγματικές ισοτιμίες, φυσικές καταστροφές και την πολυπλοκότητα ή τη μεταβλητότητα της αγοράς. Οι καταστάσεις αυτές μπορεί να οδηγήσουν σε προβλήματα προσαρμογής στην εφοδιαστική αλυσίδα του ΔΔΠ. Σε ένα ραγδαία μεταβαλλόμενο περιβάλλον, οι επιχειρήσεις που απαρτίζουν το ΔΔΠ, δεν μπορούν να παρακολουθήσουν τις αλλαγές που συμβαίνουν, καθώς είναι δύσκολο να υπογράψουν συμβάσεις οι οποίες θα περιλαμβάνουν όλα τα πιθανά μελλοντικά αποτελέσματα.

Η τήρηση των συμφωνιών και της παρακολούθησης της εκτέλεσης των συμβάσεων ανάμεσα στους συνεργαζόμενους εταίρους υπάρχει πάντα σε μία σχέση ανταλλαγής εφόσον δεν υπάρχει καμία διαβεβαίωση ότι ο προμηθευτής θα εκτελεί όπως ορίζεται. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται την αβεβαιότητα τους ανθρώπινου παράγοντα και έχει ως συνέπεια την αδυναμία αξιολόγησης των προτύπων ποιότητας του προμηθευτή ή την καθυστερημένη παράδοση παραγγελιών. Έρευνες των Morgan και Kaufmann και Carter (2006), έδειξαν ότι η δυνατότητα παρακολούθησης της συμπεριφοράς και επίδοσης των εταίρων και των προμηθευτών μπορεί να οδηγήσει σε περιορισμό της καιροσκοπικής συμπεριφοράς[41] και σε δημιουργία σχέσεων μεταξύ των εταίρων που δεν βασίζονται αποκλειστικά σε οικονομικά μεγέθη[42]. Όταν όμως η απόδοση είναι δύσκολο να μετρηθεί, τα συνεργαζόμενα μέρη έχουν περισσότερα κίνητρα να περιορίσουν τις προσπάθειές τους προς την εκπλήρωση της συμφωνίας και να εμφανίσουν συμπεριφορές ομορτισμού [40]. Λόγω της ιδιοτέλειας λοιπόν, οι συνεργαζόμενοι εταίροι μπορούν να επωφεληθούν από μία ελλιπή σύμβαση με σκοπό να μεγιστοποιήσουν τα δικά τους οφέλη σε βάρος των υπολοίπων εταίρων αλλά και του Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής στο σύνολό του.

Στην έρευνά του ο R. Ding (2013) προσπάθησε να απαντήσει δύο βασικά ερωτήματα: (1) πώς η επιλογή των εταίρων και των ενδοεταιρικών συμβάσεων σχετίζονται με τους κινδύνους συναλλαγής των συνεργαζόμενων μερών και (2) πώς η επιλογή των εταίρων και των ενδοεταιρικών συμβάσεων σχετίζονται με τη διαχείριση των κινδύνων των σχέσεων μεταξύ των εταίρων. Προκειμένου να απαντήσει στα ερωτήματα αυτά, σχεδίασε δύο ερωτηματολόγια τα οποία και τα μοίρασε σε μέλη εταιριών τα οποία κατείχαν υψηλές οργανωτικές θέσεις. Τα ερωτηματολόγια αυτά περιείχαν έξι μεταβλητές: α) στοιχεία σύμβασης, β) κριτήρια επιλογής συνεργατών, γ) εξειδίκευση περιουσιακών στοιχείων, δ) περιβαλλοντική μεταβλητότητα, ε) αλληλοεξαρτώμενες εργασίες και στ) πεδίο συναλλαγής. Τέλος, χρησιμοποίησε τη μέθοδο της παραγοντικής ανάλυσης προκειμένου να προσδιορίσει τις λανθάνουσες μεταβλητές που διέπουν οι παρατηρούμενες απαντήσεις. [43]

Από τη πρώτη μεταβλητή (στοιχεία σύμβασης) η παραγοντική ανάλυση παρείχε τρεις παράγοντες με ιδιοτιμή μεγαλύτερη από ένα. Ο πρώτος παράγοντας είναι η

«ολοκληρωμένη σύμβαση» (contract inclusiveness) περιλαμβάνει σημαντικά θέματα όπως:

- Η σύμβαση είναι εκτεταμένη
- Η σύμβαση χρησιμοποιείται για να υποδεικνύει στους εταίρους τις συμφωνίες
- Η σύμβαση περιέχει λεπτομερείς συμφωνίες της συνεργασίας
- Η σύμβαση είναι σημαντική για τη διαχείριση της συνεργασίας

Ο δεύτερο παράγοντας που εκλέχθηκε από την παραγοντική ανάλυση ονομάζεται «προσαρμοστικότητα έκτακτης ανάγκης» (contingency adaptability) και περιέχει θέματα όπως:

- Η σύμβαση αφήνει χώρο για ερμηνείες
- Η σύμβαση συμπληρώνεται με άτυπες συμφωνίες

Ο τρίτο παράγοντας που εκλέχθηκε ονομάζεται «ειδικές ρήτρες» (clause specificity) αφού περιέχει θέματα όπως:

- Η σύμβαση περιέχει λεπτομερείς συμφωνίες σχετικά με τις υποχρεώσεις και τα δικαιώματα των εταίρων
- Η σύμβαση περιέχει λεπτομερείς συμφωνίες για τη διαχείριση συγκρούσεων
- Η σύμβαση περιέχει λεπτομερείς συμφωνίες σχετικά με τον τερματισμό της συνεργασίας.

Τα στοιχεία αυτά αντανakλούν τον βαθμό στον οποίο περιλαμβάνονται ρήτρες συμβάσεων σχετικά με την κατανομή των δικαιωμάτων και των ευθυνών, την επίλυση συγκρούσεων και τη λύση της συνεργασίας. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα στοιχεία που περιέχει ο παράγοντας «ειδικές ρήτρες» έχουν τους υψηλότερους μέσους όρους από τους άλλους δύο παράγοντες κάτι που δείχνει ότι, δεδομένης της παρουσίας συμβολαίων, η εξειδίκευση αυτών των συμφωνιών φαίνεται να είναι πιο σημαντική για την επίτευξη του ελέγχου[43].

Πηγαίνοντας ένα βήμα παρακάτω, σύμφωνα με τους Chopra και Sodhi, οι δυνητικοί παράγοντες κινδύνων που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την εφοδιαστική αλυσίδα, οπότε εν συνεχεία και το Δυναμικό Δίκτυο Παραγωγής, χωρίζονται σε εννιά ομάδες: (1) φυσικές καταστροφές-τρομοκρατία-πόλεμος, (2) καθυστερήσεις και ακαμψία των εταίρων και προμηθευτών, (3) βλάβη ή κατάρρευση των συστημάτων κατανομής των πληροφοριών, (4) ανακριβείς προβλέψεις και εμφάνιση του φαινομένου bullwhip, (5) πνευματική ιδιοκτησία, (6) κίνδυνος προμηθειών και συναλλάγματος, (7) απαιτήσεις από τον αριθμό των πελατών, (8) το κόστος των αποθεμάτων για εκμετάλλευση, (9) ικανότητα[44]. Οι παράγοντες αυτοί, βέβαια, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις γενικότερους τομείς κινδύνων· τους περιβαλλοντικούς, τους οικονομικούς, τους επιχειρησιακούς και τους στρατηγικούς κινδύνους.

Η P.Hoffmann (2013) [40], προσπάθησε να ερευνήσει τους παράγοντες που σχετίζονται με τις παραπάνω τέσσερις κατηγορίες κινδύνων που αναφέραμε, καταλήγοντας σε ένα σύνολο 16 δεικτών κινδύνων. Αξιοσημείωτο, όμως, είναι το γεγονός ότι έχουν πραγματοποιηθεί πολύ λίγες έρευνες σχετικά με τις

αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κινδύνων των δικτύων παραγωγής που είτε ποσοτικοποιούν την δύναμη των αλληλεπιδράσεων είτε ερευνούν τις πρακτικές επιπτώσεις τους.

Σε μία έρευνά του ο B. Guertler (2014) προσπάθησε να καθορίσει να βάρη των αλληλεπιδράσεων και των διασυνδέσεων μεταξύ των 14 συχνότερα αναφερόμενων κινδύνων στη βιβλιογραφία. Για τη συλλογή των δεδομένων, πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις με ερευνητικούς συνεργάτες εταιρειών με συγκεκριμένο αντικείμενο. Στις συνεντεύξεις αυτές εκτιμήθηκαν κατά ζεύγη οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κινδύνων και συμπληρώθηκαν σε μία μήτρα διασταυρούμενων επιπτώσεων [45]. Ο πίνακας των 13 από τους 14 παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν μεταξύ άλλων, στη παρούσα διπλωματική εργασία, έτσι όπως τέθηκαν από τον B. Guertler παρουσιάζεται στην επόμενη σελίδα. Στην τελευταία στήλη του Πίνακας 4.2 δίνονται κάποια παραδείγματα για την καλύτερη κατανόηση των παραγόντων. Οι συγκεκριμένοι παράγοντες εμπεριέχουν, στην ερμηνεία τους, τις έννοιες του κόστους και της αβεβαιότητας· τα δύο βασικά συστατικά των κινδύνων. Για αυτό το λόγο η συγκεκριμένη προσέγγιση θεωρήθηκε καταλληλότερη για την εύρεση των παραγόντων που αλληλεπιδρούν με τους κινδύνους των ΔΔΠ.

Ο «Κίνδυνος Αδυναμίας του Εταίρου», όπως αναφέραμε και στη παράγραφο 2.2.1, υποδηλώνει την πιθανότητα ενός μέλους του ΔΔΠ να μην ανταποκριθεί στις προδιαγραφές που δίνονται στο πλαίσιο της παραγωγικής διαδικασίας. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε έλλειψη υλικών πόρων αλλά και εργαζομένων με ειδικευμένες γνώσεις, σε χρήση παρωχημένης τεχνολογίας και παραγωγικών διαδικασιών καθώς και σε προμήθεια κακής ποιότητας πρώτων υλών και μερών του προϊόντος. Ακόμη, ο κίνδυνος αυτός μπορεί αν αυξηθεί όταν η κερδοφορία και η ρευστότητα του εταίρου είναι χαμηλή, γεγονός που αυξάνει συνολικά την αναξιοπιστία του εταίρου. Επομένως οι παράγοντες που σχετίζονται άμεσα τον «Κίνδυνο Αδυναμίας του Εταίρου» είναι:

- Η κακή ποιότητα των προϊόντων του προμηθευτή (C₁)
- Η αναξιοπιστία του προμηθευτή για την παράδοση του προϊόντος (C₂)
- Η οικονομική αστάθεια του εταίρου/ προμηθευτή (C₃)
- Η ανεπαρκής τεχνολογία και σχεδίαση του προϊόντος του προμηθευτή (C₄)
- Η έλλειψη προσωπικού και υλικών πόρων (C₅)
- Η μη διαθεσιμότητα των απαραίτητων διαδικασιών και τεχνολογίας (C₆)

Παράλληλα, η οικονομική σταθερότητα του εταίρου παίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία όχι μόνο της δικής του επιχείρησης αλλά και του δυναμικού δικτύου παραγωγής. Μία κακή οικονομική διαχείριση από πλευράς τους εταίρου, μπορεί να οδηγήσει σε εθελουσία απόσυρσή του από το ΔΔΠ. Στο ίδιο αποτέλεσμα μπορούν, επίσης, να οδηγηθούν οι εταίροι όταν δεν συνεργάζονται με καλή πίστη ή όταν η εξάρτηση του ΔΔΠ από τον συγκεκριμένο εταίρο/προμηθευτή έχει πλέον παρέλθει. Ο «Κίνδυνος Απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή από το ΔΔΠ» ενισχύεται ακόμα πιο πολύ από τις ειδικές συνθήκες που έχει να αντιμετωπίσει ο προμηθευτής στον τόπο που εδρεύει. Οι ειδικές αυτές συνθήκες μπορεί να είναι τυχόν πολιτική ή νομική αστάθεια, όπως επίσης συνοριακοί και τελωνειακοί κανονισμοί αλλά και πρότυπα προστασίας του περιβάλλοντος. Συγκεντρωτικά, οι παράγοντες που επηρεάζουν τον «Κίνδυνο Απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή» από το ΔΔΠ είναι:

- Η οικονομική αστάθεια του προμηθευτή(C₃)

- Η εκτοπισμένη διαπραγματευτική δύναμη με τον προμηθευτή(C7)
- Οι ανεπαρκείς ειδικές συνθήκες του προμηθευτή(C8)
- Η παρακμή της εταιρικής σχέσης και συνεργασίας με τον προμηθευτή(C9)

Παράγοντες		Παραδείγματα	
C1	Poor delivery reliability supplier	Αναξιοπιστία του προμηθευτή για την παράδοση προϊόντος	<ul style="list-style-type: none"> • Συμμόρφωση με τις οδηγίες αποστολής • Ημερομηνία και ποσότητα παράδοσης
C2	Poor quality supplier	κακή ποιότητα του προμηθευτή	<ul style="list-style-type: none"> • Ποιότητα συσκευασίας • Ποιότητα μερών του προϊόντος
C3	Financial instability supplier	Οικονομική αστάθεια του προμηθευτή	<ul style="list-style-type: none"> • Κερδοφορία και φειδωλότητα • Κεφαλαιοποίηση • Οικονομική διαχείριση
C4	Inadequate product technology and design supplier	Ανεπαρκής τεχνολογία και σχεδίαση προϊόντος του προμηθευτή	<ul style="list-style-type: none"> • Καινοτομία • Πολυπλοκότητα και βέλτιστο κόστος • Αντιληπτή ποιότητα από τον πελάτη
C5	Unavailability of personnel and material resources	Έλλειψη προσωπικού και υλικών πόρων	<ul style="list-style-type: none"> • Έλλειψη υλικών πόρων • Έλλειψη ειδικευμένων εργαζομένων • Εργασιακές διαφορές
C6	Unavailability of process and product know-how at supplier	Μη διαθεσιμότητα διαδικασιών και τεχνολογίας στον προμηθευτή	<ul style="list-style-type: none"> • Συντήρηση και τεχνική υποστήριξη • Τεχνολογία της βιομηχανίας, των παραγωγικών διαδικασιών, της τεχνολογίας, των προϊόντων και των πελατών • Προθυμία να μοιραστούν την τεχνολογία
C7	Displaced negotiating power w/ supplier	Εκτοπισμένη διαπραγματευτική δύναμη με τον προμηθευτή	<ul style="list-style-type: none"> • Εξάρτηση από τον προμηθευτή • Μερίδιο κόσδων του προμηθευτή με το ΔΠ
C8	Inadequate site-specific conditions at supplier	Ανεπαρκείς ειδικές συνθήκες του προμηθευτή	<ul style="list-style-type: none"> • Πολιτική και νομική διαθερότητα • Πολιτιστικές και ηθικές αξίες • Κανονισμοί και πρότυπα προσασίας του περιβάλλοντος • Συνοριακοί και πελωνιακοί κανονισμοί
C9	Decline of partnership and collaboration w/ supplier	Παρακμή εταιρικής σχέσης και συνεργασίας με τον προμηθευτή	<ul style="list-style-type: none"> • Κερδοφορία συνεργασίας • Έγκυρη και ξεκαρφη επικοινωνία • Προληπτική ανακοίνωση των προβλημάτων • Κοινή επίλυση προβλημάτων
C10	Inadequate supply flexibility supplier	Ανεπαρκής εφοδιαστική ευελιξία του προμηθευτή	<ul style="list-style-type: none"> • Ιεράρχηση και χρόνοι παράδοσης • Ικανότητα αποδοτικής λειτουργίας σε διαφορετικά επίπεδα παραγωγής
C11	Total cost increase of purchased product	Συνολική αύξηση του κόστους των αγορασθέντων προϊόντων	<ul style="list-style-type: none"> • Υλικοτεχνικό κόστος και κόστος προϊόντος • Δαπάνες για ειδικές παρεμβάσεις • Κόστος ποιότητας
C12	Unstable and inefficient communication networks w/ supplier	Ασταθή και αναποτελεσματικά δίκτυα επικοινωνίας με τον προμηθευτή	<ul style="list-style-type: none"> • Προθυμία και διαφάνεια για την ανταλλαγή πληροφοριών • Αυτοματοποίηση της ανταλλαγής δεδομένων • Σταθερότητα και αξιοπιστία των συστημάτων πληροφοριών
C13	Production instability and shutdown at supplier	Αστάθεια παραγωγής και κερματισμός του προμηθευτή	<ul style="list-style-type: none"> • Κατάσταση των μηχανημάτων και του εξοπλισμού παραγωγής • Συμμόρφωση με τις προδιαγραφές

Πίνακας 4.2 Παράγοντες που σχετίζονται με τους κινδύνους των ΔΔΠ

Ο τρίτος κατά σειρά κίνδυνος που παρουσιάστηκε στον πίνακα 4.1 είναι ο «Κίνδυνος Καθυστερήσεων, Λαθών ή Ανωμαλιών» που μπορεί να προκύψει σε ένα ΔΔΠ. Συνδέεται άμεσα με τον κίνδυνο απόσυρσης ενός βασικού μέλους του ΔΔΠ, καθώς

κάτι τέτοιο θα επέφερε την αντικατάσταση του μέλους αυτού και τη μετάβαση σε άλλον προμηθευτή. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται παραπάνω δαπάνες σε χρόνο και πόρους για την εκ νέου εκπαίδευση του προσωπικού, την επανείσοδο των δεδομένων καθώς και την αδράνεια της παραγωγής των προϊόντων.[46] Ακόμα, οι εταιρείες γνωρίζουν γενικά ότι η στενή αλληλεπίδραση και ο συντονισμός της αλυσίδας εφοδιασμού τους είναι βασική προϋπόθεση για τη συνέχιση και την επιβίωσή τους. Η επιτυχία λοιπόν μιας στρατηγικής συμμαχίας, όπως είναι τα ΔΔΠ, εξαρτάται από την εντατική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των συμμετεχόντων στο δίκτυο, αλλά και του βρόχου ανάδρασης πληροφοριών που πρέπει να αναπτυχθεί με συναινετικό τρόπο. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο χρόνος διάθεσης του προϊόντος στην αγορά μέσω μιας άμεσα αποκρινόμενης παραγωγικής διαδικασίας και ενός ολοκληρωμένου και συντονισμένου σχεδιασμού προϊόντων από όλους τους εταίρους [4]. Τέλος, τον κίνδυνο καθυστερήσεων λαθών ή ανωμαλιών μπορεί να επιτείνει τυχόν αύξηση του κόστους των αγορασθέντων προϊόντων. Μία τέτοια αύξηση ενδέχεται να θέσει εκτός ορίων κάποιους από τους βασικούς δείκτες απόδοσης, όπως το συνολικό κόστος παραγωγής και την κερδοφορία του ΔΔΠ, με συνέπεια να χρειαστεί εκ νέου ο προγραμματισμός του δικτύου και ο επαναπροσδιορισμός των στόχων. Οι παράγοντες, λοιπόν, που επηρεάζουν τον «Κίνδυνο Καθυστερήσεων, Λαθών ή Ανωμαλιών» είναι:

- Ο «Κίνδυνος Απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή»
- Η ανεπαρκής εφοδιαστική ευελιξία του προμηθευτή (C₁₀)
- Τα ασταθή και αναποτελεσματικά δίκτυα επικοινωνίας με τον προμηθευτή (C₁₁)
- Η συνολική αύξηση του κόστους των αγορασθέντων προϊόντων (C₁₂)

Η μη παρακολούθηση, των παραπάνω τριών κινδύνων που αναφέραμε, ή η λανθασμένη αντιμετώπισή τους μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των πιθανοτήτων εμφάνισής τους καθώς και του κόστους των συνεπειών τους. Ο κίνδυνος, λοιπόν, της αδυναμίας του εταίρου να επιτύχει τις προδιαγραφές που δίνονται στο πλαίσιο των παραγωγικών διαδικασιών, ο κίνδυνος της απόσυρσης ενός βασικού μέλους από το ΔΔΠ και ο κίνδυνος εμφάνισης καθυστερήσεων, λαθών ή ανωμαλιών, συμβάλλουν στην απομάκρυνση του Δυναμικού Δικτύου Παραγωγής από τους στόχους που έχουν τεθεί κατά τη δημιουργία του και στην αύξηση των πιθανοτήτων αποτυχίας του έργου. Παράλληλα, η κακή κατάσταση των μηχανημάτων και του εξοπλισμού της παραγωγής των εταίρων, ενδέχεται να προκαλέσει αστάθεια στην προγραμματισμένη παραγωγή προϊόντων και να συμβάλλει αρνητικά στην επίτευξη των στόχων του ΔΔΠ. Επομένως, ο «Κίνδυνος Αποτυχίας του Έργου» εξαρτάται από:

- Τον «Κίνδυνο Αδυναμίας του Εταίρου»
- Τον «Κίνδυνο Απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή»
- Τον «Κίνδυνο Καθυστερήσεων, Λαθών ή Ανωμαλιών»
- Την αστάθεια παραγωγής και τον τερματισμό του προμηθευτή (C₁₃)

Σύμφωνα με την K. Johansen (2005), οι εταιρείες που συνεργάζονται σε δίκτυα παραγωγής επιθυμούν τη δημιουργία μιας σχέσης βασισμένης στην εμπιστοσύνη, προκειμένου να αναπτύξουν, να παράγουν και να παρέχουν σύνθετα προϊόντα. Η επίτευξη αυτού του επιπέδου συνεργασίας, όμως, απαιτεί χρόνο και αφοσίωση [4]. Όταν όμως η εταιρική σχέση παρακμάζει και αυξάνεται ο κίνδυνος απόσυρσης ενός μέλους από το ΔΔΠ, τότε εάν οι ειδικές ρήτρες εμπιστευτικότητας, που έχουν

συμφωνηθεί κατά την ένταξη του μέλους στο δίκτυο, είναι ελλειπείς αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος διαρροής πληροφοριών από πρώην μέλη του ΔΔΠ ή ανταγωνιστές του. Επομένως ο «Κίνδυνος Κατάχρησης Στρατηγικών Γνώσεων ή E&A» οφείλεται στους εξής παράγοντες:

- Παρακμή εταιρικής σχέσης και συνεργασίας με τον προμηθευτή (C₉)
- Ανεπαρκείς ειδικές ρήτρες εμπιστευτικότητας (C₁₄)
- «Κίνδυνος Απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή»

Παράλληλα με τον κίνδυνο διαρροής πληροφοριών, μπορεί να προκύψει η πιθανότητα μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης σε ιδιωτικά συστήματα πληροφορικής ή ευαίσθητες πληροφορίες του ΔΔΠ από πρώην μέλη ή ανταγωνιστές του δικτύου. Ο κίνδυνος αυτός μπορεί να αποκτήσει υπόσταση όταν δεν υπάρχει προθυμία και διαφάνεια για την ανταλλαγή των πληροφοριών μεταξύ των εταίρων του δικτύου και όταν δεν υπάρχει σταθερότητα και αξιοπιστία στην ανταλλαγή των δεδομένων. Επιπρόσθετα, μία μη ολοκληρωμένη σύμβαση εταιρικής σχέσης η οποία δεν είναι εκτεταμένη και δεν περιέχει λεπτομερείς συμφωνίες για τη συνεργασία των μελών του δικτύου μπορεί επίσης να συντελέσει στην εμφάνιση του κινδύνου αυτού. Οι δύο παράγοντες λοιπόν, που χαρακτηρίζουν των «Κίνδυνο των Ανεπιθύμητων και Κακόβουλων Επιθέσεων» είναι:

- Τα ασταθή και αναποτελεσματικά δίκτυα επικοινωνίας με τον προμηθευτή (C₁₂)
- Η ολοκληρωμένη σύμβαση εταιρικής σχέσης(C₁₅)

Σημαντικό στοιχείο για την επιτυχία του ΔΔΠ, την κερδοφορία του αλλά και για τη μακροπρόθεσμη συνέχιση των λειτουργιών του είναι η απόκτηση και η διατήρηση της φήμης του. Η κατάλληλη διαμόρφωση, σχεδίαση και εκτέλεση του ΔΔΠ, καθώς και η παρακολούθηση των βασικών δεικτών απόδοσης συνεισφέρει στην επίτευξη προόδου προς την κατεύθυνση των στρατηγικών στόχων, με αποτέλεσμα την αύξηση της φήμης του συνεργατικού δικτύου. Όταν όμως οι εταίροι και οι προμηθευτές δεν αποδίδουν κατά τον συμφωνημένο τρόπο και αυξάνεται ο κίνδυνος απόσυρσης ενός βασικού μέλους τότε αυξάνεται και η πιθανότητα της πρόκλησης βλάβης στη φήμη του ΔΔΠ. Όταν το γεγονός αυτό μάλιστα συνοδεύεται και με αποτυχία της υλοποίησης του έργου τότε το Δυναμικό Δίκτυο Παραγωγής ωθείται στη διάλυσή του.

Συνοψίζοντας, λοιπόν, μπορούμε να πούμε ότι ο «Κίνδυνος Πρόκλησης Βλάβης στη Φήμη του ΔΔΠ» εξαρτάται από:

- Τον «Κίνδυνο Αδυναμίας του Εταίρου»
- Τον «Κίνδυνο Απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή»
- Τον «Κίνδυνο Αποτυχίας του Έργου»

Με τη σειρά του ο «Κίνδυνος Διάλυσης του ΔΔΠ» εξαρτάται από:

- Τον «Κίνδυνο Απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή»
- Τον «Κίνδυνο Αποτυχίας του Έργου»
- Τον «Κίνδυνο Πρόκλησης βλάβης στη Φήμη του ΔΔΠ»

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται συγκεντρωτικά όλοι οι παράγοντες που αλληλεπιδρούν με τους κινδύνους των ΔΔΠ καθώς και οι συγκεκριμένοι κίνδυνοι που αναφέραμε. Οι κόμβοι C1-C15 αποτελούν τους κόμβους-παράγοντες του γνωστικού δικτύου και θα χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι, ενώ οι κόμβοι C16-C23 είναι οι κόμβοι απόφασης και λαμβάνονται ως έξοδοι.

C1	Αναξιοπιστία του προμηθευτή για την παράδοση του προϊόντος
C2	Κακή ποιότητα του προμηθευτή
C3	Οικονομική αστάθεια του προμηθευτή
C4	Ανεπαρκής τεχνολογία και σχεδίαση του προϊόντος του προμηθευτή
C5	Έλλειψη προσωπικού και υλικών πόρων
C6	Μη διαθεσιμότητα διαδικασιών και τεχνογνωσίας στον προμηθευτή
C7	Εκτοπισμένη διαπραγματευτική δύναμη με τον προμηθευτή
C8	Ανεπαρκείς ειδικές συνθήκες του προμηθευτή
C9	Παρακμή εταιρικής σχέσης και συνεργασίας με τον προμηθευτή
C10	Ανεπαρκή εφοδιαστική ευελιξία του προμηθευτή
C11	Συνολική αύξηση του κόστους των αγορασθέντων προϊόντων
C12	Ασταθή και αναποτελεσματικά δίκτυα επικοινωνίας με τον προμηθευτή
C13	Αστάθεια παραγωγής και τερματισμός του προμηθευτή
C14	Ειδικές ρήτρες εμπιστευτικότητας
C15	Ολοκληρωμένη σύμβαση εταιρικής σχέσης
C16	Κίνδυνος Αδυναμίας του Εταίρου
C17	Κίνδυνος Απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή
C18	Κίνδυνος Καθυστερήσεων/ Λαθών/ Ανωμαλιών
C19	Κίνδυνος Αποτυχίας του Έργου
C20	Κίνδυνος Πρόκλησης Βλάβης στη Φήμη του ΔΔΠ
C21	Κίνδυνος Κατάχρησης Στρατηγικών Γνώσεων ή E&A
C22	Κίνδυνος Ανεπιθύμητων και Κακόβουλων Επιθέσεων
C23	Κίνδυνος Διάλυσης του ΔΔΠ

Πίνακας 4.3 Κόμβοι που αποτελούν το Γνωστικό Χάρτη

4.1.2 Σχεδίαση του Γνωστικού Χάρτη των Κινδύνων των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής

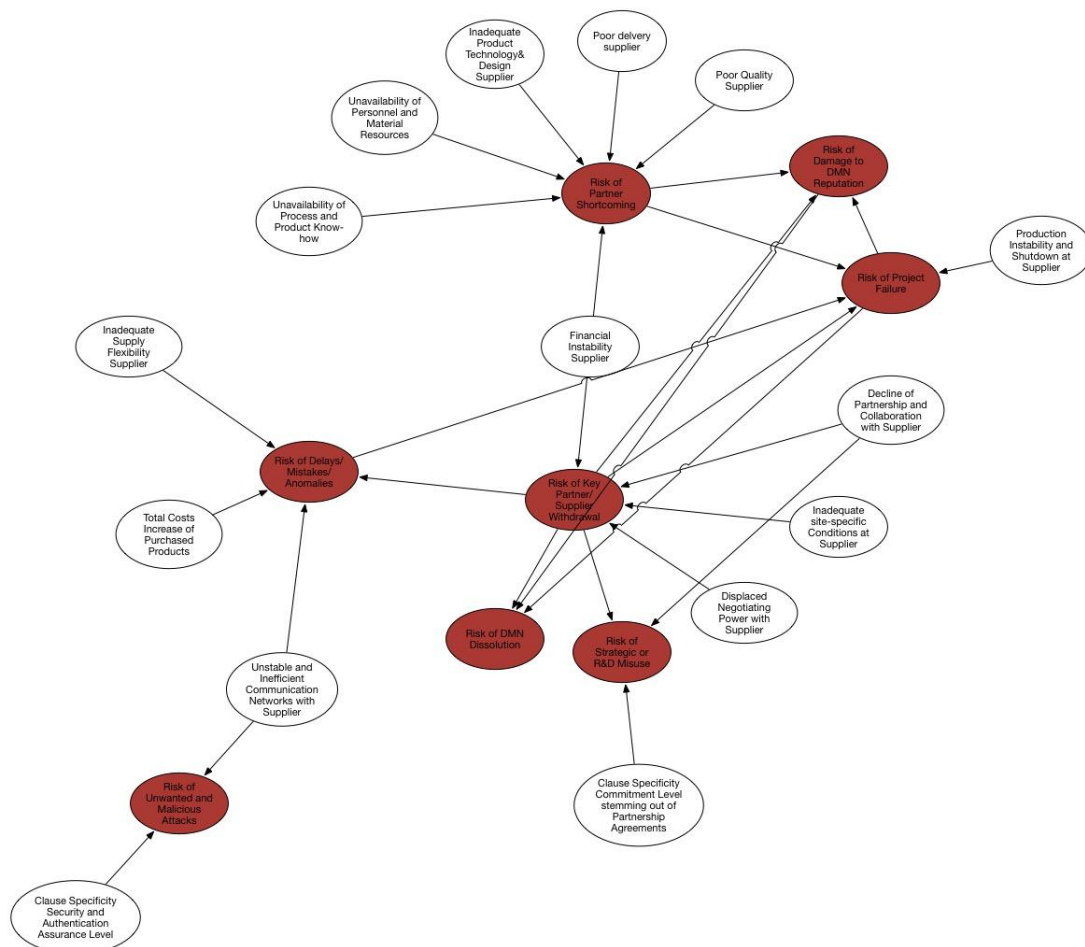
Όπως έχει αναφερθεί και στο 2^ο κεφάλαιο, ένας γνωστικός χάρτης είναι ένα δίκτυο-διάγραμμα που απεικονίζει σχέσεις αιτίας και αποτελέσματος και αναπαρίσταται από ένα επισημασμένο κατευθυνόμενο γράφημα κόμβων και ακμών. Οι κόμβοι αναπαριστούν τις έννοιες του τομέα· συγκεκριμένα στη περίπτωση μας τους κινδύνους που αντιμετωπίζουν τα ΔΔΠ καθώς και τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζονται οι κίνδυνοι, ενώ οι ακμές αναπαριστούν τις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των κόμβων.

Ήδη από την προηγούμενη παράγραφο έχουν τεκμηριωθεί οι αλληλεπιδράσεις, μέσω βιβλιογραφικής έρευνας, για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτώνται και επηρεάζονται οι κίνδυνοι των ΔΔΠ. Οι σχέσεις αλληλεπίδρασης που εμφανίζονται μεταξύ τους παρατίθενται στον επόμενο πίνακα.

Σχέση	Παράγοντας	Παράγοντας
1	Αναξιοπιστία του προμηθευτή για την παράδοση του προϊόντος	Κίνδυνος αδυναμίας ταιρίου
2	Κακή ποιότητα του προμηθευτή	Κίνδυνος αδυναμίας ταιρίου
3	Οικονομική αστάθεια του προμηθευτή	Κίνδυνος αδυναμίας ταιρίου
4	Ανεπαρκής τεχνολογία και σχεδίαση του προϊόντος του προμηθευτή	Κίνδυνος αδυναμίας ταιρίου
5	Έλλειψη προσωπικού και υλικών πόρων	Κίνδυνος αδυναμίας ταιρίου
6	Μη διαθεσιμότητα διαδικασιών και τεχνογνωσίας στον προμηθευτή	Κίνδυνος αδυναμίας ταιρίου
7	Οικονομική αστάθεια του προμηθευτή	Κίνδυνος απόσυρσης βασικού ταιρίου/προμηθευτή
8	Εκτοπισμένη διαπραγματευτική δύναμη του προμηθευτή	Κίνδυνος απόσυρσης βασικού ταιρίου/προμηθευτή
9	Ανεπαρκείς ειδικές συνθήκες του προμηθευτή	Κίνδυνος απόσυρσης βασικού ταιρίου/προμηθευτή
10	Παρακμή ταιρικής σχέσης και συνεργασίας του προμηθευτή	Κίνδυνος απόσυρσης βασικού ταιρίου/προμηθευτή
11	Ασταθή και αναποτελεσματικά δίκτυα επικοινωνίας του προμηθευτή	Κίνδυνος καθυστερήσεων/βλαθών/ανωμαλιών
12	Ανεπαρκής φθοδιαστική ευελιξία του προμηθευτή	Κίνδυνος καθυστερήσεων/βλαθών/ανωμαλιών
13	Συνολική αύξηση του κόστους των αγορασθέντων προϊόντων	Κίνδυνος καθυστερήσεων/βλαθών/ανωμαλιών
14	Κίνδυνος απόσυρσης βασικού ταιρίου/προμηθευτή	Κίνδυνος καθυστερήσεων/βλαθών/ανωμαλιών
15	Αστάθεια παραγωγής και ερματισμός του προμηθευτή	Κίνδυνος αποτυχίας του έργου
16	Κίνδυνος απόσυρσης βασικού ταιρίου/προμηθευτή	Κίνδυνος αποτυχίας του έργου
17	Κίνδυνος καθυστερήσεων/βλαθών/ανωμαλιών	Κίνδυνος αποτυχίας του έργου
18	Κίνδυνος αδυναμίας ταιρίου	Κίνδυνος αποτυχίας του έργου
19	Κίνδυνος αποτυχίας του έργου	Κίνδυνος πρόκλησης βλάβης στη διάρκεια του ΔΔΠ
20	Κίνδυνος απόσυρσης βασικού ταιρίου/προμηθευτή	Κίνδυνος πρόκλησης βλάβης στη διάρκεια του ΔΔΠ
21	Κίνδυνος αδυναμίας ταιρίου	Κίνδυνος πρόκλησης βλάβης στη διάρκεια του ΔΔΠ
22	Ειδικές ηθικές εμπιστευτικότητας	Κίνδυνος κατάχρησης στρατηγικών γνώσεων Η&Α
23	Κίνδυνος απόσυρσης βασικού ταιρίου/προμηθευτή	Κίνδυνος κατάχρησης στρατηγικών γνώσεων Η&Α
24	Παρακμή ταιρικής σχέσης και συνεργασίας του προμηθευτή	Κίνδυνος κατάχρησης στρατηγικών γνώσεων Η&Α
25	Ασταθή και αναποτελεσματικά δίκτυα επικοινωνίας του προμηθευτή	Κίνδυνος ανεπιθύμητων και κακόβουλων επιθέσεων
26	Ολοκληρωμένη σύμβαση ταιρικής σχέσης	Κίνδυνος ανεπιθύμητων και κακόβουλων επιθέσεων
27	Κίνδυνος απόσυρσης βασικού ταιρίου/προμηθευτή	Κίνδυνος διάλυσης του ΔΔΠ
28	Κίνδυνος πρόκλησης βλάβης στη διάρκεια του ΔΔΠ	Κίνδυνος διάλυσης του ΔΔΠ
29	Κίνδυνος αποτυχίας του έργου	Κίνδυνος διάλυσης του ΔΔΠ

Πίνακας 4.4 Σχέσεις αλληλεπίδρασης των κόμβων του Γνωστικού Χάρτη

Έχοντας πλέον, καθορίσει του κόμβους και τις σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ τους, χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα OmniGraffle για την κατασκευή και απεικόνιση του Γνωστικού χάρτη. Οι κόμβοι με κόκκινο χρώμα αναπαριστούν τους κινδύνους των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής και ουσιαστικά λαμβάνονται ως έξοδοι του δικτύου μας, ενώ οι κόμβοι που είναι χωρίς χρώμα αναπαριστούν τους παράγοντες που βρέθηκαν ότι τους επηρεάζουν από τη βιβλιογραφική έρευνα. Οι παράγοντες αυτοί αποτελούν τις εισόδους μας στο δίκτυο.



Σχήμα 4.1 Γνωστικός Χάρτης των Κινδύνων των ΔΔΠ

4.2 Προσδιορισμός του Πίνακα Βαρών

Ένα Ασαφές Γνωστικό Δίκτυο είναι ένα ποιοτικό εργαλείο μοντελοποίησης που βασίζεται στην αξιοποίηση της γνώσης και της εμπειρίας. Όπως έχει αναφερθεί ήδη, τα ΑΓΔ παρέχουν έναν ευθύ και απλό τρόπο πραγμάτωσης των σχέσεων μεταξύ διαφορετικών παραγόντων. Μπορούν λοιπόν να περιγράψουν κάθε σύστημα χρησιμοποιώντας τρεις ξεχωριστές διαδικασίες. Η πρώτη, είναι ο καθορισμός των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραγόντων του δικτύου καθώς υποδηλώνεται η κατεύθυνση και η φύση των αιτιωδών σχέσεων. Η διαδικασία αυτή παρουσιάστηκε στην ακριβώς προηγούμενη παράγραφο. Το επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός του βαθμού της συσχέτισης μεταξύ των αλληλεπιδρώντων κόμβων, δηλαδή η εκχώρηση μιας ασαφούς τιμής η οποία αντικατοπτρίζει τη δύναμη της αιτιότητας. Κατά την τρίτη διαδικασία, εφαρμόζεται ο μηχανισμός ανάδρασης που συλλαμβάνει τη δυναμική σχέση του συνόλου των κόμβων.

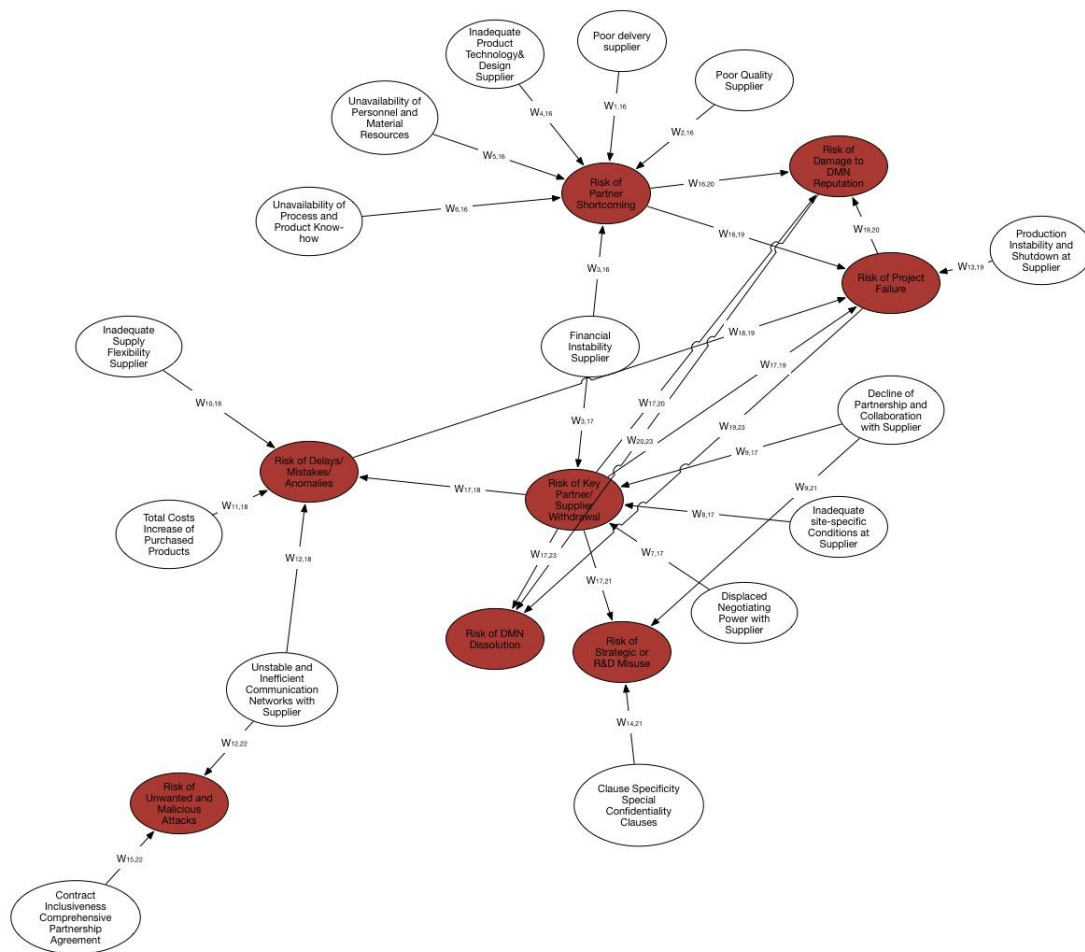
Το επόμενο, λοιπόν, βήμα για την ανάπτυξη και την κατασκευή του ΑΓΔ που θα μοντελοποιεί του κινδύνους των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής είναι ο προσδιορισμός του πίνακα βαρών. Μέσω βιβλιογραφικής έρευνας προσπαθήσαμε να βρούμε ποσοτικά στοιχεία τα οποία θα περιγράφουν με μία αριθμητική τιμή το βάρος κάθε διασύνδεσης. Όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη παράγραφο, σε μία

έρευνά του ο B. Guertler(2014) προσπάθησε να ποσοτικοποιήσει τη δύναμη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των 13 παραγόντων που φαίνονται στον Πίνακα 4.2, συλλέγοντας στοιχεία μέσω συνεντεύξεων με ερευνητικούς εταίρους. Ο κανονικοποιημένος πίνακας των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συγκεκριμένων παραγόντων παρουσιάζεται παρακάτω.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C1	0.0	2.6	1.6	1.6	2.3	1.4	1.5	2.0	2.1	2.7	2.0	2.2	2.8
C2	2.6	0.0	1.7	2.4	1.8	2.2	2.3	1.1	2.3	2.4	2.7	1.2	2.4
C3	1.6	1.7	0.0	1.7	1.8	1.0	2.3	1.1	1.4	1.6	1.5	1.5	2.4
C4	1.6	2.4	1.7	0.0	1.4	2.5	1.5	0.9	1.7	1.0	2.0	1.4	2.1
C5	2.3	1.8	1.8	1.4	0.0	2.5	0.7	2.3	1.7	2.1	2.3	1.2	2.4
C6	1.4	2.2	1.0	2.5	2.5	0.0	1.8	1.0	1.9	1.1	2.3	1.5	2.0
C7	1.5	2.3	2.3	1.5	0.7	1.8	0.0	1.0	1.9	1.5	1.8	1.3	1.0
C8	2.0	1.1	1.1	0.9	2.3	1.0	1.0	0.0	1.7	1.5	1.9	1.8	1.6
C9	2.1	2.3	1.4	1.7	1.7	1.9	1.9	1.7	0.0	2.0	1.4	2.3	1.5
C10	2.7	2.4	1.6	1.0	2.1	1.1	1.5	1.5	2.0	0.0	2.1	1.7	2.4
C11	2.0	2.7	1.5	2.0	2.3	2.3	1.8	1.9	1.4	2.1	0.0	1.9	2.5
C12	2.2	1.2	1.5	1.4	1.2	1.5	1.3	1.8	2.3	1.7	1.9	0.0	0.7
C13	2.8	2.4	2.4	2.1	2.4	2.0	1.0	1.6	1.5	2.4	2.5	0.7	0.0

Πίνακας 4.5 Πίνακας αλληλεπιδράσεων των 13 παραγόντων

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.5, το σύστημα αξιολόγησης των διασυνδέσεων των παραγόντων διαφοροποιούνταν σε τέσσερις ομάδες (καμία επίπτωση 0, χαμηλή επίπτωση 1, μέση επίπτωση 2, ισχυρή επίπτωση 3), ενώ στην μήτρα αλληλεπιδράσεων συμπληρώθηκαν οι αριθμητικοί μέσοι όροι των αποτελεσμάτων[45]. Τα διαγώνια στοιχεία έχουν μηδενική τιμή βάρους ($W_{ii}=0$) αφού κανένας παράγοντας δεν αλληλεπιδρά με τον εαυτό του. Ο συγκεκριμένος πίνακας όμως, δεν αποτελεί τον πίνακα γειτνίασης του Ασαφούς Γνωστικού μας Χάρτη. Ο πίνακας γειτνίασης του ΑΓΔ θα πρέπει να περιέχει τα βάρη των αλληλεπιδράσεων κάθε μίας απο τις 26 σχέσεις που ορίστηκαν στον Πίνακα 4.4 και φαίνονται γραφικά στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.2 Ασαφής Γνωστικός Χάρτης των Κινδύνων των ΔΔΠ

Για την εύρεση του βαθμού της αλληλεπίδρασης των σχέσεων χρησιμοποιήσαμε μεθοδολογίες από τη θεωρία της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποτελεί ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων που αναπτύχθηκε για να περιορίσει τη σύγχυση που προκαλείται σε περιπτώσεις όπου εμπλέκονται μεταξύ τους πολλά και διαφορετικής φύσεως κριτήρια τα οποία αφορούν συγκεκριμένες επιλογές. Οι μέθοδοί της μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της προτιμότερης επιλογής, για την κατάταξη επιλογών, για απαρίθμηση ενός περιορισμένου αριθμού επιλογών, για επακόλουθη λεπτομερή αξιολόγηση, ή απλά για διαχωρισμό αποδεκτών και μη αποδεκτών δυνατοτήτων.

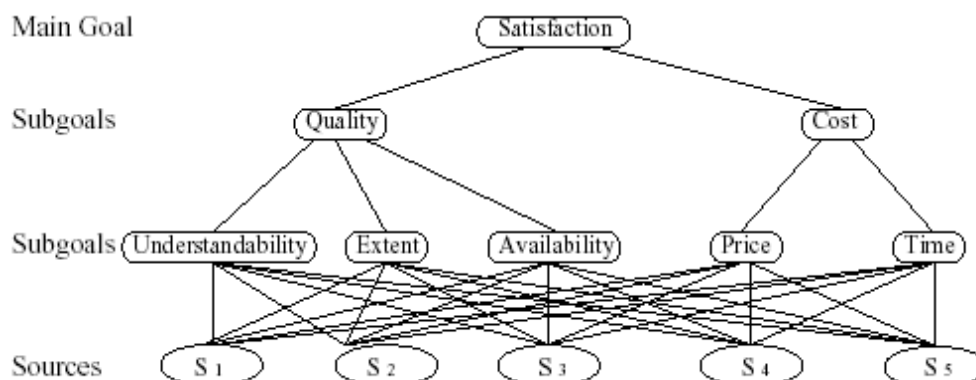
Συγκεκριμένα, στην περίπτωση μας όπου έχουμε δεδομένο τον πίνακα βαρών των 13 παραγόντων, ο βαθμός της επίδρασής τους με τους κινδύνους των ΔΔΠ, βρέθηκε χρησιμοποιώντας της μεθόδους της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (Analytic Hierarchy Process-AHP) καθώς και της Προσθετικής Συνάρτησης Αξίας (Additive Value Function-AVF).

4.2.1 Θεωρία και Εφαρμογή της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας

Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία εισήχθη από τον Saaty(1977) ως μία πολυκριτηριακή προσέγγιση λήψης αποφάσεων. Προκάλεσε το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών, κυρίως λόγω των μαθηματικών ιδιοτήτων της μεθόδου αλλά και επειδή

τα απαιτούμενα στοιχεία εισόδου είναι εύκολο να εξασφαλισθούν [47]. Η λέξη «Αναλυτική» προέρχεται από το γεγονός ότι ένα συγκεκριμένο πρόβλημα αρχικά αναλύεται στα συστατικά του στοιχεία, ενώ η «Ιεραρχία» δηλώνει ότι μία ιεραρχική δομή των στοιχείων χτίζεται, αναφορικά με τους στόχους του προβλήματος[48]. Αποτελεί ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων απόφασης, αφού χρησιμοποιεί μια πολυεπίπεδη ιεραρχική δομή των στόχων, των κριτηρίων, των υποκριτηρίων και των εναλλακτικών λύσεων. Τα σχετικά στοιχεία προέρχονται από ένα σύνολο συγκρίσεων ανά ζεύγη. Οι συγκρίσεις αυτές χρησιμοποιούνται για να ληφθούν τα βάρη σπουδαιότητας των κριτηρίων λήψης αποφάσεων, καθώς και των σχετικών μέτρων επίδοσης των εναλλακτικών σε σχέση με κάθε επιμέρους κριτήριο απόφασης. Αν οι συγκρίσεις δεν είναι συνεπείς, τότε παρέχεται ένας μηχανισμός για τη βελτίωση της συνοχής[49]. Συνοπτικά, η AHP είναι ένα γραμμικά προσθετικό μοντέλο το οποίο αποτελείται από τα παρακάτω τέσσερα βήματα[50]:

- 1) Αποσύνθεση του προβλήματος και ιεράρχηση των στόχων, των κριτηρίων και υπο-κριτηρίων και των εναλλακτικών
- 2) Σύγκριση των στόχων ανά ζεύγη
- 3) Έλεγχος συνέπειας και συνοχής των συγκρίσεων
- 4) Συγκέντρωση των συγκρίσεων



Σχήμα 4.3 Παράδειγμα Ιεράρχησης

Δοθέντος λοιπόν, των στοιχείων ενός επιπέδου, π.χ. του τετάρτου, της ιεραρχίας και ενός στοιχείου e από το αμέσως υψηλότερο επίπεδο, συγκρίνουμε τα στοιχεία του επιπέδου 4 ανά ζεύγη με τη δύναμη επιρροής τους πάνω στο στοιχείο e . Τα νούμερα που προκύπτουν και αντανακλούν τη σύγκριση, εισάγονται σε ένα πίνακα και βρίσκουμε το ιδιοδιάνυσμα με τη μεγαλύτερη ιδιοτιμή. Το ιδιοδιάνυσμα παρέχει τη σειρά προτεραιότητας, ενώ η ιδιοτιμή είναι ένα μέτρο που δείχνει τη συνοχή της απόφασης[47].

Οι προτιμήσεις για κάθε ζεύγος στοιχείων X και Y δηλώνονται στον πίνακα με τη χρήση των αριθμητικών διαβαθμίσεων του Saaty όπου οι πιθανές τιμές είναι $\{1,2,3,4,5,6,7,8,9,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9\}$ [51].

Πρακτικά κάθε τιμή της μήτρας υποδηλώνει την έκταση στην οποία ένα στοιχείο είναι πιο σημαντικό από ένα άλλο. Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με τα στοιχεία τα οποία συγκρίνονται εμφανίζονται οι ακόλουθες περιπτώσεις[51]:

- 1) $a_{ij} = 1$, όταν ένα στοιχείο συγκρίνεται με τον εαυτό του
- 2) $a_{ij} > 1$, όταν το στοιχείο i θεωρείται πιο σημαντικό από το στοιχείο j
- 3) $a_{ij} < 1$, όταν το στοιχείο j θεωρείται πιο σημαντικό από το i
- 4) $a_{ij} = 1/a_{ji}$, για όλες τις υπόλοιπες τιμές του πίνακα

Το επόμενο βήμα έγκειται στον υπολογισμό του διανύσματος προτεραιοτήτων από τη δεδομένη μήτρα. Αρχικά υπολογίζεται με μαθηματικούς όρους το κύριο ιδιοδιάνυσμα και όταν κανονικοποιηθεί, προκύπτει το διάνυσμα των προτεραιοτήτων. Εν την απουσία όμως ενός υπολογιστή με μεγάλες υπολογιστικές δυνατότητες, μπορούν να ληφθούν εκτιμήσεις του εν λόγω διανύσματος με τους ακόλουθους τέσσερις τρόπους:

- 1) Στον πρώτο και πιο ακατέργαστο τρόπο, αφού βρεθούν τα άθροισμα κάθε σειράς του πίνακα, διαιρούνται με το σύνολο των αθροισμάτων έτσι ώστε να κανονικοποιηθούν και το άθροισμά τους να είναι ίσο με τη μονάδα. Η πρώτη τιμή του διανύσματος που προκύπτει αποτελεί την προτεραιότητα της πρώτης δράσης, η δεύτερη τιμή είναι η προτεραιότητα της δεύτερης δράσης και ούτω καθεξής
- 2) Κατά τον δεύτερο τρόπο, ο οποίος είναι καλύτερος από τον πρώτο, λαμβάνεται το άθροισμα των στοιχείων κάθε στήλης και σχηματίζεται ο αντίστροφος των ποσών αυτών. Προκειμένου να κανονικοποιηθούν τα ποσά αυτά ώστε το άθροισμά τους να είναι ίσο με τη μονάδα, διαιρείται κάθε ποσό με το άθροισμα όλων των αντίστροφων ποσοτήτων.
- 3) Καλύτερος από τους δύο προηγούμενους τρόπους είναι ο τρίτος, στον οποίο διαιρούνται τα στοιχεία κάθε στήλης του πίνακα με το άθροισμα της στήλης που βρίσκεται. Με τον τρόπο αυτό κανονικοποιούνται οι στήλες. Έπειτα, για κάθε σειρά του πίνακα που προκύπτει, βρίσκεται ο μέσος όρος των στοιχείων τους.
- 4) Για τον τέταρτο τρόπο, πολλαπλασιάζονται τα n στοιχεία κάθε σειράς και λαμβάνεται η n ρίζα τους. Έπειτα κανονικοποιούμε τους προκύπτοντες αριθμούς.

Εκτός από το σχετικό βάρος του ιδιοδιανύσματος θα πρέπει να υπολογιστεί και η συνοχή του. Για το λόγο αυτό υπολογίζεται η κύρια ιδιοτιμή αθροίζοντας τα γινόμενα μεταξύ των στοιχείων του ιδιοδιανύσματος και των αθροισμάτων των στηλών του αμοιβαίου πίνακα. Ο Saaty (1980) απέδειξε ότι για μία συνεπής αμοιβαία μήτρα η μεγαλύτερη ιδιοτιμή είναι ίση με τον αριθμό των συγκρίσεων ή $\lambda_{\max} = n$, όπου n ο βαθμός της μήτρας. Στη συνέχεια όρισε τον Δείκτη Συνοχής (Consistency Index-C.I.) ως την απόκλιση από τη συνοχή με τον ακόλουθο τύπο:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

Έπειτα, χρησιμοποιούμε τον δείκτη αυτό συγκρίνοντάς τον με τον τυχαίο Δείκτη Συνοχής (random Index-R.I.). Οι μέσες τιμές του R.I. για δείγμα 500 πινάκων μαζί με τον βαθμό του πίνακα φαίνονται παρακάτω:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Πίνακας 4.6 Μέσος τυχαίος Δείκτης Συνοχής

Ο λόγος του C.I. με το μέσο όρο του R.I. για πίνακα ίδιου βαθμού, καλείται λόγος συνοχής (Consistency Ratio-C.R.). Όταν ο λόγος συνοχής έχει τιμή 0.10 ή μικρότερη, τότε θεωρείται αποδεκτός[47].

Για την εφαρμογή της μεθόδου AHP στη παρούσα διπλωματική εργασία, το πρώτο βήμα είναι η διάρθρωση της ιεραρχίας. Στο πρώτο ή ανώτατο επίπεδο βρίσκονται οι κίνδυνοι του ΔΔΠ. Στο δεύτερο επίπεδο βρίσκονται τα κριτήρια που συμβάλλουν στους κινδύνους, δηλαδή οι 13 παράγοντες που έχουν αναφερθεί και προηγουμένως.

Ως μήτρα συγκρίσεων παίρνουμε τα δεδομένα του πίνακα αλληλεπιδράσεων των 13 παραγόντων (Πίνακας 4.5). Η συγκεκριμένη μήτρα δεν εμπεριέχει τη διαβάθμιση έτσι όπως ορίστηκε από τον Saaty και αναφέρθηκε προηγουμένως. Σε γενικές γραμμές υπάρχουν πολλές διαφορετικές κλίμακες διαβάθμισης που μπορούν να επιλεγθούν. Ως εκ τούτου, για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής εργασίας θεωρούμε ότι χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα Απευθείας Διαβάθμισης (Direct Weighting scale), η οποία επιτρέπει τη συμπλήρωση των πινάκων με τις αυτούσιες αξίες των συγκρίσεων, χωρίς τη χρήση μιας αυστηρά καθορισμένης κλίμακας [51].

Παράλληλα, για να φέρουμε τον πίνακα σε μορφή κατάλληλη για εφαρμογή της AHP, εφαρμόσαμε τον κανόνα $C_{ji} = 1/C_{ij}$ για τα στοιχεία που βρίσκονται κάτω από την κύρια διαγώνιο, ενώ θέσαμε όλα τα στοιχεία της κύριας διαγωνίου (C_{ii}) ίσα με τη μονάδα, αφού είναι αυτά που συγκρίνονται με τον εαυτό τους. Ο πίνακας που προέκυψε τελικά είναι:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C1	1.00	2.60	1.60	1.60	2.30	1.40	1.50	2.00	2.10	2.70	2.00	2.20	2.80
C2	0.38	1.00	1.70	2.40	1.80	2.20	2.30	1.10	2.30	2.40	2.70	1.20	2.40
C3	0.63	0.59	1.00	1.70	1.80	1.00	2.30	1.10	1.40	1.60	1.50	1.50	2.40
C4	0.63	0.42	0.59	1.00	1.40	2.50	1.50	0.90	1.70	1.00	2.00	1.40	2.10
C5	0.43	0.56	0.56	0.71	1.00	2.50	0.70	2.30	1.70	2.10	2.30	1.20	2.40
C6	0.71	0.45	1.00	0.40	0.40	1.00	1.80	1.00	1.90	1.10	2.30	1.50	2.00
C7	0.67	0.43	0.43	0.67	1.43	0.56	1.00	1.00	1.90	1.50	1.80	1.30	1.00
C8	0.50	0.91	0.91	1.11	0.43	1.00	1.00	1.00	1.70	1.50	1.90	1.80	1.60
C9	0.48	0.43	0.71	0.59	0.59	0.53	0.53	0.59	1.00	2.00	1.40	2.30	1.50
C10	0.37	0.42	0.63	1.00	0.48	0.91	0.67	0.67	0.50	1.00	2.10	1.70	2.40
C11	0.50	0.37	0.67	0.50	0.43	0.43	0.56	0.53	0.71	0.48	1.00	1.90	2.50
C12	0.45	0.83	0.67	0.71	0.83	0.67	0.77	0.56	0.43	0.59	0.53	1.00	0.70
C13	0.36	0.42	0.42	0.48	0.42	0.50	1.00	0.63	0.67	0.42	0.40	1.43	1.00

Πίνακας 4.7 Πίνακας συγκρίσεων ανά ζεύγη των παραγόντων για εφαρμογή της AHP

Η μέθοδος AHP εφαρμόστηκε για κάθε περίπτωση κινδύνου ξεχωριστά, ενώ το διάνυσμα \bar{W} , το οποίο επίσης αποτελεί την απαιτούμενη εκτίμηση του διανύσματος των τελικών σχετικών βαρών, υπολογίζεται από την 3^η μεθοδολογία που αναφέρθηκε στη προηγούμενη σελίδα. Η μεθοδολογία αυτή αποκτά επαναληπτικό χαρακτήρα, αφού κάθε φορά υπολογίζεται το τετράγωνο της εκάστοτε μήτρας συγκρίσεων και όλα τα βήματα της διαδικασίας επαναλαμβάνονται μέχρις ότου δύο διαδοχικές προσεγγίσεις να μην διαφέρουν σημαντικά στο πλαίσιο της επιθυμητής ακρίβειας.

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1)-(6) του Πίνακα 4.3 κατασκευάζουμε την παρακάτω ιεραρχική δομή για τον «Κίνδυνο Αδυναμίας Εταίρου».



Στο πρώτο επίπεδο βρίσκεται ο «Κίνδυνος Αδυναμίας του Εταίρου» (C17) ενώ στο δεύτερο, οι έξι παράγοντες (C1-C6) από τους οποίους και εξαρτάται. Ο πίνακας συγκρίσεων των έξι παραγόντων του δευτέρου επιπέδου που φαίνεται παρακάτω, αποτελεί ουσιαστικά έναν υποπίνακα του Πίνακα 4.6.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1.00	2.60	1.60	1.60	2.30	1.40
C2	0.38	1.00	1.70	2.40	1.80	2.20
C3	0.63	0.59	1.00	1.70	1.80	1.00
C4	0.63	0.42	0.59	1.00	1.40	2.50
C5	0.43	0.56	0.56	0.71	1.00	2.50
C6	0.71	0.45	1.00	0.40	0.40	1.00

Πίνακας 4.8 Συγκρίσεις ανά ζεύγη των 6 παραγόντων του δευτέρου επιπέδου

Αρχικά, σύμφωνα με τη μεθοδολογία, βρίσκουμε το άθροισμα των στηλών της μήτρας συγκρίσεων. Οι πράξεις οι οποίες έγιναν σε υπολογιστικό φύλλο excel μας έδωσαν τα εξής αθροίσματα: $SumA_{i1} = 3,78$, $SumA_{i2} = 5,62$, $SumA_{i3} = 6,44$, $SumA_{i4} = 7,81$, $SumA_{i5} = 8,70$, $SumA_{i6} = 10,60$.

Έπειτα κάθε στοιχείο του Πίνακα 4.7 διαιρείται με το αντίστοιχο άθροισμα της στήλης του, με αποτέλεσμα να κανονικοποιούνται οι στήλες. Προκύπτει λοιπόν ένας νέος πίνακας, στον οποίον υπολογίζεται ο μέσος όρος κάθε σειράς. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν μας δίνουν το ιδιοδιάνυσμα \bar{w} . Ο κανονικοποιημένος πίνακας καθώς και το ιδιοδιάνυσμα μετά την 1^η επανάληψη φαίνονται παρακάτω.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Ιδιοδιάνυσμα
C1	0.2643	0.4630	0.2483	0.2048	0.2644	0.1321	0.2628
C2	0.1017	0.1781	0.2638	0.3071	0.2069	0.2075	0.2109
C3	0.1652	0.1048	0.1552	0.2176	0.2069	0.0943	0.1573
C4	0.1652	0.0742	0.0913	0.1280	0.1609	0.2358	0.1426
C5	0.1149	0.0989	0.0862	0.0914	0.1149	0.2358	0.1237
C6	0.1888	0.0810	0.1552	0.0512	0.0460	0.0943	0.1027

Πίνακας 4.9 Αποτελέσματα της AHP μετά την 1η επανάληψη

Ο λόγος που έχουμε κρατήσει τέσσερα δεκαδικά ψηφία, είναι διότι θέλουμε το σφάλμα μεταξύ δύο διαδοχικών προσεγγίσεων να είναι μικρότερο του **0,001** .

Το επιθυμητό αποτέλεσμα προέκυψε μετά από τέσσερις επαναλήψεις. Κάθε φορά υψώναμε τον κανονικοποιημένο πίνακα στο τετράγωνο και υπολογίζαμε το καινούριο ιδιοδιάνυσμα. Το τελικό ιδιοδιάνυσμα που μας δίνει και την ζητούμενη προτεραιότητα είναι: $\bar{w} = (0,2770 \ 0,1949 \ 0,1558 \ 0,1385 \ 0,1181 \ 0,1157)$

Τη μεθοδολογία αυτή την εφαρμόσαμε για τους κινδύνους που διέπουν τα ΔΔΠ των οποίων το δεύτερο επίπεδο της ιεραρχίας τους αποτελείται από παράγοντες που ο βαθμός αλληλεπίδρασης είναι ήδη γνωστός μέσα από τη βιβλιογραφία. Για τους υπόλοιπους κινδύνους εφαρμόσαμε τη Γκρι Θεωρία των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων όπου το βάρος μεταξύ δύο παραγόντων ή δύο κινδύνων μπορεί να δοθεί μέσω ενός γκρι αριθμού σε μορφή $\otimes W_{i \rightarrow j} = [\bar{w}_{ij}, \underline{w}_{ij}]$ όπου \bar{w} και \underline{w} το άνω και κάτω όριο του εύρους που έχουμε ορίσει ως γκρι αριθμό. Με αυτόν τον τρόπο συμπληρώνονται τα βάρη του πίνακα γειννίασης των οποίων η ακριβής τιμή είναι άγνωστη και προκύπτει ο τελικός πίνακας βαρών του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου που μοντελοποιείται.

4.2.2 Θεωρία και Εφαρμογή της Προσθετικής Συνάρτησης Αξίας

Ένα συναρτησιακό μοντέλο χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μιας συνάρτησης αξίας ή αξιών (value function) της οποίας ο ρόλος είναι η σύνθεση των πολλαπλών κριτηρίων g_1, g_2, \dots, g_n σε ένα και μοναδικό κριτήριο. Για αυτόν ακριβώς το λόγο, αυτή η μοντελοποίηση της ολικής προτίμησης του αποφασίζοντος αποκαλείται και μέθοδος του ολικού κριτηρίου (method of global criterion).

Η συνάρτηση αξίας είναι μια πραγματική συνάρτηση η οποία ορίζεται στο καρτεσιανό γινόμενο των κριτηρίων και εκφράζει την ολική αξία μιας δράσης $a \in A$, ως εξής:

- $u: X_1(i=1)^n [g_1(i^*), \dots, g_i^*] \rightarrow \mathfrak{R}$
- $g(a)$

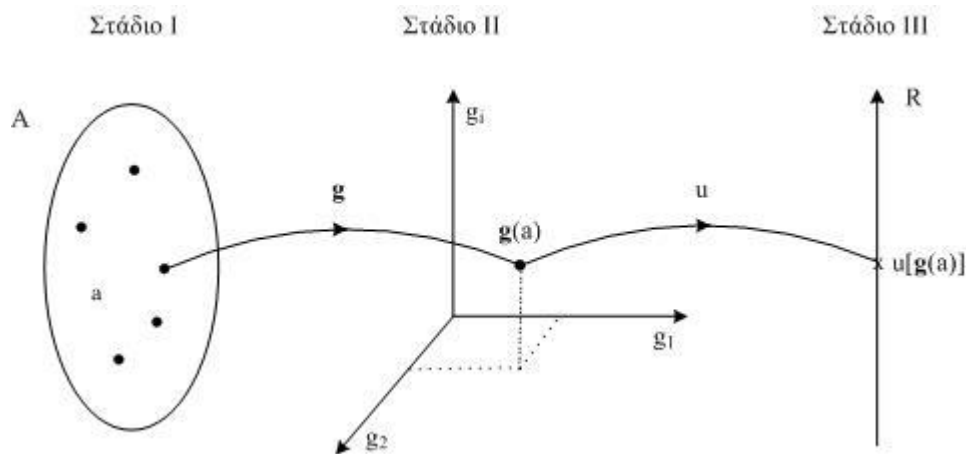
όπου, g_i^* και g_i^* , είναι η χειρότερη και η καλύτερη τιμή του κριτηρίου g_i , αντίστοιχα και $u[g(a)]$, είναι ένας πραγματικό αριθμός που ονομάζεται ολική αξία της δράσης a .

Η συνάρτηση αξίας u έχει τις ιδιότητες του κριτηρίου. Για κάθε ζεύγος δράσεων (a, b) , πληρούνται οι εξής δύο ιδιότητες:

- $u[g(a)] > u[g(b)] \Leftrightarrow a$ προτιμάται της b ($a > b$)
- $u[g(a)] = u[g(b)] \Leftrightarrow a$ αδιάφορη της b ($a \sim b$)

Μία συνάρτηση αξίας ορίζει επίσης μία προδιάταξη (weak order), δηλαδή διάταξη με ενδεχόμενες ισοδυναμίες των δράσεων του συνόλου A κατά μήκος της πραγματικής ευθείας. Όσο μεγαλύτερη είναι δηλαδή η αξία μιας δράσης, τόσο πιο ψηλά βρίσκεται

η δράση αυτή στην ολική κατάταξη. Στα στάδια I-II-III του παρακάτω σχήματος φαίνεται παραστατικά η μεθοδολογική διαδικασία που ακολουθήθηκε[52].



Σχήμα 4.4 Μοντελοποίηση ολικής προτίμησης με ολικό κριτήριο

Για την αναλυτική μορφή της συνάρτησης η οποία μοντελοποιεί την ολική προτίμηση $u(g) = u(g_1, g_2, \dots, g_n)$ χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα διπλωματική εργασία η Προσθετική Συνάρτηση Αξίας (Additive Value Function).

Σήμερα τα μοντέλα προσθετικής αξίας αποτελούν την πιο δημοφιλή τεχνική της πολυκριτηριακής ανάλυσης, ιδιαίτερα όταν ένας αναλυτής επιθυμεί να αποκτήσει μια πλήρη κατάταξη ενός συνόλου δράσεων που αξιολογήθηκαν σε μία συνεπή οικογένεια κριτηρίων. Η αξιολόγηση των προσθετικών συναρτήσεων αξίας έχει να αντιμετωπίσει ζητήματα νομιμότητας και τεχνικών δυσκολιών όταν εμπλέκονται πραγματικοί φορείς λήψης αποφάσεων[53].

Μία προσθετική συνάρτηση αξίας ορίζεται μέσα από τις σχέσεις:

- $$u(g) = \sum_{i=1}^n p_i u_i(g_i)$$
- $$u_i(g_i^*) = 0, u_i(g_i^{\bullet}) = 1, 0 \leq u_i(g_i) \leq 1 \forall i$$
- $$\sum_{i=1}^n p_i = 1$$

όπου $u_i(g_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$ είναι μη φθίνουσες περιθώριες συναρτήσεις αξίας (marginal value functions), κανονικοποιημένες μεταξύ 0 και 1, g_i^{\bullet} και g_i^* , είναι η χειρότερη και η καλύτερη τιμή του κριτηρίου g_i και p_i , $i = 1, 2, \dots, n$ οι συντελεστές βαρύτητας των περιθωρίων συναρτήσεων με άθροισμα τη μονάδα.

Η έννοια που κυριαρχεί στη θεωρία είναι η προτιμησιακή ανεξαρτησία των κριτηρίων, ο ορισμός της οποίας μας δίνεται παρακάτω και οδηγεί στο θεώρημα της προσθετικής συνάρτησης αξίας.

Ορισμός 1:

Ένα ζεύγος δηλαδή, κριτηρίων (g_i, g_j) , είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο του λοιπού συνόλου των κριτηρίων $F - \{g_i, g_j\}$ όταν οι μονάδες παραχώρησεις μεταξύ των κριτηρίων g_i, g_j δεν εξαρτώνται από τις τιμές που παίρνουν τα υπόλοιπα κριτήρια.

Αν υποθέσουμε τώρα ότι υπάρχει ένα κριτήριο αναφοράς g_r , ισχύει ότι τα κριτήρια της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων F είναι προτιμησιακά ανεξάρτητα, εάν (g_r, g_j) είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο των κριτηρίων $F - \{g_r, g_j\} \forall g_j, j \neq r$. Το μοντέλο απόφασης ενός ατόμου είναι μία προσθετική συνάρτηση αξίας όταν, για το άτομο αυτό, τα κριτήρια της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων είναι προτιμησιακά ανεξάρτητα.

Μετά την εξασφάλιση της προτιμησιακής ανεξαρτησίας των κριτηρίων, ο αναλυτής νομιμοποιείται να εργαστεί για την κατασκευή κάθε μίας περιθώριας συνάρτησης $u_i(g_i)$ ξεχωριστά. Οι σημαντικότερες μέθοδοι και τεχνικές για τη κατασκευή των περιθώριων συναρτήσεων που έχουν προταθεί είναι:

- Η μέθοδος της άμεσης κατασκευής (direct assessment)
- Η μέθοδος τεμαχισμού στο σημείο μέσης αξίας (mid-value splitting technique)
- Η αναλυτική μέθοδος UTA I
- Η αναλυτική μέθοδος MACBETH

Οι συντελεστές βαρύτητας p_i της προσθετικής συνάρτησης αξίας υπολογίζονται κυρίως με τη μέθοδο των παραχωρήσεων (trade-offs). Ο αποφασίζων καλείται να δηλώσει $n-1$ σχέσεις αδιαφορίας μεταξύ των εικονικών δράσεων, ώστε να προκύψουν $n-1$ εξισώσεις μεταξύ των βαρών και των κριτηρίων. Η προσθήκη σε αυτές της

σχέσης $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ θα οδηγήσει στην επίλυση ενός γραμμικού συστήματος n εξισώσεων με αγνώστους τα n βάρη των κριτηρίων[52].

Η Προσθετική Συνάρτηση Αξίας εφαρμόστηκε στην παρούσα διπλωματική προκειμένου να αξιολογηθούν οι κίνδυνοι που διέπουν τα Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής. Οι έννοιες που απαρτίζουν τη στήλη Παράγοντες I του Πίνακα 4.4 αποτελούν για τη συγκεκριμένη μέθοδο τα κριτήρια των οποίων η σύνθεση οδηγεί στην αξιολόγηση των εννοιών που βρίσκονται στη στήλη Παράγοντες II του ίδιου πίνακα. Για το λόγο αυτό υποθέτουμε ότι υφίσταται η προτιμησιακή ανεξαρτησία μεταξύ των κριτηρίων. Αυτό που απομένει για την εφαρμογή της Προσθετικής Συνάρτησης Αξίας είναι ο προσδιορισμός των περιθώριων συναρτήσεων $u_i(g_i)$ καθώς και τα βάρη p_i των κριτηρίων.

Στην περίπτωση μας, οι περιθώριες συναρτήσεις θα είναι της μορφής $u_i(C_i)$, οι οποίες όμως δεν χρειάζεται να κατασκευαστούν με κάποιον από τους τρόπους που αναφέρθηκαν προηγουμένως, αφού η αξία/θέση ενός σημείου C_i^j δίνεται από τον Πίνακα 4.5 αν αυτός κανονικοποιηθεί στην κλίμακα των αξιών $[0,1]$. Ο κανονικοποιημένος πίνακας δίνεται παρακάτω.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C1	1.00	0.87	0.53	0.53	0.77	0.47	0.50	0.67	0.70	0.90	0.67	0.73	0.93
C2	0.87	1.00	0.57	0.80	0.60	0.73	0.77	0.37	0.77	0.80	0.90	0.40	0.80
C3	0.53	0.57	1.00	0.57	0.60	0.33	0.77	0.37	0.47	0.53	0.50	0.50	0.80
C4	0.53	0.80	0.57	1.00	0.47	0.83	0.50	0.30	0.57	0.33	0.67	0.47	0.70
C5	0.77	0.60	0.60	0.47	1.00	0.83	0.23	0.77	0.57	0.70	0.77	0.40	0.80
C6	0.47	0.73	0.33	0.83	0.83	1.00	0.60	0.33	0.63	0.37	0.77	0.50	0.67
C7	0.50	0.77	0.77	0.50	0.23	0.60	1.00	0.33	0.63	0.50	0.60	0.43	0.33
C8	0.67	0.37	0.37	0.30	0.77	0.33	0.33	1.00	0.57	0.50	0.63	0.60	0.53
C9	0.70	0.77	0.47	0.57	0.57	0.63	0.63	0.57	1.00	0.67	0.47	0.77	0.50
C10	0.90	0.80	0.53	0.33	0.70	0.37	0.50	0.50	0.67	1.00	0.70	0.57	0.80
C11	0.67	0.90	0.50	0.67	0.77	0.77	0.60	0.63	0.47	0.70	1.00	0.63	0.83
C12	0.73	0.40	0.50	0.47	0.40	0.50	0.43	0.60	0.77	0.57	0.63	1.00	0.23
C13	0.93	0.80	0.80	0.70	0.80	0.67	0.33	0.53	0.50	0.80	0.83	0.23	1.00

Πίνακας 4.10 Κανονικοποιημένος πίνακας παραγόντων στη κλίμακα [0,1]

Έχοντας λοιπόν, την αξία/ θέση κάθε κριτηρίου μπορούμε να προχωρήσουμε στην εφαρμογή της Προσθετικής Συνάρτησης Αξίας για κάθε έναν κίνδυνο ξεχωριστά. Γνωρίζουμε από τον Πίνακα 4.3 ότι ο «Κίνδυνος Αδυναμίας του Εταίρου» ((C₁₆)) εξαρτάται από:

- 1) Την αξιοπιστία του προμηθευτή για την παράδοση του προϊόντος (C₁)
- 2) Την κακή ποιότητα του προμηθευτή (C₂)
- 3) Την οικονομική αστάθεια του προμηθευτή (C₃)
- 4) Την ανεπαρκή τεχνολογία και σχεδίαση του προϊόντος του προμηθευτή (C₄)
- 5) Την έλλειψη προσωπικού και υλικών πόρων (C₅)
- 6) Τη μη διαθεσιμότητα διαδικασιών και τεχνογνωσίας στον προμηθευτή (C₆)

Επομένως, σύμφωνα με την AVF ισχύει ότι:

$$C_{16} = p_1 C_1 + p_2 C_2 + p_3 C_3 + p_4 C_4 + p_5 C_5 + p_6 C_6$$

Από τον κανονικοποιημένο Πίνακα 4.10 με τις αλληλεξαρτήσεις των κριτηρίων, προκύπτουν οι παρακάτω πέντε εξισώσεις:

- 1) $p_5 = 0.77 * p_1$
- 2) $p_5 = 0.60 * p_2$
- 3) $p_5 = 0.60 * p_3$
- 4) $p_5 = 0.47 * p_4$
- 5) $p_5 = 0.83 * p_6$

$$\sum_{i=1}^5 p_i = 1 \Rightarrow$$

Προσθέτοντας στις παραπάνω σχέσεις την συμβατική εξίσωση $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 = 1$, προκύπτει ένα γραμμικό σύστημα του οποίου η μοναδική λύση είναι:

$$p_1 = 0.145, p_2 = 0.186, p_3 = 0.186, p_4 = 0.239, p_5 = 0.111, p_6 = 0.134$$

Το μοντέλο αξιολόγησης του «Κινδύνου Αδυναμίας του Εταίρου» διαμορφώνεται πλέον από τη συνάρτηση αξίας:

$$C_{16} = 0.145C_1 + 0.186C_2 + 0.186C_3 + 0.239C_4 + 0.111C_5 + 0.134C_6$$

Η μοναδική λύση του συστήματος αυτού μας δίνει τα βάρη αλληλεπίδρασης των καθενός από τους έξι παράγοντες οι οποίοι χαρακτηρίζουν τον «Κίνδυνο Αδυναμίας του Εταίρου».

Η μεθοδολογία της Προσθετικής Συνάρτησης Αξίας, όπως και η ΑΗΡ, εφαρμόστηκε για τους κινδύνους που διέπουν τα ΔΔΠ των οποίων οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων που εξαρτώνται είναι ήδη γνωστές μέσω της βιβλιογραφική έρευνας. Για τις υπόλοιπες σχέσεις, που φαίνονται και από τον Ασαφή Γνωστικό Χάρτη, των οποίων το βάρος δεν είναι γνωστό και δεν μπορεί να δοθεί μέσω μίας ακριβής τιμής, εφαρμόσαμε τη Γκρι Θεωρία των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων όπως ακριβώς αναφέρθηκε και προηγουμένως. Έτσι, συμπληρώθηκε ο πίνακας γειννίας όλων των παραγόντων, ο οποίος όπως είναι προφανές διαφέρει από αυτόν που προέκυψε εφαρμόζοντας τη μέθοδο της ΑΗΡ.

4.2.3 Τελικοί Πίνακες Βαρών

Οι περισσότερες διαδικασίες λήψης απόφασης στην πραγματική ζωή είναι δυναμικές. Κρίσιμες αποφάσεις σε τομείς όπως η κατασκευή, η μηχανική, η ιατρική, η βιομηχανία και το μάρκετινγκ απαιτούν πολλαπλές και αλληλένδετες αποφάσεις μέσα σε αβέβαια και πολύπλοκα περιβάλλοντα [38]. Η Γκρι Θεωρία των συστημάτων έχει σχεδιαστεί για την επίλυση των προβλημάτων υψηλής αβεβαιότητας με διακριτά μικρά και ελλιπή σύνολα δεδομένων για αυτό και έχει εφαρμοστεί ευρέως στους τομείς που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Η Γκρι Θεωρία ξεπερνά τα μειονεκτήματα των συμβατικών μεθόδων στατιστικής και απλώς χρειάζεται μια μικρή ποσότητα δεδομένων για την εκτίμηση της συμπεριφοράς των αγνώστων συστημάτων[54].

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στη παράγραφο 3.3.2, η γκρι θεωρία διαιρεί τα συστήματα σε τρία είδη ανάλογα με το βαθμό των γνωστών πληροφοριών. Εάν οι εσωτερικές δομές και τα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι πλήρως γνωστά, υπάρχει δηλαδή ολοκληρωμένη κατανόηση του συστήματος, το σύστημα ονομάζεται λευκό. Από την άλλη πλευρά, όταν τα χαρακτηριστικά και οι εσωτερικές δομές είναι τελείως άγνωστα, το σύστημα ονομάζεται μαύρο. Ένα σύστημα όμως, όπου αποσπασματικές πληροφορίες είναι γνωστές και αποσπασματικές είναι άγνωστες ονομάζεται γκρι σύστημα[54].

Στη παρούσα διπλωματική εργασία, το Ασαφές Γνωστικό Δίκτυο που έχει κατασκευαστεί αποτελεί ένα γκρι σύστημα αφού δεν έχουν καθοριστεί όλες οι αλληλεπιδράσεις παραγόντων και κινδύνων με μία συγκεκριμένη διακριτή τιμή. Υπάρχουν σχέσεις για τις οποίες οι πληροφορίες που εκμαιεύτηκαν, μέσω της βιβλιογραφίας, είναι ποιοτικές και όχι ποσοτικές. Θα προσπαθήσουμε λοιπόν, να αποτυπώσουμε τις ποιοτικές αυτές πληροφορίες, όχι με μία καθορισμένη τιμή αλλά με ένα γκρι αριθμό ο οποίος θα ενέχει και την αβεβαιότητα. Ο γκρι αυτός αριθμός θα αποτελεί το βάρος της διασύνδεσης για την οποία δεν έχουμε ολοκληρωμένη

πληροφόρηση και θα είναι σε μορφή $\otimes W_{i \rightarrow j} = [\overline{w}_{ij}, \underline{w}_{ij}]$ όπου \overline{w} και \underline{w} το άνω και κάτω όριο του εύρους που έχουμε ορίσει.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και συγκεκριμένα από την έρευνα του R. Ding [43] η πολυπλοκότητα των εταιρικών συμβάσεων συνδέεται θετικά με τον κίνδυνο που προκύπτει από τα χαρακτηριστικά των συναλλαγών μέσα στο ΔΔΠ, δηλαδή την περιβαλλοντική μεταβλητότητα, την εξειδίκευση των περιουσιακών στοιχείων και τα πεδία της εφαρμογής των συναλλαγών. Το γεγονός αυτό τεκμηριώνεται και από τον πίνακα συσχέτισης στην ίδια έρευνα. Επομένως, γίνεται η παραδοχή ότι το βάρος της αλληλεπίδρασης των σχέσεων 22 και 26 του Πίνακα 4.4 που δείχνουν αντίστοιχα τη σύνδεση των ειδικών ρητρών εμπιστευτικότητας με τον κίνδυνο κατάχρησης στρατηγικών γνώσεων και E&A, και της ολοκληρωμένης σύμβασης εταιρικής σχέσης με τον κίνδυνο των ανεπιθύμητων και κακόβουλων επιθέσεων, θα είναι $\otimes W_{14 \rightarrow 21} = [0.4, 0.6]$ και $\otimes W_{15 \rightarrow 22} = [0.4, 0.6]$. Βέβαια, κίνδυνος των ανεπιθύμητων και κακόβουλων επιθέσεων από τρίτους επηρεάζεται θετικά όταν υπάρχουν ασταθή και αναποτελεσματικά δίκτυα επικοινωνίας με τους προμηθευτές και τους εταίρους. Επομένως, θέτουμε $\otimes W_{12 \rightarrow 22} = [0.3, 0.6]$.

Την πιθανότητα εμφάνισης των δύο αυτών κινδύνων ενισχύει η απόσυρση ενός βασικού εταίρου ή προμηθευτή από το συνεργατικό δίκτυο. Όταν ένα μέλος του ΔΔΠ, λόγω οικονομικών ασταθειών ή παρακμής της εταιρικής σχέσης με τα υπόλοιπα μέλη του δικτύου, αποσύρεται, παύει πλέον να συνεργάζεται με καλή τη πίστη. Επομένως, ο κίνδυνος κατάχρησης στρατηγικών γνώσεων τείνει να αυξηθεί. Για το λόγο αυτό λοιπόν, θέτουμε $\otimes W_{17 \rightarrow 21} = [0.55, 0.75]$ και $\otimes W_{9 \rightarrow 21} = [0.3, 0.5]$.

Παράλληλα, η συμμόρφωση με τις προδιαγραφές που έχουν συμφωνηθεί για την παραγωγή καθώς επίσης και η κατάσταση των μηχανημάτων και του εξοπλισμού του προμηθευτή ή του εταίρου επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων ή παρεχόμενων υπηρεσιών που είναι ένας από τους στόχους του ΔΔΠ. Επομένως, όταν υπάρχει αστάθεια στην παραγωγή και τερματίζεται η λειτουργία ενός προμηθευτή αυξάνεται ο κίνδυνος αποτυχίας του έργου που έχει συγκληθεί να φέρει εις πέρας το δίκτυο παραγωγής. Για αυτό το λόγο κάνουμε τη παραδοχή ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ των κόμβων C_{13} και C_{19} θα είναι $\otimes W_{13 \rightarrow 19} = [0.2, 0.4]$. Ακόμα, η πιθανότητα αποτυχίας του έργου επηρεάζεται σημαντικά από τους κινδύνους αδυναμίας ή απόσυρσης ενός βασικού εταίρου, αλλά και από τον κίνδυνο εμφάνισης καθυστερήσεων, λαθών και ανωμαλιών σε διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Έτσι λοιπόν, οι γκρι διασυνδέσεις των κόμβων C_{16} , C_{17} και C_{18} με τον κόμβο C_{19} θα είναι $\otimes W_{16 \rightarrow 19} = [0.4, 0.8]$, $\otimes W_{17 \rightarrow 19} = [0.6, 0.8]$ και $\otimes W_{18 \rightarrow 19} = [0.5, 0.7]$.

Οι παραπάνω κίνδυνοι, όπως έχει τεκμηριωθεί στη παράγραφο 4.1.1 και φαίνεται και στον ΑΓΔ του Σχήμα 4.2, σχετίζονται με τον κίνδυνο πρόκλησης βλάβης στη φήμη του ΔΔΠ. Είναι έλλογο να θεωρηθεί ότι ο κίνδυνος αδυναμίας ή απόσυρσης ενός βασικού εταίρου/προμηθευτή ή ο κίνδυνος αποτυχίας του έργου επιδρά αρνητικά στη φήμη του ΔΔΠ που έχει δημιουργηθεί. Μπορεί λοιπόν να γίνει η παραδοχή ότι και οι τρεις ακμές του γνωστικού δικτύου που περιγράφουν την αλληλεπίδραση των κινδύνων αδυναμίας του εταίρου, απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή και αποτυχίας του έργου με τον κίνδυνο πρόκλησης βλάβης στη φήμη του ΔΔΠ, θα έχουν

το ίδιο βάρος διασύνδεσης. Επομένως υποθέτουμε ότι $\otimes W_{16 \rightarrow 20} = [0.35, 0.75]$, $\otimes W_{17 \rightarrow 20} = [0.35, 0.75]$ και $\otimes W_{19 \rightarrow 20} = [0.35, 0.75]$.

Ο τελευταίος κόμβος του ΑΓΔ, που ταυτόχρονα αποτελεί και κόμβο εξόδου του δικτύου, είναι ο κίνδυνος διάλυσης του ΔΔΠ. Στον συγκεκριμένο κόμβο επιδρούν αρνητικά οι κίνδυνοι απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή, πρόκλησης βλάβης στη φήμη του ΔΔΠ αλλά και ο κίνδυνος αποτυχίας του έργου. Εύλογα, μπορεί να θεωρηθεί ότι η απόσυρση ενός βασικού εταίρου και η αποτυχία εκπόνησης ενός έργου που έχει αναλάβει το ΔΔΠ επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη διάλυση του δικτύου παραγωγής, επομένως τίθεται $\otimes W_{17 \rightarrow 23} = [0.7, 0.9]$ και $\otimes W_{19 \rightarrow 23} = [0.7, 0.9]$. Όσον αφορά το βαθμό επιρροής της κακής φήμης στον κίνδυνο διάλυσης του ΔΔΠ, δεν έχουμε κάποια προηγούμενη γνώση ή εμπειρία για το ακριβές εύρος που θα βρίσκεται το βάρος της συγκεκριμένης αλληλεπίδρασης. Για το λόγο αυτό θέτουμε το βάρος $\otimes W_{20 \rightarrow 23} = [0, 1]$ το οποίο καλύπτει όλο το εύρος των πιθανών τιμών που μπορεί να αποδοθεί. Παράλληλα, το εύρος αυτό δείχνει και την υψηλή αβεβαιότητα που υπάρχει για τη συγκεκριμένη διασύνδεση.

Όλοι οι γκρι αριθμοί που χρησιμοποιήσαμε παλινδρομούν γύρω από μία τιμή βάσης $\otimes W(a)$, οπότε προκύπτει ότι $\otimes W_{ij} \in [a - \delta_a, a + \delta_a]$. Αυτού του είδους οι γκρι αριθμοί μπορούν να διαλευκανθούν (whitening process) σχετικά εύκολα, επειδή η τιμή βάσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τιμή διαλεύκανσης (whitening value). Επιπλέον, η τιμή των δ_a σχετίζεται με την αβεβαιότητα της τιμής βάσης a . Εάν η τιμή βάσης δεν συνδέεται με αβεβαιότητα, τότε $\delta_a = 0$ και πρόκειται για «λευκούς» αριθμούς. Αν η τιμή βάσης είναι εντελώς άγνωστη τότε $\delta_a = \infty$ και πρόκειται για «μαύρους» αριθμούς[54].

Στη παρούσα εργασία, ως τιμές βάσης $W_{ij}(a)$ προσδιορίστηκαν όλα τα βάρη των ακμών του ΑΓΔ τα οποία βρίσκονται εντός του εύρους $[0,1]$. Η τιμή παλινδρόμησης των βαρών των ακμών για τις οποίες είχαμε πλήρη γνώση του βαθμού αλληλεπίδρασης, όπως προέκυψαν από τις δύο πολυκριτήριες μεθόδους, θεωρήθηκε μηδενική, δηλαδή $\delta_a = 0$. Για τις υπόλοιπες ακμές του δικτύου, η τιμή παλινδρόμησης καθορίστηκε με χρήση λεκτικών μεταβλητών όπως πολύ μεγάλη αβεβαιότητα με $\delta_a = 0.5$, μεγάλη αβεβαιότητα με $\delta_a = 0.4$, μέτρια αβεβαιότητα με $\delta_a = 0.3$, μικρή αβεβαιότητα με $\delta_a = 0.2$ και πολύ μικρή αβεβαιότητα με $\delta_a = 0.1$.

Από όλα τα παραπάνω προκύπτουν δύο τελικοί πίνακες βαρών του ΑΓΔ. Και στους δύο πίνακες οι αλληλεπιδράσεις των σχέσεων 15-29 του Πίνακα 4.4, ο βαθμός των οποίων ορίστηκε με γκρι αριθμούς, είναι ίδιες. Οι διαφορές στους πίνακες κείτονται στα βάρη των σχέσεων 1-14. Στον πρώτο πίνακα τα συγκεκριμένα βάρη βρέθηκαν με χρήση της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (ΑΗΡ), ενώ στον δεύτερο με χρήση της Προσθετικής Συνάρτησης Αξίας (ΑΥΦ).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23
C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.277	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.195	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.156	0.223	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.139	0	0	0	0	0	0	0
C5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.118	0	0	0	0	0	0	0
C6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.116	0	0	0	0	0	0	0
C7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.330	0	0	0	0	0	0
C8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.283	0	0	0	0	0	0
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.160	0	0	0	[0.3,0.5]	0	0
C10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.180	0	0	0	0	0
C11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.147	0	0	0	0	0
C12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.218	0	0	0	[0.3,0.6]	0
C13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.2,0.4]	0	0	0	0
C14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.4,0.6]	0	0
C15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.4,0.6]	0
C16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.4,0.8]	[0.35,0.75]	0	0	0
C17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.456	[0.6,0.8]	[0.35,0.75]	[0.55,0.75]	0	[0.7,0.9]
C18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.5,0.7]	0	0	0	0
C19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.35,0.75]	0	0	[0.7,0.9]
C20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0,1]
C21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.11 Τελικός Πίνακας Βαρών με χρήση της ΑHP

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23
C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.145	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.186	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.186	0.2434	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.239	0	0	0	0	0	0	0
C5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.111	0	0	0	0	0	0	0
C6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.134	0	0	0	0	0	0	0
C7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3304	0	0	0	0	0	0
C8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2721	0	0	0	0	0	0
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1542	0	0	0	[0.3,0.5]	0	0
C10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.257	0	0	0	0	0
C11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.282	0	0	0	0	0
C12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.258	0	0	0	[0.3,0.6]	0
C13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.2,0.4]	0	0	0	0
C14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.4,0.6]	0	0
C15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.4,0.6]	0
C16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.4,0.8]	[0.35,0.75]	0	0	0
C17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.202	[0.6,0.8]	[0.35,0.75]	[0.55,0.75]	0	[0.7,0.9]
C18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.5,0.7]	0	0	0	0
C19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0.35,0.75]	0	0	[0.7,0.9]
C20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[0,1]
C21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.12 Τελικός Πίνακας Βαρών με χρήση της AVF

4.3 Μοντελοποίηση των Κινδύνων των Δυναμικών Δικτύων

Παραγωγής με χρήση του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου

Στις προηγούμενες παραγράφους του ίδιου κεφαλαίου πραγματοποιήθηκε διερεύνηση των παραγόντων εκείνων που χαρακτηρίζουν τους κινδύνους των ΔΔΠ, μέσω βιβλιογραφικής έρευνας, ενώ παράλληλα τεκμηριώθηκαν και οι σχέσεις μεταξύ των παραγόντων και των κινδύνων. Στον ασαφή γνωστικό χάρτη που δημιουργήθηκε, τα βάρη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των κόμβων εισόδου (παράγοντες C_1-C_{15}) και των κόμβων εξόδου (κίνδυνοι ΔΔΠ $C_{16}-C_{23}$) υπολογίσθηκαν χρησιμοποιώντας τόσο τη μέθοδο της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας όσο και τη μέθοδο της Προσθετικής Συνάρτησης Αξίας. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να προκύψουν δύο πίνακες βαρών οι οποίοι αντικατοπτρίζουν τον βαθμό αλληλεπίδρασης όλων των κόμβων του ασαφούς γνωστικού χάρτη. Τέλος, οι πίνακες αυτοί συμπληρώθηκαν με γκρι αριθμούς στις διασυνδέσεις εκείνες για τις οποίες δεν υπήρχε η δυνατότητα εύρεσης της ακριβούς τιμής του βάρους είτε από τη βιβλιογραφία είτε από τις δύο πολυκριτήριες μεθόδους που αναφέρθηκαν. Για τη μοντελοποίηση όμως των κινδύνων μέσω του ΑΓΔ που έχει δημιουργηθεί, είναι σημαντικό να οριστεί και το αρχικό διάνυσμα καταστάσεων όλων των κόμβων που απαρτίζουν το δίκτυο.

4.3.1 Ορισμός Αρχικού Διανύσματος

Το αρχικό διάνυσμα κατάστασης του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου είναι ένα διάνυσμα γραμμής διάστασης $1 \times n$, όπου n ο αριθμός των κόμβων του δικτύου. Επομένως στην παρούσα διπλωματική εργασία, όπου $n = 23$ το διάνυσμα θα έχει διάσταση 1×23 . Ο ορισμός του είναι καίριας σημασίας για τη μοντελοποίηση του δικτύου, αφού οι τιμές του αποτελούν τις αρχικές τιμές όλων των κόμβων του δικτύου και πρέπει να αντικατοπτρίζουν με σαφήνεια την αρχική κατάσταση που βρίσκονται όλοι οι κόμβοι στο σενάριο που εξετάζεται. Παράλληλα, κατά τη διαδικασία της προσομοίωσης το αρχικό διάνυσμα, σε κάθε επανάληψη, συμμετέχει στη διαδικασία υπολογισμού των τελικών τιμών των κόμβων. Αυτό συμβαίνει, διότι η τιμή κάθε κόμβου υπολογίζεται αθροίζοντας την προηγούμενη τιμή του ίδιο κόμβου με την επιρροή των υπολοίπων στον συγκεκριμένο κόμβο. Ο συγκεκριμένος τρόπος εύρεσης της τελικής τιμής της μεταβλητής του κόμβου επιδρά στη σύγκλιση του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι όπως και οι πίνακες βαρών των αλληλεξαρτήσεων έτσι και το αρχικό διάνυσμα κατάστασης θα περιέχει τιμές οι οποίες θα κείνται στο εύρος $[0,1]$.

Η επιβίωση και η ανάπτυξη των επιχειρήσεων στο έντονα ανταγωνιστικό και καινοτόμο περιβάλλον του 21^{ου} αιώνα, πέρα από κάθε αμφιβολία καθορίζεται από την ικανότητά τους να βελτιώνουν συνεχώς τις επιδόσεις τους, τις δεξιότητές τους και την πλήρη σειρά των εργασιών τους τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά. Αυτός είναι και ο λόγος, όπως έχει αναφερθεί ξανά στη παρούσα διπλωματική, που οι επιχειρήσεις προσπαθούν να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις του σημερινού ραγδαίως μεταβαλλόμενου και απαιτητικού περιβάλλοντος συντάσσοντας συνεργατικά δίκτυα

αναβαθμίζοντας με αυτό τον τρόπο τις αλυσίδες εφοδιασμού σε Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής. Στο σενάριο που εξετάζεται στη παρούσα διπλωματική εργασία έγινε προσπάθεια να αποτυπωθούν οι παράγοντες που εκφράζουν τους κινδύνους των ΔΔΠ με όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικό τρόπο.

Σήμερα, ο ανταγωνισμός και άλλες πιεστικές συνθήκες της αγοράς, όπως ο κορεσμός της ή οι διακυμάνσεις της ζήτησης έχουν σε μεγάλο βαθμό ενταθεί. Η κερδοφορία και η ρευστότητα των επιχειρήσεων έχει μειωθεί σημαντικά λόγω της αβεβαιότητας που επικρατεί στην αγορά. Το γεγονός αυτό ενδέχεται να αυξήσει την οικονομική αστάθεια του προμηθευτή που έχει ενταχθεί σε ένα ΔΔΠ, επομένως ως αρχική τιμή του κόμβου C_3 («Οικονομική Αστάθεια Προμηθευτή») θέτουμε τη τιμή 0,8. Παράλληλα, η συνεχής αύξηση του υλικοτεχνικού κόστους και του κόστους ποιότητας των προϊόντων μας οδηγεί να θεωρήσουμε μία υψηλή τιμή για το κόστος των αγορασθέντων προϊόντων, οπότε ο κόμβος C_{11} παίρνει τη τιμή 0,7 ως αρχική τιμή στο διάλυμα κατάστασης. Οι συνθήκες της αγοράς εξαρτώνται, βεβαίως, και από την πολιτική και νομική σταθερότητα που επικρατεί στη χώρα που εδρεύει ο εταίρος/προμηθευτής. Για μία χώρα λοιπόν, όπου παρουσιάζει υψηλή μεταβλητότητα στους συννοριακούς και τελωνειακούς κανονισμούς καθώς και στα πρότυπα προστασίας του περιβάλλοντος, ο κόμβος που χαρακτηρίζει τις ειδικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον του προμηθευτή θα έχει ιδιαίτερα υψηλή αρχική τιμή, επομένως $C_8 = 0,75$.

Η αύξηση της ζήτησης για αυξημένης ποιότητας και απόδοσης προϊόντα και υπηρεσίες σε συνδυασμό με τις πιο σύνθετες τεχνολογικές διαδικασίες, έχει οδηγήσει σε όλο και πιο πολύπλοκα προϊόντα και υπηρεσίες. Τα αποτελέσματα των διαφόρων διαστάσεων της πολυπλοκότητας σε δίκτυα παραγωγής έχουν ταυτοποιηθεί και συμπεριλαμβάνουν την τεχνολογική καινοτομία, την ποσότητα των εξαρτημάτων των υποπροϊόντων, το βαθμό προσαρμογής των συστατικών στο τελικό προϊόν ή υπηρεσία καθώς την έκταση της συμμετοχής του προμηθευτή στην καινοτομία και στις διαδικασίες μετατροπής [8].

Η κακή οικονομική κατάσταση, στην οποία μπορεί να βρεθεί ένας προμηθευτής η εταίρος του ΔΔΠ, μπορεί να επηρεάσει την καινοτομία και την ποιότητα των τελικών προϊόντων εφόσον μειώνονται τα χρήματα που διατίθενται για έρευνα και ανάπτυξη αλλά και για καλύτερης ποιότητας υλικούς πόρους και πιο εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό. Επομένως, ως αρχική τιμή του κόμβου C_4 («Ανεπαρκής Τεχνολογία και Σχεδίαση του προϊόντος του προμηθευτή») θέτουμε την τιμή 0,4. Οι κόμβοι όμως C_2 («Κακή ποιότητα του προμηθευτή») και C_5 («Έλλειψη προσωπικού και υλικών πόρων») παίρνουν ως αρχική τιμή 0,7 και 0,6 αντίστοιχα. Παράλληλα, η ικανότητα συντήρησης και τεχνικής υποστήριξης του προμηθευτή καθώς επίσης και η ύπαρξη τεχνογνωσίας αναφορικά με τη βιομηχανία, τις παραγωγικές διαδικασίες και την τεχνολογία παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα. Επομένως, ο κόμβος C_6 που εκφράζει το βαθμό της μη διαθεσιμότητας των διαδικασιών και της τεχνογνωσίας του προμηθευτή θα έχει αρχική τιμή 0,65, ενώ η ίδια τιμή θα αποδοθεί και στον κόμβο C_{13} που εκφράζει την αστάθεια της παραγωγής και τον τερματισμό του προμηθευτή λόγω της κακής κατάστασης των μηχανημάτων και του εξοπλισμού παραγωγής.

Στο σενάριο που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, υποθέτουμε ότι η ανταλλαγή πληροφοριών γίνεται με προθυμία και διαφάνεια, υπάρχουν αυτοματοποιημένοι διάλογοι επικοινωνίας και ανταλλαγής δεδομένων, ενώ και τα

συστήματα πληροφοριών είναι αξιόπιστα. Επομένως ως αρχική τιμή στον κόμβο C_{12} θέτουμε τη τιμή 0,2. Όταν οι πληροφορίες και τα δεδομένα ανταλλάσσονται απρόσκοπτα μεταξύ των εταιρών και των οργανισμών που συμμετέχουν στο ΔΔΠ, οδηγούν σε μια πιο αποτελεσματική ροή των αγαθών και των υπηρεσιών καθώς επίσης και σε χαμηλότερο κόστος για την παραγωγή των προϊόντων, γεγονός που ωφελεί το συνολικό δίκτυο. Παράλληλα η ανταλλαγή πληροφοριών οδηγεί και σε στρατηγικά οφέλη, εκτός από λειτουργικά. Ζωτικής σημασίας πληροφορίες, όπως δεδομένα λιανικής πώλησης, επιτρέπουν στον προμηθευτή να προβλέψει τη ζήτηση με ακρίβεια και να συγκεντρώσει πληροφορίες σχετικά με τον τύπο των πωλήσεων. Ως αποτέλεσμα, οι εργασίες είναι πιο αποτελεσματικές για το σύνολο του δικτύου παραγωγής και τα σχέδια για νέες στρατηγικές ανάπτυξης προϊόντων και επέκτασης πωλήσεων είναι σαφώς πιο βάσιμα [55]. Για τους παραπάνω λόγους η αρχική τιμή στο διάνυσμα κατάστασης για τον κόμβο C_1 («Αναξιοπιστία του προμηθευτή για παράδοση του προϊόντος») όπως επίσης και για τον κόμβο C_{10} («Ανεπαρκή εφοδιαστική ευελιξία του προμηθευτή») είναι 0,2. Η έγκυρη και έγκαιρη επικοινωνία και η κοινή επίλυση των προβλημάτων βοηθάει ουσιαστικά στην αύξηση των κερδών των εταιρών. Επομένως για το περιβάλλον που περιγράφουμε η αρχική τιμή του κόμβου C_9 («Παρακμή εταιρικής σχέσης και συνεργασίας με τον προμηθευτή») θα είναι 0,3.

Όταν το εξωτερικό περιβάλλον χαρακτηρίζεται από αστάθεια και αναταραχή, επιτείνεται ο κίνδυνος των συναλλαγών με την αύξηση της ασυμμετρίας της πληροφόρησης μεταξύ των εταιρών που συναλλάσσονται, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο μία μεγαλύτερη ανάγκη για προσαρμογή στις απρόβλεπτες αλλαγές. Εξάλλου η περιβαλλοντική μεταβλητότητα αυξάνει τη δυσκολία πρόβλεψης μελλοντικών ενδεχομένων που σχετίζονται με τη συνεργασία των εταιρών. Αυτό έχει ως συνέπεια, οι επιχειρήσεις να επιλέγουν πιο προσεκτικά τους εταίρους ή προμηθευτές που συνεργάζονται και να επενδύουν σε συμβάσεις εταιρικών σχέσεων, προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος του συναλλασσόμενου εταίρου να εκμεταλλευτεί τυχόν προβλήματα παρακολούθησης που δημιουργεί η αβεβαιότητα της αγοράς [43]. Επομένως όταν σε ένα ΔΔΠ υπάρχουν πολλαπλές δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στην αλυσίδα αξίας του, όπως είναι η Έρευνα και Ανάπτυξη, η παραγωγή, το μάρκετινγκ και οι μεταπωλητικές υπηρεσίες, οι συμφωνίες που συντάσσονται μεταξύ των εταιρών και του ΔΔΠ θα πρέπει να παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία και να περιλαμβάνουν ειδικές ρήτρες εμπιστευτικότητας καθώς και λεπτομερώς διατυπωμένες συμβάσεις εταιρικών σχέσεων. Για το λόγο αυτό οι κόμβοι C_{14} και C_{15} θα έχουν ως αρχική τιμή στο διάνυσμα κατάστασης την τιμή 0,4. Όταν πλέον έχουν οριστεί επακριβώς οι εταιρικές σχέσεις και έχουν καθοριστεί τα μερίδια εσόδων και οι εξαρτήσεις του προμηθευτή, ο κόμβος που περιγράφει την εκτοπισμένη διαπραγματευτική δύναμη με τον προμηθευτή θα πάρει μία χαμηλή αρχική τιμή, δηλαδή $C_7 = 0,35$.

Πλέον όλες οι αρχικές τιμές των κόμβων του δικτύου, που αποτελούν τους παράγοντες των κινδύνων της λειτουργίας των ΔΔΠ, έχουν οριστεί και τεκμηριωθεί σύμφωνα με το σενάριο που εξετάζεται στη παρούσα εργασία. Οι μόνοι κόμβοι που απομένει να αρχικοποιηθούν είναι οι κόμβοι $C_{16} - C_{23}$, οι κίνδυνοι δηλαδή των ΔΔΠ, τους οποίους τους έχουμε ορίσει ως κόμβους εξόδου. Για τους συγκεκριμένους κόμβους δεν έχουμε κάποια αρχική πληροφορία, επομένως θα μπορούσαν να ρυθμιστούν στο μηδέν. Σε αυτήν την περίπτωση όμως, η διαφορά της απόλυτης αξίας που λείπει και της μηδενικής τιμής θα είναι εντός του εύρους [0,1], ενώ κατά μέσο

όρο θα μπορούσε να υπερβαίνει το 0,5. Προτείνεται λοιπόν, στη συγκεκριμένη εργασία, να χρησιμοποιηθεί η τιμή 0,5 αντί της μηδενικής ως αρχικής τιμής για τους κόμβους αυτούς, προκειμένου να μειωθεί η επίδραση των αγνώστων τιμών εισόδου. Αυτός ο αλγόριθμος υλοποιείται ειδικά για τις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει καμία πληροφορία σχετικά με μία έννοια ή ο εμπειρογνώμονας ή ο ενδιαφερόμενος δεν έχει τη δυνατότητα να περιγράψει αποτελεσματικά την αρχική κατάσταση μιας μεταβλητής. Τελικά, το αρχικό διάνυσμα κατάστασης που προκύπτει είναι το παρακάτω:

$$C^0 = \{0.2, 0.7, 0.8, 0.4, 0.6, 0.65, 0.35, 0.75, 0.3, 0.2, 0.7, 0.2, 0.65, 0.4, 0.4, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5\}$$

4.3.2 Εφαρμογή της Διαδικασίας Προσομοίωσης του εργαλείου των ΑΓΔ

Ήδη από τις προηγούμενες παραγράφους του ίδιου κεφαλαίου έχουν πραγματοποιηθεί τα βασικά βήματα για την κατασκευή του Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη. Αρχικά, μέσω της βιβλιογραφίας, προσδιορίστηκαν τα βασικά ζητήματα των κινδύνων των ΔΔΠ και έγινε διερεύνηση των παραγόντων και των εννοιών που τους επηρεάζουν. Έπειτα, προσδιορίστηκαν οι αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ αυτών των παραγόντων και των κινδύνων και στο τέλος εκτιμήθηκε ο βαθμός της αλληλεπίδρασης κάθε σχέσης αιτίου και αποτελέσματος [56]. Το βάρος κάθε σχέσης τοποθετήθηκε στον πίνακα γειννίας του δικτύου, ενώ ορίστηκε και το αρχικό διάνυσμα κατάστασης όλων των κόμβων του δικτύου.

Η διαδικασία της προσομοίωσης υλοποιήθηκε σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab. Ο αλγόριθμος που κατασκευάστηκε, δέχεται ως εισόδους το αρχικό διάνυσμα κατάστασης C^0 καθώς επίσης και τον πίνακα βαρών, W_{ij} , του ΑΓΔ. Οι δύο αυτοί πίνακες εισάγονται από υπολογιστικά φύλλα excel μέσω της δυνατότητας “import” που παρέχει το πρόγραμμα Matlab. Αφού εισαχθούν τα δεδομένα και αρχικοποιηθούν οι δύο πίνακες, υπολογίζονται οι νέες τιμές όλων των κόμβων του δικτύου μέσω της εξίσωσης:

$$C_i^{(k+1)} = f\left(C_i^{(k)} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N C_j^{(k)} * W_{ji}\right) \quad (1)$$

Όπου η f είναι η σιγμοειδής συνάρτηση συμπίεσης:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-(m*x)}} \quad (2)$$

και m είναι ένας πραγματικός θετικός αριθμός. Στη παρούσα εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε $m = 1$ διότι αυτή η τιμή έχει δώσει καλύτερα αποτελέσματα σε προηγούμενες εφαρμογές [56], [25]. Σύμφωνα με την εξίσωση (1), η τιμή του κόμβου C_i στην επανάληψη $(k + 1)$ προκύπτει μετά τις αιτιατές αλληλεπιδράσεις όλων των κόμβων C_j στον κόμβο C_i και την πρόσθεση του $C_i^{(k)}$. Το αποτέλεσμα περνά από τη συνάρτηση συμπίεσης (εξίσωση (2)), η οποία το συγκλίνει στο διάστημα $[0,1]$, στο οποίο ανήκουν όλες οι τιμές των παραγόντων των κόμβων του ΑΓΔ. Η διαδικασία

αυτή επαναλαμβάνεται μέχρις ότου το σύστημα να φτάσει σε ένα σταθερό σημείο ισορροπίας, με τις τιμές των κόμβων εξόδου να σταθεροποιούνται γύρω από συγκεκριμένες αριθμητικές τιμές. Στο πρόγραμμα που κατασκευάστηκε, η επαναληπτική διαδικασία εξασφαλίζεται με τη χρήση “while loop”, ενώ ως λογική συνθήκη τερματισμού του βρόχου λαμβάνονται οι διαφορές τελικών μείον αρχικών τιμών των κόμβων εξόδου, οι οποίες θα πρέπει να είναι μικρότερες του **0.001** , δηλαδή $C^{(k)} - C^{(k-1)} \leq 0.001$. Η επαναληπτική διαδικασία πραγματοποιήθηκε πέντε φορές μέχρι οι κόμβοι εξόδου να ισορροπήσουν γύρω από μία συγκεκριμένη τιμή.

Αξίζει να σημειωθεί πως το προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab δεν παρέχει τη δυνατότητα εφαρμογής υπολογισμών μεταξύ εύρους τιμών. Για αυτό το λόγο, τα βάρη των αλληλεπιδράσεων τα οποία έχουν καθοριστεί με γκρι αριθμούς, στο πρόγραμμα εισήχθησαν ως πίνακες γραμμής διάστασης . Μετά από αυτόν τον ορισμό, οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν κανονικά, όπως αναφέρθηκαν και προηγουμένως, μία φορά όμως για το κάτω όριο του εύρους τιμών και μία για το άνω. Με αυτόν τον τρόπο, οι κίνδυνοι, των οποίων οι διασυνδέσεις έχουν ως τιμή βάρους γκρι αριθμούς, προέκυψαν και αυτοί γκρι αριθμοί. Αναλυτικά ο κώδικας του προγράμματος σε Matlab παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α.

Πραγματοποιήθηκαν δύο προσομοιώσεις· στην πρώτη χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας βαρών όπως προέκυψε με τη χρήση της AHP, ενώ στη δεύτερη χρησιμοποιήθηκε αυτός που προέκυψε από τη μέθοδο της AVF. Τα αποτελέσματα όλων των επαναλήψεων, όπως προέκυψαν χρησιμοποιώντας και τους δύο πίνακες βαρών, παρουσιάζονται παρακάτω. Στους πίνακες των αποτελεσμάτων περιλαμβάνεται και ο όρος “greyness” ως μία μέτρηση της γκρι αβεβαιότητας και υπολογίζεται ως εξής:

$$\varphi(\otimes C_i) = \frac{l(\otimes C_i)}{l(\otimes \psi)} \quad (3)$$

όπου $l(\otimes C_i)$ είναι η απόλυτη τιμή του μήκους του εύρους του κόμβου $\otimes C_i$, και $l(\otimes \psi)$ είναι η απόλυτη τιμή του εύρους μέσα στο οποίο έχει οριστεί η τιμή του κόμβου. Σύμφωνα με αυτό προκύπτει ότι:

$$l(\otimes \psi) = \begin{cases} 2 \text{ αν } \{ \otimes C_i, \otimes W_i \} \subseteq [-1,1] \\ 1 \text{ αν } \{ \otimes C_i, \otimes W_i \} \subseteq [0,1] \end{cases} \quad (4)$$

Αυτό που προκύπτει είναι ότι μεγαλύτερες τιμές του όρου “greyness” συνεπάγεται ότι τα αποτελέσματα έχουν μεγαλύτερο βαθμό αβεβαιότητας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αν $l(\otimes C_i) = 0$ τότε ο όρος “greyness” είναι μηδέν και πρόκειται για «λευκό» αριθμό, αφού δεν εμπεριέχεται καθόλου γκρι αβεβαιότητα στην τιμή του.

Κόμβος Εξόδου	1η Επανάληψη			2η Επανάληψη			3η Επανάληψη			4η Επανάληψη			5η Επανάληψη		
	\underline{C}_i	\bar{C}_i	Greyness	\underline{C}_i	\bar{C}_i	Greyness	\underline{C}_i	\bar{C}_i	Greyness	\underline{C}_i	\bar{C}_i	Greyness	\underline{C}_i	\bar{C}_i	Greyness
C16	0.7347	0.7347	0	0.7958	0.7958	0	0.8097	0.8097	0	0.8127	0.8127	0	0.8134	0.8134	0
C17	0.7416	0.7416	0	0.7979	0.7979	0	0.8098	0.8098	0	0.8123	0.8123	0	0.8128	0.8128	0
C18	0.7131	0.7131	0	0.7971	0.7971	0	0.8191	0.8191	0	0.8242	0.8242	0	0.8254	0.8254	0
C19	0.8092	0.871	0.0618	0.8911	0.9434	0.0523	0.9076	0.9543	0.0467	0.9109	0.9563	0.0454	0.9116	0.9568	0.0452
C20	0.7359	0.8061	0.0702	0.8229	0.9019	0.079	0.8446	0.9189	0.0743	0.8493	0.9218	0.0725	0.8503	0.9224	0.0721
C21	0.7359	0.7799	0.044	0.8257	0.8789	0.0532	0.8474	0.8988	0.0514	0.8522	0.9027	0.0505	0.8532	0.9034	0.0502
C22	0.6726	0.7027	0.0301	0.7459	0.8009	0.055	0.7675	0.8276	0.0601	0.7731	0.8339	0.0608	0.7745	0.8353	0.0608
C23	0.7685	0.8699	0.1014	0.8646	0.958	0.0934	0.8856	0.9685	0.0829	0.8897	0.97	0.0803	0.8905	0.9702	0.0797

Πίνακας 4.13 Αποτελέσματα 1ης Προσομοίωσης

Κόμβος Εξόδου	1η Επανάληψη			2η Επανάληψη			3η Επανάληψη			4η Επανάληψη			5η Επανάληψη		
	\underline{C}_i	\bar{C}_i	Greyness	\underline{C}_i	\bar{C}_i	Greyness	\underline{C}_i	\bar{C}_i	Greyness	\underline{C}_i	\bar{C}_i	Greyness	\underline{C}_i	\bar{C}_i	Greyness
C16	0.7343	0.7343	0	0.7873	0.7873	0	0.7984	0.7984	0	0.8007	0.8007	0	0.8012	0.8012	0
C17	0.7428	0.7428	0	0.7985	0.7985	0	0.8102	0.8102	0	0.8127	0.8127	0	0.8132	0.8132	0
C18	0.7112	0.7112	0	0.7913	0.7913	0	0.8124	0.8124	0	0.8174	0.8174	0	0.8185	0.8185	0
C19	0.8092	0.871	0.0618	0.8913	0.9437	0.0524	0.9071	0.9539	0.0468	0.9107	0.9562	0.0455	0.9109	0.9562	0.0453
C20	0.7359	0.8081	0.0722	0.8229	0.9019	0.079	0.8442	0.9185	0.0743	0.8487	0.9212	0.0725	0.8497	0.9217	0.072
C21	0.7359	0.7799	0.044	0.8258	0.879	0.0532	0.8475	0.8989	0.0514	0.8522	0.9027	0.0505	0.8532	0.9035	0.0503
C22	0.6726	0.7027	0.0301	0.7459	0.8009	0.055	0.7675	0.8276	0.0601	0.7731	0.8339	0.0608	0.7745	0.8353	0.0608
C23	0.7685	0.8699	0.1014	0.8647	0.9581	0.0934	0.8857	0.9686	0.0829	0.8897	0.97	0.0803	0.8905	0.9702	0.0797

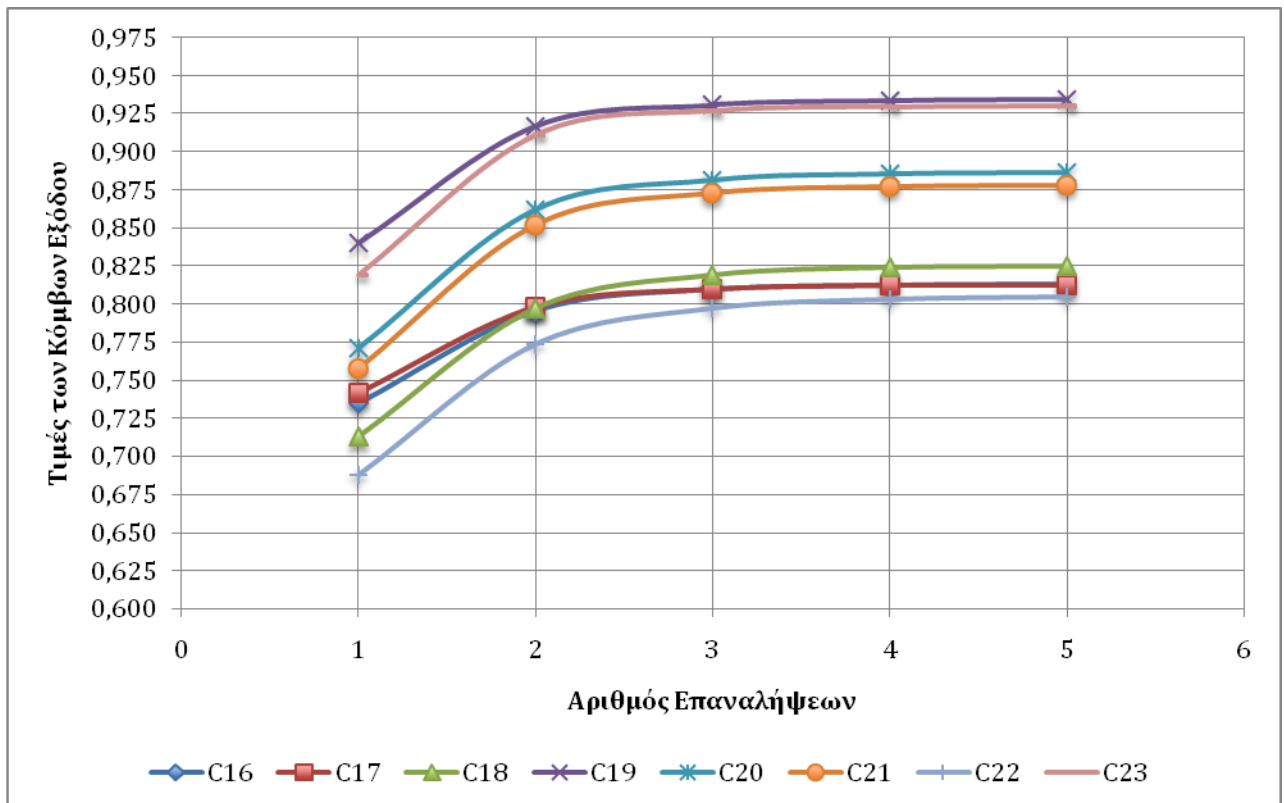
Πίνακας 4.14 Αποτελέσματα 2ης Προσομοίωσης

Και στους δύο πίνακες, φαίνονται τα άνω (\bar{C}_i) και κάτω (\underline{C}_i) όρια του εύρους τιμών των γκρι αριθμών. Βέβαια, στους κινδύνους της «Αδυναμίας του Εταίρου» (C16), της «Απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή» (C17) και των «Καθυστερήσεων/ Λαθών/ Ανωμαλιών» (C18), τα άνω και κάτω όρια του εύρους τιμών είναι ίδια. Αυτό συμβαίνει, διότι οι κόμβοι αυτοί αναπαριστούν «λευκούς» αριθμούς, καθώς και τα βάρη των διασυνδέσεων σε αυτούς τους κόμβους είναι επίσης «λευκοί» αριθμοί. Βέβαια, οι συγκεκριμένοι κόμβοι εκφράζουν κινδύνους οι οποίοι επηρεάζονται από παράγοντες όπως, η οικονομική αστάθεια του προμηθευτή, η έλλειψη προσωπικού και υλικών πόρων, η συνολική αύξηση του κόστους των αγορασθέντων προϊόντων κ.α. Οι παράγοντες αυτοί, από τη φύση τους μπορούν να εκτιμηθούν πιο αντικειμενικά, με αποτέλεσμα, να σχηματίζεται και μία καλύτερη και πληρέστερη εικόνα για τους κινδύνους τους οποίους τροφοδοτούν. Από την άλλη

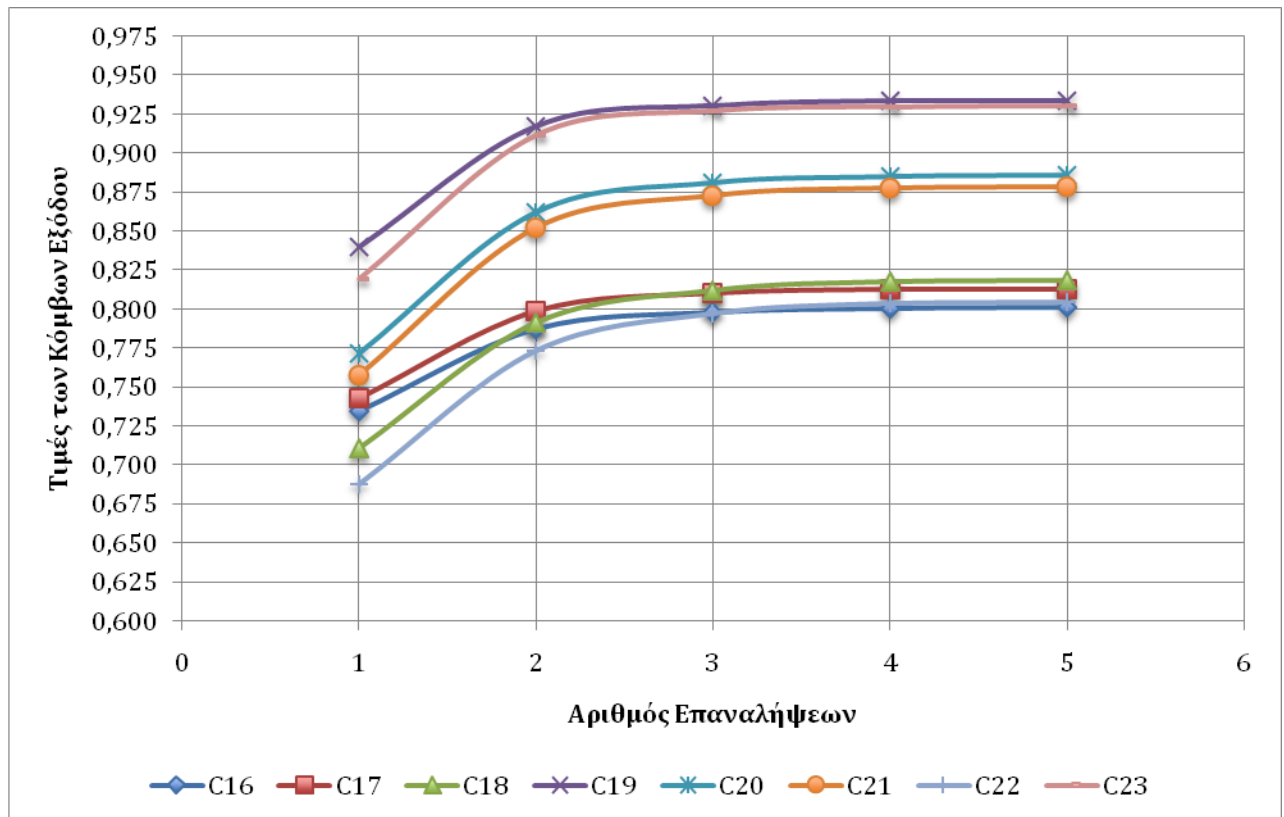
μεριά, κίνδυνοι όπως το να πληγεί η φήμη του ΔΔΠ είναι λογικό να μην υπάρχει η δυνατότητα για να γίνουν αντικειμενικές εκτιμήσεις καθώς είναι πιο απρόβλεπτοι, αλλά και επειδή εξαρτώνται και επηρεάζονται από τη συμπεριφορά και άλλων κινδύνων του ΔΔΠ.

Όσον αφορά τους υπόλοιπους πέντε κινδύνους (κόμβοι $C_{19} - C_{23}$), αυτοί αποτελούν γκρι αριθμούς, με τη γκρι αβεβαιότητα των τιμών τους να φαίνεται στη στήλη “Greyness”. Κατά την εξέλιξη του συστήματος, όμως, και όσο οι τιμές των κινδύνων συγκλίνουν προς ένα σταθερό σημείο ισορροπίας, η γκρι αβεβαιότητα τείνει να μειωθεί.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι και στις δύο προσομοιώσεις, οι τιμές των κόμβων $C_{19} - C_{23}$ σε όλα τα βήματα της επαναληπτικής διαδικασίας, είναι ίδιες. Αυτό συμβαίνει διότι και στις δύο προσομοιώσεις το είδος και το βάρος των ακμών που προσπίπτουν στους συγκεκριμένους κόμβους είναι ακριβώς ίδιο. Και στους δύο πίνακες βαρών χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιοι γκρι αριθμοί όπου υπήρχε διασύνδεση με αυτούς τους κόμβους, αφού δεν ήταν διαθέσιμες περισσότερες πληροφορίες ώστε να εφαρμόσουμε της μεθόδους της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (AHP) και της Προσθετικής Συνάρτησης Αξίας (AVF). Προκειμένου να απεικονιστούν σχηματικά οι τιμές των κινδύνων που υπολογίστηκαν σε κάθε βήμα της προσομοίωσης, βρέθηκαν οι μέσες τιμές «διαλεύκανσης» (Equal mean Whitenization) των γκρι αριθμών.



Σχήμα 4.5 Σχηματική Απεικόνιση των Αποτελεσμάτων της 1ης Προσομοίωσης



Σχήμα 4.6 Σχηματική Απεικόνιση των Αποτελεσμάτων της 2ης Προσομοίωσης

Από το Σχήμα 4.5 και το Σχήμα 4.6, παρατηρείται η εξέλιξη των τιμών των κόμβων εξόδου, που αναπαριστούν τους κινδύνους του ΔΔΠ, μέσα από τη διαδικασία της προσομοίωσης, που παρέχει το εργαλείο των ΑΓΔ, και για όλα τα επαναληπτικά βήματα που πραγματοποιήθηκαν. Οι διαφορές των δύο προσομοιώσεων, όπως φαίνεται από τους πίνακες αποτελεσμάτων αλλά και από τις σχηματικές απεικονίσεις, έγκειται στους κινδύνους της «Αδυναμίας του Εταίρου» (C_{16}), της «Απόσυρσης βασικού εταίρου/προμηθευτή» (C_{17}) και των «Καθυστερήσεων/ Λαθών/ Ανωμαλιών» (C_{18}). Οι βαθμοί αλληλεπίδρασης των τριών αυτών κινδύνων με τους παράγοντες που τους επηρεάζουν, βρέθηκαν μέσω των δύο πολυκριτήριων μεθόδων και κάθε μία από αυτές έδωσε διαφορετικά βάρη στον πίνακα γειτνίασης. Αυτός είναι και ο λόγος που τιμές των τριών αυτών κινδύνων παρουσιάζουν διαφορές στις δύο προσομοιώσεις. Βέβαια, οι διαφορές αυτές είναι μικρές, αφού η μέθοδος της AHP απαιτεί το τελικό ιδιοδιάνυσμα που μας δίνει και την ζητούμενη προτεραιότητα να έχει άθροισμα ένα-όπως επίσης και στη μέθοδο AVF όπου η τελευταία εφαρμοζόμενη

εξίσωση που μας δίνει τα βάρη των παραγόντων είναι η $\sum_{i=1}^n p_i = 1$. Επομένως, και στις δύο περιπτώσεις το άθροισμα των βαρών των αλληλεπιδράσεων σε αυτούς τους κόμβους θα είναι ίσο με τη μονάδα, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους κόμβους ($C_{19} - C_{23}$) όπου οι τιμές των αλληλεπιδράσεών τους δόθηκαν ως γκρι αριθμοί στο εύρος [0,1].

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι αριθμητικές τιμές, αυτές καθαυτές, που λαμβάνουν οι κόμβοι εξόδου, δεν εκφράζουν κάτι συγκεκριμένο, απλά δείχνουν αν οι τιμές των κόμβων αυτών έχουν αυξηθεί ή ελαττωθεί σε σχέση με τις τιμές που τους δόθηκαν στο αρχικό διάνυσμα κατάστασης. Αυτό που μας ενδιαφέρει από τη συγκεκριμένη

μοντελοποίηση είναι η τάση που δείχνουν οι τελικές τιμές των κόμβων εξόδου. Παρατηρείται λοιπόν, πως και στις δύο προσομοιώσεις όλοι οι κίνδυνοι των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής παρουσιάζουν αυξητική τάση, αφού ως αρχική τιμή στο διάλυμα κατάστασης για όλους τους κινδύνους έχει δοθεί η τιμή **0.5** και μετά από πέντε επαναληπτικά βήματα, οι τελικές τους τιμές συγκλίνουν αρκετά υψηλότερα. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η δημιουργία ενός ΔΔΠ ή η εμπλοκή εταιρειών σε ένα τέτοιο δίκτυο δεν είναι χωρίς κόστος. Απαιτείται λοιπόν, η υιοθέτηση κατάλληλου πλαισίου διαχείρισης και παρακολούθησης των κινδύνων, το οποίο θα τους προβλέπει έγκαιρα και θα τους αντιμετωπίζει αποτελεσματικά. Εταιρείες και δίκτυα παραγωγής που είναι σε θέση να παρακολουθούν τους κινδύνους ενεργά, είναι λιγότερο πιθανό να επηρεαστούν από ένα αβέβαιο περιβάλλον. Επομένως, η παρακολούθηση των κινδύνων αποδυναμώνει την επίδραση της αβεβαιότητας του περιβάλλοντος, ενώ συνδέεται θετικά με την απόδοση των συστημάτων διαχείρισης των κινδύνων [40]. Κατ' επέκταση έχει νόημα να εξεταστεί το πώς μεταβάλλεται το αναπτυχθέν μοντέλο για τους κινδύνους των ΔΔΠ μετά την εισαγωγή και εφαρμογή ενός τέτοιου πλαισίου.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων του μοντέλου που δημιουργήθηκε και στη συνέχεια παρατίθενται πιθανές μελλοντικές προσεγγίσεις και προοπτικές που μπορούν να ερευνηθούν, με σκοπό τη βελτίωση και την εξέλιξη του θέματος αυτής της Διπλωματικής Εργασίας.

5.1 Συμπεράσματα

Σήμερα, οι βασικές απαιτήσεις του σύγχρονου επιχειρηματικού περιβάλλοντος και οι προκλήσεις με τις οποίες τίθενται αντιμέτωπες οι επιχειρήσεις, ωθούν στη σταδιακή σχηματοποίηση ενός νέου επιχειρηματικού μοντέλου, αυτού των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής. Τα οφέλη από την ένταξη των επιχειρήσεων στα συγκεκριμένα συνεργατικά δίκτυα είναι πολλά, όμως ελλοχεύουν και κίνδυνοι τόσο για τις ίδιες τις επιχειρήσεις όσο και για τη λειτουργία του ΔΔΠ στο σύνολό του. Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μία προσπάθεια μοντελοποίησης των κινδύνων των ΔΔΠ.

Αρχικά, αναγνωρίστηκαν οι εν λόγω κίνδυνοι, ενώ στη συνέχεια, μέσω βιβλιογραφικής έρευνας, έγινε καταγραφή όλων των παραγόντων που επηρεάζουν και τροφοδοτούν τους συγκεκριμένους κινδύνους. Έτσι, προέκυψαν σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ των παραγόντων και των κινδύνων, η ισχύς των οποίων καθορίστηκε χρησιμοποιώντας στοιχεία από τη βιβλιογραφία καθώς επίσης και πολυκριτήριες μεθόδους όπως η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP) και η Προσθετική Συνάρτηση Αξίας (AVF). Για τα βάρη των σχέσεων για τα οποία δεν βρέθηκαν πληροφορίες μέσω της βιβλιογραφίας, εφαρμόστηκε η θεωρία των Ασαφών Γκρι Γνωστικών Δικτύων.

Ο τομέας της ασάφειας και ιδιαίτερα των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την αντιμετώπιση προβλημάτων μοντελοποίησης. Για να καταλήξουμε στα συμπεράσματά μας, δημιουργήσαμε ένα ΑΓΔ το οποίο έχει ως κόμβους εισόδου τους παράγοντες που επηρεάζουν τους κινδύνους του ΔΔΠ, και ως κόμβους εξόδου τους ίδιους τους κινδύνους. Αφήνοντας το σύστημα να εξελιχθεί μέσα από την επαναληπτική διαδικασία έτσι όπως ορίζεται από τη θεωρία των ΑΓΔ, προέκυψαν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης των κινδύνων σε σχέση με τις αρχικές τιμές που είχαν δοθεί σε όλους τους κόμβους του δικτύου. Οι τελικές τιμές που προέκυψαν ήταν σαφώς μεγαλύτερες από τις αρχικές που δόθηκαν. Όμως η μοντελοποίηση που πραγματοποιείται μέσω των ΑΓΔ, δείχνει ανάλογα με τη φύση των μεταβλητών απόφασης, την τάση που έχουν οι κόμβοι εξόδου. Στην προκειμένη περίπτωση και για τη μοντελοποίηση που επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί, το αποτέλεσμα που προέκυψε ήταν ότι όλοι οι κίνδυνοι των ΔΔΠ, έτσι όπως ορίστηκαν, παρουσιάζουν αυξητική τάση. Αξίζει επίσης να σημειωθεί, ότι οι κόμβοι $C_{19} - C_{23}$,

των οποίων οι διασυνδέσεις με τους παράγοντες που τους επηρεάζουν είχαν ως βάρος γκρι αριθμούς, στα τελικά αποτελέσματα παρουσίασαν ένα ποσοστό αβεβαιότητας. Όμως, η αβεβαιότητα αυτή φιλτράρεται μέσα από το μοντέλο που κατασκευάστηκε και τελικά στις τιμές στις οποίες το σύστημα ισορρόπησε, η αβεβαιότητα ήταν εμφανώς περιορισμένη.

Παράλληλα, ελλείπει άλλων εναλλακτικών μεθόδων, τα ΑΓΔ αποδείχθηκαν ένα ποιοτικό εργαλείο μοντελοποίησης και προσέγγισης του προβλήματός μας. Αυτό συμβαίνει διότι, τα ΑΓΔ είναι εύκολα στη χρήση τους, καθώς και στην παραμετροποίηση και την κατασκευή τους. Βασίζονται στην αξιοποίηση της γνώσης και της εμπειρίας, ενώ παρέχουν έναν ευθύ και απλό τρόπο πραγμάτωσης των σχέσεων μεταξύ διαφορετικών παραγόντων. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι παρουσιάζουν ευελιξία στην αναπαράστασή τους, αφού μπορούν να προστεθούν, και αντίστοιχα να αφαιρεθούν, κόμβοι από το δίκτυο, επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο τη μορφολογία του. Επίσης, μπορούν να γίνουν εύκολα κατανοητά και αντιληπτά από απλούς ανθρώπους (μη εμπειρογνώμονες) και μπορούν να χειριστούν πολύπλοκα ζητήματα που σχετίζονται με την εκμείευση και τη διαχείριση της γνώσης. Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό, είναι το γεγονός ότι ο μηχανισμός ανάδρασης που εφαρμόζεται στα ΑΓΔ απαιτεί ελάχιστο χρόνο εκτέλεσης, ενώ δίνεται η δυνατότητα να γίνει κατανοητή η δυναμική σχέση του συνόλου των παραγόντων που απαρτίζουν το δίκτυο, οι οποίοι στην παρούσα προσέγγιση είναι οι κίνδυνοι των ΔΔΠ.

Η διαχείριση και η παρακολούθηση των κινδύνων των ΔΔΠ αποτελεί ένα θέμα αυξανόμενου ενδιαφέροντος, τόσο σε ακαδημαϊκούς κύκλους όσο και στη βιομηχανία. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν μόνο λίγες μελέτες που σχετίζονται με τα συγκεκριμένα θέματα. Μέσω όμως, της προσέγγισης που πραγματοποιήθηκε στη παρούσα διπλωματική, δίνεται η δυνατότητα της παρακολούθησης των κινδύνων και της έγκαιρης προειδοποίησης όταν τα επίπεδα των κινδύνων αυξάνονται. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται στις εταιρείες χρόνος για να αντιδράσουν στις μεταβαλλόμενες καταστάσεις και να δημιουργήσουν στρατηγικές για τον μετριασμό των επιπτώσεών τους.

Συνοψίζοντας, η προστιθέμενη αξία της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγκειται στους ακόλουθους άξονες:

- Στην αναγνώριση των κινδύνων που ενέχουν τα ΔΔΠ.
- Στη διερεύνηση των παραγόντων που τροφοδοτούν και επηρεάζουν τους κινδύνους των ΔΔΠ.
- Στην κατασκευή ενός Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη που απεικονίζει τις σχέσεις αιτίας και αποτελέσματος μεταξύ των κόμβων εισόδου (παράγοντες) και των κόμβων εξόδου (κίνδυνοι).
- Στον καθορισμό της ισχύος των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραγόντων και των κινδύνων των ΔΔΠ.
- Στην εφαρμογή του μηχανισμού μοντελοποίησης που παρέχει το εργαλείο των ΑΓΔ και η εύρεση της τάσης που παρουσιάζουν οι κίνδυνοι.
- Στη δυνατότητα παρακολούθησης και διαχείρισης της συμπεριφοράς των

5.2 Μελλοντική Έρευνα

Η μοντελοποίηση των κινδύνων των Δυναμικών Δικτύων Παραγωγής πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της ασαφούς λογικής. Η ανάλυση όμως των κινδύνων και η κατασκευή του Ασαφούς Γνωστικού Δικτύου βασίστηκε σε πληροφορίες και στοιχεία που συλλέχθηκαν μέσω της βιβλιογραφικής έρευνας. Είναι λογικό λοιπόν, τα αποτελέσματα που προέκυψαν να εμπεριέχουν αβεβαιότητα και να μην ανταποκρίνονται πλήρως στις πραγματικές συνθήκες, τόσο του εσωτερικού όσο και του εξωτερικού περιβάλλοντος, των ΔΔΠ.

Μία πιθανή προσέγγιση για μελλοντική έρευνα, είναι η εισαγωγή ομάδας εμπειρογνομώνων, η οποία θα προέρχεται από το χώρο της βιομηχανίας και της παραγωγής, προκειμένου οι ειδικοί να αποδώσουν με μεγαλύτερη σαφήνεια και λεπτομέρεια τις διασυνδέσεις μεταξύ των κινδύνων των ΔΔΠ και των παραγόντων που τους επηρεάζουν. Η συλλογή των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί απευθείας από τους ειδικούς, με βάση στην εμπειρία και τη γνώση που κατέχουν. Μία άλλη εναλλακτική είναι η έρευνα μέσω ερωτηματολογίων που θα διαμοιραστούν σε συγκεκριμένα στελέχη τμημάτων από εταιρείες παραγωγής, ή ακόμα και η διενέργεια συνεντεύξεων με ερευνητικούς συνεργάτες, προκειμένου να είναι πιο έγκυρη η ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Προκειμένου όμως να βελτιωθεί η διαδικασία της προσομοίωσης θα μπορούσε να ελεγχθεί και μία τροποποίηση της συνάρτησης συμπίεσης. Στη παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε η σιγμοειδής συνάρτηση συμπίεσης, η οποία περιορίζει τα αποτελέσματα στο εύρος $[0,1]$, εμποδίζοντας έτσι την ποσοτική ανάλυση, επιτρέποντας όμως τις ποιοτικές συγκρίσεις μεταξύ των παραγόντων. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε αν κατά τη διαδικασία της προσομοίωσης χρησιμοποιούνταν μία τροποποιημένη μορφή της σιγμοειδούς συνάρτησης συμπίεσης, η οποία θα ορίζεται ως εξής:

$$f(x) = \frac{e^{\lambda x} - e^{-\lambda x}}{e^{\lambda x} + e^{-\lambda x}}$$

όπου $\lambda > 0$ είναι η κλίση της συνάρτησης για $x = 0$. Τα αποτελέσματα που θα προέκυπταν θα άνηκαν πάλι στο εύρος $[0,1]$, όμως θα ήταν διαφορετικά από αυτά με τη χρησιμοποίηση της κλασσικής σιγμοειδούς συνάρτησης. Οι κόμβοι του δικτύου θα έφταναν στις τελικές τους τιμές ομαλότερα, πραγματοποιώντας περισσότερα επαναληπτικά βήματα, δίνοντας μία άλλη διάσταση στο πρόβλημα μοντελοποίησης.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί, ότι η διαχείριση των κινδύνων είναι μία δυναμική διαδικασία, αφού οι πιθανότητες των ανεπιθύμητων γεγονότων που συμβαίνουν μπορεί να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου, ακόμα και ως προς τον αντίκτυπο που ενδέχεται να έχουν τα γεγονότα αυτά. Μια πληρέστερη μελέτη που θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μελλοντικά, είναι η μετατροπή του υπάρχοντος ΑΓΔ σε Ασαφές Χρονικό Γνωστικό Δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να εισαχθεί και η επιρροή της μεταβλητής του χρόνου στη συγκεκριμένη μοντελοποίηση. Έτσι, κάθε διασύνδεση του δικτύου θα χαρακτηρίζεται όχι μόνο από την ισχύ της αλληλεπίδρασης αλλά και από μία χρονική μεταβλητή. Βέβαια, με την εισαγωγή της

μεταβλητής αυτής αυξάνεται η πολυπλοκότητα του δικτύου, όμως τα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα ήταν σημαντικό εφόδιο τόσο για ακαδημαϊκούς σκοπούς όσο και για την βιομηχανία.

Παράλληλα, εκμεταλλευόμενοι την δυνατότητα ευελιξίας που παρέχουν τα ΑΓΔ στην αναπαράστασή τους, θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένας διαφορετικός χάρτης προσθέτοντας και άλλους παράγοντες οι οποίοι ενδέχεται να επηρεάζουν πιο ουσιαστικά και αντικειμενικά κινδύνους των ΔΔΠ, οι οποίοι εξ' ορισμού τους παρουσιάζουν πιο απρόβλεπτη συμπεριφορά. Με αυτόν τον τρόπο, κίνδυνοι όπως η πρόκληση βλάβης στη φήμη του δικτύου, θα μπορούσαν εκτιμηθούν αντικειμενικότερα με την εισαγωγή νέων παραγόντων στο δίκτυο που μοντελοποιείται. Το γεγονός αυτό θα περιόριζε και την αβεβαιότητα που εμφανίζεται γύρω από τις τελικές τιμές των συγκεκριμένων κινδύνων.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στις μέρες μας δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη των διαφόρων σταδίων της διαχείρισης των κινδύνων. Στο πρώτο στάδιο είναι ο εντοπισμός και η αναγνώριση των πιθανών πηγών κινδύνου, ενώ το δεύτερο εμπεριέχει την αξιολόγησή τους, τον υπολογισμό δηλαδή της πιθανότητας εμφάνισης ενός ανεπιθύμητου γεγονότος και των επιπτώσεών του. Μετά τα δύο πρώτα στάδια εμφανίζεται η προοπτική ανάπτυξης ενός πλαισίου το οποίο θα έχει τη δυνατότητα της τακτικής παρακολούθησης των επιπέδων των κινδύνων, μέσω συγκεκριμένων δεικτών, έτσι ώστε να προβλέπονται πιθανά μελλοντικά προβλήματα και να προτείνονται στρατηγικές μετριασμού προκειμένου να μειώσουν ή να εξαλείψουν τους συγκεκριμένους κινδύνους.

Παρατηρείται όμως, ότι η προσαρμογή του παρόντος μοντέλου σε ένα τέτοιο πλαίσιο διαχείρισης κινδύνων δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί αποτελεσματικά. Αυτό συμβαίνει γιατί όλοι οι κόμβοι του ΑΓΔ που κατασκευάστηκε έχουν «αρνητική χροιά» (π.χ. έλλειψη, ανεπάρκεια, απουσία κλπ.). Προκειμένου λοιπόν, να πραγματοποιηθεί μία τέτοια προσαρμογή θα απαιτούνταν η εισαγωγή παραπάνω κόμβων στο δίκτυο (π.χ. «Διορθωτικές Ενέργειες»), οι οποίοι θα εξέφραζαν την περιοριστική επιρροή που θα είχε ένα τέτοιο πλαίσιο στους παράγοντες των κινδύνων. Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί τροποποιώντας την έννοια συγκεκριμένων κόμβων έτσι ώστε να μην εκφράζουν κατ' ανάγκη ένα αρνητικό στοιχείο (π.χ. έλλειψη).

Επιπλέον, στη παρούσα διπλωματική εργασία, έγινε αναφορά στον κύκλο ζωής ενός ΔΔΠ, που κυμαίνεται από το σχεδιασμό και τη προμήθεια μέχρι την κατασκευή και την παράδοση του προϊόντος. Με τη βοήθεια του προγράμματος IMAGINE, πραγματοποιήθηκε ανάλυση και περιγραφή όλων των παραγόντων (μεταβλητών) της κάθε φάσης του κύκλου ζωής των ΔΔΠ όπως επίσης και των Βασικών Δεικτών Απόδοσής (KPIs) τους. Θα μπορούσε λοιπόν, να πραγματοποιηθεί μία επέκταση του παρόντος μοντέλου ή να δημιουργηθεί ένα νέο, που θα περιλαμβάνει ως κόμβους τους Βασικούς Δείκτες Απόδοσης των ΔΔΠ αντικατοπτρίζοντας με αυτόν τον τρόπο τα οφέλη τους ή να εστιάζεται σε κάθε φάση ζωής του ΔΔΠ περιλαμβάνοντας αντίστοιχα και τους παράγοντές της.

Τέλος, με τη βοήθεια των ειδικών θα μπορούσαν να ελεγχθούν και διαφορετικά σενάρια λειτουργίας του περιβάλλοντος των ΔΔΠ, όπως για παράδειγμα ένα απαισιόδοξο, ένα ρεαλιστικό και ένα αισιόδοξο σενάριο λειτουργίας. Τα σενάρια

αυτά θα εισαχθούν ως διαφορετικά αρχικά διανύσματα κατάστασης των κόμβων του ΑΓΔ. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μία διερεύνηση της τάσης των κόμβων εξόδου, δηλαδή των κινδύνων, σε σχέση με διαφορετικά δεδομένα στους κόμβους εισόδου.

Εν κατακλείδι, στην παρούσα παράγραφο, διατυπώθηκαν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και μελέτη με βάση την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Οι προτάσεις αυτές προσανατολίζονται στη βελτίωση της διαδικασίας προσομοίωσης καθώς και στην επέκταση της παρούσας μοντελοποίησης για περαιτέρω εφαρμογές.

Προτάσεις για βελτίωση της διαδικασίας προσομοίωσης:

- Συμμετοχή ομάδας εμπειρογνομόνων που θα καθορίσουν τις βαρύτητες των σχέσεων.
- Έρευνα μέσω ερωτηματολογίων ή διενέργεια συνεντεύξεων με εταιρικούς συνεργάτες για τη συλλογή πληρέστερων δεδομένων.
- Τροποποίηση της διαδικασίας μοντελοποίησης με εισαγωγή διαφορετικής συνάρτησης συμπίεσης.
- Προσθήκη της χρονικής διάστασης στις διασυνδέσεις των κόμβων του ΑΓΔ.

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα βάσει του προταθέντος μοντέλου:

- Διερεύνηση και έλεγχος εναλλακτικών σεναρίων και σύγκριση αυτών, με στόχο την περαιτέρω διερεύνηση της τάσης των κινδύνων του ΔΔΠ
- Εντοπισμός των παραγόντων με τη μεγαλύτερη επιρροή για να δοθεί προτεραιότητα στη διαχείρισή τους

Προτάσεις για επέκταση της παρούσας μοντελοποίησης:

- Τροποποίηση του υπάρχοντος δικτύου, με την εισαγωγή νέων και πιο εξειδικευμένων παραγόντων, οι οποίοι θα περιορίζουν την απρόβλεπτη συμπεριφορά κινδύνων, όπως π.χ. η πρόκληση βλάβης στη φήμη του ΔΔΠ, καθώς επίσης και την αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων.
- Εισαγωγή νέων παραμέτρων οι οποίες θα αποσκοπούν στην ανάλυση και μοντελοποίηση εξειδικευμένων τομέων της παραγωγής και της βιομηχανίας.
- Τροποποίηση του υπάρχοντος δικτύου, με την εισαγωγή κόμβων, οι οποίοι θα περιορίζουν την αρνητική επιρροή των κινδύνων, με στόχο την ανάπτυξη ενός πλαισίου διαχείρισής τους.
- Προσθήκη στο ίδιο μοντέλο ή δημιουργία νέου με τους παράγοντες που αντικατοπτρίζουν τα οφέλη των ΔΔΠ ή τους παράγοντες ανά φάση κύκλου ζωής των ΔΔΠ.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Λευκαδίτης, Γ. Γ. Διερεύνηση των Πλεονεκτημάτων της Οργάνωσης Επιχειρήσεων σε Δυναμικά Δίκτυα Παραγωγής, Αθήνα, p. 11-12, Ιούλιος 2013.
2. NIKOLAOS PAPAΚOSTAS, K. G. S. K. A novel platform for designing and evaluating Dynamic Manufacturing Networks. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 62, p. 495-498, 2013.
3. YONGJIANG SHI, M. G. International manufacturing networks-to develop competitive capabilities. **Journal of Operations Management**, v. 16, p. 195-214, 1998.
4. KERSTIN JOHANSEN, M. C. M. W. Coordination in collaborative manufacturing mega-networks: A case study. **J. Eng. Technol. Manage**, v. 22, p. 226-244, 2005.
5. KRISTIAN K. MOLLER, A. H. Business Relationships and Networks: Managerial Challenge of Network Era. **Industrial Marketing Management**, v. 28, p. 413-427, 1999.
6. MODELLING Interoperability-related, Economic and Efficiency Benefits in Dynamic Manufacturing Networks through Cognitive Maps.
7. OURANIA MARKAKI, P. K. D. P. S. K. D. A. **Benefits and Risks in Dynamic Manufacturing Networks**. APMS 2012 International Conference-Rhodes island, Greece. [S.l.]: [s.n.]. 2012.
8. CHRISTINE HARLAND, R. B. H. W. Risk in supply networks. **Journal of Purchasing & Supply Management** , v. 9, p. 51-62, 2003.
9. JUKKA HALLIKAS, I. K. U. P. V.-M. V. M. T. Risk management processes in supplier networks. **Int. J. Production Economics**, n. 90, p. 47-58, February 2004.
10. HURTADO, S. M. Modeling of Operative Risk Using Fuzzy Expert Systems. In: GLYKAS, M. **Fuzzy Cognitive Maps, Studies in Fuzziness and Soft Computing**. [S.l.]: [s.n.].
11. MARKAKI O, P. D. K. P. K. S. A. D. **Towards Adopting Dynamic Manufacturing Networks for Future Manufacturing: Benefits and Risks of the IMAGINE DMN End-to-End Management Methodology**. 22nd IEEE International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE). Hammamet, Tynisia: [s.n.]. 2013.
12. IMAGINE INNOVATIVE END-TO-END MANAGEMENT OF DYNAMIC MANUFACTURING NETWORKS. Disponivel em: <<http://www.imagine-futurefactory.eu/index.dlg>>.
13. JIAN CAI, X. L. Z. X. J. L. Improving supply chain performance management: A systematic approach to analyzing iterative KPI accomplishment. **Decision Support Systems** , n. 46, p. 512-521, 2009.
14. GEORGE XIROGIANNIS, M. G. Fuzzy Cognitive Maps in Business Analysis and Performance-Driven Change. **IEEE TRANSACTIONS ON**

- ENGINEERING MANAGEMENT**, , v. 51, p. 334-351, 2004.
15. KITCHIN, R. M. Cognitive Maps: What are they and why study them? **Enviromental Psychology**, n. 14, p. 1-19, 1994.
 16. TOLMAN, E. C. Cognitive maps in rats and men. **Psychological Review**, v. 55, n. 4, p. 189-208, 1948.
 17. Κανατζιάς, Σ. Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων και Γνωστικοί Χάρτες, Δεκέμβριος 2009.
 18. Ανθίμου, Μ. Ανάπτυξη Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη με την Εισαγωγή Μεθοδολογίας Ασαφοποίησης των Παραμέτρων, v. 2014.
 19. KENG SIAU, X. T. Improving the quality of conceptual modeling using cognitive mapping techniques. **Data & Knowledge Engineering** , v. 55, p. 343-365, 2005.
 20. Γεώργιος, Α. Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα σε Ιατρικές Εφαρμογές-Διαγνωστικά Εργαλεία, p. 42, Οκτώβριος 2012.
 21. E.I. PAPAGEORGIU, C. D. S. Fuzzy Cognitive Maps. In: WITOLD PEDRYCZ, A. S. V. K. **Handbook of Granular Computing**. [S.l.]: [s.n.], 2008.
 22. KOSKO, B. Fuzzy Cognitive Maps. **International Journal of Man-Machine Studies**, 1986.
 23. KOSKO, J. A. D. A. B. Virtual Worlds as Fuzzy Cognitive Maps , 1994.
 24. PAPAGEORGIU, E. I. **Review study on Fuzzy Cognitive Maps and their applications during the last decade**. IEEE International Conference on Fuzzy Systems. Taipei, Taiwan: [s.n.]. 2011.
 25. E.I. PAPAGEORGIU, A. T. M. T. A. G. Fuzzy cognitive map based approach for predicting yield in cotton crop production as a basis for decision support system in precision agriculture application. **Applied Soft Computing** , v. 11, p. 3643–3657, 2011.
 26. DILEK YAMAN, S. P. A fuzzy cognitive map approach for effect-based operations: An illustrative case. **Information Science**, v. 179, p. 382-403, 2009.
 27. CHRYSOSTOMOS D. STYLIOS, P. P. G. Fuzzy Cognitive Maps: a model for intelligent supervisory control systems. **Computers in Industry**, v. 39, n. 3, p. 229-238, 1999.
 28. KUN CHANG LEE, H. L. N. L. J. L. An agent-based fuzzy cognitive map approach to the strategic marketing planning for industrial firms. **Industrial Marketing Management**, v. 42, p. 552-563, 2013.
 29. ANTONIE J. JETTER, K. K. Fuzzy Cognitive Maps for futures studies—A methodological assessment of concepts and methods. **Futures** , v. 61, p. 45-57, 2014.
 30. ELPINIKI I. PAPAGEORGIU, J. L. S. Methods and Algorithms for Fuzzy Cognitive Map-based Modeling. In: PAPAGEORGIU, E. I. **Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering**. [S.l.]: [s.n.], v. 54, 2014. p. 1-28.
 31. GROUMPOS, P. P. Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems. In: GLYKAS, D. M. **Fuzzy Cognitive Maps, Studies in Fuzziness and Soft Computing**. [S.l.]: [s.n.], v. 247, p. 1-22.
 32. HUERGA, A. V. A Balanced Differential Learning algorithm in Fuzzy Cognitive Maps, Barcelona, Spain, 2002.
 33. WOJCIECH STACH, L. K. W. P. Expert-Based and Computational Methods for Developing Fuzzy Cognitive Maps. In: GLYKAS, M. **Fuzzy Cognitive Maps**,

- Studies in Fuzziness and Soft Computing.** [S.l.]: [s.n.], p. 23-40.
34. JUKKA HALLIKAS, I. K. U. P. V.-M. V. M. T. Risk management processes in supplier networks. **Int. J. Production Economics** , v. 90, p. 47-58, 2005.
 35. WOJCIECH STACH, L. K. W. P. M. R. Genetic learning off Fuzzy cognitive maps. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 135, p. 371-401, 2005.
 36. PAPAGEORGIU, E. I. **Review study on Fuzzy Cognitive Maps and their applications during the last decade.** IEEE International Conference on Fuzzy Systems. [S.l.]: [s.n.]. 2011.
 37. SALMERON, J. L. Modelling grey uncertainty with Fuzzy Grey Cognitive Maps. **Expert Systems with Applications**, v. 37, p. 7581-7588, 2010.
 38. JOSE L. SALMERON, E. G. Fuzzy Grey Cognitive Maps in reliability engineering. **Applied Soft Computing** , v. 12, p. 3818–3824, 2012.
 39. JUKKA HALLIKAS, K. P. T. V. V.-M. V. Risk-based classification of supplier relationships. **Journal of Purchasing & Supply Management** , v. 11, p. 72-82, 2005.
 40. PETRA HOFFMANN, H. S. K. K. Uncertainty, supply risk management and their impact on performance. **Journal of Purchasing & Supply Management** , v. 19, p. 199-211, 2013.
 41. NEIL A. MORGAN, A. K. R. A. G. Focal supplier opportunism in supermarket retailer category management. **Journal of Operations Management**, v. 25, p. 512-527, 2007.
 42. LUTZ KAUFMANN, C. R. C. International supply relationships and non-financial performance—A comparison of U.S. and German practices. **Journal of Operations Management**, v. 24, p. 653-675, 2006.
 43. RONG DING, H. C. D. T. G. Risk, partner selection and contractual control in interfirm relationships. **Management Accounting Research**, v. 24, p. 140-155, 2013.
 44. SODHI, S. C. A. M. S. Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown. **MIT Sloan Management Review**, v. 1, p. 53-62, 2004.
 45. BENJAMIN GUERTLER, S. S. Supply risk interrelationships and the derivation of key supply risk indicators. **Technological Forecasting & Social Change**, 2014.
 46. DEKKER, H. C. Partner selection and governance design in interfirm relationships. **Accounting, Organizations and Society**, v. 33, p. 915-941, 2008.
 47. SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process Planning, Priority Setting, Resource Allocation.** [S.l.]: [s.n.].
 48. SACHIN KUMAR MANGLA, P. K. M. K. B. Risk analysis in green supply chain using fuzzy AHP approach: A case study. **Resources, Conservation and Recycling** , 2015.
 49. EVANGELOS TRIANTAPHYLLOU, S. H. M. USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS FOR DECISION MAKING IN ENGINEERING APPLICATIONS: SOME CHALLENGES. **Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice** , v. 2, p. 35-44, 1995.
 50. Σπανός, Σ. Κ. Αναλυτική Μελέτη Πολυκριτηριακών Μεθόδων Λήψης Αποφάσεων, 2004.
 51. DIMITRIS CHARILAS, O. M. D. N. M. T. Packet-switched network selection

with the highest QoS in 4G networks. **Computer Networks**, v. 52, p. 248-258, 2008.

52. Σίσκος, Γ. **Μοντέλα Αποφάσεων**. [S.I.]: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
53. CHRISTIAN HURSON, Y. S. A synergy of multicriteria techniques to assess additive value models. **European Journal of Operational Research** , v. 238, p. 540-551, 2014.
54. JOSE L. SALMERON, E. I. P. A Fuzzy Grey Cognitive Maps-based Decision Support System for radiotherapy treatment planning. **Knowledge-Based Systems** , v. 30, p. 151-160, 2012.
55. SUBHASHISH SAMADDAR, S. N. M. D. Inter-organizational information sharing: The role of supply network configuration and partner goal congruence. **European Journal of Operational Research** , v. 174, p. 744-765, 2006.
56. PAPAGEORGIU, E. I. A new methodology for Decisions in Medical Informatics using fuzzy cognitive maps based on fuzzy rule-extraction techniques. **Applied Soft Computing**, v. 11, p. 500-513, 2011.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού MATLAB για τη δημιουργία του εργαλείου προσομοίωσης των Ασαφών Γνωστικών Δικτύων.

```
%%Simulation of Fuzzy Grey Cognitive Map

%Variable Dictionary
%A(i)      input      Arxiko Dianisma Katastasis
%W(i,j)    input      Pinakas Varwn twn Allilepidrasewn tou Diktyou
%B(i)      output     Pinakas pou periexei tis telikes times twn komvwn
                    %meta to peras kathe epanalipsis
%Risk      local      Pinakas pou periexei tis times twn kindunwn
                    %(komvwn eksodou) prokeimenou na ginoun ta
                    %grafimata
%Diafora   local      Apoluti timi tis diaforas tis arxikis meion tis
                    %telikis timis tou komvou pou eksetazetai
%iterations local     O arithmos twn epanalipsewn pou pragmatopoiountai

%-----%
```

Σχήμα Α.1 Έννοιες των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα

```
a = arxikodianismakatastasis;
w = variallilepidrasewn;

for i = 1 : 23          %o pinakas A(i) pairnei tis times tou arxikou
    A(i) = a(i);        %dianismatos katastasis
end
for i = 1 : 18         %o pinakas W(i,j) pairnei tis times twn varwn twn
    for j = 1 : 18     %allilepidrasewn twn opoiwn oi times einai akriwsw
        W(i,j) = w(i,j); %kathorismenes
    end
end
%dinontai oles oi gkri times twn varwn allilepidrasis
%Oi times autes ekxwrountai ws pinakes diastasis 1x2
W13_19=[0.3,0.4]; W16_19=[0.4,0.8]; W17_19=[0.6,0.8]; W18_19=[0.5,0.7];
W16_20=[0.35,0.75]; W17_20=[0.35,0.75]; W19_20=[0.35,0.75];
W9_21=[0.3,0.5]; W14_21=[0.4,0.6]; W17_21=[0.55,0.75];
W12_22=[0.3,0.6]; W15_22=[0.4,0.6];
W17_23=[0.7,0.9]; W19_23=[0.7,0.9]; W20_23=[0,1];
```

Σχήμα Α.2 Αρχικοποίηση του αρχικού διανύσματος κατάστασης και πίνακα βαρών

```

i = 1;
j = 1;

for i = 1 : 18          %H prwti epanalipsi ths methodou tw'n FCM ginetai
    B(i)=A(i);        % prin thn while loop%
    for j = 1 : 18
        if j~=i
            B(i)= B(i) + A(j)*W(j,i);
        end
        j = j + 1;
    end
    i = i + 1;
end

for i = 1 : 18          %oi telikes times olwn tw'n komvwn tou diktuou
    B(i) = 1/(1+exp(-B(i))); %prokuptoun meta ti sigmoeidi sunartisi
end                    %sumpliesis

iterations = 1;
disp('o telikos pinakas timwn tw'n riskwn sthn'); disp (iterations); disp('epanalhps'h einai');

for i = 16 : 18        %ektupwnw mono tous komvous eksodou
    disp(B(i));
end

```

Σχήμα Α.3 Εύρεση των τιμών των κόμβων του δικτύου στην 1η επανάληψη

```

%stis parakatw 10 grammes tou kwdika upologintai oi times tw'n komvwn gia
%tous opoiou's exoume mono gkri vari.
B19(1)=1/(1+exp(-(A(19) + W13_19(1)*A(13) + W16_19(1)*A(16) + W17_19(1)*A(17) + W18_19(1)*A(18))));
B19(2)=1/(1+exp(-(A(19) + W13_19(2)*A(13) + W16_19(2)*A(16) + W17_19(2)*A(17) + W18_19(2)*A(18))));
B20(1)=1/(1+exp(-(A(20) + W16_20(1)*A(16) + W17_20(1)*A(17) + W19_20(1)*A(19))));
B20(2)=1/(1+exp(-(A(20) + W16_20(2)*A(16) + W17_20(2)*A(17) + W19_20(2)*A(19))));
B21(1)=1/(1+exp(-(A(21) + W14_21(1)*A(14) + W17_21(1)*A(17) + W9_21(1)*A(9))));
B21(2)=1/(1+exp(-(A(21) + W14_21(2)*A(14) + W17_21(2)*A(17) + W9_21(2)*A(9))));
B22(1)=1/(1+exp(-(A(22) + W12_22(1)*A(12) + W15_22(1)*A(15))));
B22(2)=1/(1+exp(-(A(22) + W12_22(2)*A(12) + W15_22(2)*A(15))));
B23(1)=1/(1+exp(-(A(23) + W17_23(1)*A(17) + W19_23(1)*A(19) + W20_23(1)*A(20))));
B23(2)=1/(1+exp(-(A(23) + W17_23(2)*A(17) + W19_23(2)*A(19) + W20_23(2)*A(20))));

%ektupwnw kai tous upoloipous komvous eksodou
disp(B19) ;disp(B20); disp(B21); disp(B22); disp(B23);

```

Σχήμα Α.4 Εύρεση των τιμών των "γκρι" κόμβων του δικτύου στην 1η επανάληψη

```

%apothikeuw tis times tw'n riskwn se monodiasstatous
%pinakes gia na kanw ta grafimata
Risk1(1) = B(16); Risk2(1) = B(17); Risk3(1) = B(18); Risk4 = B19;
Risk5 = B20; Risk6 = B21; Risk7 = B22; Risk8 = B23;

Diafora1 = abs(A(16) - Risk1(1)); %vriskw tis diafores metaksi Telikwn kai
Diafora2 = abs(A(17) - Risk2(1)); %Arxikwn timwn prin th while loop%
Diafora3 = abs(A(18) - Risk3(1));
Diafora4 = abs(A(19) - Risk4);
Diafora5 = abs(A(20) - Risk5);
Diafora6 = abs(A(21) - Risk6);
Diafora7 = abs(A(22) - Risk7);
Diafora8 = abs(A(23) - Risk8);

```

Σχήμα Α.5 Εύρεση της διαφοράς "Τελικής - Αρχικής" τιμής των κόμβων εξόδου

```

while ((Diafora1>0.001) & (Diafora2>0.001) & (Diafora3>0.001) & (Diafora4>0.001) & (Diafora5>0.001) & (Diafora6>0.001) & (Diafora7>0.001) & (Diafora8>0.001))
iterations = iterations + 1
for i = 1 : 18
    %o arxikos pinakas A tha parei twra tis times
    A(i) = B(i);
    %tou telikou pinaka B
end
for i = 1 : 18
    %kanw akriwvs thn idia methodology gia na vrw
    B(i)=A(i);
    %ton kainourio teliko pinaka
    for j = 1 : 18
        if j<=i
            B(i)= B(i) + A(j)*W(j,i);
        end
    end
end
end
for i = 1 : 18
    B(i) = 1/(1+exp(-B(i)));
end
A19(1) = B19(1); A19(2) = B19(2);
A20(1) = B20(1); A20(2) = B20(2);
A21(1) = B21(1); A21(2) = B21(2);
A22(1) = B22(1); A22(2) = B22(2);
A23(1) = B23(1); A23(2) = B23(2);
%Ypologizontai oi times twm komvwv gia tous opoiouvs exoume gkri vari
B19(1)=1/(1+exp(-(A19(1) + W13_19(1)*A(13) + W16_19(1)*A(16) + W17_19(1)*A(17) + W18_19(1)*A(18))));
B19(2)=1/(1+exp(-(A19(2) + W13_19(2)*A(13) + W16_19(2)*A(16) + W17_19(2)*A(17) + W18_19(2)*A(18))));
B20(1)=1/(1+exp(-(A20(1) + W16_20(1)*A(16) + W17_20(1)*A(17) + W19_20(1)*A(19(1)))));
B20(2)=1/(1+exp(-(A20(2) + W16_20(2)*A(16) + W17_20(2)*A(17) + W19_20(2)*A(19(2)))));
B21(1)=1/(1+exp(-(A21(1) + W14_21(1)*A(14) + W17_21(1)*A(17) + W9_21(1)*A(9)))));
B21(2)=1/(1+exp(-(A21(2) + W14_21(2)*A(14) + W17_21(2)*A(17) + W9_21(2)*A(9)))));
B22(1)=1/(1+exp(-(A22(1) + W12_22(1)*A(12) + W15_22(1)*A(15)))));
B22(2)=1/(1+exp(-(A22(2) + W12_22(2)*A(12) + W15_22(2)*A(15)))));
B23(1)=1/(1+exp(-(A23(1) + W17_23(1)*A(17) + W19_23(1)*A(19(1) + W20_23(1)*A(20(1))))));
B23(2)=1/(1+exp(-(A23(2) + W17_23(2)*A(17) + W19_23(2)*A(19(2) + W20_23(2)*A(20(2))))));

disp('o telikos pinakas timwn twm riskwn sthn'); disp (iterations); disp('epanalhpsih einai');

for i = 16 : 18
    disp(B(i));
end
disp(B19); disp(B20); disp(B21); disp(B22); disp(B23);

Risk1(iterations) = B(16); Risk2(iterations) = B(17);Risk3(iterations) = B(18);
Risk4 = B19;Risk5 = B20; Risk6 = B21;Risk7 = B22;Risk8 = B23;

%Vriskw pali tis diafores Telikis-Arxikis timis
Diafora1 = abs(A(16) - Risk1(iterations));
Diafora2 = abs(A(17) - Risk2(iterations));
Diafora3 = abs(A(18) - Risk3(iterations));
Diafora4 = abs(A19 - Risk4); Diafora5 = abs(A20 - Risk5);
Diafora6 = abs(A21 - Risk6); Diafora7 = abs(A22 - Risk7);
Diafora8 = abs(A23 - Risk8);
end
%H while tha stamatisel otan oi oles oi diafores einai mikrotteres tou 0.001

```

Σχήμα Α.6 Εφαρμογή της επαναληπτικής διαδικασίας με χρήση "while loop"