

ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ
ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΗΛΕΙΑΣ ΣΕ
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΑΝΙΚΟΥ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΒΑΣΙΛΗΣ ΒΕΣΚΟΥΚΗΣ
6/30/2010**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΙΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΙΑΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΚΚΕΝΩΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ	9
1.1 Περιγραφή του προβλήματος.....	9
1.2 Στάδια εκκένωσης	11
1.3 Απαιτήσεις και μέτρα	12
1.4 Σχεδιασμός εκκένωσης.....	14
1.5 Άλλες μελέτες και συστήματα προσομοίωσης εκκένωσης – υποστήριξης σχεδιασμού – υποστήριξης αποφάσεων	16
1.5.1 Πρότυπα και λογισμικά προσομοίωσης	16
1.5.2 Άλλες μελέτες.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	28
2.1 Σκοπός εργασίας	28
2.2 Εμβέλεια εργασίας.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΣΕ GIS	29
3.1 Ανάπτυξη εργαλείου προσομοίωσης	29
3.1.1 Ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου αποτίμησης επικινδυνότητας εκκένωσης	29
Πρόβλημα κρίσιμου τομέα (CCP):	31
Προβλήματα Διακριτής Αριστοποίησης.....	35
3.1.2 Αλγόριθμος.....	38

Διαδικασίες πολλαπλής εκκίνησης.....	40
Προσαρμόσιμη Ημι-Πλεονεκτική Έρευνα	42
3.1.3 Λειτουργία του λογισμικού	45
Εφαρμογή στο πρόβλημα του κρίσιμου τομέα	45
3.2 Περιγραφή του εργαλείου.....	46
Λειτουργικές απαιτήσεις.....	48
Λειτουργική απαίτηση: Import Basic Data	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ	50
4.1 Το πύρινο μέτωπο	50
4.2 Φάσεις των μετώπων	52
4.2.1 Νότιο μέτωπο:.....	52
4.2.2 Βόρειο μέτωπο:.....	55
4.3 Ανθρώπινες απώλειες	58
4.4 Προσδιορισμός πειραμάτων προσομοίωσης.....	60
4.5 Χωρικά δεδομένα νομού Ηλείας.....	61
4.6 Επεξεργασία αρχικών δεδομένων	64
4.7 Παράμετροι πειράματος	67
4.8 Ροή εργασιών	68
4.9 Αναφορά σεναρίων.....	70
4.9.1 Σενάριο νομού	70
4.9.2 Σενάρια τυχαίας κατανομής	72
4.9.3 Σενάρια πυρκαγιάς.....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	79
5.1 Γενικά	79
5.2 Σενάρια.....	79
5.2.1 Σενάριο νομού	80
5.2.2 Σενάρια πυρκαγιάς.....	81

5.2.3 Σενάρια τυχαίας κατανομής	92
5.3 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΝΟΨΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.	103
6.1 γενικά	103
6.1.1 Αξιοπιστία των δικτύων	103
6.1.2 Προσβασιμότητα	103
6.1.3 Ευστάθεια του δικτύου	104
6.1.4 Συμπέρασμα	104
6.2 Σύνοψη διπλωματικών	104
6.2.1 ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΧΩΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗ (Γιώργος Παπακυριακόπουλος).....	104
6.2.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΧΩΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΑΝΙΚΟΥ (Αγγελική Λουρίδα)	105
6.3 Αποτελέσματα	105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	106

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1-ΧΩΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΝΟΜΟΥ	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΝΕΩΝ ΔΗΜΩΝ	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΝΟΜΟΥ	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 1	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 2	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 3	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 4	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 8-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 5	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 9-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 6	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-ΒΑ ΣΕΝΑΡΙΟ	93
ΠΙΝΑΚΑΣ 11-ΒΔ ΣΕΝΑΡΙΟ	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 12-ΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟ	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 13-ΝΔ ΣΕΝΑΡΙΟ	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 14- ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ	102

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1 –ΦΑΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΛΥΣΗΣ	37
ΕΙΚΟΝΑ 2-ΦΑΣΗ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΛΥΣΗΣ	38
ΕΙΚΟΝΑ 3-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ.....	47
ΕΙΚΟΝΑ 4-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ-IMPORT BASIC DATA.....	48
ΕΙΚΟΝΑ 5-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ-SCENARIO	48
ΕΙΚΟΝΑ 6-ΤΑ ΠΥΡΙΝΑ ΜΕΤΩΠΑ	50
ΕΙΚΟΝΑ 7-ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ	51
ΕΙΚΟΝΑ 8-Το ΠΥΡΙΝΟ ΜΕΤΩΠΟ	52
ΕΙΚΟΝΑ 9-ΝΟΤΙΟ ΜΕΤΩΠΟ ΦΑΣΗ 1 ^Η	53
ΕΙΚΟΝΑ 10-ΝΟΤΙΟ ΜΕΤΩΠΟ ΦΑΣΗ 2 ^Η	54
ΕΙΚΟΝΑ 11-ΝΟΤΙΟ ΜΕΤΩΠΟ ΦΑΣΗ 3 ^Η	55
ΕΙΚΟΝΑ 12-ΒΟΡΕΙΟ ΜΕΤΩΠΟ ΦΑΣΗ 1 ^Η	56
ΕΙΚΟΝΑ 13-ΒΟΡΕΙΟ ΜΕΤΩΠΟ ΦΑΣΗ 2 ^Η	57
ΕΙΚΟΝΑ 14-ΒΟΡΕΙΟ ΜΕΤΩΠΟ ΦΑΣΗ 3 ^Η	58
ΕΙΚΟΝΑ 15-ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ	59
ΕΙΚΟΝΑ 16-ΠΟΛΥΝΕΚΡΟ ΑΤΥΧΗΜΑ-ΑΡΤΕΜΙΔΑ.....	60
ΕΙΚΟΝΑ 17-ΑΡΧΙΚΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	65
ΕΙΚΟΝΑ 18-ΤΕΛΙΚΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	66
ΕΙΚΟΝΑ 19-ΝΟΜΟΣ ΗΛΕΙΑΣ	70
ΕΙΚΟΝΑ 20-ΨΗΦΙΑΚΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΝΟΜΟΥ ΗΛΕΙΑΣ.....	71
ΕΙΚΟΝΑ 21-ΣΕΝΑΡΙΑ ΤΥΧΑΙΑΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ	72
ΕΙΚΟΝΑ 22-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 1 ^Ο	73
ΕΙΚΟΝΑ 23-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 2 ^Ο	74
ΕΙΚΟΝΑ 24-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 3 ^Ο	75
ΕΙΚΟΝΑ 25-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 4 ^Ο	76
ΕΙΚΟΝΑ 26-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 5 ^Ο	77
ΕΙΚΟΝΑ 27-ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 6 ^Ο	78
ΕΙΚΟΝΑ 28-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΝΟΜΟΥ.....	80
ΕΙΚΟΝΑ 29-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 1	81
ΕΙΚΟΝΑ 30-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 2	83
ΕΙΚΟΝΑ 31-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 3	85
ΕΙΚΟΝΑ 32-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 4	87
ΕΙΚΟΝΑ 33-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 5	89
ΕΙΚΟΝΑ 34-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 6	91
ΕΙΚΟΝΑ 35-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	93
ΕΙΚΟΝΑ 36-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΔ ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	95
ΕΙΚΟΝΑ 37-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΝΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ	97
ΕΙΚΟΝΑ 38-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΝΔ ΣΕΝΑΡΙΟΥ	99

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Βασίλη Βεσκούκη, για την συνεργασία και την πολύτιμη βοήθεια του όλο αυτόν τον καιρό. Δεν θα μπορούσα να μην αναφέρω την Αγγελική (που ότι και να πω για αυτή είναι λίγο) η οποία, στην διπλωματική ήταν πρόθυμη να βοηθήσει σε οποιοδήποτε μικρό ή μεγάλο πρόβλημα αντιμετώπιζα. Τον Γιώργο τον Πατακυριακόπουλο ο οποίος αν και στρατεύσιμος δέχτηκε προθύμως να βοηθήσει και να βρει λύση στα προβλήματα που προέκυπταν. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου Αντρέα, Γιώργο και την αδελφή μου Ελένη για την βοήθεια τους σε κάποιες δύσκολες στιγμές.

ΣΕΛΙΔΑ ΣΚΟΠΙΜΩΣ ΚΕΝΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι η μελέτη διαφόρων σεναρίων εκκένωσης στον νομό Ηλείας σε κατάσταση πανικού ώστε να εξεταστούν οι φόρτοι των οδικών δικτύων και να εντοπιστούν οι δρόμοι οι οποίοι θα έχουν εντονότερο πρόβλημα. Η εργασία αυτή είναι η συνέχεια μια σειράς εργασιών πάνω στο ίδιο αντικείμενο. Πρώτα ο Γιώργος Παπακυριακόπουλος δημιούργησε το εργαλείο προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε, μέσα από ένα μαθηματικό μοντέλο αποτίμησης επικινδυνότητας εκκένωσης στο περιβάλλον του ArcGis. Στην συνέχεια η Αγγελική Λουρίδα χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο λογισμικό μελέτησε διάφορα σενάρια εκκένωσης αστικών περιοχών (διαφορετικών δομών) σε κατάσταση πανικού ώστε να εξεταστεί η επίδραση των διάφορων παραγόντων στην διαδικασία της εκκένωσης, με υποθετικά δεδομένα. Ακολούθησε η περιγραφή του εργαλείου προσομοίωσης του πληθυσμού, σε εργάσιμες και μη εργάσιμες ώρες, και ανάλυση όλα τα σενάρια που δημιουργήθηκαν. Η παρούσα διπλωματική εκτελείται σε πραγματικά δεδομένα και σε ευρύτερη κλίμακα (ενός ολόκληρου νομού). Τα αποτελέσματα που θα μας δοθούν θα συγκριθούν με τα δραματικά αποτελέσματα της πυρκαγιάς της Ηλείας. Ευελπιστούμε να εντοπίσουμε έντονους φόρτους σε κάποιους από τους δρόμους που είχαμε ατυχήματα.

Τελικός σκοπός μας μετά το πέρας των εργασιών αυτών είναι να δημιουργηθεί ένα οργανωμένο σύστημα υποστήριξης το οποίο θα δίνει μια επιστημονική προσέγγιση στο θέμα της εκκένωσης των περιοχών και θα επιτρέπει στα άτομα τα οποία είναι αρμόδια για την αντιμετώπιση των κρίσεων να κάνουν καλύτερα την δουλειά τους.

ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΙΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΙΑΣ

Τον Αύγουστο του 2007 συνέβη μία από τις μεγαλύτερες φυσικές καταστροφές στην ιστορία της σύγχρονης Ελλάδας. Σε όλη την Ελλάδα μαίνονταν ανεξέλεγκτες πυρκαγιές. Το φονικότερο χτύπημα συντελέστηκε στο Νομό Ηλείας. Η πυρκαγιά ξέσπασε στις 24 Αυγούστου και μέσα σε λίγες ώρες ο νομός τέθηκε σε κατάσταση

εκτάκτου ανάγκης. Πολλά σπίτια σε δεκάδες χωριά παραδόθηκαν στις φλόγες. Ενδεικτικά στην Ζάχαρο 21 από τα 23 χωριά καήκαν. Επίσης στο χωριό Νέα Φιγαλεία 2000 άνθρωποι εγκλωβίστηκαν. Η πυρκαγιά αποτέφρωσε 950000 στρέμματα δασικών και γεωργικών εκτάσεων και κόστισε την ζωή σε 45 ανθρώπους. Εκ των οποίων οι 12 στην Ζαχάρω σε τραγικά ατυχήματα. Επίσης 6000 άνθρωποι έμειναν άστεγοι.

Η καταστροφή από τις πυρκαγιές του Αυγούστου του 2007 στην Ηλεία ήταν τεράστια. Πολλοί άνθρωποι έχασαν τις δουλείες τους και τις καλλιέργειες τους, άλλοι τις επιχειρήσεις τους. Στα χωριά που καήκαν τα περισσότερα σπίτια απανθρακώθηκαν. Συντελέστηκε μια τεράστια οικολογική καταστροφή με ανυπολόγιστο οικονομικό κόστος και αναπτυξιακή οπισθοχώρηση.

Αξίζει να αναφερθεί πως στις πυρόπληκτες εκτάσεις περιλαμβάνονται και προστατευόμενες περιοχές από το πρόγραμμα Natura 2000. Αυτές είναι το δάσος και η λίμνη του Καϊάφα, το οροπέδιο Φολόης και η περιοχή της Ολυμπίας. Στην Ολυμπία θύμα της πυρκαγιάς ήταν και ο αρχαιολογικός χώρος και ο Κρόνιος λόφος, ένα από το σημαντικότερα μνημεία παγκοσμίως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΚΚΕΝΩΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ

1.1 Περιγραφή του προβλήματος

Οι άνθρωποι πληθυσμοί βρίσκονται συχνά αντιμέτωποι με πολυάριθμους φυσικούς (π.χ. τυφώνες, σεισμοί, ανεμοστρόβιλοι, τσουνάμι, ηφαιστειακές εκρήξεις, πλημμύρες, κατολισθήσεις λάσπης, πυρκαγιές) ή ανθρωπογενείς κινδύνους, άλλοι τυχαίοι (π.χ., επικίνδυνη απελευθέρωση υλικών ή μια δυσλειτουργία σε εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας) και άλλοι σκόπιμοι (π.χ., τρομοκρατική επίθεση). Όλοι οι κίνδυνοι μπορεί να προκαλέσουν σημαντική καταστροφή και ερήμωση και για την αντιμετώπιση τους, η κοινωνία έχει υιοθετήσει διάφορες μεθόδους για την πρόβλεψή τους. Λίγοι όμως από αυτούς τους κινδύνους μπορούν να προβλεφθούν απολύτως [ΞΠ 40].

Για να ανταπεξέλθει η κοινωνία σε αυτούς τους κινδύνους, έχει υιοθετήσει διάφορες μεθόδους ετοιμότητας. Η εκκένωση είναι μια κοινή στρατηγική στη διαχείριση έκτακτης ανάγκης καθώς σε πολλά επικίνδυνα γεγονότα, η καλύτερη επιλογή είναι να επανατοποθετηθούν οι απειλούμενοι πληθυσμοί στις ασφαλέστερες περιοχές. Αυτό είναι ένα σύνθετο πρόβλημα με πολλές συμπεριφοριστικές και διοικητικές

απόψεις [ΞΠ 13, 15, 39, 59]. Πρέπει να συμφωνηθεί μια ζώνη για την εκκένωση σχετικά με τα καταφύγια, οι έξοδοι πρέπει να υποδειχθούν και τα άτομα που εκκενώνουν την περιοχή πρέπει να καθοδηγηθούν με ασφάλεια υπό τους δυναμικούς όρους κινδύνου και κυκλοφορίας. Οποιοσδήποτε αριθμός προβλημάτων στην κυκλοφορία μπορεί να προκύψει κατά τη διάρκεια μιας εκκένωσης. Παραδείγματος χάριν, η ειδοποίηση των ατόμων που εκκενώνουν την περιοχή μπορεί να είναι δύσκολη, οι καθυστερήσεις της κυκλοφορίας είναι κοινές και οι σανίδες σωτηρίας των μεταφορών συχνά διακινδυνεύουν από τα επικίνδυνα γεγονότα.

Γι αυτό το λόγο, ένα προστατευτικό μέτρο που λαμβάνεται, είναι η προετοιμασία εκ των προτέρων για την εκκένωση μιας περιοχής. Το αν θα είναι μια εκκένωση επιτυχής ή όχι, εξαρτάται, εν μέρει, στο χρόνο που χρειάζεται ο πληθυσμός για να φθάσει επιτυχώς σε ασφαλές μέρος. Περαιτέρω, η ανάγκη της εκκένωσης εξαρτάται από το ποσό της χρονικής ανοχής. Η αρχική προειδοποίηση για εκκένωση, προετοιμάζοντας την άφιξη π.χ. ενός τυφώνα, μπορεί να έρθει ακόμα και μια ημέρα πριν από την άφιξη του τυφώνα. Αντίθετα, για μια εκκένωση που απαιτείται μετά από έναν σεισμό, μια τρομοκρατική ενέργεια ή μια απελευθέρωση μιας επικίνδυνης ουσίας στην ατμόσφαιρα, δεν είναι δυνατό να δοθεί προειδοποίηση, αλλά θα ανακοινωθεί η απόφαση για εκκένωση κατά την διάρκεια ή μετά το πέρας του γεγονότος.

Και στις δύο περιπτώσεις εκκενώσεων, υπάρχουν τεράστιες απαιτήσεις στο οδικό δίκτυο. Η υποδομή των μεταφορών συχνά δεν είναι ικανή να προσαρμοστεί επαρκώς σε τέτοια υψηλά επίπεδα απαιτήσεων [ΞΠ 61], καθώς οι εκκενώσεις οδηγούν συνήθως στην μετακίνηση που υπερβαίνει τη διαθέσιμη ικανότητα των δικτύων και οι μακριές ουρές αναμονής θα επιδράσουν αρνητικά στο χρόνο εκκένωσης της περιοχής. Αυτό μπορεί να εμφανιστεί σε κλίμακα, από μια μεμονωμένη γειτονιά σε μια ολόκληρη αστική περιοχή. Οι καθυστερήσεις κυκλοφορίας μπορούν να είναι από δυσχερές ως καταστροφικές. Οι σημαντικοί παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στην έκβαση μιας εκκένωσης περιλαμβάνουν το διαθέσιμο χρόνο πριν από (ή μετά από) τον αντίκτυπο του κινδύνου, την αναμενόμενη απαιτούμενη μετακίνηση και τις συνέπειες του μη καθαρισμού της περιοχής κατά τρόπο έγκαιρο. Συνεπώς, ένα αποδοτικό σχέδιο δρομολόγησης είναι πολύτιμο και απαραίτητο για την βέλτιστη χρήση αυτής της υποδομής.

Σε πραγματικές συνθήκες εκκένωσης μπορεί να υπάρχουν πολλές περιπλοκές. Οι κυριότεροι λόγοι στους οποίους οφείλονται είναι οι εξής:

- Αδυναμία πρόβλεψης του διαθέσιμου χρόνου που έχει ο πληθυσμός μέχρι να βρει καταφύγιο.
- Αύξηση της πολυπλοκότητας των σεναρίων-απαιτήσεων που χρειάζεται να αναλυθούν.
- Πιθανή μείωση της τροφοδοσίας, αφού ορισμένα τμήματα του οδικού δικτύου μπορεί να έχουν καταστεί μη λειτουργικά.
- Αναγκαιότητα ταυτόχρονης μετακίνησης λειτουργικών και σωστικών οχημάτων.
- Αυξημένη δυσκολία στον συντονισμό και στην κατεύθυνση της εκκένωσης.
- Μεταβολές στη συνηθισμένη συμπεριφορά των ατόμων λόγω του πανικού.
- Αυξημένη πιθανότητα τροχαίων ατυχημάτων και απρόβλεπτων καταστάσεων.
- Δυσκολία στην εφαρμογή ειδικών μέτρων και σχεδίων διαχείρισης της κυκλοφορίας.

1.2 Στάδια εκκένωσης

Σύμφωνα με τις μελέτες που έχουν γίνει, η διαδικασία εκκένωσης περιέχει πέντε βασικά στάδια: Απόφαση για εκκένωση, προειδοποίηση, απομάκρυνση, προστασία σε καταφύγιο και επιστροφή.

Σκεπτόμενοι τις επιπτώσεις των αποφάσεων για εκκένωση, που περιλαμβάνουν την διάσωση των ατόμων και την παρεμπόδιση τραυματισμών, οι ρόλοι και οι ευθύνες των αρχών πρέπει να προσδιοριστούν σαφώς στα σχέδια εκκένωσης. Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στη λήψη της παρούσας απόφασης περιλαμβάνουν την ανάλυση της ευπάθειας και την καλύτερη προστατευτική στρατηγική, τον ενδεχόμενο κίνδυνο για τα άτομα που εκκενώνουν την περιοχή κατά τη διάρκεια του γεγονότος, τη διαθέσιμη χρονική ανοχή, τον απαραίτητο χρόνο και τους πόρους που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η εκκένωση, τις εξόδους και τις διαδρομές πρόσβασης, τους διαθέσιμους πόρους, συμπεριλαμβανομένου του προσωπικού και των μεταφορών, τις προσωρινές στεγάσεις, την αξιολόγηση των διαθέσιμων πληροφοριών, ένα τρέχον και ήδη εφαρμοσμένο σχέδιο εκκένωσης, τα κτήρια ή τα άτομα με ειδικές ανάγκες και τη διαφορά μεταξύ της κατοικημένης και μη κατοικημένης περιοχής.

Το στάδιο της προειδοποίησης για εκκένωση επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της εκκένωσης, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει το χρόνο, την απόσταση, τα οπτικά

στοιχεία, τα χαρακτηριστικά απειλής και την αίσθηση της επείγουσας ανάγκης που καταδεικνύεται από τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης. Επομένως, μια εκκένωση πρέπει να δομηθεί περιλαμβάνοντας την κοινότητα, τα μέσα, τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, τις κυβερνητικές αντιπροσωπείες, την ιδιωτική βιομηχανία και τις μη κυβερνητικές οργανώσεις.

Η απομάκρυνση των ανθρώπων από τις επικίνδυνες ή ενδεχομένως επικίνδυνες περιοχές σε ασφαλέστερες περιοχές είναι το τρίτο στάδιο της διαδικασίας εκκένωσης. Το σχέδιο εκκένωσης πρέπει να παρέχει τις ρυθμίσεις, τους λόγους και τις λεπτομέρειες της απόφασης, συμπεριλαμβανομένου του κινδύνου, του αντίκτυπου, των αποτελεσμάτων, της περιοχής που πρόκειται να εκκενωθεί, τις τρέχοντες και τις προβλεπόμενες συνθήκες.

Στο τέταρτο στάδιο της διαδικασίας εκκένωσης, τα καταφύγια προσφέρουν την προσωρινή ανακούφιση των ατόμων που εκκενώνουν, καλύπτοντας τις βασικές ανθρώπινες ανάγκες, συμπεριλαμβανομένης της στέγασης, των τροφίμων, της ύδρευσης, της υγιεινής, της ηλεκτρικής ενέργειας, των επικοινωνιών και της αποθήκευσης. Ο αριθμός και η χωρητικότητα των καταφυγίων επηρεάζουν τους χρόνους εκκένωσης, επειδή η θέση και η χρήση τους σε μια περιοχή, καθορίζουν το χρόνο που απαιτείται από τα άτομα που εκκενώνουν την περιοχή, για να δραπετεύσει στις ασφαλείς περιοχές.

Στο τελευταίο στάδιο, οι αρμόδιες αρχές φροντίζουν για την διευκόλυνση των ατόμων να επιστρέψουν στην πληγείσα περιοχή, για την περίθαλψη των τραυματιών και την οικονομική ενίσχυση και υποστήριξη των πληγέντων.

1.3 Απαιτήσεις και μέτρα

Είναι απαραίτητο να εκτιμήσουμε τις απαιτήσεις μιας εκκένωσης για να μπορέσουμε να «ξαναδημιουργήσουμε» (ή να μιμηθούμε) την κυκλοφορία σε περίπτωση εκκένωσης, σε διάφορα εναλλακτικά σενάρια. Κατ' αυτόν τον τρόπο θα υπάρχει δυνατότητα να εκτιμηθεί ο αντίκτυπος των διαφορετικών σεναρίων ενός γεγονότος έκτακτης ανάγκης, να προσδιοριστούν τα βέλτιστα πιθανά σενάρια και να ελεγχθούν οι εναλλακτικές πολιτικές και στρατηγικές του σχεδιασμού της εκκένωσης (π.χ. για εντολές εκκένωσης, ο τύπος και ο χρόνος της εκκένωσης και ο συντονισμός με άλλους φορείς και υπηρεσίες, για αντιστροφή παρόδων, σε ποια σημεία του οδικού δικτύου, που θα ξεκινά και που θα σταματάει κλπ).

Για τον σχεδιασμό μιας εκκένωσης πρέπει αρχικά να ερευνηθούν κάποιοι κρίσιμοι τομείς:

- Οι χωρικές και χρονικές πληροφορίες. Είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν και να επιλεγούν οι κατάλληλες διαδρομές εκκένωσης, να υπάρχει σαφής προορισμός, να εκτιμηθεί ο χρόνος αναχώρησης και ο χρόνος εκκένωσης, καθώς επίσης οι όγκοι κυκλοφορίας και οι ταχύτητες στο οδικό δίκτυο.
- Πραγματικές πληροφορίες χρόνου. Οι μελέτες και τα εργαλεία προσομοίωσης που θα χρησιμοποιηθούν ή θα δημιουργούν, πρέπει να είναι ικανά να ανταποκριθούν σε πραγματικά δεδομένα και πραγματικές συνθήκες.
- Δυναμική ανάθεση κυκλοφορίας. Τα μεγάλα οδικά δίκτυα έχουν σαφώς περισσότερες δυνατότητες για να υποστηρίξουν την διαδικασία εκκένωσης.

Οι απαιτήσεις των μετακινήσεων κατά την εκκένωση είναι οι εξής:

- Αριθμός μετακινήσεων σε ένα σύστημα.
- Διαφορετικές απαιτήσεις από τις απαιτήσεις των καθημερινών μετακινήσεων
 - Μεγαλύτερη όγκοι κυκλοφορίας σε μικρότερες χρονικές περιόδους.
 - Μετακίνηση που επηρεάζει τη συμπεριφορά.
 - Καθημερινές μετακινήσεις: εργασία, σχολείο, ψώνια κλπ.
 - Μετακινήσεις εκκένωσης: αποχώρηση από επικίνδυνες διαδρομές.
- Τρεις βασικές κατηγορίες πληθυσμού εκκένωσης.
 - Κάτοικοι: μένουν στην επικίνδυνη περιοχή.
 - Τουρίστες και επισκέπτες: μένουν σε ξενοδοχεία.
 - Πληθυσμός ειδικών περιπτώσεων.
 - Φυλακές, σχολεία, νοσοκομεία και εγκαταστάσεις περίθαλψης.
- Σχεδιασμός μετακίνησης.
 - Προσδιορισμός του απαιτούμενου αριθμού οχημάτων που θα χρησιμοποιηθούν.
 - Οι απαιτήσεις των μετακινήσεων βασίζονται κυρίως στον αριθμό των νοικοκυριών και στο μέγεθος των οικογενειών.
- 1,3 οχήματα ανά νοικοκυριό, σύμφωνα με τις πιο κοινές εκτιμήσεις προηγούμενων μελετών.
- Ποσοστά φόρτωσης ταξιδιών βασισμένα στη σιγμοειδή καμπύλη.

- Η σιγμοειδής συνάρτηση είναι μια ειδική περίπτωση της λογιστικής συνάρτησης:

$$P(t) = \frac{1}{1+e^{-t}} \text{ όπου,}$$

$P(t)$, το ποσοστό που εκκενώνει σε χρόνο (t)

t , ο χρόνος από τη στιγμή που ξεκίνησε η διαδικασία.

Τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν σχετικά με τη μετακίνηση αναφέρονται σε τρεις χρονικές περιόδους. Αρχικά, πριν την καταστροφή, απαιτείται ο σχεδιασμός και ο προσδιορισμός των διαδρομών εκκένωσης, η ανάπτυξη εναλλακτικών μέτρων ελέγχου της κυκλοφορίας και η ανάπτυξη σχεδίου πληροφοριών μετακίνησης. Κατά την διάρκεια της καταστροφής, γίνεται η εφαρμογή του σχεδίου, η αξιολόγηση και η πραγματοποίηση αλλαγών. Τέλος, μετά την καταστροφή, διευκολύνεται η επιστροφή των ατόμων που εκκένωσαν την περιοχή και η περίθαλψη των τραυματιών.

1.4 Σχεδιασμός εκκένωσης

Ένα απαραίτητο στοιχείο οποιουδήποτε σχεδίου εκκένωσης είναι ένα προσεκτικά προετοιμασμένο σχέδιο μετακίνησης. Στόχος του σχεδιασμού είναι ο προσδιορισμός των καλύτερων διαδρομών εκκένωσης, η εκτίμηση των χρόνων εκκένωσης για διαφορετικά σενάρια κινδύνου και η αξιολόγηση των στρατηγικών λειτουργίας της κυκλοφορίας. Το σχέδιο θα πρέπει να απαντά με σαφήνεια στα εξής ερωτήματα: Ποιος είναι ο χρόνος που απαιτείται για να απομακρυνθεί με ασφάλεια το κοινό; Ποιοι δρόμοι θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την εκκένωση; Ποιοι είναι οι κρίσιμοι δρόμοι κατά την διαδικασία της εκκένωσης; Πώς μπορεί να βελτιωθεί αποτελεσματικά η διαδικασία της εκκένωσης;

Κατά τον σχεδιασμό πρέπει να ληφθούν υπόψη πληθώρα στοιχείων: η κατεύθυνση της εκκένωσης, η εντολή και ο έλεγχος της διαδικασίας, οι επικοινωνίες κατά τη διάρκεια της εκκένωσης, η μετακίνηση ατόμων με ειδικές ανάγκες, η διαθεσιμότητα και η διανομή των καυσίμων, ο έλεγχος και η διαχείριση της κυκλοφορίας, η δημόσια πληροφόρηση και οι πιθανές παραλήψεις.

Στη συνέχεια δίνεται μια μεθοδολογία εκκένωσης, όπως αναπτύχθηκε από την Federal Highway Administration (FHWA):

Περίληπτική μεθοδολογία εκκένωσης

- *Αξιολόγηση σεναρίων εκκένωσης.* Προσδιορισμός των επτά βασικών περιοχών που είναι οι σημαντικότερες στην επίτευξη των στόχων

προγραμματισμού εκκένωσης: απόφαση για εκκένωση και διαχείριση, σχεδιασμός εκκένωσης, δημόσιες συγκοινωνίες και ετοιμότητα, εκκένωση από άτομα με ειδικές ανάγκες, διαδικασίες, εκτιμήσεις προφυλάξεων – καταφυγίων, εκπαίδευση και εξάσκηση. Στη συνέχεια προσδιορίζονται σε κάθε περιοχή τα χαρακτηριστικά των αποτελεσματικά χειριζόμενων διαδικασιών εκκένωσης και έπειτα διαμορφώνονται ως ερωτήσεις που θα αποτελέσουν τους παράγοντες συντελεστές εκτίμησης. Αναλυτικά δίνονται στον πίνακα 1-1 του παραρτήματος.

- *«Καθαρισμός» παραγόντων.* Δημιουργία υποπαραγόντων, διαμορφωμένοι ως ερωτήσεις, οι οποίες θα «καθαρίσουν» περαιτέρω κάθε μια από τις γενικές ερωτήσεις αξιολόγησης. Παραδείγματος χάριν, ένα κράτος που διαχειρίζεται τις αποφάσεις, θα έχει καθιερώσει τις διαδικασίες για τις μεγάλης κλίμακας εκκενώσεις. Ένα κράτος με ισχυρά προγράμματα εκπαίδευσης και εξάσκησης θα έχει τα σχέδια με τις διατάξεις για την κατάρτιση ενός εθελοντικού μόνιμου προσωπικού. Αναλυτικά δίνονται στον πίνακα 1-2 του παραρτήματος.
- *Συλλογή των σημαντικότερων πληροφοριών από τις ερωτήσεις.* Συγκέντρωση των πληροφοριών σχετικές με κάθε μια από τις ερωτήσεις, συμπεριλαμβανομένων των τρεχουσών ομοσπονδιακών οδηγιών και τα παραδείγματα της καλής εφαρμογής από τις διάφορες πηγές.
- *Ανάλυση των πληροφοριών μέσω μιας διαδικασίας συνεργασίας.* Η ομάδα των αναλυτών και των εμπειρογνομόνων αναλύουν από κοινού και συζήτησε τα στοιχεία και τις επιπτώσεις τους. Συνδυάζουν τις πληροφορίες τους και ορίζουν από κοινού τις εκτιμήσεις για κάθε ένα από τα σχέδια.
- *Διαχείριση της διαδικασίας σε διαφανή μορφή.* Από την αρχή, η ομάδα αξιολόγησης δεσμεύεται σε μια διαφανή διαδικασία. Οι ερευνητές και οι αναλυτές του προγράμματος συσκέπτονται εκτενώς, με όλους τους εμπλεκόμενους υπαλλήλους, πριν καθορίζουν τα κριτήρια. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, η ομάδα παρέχει τις τακτικά ενημερωμένες θέσης κατά την εξέλιξη της.

Ανάπτυξη κριτηρίων

Οι οκτώ παράγοντες που θα απεικονιστούν στις ερωτήσεις αξιολόγησης είναι οι ακόλουθοι:

1. Όλοι οι διαθέσιμοι ασφαλείς και πρακτικοί τρόποι μετακίνησης για τις εκκενώσεις.
2. Ο βαθμός στον οποίο τα σχέδια εκκένωσης συντονίζονται με τα γειτονικά κράτη (ή τις γειτονικές πόλεις) και τις παρακείμενες αρμοδιότητες.
3. Μέθοδοι γνωστοποίησης των σχεδίων εκκένωσης και προετοιμασίας των πολιτών πριν από τις εκκενώσεις.
4. Μέθοδοι συντονισμού επικοινωνίας με τα άτομα που εκκενώνουν, κατά την διάρκεια εκτέλεσης του σχεδίου.
5. Η διαθεσιμότητα των τροφίμων, του νερού, των χώρων ανάπαυσης, του εφοδιασμού με καύσιμα των σταθμών και των ευκαιριών για εύρεση καταφυγίων κατά μήκος των διαδρομών εκκένωσης.
6. Ο απαιτούμενος χρόνος εκκένωσης σύμφωνα με το σχέδιο.
7. Οι φυσικές και διανοητικές πιέσεις που συνδέονται με την εκκένωση.
8. Οι απώλειες του σχεδίου.

1.5 Άλλες μελέτες και συστήματα προσομοίωσης εκκένωσης – υποστήριξης σχεδιασμού – υποστήριξης αποφάσεων

1.5.1 Πρότυπα και λογισμικά προσομοίωσης

Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες να αναπτυχθούν τα πρότυπα προσομοίωσης για τη χρήση στον προγραμματισμό σε περιπτώσεις εκκενώσεων και είναι χρήσιμο να προσπαθήσουμε να τα ταξινομήσουμε ώστε να γίνει κατανοητή η μέθοδος που υιοθετείται. Γενικά, υπάρχουν τρεις πιθανές μέθοδοι που υιοθετούνται στην ανάπτυξη τέτοιων μοντέλων-προσομοιωτών κυκλοφορίας, και τα δύο από αυτά, μικρο-προσομοιωτής (micro-simulators) και μακρο-προσομοιωτής (macro-simulations) αναφέρονται από τον Southworth [ΞΠ 53].

Micro-simulators

Στους μικρο-προσομοιωτές, γίνεται μια προσπάθεια να ακολουθηθεί η λεπτομερή μετακίνηση των μεμονωμένων οντοτήτων στο οδικό δίκτυο που προσομοιώνεται. Οι οντότητες αυτές μπορεί να είναι ιδιωτικά αυτοκίνητα, λεωφορεία ή φορτηγά ή επίσης άνθρωποι, μεμονωμένα ή κατά ομάδες. Παραδείγματα μικρο-προσομοιωτών

δίνονται στα Mahmassani [ΞΠ 34], Peat, Marwick και Mitchell [ΞΠ 38], Rathi και Santiago [ΞΠ 47] και Stern και Sinuany- Stern [ΞΠ 55]. Το προφανές πλεονέκτημα των μικρο-προσομοιωτών είναι ότι η προσομοίωση είναι σε θέση να ακολουθήσει την κάθε λεπτομέρεια, καθιστώντας έτσι πολύ εύκολη την εισαγωγή πραγματικών παραγόντων, όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η επέμβαση αστυνομίας και οι διακοπές των οχημάτων που μπορεί να εμποδίσουν την πρόοδο μιας εκκένωσης.

Macro-simulators

Οι μάκρο-προσομοιωτές δεν κάνουν καμία προσπάθεια να ακολουθήσουν τη λεπτομερή συμπεριφορά των μεμονωμένων οχημάτων και είναι βασισμένοι στις εξισώσεις που προέρχονται από τις αναλογίες με τις ρευστές ροές στα δίκτυα. Παραδείγματα μάκρο-προσομοιωτών αναπτύσσονται στα Sheffi [ΞΠ 51], McLean [ΞΠ 36], Hobioka και Jamie [ΞΠ 24] και Southworth και Chin [ΞΠ 54]. Μερικοί μάκρο-προσομοιωτές είναι συγκριτικά αμετάβλητοι, δεδομένου ότι ανταπεξέρχονται μόνο στις σταθερές κρατικές συνθήκες, αλλά αυτό μπορεί να μην είναι ακριβές στο δυναμικό και μερικές φορές χαοτικό περιβάλλον μιας εκκένωσης έκτακτης ανάγκης. Το κύριο πλεονέκτημα τους είναι ότι είναι λιγότερο υπολογιστικά απαιτητικοί από τους μικρο-προσομοιωτές. Δεν υπάρχει καμία ανάγκη να διατηρηθούν οι πληροφορίες για χιλιάδες μεμονωμένες οντότητες, αντ' αυτού οι μεταβλητές ενημερώνονται ανά διαστήματα από τις δυναμικές εξισώσεις.

Meso-simulators

Οι μέσο-προσομοιωτές είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ των δύο προσεγγίσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω και εμπεριέχουν μια ασυνεχή προσομοίωση που ακολουθεί τις μετακινήσεις των ομάδων των οχημάτων. Αυτή η προσέγγιση (παραδείγματος χάριν το αμερικάνικο σύστημα US Federal Emergency Management Agency's I-Dynev system [ΞΠ 18] και το ενσωματωμένο τους σύστημα διαχείρισης έκτακτης ανάγκης Integrated Emergency Management System [ΞΠ 5]) αναπτύχθηκε λόγω μιας ανάγκης να βρεθεί κάποιος τρόπος να μειωθούν οι υπολογιστικές απαιτήσεις έμφυτα σε μια μικρο-προσομοίωση χωρίς απώλεια της ανάγκης για τις σχετικά λεπτομερείς αλληλεπιδράσεις. Λαμβάνοντας υπόψη τους υπολογισμούς των δοθέντων εξελίξεων ανάπτυξης φαίνεται ότι δεν χρίζει μεγάλη ανάγκη να χρησιμοποιηθεί αυτή η προσέγγιση για λόγους προγραμματισμού. Εντούτοις, έχουν ακόμα τη θέση τους σε εφαρμογές στον πραγματικό χρόνο, και ο Barcello [ΞΠ 3] περιγράφει μια τέτοια προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί ένας μέσο-προσομοιωτής στη διαχείριση αστικής κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο.

Παγκοσμίως έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμα πρότυπα προσομοίωσης και αναλυτικά εργαλεία για να βοηθήσουν στο σχεδιασμό, τη λειτουργία, τη διαχείριση, και την αξιολόγηση των σχεδίων και των πολιτικών εκκένωσης σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης καθώς επίσης και πρότυπα λογισμικού προσομοίωσης κυκλοφορίας για τον προγραμματισμό της εκκένωσης. Τα πρότυπα αυτά είναι τα εξής:

Πρότυπα προσομοίωσης και αναλυτικά εργαλεία

- **Evacuation Traffic Information System (ETIS-PBS&J, 2000)**

Η FHWA υποστηρίζει το ETIS, το οποίο είναι ένα πρόγραμμα βασισμένο στο WEB, που διευκολύνει τη διανομή των πληροφοριών της εκκένωσης και της κυκλοφορίας μεταξύ των παράκτιων κρατών στον Περσικό Κόλπο και στο νοτιοανατολικό τμήμα από το Τέξας στη Βιρτζίνια. Το ETIS υποστηρίζει τις αποφάσεις όπως ο τύπος εκκένωσης (π.χ. εθελοντική, υποχρεωτική, οργανωμένη) και την εκτέλεση των επιχειρήσεων αντιροής (contraflow) ή παρόδου-αντιστροφής (lane-reversal) και έχει την ικανότητα να ενσωματώνει τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Το ETIS αναπτύχθηκε αρχικά από το σώμα στρατού των μηχανικών προστασίας των ΗΠΑ (U.S. Army Corps of Engineers auspices), αλλά τώρα είναι υπό την αιγίδα της FHWA και για την ανάπτυξη του ασχολούνται οι ιδιωτικοί υπεύθυνοι της FHWA.

- **Evacuation Travel Demand Forecasting System**

Πρόκειται για ένα σύστημα διαμόρφωσης και ανάλυσης μεγάλης έκτασης εκκένωσης που αναπτύχθηκε ύστερα από τα επακόλουθα του τυφώνα Floyd, για να καλύψει την ανάγκη να προβλεφθούν και να εκτιμηθούν οι μεγάλοι όγκοι της κρατικής κυκλοφορίας. Αυτό είναι ένα σύστημα πρόβλεψης της απαίτησης της μετακίνησης, βασισμένο στο WEB, το οποίο προβλέπει την κυκλοφοριακή συμφόρηση κατά την διάρκεια μιας εκκένωσης, για τη βόρεια Καρολίνα, τη νότια Καρολίνα, τη Γεωργία, και τη Φλόριντα. Σχεδιάστηκε έτσι ώστε οι αρμόδιοι διαχείρισης εκτάκτων αναγκών να μπορούν να έχουν απευθείας πρόσβαση στο πρότυπο και να εισαγάγουν την κατηγορία του τυφώνα, το αναμενόμενο ποσοστό συμμετοχής εκκένωσης, την κατοίκηση τουριστών και την αναλογία προορισμών για τους πληγείσες περιοχές. Τα αποτελέσματα του προτύπου περιλαμβάνουν το αναμενόμενο επίπεδο συμφόρησης σε σημαντικές εθνικές οδούς και πίνακες των όγκων των οχημάτων που αναμένονται για να διασχίσουν τις κρατικές γραμμές, σύμφωνα με τις οδηγίες.

- **HAZUS-MH (Hazard U.S. – Multi-Hazards)**

Αναπτυγμένο από τη FEMA (Federal Emergency Management Agency), αυτό το πρότυπο είναι ένα πρόγραμμα αξιολόγησης και εκτίμησης του κινδύνου απώλειας που συνοδεύουν τους σεισμούς, τους τυφώνες και τις πλημμύρες. Με την απομίμηση του φυσικού κόσμου των κτηρίων και των δομών και έπειτα με την ένταξη του στις σύνθετες συνέπειες ενός γεγονότος κινδύνου, οι χρήστες μπορούν να εφαρμόσουν αυτό το εργαλείο για να προετοιμαστούν για μια φυσική καταστροφή, για να ανταποκριθούν στην απειλή και να αναλύσουν την πιθανή απώλεια ζωής, τους τραυματισμούς και τις ζημιές στις ιδιοκτησίες. Μπορεί να επιτρέψει μια κοινή αξιολόγηση, χρησιμοποιώντας τα βασικά στοιχεία που λαμβάνονται από τους εθνικούς δημόσια διαθέσιμους πόρους και τους πόρους που συμπληρώνονται με ακριβή στοιχεία από τους τοπικούς χρήστες.

- **CATS/JACE (Consequence Assessment Tool Set/Joint Assessment of Catastrophic Events)**

Αναπτυγμένο κάτω από την καθοδήγηση της FEMA και της αντιπροσωπείας μείωσης αμυντικής απειλής (Defense Threat Reduction Agency - DTRA), το λογισμικό CATS/JACE παρέχει ανάλυση της καταστροφής σε πραγματικό χρόνο, με μια σειρά πληροφοριών που ενσωματώνεται από ποικίλες πηγές. Το λογισμικό είναι αναπτυσσόμενο για τις πραγματικές έκτακτες ανάγκες, έχοντας όμως τις προϋποθέσεις να συμπεριλάβει τον πιθανό και λογικό προγραμματισμό, καθώς επίσης και τις διαχείρισης των συνεπειών.

Το πρόγραμμα CATS ενσωματώνει την πρόβλεψη κινδύνου, την αξιολόγηση των συνεπειών και τα διοικητικά εργαλεία έκτακτης ανάγκης με τα κρίσιμα στοιχεία πληθυσμών και υποδομής. Χρησιμοποιεί τα εργαλεία και τα στοιχεία που προβλέπουν τις περιοχές κινδύνου, που προκαλούνται από ανθρωπογενείς παράγοντες και φυσικές καταστροφές, όπως οι σεισμοί και οι τυφώνες. Βοηθά στον υπολογισμό της παράλληλης ζημίας στις εγκαταστάσεις, τους πόρους και την υποδομή, και δημιουργεί τις στρατηγικές μετριασμού.

- **Hurricane and Evacuation (HURREVAC- COE, 1994)**

Το HURREVAC είναι ένα πρότυπο που αναπτύσσεται συγκεκριμένα για τις εκκενώσεις τυφώνα. Αναπτύχθηκε από το USACE εξ' ονόματος της FEMA, για χρήση από τους διαχειριστές έκτακτης ανάγκης. Είναι ένα λειτουργικό εργαλείο, που βοηθά τους ιθύνοντες πριν και κατά τη διάρκεια μιας εκκένωσης. Αντλεί τις πληροφορίες από μια ευρεία γκάμα πηγών, συμπεριλαμβανομένου του NHC, τις εκτιμήσεις κατακλυσμού

από το πρότυπο SLOSH και τις πληροφορίες για τη θέση, την απομένουσα χωρητικότητα και τις πιθανότητες πλημμύρας όλων των καταφυγίων στην περιοχή. Εκτιμά επίσης το χρόνο που απαιτείται για την εκκένωση, τον οποίο χρησιμοποιούν οι αρμόδιοι για τις περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, για να καθορίσουν πότε θα αρχίσει η εκκένωση. Επιπλέον, χρησιμοποιεί τα στοιχεία GIS για να συσχετίσει τα δημογραφικά στοιχεία με τις θέσεις καταφυγίων και την εγγύτητά τους στις διαδρομές εκκένωσης και για να υπολογίσει τις επιπτώσεις των αποφάσεων στρατηγικής εκκένωσης.

- **Network Emergency Evacuation (NETVAC)**

Το NETVAC αναπτύχθηκε από τους Yossi Sheffi, Hani S. Mahmassani και W.B. Powell, στο ίδρυμα τεχνολογίας της Μασαχουσέτης το 1982, ως μέρος της αντίδρασης στο περιστατικό των πυρηνικών αντιδραστήρων στο Three-Mile Island το 1979. Ενώ μια ισχυρή άποψη για απάντηση σε αυτές τις περιπτώσεις είναι η προσομοίωση από το σημείο-A-στο-σημείο-B, στην πράξη είναι περιορισμένη εφαρμογές εκκένωσης τυφώνα, η οποία περιλαμβάνει συχνά πολλαπλά σημεία A και B. Εντούτοις, οι διαχειριστές μεταφορών και έκτακτης ανάγκης μπορούν να επιδιώξουν να χρησιμοποιήσουν αυτό το πρότυπο για να αναλύσουν την επιλογή διαδρομών, τους ελέγχους διασταυρώσεων και τη διαχείριση παρόδων [ΞΠ 51].

- **MASS eVACuation (MASSVAC-VP, 1985)**

Αυτό είναι ένα μεγάλο πρότυπο που αναπτύχθηκε αρχικά με σκοπό τη διαμόρφωση των εκκενώσεων των εγκαταστάσεων πυρηνικής ενέργειας. Δημιουργήθηκε μετά το NETVAC από τους Antoine G.Hobeika και Changkyun Kim το 1985, «ως πρότυπο προσομοίωσης που σχεδιάστηκε για την ανάλυση και την αξιολόγηση των σχεδίων εκκένωσης για τις αστικές περιοχές που απειλούνται από τις φυσικές καταστροφές» συμπεριλαμβανομένων των πλημμυρών, των τυφώνων, των τσουνάμι και άλλων παρόμοιων γεγονότων. Μπορεί να προσομοιώσει τη ροή στα δίκτυα εθνικών οδών και τις διαθέσιμες αποδοτικές διαδρομές από μια περιοχή κινδύνου στα κοντινότερα καταφύγια, καθώς και το χρόνο εκκένωσης για το δίκτυο. Εξετάζει επίσης την κυκλοφοριακή ροή στη μεγάλη κλίμακα των νομών και «έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης μιας δοκιμής των λειτουργικών στρατηγικών για εκκένωση τυφώνα στη Βιρτζίνια» [ΞΠ 24].

- **Oak Ridge Evacuation Modeling System (OREMS-ORNL, 1999)**

Αυτό είναι ένα εργαλείο ανάλυσης εκκένωσης το οποίο σχεδιάστηκε με σκοπό να μιμηθεί την κυκλοφοριακή ροή κατά τη διάρκεια των διάφορων προσανατολισμένων για άμυνα εκκενώσεων έκτακτης ανάγκης. Το πρότυπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστούν οι χρόνοι εκκένωσης και να προσδιορίσουν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και άλλες πληροφορίες όπως οι διαδρομές εκκένωσης και οι απαραίτητοι χρόνοι για να αναπτυχθούν τα σχέδια εκκένωσης. Επιτρέπει επίσης στους χρήστες να πειραματιστούν με τις εναλλασσόμενες διαδρομές, τους προορισμούς, τις στρατηγικές ελέγχου της κυκλοφορίας και διαχείρισης και τα ποσοστά απάντησης ατόμων που εκκενώνουν την περιοχή [ΞΠ 48]

- **Sea, Lake, and Overland Surges from Hurricanes (SLOSH)**

Το πιο ευρέως εφαρμοσμένο πρότυπο για την ανάλυση εκκένωσης λόγω πλημμύρας, είναι το πρότυπο SLOSH. Αναπτυγμένο από το NWS (National Weather Service) για να προβλέψει το κύμα θύελλας τυφώνα για ένα δεδομένο σύνολο όρων (π.χ., δύναμη τυφώνα, ταχύτητα αέρα, κατεύθυνση της μετακίνησης, και γεωγραφία), χρησιμοποιείται επίσης για να βοηθήσει το σχεδιασμό των διαδρομών εκκένωσης και να εντοπίσει τα καταφύγια έκτακτης ανάγκης βασισμένα σε εκτιμήσεις, των οποίων οι γεωγραφικές περιοχές θα μπορούσαν να πλημμυρίσουν κάτω από ορισμένα σενάρια θύελλας. Το NHC (National Hurricane Center), σε συντονισμό με την ομοσπονδιακό κράτος και τις τοπικές οργανώσεις, έχουν αναπτύξει τα πρότυπα SLOSH, για πάνω από 38 λεκάνες ύδατος κατά μήκος παράκτιων περιοχών του Ατλαντικού και Ειρηνικού ωκεανού, με 14 «λεκάνες SLOSH» που καλύπτουν το κράτος της Φλόριντα.

- **Dynamic Network Evacuation (DYNEV-KLD, 1982)**

Πρόκειται για ένα μακροσκοπικό μοντέλο για την προσομοίωση της εκκένωσης περιοχών πολύ κοντά σε εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας, ενισχυμένο για να διαμορφώνει τις διαδικασίες προγραμματισμού για περιπτώσεις τυφώνα και για να αναλύει την ικανότητα των δικτύων και τις απαιτήσεις των εκκενώσεων. Δεν έχει όμως την ικανότητα να ενσωματώσει τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο [ΞΠ 28].

- **Decision Support System for Evacuation Planning in Taiwan (TEVACS)**

Αυτό το πρότυπο διαμορφώθηκε το 1990 για να εξετάσει συγκεκριμένα την εκκένωση μεγάλων πόλεων στην Ταϊβάν. Οι μεγάλες πόλεις στην Ταϊβάν δεν στηρίζονται στα αυτοκίνητα για την εκκένωση. Αντ' αυτού υπάρχει ένας συνδυασμός των αυτοκινήτων, της δημόσιας συγκοινωνίας, των μοτοσικλετών και των ποδηλάτων

που πρέπει να περιληφθούν στο πρότυπο, για να εξετάσει αληθινά το πρόβλημα. Για να αντιμετωπιστεί η ποικιλία των τρόπων για εκκένωση, ο Han μετέτρεψε τον κάθε τρόπο σε μια καθολική μονάδα που ονομάστηκε PCU (Passenger Car Unit). Αυτές οι μονάδες χρησιμοποιούνται στη συνέχεια στις διαδρομές με ποικίλες ικανότητες, για να καθοριστεί ο χρόνος και το πεδίο της εξόδου. Το TEVACS είναι πολύ ευέλικτο, καθώς πολλές από τις παραμέτρους μπορούν να αλλάξουν και να εξεταστούν για την ευαισθησία τους στον έλεγχο μιας εκκένωσης [ΞΠ 21].

- **Transportation Simulation System (TRANSIMS)**

Το TRANSIMS είναι ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο διαμόρφωσης λόγω της μοναδικής ικανότητάς του να καλύπτει τις μεγάλες μητροπολιτικές περιοχές (και επομένως εκτεταμένα αποτελέσματα) ενώ ταυτόχρονα απομimetείται μικροσκοπικά τις κινήσεις διαφυγής όλων των ατόμων. Αν και τα άτομα στο TRANSIMS συνθέτουν έναν «συνθετικό» πληθυσμό (που εδρεύει στις παρεκτάσεις των στοιχείων απογραφής), τα ίχνη τους οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας είναι γνωστά και τα πρότυπα συμπεριφοράς μπορούν να ενσωματωθούν όπως απαιτούνται. Λόγω της ανάγκης για ενισχυμένα μέτρα ασφάλειας και διαθεσιμότητας νέων μεθοδολογιών για τη διαμόρφωση σεναρίου έκτακτης ανάγκης, οι ερευνητές της TRACC και η ομάδα εργασίας για την τρομοκρατία του Ιλινόις (Illinois Terrorism Task Force - ITTF) χρησιμοποίησαν το πρότυπο TRANSIMS για να μιμηθούν την πρόοδο και τον αντίκτυπο των εκκενώσεων έκτακτης ανάγκης στην επιχειρησιακή περιοχή του Σικάγου.

- **Transportation Evacuation Decision Support System (TEDSS)**

Ένα πρότυπο που έχει αναπτυχθεί σκοπεύοντας ειδικά στον σχεδιασμό και τη λειτουργία εκκενώσεων γύρω από τις εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας. Το πρότυπο υποδιαιρεί την περιοχή εκκένωσης 10 μιλίων, που μετρείται με κέντρο τις εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας, στις ζώνες προγραμματισμού έκτακτης ανάγκης (Emergency Planning Zones - EPZ). Τα άτομα που εκκενώνουν την περιοχή "φορτώνονται" στο δίκτυο που είναι βασισμένο στον τύπο εκκένωσης, τις καιρικές συνθήκες, το αν είναι νύχτα ή ημέρα και το αν κλιμακώνεται η εκκένωση αργά ή γρήγορα. Τα αποτελέσματα του προτύπου παρουσιάζουν τους χρόνους εκκένωσης, τις διαδρομές εκκένωσης και τις αναμενόμενες δυσχέρειες στο δίκτυο. Το πρότυπο έχει εφαρμοστεί για να αναπτύξει τα σχέδια εκκένωσης γύρω από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος Surry στη Βιρτζίνια [ΞΠ 25].

- **Regional evacuation modeling system (REMS)**

Δημιουργήθηκε από τον Suleyman Tufekci του πανεπιστημίου της Φλόριντας το 1990, στοχεύοντας στην επίλυση του προβλήματος τυφώνα της πόλης. Πρόκειται για ένα μοντέλο σχεδιασμού εκκένωσης λόγω τυφώνα βασισμένο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το λογισμικό χρησιμοποιεί την προσομοίωση καθώς επίσης και διάφορα πρότυπα βελτιστοποίησης δικτύων, στον υπολογισμό του χρόνου εκκένωσης και της κυκλοφοριακής ροής σε ένα δεδομένο οδικό δίκτυο. Το σύστημα είναι πολύ ισχυρό και φιλικό προς το χρήστη. Ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του REMS είναι η δυνατότητά του να χρησιμοποιείται σε πραγματικό χρόνο [ΞΠ 57].

- **Configurable Evacuation Management and Planning System (Cemps)**

Το CEMPS είναι ένα πρωτότυπο χωρικό σύστημα υποστήριξης απόφασης, που συνδέει την τοπογραφική υποστήριξη και την ανάλυση που παρέχονται από ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών, ARC/INFO, με τη δυνατότητα να προσομοιωθεί η δυναμική μιας διαδικασίας εκκένωσης. Έχει σχεδιαστεί με σκοπό να επιτρέπει, στους αρμόδιους για το σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης, να πειραματιστούν με τα διαφορετικά σχέδια εκκένωσης έκτακτης ανάγκης, προκειμένου να επινοηθεί ένα σχέδιο που να καλύπτει τις απαιτήσεις τους [ΞΠ 43]

- **TransModeler (Caliper, 2000)**

Το TransModeler είναι ένα προϊόν προσομοίωσης κυκλοφορίας για τον προγραμματισμό κυκλοφορίας εκτενών ζωνών, τη διαχείριση κυκλοφορίας και τις μελέτες εκκένωσης έκτακτης ανάγκης και κυκλοφόρησε αρχικά το Δεκέμβριο του 2005. Μπορεί να ζωντανέψει τη συμπεριφορά των πολύμορφων συστημάτων κυκλοφορίας για να παρουσιάσει τη ροή των οχημάτων, τη λειτουργία των σημάτων κυκλοφορίας και τη γενική απόδοση του δικτύου μεταφορών. Μπορεί να μιμηθεί όλα τα είδη οδικών δικτύων, από τους αυτοκινητόδρομους έως τους δρόμους στο κέντρο μιας πόλης και μπορεί να αναλύσει τα ευρέα πολύμορφα δίκτυα της περιοχής με μεγάλη λεπτομέρεια και με υψηλή πιστότητα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με το TransCAD για να παράγει μια ολοκληρωμένη ικανότητα να εκτελεσθεί η λειτουργική ανάλυση των προγραμμάτων και των σχεδίων μεταφορών.

Πρότυπα λογισμικού προσομοίωσης κυκλοφορίας

➤ **Dynamic Network Assignment-Simulation Model for Advanced Road Telematics (DYNASMART-P)**

Η FHWA (Federal Highway Administration) υποστήριξε την ανάπτυξη αυτού του προτύπου από το πανεπιστήμιο της Maryland, για την υποστήριξη των αποφάσεων στις διαδικασίες σχεδιασμού και κυκλοφορίας των δικτύων, μέσω της χρήσης προσομοιωτών βασισμένων στη δυναμική ανάθεση της κυκλοφορίας. Η FHWA εξετάζει την εφαρμογή αυτού του προτύπου για τη ανάλυση της διαχείρισης μεταφορών σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης [ΞΠ 29].

➤ **Traffic Estimation and Prediction System (TrEPS)**

Η FHWA έχει εργαστεί πάνω στα δυναμικά ερευνητικά προγράμματα ανάθεσης κυκλοφορίας. Ο κύριος στόχος των ερευνητικών προγραμμάτων είναι να εξελιχθεί ένα αναπτυσσόμενο σύστημα εκτίμησης και πρόβλεψης της χρονικής κυκλοφορίας.

➤ **CORridor SIMulation (CORSIM)**

Το CORSIM είναι ένα πρόγραμμα μικροϋπολογιστής προσομοίωσης που αναπτύχθηκε από τη FHWA το 1996. Έχει εξελιχθεί με την πάροδο του χρόνου από δύο χωριστά προγράμματα προσομοίωσης κυκλοφορίας: το NETSIM ή TRAF-NETSIM (για την προσομοίωση της επιφάνειας των δρόμων και το FRESIM (για την προσομοίωση αυτοκινητοδρόμων), τα οποία είναι παλαιότερα προγράμματα που αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ευρέως πολύ προτού CORSIM ήταν διαθέσιμο. Το CORSIM συνδύασε τα δύο αυτά προγράμματα προκειμένου να υπάρξει η δυνατότητα να αναλύσει τα πλήρη συστήματα. Ένα πλεονέκτημα του λογισμικού CORSIM είναι ότι έχει βελτιωθεί, καθώς είναι βασισμένο στην εισαγωγή δεδομένων από διαφορετικούς χρήστες από όλη τη χώρα. Είναι ένα εργαλείο που μιμείται την κυκλοφορία τους όρους ελέγχου της κυκλοφορίας στα συνδυασμένα δίκτυα οδών και αυτοκινητόδρομων επιφάνειας. Καθορίζει πώς οι στρατηγικές εφαρμοσμένης μηχανικής και ελέγχου κυκλοφορίας επιδρούν στην απόδοση ενός λειτουργικά ορισμένου δικτύου, όπως εκφράζονται από την MOEs (Measures of Effectiveness) [ΞΠ 52].

➤ **FREeway SIMulation (FRESIM)**

Το πρότυπο προσομοίωσης FRESIM, που αναπτύχθηκε από την FHWA, είναι ένα μικροσκοπικό, πιθανολογικό πρότυπο προσομοίωσης υπολογιστών, ικανό να μιμείται τις διαδικασίες της κυκλοφορίας στους αυτοκινητόδρομους. Είναι ένα

πρότυπο αυτοκινητόδρομων που διαμορφώνει τις συνεχείς εγκαταστάσεις, συμπεριλαμβανομένων κατηγοριοποιημένων οδών ταχείας κυκλοφορίας και των διακρατικών αυτοκινητόδρομων.

➤ **NETSIM**

Το NETSIM είναι ένα από δύο πρότυπα μικρο-προσομοίωσης που περιλαμβάνονται στο λογισμικό CORSIM. Σχεδιάστηκε για την αστική διαμόρφωση οδών επιφάνειας. Είναι ένα αρτηριακό πρόγραμμα ανάλυσης που διαμορφώνει τις αρτηρίες με τις τραχύς διασταυρώσεις. Στο NETSIM, κάθε όχημα είναι ένα ευδιάκριτο αντικείμενο που κινείται κάθε δευτερόλεπτο. Κάθε μεταβλητή συσκευή ελέγχου (όπως τα σήματα κυκλοφορίας) και κάθε γεγονός ενημερώνονται κάθε δευτερόλεπτο. Επιπλέον, κάθε όχημα προσδιορίζεται ανά κατηγορία (αυτοκίνητο, φορτηγό ή λεωφορείο) και από τον τύπο (μέχρι και 16 διαφορετικοί τύποι οχημάτων).

Το NETSIM είναι από τη φύση του ένα πιθανολογικό πρότυπο και καθορίζει τα σχέδια κυκλοφορίας βασισμένα σε έναν τυχαίο αριθμό “σπόρων” που μπορεί να εκδοθεί από τον προγραμματιστή. Το σύστημα προσομοίωσης χρησιμοποιεί μια πολλαπλασιαστική τεχνική αντιστοίχισης για να παραχθούν οι τυχαίοι αριθμοί, οι οποίοι χρησιμοποιούνται έπειτα για να μιμηθούν τα τυχαία στοιχεία της κυκλοφοριακής ροής [ΞΠ 45].

➤ **Paramics**

Το Quadstone Paramics είναι μια σουίτα διαμόρφωσης των μικροσκοπικών εργαλείων προσομοίωσης που παρέχουν μια ισχυρή, ενσωματωμένη πλατφόρμα για τη διαμόρφωση μιας πλήρους σειράς των πραγματικών προβλημάτων κυκλοφορίας και μεταφορών και χρησιμοποιούνται σε περισσότερες από 40 χώρες. Τα μοντέλα Paramics συνδυάζονται για να βελτιώσουν τη χρησιμότητα, την ενσωμάτωση και την παραγωγικότητα, επιτρέποντας στους χρήστες και στους πελάτες να πάρουν τις προστιθέμενες τιμές από τη διαδικασία διαμόρφωσης. Το λογισμικό Paramics είναι πλήρως εξελίσσιμο και σχεδιασμένο για να χειριστεί τα σενάρια τόσο εκτεταμένα όσο μια ενιαία διασταύρωση, κατευθείαν σε έναν κορεσμένο αυτοκινητόδρομο ή τη διαμόρφωση του συστήματος κυκλοφορίας μιας ολόκληρης πόλης [ΞΠ 8, 10, 11].

➤ **EMME**

Το EMME είναι ένα εργαλείο ανάλυσης δικτύων μεταφορών. Πρόκειται για ένα περίπλοκο πακέτο λογισμικού που βοηθά τους αρμόδιους σχεδιασμού μεταφορών

να διαμορφώσουν πώς θα κινηθούν οι άνθρωποι μέσω ενός δικτύου μεταφορών κάτω από ένα δεδομένο σύνολο όρων. Όπως το ArcInfo, τα δίκτυα ΕΜΜΕ αποτελούνται από τα τόξα και τους κόμβους, με ιδιότητες βασισμένες στα τόξα, όπως η ικανότητα και ο αριθμός παρόδων σε καθεμία κατεύθυνση. Επιπλέον, το ΕΜΜΕ αντιπροσωπεύει μια διπλής κατεύθυνσης οδό με δύο τόξα [ΞΠ 49].

➤ **Microscopic Traffic Simulator (MITSIM)**

Το MITSIM είναι ένα πρότυπο που αναπτύχθηκε από την MITSIMLab (ένα εργαστήριο βασισμένο στην προσομοίωση) [ΞΠ 63]. Ο ρόλος του είναι να αντιπροσωπευθεί «ο κόσμος.» Τα στοιχεία της κυκλοφορίας και των δικτύων, αντιπροσωπεύονται λεπτομερώς προκειμένου να συλλάβουν την ευαισθησία των κυκλοφοριακών ροών στις στρατηγικές ελέγχου και δρομολόγησης. Είναι το μόνο μικροσκοπικό μοντέλο προσομοίωσης που χρησιμοποιεί τις συνολικές πληροφορίες κυκλοφορίας (ταχύτητα, ροή και πυκνότητα) για:

- Αυτόματη βαθμονόμηση.
- Συστηματική, βελτιστοποιημένη βαθμονόμηση των καθορισμένων παραμέτρων.
- Σύνδεση εκτιμήσεων απαιτούμενων χρόνων.

➤ **VISSIM**

Είναι ένα μικροσκοπικό πολύμορφο λογισμικό προσομοίωσης κυκλοφοριακής ροής. Αναπτύχθηκε από την PTV (Planung Transport Verkehr AG) στην Καρλσρούη της Γερμανίας. Το όνομα προέρχεται από «Verkehr In Städten - SIMulationsmodell» (γερμανικά για το «κυκλοφορία στις πόλεις - πρότυπο προσομοίωσης») και από το 1992 είναι παγκόσμιος πρωτοπόρος στην αγορά, μέχρι σήμερα. Αποτελεί ένα εξαιρετικά ρεαλιστικό μοντέλο της κυκλοφορικής ροής, που με το μοναδικά υψηλό επίπεδο λεπτομέρειάς του, μιμείται ακριβώς την αστική κυκλοφορία και την κυκλοφορία εθνικών οδών, συμπεριλαμβανομένων των πεζών, των ποδηλατών και των μηχανοκίνητων οχημάτων. Το VISSIM είναι ιδανικό εργαλείο για τους επαγγελματίες μεταφορών που θέλουν να μιμηθούν τα διαφορετικά σενάρια κυκλοφορίας πριν αρχίζουν την εφαρμογή. Τους επιτρέπει να βρουν μια λύση που να λαμβάνει υπόψη την ποιότητα της κυκλοφορίας, την ασφάλεια και το κόστος, καθώς επίσης προσφέρει τη μοναδική ευκαιρία να ενσωματωθούν οι πολίτες στη διαδικασία λήψης αποφάσεων [ΞΠ 22].

Σε αυτό το σημείο πρέπει να προστεθεί ένα ρεαλιστικό τρισδιάστατο πρότυπο υπολογιστών, που αναπτύχθηκε από τον Paul Torrens το 2007 για τον σχεδιασμό συνθηκών πανικού σε αστικές περιοχές (Modeling Urban Panic) και μπορεί να προβλέψει τη συμπεριφορά του πλήθους στις διάφορες χωρικές διαμορφώσεις. Επίσης, η Savannah Simulations AG, έχει αναπτύξει ένα λογισμικό μικροπροσομοίωσης, το SimWalk PRO, το οποίο προσομοιώνει την κίνηση των πεζών για την διαχείριση της κυκλοφορίας, τον προγραμματισμό εκκένωσης και τον αστικό σχεδιασμό. Τέλος, η APC (Advanced Practice Center), ανέπτυξε το Urban to Rural Evacuation Modeling Tool, μια online, βασισμένη σε χάρτη (map-based) εφαρμογή, που προβλέπει το κύμα πληθυσμού που καταφεύγει στις προαστικές και αγροτικές περιοχές, μετά από πιθανές αστικές καταστροφές. Οι χρήστες αυτής της εφαρμογής μπορούν να επιλέξουν μεταξύ τριών σεναρίων καταστροφής: "ρυπαρή" βόμβα, πανδημική γρίπη ή χημικό γεγονός.

1.5.2 Άλλες μελέτες

Διάφορες εργασίες έχουν χρησιμοποιήσει τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS) στην ενίσχυση του προγραμματισμού εκκένωσης [ΞΠ 2, 30, 31], άλλες πρότειναν τη χρήση του ευφυούς συστήματος μεταφορών (ITS) [ΞΠ 4, 37, 58, 65] κατά τη διάρκεια μιας εκκένωσης, και άλλες αξιολογούν τις απώλειες και τα οφέλη από το δικαίωμα προαγοράς οχημάτων σε περιπτώσεις κινδύνου (Emergency Vehicle Preemption - EVP) [ΞΠ 6, 32, 33, 35].

Ένα πλήθος εργασιών έχει εξετάσει την ανθρώπινη συμπεριφορά σε μια εκκένωση [ΞΠ 55, 40], άλλες εργασίες έχουν εξετάσει τις διάφορες πτυχές των απαιτήσεων της μετακίνησης σε μια γεωγραφική εκκένωση [ΞΠ 12, 14], έχουν αναπτυχθεί μεθοδολογίες δρομολόγησης εκκένωσης [ΞΠ 7, 10, 16] για να βοηθήσουν στη γρήγορη μετακίνηση των ατόμων από την περιοχή εκκένωσης, μετά από ένα περιστατικό έκτακτης ανάγκης, έχει αναπτυχθεί μια διαδικασία πέντε - βημάτων [ΞΠ 53], παρόμοια στη φύση με το πρότυπο προγραμματισμού μεταφορών τεσσάρων - βημάτων για τη χρήση στον προγραμματισμό εκκένωσης. Επιπλέον, έχει γίνει μια περιεκτική αναθεώρηση των πολιτικών και των σχεδίων εκκένωσης σε εθνικό επίπεδο [ΞΠ 58], δοκιμασμένα υπάρχοντα σχέδια εκκένωσης βασισμένα στα αναλυτικά και αποτελέσματα προσομοίωσης [ΞΠ 49, 52], καθώς επίσης και πολυάριθμες εργασίες που έχουν εξετάσει την εκκένωση σε περίπτωση τυφώνα [ΞΠ 50, 60]. Η πλειοψηφία αυτών των εργασιών απευθύνονται σε συγκεκριμένες ανησυχίες των κρατών που βρίσκονται στις ακτές του Περσικού Κόλπου και στις ανατολικές ακτές των Ηνωμένων Πολιτειών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

2.1 Σκοπός εργασίας

Ο σχεδιασμός και η οργάνωση μιας εκκένωσης είναι μια σοβαρή και δύσκολη διαδικασία, δεδομένου ότι έχει στόχο την ασφαλή μετακίνηση του πληθυσμού μιας περιοχής που διατρέχει κάποιον κίνδυνο.

Η εργασία αυτή βλέπει το θέμα της εκκένωσης από την πλευρά της αξιολόγησης του χωρικού σχεδιασμού. Στον ελλαδικό χώρο υπάρχουν δρόμοι οι των οποίων η επικινδυνότητα τους αναγνωρίζετε πολύ εύκολα και άλλοι οι οποίοι είναι πιο εύκολα προσβάσιμοι. Η εκκένωση σε κατάσταση πανικού μεγεθύνει το πρόβλημα της προσπέλασης μιας περιοχής, η λειτουργία της οποίας μπορεί να αποβεί μοιραία για ανθρώπινες ζωές. Σκοπός λοιπόν της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθούν κάποιοι παράγοντες χωροθέτησης δραστηριοτήτων και δομής οδικού δικτύου σε μια περιοχή και να εξαχθούν συμπεράσματα για τον βαθμό και τον τρόπο με τον οποίο αυτοί επηρεάζουν μια ενδεχόμενη εκκένωση σε κατάσταση πανικού.

Το εργαλείο προσομοίωσης εκκένωσης που θα χρησιμοποιηθεί, έχει αναπτυχθεί σε ερευνητική δραστηριότητα σχετική με την ασφάλεια της περιοχής του Θριασίου Πεδίου, από τη Σχολή Χημικών Μηχανικών, και υπολογίζει τον οδικό φόρτο στους δρόμους κατά την εκκένωση με πανικό. Θα γίνει προσπάθεια να αναλυθούν οι φόρτοι αυτοί, σε συνδυασμό με τις αλλαγές που επιφέρει σε αυτούς ο κάθε παράγοντας. Επιπλέον θα εξαχθούν και δείκτες, με τους οποίους θα μπορέσουμε να έχουμε πιο ολοκληρωμένη εικόνα των αποτελεσμάτων. Οι δείκτες αυτοί θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση του χωρικού σχεδιασμού λ.χ. για την κατασκευή νέων δρόμων ή η την ανακατασκευή των ήδη υπαρχόντων.

2.2 Εμβέλεια εργασίας

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων επιλέχθηκε ένα εργαλείο εκκένωσης, το Evacuator, για το οποίο έχει δημιουργηθεί, στα πλαίσια μιας παρελθούσης διπλωματικής εργασίας, εργαλειοθήκη στο περιβάλλον του ArcGis, και υπολογίζει τον φόρτο στο οδικό δίκτυο. Η παρούσα εργασία δεν ασχολήθηκε ούτε με την ανάπτυξη του εν λόγω εργαλείου, ούτε, περισσότερο με την ανάπτυξη του λογισμικού προσομοιωτή της εκκένωσης.

Η εργασία εστιάζεται στην μελέτη περιοχών οι οποίες εκκενώνονται με την παραδοχή ότι η γειτονική περιοχή καίγεται εκείνη την στιγμή. Ακλουθώντας την πορεία της φωτιάς καλύπτετε όλο το πύρινο μέτωπο.

θα κατασκευαστεί ένας αριθμός σεναρίων, τα οποία θα εκτελεστούν στο περιβάλλον του ArcGIS και θα υπολογιστούν για κάθε ένα οι φόρτοι του οδικού δικτύου. Τα αποτελέσματα θα ταξινομηθούν ώστε να δώσουν την εικόνα της κατανομής του οδικού φόρτου κατά την εκκένωση σε κάθε περίπτωση. Από την συγκριτική μελέτη της κατανομής του φόρτου, θα προκύψει η επίδραση των σχεδιαστικών αποφάσεων χωροθέτησης και οι δείκτες που ενδέχεται να βοηθήσουν στο να γίνει μια αξιολόγηση της δομής και της ικανότητας των υπαρχουσών περιοχών να ανταποκριθούν σε περιπτώσεις εκκένωσης. Στην παρούσα φάση δεν ασχολούμαστε με άλλα μαθηματικά μοντέλα εκκένωσης, καθώς το διαθέσιμο είναι κοινός παρονομαστής και ικανοποιεί τις απαιτήσεις μας για να πραγματοποιηθεί το πείραμα και δεν λαμβάνουμε υπόψη άλλους παράγοντες αξιολόγησης σχεδιασμού, αλλά προσπαθούμε μόνο να εστιάσουμε τη συνεισφορά μας σε έναν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΣΕ GIS

3.1 Ανάπτυξη εργαλείου προσομοίωσης

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο εκκένωσης πληθυσμού σε κατάσταση πανικού Evacuator, το οποίο αναπτύχθηκε από τον Χρήστο Κυρανούδη το 2008, στα πλαίσια ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος επιχειρησιακού σχεδιασμού και διαχείρισης κρίσεων δασικών πυρκαγιών.

3.1.1 Ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου αποτίμησης επικινδυνότητας εκκένωσης

Δεδομένου ότι η δυσκολία στην εκκένωση είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον ορισμό της γειτονιάς, το πρόβλημα της ανάλυσης εκκένωσης γειτονιάς περιλαμβάνει τον προσδιορισμό του κρίσιμου μεγέθους και της μορφής της γειτονιάς. Κατά συνέπεια ο καθορισμός των ακριβών ορίων της γειτονιάς είναι μέρος του προβλήματος χαρτογράφησης του κινδύνου εκκένωσης. Η ακόλουθη σημείωση εισάγεται προκειμένου να οδηγήσει σε μερικούς απλούς δείκτες του κινδύνου εκκένωσης:

$ρ_{ni}$ ο πληθυσμός της γειτονιάς i , ο οποίος μπορεί να υπολογιστεί ως το γινόμενο του αριθμού των σπιτιών επί τον αριθμό ανθρώπων ανά νοικοκυριό

$ρ_{rni}$ αριθμός ανθρώπων ανά όχημα κατά τη διάρκεια μιας ξαφνικής εκκένωσης της γειτονιάς i

col_i χωρητικότητα των δρόμων που οδηγούν εκτός της γειτονιάς i σε οχήματα ανά λεπτό

nol_i αριθμός δρόμων που οδηγούν εκτός της γειτονιάς i

Χρησιμοποιώντας αυτήν τη σημείωση, μπορούμε τώρα να καθορίσουμε τις ακόλουθες αναλογίες:

$$\text{Εκτίμηση του χρόνου εκκένωσης: } cte_i = \frac{pon_i \frac{1}{ppv_i}}{col_i} \quad (1)$$

$$\text{Απαίτηση χωρητικότητας δρόμων: } bld_i = \frac{pon_i \frac{1}{ppv_i}}{nol_i} \quad (2)$$

Η τιμή της παραμέτρου bld για μια γειτονιά είναι μια απλή εκτίμηση του αριθμού οχημάτων που πρέπει να εκκενωθούν ανά δρόμο. Η τιμή της παραμέτρου cte για μια γειτονιά υπολογίζει τον χρόνο που θα απαιτούνταν για την απομάκρυνση των κατοίκων μιας γειτονιάς. Υποθέτει ότι δεν θα συμβεί κανένα ατύχημα, ότι όλοι οι κάτοικοι είτε οδηγούν είτε είναι επιβιβασμένοι σε ένα όχημα και ότι η κρίσιμη παράμετρος των μεταφορών είναι η χωρητικότητα του εξερχόμενου οδικού δικτύου της γειτονιάς. Αν υποθέσουμε ότι απαιτείται χρόνος για την ειδοποίηση και τη συμμόρφωση των πολιτών κατά τη διαδικασία της εκκένωσης, τότε ο χρόνος αυτός χρειάζεται να προστεθεί στην παράμετρο cte . Σε περίπτωση ατυχήματος, η εξερχόμενη χωρητικότητα πιθανώς θα μειωθεί και επομένως ο χρόνος εκκένωσης θα αυξηθεί. Κατά συνέπεια, η ανωτέρω αναλογία αποτελεί εκτίμηση του κάτω ορίου για τον πραγματικό χρόνο που απαιτείται για να εκκενωθεί μια γειτονιά από τους κατοίκους της.

Εάν οι τιμές των παραμέτρων cte ή bld είναι χαμηλές, τότε είναι θεωρητικά εφικτό να γίνει μια ταχεία εκκένωση της γειτονιάς. Εάν οι τιμές τους είναι μεγάλες, τότε μπορεί να σημαίνει πιθανή δυσκολία, ειδικά εάν ο χρόνος εκκένωσης είναι υπερβολικά μεγάλος. Οι δύο δείκτες είναι εκτιμήσεις του κινδύνου εκκένωσης. Όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές τους, τόσο μεγαλύτερος ο χρόνος που απαιτείται για να εκκενωθεί μια γειτονιά. Αν και οι δύο δείκτες δεν είναι τα μόνα πιθανά ενδεικτικά μεγέθη του κινδύνου εκκένωσης, είναι εύκολο να υπολογιστούν και να εκτιμηθούν και είναι αναμφισβήτητα άμεσα συνδεδεμένα με τη δυσκολία εκκένωσης. Όπως

προαναφέρθηκε, η μεγάλη δυσκολία που αντιμετωπίζουμε είναι ότι δεν διαθέτουμε μια γειτονιά καθορισμένη εκ των προτέρων. Εντούτοις, δεδομένου ότι οι παράμετροι c και bld μπορούν να υπολογιστούν εύκολα για έναν πολύ μεγάλο αριθμό πιθανών καθορισμών γειτονιάς (σε σύγκριση με τη χρησιμοποίηση ενός μοντέλου προσομοίωσης), αυτό θα καταστήσει δυνατή την έρευνα για τη "κρίσιμη γειτονιά". Σαφώς η "κρίσιμη γειτονιά" είναι αυτή που παράγει την υψηλότερη τιμή c ή bld , εφόσον αυτός ο καθορισμός γειτονιάς αντιστοιχεί στο δυσκολότερο (worst-case) σενάριο εκκένωσης. Το πρόβλημα εύρεσης της "κρίσιμης γειτονιάς" ενός κόμβου σε ένα δίκτυο είναι ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης και μπορεί να περιγραφεί αυστηρά ως εξής:

Πρόβλημα κρίσιμου τομέα (CCP):

Δεδομένου ενός κόμβου, αποκαλούμενου κεντρικό κόμβο, προσδιορίστε μια κρίσιμη γειτονιά κόμβων και συνδέσεων που αντιστοιχεί στην υψηλότερη τιμή c ή bld .

Δεδομένου ότι η εστίασή μας είναι στην εξέταση μιας μικρής περιοχής ή μιας γειτονιάς, θα χρησιμοποιηθεί ένα άνω όριο για να περιορίσει το κρίσιμο μέγεθος τομέα. Συνεπώς, εμείς θα υποθέσουμε ότι κάθε κρίσιμος τομέας θα είναι περιορισμένος και δε θα υπερβαίνει ένα μέγιστο πιθανό μέγεθος. Το πρόβλημα της εύρεσης του κρίσιμου τομέα ενός κεντρικού κόμβου εμπίπτει στην ευρεία κατηγορία γραφικών προβλημάτων ή προβλημάτων διαμερισμού δικτύων. Μια διαμέριση είναι ένα υποσύνολο των κόμβων μέσα σε μια μεγαλύτερη γραφική παράσταση, και ένας βέλτιστος διαμερισμός μεγιστοποιεί ή ελαχιστοποιεί ορισμένα καθορισμένα κριτήρια που αφορούν τη διαμέριση. Το πρόβλημα CCP σχετίζεται με το Πρόβλημα Γραφικού Διαμερισμού που εμφανίζεται σε δημοσιεύσεις επιχειρησιακής έρευνας (βλ., παραδείγματος χάριν, Kernighan και Lin, 1970, Johnson και άλλοι, 1989, Jin και Chan, 1992, Laguna και άλλοι, 1994, Pirkul και Rolland, 1994).

Το πρόβλημα κρίσιμου τομέα για τον κόμβο r μπορεί να δηλωθεί συμβολικά ως εξής:

Λαμβάνοντας υπόψη ένα γράφημα G με τις χωρητικότητες στις συνδέσεις και τον πληθυσμό στους κόμβους του (set V), να βρεθεί ένας τομέας μικρότερος από ένα δεδομένο μέγιστο μέγεθος που περιέχει τον κεντρικό κόμβο r (ονομάζεται V_r), ώστε να μεγιστοποιηθεί κάποιος παράγοντας που εκφράζει τον κίνδυνο εκκένωσης, όπως το c ή bld . Μπορούμε να διαμορφώσουμε το CCP όσον αφορά τη μεγιστοποίηση bld με τον ακόλουθο τρόπο:

$$\text{Μεγιστοποίηση της παράστασης: } \frac{\sum_i a_i x_i}{\sum_i \sum_j c_{ij} y_{ij}} \quad (3)$$

Με τους εξής περιορισμούς:

$$x_i - x_j \leq y_{ij} \quad \forall i, j \in V, \quad (4)$$

$$x_j - x_i \leq y_{ij} \quad \forall i, j \in V, \quad \sum_i x_i \leq s \quad (5)$$

$$x_r = 1 \quad (6)$$

$$x_i, y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in V, \quad (7)$$

$$\text{όπου: } x_i = \begin{cases} 1 & \text{εάν ο κόμβος } i \text{ ανήκει στο } V_r \\ 0 & \text{για κάθε άλλη περίπτωση} \end{cases} \quad (8)$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{εάν ο κόμβος } i \text{ ανήκει στο } V_r \text{ και ο κόμβος } j \text{ δεν ανήκει στο } V_r \\ 0 & \text{για κάθε άλλη περίπτωση} \end{cases}$$

a_i = βάρος του κόμβου i (population),

c_{ij} = αριθμός δρόμων που συνδέουν τους κόμβους i, j ,

s = μέγιστο μέγεθος του V_r ,

r = δείκτης του κεντρικού κόμβου $\in V_r$

Η αντικειμενική συνάρτηση (3) μεγιστοποιεί την αναλογία bld του ολικού πληθυσμού του τομέα προς τον αριθμό των δρόμων που εξέρχονται από τον τομέα και αντιστοιχούν σε συνδέσεις οι οποίες έχουν τον ένα κόμβο στο σύνολο V_r , και τον άλλο εκτός του συνόλου V_r . Θα μπορούσε εύκολα να διαμορφωθεί έτσι, ώστε να μεγιστοποιεί την bld. Ο περιορισμός (4) εξασφαλίζει ότι, εάν ο κόμβος i ανήκει στον τομέα V_r και ο κόμβος j δεν ανήκει, τότε η σύνδεση y_{ij} πρέπει να είναι ίση με 1, καθώς είναι μια σύνδεση ανάμεσα στον τομέα που περιέχει τον κόμβο r (πχ. V_r) και το υπόλοιπο δίκτυο. Εάν η τιμή y_{ij} μιας σύνδεσης είναι ίση με 1, τότε η χωρητικότητα της σύνδεσης εκφρασμένη ως αριθμός των δρόμων (οι οποίοι κατευθύνονται από το

i στο j) περιλαμβάνεται στον παρανομαστή της αντικειμενικής συνάρτησης και την ολική χωρητικότητα εξόδου του τομέα. Ο περιορισμός (5) περιορίζει την έρευνα σε τομείς μικρότερους από ένα συγκεκριμένο μέγεθος όπως ορίζεται βάσει του αριθμού των κόμβων στο εσωτερικό του τομέα. Ένας τέτοιος όρος περιορίζει το μέγεθος της γειτονιάς αναζήτησης, δεδομένου ότι ο στόχος είναι να βρεθούν μικρές γεωγραφικές περιοχές που μπορούν να παρουσιάσουν δυσκολία σε ένα ξαφνικό σενάριο εκκένωσης. Το μέγεθος της γειτονιάς αναζήτησης πρέπει πάντα να είναι μικρότερο από το μέγεθος ολόκληρου του δικτύου. Διαφορετικά είναι πιθανό να επιλεγεί ολόκληρο το δίκτυο, οπότε δεν θα υπάρχει καθόλου χωρητικότητα εξόδου. Ο περιορισμός (6) εξασφαλίζει ότι ο κεντρικός κόμβος r ανήκει στον τομέα V_r . Ο περιορισμός (7) εξασφαλίζει ότι όλα τα y_{ij} και x_i είναι δυαδικές ακέραιες μεταβλητές. Η παραπάνω διαμόρφωση σχετίζεται με το μοντέλο διαμερισμού των Pirkul και Rolland (1994), με την εξαίρεση ότι χρησιμοποιεί μια μη γραμμική αντικειμενική συνάρτηση.

Η αντικειμενική συνάρτηση (3) σε αυτήν τη διαμόρφωση του προβλήματος μπορεί να εκφραστεί στην ακόλουθη ισοδύναμη μορφή:

$$\frac{\sum_i a_i x_i}{\sum_i \sum_j c_{ij} y_{ij}} \geq M \quad \text{ή} \quad \sum_i a_i x_i \geq M \sum_i \sum_j c_{ij} y_{ij} \quad (9)$$

όπου ο στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί ο παράγοντας M . Στη δεξιά πλευρά της εξίσωσης είναι εμφανές ότι έχουμε μη γραμμική αντικειμενική συνάρτηση, δεδομένου ότι πολλαπλασιάζουμε τη μεταβλητή M με άλλες μεταβλητές $c_{ij}y_{ij}$. Για να μετασηματιστεί η παραπάνω διαμόρφωση του προβλήματος σε ένα πρόβλημα γραμμικού ακέραιου προγραμματισμού (LP/IP), μπορούμε να θεωρήσουμε το M ως σταθερά, να προσθέσουμε την ανωτέρω έκφραση του δεξιού μέρους της εξίσωσης ως περιορισμό και να περιγράψουμε έναν νέο στόχο: ελαχιστοποίηση του μεγέθους του τομέα. Με άλλα λόγια το πρόβλημα μπορεί να περιγραφεί ως η εύρεση του μικρότερου τομέα (όσον αφορά στο πλήθος των κόμβων) που περιλαμβάνει τον κόμβο r , έτσι ώστε η αναλογία του πληθυσμού του τομέα προς τη χωρητικότητα των δρόμων να είναι μεγαλύτερη από το M . Αυτή η εναλλακτική LP/IP διατύπωση δίνεται ως εξής:

$$\text{Ελαχιστοποίηση : } \sum_i x_i \quad (10)$$

Με περιορισμούς:

$$\sum_i a_i x_i \geq M \sum_i \sum_j c_{ij} y_{ij} \quad (11)$$

$$x_i - x_j \leq y_{ij} \quad \forall i, j \in V, \quad (12)$$

$$\sum_i x_i \leq s \quad (13)$$

$$x_r = 1 \quad (14)$$

Σετ περιορισμών γειτνίασης

$$x_i, y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in V, \quad (16)$$

$$\text{όπου: } x_i = \begin{cases} 1 & \text{εάν ο κόμβος } i \text{ ανήκει στο } V_r \\ 0 & \text{για κάθε άλλη περίπτωση} \end{cases}$$

(17)

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{εάν ο κόμβος } i \text{ ανήκει στο } V_r \text{ και ο κόμβος } j \text{ δεν ανήκει στο } V_r \\ 0 & \text{για κάθε άλλη περίπτωση} \end{cases}$$

όπου το M είναι το ελάχιστο κατώφλι, ενώ κάθε άλλος συμβολισμός είναι όπως καθορίζεται προηγουμένως. Αυτή η διατύπωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει επίλυση ως προς τους κρίσιμους τομείς που μεγιστοποιούν τις τιμές των cte ή bld , ανάλογα τις τιμές που χρησιμοποιούνται στον καθορισμό της αντικειμενικής συνάρτησης (9). Στην πράξη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναζήτηση του μικρότερου τομέα που έχει μια καθορισμένη ελάχιστη τιμή των cte ή bld . Μπορεί να είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν διάφορες τιμές των περιορισμών, M , προκειμένου να προσδιοριστούν η υψηλότερη εφικτή τιμή του M και ο σχετικός με αυτή κρίσιμος τομέας για έναν δεδομένο κεντρικό κόμβο r . Επειδή ένας τομέας μπορεί εναλλακτικά να αντιμετωπιστεί είτε ως σύνολο κόμβων είτε ως σύνολο συνδέσεων, οι μεταβλητές y_{ij} δε θεωρούνται σημαντικές στην προσπάθεια εύρεσης ενός κρίσιμου τομέα. Στο μοντέλο μόνο οι μεταβλητές x_i πρέπει να περιοριστούν σε ακέραιες τιμές με έναν άνω όριο, το 1. Οι μεταβλητές y_{ij} θα είναι ακέραιες όταν οι x_i είναι επίσης ακέραιες. Για τα μεγάλα σύνολα, αυτό μειώνει πολύ τον αριθμό κλάδων που εξετάζονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επίλυσης branch-και-bound.

Για δίκτυα που έχουν σημαντικό μέγεθος όσον αφορά το πλήθος των κόμβων και τόξων που εμπλέκουν και δεδομένου ότι το πρόβλημα της εύρεσης του κρίσιμου τομέα είναι πρόβλημα NP-κοπιώδες (NP-Hard), δηλαδή η επίλυση του με βάση ακριβείς μεθόδους παρουσιάζει εκρηκτική πολυπλοκότητα με βάση το μέγεθος του προβλήματος, προτείνονται μέθοδοι που συνδυάζουν ακρίβεια και αποτελεσματικότητα, χωρίς όμως να εγγυώνται το παγκόσμιο άριστο. Οι μέθοδοι αυτοί καλούνται μετά ευρετικοί μέθοδοι και αναλύονται παρακάτω.

Προβλήματα Διακριτής Αριστοποίησης

Τα προβλήματα που ανήκουν στον χώρο της διακριτής βελτιστοποίησης ορίζονται σε σχέση με το αντίστοιχο υπόδειγμα από ένα σύνολο στοιχείων $E=\{e_i, i=1, 2, \dots, m\}$. Για κάθε διακριτό υπόδειγμα υπάρχει ένα σύνολο λύσεων $S=\{s_i, i = 1, 2, \dots, n\}$ (χώρος λύσεων) και μία αντικειμενική συνάρτηση f που προσδιορίζει την αξία της κάθε λύσης, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις υπόκειται σε ένα σύνολο περιορισμών P . Η αντικειμενική συνάρτηση εκφράζει συνήθως κόστος ή όφελος και οι περιορισμοί καθορίζουν τα στοιχεία του S . Ενδέχεται επίσης ανάλογα με τη φύση του προβλήματος, η λύση να μπορεί να διαμεριστεί σε διακριτά υποσύνολα που να τη συνθέτουν. Σύμφωνα με τη δομή και τη φύση κάθε λύσης, υπάρχουν δύο είδη προβλημάτων. Στα πρώτα η διασύνδεση των στοιχείων στο σύνολο της κάθε λύσης έχει σημασία, ενώ στα δεύτερα η διασύνδεση των στοιχείων στο σύνολο της κάθε λύσης δεν έχει σημασία. Για την πρώτη κατηγορία προβλημάτων η διασύνδεση των στοιχείων μέσα στο σύνολο της λύσης παίζει ρόλο στην εξαγωγή της αξίας της λύσης από την αντικειμενική συνάρτηση, ενώ κάτι τέτοιο δεν ισχύει για τη δεύτερη κατηγορία. Η επίλυση των προβλημάτων αυτών συνίσταται στην εύρεση της καλύτερης λύσης ή διαφορετικά του παγκόσμιου βέλτιστου. Αν πρόκειται για πρόβλημα ελαχιστοποίησης, μας ενδιαφέρει το παγκόσμιο ελάχιστο, ενώ, αν πρόκειται για πρόβλημα μεγιστοποίησης, το παγκόσμιο μέγιστο.

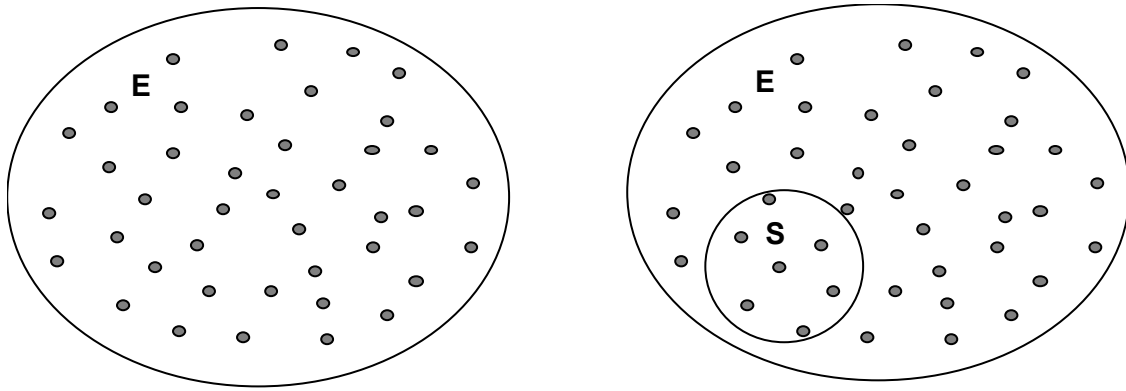
Η επίλυση των προβλημάτων διακριτής βελτιστοποίησης από ακριβείς αλγόριθμους είναι πρακτικά αδύνατη. Οι ακριβείς αλγόριθμοι εξετάζουν όλο τον χώρο λύσεων του προβλήματος και επιλέγουν το παγκόσμιο βέλτιστο. Ένας ακριβής αλγόριθμος είναι βέβαιο ότι θα καταλήξει σε παγκόσμιο βέλτιστο, αλλά παρουσιάζει δύο πολύ σημαντικά μειονεκτήματα κατά την εφαρμογή του στην πράξη· η εξέταση του συνόλου των λύσεων δημιουργεί σημαντικές απαιτήσεις σε υπολογιστικό χρόνο και μνήμη υπολογιστή.

Για την επίλυση αυτών των προβλημάτων χρησιμοποιούνται κυρίως προσεγγιστικοί αλγόριθμοι, που επιτυγχάνουν την εύρεση του παγκόσμιου βέλτιστου, ή τουλάχιστον εύρεση μιας λύσης που παρουσιάζει μικρή απόκλιση από το παγκόσμιο βέλτιστο, με ταυτόχρονη μείωση των απαιτήσεων σε υπολογιστικό χρόνο και μνήμη.

Οι σημαντικότεροι προσεγγιστικοί αλγόριθμοι είναι οι ευρεστικοί αλγόριθμοι. Πρόκειται για στρατηγικές που έχουν ως βασικό στόχο τη μείωση του πλήθους των εξεταζόμενων λύσεων για την εύρεση του παγκόσμιου βέλτιστου με προφανή εξοικονόμηση χρόνου και μνήμης. Το βασικό μειονέκτημά τους είναι ότι καταλήγουν στην καλύτερη λύση από αυτές που εξετάζονται, δηλαδή σε ένα τοπικό βέλτιστο, το οποίο βεβαίως είναι πιθανό να είναι και παγκόσμιο βέλτιστο, αν και αυτό δεν είναι δυνατόν να αποδειχθεί. Το σύνολο των λύσεων που δεν εξετάζονται ενδέχεται να περιέχει το παγκόσμιο βέλτιστο, με συνέπεια τελικά αυτό να μην επιλέγεται. Για αυτό το λόγο ο σχεδιασμός τους πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε οι λύσεις που εξετάζονται να είναι το δυνατόν καλύτερες από άποψη ποιότητας, δηλαδή να προσεγγίζουν όσο το δυνατόν περισσότερο την τιμή του παγκόσμιου βέλτιστου.

Οι ευρεστικοί αλγόριθμοι διαμορφώνονται μέσω δυο βασικών φάσεων. Η πρώτη φάση είναι η φάση της κατασκευής των λύσεων και η δεύτερη είναι η φάση της βελτίωσης αυτών.

Κατά τη διεξαγωγή της πρώτης φάσης κατασκευάζεται μια λύση S από τα στοιχεία του συνόλου E , όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Κατόπιν γίνεται διαχωρισμός των στοιχείων του συνόλου E . Συγκεκριμένα γίνεται διαχωρισμός μεταξύ των στοιχείων που ανήκουν στη λύση και αυτών που δεν ανήκουν σε αυτή, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2. Επομένως από το σύνολο E αφαιρείται το σύνολο S και δημιουργείται το $E \setminus S$. Το $E \setminus S$ μπορεί να είναι και το κενό σύνολο ($E \setminus S = \emptyset$), ανάλογα με το πρόβλημα που αντιμετωπίζεται. Αξίζει να σημειωθεί ότι μπορεί να γίνει και περαιτέρω διαχωρισμός στα στοιχεία της λύσης, δηλαδή μια λύση να χωριστεί σε επιμέρους υποσύνολα. Αυτός ο επιμέρους διαχωρισμός όμως αφορά συγκεκριμένα προβλήματα διακριτής βελτιστοποίησης και όχι το σύνολό τους.



Εικόνα 1 –Φάση κατασκευής λύσης

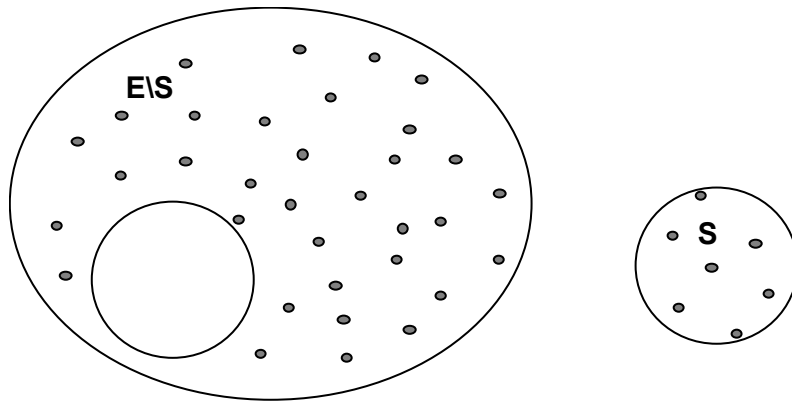
Φάση κατασκευής της λύσης

Πηγή: Χρήστος Κυρανούδης, 2008, ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος επιχειρησιακού σχεδιασμού και διαχείρισης κρίσεων δασικών πυρκαγιών

Οι αλγόριθμοι που εμπλέκονται στη φάση κατασκευής λύσεων δημιουργούν μια λύση από τα στοιχεία του E, προσθέτοντας σταδιακά καινούργια στοιχεία στο σύνολο S, το οποίο αρχικά είναι κενό.

Κατά τη διεξαγωγή της δεύτερης φάσης επιχειρείται η βελτίωση της ποιότητας της λύσης. Αυτό επιτυγχάνεται με τις διαδικασίες βελτίωσης της λύσης. Οι διαδικασίες βελτίωσης σχετίζονται με τα στοιχεία του συνόλου E και μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες:

- Διαδικασίες που περιλαμβάνουν μόνο τα στοιχεία του $E \setminus S$.
- Διαδικασίες που περιλαμβάνουν μόνο τα στοιχεία του S.
- Διαδικασίες που περιλαμβάνουν και στοιχεία του E και στοιχεία του S.



Εικόνα 2-Φάση διαχωρισμού λύσης

Φάση διαχωρισμού της λύσης

Πηγή: Χρήστος Κυρανούδης, 2008, ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος επιχειρησιακού σχεδιασμού και διαχείρισης κρίσεων δασικών πυρκαγιών

Η πρώτη κατηγορία δεν παρουσιάζει κανένα ενδιαφέρον, γιατί τα στοιχεία του συνόλου $E \setminus S$ δεν επηρεάζουν την αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος.

Η δεύτερη κατηγορία αφορά μόνο τα προβλήματα στα οποία η διασύνδεση των στοιχείων της λύσης παίζει ρόλο στην εξαγωγή της τιμής της από την αντικειμενική συνάρτηση. Σε αυτή τη περίπτωση, με την εφαρμογή της διαδικασίας βελτίωσης γίνονται κάποιες αλλαγές στη δομή του συνόλου S με συνέπεια να μεταβάλλονται οι διασυνδέσεις των στοιχείων του και τελικά να μεταβάλλεται και η τιμή της αντικειμενική συνάρτησης.

Η τρίτη κατηγορία αφορά και στα προβλήματα που η διασύνδεση των στοιχείων των λύσεων τους παίζει ρόλο και προβλήματα που η διασύνδεση δεν παίζει ρόλο. Σε αυτή τη κατηγορία γίνονται στην ουσία αντικαταστάσεις των στοιχείων της S από άλλα που ανήκουν στο $E \setminus S$ με αποτέλεσμα τη μεταβολή της ποιότητας της λύσης.

3.1.2 Αλγόριθμος

Κατασκευαστικοί Αλγόριθμοι

Οι κατασκευαστικοί αλγόριθμοι ξεκινούν από μια κενή λύση και κατασκευάζουν βήμα-βήμα μια άλλη που είναι ολοκληρωμένη, δηλαδή περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα στοιχεία που ανήκουν στο E , έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι

περιορισμοί του προβλήματος. Σε κάθε βήμα προστίθεται ένα μόνο στοιχείο μέχρι το σημείο διαμόρφωσης μιας ολοκληρωμένης λύσης. Η επιλογή του κάθε στοιχείου βασίζεται σε πληροφορίες που σχετίζονται με την αξία της υπό διαμόρφωση λύσης από την αντικειμενική συνάρτηση και στους περιορισμούς του προβλήματος. Από το σύνολο των λύσεων που κατασκευάζονται επιλέγεται η καλύτερη. Ένας ψευδοκώδικας για τους κατασκευαστικούς αλγόριθμους παρουσιάζεται παρακάτω.

Διάταξε τα στοιχεία του E κατά σειρά βασισμένη σε κάποιο κριτήριο.

Θέσε $\bar{s} = \emptyset$.

Επανάλαβε

Εάν $\bar{s} \cup \{e_i\}$ είναι μια μερική λύση, τότε $\bar{s} = \bar{s} \cup \{e_i\}$

Μέχρις ότου $\bar{s} \in S$

Ένας προφανής κατασκευαστικός αλγόριθμος είναι ο αλγόριθμος τυχαίας επιλογής. Σύμφωνα με αυτόν, κατά τη φάση της κατασκευής μιας λύσης, η επιλογή του επόμενου στοιχείου που μπορεί να προστεθεί στην ήδη υπάρχουσα μερική λύση γίνεται με τυχαίο τρόπο μεταξύ των στοιχείων του E που δεν έχουν ακόμη επιλεγεί. Οι λύσεις που παράγονται με τον τρόπο αυτό είναι ιδιαίτερα κακές από πλευράς τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης. Ο λόγος είναι ότι η επιλογή δεν βασίζεται σε κάποιο κριτήριο που να μπορεί να εκμεταλλευτεί τις ιδιαιτερότητες του προβλήματος. Η καλύτερευση του αλγορίθμου αυτού έρχεται με την υιοθέτηση ενός τέτοιου κριτηρίου.

Ο πλέον δημοφιλής κατασκευαστικός αλγόριθμος είναι ο πλεονεκτικός αλγόριθμος. Σύμφωνα με αυτόν κάθε φορά επιλέγεται το στοιχείο που προκαλεί τη σημαντικότερη μεταβολή σε μια κατάλληλα διαμορφωμένη συνάρτηση που καλείται πλεονεκτική συνάρτηση. Έτσι, κατά την φάση της κατασκευής μιας λύσης, η επιλογή του επόμενου στοιχείου που μπορεί να προστεθεί στην ήδη υπάρχουσα μερική λύση γίνεται με κατάταξη των ανέντακτων στοιχείων του συνόλου E σύμφωνα με την τιμή της προεπιλεγείσας πλεονεκτικής συνάρτησης. Από το σύνολο επιλέγεται αυτό για το οποίο η πλεονεκτική συνάρτηση δίνει την καλύτερη της τιμή. Στην περίπτωση αυτή η πλεονεκτική συνάρτηση εκφράζει το (μυωπικό) όφελος της συγκεκριμένης επιλογής ενός στοιχείου.

Το βασικό μειονέκτημα αυτών των αλγορίθμων είναι ότι οι αποφάσεις που λαμβάνονται στην αρχή της διαδικασίας κατασκευής της λύσης, ενώ είναι καλές, περιορίζουν πολύ τις πιθανότητες επιλογής καλών αποφάσεων στα επόμενα βήματα, με αποτέλεσμα οι λύσεις που τελικά παράγονται να μην είναι υψηλής ποιότητας. Οι κατασκευαστικοί αλγόριθμοι είναι γρήγορες μέθοδοι δηλαδή απαιτούν λίγο χρόνο, αλλά δεν παρουσιάζουν ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Διαδικασίες πολλαπλής εκκίνησης

Η επίλυση των προβλημάτων διακριτής αριστοποίησης εμπλέκει τεχνικές και διαδικασίες κατασκευής και καλύτερευσης λύσεων. Συνήθως οι δύο αυτές τεχνικές εφαρμόζονται σειριακά, η μία μετά την άλλη, μέσα από επαναληπτικές διαδικασίες που απαιτούν τον εντοπισμό διαφορετικών λύσεων εκκίνησης, οι οποίες γενικότερα εκφράζουν ορισμένα χαρακτηριστικά συγκεκριμένων περιοχών του χώρου λύσεων ή την εμπειρία από την κατανόηση της τοπολογίας του χώρου λύσεων που αποκτάται μέσα από μια τέτοια επαναληπτική διαδικασία. Έτσι, σε μια διαδικασία πολλαπλής εκκίνησης και για κάθε μία από τις επαναλήψεις που εμπλέκονται στη διαδικασία αυτή, κατασκευάζεται μια λύση βήμα-βήμα, η οποία στη συνέχεια βελτιώνεται με τεχνικές τοπικής έρευνας από τη γειτονιά της υπάρχουσας λύσης και κρατείται η καλύτερη λύση που έχει βρεθεί. Η διαδικασία αυτή μπορεί να περιγραφεί με τη βοήθεια του παρακάτω ψευδοκώδικα.

Επανάλαβε

Επίλεξε μια λύση s , χρησιμοποιώντας έναν κατασκευαστικό αλγόριθμο.

Καλύτερευσε τη λύση, χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο καλύτερευσης λύσης.

Μέχρις ότου κάποιο κριτήριο τερματισμού ικανοποιηθεί.

Κατά τη διαδικασία κατασκευής μιας λύσης, η λύση, αυτή κατασκευάζεται βήμα-βήμα, προσθέτοντας κάθε φορά στην ήδη μερικά κατασκευασμένη λύση κάποιο στοιχείο που επιλέγεται με κάποιο κριτήριο από αυτά που δεν έχουν ακόμη επιλεγεί. Στην περίπτωση των διαδικασιών πολλαπλής εκκίνησης, ο κατασκευαστικός αλγόριθμος που επιλέγεται δεν είναι σημαντικό να προσδιορίζει την καλύτερη δυνατή λύση που μπορεί να κατασκευαστεί, αλλά μια λύση που να είναι δυνατόν να είναι πιο αποδοτική στο να καλύτερεύσει με τον αλγόριθμο καλύτερευσης λύσης που ακολουθεί. Επιζητείται δηλαδή η καλύτερη και αποδοτικότερη συνεργασία των

δύο βασικών αλγορίθμων που συνδυάζονται. Επιπλέον είναι σημαντικό σε διαδικασίες πολλαπλής εκκίνησης ο κατασκευαστικός αλγόριθμος να δίνει σε κάθε επανάληψη συνεχώς διαφορετικές λύσεις εκκίνησης από αυτές που έδινε στις προηγούμενες επαναλήψεις. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η εκκίνηση της έρευνας του χώρου των λύσεων από τελείως διαφορετικές περιοχές, με άμεση συνέπεια την πλέον αποτελεσματική έρευνα αυτού και τον εντοπισμό των πιο σημαντικών τοπικών βέλτιστων του χώρου λύσεων.

Με βάση τα παραπάνω, η χρήση ενός κατάλληλου κατασκευαστικού αλγορίθμου για την εκκίνηση της κάθε επανάληψης είναι ένα σημαντικό στάδιο απόφασης της διαδικασίας διαμόρφωσης μιας τεχνικής πολλαπλών εκκινήσεων. Ας δούμε πως η επιλογή ενός τέτοιου αλγορίθμου επιδρά στη συνολική συμπεριφορά μιας τέτοιας διαδικασίας. Δύο ακραίες περιπτώσεις κατασκευαστικών αλγορίθμων που θα εξεταστούν είναι αυτές των αλγορίθμων τυχαίας επιλογής και των πλεονεκτικών αλγορίθμων. Στην πρώτη περίπτωση η επιλογή του στοιχείου που θα συμπληρώσει τη μερικά κατασκευασμένη λύση επιλέγεται με τυχαίο τρόπο από τα στοιχεία που δεν έχουν ακόμη επιλεγεί, ενώ στη δεύτερη η επιλογή αυτή γίνεται για το καλύτερο στοιχείο από τα ήδη μη-επιλεγέντα, σύμφωνα με την τιμή μιας προεπιλεγείσας πλεονεκτικής συνάρτησης που εκφράζει το (μυωπικό) όφελος της συγκεκριμένης επιλογής ενός στοιχείου. Στην πρώτη περίπτωση οι λύσεις που παράγονται σε κάθε επανάληψη διαφέρουν σημαντικά, ενώ στη δεύτερη είναι ακριβώς οι ίδιες, δηλαδή οι διαφοροποιήσεις των περιοχών που θα ερευνηθούν στη φάση της καλυτέρευσης της λύσης αφήνονται στην ευχέρεια της φάσης καλυτέρευσης της λύσης που ακολουθεί. Οι διαφορές των δύο προσεγγίσεων είναι προφανείς. Στην πρώτη περίπτωση οι λύσεις που παράγονται έχουν μεγάλη διαφοροποίηση, αλλά χαμηλή ποιότητα και οδηγούν γρήγορα σε τοπικά ελάχιστα. Στη δεύτερη περίπτωση οι λύσεις που παράγονται έχουν μηδενική διαφοροποίηση, αλλά υψηλή ποιότητα και δεν οδηγούν γρήγορα σε τοπικά ελάχιστα. Από την πλευρά της διαδικασίας καλυτέρευσης της λύσης, στην πρώτη περίπτωση αυτή ξεκινά από διαφορετικό σημείο εκκίνησης κάθε φορά, αλλά έχει αργή σύγκλιση, παράγει λύσεις κατά μέσο όρο αρκετά χειρότερες από την δεύτερη περίπτωση και οι καλύτερες παραγόμενες λύσεις είναι συνήθως καλύτερες από τη δεύτερη περίπτωση γιατί ο χώρος των λύσεων ερευνάται πιο αποτελεσματικά. Στην δεύτερη περίπτωση, η διαδικασία ξεκινά από το ίδιο σημείο εκκίνησης, αλλά έχει γρήγορη σύγκλιση, παράγει λύσεις κατά μέσο όρο αρκετά καλύτερες από την πρώτη περίπτωση και οι καλύτερες παραγόμενες λύσεις είναι συνήθως χειρότερες από τη πρώτη περίπτωση γιατί ο χώρος των λύσεων δεν ερευνάται πιο αποτελεσματικά. Κατά συνέπεια οι διαδικασίες

πολλαπλής εκκίνησης έχουν ανάγκη να συνοδεύονται από κάποια κατασκευαστική φάση που να συνδυάζει πλεονεκτήματα και των δύο μεθόδων.

Για την περίπτωση των αλγορίθμων καλύτερης λύσης, είναι σημαντικό να εμπεριέχουν ιδιότητες που να συνδέονται με την αποτελεσματική έρευνα του χώρου των λύσεων, ενώ είναι επιθυμητές κάποιες ιδιότητες που να συνδέονται με διαδικασίες διαφοροποίησης και εντατικοποίησης. Οι πιο συνηθισμένες τεχνικές που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν αυτούσιες τεχνικές ή υβρίδια τεχνικών τοπικής έρευνας του χώρου των λύσεων.

Προσαρμόσιμη Ημι-Πλεονεκτική Έρευνα

Η προσαρμόσιμη ημι-πλεονεκτική έρευνα είναι ο σημαντικότερος εκπρόσωπος των διαδικασιών πολλαπλών εκκινήσεων. Ο βασικός αλγόριθμος της μεθόδου περιλαμβάνει έναν κατασκευαστικό ημι-πλεονεκτικό αλγόριθμο που ακολουθείται από μια τεχνική τοπικής έρευνας.

Ο ημι-πλεονεκτικός κατασκευαστικός αλγόριθμος είναι ένα αποτελεσματικό υβρίδιο των αλγορίθμων τυχαίας επιλογής και των πλεονεκτικών αλγορίθμων, με την έννοια ότι ενσωματώνει τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των δύο μεθόδων και κατά συνέπεια οδηγεί σε αρχικές λύσεις που υπόσχονται σημαντικές βελτιώσεις σε σχέση με τις μεθόδους από τις οποίες παράγεται. Έτσι, ο συνολικός αλγόριθμος πολλαπλών εκκινήσεων παράγει διαφοροποιημένες αρχικές λύσεις σε κάθε επανάληψη, ποιότητας αντίστοιχης με τους πλεονεκτικούς αλγορίθμους, με γρήγορη σύγκλιση, αποφυγή ασήμαντων τοπικών ακρότατων, καλύτερες κατά μέσο όρο λύσεις αλλά και συνολικά τοπικά βέλτιστα.

Ο ημι-πλεονεκτικός αλγόριθμος είναι ένας κατασκευαστικός αλγόριθμος με την έννοια ότι μια λύση κατασκευάζεται από τα στοιχεία του υποδείγματος του προβλήματος, προσθέτοντας σε μια αρχικά κενή μερική λύση ένα στοιχείο από αυτά που δεν έχουν ήδη επιλεγεί. Η επιλογή του στοιχείου που πρόκειται να προστεθεί προσδιορίζεται, κατατάσσοντας όλα τα υποψήφια προς επιλογή στοιχεία του υποδείγματος (αυτά που δεν έχουν ήδη επιλεγεί) σε μια λίστα υποψηφίων στοιχείων C , με βάση μια πλεονεκτική συνάρτηση $g : C \rightarrow \mathfrak{R}$ που επιλέγεται κατάλληλα για το συγκεκριμένο πρόβλημα αριστοποίησης. Η συνάρτηση αυτή επιμετρά το (μυωπικό) όφελος επιλογής του κάθε στοιχείου. Ο αλγόριθμος αυτός είναι προσαρμοστικός, επειδή τα οφέλη που προκύπτουν από την προσθήκη κάθε διαφορετικού στοιχείου

επικαιροποιούνται σε κάθε επανάληψη της κατασκευαστικής φάσης, έτσι ώστε να απεικονίζουν τις αλλαγές που δημιουργούνται από την επιλογή του προηγούμενου στοιχείου στη λύση. Η σημαντική αλλαγή σε σχέση με τον πλεονεκτικό αλγόριθμο είναι η στοχαστική συνιστώσα αυτού, που χαρακτηρίζεται από την τυχαία επιλογή ενός από τα καλύτερα υποψήφια προς επιλογή στοιχεία της λίστας υποψηφίων στοιχείων, C , και σίγουρα όχι αναγκαστικά του καλύτερου με βάση την πλεονεκτική συνάρτηση. Η λίστα των καλύτερων υποψηφίων λύσεων καλείται λίστα περιορισμένων υποψηφίων στοιχείων, RCL . Αυτή η τεχνική επιλογής επιτρέπει την αποκάλυψη διαφορετικών λύσεων σε κάθε επανάληψη της διαδικασίας πολλαπλών εκκινήσεων, χωρίς να μειώνει τον προσαρμοστικό χαρακτήρα της πλεονεκτικής συνιστώσας της έρευνας. Ένας ψευδοκώδικας που περιγράφει τη λειτουργία του ημι-πλεονεκτικού αλγορίθμου είναι ο παρακάτω:

Θέσε $x = \emptyset$

Αρχικοποίησε τη λίστα υποψηφίων στοιχείων C

Επανάλαβε

Κατάταξε τα στοιχεία της C με βάση την τιμή της g

Σχημάτισε τη λίστα RCL , τοποθετώντας σε αυτήν τα k πρώτα στοιχεία της κατάταξης

Επίλεξε ένα στοιχείο s , τυχαία, από την RCL

Συμπλήρωσε $x = x \cup \{s\}$

Επικαιροποίησε τη λίστα C

Μέχρι να συμπληρωθεί μια πλήρης λύση

Εκτός από τον παραπάνω ορισμό, μια εναλλακτική αλλά και αρκετά αποδοτική ισοδύναμη περιγραφή του ημι-πλεονεκτικού αλγορίθμου μπορεί να δοθεί με την εισαγωγή μιας παραμέτρου του συστήματος $\alpha \in [0,1]$. Η παράμετρος α μπορεί να δημιουργήσει τη λίστα περιορισμένων υποψηφίων στοιχείων με βάση τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές της πλεονεκτικής συνάρτησης των στοιχείων του C . Στην

περίπτωση αυτή ένας ψευδοκώδικας που περιγράφει τη λειτουργία του ημι-πλεονεκτικού αλγορίθμου είναι ο παρακάτω.

Θέσε $x = \emptyset$

Αρχικοποίησε τη λίστα υποψηφίων στοιχείων C

Επανάλαβε

$$\underline{s} = \min\{g(t)/t \in C\}$$

$$\bar{s} = \max\{g(t)/t \in C\}$$

Σχημάτισε τη λίστα $RCL = \{s \in C/g(s) \leq \underline{s} + \alpha(\bar{s} - \underline{s})\}$

Επίλεξε ένα στοιχείο s , τυχαία, από την RCL

Συμπλήρωσε $x = x \cup \{s\}$

Επικαιροποίησε τη λίστα C

Μέχρι να συμπληρωθεί μια πλήρης λύση

Η παράμετρος α ελέγχει το ποσοστό της πλεονεκτικότητας και της τυχειότητας στον αλγόριθμο. Συγκεκριμένα, τιμές του α ίσες με μηδέν αντιστοιχούν σε διαδικασίες πλεονεκτικής κατασκευής, ενώ οι τιμές του ίσες με τη μονάδα σε διαδικασίες τυχαίας επιλογής.

Ο αλγόριθμος προσαρμοσμένης ημι-πλεονεκτικής έρευνας χρησιμοποιεί κάποιον αλγόριθμο τοπικής έρευνας για τη φάση της καλύτερευσης της λύσης που δημιουργήθηκε από την κατασκευαστική φάση. Η χρησιμοποιούμενη τεχνική τοπικής έρευνας, είναι σημαντικό να εμπεριέχει ιδιότητες που να συνδέονται με την αποτελεσματική έρευνα του χώρου των λύσεων, ενώ είναι επιθυμητές κάποιες ιδιότητες που να συνδέονται με διαδικασίες διαφοροποίησης και εντατικοποίησης. Στην περίπτωση αυτή ως τεχνική τοπικής έρευνας μπορεί να νοηθεί οποιαδήποτε αυτούσια τεχνική τοπικής έρευνας ή και υβρίδια αυτών.

Είναι γενικά δύσκολο να αναλυθεί ακριβώς η ποιότητα των τιμών των λύσεων που μπορεί να αποκαλυφθούν με τη βοήθεια του αλγορίθμου προσαρμοσμένης ημι-

πλεονεκτικής έρευνας. Παρόλα αυτά διαισθητικά η τεχνική αυτή μπορεί να θεωρηθεί σαν μια διαδικασία επαναληπτικής δειγματοληψίας. Σε κάθε επανάληψη παράγεται δειγματοληπτικά μια λύση από μίαν άγνωστη κατανομή όλων των υποψήφίων λύσεων. Η μέση τιμή και η διασπορά της κατανομής αυτής είναι συναρτήσεις της περιορισμένης φύσης της λίστας υποψήφίων στοιχείων. Αν, για παράδειγμα, το μέγεθος της λίστας περιορισμένων υποψήφίων στοιχείων είναι ίσο με τη μονάδα, τότε μόνο μια λύση μπορεί να επιλεγεί και η μέση τιμή των στοιχείων της λίστας είναι ίση με την τιμή της πλεονεκτικής συνάρτησης του στοιχείου αυτού, ενώ η διασπορά είναι ίση με μηδέν. Δοθείσης της πλεονεκτικής συνάρτησης στην περίπτωση αυτή, η μέση τιμή για τη συνάρτηση των στοιχείων της λίστας μπορεί να είναι καλή, αλλά πιθανά θα οδηγήσει γρήγορα σε τοπικό ελάχιστο. Αν το μέγεθος της λίστας περιορισμένων υποψηφίων στοιχείων είναι αρκετά μεγαλύτερο, μπορεί να παραχθούν ορισμένες διαφοροποιημένες λύσεις για το πρόβλημα, πράγμα που σημαίνει μεγαλύτερη διασπορά και μεγαλύτερες πιθανότητες αποκάλυψης καλών λύσεων. Στην περίπτωση αυτή η αυστηρότητα της πλεονεκτικότητας του αλγορίθμου θα είναι αρκετά χαλαρή, με αποτέλεσμα η μέση τιμή της συνάρτησης των στοιχείων να είναι περισσότερο διαφοροποιημένη από την καλύτερη δυνατή. Παρά ταύτα διαισθητικά με βάση τη στατιστική και το γεγονός ότι τα παραγόμενα δείγματα κατατάσσονται τυχαία, η καλύτερη τιμή του δείγματος θα πρέπει να είναι αρκετά καλύτερη από τη μέση τιμή αυτού, δηλαδή την τιμή που φυσιολογικά αναμένεται από την τυχαία δειγματοληψία.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της μεθόδου της προσαρμοσμένης ημι-πλεονεκτικής έρευνας είναι και η ευκολία με την οποία μπορεί να εφαρμοστεί, δεδομένου του μικρού αριθμού παραμέτρων που εμπλέκονται και πρέπει να καθοριστούν. Κατά συνέπεια τέτοιες διαδικασίες συνήθως αντιστοιχούν σε υπολογιστικούς κώδικες που χρησιμοποιούν αποδοτικά τις δομές δεδομένων των στοιχείων και κατά συνέπεια διέπονται από χαμηλό υπολογιστικό κόστος.

3.1.3 Λειτουργία του λογισμικού

Εφαρμογή στο πρόβλημα του κρίσιμου τομέα

Με βάση τα παραπάνω, το πρόβλημα του κρίσιμου τομέα για ένα μαθηματικό δίκτυο δρόμων που αποτελείται από κόμβους και μη προσανατολισμένα τόξα επιλύθηκε με τη βοήθεια ενός αλγορίθμου ημι-πλεονεκτικής έρευνας. Στο εμπλεκόμενο δίκτυο ο πληθυσμός έχει κατανεμηθεί στους κόμβους του δικτύου και η κίνηση των ανθρώπων (αυτοκινήτων) γίνεται προς όλες τις κατευθύνσεις στους μη

προσανατολισμένους δρόμους του δικτύου. Για την εύρεση του κρίσιμου τομέα κάθε κόμβου προτείνεται η προφανής πλεονεκτική συνάρτηση του λόγου του πληθυσμού των κόμβων του τομέα προς τον αριθμό των εξόδων που αυτός εμπλέκει.

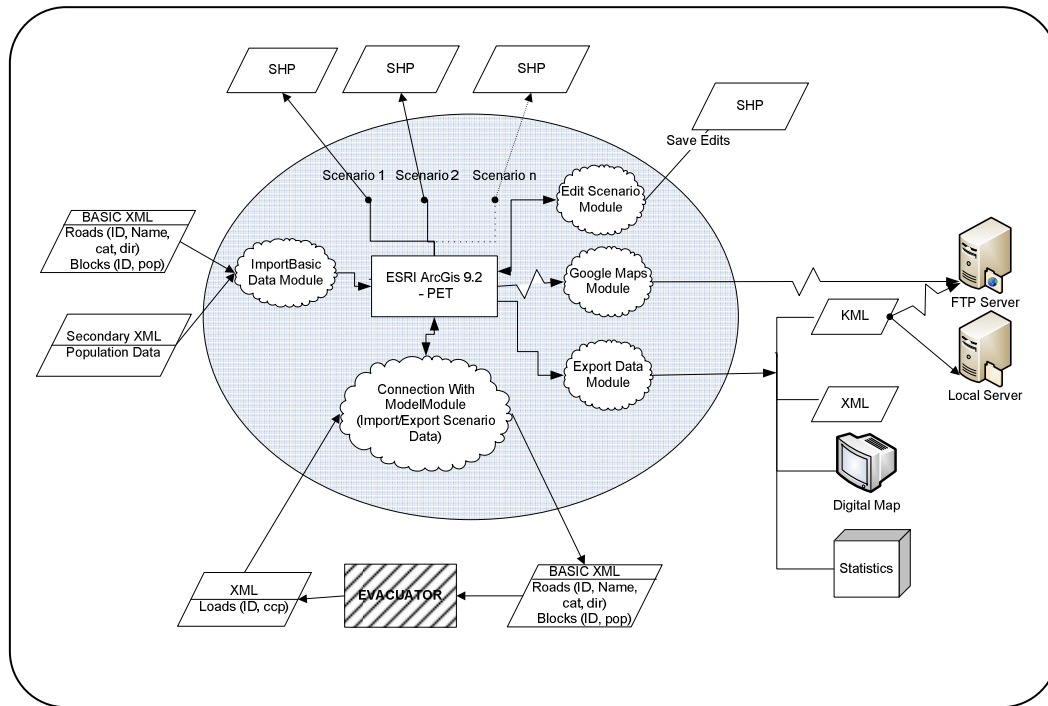
Ο αλγόριθμος είναι κατασκευαστικός, δηλαδή ξεκινά από έναν κόμβο (αυτόν στον οποίο αναφέρεται) και σταδιακά προσθέτει έναν γειτονικό του (από το σύνολο των γειτόνων αυτού), για τον οποίο ο καινούργιος λόγος πληθυσμού προς εξόδους είναι μεγάλος. Συγκεκριμένα λόγω της χρήσης της ημι-πλεονεκτικής συνάρτησης όλοι οι υποψήφιοι γειτονικοί κόμβοι ταξινομούνται με αύξουσα σειρά του συγκεκριμένου λόγου και επιλέγεται τυχαία ένας από τους k καλύτερους. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρις ότου κανένας κόμβος δεν μπορεί να προστεθεί στον συγκεκριμένο τομέα.

3.2 Περιγραφή του εργαλείου

Το εργαλείο κατασκευάστηκε από τον Γιώργο Παπακυριακόπουλο στα πλαίσια της διπλωματικής του εργασίας τον Ιούλιο του 2008 [ΕΠ 4], ως φοιτητής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, του τμήματος Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. Αποτελεί add-on για το λογισμικό ArcGIS, με τη μορφή εργαλειοθήκης και ονομάστηκε PET από τα αρχικά της φράσης "Panic Evacuation Toolbar". Προορίζεται για τη διαχείριση σεναρίων εκκένωσης σε περιβάλλον GIS από άτομα που δεν έχουν εξειδικευμένες γνώσεις πάνω στα GIS και σκοπός του λογισμικού είναι η διευκόλυνση της εξαγωγής συμπερασμάτων που χρειάζονται για το χωρικό σχεδιασμό μιας πόλης και εκτελέστηκε στο περιβάλλον του ArcGis στην έκδοση 9.2.

Το PET δημιουργήθηκε για την χρήση οποιουδήποτε κατάλληλου υποβάθρου ως περιοχή μελέτης. Ως κατάλληλο υπόβαθρο εννοείται μία περιοχή με περιορισμό μεγέθους τον περιορισμό του αλγορίθμου εκτέλεσης του μοντέλου, που αποτελείται από κλειστά πολύγωνα, τα οποία διαθέτουν πληθυσμιακά δεδομένα και γραμμικά στοιχεία, τα οποία διαθέτουν δεδομένα για το πλήθος των ατόμων που μπορούν να χωρέσουν. Έτσι, περιοχή μελέτης μπορεί να είναι μία γειτονιά, μία πόλη, ένα συγκρότημα κατοικιών, ένα μεγάλο κτήριο, ένα αεροδρόμιο, ένα λιμάνι ή ακόμα και ένα πλοίο.

Η εφαρμογή έχει δομηθεί σε πέντε βασικές λειτουργικές μονάδες (Modules) οι οποίες φαίνονται στο σχήμα.



Εικόνα 3-Διάγραμμα βασικών λειτουργιών

- 1 Import Basic Data : Εισαγωγή Βασικών Δεδομένων
- 2 Connection with Model : Επικοινωνία με το πρόγραμμα εκτέλεσης του μοντέλου εκκένωσης
- 3 Edit Scenario : Επεξεργασία των σεναρίων
- 4 Export Data : Εξαγωγή των δεδομένων και των αποτελεσμάτων
- 5 Google Maps : Εμφάνιση του χάρτη στο Google Maps

Διάγραμμα βασικών λειτουργιών

Πηγή: Παπακυριακόπουλος, Γεώργιος, 2008. Διπλωματική εργασία: Διαχείριση σεναρίων εκκένωσης περιοχών σε περιβάλλον GIS και αξιολόγηση χωρικού σχεδιασμού ως προς τη συμπεριφορά κατά την εκκένωση.

Λειτουργικές απαιτήσεις

Λειτουργική απαίτηση: Import Basic Data

Πρόκειται για την πρώτη επιλογή στην εργαλειοθήκη, με την οποία γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων στο ArcGis.



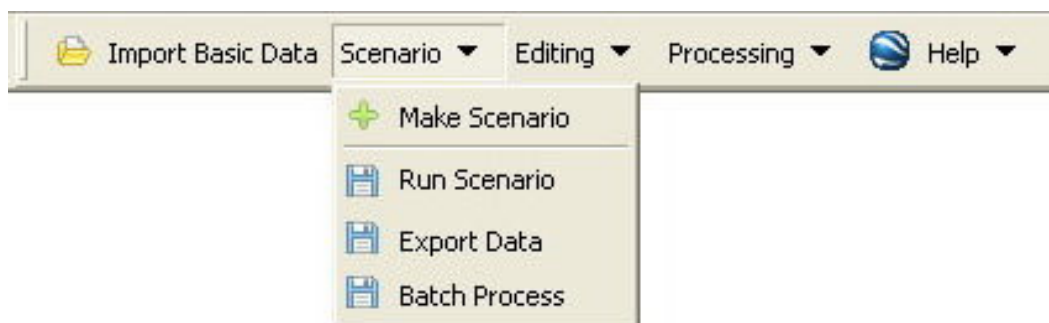
Εικόνα 4-Λειτουργική απαίτηση-import basic data

Λειτουργική Απαίτηση - Import Basic Data

Τα δεδομένα εισόδου είναι αρχεία XML που περιλαμβάνουν τα οικοδομικά τετράγωνα, με τον κωδικό-κλειδί τους (ID) και τον πληθυσμό τους, και τα τμήματα του οδικού δικτύου, με τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας και τις κατευθύνσεις. Το λογισμικό ανοίγει το αρχείο XML και στη συνέχεια εισάγει και απεικονίζει τα δεδομένα στο ArcGIS. Σε πολύ μεγάλα αρχεία παρατηρείται καθυστέρηση στην εισαγωγή των δεδομένων.

Λειτουργική απαίτηση: Scenario

Περιλαμβάνει τέσσερις λειτουργικές απαιτήσεις, οι οποίες έχουν να κάνουν με τη δημιουργία και την εκτέλεση των σεναρίων και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 5-Λειτουργική απαίτηση-scenario

Λειτουργική Απαίτηση - Scenario

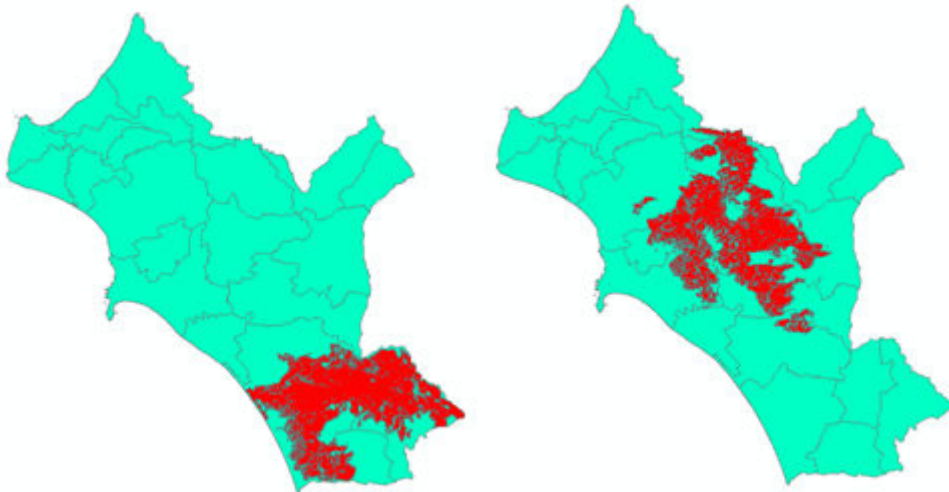
Πρώτη επιλογή (Make scenario) είναι η δημιουργία του σεναρίου. Δεδομένα εισόδου αποτελούν οι χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες που έχουν εισαχθεί στο ArcGIS.

Η επόμενη επιλογή (Run Scenario) είναι η εκτέλεση του σεναρίου. Δεδομένα εισόδου αποτελεί το αρχείο XML που περιλαμβάνει: τα οικοδομικά τετράγωνα με τον κωδικό-κλειδί τους, τον πληθυσμό τους, τους δρόμους με τις λωρίδες κυκλοφορίας και τις κατευθύνσεις με δομή ίδια με αυτή των δεδομένων εισόδου της λειτουργικής απαίτησης «Import Basic Data». Μετά την εισαγωγή των δεδομένων στον αλγόριθμο εκτέλεσης του σεναρίου, υπολογίζονται οι κυκλοφοριακοί φόρτοι και γίνεται η εξαγωγή των δεδομένων. Για την ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων του κυκλοφοριακού φόρτου, υπάρχει εύρος 50 κατηγοριών, οι τιμές των οποίων εισάγονται κατά την διάρκεια της εκτέλεσης και βρίσκονται σε αρχείο μορφής txt. Τα δεδομένα εξόδου που προκύπτουν, αποτελεί ένα αρχείο XML που περιλαμβάνει τον κωδικό-κλειδί κάθε τμήματος του οδικού δικτύου και τον κυκλοφοριακό φόρτο ανά λωρίδα του αντίστοιχου τμήματος

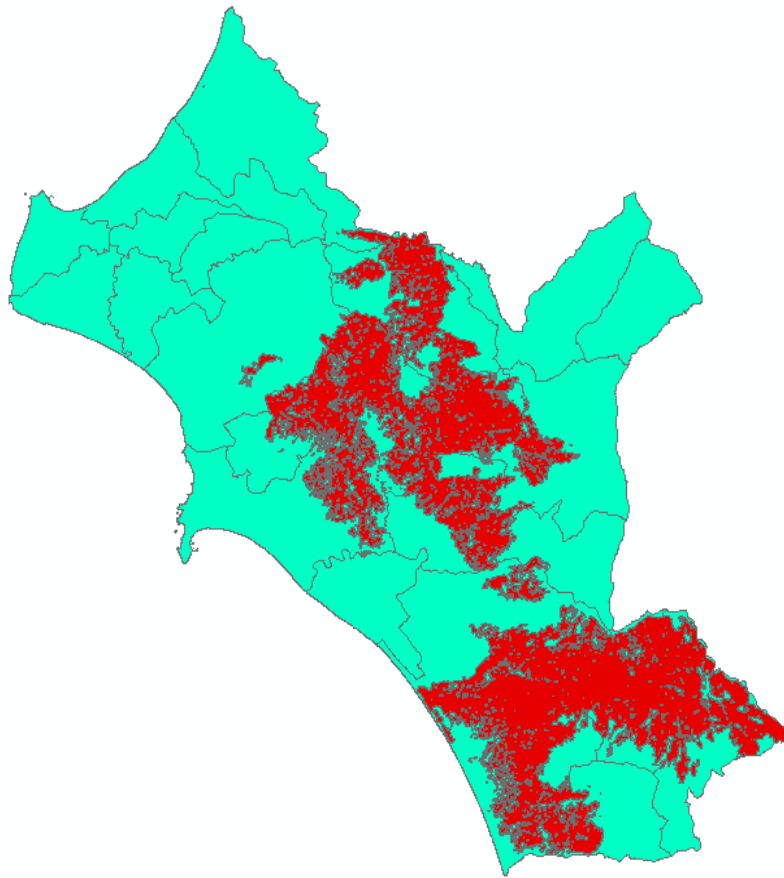
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

4.1 Το πύρινο μέτωπο

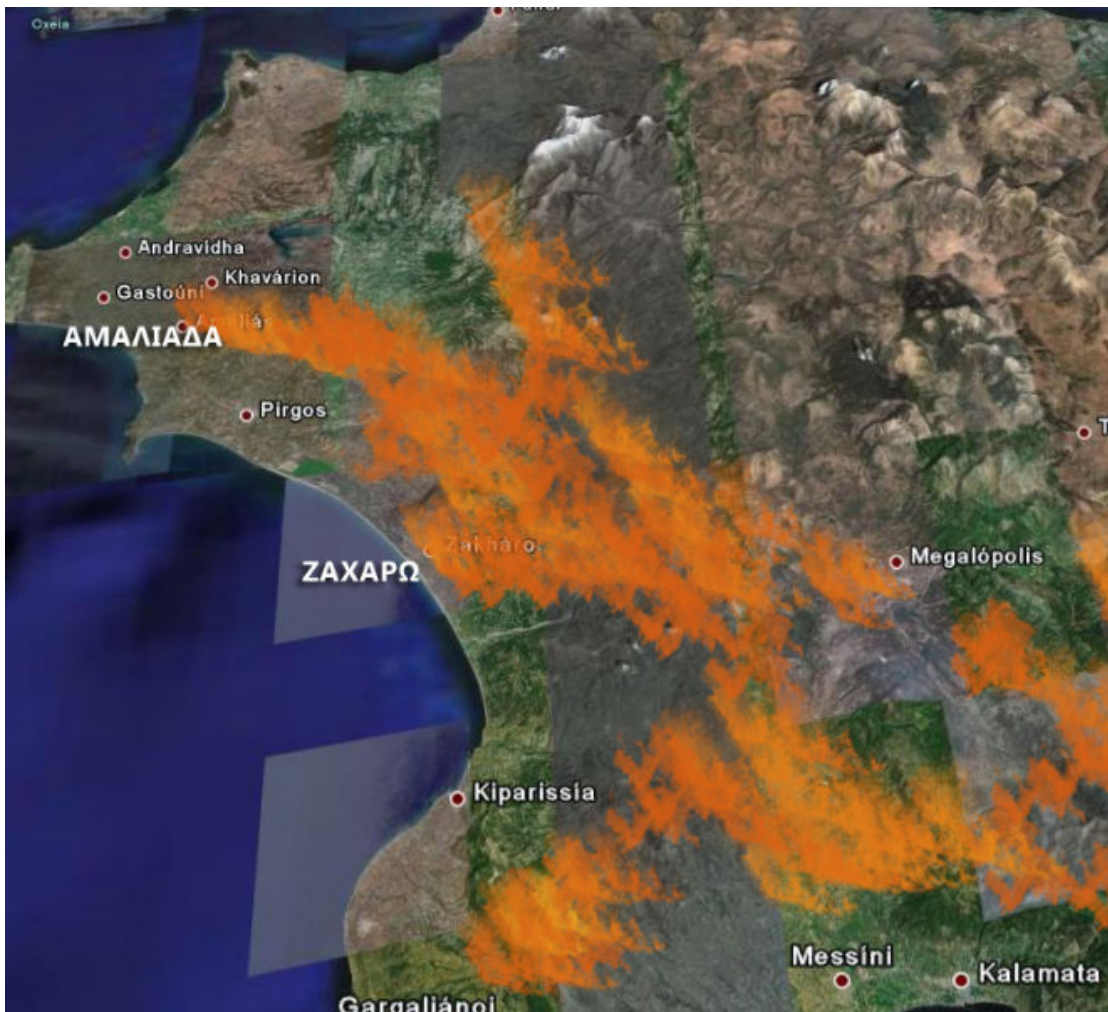
Η πυρκαγιά της περιόδου του Αυγούστου του 2007 στην Ηλεία απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα. Τα κύρια μέτωπα ήταν 2. Το νότιο το οποίο ξεκίνησε από την Μάκιστο στις 23 Αυγούστου και κινήθηκε βορειοανατολικά. Το δεύτερο το βόρειο το οποίο είναι το μέτωπο το οποίο εκδηλώθηκε στην Ηλεία και έφτασε στα σύνορα με την Αχαΐα, κινήθηκε νότια. Τα μέτωπα εξελίσσονταν ταυτόχρονα. Η πυρκαγιά απεικονίζεται στις παρακάτω εικόνες. Φαίνονται τα δύο μέτωπα στην τελική τους μορφή καθώς και η τελική μορφή της πυρκαγιάς όταν τα μέτωπα ενώθηκαν.



Εικόνα 6-Τα πύρινα μέτωπα



Εικόνα 7-Αποτύπωση συνολικής έκτασης πυρκαγιάς



Εικόνα 8-Το πύρινο μέτωπο

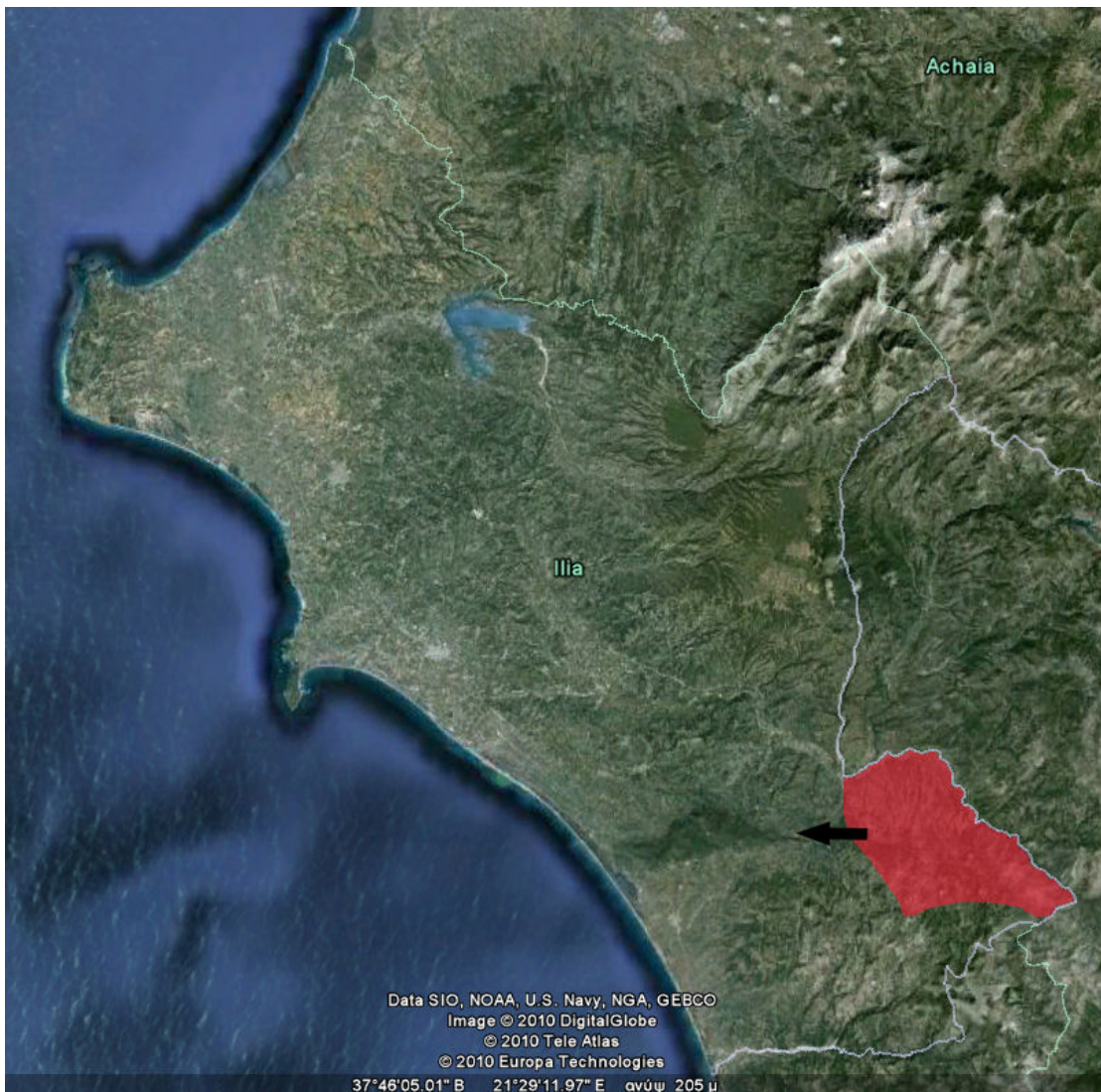
4.2 Φάσεις των μετώπων

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται η πορεία της πυρκαγιάς σε διάφορες χρονικές στιγμές. Δηλαδή παρουσιάζεται η εξέλιξη της πυρκαγιάς με την πάροδο του χρόνου για καθένα από τα δύο μέτωπα.

4.2.1 Νότιο μέτωπο:

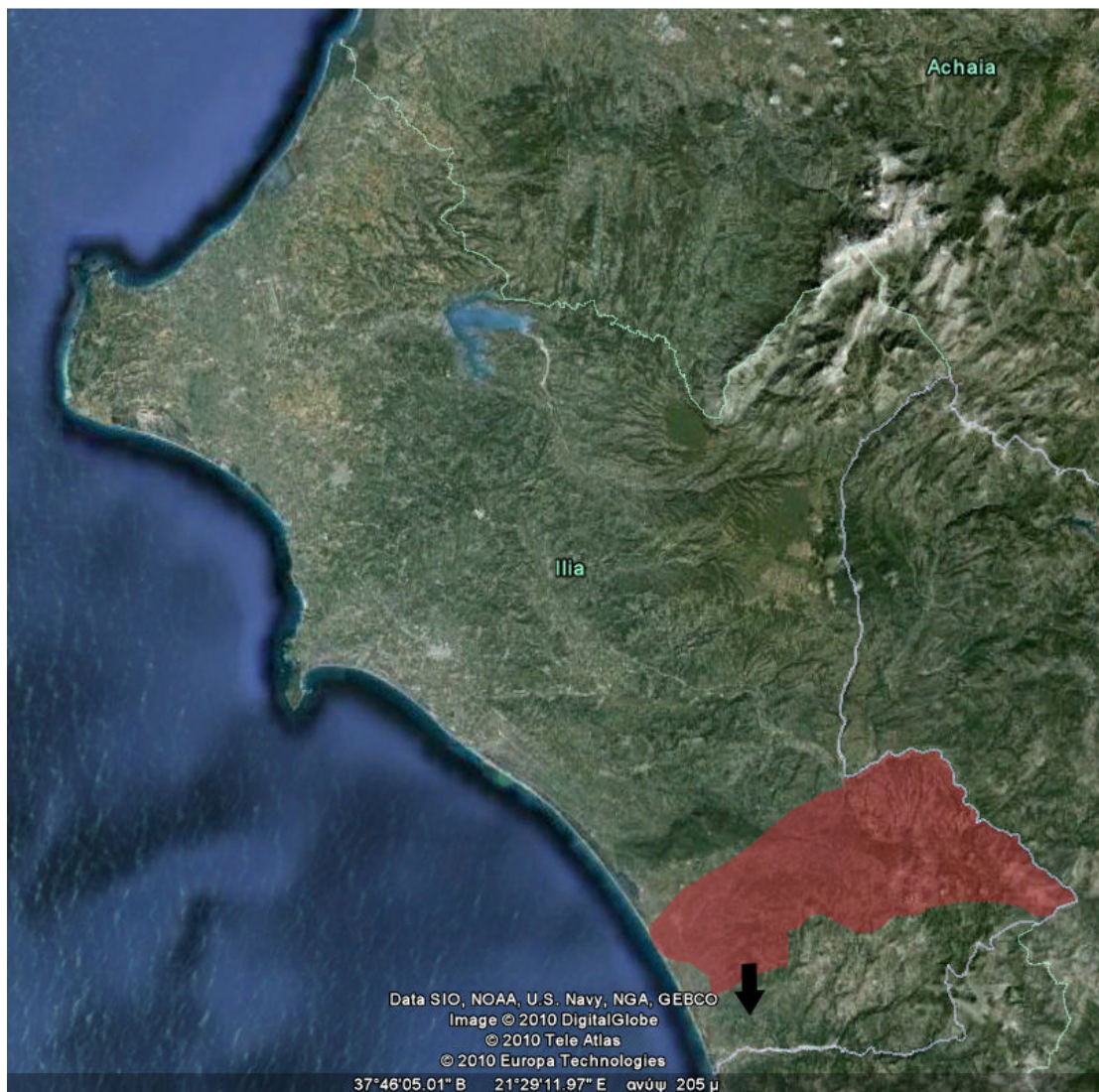
Το νότιο μέτωπο ενώθηκε με το μέτωπο της Αρκαδίας. Η πυρκαγιά κινήθηκε πολύ γρήγορα και μέσα σε 30 λεπτά έκαψε 3 χωριά και συνέχισε. Αξίζει να σημειωθεί πως αυτό το μέτωπο κατέστρεψε την Αρχαία Ολυμπία. Η πορεία της έχει απεικονιστεί σε 3 φάσεις :

- 1^η ΦΑΣΗ: Η πυρκαγιά ξέσπασε στο χωριό Μάκιστο καίει τις γύρο εκτάσεις και χωριά και κατευθύνεται δυτικά.



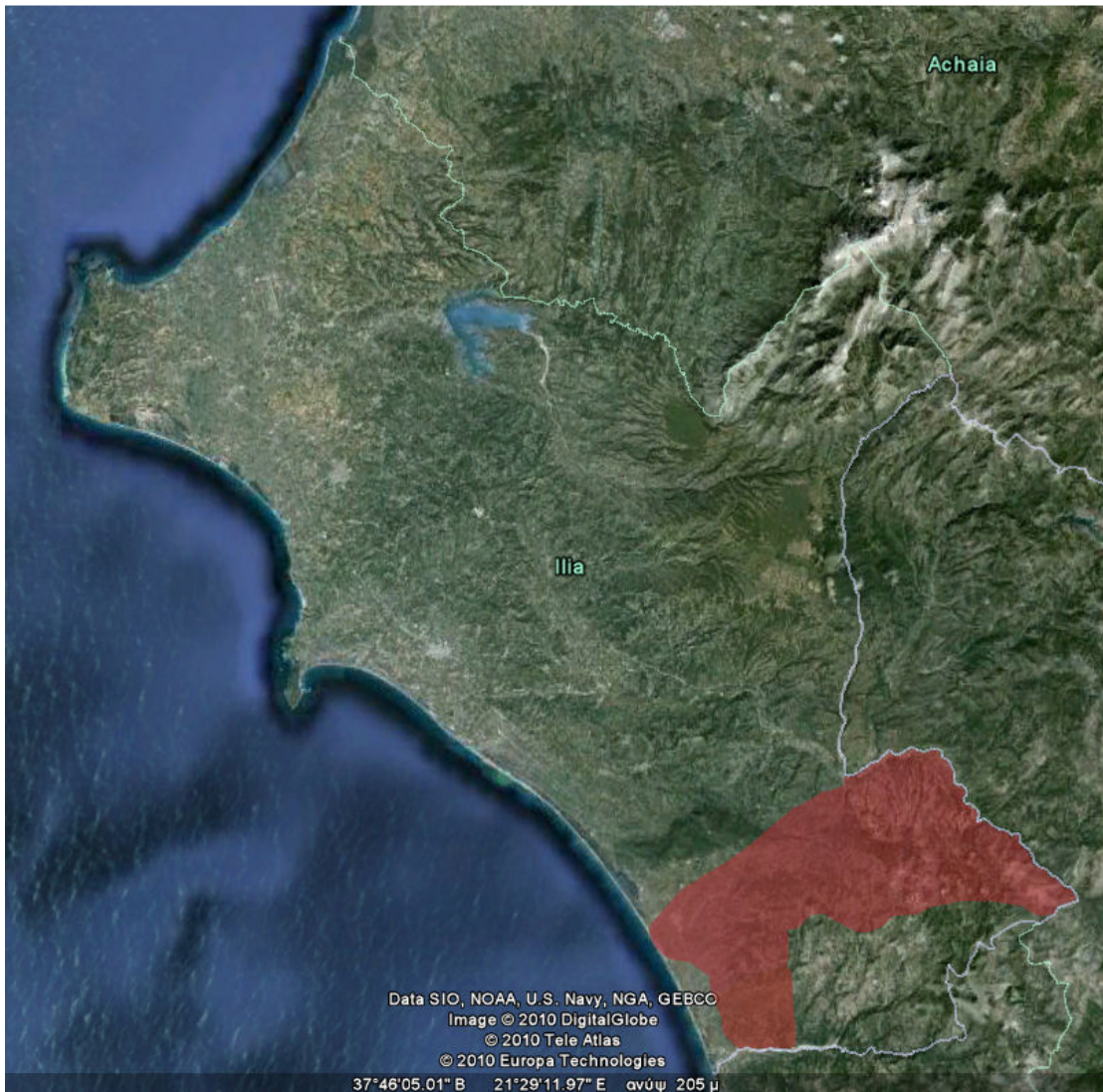
Εικόνα 9-Νότιο μέτωπο φάση 1^η

- 2^η ΦΑΣΗ: Η πυρκαγιά συνεχίζει την πορεία της δυτικά και φτάνει μέχρι την άλλη άκρη στο παραθαλάσσιο τμήμα του νομού, στην περιοχή του Καϊάφα και τα περίχωρα. Στην συνέχεια κατευθύνεται νότια.



Εικόνα 10-Νότιο μέτωπο φάση 2^η

- 3^η ΦΑΣΗ: Η φωτιά κατευθύνεται στο νότιο άκρο του νομού.



Εικόνα 11-Νότιο μέτωπο γάση 3^η

4.2.2 Βόρειο μέτωπο:

Το βόρειο μέτωπο μαινόταν στην βόρεια και κεντρική Ηλεία. Η πορεία της πυρκαγιάς ήταν νότια του νομού. Και για αυτό το μέτωπο έχουμε 3 φάσεις.

- 1^η ΦΑΣΗ : Η φωτιά βρίσκεται στα σύνορα με την Αχαΐα και κατευθύνεται νοτιοδυτικά του νομού Ηλείας.



Εικόνα 12-Βόρειο μέτωπο φάση 1^η

- 2^η ΦΑΣΗ : η φωτιά κινήθηκε νοτιοανατολικά του νομού και κατέκαψε την κεντρική Ηλεία.



Εικόνα 13-Βόρειο μέτωπο φάση 2^η

- 3^η ΦΑΣΗ: Η πορεία της φωτιάς είναι η ίδια με την προηγούμενη φάση και το μέτωπο επεκτείνεται νότια προς το νότιο μέτωπο. Τα δυο μέτωπα φτάνουν πολύ κοντά αλλά δεν ενώνονται.



Εικόνα 14-Βόρειο μέτωπο φάση 3^η

4.3 Ανθρώπινες απώλειες

Το τραγικότερο γεγονός του ολοκαυτώματος της Ηλείας ήταν οι θάνατοι που προκάλεσε. Οι φωτιές αφαίρεσαν την ζωή σε πολλούς ανθρώπους. Μέχρι την 26^η Αυγούστου είχαν καταγραφεί 37 θάνατοι. Οι 25 στην Αρτέμιδα και στην Μάκιστο, 2 στο χωριό Σμέρνα 2 στο Ξηροχώρι, 2 στην Πλατιάνα Ολυμπίας, και από ένας σε άλλα χωριά όπως το Βρεστό, η Σκλήβα, ο Λόγγος και το Χρυσοχώρι. Οι 20 χάθηκαν στους δρόμους έξω από την Μάκιστο και έξω από την Αρτέμιδα. Οι υπόλοιποι χάθηκαν στα σπίτια τους, σε χωράφια, ή σε δύσβατα δάση. Στην

παρακάτω εικόνα τονίζονται τα σημεία των δικτύων που συνέβησαν τα τραγικά περιστατικά.



Εικόνα 15-ατυχήματα



Εικόνα 16-Πολύνεκρο ατύχημα-Αρτέμιδα

4.4 Προσδιορισμός πειραμάτων προσομοίωσης

Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων ο νομός χωρίστηκε στην αρχή σε 4 κομμάτια. Ένα βορειοδυτικό, ένα βορειανατολικό, ένα νοτιοδυτικό και ένα νοτιοανατολικό. Εκ των υστέρων ο νομός χωρίστηκε με γνώμονα την πορεία των δυο μεγάλων μετώπων και την ολική κάλυψη του. Έτσι μέχρι την συνένωση των μετώπων εκτελέσαμε αλλά 6 σενάρια. Τέλος για την πλήρη εποπτεία του προγράμματος και του νομού εκτελέσαμε το λογισμικό για όλο τον νομό.

Το ζητούμενο είναι να εξεταστεί η συμπεριφορά οδικών δικτύων των οποίων τα γειτονικά δίκτυα έχουν αποκλειστεί λόγω πυρκαγιάς και να εξαχθούν συμπεράσματα για τον βαθμό και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζουν την εκκένωση. Με τον τρόπο που ορίσαμε τα 11 (συνολικά) κομμάτια πετυχαίνουμε να εξετάσουμε τον φόρτο των δρόμων σε περισσότερες από μια φορές σε διαφορετικές περιπτώσεις χωροθέτησης. Θέλουμε να ξέρουμε αν η αλλαγή της οριοθέτησης επιφέρει παρόμοια αποτελέσματα, τότε μπορούμε με ασφάλεια να ισχυριστούμε σχετικά με τη συσχέτιση παραμέτρου – αποτελέσματος.

4.5 Χωρικά δεδομένα νομού Ηλείας

Ο νομός Ηλείας υπάγεται στην **Περιφέρεια της Δυτικής Ελλάδας** και έχει **έκταση 2.618 τετρ. χλμ.** περίπου και **πληθυσμό 193.288 κατοίκους** (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία / ΕΣΥΕ: στοιχεία απογραφής 2001). Καταλαμβάνει το ΒΔ τμήμα της Πελοποννήσου και συνορεύει ΒΑ με το Ν. Αχαΐας, Ανατ. και ΝΑ με το Ν. Αρκαδίας, Νότια με το Ν. Μεσσηνίας. Δυτικά βρέχεται από το Ιόνιο Πέλαγος.

Έχει πρωτεύουσα τον **Πύργο** με 34.902 κατοίκους, δεύτερη σε πληθυσμό πόλη είναι η Αμαλιάδα με 32.090 κατοίκους και ακολουθούν η Γαστούνη, η Κρέστενα και η Ζαχάρω (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία / ΕΣΥΕ: στοιχεία απογραφής 2001). Υπάρχουν επίσης σημαντικές κωμοπόλεις και χωριά, ενώ σε απόσταση 19 χλμ. ανατολικά του Πύργου, σε μία κοιλάδα ανάμεσα στον Κρόνιο λόφο, τον ποταμό Αλφειό και τον παραπόταμο του Κλαδέο απλώνεται, ένας από τους σημαντικότερους αρχαιολογικούς χώρους της Ελλάδας, **η Αρχαία Ολυμπία**, με εκτιμώμενο μέσο όρο επισκεπτών ημερησίως περί τα 975 άτομα, το 2008.

Ο νομός διοικητικά διαιρείται σε δύο επαρχίες: 1. Επαρχία Ηλείας και 2. Επαρχία Ολυμπίας.

Με βάση το **Πρόγραμμα «Καποδίστριας»** η Πρωτοβάθμια Τοπική Αυτοδιοίκηση στο νομό συγκροτήθηκε τελικώς σε **22 Δήμους**.

Σύμφωνα με το Υπουργείο Εσωτερικών, δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης οι νέοι ΟΤΑ, τα δημοτικά διαμερίσματα και η στρεμματική έκταση τους είναι οι εξής:

ΝΟΜΟΣ ΗΛΕΙΑΣ		
ΟΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ (στρεμ.)	ΔΗΜΟΤΙΚΑ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ
1. Αλιφείρας	96.678	6
2. Αμαλιάδας	251.945	20
3. Ανδραβίδας	40.728	3
4. Ανδρίτσαινας	131.247	10
5. Αρχαίας Ολυμπίας	178.944	23
6. Βαρθολομιού	60.696	5
7. Βουπρασίας	170.859	9
8. Βώλακος	70.790	4
9. Γαστούνης	59.325	7
10. Ζαχάρως	187.047	20
11. Ιαρδάνου	62.723	9
12. Κάστρου- Κυλλήνης	49.322	4
13. Λαμπείας	72.447	3
14. Λασιώνος	119.528	6
15. Λεχαινών	60.411	6
16. Πηνείας	148.572	16
17. Πύργου	170.866	19
18. Σκυλλούντος	194.409	16
19.	35.052	3

Τραγανού		
20. Φιγαλείας	89.175	6
21. Φολόης	174.202	9
22. Ωλένης	152.231	16

Πίνακας 1-Χωρικά δεδομένα νομού

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ:

Α/Α	ΝΕΟΙ ΔΗΜΟΙ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
1	Αλιφειρασ	3.169
2	Αμαλιαδος	26.588
3	Ανδραβίδας	3.915
4	Ανδριτσαινας	2.511
5	Α.Ολυμπίας	11.229
6	Βαρθολομιου	5.640
7	Βουπρασιας	9.064
8	Βωλακος	3.438
9	Γαστούνης	9.350
10	Ζαχάρως	11.041
11	Ιαρδάνου	4.108
12	Κυλληνης	4.300
13	Λάμπειας	1.243
14	Λασιώνος	2.127
15	Λεχαιών	5.625
16	Πηνείας	5.221
17	Πύργου	30.103
18	Σκιλλούντος	14.449
19	Τράγανου	2.774
20	Φιγαλείας	2.375
21	Φολόης	3.026
22	Ωλένης	7.560
	ΣΥΝΟΛΟ	179.429

Πίνακας 2-Πληθυσμος νέων δήμων

4.6 Επεξεργασία αρχικών δεδομένων

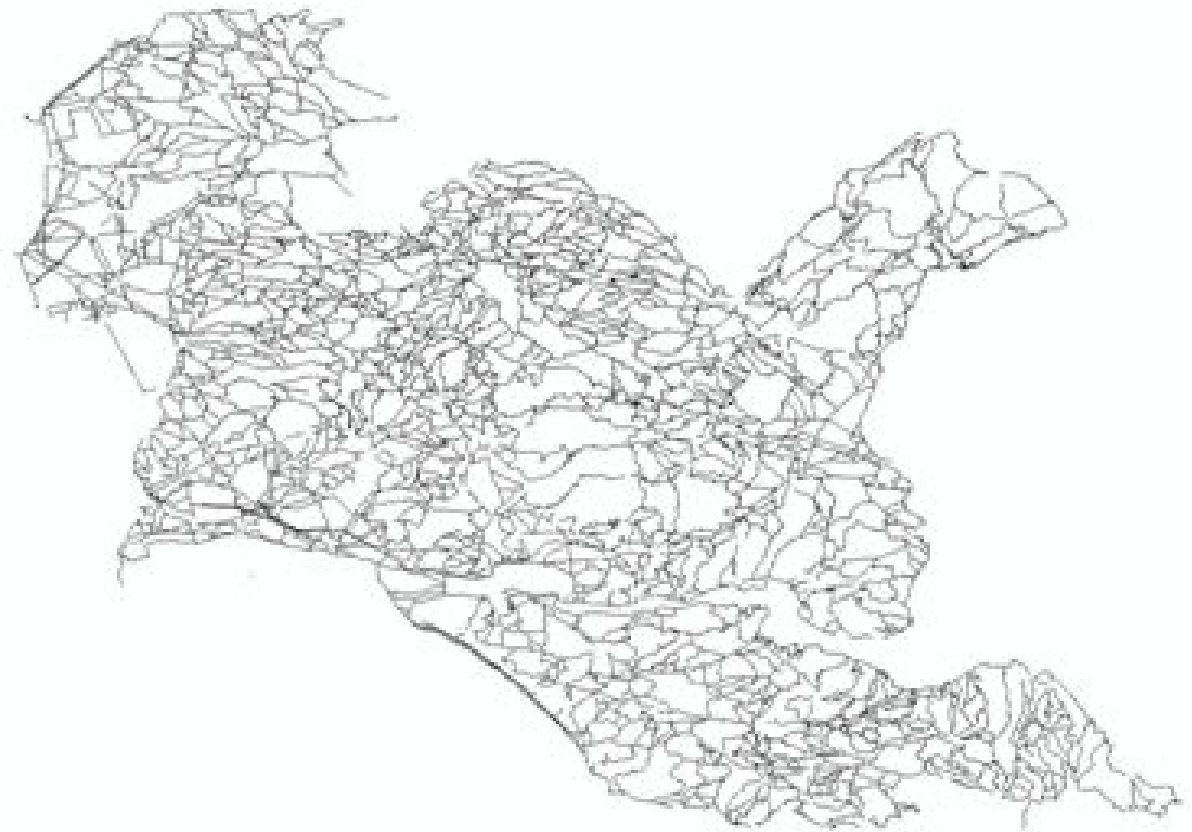
Τα ψηφιακά δεδομένα τα οποία λάβαμε για να ξεκινήσουμε τη παρούσα εργασία με δόθηκαν από το δασαρχείο του πύργου. Το οδικό δίκτυο το οποίο παραλάβαμε είχε αρκετές ελλείψεις. Όπως το ότι έλειπε αρκετά μεγάλο κομμάτι στο νότιο και στο βόρειο μέρος του νομού. Το αποτέλεσμα ήταν να αποκλείσουμε από την μελέτη μας τις περιοχές αυτές οι οποίες περιελάμβαναν και σημαντικό αριθμό χωριών με σημαντικό πληθυσμό. Τα πειράματά μας λοιπόν πραγματοποιήθηκαν στο εναπομείναν κομμάτι του νομού. Επίσης το δίκτυο περιελάμβανε όλα τα είδη των δρόμων χωρίς κατηγοριοποιήσεις. Το αγροτικό δίκτυο αφαιρέθηκε από την μελέτη μας με όσο το δυνατό καλύτερη επιλογή, αφού δεν αποτελεί πορεία διαφυγής. Ένα άλλο πρόβλημα ήταν πως δεν μας δόθηκαν τα χωριά και οι πληθυσμοί έτσι αναγκαστήκαμε να τα δημιουργήσουμε εμείς, έτσι ώστε να τα εντάξουμε στο λογισμικό. Το αρχικό δίκτυο καθώς και το δίκτυο που μελετήσαμε, μετά από επεξεργασία φαίνονται παρακάτω.

✓ ΑΡΧΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ



Εικόνα 17-Αρχικό οδικό δίκτυο

✓ ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ



Εικόνα 18-Τελικό οδικό δίκτυο

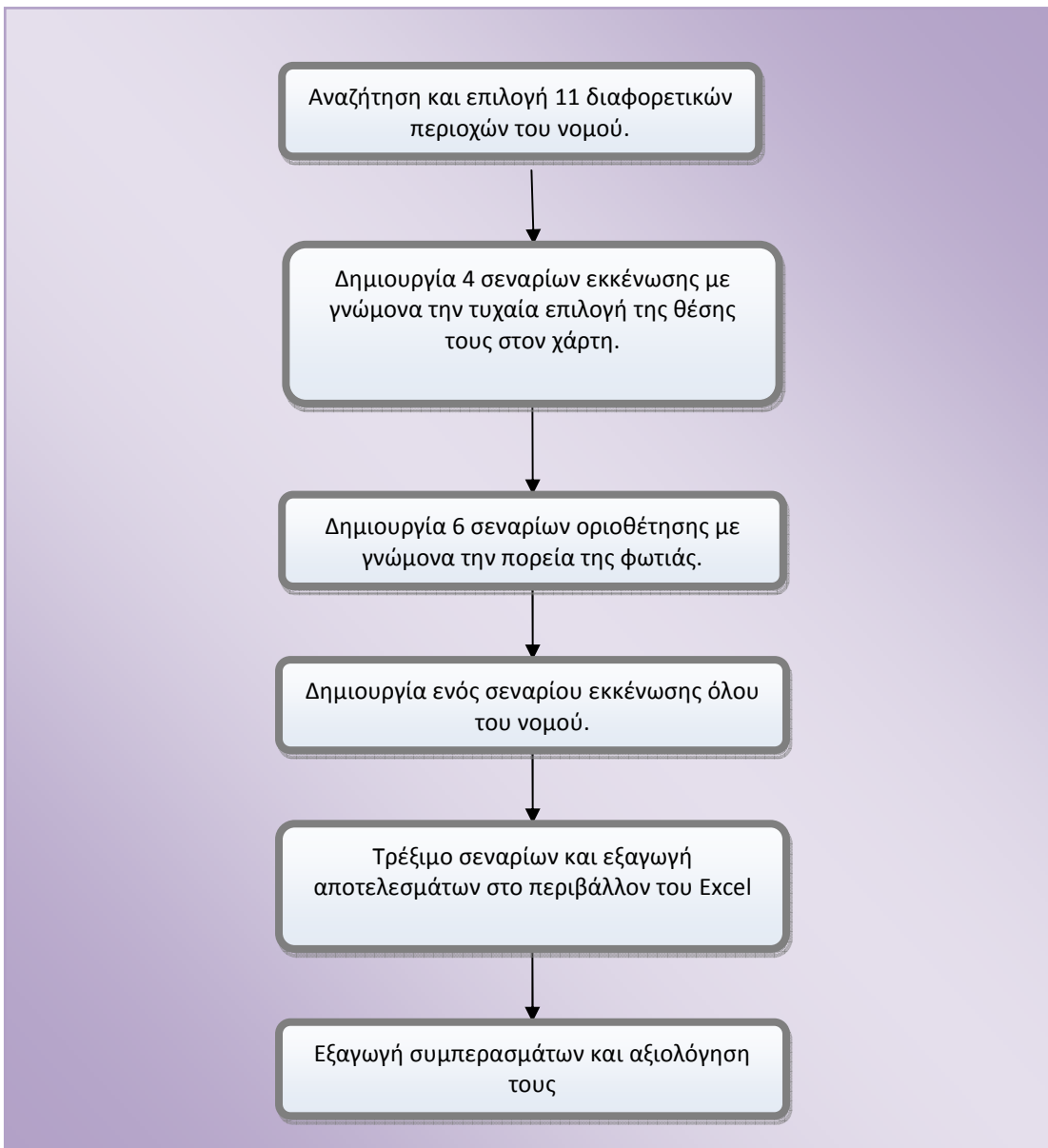
- ✚ Ένα αξιοσημείωτο συμπέρασμα το οποίο εκλάβαμε κατά την διάρκεια της εκτέλεσης της εργασίας ήταν πως ότι τιμή και να κάνουμε τον πληθυσμό, εφόσον διατηρούμε την αναλογία του (δηλ απλά πολλαπλασιάζουμε με κάτι) τα αποτελέσματα είναι ίδια και αυτό που μας απασχολεί είναι η σχετική αξιολόγηση των οδών και όχι οι απόλυτες τιμές.

4.7 Παράμετροι πειράματος

Για το συγκεκριμένο πείραμα υπάρχουν τρεις παράμετροι, βάση των οποίων θέλουμε να εξετάσουμε τα αποτελέσματα της εκτέλεσης του Evacuator για να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με το πώς επιδρούν σε αυτά.

- Πρώτη παράμετρο αποτελούν οι οριοθετήσεις με βάση την πορεία της φωτιάς και με βάση τον τυχαίο προσανατολισμό. Στο σύνολο έχουμε 11 περιπτώσεις. Τέσσερις με βάση την θέση στον χάρτη, έξι με γνώμονα την πορεία του μετώπου και ένα σε όλο τον νομό.
- Δεύτερη παράμετρο αποτελεί η παραδοχή ότι η εκκένωση θα γίνει από το κύριο επαρχιακό δίκτυο και από το εθνικό. Το αγροτικό δίκτυο δεν αποτελεί αντικείμενο της μελέτης μας.
- Η τρίτη παράμετρος αναφέρεται στο οδικό δίκτυο και στο ότι όλοι οι δρόμοι είναι μιας λωρίδας διπλής κατεύθυνσης.

4.8 Ροή εργασιών



Η πυρκαγιά της Ηλείας (όπως προαναφέρθηκε) στο σύνολο της ήταν δύο μεγάλα μέτωπα, το βόρειο που κινήθηκε νότια και το νότιο που κινήθηκε ανατολικά. Αρχικά αφαιρέθηκαν από το δίκτυο μας οι αγροτικοί δρόμοι αφού η διαφυγή δεν μπορεί να γίνει από αυτούς. Έπειτα επιλέχτηκαν οι 11 περιοχές. Για την αναζήτηση και επιλογή τους χρησιμοποιήθηκε για της πρώτες 4 τυχαία επιλογή και για τις υπόλοιπες η πορεία της πυρκαγιάς. Το λογισμικό μας έδωσε μια γενική εικόνα αφού το πρώτο σενάριο υλοποιήθηκε για όλο το νομό. Όσο αναφορά της 6 περιπτώσεις της πυρκαγιάς εργαστήκαμε ως εξής: Ξεκινήσαμε από το νότιο μέτωπο το οποίο κινήθηκε δυτικά. Το χωρίσαμε περίπου στην μέση και υποθέτοντας ότι η πυρκαγιά μαίνεται στο ανατολικό κομμάτι η διαδικασία της εκκένωσης πρέπει να γίνει στο δυτικό. Στο δεύτερο σενάριο με την παραδοχή πως κάηκε όλο το νότιο μέτωπο η εκκένωση θα πραγματοποιηθεί για την περιοχή που βρίσκεται βόρεια από αυτό. Στην συνέχεια ασχοληθήκαμε με το βόρειο μέτωπο το οποίο κινήθηκε νότια. Το πρώτο σενάριο είναι για την περιοχή που βρίσκεται βόρεια του μετώπου. Το μέτωπο κινήθηκε νότια και με την εκδοχή πως έκαψε έναν αριθμό στρεμμάτων θα εκκενώσουμε το υπόλοιπο νότιο μέρος στο οποίο πέρασε η φωτιά. Στο τρίτο στάδιο εκκενώνουμε την περιοχή ανατολικά του μετώπου αυτού. Τέλος προχωρώντας νότια θα πραγματοποιηθεί εκκένωση στο σημείο που τα μέτωπα ενώθηκαν. Είναι η δεύτερη φορά που θα μελετηθεί αυτή η περιοχή αφού είναι η ίδια περιοχή που αντιστοιχεί στο δεύτερο σενάριο.

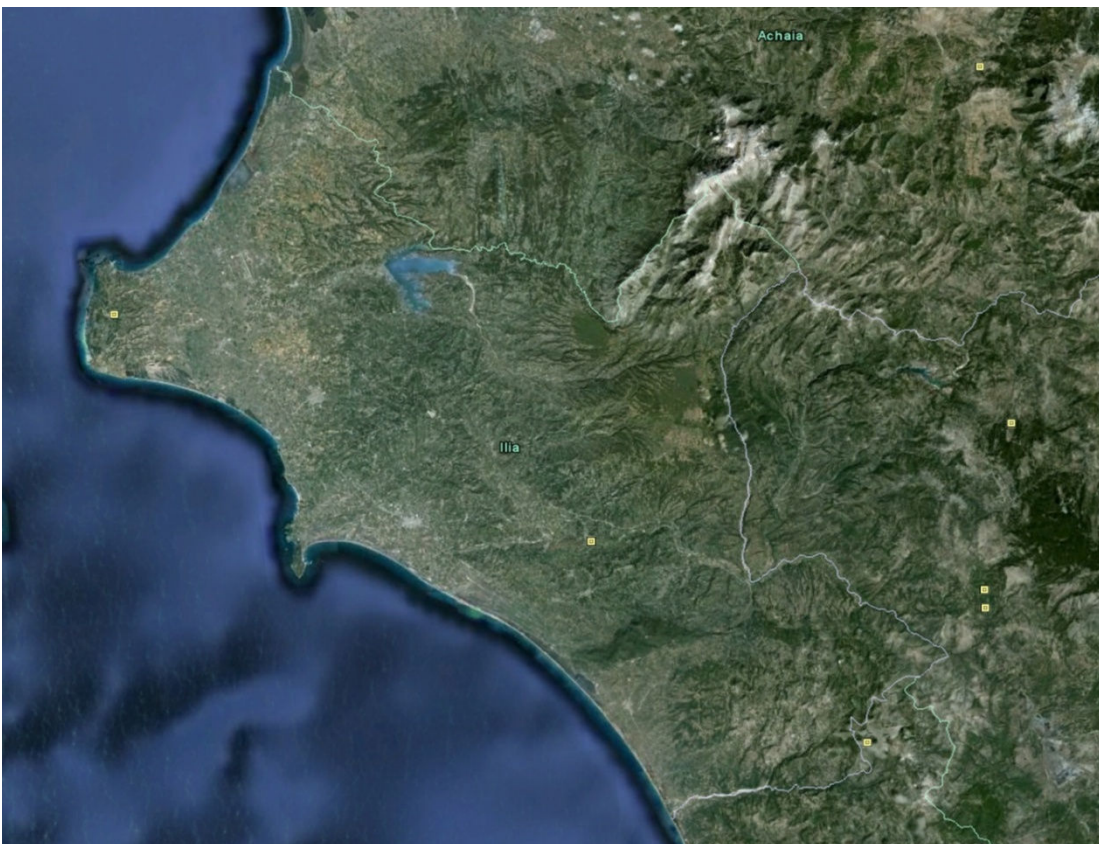
Στο επόμενο στάδιο έγινε η δημιουργία και το τρέξιμο των σεναρίων με τη χρήση του Evacuator. Η κατάταξη σε περιοχές τιμών (bins) των αποτελεσμάτων των φόρτων έγινε με 5 ομαδοποιήσεις, ανά 2 μονάδες οδικού φόρτου.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται με κόκκινο οι περιοχές που καίγονται την συγκεκριμένη χρονική στιγμή και με κίτρινο οι περιοχές που εκκενώνονται. Οι περιπτώσεις που πήραμε ακλουθήσανε την πορεία της φωτιάς. Στο επόμενο κεφάλαιο θα προσδιοριστούν τα αποτελέσματα των εκκενώσεων.

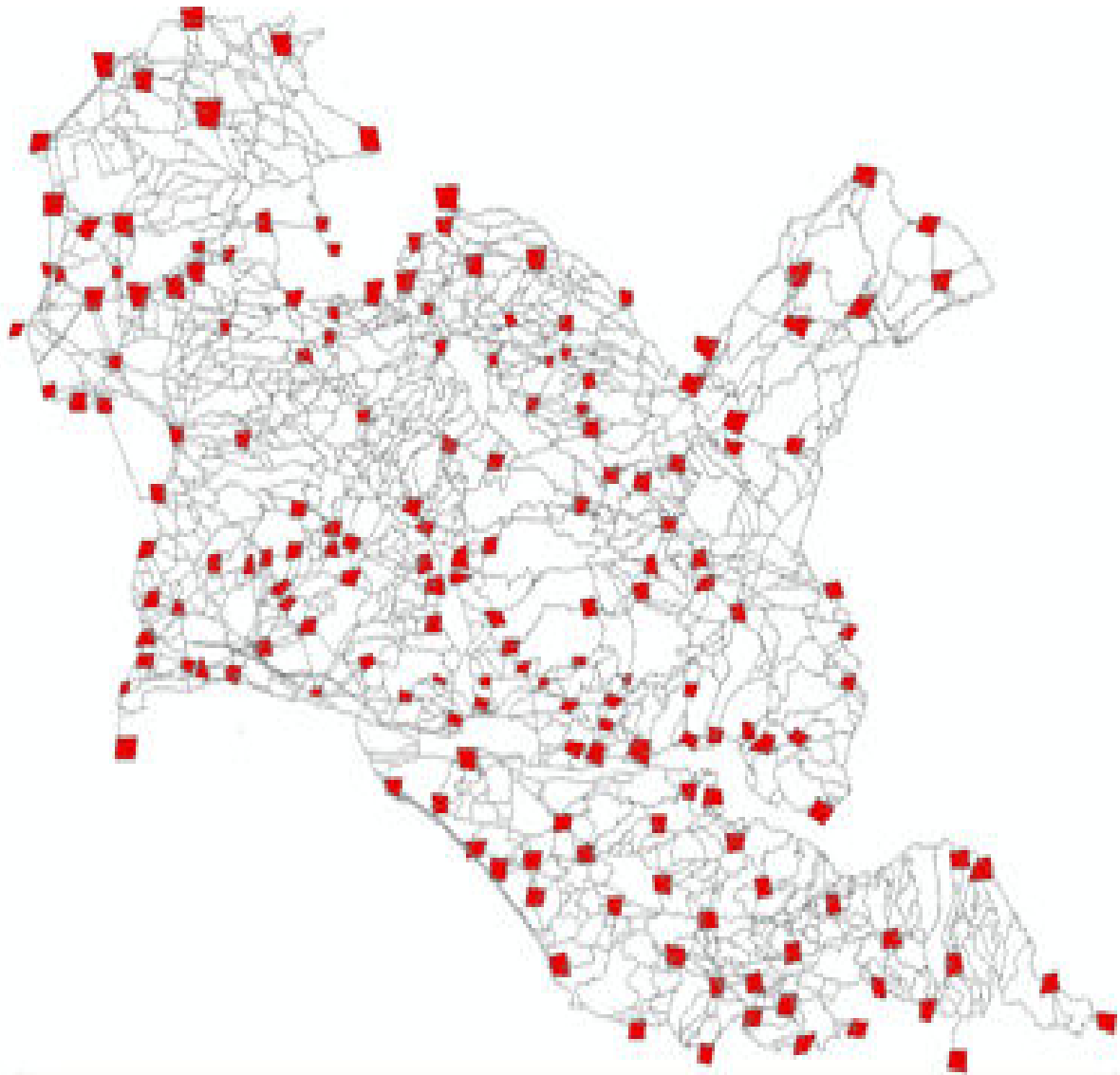
4.9 Αναφορά σεναρίων

4.9.1 Σενάριο νομού

- ❖ Για την εκτέλεση του πρώτου σεναρίου χρησιμοποιήσαμε όλη την έκταση του νομού. Σκοπός μας ήταν να λάβουμε μια γενική εικόνα των φόρτων των οδικών δικτύων και της γενικής συμπεριφοράς των δικτύων κατά την εκκένωση. Ο πληθυσμός είναι 34.263 κάτοικοι και η έκταση 2.618 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Οι πόλεις και τα χωριά που εκκενώθηκαν είναι 178.



Εικόνα 19-Νομός Ηλείας



Εικόνα 20-Ψηφιακό οδικό δίκτυο νομού Ηλείας

4.9.2 Σενάρια τυχαίας κατανομής



Εικόνα 21-Σενάρια τυχαίας κατανομής

Οι τυχαίες περιοχές που επιλέξαμε φαίνονται στο παραπάνω σχήμα. Τα σενάρια που υλοποιήσαμε είναι 4, το βορειοδυτικό το οποίο είναι 700 τ.χλ. και εκκενώνονται 52 πόλεις και χωριά, το βορειοανατολικό το οποίο είναι 470 τ.χλ. και εκκενώνονται 31 πόλεις και χωριά, το νοτιοανατολικό το οποίο είναι 964,5 τ.χλ. και εκκενώνονται 58 πόλεις και χωριά και τέλος το νοτιοδυτικό το οποίο είναι 497 τ.χλ. και εκκενώνονται 53 πόλεις και χωριά.

4.9.3 Σενάρια πυρκαγιάς

Τα σενάρια τα οποία δημιουργήσαμε με γνώμονα την πορεία προς πυρκαγιάς είναι 6. Για το βόρειο μέτωπο έχουμε 4 σενάρια και για το νότιο 2. Με κόκκινο χρώμα φαίνεται η φλεγόμενη περιοχή την συγκεκριμένη στιγμή και με κίτρινο η περιοχή που εκκενώνεται.

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 1

Αναφέρεται στο νότιο μέτωπο το οποίο κινείται δυτικά. Το φλεγόμενο κομμάτι είναι 223 τ.χλ. και αποτελείται από 13 χωριά. Η περιοχή η οποία εκκενώνεται είναι 308 τ.χλ. και αποτελείται από 11 χωριά.



Εικόνα 22-Σενάριο πυρκαγιάς 1^ο

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 2

Στην περίπτωση αυτή το μέτωπο κινήθηκε δυτικά και κάλυψε το κομμάτι που εκκενώθηκε στο προηγούμενο σενάριο. Έτσι η εκκένωση θα επέλθει στην περιοχή που βρίσκεται βόρεια του φλεγόμενου τμήματος. Με την εκτέλεση αυτού του σεναρίου καλύπτουμε το νότιο μέτωπο. Το φλεγόμενο τμήμα είναι 308 τ.χλ. Η περιοχή που εκκενώνεται είναι 198 τ.χλ. περικλείει 23 χωριά.



Εικόνα 23-Σενάριο πυρκαγιάς 2°

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 3

Αναφέρεται στο βόρειο μέτωπο. Η φλεγόμενη περιοχή βρίσκεται στην κεντρική Ηλεία και καλύπτει περιοχή 352 τ.χλ. Το κομμάτι το οποίο εκκενώνεται βρίσκεται βόρεια προς περιοχή προς ,είναι 368 τ.χλ. και αποτελείται από 38 πόλεις και χωριά.



Εικόνα 24-Σενάριο πυρκαγιάς 3^ο

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 4

Το πύρινο μέτωπο είναι το ίδιο με το προηγούμενο σενάριο και η εκκένωση γίνεται στο νότιο τμήμα. Το τμήμα αυτό καλύπτει έκταση 137 τ.χλ. και περιλαμβάνει 40 πόλεις και χωριά.



Εικόνα 25-Σενάριο πυρκαγιάς 4^ο

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 5

Το πύρινο μέτωπο έχει καλύψει όλο το βόρειο μέτωπο και εκκενώνεται η περιοχή ανατολικά. Το βόρειο μέτωπο συνολικά έκαψε 508τ.χλ. Το κομμάτι που εκκενώσαμε είναι 250τ.χλ. και περιλαμβάνει 17 χωριά.



Εικόνα 26-Σενάριο πυρκαγιάς 5°

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ 6

Στο σενάριο αυτό το φλεγόμενο κομμάτι είναι το ίδιο με το προηγούμενο σενάριο. Η περιοχή η οποία εκκενώνεται είναι νότια του μετώπου και περιλαμβάνει 22 χωριά. Προς καταλαμβάνει έκταση 200τ.χλ.



Εικόνα 27-Σενάριο πυρκαγιάς 6°

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

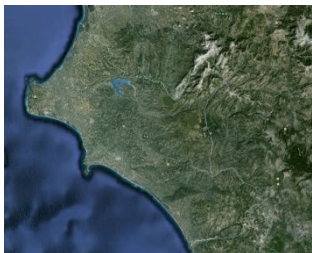
5.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στα αποτελέσματα των σεναρίων μετά την χρήση του λογισμικού. Παρακάτω απεικονίζονται τα σενάρια που εκτελέσαμε στο περιβάλλον του ArcGis (των περιοχών που εκκενώθηκαν). Προς υπολογίζονται τα ποσοστά των φόρτων των οδικών δικτύων. Η κατηγοριοποίηση των φόρτων γίνεται βάση χρωμάτων.

- ✓ Μπλε : μικρός φόρτος
- ✓ Πράσινο : μεσαίος φόρτος
- ✓ Κόκκινο : μεγάλος φόρτος

5.2 Σενάρια

5.2.1 Σενάριο νομού



Εικόνα 28-Αποτελέσματα σεναρίου νομού

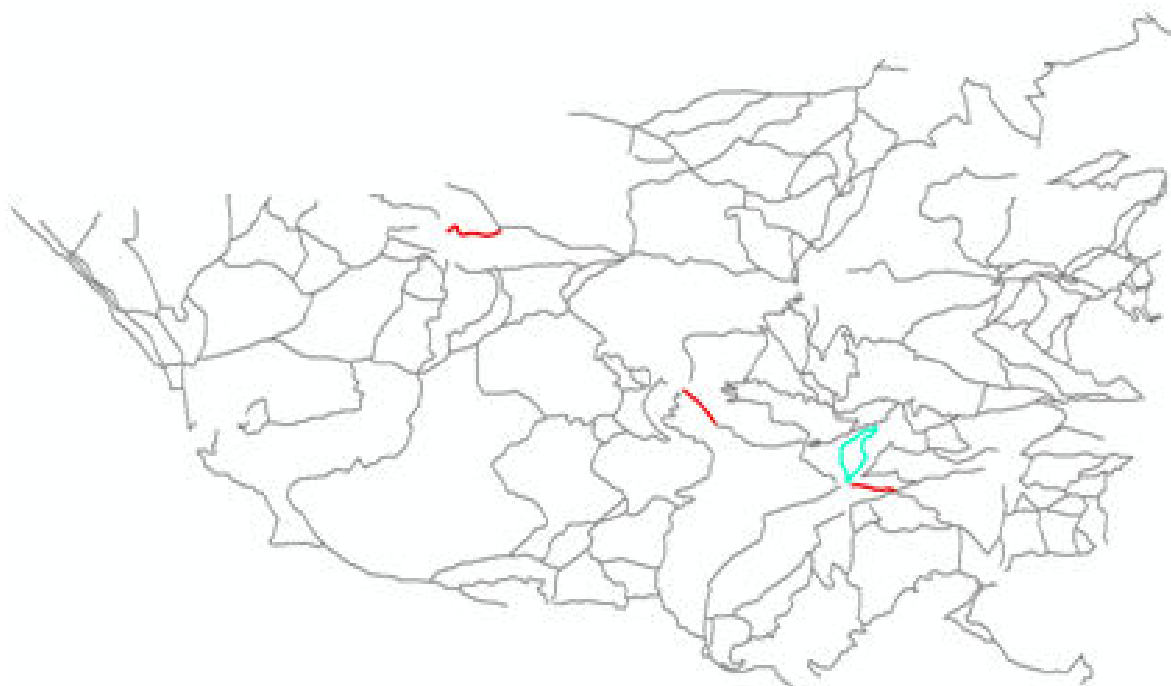
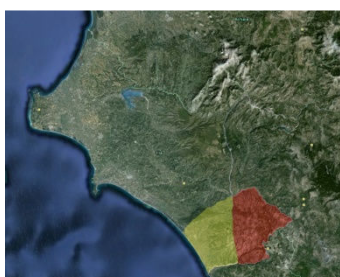
ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	34.263
ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	
ΠΟΛΕΙΣ/ΧΩΡΙΑ	178
ΕΜΒΑΔΟΝ	2.618
ΜΙΚΡΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	27
ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	33
ΜΕΓΑΛΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	38

Πίνακας 3-Αποτελέσματα νομού

5.2.2 Σενάρια πυρκαγιάς

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ 1

Το σενάριο αυτό παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από όλα τα σενάρια, καθώς περιλαμβάνει τους δρόμους που χαθήκαν άνθρωποι. Αυτοί οι δρόμοι είναι 2: ο ένας είναι ο δρόμος από την Μάκιστο στην Αρτέμιδα και ο άλλος από την Αρτέμιδα στην Ζαχάρω.



Εικόνα 29-Αποτελέσματα σεναρίου πυρκαγιάς 1

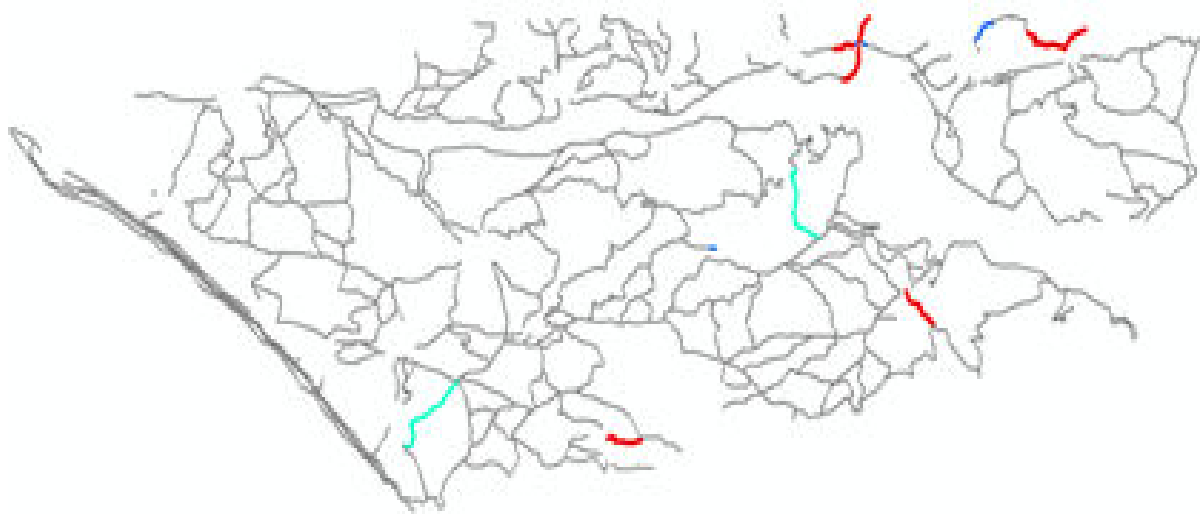
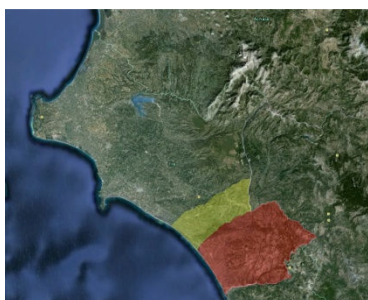
ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	982
ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	
ΠΟΛΕΙΣ/ΧΩΡΙΑ	11
ΕΜΒΑΔΟΝ	308
ΜΙΚΡΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	-
ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	2
ΜΕΓΑΛΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	5

Πίνακας 4-Σενάριο πυρκαγιάς 1

Οι δρόμοι που παρουσίασαν αξιοσημείωτους φόρτους είναι οι εξής:

- ✚ Μέγιστος φόρτος
 - ✓ Δήμος Ζαχάρως: δρόμος Αρτέμιδος- Μακίστου και Σμέρνα-Αρτέμιδος.
 - ✓ Δήμος Αρχαίας Ολυμπίας: ο δρόμος από το χωριό Βρίνα που κατευθύνεται ανατολικά προς τα χωριά Γρύλος και Γραίνα.
- Στο τέρμα του δρόμου Μακίστου-Αρτέμιδας είχαμε ένα από τα ατυχήματα που στοίχισαν την ζωή σε 2 ανθρώπους.

❖ ΣΕΝΑΡΙΟ 2



Εικόνα 30-Αποτελέσματα σεναρίου πυρκαγιάς 2

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	4477
ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	
ΠΟΛΕΙΣ/ΧΩΡΙΑ	23
ΕΜΒΑΔΟΝ	198
ΜΙΚΡΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	10
ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	4
ΜΕΓΑΛΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	7

Πίνακας 5-Σενάριο πυρκαγιάς 2

Οι δρόμοι που παρουσίασαν αξιοσημείωτους φόρτους είναι οι εξής:

✚ Μεσαίος φόρτος

- ✓ Δήμος Σκυλουντίας: Στον δρόμο που κατευθύνεται νότια από τα Νέα Καλυβάκια. Επίσης στον δρόμο μεταξύ Νέο χωριό και Διάσελα.

✚ Μέγιστος φόρτος:

- ✓ Δήμος Αρχαίας Ολυμπίας: Οι δρόμοι από την Μουριά στην Λιναριά και από το Λούβρο στο Βασιλάκιον.
- ✓ Δήμος Σκυλουντίας: Οι δρόμοι από την Βρίνα προς τα ανατολικά και από το Σαμικό προς τα Κρέστενα .

ΣΕΝΑΡΙΟ 3



Εικόνα 31-Αποτελέσματα σεναρίου πυρκαγιάς 3

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	12.712
ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	
ΠΟΛΕΙΣ/ΧΩΡΙΑ	38
ΕΜΒΑΔΟΝ	368
ΜΙΚΡΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	-
ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	6
ΜΕΓΑΛΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	2

Πίνακας 6-Σενάριο πυρκαγιάς 3

Οι δρόμοι που παρουσίασαν αξιοσημείωτους φόρτους είναι οι εξής:

- ✚ Μεσαίος φόρτος
 - ✓ Δήμος Λεχαινών: Ο δρόμος που κατευθίνεται από την Μελισσα βορειοδυτικά, προς το Κουρτέση του δ. Βουπρασιάς.
 - ✓ Δήμος Αμαλιάδας: Ο δρόμος από τον Άγιο Δημήτριο με κατεύθυνση δυτικά στην Ηλιδα και στα Καλύβια. Επίσης ο δρόμος από το Κρυονέρι προς βορά που κατευθύνεται στα χωριά Δαφνη και Δαφνιωτιστα.
- ✚ Μέγιστος φόρτος
 - ✓ Δήμος Αμαλιάδας: Ο δρόμος από την Ήλιδα στα Καλύβια.

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ 4



Εικόνα 32-Αποτελέσματα σεναρίου πυρκαγιάς 4

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	4.473
ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	
ΠΟΛΕΙΣ/ΧΩΡΙΑ	40
ΕΜΒΑΔΟΝ	137
ΜΙΚΡΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	2
ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	11
ΜΕΓΑΛΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	4

Πίνακας 7-Σενάριο πυρκαγιάς 4

Οι δρόμοι που παρουσίασαν αξιοσημείωτους φόρτους είναι οι εξής:

- ✚ Μικρός φόρτος :
 - ✓ Δήμος Πηνειάς: Ο δρόμος από τον Άνθωνα στην Αγνάντα.
- ✚ Μεσαίος φόρτος:
 - ✓ Δήμος Ωλένης: Ο δρόμος με κατεύθυνση από την Κλινδία προς ανατολή.
 - ✓ Δήμος Αρχίας Ολυμπίας: Ο δρόμος που διασχίζει το Κλάδεο και κατευθύνεται δυτικά στα χωριά Μαγείρα και Καυκώνα.
- ✚ Μεγάλος φόρτος:
 - ✓ Δήμος Ωλένης: Ο δρόμος από το Λάτζιο προς την Μαγούλα και από την Πεύκη στην Αγία Άνη.
 - ✓ Δήμος Πηνειάς: Ο δρόμος από την Λούκα προς την Ροδιά.

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ 5



Εικόνα 33-Αποτελέσματα σεναρίου πυρκαγιάς 5

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	1.065
ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	
ΠΟΛΕΙΣ/ΧΩΡΙΑ	17
ΕΜΒΑΔΟΝ	250
ΜΙΚΡΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	-
ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	1
ΜΕΓΑΛΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	2

Πίνακας 8-Σενάριο πυρκαγιάς 5

Οι δρόμοι που παρουσίασαν αξιοσημείωτους φόρτους είναι οι εξής:

✚ Μεσαίος φόρτος:

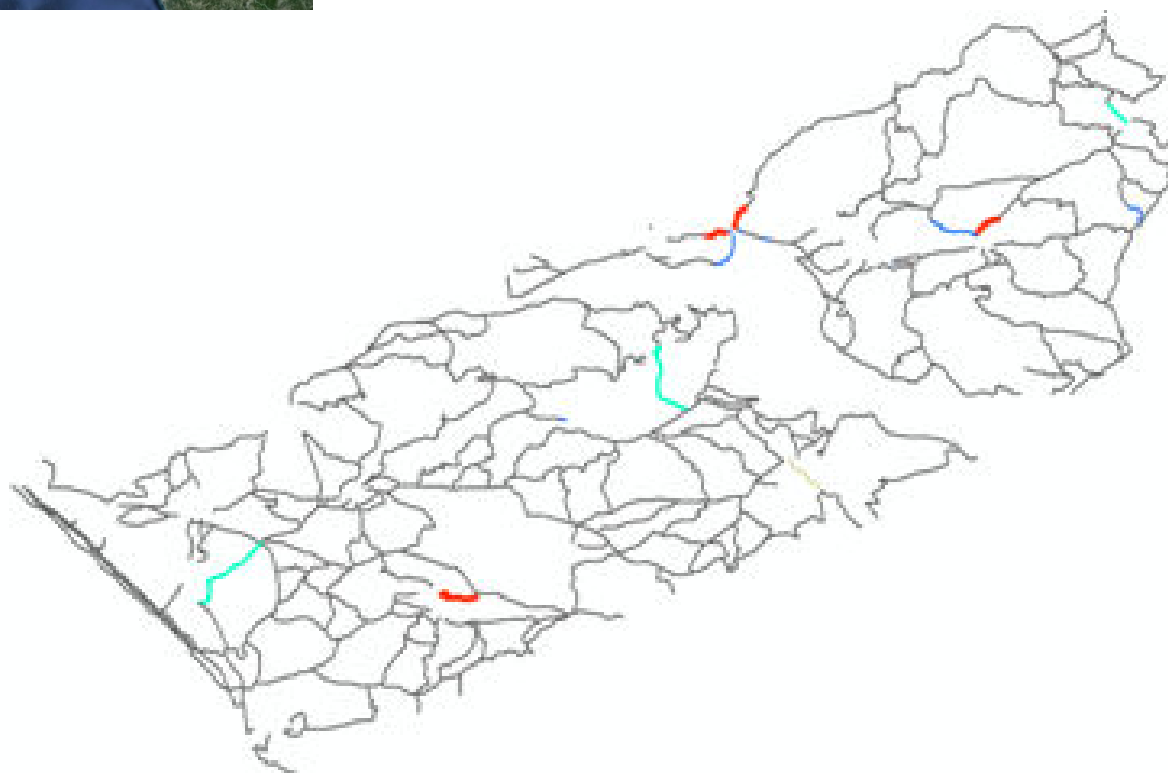
✓ Δήμος Λασιώνος: Ο δρόμος από τα Τσιπιανά στον Βόρρα.

✚ Μεγάλος φόρτος:

✓ Δήμος Λάμπειας: Ο δρόμος που κατευθύνεται από την Ορεινή προς τα Ανατολικά.

✓ Δήμος Πηνείας: Ο δρόμος από την Λάτζα στο Αγραπιδochώρι.

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ 6



Εικόνα 34-Αποτελέσματα σεναρίου πυρκαγιάς 6

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	10.073
ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	
ΠΟΛΕΙΣ/ΧΩΡΙΑ	22
ΕΜΒΑΔΟΝ	200
ΜΙΚΡΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	14
ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	6
ΜΕΓΑΛΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	5

Πίνακας 9-Σενάριο πυρκαγιάς 6

Οι δρόμοι που παρουσίασαν αξιοσημείωτους φόρτους είναι οι εξής:

✚ Μικρός φόρτος:

- ✓ Δήμος Αρχαίας Ολυμπίας: ο δρόμος από το Βασιλάκιο προς τον Λούβρο και την Καμένη. Οι εξοδοι από την Μουριά προς νότο.

✚ Μεσαίος φόρτος:

- ✓ Δήμος Αρχαίας Ολυμπίας: Ο δρόμος από τον Ξηρόκαμπο προς την Νεμούντα του δήμου Φολόης.
- ✓ Δήμος Σκυλουντίας: Ο δρόμος που κατευθύνεται νότια από τα Καλυβάκια στην Φρίξη και στο Πλουτοχώρι, και ο δρόμος από το Σαμικό στα Κρέστενα.

✚ Μεγάλος φόρτος:

- ✓ Δήμος Αρχαίας Ολυμπίας: Οι έξοδοι της Μουριάς και κυρίως η έξοδος προς την Λυναριά, ο δρόμος από το Βασιλάκιο προς τον Ξηρόκαμπο.
- ✓ Δήμος Σκυλουντίας: Η έξοδος της Βρίνας προς τον Γρύλο.

5.2.3 Σενάρια τυχαίας κατανομής

- ΣΕΝΑΡΙΟ 1 (ΒΟΡΕΙΟ-ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ)




Εικόνα 35-Αποτελέσματα ΒΑ σεναρίου

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	2572
ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	
ΠΟΛΕΙΣ/ΧΩΡΙΑ	31
ΕΜΒΑΔΟΝ	470
ΜΙΚΡΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	-
ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	5
ΜΕΓΑΛΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	8

Πίνακας 10-ΒΑ σεναρίου

Οι δρόμοι που παρουσίασαν αξιοσημείωτους φόρτους είναι οι εξής:

 Μεσαίος φόρτος:

- ✓ Δήμος Αμαλιάδος: Ο δρόμος από τον Άγιο Δημήτριο προς την Ήλιδα.
- ✓ Δήμος Λεχαινών: Ο δρόμος από την Μέλισσα στο Κουρτέση του δήμου Βουπρασιάς.

 Μέγιστος φόρτος:

- ✓ Δήμος Πηνείας: Οι δρόμοι από τον Λάττα προς το Βελανίδι και προς το Αγραπιδochώρι, από τον Ανθώνα προς τα Αγνάντα, ο δρόμος από τον Κάμπο με κατεύθυνση προς τα ανατολικά που βρίσκεται το Βελανίδιον και ο Λάττας και επίσης από την Εφύρα προς τον Κάμπο.
- ✓ Δήμος Ωλένης: Ο δρόμος από την Κοντοχέρα προς τα χωριά Χειμαδιόν και Σόπιον.
- ✓ Δήμος Αμαλιάδος: Ο δρόμος από την Ήλιδα προς τα Καλύβια.

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ 2 (ΒΟΡΕΙΟ-ΔΥΤΙΚΟ)



Εικόνα 36-Αποτελέσματα ΒΔ σεναρίου

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	14.087
ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	
ΠΟΛΕΙΣ/ΧΩΡΙΑ	52
ΕΜΒΑΔΟΝ	700
ΜΙΚΡΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	7
ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	3
ΜΕΓΑΛΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	3

Πίνακας 11-ΒΔ σενάριο

Οι δρόμοι που παρουσίασαν αξιοσημείωτους φόρτους είναι οι εξής:

✚ Μικρός φόρτος:

- ✓ Δήμος Πύργου: Στην έξοδο του Κορακοχωρίου.

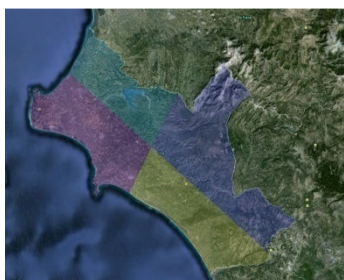
✚ Μεσαίος φόρτος:

- ✓ Ολόκληρο το δίκτυο που αρχίζει από την Αμαλιάδα, περνάει έξω από τον Αμπελόκαμπο, διέρχεται μέσα από το χωριό Καραβασίλα του δήμου Γαστούνης και καταλήγει στην Ανδραβίδα. Επίσης το δίκτυο το οποίο αρχίζει από τα Λεχαινά, κατευθύνεται βόρεια προς το χωριό Αρετή του δήμου Λεχαινών.
- ✓ Δήμος Ωλένης: Ο δρόμος από το Κρυονέρι προς την Δάφνη και από το Σόπιο προς το Χειμαδιό και το Μουζάκι.
- ✓ Δήμος Πύργου: Ο δρόμος που διασχίζει το χωριό Σκαφίδα και φτάνει στο Σκουροχώρι. Επίσης ο δρόμος από το Σκουροχώρι στα Γρανιτσαϊκα και από τα Βυτιναϊκα προς τον Άγιο Ιωάννη. Το δίκτυο που διέρχεται νότια από τα Λασταιϊκα και κατευθύνεται νότια προς τον Πύργο. Τέλος ο δρόμος που ξεκινά από τον Πύργο και κατευθύνεται νοτιοανατολικά προς το Κολίρι και την Βαρβάσινα.

✚ Μέγιστος φόρτος:

- ✓ Ο δρόμος που φεύγει από τον Άγιο Ιωάννη και κατευθύνεται ανατολικά.

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ 3 (ΝΟΤΙΟ-ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ)



Εικόνα 37-Αποτελέσματα ΝΑ σεναρίου

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	11.445
ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	
ΠΟΛΕΙΣ/ΧΩΡΙΑ	58
ΕΜΒΑΔΟΝ	965
ΜΙΚΡΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	16
ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	13
ΜΕΓΑΛΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	15

Πίνακας 12-ΝΑ σενάριο

Οι δρόμοι που παρουσίασαν αξιοσημείωτους φόρτους είναι οι εξής:

✚ Μικρός φόρτος:

- ✓ Δήμος Λάμπειας: Ο δρόμος από την Ορεινή με κατεύθυνση προς τον νομό Αρκαδίας.
- ✓ Δήμος Ωλένης: το δίκτυο έξω από τα Κλίνδια που κατευθύνεται ανατολικά.

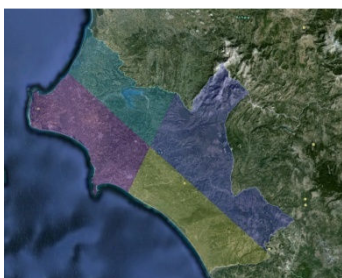
✚ Μεσαίος φόρτος:

- ✓ Δήμος Λασίωνος: Το δίκτυο από τα Τσίπιανα προς τον νομό Αχαΐας.
- ✓ Δήμος Σκυλούντος: Στα Καλυβάκια στην νότια έξοδο προς το χωριό Φρίξη.

✚ Μεγάλος φόρτος:

- ✓ Δήμος Πηνειάς: Ο δρόμος από τον Άνθωνα στα Άγναντα
- ✓ Δήμος Ωλένης: Από την Πεύκη στην Αγία Άννη.
- ✓ Δήμος Φολόης: Η διασταύρωση μεταξύ Αχλαδίνης και Νεμούντας.
- ✓ Δήμος Αρχαίας Ολυμπίας: Στην βόρεια έξοδο του Ξηρόκαμπου.
- ✓ Δήμος Σκυλούντος: Ο νότιος δρόμος από τα Καλυβάκια προς την Φρίξη.

➤ ΣΕΝΑΡΙΟ 4 (ΝΟΤΙΟ-ΔΥΤΙΚΟ)



Εικόνα 38-Αποτελέσματα ΝΔ σεναρίου

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	7856
ΜΗΚΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	
ΠΟΛΕΙΣ/ΧΩΡΙΑ	53
ΕΜΒΑΔΟΝ	497
ΜΙΚΡΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	-
ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	22
ΜΕΓΑΛΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	7

Πίνακας 13-ΝΔ σεναρίου

Οι δρόμοι που παρουσίασαν αξιοσημείωτους φόρτους είναι οι εξής:

✚ Μικρός φόρτος:

- ✓ Δήμος Ωλένης: Το δίκτυο από το χωριό Αρβανίτη προς τα δυτικά.

✚ Μεσαίος φόρτος:

- ✓ Δήμος Σκυλουντίας: Το οδικό δίκτυο από το Σαμικό που καταλύγει στην διασταύρωση προς το Καλίκομο και τα Κρέστενα.

✚ Μέγιστος φόρτος:

- ✓ Δήμος Ζαχάρως: Ο δρόμος από την Αρτέμιδα προς την Μάκιστο.
- ✓ Δήμος Αλιφείρας: Οι δρόμοι που οδηγούν από το Βρεστό προς την Μίνθη.
- ✓ Δήμος Σκυλουντίας: Ο δρόμος στην έξοδο του χωριού Βρίνα.

– Για 2^η φορά ο δρόμος Αρτέμιδας-Μακίστου μας παρουσίασε έντονο φόρτο.

- Αξίζει να σημειωθεί πως μετά την εκτέλεση του λογισμικού στις περιοχές που επιλέξαμε διαπιστώθηκαν φόρτοι σε πολύ μικρά τμήματα των δρόμων τα οποία ήταν σε διασταυρώσεις ή σε εξόδους χωριών. Κάτι τέτοιο είναι απόλυτα λογικό αφού σε αυτά τα σημεία γίνονται καθυστερήσεις και συνωστίζονται πολλά αυτοκίνητα.

5.3 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων

	Sc1	Sc2	Sc3	Sc4	Sc5	Sc6	Sc2.1	Sc2.2	Sc2.3	Sc2.4
Τίτλος σεναρίου	Πυρκαγιά 1	Πυρκαγιά 2	Πυρκαγιά 3	Πυρκαγιά 4	Πυρκαγιά 5	Πυρκαγιά 6	Τυχαία Κατανομή 1 (B.A)	Τυχαία Κατανομή 1 (B.Δ)	Τυχαία Κατανομή 1 (N.A)	Τυχαία Κατανομή 1 (N.Δ)
Έκταση	308	198	368	137	250	200	470	700	965	497
Πληθυσμός	982	4477	12712	4473	1065	10073	2572	14087	11445	7856
Μήκος δικτύου										
Αρ. οικισμών	11	23	38	40	17	22	31	52	58	53
Δρόμοι με μικρό φόρτο (πλήθος)	-	10	-	2	-	14	-	7	16	-
Δρόμοι με μικρό φόρτο (μήκος)										
Δρόμοι με μεσαίο φόρτο (πλήθος)	2	4	6	11	1	6	5	3	13	22
Δρόμοι με μεσαίο φόρτο (μήκος)										

Δρόμοι με υψηλό φόρτο (πλήθος)	5	7	2	4	2	5	8	3	15	7
Δρόμοι με υψηλό φόρτο (μήκος)										
Σημεία ταύτισης με Πραγματικά Αποτελέσματα.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Πίνακας 14- Συγκεντρωτικός πίνακας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΝΟΨΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.

6.1 γενικά

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρατηρήσαμε έντονους φόρτους σε τμήματα των οδικών δικτύων στα οποία συνέβησαν τραγικά ατυχήματα που κόστισαν ανθρώπινες ζωές. Τα τροχαία ατυχήματα οφείλονται σε 3 παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται είτε με τον οδηγό, είτε με το όχημα, είτε με το περιβάλλον. Εμάς μας απασχολεί η Τρίτη περίπτωση η οποία περιλαμβάνει την ποιότητα του οδοστρώματος, τις καιρικές συνθήκες, τυχόν εμπόδια αλλά και φυσικές καταστροφές (σεισμοί, πυρκαγιές) που μας αφορούν άμεσα. Καταστροφές όπως οι σεισμοί, οι πλημύρες, οι πυρκαγιές, μας δείχνουν με τον πιο εύγλωττο τρόπο γιατί οι φυσικοί και τεχνολογικοί κίνδυνοι απειλούν τις κατασκευές, το ανθρωπογενές περιβάλλον, την περιφερειακή ανάπτυξη και τις ανθρώπινες ζωές. Πολλές φορές οι δυσμενείς αυτές συνθήκες συμβαίνουν ταυτόχρονα σε συγκεκριμένους τόπους.

Εξαιτίας όλων αυτών δημιουργήσαμε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση προσδιορισμού των επικινδύνων οδικών δικτύων, εξετάζοντας τους φόρτους των οδικών δικτύων μετά από μια βίαιη εκκένωση ενός οικισμού.

6.1.1 Αξιοπιστία των δικτύων

Η αξιοπιστία ενός δικτύου εξαρτάται και από την ροή και την συμφόρηση. Αφού όταν κάποιο σημείο παρουσιάσει συμφόρηση, μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα ευρέως στο δίκτυο, ή σε κάποιο άλλο σημείο πάνω στον ίδιο δρόμο προκαλώντας καθυστερήσεις και ατυχήματα πράγμα καταστροφικό σε περιπτώσεις πυρκαγιάς όπως αποδείχτηκε στην περίπτωση της Ηλείας. Έτσι συμπληρώνουμε πως το συγκεκριμένο λογισμικό μπορεί να μας επιτρέψει την μελέτη της αξιοπιστίας με βάση την πιθανότητα προέλευσης- προορισμού, σε μια βίαιη εκκένωση.

6.1.2 Προσβασιμότητα

Ένας αυξημένος φόρτος σε κάποιο τμήμα οδικού δικτύου που θα μας δώσει το λογισμικό, μπορεί να μας επιτρέψει να βγάλουμε συμπεράσματα και για την προσβασιμότητα του δικτύου (εφόσον γνωρίζουμε και τις λωρίδες του δικτύου) η απώλεια της προσβασιμότητας επηρεάζει σοβαρά την δυνατότητα της διαφυγής.

6.1.3 Ευστάθεια του δικτύου

Η ευστάθεια και η ευελιξία μπορούν να παρέχουν την δυνατότητα αλλαγής δρόμου σύμφωνα με τις εκάστοτε συνθήκες. Με την απουσία των απαραίτητων δρόμων θα δημιουργηθεί συμφόρηση. Άρα αυξάνονται οι πιθανότητες ατυχήματος ή του να μην μπορέσει να διαφύγει και να προλάβει το όχημα η φωτιά.

6.1.4 Συμπέρασμα

Παρατηρούμε πως δεν υπάρχει σχέση αιτίου-αιτιατού στην συμφόρηση και ότι μπορεί κάποιος να παγιδευτεί για καποιον άλλο λόγο ο οποίος να σχετίζεται άμεσα με την αιτία του μποτιλιαρίσματος. Αυτό αποτελεί ένα stress test του οδικού δικτύου με όρους πανικού και όχι ελεγχόμενης εκκένωσης.

6.2 Σύνοψη διπλωματικών

6.2.1 ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΧΩΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΚΕΝΩΣΗ (Γιώργος Παπακυριακόπουλος)

Αντικείμενο: όπως έχει προαναφερθεί αντικείμενο της εργασίας αυτής ήταν η διαχείριση και μελέτη μοντέλων εκκένωσης πληθυσμού σε κατάσταση πανικού, δημιουργώντας ένα εργαλείο σε περιβάλλον gis. Έτσι δημιουργήθηκε το "Panic Evacuation Toolbar". Στην επόμενη φάση εκτελέστηκαν 3 σενάρια εκκένωσης για την πόλη του Ηρακλείου της Κρήτης. Το πρώτο ήταν σενάρια βάσης και σύγκρισης με χρήση στατιστικών στοιχείων. Για το δεύτερο χρησιμοποιήθηκε ένα πιθανό ενδεχόμενο για μετακίνηση κατοίκων από τον χώρο κατοικίας στον χώρο εργασίας. Δηλ. μετακίνηση από τα προάστια στο κέντρο (το 70%). Για το τρίτο χρησιμοποιήθηκε η αντίστροφη διαδικασία. Δηλ. το 70% του κέντρου πηγαίνει προς τα προάστια. Τέλος έγινε η αξιολόγηση των σεναρίων με την μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Συμπεράσματα: τα στατιστικά δεδομένα έδειξαν πως με την μετακίνηση του 70% του πληθυσμού των προαστίων προς το κέντρο υπάρχει μια δραματική επιδείνωση της κατάστασης σε περίπτωση εκκένωσης. Με την μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης, η πολυπαραμετρική εικόνα μιας περιοχής κατά την διάρκεια της εκκένωσης δεν μπορούσε να αξιολογηθεί με απλές μαθηματικές μετρικές, έτσι εκτελώντας την μέθοδο regime, δόθηκε η δυνατότητα να γίνει αξιολόγηση ,θέτοντας κάποια συγκεκριμένα κριτήρια.

6.2.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΧΩΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΑΝΙΚΟΥ (Αγγελική Λουρίδα)

Αντικείμενο: Αντικείμενο της συγκεκριμένης διπλωματικής είναι η μελέτη διαφόρων σεναρίων εκκένωσης αστικών περιοχών σε κατάσταση πανικού ώστε να εξεταστεί η επίδραση των διάφορων παραγόντων στην διαδικασία της εκκένωσης. Επιπλέον θα εκτιμηθούν δείκτες για την αξιολόγηση του χωρικού σχεδιασμού των πόλεων σε περιπτώσεις εκκένωσης. Πραγματοποιήθηκε μια ελεγχόμενη εφαρμογή του λογισμικού της , το οποίο δημιουργήθηκε στην προηγούμενη διπλωματική σε υποθετικά δίκτυα. Επιλέχτηκαν 3 περιοχές με οδικά δίκτυα διαφορετικών μορφών. Το Μανχάταν, το Οχάιο και το νιου Τζέρσεϊ.

Αποτελέσματα: Η εργασία αυτή βλέπει το θέμα της εκκένωσης από την πλευρά της αξιολόγησης του χωρικού σχεδιασμού. Το αποτέλεσμα της εργασίας ήταν να δοθεί ένα μέτρο της ασφάλειάς των δικτύων, που θα μπορούν να χρησιμεύουν για σχεδιαζόμενες χωροθετήσεις, ή μπορεί να είναι ένα εργαλείο εκ των προτέρων (ex-ante) αξιολόγησης της ασφάλειάς τους. Τα αποτελέσματα αυτά ενδέχεται να αποτελέσουν δείκτες ικανούς να βοηθήσουν στο να γίνει μια αξιολόγηση της δομής και της ικανότητας των υπαρχουσών πόλεων ή περιοχών να ανταποκριθούν σε περιπτώσεις εκκένωσης. Όπως αναφέρθηκε, είναι ενδεχόμενο οι δείκτες που θα εξαχθούν να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση του χωρικού σχεδιασμού λ.χ. για μια νέα σχεδιαζόμενη περιοχή. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα βασίζονται σε υποθετικά δεδομένα τα οποία δημιουργήσαμε για τις ανάγκες του πειράματος και μόνο.

6.3 Αποτελέσματα

Μετά το πέρας της εκτέλεσης των σεναρίων παρατηρήσαμε πως ο δρόμος Μάκιστος – Αρτέμιδα σε τρεις περιπτώσεις παρουσίασε έντονο κυκλοφοριακό φόρτο. Οι περιπτώσεις αυτές ήταν το πρώτο σενάριο πυρκαγιάς, το νοτιοανατολικό κομμάτι τυχαίας κατανομής και το σενάριο που τρέξαμε σε όλη την έκταση του νομού. Στο συγκεκριμένο οδικό δίκτυο κάποιοι άνθρωποι έχασαν την Ζώνη τους σε θλιβερό ατύχημα στις πυρκαγιές του Αυγούστου του 2007. Ο συγκεκριμένος δρόμος παρουσίασε πρόβλημα σε όλες τις περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκε. Αυτό ήταν το ποθούμενο αποτέλεσμα αυτής της εργασίας.

Η εργασία αυτή δεν είχε ως αντικείμενο της μόνο την μελέτη διαφόρων σεναρίων εκκένωσης αστικών περιοχών σε κατάσταση πανικού ώστε να εξεταστεί η επίδραση των διάφορων παραγόντων στην διαδικασία της εκκένωσης. Γνωρίζοντας τα τραγικά αποτελέσματα των πυρκαγιών της Ηλείας και έχοντας στα χέρια μας το λογισμικό (pet) , προσπαθήσαμε να επαληθεύσουμε τα τραγικά γεγονότα. Το αποτέλεσμα μας δικαίωσε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνικές πηγές

1. Κουτσόπουλος, Κωστής, 2006. *Ανάλυση Χώρου: Θεωρία, Μεθοδολογία και τεχνικές*. Διηλεκτές.
2. Κουτσόπουλος, Κωστής, και Ανδρουλακάκης, Νίκος, 2005. *Έφαρμογές του λογισμικού ArcGIS 9x με απλά λόγια*. Παπασωτηρίου.
3. Κυρανούδης, Χρήστος, 2008. Ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα επιχειρησιακού σχεδιασμού και διαχείρισης κρίσεων δασικών πυρκαγιών: Αναλυτική έκθεση προσέγγισης και μεθόδων φυσικού αντικειμένου.
4. Παπακυριακόπουλος, Γεώργιος, 2008. Διπλωματική εργασία: Διαχείριση σεναρίων εκκένωσης περιοχών σε περιβάλλον GIS και αξιολόγηση χωρικού σχεδιασμού ως προς τη συμπεριφορά κατά την εκκένωση.
5. Λουρίδα Αγγελική, 2009. Διπλωματική εργασία: Εκτίμηση δεικτών αξιολόγησης χωρικού σχεδιασμού με σενάρια εκκένωσης αστικών περιοχών σε περιπτώσεις ανάγκης .

Ξενόγλωσσες πηγές

1. Ahuja, R.K., Magnanti, T.L., Orlin, J.B., 1993. *Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
2. Alam, S.B., and Goulias, K. G., 1999. "Dynamic emergency evacuation management system using geographic information system and spatiotemporal models of behavior." *Transportation Research Record*. 1660, Transportation Research Board, Washington, D.C., 92–99.
3. Barcello, J., and Grau, R., July 1993. "PACKSIM: An experience in using traffic simulation in a demand responsive traffic control system," *XIII World Conference on Operations Research*, Lisbon.

4. Baxter, D.H., 2001. "Utilization of Florida's existing and future intelligent transportation systems for enhancing statewide transportation system management during and after hurricane evacuations." Proc., Intelligent Transportation Society America 11th Annual Meeting, Miami Beach, Fla.
5. Bower, J.C., Millard, W.D., and Matsumoto, S.W., 1990. "Integrated Emergency Management System (IEMIS) User's Manual," Prepared for the Federal Emergency Management Agency by Pacific Northwest Laboratory, Richland, WA 99352.
6. Bullock, D., Morales, J., and Sanderson, B., 1998. "Evaluation of emergency vehicle signal preemption on the Route 7, Virginia Corridor." *USDOT FHWA-RD-99-070*, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
7. Campos, V.B.G., da Silva, P.A.L., and Netto, P.O.B., 1999. "Evacuation transportation planning: A method to identify optimal independent routes." *Proc., Fifth Int. Conf. on Urban Transport and the Environment for the 21st Century*, Island of Rhodes, Greece.
8. Church, R.L., and Sexton, R., 2002. "Modeling small area evacuation: Can existing transportation infrastructure impede public safety?" Final Rep., California Dept. of Transportation, Testbed Center for Interoperability, Sacramento, Calif.
9. Cohon, J.C., 1978. *Multiobjective Programming and Planning*. Academic Press, New York.
10. Cova, T.J., and Johnson, J.P., 2002. "Microsimulation of neighborhood evacuations in the urban-wildland interface." *Envir. Plan. A*, 34_12_, 2211-2229.
11. Cova, T.J., and Johnson, J.P., 2003. "A network flow model for lanebased evacuation routing." *Transp. Res., Part A: Policy Pract.*, 37_7_, 579-604.
12. Dash, N., and Morrow, B.H., 2001. "Return delays and evacuation order compliance: The case of Hurricane Georges and the Florida Keys." *Environ. Haz.*, 2, 119-128.
13. Dow, K., Cutter, S.L., 1998. Crying wolf: Repeat responses to hurricane evacuation orders. *Coastal Management* 26, 237-252.
14. Dow, K., and Cutter, S.L., 2002. "Emergency hurricane evacuation issues: Hurricane Floyd and South Carolina." *Nat. Hazards Rev.*, 3_1_, 12-18.

15. Drabek, T.E., 1999. Understanding disaster warning responses. *Social Science Journal* 36, 515–523.
16. Dunn, C.E., and Newton, D., 1992. "Optimal routes in GIS and emergency planning application." *Area*, 24_3_, 259–267.
17. Eiselt, H.A., Sandblom, C.L., 2000. *Integer Programming and Network Models*. Springer, Berlin.
18. FEMA, December 1984. "Application of the I-Dynev system to compute estimates of evacuation travel times at nuclear power stations", Federal Emergency Management Agency Report- 8, Washington DC.
19. Ford, L.R., Fulkerson, D.R., 1962. *Flows in Networks*. Princeton University Press, Princeton.
20. Garber, N.J., Hoel, L.A., 1997. *Traffic and Highway Engineering*. PWS Publishing Company, Boston.
21. Han, A.F., 1990. "TEVACS: Decision support system for evacuation planning in Taiwan." *J. Transp. Eng.*, 116_6_, 821–830.
22. Han, L.D., and Yuan, F., 2005. "Evacuation modeling and operations using dynamic traffic assignment and most desirable destination approaches." *Proc., Transportation Research Board 84th Annual Meeting*, Transportation Research Board, Washington, D.C.
23. Hillier, F.S., Lieberman, G.J., 1990. *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill, Inc., New York.
24. Hobeika, A.G., and Jamei, B., 1985. "MASSVAC: A model for calculating evacuation times under natural disasters." *Proc., Conf. Computer Simulation in Emergency Planning*, Vol. 15, Society of Computer Simulation in Emergency Planning, Society of Computer Simulation, La Jolla, Calif., 23–28.
25. Hobeika, A.G., Kim, S., and Beckwith, R.E., 1994. "A decision support system for developing evacuation plans around nuclear power." *Interfaces*, 24_5_, 22–35.
26. ITE, Institute for Transportation Engineers, 1993. *The traffic safety toolbox*. Institute for Transportation Engineers, Washington, DC.

27. Jaske, R.T., 4-8 November, 1985. "FEMA's computerized aids for accident assessment", in: *Proceedings of an International Symposium on Emergency Planning and Preparedness for Nuclear Facilities*, International Atomic Energy Agency, Rome. IEAE-SM-280-85, 181-203, Vienna 1986.
28. KLD and Associates, Inc. KLD, 1984. "Formulations of the DYNEV and I-DYNEV traffic simulation models used in ESF." *Rep., Prepared for the Federal Emergency Management Agency*, Washington, D.C.
29. Kwon, E., and Pitt, S., 2005. "Evaluation of emergency evacuation strategies for downtown event traffic using a dynamic network model." *Proc., Transportation Research Board 84th Annual Meeting*, No. 05- 2164. Transportation Research Board, Washington, D.C.
30. Lepofsky, M., Abkowitz, M., and Cheng, P., 1993. "Transportation hazard analysis in integrated GIS environment." *J. Transp. Eng.*, 119_2_, 239–254.
31. Li, Q., and Wang, Y., 2004. "GIS-based emergency evacuation computer simulation system: Integrating mobility safety and security." *Proc., Intelligent Transportation Society America 14th Annual Meeting and Exposition*, San Antonio.
32. Louisell, C., and Collura, J., 2005. "A simple algorithm to estimate emergency vehicle travel time savings on preemption equipped corridors: A method based on a field operational test." *Proc., Transportation Research Board 84th Annual Meeting*, No. 05-2147, Transportation Research Board, Washington, D.C.
33. Louisell, C., Collura, J., and Tignor, S., 2003. "A proposed method to evaluate emergency vehicle preemption and the impacts on safety." *Proc., Transportation Research Board 82th Annual Meeting*, No. 03-1739, Transportation Research Board, Washington, D.C.
34. Mahmassani, H.S., Jayakrishnan, R., and Herman, R., 1990. "Network traffic flow theory: Microscopic simulation experiments on super-computers", *Transportation Research A* 24A/2_149.
35. McHale, G.M., and Collura, J., 2003. "Improving emergency vehicle traffic signal priority system assessment methodologies." *Proc., Transportation Research Board 82th Annual Meeting*, No. 03-0522, Transportation Reserch Board, Washington, D.C.

36. McLean, M.A., Moeller, M.P., Desrosiers, A.E., and Urbanik, T., 1983. "CLEAR: A model for the calculation of evacuation time estimates in emergency planning zones", *Computer Simulation in Emergency Planning. Simulation Series 11/2_58*.
37. Morrow, R.B., 2002. "Implementing ITS for hurricane evacuations in Florida." *ITE J.*, 72_4_, 46–50.
38. Peat, Marwick, Mitchell and Company, 1973. *Network Flow Simulation for Urban Traffic Control System - Phase II. Vol. I*, prepared for The Federal Highway Administration, Washington DC 20590.
39. Perry, R.W., 1985. *Comprehensive Emergency Management: Evacuating Threatened Populations*. Jai Press, London.
40. Petruccelli, U., 2003. "Urban evacuation in seismic emergency conditions." *ITE J.*, 73_8_, 34–38.
41. Pidd, M., 1992. *Computer Simulation in Management Science*, 3rd ed., Wiley, Chichester.
42. Pidd, M., 1992. "Object orientation and three phase simulation", in: *Proceedings of the 25th Winter Simulation Conference*, Society for Computer Simulation, San Diego.
43. Pidd, M., de Siva, F.N., and Eglese, R.W., 1996. "A simulation model for emergency evacuation." *Eur. J. Oper. Res.*, 90_3_, 413–419.
44. Poch, M., Mannering, F., 1996. Negative binomial analysis of intersection-accident frequencies. *Journal of Transportation Engineering* 122, 105–113.
45. Radwan, A.E., Hobeika, A.G., and Sivasailam, D., 1985. "A computer simulation model for rural network evacuation under natural disasters." *ITE J.*, 55_9_, 25–30.
46. Rao, V.T., Rengaraju, V.R., 1997. Probabilistic model for conflicts at urban uncontrolled intersection. *Journal of Transportation Engineering* 123, 81–84.
47. Rathi, A.K., and Santiago, A.J., 1990. "The new NETSIM simulation model", *Traffic Engineering and Control* 31/5_317.
48. Rathi, A.K., and Solanki, R.S., 1993. "Simulation of traffic flow during emergency evacuations: A microcomputer-based modeling system." *Proc., Winter Simulation Conf.*, Los Angeles.

49. Rontiris, K., and Crous, W., 2000. "Emergency evacuation modeling for the Koeberg Nuclear Power Station." *Proc., 2nd Asian EMME12 User's Meeting*, Cape Metropolitan Council, Cape Town, South Africa.
50. Shaw, T., 1997. "Hurricane response capacity enhancement study." *Traffic congestion and traffic safety in the 21st century: Challenges, innovations, and opportunities*, Chicago, 284–290.
51. Sheffi, Y., Mahmassani, H., and Powell, W. B., 1982. "A transportation network evacuation model." *Transp. Res., Part A*, 16A_3_, 209–218.
52. Sisiopiku, V.P., Jones, S., Sullivan, A., Sullivan, A.J., Patharkar, S., and Tang, X., 2004. "Regional traffic simulation for emergency preparedness." *Technical Rep. 03226*, Univ. Transportation Center for Alabama.
53. Southworth, F., 1991. "Regional evacuation modeling: A state-of-the-art review." *Rep. ORNL/TM-11740*, Oak Ridge National Laboratory Oak Ridge, Tenn.
54. Southworth, F., and Chin, S.M., 1987. "Network evacuation modelling for flooding as a result of dam failure", *Environment and Planning A* 19_1543.
55. Stern, E., and Sinuany-Stern, Z., 1989. "A behavioral-based simulation model for urban evacuation." *Papers of the Regional Science Association*, 66, 87–103.
56. TRB, Transportation Research Board, 1992. Highway capacity manual, 2nd ed., rev., National Research Council, Washington, DC.
57. Tufekci, S., and Kisko, T., 1991. "Regional evacuation modeling system REMS: A support system for emergency area evacuations." *Comput. Ind. Eng.*, 21_1-4_, 89–93.
58. Urbina, E., and Wolshon, B., 2003. "National review of hurricane evacuation plans and policies: A comparison and contrast of state practices." *Transp. Res., Part A*, 37A_3_, 257–275.
59. Vogt, B.M., Sorensen, J.H., 1992. Evacuation Research: a reassessment, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, ORNL/TM-11908.
60. Wolshon, B., 2002. "Planning for the evacuation of New Orleans." *ITE J.*, 72_2_, 44–49.

61. Wolshon, B., and Meehan, B.H., 2003. "Emergency evacuation: Ensuring safe and efficient transportation out of endangered areas." *TR News*, 224, 3–9.
62. Yamada, T., 1996. A network flow approach to a city emergency evacuation planning. *International Journal of Systems Science* 27, 931–936.
63. Yang, Q., and Koutsopoulos, H., 1996. "A microscopic traffic simulation of dynamic traffic management systems." *Transp. Res., Part C: Emerg. Technol.*, 4_3_, 113–129.
64. Zaragoza, D.P., Burris, M.W., and Mierzejewski, E.A., 1998. *Final Report prepared for Florida Department of Transportation by the Center for Urban Transportation Research*, College of Engineering, University of South Florida.
65. Zaragoza, D.P., Burris, M.W., and Mierzejewski, E.A., 1998. "Hurricane evacuation traffic analysis and operational measures." *Final Rep. No: WPI 0510807*, Florida Dept. of Transportation, Tallahassee, Fla.

Ιστοσελίδες (πρόσβαση Απρίλιος, 2009)

1. http://attap.umd.edu/bbs/data/publications/TRB85_1.doc
2. http://bnee.com/wp-content/uploads/2006/10/New_Orleans_Evacuation.pdf
3. http://books.google.gr/books?id=qJsdL_TtH2YC&pg=PA609&lpg=PA609&dq=NETVAC+evacuation&source=bl&ots=cstw1lup_H&sig=Dxs3YZSCuNyUJYIXYn-hQ8d9czU&hl=el&ei=uO-mSYq5FY-N_gayprnoDw&sa=X&oi=book_result&resnum=10&ct=result
4. <http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?0203287>
5. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.130.726>
6. <http://emc.ornl.gov/CSEPPweb/data/Evacuation%20Documents/Evacuation%20Models/ORNL46280.pdf>
7. <http://en.wikipedia.org/wiki/TransModeler>
8. <http://en.wikipedia.org/wiki/VISSIM>
9. <http://etd.lib.ttu.edu/theses/available/etd-07312008-31295018508480/unrestricted/31295018508480.pdf>
10. http://lib.hpu.edu.cn/comp_meeting/PROGRESS%20IN%20SAFETY%20SCIENCE%20AND%20TECHNOLOGY%20VOL.V1/0403.doc
11. http://lib.hpu.edu.cn/comp_meeting/PROGRESS%20IN%20SAFETY%20SCIENCE%20AND%20TECHNOLOGY%20VOL.V1/0459.doc

12. <http://mars.gmu.edu:8080/dspace/bitstream/1920/633/1/BronziniTRB2006.pdf>
13. <http://mctrans.ce.ufl.edu/featured/tsis/version5/corsim.htm>
14. <http://mit.edu/its/mitsimlab.html>
15. http://newsarchives.clas.asu.edu/news_releases/2007/paultorrens_060107.htm
16. http://ops.fhwa.dot.gov/publications/evac_primer/23_monitoring.htm
17. <http://pruned.blogspot.com/2007/06/modeling-urban-panic.html>
18. <http://pubsindex.trb.org/document/view/default.asp?lbid=781459>
19. <http://scitation.aip.org/getpdf/servlet/GetPDFServlet?filetype=pdf&id=JUPDDM000133000001000030000001&idtype=cvips&prog=normal>
20. <http://whereabouts.eecs.umich.edu/pubs/nafips05-rfid-evacuation.pdf>
21. <http://www.acecga.org/Events/2003/GQI/CORSIM%20Traffic%20Simulation%20Model%20Training.htm>
22. http://www.anl.gov/TRACC/Research/evacuation_modeling.html
23. <http://www.aueb.gr/pympe/hercma/proceedings2007/H07-FULL-PAPERS-1/ASANO-MINI-FULL-PAPERS-1/KAMIYAMA-KATOH-TAKIZAWA-1.pdf>
24. <http://www.caliper.com/ovuabout.htm>
25. <http://www.cei.psu.edu/evac/>
26. <http://www.ctre.iastate.edu/pubs/midcon2003/andersonsimulation.pdf>
27. <http://www.cuee.titech.ac.jp/21coe/English/Events/Data/Papers/509meshitsuka.pdf>
28. <http://www.dot.state.mn.us/trafficeng/modeling/corsim/final%20corsim%20manual%209-19-09Ch1.pdf>
29. <http://www.ecs.umass.edu/cee/ni/Publications/Emergency%20Simulation.pdf>
30. <http://www.envplan.com/abstract.cgi?id=a34251>
31. <http://eykamp.com/gistools/arcemme2/index.htm>
32. <http://www.fhwa.dot.gov/reports/hurricanevacuation/appendixc.htm>
33. <http://www.fhwa.dot.gov/reports/hurricanevacuation/appendixe.htm>
34. <http://www.fhwa.dot.gov/reports/hurricanevacuation/appendixf.htm>
35. <http://www.geosimulation.org/papers/2007-Torrens-IAT2007.pdf>
36. <http://www.hurricaneengineering.lsu.edu/CourseMat/Evacuation%20Demand1.ppt>

37. <http://www.iaarc.org/external/isarc2005-cd/www/pdf/76wen.pdf>
38. http://www.isprs.org/congresses/beijing2008/proceedings/2_pdf/1_WG-II-1/04.pdf
39. <http://www.kicinger.com/presentations/pdf/AATT2006.pdf>
40. https://www.ltrc.lsu.edu/pdf/2008/ts_407.pdf
41. http://www.michigan.gov/documents/mdch/Session_204_-_Public_Plans_for_Self_Evacuation_-_Meit_254964_7.pdf
42. http://www.ncsite.org/meeting_archives/documents/LawrenceFrank.pdf
43. <http://www.paramics-online.com/>
44. <http://www.ptvag.com/index.php?id=382>
45. <http://www.redfish.com/wildfire/papers/cova-johnson-2003.pdf>
46. http://www.redfish.com/wildfire/RedfishGroup_Thorp_ABMofWildfireEvacuations_v002.pdf
47. http://www.savannah-simulations.ch/simwalk/docu_pro_e.pdf
48. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V99-3WG34V4-2&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=a9170c084d14718a5c2d52ccb36d9b0c
49. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VCT-3VVVR4R-3&_user=83473&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000059671&_version=1&_urlVersion=0&_userid=83473&md5=912b8c2d220eccf16c06342def3b840e
50. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VF9-3YCDWJD-13&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=78d2f23ae10c93e7049c38f8b2156abc
51. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6VT4-4S62Y7D-1-1&_cdi=6280&_user=83473&_orig=na&_coverDate=08%2F31%2F2008&_sk=999899993&_view=c&_wchp=dGLzVlz-zSkzS&md5=ceb93aaf4c3a626f36dadd80bd840111&_ie=/sdarticle.pdf
52. <http://www.springerlink.com/content/jp3139x5354264n5/fulltext.pdf>
53. http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/iwv/tme/forschung/projects/disaster/Transcom_VISEP_DL.pdf
54. <http://www.ucgis.org/summer03/studentpapers/xuweichen.pdf>
55. <http://www.ugpti.org/training/downloads/2008-04-16MohammadNaser.pdf>

56. <http://www3.interscience.wiley.com/journal/119226437/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>

