

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου

Κατεύθυνση: «Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών»

**«ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ
ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ – ΔΙΑΣΩΣΗΣ: ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ
ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ»**

Διπλωματική εργασία του Λουκάκη Ιωάννη



Αθήνα, Σεπτέμβριος 2010

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου

Κατεύθυνση: «Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών»

**«ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ
ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ – ΔΙΑΣΩΣΗΣ: ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ
ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ»**

Διπλωματική εργασία του Λουκάκη Ιωάννη

Επιβλέπων: Αν. Καθηγητής Παύλος - Μαρίνος Δελλαδέτσιμας

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2010

Αφιερώνεται στους συναδέλφους μου



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ (ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ) ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	7
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	7
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	8
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ.....	9
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΥΠΩΣΕΙΣ.....	10
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	11
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	12
ABSTRACT.....	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14

ΜΕΡΟΣ Ι : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ – ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ

1.1 Ορισμός και βασικά χαρακτηριστικά της χωροθέτησης.....	19
1.2 Μεθοδολογία της ανάλυσης χωροθέτησης.....	21
1.3 Εφαρμογές της ανάλυσης χωροθέτησης.....	24
1.4 Τα Προβλήματα και τα Μοντέλα Χωροθέτησης.....	27
1.4.1 Προσδιορισμός των προβλημάτων και μοντέλων χωροθέτησης.....	27
1.4.2 Βασικές διακρίσεις και ταξινομήσεις των προβλημάτων και μοντέλων χωροθέτησης.....	30
1.4.2.1 Υποκατηγορίες προβλημάτων Διαμέσων.....	34
1.4.2.2 Υποκατηγορίες προβλημάτων Διακέντρων.....	35
1.4.2.3 Κοινές Υποκατηγορίες προβλημάτων Διαμέσων – Διακέντρων.....	36
1.4.2.4 Υποκατηγορίες προβλημάτων Κάλυψης.....	36
1.4.3 Περαιτέρω κατηγοριοποίηση και ταξινόμηση βασικών προβλημάτων.....	37
1.4.3.1 Δυναμικά Προβλήματα.....	39
1.4.3.2 Στοχαστικά Προβλήματα.....	40
1.4.3.3 Ιεραρχικά Προβλήματα.....	41

1.5 Μαθηματικές σχέσεις και μέθοδοι επίλυσης των Προβλημάτων χωροθέτησης.....	43
1.6 Η προσομοίωση στην επιστήμη της χωροθέτησης.....	49
1.6.1 Οριοθέτηση και αναδρομή.....	49
1.6.2 Οι κατηγορίες της προσομοίωσης.....	50
1.6.3 Γενικές διαπιστώσεις σχετικά με την προσομοίωση.....	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΕΚΤΑΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ

2.1 Οι υπηρεσίες εκτάκτων αναγκών με αναφορά στις υπηρεσίες Πυρόσβεσης – Διάσωσης.....	53
2.1.1 Εννοιολογικό πλαίσιο	53
2.1.2 Η αποστολή και ο ρόλος των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης.....	53
2.1.3 Γενικά χαρακτηριστικά και τρόπος λειτουργίας τους.....	54
2.1.4 Η αναγκαιότητα και τα κριτήρια χωροθέτησης τους.....	55
2.2 Η θεωρητική διαδρομή και εξέλιξη της μεθοδολογίας ανάλυσης χωροθέτησης των Πυροσβεστικών Σταθμών (Π.Σ).....	58
2.3 Αναφορά στις βασικότερες εφαρμογές των προβλημάτων και μοντέλων χωροθέτησης/κατανομής για τους Π.Σ & τα Π.Ο.....	61
2.3.1 Εφαρμογή του προβλήματος των P-Διακέντρων (P-center).....	62
2.3.2 Εφαρμογή επικαλυπτόμενων προβλημάτων ή προβλημάτων Κάλυψης.....	64
2.3.2.1 Εφαρμογή του προβλήματος Συνόλου Κάλυψης (Set Covering).....	66
2.3.2.2 Εφαρμογή του προβλήματος Μέγιστης Κάλυψης (Maximal Covering problem).....	70
2.3.2.3 Ανεπάρκειες των μοντέλων Κάλυψης.....	74
2.3.3 Εφαρμογή του πολυκριτηριακού προβλήματος.....	75
2.3.4 Η Εφαρμογή πιο σύγχρονων προβλημάτων.....	79
2.3.4.1 Το Στοχαστικό (πιθανολογικό) πρόβλημα.....	79
2.3.4.2 Οι υβριδικές προσεγγίσεις.....	82
2.3.4.3 Οι δυναμικές χρονικά προσεγγίσεις.....	82
2.3.5 Εφαρμογή της προσομοίωσης.....	84

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

ΠΕΡΙΠΤΩΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ Π.Σ ΚΑΙ Π.Ο

Σελίδα

3.1 Αναφορές για τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.....	87
3.2 Αναφορές για τον ευρωπαϊκό χώρο και λοιπές αναφορές.....	90
3.3 Περιπτωσιολογικές μελέτες.....	91
3.3.1 Η χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών στο Ρότερνταμ	92
3.3.2 Το αστικό σύστημα πυρόσβεσης της Κωνσταντινούπολης.....	95
3.3.3 Η χωροθέτηση πυροσβεστικών σταθμών στο Βέλγιο με την χρήση GIS.....	98
3.3.4 Αναφορά έκθεσης – μελέτης χωροθέτησης πυροσβεστικών σταθμών στην Οτάβα του Καναδά.....	104
3.3.4.1 Ο ρόλος των σύγχρονων τεχνολογιών στην λήψη χωροθετικών Αποφάσεων στην περίπτωση της Οτάβας.....	111

ΜΕΡΟΣ II: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ -ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ

ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ – ΔΙΑΣΩΣΗΣ ΜΕ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

4.1 Εισαγωγή.....	114
4.2 Η χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στην Ελλάδα.....	115
4.3 Τα γενικά χαρακτηριστικά της έρευνας.....	118
4.4 Ο ρόλος της τηλεπισκόπησης, της χαρτογράφησης και των (Γ.Π.Σ) στην έρευνα της χωροθέτησης	120
4.5 Περιγραφή της μελέτης χωροθέτησης - κατανομής σταθμών πυρόσβεσης– διάσωσης για τον δήμο Αθηναίων	125

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:

ΧΩΡΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ

ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1 Βασικά χαρακτηριστικά του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος του Δήμου Αθηναίων	129
5.2 Το δίκτυο των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στο ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα του Δήμου Αθηναίων	132

5.3 Η επιλογή του μητροπολιτικού πολεοδομικού συγκροτήματος του Δήμου Αθηναίων ως περιπτώσιολογική μελέτη	133
--	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ

ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ – ΔΙΑΣΩΣΗΣ

6.1 Εξωγενείς παράγοντες αλληλοεπιδρώντες στην στρατηγική χωροθέτησης.....	135
6.1.1 Το γεωγραφικό περιβάλλον	135
6.1.2 Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά.....	137
6.1.3 Βασικά Χωροταξικά και Πολεοδομικά χαρακτηριστικά.....	138
6.1.3.1 Το κτιριακό Απόθεμα.....	139
6.1.3.2 Οι χρήσεις γης.....	140
6.1.4 Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά.....	142
6.1.5 Το οδικό δίκτυο.....	146
6.1.5.1 Βασικά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου.....	148
6.1.5.2 Κυκλοφοριακό φόρτο και μέσες ταχύτητες του οδικού δικτύου.....	150
6.1.6 Διοικητικές, χωροταξικές, ρυθμιστικές, πολεοδομικές λειτουργίες και περιορισμοί.....	152
6.2 Παράγοντες εσωτερικού περιβάλλοντος αλληλοεπιδρώντες στην στρατηγική χωροθέτησης.....	154
6.3 Στατιστική επεξεργασία και ανάλυση επιχειρησιακών δεδομένων για την περιοχή μελέτης.....	155

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

ΧΩΡΟΘΕΤΙΚΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ (Σ.Υ.Χ.Α.)

7.1 Η υιοθέτηση της πολυκριτηριακής ανάλυσης για την χωρική αξιολόγηση.....	160
7.2 Το χωροθετικό πρόβλημα και το υπόδειγμα χωροθέτησης – κατανομής.....	169
7.3 Το Σύστημα Υποστήριξης Χωροθετικής Απόφασης (Σ.Υ.Χ.Α.) με την χρήση Γ.Π.Σ.....	183
7.4 Χαρτογραφική απεικόνιση χωροθέτησης σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης με την χρήση Γ.Π.Σ.....	187
7.5 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα.....	191

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

	Σελίδα
8.1 Προβληματισμοί και προοπτικές	192
8.2 Η συμβολή της παρούσας εργασίας.....	194
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	 197
ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	205
ΕΓΚΥΚΛΙΟΙ – ΕΦΗΜΕΡΙΔΕΣ – ΝΟΜΟΘΕΤΗΜΑΤΑ.....	205
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι ΜΕΡΟΥΣ.....	207
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ ΜΕΡΟΥΣ.....	224

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Σελίδα

Γράφημα 4.1 Ακτινοειδής κάλυψη των τομέων ευθύνης των Σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης.....	117
---	-----

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2.1 Αναλογία ποσοστού επικαλυπτόμενου πληθυσμού – αριθμού Π.Σ.....	71
Διάγραμμα 3.1 Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος βάση του ΑΤΤ για (SP=T, PP=1,6).....	216
Διάγραμμα 3.2 Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος βάση του ΝΙ για (SP=T, PP=1,6).....	216
Διάγραμμα 3.3 Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος βάση του ΑΤΤ για (SP=T, PP=2).....	216
Διάγραμμα 3.4 Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος βάση του ΝΙ για (SP=T, PP=2).....	216
Διάγραμμα 3.5 Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος βάση του ΑΤΤ για (SP=0,8, PP=1,6).....	217
Διάγραμμα 3.6 Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος βάση του ΝΙ για (SP=0,8, PP=1,6).....	217
Διάγραμμα 3.7 Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος στις μεταβολές του αριθμού των Π.Σ.....	218
Διάγραμμα 3.8 Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος με βάση την σχέση της SP με τον ΑΤΤ.....	219
Διάγραμμα 3.9 Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος με βάση την σχέση της SP με τον ΝΙ.....	219
Διάγραμμα 3.10 Επίδραση της PP στον ΑΤΤ.....	220
Διάγραμμα 3.11 Επίδραση της PP στον ΝΙ.....	220
Διάγραμμα 3.12 Αρχιτεκτονική του προγράμματος	221

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ (ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ) ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Ιστόγραμμα 6.1 Α Αριθμός συμβάντων ανά κατηγορία και πυροσβεστικό σταθμό (2005-2009).....	234
--	-----

Ιστόγραμμα 6.1 Β Άθροισμα συμβάντων ανά πυροσβεστικό σταθμό (2005-2009).....	234
Ιστόγραμμα 6.2 Α Σύνολο ημερήσιων συμβάντων για τον 1 ^ο πυροσβεστικό σταθμό (2005-2009).....	236
Ιστόγραμμα 6.2 Β Σύνολο ημερήσιων συμβάντων για τον 2 ^ο πυροσβεστικό σταθμό (2005-2009).....	236
Ιστόγραμμα 6.2 Γ Σύνολο ημερήσιων συμβάντων για τον 4 ^ο πυροσβεστικό σταθμό (2005-2009).....	236
Ιστόγραμμα 6.2 Δ Σύνολο ημερήσιων συμβάντων και για τους τρεις σταθμούς (2005-2009).....	237
Ιστόγραμμα 6.3 Αριθμός επεμβάσεων ανά πυροσβεστικό σταθμό (2005-2009).....	237
Πίττα 6.1 Γ Ποσοστιαία κατανομή συμβάντων για κάθε πυροσβεστικό σταθμό (2005-2009).....	234
Πίττα 6.2 Ποσοστιαία κατανομή αιτιών πρόκλησης αστικών πυρκαγιών (2005-2009).....	238
Πίττα 6.3 Ποσοστιαία κατανομή καίόμενων χώρων (2008-2009).....	238
Τεθλασμένη Γραμμή 6.1 Άθροισμα αστικών πυρκαγιών 1ου, 2ου και 4ου πυροσβεστικού σταθμού (2005-2009).....	235
Τεθλασμένη Γραμμή 6.2Α Ωριαίος αριθμός αστικών πυρκαγιών για τον 1ο πυροσβεστικό σταθμό, ανά έτος (2005-2009).....	235
Τεθλασμένη Γραμμή 6.2Β Ωριαίος αριθμός παροχών βοήθειας για τον 1ο πυροσβεστικό σταθμό, ανά έτος (2005-2009).....	235

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Αστική Πυρκαγιά.....	54
Εικόνα 4.1 Πολυεπίπεδη χαρτογραφική σύνθεση με την χρήση Γ.Π.Σ.....	122
Εικόνα 4.2 Ο ρόλος του Γ.Π.Σ. στην μεθοδολογία χωροθέτησης.....	124

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Τεχνικές επίλυσης υποδειγμάτων - προβλημάτων χωροθέτησης	49
Πίνακας 3.1 Ταχύτητα Πυροσβεστικών Οχημάτων κατανεμημένη ανά ημέρες και ώρες.....	215
Πίνακας 3.2 Μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος απόκρισης ανά κατηγορία πυρκαγιάς και τύπου οχημάτων	215
Πίνακας 3.3 Κατηγορίες κυκλοφοριακής ταχύτητας ανά περιοχή και τύπο οδικού δικτύου στην Οτάβα.....	223

Πίνακας 4.1 Πληθυσμιακή Εξέλιξη Πολεοδομικού Συγκροτήματος Πρωτευούσης.....	225
Πίνακας 6.1 Συνοικίες Δημοτικών Διαμερισμάτων Δ. Αθηναίων.....	136
Πίνακας 6.2 Τρωτές λειτουργίες της περιοχής μελέτης.....	142
Πίνακας 6.3 Πληθυσμός και πληθυσμιακή πυκνότητα ανά δημοτικό διαμέρισμα Δ. Αθηναίων.....	143
Πίνακας 6.4 Αριθμός και ποσοστό μεταναστών ανά δημοτικό διαμέρισμα στον Δ. Αθηναίων.....	144
Πίνακας 6.5 Κατανομή πληθυσμού (%) στο πολεοδομικό συγκρότημα πρωτευούσης (1920-2001).....	145
Πίνακας 6.6 Ποσοστά μείωσης του φόρτου ανά εβδομάδα κατά τους θερινούς μήνες.....	150
Πίνακας 6.7 Ενδεικτικές τιμές φόρτου και ταχύτητες οχημάτων σε κύριες αρτηρίες του Δ. Αθηναίων.....	151
Πίνακας 6.8 Στατιστικά Στοιχεία Χρόνων Διαδρομών (2006).....	151
Πίνακας 6.9 Εξαιρούμενες περιοχές.....	153
Πίνακας 7.1 Κλίμακα αξιολόγησης παραμέτρων – παραγόντων Saaty.....	164
Πίνακας 7.2 Κλίμακα αξιολόγησης των ανά ζεύγη συγκρινόμενων παραγόντων.....	165
Πίνακας 7.3 Χρόνοι Απόκρισης (Τ) Πυροσβεστικών Οχημάτων.....	175
Πίνακας 7.4 Μέση ταχύτητα ταξιδιού των πυροσβεστικών οχημάτων στην περιοχή μελέτης (Δευτέρα έως Σάββατο).....	177
Πίνακας 7.5 Μέση ταχύτητα ταξιδιού των πυροσβεστικών οχημάτων στην περιοχή μελέτης (για την Κυριακή).....	178
Πίνακας 7.6 Παράγοντες εξωτερικού περιβάλλοντος.....	186
Πίνακας 7.7 Παράγοντες εσωτερικού περιβάλλοντος.....	186
Πίνακας 7.8 Στατιστικά συμπεράσματα από την επεξεργασία πρωτογενών στοιχείων.....	186

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Σχεδιάγραμμα 1.1 Τομείς Εφαρμογής μοντέλων χωροθέτησης.....	25
Σχεδιάγραμμα 1.2 Κριτήρια προσδιορισμού προβλημάτων χωροθέτησης.....	28
Σχεδιάγραμμα 1.3 Βασικά μοντέλα χωροθέτησης – κατανομής.....	42
Σχεδιάγραμμα 2.1 Προβλήματα μοντέλα και επεκτάσεις τους για την χωροθέτηση – κατανομή υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης.....	86
Σχεδιάγραμμα 6.1 Χρήση κάθε κατηγορίας οδού για κίνηση και πρόσβαση.....	147

Σχεδιάγραμμα 6.2 Μορφή Ακτινωτού Δικτύου.....	148
Σχεδιάγραμμα 7.1 Ιεραρχική δομή του πολυκριτηριακού μας προβλήματος.....	166
Σχεδιάγραμμα 7.2 Απεικόνιση σταδίων εξέλιξης μιας πυρκαγιάς.....	173
Σχεδιάγραμμα 7.3 Ποσοστά επιβίωσης από την παροχή CPR.....	174
Σχεδιάγραμμα 7.4 Χρονικά στάδια παροχής CPR	174
Σχεδιάγραμμα 7.5 Βασικά στοιχεία του προβλήματος χωροθέτησης.....	181
Σχεδιάγραμμα 7.6 Αρχιτεκτονικό Διάγραμμα Ροής Ενεργειών.....	184

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 2.1 Ψηφιακός χάρτης χωροθέτησης Π.Σ.....	62
Χάρτης 3.1 Χωροθέτηση Π.Σ. στο βόρειο και νότιο τμήμα του Ρότερνταμ (1).....	212
Χάρτης 3.2 Χωροθέτηση Π.Σ. στο βόρειο και νότιο τμήμα του Ρότερνταμ (2).....	213
Χάρτης 3.3 Πληθυσμιακή πυκνότητα Βελγίου.....	221
Χάρτης 3.4 Ο κατ' εκτίμηση αριθμός πυρκ/ών στις κατοικίες ανά κοινότητα και ανά έτος...222	
Χάρτης 3.5 Η κατ' εκτίμηση πυκνότητα των πυρκαγιών στις κατοικίες.....	222
Χάρτης 3.6 Η πόλη της Οτάβα διαβαθμισμένη σε πέντε ζώνες επικινδυνότητας.....	223
Χάρτης 4.1 Χάρτης διαβάθμισης κινδύνου.....	123
Χάρτης 5.1 Δήμοι που υπάγονται στην νομαρχία Αθηνών.....	129
Χάρτης 5.2 Η θέση της Αθήνας στο Ευρωπαϊκό σύστημα αστικών κέντρων με βάση τον πληθυσμό.....	130
Χάρτης 5.3 Άποψη της νομαρχίας Αθηνών από το δορυφόρο Landsat της NASA.....	130
Χάρτης 5.4 Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά δήμο το 2001.....	131
Χάρτης 5.5 Δίκτυο σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στην Νομαρχία Αθηνών.....	132
Χάρτης 5.6 Τομείς ευθύνης των Πυροσβεστικών Υπηρεσιών του νομού Αττικής.....	226
Χάρτης 5.7 Τομέας ευθύνης του 1 ^{ου} Π.Σ. Αθηνών εντός των ορίων του Δ. Αθηναίων.....	227
Χάρτης 5.8 Τομέας ευθύνης του 2 ^{ου} Π.Σ. Αθηνών εντός των ορίων του Δ. Αθηναίων.....	228
Χάρτης 5.9 Τομέας ευθύνης του 4 ^{ου} Π.Σ. Αθηνών εντός των ορίων του Δ. Αθηναίων.....	229
Χάρτης 6.1 Δημοτικά Διαμερίσματα Δήμου Αθηνών.....	136
Χάρτης 6.2 Περιοχή μελέτης και τομείς ευθύνης των 1ου ,2ου , 4ου Π. Σταθμών.....	230
Χάρτης 6.3 Χάρτης Ανάγλυφου Δ. Αθηναίων	137
Χάρτης 6.4 Χάρτης Πρασίνου και Άλση Δ. Αθηναίων.....	137
Χάρτης 6.5 Η βιομηχανική περιοχή του Ελαιώνα – Βοτανικού.....	231

Χάρτης 6.6 Κύριες οδικές αρτηρίες Δ. Αθηναίων.....	232
Χάρτης 7.1 Δίκτυο υδροστομίων στο Δήμο Αθηναίων.....	233
Χάρτης 7.2 Χωρική διαβάθμιση ακτινοειδούς μορφής.....	188
Χάρτης 7.3 Χωρική διαβάθμιση βασισμένη σε σενάρια.....	188
Χάρτης 7.4 Χωροθέτηση βασισμένη σε χωρικά πρότυπα.....	189
Χάρτης 7.5 Χωροθέτηση βασισμένη σε χωρικά πρότυπα.....	190

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΥΠΩΣΕΙΣ

Μαθηματική Διατύπωση 1.1 Κλασσική ευκλείδειος μετρική απόσταση.....	208
Μαθηματική Διατύπωση 1.2 Παραλληλογραμμική συνάρτηση.....	208
Μαθηματική Διατύπωση 2.1 Πρόβλημα P – Διακέντρων.....	208
Μαθηματική Διατύπωση 2.2 Πρόβλημα Συνόλου Κάλυψης.....	209
Μαθηματική Διατύπωση 2.3 Πρόβλημα Μέγιστης Κάλυψης.....	209
Μαθηματική Διατύπωση 3.1 Μέθοδος υπολογισμού πραγματικής απόστασης.....	214

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου», με κατεύθυνση την «Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών», του τμήματος Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου.

Το θέμα της εργασίας «Το πρόβλημα χωροθέτησης των μονάδων πυρόσβεσης – διάσωσης, θεωρία και μεθοδολογία της έρευνας», επιλέχθηκε με γνώμονα τα επαγγελματικά μου ερεθίσματα που διατηρούν αμείωτο το ενδιαφέρον μου για την προστασία της ανθρώπινης ζωής, της ατομικής και δημόσιας περιουσίας μέσω της αρτιότερης οργάνωσης και λειτουργίας των υπηρεσιών εκτάκτων αναγκών και ιδιαίτερα της πυροσβεστικής υπηρεσίας. Παράλληλα η εγχώρια έλλειψη βιβλιογραφίας αλλά και εργασιών της ίδιας θεματολογίας, μου ενίσχυσε την επιθυμία προσέγγισης και μελέτης του συγκεκριμένου αντικειμένου, ικανοποιώντας ταυτόχρονα και το κριτήριο της καινοτομίας.

Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο των διδασκόντων μου για τα γνωστικά εφόδια που μου μετέδωσαν αλλά και την αμέριστη συμπαράσταση τους στην προσπάθεια μου καθ' όλη την διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος. Ιδιαίτερα θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Παύλο - Μαρίνο Δελλαδέτσιμα για την αμέριστη βοήθεια και την επιστημονική καθοδήγηση που μου προσέφερε για την ολοκλήρωση την παρούσας εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που μου συμπαράσταθηκαν και με βοήθησαν σε αυτή την διετή προσπάθεια για την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την εξέταση των θεωρητικών προσεγγίσεων για την χωροθέτηση των υπηρεσιών πυρόσβεσης - διάσωσης διερευνώντας παράλληλα τις σε πραγματικές συνθήκες δυνατότητες εφαρμογής τους σε διεθνές και εγχώριο επίπεδο.

Το πρώτο μέρος της εργασίας στοχεύει στην ανάπτυξη των ορισμών - εννοιών του αντικειμένου της μελέτης, την σε θεωρητικό επίπεδο επισκόπηση, αναφορά, ταξινόμηση και κριτική των προβλημάτων - μοντέλων χωροθέτησης, τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τους, τις δυσκολίες εφαρμογής τους, την περιγραφή των μαθηματικών σχέσεων και μεθόδων επίλυσης τους, την αξιολόγηση των μειονεκτημάτων, πλεονεκτημάτων τους, της χρηστικότητας και της αποδοτικότητας τους. Περαιτέρω εξετάζεται κατά πόσο αυτή η θεωρητική παρακαταθήκη βρίσκει εφαρμογή στην επίλυση πραγματικών χωροθετικών προβλημάτων για τις υπηρεσίες πυρόσβεσης – διάσωσης σε μεγάλα αστικά κέντρα ή και σε εθνικό επίπεδο.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας επικεντρώνεται στην μεθοδολογία της έρευνας για την χωροθέτηση των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης στην Ελλάδα, περιγράφοντας την παρελθούσα και υφιστάμενη κατάσταση. Βάσει του θεωρητικού υποβάθρου του πρώτου μέρους αναπτύσσεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για την μελέτη της περίπτωσης χωροθέτησης – κατανομής των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης στο δήμο Αθηναίων. Προσδιορίζονται οι περιπτώσιολογικούς παράγοντες και χαρακτηριστικά που αλληλεπιδρούν στην επιλεγμένη στρατηγική χωροθέτησης, επιχειρείται η στατιστική επεξεργασία και ανάλυση πρωτογενών επιχειρησιακών δεδομένων της περιοχής μελέτης και περιγράφεται μια ολοκληρωμένη μεθοδολογικά πρόταση χωροθέτησης, μέσω ενός συστήματος διαχείρισης, το οποίο ονομάζεται *Σύστημα Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης*, με σκοπό την δημιουργία δικτύου σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης σύμφωνα με τις πραγματικές χωροθετικές ανάγκες. Το συγκεκριμένο σύστημα βασίζεται στις πολυκριτηριακές μεθόδους χωρικής ανάλυσης, την στατιστική ανάλυση, σε ένα υπόδειγμα χωροθέτησης και σε επιμέρους βοηθητικά υποδείγματα που πλαισιώνουν την μεθοδολογία μέσω του πληροφοριακού υποβάθρου ενός Γ.Π.Σ. Τέλος εξάγονται και αναφέρονται τα συμπεράσματα και οι προβληματισμοί σχετικά με την χρησιμότητα της ακολουθούμενης μεθοδολογίας.

Abstract

The present essay deals with the negotiation of theoretical approaches about the location of fire fighting and rescue services by searching, at the same time, the potentials of their application in real circumstances on an international and national level.

The first part of the essay aims to the development of definitions of the object of study, the theoretical survey report, classification and critic of the model problems of locations, the description of their characteristics, the difficulties in their application, the description of the mathematic relations and methods of their solution, the estimation of their advantages and disadvantages, their utility and their efficiency. Furthermore, we examine to what extend is this theoretical bailment applicable to resolve real location problems for the fire fighting and rescue services in big urban centres or/and land on a national level.

The second part of the essay is focused on the methodology of the research about the location of the fire fighting and rescue services in Greece, by describing the past and dominant situation. Based on the theoretical background of the first part of the essay, we develop a methodological framework about the study of the case of location distribution of the fire fighting and rescue services at the municipality of Athens. We define the circumstantial factors and characteristics that interact in our chosen strategic location, we statically process and analyze the primacy operational data of the area of study and we describe a methodologically completed suggestion of location, via an administration system, which we call Regional Decision Support System, in order to create a network of firefighting and rescue stations in accordance with the real location needs. This particular system is based on the multistandard methods of regional analysis, on statistics analysis, on a model of location and on partially assisting models that surround the methodology by the informative background of a G.I.S. Finally, we derive and report the conclusions and our concerns on the utility of the followed methodology, while, on a more general overview, the present essay may constitute the theoretical and methodological background which will help those who have the responsibility to take location decisions about the firefighting and rescue services.

Εισαγωγή

«Εισαγγελέας διερευνά τυχόν ευθύνες και λάθη της πυροσβεστικής υπηρεσίας στη φωτιά που κατέκαψε τα δύο αδέρφια το μεσημέρι της Δευτέρας στην ανατολική Θεσσαλονίκη, προκαλώντας σοκ στην κοινή γνώμη... Υπενθυμίζεται ότι, όπως έχει παραδεχθεί και η ηγεσία της, η πυροσβεστική υπηρεσία έφτασε καθυστερημένα στον τόπο της φωτιάς και με καλαθοφόρο όχημα που δεν μπορούσε να φτάσει στον 7ο όροφο, αφού, όπως υποστηρίζουν είχαν, αφενός, καθυστερημένη ενημέρωση για την πυρκαγιά και, αφετέρου, λάθος στίγμα και λάθος όροφο...» (Δημοσίευμα του Έθνους on line, 19-8-2010 στην ιστοσελίδα <http://e-go.gr>). Δημοσιεύματα του Τύπου σαν το προαναφερθέν, αν και σπάνια, «εγείρουν» πάντα ερωτήματα σχετικά με την απώλεια ζωών και περιουσιακών στοιχείων από αστικές πυρκαγιές. Σε αντιδιαστολή με το ανωτέρω δημοσίευμα, στις προηγμένες αστικοποιημένες κοινωνίες, ένας από τους σημαντικότερους προβληματισμούς που προκύπτουν για τους κρατικούς διοικητικούς φορείς είναι η αρτιότητα της χωροθέτησης των μονάδων πυρόσβεσης – διάσωσης, για την βελτίωση της επιχειρησιακής αποτελεσματικότητά τους. Από την δεκαετία του 50' εμφανίστηκαν στο διεθνές επιστημονικό στερέωμα ανεξάρτητες μελέτες για το πρόβλημα της χωροθέτησης των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης, αναγνωρίζοντας ουσιαστικά την ύπαρξη του προβλήματος ως ένα πολυδιάστατο πρόβλημα. Έκτοτε το πρόβλημα έλαβε πολλές μορφές και ερμηνείες, η μελέτη του προσεγγίστηκε ποικιλοτρόπως και αναπτύχθηκαν πολλές «σχολές» σκέψης που προσπάθησαν να διαμορφώσουν μια «ορθολογική διαδικασία» επίλυσης του προβλήματος, κυρίως μέσω των επιστημών λήψης αποφάσεων και ειδικότερα της διοίκησης λειτουργιών και της επιχειρησιακής έρευνας. Σήμερα η ανάγκη για αρτιότερη χωροθέτηση των υπηρεσιών εκτάκτων αναγκών είναι επιτακτικότερη διότι η ασφάλεια των πόλεων, εκτός των φυσικών παραμέτρων που την επηρεάζουν, αποτελεί παράγωγο πολυεπίπεδων και πολυσύνθετων δομικών, λειτουργικών, θεσμικών και άλλων παραγόντων, μέσω μιας συνεχόμενα εξελεγκτικής διαδικασίας. Ειδικότερα, στην ελληνική επικράτεια, οι αστικές συνθήκες αντανακλούν καθημερινές αδυναμίες και ελλειμματικά χαρακτηριστικά λόγω των συνεχώς επιβαρυνόμενων περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών, κανονιστικών και άλλων χαρακτηριστικών της. Αυτά τα χαρακτηριστικά ενισχύουν τις συνθήκες τρωτότητας της ελληνικής πόλης και αυξάνουν το καταστροφικό δυναμικό στο εσωτερικό της. Ως αντίβαρο σε αυτές τις παθογένειες διαμορφώνεται, μεταξύ άλλων, η οργανωτική ικανότητα και η δυναμική των κρατικών φορέων, σημαντικούς εκπρόσωπους των οποίων

αποτελούν οι υπηρεσίες εκτάκτων αναγκών. Η υιοθέτηση και εφαρμογή «χωροθετικών πολιτικών», μέσω ενός στρατηγικού σχεδιασμού για αυτές τις υπηρεσίες, αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της επάρκειας της επιχειρησιακής τους αποτελεσματικότητας.

Συνεπώς η αναγκαιότητα της συγκεκριμένης εργασίας προήλθε από δύο αντίθετους πόλους. Ο πρώτος αφορά την διεθνή εμπειρία από την εφαρμογή χωροθετικών μοντέλων για τις υπηρεσίες εκτάκτων αναγκών σε προηγμένες «πυροσβεστικά» χώρες, που έχει ως αποτέλεσμα την λήψη ορθολογικών χωροθετικών αποφάσεων με θετικά κοινωνικά οικονομικά και επιχειρησιακά αποτελέσματα σε αντιδιαστολή με την ελληνική πραγματικότητα, στην οποία παρατηρείται έλλειψη καταγεγραμμένων χωροθετικών προτάσεων και λύσεων, με βάση την χωροθετική επιστήμη, για τις υπηρεσίες εκτάκτων αναγκών (πλην του τομέα της Υγείας) και άρα η μη συστηματική εφαρμογή τους από τις αρμόδιες υπηρεσίες.

Η καινοτομία και ο στόχος της εργασίας έγκειται στο να αποτελέσει έναν γνωστικό οδηγό για το εξεταζόμενο θέμα, να αναπληρώσει σε ένα μικρό βαθμό την έλλειψη εγχώριας βιβλιογραφίας – αρθρογραφίας σχετικά με την χωροθέτηση - κατανομή των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης στην Ελλάδα, συνυπολογίζοντας τις εγχώριες ιδιαιτερότητες και τέλος να αποδώσει μεθοδολογικά μια ολοκληρωμένη χωροθετική πρόταση για την χωροθέτηση υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης σε επίπεδο μικροκλίμακας, εξετάζοντας την περίπτωση του δήμου Αθηναίων.

Το πρώτο μέρος της εργασίας, από το πρώτο έως και το δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρει και αναλύει όλο το θεωρητικό υπόβαθρο που αναπτύχθηκε έως σήμερα για την επίλυση του προβλήματος χωροθέτησης κέντρων παροχής υπηρεσιών και ειδικότερα των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης, ως υπηρεσίες εκτάκτου ανάγκης. Ειδικότερα στο πρώτο κεφάλαιο εξετάζεται εννοιολογικά το θέμα (ορισμός, βασικά χαρακτηριστικά), προσδιορίζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο ανάλυσης και επίλυσης του, αναφέρεται το πεδίο εφαρμογών του για τα κέντρα παροχής υπηρεσιών και τα επιστημονικά πεδία που συνδέονται με την έρευνα των προβλημάτων χωροθέτησης. Αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο το χωροθετικό μοντέλο κτίζεται για να περιγράψει το πρόβλημα της χωροθέτησης, να αποτελέσει την μαθηματική έκφραση του, να συνδυάσει όλα τα απαιτούμενα στοιχεία (υποθέσεις, περιορισμούς κλπ), προκειμένου να συμβάλει στην αντιμετώπιση του εξεταζόμενου προβλήματος και να παράγει ρεαλιστικές και εφαρμοστέες λύσεις. Με την διαπίστωση ότι η ανάλυση χωροθέτησης είναι ενεργή στην έρευνα, σε αντίθεση με το πεδίο εφαρμογών όπου παρουσιάζονται δυσκολίες, προσδιορίζονται, ταξινομούνται και

περιγράφονται αναλυτικά τα προβλήματα και τα μοντέλα χωροθέτησης. Τα προβλήματα των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης χαρακτηρίζονται ως σύνθετα και υπολογιστικά πολύπλοκα, αφού κάθε πλευρά της λειτουργίας τους αντανακλά τις πραγματικές συνθήκες, τις ρεαλιστικές υποθέσεις και περιορισμούς, αντικρουόμενους στόχους ή συμβιβασμούς, που πρέπει να ενσωματωθούν στο πρόβλημα. Η ορθή αποτύπωση των ανωτέρω σε μαθηματικές σχέσεις και η επίλυση τους αποτελεί το πιο δύσκολο στάδιο του χωροθετικού προβλήματος, αφού θα πρέπει να αποτυπώνουν τα πραγματικά χωροθετικά δεδομένα. Προς αυτή την κατεύθυνση, υιοθετείται η μέθοδος της προσομοίωσης, ως εργαλείο πειραματισμού σε ένα μοντέλο βασισμένο σε υπολογιστή, προκειμένου να παρουσιασθούν οι επιδράσεις διαφόρων σεναρίων, ώστε να επιλεγούν τα σενάρια εκείνα που παράγουν τα καλύτερα αποτελέσματα και να μπορούν να εφαρμοσθούν σε πραγματικές συνθήκες.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται σύντομη αναφορά στις υπηρεσίες εκτάκτου ανάγκης και εκτενέστερη στις υπηρεσίες πυρόσβεσης – διάσωσης. Οι υπηρεσίες αυτές είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με το πολυτιμότερο αγαθό που είναι η ανθρώπινη ζωή και τον περιορισμό της αποκαλούμενης «κοινωνικής» ζημιάς. Ο τρόπος οργάνωσης και λειτουργίας τους αντανακλά τον ρόλο και την αποστολή τους. Μεγάλο ποσοστό των επιτυχημένων πυροσβεστικών και διασωστικών επιχειρήσεων, οφείλεται στον κατάλληλο σχεδιασμό και οργάνωση των υποδομών τους, μέσω του ορθολογικού προσδιορισμού των κατάλληλων γεωγραφικών - χωρικών σημείων, για την χωροθέτηση και κατανομή των πυροσβεστικών εγκαταστάσεων. Με την σωστή χωροθέτηση και κατανομή τους, δύνανται να βελτιστοποιηθούν επιχειρησιακοί και μη παράμετροι, που τίθενται από την εκάστοτε διοικητική αρχή. Περαιτέρω αποκωδικοποιείται το λεγόμενο «πυροσβεστικό σύστημα» δηλαδή τα στάδια διαχείρισης ενός έκτακτου περιστατικού, ο ρόλος των πυροσβεστικών σταθμών στο σύστημα διαχείρισης και προσδιορίζονται αναλυτικά τα κριτήρια χωροθέτησης των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης. Αφού αποσαφηνίζεται ο ρόλος των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης, εν συνεχεία σημαντική είναι η αναφορά στην σχέση της μεθοδολογίας χωροθέτησης και του επιπέδου παροχής των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης, με τον προσδιορισμό των γενικών προβλημάτων και στόχων που οριοθετούνται μέσω αυτής της σχέσης. Μέσα από αυτή την σχέση αναδεικνύεται και η πολυπλοκότητα των μοντέλων χωροθέτησης για τους πυροσβεστικούς σταθμούς, όπου λαμβάνονται υπόψη πολυκριτηριακές παράμετροι, πολυσήμαντες αναλύσεις και φιλοσοφικές αναζητήσεις. Η υπολογιστική άρση αυτής της πολυπλοκότητας άρχισε παράλληλα με την επανάσταση της επιστήμης των υπολογιστών την δεκαετία του 60'. Έτσι από την ανθρώπινη κρίση, που

ήταν ο πιο ισχυρός παράγοντας αλλά και το ευπαθές εργαλείο στην λήψη της χωροθετικής απόφασης, οδηγηθήκαμε σταδιακά στην διατύπωση σημαντικών μοντέλων – θεωριών. Η επικουρική εφαρμογή σύγχρονων επιστημονικών πεδίων και μεθόδων, όπως τα Γεωγραφικά Πληροφορικά Συστήματα (Γ.Π.Σ.), οι πολυκριτηριακές μέθοδοι, οι εξελεγκτικές τεχνικές κ.ο.κ., αποτέλεσαν σημαντικά στοιχεία για την επιστημονική πρόοδο των μοντέλων χωροθέτησης των υπηρεσιών πυρόσβεσης διάσωσης. Το σύνολο αυτών, από τα κλασσικά έως τα πλέον σύγχρονα, περιγράφονται αναλυτικά έως το τέλος του δευτέρου κεφαλαίου.

Από τις θεωρητικές αναφορές στο πρώτο και δεύτερο κεφάλαιο, διαφαίνεται η αδυναμία ορισμένων χωροθετικών μοντέλων να εκφράσουν τα πραγματικά χωροθετικά προβλήματα αλλά και να εφαρμοσθούν σε πραγματικές συνθήκες. Παρά ταύτα υπάρχουν διεθνώς πολλές εφαρμοστέες μελέτες, που καλύπτουν την εφαρμογή του σχεδιασμού και της ανάπτυξης αυτών των μοντέλων. Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται σε μερικές καταγεγραμμένες στην διεθνή βιβλιογραφία μελέτες, που συνδέονται με πραγματικές χωροθετικές εφαρμογές υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης, σε συγκεκριμένες πόλεις ή ακόμη και σε εθνικό επίπεδο, αφού οι αρμόδιες αρχές προέβλεψαν και αποδέχτηκαν την πρακτική χρησιμότητα τους.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, στο τέταρτο κεφάλαιο εξετάζεται η ιστορική εξέλιξη ίδρυσης των σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης στον αστικό ιστό του ελλαδικού χώρου. Ειδικότερα μελετάται κατά πόσο αυτή συνδέεται με την υιοθέτηση συγκεκριμένων μεθοδολογιών χωροθέτησης, ποιες είναι οι διαμορφούμενες χωροθετικές συνθήκες σήμερα και ποιά η ανάγκη εφαρμογής μιας εγχώριας χωροθετικής στρατηγικής, σύμφωνα με την διεθνή πρακτική. Επισημαίνοντας αυτή την ανάγκη, ακολουθεί, ως περίπτωση μελέτης, η παρουσίαση ενός μεθοδολογικού πλαισίου για την χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης σε επίπεδο γεωγραφικής μικρό-κλίμακας στον δήμο Αθηναίων. Προς αυτή την κατεύθυνση, αναπτύσσεται το πεδίο και οι στόχοι της έρευνας μας, αναδεικνύεται η χρησιμότητα άλλων επιστημονικών πεδίων και περιγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία της χωροθετικής μελέτης που θα ακολουθήσει, για τις υπηρεσίες πυρόσβεσης – διάσωσης στο δήμο Αθηναίων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο προσδιορίζεται γεωγραφικά (χαρτογραφικά) και διοικητικά (περιγραφικά) η ευρύτερη περιοχή μελέτης του δήμου Αθηναίων, περιγράφονται βασικά χαρακτηριστικά του και αναγράφονται αναλυτικά όλοι οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή του συγκεκριμένου πολεοδομικού συγκροτήματος για την εφαρμογή της μελέτης.

Το έκτο κεφάλαιο αναφέρεται στους κατ' εκτίμηση εξωγενείς και ενδογενείς παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό της στρατηγικής χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών και ταυτόχρονα διαμορφώνουν τα επίπεδα διακινδύνευσης και τρωτότητας της εξεταζόμενης περιοχής. Ταυτόχρονα αξιολογούνται ως προς αυτή ιστορικά δεδομένα για την επιχειρησιακή δράση των πυροσβεστικών δυνάμεων, μέσω στατιστικής επεξεργασίας. Απεικονίζεται έτσι η «αστική» και «πυρική» μορφολογία του δήμου Αθηναίων και η λειτουργική δομή των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναπτύσσεται ουσιαστικά το επόμενο μεθοδολογικό στάδιο της μελέτης, το οποίο αποτελεί και το κυρίως μέρος της. Έτσι σε πρώτη φάση, υιοθετείται η πολυκριτηριακή χωρική ανάλυση για την αξιολόγηση των εξωγενών παραγόντων, που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο έξι, προκειμένου να συντεθεί ένας Δείκτης Κινδύνου. Σε συνδυασμό με τα συμπεράσματα της στατιστικής ανάλυσης, και του δείκτη κινδύνου, εντοπίζονται οι γεωγραφικές ζώνες υψηλής «πυρικής» επικινδυνότητας, οι οποίες αποτυπώνονται σε διάφορα επίπεδα ψηφιακών χαρτών γεωγραφικής ή χωρικής πληροφόρησης, ως βάσεις δεδομένων. Σε δεύτερη φάση υιοθετείται ένα υπόδειγμα χωροθέτησης – κατανομής, για να επιτευχθεί μια θεωρητικά ολοκληρωμένη χωροθετική πρόταση για τους πυροσβεστικούς σταθμούς στον δήμο Αθηναίων. Οι δύο φάσεις της μελέτης υλοποιούνται δια μέσω ενός εργαλείου, του Συστήματος Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης (Σ.Υ.Χ.Α) σε περιβάλλον Γ.Π.Σ., ενώ η διαδικασία ολοκληρώνεται με τη δημιουργία κατάλληλων ψηφιακών χαρτών, στους οποίους θα αποτυπώνονται οι προτεινόμενες λύσεις.

Η παρούσα εργασία ολοκληρώνεται στο όγδοο κεφάλαιο, στο οποίο γίνεται η σύνοψη των κυριότερων σημείων και προβληματισμών και η εξαγωγή συμπερασμάτων. Επίσης γίνεται μια αναφορά στην συμβολή της στην έρευνα αλλά και στην πρακτική σημασία της, ως ένα θεωρητικό και μεθοδολογικό υπόβαθρο που μπορεί να βοηθήσει τους υπεύθυνους στην λήψη χωροθετικών αποφάσεων για τις υπηρεσίες πυρόσβεσης - διάσωσης.

Στο τέλος της εργασίας αναφέρονται οι βιβλιογραφικές και άλλες πηγές και παρατίθενται τα παραρτήματα. Το παράρτημα Ι περιλαμβάνει μαθηματικές διατυπώσεις, χάρτες, πίνακες και διαγράμματα για το πρώτο μέρος της εργασίας και το παράρτημα ΙΙ χάρτες, πίνακες και στατιστικά διαγράμματα για το δεύτερο μέρος της εργασίας.

ΜΕΡΟΣ Ι : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ

1.1 Ορισμός και βασικά χαρακτηριστικά της χωροθέτησης

Η χωροθέτηση αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα που αφορά κυρίως τις επιστήμες λήψης αποφάσεων και ειδικότερα της διοίκησης λειτουργιών και της επιχειρησιακής έρευνας, στο στάδιο λήψης της απόφασης για την εγκατάσταση και λειτουργία μίας ή περισσότερων μονάδων-κέντρων παροχής υπηρεσιών στο χώρο, ανάλογα με το είδος τους και τις ανάγκες που καλούνται να ικανοποιήσουν. Μπορεί να αφορά, στην πιο εκλαϊκευμένη μορφή του, την εγκατάσταση ενός ατόμου ή μιας οικογένειας έως την εγκατάσταση κυβερνητικών και δημόσιων υπηρεσιών, εταιρειών, βιομηχανιών, διεθνών οργανισμών, οργανώσεων κλπ. Συνεπώς η απόφαση χωροθέτησης αποτελεί στρατηγικής σημασίας απόφαση με άμεσα και έμμεσα, βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα αποτελέσματα.

Τα προβλήματα χωροθέτησης χαρακτηρίζονται, στο επιστημονικό πεδίο, ως «*χωρικά προβλήματα κατανομής πόρων*» (*spatial resource allocation problems*), τα οποία αφορούν μία ή περισσότερες «*λειτουργικές μονάδες*» ή «*μονάδες εξυπηρέτησης*» (*servers*), όπως είναι οι υπηρεσίες έκτακτων αναγκών¹ οι οποίες εξυπηρετούν χωρικά κατανεμημένες «*ομάδες ζήτησης*» (*demands centers*) που αποτελούν τους «*πελάτες*»².

Από τον ορισμό της χωροθέτησης εξάγονται τα τρία βασικά «στοιχεία της»³:

(α) Οι «*πελάτες*» (*customers*), οι οποίοι θεωρούνται τοποθετημένοι σε κάποια σημεία του χώρου, έχουν συγκεκριμένη κατανομή και παρουσιάζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

¹ Η Πυροσβεστική Υπηρεσία, το Ελληνικό Κέντρο Άμεσης Βοήθειας (ΕΚΑΒ), η Αστυνομία (ΕΛ.ΑΣ), το Λιμενικό.

² Bapna, R., Thakur, L.S., Nair, S.K. (2002). «Infrastructure development for conversion to environmentally friendly fuel», *European Journal of Operational Research*. 142, pp.: 480-496

³ ReVelle C.S., Eiselt H.A.(2005), «Location Analysis: A Synthesis and Survey», *European Journal of Operational Research* 165, pp.: 1-19

(β) Οι «μονάδες» (*facilities*) που θα χωροθετηθούν. Η πιο απλή μορφή χωροθέτησης είναι η χωροθέτηση μίας μονάδας, ενώ εάν οι προς χωροθέτηση μονάδες είναι περισσότερες, τότε το πρόβλημα επεκτείνεται, εκτός από την χωροθέτηση, και στον τρόπο με τον οποίο ο λήπτης της απόφασης θα καταναίμει τους «πελάτες» στις «μονάδες»⁴ ή αντίστοιχα θα καταναίμει τις «μονάδες» στους πελάτες. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η χωροθέτηση των μονάδων παροχής υπηρεσιών (όπως οι υπηρεσίες εκτάκτων αναγκών), ανήκει συνήθως στις περιπτώσεις όπου η χωροθέτηση αφορά πολλές μονάδες και εξαρτάται από το λήπτη της απόφασης, ο οποίος συνυπολογίζει πώς θα κατανεμηθούν βάσει αντικειμενικών παραμέτρων. Επίσης είναι πιθανό ο αριθμός των προς χωροθέτηση μονάδων να είναι αρχικά άγνωστος ή να καθορίζεται ενδογενώς από τους αντικειμενικούς σκοπούς του μοντέλου, να είναι σταθερός ή να είναι μεταβλητός και να εξαρτάται από το λήπτη της απόφασης ή από άλλους περιορισμούς (πχ. τον προϋπολογισμό)⁵.

(γ) Ο «χώρος» ή «Περιβάλλον» (*space*), στον οποίο υπάρχουν οι πελάτες και στον οποίο θα χωροθετηθούν οι μονάδες⁶. Όλες οι πιθανές θέσεις / τοποθεσίες (σημεία) στις οποίες μπορούν να τοποθετηθούν οι «μονάδες»⁷ αποτελούν υποσύνολα του περιβάλλοντος – χώρου (*space*). Ο «χώρος» για κάθε πρόβλημα χωροθέτησης, αποτελεί το βασικό κριτήριο για την κατηγοριοποίηση του⁸.

Με μια πιο απλουστευμένη θεώρηση – ερμηνεία, θα λέγαμε ότι η επιτυχής επίλυση του προβλήματος χωροθέτησης σημαίνει ότι έχει βρεθεί και επιλεγεί η καλύτερη τοποθεσία σε ένα γεωγραφικό χώρο, για την τοποθέτηση / εγκατάσταση μιας μονάδας με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, ικανοποιώντας συγκεκριμένα κριτήρια και στόχους, που αφορούν κυρίως την επιτυχημένη παροχή υπηρεσιών σε κατανεμημένους «πελάτες». Αυτό προϋποθέτει την υιοθέτηση μιας

⁴ Στις περισσότερες περιπτώσεις οι πελάτες είναι εκείνοι που αποφασίζουν ποια μονάδα θα επιλέξουν προς κατανάλωση. Στα προβλήματα που αφορούν περισσότερες από μία μονάδες, μπορεί να πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Βλέπε: Eiselt, H.A., Laporte, G. (1995). «Objectives in location problems». In: Drezner, Z. (ed.). *Facility location: A survey of applications and methods*. Springer-Verlag, pp.: 151-180

⁵ ReVelle, C.S. and Eiselt, H.A. (2005), «Location analysis: A synthesis and survey», *European Journal of Operational Research*. 165, pp.: 1-19.

⁶ Χ. Κωστάκη (2007), *Μέθοδοι εισαγωγής και επίδραση των νέων τεχνολογιών και της πληροφορικής σε μονάδες υγείας*, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πάτρας, σ.σ. 80-81

⁷ Στο κάθε περιβάλλον μπορούν να τοποθετηθούν P-κέντρα παροχής υπηρεσιών (μονάδες εξυπηρέτησης), όπου P είναι ένας πεπερασμένος αριθμός. Οι μονάδες εξυπηρέτησης μπορούν να απεικονιστούν σε ένα γράφημα με σημεία, γραμμές, μονοπάτια ή και κύκλους.

⁸ Σχετική αναφορά γίνεται στην μεθοδολογία της ανάλυσης χωροθέτησης.

«ορθολογικής μεθοδολογίας λήψης αποφάσεων» που θα ενσωματώνει τους παράγοντες και τα χαρακτηριστικά που εξασφαλίζουν την λειτουργική της αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα. Παραδείγματος χάριν, η χωροθέτηση και κατασκευή μονάδων εκτάκτων αναγκών, όπως οι σταθμοί πυρόσβεσης - διάσωσης, αποτελούν υψηλού κόστους επενδύσεις για μακροχρόνια λειτουργία οι οποίες ενσωματώνουν πολυπληθή χωροθετικά, κατασκευαστικά και λειτουργικά κριτήρια, προκειμένου να παρέχουν επιτυχημένες υπηρεσίες πυρόσβεσης – διάσωσης.

1.2 Μεθοδολογία της ανάλυσης Χωροθέτησης

Το πρόβλημα της χωροθέτησης έχει αναλυθεί με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους. Τα δύο πρωταρχικά διαφοροποιητικά χαρακτηριστικά του είναι **(α) το υποκειμενικό κριτήριο (του λήπτη της απόφασης)⁹** και **(β) η μεθοδολογία της ανάλυσης χωροθέτησης**.

Η **«ανάλυση χωροθέτησης» (location/allocation analysis)**, αναφέρεται στη διατύπωση και επίλυση μίας κατηγορίας προβλημάτων, τα οποία περιγράφονται: ως προβλήματα χωροθέτησης **μίας ή περισσότερων μονάδων (facilities,)** σε έναν συγκεκριμένο **χώρο (επίπεδο ή δίκτυο¹⁰)**, με τέτοιον τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση συγκεκριμένων στόχων.

Η διατύπωση των προβλημάτων γίνεται μέσω μαθηματικών προτύπων και αλγόριθμων, με πιο συνηθισμένη μορφή μια αντικειμενική συνάρτηση¹¹, που περιγράφει τους στόχους του προβλήματος, ενώ μέσω της επίλυσης της, επιτυγχάνουμε την βελτιστοποίηση του οφέλους ή την ελαχιστοποίηση της απώλειας από την λειτουργία των χωροθετούμενων «μονάδων εξυπηρέτησης». Σε αυτή την συνάρτηση, η χωροθέτηση της μονάδας δεν εξετάζεται μεμονωμένα ως προς τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της, αλλά σχετίζεται και με άλλες «εισροές στο σύστημα» που βρίσκονται στον υπό εξέταση «χώρο» και αλληλεπιδρούν με

⁹ Οι Tuckman και Holmblad αναφέρουν ότι το μοντέλο θα πρέπει να ενσωματώνει και την εκτίμηση του λήπτη της απόφασης (decision maker).

¹⁰ ReVelle, C.S. and Eiselt, H.A. (2005), «Location analysis: A synthesis and survey», *European Journal of Operational Research*, 165, pp.: 1-19.

¹¹ Για να αναπαρασταθεί και να επιλυθεί το ευρύ φάσμα των προβλημάτων της Ανάλυσης Χωροθέτησης αναπτύχθηκε μεγάλος αριθμός μαθηματικών προγραμματιστικών μοντέλων που οδήγησαν στο σχηματισμό πολλών διαφορετικών αντικειμενικών συναρτήσεων έτσι ώστε να μετατρέψουν τα μοντέλα σε αριθμητικές εφαρμογές.

την «μονάδα ή μονάδες εξυπηρέτησης» αλλά και μεταξύ τους. Παραδείγματος χάριν η μεθοδολογία των χωροθετήσεων – κατανομών τίθεται ως εξής: «έχοντας ένα χωρικό σύστημα ζήτησης, να χωροθετηθούν σε αυτό το χώρο, κέντρα εξυπηρέτησης και να κατανεμηθεί (*allocation*) ο χώρος ως προς τα κέντρα αυτά, δηλαδή να αποφασισθεί ποια μέρη του χωρικού συστήματος και από ποια κέντρα με τον καλύτερο τρόπο». Ο «καλύτερος τρόπος» ερμηνεύεται ως η προσπάθεια βελτιστοποίησης κάποιας αντικειμενικής συνάρτησης. Η διαφοροποίηση αυτής της γενικευμένης μορφής μεθοδολογίας (εισαγωγή περιορισμών, θεωρητικές υποθέσεις, διαφοροποίηση της μορφής της συνάρτησης κλπ), οδηγεί σε άλλες μεθόδους χωροθετήσεων – κατανομών και κατ' επέκταση προβλημάτων.¹²

Διαμορφώνεται έτσι μια «ορθολογική διαδικασία λήψης αποφάσεων», η οποία επικεντρώνεται στους σημαντικούς παράγοντες και χαρακτηριστικά που επηρεάζουν *την ή τις μονάδες (facilities)* ώστε να επιτυγχάνεται ο επιθυμητός στόχος.

Γενικά η μεθοδολογική προσέγγιση αποσκοπεί πάντα στον προσδιορισμό ενός συνόλου σημείων, για την ή τις «μονάδες εξυπηρέτησης», με βάση *χωρικά κατανεμημένες προϋποθέσεις*, οι οποίες αφορούν χαρακτηριστικά του «χώρου» ή «περιβάλλοντος» που αποτελεί το χωρικό σύστημα ζήτησης υπηρεσιών από τους πελάτες. Οι δύο «χωρικές» κατηγορίες αφορούν τον *d-διάστατο πραγματικό χώρο ή επίπεδο (planar)* και τα *δίκτυα (network)*. Αυτές προσδιορίζουν κατ' αρχήν τα προβλήματα / μοντέλα χωροθέτησης για:

(α) Την επιλογή των κατάλληλων, εκ των προαναφερόμενων, σημείων, μέσω της *βελτιστοποίησης συγκεκριμένων μετρήσιμων κριτηρίων*.

(β) Τον υπολογισμό της *αποτελεσματικότητας – αποδοτικότητας* προηγούμενων αποφάσεων χωροθέτησης και,

(γ) Την *βελτίωση* υπαρχόντων χωροθετικών σχεδίων.

Για την επίτευξη των ανωτέρω, ακολουθούνται τα εξής στάδια εφαρμογής:

(α) *Προσδιορισμός & κατανόηση του χωροθετικού πρόβληματος*. Σε αυτό το στάδιο διαμορφώνεται το πρόβλημα. Καθορίζονται οι μεταβλητές, δηλαδή το σύνολο των παραγόντων, οι τιμές των οποίων πρέπει να προσδιοριστούν

¹² Κουτσόπουλος Κ. (1990), *Γεωγραφία: Μεθοδολογία και μέθοδοι ανάλυσης χώρου*, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία, σελ. 434

προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα. Προσδιορίζεται ο στόχος του προβλήματος, ο χώρος για τις εφικτές λύσεις και οι περιορισμοί του προβλήματος, οι οποίοι θα συνυπολογισθούν για την επίλυση του. Οι περιορισμοί αυτοί μπορεί να αφορούν τα διαθέσιμα μέσα (προϋπολογισμός, ανθρώπινοι πόροι, μηχανολογικός εξοπλισμός κλπ) καθώς και το θεσμικό πλαίσιο στο οποίο θα ληφθεί η απόφαση (νομικοί περιορισμοί, γενικό πολεοδομικό σχέδιο, περιβαλλοντικοί κανόνες κλπ).

(β) Ανάπτυξη & ανάλυση του αντίστοιχου μοντέλου (εννοιολογικά – ποσοτικά).

Σε αυτό το στάδιο γίνεται αναφορά στο «κτίσιμο» του συνόλου των μεθόδων που περιγράφουν το πρόβλημα χωροθέτησης. Αποτελούν την μαθηματική αναπαράσταση (περιγραφή) του προβλήματος, στην οποία αποτυπώνονται τα στοιχεία του προηγούμενου σταδίου (οι μεταβλητές, οι στόχοι και οι περιορισμοί). Στις περισσότερες περιπτώσεις η πραγματικότητα είναι αρκετά πολύπλοκη, ώστε να απεικονιστεί σε ένα σύνολο μαθηματικών σχέσεων. Για αυτό το λόγο τα μοντέλα βασίζονται σε κάποιες υποθέσεις, ώστε να καθίσταται εφικτή η ποσοτική ανάλυση του προβλήματος. Όσο πιο ρεαλιστικές είναι οι υποθέσεις στις οποίες βασίζεται το μοντέλο, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα το τελευταίο να συμβάλει με επιτυχία στην αντιμετώπιση του εξεταζόμενου χωροθετικού προβλήματος.

(γ) Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του & εκτέλεση αυτών¹³. Αυτό το στάδιο της μεθοδολογικής ανάλυσης αφορά στην επίλυση του μοντέλου με την κατάλληλη¹⁴ μαθηματική μέθοδο, έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι τιμές που πρέπει να λάβουν οι αντιστοιχούσες σε μια εφικτή λύση μεταβλητές, η οποία θα βελτιστοποιεί τον στόχο του προβλήματος. Η φάση της **αξιολόγησης** αφορά την ανάλυση της ποιότητας της λύσης συναρτήσει των παραμέτρων του μοντέλου, των υποθέσεων που πραγματοποιήθηκαν και των δεδομένων του προβλήματος. Η **εκτέλεση** των αποτελεσμάτων, αφορά την υλοποίηση της λύσης και την υποστήριξή της (αιτιολόγηση της), σε περίπτωση που αυτό κριθεί απαραίτητο. Συνεπώς πρέπει να επιλέγονται τα κατάλληλα κριτήρια (μεταβλητές) και εν συνεχεία η αντικειμενική συνάρτηση που θα βελτιστοποιεί αυτά τα κριτήρια,

¹³ Rahman Shams-ur, David K. Smith (2000), «Use of location-allocation models in health service development planning in developing nations», *European Journal of Operational Research* , p.p.: 437-452

¹⁴ Οι διάφορες χωροθετικές αναλύσεις, για την επίτευξη των διαφορετικών στόχων στα προβλήματα της χωροθέτησης, μεταβάλλουν και τα υιοθετούμενα αλγοριθμικά και οικονομετρικά μοντέλα χωροθέτησης - κατανομής που εφαρμόζονται.

καθώς και η υιοθέτηση της κατάλληλης και υπολογιστικά αποτελεσματικής μεθοδολογίας, σχετικά με το πρόβλημα χωροθέτησης, που οδηγεί στην βέλτιστη λύση και στον περαιτέρω πειραματισμό. Ο προσδιορισμός των κριτηρίων και της αντικειμενικής συνάρτησης που θα τα βελτιστοποιήσει (μέσω της κατάλληλης μεθοδολογίας), αποτελούν το σημαντικότερο στάδιο για την διαδικασία επίλυσης του χωροθετικού προβλήματος. Επιπλέον κρίνεται απαραίτητο το μοντέλο χωροθέτησης να ενσωματώνει την εκτίμηση του λήπτη της απόφασης και να δίνει την δυνατότητα ανάλυσης πολλαπλών κριτηρίων.

Η *μεθοδολογική προσέγγιση της «ανάλυσης χωροθέτησης»* των κέντρων παροχής υπηρεσιών εκτάκτων αναγκών, όπως οι υπηρεσίες πυρόσβεσης – διάσωσης, είναι συνήθως ένα πολυδιάστατο πρόβλημα, η λύση του οποίου, όπως θα αναφερθεί αναλυτικά, προσεγγίζεται με διαφορετικούς τρόπους. Επί παραδείγματι, το γεγονός ότι αποτελούν τμήμα του δημόσιου τομέα σημαίνει ότι ο αντικειμενικός σκοπός (αντικειμενική συνάρτηση) εκφράζεται ως μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους. Συνεπώς το πρόβλημα διαφοροποιείται από τα προβλήματα επίλυσης που παρουσιάζονται στον ιδιωτικό τομέα (ελαχιστοποίηση κόστους), ενώ παράλληλα σε πολλές περιπτώσεις υφίσταται δυσχέρεια ποσοτικοποίησης των αντικειμενικών στόχων του. Παρόλα αυτά, αρκετές αντικειμενικές συναρτήσεις έχουν προταθεί και χρησιμοποιηθεί από τα μοντέλα χωροθετήσεων-κατανομών για προβλήματα του δημόσιου τομέα ¹⁵.

1.3 Εφαρμογές της ανάλυσης χωροθέτησης.

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1960 αναπτύχθηκε μια σειρά από ανεξάρτητες εφαρμογές, που δεν συνδέονταν μεταξύ τους με μια ενοποιημένη θεωρία. Αυτές περιλάμβαναν την χωροθέτηση πυροσβεστικών οχημάτων (Valinsky 1955), του σιδηροδρομικού δικτύου (Mansfield και Wein 1958), των χώρων διάθεσης στερεών αποβλήτων (Wersan et al. 1962), τηλεφωνικού δικτύου (Rapp 1962), των εργοστασίων (Burstall et al. 1962), των γραμμών και σταθμών ελέγχου σε μια σιδηροδρομική γραμμή (Young 1963). Το 1964 ωστόσο υπήρξε το έναυσμα για

¹⁵ Dee N., Liebman J, 1972, *Optimal Location of Public Facilities*, Naval Research Logistics Quarterly, 19, p.p.: 753-759,

μεγαλύτερο ενδιαφέρον στα χωροθετικά προβλήματα και στις εφαρμογές τους με την έλευση της θεωρίας του Hakimi¹⁶.

Σήμερα τις εφαρμογές των μοντέλων χωροθέτησης κέντρων παροχής υπηρεσιών τις συναντάμε σε όλα τα επίπεδα, τόσο στον ιδιωτικό όσο και στον δημόσιο τομέα (Βλέπε: *σχεδιάγραμμα 1.1*). Διακρίνουμε την ευρύτητα εφαρμογής τους, είτε είναι συγκεκριμένα (προβλήματα με πραγματικά δεδομένα) είτε αφορά ένα μοντέλο σχεδιασμένο για ένα συγκεκριμένο τύπο προβλήματος χωρίς όμως τελικά, να είναι εφαρμόσιμο.

Σχεδιάγραμμα 1.1

Τομείς Εφαρμογής μοντέλων χωροθέτησης

1.	Μονάδες παραγωγικής διαδικασίες ή μονάδες αποθήκευσης
2.	Εργοστασιακές μονάδες
3.	Σχεδίαση ιδ. Δικτύων τηλεπικοινωνιών /Εγκατάσταση μονάδων μετασχηματισμού ηλ. ενέργειας
4.	Ιδιωτικής χρήσης οχήματα για εξυπηρέτηση πολιτών (πχ. ταξί)
5.	Υπηρεσίες ιδιωτικού μηχανολογικού εξοπλισμού (οχήματα καθαρισμού δρόμων, συλλογής βάμβακος)
6.	Ιδιωτικά κέντρα εξυπηρέτησης (π.χ φορολογικά γραφεία)
7.	Υποδομές μεταφορών (πχ. Λιμάνια, σταθμοί τραίνων, ΚΤΕΛ)
8.	Απεχθείς εγκαταστάσεις (αποθήκες τοξικών, πυρηνικών)
9.	Τραπεζικοί λογαριασμοί

ΙΔΙΩΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ



ΤΟΜΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ



ΔΗΜΟΣΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

1.	Εγκαταστάσεις και υπηρεσιακά οχήματα εκτάκτων αναγκών
2.	Δημόσια Κέντρα & εξυπηρέτησης κοινού (Κέντρα υγείας, τράπεζες αίματος)
3.	Σχεδίαση δημοσίων δικτύων (δίκτυο παροχής νερού)
4.	Αμυντικές εγκαταστάσεις

Η κατασκευή ενός δημόσιου ή ιδιωτικού κέντρου παροχής υπηρεσιών, αποτελεί την συνιστώσα πολλών επί μέρους ενεργειών. Πρέπει να γίνεται βάση έρευνας και

¹⁶ Margaret L. Brandeau and Samuels Chiu, *An Overview of representative problems in location research*, Management Science, Vol. 35, No. 6, June 1989, p. 645.

ορθολογικού χωροθετικού, κατασκευαστικού και λειτουργικού σχεδιασμού, σε συνδυασμό με τις κατάλληλες προδιαγραφές και την αποδοτική διαχείριση των διαθέσιμων χρηματικών κεφαλαίων.

Η εξασφάλιση της επάρκειας και των δυνατοτήτων της μονάδας σε βάθος χρόνου, αποτελεί βασικό κριτήριο για την υλοποίηση της κατασκευής. Αναμφισβήτητο όσο μεγαλύτερη είναι η επένδυση, τόσο επιτακτικότερη καθίσταται η ανάγκη για την πλήρωση των ανωτέρω προϋποθέσεων.

Ο καθορισμός των άριστων θέσεων για την χωροθέτηση των κέντρων παροχής υπηρεσιών αποτελεί μια σημαντική στρατηγική πρόκληση για την ανάλυση της χωροθέτησης. Δεν αρκεί όμως μόνο η «άριστη» χωροθέτηση με χρονικό κριτήριο το παρόν, αλλά θα πρέπει λόγω της σύγχρονης εξελικτικής τάσης που διακρίνει όλους τους τομείς, ο σχεδιασμός των χωροθετούμενων υπηρεσιών να εξασφαλίζει την εξέλιξη των νέων απαιτήσεων.

Ο στρατηγικός χωροθετικός σχεδιασμός στηρίζεται στις εφαρμογές της χωροθέτησης και το πεδίο του εκτείνεται από την εγκατάσταση και λειτουργία των καταστημάτων και αποθηκών μιας μεγάλης ιδιωτικής εταιρείας με ιδιωτικοοικονομικά κριτήρια, μέχρι το σχεδιασμό πόλεων με κριτήρια δημόσιου συμφέροντος (πχ. σχεδιασμός συστήματος επεξεργασίας λυμάτων, σύστημα υγείας κλπ). Επίσης, πολλές εφαρμογές της Ανάλυσης Χωροθέτησης, αναφέρονται στην τοποθέτηση ενός ή περισσότερων κέντρων παροχής υπηρεσιών με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιστοποιούνται κάποια κριτήρια, όπως η ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς, και η προώθηση ισοδύναμων υπηρεσιών στους πελάτες. Άλλες εφαρμογές της αναφέρονται στην τοποθέτηση αποθηκών και εργοστασίων, στη λιανική αγορά αγαθών, σε στρατιωτικές εφαρμογές, στην τοποθέτηση ηλεκτρονικών συνιστωσών, σειρήνων συναγερμού, συστημάτων πυρόσβεσης, κεραιών ραντάρ κλπ, με την ονομασία ***“facilities”*** (κέντρα παροχής υπηρεσιών, παροχές, υπηρεσίες).

Η έρευνα των προβλημάτων της χωροθέτησης άπτεται πολλών πεδίων όπως τις εφαρμογές σε Ερευνητικές και Διοικητικές Επιστήμες, τη Μηχανολογία Μηχανικών σε βιομηχανίες, τη Γεωγραφία, τα Οικονομικά, την Επιστήμη των Υπολογιστών, τα Μαθηματικά, το marketing, την Ηλεκτρολογία Μηχανικών κλπ. Ωστόσο παρά το γεγονός ότι το πεδίο της ανάλυσης της χωροθέτησης είναι πολύ ενεργό στην έρευνα, παρατηρείται έλλειψη ως προς τις εφαρμογές της. Μία από

τις αιτίες είναι ότι πολλά πρακτικά προβλήματα ανάλυσης χωροθέτησης, τα οποία αντιμετωπίζουν οι λήπτες αποφάσεων, είναι στρατηγικά προβλήματα που περιλαμβάνουν πολλαπλούς αντικειμενικούς σκοπούς και δομές, οι οποίες δεν απεικονίζονται στις απλές μορφές των προβλημάτων χωροθέτησης (κυρίως του δημόσιου τομέα). Συνεπώς τα βασικά μειονεκτήματα των λύσεων των προβλημάτων χωροθέτησης μπορεί να αφορούν τις μετρήσεις, την εύρεση συναίνεσης μεταξύ των ληπτών της απόφασης και άλλα¹⁷. Στην επόμενη παράγραφο θα γίνει αναφορά σε διάφορες μεθόδους και τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και την εύρεση των πλέον τελέσφορων χωροθετικών προτύπων.

1.4 Τα Προβλήματα και τα Μοντέλα Χωροθέτησης

1.4.1 Προσδιορισμός των προβλημάτων και μοντέλων χωροθέτησης

Ο **προσδιορισμός** και η **ταξινόμηση**¹⁸ των προβλημάτων χωροθέτησης γίνεται μέσω γενικότερων κριτηρίων σύνθεσης τους με κοινά πολλές φορές στοιχεία, όπως: η συνάρτηση ή αντικείμενο (objective), η μεταβλητή/ες της απόφασης (decision variable-s) και οι παράμετροι του συστήματος (system parameters). Με βάση αυτά τα «συστατικά», προσδιορίζονται κατ' αρχήν τα χωροθετικά προβλήματα/μοντέλα. Η μεγάλη όμως ανάπτυξη του θεωρητικού πεδίου των προβλημάτων και μοντέλων χωροθέτησης, οδήγησε σε ένα τεράστιο φάσμα επιλογών μέσω ειδικότερων και συγκεκριμένων κριτηρίων σύνθεσής τους. Έτσι ένα χωροθετικό πρόβλημα μπορεί να προσδιορισθεί πχ. με χωρικά κατανομημένες προϋποθέσεις (system parameter): σε **πρόβλημα «δικτύου» (network¹⁹)** ή **«επιπέδου» (planar)**, για την χωροθέτηση μιας μονάδας ή χωροθέτηση –κατανομή

¹⁷ Στο άρθρο των ReVelle, C.S. and Eiselt, H.A. (2005) αναφέρονται τρόποι επίλυσης, όπως η κατασκευή πιο ολοκληρωμένων μοντέλων, η εφαρμογή των υπαρχόντων μεθόδων σε υπό προβλήματα, η εφαρμογή της ανάλυσης ευαισθησίας, καθώς επίσης και η ολοκλήρωση των μοντέλων ανάλυσης χωροθέτησης με Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS).

¹⁸ Στην κατηγοριοποίηση των προβλημάτων χωροθέτησης έχουν αναφερθεί οι Handler G.Y. & Mirchandani P.B. 1979, στο *Locations in Networks: Theory and Algorithms*. M.I.T Press.

¹⁹ Συνήθως αναφέρονται στην εύρεση p μονάδων προς χωροθέτηση, σε ένα δίκτυο με n κόμβους ζήτησης.

πολλών «μονάδων» (decision variable)²⁰. Περαιτέρω η λύση που συνήθως παρέχεται με τη βελτιστοποίηση μιας αντικειμενικής συνάρτησης (objective), προσδιορίζει και την μορφή του προβλήματος. Δηλαδή ο αντικειμενικός σκοπός – στόχος της συνάρτησης προσδιορίζει και είναι αλληλένδετος με την μορφή που θα έχει το χωροθετικό πρόβλημα. Στο *σχεδιάγραμμα 1.2* περιγράφονται τα βασικότερα κριτήρια προσδιορισμού και ταξινόμησης των χωροθετικών προβλημάτων. Σήμερα υπάρχουν καταγεγραμμένα εκατοντάδες προβλήματα οργάνωσης του χώρου, που αποτελούν πεδίο έρευνας και εφαρμογών με πολλά από αυτά να «επιλύουν» τα προβλήματα χωροθέτησης των υπηρεσιών εκτάκτων αναγκών και ειδικότερα την χωροθέτηση των υπηρεσιών πυρόσβεσης-διάσωσης.

Σχεδιάγραμμα 1.2



Πηγή: *Optimal Location of Public Facilities*, Naval Research Logistics Quarterly, 19, p.p. 650

²⁰ Σε γενικές γραμμές, τα προβλήματα χωροθέτησης σε δίκτυο έχουν πολλές κοινές ιδιότητες με τα προβλήματα χωροθέτησης σε επίπεδο, όταν αναφέρονται στην χωροθέτηση μίας μονάδας

Στην παράγραφο «Μεθοδολογία της ανάλυσης χωροθέτησης» αναφέρεται ότι το μοντέλο κτίζεται για να περιγράψει το πρόβλημα χωροθέτησης, να αποτελέσει την μαθηματική έκφρασή του και να συνδυάσει όλα τα απαιτούμενα στοιχεία (υποθέσεις, περιορισμούς κλπ) προκειμένου το σύνολο των μαθηματικών του σχέσεων να συμβάλει με επιτυχία στην αντιμετώπιση του εξεταζόμενου προβλήματος και να αποδώσει ρεαλιστικές και εφαρμοστέες λύσεις. Συνεπώς **υπάρχει άμεση συνάφεια και ταύτιση των προβλημάτων χωροθέτησης και των αντίστοιχων μοντέλων που τα επιλύουν**, άρα τα μοντέλα χωροθέτησης ταξινομούνται και κατατάσσονται σύμφωνα με τα προβλήματα χωροθέτησης. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που δεν υπάρχει ένα γενικό μοντέλο χωροθέτησης που θα χρησιμοποιείται για κάθε περίπτωση χωροθέτησης.

Σε θεωρητικό επίπεδο έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα αντίστοιχα με τα προβλήματα χωροθέτησης. Επί του πρακτέου, πολλά από αυτά ήταν δύσκολο να επιλυθούν αφού χαρακτηρίζονταν από υπολογιστική πολυπλοκότητα και χρειάστηκε η επιστήμη των υπολογιστών προκειμένου να γίνουν εφαρμοστέα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και τα μοντέλα χωροθέτησης υπηρεσιών έκτακτων αναγκών στις οποίες ανήκουν και οι υπηρεσίες πυρόσβεσης – διάσωσης, αφού κάθε πλευρά της λειτουργίας τους αντανακλά πραγματικές συνθήκες, ρεαλιστικές υποθέσεις και περιορισμούς, πολλές φορές αντικρουόμενους στόχους ή συμβιβασμούς, που πρέπει να ενσωματωθούν στο πρόβλημα και σε κάθε περίπτωση περιλαμβάνουν την ορθή και λεπτομερή καταγραφή στοιχείων από εξωγενείς παράγοντες. Η επεξεργασία των πραγματικών δεδομένων, οδήγησε στην επιλογή της επίλυσης τριών προβλημάτων οργάνωσης του χώρου:

1. Στο πρόβλημα της **βέλτιστης χωροθέτησης (P-Κέντρων)** παροχής υπηρεσιών, όπου γίνεται η παραδοχή ότι στην εξεταζόμενη περιοχή δεν υπάρχουν άλλα κέντρα (**το γενικό πρόβλημα**).
2. Στο πρόβλημα της **βέλτιστης χωροθέτησης (Κ) επιπλέον κέντρων**, θεωρώντας τα υπάρχοντα κέντρα ως δοσμένα (**το προσθετικό πρόβλημα**).
3. Στο πρόβλημα της **αναδιοργάνωσης** ενός χωρικού συστήματος, όπου δεδομένων (P)-Κέντρων παροχής υπηρεσιών σε μια περιοχή, κλείνουν κέντρα που δεν είναι βέλιστα χωροθετημένα και ανοίγουν καινούργια σε βέλτιστες θέσεις. (**το πρόβλημα αναδιοργάνωσης**).

1.4.2 Βασικές διακρίσεις και ταξινόμήσεις των προβλημάτων και μοντέλων χωροθέτησης

Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα, για να επιλύσουν εκατοντάδες προβλήματα χωροθέτησης. Οι δυνατότητές τους σε σχέση με το πρώτο και βασικό μοντέλο του Weber²¹ είναι μεγαλύτερες και οι περιορισμοί διαφορετικοί. Ειδικότερα διακρίνονται ανάλογα με τον τύπο δικτύου, την αντικειμενική συνάρτηση, με το αν πρόκειται για χωροθέτηση μιας ή πολλών μονάδων (πρόβλημα χωροθέτησεων – κατανομών), με το αν η μονάδα είναι κινητή ή όχι, με τα σημεία ζήτησης (σε όλο το δίκτυο ή σε κόμβους) κ.ο.κ. Η λύση κάθε προβλήματος χωροθέτησης επιλέγεται βάσει μίας μεταβλητής. Η επιλογή της μεταβλητής βάσει της οποίας θα λυθεί το πρόβλημα, γίνεται από τον λήπτη της απόφασης (*decision maker*). Στο κείμενο που ακολουθεί θα γίνει μια περιληπτική αναφορά σε κάποιες κατηγορίες μοντέλων, προκειμένου να προσεγγισθούν εκείνα που καλύπτουν τις ανάγκες χωροθέτησης ενός ή πολλών υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης μέσα σε ένα αστικό περιβάλλον.

Μια διάκριση των χωροθετικών προβλημάτων, όπως αναφέραμε, γίνεται με βάση τα χωρικά χαρακτηριστικά του χώρου «υποδοχής» σε **προβλήματα «δικτύου» (network)** και **προβλήματα «επιπέδου» (planar)**. Περαιτέρω όταν οι μονάδες χωροθετούνται μόνο στο επίπεδο αναφερόμαστε σε **προβλήματα επιπέδου**, όταν δύναται να χωροθετηθούν οπουδήποτε στο επίπεδο ή στο δίκτυο **αναφερόμαστε σε συνεχή προβλήματα**, όταν δύναται να χωροθετηθούν σε συγκεκριμένα και κατάλληλα σημεία στο επίπεδο ή στο δίκτυο, **αναφερόμαστε σε διακριτά προβλήματα**.²² **Συνεχή προβλήματα**: όταν το σύνολο των υποψήφιων θέσεων για την χωροθέτηση των μονάδων ορίζεται από την συνέχεια όλων των σημείων του

²¹ Σύμφωνα με το μοντέλο του Weber, ένα πρόβλημα χωροθέτησης ενός κέντρου υπηρεσιών θα διατυπωνόταν ως εξής: «αν δοθεί ένα σύνολο από χρήστες μιας υπηρεσίας, που οι θέσεις τους είναι γνωστές στο χώρο, να βρεθεί η θέση του κέντρου αυτής της υπηρεσίας, για αυτούς τους χρήστες έτσι, ώστε το συνολικό κόστος προσιτότητας να είναι το ελάχιστο δυνατό». Ως συνολικό κόστος θεωρείται αθροιστικά το κόστος των χρηστών και εκφράζεται σε μονάδες απόστασης ή χρηματικές.

²² Αυτά τα προβλήματα / μοντέλα παίρνουν σαν εισόδους γνωστές ποσότητες όπως απαιτήσεις (demands), αποστάσεις (distances) και χρόνο διαδρομής (travel time). Οι έξοδοι τους είναι καθορισμένες από σταθερές τιμές απόφασης (one-time decision values). Όμως κάποια προβλήματα δεν είναι ικανά να μοντελοποιήσουν επαρκώς, την έμφυτη αβεβαιότητα, στο πάρσιμο των στρατηγικών αποφάσεων στον πραγματικό κόσμο εφαρμογής τους (real-world strategy decisions). Χατζηθωμά Ανδρούλα, *Η Σχέση της Ανάλυσης Χωροθέτησης με τους Αλγόριθμους Ομαδοποίησης*, Μαθηματικά των Υπολογιστών και των Αποφάσεων, Τμήμα Μαθηματικού και Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πατρών, σελ. 23

επίπεδου. Στα συνεχή προβλήματα χωροθέτησης, τα κέντρα παροχής υπηρεσιών μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε σημείο στο ομογενές επίπεδο. Η ανάπτυξη τους έγινε με αργούς ρυθμούς λόγω των διαφόρων αναλυτικών δυσκολιών στον τρόπο εκτέλεσης των γεωμετρικών υπολογισμών σε ένα συνεχές επίπεδο. Σε αυτή την κατεύθυνση βοήθησε η αντικατάσταση της συνεχούς ζήτησης στην εξεταζόμενη περιοχή, με ένα διακεκριμένο σύνολο από σημεία ζήτησης, καθένα από τα οποία αναπαριστά μια υποπεριοχή ή τομέα. Έτσι είναι ευκολότερο να κατασκευασθεί η αντικειμενική συνάρτηση βασιζόμενη σε ένα πεπερασμένο σύνολο από σημεία ζήτησης, παρά σε μια συνεχή συναρτησιακή ζήτηση. **Διακριτά ή ασυνεχή:** όταν το σύνολο των υποψήφιων θέσεων αποτελείται από ένα ορισμένο σύνολο σημείων στο επίπεδο, δηλαδή αποτελεί ένα **δίκτυο σημείων**. Στα διακριτά προβλήματα χωροθέτησης, τα κέντρα παροχής υπηρεσιών μπορούν να τοποθετηθούν σε έναν κόμβο ή σε ένα σύνδεσμο ή σε κάποιο δίκτυο. Αυτά τα προβλήματα παίρνουν σαν είσοδο γνωστές σταθερές ποσότητες και εξάγουν μια απλή λύση, που υλοποιείται σε σταθερό χρόνο. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και τα περισσότερα πραγματικά προβλήματα χωροθέτησης, καθώς η επιλογή γίνεται μεταξύ συγκεκριμένων θέσεων, εξαιτίας οικονομικών, τεχνικών και φυσικών περιορισμών και εμποδίων στον χώρο.

Αφού κατανοηθεί και προσδιορισθεί η διάκριση του χωροθετικού πρόβληματος, αναπτύσσεται και υιοθετείται το αντίστοιχο μοντέλο, που βελτιστοποιεί την λύση του. Έτσι αντίστοιχα η πρώτη σημαντική διάκριση είναι: τα **συνεχή (continuous)** και τα **ασυνεχή ή διακριτά (discrete)** μοντέλα. Ένας μεγάλος αριθμός από έρευνες, ειδικά όσες αναφέρονται σε εφαρμοσμένα προβλήματα ή σε μη εφαρμοσμένες (καταρχήν) χωροθετήσεις ενός κέντρου παροχής υπηρεσιών, εξετάζουν πολλαπλές επεκτάσεις των ανωτέρω βασικών μοντέλων.²³ **Αυτού του είδους τα προβλήματα και μοντέλα εφαρμόζονται και για την χωροθέτηση υπηρεσιών πυρόσβεσης -διάσωσης, με μεγάλη επιτυχία²⁴.**

Περαιτέρω βασική κατηγοριοποίηση των «**διακριτών προβλημάτων**» είναι όταν οι προς χωροθέτηση «**μονάδες**» είναι επιθυμητές από τους «**πελάτες**», (οπότε οι

²³ Owen S.H., Daskin M.S. «Strategic Facility Location: A review», *European Journal of Operations Research III*, p.p.: 423-447, 1998.

²⁴ Αικ. - Μαρία Σατρατζέμη (1991), *Επίλυση Προβλημάτων Χωροθέτησης Κέντρων Παροχής Υπηρεσιών σε Δίκτυα*, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, σ.σ. 23-24

αντικειμενικοί σκοποί-κριτήρια του προβλήματος ονομάζονται «pull»²⁵. Σε αυτή την περίπτωση αναπτύσσονται χωροθετικά προβλήματα που στοχεύουν στο: α) να ελαχιστοποιηθεί η συνολική απόσταση των χρηστών από το πλησιέστερο προς αυτούς κέντρο παροχής υπηρεσιών και επιλύονται ως **Προβλήματα των Διαμέσων (minisum)**, β) να ελαχιστοποιηθεί η μέγιστη απόσταση ενός χρήστη από το κοντινότερο προς αυτόν κέντρο παροχής υπηρεσιών και επιλύονται ως **Προβλήματα των Διακέντρων (minimax)**, γ) αν οι αντικειμενικοί σκοποί του λήπτη της απόφασης είναι διαφορετικοί, όπως να καλυφθούν οι πελάτες και η ζήτηση τους τότε επιλύονται τα **Προβλήματα Κάλυψης²⁶ ή επικαλυπτόμενα προβλήματα (covering problems)**. Αντίστοιχα αναπτύχθηκαν και τα μοντέλα χωροθέτησης όπως:

(α) το **μοντέλο Διαμέσου (Median η Minisum)**, αναφέρεται σε προβλήματα στα οποία η χωροθέτηση ενός κέντρου παροχής υπηρεσιών σε κορυφή ενός δοσμένου γραφήματος, θα πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται το άθροισμα όλων των συντομότερων αποστάσεων των κορυφών του από αυτή την υπηρεσία. Η άριστη χωροθέτηση του κέντρου παροχής υπηρεσιών ονομάζεται **διάμεσος (median)** του γραφήματος και λόγω της φύσης της αντικειμενικής συνάρτησης, αυτή η κατηγορία προβλημάτων ονομάζεται **minisum προβλήματα χωροθέτησης (minisum location problems)**.

(β) το **μοντέλο Διακέντρων (centers ή Minimax)**, αναφέρεται σε προβλήματα ελαχιστοποίησης της μέγιστης απόστασης ενός χρήστη από το κοντινότερο προς αυτόν κέντρο παροχής υπηρεσιών.

(γ) τα **μοντέλα Κάλυψης (covering model)**, αναφέρονται σε προβλήματα όπου η χωροθέτηση ενός κέντρου παροχής υπηρεσιών, καλύπτει τις ανάγκες των πελατών, δηλαδή βρίσκεται εντός μιας συγκεκριμένης απόστασης σε σχέση με τους πελάτες και εντός ενός χρονικού ορίου.

Αντίστοιχα οι ανεπιθύμητες χωροθετήσεις, για τα πιο πάνω **minisum** και **minimax** προβλήματα, είναι αντίστοιχα τα προβλήματα **maxisum** και **maximin** αντίστοιχα.

²⁵ Αφορούν παλαιότερα χωροθετικά προβλήματα.

²⁶ Ένα πιθανό αποτέλεσμα στη χρήση του μοντέλου P-Διάμεσος, αν συνεχίσουμε να μικραίνουμε τον περιορισμό του μεγίστου χρόνου, είναι ότι σε κάποιο σημείο τα κέντρα δεν θα είναι αρκετά σε αριθμό για να «καλύψουν» όλα τα σημεία ζήτησης μέσα στον καθορισμένο χρόνο ή απόσταση. Επομένως αν δοθεί ένα χρονικό όριο, ποιος είναι ο ελάχιστος αριθμός κέντρων παροχής υπηρεσιών που απαιτείται για την κάλυψη της ζήτησης; Αυτό το ερώτημα οδήγησε στα μοντέλα Κάλυψης.

Βασικά εργαλεία για τη χωροθέτηση κέντρων παροχής υπηρεσιών, είναι τα μαθηματικά μοντέλα **πολυκριτηριακής ανάλυσης**. Συνήθως τα **πολυκριτηριακά μοντέλα** χρησιμοποιούν μια αντικειμενική συνάρτηση με ένα συνδυασμό κριτηρίων από αυτά που αναφέρονται στα προβλήματα **minisum και minimax**.²⁷

Μια άλλη βασική μορφή διάκρισης των προβλημάτων χωροθέτησης είναι η **χωροθέτηση μίας ή η χωροθέτηση – κατανομή πολλών μονάδων**, που οδήγησε στην ανάπτυξη αντίστοιχων μοντέλων των επανομαζόμενων **μοντέλα χωροθετήσεων –κατανομών (location/allocation models)**. Χρησιμοποιούνται για να απαντηθούν ερωτήματα όπως: (α) Ποιος είναι ο βέλτιστος αριθμός κέντρων παροχής υπηρεσιών (πυροσβεστικών σταθμών) που πρέπει να χωροθετηθούν; (β) Ποια πρέπει να είναι η περιοχή εξυπηρέτησης (τομέας ευθύνης) για καθένα από αυτά τα κέντρα (δηλαδή, ποια σημεία ζήτησης πρέπει να εξυπηρετεί κάθε κέντρο παροχής υπηρεσιών); Διακρίνονται (όπως και παραπάνω):

(α) στο **μοντέλο P-Διάμεσος (P-Median)**, που επιλύει το χωροθετικό πρόβλημα συγκεκριμένων κέντρων παροχής υπηρεσιών (έστω P) κατ' «άριστο τρόπο», ώστε το άθροισμα των συντομότερων αποστάσεων των κορυφών του γραφήματος από τα πλησιέστερα προς αυτά κέντρα παροχής υπηρεσιών να είναι ελάχιστο (Goldman 1971, Hakimi 1964, 1965, Kariv και Hakimi 1979, Minieka 1977). Μπορεί να πάρει πολλές εκφράσεις θέτοντας διαφορετικούς περιορισμούς (μεγίστου κόστους, προϋπολογισμού, χωρητικότητας κλπ) ή αντικειμενικές συναρτήσεις.

(β) στο **μοντέλο των P-Διακέντρων (P-centers)**, που αναφέρεται σε προβλήματα στα οποία, μέσω της βελτιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης, επιδιώκεται η τοποθέτηση ενός δεδομένου αριθμού κέντρων παροχής υπηρεσιών (P) με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η μέγιστη απόσταση (ή χρόνος)²⁸ ενός οποιουδήποτε σημείου από το κοντινότερο κέντρο παροχής υπηρεσιών.²⁹

²⁷ K.G. Zografos R. Cromley H.S. Levinson (1991), «Multiobjective Hierarchical Model For Locating Public Facilities on Transportation Network: A Goal 140 Programming Approach», *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 25, No 3, 329-355. K.G. Zografos., S. Samaras (1989), «Combined Location-Routing Model For Hazardous Waste Transportation and Disposal», *Transportation Research Record*, No 1245, 52-59

²⁸ Αυτή η απόσταση (ή χρόνος) ονομάζεται απόσταση (ή χρόνος) επικάλυψης.

²⁹ Σχετική αναφορά γίνεται από τους Owen S.H., Daskin M.S. «Strategic Facility Location: A review», *European Journal of Operations Research III*, 423-447, 1998, Goldman A.L., «Optimal Center Location in Simple Network». *Transportation Science* Vol. 5, 212-221, 1971 και Goldman A. J. «Optimal Locations for Centers in a Network», 1969.

(γ) στο **μοντέλο Κάλυψης (Covering model)** που επιλύει το χωροθετικό πρόβλημα ενός αριθμού κέντρων παροχής υπηρεσιών (P) έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η κάλυψη των πελατών, μέσα σε μία συγκεκριμένη απόσταση ή χρόνο μεταφοράς S. Το ανωτέρω μοντέλο ονομάζεται επίσης και μοντέλο απόστασης ή χρόνου.³⁰

Τα μοντέλα αυτά αφορούν προβλήματα διακριτού χώρου, δηλαδή αποτελούν ένα δίκτυο σημείων, εκτός των **μοντέλων Κάλυψης**, που αφορούν προβλήματα χωροθέτησης και στο επίπεδο. Διαμορφώνονται στα πλαίσια της **θεωρίας γραφημάτων** και της **Θεωρίας των Δικτύων (network)** η οποία με την σειρά της οδήγησε στην **Θεωρία των Γραφών**³¹.

Εκτός των ανωτέρω βασικών κατηγοριών προβλημάτων/μοντέλων χωροθέτησης (με βάση την αντικειμενική συνάρτηση), αναπτύχθηκαν λόγω διαφορετικών κριτηρίων και χαρακτηριστικών και άλλες υποκατηγορίες τους.

1.4.2.1 Υποκατηγορίες προβλημάτων Διαμέσων

Στα **Προβλήματα των Διαμέσων (minisum)** ανήκει το **Συνεχές Πρόβλημα P-Διάμεσος** που είναι ένα από τα πιο βασικά προβλήματα στον χώρο των Συνεχών Προβλημάτων χωροθέτησης. Σκοπός του προβλήματος αυτού, είναι η εύρεση ενός συνόλου από πιθανές θέσεις για τα P-κέντρα παροχής υπηρεσιών, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η συνολική σταθμική απόσταση από τους πελάτες προς το κοντινότερο κέντρο παροχής υπηρεσιών. Τα προβλήματα χωροθέτησης **‘time-space’** αναφέρονται στον τόπο και χρόνο λειτουργίας μίας μονάδας. Τα προβλήματα αυτά αναφέρονται σε μονάδες οι οποίες παρέχουν τις υπηρεσίες τους μόνο συγκεκριμένες ημέρες της εβδομάδας (μήνα ή έτος), ή σε μονάδες οι οποίες λειτουργούν περιοδικά. Αυτό το πρόβλημα που περιλαμβάνει χώρο και χρόνο έχει κάποια διαφορά από το Συνεχές πρόβλημα P-Διάμεσος, αλλά αποτελεί και μια επέκταση του και γι’ αυτό ονομάζεται πρόβλημα χωροθέτησης **Time–Space P-Διάμεσος**.

³⁰ Ghosh, A., McLafferty, S., Craig, C.S.(1995), «Multifacility Retail Networks», pp.: 301-330, Drezner, Z. (ed.). *Facility location: A survey of applications and methods*, Springer-Verlag.

³¹ N. Christofides (1975), *Graph Theory an Algorithm Approach*, Academic Press, R. Love., J. Morris, G. Wesolowsky (1998), *Facilities Locations Models and Methods*, North Holland, K. Κουτσόπουλος (1981), «Οι Γεωγραφικές Μέθοδοι των Χωροθετήσεων-Κατανομών σε Περιφερειακή Ανάπτυξη», *Τεχνικά Χρονικά*, 1, 25-48.

Το *Περιορισμένο πρόβλημα P-Διάμεσος* αναφέρεται στην ίδια αντικειμενική συνάρτηση με το P-Διάμεσος πρόβλημα. Η διαφορά είναι ότι εδώ εξετάζονται κινητά κέντρα παροχής υπηρεσιών (που μπορεί να ταξιδεύουν μια περιορισμένη απόσταση κάθε ημέρα), με ζητούμενο μια σχετική διάταξη των σημείων της υπηρεσίας (service points), έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η ολική απόσταση των χρηστών από τα κοντινότερα σημεία της. Τέλος μια παραλλαγή του προβλήματος των διαμέσων είναι το *Simple Plant Location Problem* ή *SPLP* (Efroymson και Ray 1966, Erlenkotter 1978, Spielberg 1969). Εδώ στην αντικειμενική συνάρτηση εμφανίζεται το κόστος κατασκευής που δεν είναι ένας απλός περιορισμός στο πρόβλημα. Το πρόβλημα εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που το κόστος είναι σημαντικό και πρέπει να συμπεριληφθεί στο κόστος προσιτότητας.³²

1.4.2.2 Υποκατηγορίες προβλημάτων Διακέντρων

Στα *Προβλήματα των Διακέντρων (minimax)* ανήκουν, ως υποκατηγορία, τα προβλήματα των *Διακέντρων Κορυφής (vertex center problems)* τα οποία τίθενται στην περίπτωση που οι θέσεις των κέντρων παροχής υπηρεσιών είναι περιορισμένες στους κόμβους του δικτύου (Farley 1982, Halfin 1974, Hedetniemi et al.1981). Συνεπώς ζητείται η χωροθέτηση τους σε συγκεκριμένους κόμβους στο δίκτυο (στις κορυφές του γραφήματος). Επίσης έχουν αναπτυχθεί τα *Απόλυτα Προβλήματα Διακέντρων (absolute center problems)*, τα οποία τίθενται στην περίπτωση που τα προβλήματα των Διακέντρων επιτρέπουν στα κέντρα παροχής υπηρεσιών να τοποθετούνται οπουδήποτε μέσα στο δίκτυο. Στην περίπτωση που στο πρόβλημα P-Διακέντρων απαιτείται η εύρεση ενός συνόλου από κέντρα παροχής υπηρεσιών οι οποίες να ελαχιστοποιούν την μέγιστη απόσταση από ένα χρήστη προς το κοντινότερο του κέντρο, τότε έχουμε το *Συνεχές πρόβλημα P-Διακέντρων*.

³² Το μοντέλο αυτό δημιουργήθηκε για την χωροθέτηση εργοστασίων και βιομηχανιών.

1.4.2.3 Κοινές Υποκατηγορίες προβλημάτων Διαμέσων - Διακέντρων

Μια κοινή υποκατηγορία τόσο για τα **Προβλήματα των Διαμέσων** όσο και για τα **Προβλήματα των Διακέντρων** είναι τα **Ανάστροφά Προβλήματα Διαμέσων / Διακέντρων**. Σε αυτά τα προβλήματα αντί να αναζητείται ένα σύνολο θέσεων που θα ελαχιστοποιούσε τη μέγιστη απόσταση (ή τον μέγιστο χρόνο) για ένα δεδομένο αριθμό κέντρων παροχής υπηρεσιών, ζητείται να βρεθεί ο ελάχιστος αριθμός κέντρων παροχής υπηρεσιών και ποιες είναι οι θέσεις τους, έτσι ώστε η μέγιστη απόσταση ενός τυχαίου σημείου του δικτύου από το πλησιέστερο κέντρο παροχής υπηρεσιών, να είναι μικρότερη ή ίση από μια προκαθορισμένη τιμή (**Ανάστροφο Πρόβλημα Διακέντρων**). Αντίστοιχα διαμορφώνεται και το **Ανάστροφο Πρόβλημα Διαμέσων**. Επεκτάσεις των Προβλημάτων Διαμέσων και Διακέντρων αποτελούν το **Cent Median** και το **Medi-Center**. Τα δύο αυτά μοντέλα χρησιμεύουν το μεν πρώτο για να ελαχιστοποιηθεί ένας γραμμικός κυρτός συνδυασμός των αντικειμενικών συναρτήσεων των **minisum/minimax** προβλημάτων, το δε δεύτερο για να ελαχιστοποιηθεί η μέση απόσταση, με τον περιορισμό ότι όλες οι αποστάσεις από τους πελάτες προς τα κέντρα παροχής υπηρεσιών δεν υπερβαίνουν κάποιο προκαθορισμένο όριο.

1.4.2.4 Υποκατηγορίες προβλημάτων Κάλυψης

Τα **Προβλήματα Κάλυψης** διαχωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες. Στα **Προβλήματα Συνόλου κάλυψης (LSCP)** που υιοθετούνται όταν θέλουμε να ελαχιστοποιήσουμε το κόστος της τοποθέτησης ενός αριθμού κέντρων εξυπηρέτησης από ένα σύνολο υποψηφίων κέντρων, έτσι ώστε κάθε σημείο ζήτησης να καλύπτεται από ένα τουλάχιστον κέντρο παροχής υπηρεσίας. Δημιουργείται για όλα τα σημεία ζήτησης ένα σύνολο από κέντρα παροχής υπηρεσιών, τα οποία είναι χωροθετημένα εντός ενός ορίου απόστασης ή χρόνου από κάθε σημείο ζήτησης, ώστε να καλύπτουν όλα αυτά τα σημεία. Κύριος σκοπός του είναι η πλήρης κάλυψη κάθε σημείου ζήτησης στην υπό εξέταση περιοχή. Ωστόσο κατά την πρακτική εφαρμογή του μοντέλου, διαπιστώθηκαν δύο σημαντικά προβλήματα: α) ο αριθμός των κέντρων παροχής υπηρεσιών που χρειάζονται για να καλύψουν όλα τα σημεία ζήτησης, είναι πιθανό να υπερβαίνει

τον αριθμό των κέντρων που πρακτικά μπορούν να τοποθετηθούν β) αντιμετωπίζει όλα τα σημεία ζήτησης με πανομοιότυπο τρόπο.

Έτσι οδηγηθήκαμε στα **Προβλήματα Μέγιστης Κάλυψης (MCLP)** που εφαρμόζονται ώστε να μεγιστοποιηθεί ο αριθμός των χρηστών και όχι τα σημεία ζήτησης που εξυπηρετούνται από τη χωροθέτηση συγκεκριμένου σταθερού αριθμού P-κέντρων παροχής υπηρεσιών,³³ έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η καλυπτόμενη ζήτηση από τις μονάδες (*maximum capture*). Όταν ο αριθμός είναι μεταβλητός, ο στόχος είναι να καλυφθεί όλη η ζήτηση με όσο το δυνατό μικρότερο αριθμό μονάδων, δεδομένου ότι κανένας πελάτης δεν βρίσκεται πιο μακριά από μία συγκεκριμένη απόσταση από την κοντινότερη μονάδα. Αυτά ονομάζονται προβλήματα **ελάχιστου κόστους κάλυψης (min-cost cover)**.³⁴

Μία παραλλαγή του **Προβλήματος Μέγιστης Κάλυψης** αναγνωρίζει ότι εκείνες οι απαιτήσεις που δεν καλύπτονται μέσα στην επιθυμητή απόσταση υπηρεσίας (service distance) S πρέπει να καλυφθούν από λιγότερο αυστηρά πρότυπα απόστασης, T ($T > S$). Αυτό το πρόβλημα λέγεται **Πρόβλημα Μέγιστης Κάλυψης με υποχρεωτική στενότητα (maximal covering with mandatory closeness)**. Το πρόβλημα αυτό εξασφαλίζει ότι καμία απαίτηση δεν είναι πέρα από T μονάδες από το κοντινότερο κέντρο παροχής υπηρεσιών, καθώς ικανοποιούνται όσο το δυνατό περισσότερες απαιτήσεις μέσα στην S. Από πολλούς θεωρητικούς αναπτύχθηκαν και τα προβλήματα **επιπρόσθετης κάλυψης** τοποθετώντας πρόσθετους *coverer*, ως εξέλιξη των προβλημάτων συνόλου κάλυψης. Μία άλλη προσέγγιση είναι **η μεγιστοποίηση της προσδοκώμενης κάλυψης (expected coverage)** των κόμβων ζήτησης³⁵.

1.4.3 Περαιτέρω κατηγοριοποίηση και ταξινόμηση βασικών προβλημάτων

Εκτός των ανωτέρω προβλημάτων, ως ιδιαίτερη κατηγορία αιτιοκρατικών ή ντετερμινιστικών προβλημάτων, που είναι συνάρτηση γνωστών παραμέτρων και η συμπεριφορά τους είναι απόλυτα προβλέψιμη, θεωρούνται: το πρόβλημα **p-**

³³ Το συγκεκριμένο πρόβλημα προτάθηκε για πρώτη φορά από τους Church R., ReVelle C., στο «The Maximal Covering Location Problem». *Papers of the Regional Science Association*, 32, 101-118, 1974.

³⁴ Eiselt, H.A., Laporte, G. (1995). «Objectives in location problems», pp.: 151-180, in: Drezner, Z. (ed.). *Facility location: A survey of applications and methods*. Springer-Verlag,

³⁵ Σχετική αναφορά γίνεται στην δημοσίευση του Daskin, M.L. (1983), «Maximal expected covering location model: Formulation, properties, and heuristic solution», *Transportation Science.*, 17, pp.: 48- 70.

διασποράς (*p-dispersion*), για την τοποθέτηση των κέντρων παροχής υπηρεσιών όπου μεγιστοποιείται η ελάχιστη απόσταση ανάμεσα σε οποιοδήποτε ζευγάρι των κέντρων παροχής υπηρεσιών, καθώς και το **μη ικανοποιήσιμο (*Incapacitated fixed charge*)** πρόβλημα.

Περαιτέρω υπάρχουν και άλλες κατηγοριοποιήσεις αντικειμενικών σκοπών-κριτηρίων του προβλήματος (της αντικειμενικής συνάρτησης), όπως **«push»** που υποθέτουν ότι όσο πιο μακριά χωροθετείται μία μονάδα από τους **«πελάτες»**, τόσο προτιμότερο είναι.³⁶ Αυτές που δεν λαμβάνουν υπόψη τους **«πελάτες»** αλλά μόνο τις **«μονάδες»**. Αυτές που αναφέρονται στην **«επίτευξη δικαιοσύνης»**, δηλαδή στην χωρική ισοκατανομή των ωφελειών στους εξυπηρετούμενους από την χωροθέτηση ενός κέντρου παροχής υπηρεσιών. Σε αυτή την περίπτωση, ο λήπτης της απόφασης πρέπει να συμβιβάζει την κοινωνική ισότητα και την αποτελεσματικότητα της χωροθετούμενης υπηρεσίας.³⁷ Μια άλλη διάκριση των προβλημάτων είναι σε **ιδιωτικού και δημόσιου τομέα (*private/ public sector*)**. Στην πρώτη περίπτωση επιδιώκεται η αναζήτηση τοποθεσιών για μονάδες, στις οποίες μεγιστοποιείται κάποια συνάρτηση χρηματικής αξίας που συνδέεται με την χωροθέτηση, ενώ στη δεύτερη περίπτωση, οι τοποθεσίες έχουν ως σκοπό τη μεγιστοποίηση της πρόσβασης του πληθυσμού σε αυτές τις μονάδες³⁸. Συνεπώς στην περίπτωση του ιδιωτικού χώρου, το ενδιαφέρον βρίσκεται στην μεγιστοποίηση του κέρδους, ενώ στην περίπτωση του δημόσιου χώρου, το ενδιαφέρον βρίσκεται στην ελαχιστοποίηση κάποιας «κοινωνικής ζημίας» ή στην μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους.³⁹ Και τα δύο είδη αντιμετωπίζονται είτε ως αιτιοκρατικά μοντέλα, όπου οι αποστάσεις των σημείων ζήτησης από τα κέντρα, η ζήτηση και η δυνατότητα παροχής θεωρούνται σταθερές διαχρονικά είτε ως στοχαστικά όπου τα προηγούμενα στοιχεία μεταβάλλονται στοχαστικά μέσα στον χρόνο, που είναι και η ρεαλιστικότερη περίπτωση.⁴⁰ Σύμφωνα με τον

³⁶ Αυτού του είδους οι αντικειμενικοί σκοποί δεν αφορούν τα χωροθετικά προβλήματα για τις μονάδες υπηρεσιών εκτάκτων αναγκών.

³⁷ Το χωροθετικό πρόβλημα σχηματίζεται ως πρόβλημα με δύο κριτήρια, με λύση την επιλογή μιας θέσης από ένα σύνολο θέσεων (που προκύπτουν με την μέθοδο Pareto optimal).

³⁸ ReVelle C.S., Eiselt H.A., 2005, «Location Analysis: A Synthesis and Survey». *European Journal of Operational Research* 165, , p.p.: 1-19.

³⁹ Swain R. «A Parametric Decomposition Approach for the Solution of Uncapacitated Location Problems», *Management Science*, 21, (1974), p.p.: 189-198.

⁴⁰ Κουτσόπουλος Κ. (1990), *Γεωγραφία: Μεθοδολογία και μέθοδοι ανάλυσης χώρου*, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία, σελ. 436

(Seppala, U., 1997), τα μοντέλα χωροθέτησης μπορούν να διακριθούν επίσης σε δύο ευρύτερες κατηγορίες α) *Τα περιγραφικά μοντέλα (descriptive models)*, τα οποία στοχεύουν στην εξήγηση της χωρικής συμπεριφοράς κυρίως των οικονομικών δραστηριοτήτων⁴¹ β) Τα *πρότυπα μοντέλα (normative models)*, τα οποία παρέχουν κατευθυντήριες γραμμές (guidelines) στους λήπτες της απόφασης σχετικά με αποφάσεις χωροθέτησης (location decision). Τα ανωτέρω αναφερόμενα προβλήματα χωροθέτησης, αφορούν κυρίως τα δίκτυα. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες προβλημάτων. Στα *δυναμικά*, στα *στοχαστικά* και στα *ιεραρχικά προβλήματα*.

1.4.3.1 Δυναμικά Προβλήματα

Ένα από τα σημαντικά μειονεκτήματα των ντετερμινιστικών ή αιτιοκρατικών προβλημάτων/μοντέλων που περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι ότι δεν περιλαμβάνουν τις χρονικές διαστάσεις, δηλαδή τα χαρακτηριστικά των προβλημάτων του real – world. Όμως η ορθή στρατηγική των προβλημάτων της Ανάλυσης Χωροθέτησης απαιτεί τα οποιαδήποτε λογικά πρότυπα να αντιπροσωπεύουν και την μελλοντική αβεβαιότητα, δηλαδή το πρόβλημα της Ανάλυσης Χωροθέτησης θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα εκτεταμένο ορίζοντα προγραμματισμού. Οι αποφασίζοντες (decision makers) πρέπει όχι μόνο να επιλέγουν εγκαταστάσεις οι οποίες θα εξυπηρετούν αποτελεσματικά μεταβαλλόμενες με τις απαιτήσεις και το πέρασμα του χρόνου, αλλά πρέπει επίσης να μελετήσουν τον συγχρονισμό των επεκτάσεων των κέντρων παροχής υπηρεσιών και της επανεγκατάστασης τους, στη διάρκεια μιας μακράς περιόδου. Αυτός ο ορθός προβληματισμός των θεωρητικών της χωροθέτησης, οδήγησε στα *Δυναμικά προβλήματα/μοντέλα χωροθέτησης* υπηρεσιών. Ο περαιτέρω διαχωρισμός τους σε *Απλά Δυναμικά μοντέλα χωροθέτησης* και *Πολλαπλά Δυναμικά Μοντέλα Χωροθέτησης*, εξυπηρετεί την καλύτερη ανά περίπτωση επίλυση των προβλημάτων χωροθέτησης, με την υιοθέτηση στατικών και ντετερμινιστικών λύσεων, συμπεριλαμβανομένης και της χρονικής διάστασης. Στα

⁴¹ Τα περιγραφικά μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν πάνω από μια δεκαετία για την χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών. Όμως η πολυπλοκότητα και μέχρι ένα βαθμό η ασυμφωνία των παραγόντων που επηρεάζουν τις αποφάσεις για την τοποθεσία των πυροσβεστικών σταθμών, μειώνουν την αναγκαιότητα για την εφαρμογή τους.

Δυναμικά Προβλήματα συμπεριλαμβάνονται πολλά προβλήματα χωροθέτησης μη-γραμμικά, όπως επίσης και αυτά που περιλαμβάνουν επιδράσεις ανάδρασης (feedback), οι οποίες μπορεί να αλλάξουν το σύστημα. Έτσι, την τελευταία εικοσαετία έχει αναπτυχθεί και ερευνηθεί μία καινούρια κατηγορία μοντέλων ανάλυσης χωροθέτησης, τα επονομαζόμενα **εξελικτικά μοντέλα** (*evolutionary models*), τα οποία βασίζονται στη δυναμική συμπεριφορά τους και περιλαμβάνουν τόσο εξωγενείς, όσο και ενδογενείς παράγοντες αλλαγής. Με τον όρο εξωγενείς παράγοντες εννοείται συνήθως η μεταβαλλόμενη ζήτηση, ενώ στους ενδογενείς στο πρόβλημα «παράγοντες» συμπεριλαμβάνονται η αύξηση ή μείωση ή και η επαναχωροθέτηση του αριθμού των μονάδων.⁴²

1.4.3.2 Στοχαστικά Προβλήματα

Το χαρακτηριστικό των **Στοχαστικών Προβλημάτων**, είναι η ενσωμάτωση πιθανοτήτων στις παραμέτρους του κάθε προβλήματος, δηλαδή το σύστημα είναι συνάρτηση παραμέτρων που εμφανίζουν τυχαίες μεταβλητές. Αυτό σημαίνει ότι η συμπεριφορά του μοντέλου δεν είναι απόλυτα προβλέψιμη. Παρ' όλα αυτά μπορεί να είναι γνωστό πόσο πιθανό είναι να συμβούν κάποιες καταστάσεις, κάτι το οποίο μπορεί να προκύψει και να διατυπωθεί με μία πιθανολογική κατανομή. Έτσι αναπτύχθηκαν τα **Πιθανοθεωρητικά μοντέλα**, που εντάσσονται στην κατηγορία των στοχαστικών και περιγράφουν μια συνάρτηση κόστους, η οποία περιέχει πιθανότητα.⁴³ Στα μοντέλα αυτά μεγιστοποιείται η συνάρτηση κόστους, η οποία εκφράζει με πιθανότητα την αναμενόμενη κάλυψη των κέντρων παροχής υπηρεσιών σε κάθε γειτονιά και για όλους τους κόμβους ζήτησης του δικτύου. Τα πιθανοθεωρητικά μοντέλα, λαμβάνουν επίσης υπόψη τις πιθανότητες τα κέντρα παροχής υπηρεσιών να είναι απασχολημένα, για να υπολογίσουν έτσι την ποσότητα των επαναλήψεων που χρειάζονται για την εξυπηρέτηση των πελατών.

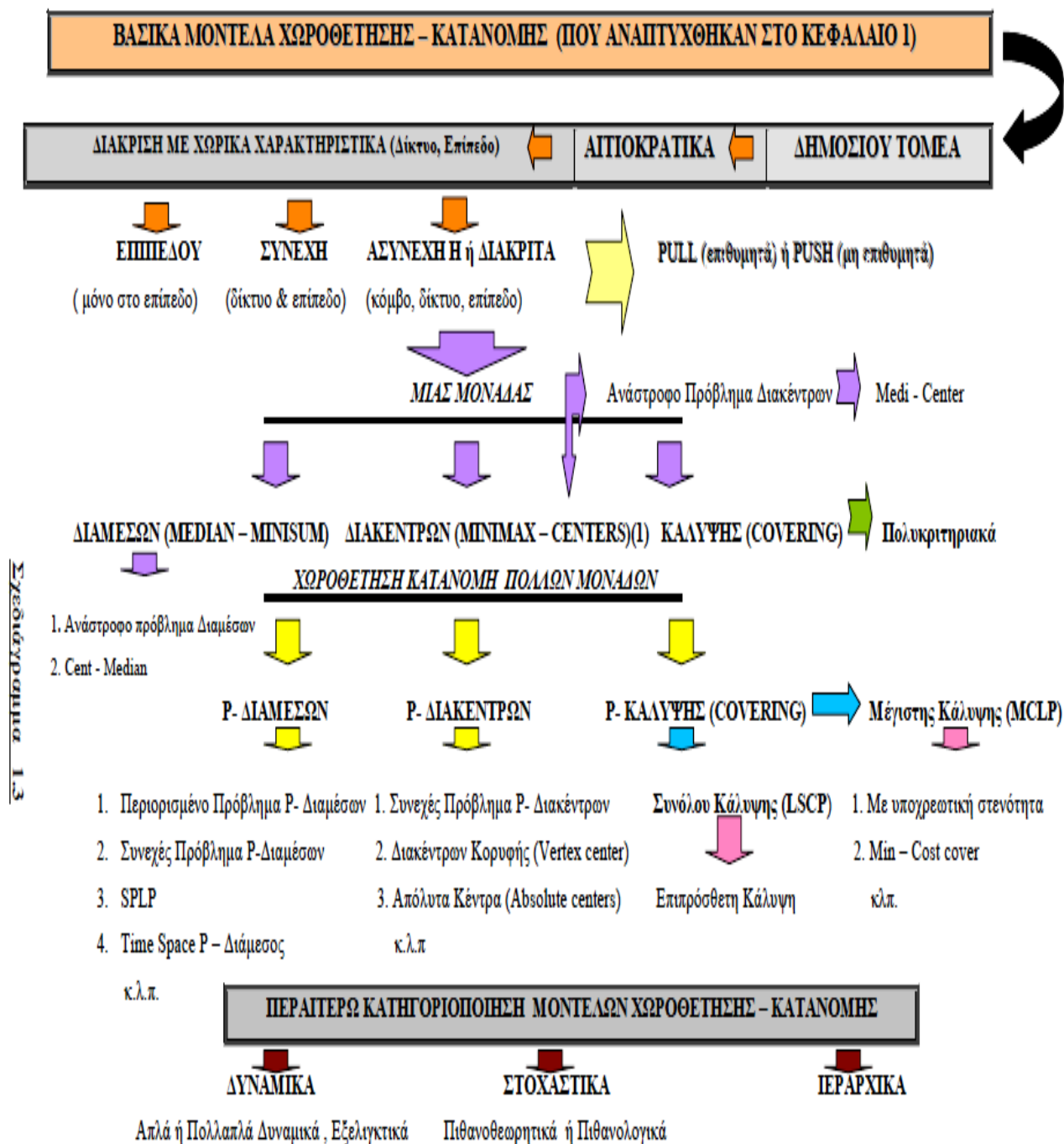
⁴² Seppala, U,(1997), «An Evolutionary Model for Spatial Location of Economic Facilities», Interim Report IR - 97- 003, *International Institute for Applied Systems Analysis*.

⁴³ Σχετική αναφορά έγινε από τον Pidd, M. (1998), *Computer simulation in Management Science*, Wiley.

1.4.3.3 Ιεραρχικά Προβλήματα

Μία άλλη κατηγορία προβλημάτων χωροθέτησης είναι τα **ιεραρχικά προβλήματα χωροθέτησης (*hierarchical location problems*)**. Στα προβλήματα αυτά υπάρχουν ιεραρχίες στις μονάδες, έτσι ώστε κάθε ιεραρχία σε κάποιο επίπεδο να παρέχει γενικά όλες τις υπηρεσίες μίας μονάδας του επόμενου (χαμηλότερου) επιπέδου. Τα Ιεραρχικά προβλήματα χωροθέτησης απαντώνται κυρίως στη χωροθέτηση διαφόρων κέντρων υγείας και νοσοκομείων. Υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα υγείας π.χ. γραφεία ιατρών στο χαμηλότερο επίπεδο, μια μικρή κλινική στο επόμενο ψηλότερο επίπεδο, και ένα γενικό νοσοκομείο στο ψηλότερο επίπεδο. Κάθε κέντρο παροχής υπηρεσιών σε μερικά επίπεδα εξασφαλίζει γενικά όλες τις υπηρεσίες ενός κέντρου παροχής υπηρεσιών στο επόμενο χαμηλότερο επίπεδο. Ο σκοπός των ιεραρχικών προβλημάτων χωροθέτησης είναι πχ. να εξυπηρετηθούν όσο το δυνατό περισσότερα άτομα με παράλληλη μείωση του κόστους (κόστος εξυπηρέτησης).

Στο *σχεδιάγραμμα 1.3 (σελίδα 42)* παρουσιάζεται αναλυτικά το σύνολο των κυριότερων μοντέλων χωροθέτησης που περιγράφηκαν ορισμένα εκ' των οποίων θα αποτελέσουν αντικείμενο προβληματισμού στα επόμενα κεφάλαια για την χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών. Περαιτέρω υπάρχουν διάφορες πρόσθετες μορφές ή επεκτάσεις των βασικών προβλημάτων χωροθέτησης, οι οποίες αναφέρονται ενδεικτικά, όπως τα προβλήματα με πολλαπλά (*multiple*) κέντρα παροχής υπηρεσιών, το πρόβλημα *multifacility* και το πρόβλημα πολλαπλών κόμβων (*multiple hub*) ως επέκτασή του, το πρόβλημα χωροθέτησης – κατανομής μεταφορών (*traspotation*), το προοδευτικό πρόβλημα P-Διάμεσος (επέκταση των δυναμικών προβλημάτων χωροθέτησης), τα ισοζυγισμένα, τα κομβικά προβλήματα χωροθέτησης, τα ανταγωνιστικά προβλήματα χωροθέτησης, ο συνδυασμός τοποθέτησης και επανάληψης, τα προβλήματα κέρδους κ.α.



1.5 Μαθηματικές σχέσεις και μέθοδοι επίλυσης των προβλημάτων χωροθέτησης

Ο μαθηματικός προγραμματισμός γενικά χρησιμοποιείται για να βρει τις «βέλτιστες λύσεις» στα προβλήματα χωροθέτησης. Ο όρος «βέλτιστες λύσεις» είναι κατά κάποια έννοια παραπλανητικός. Η λύση είναι τόσο καλή όσο και οι υποθέσεις του μοντέλου. Εάν από αυτές τις υποθέσεις δεν παραχθεί ένα έγκυρο μοντέλο, τότε η λύσεις που θα βρεθούν μπορεί να έχουν ελάχιστη σχέση με τις βέλτιστες λύσεις σε ένα αληθινό πρόβλημα.

Τα απλά προβλήματα χωροθέτησης λύνονται μέσα από τον υπολογισμό όλων των πιθανών λύσεων μεταξύ των οποίων επιλέγουμε την καλύτερη. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από μια επαναληπτική διαδικασία λύσεων η οποία όμως δεν επιλύει πιο σύνθετα προβλήματα, όπου το εύρος των συνδυασμών είναι χιλιάδες ή και εκατομμύρια πιθανές λύσεις. Τα συνεχή προβλήματα χωροθέτησης, τα οποία είναι συνήθως στο *επίπεδο (planar)*, είναι μη γραμμικά προβλήματα μεγιστοποίησης⁴⁴ και συνεπώς υιοθετούν (α) την *γεωμετρική προσέγγιση*, (β) την *κυρτή ανάλυση* και (γ) τον *μη γραμμικό προγραμματισμό*⁴⁵. Οι *μετρικές συναρτήσεις* εφαρμόζονται στις περισσότερες των περιπτώσεων για την μέτρηση της απόστασης μεταξύ του χρήστη και του κέντρου παροχής υπηρεσιών, δύο εκ των οποίων είναι:

(α) η *κλασσική ευκλείδειος μετρική απόσταση*, στην οποία η απόσταση μεταξύ δύο σημείων είναι το ευθύγραμμο τμήμα που συνδέει αυτά τα δύο σημεία, (*Βλέπε: μαθηματική διατύπωση 1.1, σελίδα 208, παράρτημα Ι*). Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την χωροθέτηση μιας μονάδας στο επίπεδο και αναφέρεται στην χωροθέτηση μονάδων για διάσωση ή πυρόσβεση, με εναέρια ή θαλάσσια μέσα.

(β) η *παραλληλογραμμική συνάρτηση ή Manhattan μετρικού συστήματος*, σύμφωνα με αυτήν η κίνηση περιορίζεται σε διευθύνσεις παράλληλες προς ένα σύστημα ορθογώνιων αξόνων αναφοράς (*Βλέπε: μαθηματική της διατύπωση 1.2,*

⁴⁴ ReVelle C.S., Eiselt H.A. «Location Analysis: A Synthesis and Survey», *European Journal of Operational Research* 165, p.p.: 1-19, 2005.

⁴⁵ Π.Α. Μητρόπουλος (2007), *Πολυκριτηριακή Ανάλυση στην λήψη Αποφάσεων για την χωροθέτηση εγκαταστάσεων και την κατανομή πόρων*, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, σελ. 15.

σελίδα 208, παράρτημα Ι). Η συγκεκριμένη συνάρτηση θεωρείται κατάλληλη, για την χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών σε αστικό περιβάλλον, όπου η κίνηση των οχημάτων γίνεται στα οικοδομικά τετράγωνα, που έχουν κυρίως ορθογώνια μορφή.⁴⁶ Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση των διακριτών ή ασυνεχών μοντέλων, στα οποία η απόσταση δεν εκφράζεται με μία ορισμένη συνάρτηση στο επίπεδο, αλλά η κίνηση περιορίζεται πάνω σε ένα δίκτυο, δηλαδή σε ένα περιορισμένο αριθμό εναλλακτικών θέσεων (σημείων) και εκφράζεται με έναν πίνακα $n \times n$, του οποίου το στοιχείο (i,j) είναι η τιμή της απόστασης μεταξύ των σημείων i και j . Οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται είναι: j πιθανή θέση κέντρου παροχής υπηρεσιών, i θέση χρήστη.

Για τα προβλήματα χωροθέτησης, που βασίζονται στις μεταφορές, το εν λόγω δίκτυο είναι το οδικό δίκτυο, για τις τηλεπικοινωνίες είναι το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο κ.ο.κ. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και τα περισσότερα πραγματικά προβλήματα χωροθέτησης, καθώς η επιλογή γίνεται μεταξύ συγκεκριμένων θέσεων εξαιτίας τεχνικών και φυσικών περιορισμών και εμποδίων στον χώρο. Τα προβλήματα αυτά αναζητούν **διακριτές λύσεις** σχετικά με τον προσδιορισμό των θέσεων, αλλά και τον καθορισμό της περιοχής ευθύνης, την οποία θα εξυπηρετούν οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις. Σε αυτή την περίπτωση η απόσταση μεταξύ δύο σημείων υπολογίζεται με **ακέραιο προγραμματισμό/ συνδυαστικής βελτιστοποίησης**, ως η μικρότερη δυνατή απόσταση αυτών των σημείων, ακολουθώντας τα «**τόξα**» του δικτύου.

Τα περισσότερα προβλήματα ανάλυσης της χωροθέτησης δεν μπορούν να επιλυθούν εύκολα και άμεσα με τη χρήση **μαθηματικού γραμμικού προγραμματισμού**, αφού πολλά από αυτά συμπεριλαμβάνουν δεδομένα σταθερού κόστους σχετικά με τις μονάδες. Εκτός του **ακέραιου προγραμματισμού**, έχουν προταθεί και άλλες μέθοδοι (**ευριστικές ή συγκεκριμένες**) για την επίλυση των προβλημάτων αυτών, όπως **γενετικοί αλγόριθμοι, συναρτήσεις Langrange** κ.ο.κ.

Σύμφωνα με τον Seppala, U, 1997 οι αλγόριθμοι για την επίλυση των προβλημάτων χωροθέτησης μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

⁴⁶ Αικ. - Μαρία Σατρατζέμη (1991), *Επίλυση Προβλημάτων Χωροθέτησης Κέντρων Παροχής Υπηρεσιών σε Δίκτυα*, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, σ.σ. 24

1. Στους αλγορίθμους βασισμένους στο *κέντρο βαρύτητας (center of gravity based models)*.
2. Στους αλγορίθμους που χρησιμοποιούν *γραμμικό προγραμματισμό (linear optimization based models)*, δηλαδή μετασχηματίζουμε τα στοιχεία σε μια κατάλληλη μορφή και ορίζουμε τις οριακές συνθήκες, ώστε ο γραμμικός προγραμματισμός να μας δώσει λύση.
3. Στους αλγορίθμους που βασίζονται σε *ευριστικές μεθόδους (heuristics)*, οι οποίες δεν στοχεύουν πάντα στην εύρεση της καλύτερης λύσης, αλλά στην εύρεση μίας επαρκούς (adequate) λύσης και χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που δεν είναι εφικτή η αναλυτική μέθοδος και
4. Στα *μοντέλα προσομοίωσης (simulation models)*.

Τα προβλήματα *χωροθέτησης και κατανομής* χρησιμοποιούν δύο τύπους πληροφοριών⁴⁷:

1. Ο πρώτος αναφέρεται σε μία ομάδα μαθηματικών κανόνων, οι οποίοι περιγράφουν τους συνολικούς αντικειμενικούς σκοπούς που πρέπει να επιτευχθούν με τη χωροθέτηση των μονάδων, καθώς και τη χωρική συμπεριφορά των πελατών του συστήματος. Αυτοί οι κανόνες εκφράζονται μέσα από την *αντικειμενική συνάρτηση (objective function)* και τον *κανόνα κατανομής (allocation rule)*.
2. Ο δεύτερος τύπος πληροφορίας αναφέρεται στη *γεωγραφική βάση δεδομένων* (η οποία περιλαμβάνει την κατανομή της ζήτησης, τη χωροθέτηση υφιστάμενων μονάδων, πιθανές τοποθεσίες, τους χρόνους μεταφοράς των πελατών από τις πιθανές τοποθεσίες κ.α.), που περιγράφει την περιοχή, στην οποία θα εφαρμοσθεί το μοντέλο.

Η θεωρητική και ιστορική απαρχή της επίλυσης των προβλημάτων *χωροθέτησης – κατανομών* στα πλαίσια της θεωρίας γραφημάτων είναι ο *αλγόριθμος Hakimi*⁴⁸, ο οποίος επιχείρησε να διατυπώσει και να λύσει τη χωροθέτηση κέντρων σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα, να τοποθετήσει αστυνομικούς σταθμούς σε ένα σύστημα αυτοκινητοδρόμων κοκ. Ο *αλγόριθμος Hakimi* υιοθετείται και στην μαθηματική διατύπωση των προβλημάτων P-Διαμέσου.

⁴⁷ Ghosh, A., McLafferty, S., Craig, C.S, (1995), «Multifacility Retail Networks», pp.: 301-330, in: Drezner, Z. (ed.). *Facility location: A survey of applications and methods*, Springer-Verlag.

⁴⁸ S.L. Hakimi 1964), «Optimum Location of Switching Centers and Absolute Centers and Medians of a Graph», *Operations Research*, 12, p.p.: 450-459.

Ως *Μέθοδοι επίλυσης των προβλημάτων των διαμέσων* έχουν προταθεί πολλοί τρόποι, άλλοι ακριβείς και άλλοι προσεγγιστικοί. Ορισμένοι αλγόριθμοι (ευριστικοί) είναι ο αλγόριθμος του Maranzana (1964), ο αλγόριθμος Teitz & Bart (1968), ο αλγόριθμος Rushton & Kohlel (1973), ο προσθετικός αλγόριθμος (για αρκετά προβλήματα χωροθέτησης – κατανομής, Kuehn & Hamburger 1963, Church & Reville 1974) και ο αλγόριθμος Hillsman – Rushton⁴⁹. Η σπουδαιότητα της θεωρίας των χωροθετήσεων που εκφράζεται μέσα από τα μοντέλα χωροθετήσεων – κατανομών, οδήγησε από την υιοθέτηση γενικών αλγόριθμων για την επίλυση τους, στην δημιουργία αλγόριθμων χωροθετήσεων – κατανομών. Οι Handler G. και Mirchandani P.B (1979), ταξινομούν τους τρόπους επίλυσης σε πέντε κατηγορίες⁵⁰:

1. **Απαρίθμηση:** Απαριθμούνται όλες οι δυνατές λύσεις για να βρεθεί η βέλτιστη. Με αυτό τον τρόπο λύνονται προβλήματα χωροθέτησης μιας μόνο υπηρεσίας ή μικρών δικτύων. Ένας τέτοιος τρόπος επίλυσης έχει προταθεί από τον Hakimi.
2. **Με την θεωρία των Γραφών:** Εκμεταλλεύεται την δομή του δικτύου για να προσδιορίσει τις θέσεις των p- Διαμέσων και είναι αρκετά αποτελεσματική, όταν το δίκτυο έχει την μορφή δέντρου.
3. **Ευριστική Μέθοδος:** Βασίζεται σε εμπνεύσεις του κάθε ερευνητή και δεν μπορεί να εγγυηθεί την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Είναι όμως πολύ χρήσιμη όταν ζητείται μια απλή καλή λύση και δεν απαιτείται η εύρεση της βέλτιστης.
4. **Μαθηματικού Προγραμματισμού:** Οι προσεγγίσεις αυτές βασίζονται στην κατάστρωση των προβλημάτων, ως προβλήματα ακέραιου προγραμματισμού και υπάρχουν πολλά υπολογιστικά προγράμματα που επιλύουν τέτοιου είδους προβλήματα.
5. **Δυϊδικού Μαθηματικού Προγραμματισμού:** Ομοίως και εδώ τα προβλήματα των διαμέσων καταστρώνονται ως προβλήματα ακέραιου προγραμματισμού, αλλά χρησιμοποιούνται δυϊδικές τεχνικές επίλυσης όπως η «χαλάρωση κατά Lagrange».

⁴⁹ Κουτσόπουλος Κ. (1990), *Γεωγραφία: Μεθοδολογία και μέθοδοι ανάλυσης χώρου*, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία, σ.σ. 448-451

⁵⁰ Γ.Χ. Μεγαλοκονόμος (1997), *Το Ανάστροφο Πρόβλημα των Διάκεντρων με Περιορισμούς Χωρητικότητας – Εφαρμογή στην χωροθέτηση των Κέντρων Υγείας*, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών, Πάτρα, σελ. 10.

Η κατηγορία προβλημάτων των **P-Διακέντρων**, που είναι κατάλληλα για τον σχεδιασμό της χωροθέτησης κέντρων παροχής υπηρεσιών «**επείγουσας βοήθειας**», όπως των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης, διατυπώθηκε και αναπτύχθηκε αρχικά από τον Hakimi, ο οποίος ανέπτυξε και τους ανάλογους αλγόριθμους. Εκτός από τους αλγόριθμους του Hakimi, για το πρόβλημα P-Διακέντρων έχουν αναπτυχθεί και άλλοι αλγόριθμοι. Το κοινό χαρακτηριστικό όλων αυτών των αλγορίθμων είναι ότι όλοι καταλήγουν στο να επιλύουν μια σειρά από προβλήματα συνόλου κάλυψης. Γνωστοί αλγόριθμοι είναι του Minieka⁵¹, Garfinkel-Neede-Rao⁵² και των Christofideles- Viola⁵³. Εκτός από το πρόβλημα P-Διακέντρων, αναπτύχθηκαν παραλλαγές του όπως το πρόβλημα των Διακέντρων κορυφής, το Συνεχές πρόβλημα P-Διακέντρων, τα πλήρη προβλήματα P-Διακέντρων, για τα οποία αναπτύχθηκαν διάφοροι μαθηματικοί μέθοδοι διατύπωσης και επίλυσης τους. Η μελέτη και η μεθοδολογία επίλυσης των προβλημάτων των P- Διακέντρων, είναι εξαρτώμενη σε μεγάλο βαθμό από την δομή του δικτύου. Αν το δίκτυο είναι χωρίς κύκλους (μορφή δέντρου), έχει ορισμένες ιδιότητες οι οποίες καθιστούν ευκολότερη την επίλυση αυτών των προβλημάτων⁵⁴. Επιπλέον αναπτύχθηκαν αλγόριθμοι και θεωρήματα, για την επίλυση χωροθετικών προβλημάτων P- Διακέντρων, πολλών υπηρεσιών σε δίκτυα-δέντρα όσο και σε πλήρη δίκτυα.⁵⁵ Για την εύρεση των θέσεων πολλών υπηρεσιών, έχουν προταθεί διάφορες αλγοριθμικές λύσεις από πολλούς θεωρητικούς.⁵⁶

Οι μέθοδοι επίλυσης του **πολυκριτηριακού προβλήματος χωροθέτησης** των πολλαπλών στόχων ποικίλλουν από τον **παραδοσιακό προγραμματισμό βελτιστοποίησης**, τον **προγραμματισμό MINLP (μικτός μη γραμμικός προγραμματισμός ακέραιων αριθμών)** (Badri et Al, 1998 Cheungal., 2001 Diwekar, 2003), μέχρι τις **εξελικτικές τεχνικές**

⁵¹ Minieka E. «The M-Center Problem». *SIAM Review*, Vol.12, No 1, p.p.: 138-139, 1970., και Love R., Morris J., Wesolowsky G. «Facilities Locations Models and Methods», *North Holland*, 1998.

⁵² Garfinkel R.S., Neebe A.W., Rao M.R. «The M-Center Problem: Minimax Facility Location», *Management Science*, Vol. 23, No 10, 1133-1142, 1977. και Barbaros C., Tansel B., Francis R., Lowe T. «Location on Networks: A Survey. Part I: The P-Center and P-Median Problems», *Management Science*, 29, 482- 497, 1983.

⁵³ Christofides N., Viola P. «The Optimum Location of Multi-Centers on a Graph», *Operational Research Quarterly*, Vol. 22, No 2, 145-154, 1971.

⁵⁴ Γ.Χ. Μεγαλοκονόμος (1997), *Το Ανάστροφο Πρόβλημα των Διάκεντρων με Περιορισμούς Χωρητικότητας – Εφαρμογή στην χωροθέτηση των Κέντρων Υγείας*, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών, Πάτρα, σελ. 14

⁵⁵ Shier D.R (1977) & Kariv. O and Hakimi S.L. (1979).

⁵⁶ Σχετικά με το θέμα έχουν προταθεί μέθοδοι από τους: Minieka E. (1970), Handler G.Y and Mirchandani P.B. Για τα προβλήματα επικάλυψης συνόλου αναφέρθηκαν οι Garfinkel R.S και Nemhauser G.L (1972), Christofidis N. και Korman S. (1975), Balas E. (1980) κ.α.

υπολογισμού όπως οι γενετικοί αλγόριθμοι (GA) (Tzeng Chen, 1999, Cheung et Al, 2001 Salhi και Gamal, 2003). Επίσης **μη γραμμικά** είναι τα περισσότερα **Πιθανοθεωρητικά προβλήματα** των οποίων σκοπός είναι να τοποθετήσουν κέντρα παροχής υπηρεσιών προκειμένου το κόστος αναμονής των πελατών να αποτελεί το κόστος εξυπηρέτησης στο μοντέλο.⁵⁷

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν καταγραφεί οι αδυναμίες των παραδοσιακών μεθόδων επίλυσης των προβλημάτων χωροθέτησης – κατανομής, ιδιαίτερα όσον αφορά στην αρχική λύση του αλγορίθμου, στην επιλογή της αντικειμενικής συνάρτησης αλλά και στη διαχείριση της αβεβαιότητας. Αυτό οδήγησε την δεκαετία του 1990 στην χρήση νέων αλγορίθμων που ονομάστηκαν **μεταεвриστικοί** και βασίζονται κυρίως σε **τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης**.⁵⁸ Εφαρμογές μοντέλων που χρησιμοποιούν μετά – ευριστικούς αλγόριθμους και βασίζονται στις τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης αναφέρονται από τους Guerrero et all (1998)⁵⁹ για το πρόβλημα χωροθέτησης κατανομής στο συνεχή χώρο και από τους Wilson et all (2001)⁶⁰ οι οποίοι χρησιμοποίησαν έμπειρα συστήματα για τον προσδιορισμό περιοχών υψηλής εγκληματικότητας. Το 1996 οι Houck et all⁶¹, ανέπτυξαν ένα γενετικό αλγόριθμο για το πρόβλημα Weber ενώ το 1997 οι Gen et all⁶² πρότειναν μια μεθοδολογία που χρησιμοποίησε στοιχεία από τους γενετικούς αλγορίθμους για την αντιμετώπιση των περιορισμών χωρητικότητας.⁶³ Την τελευταία δεκαετία είναι σαφές για τους θεωρητικούς της χωροθέτησης ότι η ανάπτυξη μοντέλων με λύσεις τις ευριστικές και μετά - ευριστικές μεθόδους, αποτελούν την σωστή προσέγγιση σε σχέση με τις κλασσικές λύσεις.

⁵⁷ V. Marianov, C.S. ReVelle, «Sitting Emergency Services. Facility Location: A Survey of Applications and Methods», *Zvi Drezner*.

⁵⁸ Σύμφωνα με τον Simon Haykin (1994) τεχνητή νοημοσύνη είναι : “ο κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών, ο οποίος ασχολείται με την μελέτη και δημιουργία υπολογιστικών συστημάτων τα οποία περιέχουν κάποιου είδους νοημοσύνη ή ευφυΐα (...) συντίθεται από ένα σύνολο τεσσάρων ξεχωριστών τεχνολογιών : τα έμπειρα συστήματα (expert systems), την λογική της ασάφειας (fuzzy logic), τα νευρωνικά δίκτυα (neural networks) και τους γενετικούς αλγορίθμους (genetic algorithms).

⁵⁹ Guerrero F., Lozano S., Onieva L., Larraneta J., 1998, «Kohonen maps for solving a class of location allocation problems», *European Journal of Operational Research*, 108, pp.106-117.

⁶⁰ Wilson D., Corcoran J., Lewis M., 2001, «Data clustering and rule abduction to facilitate crime hot spot prediction», *Fuzzy Days 2001, LNCS 2006*, Springer Verlag, pp. 807-821

⁶¹ Houck R., Joines A., Kay G, 1996, «Comparison of genetic algorithms, random restart and two opt-switching for solving large location allocation problems», *Computers and Operations Research*, 23, pp. 587-596.

⁶² Gen M., Zhou G., Min H., 2002, «The balanced allocation of customers to multiple distribution centers in the supply chain network: a genetic algorithm approach», *Computers Ind. Engng* 43, pp. 251-261. Elsevier Science Ltd

⁶³ Γ. Γραϊκούσης, Γ. Ν. Φώτης, «Χωροθέτηση πυροσβεστικών οχημάτων με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και μεθόδων Τεχνητής Νοημοσύνης», *Τεχνικά Χρονικά*, Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, ΙΙ, τεύχ. 1-2 2005, *Tech. Chron. Sci. J. TCG*, ΙΙ, No 1-2, σελ. 49-50

Στον πίνακα 1.1, παρουσιάζονται τις σημαντικότερες τεχνικές επίλυσης των γενικών μοντέλων χωροθέτησης, οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε τρεις μεγάλες ομάδες.

Πίνακας 1.1		
Τεχνικές επίλυσης υποδειγμάτων - προβλημάτων χωροθέτησης		
Exact Solution Techniques (Τεχνικές Ακριβούς Λύσης)	Heuristic Solution Techniques (Ευριστικές Τεχνικές Λύσης)	Techniques for Evaluation of Heuristics (Τεχνικές Αξιολόγησης των Ευριστικών Μεθόδων)
1. Analytical Solution/Optimality Result* (Αναλυτική Λύση/Βέλτιστο Αποτέλεσμα)* 2. Integer Programming/Branch and Bound (Ακέραιος Προγραμματισμός/Μέθοδος Κλάδου και Φράγματος) 3. Dynamic Programming/Backtrack Programming (Δυναμικός Προγραμματισμός/Προγραμματισμός Οπισθοδρόμησης) 4. Convex Programming (Κυρτός Προγραμματισμός) Other (Άλλο)	1. Exchange Heuristics (Ευριστικές Μέθοδοι Ανταλλαγής) 2. Greedy ("Add") Heuristics Απληστη ("Προσθετική") Ευριστική Μέθοδος 3. Drop Heuristics (Ευριστική Μέθοδος Κατάρριψης) 4. Sequential Location and Allocation (Ακολουθιακή Χωροθέτηση και Καταμερισμός) 5. Solution of an Approximate Problem (Λύση Προσεγγιστικού Προβλήματος) 6. Solution of a Relaxed Problem (Λύση Προβλήματος με Χαλάρωση) 7. Solution of a Restricted Problem (Λύση Προβλήματος με Περιορισμούς) Other (Άλλο)	1. Bound on Optimal Solution (Φράγμα Βέλτιστης Λύσης) 2. Worst Case Analysis (Ανάλυση Χείριστης Περίπτωσης) 3. Probabilistic Analysis (Πιθανοθεωρητική ανάλυση) 4. Statistical Estimation (Στατιστική εκτίμηση) 5. Stopping Rule (Κανόνες Στάσης)

* Μπορεί να συνδυάζεται με αριθμητικές μεθόδους αναζήτησης.

Πηγή: *Optimal Location of Public Facilities*, Naval Research Logistics Quarterly, 19, p.p. 665
(επεξεργασία και μετάφραση του συγγραφέα)

1.6 Η προσομοίωση στην επιστήμη της χωροθέτησης

1.6.1 Οριοθέτηση και αναδρομή

Προσομοίωση (simulation) είναι η μίμηση της λειτουργίας συστημάτων ή διαδικασιών μέσα στο χρόνο, συνήθως με την βοήθεια υπολογιστή. Θεωρητικά η προσομοίωση θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί και χωρίς την χρήση υπολογιστή. Ο υπολογιστής χρησιμοποιείται προκειμένου να επιλύσει σε μικρό χρονικό διάστημα τα προβλήματα τα οποία συνήθως χρειάζονται άμεσα επίλυση.⁶⁴ Οι μέθοδοι προσομοίωσης έχουν αναπτυχθεί από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 και αποτελούν ένα από τα πιο χρήσιμα και ευρέως χρησιμοποιούμενα αναλυτικά

⁶⁴ Pidd, M. (1998), *Computer simulation in Management Science*, Wiley

εργαλεία της διοικητικής επιστήμης. Οι βασικές αρχές της προσομοίωσης αναφέρονται συνοπτικά ως εξής (Pidd, M., 1998):

1. Ο αναλυτής χτίζει ένα μοντέλο του συστήματος που τον ενδιαφέρει,
2. Συνθέτει ένα πρόγραμμα στον υπολογιστή, στο οποίο ενσωματώνεται το μοντέλο,
3. Χρησιμοποιεί τον υπολογιστή προκειμένου να μιμηθεί τη συμπεριφορά του συστήματος, όταν αυτό υπόκειται σε μία πληθώρα λειτουργικών σεναρίων (operating policies) και κατόπιν επιλέγεται η πιο επιθυμητή πολιτική.

Έτσι, η προσομοίωση χρησιμοποιείται σαν εργαλείο για πειραματισμό (experimentation) σε ένα μοντέλο βασισμένο σε υπολογιστή (computer-based), προκειμένου να παρουσιασθούν οι επιδράσεις διαφόρων σεναρίων. Τα σενάρια εκείνα που παράγουν τα καλύτερα αποτελέσματα στο μοντέλο, μπορούν να εφαρμοσθούν στο πραγματικό σύστημα (real system)⁶⁵.

1.6.2 Οι κατηγορίες της προσομοίωσης

Τα μοντέλα προσομοίωσης μπορούν να διακριθούν σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με (α) την φύση του συστήματος που θα προσομοιωθεί, (β) την διαχρονική εξέλιξή του, και (γ) τον τρόπο διαχείρισης του χρόνου.

Η βασική ιδέα στα μοντέλα προσομοίωσης είναι ότι οι αλλαγές στην κατάσταση του συστήματος μοντελοποιούνται μέσα στο χρόνο. Ανάλογα με τον τρόπο που διαχειρίζονται το χρόνο, τα μοντέλα προσομοίωσης διακρίνονται σε (α) **μοντέλα time-slicing** και (β) **μοντέλα τεχνικών επόμενου γεγονότος (next-event)**.

Τα μοντέλα που χρησιμοποιούν την τεχνική **time-slicing** βασίζονται στην λογική ότι ο πιο απλός τρόπος να ελεγχθεί η ροή του χρόνου είναι το μοντέλο να εξετάζεται και να εκσυγχρονίζεται σε ίσα χρονικά διαστήματα..⁶⁶ Τα μοντέλα που χρησιμοποιούν τεχνικές **επόμενου γεγονότος (next-event)** εξετάζονται και εκσυγχρονίζονται όταν είναι γνωστό ότι πρόκειται να συμβεί μία αλλαγή σε μία κατάσταση. Οι αλλαγές στις καταστάσεις ονομάζονται γεγονότα. Σε γενικές γραμμές θεωρείται ως προτιμότερη η τεχνική του επόμενου γεγονότος, γιατί

⁶⁵ Χ. Κωστάκη (2007), *Μέθοδοι εισαγωγής και επίδραση των νέων τεχνολογιών και της πληροφορικής σε μονάδες υγείας*, Δ.Δ, Πανεπιστήμιο Πάτρας, σελ. 100.

⁶⁶ Π. χ. για ένα μήκος χρόνου dt , το μοντέλο εκσυγχρονίζεται στο χρόνο $(t + dt)$ για αλλαγές που συμβαίνουν στο διάστημα από t έως dt .

παρόλο ότι μερικά συστήματα εξετάζονται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα στην πραγματικότητα, οι τεχνικές επόμενου γεγονότος, μπορεί να λειτουργήσουν ως time - slicing, ενώ το αντίθετο δεν είναι δυνατό να συμβεί.⁶⁷

Ανάλογα με το εάν η συμπεριφορά ενός συστήματος μπορεί να προβλεφθεί ή όχι, τα μοντέλα προσομοίωσης μπορεί να διακριθούν σε **στοχαστικά (stochastic)** και **αιτιοκρατικά (deterministic)**. Επίσης διακρίνονται σε **στατικά και δυναμικά**, ανάλογα με το εάν παρουσιάζουν διαχρονική εξέλιξη, δηλαδή εάν η συμπεριφορά τους είναι συνάρτηση του χρόνου. Στατικά είναι τα συστήματα που δεν εμφανίζουν εξέλιξη με την πάροδο του χρόνου, δηλαδή η συμπεριφορά τους δεν μεταβάλλεται. Σκοπός των δυναμικών συστημάτων (system dynamics) είναι η διερεύνηση της εξέλιξής τους λόγω της ανάδρασης (επαναπληροφόρησης) σχετικά με τη σταθερότητά τους και την αντίδρασή τους σε εξωτερικούς παράγοντες.⁶⁸ Τα δυναμικά συστήματα εμπεριέχουν μία επιπλέον διαφορετική προσέγγιση μοντελοποίησης, όπως διακρίνεται παρακάτω. Τα συστήματα που εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου, δηλαδή τα δυναμικά, μπορούν να διακριθούν, ανάλογα με το πότε μεταβάλλεται ή όχι μία κατάσταση:

Στα **συστήματα διακριτού χρόνου (discrete-time)** όπου η κατάσταση μεταβάλλεται σταδιακά σε διακριτές χρονικές στιγμές t1, t2, t3 και στα **συστήματα συνεχούς χρόνου (continuous-time)** όπου η κατάσταση είναι συνεχής συνάρτηση του χρόνου, δηλαδή η συμπεριφορά τους διαχρονικά περιγράφεται από διαφορικές εξισώσεις, το οποίο σημαίνει ότι οι τιμές των μεταβλητών μπορούν να υπολογίζονται σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή.⁶⁹ Παρ' όλα αυτά, στην πράξη δεν συμβαίνει συχνά ένα σύστημα να είναι μόνο είτε διακριτού χρόνου, είτε συνεχούς. Τα πραγματικά συστήματα είναι και συνεχούς και διακριτού χρόνου. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται **υβριδικά (hybrid)**. Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν αναπτυχθεί πολλά συστήματα προσομοίωσης, προκειμένου να επιτρέπεται στον χρήστη να προγραμματίζει οποιοδήποτε μοντέλο χρόνου (διακριτό, συνεχές, υβριδικό).⁷⁰

⁶⁷ Χ. Κωστάκη (2007), *Μέθοδοι εισαγωγής και επίδραση των νέων τεχνολογιών και της πληροφορικής σε μονάδες υγείας*, Δ.Δ, Πανεπιστήμιο Πάτρας, σελ. 101.

⁶⁸ Οπ. σελ. 102.

⁶⁹ Σχετική αναφορά έγινε από τον Pidd, M. (1998), *Computer simulation in Management Science*, Wiley.

⁷⁰ Σχετική αναφορά γίνεται από τους Winter Krahl, D. (1996), «Modelling with 'Extend'» *Proc. of the 1996 Winter Simulation Conference*, pp.: 188-195 και Pritsker, A.A.B and O' Reilly, J.J. (1996), «Awesim: the integrated simulation system.», *Proc. of the Simulation Conference*, pp.: 249-256.

1.6.3 Γενικές διαπιστώσεις σχετικά με την προσομοίωση

Τα μοντέλα προσομοίωσης προσαρμόζονται τόσο στη δομή του συστήματος, όσο και στα διαθέσιμα δεδομένα του συστήματος. Σε αντίθεση με τις μαθηματικές αναλυτικές μεθόδους, τα μοντέλα προσομοίωσης δίνουν έμφαση στην άμεση αναπαράσταση του συστήματος και της λογικής του, αντί να ταιριάζουν το σύστημα σε μία αυστηρά μαθηματική μορφή. Η προσομοίωση υποστηρίζει τον πειραματισμό (experimentation) με το μοντέλο με σχετικά χαμηλό κόστος και με μικρό ρίσκο. Έτσι, μπορούν να εξετασθούν εναλλακτικές λύσεις, χωρίς να παρακωλύονται ή να διακινδυνεύονται οι λειτουργίες ενός πραγματικού συστήματος. Σχετικά με τα θέματα παραλλαγής (variation), ένα σύστημα δεν παρουσιάζεται ποτέ με τον ίδιο τρόπο ακριβώς. Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν, η προσομοίωση μπορεί να αντιπροσωπεύει τις παραλλαγές αυτές χρησιμοποιώντας τη διακύμανση (variance) στατιστικών κατανομών που χρησιμοποιούνται σαν είσοδοι στο σύστημα. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης προσαρμόζονται στις ειδικές απαιτήσεις του συστήματος για πληροφόρηση. Έτσι, ο αναλυτής μπορεί να ορίσει και να υπολογίσει οποιαδήποτε μεταβλητή ή μέγεθος θέλει, ενώ το μοντέλο θα παράγει αποτελέσματα, τα οποία τον πληροφορούν για μία καλύτερη κατανόηση του συστήματος.⁷¹

⁷¹ Χ. Κωστάκη (2007), *Μέθοδοι εισαγωγής και επίδραση των νέων τεχνολογιών και της πληροφορικής σε μονάδες υγείας*, Δ.Δ, Πανεπιστήμιο Πάτρας,, σ.σ. 108-109

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΕΚΤΑΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ

2.1 Οι υπηρεσίες εκτάκτων αναγκών με αναφορά στις υπηρεσίες Πυρόσβεσης Διάσωσης

2.1.1 Εννοιολογικό πλαίσιο

Ως «υπηρεσία έκτακτης ανάγκης», ορίζεται η υπηρεσία της οποίας η εν λόγω ιδιότητα αναγνωρίζεται από το κράτος μέλος και η οποία παρέχει άμεση και ταχεία στήριξη ιδίως σε καταστάσεις όπου διακυβεύονται ζωές ή η φυσική ακεραιότητα ατόμων ή όπου κινδυνεύουν η δημόσια υγεία, η ασφάλεια, τα ιδιωτικά ή δημόσια περιουσιακά στοιχεία, ή το περιβάλλον, χωρίς τα προαναφερόμενα να έχουν περιοριστικό χαρακτήρα.⁷² Σύμφωνα με ανωτέρω τον ορισμό, κάθε κράτος ορίζει νομοθετικά τις κατηγορίες των υπηρεσιών που θεωρεί ως υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης καθώς και το εύρος των αρμοδιοτήτων τους. Στις από κοινού αποδεκτές υπηρεσίες ως εκτάκτου ανάγκης συγκαταλέγονται οι υπηρεσίες Πυρόσβεσης – Διάσωσης, οι υπηρεσίες υγείας και οι υπηρεσίες διασφάλισης της τάξης.

2.1.2 Η αποστολή και ο ρόλος των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης

Στα πλαίσια των αρμοδιοτήτων τους σήμερα, συμβάλλουν διεθνώς στην εξασφάλιση της πολιτικής προστασίας και της πολιτικής άμυνας μιας χώρας. Η αποστολή τους εκτείνεται στην ασφάλεια και την προστασία της ζωής και της περιουσίας των πολιτών και του κράτους, του δασικού πλούτου και του φυσικού περιβάλλοντος από τους κινδύνους των πυρκαγιών, των θεομηνιών και άλλων καταστροφών. Έχουν την ευθύνη και τον επιχειρησιακό σχεδιασμό της καταστολής των πάσης φύσεως πυρκαγιών και την παροχή κάθε είδους δυνατής

⁷² Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας αριθ. L 189 της 29/07/2003 σ. 0049 – 0051.



Εικ.2.1.Πηγή:

<http://www.esri.com>.

συνδρομής για τη διάσωση των ατόμων και υλικών αγαθών, που απειλούνται από αυτές.

Ως «*επιχειρησιακός σχεδιασμός της καταστολής*», νοείται η οργάνωση, η διαχείριση και ο συντονισμός όλων των εμπλεκόμενων δυνάμεων πυρόσβεσης και διάσωσης, του εξοπλισμού και των άλλων μέσων και περιλαμβάνει ενέργειες που εξασφαλίζουν τον έγκαιρο εντοπισμό, αναγγελία και επέμβαση, ώστε να επιτυγχάνεται η άμεση και αποτελεσματική αντιμετώπιση των πυρκαγιών και των κινδύνων που απορρέουν από αυτές.

2.1.3 Γενικά χαρακτηριστικά και τρόπος λειτουργίας τους

Τα χαρακτηριστικά τους και ο τρόπος οργάνωσης και λειτουργίας τους είναι άμεσα συνδεδεμένα με τον ρόλο και την αποστολή τους. Στα πλαίσια της παγκοσμιοποίησης, η διεθνοποίηση των αρχών λειτουργίας των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης είναι πλέον εμφανείς σε κάθε κράτος και ιδιαίτερα στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Κύριο μέλημα των κυβερνητικών και υπηρεσιακών παραγόντων αποτελεί η βελτιστοποίηση των παρεχόμενων προς το κοινωνικό σύνολο, υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες αυτές είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με το πολυτιμότερο αγαθό που είναι η ανθρώπινη ζωή αλλά και η προστασία της ατομικής και δημόσιας περιουσίας, ήτοι η ελαχιστοποίηση της αποκαλούμενης «*κοινωνικής ζημιάς*».

Το πρώτο και βασικότερο στάδιο της οργάνωσης και υποδομής των υπηρεσιών πυρόσβεσης - διάσωσης, είναι συνυφασμένο με τον τομέα της μελέτης και της κατασκευής ενός άρτιου πυροσβεστικού σταθμού⁷³, ο οποίος αποτελεί τον πυρήνα για την οκτάωρη ή εικοσιτετράωρη «φιλοξενία» του πυροσβεστικού προσωπικού αλλά και το εφελκυστικό επιτυχημένων πυροσβεστικών και διασωστικών επιχειρήσεων. Διεθνώς, ένας πυροσβεστικός σταθμός θεωρείται ως ο χώρος, μιας κατασκευής - επένδυσης, που πρέπει να παρέχει στο προσωπικό του όλες τις υποδομές για διδασκαλία, εκπαίδευση, ψυχαγωγία, κατάκλιση, ενδιαίτηση κ.ο.κ. Η επιτυχία του πριν ακόμα αυτός κατασκευασθεί, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την σωστή χωροθέτηση του, δηλαδή τον προσδιορισμό των γεωγραφικών - χωρικών σημείων όπου θα βελτιστοποιούνται αντικειμενικοί επιχειρησιακοί και μη παράμετροι, που έχει θέσει η ίδια η Υπηρεσία.

2.1.4 Η αναγκαιότητα και τα κριτήρια χωροθέτησης τους

Η καταστροφή από μία πυρκαγιά ή από ένα ατύχημα (βιομηχανικό, τεχνολογικό) προκαλεί μεγάλη απώλεια κοινωνικού πλούτου και ενδεχομένως και ανθρώπινου κεφαλαίου, για αυτό το λόγο και ο σχεδιασμός ενός πυροσβεστικού σταθμού είναι σημαντικός για την ασφάλεια και ευημερία μιας πόλης.

Κατά την διάρκεια ενός συμβάντος, αυτό το οποίο σκέφτεται ο ευρισκόμενος σε κίνδυνο είναι ένα απλό ερώτημα: *«Σε πόση ώρα θα φθάσει η πυροσβεστική έξοδος, στον τόπο του συμβάντος ;»* και ταυτόχρονα ο υπηρεσιακός παράγοντας *«με ποιους τρόπους θα φθάσω γρηγορότερα στο συμβάν;»*. Συνεπώς, πρακτικά, και χωρίς την υιοθέτηση κριτηρίων από την επιστήμη της «χωροθέτησης κέντρων παροχής υπηρεσιών», δύο είναι οι πρώτοι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την χωροθέτηση ενός Πυροσβεστικού Σταθμού, **η απόσταση και ο χρόνος ταξιδιού** από το συμβάν. Ο χρόνος ταξιδιού αναφέρεται σε ένα χρονικό εύρος ώρας T , τέτοιο ώστε εάν το πρώτο όχημα φθάσει στο συμβάν μέσα σε χρόνο $\leq T$ η υπηρεσία κλήσης κρίνεται με επιτυχία. Η ειδική τιμή T μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο της κλήσης καθώς πιο σημαντικές κλήσεις έχουν χαμηλότερες τιμές T . Η απόσταση μπορεί να αφορά μια περιοχή χωρισμένη σε γεωγραφικές ζώνες. Αυτές οι ζώνες μπορεί να έχουν οποιοδήποτε σχήμα αλλά

⁷³ Εφεξής θα αναφέρουμε τις υπηρεσίες πυρόσβεσης - διάσωσης ως πυροσβεστικούς σταθμούς.

όλες οι κλήσεις από μία ζώνη προέρχονται από τον πληθυσμό της. Όλη η διαδρομή από και προς την ζώνη μετρίεται από το σημείο του κέντρου ζώνης. Τα στοιχεία συλλέγονται και συγκεντρώνονται σε επίπεδο ζώνης. Όμως το μέγεθος, οι ιδιαιτερότητες, οι δυσκολίες και οι απαιτήσεις των πόλεων σήμερα κάνουν το πρόβλημα της αποτελεσματικότητας του συστήματος και άρα της χωροθέτησης των υπηρεσιών έκτακτων αναγκών πολυπλοκότερο. Το σύστημα διαχείρισης ενός έκτακτου περιστατικού πρέπει να βασίζεται στο τετράπτυχο: εισροή και αξιολόγηση της σημαντικότητας της επείγουσας κλήσης στην υπηρεσία (διαχειριστή), στην αξιολόγηση της κατάστασης των μονάδων του συστήματος (διαθεσιμότητα, χρόνος απόκρισης κλπ) και στον προσδιορισμό των μονάδων επέμβασης, στην παροχή της υπηρεσίας πυρόσβεσης ή διάσωσης από τις μονάδες και στην αποδέσμευση και επιστροφή των μονάδων στην βάση τους. Αυτό το επιχειρησιακό πλαίσιο γίνεται αποτελεσματικότερο εφόσον εκ' των προτέρων υπάρχει ο απαιτούμενος στρατηγικός σχεδιασμός: χωροθέτησης – κατανομής – αποστολής – διαχείρισης – αξιολόγησης των μονάδων (πυροσβεστικών σταθμών, πυροσβεστικών οχημάτων) για την αντιμετώπιση έως κάποιας κλίμακας περιστατικών εκτάκτων αναγκών. Έτσι ο διαχειριστής μπορεί να διαχειριστεί αποτελεσματικά μέσω της προδιαγραφόμενης ή πρότυπης στρατηγικής ένα συμβάν, ενώ σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση υπεισέρχεται η υποκειμενική αξιολόγηση του για την αντιμετώπιση μιας έκτακτης κατάστασης.⁷⁴

Οι πυροσβεστικοί σταθμοί, ως σημαντικός κρίκος του συστήματος διαχείρισης, πρέπει να χωροθετούνται και να κατασκευάζονται, με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η πλέον αποτελεσματικότερη (χρονικά, κοστολογικά, επιχειρησιακά κ.λπ) και ασφαλέστερη προσέγγιση ενός συμβάντος. Καθώς δε αποτελούν και σημαντικές δημόσιες επενδύσεις, με μεγάλα κόστη κατασκευής ή/και συντήρησης, θα πρέπει η χωροθέτησή τους να προβλέπει την διαρκή επάρκεια των υπηρεσιών τους. Όσο και να επεκτείνεται ο αστικός ιστός (χωρική μεταβολή) και να μεγαλώνουν οι επιχειρησιακές ανάγκες (αύξηση «πελατών») οι σταθμοί θα πρέπει

⁷⁴ Σύμφωνα με την American Planning Association (APA) ο σχεδιασμός ασφάλειας – προστασίας πρέπει να προσεγγίζεται (και/η να δομείται) ως προέκταση του κανονικού σχεδιασμού. Ενισχύεται έτσι η ευελιξία του όλου συστήματος απόκρισης και δράσης και βελτιστοποιείται η χρήση των υποδομών, μέσων και ανθρώπινου δυναμικού χωρικά και χρονικά. Από πηγή: Π. Μ. Δελλαδέτσιμας (2009), Οι Ασφαλείς Πόλεις εκδόσεις Εξάντας, Αθήνα, κεφάλαιο 4, σελ. 136.

να καλύπτουν μεγάλο μέρος αυτών των απαιτήσεων. Σε αντίθετη περίπτωση, θα πρέπει να τίθεται θέμα μετακίνησης τους ή κατασκευής νέων σταθμών. Οι τοποθεσίες για την χωροθέτηση ενός σταθμού, χαρακτηρίζονται «καλές» ή «όχι καλές», από πολλούς παράγοντες αλλά και ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει η ευρύτερη περιοχή «υποδοχής».

Κυρίως ορισμένα πρότυπα (πχ. χρόνου, απόστασης) πρέπει να συνυπολογίζονται για την χωροθέτηση ενός πυροσβεστικού σταθμού όπως και άλλα κριτήρια και περιορισμοί όπως π.χ.: α) κοστολογικά: η ελαχιστοποίηση του κόστους που περιλαμβάνει τις εργατοώρες που χρειάζεται το ανθρώπινο δυναμικό, το κόστος αγορά γης, της κατασκευής και συντήρησης του πυροσβεστικού σταθμού, τον αριθμό των οχημάτων που θα πρέπει να αγορασθούν, να συντηρηθούν και να επισκευασθούν, β) Κοινωνικά: Η μεγιστοποίηση της δίκαιης κατανομής εργασίας, αφού είναι σημαντικό για τον συντονιστή του συστήματος να ισορροπήσει τον φόρτο εργασίας για όλους τους εργαζόμενους στο σύστημα, αυξάνοντας έτσι την αποδοτικότητα του συστήματος. Η επίτευξη κοινωνικής δικαιοσύνης στους αποδέκτες της υπηρεσίας⁷⁵, γ) χωροταξικά – γεωγραφικά: Μόνιμα και έκτακτα εμπόδια κατά την διάρκεια του ταξιδιού της πυροσβεστικής εξόδου (πχ. σιδηροδρομικά δρομολόγια, τραμ, φανάρια κυκλοφορίας, μποτιλιάρισμα δρόμων σε συγκεκριμένες ώρες κλπ), αρνητικές ή θετικές επιπτώσεις σε περιοχές και χώρους⁷⁶ που γειτνιάζουν με τον πυροσβεστικό σταθμό (π.χ. η ύπαρξη σχολείων, παιδικών σταθμών, αθλητικών χώρων, γηροκομείων, νοσοκομείων κλπ), εγγύτητα σε δημοτικές υπηρεσίες και επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας.

Τα ανωτέρω καθώς και άλλοι πολλοί παράγοντες καθιστούν απαραίτητη την υιοθέτηση μεθόδων και τεχνικών, που χρησιμοποιούνται από την «επιστήμη» της χωροθέτησης, για την ανεύρεση και ανάλυση χωροθετικών μοντέλων, με παράλληλη αναφορά σε θέματα χωρικής αλληλεπίδρασης.

⁷⁵ Οι Marsh, M., and Schilling, D., 1994, «Equity Measurement in Facility Location Analysis: A Review and Framework», *European Journal of Operational Research*, vol. 74-1, pp. 1-17, ανατρέχουν σε μία ευρεία επισκόπηση των ζητημάτων της δίκαιης κάλυψης στα συστήματα επείγουσας ανάγκης.

⁷⁶ Σχετική αναφορά γίνεται από τους Eiselt & Laporte, (1995) οι οποίοι χαρακτηρίζουν την χωροθέτηση εγκαταστάσεων, ανάλογα με την ιδιότητα τους, ως : επιθυμητές, ανεπιθύμητες, μερικώς επιθυμητές, αδιάφορες.

2.2 Η θεωρητική διαδρομή και εξέλιξη της μεθοδολογίας ανάλυσης χωροθέτησης των Πυροσβεστικών Σταθμών (Π.Σ)

Η επιλογή της μεθοδολογίας που εφαρμόζεται στην χωροθέτηση μονάδων έκτακτης ανάγκης έχει μία μεγάλη ιστορία στον τομέα της έρευνας για την επιστήμη της χωροθέτησης, με πρωταρχικό στόχο τη δημιουργία της όσο το δυνατόν καλύτερης βάσης χωροθέτησης για τους πυροσβεστικούς σταθμούς ή τα πυροσβεστικά οχήματα, έτσι ώστε το επίπεδο παροχής της υπηρεσίας πυρόσβεσης-διάσωσης να βελτιστοποιείται συνεχώς.

Μία πρώτη υπόθεση εργασίας θεωρεί ότι κάθε πυροσβεστικό όχημα περιμένει στη βάση του, μέχρι να κληθεί σε αποστολή από το κέντρο της υπηρεσίας. Μετά την ολοκλήρωση της εντεταλμένης υπηρεσίας το πυροσβεστικό όχημα επιστρέφει στη βάση του αναμένοντας την επόμενη κλήση. Κύριο στόχο των πυροσβεστικών σταθμών, αποτελεί η ικανότητα χειρισμού των συμβάντων πυρκαγιάς, καθώς και άλλων περιστατικών έκτακτων αναγκών (σε παράλληλους ή μη χρόνους), με κυρίαρχο το κριτήριο της ταχύτητας άφιξης της βοήθειας.⁷⁷ Η εξέλιξη των προβλημάτων – μοντέλων χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών και περιπολικών - πυροσβεστικών οχημάτων, επικεντρώθηκε στην λύση δυο επιπλέον γενικών προβλημάτων - στόχων. Ο ένας αφορά την *διαθεσιμότητα*, που πρέπει αυτοί να έχουν όταν δέχονται μια κλήση και ο άλλος στο ότι η *συμφόρηση* (ταυτόχρονη ζήτηση για βοήθεια) συμβάντων συχνά μπορεί να κάνει τις υπηρεσίες μη διαθέσιμες. Υπάγοντας τα ανωτέρω προβλήματα σε ένα γενικότερο πλαίσιο προβληματισμού, προκύπτει το ακόλουθο ερώτημα: ***Τελικά μπορούν να διατίθενται οι πόροι των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης με έναν λογικό και συνάμα αποτελεσματικό τρόπο;***

Απαντήσεις στο ανωτέρω ερώτημα κλήθηκαν να δώσουν οι θεωρητικοί της χωροθέτησης με τις εφαρμογές των μοντέλων ανάλυσης χωροθέτησης για τους πυροσβεστικούς σταθμούς και τα περιπολικά - πυροσβεστικά οχήματα. Σύμφωνα με τον Goldberg⁷⁸ έχουν γραφεί πάνω από 115 άρθρα και θέματα σχετικά με θεωρητικές και με εφαρμοσμένες πτυχές του προβλήματος για την βέλτιστη θέση των εγκαταστάσεων

⁷⁷Yu Yan (α), Guo Qingsheng (β), Tang Xinming, (γ), «Gradual optimization of urban fire station locations based on geographical network model», (α) School of Resource and Environment Science – China, (β) School of Resource and Environment Engineer – China, (γ) Chinese Academy of Surveying and Mapping – China.

⁷⁸Jeffrey B. Goldberg (January -March 2004), «Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles», *EMS Management journal*, volume 1 number 1, pp.20-39

έκτακτης ανάγκης, μεταξύ των οποίων και οι πυροσβεστικοί σταθμοί. Αυτήν η πλούσια επιστημονική αρθρογραφία προήλθε από την εξέλιξη των μοντέλων χωροθέτησης, προκειμένου να υιοθετηθούν κατά περίπτωση, τα πλέον κατάλληλα. Παρά το γεγονός ότι η θεωρητική προσέγγιση της επίλυσης των προβλημάτων χωροθέτησης αναπτύχθηκε από πολύ νωρίς (1909) και παρουσιάστηκε σημαντικό έργο στο πεδίο της ανάλυσης χωροθέτησης, μέσω της έρευνας και της ανάπτυξης μοντέλων και μαθηματικών τύπων, παρατηρήθηκαν δυσκολίες στις πρακτικές εφαρμογές τους. Η άρση τους ξεκίνησε από την δεκαετία του 1960, όπου αναπτύχθηκαν οι πρώτες υπολογιστικές εφαρμογές, οπότε υπήρξε μεγάλη πρόοδος στην επίλυση πολύπλοκων χωροθετικών προβλημάτων. Αυτό ίσχυσε κυρίως για τα χωροθετικά προβλήματα που περιλαμβάνουν πολλαπλούς αντικειμενικούς σκοπούς και δομές, όπως είναι τα προβλήματα ανάλυσης χωροθέτησης του δημόσιου τομέα, στα οποία περιλαμβάνονται και τα προβλήματα χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών. Σε αυτά καλούμαστε να λάβουμε στρατηγικές αποφάσεις λαμβάνοντας υπόψη πολυκριτηριακές συνήθως παραμέτρους, πολυσήμαντες αναλύσεις και φιλοσοφικές και στοχαστικές αναζητήσεις (αποτίμηση κοινωνικού κόστους, οφέλους, αποτίμηση ανθρώπινης ζωής κ.λπ). Συνεπώς την εποχή πριν από την επιστήμη των υπολογιστών και την εφαρμογή τους για την επίλυση των χωροθετικών προβλημάτων, λίγοι τρόποι προτάθηκαν στα πλαίσια της επιστημονικής μεθοδολογίας για την χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών. Πάντα η ανθρώπινη κρίση, ήταν ο πιο ισχυρός παράγοντας αλλά και το ευπαθές εργαλείο κατά την λήψη της απόφασης.

Τα πρώτα κλασσικά προβλήματα χωροθέτησης πυροσβεστικών σταθμών ανήκουν στην κατηγορία των *Ντετερμινιστικών ή Αιτιοκρατικών*⁷⁹ προβλημάτων. Από αυτά που «ταιριάζουν» στο πρόβλημα χωροθέτησης ενός πυροσβεστικού σταθμού και άρα μπορούν να εφαρμοσθούν αντίστοιχα μοντέλα, δίνοντας τις καλύτερες λύσεις είναι : **τα προβλήματα των p – Διακέντρων, τα ανάστροφα προβλήματα των διακέντρων, το συνεχές πρόβλημα p -Διακέντρων και τα προβλήματα κάλυψης και συγκεκριμένα συνόλου κάλυψης, επιπρόσθετης κάλυψης και μέγιστης κάλυψης.**

Όμως θα δούμε, σε επόμενα κεφάλαια, με την επίλυση αυτών των προβλημάτων, δεν δίνονται πάντα οι βέλτιστες ή οι «άριστες» λύσεις.⁸⁰ Παρότι πολλές εφαρμογές των μοντέλων δεν ήταν πάντα εφαρμοστέες, εντούτοις υπήρξε εξέλιξη προς την σωστή

⁷⁹ Σχετική αναφορά έγινε στο 1^ο κεφάλαιο.

⁸⁰ C.S. ReVelle, H.A Eiselt (2005), «Location Analysis: A Synthesis and Survey», *European Journal of Operational Research* 165, 1-19

«χωροθετική» κατεύθυνση για την εγκατάσταση και κατανομή των πυροσβεστικών σταθμών. Οι ερευνητές αντιλήφθηκαν ότι θα μπορούσαν να περιληφθούν κάποια πρόσθετα πρακτικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα και έτσι τα προκύπτοντα μοντέλα θα μπορούσαν να επιλυθούν, είτε μέσω της διαφοροποίησης τους είτε μέσω της εξέλιξης τους.

Εκτός τα ανωτέρω (**μονοκριτηριακά**) **ντετερμινιστικά προβλήματα** και **μοντέλα**, τα τελευταία τριάντα (30) χρόνια αναπτύχθηκαν ιδιαίτερα, δίνοντας λύσεις σε πολύπλοκα προβλήματα χωροθέτησης πυροσβεστικών σταθμών, τα **πολυκριτηριακά προβλήματα** και **μοντέλα** χωροθέτησης. Αποτελούν την φυσική εξέλιξη των μονοκριτηριακών προβλημάτων αφού συνήθως τα **πολυκριτηριακά μοντέλα** χρησιμοποιούν στην αντικειμενική συνάρτηση ένα συνδυασμό κριτηρίων από αυτά που αναφέρονται στα προβλήματα **minisum** και **minimax** και παρουσιάζουν βασικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις πρώιμες μεθόδους επίλυσης. Σύγχρονες προσεγγίσεις **μοντελοποίησης πολλαπλών κριτηρίων** έχουν χρησιμοποιηθεί κατά κόρον και στα προβλήματα χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών. Οι **υβριδικές εξελικτικές μέθοδοι** επίσης ασχολούνται με τα προβλήματα της βέλτιστης χωροθέτησης (Gong et Al, 1997 Sakawa et Al, 1997) που περιγράφονται σε μια δομή ιεραρχίας.⁸¹

Βασικά εμπόδια για τις εφαρμογές προβλημάτων χωροθέτησης πυροσβεστικών σταθμών επιλύονται με την κατασκευή πιο ολοκληρωμένων μοντέλων, την εφαρμογή των υπάρχοντων μεθόδων σε υποπροβλήματα, με την εφαρμογή ανάλυσης ευαισθησίας, καθώς επίσης και την ολοκλήρωση των μοντέλων ανάλυσης χωροθέτησης με Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών⁸² (GIS). Περαιτέρω προκειμένου να εξετάσουμε τα εναλλακτικά σενάρια, σχετικά με την αποτελεσματικότητα των συγκεκριμένων μοντέλων, χρησιμοποιούμε την **μέθοδο προσομοίωσης**.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι ακόμα και σήμερα προβλήματα σε χαμηλότερα επίπεδα επιλύονται από τις παραδοσιακές τεχνικές βελτιστοποίησης, ενώ τα προβλήματα σε υψηλότερα επίπεδα, που αφορούν τα περισσότερα σύνθετα, επιλύονται από

⁸¹ Γίνεται αναφορά στα άρθρα: Gong, D., Gen, M., Yamazaki, G., Xu, W., (1997), «Hybrid evolutionary method for capacitated location-allocation problem.», *Computers in Industrial Engineering*, 33 (3–4), p.p.: 577–580 και Sakawa, M., Kato, K., Sunada, H., Shibano, T., (1997), «Fuzzy programming for multiobjective 0–1 programming problems through revised genetic algorithms», *European Journal of Operational Research* 97, p.p.:149–158.

⁸² Το σύστημα GIS είναι μια τεχνολογία πληροφοριών που χρησιμοποιείται για να διατηρήσει και να αναλύσει τα γεωγραφικά δεδομένα, οργανώνει τα δεδομένα σε στρώματα και τα χωρίζει κατά διαστήματα. Επιτρέπει την μεταβίβαση των σχέσεων και των λειτουργικών τάσεων σε ένα χωρικό πλαίσιο

εξελικτικές τεχνικές.⁸³ Στις επόμενες παραγράφους ακολουθεί μια αναλυτική αναφορά στις εφαρμογές των βασικότερων προβλημάτων/μοντέλων χωροθέτησης πυροσβεστικών σταθμών και περιπολικών οχημάτων (Π.Ο).

2.3 Αναφορά στις βασικότερες εφαρμογές των προβλημάτων και μοντέλων χωροθέτησης/κατανομής για τους Π.Σ & τα Π.Ο

Συνυπολογίζοντας τους παράγοντες χρόνο και απόσταση, η πιο απλή μορφή χωροθέτησης υπηρεσιών πυρόσβεσης και διάσωσης, αναφέρεται στην τοποθέτηση των εναερίων και θαλάσσιων σταθμών πυρόσβεσης και διάσωσης. Τα συγκεκριμένα προβλήματα είναι συνεχή και επιλύονται εύκολα με την κλασσική ευκλείδειο μέθοδο, που αποτελεί μια μετρική συνάρτηση επιπέδου. Περαιτέρω αν η κίνηση δεν είναι ευθεία αλλά περιορίζεται υποχρεωτικά σε διευθύνσεις παράλληλες προς ένα σύστημα ορθογωνίων αξόνων μεταφοράς (η περίπτωση ίσων οικοδομικών τετραγώνων σε ένα απλό αστικό περιβάλλον, χωρίς άλλους αστικούς περιορισμούς και προϋποθέσεις), τότε εφαρμόζουμε την συνάρτηση του ορθογωνίου μετρικού συστήματος (Manhattan). Οι συγκεκριμένες μέθοδοι είναι επαναλαμβανόμενες για κάθε πιθανή διαδρομή που μπορεί να ακολουθήσει το πυροσβεστικό μέσο, προκειμένου να υπολογισθεί ο χρόνος και η απόσταση απόκρισης.

Περαιτέρω υιοθετήθηκαν περισσότερο σύνθετα προβλήματα και μοντέλα χωροθέτησης πυροσβεστικών σταθμών, όπως τα ντετερμινιστικά: *το πρόβλημα των p – Διακέντρων, το συνεχές πρόβλημα p -Διακέντρων, τα ανάστροφα προβλήματα των διακέντρων και τα προβλήματα κάλυψης (συνόλου κάλυψης, επιπρόσθετης κάλυψης και μέγιστης κάλυψης)* που αποτέλεσαν την βάση για την εμφάνιση μεταγενέστερων όπως *τα πολυκριτηριακά, τα στοχαστικά (με σημαντικότερα τα πιθανοθεωρητικά) και τα δυναμικά (με σημαντικότερα τα εξελικτικά)*.

Στο κεφάλαιο 1 καταγράφουμε το σύνολο των μοντέλων και των επεκτάσεών τους (Βλέπε: *σχεδιάγραμμα 1.1, σελίδα 25*). Στις επόμενες υποπαραγράφους,

⁸³ L.Yanga, F.Bryan Jones, Shuang-Hua Yang c (2007), «A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire station locations through genetic algorithms», *European Journal of Operational Research*, 181, 904–905

γίνεται αναλυτική αναφορά σε υποδείγματα χωροθέτησης, τα αποτελέσματα των οποίων αποτυπώνονται σε χάρτες όπως ο 2.1.

2.3.1 Εφαρμογή του προβλήματος των P-Διακέντρων (P-center)

Είναι κατάλληλο για τον σχεδιασμό της χωροθέτησης κέντρων παροχής υπηρεσιών «επείγουσας βοήθειας»,

όπως είναι οι Πυροσβεστικοί Σταθμοί. Εφαρμόζεται στα οδικά δίκτυα, με τις κορυφές τους να παριστάνουν κοινότητες (πελάτες) και με

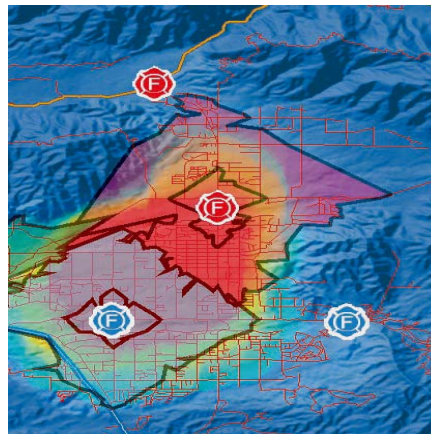
ζητούμενο να χωροθετηθεί στην

«βέλτιστη» θέση ο πυροσβεστικός σταθμός. Σε αυτές τις περιπτώσεις το κριτήριο της «αριστότητας», μπορεί να καθοριστεί ως η ελαχιστοποίηση της απόστασης ή του χρόνου ταξιδιού από την υπηρεσία προς την πλέον απομακρυσμένη κορυφή του γραφήματος (κριτήριο minimax, εξού και τα minimax προβλήματα χωροθέτησης). Δηλαδή θέλουμε την αριστοποίηση της χειρότερης κατάστασης που θεωρείται η μέγιστη απόσταση ή ο μέγιστος χρόνος.⁸⁴ Η διατύπωση του προβλήματος είναι: «Έστω ένας αριθμός κοινοτήτων διαφορετικών μεγεθών οι οποίες συνδέονται με ένα οδικό δίκτυο. Να ευρεθεί η θέση του πυροσβεστικού σταθμού P έτσι ώστε η μέγιστη απόσταση από το P να είναι η **ελάχιστη**» (Βλέπε: μαθηματική του διατύπωση 2.1, σελίδα 208, παράρτημα Ι).⁸⁵

Στην περίπτωση που έχουμε να χωροθετήσουμε μεγάλο αριθμό πυροσβεστικών σταθμών, η πλέον απομακρυσμένη περιοχή του γραφήματος πρέπει να είναι προσιτή τουλάχιστον σε έναν πυροσβεστικό σταθμό, μέσα σε μια ελάχιστη απόσταση ή χρόνο. Οι θέσεις των κέντρων παροχής υπηρεσιών (πυροσβεστικών σταθμών) ονομάζονται **κέντρα (centers)** του γραφήματος.⁸⁶ Στην περίπτωση που

Χάρτης 2.1

Ψηφιακός χάρτης χωροθέτησης
Π. Σταθμών



Πηγή: <http://www.esri.com>.

⁸⁴ Χατζηθωμά Ανδρούλα, *Η Σχέση της Ανάλυσης Χωροθέτησης με τους Αλγορίθμους Ομαδοποίησης*, Δ.Δ., Μαθηματικά των Υπολογιστών και των Αποφάσεων, Τμήμα Μαθηματικού και Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πατρών, σελ. 46

⁸⁵ Το συγκεκριμένο πρόβλημα σχεδιάστηκε αρχικά από τον Hakimi.

⁸⁶ N. Christofides (1975), *Graph Theory and Algorithm Approach*, Academic Press

ζητείται να βρεθεί η χωροθέτηση του κέντρου παροχής υπηρεσιών σε μία από τις κορυφές (κοινότητες) του γραφήματος, εφόσον ικανοποιείται το κριτήριο minimax (η ελαχιστοποίηση της μεγαλύτερης απόστασης οποιασδήποτε κορυφής από το πλησιέστερο κέντρο παροχής υπηρεσιών), τότε λέμε ότι **αναζητάμε το κέντρο του γραφήματος (vertex center problems)**. Αν δεν υπάρχει περιορισμός της χωροθέτησης της υπηρεσίας, σε μία από τις κορυφές του γραφήματος αλλά μπορεί να είναι οποιοδήποτε σημείο του γραφήματος είτε κορυφή είτε σημείο πάνω στις ακμές του γραφήματος, τότε **αναζητούμε τα P-κέντρα του γραφήματος ή το απόλυτο κέντρο του**⁸⁷ (**absolute center problems**). Ο διαχωρισμός του κέντρου με το απόλυτο κέντρο, είναι ουσιώδης στη χωροθέτηση διακέντρων, διότι αλλάζει η μεθοδολογία επίλυσης των προβλημάτων. Η λύση των απόλυτων προβλημάτων Διακέντρων είναι συχνά καλύτερη από τη λύση των προβλημάτων Διακέντρων κορυφής. Συμπερασματικά ένα πρόβλημα χωροθέτησης πυροσβεστικών σταθμών μπορεί να εκφρασθεί ως προβλήμα **P-Διακέντρων (P-center) ή Συνεχές πρόβλημα P-Διακέντρων (P-center)** (αν τα κέντρα παροχής υπηρεσιών είναι υπηρεσίες εκτάκτων αναγκών, οι οποίες πρέπει να ελαχιστοποιούν την μέγιστη απόσταση από ένα χρήστη προς το κοντινότερό του κέντρο) και λαμβάνει τις ακόλουθες μορφές:

(α) Την χωροθέτηση ενός πυροσβεστικού σταθμού, ανάμεσα σε κάποιες κοινότητες - κορυφές, που συνδέονται με συγκεκριμένο οδικό δίκτυο. Ζητούμενο της αντικειμενικής συνάρτησης είναι η **ελαχιστοποίηση της απόστασης ή του χρόνου ταξιδιού από την υπηρεσία προς την πλέον απομακρυσμένη κοινότητα (κορυφή του γραφήματος)**.

(β) Την χωροθέτηση **πολλών** πυροσβεστικών σταθμών, ανάμεσα σε κάποιες κοινότητες (κορυφές), που συνδέονται με συγκεκριμένο οδικό δίκτυο. Ζητούμενο της αντικειμενικής συνάρτησης είναι η πλέον απομακρυσμένη κοινότητα (κορυφή του γραφήματος) να είναι προσιτή σε τουλάχιστον ένα πυροσβεστικό σταθμό,

⁸⁷ Το πρόβλημα των P-κέντρων του γραφήματος ή το απόλυτο κέντρο του γραφήματος διατυπώθηκε από τον Hakimi απαντώντας στο πρόβλημα του ελάχιστου αριθμού αστυνομικών περιπολιών που πρέπει να βρίσκονται σε περιπολία σε ένα οδικό δίκτυο, έτσι ώστε κανείς πολίτης να μην απέχει περισσότερο από μια ορισμένη απόσταση από τον πλησιέστερο αστυνομικό. Βλέπε την δημοσίευση του: S.L. Hakimi (1964), «Optimum Location of Switching Centers and Absolute Centers and Medians of a Graph», *Operations Research*, 12, 450-459. Οι δύο γνωστότεροι αλγόριθμοι για την εύρεση του απόλυτου κέντρου του γραφήματος είναι από τον Hakimi. (ο δεύτερος αλγόριθμος είναι γνωστός ως η τροποποιημένη μέθοδος του Hakimi). Βλέπε σχετική αναφορά στο N. Christofides (1975), *Graph Theory an Algorithm Approach*, Academic Press.

μέσα στη ελάχιστη απόσταση ή χρόνο ταξιδιού, δηλαδή *η ελαχιστοποίηση της μεγαλύτερης απόστασης οποιασδήποτε κορυφής από τον πλησιέστερο σταθμό*. Και οι δυο περιπτώσεις ονομάζονται *minimax προβλήματα χωροθέτησης (Minimax location problems)*.

(γ) Την χωροθέτηση *ενός* πυροσβεστικού σταθμού ανάμεσα σε κάποιες κοινότητες (κορυφές), που συνδέονται με συγκεκριμένο οδικό δίκτυο, αλλά με τον περιορισμό ότι θα είναι υποχρεωτικά σε μια από αυτές ή την χωροθέτηση ενός πυροσβεστικού σταθμού χωρίς τον περιορισμό ότι θα είναι υποχρεωτικά σε μια από αυτές, αλλά σε οποιοδήποτε σημείο (κορυφές ή ακμές του γραφήματος.) *Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις, το ζητούμενο παραμένει το ίδιο: η ελαχιστοποίηση της μεγαλύτερης απόστασης* (ικανοποιείται το κριτήριο minimax).

(δ) Την χωροθέτηση *ενός δοσμένου αριθμού (έστω p) πυροσβεστικών σταθμών στην άριστη θέση*, οπουδήποτε μέσα στο γράφημα, ώστε *η απόσταση που απαιτείται για να γίνει προσιτή η πλέον απομακρυσμένη κορυφή από την πλησιέστερη προς αυτήν υπηρεσία, να είναι η ελάχιστη*. Ζητούμενα είναι τα p -κέντρα του γραφήματος ή τα απόλυτα p -κέντρα (όταν αυτά είναι στις ακμές).

Μία διαφορετική διατύπωση του προβλήματος των P - Διακέντρων, για την χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών, αντί να αναζητεί ένα σύνολο θέσεων που θα ελαχιστοποιούσε την μέγιστη απόσταση ή τον μέγιστο χρόνο για ένα δεδομένο αριθμό υπηρεσιών, αντιστρέφει το ερώτημα ως εξής: *«Ποιός είναι ο ελάχιστος αριθμός υπηρεσιών και ποιές είναι οι θέσεις τους, έτσι ώστε η μέγιστη απόσταση ενός τυχαίου σημείου του δικτύου από τον πλησιέστερο πυροσβεστικό σταθμό να είναι μικρότερη ή ίση από μια προκαθορισμένη τιμή;»*. Αυτά τα προβλήματα αναφέρονται ως *Ανάστροφα Προβλήματα Διακέντρων* και με την επίλυση τους ασχολήθηκαν θεωρητικοί όπως ο Toregas C (1971).⁸⁸

2.3.2 Εφαρμογή επικαλυπτόμενων προβλημάτων ή προβλημάτων κάλυψης.

Χρησιμοποιώντας το μοντέλο P -Διάμεσος, αν συνεχίσουμε να μικραίνουμε τον περιορισμό του μεγίστου χρόνου σε κάποιο σημείο, τα κέντρα δεν θα είναι αρκετά στον αριθμό για να «καλύψουν» όλα τα σημεία ζήτησης μέσα στον προκαθορισμένο χρόνο ή

⁸⁸ Toregas C., Swain R., Revelle C., Bergman L. «The Location of Emergency Service Facilities», *Operations Research*, 19, 1363-1373, 1971.

απόσταση. Επομένως τίθεται το εξής ερώτημα: *«Αν δοθεί ένα χρονικό όριο, ποιος είναι ο ελάχιστος αριθμός κέντρων παροχής υπηρεσιών (πυροσβεστικών σταθμών) που απαιτείται για την κάλυψη της ζήτησης;»*. Αυτό οδήγησε στη διατύπωση των προβλημάτων *κάλυψης ή επικαλυπτόμενων προβλημάτων (covering problems)*.⁸⁹ Συνεπώς η επιλογή των θέσεων, μέσω της επίλυσης του προβλήματος P-Διάμεσος, προκειμένου να ελαχιστοποιείται η μέση συνολική απόσταση ταξιδιού, δεν είναι η πλέον κατάλληλη για την τοποθέτηση πυροσβεστικών σταθμών. Η επείγουσα φύση της ζήτησης αυτής της υπηρεσίας, θα οδηγήσει στην μέγιστη «αποδεκτή» απόσταση ή στον μέγιστο «αποδεκτό» χρόνο ταξιδιού. Συνεπώς για την τοποθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών, απαιτείται ένα διαφορετικό μέγεθος μέτρησης, το οποίο θα *αυξήσει την αποδοτικότητα της τοποθέτησης ή αλλιώς θα εξασφαλίσει την βέλτιστη δυνατή αποτελεσματικότητά τους*. Το κλειδί είναι η *«κάλυψη» (coverage)*. Για να χαρακτηρίζεται ένα κέντρο παροχής υπηρεσιών ως *«επικαλυπτόμενο» (covered)*, πρέπει να χαρακτηρίζεται απαραίτητα και από ένα συγκεκριμένο χρόνο. Ένα απλό πρόβλημα κάλυψης χρησιμοποιεί ένα μοντέλο χρόνου ή απόστασης του ταξιδιού από τον διαχειριστή μέχρι την αιτούσα περιοχή⁹⁰. Πρώτος ο Toregas et al (1971), πρότεινε το μοντέλο κάλυψης με στόχο να *ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των οχημάτων που χρειάζονται για να καλύψουν όλες τις ζώνες*. Επί της ουσίας ελαχιστοποίησε το κόστος και διασφάλισε μία δίκαιη κάλυψη. Κάθε πιθανή θέση οχήματος έχει έναν συνδυασμό αιτημάτων τα οποία καλύπτει. Όλα τα σημεία ζήτησης είναι εξίσου σημαντικά και μία απλή κάλυψη απόστασης (ή χρόνου) χρησιμοποιείται για κάθε αίτημα.⁹¹

Τα επικαλυπτόμενα προβλήματα χωρίζονται σε δύο κύριες ομάδες προβλημάτων, όπου: *(α) η επικάλυψη απαιτείται, μέσω του προβλήματος Συνόλου Κάλυψης (Locating Set Covering Problem) και (β) η επικάλυψη βελτιστοποιείται, ⁹² μέσω του προβλήματος*

⁸⁹ Μ. – Αικ. Σατρατζέμη (1991), *Επίλυση Προβλημάτων Χωροθέτησης Κέντρων Παροχής Υπηρεσιών*, Διδακτορική Διατριβή, Παν/μιο Μακεδονίας (Κοινωνικών – Οικονομικών επιστημών), τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, σελ. 53.

⁹⁰ Re Velle C.S., «Siting Ambulances and Fire Companies. New tools for Planners», *Journal of the American Planning Association*, p.p.: 472-473.

⁹¹ Jeffrey B. Goldberg (January -March 2004), «Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles», *EMS Management journal*, volume 1 number 1, p.26.

⁹² D.A. Schilling, V. Jayaraman, R. Barkhi (1993), «A Review of Covering Problems in Facility Location», *Location Science*, I, 1, p.p.:25-55 και J. A. White, K.E. Case (1974), «On Covering Problems and the Central Facility Location Problem». *Geographical Analysis* 6, p.p.:281-293.

Μέγιστης Κάλυψης (Maximal Covering Problem)⁹³

2.3.2.1 Εφαρμογή του προβλήματος Συνόλου Κάλυψης (Set Covering)

Το 1^ο μοντέλο κάλυψης υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης (συμπεριλαμβανόμενων των πυροσβεστικών σταθμών) αφορούσε το **Πρόβλημα Συνόλου κάλυψης (LSCP)**. Στο πρόβλημα του Συνόλου Κάλυψης, το αντικείμενο είναι να ελαχιστοποιήσουμε το κόστος της τοποθέτησης του κέντρου παροχής υπηρεσιών, έτσι ώστε να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό επίπεδο κάλυψης⁹⁴. Ουσιαστικά το πρόβλημα «Συνολικής Κάλυψης» μεγιστοποιεί το ποσό της επικαλυπτόμενης ζήτησης μέσα στην αποδεκτή απόσταση υπηρεσίας S , τοποθετώντας ένα σταθερό αριθμό από πυροσβεστικούς σταθμούς. Κατά τον τρόπο αυτό, το πρόβλημα μεγιστοποιεί τον αριθμό των χρηστών που μπορούν να ικανοποιηθούν από την χωροθέτηση P -πυροσβεστικών σταθμών.⁹⁵

Το πρόβλημα για την τοποθέτηση ενός αριθμού πυροσβεστικών σταθμών μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: *«Να υπολογισθεί ο ελάχιστος αριθμός πυροσβεστικών σταθμών και οι θέσεις που χρειάζονται για την ικανοποίηση όλων των απαιτήσεων χρησιμοποιώντας μία ορισμένη εξωγενή επικαλυπτόμενη απόσταση ή χρόνο, (coverage distance/time), ώστε να επιτευχθεί το πρότυπο επίπεδο κάλυψης. Δηλαδή για κάθε σημείο ζήτησης να υπάρχει ένα κέντρο παροχής υπηρεσιών εντός απόστασης ή χρόνου t_{ij} ⁹⁶ (μικρότερη ή ίση με t_{ij}), όπου t_{ij} η μονάδα κόστους προσιτότητας του χρήστη i για το κέντρο j »* (Βλέπε: μαθηματική του διατύπωση 2.2, σελίδα 209, παράρτημα Ι).

Όπως σε όλα τα μοντέλα κάλυψης που ακολούθησαν, η αρχική υπόθεση είναι ότι η χωροθέτηση λαμβάνει χώρα σε θέσεις (σημεία), σε ένα οδικό δίκτυο και σε αυτό οι περιοχές απαιτούν κάλυψη. Στις περιοχές του δικτύου, οι διαχειριστές μπορούν να

⁹³ Χατζηθωμά Ανδρούλα, *Η Σχέση της Ανάλυσης Χωροθέτησης με τους Αλγορίθμους Ομαδοποίησης*, Μαθηματικά των Υπολογιστών και των Αποφάσεων, Τμήμα Μαθηματικού και Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πατρών, σελ. 54.

⁹⁴ S.H. Owen, M.S. Daskin 1998), «Strategic Facility Location: A review», *European Journal of Operations Research* III, p.p.: 423-447.

⁹⁵ Όταν ο αριθμός των μονάδων είναι σταθερός τα προβλήματα καταλήγουν σε προβλήματα Μέγιστης Κάλυψης.

⁹⁶ Μ. – Αικ. Σατρατζέμη (1991), *Επίλυση Προβλημάτων Χωροθέτησης Κέντρων Παροχής Υπηρεσιών*, Διδακτορική Διατριβή, Παν/μιο Μακεδονίας (Κοινωνικών – Οικονομικών επιστημών), τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής.

αποκριθούν στις κλήσεις, των αιτουσών περιοχών.

Το αίτημα μιας περιοχής για κάλυψη από ένα πυροσβεστικό όχημα, σημαίνει ότι το τελευταίο μπορεί να φθάσει στην περιοχή απαίτησης (αιτούσα περιοχή) από την τρέχουσα θέση του μέσα σε δηλωμένα πρότυπα χρόνου ή απόστασης. Η αρχική υπόθεση είναι ότι η χωροθέτηση λαμβάνει χώρα σε θέσεις (σημεία) ενός οδικού δικτύου και σε αυτό οι περιοχές απαιτούν κάλυψη. Στις περιοχές του δικτύου, οι διαχειριστές πρέπει να μπορούν να αποκριθούν στις κλήσεις, των αιτουσών περιοχών. Ωστόσο οι πυροσβεστικοί σταθμοί που καλύπτουν την περιοχή, μπορεί να μην είναι διαθέσιμοι για την αιτούσα περιοχή, όταν δέχονται μια κλήση, λόγω επισκευής/συντήρησης ή άλλης αποστολής των οχημάτων. Έτσι άλλος είναι αυτός που δέχεται την κλήση σε σχέση με αυτόν που θα καλύψει την κλήση και που στην πραγματικότητα είναι η μονάδα εκείνη που ανταποκρίνεται στην κλήση. Αυτό προσδιορίζεται μέσα στην συνάρτηση, η οποία καθορίζει τον αριθμό των *μέσων κάλυψης* που απαιτούνται για να διασφαλίσουν την διαθεσιμότητα μιας *μονάδας* στην αιτούσα περιοχή, μέσα στα χρονικά πρότυπα και με πιστοποιημένη αξιοπιστία. Το *Πρόβλημα του Συνόλου κάλυψης (LSCP)* μπορεί να δομηθεί σε ένα *πρόγραμμα γραμμικού ακέραιου αριθμού*, ενώ το *γραμμικό πρόγραμμα (Linear programming relaxation - LP)* παρέχει την καλύτερη λύση στα περισσότερα πρακτικά προβλήματα συνόλου κάλυψης. Ένας ή περισσότεροι περιορισμοί μπορούν να προστεθούν για να επιλύσουν ένα πρόβλημα το οποίο αποτυγχάνει να επιλύσει το γραμμικό πρόγραμμα

Τόσο τα απλά μοντέλα κάλυψης όσο και τα πρώτα μοντέλα συνόλου κάλυψης, (LSCP) βελτιστοποίησαν την κάλυψη, αφού η ακρίβεια της διατύπωσής τους, η σπουδαιότητα των αναγκών που επίλυαν και η σχετικά απλοί μέθοδοι επίλυσής τους, τα καθιέρωσαν ως τα πλέον αποτελεσματικά για την χωροθέτηση πυροσβεστικών σταθμών. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί η πενταετία 1971-1976 στην διάρκεια της οποίας σχεδόν εκατό πόλεις της Αμερικής χρησιμοποίησαν ένα αλγόριθμο της Public Technology Inc με αυτού του είδους την πρακτική χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών.⁹⁷ Παρά ταύτα σταδιακά φάνηκε ότι δεν κατέστη δυνατό να εκφράσουν μερικές σημαντικές πτυχές της πρακτικής πλευράς των προβλημάτων της χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών. Τέθηκαν διάφοροι προβληματισμοί όπως οι ακόλουθοι:

⁹⁷ Κουτσόπουλος Κ. (1990), *Γεωγραφία: Μεθοδολογία και μέθοδοι ανάλυσης χώρου*, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία, σελ. 445

1. Ο κίνδυνος για την τοποθέτηση μεγάλου αριθμού πυροσβεστικών σταθμών, προκειμένου να καλυφθούν όλα τα σημεία ζήτησης.
2. Όλα τα σημεία ζήτησης θεωρούνται όμοια .
3. Ποιος είναι ο άριστος αποδεκτός χρόνος και τι γίνεται στην περίπτωση κατά την οποία οι σταθμοί είναι απασχολημένοι σε άλλο συμβάν στην περιοχή ευθύνης τους ;

Τα πρώτα EMS (emergency) μοντέλα χωροθέτησης, θέτουν ως βάση ότι ο αρχικός διαχειριστής στον οποίο βασίζεται το μοντέλο του χρόνου ή της απόστασης, θα είναι διαθέσιμος την χρονική στιγμή της κλήσης. Αυτή η υπόθεση υπολαμβάνει ότι η συχνότητα της εισερχόμενης κλήσης, σε σχέση με την συχνότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας, ήταν τέτοια ώστε, ένας *coverer* θα ήταν πάντα διαθέσιμος σε μια κλήση από την αιτούσα περιοχή. Σύμφωνα με μια τέτοια υπόθεση, σε αραιοκατοικημένες περιοχές τα μοντέλα συνόλου κάλυψης έχουν μεγάλα ποσοστά επιτυχιών. Αν το σύστημα αφορά σε πυκνοκατοικημένη περιοχή, με μια υψηλή συχνότητα κλήσεων σε σχέση με την ικανότητα παρεχόμενων υπηρεσιών, τα μοντέλα συνόλου κάλυψης δεν μπορούν να εγγυηθούν τίποτε περισσότερο από την αρχική τοποθέτηση ενός διαχειριστή. Συνεπώς η πραγματική διαθεσιμότητα δεν επιβεβαιώνεται. Έτσι οδηγηθήκαμε σε μια νέα γενιά αιτιοκρατικών (ντετερμινιστικών) μοντέλων χωροθέτησης, τα οποία δίνουν έμφαση στην **επιπρόσθετη κάλυψη**. Τα πρώτα μοντέλα επιπρόσθετης κάλυψης επιβάρυναν σημαντικά, στα πλαίσια της αποτελεσματικότητάς τους για την υπόθεση των παράλληλων συμβάντων, τον προϋπολογισμό. Κατά συνέπεια η επιπλέον κάλυψη θα πρέπει να επιτυγχάνεται με τρόπους που αναζητούν να επιλύσουν μεν το πρόβλημα αλλά με περιορισμένους πόρους.

Ένα τέτοιο μοντέλο επιπρόσθετης κάλυψης, ανέπτυξε ένα περιορισμένο αριθμό πυροσβεστικών οχημάτων, με την προϋπόθεση ότι όλα τα αιτήματα θα καλύπτονται τουλάχιστον μία φορά στα πλαίσια του χρόνου ή της απόστασης.

Προφανώς ο αριθμός των πυροσβεστικών οχημάτων θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος με τον ελάχιστο αριθμό που απαιτείται για να καλύψει όλες τις αιτήσεις τουλάχιστον μια φορά. Έτσι η σκέψη της ανάπτυξης ενός προτύπου που δίνει έμφαση στους επιπλέον *coverers*, επεκτείνεται σε όλες τις περιοχές ζήτησης. Τελικά ο περιορισμένος αριθμός των πυροσβεστικών οχημάτων αναπτύσσεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μεγιστοποιείται το σύνολο των επιπρόσθετων *coverers* πάνω από όλες τις

περιοχές ζήτησης, ενώ απαιτείται η απλή κάλυψη για όλες τις περιοχές (Daskin and Stern 1981).⁹⁸

Το πρόβλημα σχηματικά διατυπώθηκε ως εξής: *«Δίνοντας έναν περιορισμένο αριθμό coverers, με στόχο την ικανοποίηση της απαίτησης για αρχική κάλυψη όλων των αιτουσών περιοχών βρίσκει κανείς τις θέσεις τους και τους κατανέμει μέσα στο δίκτυο ενώ παράλληλα διανείμει τους επιπρόσθετους coverers (τα πυροσβεστικά οχήματα) μέσα στο σύστημα, προκειμένου να επιτύχει την πρόσθετη κάλυψη»*. Μια παραλλαγή του προβλήματος αναφέρει, ότι οι επιπρόσθετοι coverers για μια περιοχή ζήτησης θα πρέπει να σταθμίζονται με κριτήριο την συχνότητα της κλήσης ή την πυκνότητα του πληθυσμού της περιοχής ζήτησης. (σχετικά αναφέρθηκαν οι Eaton et al. 1986, Benedict 1983). Συνέπεια αυτού είναι ότι όσο πιο υψηλή είναι η συχνότητα των κλήσεων ή ο πληθυσμός, τόσο πιθανότερο είναι να έχουμε περισσότερους coverers. Επί τη βάση του προβλήματος της επιπρόσθετης κάλυψης, αναπτύχθηκαν και διάφορες άλλες προσεγγίσεις, για την επίλυση του προβλήματος, (Hogan and Re Velle, 1985 & 1986)⁹⁹, (Storbeck και Vorha, 1988)¹⁰⁰ κ.α.

*Όλα τα ως άνω μοντέλα επιπρόσθετης κάλυψης εισάγουν το ίδιο χαρακτηριστικό: Σε κάθε μονάδα μπορεί να εγκατασταθούν και να αναπτυχθούν περισσότεροι από έναν διαχειριστές. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχει δυνατότητα αξιοποίησης επιπρόσθετων διαχειριστών στην περιοχή ζήτησης. Ωσαύτως τοποθετούνται σε μια μονάδα ένας, δύο ή περισσότεροι διαχειριστές, αντίθετα με τα αρχικά μοντέλα στα οποία ουδείς λόγος υπήρχε να τοποθετηθούν περισσότεροι από έναν διαχειριστές.*¹⁰¹

⁹⁸ Σχετική αναφορά γίνεται στο άρθρο των Daskin, M., and Stern, E., 1981, «A hierarchical objective set covering model for emergency medical service vehicle deployment.», *Transportation Science*, vol. 15, pp.: 137-152.

⁹⁹ Re Velle C.S., «Siting Ambulances and Fire Companies. New tools for Planners», *Journal of the American Planning Association* και Hogan, K. and C. ReVelle. 1986, «Concepts and Applications of Backup Coverage», *Management Science*, 32, p.p.:1434.

¹⁰⁰ Storbeck, J. and R. Vohra. 1988, «A Simple Tradeoff Model for Maximal and Multiple Coverage», *Geographical Analysis*, 20, p.220.

2.3.2.2 Εφαρμογή του προβλήματος Μέγιστης Κάλυψης (Maximal Covering problem)

Οι αδυναμίες του μοντέλου συνόλου κάλυψης αλλά και επιπρόσθετης κάλυψης για τα προβλήματα χωροθέτησης πυροσβεστικών σταθμών που παρουσιάζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά πραγματικών συνθηκών, οδήγησαν στην δημιουργία ενός νέου μοντέλου από τους Church και Re velle που ονομάστηκε **μοντέλο Μέγιστης Κάλυψης (maximal covering)**.¹⁰² Το μοντέλο Μέγιστης Κάλυψης γεννήθηκε λόγω του ότι το μοντέλο συνόλου κάλυψης, για ορισμένες τιμές κατωφλίων προσιτότητας, έδινε λύσεις που ήταν πέρα από τα διαθέσιμα κέντρα. Συνεπώς είτε θα αυξηθεί η τιμή του κατωφλίου ελαττωμένης αντίστοιχα της προσιτότητας του συστήματος ή θα εγκαταλειφτεί ο περιορισμός της κάλυψης ολόκληρης της ζήτησης. Από την τελευταία επιλογή προέκυψε το μοντέλο της Μέγιστης Κάλυψης.

Το πρόβλημα της **Μέγιστης Κάλυψης (Maximal covering)** μεγιστοποιεί το ποσό της επικαλυπτόμενης ζήτησης μέσα στην αποδεκτή/πρότυπη απόσταση υπηρεσίας S (εκτός αυτής της απόστασης το σημείο ζήτησης θεωρείται ακάλυπτο), τοποθετώντας ένα σταθερό αριθμό από πυροσβεστικούς σταθμούς. Ουσιαστικά, το πρόβλημα αυτό μεγιστοποιεί τον αριθμό των χρηστών που μπορούν να ικανοποιηθούν από την χωροθέτηση P -πυροσβεστικών σταθμών και όχι τον αριθμό των καλυπτόμενων σημείων ζήτησης, εάν πρακτικά δεν μπορεί να ικανοποιηθεί το σύνολο. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να εκφραστεί ως εξής: **«Να χωροθετηθούν P -πυροσβεστικοί σταθμοί σε σημεία ενός δικτύου, έτσι ώστε το μέγιστο μέρος (όχι το σύνολο) του πληθυσμού / χρηστών να βρίσκεται μέσα σ' ένα προκαθορισμένο και ικανοποιητικό χρόνο ή απόσταση»** (Βλέπε: μαθηματική του διατύπωση 2.3, σελίδα 210, παράρτημα Ι).

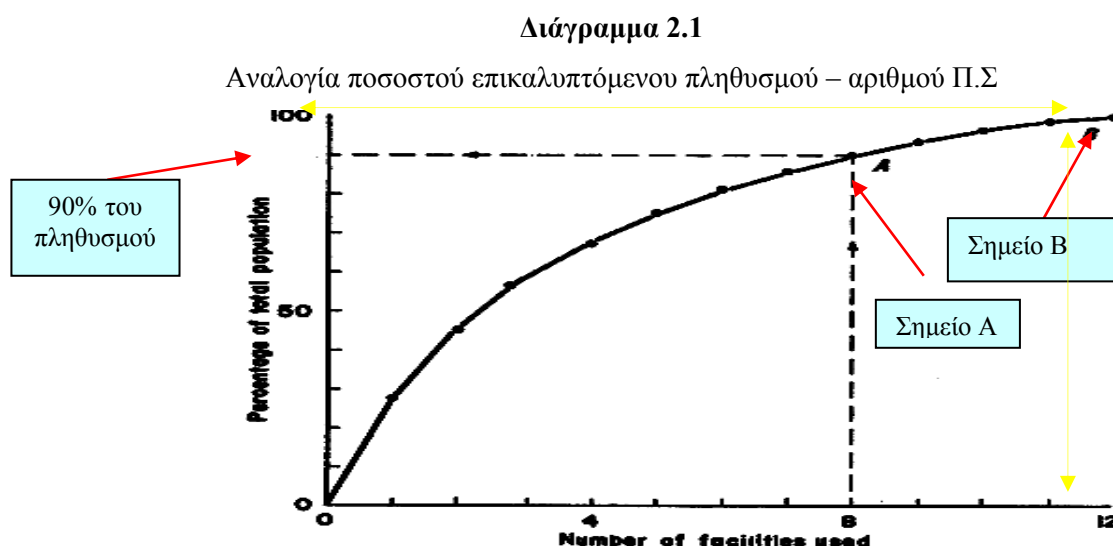
Στο **διάγραμμα 2.1** (σελίδα 71) παρουσιάζεται η αναλογία του ποσοστού καλυπτόμενου πληθυσμού σε ένα συγκεκριμένο όριο απόστασης, σε σχέση με τον αριθμό των κατανεμημένων πυροσβεστικών σταθμών. Το σημείο Β που αποτελεί την λύση του μοντέλου Συνόλου – Κάλυψης, ικανοποιεί το 100% του πληθυσμού ή της ζήτησης με την χωροθέτηση και κατανομή δώδεκα (12) σταθμών. Το σημείο Α, που αποτελεί λύση του μοντέλου μέγιστης – κάλυψης (όπως και οι προηγούμενοι συνδυασμοί), μας δείχνει ότι η

¹⁰² R.Church (1984), «The Planar Maximal Covering Location Problem. Symposium on Location Problems: in Memory of Leon Cooper», *Journal of Regional Science*, 24, p.p.:185-201., R. Church, C. ReVelle (1974), «The Maximal Covering Location Problem», *Papers of the Regional Science Association*, 32, 101, R. Church, C. ReVelle (1976), «Theoretical and Computational Links Between the P-Median Location Set Covering and the Maximal Covering Location Problem», *Geographical Analysis*, 8, p.p.: 406-415.

βέλτιστη χωροθέτηση και κατανομή οκτώ (8) σταθμών θα καλύψει το 90% της ζήτησης ή του πληθυσμού.

Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι το πρόβλημα p-διάμεσος ελαχιστοποιεί το γινόμενο του πληθυσμού και του χρόνου ταξιδιού, για ένα δοσμένο αριθμό πυροσβεστικών σταθμών. Το μοντέλο συνόλου – κάλυψης αγνοεί τον πληθυσμό και βρίσκει τον ελάχιστο αριθμό των πυροσβεστικών σταθμών, που είναι αναγκαίος για να καλύψει την ζήτηση μέσα σε ένα ορισμένο όριο απόστασης χρόνου.

Το μοντέλο μέγιστης κάλυψης επαναφέρει την σπουδαιότητα του πληθυσμού, ενώ συγχρόνως χρησιμοποιεί το όριο απόστασης / χρόνου, έτσι ώστε να καλύπτεται όσο το δυνατό μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού ή περισσότερα σημεία ζήτησης.



Πηγή: ReVelle C. et al., «Facility location: A review of context-free and EMS models», *Health Services Research*, Summer 1979, pp. 137

Το μεγάλο του πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να προσδιορίσει το μέγιστο όριο κάλυψης της ζήτησης, που αναμένεται από ένα αριθμό πυροσβεστικών σταθμών μικρότερο από τον αναγκαίο που θα κάλυπτε όλη την ζήτηση¹⁰³.

Πολλοί θεωρητικοί επέκτειναν το μοντέλο της μέγιστης κάλυψης, εισάγοντας την παράμετρο των απασχολημένων πυροσβεστικών οχημάτων και ερευνώντας τις δυνατότητες απόκρισης των μονάδων. Συγκεκριμένα οι Gendreau, Laporte & Semet (1997), ανέπτυξαν μία έρευνα για ένα μοντέλο το οποίο μεγιστοποιεί τον καλυπτόμενο αριθμό διπλών κλήσεων ενώ οι Pirkul & Schilling (1988) εξέτασαν το πρόβλημα μέσα

¹⁰³ Revell C et al., «Facility Location: A Review of Context – free E.M.S. Models», *Health Service Research*, 1977, pp. :136-137.

από το κριτήριο της μεγιστοποίησης των κλήσεων που καλύπτονται με τον περιορισμό ενός αριθμητικού ορίου κλήσεων, στον οποίο κάθε όχημα μπορεί να ανταποκριθεί με ένα συγκεκριμένο εξοπλισμό. Οι Narasimhan, Pirkul & Schilling (1992), επεκτείνουν το μοντέλο μέγιστης κάλυψης για να συμπεριλάβουν το κριτήριο της μεγιστοποίησης του αριθμού των κλήσεων, που καλύπτονται σε διαφορετικές κατηγορίες συμβάντων. Για να το επιτύχουν θέτουν περιορισμούς στον αριθμό των οχημάτων και στην ικανότητα απόκρισης τους, με κριτήριο το είδος της κλήσης και τον προσδιορισμό της κάλυψης για διαφορετικά επίπεδα επέμβασης σε συνάρτηση με τον χρόνο. Έτσι θεωρούν ότι ένα όχημα μπορεί να εξυπηρετεί πρωταρχικά, δευτερεύοντα ή ταυτόχρονα επίπεδα έχοντας διαφορετικό πρότυπο χρόνο κάλυψης, για ένα από αυτά.

Ο Daskin (1983), στο μοντέλο *αναμενόμενης μέγιστης κάλυψης*¹⁰⁴ υποθέτει ότι κάθε όχημα είναι απασχολημένο με κάποια πιθανότητα ίση με p . Παράλληλα μπορεί κάποιος να υπολογίσει με ακρίβεια τον διαθέσιμο χρόνο των οχημάτων (διαδρομή και χρόνος εξυπηρέτησης) εκτιμώντας τον συνολικό φόρτο εργασίας. Δίνοντας την πιθανότητα απασχόλησης p για κάθε όχημα και τον αριθμό των οχημάτων που καλύπτουν την ζήτηση σε μια ζώνη, μπορεί να εκτιμηθεί η δυνατότητα κάλυψης της ζώνης, συνυπολογίζοντας την πιθανότητα ότι τουλάχιστον ένα από τα οχήματα (που την καλύπτουν) θα είναι αδρανές. Θεωρώντας ότι τα οχήματα είναι ανεξάρτητα ο προαναφερθείς υπολογισμός καθίσταται απλούστερος (ως «*υπόθεση ανεξαρτησίας*»).

Περαιτέρω για το ζήτημα της κάλυψης με την υπόθεση απασχολούμενων μονάδων και οχημάτων, αναπτύχθηκαν διάφορα θεωρητικά μοντέλα, μερικά εκ των οποίων προέρχονται από τους Church & Weaver (1985) οι οποίοι επέκτειναν το μοντέλο μέγιστης κάλυψης και ανέπτυξαν το μοντέλο (*Assignment*) *διανυσματικών p -μέσων* “*Vector Assignment p -Median Model*”, οι Hogan & Revelle (1986) οι οποίοι επέκτειναν το μοντέλο της αναμενόμενης μέγιστης κάλυψης και το μοντέλο της συνδυασμένης κάλυψης. Ομοίως οι Ball & Lin (1993) το 1989 επέκτειναν το μοντέλο της αναμενόμενης μέγιστης κάλυψης διαμορφώνοντας ένα μοντέλο παρόμοιο με των Hogan & Revelle (1989). Επιπλέον οι Marianov & Revelle (1994) επέκτειναν το μοντέλο συνδυασμένης κάλυψης για να διασφαλίσουν την πραγματική διαθεσιμότητα ενός οχήματος μέσα στα πρότυπα χρόνου και με μια συγκεκριμένη πιθανότητα, ενώ οι Marianov & Serra (2002) επέκτειναν με όμοιο τρόπο το μοντέλο συνδυασμένης κάλυψης και οι Silvia & Serra

¹⁰⁴ Το μοντέλο μεγιστοποιεί το αναμενόμενο αίτημα κάλυψης και το εμπνεύστηκαν οι Church & Revelle (1974).

(2003) πρόσθεσαν στο μοντέλο των Marianon & Revelle (1994) την πολλαπλή κλήση.

105

Μια άλλη μορφή επέκτασης του μοντέλου μέγιστης κάλυψης, αφορά τον συνυπολογισμό στο πρόβλημα της διαχείρισης των τύπων των πυροσβεστικών οχημάτων και του εξοπλισμού τους. Οι Schilling et al (1979), επεκτείνουν το μοντέλο μέγιστης κάλυψης και εξέτασαν ταυτόχρονα την χωροθέτηση της εγκατάστασης και την κατανομή του εξοπλισμού στις εγκαταστάσεις των πυροσβεστικών σταθμών. Το μοντέλο τους ονομάζεται **FLEET** και υποστηρίζει δύο τύπους εξοπλισμού. Στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί η ζήτηση που καλύπτεται από τους δύο τύπους οχημάτων - εξοπλισμού. Περαιτέρω υποτίθεται ότι κάθε τύπος εξοπλισμού έχει ένα διαφορετικό πρότυπο κάλυψης, ότι τα έξοδα χωροθέτησης είναι ίδια για όλες τις πιθανές θέσεις (ώστε αν ο αριθμός των θέσεων είναι σταθερός τότε τα έξοδα είναι σταθερά). Οι Jayaraman & Stinastava (1995)¹⁰⁶, επέκτειναν το μοντέλο αναμενόμενης μέγιστης κάλυψης του Daskin, συμπεριλαμβάνοντας πρωτεύοντα και δευτερεύοντα οχήματα. Το κριτήριο είναι η μεγιστοποίηση του αθροίσματος των κλήσεων από την πρωτεύουσα και δευτερεύουσα κάλυψη. Η πρωτεύουσα κάλυψη, όπως και η δευτερεύουσα, ορίζεται ως μεγαλύτερης προτεραιότητας μέσα στα αρχικά πρότυπα χρόνου. Οι περιορισμοί περιλαμβάνουν όρια στον αριθμό των πρωταρχικών και δευτερευόντων οχημάτων και επιχειρήσεων.

Ο Serra (1996), διατυπώνει το μοντέλο **συνεκτικής χωροθετικής κάλυψης (coherent covering location model)**. Εδώ, για παράδειγμα, υπάρχουν δύο τύποι οχημάτων A & B. Τα οχήματα τύπου A, μπορεί να παρέχουν A & B εξυπηρέτηση ενώ τα τύπου B οχήματα παρέχουν μόνο B εξυπηρέτηση. Το μοντέλο, προκειμένου να μεγιστοποιήσει την κάλυψη της κλήσης από τα οχήματα τύπου A ή από ένα όχημα τύπου A ή B, χρησιμοποιεί δύο κριτήρια. Υπάρχουν όρια στον αριθμό των A & B οχημάτων και ένα πρότυπο απόστασης το οποίο διασφαλίζει ότι τα B οχήματα χωροθετήθηκαν κοντά στα A οχήματα (αυτό είναι το συνεκτικό μέρος του μοντέλου). Η έννοια της κάλυψης εξαρτάται από τον τύπο της υπηρεσίας, ο οποίος έχει το δικό του αποδεκτό πρότυπο απόστασης. Το μοντέλο περιλαμβάνει περιορισμούς παρόμοιους με εκείνους των Revelle & Hogan (1989), για να διασφαλίσει την αξιοπιστία της κάλυψης στην περίπτωση απασχολημένων οχημάτων. Οι

¹⁰⁵ Jeffrey B. Goldberg (January -March 2004), «Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles», *EMS Management journal*, volume 1 number 1, pp. 28- 29

¹⁰⁶ Jayaraman, V., and Stinastava, R., 1995, «A service logistics model for simultaneous siting of facilities and multiple levels of equipment», *Computers and Operations Research*, vol. 22-2, pp.: 191-204

Batta & Mannur (1990)¹⁰⁷, επέκτειναν το μοντέλο μέγιστης και συνδυασμένης κάλυψης, στην περίπτωση κατά την οποία οι κλήσεις απαιτούν πολλαπλάσιες μονάδες του ίδιου τύπου. Όταν εμπλέκονται πολλαπλάσιες μονάδες, η κάλυψη εξαρτάται από την σειρά απόκρισης στην κλήση. Για παράδειγμα εάν μία κλήση απαιτεί 3 μονάδες τότε η κλήση μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει καλυφθεί εάν η πρώτη μονάδα απαντήσει μέσα σε 5 λεπτά, η δεύτερη σε 7 λεπτά, και η τρίτη σε 10. Τα πρότυπα χρόνου μπορεί να διαφέρουν για κάθε σύστημα και να δοθούν χωριστά για κάθε κλήση και για κάθε όχημα που ανταποκρίνεται.¹⁰⁸

2.3.2.3 Ανεπάρκειες των μοντέλων κάλυψης

Μέσα από την ανάπτυξη και εφαρμογή των μοντέλων κάλυψης στην χωροθέτηση – κατανομή πυροσβεστικών σταθμών και οχημάτων, διαπιστώθηκαν (όπως σε όλες τις μεθόδους άλλωστε) οι ακόλουθες ανεπάρκειες:

- 1) Η χρήση ενός απλού κριτηρίου (απόστασης ή χρόνου) όταν στην πραγματικότητα τα σημαντικότερα κριτήρια είναι τα έξοδα και η εκτέλεση έργου.
- 2) Η αδυναμία πρόβλεψης των απασχολούμενων οχημάτων και κατ' επέκταση στήριξης αιτημάτων πλήρους κάλυψης, ακόμη και όταν το μοντέλο πρεσβεύει πλήρη κάλυψη.
- 3) Κάθε κλήση απαιτεί ένα απλό πυροσβεστικό όχημα και έναν απλό τύπου εξοπλισμού, ενώ το αληθινό πρόβλημα έχει πολλαπλούς τύπους οχημάτων και εξοπλισμού που κρίνονται αναγκαίοι ανάλογα με το είδος των συμβάντων.
- 4) Όλη η ζήτηση, ο χρόνος διαδρομής και ο χρόνος εξυπηρέτησης υποτίθεται ότι είναι άμεσης σπουδαιότητας. Στο αληθινό πρόβλημα η ζήτηση (χωροθετικά) και ο χρόνος είναι απρογραμμάτιστα (αλλά με κάποιο τρόπο προβλέπονται και μοντελοποιούνται με βάση παρελθόντα στοιχεία). Οι χρόνοι εξυπηρέτησης και διαδρομής είναι επίσης τυχαίοι και μερικές φορές ποικίλλουν.
- 5) Χρησιμοποιώντας έναν απλό συνδυασμό κριτηρίων, οδηγούμαστε σε έναν απλό συνδυασμό χωροθετήσεων. Συνακόλουθα αυτά τα μοντέλα δεν έχουν την ικανότητα να αναλύσουν δυναμικά σενάρια χρόνου, για την επανατοποθέτησή τους.¹⁰⁹

¹⁰⁷ Batta, R., and Mannur, N., 1990, «Covering-location models for emergency situations that require multiple response units», *Management Science*, vol. 36-1, p.p.: 16-23.

¹⁰⁸ Jeffrey B. Goldberg (January -March 2004), «Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles», *EMS Management journal*, volume 1 number 1, pp.: 29-30.

¹⁰⁹ Οπ. σελ. 27

- 6) Τα μοντέλα κάλυψης, ως στατικά μοντέλα, υποθέτουν ότι κάθε πυροσβεστικό όχημα είναι διαθέσιμο να ανταποκριθεί και στις επόμενες κλήσεις, ενώ τα δυναμικά θεωρούν ότι μερικές μονάδες μπορεί να είναι μη διαθέσιμες για μια αποστολή γιατί θα είναι απασχολημένες σε ένα άλλο συμβάν. Γενικότερα τα στατικά μοντέλα υποθέτουν ότι: α) Οι πυροσβεστικές μονάδες αποστέλλονται από σταθερές περιοχές. β) Είναι ισοδύναμες και όμοιες. γ) Αποστέλλονται στο συμβάν πυροσβεστικά οχήματα από την πλησιέστερη μονάδα. δ) Οι πυρκαγιές προέρχονται από ένα πεπερασμένο σύνολο σημείων στ) Οι πιθανές νέες περιοχές για τις μονάδες πυρκαγιάς είναι περιορισμένες σε ένα πεπερασμένο σύνολο σημείων ε) Ο χρόνος ταξιδιού μεταξύ των πιθανών περιοχών και των σημείων απαίτησης είναι γνωστός.

Τα μοντέλα μέγιστης κάλυψης αποτέλεσαν το υπόβαθρο περαιτέρω προβληματισμού για την χωροθέτηση υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης και δη πυρόσβεσης – διάσωσης. Οι θεωρητικοί επέκτειναν τα υφιστάμενα μοντέλα κάλυψης, ανάλογα με τα χωροθετικά προβλήματα και ανέπτυξαν νέες εξελιγμένες μορφές τους με περισσότερες απαιτήσεις. Πάρα ταύτα εντοπίστηκαν πολλές αδυναμίες επίλυσης αλλά και εφαρμογής στην πρακτική τους διάσταση και για αυτό το λόγο αναζητήθηκαν καλύτερες λύσεις σε άλλες χωροθετικές μεθόδους.

2.3.3 Εφαρμογή του πολυκριτηριακού προβλήματος

Ως πρώτη προσπάθεια επιστημονικής αντιμετώπισης του προβλήματος σύνθεσης πολλαπλών κριτηρίων θεωρείται η εργασία του Pareto το 1896. Ο Koopmans (1951), επέκτεινε την έννοια της αποτελεσματικότητας του Pareto, ενώ οι Von Neumann και Morgenstern (1944) ανέπτυξαν τη θεωρία της χρησιμότητας, η οποία αποτελεί τη βάση ενός από τα κυριότερα μεθοδολογικά ρεύματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων. Στη δεκαετία του 1960 οι «προκαταρκτικές» ερευνητικές εργασίες, αποτέλεσαν τη βάση για την περαιτέρω έρευνα από τους Charnes και Cooper (1961), σχετικά με την σύνδεση της θεωρίας του γραμμικού προγραμματισμού και της πολυκριτηριακής ανάλυσης καθώς και από τον Fishburn (1965) όσον αφορά την επέκταση της θεωρίας της χρησιμότητας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων υπό το καθεστώς πολλαπλών κριτηρίων. Ο Roy (1968), ανέπτυξε τη θεωρία των σχέσεων υπεροχής και θεωρείται ο ιδρυτής της «Ευρωπαϊκής σχολής» της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Τις επόμενες δύο δεκαετίες (1970-1990) η πολυκριτηριακή ανάλυση

αναπτύχθηκε ραγδαία σε θεωρητικό επίπεδο αλλά και σε θέματα πρακτικών εφαρμογών, αφού η ταχύτερη πρόοδος της πληροφορικής παρείχε τα απαραίτητα μέσα για την υλοποίηση των μεθοδολογικών εξελίξεων της πολυκριτηριακής ανάλυσης σε ολοκληρωμένα πληροφορικά συστήματα (πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων) για την αντιμετώπιση διαφόρων πολύπλοκων πραγματικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων, μεταξύ των οποίων και η χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών.¹¹⁰ Η χωροθέτηση των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά των πολυσύνθετων χωροθετικών προβλημάτων. Η υιοθέτηση μονοκριτηριακών μεθόδων επίλυσης μέσω των παραδοσιακών μοντέλων που προαναφέραμε, συνέβαλε σημαντικά στην εύρεση και βελτίωση των χωροθετικών λύσεων. Μόλα ταύτα οι θεωρητικοί αναγνωρίζουν ότι η εισαγωγή περισσότερων του ενός στόχων - κριτηρίων στη διαδικασία λήψης απόφασης, θα οδηγήσει σε μια πιο ρεαλιστική απεικόνιση των πραγματικών προβλημάτων. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν μεθοδολογίες και μοντέλα προς αυτή την κατεύθυνση.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα πολλά κριτήρια συνδυάζονται με ένα κριτήριο. Η διαδικασία χωροθέτησης ενός πυροσβεστικού σταθμού με την επίλυση του προβλήματος της πολυκριτηριακής θεώρησης, δηλαδή μέσω πολλαπλών στόχων και κριτηρίων, δημιουργεί πολλά οφέλη όπως: α) ανταποκρίνονται σε πραγματικά προβλήματα χωροθέτησης, στα οποία ο τελικός στόχος είναι πολυδιάστατο μέγεθος και ο αντικειμενικός προσδιορισμός του εμπεριέχει την επιμέρους θεώρηση και εκτίμηση των μεγεθών που το προσδιορίζουν, β) η λύση προσφέρεται μέσα από ένα ευρύ σύνολο λύσεων και γ) αποσαφηνίζεται ο ρόλος των συμμετεχόντων στον σχεδιασμό και την λήψη των αποφάσεων. Το (γ) όφελος αποτελεί το συγκριτικό πλεονέκτημα της πολυκριτηριακής ανάλυσης έναντι άλλων μεθοδολογιών, αφού η συμμετοχή του αποφασίζοντα στη διαδικασία επίλυσης καθίσταται απαραίτητη, ώστε να εκφράσει τις προτιμήσεις του σε σχέση με τις επιδόσεις των εναλλακτικών επιλογών στα εξεταζόμενα κριτήρια και να καταλήξει στην τελική του απόφαση. Επειδή η χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών, ως δημοσίων επενδύσεων, γίνεται *υπό το πρίσμα του εκάστοτε συστήματος πολιτικής λήψης των αποφάσεων, προτιμήσεων και αξιών, το οποίο συνειδητά ή ασυνειδητά χρησιμοποιεί ο αποφασίζων (υπηρεσιακός ή άλλος παράγοντας)*, η πολυκριτηριακή μεθοδολογία εξάγει ουσιαστικά αποτελέσματα.

¹¹⁰ Π.Ν. Κονδύλο, *Πολυκριτηριακή ανάλυση και Χωροθέτηση τραπεζικών καταστημάτων*, MBA, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2009, σελ. 9-11.

Τα εξεταζόμενα και αξιολογούμενα κριτήρια και στόχοι αναφορικά με τη χωροθέτηση – κατανομή πυροσβεστικών σταθμών και οχημάτων μέσα από μια πολυκριτηριακή μοντελοποίηση, μπορεί να είναι χρονικά, κοινωνικά, γεωγραφικά, οικονομικά, πολιτικά κ.ο.κ. Οι Tzeng και Chen (1999), εξετάζουν τρεις στόχους για την βέλτιστη χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών στους αερολιμένες: 1) Ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους για την οργάνωση των σταθμών πυρκαγιάς και της αποτυχίας (θεωρείται ως κόστος) μιας επιχείρησης, 2) Ελαχιστοποίηση της μέγιστης απόστασης από τους σταθμούς πυρκαγιάς σε οποιοδήποτε συναφές σημείο, ενός συμβάντος και 3) Ελαχιστοποίηση της μέγιστης απόστασης από οποιοδήποτε σταθμό πυρκαγιάς στην περιοχή υψηλού κινδύνου. Ο Badri and al (1998), εξέτασαν έντεκα (11) στόχους, σε ένα γενικό πολυκριτηριακό μοντέλο για την χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών.¹¹¹ Αυτοί οι στόχοι ενσωματώνουν, τους χρόνους και τις αποστάσεις ταξιδιού ταυτόχρονα από τους σταθμούς προς τις περιοχές του ατυχήματος και εξετάζουν και άλλους στόχους, σχετικούς με τις δαπάνες και τεχνικά ή πολιτικά κριτήρια (όπως η διαθεσιμότητα του νερού και η αλληλοεπικάλυψη με άλλους σταθμούς πυρκαγιάς κ.λπ.). Αυτοί οι έντεκα (11) στόχοι είναι οι ακόλουθοι: 1) Ελαχιστοποίηση του σταθερού κόστους, 2) Ελαχιστοποίηση της συνολικής ετήσιας λειτουργικής δαπάνης, 3) Μεγιστοποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών, στις περιοχές που απαιτείται, με βάση την επίπεδο προβλέψεων για συμβάντα, 4) Ελαχιστοποίηση της μέσης απόστασης που διανύεται από το σταθμό στις περιοχές ευθύνης ατυχήματος, 5) Ελαχιστοποίηση της μέγιστης απόστασης που διανύεται από το σταθμό στις περιοχές ευθύνης ατυχήματος, 6) Ελαχιστοποίηση του μέσου χρόνου που ταξιδεύουν από το σταθμό στις περιοχές ευθύνης ατυχήματος, 7) Ελαχιστοποίηση του μέγιστου χρόνου που ταξιδεύουν από το σταθμό στις περιοχές ατυχήματος, 8) Επίτευξη του στρατηγικού στόχου για τον αριθμό των απαιτούμενων σταθμών πυρκαγιάς, 9) Ελαχιστοποίηση της αλληλοεπικάλυψης, των υπηρεσιών και των σταθμών πυρκαγιάς, 10) Επίτευξη του στρατηγικού στόχου για την ευνοϊκότερη θέση του σταθμού πυρκαγιάς και 11) Ελαχιστοποίηση της πιθανότητας προβληματικής διαθεσιμότητας ύδατος.¹¹²

¹¹¹ Όμοιο μοντέλο εφαρμόστηκε στο κρατίδιο του Dubai, για την χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών.

¹¹² L. Yanga, F.Bryan Jones, Shuang-Hua Yang c (2007), «A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire station locations through genetic algorithms», *European Journal of Operational Research*, 181, p. 905.

Ειδικότερα, όσον αφορά τα μοντέλα κάλυψης που εξετάζονται με την υπόθεση μίας δεδομένης χρονικής περιόδου και από την στιγμή που οι αποφάσεις χωροθέτησης συχνά εμπλέκουν εκτεταμένα έξοδα κεφαλαίου, κάποιος μπορεί να θέλει να εξετάσει ένα πολλαπλό πρόβλημα σε μία μακρά χρονική περίοδο (χρόνια και δεκαετίες). Ο Schilling (1980)¹¹³, υποστηρίζει ένα δυναμικό πολυκριτηριακό μοντέλο το οποίο διαχωρίζεται σε χρονικές περιόδους (για παράδειγμα χρόνια). Η μεθοδολογία του επεκτείνει το μοντέλο μέγιστης κάλυψης, για να υποστηρίξει έναν διαφορετικό συνδυασμό χωροθέτησης για κάθε χρονική περίοδο. Το μοντέλο είναι πολυκριτηριακό, υπό την έννοια ότι υπάρχει ένα κριτήριο για να μεγιστοποιήσει το συνολικό αίτημα που καλύπτεται σε κάθε περίοδο. Αυτό περιλαμβάνει όρους που περιορίζουν τον συνολικό αριθμό των τοποθετούμενων σε κάθε χρονική περίοδο οχημάτων και διασφαλίζουν ότι, εάν κάποιος τοποθετήσει ένα όχημα σε μία θέση σε χρονική περίοδο t , τότε θα χρησιμοποιήσει επίσης την θέση σε χρονικές περιόδους $t+1, t+2 \dots T$.¹¹⁴

Περαιτέρω οι Schilling, ReVelle, Cohen & Elzinga (1980)¹¹⁵, επέκτειναν το μοντέλο μέγιστης κάλυψης, διαχωρίζοντας την ζήτηση για κάθε ζώνη σε δύο τύπους κλήσεων, όπου κάθε τύπος έχει διαφορετική προτεραιότητα. Εν συνεχεία διαμόρφωσαν δύο κριτήρια: α) την μεγιστοποίηση της κάλυψης στις υψηλής προτεραιότητας κλήσεις και β) την μεγιστοποίηση της κάλυψης της επόμενης προτεραιότητας κλήσεων σε κάθε ζώνη. Προσέτι, έθεσαν την ύπαρξη δύο τύπων οχημάτων, ως έναν περιορισμό στον προϋπολογισμό για την αγορά νέου εξοπλισμού.

Οι Revelle & Snyder (1995)¹¹⁶, ανέπτυξαν το μοντέλο «*FAST*» για να χωροθετήσουν ταυτόχρονα πυροσβεστικά οχήματα και ασθενοφόρα. Το μοντέλο θεωρείται πολυκριτηριακό ως προς το ότι προσπαθεί να μεγιστοποιήσει την κάλυψη της κλήσης για φωτιά και για ιατρική βοήθεια. Οι Revelle, Schweitzer & Snyder (1996)¹¹⁷, επεκτείνουν το μοντέλο μέγιστης κάλυψης για την περίπτωση κατά την οποία οι θέσεις των πυροσβεστικών μονάδων μπορεί να μην χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν τις δικές

¹¹³ Schilling, D., 1980, «Dynamic location modelling for public-sector facilities: A multi-criteria approach», *Decision Sciences*, vol. 11, pp. 714-724.

¹¹⁴ Jeffrey B. Goldberg (January -March 2004), «Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles», *EMS Management journal*, volume 1 number 1, pp 26.

¹¹⁵ Schilling, D., ReVelle, C., Cohen, J. and Elzinga, D., 1980, «Some models for fire protection locational decisions», *European Journal of Operational Research*, vol. 5-1, pp. 1-7.

¹¹⁶ Revelle, C., and Snyder, S., 1995, «Integrated fire and ambulance siting: A Deterministic Model», *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 29-4, pp.: 261-271

¹¹⁷ ReVelle, C., Schweitzer, J., and Snyder, S., 1996, «The maximal conditional covering problem», *INFOR*, vol. 34-2, pp.:77-91.

τους ζώνες (δηλ. να επιχειρούν εκτός τομέα ευθύνης). Αυτό το μοντέλο έχει εφαρμογή σε μεγάλης κλίμακας καταστροφές, με την χρήση πολλαπλών κριτηρίων που μεγιστοποιούν την κάλυψη της ζήτησης. Ο συγκεκριμένος συνδυασμός των κατά Pareto λύσεων, δίδεται στον λήπτη της απόφασης ο οποίος επιλέγει. Οι περιορισμοί περιλαμβάνουν τους τύπους των οχημάτων και των αριθμό τους, τον προϋπολογισμό κατασκευής για τους σταθμούς και την σκέψη ότι κάθε θέση μπορεί να αντιστοιχεί σε ασθενοφόρο ή σε πυροσβεστικό όχημα.

Περαιτέρω πλήθος συναφών πολυκριτηριακών προβλημάτων και μοντέλων αναπτύχθηκαν για την χωροθέτηση – κατανομή των πυροσβεστικών σταθμών κυρίως την τελευταία εικοσαετία ακόμη και για χωροθετικά προβλήματα εθνικής κλίμακας.

2.3.4 Η εφαρμογή πιο σύγχρονων προβλημάτων

2.3.4.1 Το στοχαστικό (πιθανολογικό) πρόβλημα.

Τα ντετερμινιστικά μοντέλα χωροθέτησης εστιάζουν στις τοποθεσίες στις οποίες θα απασχοληθούν οι διαχειριστές, αλλά δεν υπολογίζουν την περίπτωση κατά την οποία μερικοί από τους διαχειριστές, θα πρέπει να αντιμετωπίσουν επιπρόσθετες κλήσεις. Δηλαδή περιπτώσεις στις οποίες κανένας διαχειριστής δεν είναι διαθέσιμος για να ανταποκριθεί σε μια κλήση. Τα μοντέλα της εφεδρικής και επιπρόσθετης κάλυψης προσπαθούν να επιλύσουν αυτό το έλλειμμα, τοποθετώντας επιπλέον διαχειριστές, αλλά χωρίς να υπολογίσουν και πάλι τον μέγιστο επιτρεπόμενο χρόνο απόκρισης στο συμβάν.

Τα **πιθανοθεωρητικά μοντέλα** ξεκινούν αυτήν την υπολογιστική διαδικασία για πυκνοκατοικημένες (επιβαρυνμένες) περιοχές. Η συγκεκριμένη διαδικασία μετράει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ένας διαχειριστής έχει υπερβεί τις κλήσεις. Η ζητούμενη λύση αποτελεί τμήμα της τελικής, διότι η πυκνοκατοικημένη περιοχή μοντελοποιείται ντετερμινιστικά, όταν στην πραγματικότητα τα δεδομένα της είναι τυχαίες μεταβλητές. Επιπρόσθετα ο χρόνος ταξιδιού είναι μια τυχαία μεταβλητή (αλλά δεν την χειριζόμαστε έτσι σε τέτοια μοντέλα)¹¹⁸.

¹¹⁸ Στο παρελθόν τα χωροθετικά μοντέλα υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, είχαν ωφεληθεί από εργαλεία και μεθόδους που βασίζονταν τυχαίο, όσο αφορά την διαθεσιμότητα του διαχειριστή έκτακτης ανάγκης και υπέθεταν έναν μονό τύπο του.

Μία πρώτη προσέγγιση ήταν μια πιθανολογική εκδοχή του προβλήματος κάλυψης (Chapman and White, 1974)¹¹⁹. Για γίνει αυτό το μοντέλο λειτουργικό, οι συγγραφείς έπρεπε να υποθέσουν ότι η πυκνοκατοικημένη περιοχή και ο χρόνος που ήταν απασχολημένος ο διαχειριστής, ήταν γνωστά από την αρχή για τον διαχειριστή κάθε περιοχής. Η πιο εύκολη υπόθεση ήταν η εξής: «η απασχολημένη περιοχή έχει την ίδια τιμή για όλους τους διαχειριστές, ανεξαρτήτως από το πού αναπτύσσονταν οι τελευταίοι στο δίκτυο». Ήταν εύκολο να υπολογισθεί η πυκνοκατοικημένη περιοχή στο σύστημα, σύμφωνα με την συχνότητα των κλήσεων. Στη συνέχεια η περιοχή αυτή εφαρμοζόταν για όλους τους διαχειριστές, ανεξαρτήτως τοποθεσίας. Ένας περιορισμός αξιοπιστίας θα μπορούσε να γραφεί για κάθε κόμβο απαίτησης. Ένας περιορισμός, εξειδικεύει το ελάχιστο τμήμα των συμβάντων, στα οποία ένας διαχειριστής θα πρέπει να είναι διαθέσιμος (στον αιτούμενο κόμβο), στα πλαίσια των χρονικών προτύπων. Πχ. ο περιορισμός αξιοπιστίας, μπορεί να λέει ότι ένας ειδικός κόμβος θα πρέπει να έχει έναν διαχειριστή διαθέσιμο να ανταποκριθεί στις 90 από τις 100 κλήσεις που προέρχονται από εκείνον τον κόμβο ζήτησης, μέσα στο οριζόμενο χρονικό περιθώριο. Αυτός ο περιορισμός αξιοπιστίας μπορεί να ενισχυθεί σε διαφορετικά επίπεδα, για κάθε κόμβο ζήτησης. *Τα πρώτα πιθανολογικά μοντέλα χωροθέτησης, επικεντρώθηκαν στον ελάχιστο αριθμό των πυροσβεστικών οχημάτων, έτσι ώστε κάθε περιοχή ζήτησης να έχει έναν διαθέσιμο διαχειριστή, σύμφωνα με τα χρονικά μοντέλα και την προσδοκώμενη αξιοπιστία.* Παρόλο που αυτό το ειδικό μοντέλο χωροθέτησης, δεν απασχόλησε κανέναν για δέκα χρόνια, οι υποθέσεις του διασώθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν διαχρονικά από τον Daskin το 1983, ο οποίος αναγνώρισε ότι οι διαχειριστές δεν ήταν πάντα διαθέσιμοι.

Ο στόχος του μοντέλου χωροθέτησης του (Daskin το 1983)¹²⁰, ήταν να *μεγιστοποιήσει τον αναμενόμενο πληθυσμό που καλυπτόταν, δίνοντας έναν περιορισμένο αριθμό πυροσβεστικών οχημάτων που θα έπρεπε να επεκταθούν.* Το μοντέλο αυτό, προκάλεσε την έρευνα στα πιθανολογικά μοντέλα χωροθέτησης, τα οποία παρείχαν περισσότερο ορθολογικούς υπολογισμούς. Εν συνεχεία οι Revelle και Hogan (1989), διατύπωσαν νέα

¹¹⁹ Chapman, S. and J. White (1974), «Probabilistic Formulations of Emergency Service Facilities Location Problems», *Paper presented to the ORSA/TIMS Conference*, San Juan, Puerto Rico.

¹²⁰ Daskin, M. 1983., «A Maximum Expected Covering Location Model: Formulation, Properties and Heuristic Solution», *Transportation Science*, p.p.: 17: 48.

πιθανολογικά μοντέλα.¹²¹ Τα τελευταία είχαν ως στόχο την ελαχιστοποίηση του αριθμού των οχημάτων σε ειδικούς τομείς πολυάσχολων τμημάτων, με δεδομένη την ανομοιογένεια του κάθε τμήματος, που υπολογίζονται από την συχνότητα των τοπικών κλήσεων, τον τοπικό αριθμό των διαχειριστών και την διάρκεια κάθε κλήσης. Αποτελούν τα κλειδιά για την πρόσφατη ραγδαία πρόοδο στην χωροθέτηση των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης. Το πιθανολογικό μοντέλο για το πρόβλημα κάλυψης μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: *«Να βρει κανείς τις θέσεις και τον ελάχιστο αριθμό των οχημάτων, έτσι ώστε κάθε περιοχή ζήτησης να έχει έναν διαχειριστή διαθέσιμο να ανταποκριθεί μέσα στα χρονικά πρότυπα και με αξιοπιστία. Τα τοπικά πολυάσχολα τμήματα των οχημάτων δεν τα υποθέτουμε εκ των προτέρων αλλά υπολογίζονται από την λύση του προβλήματος»*.¹²²

Πιο πρόσφατο βελτιωμένο μοντέλο, είναι η *πιθανολογική έκδοση του μοντέλου FLEET* το οποίο αποκαλείται μοντέλο της μέγιστης διαθεσιμότητας. Αυτό διερευνά την επέκταση των πυροσβεστικών οχημάτων και των σταθμών, με τέτοιο τρόπο ώστε ο μέγιστος αριθμός των ανθρώπων ή των κλήσεων, να έχουν διαθέσιμο ένα όχημα, πληρώντας τα χρονικά πρότυπα και τα πρότυπα απόστασης καθώς και της αξιοπιστίας.¹²³ Ένα άλλο μοντέλο είναι αυτό της *σταθερής απόκρισης (standard response)*. Στις περισσότερες πολιτείες της Αμερικής, η σταθερή έξοδος, σε μια κλήση για φωτιά είναι τρεις μηχανές και δύο πυροσβεστικά οχήματα. Σε αυτό το μοντέλο η ουσία του προβλήματος αφορά την χωροθέτηση των μονάδων, των οχημάτων, των μηχανών και των πυροσβεστικών σταθμών, ώστε να παρέχουν την κάλυψη σταθερής απόκρισης στο μάξιμουμ του πληθυσμού. Αυτό το μοντέλο μπορεί να επεκταθεί σε ένα πρόβλημα που αποκαλείται μοντέλο *μέγιστης διαθεσιμότητας και σταθερής απόκρισης*. Στην περίπτωση αυτή οι μηχανές τα οχήματα και οι σταθμοί θα πρέπει να τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιούν την κάλυψη του πληθυσμού και η σταθερή απόκριση να είναι διαθέσιμη με αξιοπιστία. Αυτό το πρόβλημα είναι μια πιθανολογική εκδοχή του προηγούμενου ντετερμινιστικού προβλήματος.

¹²¹ Re Velle C.S., «Siting Ambulances and Fire Companies. New tools for Planners», *Journal of the American Planning Association*, p. p.: 477-478.

¹²² Οπ. σελ. 484.

¹²³ Ο.π. σ.σ 478-480.

2.3.4.2 Οι υβριδικές προσεγγίσεις

Ο Larson (1974)¹²⁴, εισάγει για πρώτη φορά το υβριδικό μοντέλο το οποίο, όπως και η προσομοίωση, είναι περιγραφικό και θα πρέπει να αναπτυχθεί σε ένα πλαίσιο βελτιστοποίησης, προκειμένου να ανευρεθούν οι βέλτιστες λύσεις. Το μοντέλο υποθέτει ότι οι κλήσεις έρχονται στο σύστημα βασιζόμενες σε μία κατανομή Poisson¹²⁵ και ότι ο χρόνος εξυπηρέτησης για κάθε κλήση είναι μια εκθετική εξίσωση με μέσο μ . Ο Larson χρησιμοποιεί αυτές τις υποθέσεις για να διαμορφώσει ένα μοντέλο για κάθε πιθανό συνδυασμό αδρανών και απασχολημένων οχημάτων. Για παράδειγμα, εάν υπάρχουν πέντε (5) οχήματα, τότε η δήλωση (1,0,1,1,0) ανταποκρίνεται στα οχήματα 1,3, και 4, που είναι απασχολημένα και στα οχήματα 2 και 5 που είναι αδρανή. Εάν μία κλήση φθάσει όταν το σύστημα είναι σε αυτήν την κατάσταση, τότε αυτή θα εξυπηρετηθεί είτε από το όχημα 2 ή το 5, εξαρτώμενη από την χωροθέτηση της κλήσης σε σχέση με τα δύο οχήματα. Στα υβριδικά μοντέλα, κάθε κλήση υποτίθεται ότι απαιτεί ένα όχημα και ότι κάθε ζώνη έχει μία μοναδική επιλογή στα διαθέσιμα οχήματα. Αυτή η μοναδική επιλογή υπονοεί απλά ότι για κάθε κλήση υπάρχει μία αποστολή. Ο συντονιστής θα χρησιμοποιήσει το πρώτο αδρανές όχημα στην λίστα, σύμφωνα με την απόσταση. Γενικά η απόσταση επιλέγεται αλλά δεν απαιτείται στο μοντέλο. Περαιτέρω με επεκτάσεις και βελτιώσεις του αρχικού μοντέλου ασχολήθηκαν πολλοί θεωρητικοί όπως: οι Burwell, Jarvis & McKnew (1993), οι Goldberg & Szidarovsky (1991), οι Datta, Dolan & Krishnamurthy (1989) κλπ.¹²⁶

2.3.4.3 Οι δυναμικές χρονικά προσεγγίσεις

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, τα στατικά ντετερμινιστικά μοντέλα υιοθετούν ένα απλό συνδυασμό αιτημάτων, χρόνων διαδρομής, χρόνων εξυπηρέτησης και παράγουν συνδυαστικά αποτελέσματα χωροθέτησης για κάθε περίπτωση. Ωστόσο τα δεδομένα μας δεν είναι σταθερά και έχουν δραματικές αλλαγές καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, της εβδομάδας, ακόμη και του χρόνου. Αυτό το χαρακτηριστικό αφορά και τα προβλήματα

¹²⁴ Larson, R., 1974. «A Hypercube Queuing Model for Facility Location and Redistricting in Urban Emergency Services», *Computers and Operations Research* 1: 67.

¹²⁵ Η κατανομή Poisson είναι μια διακριτή συνάρτηση κατανομής τυχαίας μεταβλητής που περιγράφει τον αριθμό εμφανίσεων ενός γεγονότος σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

¹²⁶ Jeffrey B. Goldberg (January -March 2004), «Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles», *EMS Management journal*, volume 1 number 1, pp.: 31-32

χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών. Μία προσέγγιση που συμβαδίζει με την δυναμική φύση αυτών των προβλημάτων είναι να τημηθεί η εβδομάδα σε 168 ωριαίες περιόδους, και να τρέξει το μοντέλο για κάθε περίοδο. Ένας χρήστης θα πρέπει να συνδυάσει τις λύσεις, χωρίς τα οχήματα να αλλάζουν θέσεις βιαίως. Επίσης κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει τα χωροθετικά μοντέλα και να κάνει έναν προσχεδιασμό για κάποιες άτυπες καταστάσεις.

Για τα μικρά χρονικά προβλήματα, οι Repede & Bernardo (1994)¹²⁷ επεκτείνουν το μοντέλο μέγιστης κάλυψης του Daskin, για να επιτρέψουν διαφορετικές χωροθετήσεις σε διαφορετικούς χρόνους της εβδομάδας (δυναμική επανατοποθέτηση). Επίσης περιλαμβάνεται ένας συνδυασμός από περιορισμούς στον αριθμό των οχημάτων κατά την διάρκεια κάθε ώρας, για να ελεγχθούν οι δαπάνες. Δεν υπάρχει κανένας περιορισμός σχετικά με το πόσες φορές ένα όχημα μπορεί να αλλάξει βάση κατά την διάρκεια της ημέρας. Ο Amiri (2001), χρησιμοποιεί μία παρόμοια προσέγγιση ενώ περιλαμβάνει ένα κριτήριο το οποίο υποστηρίζει τον χρόνο εργασίας, τον χρόνο διαδρομής, και τον χρόνο αναμονής των κλήσεων. Οι Gendreau, Laporte & Semet (2001),¹²⁸ αναπτύσσουν ένα μοντέλο το οποίο υποστηρίζει το κριτήριο της μεγιστοποίησης της ζήτησης για διπλή κάλυψη. Οι περιορισμοί περιλαμβάνουν: τον αριθμό των οχημάτων για κάθε περιοχή, την κίνηση του οχήματος και τις μακρινές και κυκλικές διαδρομές ανάμεσα σε δύο περιοχές. Το μοντέλο έχει χρησιμοποιηθεί στα συστήματα επείγουσας ανάγκης του Μόντρεαλ (Καναδάς) και σχεδιάστηκε για να επιλύονται σε αληθινό χρόνο τα προβλήματα επανατοποθέτησης των οχημάτων επείγουσας ανάγκης. Αυτό το μοντέλο ενσωματώνεται σε ένα λογισμικό, που υποστηρίζει την εκτέλεση των αποστολών των οχημάτων.

Οι αποφάσεις για την αποστολή σε κλήσεις επείγουσας ανάγκης είναι γενικά απλές στο βαθμό που ανατίθεται η κλήση στο πλησιέστερο ελεύθερο όχημα. Όμως παρόλα αυτά μερικές φορές μπορεί να είναι καλύτερα για το σύστημα να στέλνεται ένα δεύτερο αδρανές όχημα από το πλησιέστερα. Αυτό το γεγονός είναι πιθανό να συμβαίνει όπου υπάρχουν δύο ή περισσότερα οχήματα, τα οποία είναι κατά προσέγγιση ίσα στο χρόνο ταξιδιού. Οι κλήσεις για πυρκαγιά είναι ένα ιδιαίτερο ζήτημα για το οποίο οι Chelst &

¹²⁷ Repede, J., and Bernardo, J., 1994, «Developing and validating a decision support system for locating emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky», *European Journal of Operational Research*, vol. 75-3, pp. :567-581.

¹²⁸ Gendreau, M., Laporte, G., and Semet, F., 2001, «A dynamic model and parallel tabu search heuristic for real-time ambulance relocation», *Parallel Computing*, vol. 27, pp.: 1641-1653.

Barlach (1981),¹²⁹ υποστήριξαν την πολλαπλή αποστολή των οχημάτων που θα πρέπει να εκτελούν το καθήκον τους. Στην εργασία τους χρησιμοποιούν την μεθοδολογία των υβριδικών μοντέλων και το βασικό ενδιαφέρον τους εστιάζεται στον χρόνο του πρώτου ανταποκριτή στο συμβάν. Ο Swersey (1982), αναπτύσσει ένα μοντέλο απόφασης για να επιλέξει πόσες και ποιες υπηρεσίες πυρόσβεσης θα επιφορτισθούν με συμβάντα σε ένα αστικό σύστημα υψηλής επικινδυνότητας. Οι Cuninghame, Greene & Harries (1988), αποδεικνύουν ότι χρησιμοποιώντας το πλησιέστερο αδρανές όχημα, στο οποίο ανατίθεται η αποστολή, επέρχεται η επιχειρησιακή βελτιστοποίηση με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του μέσου χρόνου απόκρισης.¹³⁰

2.3.5 Εφαρμογή της προσομοίωσης

Η προσομοίωση επιτρέπει την εφαρμογή σεναρίων σε ένα σύστημα, προκειμένου να αριστοποιήσουμε τα αποτελέσματά του. Τα σενάρια μπορεί να περιλαμβάνουν μεταβολές στην δυναμικότητα του ανθρώπινου δυναμικού του πυροσβεστικού σταθμού, στον αριθμό των πυροσβεστικών οχημάτων, στο κόστος κατασκευής κ.λπ. Το σενάριο, το οποίο θα μεγιστοποιήσει τη χρησιμοποίηση των πόρων, ενώ παράλληλα θα διατηρήσει τους επιθυμητούς χρόνους ή αποστάσεις ταξιδιού που έχουν τεθεί σαν όριο για την περιοχή κάλυψης, είναι τελικά αυτό που θα επιλεγεί. Ένα γενικό παράδειγμα μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

«Η χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών σε ένα σύνολο υποψήφιων περιοχών μιας πόλης, που έχει 2 κατοίκους ανά τετραγωνικό μέτρο και πάνω από δέκα συμβάντα ημερησίως, πρόσβαση στο κεντρικό δίκτυο, πυροσβεστικούς κρουνούς κλπ»

Η μέθοδος της ανάλυσης χωροθέτησης θα τοποθετήσει τις αντίστοιχες μονάδες σε αυτές τις περιοχές, επιλύοντας το χωροθετικό πρόβλημα στο οποίο το ζητούμενο μπορεί να είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου ταξιδιού, η ελαχιστοποίηση των μέγιστων αποστάσεων ή η κάλυψη του μεγαλύτερου δυνατού πληθυσμού μέσα σε συγκεκριμένα χρονικά όρια που έχουν τεθεί. Εν συνεχεία, η μέθοδος της προσομοίωσης μπορεί να εξετάσει εναλλακτικά σενάρια που έχουν να κάνουν με τις διαφορετικές εισροές (μεταβλητές) που θα τεθούν για τους πυροσβεστικούς σταθμούς στο μοντέλο μας, μέσω

¹²⁹ Chelst, K., and Barlach, Z., 1981, «Multiple unit dispatches in emergency services: models to estimate system performance», *Management Science*, vol. 27-12, pp.: 1390-1409.

¹³⁰ Jeffrey B. Goldberg (January -March 2004), "Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles", *EMS Management journal*, volume 1 number 1, pp 32

του υπολογιστικού προγράμματος. Περαιτέρω θα συγκριθούν τα αποτελέσματα αυτών των σεναρίων όσον αφορά τους επιθυμητούς στόχους, όπως ο χρόνος πρόσβασης των οχημάτων από τους πυροσβεστικούς σταθμούς, η ελαχιστοποίηση της μέγιστης απόστασης κ.ο.κ

Οι Savas (1969) & Fitzimmons (1971), ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν το μοντέλο προσομοίωσης για τα συστήματα επείγουσας ανάγκης. Περαιτέρω αναφέρονται οι θεωρητικοί που υιοθέτησαν την μέθοδο της προσομοίωσης στην χωροθέτηση των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης. Οι Berlin & Liebman (1971), χρησιμοποίησαν την προσομοίωση για να εκτιμήσουν τις λύσεις ενός απλού μοντέλου κάλυψης. Οι Monarchi, Hendrick & Plane (1977), οι Fitzimmons & Stikar (1982), και οι Repede & Bernardo (1994) εκτίμησαν ομοίως τις αποφάσεις που λαμβάνονται με την βοήθεια άλλων μοντέλων, για την χωροθέτηση υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης. Οι Trudeau, Rousseau, Ferland & Choquette (1989), αναφέρουν μια μεθοδολογία λύσεων η οποία περιλαμβάνει συλλογή στοιχείων και μοντέλα προσομοίωσης για τον σχεδιασμό και την λειτουργία ενός συστήματος επείγουσας ανάγκης. Οι Erkut & Polat (1992), έχτισαν ένα λεπτομερές μοντέλο προσομοίωσης, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην Κωνσταντινούπολη για να βοηθήσει στην ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου διαδρομής και του ποσοστού των κλήσεων που καθυστερούν να εξυπηρετηθούν από την πυροσβεστική υπηρεσία. Οι Goldberg et al (1990)¹³¹ συζητούν ένα παρόμοιο μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στην Tucson, (Αριζόνα), για να βοηθήσει να τεκμηριωθεί ένα άλλο λιγότερο λεπτομερές μοντέλο. Οι Zaki, Cheng & Parker (1997),¹³² περιγράφουν ένα λεπτομερές μοντέλο το οποίο χρησιμοποιήθηκε στο Ρίτσμοντ των ΗΠΑ¹³³.

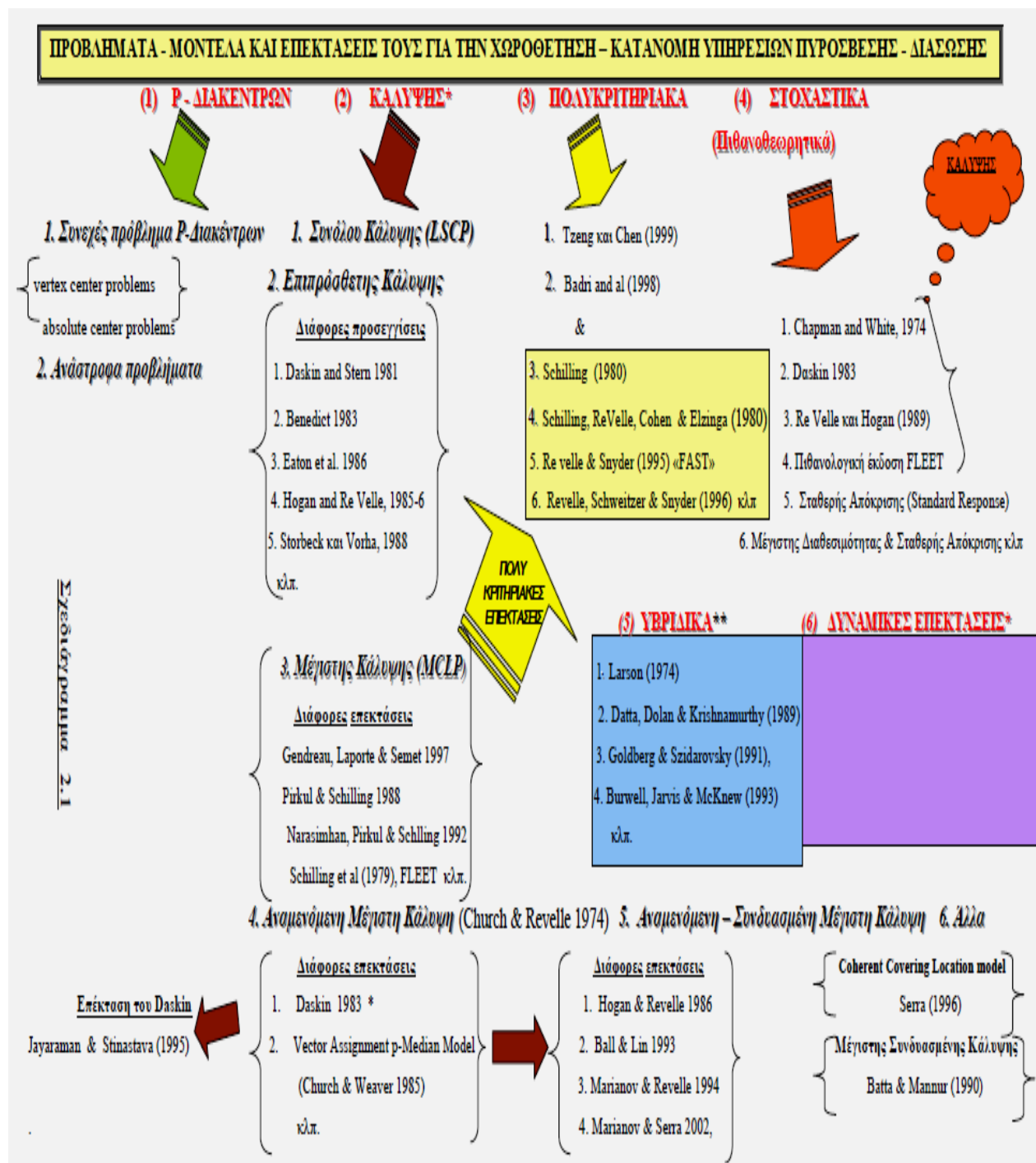
Μέσω της θεωρητικής αναδρομής στην ιστορική εξέλιξη της μεθοδολογίας ανάλυσης χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών, έγινε αναφορά στα πρώιμα μοντέλα, στην πορεία εξέλιξής τους και στις σύγχρονες μεθόδους. Περαιτέρω έγινε μνεία σε εκείνα που υιοθετούσαν απλές ή σύνθετες μεθοδολογίες, που ήταν εφαρμοστέα και παρήγαγαν ορθολογικά αποτελέσματα και στις επεκτάσεις τους. Στο *σχεδιάγραμμα 2.1 (σελίδα 86)* παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα βασικά

¹³¹ Goldberg, J., Dietrich, R., Chen, J., Mitwasi, G., Valenzuela, T., and Criss, L., 1990a, «A Simulation Model for Evaluating a Set of Emergency Vehicle Locations: Development, Validation, and Usage», *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 24, p.p.: 125-141.

¹³² Zaki, A., Cheng, H., and Parker, B., 1997, «A simulation model for the analysis and management of an emergency service system», *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 31-3, pp.173-189.

¹³³ Jeffrey B. Goldberg (January -March 2004), «Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles», *EMS Management journal*, volume 1 number 1, p. 25.

μοντέλα χωροθέτησης και οι επεκτάσεις τους όπως αυτά αναπτύχθηκαν στο 2^ο κεφάλαιο. Παράλληλα αναφέρονται συγκεντρωτικά οι θεωρητικοί που ανέπτυξαν ή επέκτειναν τα συγκεκριμένα μοντέλα ή πρόσθεσαν την δική τους θεωρητική γνώση – άποψη, για την χωροθέτηση των υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης και ειδικότερα των πυροσβεστικών σταθμών.



ΠΕΡΙΠΤΩΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ Π.Σ και Π.Ο.

Στα κεφάλαια 1 και 2, μελετήθηκαν τα προβλήματα και μοντέλα των χωροθετήσεων – κατανομών, εστιάζοντας και αναλύοντας τις βασικότερες μορφές και μεθόδους επίλυσης, ιδιαίτερα σε σχέση με τις υπηρεσίες εκτάκτων αναγκών και ειδικότερα με την πυροσβεστική υπηρεσία. Κατά συνέπεια τίθεται το ερώτημα: *«αυτή η θεωρητική παρακαταθήκη της επιχειρησιακής έρευνας προήγαγε την αντίστοιχη πρακτική εφαρμογή της;»* Μέσα από τις αναφορές διαφάνηκε η αδυναμία πολλών μοντέλων στην επίλυσή στην έκφραση των πραγματικών χωροθετικών προβλημάτων αλλά και στην εφαρμογή των συνθηκών του πραγματικού κόσμου. Ωστόσο υπάρχουν πολλές μελέτες που καλύπτουν την πραγματική εφαρμογή του σχεδιασμού και της ανάπτυξης των μοντέλων που αναφέρθηκαν. Στην ενότητα αυτή θα μνημονευθούν ορισμένες καταγεγραμμένες, στην διεθνή βιβλιογραφία μελέτες που συνδέονται με πραγματικές χωρικές εφαρμογές υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης, σε συγκεκριμένες πόλεις ή ακόμη και σε εθνικό επίπεδο αφού οι αρμόδιες αρχές προέβλεψαν και αποδέχθηκαν την πρακτική χρησιμότητα τους.

3.1 Αναφορές για τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Τα πιο πολλά μοντέλα που αναφέραμε στην ενότητα «Οι βασικότερες εφαρμογές προβλημάτων και μοντέλων χωροθέτησης/κατανομής Πυροσβεστικών Σταθμών και περιπολικών οχημάτων», αναπτύχθηκαν και γράφηκαν για την χωροθέτηση υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης σε πόλεις των Η.Π.Α.¹³⁴ Ο Savas (1969), περιγράφει ένα μοντέλο προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε στην Νέα Υόρκη για να χωροθετήσει ασθενοφόρα. Το μοντέλο προτείνει ότι μέσω της χωροθέτησης ασθενοφόρων κοντά στις αιτούσες περιοχές παρά σε νοσοκομεία θα αυξανόταν η αποτελεσματικότητα τους.

Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή αναφέρεται στο πρόβλημα του συνόλου κάλυψης για τους πυροσβεστικούς σταθμούς. Την πενταετία 1971-1976 σχεδόν εκατό πόλεις της Αμερικής χρησιμοποίησαν ένα αλγόριθμο της Public Technology Inc για αυτού του είδους την

¹³⁴ Re Velle C.S., «Siting Ambulances and Fire Companies. New tools for Planners», *Journal of the American Planning Association*, p. 480.

χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών. Μία ομάδα αναλυτών επιχειρησιακής έρευνας του ινστιτούτου RAND στην Νέα Υόρκη, εργάστηκε στον σχεδιασμό και τις επιχειρήσεις των υπηρεσιών επείγουσας ανάγκης και συγκεκριμένα της πυρόσβεσης και της διάσωσης. Ως αποτέλεσμα ήταν η ανάπτυξη των:

- **PAM** : Παραμετρικό μοντέλο κατανομής – χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό του αριθμού των πυροσβεστικών σταθμών ή των ασθενοφόρων που θα κάλυπταν μία αστική περιοχή.
- **FHSEM** : Μοντέλο εκτίμησης χωροθέτησης ενός πυροσβεστικού σταθμού και μοντέλο κάλυψης που καθορίζει τις θέσεις των πυροσβεστικών σταθμών.
- **FIRESIM** : Μοντέλο προσομοίωσης των λειτουργιών των πυροσβεστικών σταθμών – λεπτομερές μοντέλο προσομοίωσης για να εκτιμηθεί μία απλή ανασύνταξη των θέσεων των σταθμών.
- **Υβριδικό μοντέλο αλληλουχίας**: ένα μοντέλο το οποίο παρακολουθεί την πορεία των οχημάτων και προβλέπει τον χρόνο μέσα στον οποίο το σύστημα ανταποκρίνεται.¹³⁵

Ο Chaiken (1978), παρέχει καίρια μαθήματα για την εφαρμογή των μελετών επιχειρησιακής έρευνας στις περιπτώσεις υπηρεσιών πυρόσβεσης (F.S) και επείγουσας ανάγκης (E.M.S), τα οποία έδειξαν την εκτεταμένη χρήση των μοντέλων του RAND στον σχεδιασμό των υπηρεσιών πυρόσβεσης και επείγουσας ανάγκης. Το υβριδικό μοντέλο αλληλουχίας χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένα, ενώ θέματα όπως η ακριβής τεκμηρίωση του μοντέλου, η νομική υποστήριξη, οι απαιτήσεις και τα δεδομένα κατά την οργάνωση του, ενίσχυσαν τη χρηστικότητα του και την συστηματική υιοθέτησή του¹³⁶.

Με βάση τα πορίσματα του ινστιτούτου RAND, χωροθετήθηκαν οι πυροσβεστικοί σταθμοί στο Ντένβερ του Κολοράντο (Plane και Hendricks,1977). Επίσης όμοιες εφαρμογές στην κατανομή του πυροσβεστικού εξοπλισμού και των ασθενοφόρων, ακολουθήθηκαν από τον Revelle C.S και τους συναδέλφους του, στην Βαλτιμόρη το 1976 (Schilling et all, 1979,1980). Οι Baker και Byrd (1980), γράφουν ότι στην περίπτωση που η μελέτη πρέπει να γίνει γρήγορα, τα σοφιστικά (στοχαστικά) μοντέλα μπορεί να μην είναι η κατάλληλη προσέγγιση για το χωροθετικό πρόβλημα. Θα ήταν αποτελεσματικότερο να αναπτυχθεί αυτό το στάδιο με την γενική προσέγγιση του μαθηματικού προγραμματισμού και της προσομοίωσης, καθώς και των μη

¹³⁵ Jeffrey B. Goldberg (January -March 2004), «Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles», *EMS Management journal*, volume 1 number 1, p.25.

¹³⁶ Οπ. σελ. 25

παραδοσιακών προσεγγίσεων. Οι Eaton et al (1985, (1986), χρησιμοποιούν τα μοντέλα μέγιστης κάλυψης και το μοντέλο των Daskin και Stern για την χωροθέτηση των υπηρεσιών εκτάκτων αναγκών (ασθενοφόρων) στην Columbia των Η.Π.Α.¹³⁷ Περαιτέρω μοντέλα εφεδρικής και επιπρόσθετης κάλυψης, εφαρμόστηκαν για την χωροθέτηση ασθενοφόρων στο Santo Domingo της Δομινικανής Δημοκρατίας, από τον Eaton et al. (1986). Οι Fitzisimmons και Srikar (1982), χρησιμοποιούν μία έρευνα χωροθέτησης και ένα μοντέλο προσομοίωσης, για να βρουν τις βάσεις χωροθέτησης στο Όστιν του Τέξας για τα ασθενοφόρα και οι Brandeau και Larson (1986) περιγράφουν την εφαρμογή ενός υβριδικού μοντέλου για να χωροθετήσουν ασθενοφόρα στην Βοστώνη. Οι Goldberg et al (1990), χρησιμοποιούν το μοντέλο χωρικής κατανομής του Jarvis με ευριστικό αλγόριθμο, για να βελτιώσουν τις θέσεις βάσης των ασθενοφόρων στην Tucson της Αριζόνας. Οι Carson και Batta (1990), χρησιμοποιούν ένα σενάριο για να χωροθετήσουν ένα ασθενοφόρο όχημα στο πανεπιστήμιο Amherst στο Buffalo. Αυτοί υιοθετούν τέσσερα (4) σενάρια σε ένα μοντέλο χωρίζοντας την ημέρα σε 4 περιόδους και προσπαθούν να βρουν μία θέση η οποία ελαχιστοποιεί τον χρόνο διαδρομής για κάθε σενάριο. Υιοθετούν μια παραλλαγή του μοντέλου αναμενόμενης κάλυψης του Daskin σε ένα λογισμικό σύστημα για την χωροθέτηση ασθενοφόρων στην Louisville. Αυτή είναι από τις πρώτες προσπάθειες εξέτασης των καλύτερων τοποθεσιών για την εγκατάσταση των ασθενοφόρων, σε διαφορετικές χρονικές περιόδους κατά την διάρκεια της ημέρας. Οι Swersey, Goldring και Geyer (1993), χτίζουν ένα μοντέλο κόστους για να αναλύσουν θέματα επείγουσας πυρόσβεσης και ιατρικής παρέμβασης σε μονάδες στο New Haven. Οι Richard, Beguin και Peeters (1990), εξετάζουν την χωροθέτηση δασικών πυροσβεστικών σταθμών, η οποία είναι διαφορετική από τις αστικές χωροθετήσεις καθώς οι χρόνοι διαδρομής είναι τυπικά μεγαλύτεροι.¹³⁸ Οι Η.Π.Α. αποτέλεσαν και αποτελούν τον βασικό χώρο θεωρητικής ανάπτυξης και εφαρμογής των μοντέλων χωροθέτησης πυροσβεστικών σταθμών και υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης, τόσο στην πρώιμη (την δεκαετία του 1960) όσο και στην σύγχρονη μορφή τους.

¹³⁷ Στις Η.Π.Α στις πυροσβεστικές εξόδους συμμετέχουν ως αναπόσπαστο μέλος των μονάδων και τα ασθενοφόρα. Για αυτό τον λόγο πολλά από τα περιγραφόμενα μοντέλα για ασθενοφόρα ταιριάζουν ή αφορούν και την χωροθέτηση πυροσβεστικών οχημάτων.

¹³⁸ Jeffrey B. Goldberg (January -March 2004), «Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles», *EMS Management journal*, volume 1 number 1, pp 34

3.2 Αναφορές για τον ευρωπαϊκό χώρο και λοιπές αναφορές

Ο Hogg (1968), στην μελέτη του *"The siting of fire stations"* συζητά πρώτα μία μεθοδολογία για την εκτέλεση κάποιων μελετών, ορίζει τα προβλήματα κλειδιά τα οποία θα πρέπει να διατυπωθούν και να μοντελοποιηθούν και συζητά την περίπτωση του Bristol στην Αγγλία. Ο Schreuder (1981), χρησιμοποιεί μαθηματικό προγραμματισμό για να χωροθετήσει τους πυροσβεστικούς σταθμούς του Ρότερνταμ. Οι Mc Aleer και Naqvi (1994), χρησιμοποιούν την ανάλυση δεδομένων για να βοηθήσουν στην βελτίωση του χρόνου ταξιδιού στην περιοχή του Belfast στην Β. Ιρλανδία.¹³⁹

Οι Badri, Mortagy και Alsayed (1998), περιγράφουν μία πολυκριτηριακή προσέγγιση για την χωροθέτηση Π.Σ στο κρατίδιο του Dubai στην Αραβική Χερσόνησο. Συγκεκριμένα οι συγγραφείς περιγράφουν ολόκληρη την διαδικασία επίλυσης ενός μοντέλου προγραμματισμού στόχου (goal programming model), για να εκτιμήσουν την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος πυρόσβεσης και να προτείνουν τις βέλτιστες λύσεις. Σήμερα υπάρχουν συνολικά 15 πυροσβεστικοί σταθμοί, εκ των οποίων οι 3 έξω από την πόλη. Η τεράστια αστική ανάπτυξη επέφερε την ανάγκη επανίδρυσης δέκα σταθμών, με την χωροθετική ανακατανομή ορισμένων από αυτούς, για την καλύτερη κάλυψη της επεκτεινόμενης πόλης¹⁴⁰. Οι Alsalloum και Rand (2003), αναπτύσσουν για το Ριάντ της Σαουδικής Αραβίας, το μοντέλο προγραμματισμού στόχου (goal programming model), υιοθετώντας δύο κριτήρια: το κόστος, όπως εκτιμάται από τον αριθμό των οχημάτων και από την πραγματική κάλυψη της ζήτησης, εντός ενός χρονικού ορίου.¹⁴¹ Μια άλλη εφαρμογή αναπτύχθηκε από τον Fujiwara et al. (1986), όπου ένα στοχαστικό μοντέλο εφαρμόστηκε για την χωροθέτηση ασθενοφόρων στην Μπανγκόκ της Ταϊλάνδης.¹⁴² Οι Fujiwara, Makjamroen και Gupta (1987), χρησιμοποιούν επίσης ένα αναμενόμενο μοντέλο κάλυψης (expected covering model). Οι Morabito και Mendonca (2001), χρησιμοποιούν το υβριδικό μοντέλο για να υποστηρίξουν την ανασύνταξη των ασθενοφόρων στην Βραζιλία. Από τις αναφορές, μπορεί να υποστηριχθεί ότι μια πόλη που θέλει να επικαλεσθεί την επιστήμη της επιχειρησιακής έρευνας για την εγκατάσταση των υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης, θα πρέπει να απευθύνεται σε ειδικές υπηρεσίες

¹³⁹ Οπ. σελ. 33.

¹⁴⁰ Αναφορά από την ιστοσελίδα <http://www.ΠυροσβεστικήΠύλη.Διάσωση-Πυρόσβεση-ΗΠυροσβεστικήΥπηρεσίατουΝτουμπάι.μεαναζήτησηστονδικτυακότόποhttp://www.google.com>

¹⁴¹ Jeffrey B. Goldberg (January -March 2004), «Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles», *EMS Management journal*, volume 1 number 1, p. 33.

¹⁴² Re Velle C.S., «Siting Ambulances and Fire Companies. New tools for Planners», *Journal of the American Planning Association*, p. 480.

συμβούλων (ιδιωτικές ή δημόσιες) για να λάβει τις απαντήσεις. Απαντήσεις όχι απαραίτητα για την απαιτούμενη βέλτιστη λύση αλλά για τις προσφερόμενες επιλογές και εναλλακτικές λύσεις με τις ανάλογες δαπάνες και οφέλη. Επίσης με την επεξεργασία των δεδομένων και κατά την ανάπτυξη των εναλλακτικών λύσεων, θα πρέπει να συνεκτιμούνται πολλά ιδιαίτερα στοιχεία της πόλης (πολεοδομικά, χωροταξικά, πληθυσμιακά, επιχειρησιακά κλπ) καθώς και το υποκειμενικό κριτήριο των ανώτερων στελεχών των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης, που διαχειρίζονται το αντίστοιχο σύστημα καθημερινά, αλλά και τους διαθέσιμους πόρους. Σήμερα υπάρχουν πολλές μελετητικές εταιρείες, που προσφέρουν υπηρεσίες μοντελοποίησης, ανάλυσης και σχεδιασμού για την χωροθέτηση υπηρεσιών πυρόσβεσης και ταυτόχρονα αναπτύσσουν, υποστηρίζουν και προμηθεύουν το απαιτούμενα λογισμικά συστήματα.

3.3 Περιπτώσιολογικές μελέτες

Στην συγκεκριμένη ενότητα θα γίνει ενδεικτική παρουσίαση της βασικής μεθοδολογίας με την οποία δομήθηκαν και εφαρμόστηκαν τέσσερις επιλεγμένες μελέτες χωροθέτησης υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης, προκειμένου να ανταποκρίνονται και να καλύπτουν τις πραγματικές συνθήκες στις οποίες αναφέρονται. Η επιλογή αφορά την περιληπτική παρουσίαση των μελετών για τις πόλεις του Ρότερνταμ και της Κωνσταντινούπολης και μιας μελέτης σε εθνική κλίμακα για το Βέλγιο. Οι δύο πόλεις επιλέχθηκαν με κριτήριο τα διαφορετικά χαρακτηριστικά τους, το Ρότερνταμ ως μια αμιγώς ευρωπαϊκή σύγχρονη πόλη και η Κωνσταντινούπολη ως μια πόλη με πολλές ιδιομορφίες και ευπάθειες. Επίσης παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και ιδιαιτερότητες (χωροταξικά, πολεοδομικά, δείκτες διαβίωσης, οικονομική ανάπτυξη, ασφάλεια, ευημερία, επιστημονική γνώση, οργάνωση κλπ), αλλά και διαφορετική προσέγγιση επίλυσης των χωροθετικών προβλημάτων τους. Περαιτέρω το κράτος του Βελγίου επιλέχθηκε για να παρουσιασθεί ένα φιλόδοξο εθνικό χωροθετικό πρόγραμμα για τους πυροσβεστικούς σταθμούς, τα αποτελέσματα του οποίου τελικά εφαρμόστηκαν.

Εν συνεχεία θα γίνει αναφορά σε μια εγκεκριμένη έκθεση-μελέτη για την εγκατάσταση πυροσβεστικών σταθμών στην πόλη της Οτάβα του Καναδά για δύο κυρίως λόγους: α) γιατί η συγκεκριμένη χώρα θεωρείται, όπως και οι Η.Π.Α, πρόδρομος στην οργάνωση και εφαρμογή στρατηγικών χωροθέτησης πυροσβεστικών σταθμών και β) προκειμένου να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις, τα κριτήρια, οι περιορισμοί που τίθενται από μια

διαφορετική, σε σχέση με την ευρωπαϊκή φιλοσοφία, οργάνωση των υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης.

3.3.1 Η χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών στο Ρότερνταμ¹⁴³

1. **Ιστορικό:** Αναδιοργάνωση της Π.Υ του Ρότερνταμ με αναδιάρθρωση των πυροσβεστικών σταθμών, οι οποίοι έως το 1972 ανήκαν στο σύστημα “ROTEB”.¹⁴⁴
2. **Σκοπός:** η ελαχιστοποίηση του αριθμού των Π.Σ. στο βόρειο και το νότιο μέρος του Ρότερνταμ, η εύρεση των βέλτιστων θέσεων αυτών καθώς και του αριθμού των αντλιοφόρων οχημάτων πρώτης επέμβασης σε καθένα σταθμό (*μοντέλο συνόλου κάλυψης*).
3. **Στόχος:** κάθε σημείο στην πόλη να μπορεί να είναι προσβάσιμο μέσα σε έναν ορισμένο χρόνο και με τον κατάλληλο εξοπλισμό. Οι προτεινόμενες λύσεις να προσφέρονται για μελλοντικές προτάσεις επέκτασης του δικτύου των πυροσβεστικών σταθμών.
4. **Περιβάλλον:** Βόρειο και Νότιο τμήμα του Ρότερνταμ (*Διακριτός Χώρος - Δίκτυο*).
5. **Υποθέσεις Εργασίας και περιορισμοί:** α) ο προσδιορισμός των κατηγοριών κινδύνων (σε κάθε κατηγορία αντιστοιχεί ένα πρότυπο χρόνου επέμβασης και εξόδου οχημάτων), β) οι επιχειρησιακοί περιορισμοί (αριθμός οχημάτων, εξοπλισμός), γ) ορίστηκαν ως χρονικά πρότυπα: το 1 λεπτό μέσος χρόνος προετοιμασίας συν ο χρόνος ταξιδιού (ο χρόνος από το σταθμό στην διεύθυνση πυρκαγιάς)¹⁴⁵, δ) η αρχή της διπλής κάλυψης (η προσβασιμότητα των περιοχών διακινδύνευσης να επιτυγχάνεται από δύο σταθμούς), στ) ορίστηκε ως η μέση ταχύτητα τα 36 Km/h και θεωρήθηκε το ποτάμι ως φυσικό σύνορο, ε) οι νεόκτιστοι σταθμοί θεωρήθηκαν δεδομένοι και αναντικατάστατοι (λόγω πρόσθετου κόστους), τρεις από τους δέκα στο βόρειο μέρος (οι 1.1, 1.2 και 1.4) και τέσσερις από τους επτά στο νότιο μέρος (οι 2.1, 2.3, 2.4 και 2.6), (*Βλέπε: χάρτης 3.1, σελίδα 212, παράρτημα Ι*), συνεπώς έχουμε στο μοντέλο την εξαρχής ενσωμάτωση ορισμένων θέσεων.

¹⁴³ SCHREUDER J.A.M., «Application of a location model to fire stations in Rotterdam», *European Journal of Operational Research*, 6 (1981), Received November 1979 - Revised January 1980, p.p.: 212- 219

¹⁴⁴ Τα ROTEB ήταν δημόσιες υπηρεσίες για την πυροπροστασία, αλλά και για τη συλλογή απορριμμάτων και τις μεταφορές. Ως αποτέλεσμα αυτής της οργάνωσης, η χωροθέτηση των σταθμών, δεν ήταν ικανοποιητική για την παροχή άριστων υπηρεσιών πυροπροστασίας.

¹⁴⁵ Τα χρονικά πρότυπα για άλλα οχήματα (πχ. κλιμακοφόρα) θεωρούνται μεγαλύτερα.

6. **Δίκτυο:** θα επιλέχτηκε το αποτελεσματικότερο από το υπάρχον, έγινε η διαίρεση σε τομείς της περιοχής, καθορίστηκαν οι κόμβοι (πλησιέστερα στο κέντρο του κάθε τομέα), τα σύνορα των τομέων προσδιορίστηκαν κυρίως από φυσικά ή τεχνικά εμπόδια, κάθε τομέας έχει μια διαβάθμιση κινδύνου, δίνεται η δυνατότητα διαβάθμισης της μέσης ταχύτητας του χρόνου ταξιδιού (εντός των προτύπων της μελέτης), υπολογισμός το χρόνου επέμβασης σε όλους τους τομείς (με τον πρότυπο χρόνο επέμβασης και προετοιμασίας).
7. **Χρόνοι ταξιδιού μεταξύ των κόμβων:** βρίσκονται διαιρώντας τη μετρημένη απόσταση με την μέση ταχύτητα. Η μέση ταχύτητα θεωρείται ότι δεν είναι σταθερή για ολόκληρη την πόλη. Υπάρχει η δυνατότητα να ορισθούν διαφορετικές ταχύτητες μεταξύ κάθε ζευγαριού κόμβων (εάν είναι απαραίτητο).
8. **Δυσκολίες προβλήματος και εφαρμογής:** η κατά προσέγγιση κατασκευή του δικτύου του μοντέλου προκειμένου να απεικονίζει καλύτερα το πραγματικό δίκτυο, ο προσδιορισμός των περιοχών πιθανής οριοθέτησης των σταθμών, ο υπολογισμός όλων των εναλλακτικών θέσεων για ένα ελάχιστο αριθμό σταθμών, το σύστημα ρυμοτομίας (μη ορθογώνιο), οι τυχόν διαφοροποιήσεις των πυροσβεστικών σταθμών και του αριθμού των πυροσβεστικών οχημάτων των σταθμών, η έλλειψη περιφερειακού εθνικού δικτύου, τα σημεία δύσκολης οδικά προσέγγισης.¹⁴⁶
9. **Χωροθετικό Πρόβλημα – Μοντέλο:** το πρόβλημα διαρθρώνεται ως πρόβλημα *συνόλου κάλυψης*, η διατύπωση του οποίου είναι: «η ελαχιστοποίηση του συνολικού αριθμού των Π.Σ και η βέλτιστη κατανομή και τοποθέτησή τους ώστε ταυτόχρονα να εκπληρώνονται τα πρότυπα πρώτης επέμβασης (και για τις εναλλακτικές λύσεις)».
10. Η **μαθηματική Διατύπωση του προβλήματος:** ως Πρόβλημα Προγραμματισμού με ακέραιους αριθμούς.¹⁴⁷
11. **Σενάρια - αποτελέσματα μοντέλου:** Στην προσέγγιση χωρίς τους σταθερούς σταθμούς και με μέση ταχύτητα 40 km/h, το πρόγραμμα έδωσε: στο Βορρά έξι σταθμούς με ένα αντλιοφόρο όχημα σε κάθε σταθμό και στο νότο πέντε σταθμούς με ένα αντλιοφόρο όχημα σε κάθε σταθμό, εκτός από τον σταθμό 2,3, όπου απαιτήθηκαν δύο αντλιοφόρα οχήματα.

¹⁴⁶ Οι προτεινόμενες λύσεις για τις συγκεκριμένες δυσκολίες περιγράφονται αναλυτικά στο άρθρο του SCHREUDER J.A.M., «Application of a location model to fire stations in Rotterdam», *European Journal of Operational Research*, 6 (1981), Received November 1979 - Revised January 1980, p.p.: 213-215,

¹⁴⁷ Αναλυτικά παρουσιάζεται οπ. σ.σ. 214 - 215.

Με μέση ταχύτητα 36 km/h, απαιτήθηκε για κάθε περιοχή ένας πρόσθετος σταθμός με αντλιοφόρα οχήματα. Σε σχέση με τους υφιστάμενους σταθμούς του Βορρά οι 1.1, 1.2 και 1.10 ήταν καλά τοποθετημένοι, ενώ η θέση των σταθμών 1.4, 1.5 και 1.9 ήταν άστοχη. Ο προγραμματισμένος σταθμός 1.8 ήταν περιττός, αφού η υπάρχουσα θέση δεν ικανοποίησε τους κανόνες των δύο σεναρίων. Στη νότια περιοχή ο σταθμός 2.4 ήταν τοποθετημένος σε εντελώς λάθος μέρος, ομοίως και οι σταθμοί 2.2, 2.5 και 2.6. Ο σχεδιασμένος σταθμός 2.3 ήταν τελικά μια καλή επιλογή (*Βλέπε: χάρτης 3.2, σελίδα 213, παράρτημα Ι*).

12. **Προσομοίωση του μοντέλου:** εξέτασε εάν οι λύσεις που δόθηκαν, λαμβάνοντας υπόψη την προσέγγιση του δικτύου, ήταν ρεαλιστικές και έδωσε περαιτέρω πληροφορίες αναφορικά με την πρώτη έξοδο των οχημάτων του κάθε Π.Σ. και την αναμονή κλήσεων. Περαιτέρω εντόπισε την «στατικότητα» του μοντέλου το οποίο, αν ήταν δυναμικό, θα παρήγαγε καλύτερα αποτελέσματα.¹⁴⁸
13. **Σχετικά με το υφιστάμενο καθεστώς:** Στον Βορρά κατάλληλη τοποθέτηση είχαν οι σταθμοί 1.1 , 1.2 και 1.10 και στο Νότο ο 2.3. Οι υπόλοιποι σταθμοί έπρεπε είτε μεταφερθούν είτε να κλείσουν (*Βλέπε: χάρτης 3.1, σελίδα 212, παράρτημα Ι*).
14. **Συμπεράσματα:** Η συγκεκριμένη μελέτη ώθησε τους αρμόδιους κρατικούς φορείς να υιοθετήσουν τα προτεινόμενα συμπεράσματα του μοντέλου και να αναδιαρθρώσουν τους πυροσβεστικούς σταθμούς, σύμφωνα με τις προτάσεις του. Θεωρήθηκαν συνολικά, στο Βόρειο Ρότερνταμ 7 και στο νότιο 6 πυροσβεστικοί σταθμοί (με ένα αντλιοφόρο όχημα σε κάθε σταθμό), ως απαραίτητοι για ένα ρεαλιστικό σενάριο κάλυψης. Αναλυτικότερα, μετά από τη δημοσίευση της τελικής έκθεσης, πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες αλλαγές: στο βορρά, οι σταθμοί 2.2 και 2.5 έκλεισαν και οι 2.1, 2.3 και 2.7 παρέμειναν ανοικτοί. Νέοι σταθμοί προγραμματίστηκαν για τις θέσεις 1.7 και 1.10. Στο νότο ο σταθμός 1.3 προτάθηκε να κλείσει (*Βλέπε: χάρτης 3.2, σελίδα 213, παράρτημα Ι*). Στο μέλλον εφόσον επεκταθεί η πόλη θα αυξηθεί ο αριθμός τους, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος του υφιστάμενου δικτύου και το κόστος της ανέγερσης των νέων πυροσβεστικών σταθμών.

Παρά τον θεωρητικό και προσεγγιστικό χαρακτήρα του, το μοντέλο τελικά παρήγαγε εφαρμοστέες λύσεις στα πλαίσια συγκεκριμένων προτύπων και κανόνων. Περαιτέρω η προγραμματιστική εφαρμογή του μοντέλου σε Η/Υ επιτρέπει την διαρκή αναθεώρησή

¹⁴⁸ Η διαδικασία προσομοίωσης περιγράφεται αναλυτικά οπ. σελ. 216.

του, σύμφωνα με νέα δεδομένα και κανόνες. Τέλος υφίσταται η δυνατότητα να αναπτυχθούν και να αναλυθούν μέσω του μοντέλου, επιμέρους στόχοι του προγράμματος στο μέλλον.

3.3.2 Το αστικό σύστημα πυρόσβεσης της Κωνσταντινούπολης¹⁴⁹

1. **Ιστορικό:** η αξιολόγηση του δικτύου-συστήματος πυρόσβεσης της Κωνσταντινούπολης και της αποτελεσματικότητάς του, λόγω των τοπογραφικών και γεωγραφικών ιδιοτεροτήτων της πόλης.
2. **Σκοπός:** η αποσαφήνιση του αριθμού των πυροσβεστικών σταθμών που χρειάζεται η Κωνσταντινούπολη και τον περιοχών που θα είναι εγκατεστημένοι (**μέσο προσομοίωσης**).
3. **Στόχος:** η εύρεση των κατάλληλων παραμέτρων λειτουργίας του συστήματος και η υιοθέτηση τους, ώστε να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της επέμβασης και της πυρόσβεσης του συστήματος.
4. **Περιβάλλον:** η πόλη της Κωνσταντινούπολης με πληθυσμό 7 εκατομμύρια¹⁵⁰, 42.000 δρόμους και 550 συνοικίες, χωρίζεται σε δέκα πυροσβεστικούς τομείς, με τριάντα πυροσβεστικούς σταθμούς, με προσωπικό 1.200 πυροσβέστες και 160 πυροσβεστικά οχήματα.
5. **Παράμετροι Εργασίας προσομοίωσης:** α) ο αριθμός των πυροσβεστικών σταθμών (NS), β) τα σημεία εκδήλωσης πυρκαγιάς (F), γ) η περιοχή πυρκαγιάς (AREA), δ) οι πόροι των σταθμών (R), στ) η ταχύτητα των πυροσβεστικών οχημάτων, ε) ένας συντελεστής διαδρομής που αντιστοιχεί στην πραγματική απόσταση μεταξύ των περιοχών πυρόσβεσης, ζ) η κατανομή του χρόνου ανάμεσα στα συμβάντα, η) η κατανομή του χρόνου πυρόσβεσης.
6. **Υποθέσεις – Περιορισμοί:** 1) υιοθετείται ένα πολυκαναλικό μοντέλο αναμονής με πεπερασμένο αριθμό κλήσεων, 2) η 1η κλήση θεωρείται πάντα ως επεμβάσιμη, 3) Τα σημεία εκδήλωσης πυρκαγιών θεωρούνται ως σημεία στο επίπεδο (οι αποστάσεις υπολογίζονται με την ευκλείδεια μέθοδο) και η παράμετρος διαδρομής (PP) περιγράφεται έτσι ώστε να είναι εφικτός ο υπολογισμός της ακριβούς απόστασης (Βλέπε: *μαθηματική διατύπωση 3.1, σελίδα 214, παράρτημα Ι*), 4) η ταχύτητα των

¹⁴⁹ Erkut, H. and Polat, S., 1992, «A simulation model for an urban fire fighting system», *OMEGA*, vol. 20-4, p.p.: 535-542.

¹⁵⁰ Σήμερα απαριθμεί περίπου τα δεκαεπτά εκατομμύρια.

πυροσβεστικών οχημάτων θεωρείται κατανεμημένη ομοιόμορφα κατά ημέρες και ώρες με κατώτερα και ανώτερα επίπεδα (Βλέπε: πίνακας 3.1, σελίδα 215, παράρτημα Ι), 5) ο επιτρεπόμενος χρόνος επέμβασης και τα οχήματα κατανέμονται βάση της κατηγορίας επικινδυνότητας της πυρκαγιάς (Βλέπε: πίνακα 3.2, σελίδα 215, παράρτημα Ι), 6) το μεσοδιάστημα των συμβάντων καθώς και ο χρόνος πυρόσβεσης αποτελούν στοχαστικές μεταβλητές, που περιγράφονται η 1η με μια κανονική κατανομή (logarithm) και η 2η από την κατά Pareto κατανομή, 7) στο χρόνο επέμβασης λογίζεται και ο χρόνος προετοιμασίας (PT), ως σταθερός, 8) ως χρόνος επιστροφής από το συμβάν λογίζεται ο χρόνος προς το συμβάν, 9) στο σημείο πυρκαγιάς επεμβαίνει πάντα η κοντινότερη ομάδα.

7. **Κριτήρια – μεταβλητές απόδοσης συστήματος:** α) ο αριθμός των αφίξεων επέμβασης που ήταν εκτός χρονικών προτύπων (NI), β) ο μέσος χρόνος άφιξης (ATT), που εξάχθηκε από τους πειραματισμούς του μοντέλου, γ) ο χρόνος ανάμεσα σε αλληπάλληλα συμβάντα, δ) η ταχύτητα επέμβασης, στ) ο χρόνος πυρόσβεσης, ε) η ταχύτητα των οχημάτων (SP), ζ) ο συνολικός χρόνος ολοκλήρωσης της κατάσβεσης.
8. **Διατύπωση του μοντέλου προσομοίωσης:** εκφράζεται μέσα από ένα γραμμικό διάγραμμα.¹⁵¹
9. **Πρόβλημα – Μοντέλο προσομοίωσης:** το πρόβλημα διαρθρώνεται ως πρόβλημα προσδιορισμού των επιλογών που αφορούν τον αριθμό των πυροσβεστικών σταθμών που χρειάζεται η Κωνσταντινούπολη και τον περιοχών της που θα είναι εγκατεστημένοι σε σύγκριση με το υφιστάμενο καθεστώς, ώστε να βελτιωθεί το σύστημα πυρόσβεσης .
10. **Πειραματισμοί μοντέλου:** αφορούν μεταβολές των παραμέτρων SP, PP για 25 πειράματα προσομοίωσης (για τιμές PP: 1,2-1,4-1,6-1,8-2,0 X για τιμές SP: 0,6-0,8-1,0-1,2-1,4), ενώ κάθε πείραμα αποτελείται από 22 «εκτελέσεις» έχοντας σταθερές τις τιμές των SP, PP ενώ άλλαζαν οι τιμές του NS. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν $22 \cdot 25 = 550$ εκτελέσεις. Κάθε πείραμα ξεκινούσε με 109 πυροσβεστικούς σταθμούς (NS) και για κάθε εκτέλεση αφαιρούνταν 5 (NS), προκειμένου να καταγράφεται η αντίδραση του συστήματος.
11. **Αποτελέσματα:** Τρία σενάρια παρουσιάζονται ενδεικτικά, για 22 εκτελέσεις (NR), δηλαδή εν τέλει για 4 σταθμούς, δείχνοντας την απόδοση του συστήματος: 1ο) SP=T, PP=1,6 2ο) SP=T, PP=2 3ο) SP=0,8, PP=1,6. Στα εξαγόμενα διαγράμματα (Βλέπε:

¹⁵¹ Βλέπε οπ. σελ. 538

διαγράμματα 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 σελίδες 216-217, παράρτημα Ι) καταγράφεται η συμπεριφορά του συστήματος σε σχέση με δύο παραμέτρους τον ΑΤΤ και ΝΙ. Συγκεκριμένα στα διαγράμματα 3.1 και 3.2, για $NR=22$ εκτελέσεις του πειράματος (από 109 σταθμούς που ξεκινάει ο πειραματισμός καταλήγουμε στους 4, SP (παράμετρος της ταχύτητας¹⁵²) = T (οι ταχύτητες των οχημάτων που καθορίζονται στον πίνακα 3.1 και για PP (παράμετρος διαδρομής¹⁵³) = 1,6, λαμβάνουμε την απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος σε σχέση με τον μέσο χρόνο διαδρομής (ATT) και των αριθμό των καθυστερημένων αφίξεων (NI). Ομοίως λαμβάνουμε ανάλογα αποτελέσματα για τις περιπτώσεις όπου $NR=22$, $SP=T$ και $PP=2$ ανώτερος συντελεστής = πιο επαχθείς για την απόσταση (Βλέπε: διαγράμματα 3.3 και 3.4) και $NR=22$, $SP=0,8T$ μικρότερος συντελεστής = πιο επαχθής για την πραγματική ταχύτητα και $PP=1,6$ (Βλέπε: διαγράμματα 3.5 και 3.6). Και στις τρεις περιπτώσεις φαίνεται ότι το σύστημα αντιδρά διαφορετικά στις μεταβολές των παραμέτρων σε κάθε σενάριο και ως γενικό συμπέρασμα λαμβάνουμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις η μείωση του αριθμού των πυροσβεστικών σταθμών αυξάνει προοδευτικά τον μέσο χρόνο διαδρομής (ATT) και τον αριθμό των καθυστερημένων αφίξεων (NI). Μετά από κάποιες τιμές δε η ευαισθησία του συστήματος γίνεται πολύ μεγαλύτερη σε οποιαδήποτε παραμετρική μεταβολή.

Στο διάγραμμα 3.7 (Βλέπε: σελίδα 218, παράρτημα Ι), το πυροσβεστικό σύστημα παρουσιάζει χαμηλή ευαισθησία στις μεταβολές του αριθμού των σταθμών από 109 σε 79 στην περιοχή Α. Στην περιοχή Β η ευαισθησία αυξάνεται και στην περιοχή C όπου οι σταθμοί μεταβάλλονται από 24 σε 4, η απόδοση του συστήματος πέφτει κατακόρυφα, αφού αυξάνουν κάθετα οι μέση χρόνοι διαδρομής των πυροσβεστικών οχημάτων και κατ' επέκταση οι καθυστερημένες αφίξεις στα συμβάντα.

Στα διαγράμματα 3.8 και 3.9 (Βλέπε: σελίδα 219, παράρτημα Ι) του παραρτήματος φαίνεται ξεκάθαρα η αρνητική επίδραση της μείωσης της παραμέτρου ταχύτητα (SP) στην απόδοση του συστήματος, αφού αύξηση της (SP) συνεπάγεται μείωση τόσο του μέσου χρόνου διαδρομής (NI) όσο και του αριθμού των καθυστερημένων αφίξεων (ATT), με την απαιτούμενη προϋπόθεση ο αριθμός των πυροσβεστικών σταθμών (SP) να είναι σταθερός στο πείραμα (29 στην περίπτωση μας). Στα διαγράμματα 3.10 και 3.11 (Βλέπε: σελίδα 220, παράρτημα Ι) φαίνεται η θετική επίδραση της

¹⁵² Η ταχύτητα των πυροσβεστικών οχημάτων προκειμένου να φθάσουν στο συμβάν.

¹⁵³ Η σταθερά της διαδρομής για τον υπολογισμό της πραγματικής απόστασης μεταξύ δύο σημείων στο χάρτη.

παραμέτρου διαδρομής (PP) τόσο στο μέσο χρόνο διαδρομής (ATT) όσο και στον αριθμό των καθυστερημένων αφίξεων (NI).

12. Συμπεράσματα: Μέσα από το συγκεκριμένο μοντέλο προσομοίωσης γίνεται κατανοητό ότι οποιοσδήποτε μεταβολές των παραμέτρων στο υφιστάμενο σύστημα πυρόσβεσης αστικών πυρκαγιών της Κωνσταντινούπολης, επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά την αποδοτικότητα του. Μία περαιτέρω μελέτη θα μπορούσε να δώσει συγκεκριμένες προτάσεις, οι οποίες θα ήταν εφαρμοστέες μέσω μιας βελτιστοποίησης και «εκμετάλλευσης» των υπάρχοντων πόρων του συστήματος. Οποιαδήποτε βελτίωση του υφιστάμενου, από την μεταβολή μιας παραμέτρου όπως οι αύξηση των πυροσβεστικών σταθμών, θα απαιτούσε την ανάλωση αυξημένων χρηματικών πόρων.

3.3.3 Η χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών στο Βέλγιο με την χρήση GIS¹⁵⁴

1. **Ιστορικό:** Η λειτουργία των πυροσβεστικών σταθμών συνεπάγεται ένα ιδιαίτερο κόστος για τους οικονομικούς πόρους μιας μικρής χώρας όπως το Βέλγιο. Συνεπώς τίθεται το θέμα της σωστής διαχείρισης και αποδοτικής χρησιμοποίησης αυτών των πόρων, ως καθοριστικό παράγοντα για την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης και την βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητάς τους.
2. **Σκοπός:** η αποσαφήνιση συγκεκριμένων ερωτημάτων για το δίκτυο των πυροσβεστικών σταθμών του Βελγίου (χωροθέτηση, κατανομή, επάνδρωση, χρόνοι απόκρισης), στην κοστολογική αξιολόγηση της υπάρχουσας πυροσβεστικής υποδομής, στην αποδοτικότητα της υφιστάμενης χωρικής οργάνωσης των πυροσβεστικών σταθμών, στην αναγκαιότητα μιας αναδιοργάνωσης σε εθνικό επίπεδο και στην σχέση κόστους – οφέλους από αυτή, στην σταδιακή εφαρμογή της και σε μικρότερης κλίμακας διαπιστώσεις.
3. **Στόχοι:** να καθορισθούν ρεαλιστικά κριτήρια που αντιπροσωπεύουν το πρόβλημα χωροθέτησης, να αναπτυχθεί ένα λειτουργικό και διαλογικό εργαλείο που θα καθορίσει: α) τις βέλτιστες θέσεις, β) τις περιοχές που θα βελτιστοποιούνται οι υπηρεσίες, γ) να προσδιορίσει το προσωπικό και τον εξοπλισμό, δ) να διαχειριστεί το χρόνο επέμβασης σε εθνική κλίμακα (συνεπώς, να εξετάσει το όριο μέχρι το οποίο η

¹⁵⁴ Chevalier P., T. Isabelle, G. David, G. Els, J. Olivier, P. Dominique, F. Plastria, «Locating fire stations in Belgium: An integrated GIS approach», 2006, p.p.: 1-15.

- χωρική αναδιοργάνωση βελτιώνει την υφιστάμενη κατάσταση), ώστε να προτείνει τις «άριστες» λύσεις, οδηγώντας σε μια αποτελεσματική στρατηγική χωροθέτησης και κατανομής των πυροσβεστικών σταθμών και διαχείρισης των πόρων τους, επιτυγχάνοντας την βέλτιστη αναλογία κόστους-οφέλους από την λειτουργία τους.
5. **Περιβάλλον μελέτης:** η πόλη του Βελγίου με 10 εκατομμύρια κάτοικους, 30.000 τετραγωνικά χλμ. έκταση και πληθυσμιακή πυκνότητα που ποικίλλει από σχεδόν 20 κατοίκους ανά Km² στις αγροτικές περιοχές και περισσότερους από 20.000 κατοίκους ανά Km² στις ιδιαίτερα αστικοποιημένες περιοχές (Βλέπε: *χάρτης 3.3, σελίδα 221, παράρτημα Ι*). Υποστηρίζεται από ένα δίκτυο 251 πυροσβεστικών σταθμών με 20.000 ανθρώπους προσωπικό (μεταξύ των οποίων περίπου 12.000 εθελοντές) και έναν ετήσιο προϋπολογισμό περίπου στα 400.000.000,00 €. ¹⁵⁵
 6. **Δεδομένα προς αξιολόγηση:** οι υφιστάμενες κλήσεις έκτακτης ανάγκης, οι χρόνοι απόκρισης για ένα χρονικό διάστημα ,κοινωνικοοικονομικά απογραφικά στοιχεία, γεωφυσικά δεδομένα, διοικητικές λειτουργίες και περιορισμοί.
 7. **Υποθέσεις και περιορισμοί που λαμβάνει υπόψη το πρόγραμμα:** α) οι πολυδιάστατες αποστολές και η ποικιλομορφία συμβάντων (πυρκαγιές, τροχαία, πλημμύρες, διασώσεις κ.ά), που απαιτούν διαφορετικούς τύπους εξοπλισμού και ανθρώπινων δεξιοτήτων, β) Η ποικιλία των κινδύνων μέσα στον χρόνο αλλά και στο χώρο επιβάλλουν την υιοθέτηση για το σχεδιασμό της χωροθέτησης, όχι μιας τοπικής αλλά μιας σφαιρικής αξιολόγησης του κινδύνου, γ) Οι ιδιαιτερότητες των αποστάσεων μεταξύ των σημείων ενδιαφέροντος (οδικό δίκτυο, περιβάλλον κ.λπ.), του χρόνου (αναχώρηση – άφιξη) και άλλων παραγόντων (συμφόρηση, μετεωρολογικές συνθήκες κ.λπ.), δ) Η διοίκηση της υπηρεσίας που πρέπει να διαχειριστεί προβλήματα γεωγραφικής πολυκλίμακας (η χωρική ακρίβεια πρέπει να είναι υψηλότερη στις μεγάλες πόλεις και χαμηλότερη στις αγροτικές περιοχές) στ) Το σενάριο των ταυτόχρονων κλήσεων.
 8. **Αρχιτεκτονική προγράμματος:** Η σύνθεση ενός συστήματος υποστήριξης της χωρικής απόφασης (*Spatial Decision Support System, SDSS*), στην *Βάση των Συστημάτων Διαχείρισης Δεδομένων ((Data Base Management Systems, DBMS)* και των *μοντέλων χωροθέτησης-κατανομής (Location-Allocation Models (LAM)*, με παράλληλη χρήση

¹⁵⁵ Αναλυτικότερα βλέπε Chevalier P., T. Isabelle, G. David, G. Els, J. Olivier, P. Dominique, F. Plastria, «Locating fire stations in Belgium: An integrated GIS approach», p.p.: 6.

GIS (Βλέπε: διάγραμμα 3.12, σελίδα 221, παράρτημα Ι).¹⁵⁶ **SDSS:** Σύστημα υποστήριξης χωρικής απόφασης, επιτρέπει την σύνδεση με την λειτουργία του μοντέλου των πολύπλοκων χαρακτηριστικών της υπηρεσίας, των οργανωτικών και γεωγραφικών περιορισμών, προκειμένου ο λήπτης της απόφασης να μπορεί να επιλέγει διάφορους συνδυασμούς περιορισμών και κριτηρίων, για την αξιολόγηση των τρεχουσών θέσεων ή για την πρόβλεψη των επιδράσεων από τις αλλαγές της υφιστάμενης χωροθέτησης. **GIS:** Η χρησιμότητα του GIS στα συστήματα υποστήριξης της χωρικής απόφασης είναι γνωστή, (Longley et Al, 2005) αφού παρέχει τις περισσότερες εισροές στο μοντέλο χωροθέτησης/κατανομής (LAM) και χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει και να αναλύσει διανεμημένα γεωγραφικά δεδομένα (δεδομένα για το οδικό δίκτυο, την διανομή των πιθανών και επαναλαμβανόμενων παραγόντων κινδύνου, τις τρέχουσες και υποψήφιες περιοχές χωροθέτησης, κ.λπ.) σε μια πολυκλίμακα.

9. **Κλίμακα ανάλυσης και χαρακτηριστικά :** Η χώρα έχει τοπογραφικές διαφορές, πολυεπίπεδη αστικοποίηση και διαφοροποιήσεις στα οικονομικά, κοινωνικά, πολιτικά, πολιτιστικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της με ετερογενή περιβάλλοντα διαβίωσης. Τα *Nuts* αντιπροσωπεύουν «την ονοματολογία» των εδαφικών μονάδων για τις στατιστικές και οι «στατιστικοί θάλαμοι» (statistical wards) είναι οι βασικές χωρικές μονάδες (basic spatial units, (BSU) που αντιστοιχούν στο μικρότερο επίπεδο συνάθροισης, για το οποίο τα δεδομένα είναι επίσημα διαθέσιμα. Η χώρα διαιρείται σε 19.781 στατιστικούς θαλάμους (BSUs)¹⁵⁷ και το Υπουργείο Εσωτερικών διοικείται ομοσπονδιακά¹⁵⁸.
10. **Παράμετροι και υποθέσεις του προγράμματος:** Σε αυτό το πρόγραμμα κάθε BSU χρησιμοποιείται ταυτόχρονα ως ένα σημείο απαίτησης, όπως και μία πιθανή θέση για έναν Π.Σ. Το κέντρο κάθε BSU διαμορφώνει τη βάση για τον υπολογισμό της απόστασης. Λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος ενός BSU, υπολογίζεται ότι ο χρόνος ταξιδιού σε ένα BSU θα είναι πάντα μικρότερος από 2 λεπτά. Η μέση ταχύτητα και οι

¹⁵⁶ Οπ. σσ. 4-5

¹⁵⁷ Αυτοί οι θάλαμοι καθορίζονται από την άποψη της εσωτερικής ομοιογένειας σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα απογραφικά στοιχεία. Ποικίλλουν ευρέως στη μορφή και στο μέγεθος, οδηγώντας σε γνωστά προβλήματα συνάθροισης.

¹⁵⁸ Σχετικά με την Διοικητική Διάρθρωση του Βελγίου έχουμε τα εξής: Η συνομοσπονδία αποτελείται από 6 ομόσπονδα κράτη με εδαφικά όρια που αλληλεπικαλύπτονται.: Τρεις περιφέρειες (την Φλαμανδική, την Wallon και την περιφέρεια των Βρυξελλών που είναι και η πρωτεύουσα) και τρεις κοινότητες (η Φλαμανδική, η Γαλλική και η Γερμανόφωνη). Η διάρθρωση των τοπικών κυβερνήσεων γίνεται σε δύο επίπεδα: σε 10 επαρχίες και σε 589 πρωτοβάθμιους ΟΤΑ. Οι επαρχίες καλύπτουν το σύνολο της χώρας με εξαίρεση την περιφέρεια – πρωτεύουσα των Βρυξελλών.

συνθήκες κυκλοφορίας λαμβάνονται επίσης υπόψη (βάση δεδομένων: MultiNet από TeleAtlas).¹⁵⁹ Προσδιορίστηκαν έτσι οι μέσες ταχύτητες για κάθε τύπο του οδικού τμήματος και λήφθηκαν υπόψη οι παράγοντες μείωσης ταχύτητας στις αστικές περιοχές καθώς επίσης και στους μεγάλους κόμβους. Διαφορετικές συνθήκες ταχύτητας υιοθετήθηκαν και κυμάνθηκαν από 15km/h σε κόμβους μέχρι 80km/h στις εθνικές οδούς¹⁶⁰. Οι κίνδυνοι διαιρέθηκαν σε δύο τύπους: σε επαναλαμβανόμενοι και σποραδικοί. Οι επαναλαμβανόμενοι κίνδυνοι αφορούν γεγονότα με μια συγκεκριμένη συχνότητα εμφάνισης, έτσι ώστε να μπορούν να υπολογιστούν από τα ιστορικά δεδομένα. Οι σποραδικοί κίνδυνοι συνδέονται με σπάνια ή απίθανα γεγονότα (όπως ένα σημαντικό τεχνολογικό ατύχημα), για τα οποία δεν είναι δυνατό να καθοριστεί μια ποσοστιαία πιθανότητα του περιστατικού, βασισμένη στην άμεση παρατήρηση των ιστορικών δεδομένων.¹⁶¹ Οι επεξηγηματικές μεταβλητές (χαρακτηριστικά των κατοίκων, κατηγορίες – χαρακτηριστικά καταστημάτων, επισκέψεις στην κοινότητα: τουρισμός, χρήσεις των εδαφών, κλπ) του στατιστικού μοντέλου, καταγράφηκαν από την εθνική απογραφή του 2001. Οι έκτακτες ανάγκες διαιρέθηκαν σε 5 κατηγορίες: α) πυρκαγιές σχετικές με μια κατοικία, β) πυρκαγιές μη σχετικές με μια κατοικία, γ) ιατρικές έκτακτες ανάγκες, δ) μη ιατρικές έκτακτες ανάγκες και στ) μη επείγοντες στόχοι (όχι σοβαρά – επικίνδυνα συμβάντα).

11. **Επιμέρους μοντέλα του προγράμματος:** Η πρόβλεψη των επαναλαμβανόμενων κινδύνων έγινε με μεθόδους παλινδρόμησης, ενώ η εκτίμηση τους με μια έρευνα ιστορικών δεδομένων δέκα ετών σε όλους τους σταθμούς. Εν συνεχεία, ένα στατιστικό μοντέλο τα συνέδεσε με άλλα στατιστικά στοιχεία και εξάχθηκαν οι προβλέψεις κινδύνου για ολόκληρη την χώρα. Αρκετά μοντέλα¹⁶² δημιουργήθηκαν προκειμένου να υπολογιστεί η επαναλαμβανόμενη απαίτηση (υπολογισμοί για διάφορα σενάρια) και προκειμένου να καλυφθούν τα κενά της γεωγραφικής αντιπροσώπευσής (δεδομένα που λείπουν εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν απάντησαν στην έρευνά όλοι οι Π.Σ.). Ένα χωριστό μοντέλο δημιουργήθηκε για να υπολογίσει τα τοπικά ποσοστά των κλήσεων για κάθε κατηγορία έκτακτης ανάγκης. Η

¹⁵⁹ Chevalier P., T. Isabelle, G. David, G. Els, J. Olivier, P. Dominique, F. Plastria, «Locating fire stations in Belgium: An integrated GIS approach», p. 6

¹⁶⁰ Αυτές οι ταχύτητες καθορίστηκαν από μια ομάδα εργασίας πεπειραμένων πυροσβεστών από διάφορους Π.Σ.

¹⁶¹ Αναλυτικότερα βλέπε Chevalier P., T. Isabelle, G. David, G. Els, J. Olivier, P. Dominique, F. Plastria, «Locating fire stations in Belgium: An integrated GIS approach», pp. 7-8

¹⁶² Τα μοντέλα έχουν στόχο να υπολογίσουν τη χωρική παραλλαγή των γεγονότων, χωρίς να παράγουν αιτιώδεις εξηγήσεις.

πυκνότητα του πληθυσμού είναι ένας βασικός καθοριστικός παράγοντας των κινδύνων πυρκαγιάς (Peeters και Thomas 2001). Οι υπολογισμένες χωρικές πληροφορίες δίνονται για έναν τύπο κινδύνου: τις πυρκαγιές σε κατοικίες (*Βλέπε: χάρτες 3.4 και 3.5, σελίδα 222, παράρτημα Ι*)¹⁶³. Και οι δύο χάρτες αποκαλύπτουν την ισχυρή επιρροή του επιπέδου αστικοποίησης και της πυκνότητας πληθυσμών. Μια έρευνα πραγματοποιήθηκε επίσης για τους κανόνες επέμβασης (εμπλοκής). Δύο τύποι πληροφοριών συλλέχθηκαν: ο ένας τύπος αναφέρεται στην επιλογή του Π.Σ. να στείλει μια ομάδα και ο άλλος στη σύνθεση της διατιθέμενης ομάδας. Η ομάδα του προγράμματος συνεργάστηκε με τους αντιπροσώπους των εθελοντών πυροσβεστών, για να καθιερώσει τα μοντέλα για την σύνθεση των ομάδων που απαιτούνται για κάθε κατηγορία έκτακτης ανάγκης (ομάδα + εξοπλισμός). Μοντέλα έπρεπε επίσης να καθιερωθούν για το σχέδιο κλιμάκωσης όταν απαιτούνταν ενισχύσεις. Αυτά τα μοντέλα εξαρτώνται περαιτέρω και από άλλες παραμέτρους.

12. **Δυσκολίες του προγράμματος και της εφαρμογής του:** α) αυστηρό χρονοδιάγραμμα για την υλοποίηση της εφαρμογής, β) ελλιπή συστήματα βάσεων δεδομένων, γ) πολυπλοκότητα κριτηρίων-παραγόντων, δ) Δεν συμπεριληφθήκαν στους υπολογισμούς μέτρα κυκλοφοριακής συμφόρησης, στ) Η ποιότητα των αποτελεσμάτων είναι ιδιαίτερα εξαρτώμενη από την ποιότητα των εμπειρικών δεδομένων.
13. **Διατύπωση κύριου Προβλήματος:** η ελαχιστοποίηση των δαπανών για τις υπηρεσίες, προκειμένου να ανταποκριθούν σε ένα δεδομένο ποσοστό κλήσεων έκτακτης ανάγκης μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό όριο (παραδείγματος χάριν απάντηση 90% των κλήσεων μέσα σε 8 λεπτά) και διασφαλίζοντας ότι υπάρχει ένας Π.Σ. σε μια δεδομένη χρονική ακτίνα για κάθε σποραδικό κίνδυνο (παραδείγματος χάριν υπάρχει ένας Π.Σ. μέσα σε 10 λεπτά από κάθε θέση για έναν σποραδικό κίνδυνο).
14. **Περιορισμοί – Υποθέσεις:** α) Το κόστος εξαρτάται από τον αριθμό των Π.Σ., και τον αριθμό των πυροσβεστικών οχημάτων και των ενεργών πληρωμάτων σε κάθε σταθμό. β) Ο χρόνος απόκρισης μιας κλήσης έκτακτης ανάγκης, περιλαμβάνει το χρόνο ετοιμασίας για ένα όχημα και το πλήρωμα του και το χρόνο ταξιδιού στην περιοχή κλήσης. γ) Ποσοστό κινδύνου είναι το ποσοστό του αναμενόμενου αριθμού

¹⁶³ Chevalier P., T. Isabelle, G. David, G. Els, J. Olivier, P. Dominique, F. Plastria , « Locating fire stations in Belgium: An integrated GIS approach »., p. 7

κλήσεων και των 5 κατηγοριών επαναλαμβανόμενου κινδύνου, με μέγιστο διαθέσιμο χρόνο 8 λεπτών για τις 5 κατηγορίες εκτάκτων αναγκών (οι μη επαναλαμβανόμενοι κίνδυνοι χωρίστηκαν σε 9 κατηγορίες, σύμφωνα με τις πιθανές αιτίες καταστροφών). Επιλύονται δύο επιμέρους προβλήματα: το πρόβλημα χωροθέτησης και εν συνεχεία το πρόβλημα επάνδρωσης. Για το πρόβλημα χωροθέτησης υποθέτουμε ότι ένα πλήρωμα είναι πάντα διαθέσιμο για κάθε σταθμό και επιδιώκουμε τον ελάχιστο αριθμό σταθμών (και τις θέσεις τους) που απαιτούνται για να φθάσουν στο επιθυμητό επίπεδο υπηρεσιών. Για το πρόβλημα επάνδρωσης, θεωρούμε τις θέσεις όπως προκαθορίζονται και αλλάζουμε τον αριθμό πυροσβεστών στις βάρδιες, για να βελτιστοποιήσουμε το επιθυμητό επίπεδο υπηρεσιών τους.¹⁶⁴

15. Μαθηματική έκφραση και επίλυση του προβλήματος Χωροθέτησης:

Διαμορφώνεται ως ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης, που επιλύεται με τον μικτό ακέραιο προγραμματισμό (MIP) και τις μεθόδους Τεχνητής Νοημοσύνης και συγκεκριμένα των Νευρωνικών Δικτύων (Ohlsson και λοιποί, 2001).

16. Υποθέσεις και επίλυση του προβλήματος επάνδρωσης: α) Το πρόβλημα επάνδρωσης αποτελείται από μία σειρά προβλημάτων ανεξάρτητων μεταξύ τους για κάθε Π.Σ, σε κάθε περίπτωση BSU, β) κατά την χωροθέτηση των Π.Σ. η επάνδρωση θα πρέπει να συνδυάζει το απαιτούμενο επίπεδο υπηρεσιών με την ελαχιστοποίηση του κόστους, γ) η επάνδρωση δεν λαμβάνει υπόψη σποραδικούς κινδύνους, δ) Το πιο κοντινό επαρκές διαθέσιμο πλήρωμα θα εκτελέσει την αποστολή, ειδάλλως αναζητούμε το κατάλληλο στον δεύτερο πιο κοντινό Π.Σ., στ) Χρησιμοποιούμε ένα μοντέλο αναμονής (hypercube), για να αξιολογήσουμε την χρονική αναμονή των κλήσεων και το επίπεδο των υπηρεσιών, ανάλογα με το προσωπικό του κάθε Π.Σ.

17. Μαθηματική έκφραση του προβλήματος επάνδρωσης: Χρησιμοποιείται μια συνάρτηση βελτιστοποίησης, για να βελτιστοποιήσει την επάνδρωση διαφορετικών Π.Σ εξετάζοντας επιμέρους χαρακτηριστικά (πχ. προσβασιμότητα, απόκριση κλήσεων, κλιμάκωση ενισχύσεων κ.ο.κ). Η ίδια προσέγγιση βελτιστοποίησης χρησιμοποιείται για την επάνδρωση των πληρωμάτων ενίσχυσης σε κάθε επίπεδο.

18. Αποτελέσματα: Μέσω ενός ευέλικτου λογισμικού εργαλείου, ο χρήστης βρίσκεται αντιμέτωπος με ένα εύρος επιλογών και κανόνων: α) την δυνατότητα εξέτασης του προβλήματος για ολόκληρη την χώρα ή μόνο για μια περιοχή (*Nuts1*), επαρχία (*Nuts2*) ή ακόμα και ένα σύνολο κοινοτήτων, β) την επιλογή των

¹⁶⁴ Ο.π σελ. 9

επαναλαμβανόμενων και μη κινδύνων, γ) την επιλογή των εξεταζόμενων έκτακτων κινδύνων του μοντέλου και τα σχετικά κατώτατα χρονικά όρια καθώς και τον ενδεχόμενο περιορισμό σε ένα ιδιαίτερο είδος επαναλαμβανόμενων κινδύνων ή την εξέταση όλων, ανάλογα με τις στρατηγικές αποφάσεις, δ) η παροχή ευχέρειας εικονικής μεταβολής των χρόνων επέμβασης (μέσω προσομοιώσεων) για τον επαναλαμβανόμενο κίνδυνο, προκειμένου να εξετασθεί και να μετρηθεί ο αντίκτυπος μιας τέτοιας απόφασης, στ) την επιλεκτική αποφυγή των πιθανών θέσεων χωροθέτησης στα BSU, ε) την στάθμιση της αναποτελεσματικότητας του υπάρχοντος συστήματος. Αυτή η αξιολόγηση εξαρτάται από τον διαθέσιμο προϋπολογισμό και την σκοπιμότητα των αλλαγών καθώς και η μετακίνηση ενός Π.Σ. από μια θέση σε μια άλλη είναι αρκετά ακριβή, ζ) ο προσδιορισμός του επιπέδου των υπηρεσιών για την επάνδρωση, με κριτήριο το είδος και το ποσοστό των εξυπηρετητέων αναμενόμενων κλήσεων, σύμφωνα με τους ειδικούς κανόνες που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς επάνδρωσης.

19. **Συμπεράσματα:** α) Το εργαλείο ανάλυσης που αναπτύχθηκε σε αυτό το πρόγραμμα βοηθά αφενός μεν την λήψη αποφάσεων από τους υπεύθυνους, αφετέρου την καλύτερη κατανόηση των χωροθετικών και επιχειρησιακών χαρακτηριστικών των βέλγικών πυροσβεστικών σταθμών, β) Παρέχεται μια σαφής και αντικειμενική βάση συζήτησης μεταξύ των πολλών συμμετεχόντων που ασχολούνται με τον προγραμματισμό υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, γ) Καθίσταται ευχερέστερη η προσέγγιση των συνεπειών των διάφορων αποφάσεων προγραμματισμού, δ) Έξι μήνες μετά από το τέλος του προγράμματος, εξελίχθηκε μια εθνική μεταρρύθμιση των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, που έλαβε υπόψη τα συμπεράσματα του προγράμματος.

3.3.4 Αναφορά έκθεσης – μελέτης χωροθέτησης πυροσβεστικών σταθμών στην Οτάβα του Καναδά

Η συγκεκριμένη έκθεση-μελέτη χωροθέτησης, αναφέρεται στην ανασυγκρότηση και μελλοντική επέκταση του δικτύου των πυροσβεστικών σταθμών στην πόλη της Οτάβα, με βασικά κριτήρια την μείωση του λειτουργικού κόστους σε συνδυασμό με την βέλτιστη επιχειρησιακή απόδοση. Η πρόταση της πυροσβεστικής υπηρεσίας της Οτάβα για την χρηματοδότηση και σύνταξη μελέτης χωροθέτησης, έγινε προς το συμβούλιο του

δήμου της Οτάβα το 2005. Αφού εγκρίθηκε η σύνταξή της, ζητήθηκε από την κεντρική πυροσβεστική υπηρεσία του Οντάριο (O.F.M), στην οποία υπάγεται διοικητικά, η περαιτέρω συνδρομή για την υλοποίηση της. Τον Αύγουστο του 2005, συστήθηκε η επιτροπή σύνταξης της μελέτης του έργου, η οποία περατώθηκε το 2008.

Οι βασικοί άξονες της μελέτης είναι: α) Να εκτιμηθούν συνολικά οι κατηγορίες και τα επίπεδα των κινδύνων στην πόλη της Οτάβα, β) Να τεθούν τα πρότυπα οργάνωσης και λειτουργίας της υπηρεσίας με βάση αυτούς τους κινδύνους, (πχ. επιθυμητοί χρόνοι απόκρισης, οι ταχύτητες που μπορούν να αναπτυχθούν από τα πυρ/κά οχήματα σύμφωνα με τις υπάρχουσες υποδομές κ.ο.κ), γ) Να αναπτυχθεί το πλαίσιο μελλοντικών αλλαγών και τροποποιήσεων στους πυροσβεστικούς σταθμούς.

Η πυροσβεστική υπηρεσία της Οτάβα επανδρώνεται από συνολικά 1300 επαγγελματίες και εθελοντές πυροσβέστες, οι οποίοι κατανέμονται σε 43 σταθμούς εκ των οποίων οι 16 είναι εθελοντικοί, οι 23 επανδρώνονται από επαγγελματίες και οι 4 από το συνδυασμό τους. Παρέχουν υπηρεσίες πυρόσβεσης – διάσωσης σε 890.000. χιλιάδες κάτοικους σε μια έκταση 2.796 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Τα επίπεδα στελέχωσης των πυροσβεστικών σταθμών ουσιαστικά έχουν παραμείνει αμετάβλητα από το 1992, ενώ ο πληθυσμός της Οτάβα έχει αυξηθεί από 720.000 σε περίπου 890.000, αύξηση κατά 24%.

Για τον προσδιορισμό των νέων θέσεων χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών της Οτάβα αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία, η οποία στηρίχθηκε στα ιστορικά στοιχεία πυρκαγιών και διασώσεων σε βάθος τριών ετών, σε διάφορες πληροφορίες που προήλθαν από δεδομένα απογραφών και σε πληροφορίες σχετικά με τα κτήρια, τις χρήσεις τους, το οδικό δίκτυο και την διαθεσιμότητά του. Συγκεκριμένα αξιολογήθηκαν: τα στοιχεία των κλήσεων (είδος κινδύνου, χρόνοι απόκρισης και επέμβασης, είδος συναγερμού και επέμβασης, ανθρώπινες απώλειες, αποτίμηση υλικών καταστροφών κλπ.), η στατιστική επεξεργασία του αριθμού, του είδους και των χαρακτηριστικών των ακινήτων της πόλης, η κοστολόγηση των ακινήτων, η αξιολόγηση δεδομένων και στοιχείων για το οδικό δίκτυο και η αξιολόγηση των πληθυσμιακών χαρακτηριστικών.¹⁶⁵

Μέσω του Arc GIS, η ομάδα εργασίας και κυρίως η πυροσβεστική υπηρεσία της Οτάβα, αξιολόγησε, ανέλυσε και αποτύπωσε σε ένα ψηφιακό χάρτη, πλήθος δεδομένων (εγκαταστάσεις, αυτοκινητόδρομους, μονοδρομήσεις, απαγορεύσεις, πυκνότητα

¹⁶⁵ Τα τεχνικά εργαλεία από τα οποία εκμαιεύθηκαν τα δεδομένα ήταν μεταξύ άλλων τα συστήματα RMS (Records Management System), CAD (Computer Aided Dispatch) και το GIS (Geographical Information System). Τα ανωτέρω δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή του εργαλείου Arc Gis Spatial Analyst.

δόμησης, πληθυσμιακή πυκνότητα κ.ο.κ), προσδιορίζοντας έτσι τα επίπεδα κινδύνων και την κατηγοριοποίηση του οδικού δικτύου¹⁶⁶, προτείνοντας κατηγορίες ταχυτήτων ταξιδιού για κάθε τύπο δρόμου αλλά και για κάθε οδό. Με τις δυνατότητες μοντελοποίησης, η ερευνητική ομάδα θα μπορούσε να προσθέτει ή να αφαιρεί Π.Σ. και εν συνεχεία να τρέχει σενάρια για να εκτιμά πόσο μακριά μπορούν να επιχειρήσουν οι πυροσβεστικές δυνάμεις, ικανοποιώντας παράλληλα τα χρονικά πρότυπα επέμβασης. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίστηκαν τα χρονικά πρότυπα απόκρισης καθώς και το είδος της επέμβασης για κάθε κατηγορία κινδύνου. Αθροιστικά τα στοιχεία που εξετάζονται στην μελέτη χωροθέτησης των Π.Σ. της Οτάβα (αλλά και στις περισσότερες μελέτες), είναι τα ακόλουθα: α) τα επίπεδα κινδύνου της πόλης, β) οι επιθυμητοί χρόνοι απόκρισης στις περιοχές υψηλής επικινδυνότητας και γ) η ταχύτητα με την οποία μπορούν να κινηθούν τα πυροσβεστικά οχήματα με βάση το οδικό δίκτυο. Κατά συνέπεια η εκτίμηση των επικινδυνοτήτων, έγινε με βάση μια συγκεκριμένη μεθοδολογία ανάλυσης κινδύνων, η οποία παράλληλα παρέχει την δυνατότητα εμπλουτισμού της με νέα δεδομένα. Για την πόλη της Οτάβα συγκεκριμένες ομάδες παραγόντων (συμπεριλαμβανομένων και των προαναφερόμενων) έχουν ένα ειδικό βάρος στάθμισης μέσω ενός συστήματος αξιολόγησης που προσδιορίζει την πιθανότητα, την δυναμική, την συχνότητα και τις συνέπειες ενός συμβάντος σχετιζόμενου με την απώλεια ζωής, την απώλεια περιουσίας, και την οικονομική και ιστορική απώλεια. Αυτό το σύστημα οδήγησε στον διαχωρισμό των κοινοτήτων της πόλης σε ζώνες επικινδυνότητας, με σημεία υψηλού, μέσου και χαμηλού κινδύνου. Μέσα από αυτή την μεθοδολογία επιβεβαιώθηκε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, οι αστικές, οι περιαστικές και αγροτικές περιοχές της πόλης ήταν αντίστοιχα υψηλής, μέσης και χαμηλής επικινδυνότητας. Οι περιοχές με υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα, ανάπτυξη, ιστορικά μνημεία και πιθανότητα μεγάλης οικονομικής απώλειας, υπάγονται στις ζώνες υψηλού κινδύνου. Αντίστοιχα προσδιορίστηκαν και διαβαθμίστηκαν οι ζώνες μέσου και χαμηλού κινδύνου (*Βλέπε: χάρτης 3.6, σελίδα 223, παράρτημα Ι*).

¹⁶⁶ Η μορφή του οδικού δικτύου στην Οτάβα, όπως και σε όλες σχεδόν τις πόλεις του Καναδά και των Η.Π.Α., είναι ο ορθογωνικός κάναβος με απεριόριστη επέκταση προς δύο κύριες κατευθύνσεις. Η απλή μορφή του καννάβου με την βοήθεια της εναλλασσόμενης φοράς κίνησης στους διαδοχικούς παράλληλους δρόμους εξασφαλίζει την ισόρροπη κατανομή της κυκλοφορίας και μεγαλύτερη ελευθερία στις μετακινήσεις. Αυτός είναι και ο λόγος μη ύπαρξης ουσιαστικών κυκλοφοριακών προβλημάτων στα κέντρα των πόλεων και δεν τίθεται η ανάγκη λήψης και άσκησης περιοριστικών κυκλοφοριακών μέτρων. Ελένη Ανδρικοπούλου, *Πόλη και πολεοδομικές πρακτικές για την βιώσιμη αστική ανάπτυξη*, εκδόσεις Κριτική, Δεκέμβριος 2007, κεφάλαιο 14, σελ. 319.

Για να εξαχθεί και να υιοθετηθεί το πρότυπο επέμβασης (επίπεδο πυροσβεστικών δυνάμεων και χρόνος επέμβασης) για την πυροσβεστική υπηρεσία της Οτάβα, υιοθετήθηκαν τα υπάρχοντα πρότυπα (O.F.M) αλλά και οι πραγματικές συνθήκες των επεμβάσεων της Π.Υ. της Οτάβα. Το πρότυπο που υιοθετήθηκε από το γραφείο του Αρχηγού του Οντάριο, προβλέπει ότι για τις αστικές και περιαστικές περιοχές της πόλης, θα πρέπει να επεμβαίνουν δέκα πυροσβέστες σε δέκα λεπτά για κάθε συμβάν για το 90% των περιπτώσεων των πυρκαγιών. Αυτού του είδους η επέμβαση, θεωρείται αναγκαία για την εξασφάλιση της επάρκειας των μέσων και ανθρώπινων πόρων κατά την παροχή του κατασβεστικού και διασωστικού έργου. Μια λεπτομερής έρευνα σε δεδομένα τριών ετών, αναφορικά με τους χρόνους επέμβασης της πυροσβεστικής υπηρεσίας στην πόλη της Οτάβα, έδειξε ότι ανταποκρίνεται σε αυτούς τους χρόνους τόσο στις αστικές όσο και στις περιαστικές ζώνες. Ωστόσο αναγνωρίζεται ότι σε ορισμένες περιοχές με ιδιαίτερες συνθήκες, όπως οι απομακρυσμένες και οι αγροτικές, αυτή η προσδοκία είναι δύσκολο να ικανοποιηθεί. Για να αντιμετωπισθεί η αδυναμία έγκαιρης επέμβασης σε αυτές τις περιοχές, αναπτύχθηκε ένα αυστηρό πλαίσιο πολιτικών προληπτικής πυροπροστασίας, μέσω προγραμμάτων - δραστηριοτήτων πρόληψης, δημόσιας εκπαίδευσης και κατάρτισης.¹⁶⁷

Εκτός από την κάλυψη της συγκεκριμένης απαίτησης, η πυροσβεστική υπηρεσία της Οτάβα, παρέχει μια τυποποιημένη πρώτη επέμβαση βάσει των κινδύνων. Για να καθορισθεί το τρέχον χρονικό επίπεδο απόκρισης, αξιολογήθηκε η βάση δεδομένων του συστήματος RMS για δύο έτη. Για τις κλήσεις πυρκαγιάς επιπέδου¹⁶⁸ 1, εξετάστηκαν συνολικά 24.000 κλήσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δυνάμεις 1ης επέμβασης, ανταποκρίθηκαν «στον πυρήνα του κέντρου» μέσα σε πέντε λεπτά από την κλήση, για το 90% των περιπτώσεων, ποσοστό που σε γενικές γραμμές ευθυγραμμίζεται με τα πρότυπα για τις περιοχές υψηλού κινδύνου. Στις περιαστικές περιοχές της πόλης, ως περιοχές μέσης επικινδυνότητας, οι δυνάμεις 1ης επέμβασης ανταποκρίθηκαν σε επτά λεπτά για το 90% των περιπτώσεων, ενώ στις αγροτικές περιοχές σε δεκατέσσερα λεπτά.¹⁶⁹ Οι εν λόγω δυνάμεις 1ης προσβολής είναι κρίσιμης σημασίας, αφού δημιουργούν το σκηνικό διοίκησης για την αντιμετώπιση του συμβάντος και προσδιορίζουν, μέσω της συνεχούς

¹⁶⁷ Τα προγράμματα αυτά απευθύνονται στις απαιτήσεις απόκρισης συγκεκριμένου επιπέδου κινδύνων και πυρκαγιών όπως πχ. οι πυρκαγιές σε μονοκατοικίες.

¹⁶⁸ Το επίπεδο της 1ης κλήσης αφορά πυρκαγιά απειλητική για τη ζωή όπου η έξοδος θα ανταποκριθεί με φώτα και σειρήνες

¹⁶⁹ Όλες οι κλήσεις με χρόνο απόκρισης κάτω από 30 δευτερόλεπτα ή πάνω από 20 λεπτά αποκλείστηκαν από τους υπολογισμούς, έτσι ώστε να μην παραποιηθούν τα αποτελέσματα και απλώς εξετάστηκαν.

ροής των πληροφοριών, τις επιπρόσθετες δυνάμεις που ενδέχεται να ζητηθούν ως επιπλέον βοήθεια, για την αντιμετώπιση των πιο δύσκολων περιστατικών. Ελλείψει κάποιων θεσμοθετημένων χρονικών προτύπων, αποφασίστηκε η υιοθέτηση των χρονικών ορίων που εξάχθηκαν μέσα από την επεξεργασία των ιστορικών δεδομένων, σε συνδυασμό με τα πρότυπα επέμβασης του γραφείου του αρχηγού στο Οντάριο.

Το τρίτο στοιχείο που έπρεπε να προσδιορισθεί, προκειμένου να επιτευχθούν ρεαλιστικά αποτελέσματα για την χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών σύμφωνα με τα χρονικά πρότυπα και τα επίπεδα κινδύνου, ήταν η μέση ταχύτητα ταξιδιού για τα οχήματα της πυροσβεστικής εξόδου, σε διαφορετικούς τύπους δρόμων και ο καθορισμός του προσωπικού στους πυροσβεστικούς σταθμούς. Έτσι ως χρόνος απόκρισης σε μια κλήση λογίζεται :

$$\text{Χρόνος Απόκρισης (Response Time)} = \text{Χρόνος Αναφοράς (Dispatch time)} + \text{Χρόνος Συγκέντρωσης (assembly time)} + \text{Χρόνος Διαδρομής (travel time)}$$

(Χρόνος απόκρισης: ο χρόνος επεξεργασίας μιας κλήσης από τη στιγμή που αυτή περιήλθε στο κέντρο διαχείρισης κρίσεων ως την στιγμή που ο διαχειριστής θα δώσει εντολή στην έξοδο πυρκαγιάς για την επιχείρηση συν τον χρόνο προετοιμασίας της εξόδου πυρκαγιάς συν ο χρόνος μετάβασης από τον πυροσβεστικό σταθμό στο συμβάν).

Στις περιοχές υψηλού κινδύνου που η 1η έξοδος ανταποκρίνεται σε συμβάντα πυρκαγιάς εντός 5 λεπτών (ως πρότυπο απόκρισης) από την κλήση για το 90% των περιπτώσεων, ο ανωτέρω τρόπος υπολογισμού σημαίνει ότι ο πραγματικός χρόνος ταξιδιού (travel time), είναι 2 λεπτά και 56 δευτερόλεπτα, όταν αφαιρούνται ο χρόνος προετοιμασίας των πυροσβεστών και ο χρόνος αξιολόγησης της κλήσης. Ομοίως για τις περιοχές μέσου κινδύνου όπου η 1η έξοδος ανταποκρίνεται σε συμβάντα πυρκαγιάς εντός 7 λεπτών (ως πρότυπο απόκρισης) από την κλήση ο πραγματικός χρόνος ταξιδιού είναι 4 λεπτά και 40 δευτερόλεπτα. Τέλος, για τις περιοχές χαμηλής επικινδυνότητας, όπου τα 14 λεπτά λογίζονται ως χρόνος απόκρισης, τα 10 λεπτά θεωρούνται ως χρόνος ταξιδιού.

Το αμέσως επόμενο κριτήριο που έπρεπε να προσδιορισθεί, ήταν η μέση ταχύτητα που αναπτύσσουν τα πυροσβεστικά οχήματα ανάλογα με τον τύπο του οδικού δικτύου. Για να υπολογισθεί το ως άνω μέγεθος, αξιολογήθηκαν στοιχεία των πραγματικών χρόνων απόκρισης σε πυρκαγιές, δηλαδή του χρόνου ταξιδιού (travel time) των πυροσβεστικών οχημάτων για δύο χρόνια. Εν συνεχεία, ο πραγματικός χρόνος ταξιδιού μαζί με τις αποστάσεις που διανύθηκαν σε αυτόν, οδήγησαν στην μέση ταχύτητα. Η μέση ταχύτητα ταξιδιού αξιολογήθηκε και διαμορφώθηκε μέσω του GIS (πρόγραμμα ESRI: ανάλυσης

δικτύων, Network Analyst), για συγκεκριμένους τύπους δρόμων, διαμορφώνοντας συγκεκριμένες κατηγορίες ταχύτητας ταξιδιού κατά αντιστοιχία με τον τύπο του οδικού δικτύου (Βλέπε: πίνακα 3.3, σελίδα 223, παράρτημα Ι).

Οι μέσοι χρόνοι ταξιδιού σε συνδυασμό με τις οριοθετούμενες ταχύτητες του πίνακα και τις πιθανές θέσεις των σταθμών και των οχημάτων, σχηματίζουν την βάση για την επιτυχημένη επέμβαση των πυροσβεστικών δυνάμεων εντός των προτύπων απόκρισης και για κάθε επίπεδο κινδύνου. Σχετικά με την μελλοντική επέκταση των οδικών δικτύων και την χωροθέτηση νέων πυροσβεστικών σταθμών και οχημάτων, μπορεί να αναπτυχθεί ένα μοντέλο οδικού δικτύου που θα εφαρμοσθεί στο σύστημα GIS. Στο μοντέλο αυτό μπορεί να υιοθετηθεί η υφιστάμενη ανάπτυξη δικτύου για την πρόβλεψη της μελλοντικής επέκτασης των περιοχών. Με βάση αυτό, το προσωπικό χρησιμοποιεί το εργαλείο ESRI για να τρέξει σενάρια σχετικά με την χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών, που θα οδηγήσουν σε ταχύτητες ταξιδιού και εν τέλει σε χρόνους απόκρισης, σύμφωνα με τα απαιτούμενα πρότυπα για την κάλυψη των αναμενόμενων επιπέδων κινδύνου για τις επεκτεινόμενες περιοχές.

Σχετικά με την διενέργεια και τα ευρήματα της μελέτης, μπορούμε να αναφέρουμε τις κάτωθι διαπιστώσεις:

- ✓ Χρησιμοποιώντας το λογισμικό ανάλυσης δικτύων ArcGIS, η πυροσβεστική υπηρεσία της Οτάβα ήταν σε θέση να αναπτύξει λεπτομερώς μια συνολική εκτίμηση παρόντων και μελλοντικών κινδύνων για την πόλη, προσδιορίζοντάς την σε διάφορα επίπεδα ευπάθειας και οδηγώντας στην λήψη των απαιτούμενων προτύπων.
- ✓ Κατά την αξιολόγηση των ικανοτήτων απόκρισης με διάφορα σενάρια που υιοθετήθηκαν στο μοντέλο σε διάφορα σημεία της πόλης, διαπιστώθηκαν αποκλίσεις από το πρότυπο του O.F.M. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η μερική αναπροσαρμογή των υφιστάμενων πόρων (οχήματα, προσωπικό) στο τρέχον δίκτυο για την αντιμετώπιση αυτών των ελλείψεων.
- ✓ Για τον προσδιορισμό των μελλοντικών χωροθετικών αναγκών του πυροσβεστικού δικτύου, λόγω επέκτασης του αστικού ιστού, έγιναν οι σχετικές προβλέψεις σε χρονικό ορίζοντα πέντε ετών. Αξιολογήθηκαν στοιχεία και τοπογραφήθηκαν τα κενά οικόπεδα για κατοικίες (Vacant Urban Residential Land Survey, VURLS), οι κενές βιομηχανικές περιοχές (Vacant Industrial land Survey) και οι αγροτικές οικιστικές περιοχές (Rural Residential land Survey). Με βάση

αυτό τον προσδιορισμό, η πυροσβεστική υπηρεσία της Οτάβα ήταν σε θέση να προβλέψει τα επίπεδα κινδύνου στις υπό ανάπτυξη περιοχές. Σύμφωνα με τα εκτιμώμενα επίπεδα κινδύνου, προβλέφθηκαν, για τις περιοχές αυτές, πρότυπα απόκρισης αντίστοιχα με αυτά που ήδη περιγράφηκαν. Παράλληλα, με το σύστημα GIS, αναλύθηκε και προσδιορίστηκε το οδικό δίκτυο και οι ταχύτητες των πυροσβεστικών οχημάτων σε αυτό. Με την ίδια μεθοδολογία προβλέφθηκαν οι μελλοντικές θέσεις των πυροσβεστικών σταθμών, ο εξοπλισμός και το προσωπικό τους, προκειμένου να ικανοποιούνται τα πρότυπα επέμβασης ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου.

Από την μελέτη προέκυψε ότι για τρεις περιοχές-τομείς της Οτάβα (Ottawa - Kanata , Barhaven και Orleans) απαιτούνται πρόσθετοι πυροσβεστικοί σταθμοί, προκειμένου να ανταποκριθούν στις αυξημένες απαιτήσεις. Και στις τρεις περιπτώσεις, το επίπεδο σχετικού κινδύνου προσδιορίστηκε ως αυτό του μέσου κινδύνου, ήτοι το επίπεδο στο οποίο η 1η έξοδος πρέπει να ανταποκρίνεται σε συμβάντα πυρκαγιάς με δέκα πυροσβέστες, στο πρότυπο απόκρισης των 7 λεπτών από την λήψη της κλήσης και δέκα πυροσβεστών σε δέκα λεπτά για το 90% των κλήσεων που αφορούν τις μονοκατοικίες, από την λήψη της κλήσης.

Σε μια εκτίμηση πληθυσμιακής ανάπτυξης, ο πληθυσμός αναμένεται να αυξηθεί κατά 21.000 ανθρώπους νότια του Nepean στην περιοχή που συνορεύει με Strandherd Rd βόρεια, με τον Bowsville Rd ανατολικά, την 416 δυτικά και Barnsdale Rd νότια. Η πληθυσμιακή αύξηση στην Ορλεάνη αναμένεται να είναι στους 11.000 ανθρώπους στην ζώνη νοτίως του Innis Rd, δυτικά του Trim Rd, βορείως των Navan Rd και ανατολικά του Renaud Rd. Στην ζώνη της Kanata που συνορεύει με March Rd προς τον Βορρά, Eagleson Rd ανατολικά, Huntmar Rd δυτικά και Huntley Rd νότια, προβλέπεται να φθάσει τους 27.000 μεταξύ του 2006 και 2011. Περαιτέρω, ο πληθυσμός αναμένεται να αυξηθεί κατά 31% στην Ορλεάνη το 2021 με την Kanata και νότια του Nepean να διπλασιάζουν τον πληθυσμό τους. Το Νοέμβριο του 2007 έγιναν νέες προβλέψεις για το διάστημα 2006-2031 και προβλέφθηκαν οι σχετικές αναθεωρήσεις για την μελλοντική ανάπτυξη. Το μοντέλο σχεδιασμού προβλέπεται να ενημερώνεται και να επικαιροποιείται με νέα δεδομένα και λεπτομερέστερες προβλέψεις.

Συμπερασματικά με βάση την συγκεκριμένη έκθεσης – μελέτη, δύναται να υποστηριχθεί ότι μέσα από μια ολοκληρωμένη και αναλυτική μεθοδολογική προσέγγιση μπορούν να αξιοποιηθούν ιστορικά στατιστικά στοιχεία πυρκαγιών καθώς και τρέχουσες και

μελλοντικές πληροφορίες σχετικά με δημογραφικά στοιχεία, οικονομική ανάπτυξη, οδικό δίκτυο, σημεία επικινδυνότητας, υποδομές κ.ο.κ., προκειμένου να αναπτυχθεί μια ρεαλιστική προσέγγιση πρόβλεψης κινδύνου, να προσδιοριστούν οι ταχύτητες ταξιδιού, τα πρότυπα χρόνου απόκρισης και τελικά να αξιολογηθεί το υφιστάμενο δίκτυο πυροσβεστικών σταθμών και να προταθούν χωροθετικές επιλογές με τον συνυπολογισμό της μελλοντικής επέκτασης, προκειμένου να επιτευχθεί η βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας και η μείωση του κόστους λειτουργίας των πυροσβεστικών σταθμών. Η υιοθέτηση και γνώση της απαιτούμενης σύγχρονης τεχνολογίας, όπως των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Π.Σ), καθίσταται ως προαπαιτούμενο για την αξιολόγηση των ανωτέρω και την εύρεση των βέλτιστων λύσεων.

Περαιτέρω η συγκεκριμένη έκθεση – μελέτη, εγκρίθηκε από τις αρμόδιες υπηρεσίες και συμβούλια και ανατέθηκε η σύνταξη δεύτερης φάσης της μελέτης (Οκτώβριος 2008), στην οποία γίνονται εκτιμήσεις και αναλυτικές προτάσεις για κάθε μία από τις τρεις περιοχές που αναφέρθηκαν (Kanata – Δυτική Οτάβα, Barrhaven – Νότια Οτάβα και Ορλεάνη – Ανατολική Οτάβα)¹⁷⁰.

3.3.4.1 Ο ρόλος των σύγχρονων τεχνολογιών στην λήψη χωροθετικών αποφάσεων στην περίπτωση της Οτάβα

Εξετάζοντας την 2η φάση της έκθεσης, η οποία αναφέρεται αναλυτικά στις αναπτυσσόμενες περιοχές τις Οτάβα: Kanata – Δυτική Οτάβα, Barrhaven – Νότια Οτάβα και Ορλεάνη – Ανατολική Οτάβα, θεωρήθηκε σημαντικό να γίνει μνεία στο ρόλο της σύγχρονης τεχνολογίας στην λήψη των χωροθετικών αποφάσεων και στο μέγεθος της επιρροής που ασκεί σε αυτές.

Σύμφωνα με το πόρισμα της 2ης μελέτης για την Kanata – Δυτική Οτάβα εμφανίζεται η ανάγκη δημιουργίας ενός επιπλέον πυροσβεστικού σταθμού που θα λειτουργήσει εντός του 2010, λόγω της πληθυσμιακής αύξησης και των χρόνων επέμβασης του υφισταμένου δικτύου πυροσβεστικών σταθμών, οι οποίοι σε ορισμένες περιπτώσεις υπερβαίνουν τους πρότυπους χρόνους απόκρισης. Για την νότια Οτάβα (περιοχή Barrhaven), αναφέρεται ότι, λόγω των ίδιων παραγόντων, θεωρείται επιβεβλημένη η δημιουργία ενός επιπλέον πυροσβεστικού σταθμού σε συγκεκριμένο γεωγραφικό σημείο, με έναρξη λειτουργίας το

¹⁷⁰ Αναλυτική αναφορά της έκθεσης – μελέτης γίνεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.ottawa.ca/calendar/ottawa/citycouncil/occ/2008/11-26/cpsc/01%20-%20ACS2008-COS-OFS-0002.htm>

2010. Τέλος για την περιοχή Ορλεάνη – Ανατολική Οτάβα σχεδιάζεται η ίδρυση ενός σταθμού ως το 2015, λόγω των αποκλίσεων του αρχικού χρόνου απόκρισης από τα πρότυπα χρόνου.

Στο μεσοδιάστημα μέχρι την δημιουργία των νέων σταθμών, η υιοθέτηση τεχνολογιών αναμένεται να επιλύσει σε κάποιο βαθμό το πρόβλημα των χρόνων απόκρισης του υφιστάμενου δικτύου. Συγκεκριμένα κρίθηκε από την αρμόδια επιτροπή ότι θα πρέπει, στα πλαίσια χάραξης της στρατηγικής χωροθέτησης, να διερευνηθούν παράλληλα τα οφέλη από την υιοθέτηση μιας στρατηγικής εφαρμοζόμενων τεχνολογιών. Αυτές οι τεχνολογίες αφορούν την «έξυπνη σηματοδότηση», τα συστήματα πλοήγησης στα οχήματα, το GPS και την δυνατότητα ενημέρωσης των οχημάτων εκτός σταθμών. Στόχος τους είναι η διερεύνηση της επίδρασης που θα έχει η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών στην λήψη των χωροθετικών αποφάσεων. Σύμφωνα με προηγούμενες έρευνες σε άλλους «δήμους» του Καναδά, έχει αποδειχθεί ότι η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών επηρεάζει την λήψη των χωροθετικών αποφάσεων, στο βαθμό που βελτιώνονται οι χρόνοι απόκρισης (σημαντικός λόγος για την χωροθέτηση νέων σταθμών), προσεγγίζοντας τους πρότυπους χρόνους επέμβασης, ενώ βελτιώνει σημαντικά τα επίπεδα ασφάλειας των πυροσβεστικών οχημάτων και των παρεχόμενων πυροσβεστικών υπηρεσιών. Ειδικότερα:

Η έξυπνη σηματοδότηση

Η έξυπνη σηματοδότηση ενσωματώνει την τεχνολογία GPS¹⁷¹ και την ασύρματη διασύνδεση για την αποστολή στοιχείων από το κέντρο διαχείρισης της πυροσβεστικής υπηρεσίας στο κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας της Οτάβα. Το κέντρο αυτό καθορίζει την κυκλοφοριακή ροή, ελέγχοντας το σύστημα σηματοδότησης ώστε να προσφέρει τους ταχύτερους χρόνους. Η εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας εκτιμάται ότι μπορεί να μειώσει τους χρόνους απόκρισης κατά 5%, βελτιώνοντας όχι μόνο την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα των πυροσβεστικών μέσων αλλά και την ασφάλειά τους. Επιπλέον θα εξασφαλίσει την βελτίωση της οδικής ασφάλειας για τον πληθυσμό, μέσω της μείωσης των τροχαίων ατυχημάτων που εμπλέκονται τα πυροσβεστικά οχήματα. Ένα τέτοιου είδους πιλοτικό πρόγραμμα σχεδιάζεται να εφαρμοσθεί στις προαναφερόμενες περιοχές, σε μια προσπάθεια βελτίωσης των παρεχόμενων πυροσβεστικών υπηρεσιών.

¹⁷¹ Global Positioning System.

Σύστημα πλοήγησης στα οχήματα

Το σύστημα πλοήγησης στα αυτοκίνητα είναι ένα «εν κινήσει κατευθυντήριο εργαλείο», το οποίο χρησιμοποιεί το GPS ώστε να οριοθετείται η θέση του πυροσβεστικού οχήματος και εν συνεχεία να επιλέγεται η συντομότερη διαδρομή, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία GIS.¹⁷² Ομοίως και αυτό το σύστημα παρέχει το πλεονέκτημα της ακριβούς πληροφόρησης στα πυροσβεστικά οχήματα σχετικά με την επιλεγθείσα διαδρομή, βελτιώνοντας τον χρόνο απόκρισης και τις παρεχόμενες υπηρεσίες.

GPS/AVL - εκτός του Πυροσβεστικού Κέντρου πληροφόρηση

Με την χρήση της τεχνολογίας GPS στα οχήματα, επιτρέπεται ο εντοπισμός της θέσης τους σε κάθε χρονική στιγμή. Ως αποτέλεσμα, ο διαχειριστής θα μπορούσε να απευθυνθεί στο καταλληλότερο χωροθετικά όχημα και όχι απαραίτητως στον καταλληλότερο χωροθετικά πυροσβεστικό σταθμό. Τούτο συμβαίνει γιατί τα πυροσβεστικά οχήματα συχνά βρίσκονται καθ' οδόν από την επιστροφή κάποιου συμβάντος, σε περιπολίες, στην επιστροφή από κάποια επισκευή ή συντήρηση, με αποτέλεσμα να βρίσκονται πλησίον του νέου συμβάντος. Αυτή η γνώση της θέσης των οχημάτων εκτός πυροσβεστικού σταθμού από τον διαχειριστή του κέντρου, επιτρέπει την βελτίωση των χρόνων απόκρισης και της αποτελεσματικότητας τους.

Σύμφωνα με την επιτροπή μελέτης αλλά και τους αρμόδιους της πυροσβεστικής υπηρεσίας της Οτάβα, τα πιθανά οφέλη από την εφαρμογή των ανωτέρω τεχνολογιών στις προαναφερθείσες περιοχές, θα είναι η βελτίωση των χρόνων απόκρισης των πυροσβεστικών οχημάτων (πάνω από 10%) και των παρεχόμενων υπηρεσιών τους. Αυτή η βελτίωση μπορεί να επιβραδύνει την ανάγκη υλοποίησης του σχεδίου ίδρυσης νέων σταθμών, καθώς ο σημαντικότερος παράγοντας που επιτάσσει την νέα χωροθέτηση είναι οι χρόνοι απόκρισης¹⁷³.

¹⁷² Geographic Information System.

¹⁷³ Αναλυτική αναφορά της 2^{ης} φάσης, της έκθεσης – μελέτης, γίνεται στην ιντερνετική διεύθυνση: <http://www.city.ottawa.on.ca/calendar/ottawa/citycouncil/occ/2008/11-26/cpsc/01%20-%20ACS2008-COS-OFS-0002.htm>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο**Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ
ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ – ΔΙΑΣΩΣΗΣ ΜΕ ΑΝΑΦΟΡΑ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.****4.1 Εισαγωγή**

Η εκτενής αναφορά και ανάλυση των θεωρητικών προσεγγίσεων γενικότερα αλλά και των περιπτωσιολογικών μελετών ειδικότερα για τις στρατηγικές χωροθέτησης υπηρεσιών εκτάκτων αναγκών, καταδεικνύει την σημαντικότητα του χωροθετικού σχεδιασμού και των αποφάσεων για την οργάνωση, την εγκατάσταση και λειτουργία τους εντός ενός ορθολογικού πλαισίου, ενσωματώνοντας παράγοντες και χαρακτηριστικά που εξασφαλίζουν την λειτουργική τους αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα σε πραγματικές συνθήκες.

Η υιοθέτηση μιας συγκεκριμένης μεθοδολογίας και ανάλυσης με την χρήση κριτηρίων και τεχνικών χωροθέτησης είναι απαραίτητη ως διαδικασία και ακολουθείται και στην περίπτωση της χωροθέτησης των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης. Αναφέρεται δε σε μια σειρά από παράγοντες και χαρακτηριστικά του ενδογενούς και εξωγενούς περιβάλλοντος της υπηρεσίας, που λαμβάνονται υπόψη μαζί με το υποκειμενικό κριτήριο του λήπτη της απόφασης, καθιστώντας την στρατηγική χωροθέτησης μια πολυκριτηριακή και πολυσύνθετη διαδικασία (Βλέπε: κεφάλαιο 1, μέρος I). Αυτή η πολυσυνθετότητα οδήγησε διαχρονικά σε ένα ευρύ φάσμα στρατηγικών χωροθέτησης για τις υπηρεσίες εκτάκτου ανάγκης σε όλα τα επίπεδα μεθοδολογίας και ανάλυσης, οι οποίες ήταν άλλοτε εφαρμοστέες σε πραγματικό περιβάλλον και άλλοτε εξαντλούνταν σε θεωρητικό επίπεδο (Βλέπε: κεφάλαιο 2, μέρος I). Οποσδήποτε αυτή η τεράστια δεξαμενή γνώσης υιοθετούμενων στρατηγικών χωροθέτησης των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης, δεν μπορεί να αναφερθεί και να εξαντληθεί στην παρούσα εργασία. Ωστόσο η ενδεικτική αναφορά μας: στους προβληματισμούς και τον τρόπο

σκέψης των θεωρητικών της χωροθέτησης, στην διαχρονικά καταγεγραμμένη επιστημονική γνώση σε συνδυασμό με στην περιπτωσιολογική παρουσίαση χωροθέτησης υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης σε διαφορετικά δομημένα χωρικά περιβάλλοντα (Βλέπε, κεφάλαιο 3, μέρος Ι), οδήγησαν στην ανάγκη καταγραφής των διαδικασιών χωροθέτησης των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης στον ελληνικό χώρο και εν συνεχεία στην μελέτη και παρουσίαση μιας σύνθετης χωροθετικής πρότασης.

4.2 Η χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στην Ελλάδα.

Στις 12 Μαΐου 1930 δημοσιεύτηκε ο Νόμος 4661, «περί διοργανώσεως του Πυροσβεστικού Σώματος» βάσει του οποίου ιδρύθηκε το Πυροσβεστικό Σώμα με την μορφή Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου υπαγόμενου στο Υπουργείο Εσωτερικών. Το 1932 ιδρύθηκαν Πυροσβεστικές Υπηρεσίες στους Δήμους Αθηνών, Πειραιώς και Θεσσαλονίκης.¹⁷⁴ Μέχρι και το 1940 το Π.Σ. αύξησε το προσωπικό του, εξοπλίστηκε με μέσα και ιδρύθηκαν Πυροσβεστικές Υπηρεσίες σε άλλες μεγάλες πόλεις. Την μεταπολεμική περίοδο αναδιοργανώθηκε με την ίδρυση Υπηρεσιών σε όλη τη χώρα, την πρόσληψη προσωπικού και τον εξοπλισμό του με νέα οχήματα.. Το 1972 ιδρύθηκε το Κέντρο Ασύρματης Επικοινωνίας¹⁷⁵ του Πυροσβεστικού Σώματος (199) που αποτελεί τον κεντρικό διαχειριστή των κλήσεων και το 1987 ιδρύθηκαν οι Περιφερειακές Διοικήσεις Πυροσβεστικών Υπηρεσιών των οποίων η έδρα και η εδαφική δικαιοδοσία συμπίπτει με τις αντίστοιχες Διοικητικές Περιφέρειες της Χώρας.¹⁷⁶ Σήμερα το Πυροσβεστικό Σώμα εκτείνεται σε όλη την επικράτεια, συμβάλλοντας στην εξασφάλιση της πολιτικής προστασίας και της πολιτικής άμυνας της χώρας. Ουσιαστικά η ανάγκη υιοθέτησης μιας μεθοδολογίας χωροθέτησης των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης μπορεί να υποστηριχθεί ότι προέκυψε για πρώτη φορά την δεκαετία του 1960-1970, για την πόλη των Αθηνών, στα πλαίσια μιας εκ των μεγαλύτερων μεταπολεμικά πληθυσμιακών «εκρήξεων» (Βλέπε: πίνακας 4.1, σελίδα 225, παράρτημα ΙΙ) και σημαντικής επέκτασης του αστικού ιστού. Έτσι το 1969

¹⁷⁴ Άρθρο 18 του ν. 4661/1930 (ΦΕΚ. 135) που αντικαταστάθηκε με το άρθρο 22 του ν. 6015/1934 (ΦΕΚ 154)

¹⁷⁵ Το 1992 μετονομάστηκε σε Συντονιστικό Επιχειρησιακό Κέντρο Υπηρεσιών του Πυροσβεστικού Σώματος (Σ.Ε.Κ.Υ.Π.Σ.)

¹⁷⁶ Πηγή, δικτυακός τόπος: <http://www.fireservice.gr>.

καθιερώθηκε εντός του αστικού ιστού της Αθήνας ο θεσμός των περιπολικών πυροσβεστικών οχημάτων, προκειμένου να μειωθεί ο χρόνος απόκρισης σε συμβάντα, λόγω της αυξημένης κυκλοφοριακής κίνησης και των μεγάλων αποστάσεων. Αυτή η ενέργεια καταδεικνύει ότι αυξήθηκαν οι δυσχέρειες στην άμεση επέμβαση των πυροσβεστικών δυνάμεων εντός του αστικού ιστού και ως εκ τούτου ανέκυψε ο προβληματισμός της επιχειρησιακής αποτελεσματικότητας των πυροσβεστικών δυνάμεων και εφαρμόστηκε εμπειρικά, ένα πρώτο χωροθετικό «μοντέλο κάλυψης», με την ανάπτυξη πυροσβεστικών περιπολικών.

Έως το 1986, στην νομοθεσία περί σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης, δεν γινόταν μνεία αναφορικά με τον τρόπο ίδρυσης των νεοϊδρυθεισών υπηρεσιών (κριτήρια και προϋποθέσεις χωροθέτησης, σύνταξη μελέτης κ.ο.κ), με εξαίρεση τις ανάγκες στέγασής τους. Συνεπώς η χωροθέτηση των σταθμών γινόταν με το υποκειμενικό κριτήριο του λήπτη της απόφασης και την τότε επιχειρησιακή εμπειρία. Αντίστοιχα στον διεθνή χώρο (αγγλοσαξονικές χώρες) παρατηρήθηκε η ευρεία εφαρμογή χωροθετικών μοντέλων για την ανασυγκρότηση και επέκταση των δικτύων υπηρεσιών εκτάκτων αναγκών.

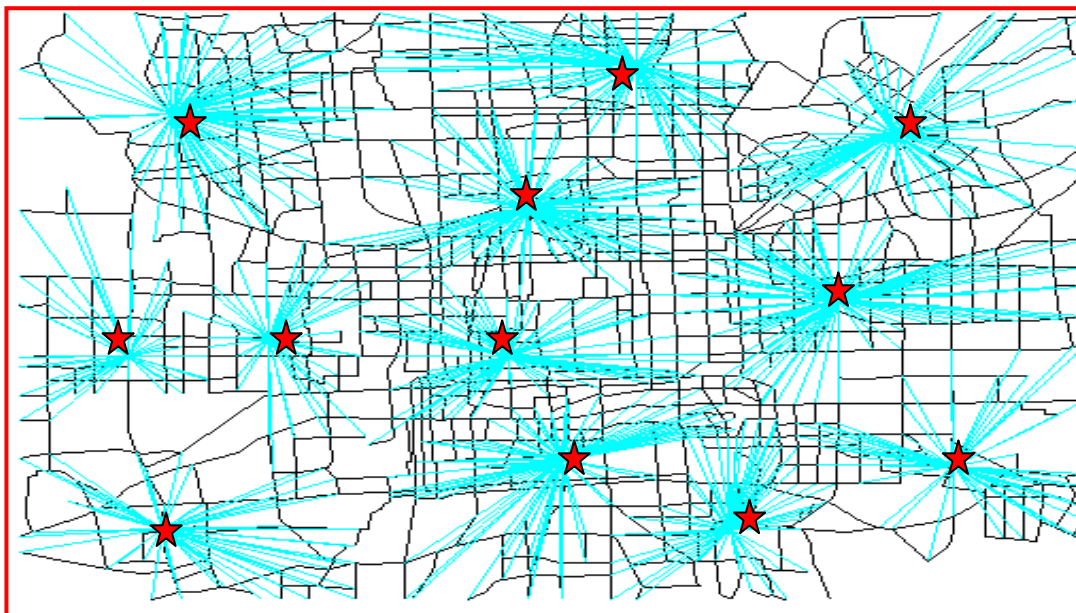
Με το άρθρο 2 του ν.1590/1986 (ΦΕΚ 49) επήλθε ουσιαστικά η τροποποίηση του άρθρου 22 του ν. 6015/1934. Με αυτό το άρθρο δόθηκαν κάποιες κατευθυντήριες γραμμές παραπέμποντας όμως ουσιαστικά το ζήτημα του χωροταξικού σχεδιασμού και λειτουργικότητας των πυροσβεστικών κτιριακών εγκαταστάσεων στις τεχνικές υπηρεσίες των εκάστοτε συναρμόδιων υπουργείων, χωρίς να μνημονεύεται το θέμα της χωροθέτησης τους. Έκτοτε, με την υπ' αριθ. 4 εγκύκλιο του Αρχηγείου Πυροσβεστικού Σώματος «Περί στέγασης των Υπηρεσιών του Πυροσβεστικού Σώματος και τρόπου τήρησης των βιβλίων Μητρώου κτιριακών εγκαταστάσεων» το 2005, περιγράφονται οι διαδικασίες και τα στάδια ανέγερσης και συντήρησης ενός σύγχρονου πυροσβεστικού σταθμού. Σύμφωνα τα οριζόμενα σε αυτήν:

α) Οι θέσεις εγκατάστασης και λειτουργίας των Σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης, πρέπει να επιλέγονται εντός των κεντρικών τομέων των ρυμοτομικών σχεδίων των πόλεων, προκειμένου από τα σημεία αυτά να είναι δυνατή η κάλυψη ακτινοειδώς των αποστάσεων (Βλέπε: *γράφημα 4.1, σελίδα 117*) προς την περιφέρεια μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, επειδή έχει αποδειχθεί στην πράξη ότι ο παράγων

χρόνος είναι ο πλέον σημαντικός για την έγκαιρη και αποτελεσματική επέμβαση των πυροσβεστικών εξόδων

Γράφημα 4.1

Ακτινοειδής κάλυψη των τομέων ευθύνης των σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης



★ Πυροσβεστικός σταθμός ή περιπολικό όχημα.

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

β) Σε περίπτωση επιλογής θέσεων εγκατάστασης Σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης εντός των ρυμοτομικών σχεδίων των πόλεων, μεταξύ μικρών κεντρικών ή μεγάλων εκτός του κέντρου οικοπέδων, πρέπει να προτιμώνται τα δεύτερα και μάλιστα όταν υπάρχει προοπτική επέκτασης των ρυμοτομικών σχεδίων, οπότε μετά την επέκταση θα βρεθούν εντός ή πλησίον των κέντρων των πόλεων, αρκεί κατά τα άλλα να εξυπηρετείται ο υπηρεσιακός σκοπός.

γ) Για την κρίση της καταλληλότητας των θέσεων εγκατάστασης και λειτουργίας των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης, τον πρώτο λόγο έχει η Επιτροπή στέγασης υπηρεσιών του Πυροσβεστικού Σώματος, η οποία είναι και το συμβουλευτικό όργανο του Υπουργού Δημόσιας Τάξης.¹⁷⁷

Από τα ανωτέρω διαφαίνεται ότι η χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στην χώρα μας, γίνεται με βάση την δεδομένη ιστορική εμπειρία που

¹⁷⁷ Η υπ' αριθμ. 4 εγκύκλιος του Α.Π.Σ (Σεπτέμβριος του 2005), «Περί στέγασης των Υπηρεσιών του Πυροσβεστικού Σώματος και τρόπου τήρησης των βιβλίων Μητρώου κτιριακών εγκαταστάσεων» σελ. 1-2.

διαθέτει η υπηρεσία με βασικό μέλημα την βελτιστοποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης. Αυτή άλλωστε η εμπειρία οδήγησε και στην ίδρυση πολλών πυροσβεστικών κλιμακίων, κυρίως με την ανάληψη της δασοπυρόσβεσης το 1998, τα οποία λειτουργώντας επικουρικά σε σχέση με τους σταθμούς πυρόσβεσης - διάσωσης, συνέβαλλαν σε πολλές περιπτώσεις βελτιστοποίησαν σε πολλές περιπτώσεις την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα τους.

Ωστόσο σήμερα την επίλυση των στεγαστικών προβλημάτων των Πυροσβεστικών Υπηρεσιών δυσχεραίνει, η απαίτηση για κατάλληλες και ειδικά διαμορφωμένες εγκαταστάσεις, η έλλειψη χωροταξικού σχεδιασμού, η πολυσύνθετη και άναρχη δόμηση, η έλλειψη κατάλληλων οικοπεδικών εκτάσεων εντός των πόλεων (ειδικά στην πόλη των Αθηνών), η υψηλή πυκνοκατοίκηση, η μεγάλη επιβάρυνση στον κρατικό προϋπολογισμό κ.λπ. Αυτές οι ιδιαιτερότητες σε συνδυασμό με την εμπειρική διαδικασία χωροθέτησης κατά την οποία υπερισχύει η υποκειμενική κρίση, ενδεχομένως να μην οδηγούν πάντα στις βέλτιστες χωροθετικές επιλογές. Αυτό σημαίνει ότι όχι μόνο δεν επιτυγχάνονται οι επιθυμητοί χρόνοι επέμβασης της πυροσβεστικής εξόδου, αλλά ίσως τίθενται και ζητήματα ορθής διαχείρισης του υφιστάμενου πυροσβεστικού συστήματος – δικτύου (πυροσβεστικού προσωπικού και μέσων) και της αδυναμίας ελαχιστοποίησης του κόστους (π.χ. κόστος εξόδου πυρκαγιάς όπως καύσιμα, φθορές, επιπλέον μισθώματα, πρόσθετο προσωπικό, γενικότερα διαχειριστικά έξοδα).

Η διεθνής εμπειρία από την εφαρμογή χωροθετικών μοντέλων για τους πυροσβεστικούς σταθμούς σε προηγμένες πυροσβεστικά χώρες, έχει καταδείξει ότι τα εξαγόμενα αποτελέσματα και οι προτάσεις βοήθησαν στην λήψη ορθών χωροθετικών αποφάσεων με θετικά κοινωνικό – οικονομικά αποτελέσματα. Προς αυτή την κατεύθυνση, στην μελέτη που ακολουθεί θα παρουσιασθεί ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για την χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης σε επίπεδο γεωγραφικής μικροκλίμακας στον Δήμο Αθηναίων.

4.3 Τα γενικά χαρακτηριστικά της έρευνας.

Για την πραγματοποίηση μιας έρευνας χρησιμοποιούνται ποσοτικές και ποιοτικές μέθοδοι. Η χρήση και των δύο μεθόδων εξασφαλίζει την δυνατότητα επαλήθευσης

και διασταύρωσης των δεδομένων. Η συλλογή και ανάλυση στοιχείων που αφορούν πρωτογενή και δευτερογενή δεδομένα, η πραγματοποίηση δομημένων ή ημιδομημένων συνεντεύξεων με τους πλέον αρμόδιους στο αντικείμενο, η σύνταξη και συμπλήρωση ερωτηματολογίων και η επιτόπια παρατήρηση, περιλαμβάνουν σχεδόν το σύνολο των επιλογών που δίνονται από την επιστήμη της μεθοδολογίας της έρευνας.

Ως δευτερογενή δεδομένα θεωρούμε τα παραγόμενα για άλλους σκοπούς στοιχεία, τα οποία χρησιμοποιούμε στην ανάλυσή μας και τα περιλαμβάνουν γραπτά ή μη τεκμήρια, δεδομένα από διάφορες πηγές και στοιχεία από άλλες έρευνες.¹⁷⁸ Η συνέντευξη μπορεί να εμπεριέχει συγκεκριμένες ερωτήσεις από τον ερευνητή με συγκεκριμένες απαντήσεις ή χωρίς να περιορίζονται οι απαντήσεις του ερωτώμενου. Οι συνεντεύξεις (κυρίως οι ημιδομημένες) χρησιμοποιούνται κατά τον σχεδιασμό της έρευνας ως πηγή στοιχείων για την σύνταξη των ερωτηματολογίων και ως πηγή δεδομένων που υιοθετούνται κατά την ανάλυση των επιμέρους στόχων της αλλά και της ερμηνείας δεδομένων, επιβολής περιορισμών κλπ. Η χρησιμοποίηση διαφόρων τύπων ερωτηματολογίων αποτελεί άλλη μία τεχνική συλλογής δεδομένων. Μέσω των ερωτηματολογίων συλλέγονται και αξιολογούνται οι απαντήσεις των διαθέσιμων επιλογών σχετικά με παράγοντες και χαρακτηριστικά που αφορούν μια έρευνα. Τέλος η επιτόπια παρατήρηση αφορά την οπτική επαφή του ερευνητή με το σύνολο των σημείων ενδιαφέροντος της έρευνας. Μέσω αυτής επιβεβαιώνονται τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται και τα στοιχεία που αξιολογούνται από τις υπόλοιπες μεθόδους έρευνας.

Στα πλαίσια της έρευνας, συλλέχθηκαν και αξιοποιήθηκαν, κατόπιν στατιστικής επεξεργασίας, πρωτογενή και δευτερογενή στατιστικά δεδομένα από συναφείς με το θέμα μας πηγές (βιβλιογραφικές, άρθρα, μελέτες, δημοσιεύσεις, σχέδια επέμβασης κλπ.). Επιπλέον ενσωματώθηκαν πολύτιμα στοιχεία και πληροφόρηση αντλούμενη από τις αρμόδιες Διευθύνσεις του Αρχηγείου Πυροσβεστικού Σώματος, από ανεξάρτητες υπηρεσίες (πχ. Στατιστική υπηρεσία) και από άλλους φορείς του δημοσίου (πχ. Δ.Κ.Ε.Σ.Ο, Δ.Μ.Ε.Ο).

¹⁷⁸ Saunders et al, (1997), *Research Methods for Business Students*, London, Pitman Publishing, p.p 159-164.

Η έρευνα στοχεύει στον σχεδιασμό και την παρουσίαση μιας συγκεκριμένης μεθοδολογίας για την χωροθέτηση – κατανομή σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης σε επίπεδο γεωγραφικής μικροκλίμακας. Στο πεδίο της εντάσσεται:

- α) Ο περιγραφικός και χαρτογραφικός προσδιορισμός, η καταγραφή και αξιοποίηση μέρους των απαιτούμενων, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο πρώτο μέρος της εργασίας, βασικών στοιχείων χωροθέτησης των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης και των χαρακτηριστικών τους, ως εξωγενών και ενδογενών παραγόντων, που αλληλεπιδρούν και επηρεάζουν την στρατηγική χωροθέτησης στην εξεταζόμενη γεωγραφική περιοχή μελέτης (*Βλέπε: κεφάλαια 5 & 6, μέρος II*).
- β) Η παρουσίαση μιας ολοκληρωμένης πρότασης για την χωροθέτηση - κατανομή ενός δικτύου σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης, βασισμένης σε ένα σύστημα διαχείρισης (*το Σύστημα Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης, Σ.Υ.Χ.Α*), με τη χρήση μιας σύνθετης μεθοδολογίας αποτελούμενης από επιμέρους πολυκριτηριακές μεθόδους χωρικής ανάλυσης και ένα υπόδειγμα χωροθέτησης με συγκεκριμένα κριτήρια και περιορισμούς, που προσεγγίζουν τις πραγματικές συνθήκες της εξεταζόμενης γεωγραφικής περιοχή μελέτης (*Βλέπε: κεφάλαιο 7, μέρος II*).
- γ) Μια χωροθετική εφαρμογή και παρουσίαση για την γεωγραφική περιοχή μελέτης, με συσχέτιση των αποτελεσμάτων της με το υφιστάμενο δίκτυο των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης και την εξαγωγή συμπερασμάτων και
- δ) Μια γενική χαρτογραφική παρουσίαση χωροθέτησης σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης, με την χρήση του Google earth (*Βλέπε: κεφάλαιο 7, μέρος II*).¹⁷⁹

4.4 Ο ρόλος της τηλεπισκόπησης, της χαρτογράφησης και των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (Γ.Π.Σ) στην έρευνα της χωροθέτησης.

Η χαρτογραφική επιστήμη και οι τεχνικές τηλεπισκόπησης με την ραγδαία ανάπτυξη των πληροφοριακών και δορυφορικών συστημάτων, διαδραματίζουν πλέον ενεργό ρόλο στην χωρική ανάλυση του αστικού και περιαστικού περιβάλλοντος και κατ' επέκταση στον στρατηγικό χωροθετικό σχεδιασμό. Από τα τέσσερα επίπεδα γεωγραφικής κλίμακας που χρησιμοποιούνται για την μελέτη και ανάλυση χαρτών του αστικού και περιαστικού χώρου, το τρίτο και τέταρτο επίπεδο, με κλίμακες 1/5000 – 1/10000 και 1/25000 και άνω, χρησιμοποιούνται για πολεοδομικά,

¹⁷⁹ Η χρήση του λογισμικού ανάλυσης δικτύων ArcGIS (Map info, Arcview), θεωρείται από τις πλέον κατάλληλες για αυτού του είδους τις εφαρμογές.

ρυθμιστικά σχέδια δομών και γενικότερα τοπολογικούς σκοπούς και εφαρμογές, μεταξύ των οποίων και η χωροθέτηση.

Η τηλεπισκόπηση παίζει σημαντικό ρόλο στο προαναφερόμενο 3ο και 4ο επίπεδο, με την χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής χωρικής ανάλυσης, για την δημιουργία ψηφιακών χαρτών χρήσεων γης, εγκαταστάσεων, υποδομών κλπ. Οι δυνατότητες της ακριβούς χαρτογράφησης, μελέτης και διαχείρισης αστικών περιοχών, είναι πολύ σημαντικές για τις εφαρμοστέες στρατηγικές αποφάσεις χωροθέτησης υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης. *Καταγράφεται και απεικονίζεται η αστική μορφολογία με μεγάλη ακρίβεια, με τον εντοπισμό και την αναγωγή των θεωρητικά και περιγραφικά προσδιορισμένων κριτηρίων & παραγόντων του χωροθετικού προβλήματος, για τις περιοχές υποδοχής*¹⁸⁰. Σε αυτή την κατεύθυνση έχουν γίνει πολλές έρευνες για τον χωρικό προσδιορισμό και την ανάλυση υποδομών, δικτύων πόλεων και κτιριακών συγκροτημάτων¹⁸¹, για τον χωρικό προσδιορισμό οδικών δικτύων¹⁸² και την δημιουργία συστημάτων Γεωγραφικών Πολεοδομικών Πληροφοριών, για την χωροθέτηση δημοσίων υπηρεσιών, κέντρων υγείας (παράδειγμα η πόλη του Ριάντ στην Σαουδική Αραβία).¹⁸³

Το Γ.Π.Σ. αναπτύχθηκε ταχύτατα τα τελευταία χρόνια, αρχής γενομένης την δεκαετία του '80.¹⁸⁴ Αποτελεί σύνολο υλικού και λογισμικού, το οποίο με την κατάλληλη χρήση υποστηρίζει την συλλογή, την επεξεργασία, την ανάλυση, την διαχείριση, την σύνθεση, την αποθήκευση (σε raster ή διανυσματική μορφή), την οπτικοποίηση σε ψηφιακό περιβάλλον, την μοντελοποίηση και την παρουσίαση μεγάλου όγκου δεδομένων με χωρική αναφορά, αποτελώντας ουσιαστικά ένα σημαντικό εργαλείο υποστήριξης λήψης αποφάσεων για την επίλυση προβλημάτων

¹⁸⁰ Κ. Περάκης, Γ. Φαρασλής, «Εφαρμογές τηλεπισκόπησης στην ανάλυση και την διαχείριση του δομημένου και του υπαίθριου χώρου», *Δεκαεπτά κείμενα για τον σχεδιασμό τις πόλεις και την ανάπτυξη*, Συλλογικός τόμος για τα δέκα χρόνια λειτουργίας του τμήματος μηχανικών χωροταξίας και περιφερειακής ανάπτυξης, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας Βόλος 2000, σ.σ. 427-441.

¹⁸¹ Wang D et all, 1996, «L' extraction du reseau routier urbain a partir d' image» SPOT HRV, *International journal of Remote Sensing*, vol. 17, No 4, 827-833.

¹⁸² Baumgardner et all (1999), «Automatic road extraction based on multi-scale, Grouping and Context», Vol 65, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 65, No 7, pp. 777-785 και Tonjes P, et all (1999), «Knowledge Based Interpretation of Remote Sensing Images Using Semantic Nets», *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol 65, No 7, pp. 811-821.

¹⁸³ Al Garni M.A., 1996, «Urban photogrammetric data base for multi-purpose cadastral – based information system: The Riyadh city case», *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 51, pp. 28-38.

¹⁸⁴ Τα Γ.Π.Σ. αναπτύχθηκαν στον Καναδά για να εξετάσουν συγκεκριμένα προβλήματα, όπως στην επίλυση ζητημάτων σχεδιασμού των χρήσεων γης σε μεγάλη κλίμακα.

διαχείρισης και σχεδιασμού. Τα δεδομένα αυτά λέγονται γεωγραφικά ή χαρτογραφικά ή και χωρικά και μπορεί να συσχετίζονται με μια σειρά από περιγραφικά δεδομένα (Βλέπε εικόνα 4.1). Ειδικότερα έχει την δυνατότητα δόμησης ρεαλιστικών μοντέλων και εκροής πληθώρας εναλλακτικών λύσεων για μεγάλο αριθμό προβλημάτων που σχετίζονται με το περιβάλλον στο σύνολό του. Αξιοποιεί τη δύναμη της πληροφορίας (βάσεων δεδομένων) σε συνδυασμό με τη γεωγραφία της κάθε περιοχής μελέτης, για να παρέχει στους λήπτες της απόφασης συνδυαστική και δυναμική ανάλυση της γεωγραφικής γνώσης και επιτελική πληροφόρηση.¹⁸⁵

Εικόνα 4.1

Πολυεπίπεδη χαρτογραφική σύνθεση με την χρήση Γ.Π.Σ



Με την χρήση Γ.Π.Σ., πραγματοποιείται η σύνδεση της χωρικής (της περιοχής μελέτης) με την περιγραφική πληροφορία (πχ. παράγοντες και κριτήρια χωροθέτησης). Το Γ.Π.Σ. χρησιμοποιείται ως βάση γεωγραφικών δεδομένων (*geodatabase*), ως εκφραστής αυτών των δεδομένων πληροφόρησης μέσω ψηφιακών χαρτών (*geovisualization*) και ως εργαλείο μετασχηματισμού τους μέσω αναλυτικών λειτουργιών (*μοντελοποίησης*) σε νέα παραγόμενα σύνολα δεδομένων (*geoprocessing*). Ως παράδειγμα αναφέρεται η χρήση του λογισμικού ανάλυσης

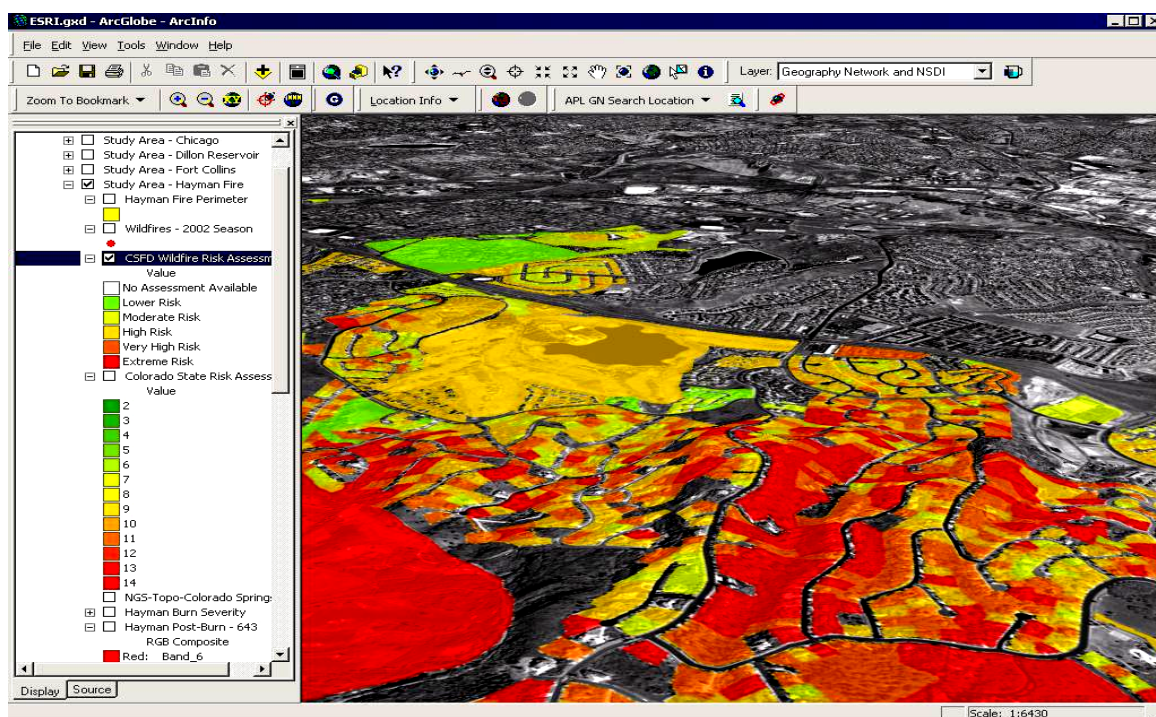
¹⁸⁵ Ελληνικοί φορείς του δημοσίου που τα τελευταία χρόνια δραστηριοποιούνται στην παραγωγή ψηφιακού χαρτογραφικού υλικού είναι: η Υπηρεσία Κτηματογραφήσεων και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας, η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας (ΕΣΥΕ), η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ), η Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού, ο Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας (ΟΚΧΕ), το Κτηματολόγιο Α.Ε., το Υπουργείο Γεωργίας και το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ).

δικτύων ArcGIS,¹⁸⁶ για να προσδιορισθεί μια συνολική εκτίμηση των κινδύνων για την πόλη, να κατανεμηθεί σε διάφορα επίπεδα (layers) εντοπίζοντας τις περιοχές κινδύνου και να καταλήξει στην λήψη των απαιτούμενων χωρικών προτύπων (Βλέπε: Χάρτης 4.1).

Η περαιτέρω εφαρμογή αυτών των προτύπων με την υιοθέτηση κάποιου χωροθετικού μοντέλου, μπορεί να οδηγήσει σε χωροθετικές λύσεις που θα απαιτούν από μια αναπροσαρμογή των πόρων (οχήματα, προσωπικό κλπ) του υφιστάμενου πυροσβεστικού δικτύου έως την αναδιοργάνωσή του με νέες χωροθετήσεις.

Χάρτης 4.1

Χάρτης διαβάθμισης κινδύνου



Πηγή: GIS Technology and Applications for the Fire Service, An ESRI White Paper , March 2006

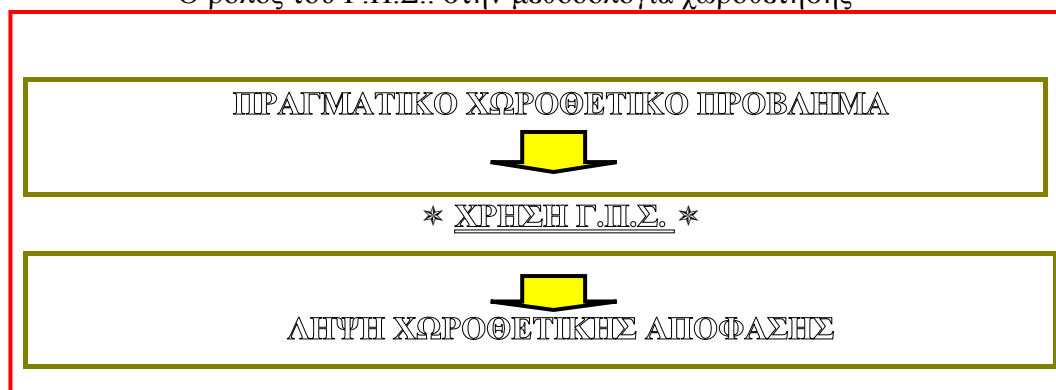
Τα γενικά πλεονεκτήματα αυτής της εφαρμογής συνίστανται: α) στην ψηφιακή χαρτογράφηση της γεωγραφικής περιοχή μελέτης, β) στην δημιουργία, στον εύκολο χειρισμό, στην αποθήκευση και ανάκτηση γεωγραφικών δεδομένων

¹⁸⁶ Το ArcGIS είναι ενσωματωμένη συλλογή των προϊόντων λογισμικού GIS για την οικοδόμηση ενός πλήρους GIS. Αποτελείται από διάφορα πλαίσια για ανάπτυξη του GIS, ενώ είναι βασισμένο σε ArcObjects™, μια κοινή, μορφωτική βιβλιοθήκη των κοινών τμημάτων λογισμικού GIS.

βάσης, γ) στην δυνατότητα σύνθεσης σχέσεων μεταξύ των γεωγραφικών μεταβλητών και δ) στην ενισχυμένη ικανότητα διαχείρισης και λήψης αποφάσεων. Αναλυτικότερα η μεθοδολογία, μέσω Γ.Π.Σ., περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια: α) Τον καθορισμό του σκοπού μιας έρευνας, β) Τον προσδιορισμό των δεδομένων της (παραγόντων και κριτηρίων), γ) Τον καθορισμό των παραμέτρων, δ) Την αποτύπωση ενός διαγράμματος ροής στα πλαίσια του οποίου παρουσιάζονται και συνδέονται οι ομάδες-σύνολα των δεδομένων και οι αναλυτικές τεχνικές, στ) Την αποτύπωση του διαγράμματος του έργου Γ.Π.Σ, ε) Την συγκέντρωση των δεδομένων (από υφιστάμενα ή νέα αρχεία) και την διατύπωση των περιορισμών, ζ) Την εισαγωγή και αποθήκευση δεδομένων στο Γ.Π.Σ, η) Τον έλεγχο του Γ.Π.Σ. (ελαχιστοποίηση της αρνητικής επίδρασης λανθασμένων δεδομένων, επιλογή της ασάφειας ή λογικότητας, σύστημα ερωτημάτων για την εύκολη εξαγωγή συμπερασμάτων), θ) Την λήψη της Απόφασης (αναγνώριση πιθανών περιοχών χωροθέτησης, χωροθετική απόφαση με βάση τα χωρικά πρότυπα και το υπόδειγμα χωροθέτησης) και ι) Το ρόλο του Γ.Π.Σ. στην υποστήριξη της λήψης αποφάσεων.¹⁸⁷ Η περιγραφόμενη μεθοδολογία καταδεικνύει την σημαντικότητα του Γ.Π.Σ. ως εργαλείου υποστήριξης λήψης αποφάσεων για την επίλυση προβλημάτων διαχείρισης και σχεδιασμού, όπως άλλωστε αναφέρεται και περιγράφεται στα επόμενα κεφάλαια της παρούσας μελέτης, προκειμένου να ληφθούν οι απαιτούμενες αποφάσεις για την χωροθέτηση – κατανομή των σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης (Βλέπε: Εικόνα 4.2).

Εικόνα 4.2

Ο ρόλος του Γ.Π.Σ.. στην μεθοδολογία χωροθέτησης



¹⁸⁷ Καραπαναγιώτη Ε., «Συνδυασμός Γ.Π.Σ. και μαθηματικού προγραμματισμού για την χωροθέτηση εμπορικών επιχειρήσεων» (2008), Μ.Β.Α., Πανεπιστήμιο Πατρών, σ.σ. 9-21.

4.5 Περιγραφή της μελέτης χωροθέτησης - κατανομής σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης για τον δήμο Αθηναίων.

Στην συγκεκριμένη μελέτη επιχειρείται η αναφορά σε παράγοντες, στοιχεία και δεδομένα που αλληλεπιδρούν στον σχεδιασμό της στρατηγικής χωροθέτησης των σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης στον ελληνικό χώρο. Εκμαιεύονται και υιοθετούνται, στα πλαίσια της πολυκριτηριακής χωρικής ανάλυσης και εφαρμόζονται ως παράμετροι, μεταβλητές και περιορισμοί, στο χωροθετικό μας υπόδειγμα. Αυτή η μεθοδολογική διαβάθμιση οδηγεί στο *Σύστημα Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης (Σ.Υ.Χ.Α.)*, ως ένα σύνθετο εργαλείο αξιολόγησης για την λήψη αποφάσεων χωροθέτησης, με κύριο γνώρισμα του το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.¹⁸⁸

Αναλυτικότερα γνωρίζοντας ότι ο *Κίνδυνος*¹⁸⁹ είναι συνάρτηση της *Επικινδυνότητας*, της *Τρωτότητας* και της *Έκθεσης*, γίνεται προσπάθεια να δομηθεί ένας *Δείκτης Κινδύνου* που προσδιορίζεται και εξάγεται από τους παράγοντες τις *αστικής έκθεσης* και *τρωτότητας* στην περιοχή μελέτης.¹⁹⁰ Ως *τρωτότητα* θεωρείται η έννοια που εκφράζει τον βαθμό επιρρέπειας των αστικών δομών της περιοχής μελέτης, όταν αυτή δεχθεί μια αρνητική δράση. Η έννοια της τρωτότητας συνδέεται στενά με εκείνη της *έκθεσης*, που υποδηλώνει τον αριθμό των εκτιθέμενων σε κίνδυνο ανθρώπων, καθώς επίσης και την αξία και την ποσότητα των απειλούμενων αγαθών.¹⁹¹ Στην μελέτη θεωρείται ότι ο κίνδυνος σε μια πόλη προσδιορίζεται από την πιθανότητα να πληγούν τρωτές οντότητες, *από την αξία αυτών των οντοτήτων*, ενώ η τρωτότητα αποτελεί ένα *κοινωνικά δομημένο φαινόμενο*, υπό την έννοια ότι αποτελεί πεδίο που επηρεάζεται από τις κοινωνικοοικονομικές δομές του αστικού συστήματος. Κατά συνέπεια παράγοντες

¹⁸⁸ Στο εξής θα αναγράφεται ως Γ.Π.Σ. ή G.I.S (Geographic Information System).

¹⁸⁹ Η πλέον αποδεκτή από τους γεωγράφους απόδοση της έννοιας του κινδύνου στο πεδίο των φυσικών καταστροφών είναι αυτή του Keith Smith (1998) «...Κίνδυνος είναι ο συνδυασμός της πιθανότητας εκδήλωσης μιας απειλής, με τις απώλειες που συνεπάγεται για τα στοιχεία που ενσωματώνουν ανθρώπινη αξία, λόγω της ποικιλότροπης έκθεσης τους σε αυτή την απειλή», Πηγή: Κ. Σαπουντζακη, *Το αύριο εν κινδύνου*, εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 2007, σ.σ. 23-24. Επίσης μπορούμε να τον ορίσουμε ως το σύνολο των τύπων και της ποσότητας καταστροφών που αναμένονται σε μια περιοχή, οπ. σελ. 196.

¹⁹⁰ Η εφαρμογή αυτού του (μεθοδολογικού) πλαισίου συλλογής πληροφοριών και ανάλυσης για τον προσδιορισμό και αξιολόγηση των αστικών κινδύνων στην περιοχή μελέτης, μπορεί να γίνει υπό το πρίσμα της σύγχρονης θεωρίας της «Διακυβέρνησης των Κινδύνων», ως το νέο ρεύμα στην διαχείριση κινδύνων και καταστροφών. Πηγή: Ο.π. σ.σ. 34 – 36.

¹⁹¹ Οπ. σελ. 198.

– παράμετροι της πόλης όπως οι υποδομές, οι δημογραφικοί, οι υπηρεσίες έκτακτων αναγκών κλπ μπορούν να εξετασθούν ως υποσύνολα που συμβάλουν στην διαμόρφωση της συνολικής τρωτότητας. Επίσης εξετάζονται τα χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν την *φυσική έκθεση* (ως παράγοντα αστικοποίησης που συμβάλει στην αύξηση ή μείωση της τρωτότητας) της πόλης, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της αύξησης της ικανότητας απόκρισης – επέμβασης και κάλυψης του μηχανισμού έκτακτης ανάγκης (πυροσβεστική υπηρεσία) μέσω της χωροθέτησης. Η επίτευξη αυτού του στόχου θα αποτελέσει ένα αντίβαρο στον περιορισμό μελλοντικά του βαθμού τρωτότητας. Συνεπώς μειώνοντας τον βαθμό τρωτότητας (θεωρώντας την τρωτότητα ως ένα κοινωνικά δομημένο φαινόμενο) ελαττώνεται η διακινδύνευση¹⁹² και αυξάνεται η ασφάλεια της αστικής περιοχής μελέτης.

Μέσω της μεθοδολογίας της πολυκριτηριακής προσέγγισης, προσδιορίζονται και αξιολογούνται οι παράγοντες του εξωτερικού περιβάλλοντος¹⁹³ (*Εξωγενείς Παράγοντες*) που αλληλεπιδρούν στην χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στην περιοχή μελέτης του Δήμου Αθηναίων και περιλαμβάνουν: α) τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, β) τα βασικά Χωροταξικά – Πολεοδομικά δεδομένα, γ) τις κατηγορίες χρήσεων γης, δ) τα δημογραφικά (απογραφικά) στοιχεία, στ) την κατηγοριοποίηση και ιεράρχηση του οδικού δικτύου. Επιπρόσθετα οι παράγοντες του εσωτερικού περιβάλλοντος (*Ενδογενείς Παράγοντες*), που περιλαμβάνουν ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της υπηρεσίας όπως το μέγεθος των σταθμών, το διαθέσιμο πυροσβεστικό προσωπικό, το είδος και την ποσότητα του πυροσβεστικού εξοπλισμού, τα πρότυπα οργάνωσης και λειτουργίας των υπηρεσιών και άλλους παράγοντες που λειτουργούν υποστηρικτικά στο πυροσβεστικό έργο.¹⁹⁴ Παράλληλα εξετάζονται και αξιολογούνται ιστορικά στοιχεία και δεδομένα που έχουν καταγραφεί από την πυροσβεστική υπηρεσία στην περιοχή μελέτης για πυρκαγιές, διασώσεις, παροχές βοήθειας, ύψος ζημιών κλπ. Τα συμπεράσματα της στατιστικής ανάλυσης έχουν

¹⁹² Η διακινδύνευση αφορά τον βαθμό των δυνητικών απωλειών στις αστικές περιοχές λόγω της έκθεσης σε φυσικές απειλές και μπορεί να αναλυθεί ως αποτέλεσμα του συνδυασμού της πιθανότητας εκδήλωσης μιας απειλής με τον βαθμό τρωτότητας. Πηγή: Π. Μ. Δελλαδέτσιμας, *Οι Ασφαλείς Πόλεις*, εκδόσεις Εξάντας, Αθήνα 2009, κεφάλαιο 2, σελ. 74.

¹⁹³ Ως εξωτερικό περιβάλλον αναφέρονται οι παράγοντες εκτός Πυροσβεστικής Υπηρεσίας.

¹⁹⁴ Οι ενδογενείς παράγοντες αναφέρονται αλλά δεν εξετάζονται στην 1^η φάση του μεθοδολογικού πλαισίου της μελέτης που αφορά την διαμόρφωση του Δείκτη Κινδύνου, αλλά εξετάζονται στο χωροθετικό υπόδειγμα (Βλέπε: κεφάλαιο 7, ενότητα 7.2).

διττό χαρακτήρα αφού πρώτον υιοθετούνται ως επιβεβαίωση των προσδιοριζόμενων, από την πολυκριτηριακή ανάλυση, ζωνών υψηλής επικινδυνότητας (στην περίπτωση γεωγραφικής ταύτισης τους) και δεύτερον αξιοποιούνται ως συμπεράσματα (μιας πρόσθετης μεθόδου) για την οριοθέτηση επικίνδυνων ζωνών που δεν κατέστη εφικτό να εντοπισθούν με τον *Δείκτη Κινδύνου*.

Με τους ανωτέρω παράγοντες, τις μεθόδους της πολυκριτηριακής και στατιστικής ανάλυσης, τα «εργαλεία» χωρικής ανάλυσης του Γ.Π.Σ., αξιολογείται χωρικά ο δήμος Αθηναίων με σκοπό τον προσδιορισμό των ζωνών *υψηλής επικινδυνότητας*. Αυτές οι περιοχές πιθανόν να παρουσιάσουν και την μεγαλύτερη συχνότητα σε κλήσεις για την Πυροσβεστική Υπηρεσία. Συνακόλουθα με την πολυκριτηριακή αξιολόγηση, επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός των χωρικών προτύπων σύμφωνα με τις «προτεραιότητες» που θέτουν οι λήπτες της απόφασης, τα οποία αποτυπώνονται σε διάφορα επίπεδα ψηφιακών χαρτών γεωγραφικής ή χωρικής πληροφόρησης (Layers) ενώ με την παράλληλη χρήση του Γ.Π.Σ. δημιουργείται η απαιτούμενη γεωγραφική βάση δεδομένων, που αποτελεί την 1η φάση της μελέτης.

Με βάση αυτά τα πρότυπα, στην 2η φάση της μελέτης δύναται να υιοθετηθεί ένα υπόδειγμα χωροθέτησης – κατανομής, που εκφράζεται μέσα από μια αντικειμενική συνάρτηση (objective function) και τον κανόνα κατανομής (allocation rule), ώστε να επιτευχθεί μια θεωρητικά ολοκληρωμένη χωροθετική πρόταση, για τους πυροσβεστικούς σταθμούς στον δήμο Αθηναίων. Οι δύο φάσεις της μελέτης υλοποιούνται διαμέσου του *Συστήματος Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης (Σ.Υ.Χ.Α)* σε περιβάλλον Γ.Π.Σ., ενώ η διαδικασία ολοκληρώνεται με τη δημιουργία κατάλληλων ψηφιακών χαρτών, στους οποίους θα αποτυπώνονται οι προτεινόμενες λύσεις. Περαιτέρω είναι δυνατός ο μετασχηματισμός αυτών των χωρικών προτύπων με την παράλληλη χρήση σεναρίων και μέσω του Συστήματος Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης να παραχθούν άλλες προτάσεις για την χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στην περιοχή μελέτης.

Υπολαμβάνεται ότι τελικός σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να δημιουργηθεί ένα μεθοδολογικό υπόβαθρο με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, η πρακτική εφαρμογή του οποίου θα οδηγήσει:

1) Στην εύρεση των *τομέων πυροσβεστικού κινδύνου*, ως διακριτές συγκεντρώσεις τρωτοτήτων με γεωγραφικό προσδιορισμό στην περιοχή του δήμου Αθηναίων.

2) Στην χωροθέτηση και κατανομή, σε αυτούς τους τομείς, του ελάχιστου αριθμού σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης, ώστε να επιτυγχάνεται με κανονιστική αυστηρότητα η κάλυψή τους, με την μικρότερη δαπάνη.

3) Στην απόκριση σε όλους τους τομείς κινδύνου της εξεταζόμενης περιοχής εντός:

α) ενός χρονικού προτύπου επέμβασης που θα προσδιορισθεί (ορίζεται ως το χρονικό εύρος ώρας T , ώστε εάν η πρώτη έξοδος¹⁹⁵ φθάσει στο συμβάν σε χρόνο $\leq T$, ο χρόνος επέμβασης κρίνεται ως επιτυχής).

β) ενός προτύπου απόστασης (προσδιορίζεται από τα κέντρα μιας συγκεκριμένης περιοχής που μπορεί να είναι χωρισμένη σε ζώνες).

¹⁹⁵ Ο τύπος επέμβασης της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας στην Ελλάδα, σε συμβάντα αστικών πυρκαγιών, προσδιορίζεται αρχικά με την έξοδο δύο πυροσβεστικών οχημάτων (ως 1η έξοδο) και περαιτέρω ανάλογα με την εξέλιξη του συμβάντος στέλνονται ενισχύσεις μέσω του κεντρικού διαχειριστή (ΣΕΚΥΠΣ 199), από τον σταθμό ευθύνης ή από τον πλησιέστερο σταθμό.

ΧΩΡΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

5.1 Βασικά χαρακτηριστικά του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος του Δήμου Αθηναίων

Εξετάζοντας τα γεωγραφικά όρια του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος, που υπάγεται η περιοχή μελέτης, γίνεται αναφορά στην νομαρχία Αθηνών με πέντε περιφερειακούς τομείς, 48 δήμους (Βλέπε: *χάρτης 5.1*), τρεις κοινότητες και επτά δημοτικά διαμερίσματα¹⁹⁶. Πρόκειται για μια μεγάλη πληθυσμιακή και διοικητική περιοχή της Ευρώπης, με την συνολική έκταση της να φθάνει τα 361 km² και τον πληθυσμό της, τους 2.664.776 κατοίκους (Βλέπε: *χάρτες 5.2, 5.3, σελίδα 130*).¹⁹⁷

Χάρτης 5.1

Δήμοι που υπάγονται στην νομαρχία Αθηνών



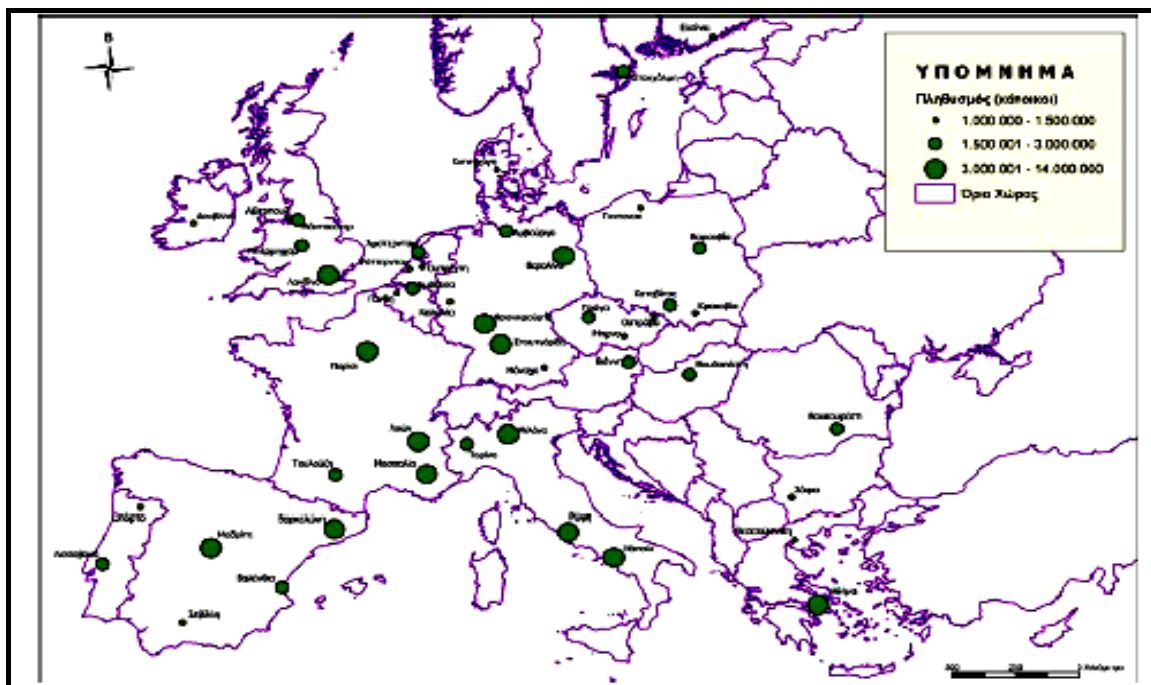
Πηγή: http://www.nomathinas.gov.gr/main/index.php?option=com_content&view=article&id=468&Itemid=83#kentrikos

¹⁹⁶ Η συγκεκριμένη δομή βρίσκεται υπό αναθεώρηση μέσω του προγράμματος Καλλικράτης.

¹⁹⁷ Στοιχεία απογραφής έτους 2001, πηγή ΕΣΥΕ.

Χάρτης 5.2.

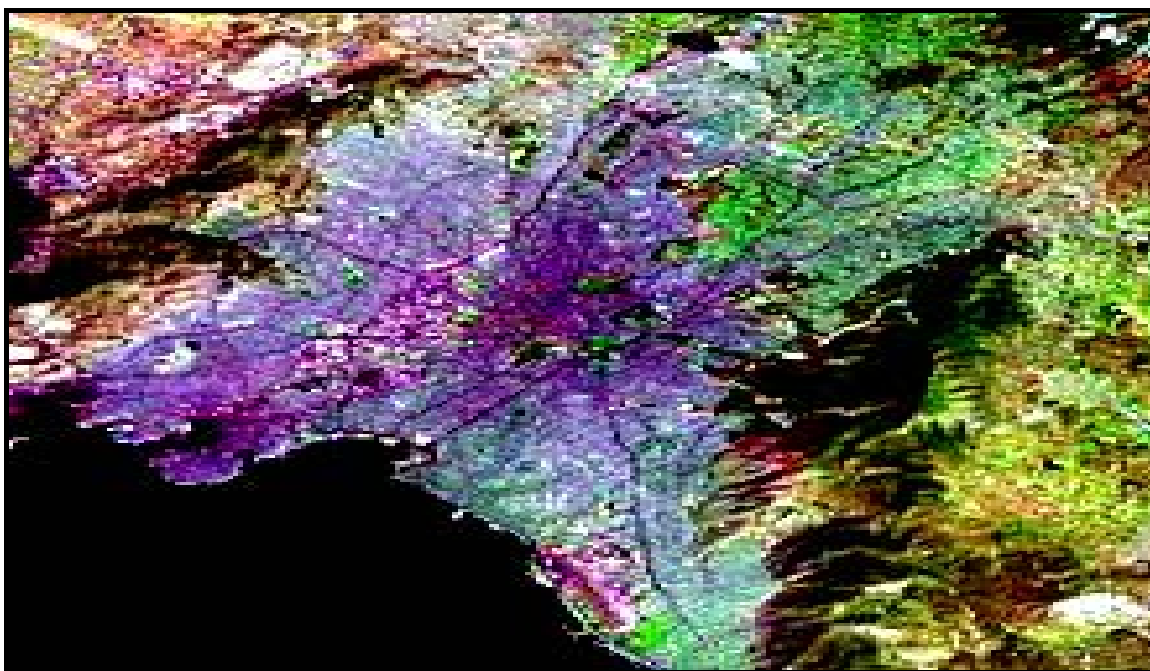
Η θέση της Αθήνας στο Ευρωπαϊκό σύστημα αστικών κέντρων με βάση τον πληθυσμό.



Πηγή: Δήμος Αθηναίων, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Δήμου Αθηναίων 2007-2010

Χάρτης 5.3

Άποψη της νομαρχίας Αθηνών από το δορυφόρο Landsat της NASA

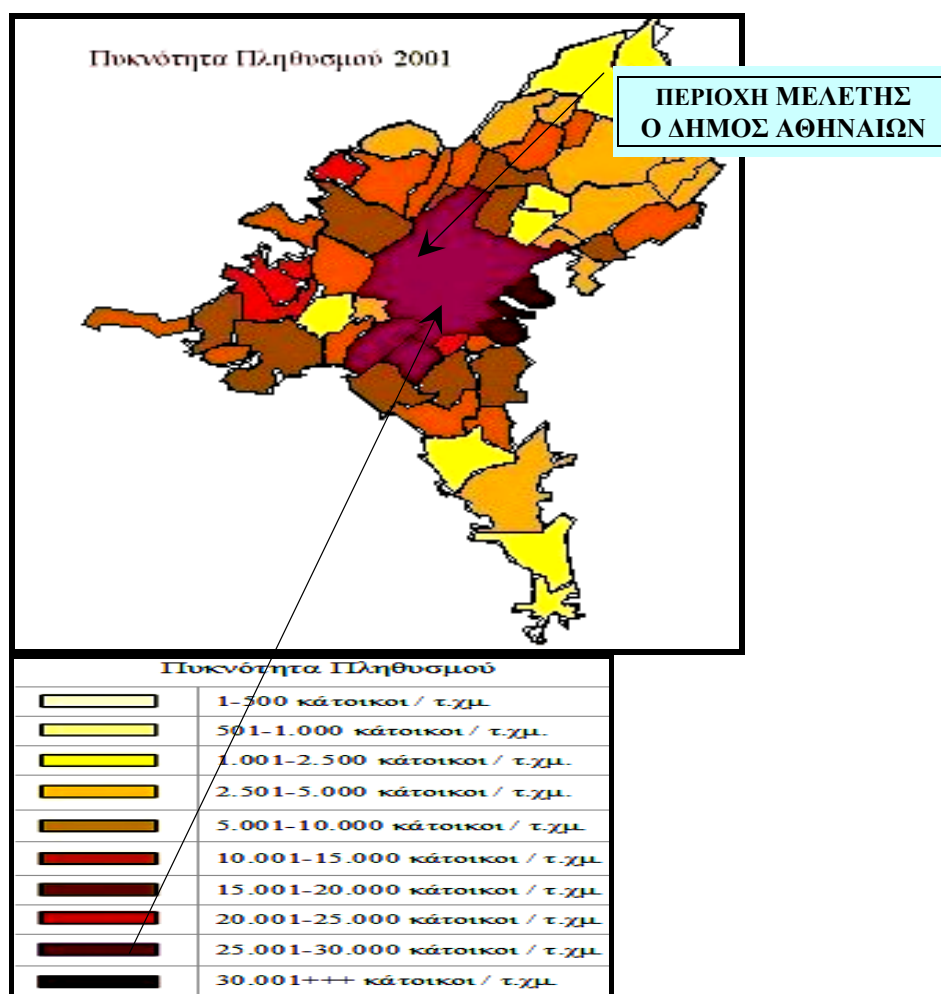


Πηγή: <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B8%CE%AE%CE%BD%CE%B1>

Η πυκνότητα του πληθυσμού παρουσιάζει μεγάλες διαφορές από δήμο σε δήμο και κυμαίνεται από 1001-2500 κατοίκους/ km² έως και 30.000 + κατοίκους/ km², με την μέση πυκνότητα να υπολογίζεται σε 7,375 κατοίκους ανά km² (Βλέπε: χάρτης 5.4).

Χάρτης 5.4

Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά δήμο το 2001



Πηγή: <http://el.wikipedia.org/wiki..>

Το οδικό της δίκτυο χωρίζεται σε τρία βασικά επίπεδα: α) το εθνικό (Αθηνών – Λαμίας, Κορίνθου, Θηβών, Αττική οδό) β) το πρωτεύον δίκτυο λεωφόρων (Κηφισίας, Συγγρού, Βουλιαγμένης κλπ), με συνολικά 23 οριοθετημένες λεωφόρους και γ) το δευτερεύον δίκτυο λεωφόρων (Πατησίων, Σπύρου Λούη, Πεντέλης κλπ) με συνολικά 6 οριοθετημένες λεωφόρους. Περαιτέρω περιλαμβάνει τους ιστορικούς δρόμους του κέντρου (Σοφοκλέους, Αθηνάς, Ερμού, Ηρώδου

αναρίθμητους συνοικιακούς δρόμους και οδούς¹⁹⁸.

συγκρότημα του Δήμου Αθηναίων

(Βλέπε:· χάρτης 5.5).

Χάρτης 5.5

Δίκτυο σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στην Νομαρχία Αθηνών



Google map, από πηγή: Περιφερειακή Διοίκηση Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Αττικής

¹⁹⁸ Πηγή: <http://www.el.wikipedia.org/wiki>.

Η δύναμη των σταθμών σε πυροσβεστικά οχήματα διαφόρων τύπων (500 lt, 1000lt, 1500lt, 2500lt, 3000lt, 5000lt κ.ο.κ) ανέρχεται περίπου σε ενενήντα. Το σύνολο των βοηθητικών οχημάτων διαφόρων τύπων (τζιπ, φορτηγά κλπ), στους ανωτέρω σταθμούς, ανέρχεται σε σαράντα πέντε. Ο αριθμός του πυροσβεστικού προσωπικού ανέρχεται σε 106 αξιωματικούς και 771 πυροσβέστες, διαφόρων βαθμών και ειδικοτήτων. Εκτός των ανωτέρω μηχανοκίνητων πυροσβεστικών μέσων, οι υφιστάμενοι σταθμοί έχουν ειδικά οχήματα (γερανοφόρα, βραχιονοφόρα, πλατφόρμες, μοτοσικλέτες κλπ) συνολικά πάνω από εκατόν ογδόντα, όσο και τον απαιτούμενο ειδικό εξοπλισμό για την διαχείριση κάθε συμβάντος.¹⁹⁹

5.3 Η επιλογή του μητροπολιτικού πολεοδομικού συγκροτήματος του Δήμου Αθηνών ως περιπτώσιολογική μελέτη.

Η επιλογή του πολεοδομικού συγκροτήματος Αθηνών για την διενέργεια της μελέτης, οφείλεται σε μια σειρά από παράγοντες και χαρακτηριστικά που αφορούν αμιγώς την ίδια την επιλεγείσα περιοχή και παράλληλα στον τρόπο χωροθέτησης – κατανομής και λειτουργίας του μεγαλύτερου δικτύου διοίκησης υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης της χώρας (σύμφωνα με την διοικητική ιεραρχία του Πυροσβεστικού Σώματος), εστιάζοντας στην μελέτη ενός τομέα του. Προσέτι η συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή θεωρείται ως ένα αντιπροσωπευτικό πεδίο μελέτης επιβαρυσμένου αστικού περιβάλλοντος, λόγω των πληθυσμιακών ιδιαιτεροτήτων της, της σωρείας στοιχείων αυξημένης τρωτότητας (υπερσυγκέντρωση τρωτών λειτουργιών και χρήσεων), της αφθονίας χώρων, κρίσιμων λειτουργιών σε ιδιαίτερα φορτισμένες κατασκευαστικά και πληθυσμιακά περιοχές²⁰⁰, των διαφορετικών και μη διακριτών χρήσεων (βιομηχανίες, εμπορικά κέντρα, γραφεία κλπ.), της πολυπλοκότητας του οδικού της δικτύου, των αυξημένων ποσοστών κυκλοφοριακής φόρτισης, του συχνού αριθμού καταγεγραμμένων κλήσεων και συμβάντων, των συμβάντων ιδιαίτερης

¹⁹⁹ Τα στοιχεία είναι ενδεικτικά και αφορούν το έτος 2009. Ανάλογα με τις επιχειρησιακές ανάγκες αναθεωρούνται συνεχώς από την Πυροσβεστική Υπηρεσία.

²⁰⁰ Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της υπερσυγκέντρωσης δεκαέξι (16) μεγάλων νοσοκομειακών μονάδων στο πολεοδομικό συγκρότημα των Αθηνών σε μία ακτίνα περίπου 6 χλμ. Βλέπε: Π. Μ. Δελλαδέτση, Οι Ασφαλείς Πόλεις, εκδόσεις Εξάντας, Αθήνα 2009, κεφάλαιο 5, σ.σ 210-211.

επικινδυνότητας, των χώρων υψηλής επικινδυνότητας και νέων μορφών τρωτότητας (πχ. μετρό, υπόγειοι χώροι στάθμευσης εμπορικά κέντρα), του υψηλού κόστους κατασκευής και λειτουργίας των σταθμών (πχ. κόστος αγοράς γης, ανέγερσης κλπ) και της σημαντικής ιστορικής παρουσίας, εξέλιξης και δυναμικής του χώρου (πολεοδομικά, δημογραφικά, χωροταξικά, οικονομικά).

Από την άλλη πλευρά, η περιοχή μελέτης της έρευνας προσδιορίζεται ως ένα υποσύνολο των τομέων ευθύνης που καλύπτει το διευρυμένο δίκτυο σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης της πόλης των Αθηνών και των γειτνιαζόντων δήμων της. Αυτό το δίκτυο αντιστοιχεί σε δέκα πυροσβεστικούς τομείς ευθύνης²⁰¹ (Βλέπε: *χάρτης 5.6 ,σελίδα 226, παράρτημα II*), με την περιοχή μελέτης να περιλαμβάνει τρεις από αυτούς, τον 1ο, τον 2ο και τον 4ο Π.Σ Αθηνών (Βλέπε: *χάρτες 5.7, 5.8 & 5.9, σελίδες 227-229,παράρτημα II*). Το προς διερεύνηση ερώτημα που τίθεται για το συγκεκριμένο δίκτυο και έχει αναφερθεί ευρέως στην αρθρογραφία είναι το εξής: Το υφιστάμενο πυροσβεστικό δίκτυο, ως κρίσιμη λειτουργία²⁰² στην περιοχή μελέτης, παρουσιάζει επιχειρησιακές ανεπάρκειες λόγω της κακής γεωγραφικής χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών; δηλαδή οι ακτίνες επιρροής και οι περιοχές αρμοδιότητας του κάθε σταθμού είναι κατανεμημένες και αποτυπωμένες με ορθολογικό σχεδιασμό ή αποτυπώνουν μια εικόνα ανεπαρκούς και ελλιπούς δραστηριοποίησης, χωρίς να μεγιστοποιούνται οι διαθέσιμοι πόροι και τα προσδοκώμενα επιχειρησιακά αποτελέσματα. Η μελέτη της συγκεκριμένης περιοχής παρουσιάζει ενδιαφέρον διότι οι πυροσβεστικοί τομείς της Διοίκησης Αθηνών ιδρύθηκαν σταδιακά με βάση τις εκάστοτε επιχειρησιακές ανάγκες, σε ένα χρονικό εύρος άνω των πενήντα ετών, έως ότου λάβουν την σημερινή τους μορφή²⁰³. Όλα τα ανωτέρω χαρακτηριστικά και ερωτήματα καθιστούν εμφανή την πρόκληση για την χάραξη μιας στρατηγικής χωροθέτησης για τους σταθμούς πυρόσβεσης – διάσωσης.

²⁰¹ Συγκροτούν την Διοίκηση των Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Αθηνών (Δ.Π.Υ.Αθηνών) που αποτελεί τμήμα της Πυροσβεστικής Διοίκησης Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Αττικής (Π.Δ.Π.Υ. Αττικής).

²⁰² Εκείνη που ενεργοποιείται άμεσα, η δράση της υπερφορτίζεται και αποκτά ιδιαίτερη σημασία κατά την έκτακτη περίοδο αλλά και κατά την αποκατάσταση. Υπό το πρίσμα του βαθμού δικαιοδοσίας της η Πυροσβεστική Υπηρεσία ανήκει στην υποκατηγορία κρίσιμων λειτουργιών "Διοικητικές λειτουργίες έκτακτης ανάγκης". Πηγή: Π. Μ. Δελλαδέτσιμας, *Οι Ασφαλείς Πόλεις*, εκδόσεις Εξάντας, Αθήνα 2009, κεφάλαιο 4, σ.σ 183 – 185.

²⁰³ Ο πρώτος πυροσβεστικός σταθμός της Δ.Π.Υ. Αθηνών ιδρύθηκε το 1931 και ο τελευταίος από τους δέκα το 2007, οπότε και διαμορφώθηκαν τα σημερινά επιχειρησιακά - γεωγραφικά όρια.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ – ΔΙΑΣΩΣΗΣ.

6.1 Εξωγενείς παράγοντες αλληλοεπιδρώντες στην στρατηγική χωροθέτησης

Ο δήμος Αθηναίων αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα οργάνωσης και διοίκησης. Στο πλαίσιο αυτό είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν και να περιγραφούν οι κατ' εκτίμηση παράγοντες που επηρεάζουν τον σχεδιασμό της στρατηγικής χωροθέτησης των σταθμών και ταυτόχρονα διαμορφώνουν τα *επίπεδα διακινδύνευσης και τρωτότητας* της περιοχής μελέτης, προκειμένου στο επόμενο μεθοδολογικό στάδιο της πολυκριτηριακής χωρικής ανάλυσης να χρησιμοποιηθούν για την σύνθεση του Δείκτη Κινδύνου (ως παρεπόμενο της τρωτότητας) και στον εντοπισμό των *επικίνδυνων "πυροσβεστικά" περιοχών*. Η επιτυχία του σχεδιασμού της χωροθέτησης και κατανομής των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης, είναι συνυφασμένη με την αλληλεπίδραση των ακόλουθων παραγόντων, με προσδοκώμενο αποτέλεσμα την ευελιξία του πυροσβεστικού δικτύου, την αμεσότητα της απόκρισης και δράσης και την βελτιστοποίηση της χρήσης των υποδομών, των πυροσβεστικών μέσων και δυναμικού χρονικά και χωρικά.

6.1.1 Το γεωγραφικό περιβάλλον

Η συνολική έκταση του Δήμου Αθηναίων ανέρχεται σε 37.954 στρέμματα και εντός αυτής περιλαμβάνονται 38 συνοικίες και 129 πολεοδομικές ενότητες (γειτονιές).²⁰⁴ Η γεωγραφική περιοχή της μελέτης περιλαμβάνει τα επτά διαμερίσματα του Δήμου Αθηναίων, που καλύπτονται επιχειρησιακά από τον τομέα ελέγχου του 1ου Πυροσβεστικού Σταθμού Αθηνών (*Βλέπε: χάρτης 6.1 & πίνακας 6.1, σελίδα 136*) και μικρότερα τμήματά τους, τα οποία καλύπτονται από

²⁰⁴ Σύμφωνα με το Γ.Π.Σ. του Δήμου Αθηναίων (ΦΕΚ 80Δ/4.2.1988) και τις τροποποιήσεις του, (ΦΕΚ 434Δ /11.07.1991 (Ελαιώνας), ΦΕΚ 538Δ /27.05.1996 (Μουσείο Ακρόπολης), ΦΕΚ 730Δ /16.8.2004 (Γουδί), ΦΕΚ 1063Δ /16.11.2004 (Πειραιώς), ΦΕΚ 19 ΑΑΠΘ /26.01.2007).

τους 2ο & 4ο Πυροσβεστικούς Σταθμούς Αθηνών (Βλέπε: χάρτης 6.2, σελίδα 230, παράρτημα II).

Χάρτης 6.1

Δημοτικά Διαμερίσματα Δήμου Αθηνών



Πηγή: <http://www.nomathinas.gov.gr/main/index.php?option=com>

Πίνακας 6.1

Συνοικίες Δημοτικών Διαμερισμάτων Δ. Αθηναίων

1° Δ.Δ	Το 1° δημοτικό διαμέρισμα Αθήνας, περιλαμβάνει το κέντρο των Αθηνών με το λεγόμενο εμπορικό τρίγωνο (Στάδιο-Ομόνοια-Πλάκα).
2° Δ.Δ	Το 2° δημοτικό διαμέρισμα Αθήνας, περιλαμβάνει τις ΝΑ. Συνοικίες από Νέο Κόσμο μέχρι το Π. Στάδιο.
3° Δ.Δ	Το 3° δημοτικό διαμέρισμα Αθήνας, περιλαμβάνει τις ΝΔ. συνοικίες (Αστεροσκοπείου, Πετραλώνων, Μεταξουργείου και Θησείου).
4° Δ.Δ	Το 4° δημοτικό διαμέρισμα Αθήνας, περιλαμβάνει τις Δ. συνοικίες (Κολωνού, Ακαδημίας Πλάτωνος, Σεπόλια μέχρι Πατήσια).
5° Δ.Δ	Το 5° δημοτικό διαμέρισμα Αθήνας, περιλαμβάνει τις ΒΔ. Συνοικίες μέχρι Προμπονά.
6° Δ.Δ	Το 6° δημοτικό διαμέρισμα Αθήνας, περιλαμβάνει τις βόρειες κεντρικές συνοικίες (Πατήσια Κυψέλη).
7° Δ.Δ	Το 7° δημοτικό διαμέρισμα Αθήνας, περιλαμβάνει τις ΒΑ. Συνοικίες (Αμπελόκηποι, Ερυθρός, Πολύγωνο κ.λπ.).

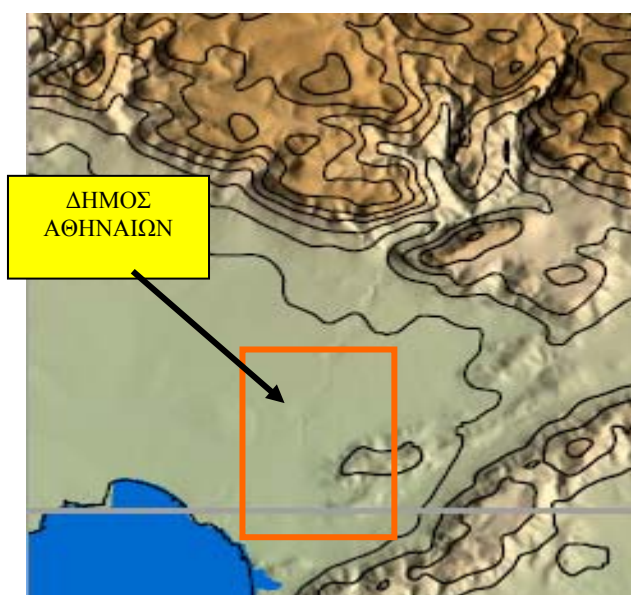
Πηγή: Δ. Αθηναίων, *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Δήμου Αθηναίων 2007-2010*, Α' μέρος.

6.1.2 Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά

Η έκταση που καταλαμβάνει ο Δήμος Αθηναίων χαρακτηρίζεται μορφολογικά πεδινή με μικρό υψόμετρο (70 μ.) και παρουσιάζει ομαλό γεωμορφολογικό ανάγλυφο με λίγες ήπιες εξάρσεις – λόφους (Λυκαβηττός, Ακρόπολη, Λόφοι Στρέφη, Αρδηττού κλπ.). Συνεπώς δεν παρουσιάζει μορφολογικές ιδιαιτερότητες ή δυσκολίες που θα πρέπει να τεθούν υπόψη είτε για την χωροθέτηση των πυροσβεστικών υπηρεσιών είτε για την επέμβαση των πυροσβεστικών δυνάμεων (Βλέπε: *χάρτης 6.3*).

Χάρτης 6.3

Χάρτης Ανάγλυφου Δ. Αθηναίων



Υψομετρική διαβάθμιση (μέτρα)



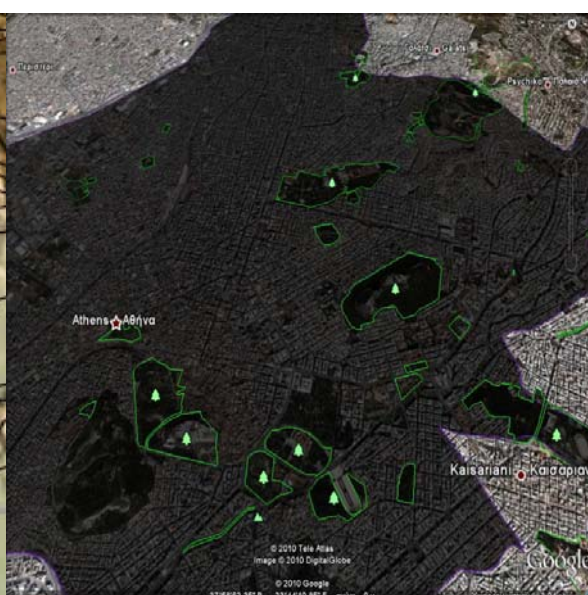
200

10

0

Χάρτης 6.4

Χάρτης Πρασίνου και Άλση Δ. Αθηναίων



Οριοθετημένες περιοχές πρασίνου Δήμου Αθηναίων

Πηγή: Περιφερειακή Διοίκηση Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Αττικής

Οι χώροι πρασίνου του Δ. Αθηναίων διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες, τους χώρους πρασίνου υπερτοπικού χαρακτήρα (λόφοι, άλση, μεγάλα πάρκα) και τους χώρους πρασίνου γειτονιάς (δασύλλια, νησίδες, τρίγωνα, πλατείες και πεζόδρομοι). Και το δύο είδη πρασίνου καταλαμβάνουν μια έκταση 5.429

στρεμμάτων (14,3% τις έκτασης του Δήμου)²⁰⁵, η οποία εξαιρείται από την χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης. Πέραν των ανωτέρω, εξαιρούνται οι δασικές ή αναδασωτέες εκτάσεις (αν υπάρχουν) εντός του δήμου (Βλέπε: *χάρτης 6.4, σελίδα 137*).

6.1.3 Βασικά Χωροταξικά και Πολεοδομικά χαρακτηριστικά

Η *χωροταξική και πολεοδομική* οργάνωση του Δήμου Αθηναίων καθορίζεται από τις κατευθύνσεις, τους στόχους και τα μέτρα του Ρυθμιστικού Σχεδίου της Αθήνας²⁰⁶ (Ν. 1515/1985, ΦΕΚ 18 Α /1985) και του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου²⁰⁷ με τις λοιπές τροποποιήσεις.²⁰⁸ Όσον αφορά την παρούσα μελέτη καθορίζουν :

- ✚ την οικιστική διάρθρωσή του δήμου σε 7 διαμερίσματα, 38 συνοικίες και 129 πολεοδομικές ενότητες (γειτονίες), προσδιορίζοντας τη μέση πυκνότητα και το μέσο συντελεστή δόμησης ανά γειτονιά.
- ✚ τις αναπλάσεις και αναβαθμίσεις των προβληματικών περιοχών.
- ✚ τον προσδιορισμό των χρήσεων γης, προσδιορίζοντας τα Κέντρα Πόλης, Συνοικίας, Γειτονιάς, της περιορισμένης έκτασης περιοχές αμιγούς κατοικίας (κυρίως γύρω από λόφους) και εκτάσεις, με τις χρήσεις Περίθαλψης, Πολιτισμού και Αθλητισμού.
- ✚ την γενική εκτίμηση της χωρητικότητας των πολεοδομικών ενοτήτων σε κατοίκους και των αναγκών σε γη και κοινωνική υποδομή.
- ✚ την οργάνωση και ιεράρχηση του οδικού δικτύου.

Τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, ως παράγοντες που επηρεάζουν την χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης, είναι: *οι μεγάλες πυκνότητες, τα μεγάλα ποσοστά κτιριακής κάλυψης στα περισσότερα δημοτικά διαμερίσματα, η χαμηλή ποιότητα των κατασκευών, οι υψηλοί συντελεστές δόμησης, η αυθαίρετη οικοδομική ανάπτυξη, η εγγύτητα των κτιρίων, η*

²⁰⁵ *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Δήμου Αθηναίων 2007-2010*, Α' μέρος Στρατηγικό Σχέδιο", Δ. Αθηναίων Ιούνιος 2008, σελ. 24

²⁰⁶ Το ρυθμιστικό σχέδιο αποτελεί το σχέδιο-πλαίσιο με βάση το οποίο καθορίζονται οι άξονες ανάπτυξης ενός πολεοδομικού συγκροτήματος, δεδομένων των προβλημάτων του τελευταίου.

²⁰⁷ Αφορά όλους τους δήμους με > 2.000 κατοίκους και καθορίζει τις περιοχές ειδικής προστασίας, τις προς πολεοδόμηση περιοχές, καθώς και τους περιορισμούς της αστικής εξάπλωσης.

²⁰⁸ *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Δήμου Αθηναίων 2007-2010*, Α' μέρος Στρατηγικό Σχέδιο", Δ. Αθηναίων Ιούνιος 2008, σ.σ 15-16.

μη διαθεσιμότητα χώρων στάθμευσης, η δομή (μήκος δρόμων, πλάτος σε σχέση με το ύψος των κτιρίων), η μορφολογία και η σήμανση του οδικού δικτύου, το κυκλοφοριακό πρόβλημα (φόρτοι, ώρες αιχμής). Όλοι οι ανωτέρω εξωγενείς για την πυροσβεστική υπηρεσία παράγοντες, συνιστούν επιβαρυντικά στοιχεία για την άρτια και αποτελεσματική χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης και συνεπώς θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στον στρατηγικό σχεδιασμό.

Ως σημαντικότερα γενικά προβλήματα επισημαίνονται: η έλλειψη σχεδιασμού στην ανάπτυξη του αστικού χώρου, οι συνεχόμενες ιστορικά επεκτάσεις του σχεδίου πόλης, με την ένταξη περιοχών αυθαιρέτων χωρίς την απαιτούμενη πρόβλεψη υποδομών, η έντονη ανάμειξη των χρήσεων και λειτουργιών (εμπόριο, βιοτεχνία, γραφεία, αναψυχή κ.α.), ιδιαίτερα στο ιστορικό κέντρο και εμπορικό τρίγωνο της Αθήνας καθώς και τις όμορες περιοχές τους. Οι δε ανισότητες κινδύνου και κατ' επέκταση η διαφορετική τρωτότητα, παρατηρείται ακόμη και ανάμεσα στις πολεοδομικές ενότητες και περιοχές του αστικού ιστού της πόλης που παρουσιάζουν τοπικές ιδιαιτερότητες (πχ. Βοτανικός, Ψειρή). Συνεπώς οι ανωτέρω πολεοδομικοί και χωροταξικοί παράγοντες στο σύνολό τους, αποτελούν χαρακτηριστικά που προσδίδουν αυξημένα επίπεδα εκτίμησης κινδύνων για την περιοχή μελέτης²⁰⁹.

6.1.3.1 Το κτιριακό Απόθεμα

Η ταχεία συγκέντρωση πληθυσμού στην περιοχή μελέτης τις τελευταίες δεκαετίες, δημιούργησε μεγάλες πυκνότητες, πολύ μεγάλα ποσοστά κτιριακής κάλυψης, υψηλούς συντελεστές δόμησης, προβλήματα στάθμευσης και κυκλοφοριακό πρόβλημα, αυξάνοντας τα επίπεδα των εκτιμώμενων κινδύνων. Οι μεγαλύτερες καταγραφόμενες αναλογίες σε μονοκατοικίες και διπλοκατοικίες είναι στο 3ο (19%) και το 4ο (14,5%) διαμέρισμα, προσδίδοντας χαμηλότερη εκτίμηση των κινδύνων για την συγκεκριμένη κατηγορία. Σημαντική παράμετρο, στο σύνολο των διαμερισμάτων, συνιστά η *παλαιότητα του οικιστικού αποθέματος*. Οι περισσότερες κατοικίες κατασκευάστηκαν κατά την περίοδο 1961-1980, ενώ ιδιαίτερα στο 1ο και το 6ο διαμέρισμα το ¼ των κατοικιών κατασκευάστηκε προ του 1960. Η συντριπτική πλειοψηφία των κατοίκων διαβιώνει σε παλαιές

²⁰⁹ Οπ. σελ. 21

κακοσυντηρημένες και καταπονημένες από σεισμική δραστηριότητα πολυκατοικίες. Ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό της κατοικίας στο Δήμο Αθηναίων, είναι η μικρή της επιφάνεια καθώς στο σύνολο των δημοτικών διαμερισμάτων, η πλειοψηφία των κατοικιών παρουσιάζει επιφάνεια μικρότερη των 74 τ.μ. Αυτό το χαρακτηριστικό συνεπάγεται πολλά διαμερίσματα για κάθε πολυκατοικία, ιδίως στις περιοχές με υψηλό συντελεστή δόμησης και συνεπώς υψηλότερη πυκνότητα των κατοίκων. Στο σύνολό τους οι κατοικίες είναι συνδεδεμένες με τα δίκτυα ηλεκτρισμού, ύδρευσης και αποχέτευσης, ενώ στην πλειοψηφία τους εξυπηρετούνται και από φυσικό αέριο²¹⁰, το οποίο είναι επικίνδυνο σε περίπτωση ατυχήματος. Θα πρέπει όμως να αναφερθεί ότι οι κίνδυνοι που πηγάζουν από το κτιριακό απόθεμα, δεν είναι ανεξάρτητοι (εκτός στην περίπτωση των κατασκευαστικών αστοχιών ή αυθαίρετων κατασκευών) αλλά συνδέονται με το είδος των χρήσεων τους, το εσωτερικό τους περιβάλλον, την διαχείριση τους, τον πληθυσμό τους κ.ο.κ. Σε αυτή την περίπτωση, η αποτελεσματικότητα της μελέτης έγκειται στην μικρό-πολεοδομική προσέγγιση και ανάλυση του κτιριακού αποθέματος.

6.1.3.2 Οι χρήσεις γης

Τα χαρακτηριστικά των χρήσεων γης, οι μεταξύ τους ασυμβατότητες και ο βαθμός επικινδυνότητάς τους, αποτελούν βασικά προς διερεύνηση θέματα για έναν επιτυχημένο χωροθετικό σχεδιασμό. *Οι ζώνες μικτών χρήσεων, τα βιομηχανικά – βιοτεχνικά συμπλέγματα, τα εμπορικά κέντρα, οι επικίνδυνες χρήσεις* σε κτίρια εντός κατοικημένων περιοχών και το *κανονιστικό πλαίσιο* των αλλαγών χρήσεων γης, αποτελούν κάποια από τα επιμέρους θέματα που επιβάλλεται να εξετάζονται. Οι καταγεγραμμένες χρήσεις γης στην περιοχή του Δήμου, πλην της κατοικίας, αφορούν την συγκέντρωση ξενοδοχείων σχεδόν αποκλειστικά στο 1ο διαμέρισμα (ιστορικό κέντρο Αθήνας) καθώς και συγκέντρωση καταστημάτων - γραφείων, κυρίως στο 1ο διαμέρισμα (εμπορικό τρίγωνο) και δευτερευόντως στο 3ο διαμέρισμα. Οι συγκεκριμένοι χώροι αποτελούν χώρους υψηλής συνάθροισης κοινού και άρα αυξημένης εκτίμησης κινδύνου, ιδίως σε συγκεκριμένες ώρες της ημέρας. Όσον αφορά τα εργοστάσια και τα εργαστήρια, κύρια συγκέντρωση

²¹⁰ Οπ. σ.σ. 22-23.

καταγράφεται στο 3ο διαμέρισμα (Βοτανικός) αλλά και στο 1ο και 4ο διαμέρισμα. Μεγάλο τμήμα αυτής της δραστηριότητας έχει μεταφερθεί τα τελευταία χρόνια από τους χώρους του Βοτανικού, ωστόσο το υπάρχον απόθεμα βιοτεχνικών και εμπορικών χρήσεων σε συνδυασμό με τις αυξημένες δυσκολίες του τοπικού οδικού δικτύου, καθιστούν το συγκεκριμένο τμήμα ως αυξημένης επικινδυνότητας (Βλέπε: *χάρτης 6.5, σελίδα 231, παράρτημα II*). Σημαντικό ζήτημα αποτελεί και η αυθαίρετη αλλαγή χρήσεων ή οι κρίσιμες λειτουργίες, κυρίως σε μικτούς χώρους (με χρήση κατοικίας) που αφορούν αποθήκευση και επεξεργασία επικίνδυνων υλικών, με σημαντικότερο το παράδειγμα των πρατηρίων αερίων και υγρών καυσίμων. Σταθμοί αυτοκινήτων (parking) καταγράφονται κυρίως στο 1ο διαμέρισμα (εμπορικό – ιστορικό κέντρο και γραφεία), ενώ τα περισσότερα νοσοκομεία-κλινικές συγκεντρώνονται στο 1ο και το 7ο διαμέρισμα²¹¹.

Αυτονόητη είναι η συγκέντρωση σχολικών κτιρίων πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε όλα τα δημοτικά διαμερίσματα (χώροι εξαιρούμενοι μαζί με μια έκταση ως περίμετρο ασφαλείας για την χωροθέτηση σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης). Περαιτέρω μπορούν να εντοπισθούν, να καταγραφούν χωρικά και να αποτυπωθούν σε ψηφιακούς χάρτες για κάθε δημοτικό διαμέρισμα, οι τρωτές λειτουργίες όπως περιγράφονται στον *πίνακα 6.2, (σελίδα 142)*. Η σύνθεση και η μοντελοποίηση των σχετικών συμπερασμάτων, αποτελεί ιδιαίτερης βαρύτητας διαδικασία για την χάραξη της στρατηγικής χωροθέτησης.

Στο σύνολο των διαμερισμάτων του δήμου, κυριαρχεί η χρήση της κατοικίας στη μεγαλύτερη αναλογία, κύρια κατοικούμενη, ενώ στο 1ο Διαμέρισμα παρουσιάζεται η μεγαλύτερη αναλογία κενών κατοικιών – δευτερεύουσες ή προς ενοικίαση – της τάξης του 11%. Το 6ο διαμέρισμα, που αποτελεί και το πιο πυκνοκατοικημένο (αυξημένης εκτίμησης κινδύνων), συγκεντρώνει το μεγαλύτερο αριθμό κατοικιών, με το 7ο διαμέρισμα να ακολουθεί. Στο σημείο αυτό επισημαίνεται ότι το 3ο διαμέρισμα εμφανίζει το μικρότερο απόθεμα κατοικιών και συνάμα καταγράφεται ως το πιο αραιοκατοικημένο, κυρίως λόγω του ότι περιλαμβάνει τη μεγάλη και μη ανεπτυγμένη οικιστικά έκταση του Βοτανικού. Στο σύνολο των διαμερισμάτων, η συντριπτική πλειοψηφία των

²¹¹ Οπ. σελ. 22.

κατοικιών εντάσσεται σε πολυκατοικίες με τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά²¹².

Πίνακας 6.2

Τρωτές λειτουργίες της περιοχής μελέτης

Λειτουργίες συγκέντρωσης πληθυσμού	Λειτουργίες με ιδιόμορφη κατοχή χώρου	Λειτουργίες με καταστροφικό δυναμικό	Σημαντικές λειτουργίες
Κινηματογράφοι, Θέατρα Εκκλησίες	Παιδικοί σταθμοί, νηπιαγωγεία	Δεξαμενές καυσίμων	Μεγάλες παραγωγικές – οικονομικές μονάδες
Κλειστά Γήπεδα, γυμναστήρια	Σχολεία	Σταθμοί/ πρατήρια καυσίμων	Διοικητικοί οργανισμοί
Πολυκαταστήματα, εμπορικά κέντρα	Γηροκομεία	Χώροι αποθήκευσης εύφλεκτων ειδών	Ιστορικά μνημεία και αρχαιολογικοί χώροι
Ξενοδοχειακές μονάδες	Οικοτροφεία	Χημικές βιομηχανίες/βιοτεχνίες	Μουσεία, βιβλιοθήκες, ιστορικά αρχεία κλπ
Χώροι εκπαίδευσης (πρωτοβάθμιοι, δευτεροβάθμιοι, ΤΕΙ, ΑΕΙ)	Σωφρονιστικά ιδρύματα	Βιομηχανικές και άλλες μονάδες	Κέντρα Αποφάσεων
Κέντρα διασκέδασης, χώροι συνάθροισης κοινού			

Πηγή: Π. Μ. Δελλαδέτσιμας, *Οι Ασφαλείς Πόλεις*, εκδόσεις Εξάντας, Αθήνα 2009, κεφάλαιο 4, σελ. 185.

6.1.4 Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά

Τα επτά δημοτικά διαμερίσματα, αποτελούν τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές της Αττικής μετά από τους Δήμους Καλλιθέας και Νέας Σμύρνης (*Βλέπε: πίνακας 6.3, σελίδα 143*).

Σύμφωνα με τα στοιχεία των πινάκων, παρατηρούμε ότι όλα τα δημοτικά διαμερίσματα, εκτός του 1ου, 3ου και 7ου, παρουσιάζουν πληθυσμιακή πυκνότητα σχεδόν ίση και μεγαλύτερη της μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας του δήμου, που

²¹² Οπ. σ.σ. 23-24.

κυμαίνεται από 20,56 έως 40,47 κάτοικους ανά στρέμμα. Η πυκνότητα του πληθυσμού είναι ένας βασικός παράγοντας διαμόρφωσης των κινδύνων πυρκαγιάς²¹³, ενώ έχει ληφθεί και ως αυτόνομο κριτήριο χωροθέτησης των σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης, αφού εξασφαλίζει την γεωγραφική προσιτότητα, δηλαδή την εγγύτητα των σταθμών με τους πολίτες και τις προϋποθέσεις για την χωρική κάλυψη.

Πίνακας 6.3

Πληθυσμός και πληθυσμιακή πυκνότητα ανά δημοτικό διαμέρισμα Δ. Αθηναίων

ΔΗΜΟΤΙΚΑ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ	ΣΥΝΟΙΚΙΕΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ)	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (Ε.Σ.Υ.Ε.2001)	ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (κάτοικοι ανά στρέμμα)
1ο	ΙΛΙΣΙΑ, ΚΟΛΩΝΑΚΙ, ΛΥΚΑΒΗΤΤΟΣ, ΜΟΥΣΕΙΟ-ΕΞΑΡΧΕΙΑ, ΑΓ.ΚΩΝ/ΝΟΣ-ΠΛ. ΒΑΘΗΣ, ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΤΡΙΓΩΝΟ-ΠΛΑΚΑ, ΚΟΥΚΑΚΙ-ΜΑΚΡΥΤΙΑΝΝΗ, ΠΛ. ΑΡΕΩΣ- ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ	6.786	100.936	14,87
2ο	ΖΑΠΕΙΟ, ΩΔΕΙΟ, ΠΑΓΚΡΑΤΙ, ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ, ΓΟΥΒΑ, ΔΟΥΡΓΟΥΤΙ, Ν. ΚΟΣΜΟΣ, Α' ΝΕΚΡΟΤΑΦΕΙΟ, ΣΤΑΔΙΟ	4.861	126.932	26,11
3ο	ΑΚΡΟΠΟΛΗ, ΑΝΩ-ΚΑΤΩ ΠΕΤΡΑΛΩΝΑ, ΡΟΥΦ, ΒΟΤΑΝΙΚΟΣ	6.053	54.794	9,05
4ο	ΚΟΛΩΝΟΣ, ΟΣΕ, ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΠΛΑΤΩΝΟΣ, ΚΟΛΟΚΥΝΘΟΥ, ΣΕΠΟΛΙΑ, ΝΙΡΒΑΝΑ	4.489	92.310	20,56
5ο	ΑΓ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ, ΠΡΟΜΠΟΝΑ, ΡΙΖΟΥΠΟΛΗ, ΑΝΩ ΠΑΤΗΣΙΑ, ΠΑΤΗΣΙΑ	4.018	105.539	26,27
6ο	ΠΛ. ΑΜΕΡΙΚΗΣ, ΠΛ. ΑΤΤΙΚΗΣ, ΑΝΩ ΚΥΨΕΛΗ, ΚΥΨΕΛΗ, ΝΕΑ ΚΥΨΕΛΗ	4.012	162.366	40,47
7ο	ΓΚΥΖΗ, ΠΟΛΥΤΩΝΟ, ΓΗΡΟΚΟΜΕΙΟ, ΕΛΛΗΝΟΡΩΣΣΩΝ-ΕΡΥΘΡΟΣ, ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ, ΓΟΥΔΗ, ΚΟΥΝΤΟΥΡΙΩΤΙΚΑ	7.733	146.289	18,92
ΔΗΜΟΣ ΑΘΗΝΑΙΩΝ		37.954	789.166	20,79

Πηγή: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Δήμου Αθηναίων 2007-2010, Α' μέρος, Δήμος Αθηναίων,

Οι περισσότεροι από τους καταγεγραμμένους μετανάστες στην Αττική, κατοικούν στον Δ. Αθηναίων και προσεγγίζουν τους 140.626.αλλοδαπούς σε σύνολο 745.514 ατόμων, μέγεθος που αντιστοιχεί στο 18,4% του πληθυσμού του Δήμου. Σε επίπεδο Δ.Δ. οι περισσότεροι μετανάστες συγκεντρώνονται στο 6ο διαμέρισμα (35.655) με την αναλογία επί του γηγενούς πληθυσμού να ξεπερνά το 20%,

²¹³ Peters D., Thomas I. 2001, «Localisation des services publics: de la théorie aux applications» in Sanders L. (ed.), «Les modèles en analyse spatiale, collection IGAT», Hermès-Science Publications, Paris, pp.105-127

ομοίως και στο 2ο διαμέρισμα²¹⁴ (Βλέπε: πίνακας 6.4, σελίδα 144). Η μείωση του πληθυσμού στο Δήμο της Αθήνας κατά 26.558 άτομα, με παράλληλη εγκατάσταση μεγάλου αριθμού αλλοδαπών²¹⁵, μαρτυρά την μαζική εγκατάλειψη του κέντρου από τους παλιούς κατοίκους της πόλης και τη μαζική αντικατάσταση του πληθυσμού από νέες ανομοιογενείς ομάδες. Σύμφωνα με έρευνα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2008), η Αθήνα μαζί με την Μπρατισλάβα και το Αμβούργο είναι οι ευρωπαϊκές πόλεις στις οποίες αναπτύσσονται με ανησυχητικούς ρυθμούς περιοχές – γκέτο. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό σε συνδυασμό με την μαζική παρουσία αστέγων και χρηστών εξαρτησιογόνων ουσιών (κυρίως στο 1^ο και 6^ο Δ.Δ), δρουν επιβαρυντικά στην συχνότητα έναρξης πυρκαγιών πχ. «εξ’ αμελείας» σε οικίες ή κάδους σκουπιδιών και άρα στην διαμόρφωση των εστιών κινδύνου πυρκαγιάς. Αυτό οφείλεται στην μαζική συμβίωση ατόμων σε είτε σε μικρούς χώρους, είτε σε εγκαταλειμμένα σπίτια²¹⁶, χωρίς να πληρούνται οι στοιχειώδεις συνθήκες διαβίωσης και ασφάλειας.

Πίνακας 6.4

Αριθμός και ποσοστό μεταναστών ανά δημοτικό διαμέρισμα στον Δ. Αθηναίων

Δημοτικά Διαμερίσματα	% Μεταναστών επί μόνιμου πληθυσμού	Πλήθος Μεταναστών
1	13,73	16.112
2	21,56	21.483
3	13,60	7.021
4	13,50	12.709
5	13,69	14.031
6	22,53	35.655
7	16,33	27.054
Δ. Αθηναίων	16,99	134.065

Πηγή: ΕΣΥΕ Απογραφή Πληθυσμού 2001. Στοιχεία μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Αθηναίων κατά Δημοτικό Διαμέρισμα

Πίνακας από: *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Δήμου Αθηναίων 2007-2010*, Α΄ μέρος Δήμος Αθηναίων

²¹⁴ *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Δήμου Αθηναίων 2007-2010*, Α΄ μέρος Στρατηγικό Σχέδιο, Δ. Αθηναίων Ιούνιος 2008, σ.σ 44-46.

²¹⁵ Πόρισμα Ειδικής Μόνιμης Επιτροπής Προστασίας Περιβάλλοντος, «Ανασυγκρότηση των πόλεων – Ιστορικό Κέντρο της Αθήνας», Αθήνα Μάρτιος 2010, σελ. 5

²¹⁶ Περισσότερα από 500 κτήρια είναι εγκαταλειμμένα στο κέντρο της Αθήνας, εκ των οποίων 211 στο Μεταξουργείο και 110 στου Ψειρή.

Ένα άλλο δημογραφικό χαρακτηριστικό αποτελεί η μείωση του πληθυσμού στο δήμο Αθηναίων κατά 3,4% στην απογραφή του 2001, ποσοστό που αντιστοιχεί σε 26.558 κατοίκους.²¹⁷ Σημαντικό χαρακτηριστικό που αν παγιωθεί με εντονότερους ρυθμούς (έχει εκδηλωθεί ήδη από προηγούμενες δεκαετίες, *Βλέπε: πίνακας 6.5*), αναμένεται να αποτελέσει έναν σοβαρό ανασχετικό παράγοντα για την δημιουργία πρόσθετων σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης εντός των ορίων του δήμου, ενώ μελλοντικά επιτείνει την ανάγκη αναδιάρθρωσης του υφιστάμενου δικτύου, προκειμένου να εξοικονομηθούν πρόσθετοι χρηματικοί πόροι. Περαιτέρω υπάρχουν άλλου είδους δημογραφικές ιδιαιτερότητες όπως πχ. οι αθίγγανοι και οι Πομάκοι, που έχουν δημιουργήσει μια ιδιαίτερη γεωγραφική εστία πίσω από την πρώην περιοχή Φωταερίου (γκάζι), όπου ζουν σε άσχημες συνθήκες αστικής οργάνωσης.²¹⁸

Πίνακας 6.5

Κατανομή πληθυσμού (%) στο πολεοδομικό συγκρότημα πρωτευούσης (1920-2001)

Χρονολογία	1920	1928	1940	1951	1961	1971	1981	1991	2001
Δήμος Αθηναίων	64,4	48,0	42,8	40,3	33,9	34,1	29,3	25,1	24,9
Υπόλοιποι Δήμοι	6,9	28,4	40,6	45,7	55,9	58,5	64,2	69,0	69,4

Πηγή: «Πληθυσμιακές μεταβολές και πολεοδομικές ανακατατάξεις στην Μητροπολιτική Αθήνα στο διάστημα 1991-2001»

Αυτές οι συνθήκες μαζί με τα επιβαρυνμένα εξαιτίας του βιοτεχνικού-βιομηχανικού χαρακτήρα της περιοχής χαρακτηριστικά, αυξάνουν τα επίπεδα κινδύνων πυρκαγιάς, παρότι το συγκεκριμένο διαμέρισμα (3ο) παρουσιάζει την χαμηλότερη πληθυσμιακή πυκνότητα, από όλα τα δημοτικά διαμερίσματα. Αυτό το χαρακτηριστικό καταδεικνύει ότι η στάθμιση του βασικότερου παράγοντα

²¹⁷ Ιωάννης Πολύζος (ΕΜΠ) κα, «Πληθυσμιακές μεταβολές και πολεοδομικές ανακατατάξεις στην Μητροπολιτική Αθήνα στο διάστημα 1991-2001», στο Συνέδριο: «Πληθυσμιακές τάσεις και προοπτικές: Ελλάδα και Ευρωπαϊκή Ένωση», Κέντρο Έρευνας της Ελληνικής Κοινωνίας – Ακαδημία Αθηνών Ελληνική Εταιρεία Δημογραφικών Μελετών Αθήνα, 13-14 Μαρτίου 2009, σελ. 3.

²¹⁸ *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Δήμου Αθηναίων 2007-2010*, Α' μέρος Στρατηγικό Σχέδιο, Δ. Αθηναίων Ιούνιος 2008, σελ. 51.

χωροθέτησης σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης, ήτοι του επιπέδου κινδύνου, δεν πρέπει να είναι μονοδιάστατο (πχ. βάση της πληθυσμιακής πυκνότητας) αλλά πολυδιάστατο, συνυπολογίζοντας και άλλες σημαντικές παραμέτρους.

6.1.5 Το οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης συνταυτίζεται με τα υπερκορεσμένα οδικά δίκτυα των σύγχρονων αστικών μεγαλουπόλεων, στα οποία η προσφερόμενη χωρητικότητα και μέγεθος υπολείπεται της προσδοκώμενης ζήτησης. Αποτέλεσμα, η οποιαδήποτε εκ των υστέρων παρέμβαση, στις ήδη διαμορφωμένες και πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές, ελάχιστα μπορεί να συνεισφέρει στη διαμόρφωση ενός λειτουργικότερου αστικού οδικού δικτύου και κατ' επέκταση ενός αποτελεσματικότερου «οδικού δικτύου κάλυψης εκτάκτων αναγκών».

Η ιεράρχηση του οδικού δικτύου στην παρούσα μελέτη γίνεται με βάση την απόδοσή του στην ροή των πυροσβεστικών οχημάτων, προκειμένου αυτά να προσεγγίζουν ταχύτερα και ασφαλέστερα τις περιοχές ευθύνης τους (κυρίως τις χαρακτηρισμένες ως υψηλού κινδύνου). Συνεπώς δύο είναι οι εξεταζόμενοι παράγοντες αξιολόγησης του οδικού δικτύου της περιοχής μελέτης: α) *Η πρόσβαση που προσφέρει στις διάφορες χρήσεις γης και β) οι μέσες ταχύτητες που επιτυγχάνονται από τα πυροσβεστικά οχήματα κατά μήκος των διαδρομών τους εξερχόμενα του πυροσβεστικού σταθμού, δηλαδή ο χρόνος διαδρομής.*

Με βάση τους ανωτέρω παράγοντες το οδικό δίκτυο στην περιοχή μελέτης κατανέμεται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες :

α) *Τις κύριες αρτηρίες*, οι οποίες περιλαμβάνουν τις ελεύθερες λεωφόρους, τις λεωφόρους ταχείας κυκλοφορίας και τις λοιπές βασικές αρτηρίες²¹⁹. Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι το μεγάλο μήκος τους, οι πολλές κυκλοφοριακές λωρίδες και οι σχετικά υψηλές ταχύτητες των οχημάτων.

β) *Τις δευτερεύουσες αρτηρίες*. Χαρακτηριστικά τους είναι το μέσο μήκος διαδρομών και οι χαμηλότερες ταχύτητες και προδιαγραφές.

²¹⁹ Ο προσδιορισμός τους γίνεται ανάλογα με την λειτουργικότητα, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους και κυρίως τον βαθμό ελέγχου των προσβάσεων που παρέχουν.

γ) Τις *συλλεκτήριες οδούς*²²⁰ που συνδέουν τις αρτηρίες με το τοπικό οδικό δίκτυο, με χαμηλό βαθμό ταχύτητας.

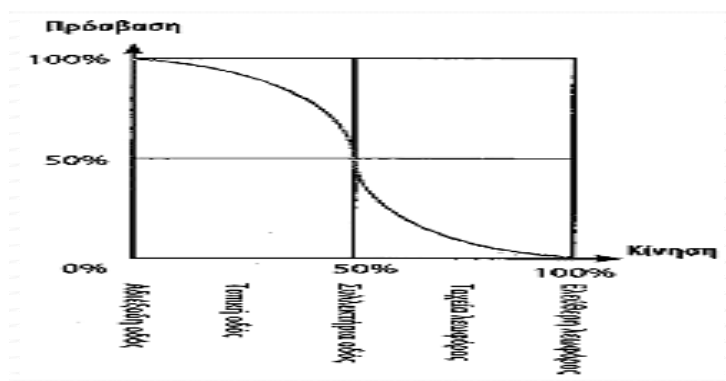
δ) Τις *τοπικές οδούς* που χρησιμοποιούνται για την άμεση πρόσβαση στις χρήσεις γης, με επίσης χαμηλό βαθμό ταχύτητας των οχημάτων²²¹.

Σύμφωνα με την ανάλυση του κάτωθι σχήματος (Βλέπε: *σχεδιάγραμμα 6.1*), η ανωτέρω κατηγοριοποίηση του οδικού δικτύου, εξασφαλίζει θεωρητικά υψηλές ταχύτητες (κίνηση) και χαμηλή πρόσβαση για τις κατηγορίες (α) και (β) και υψηλή πρόσβαση με χαμηλές ταχύτητες στις (γ) και (δ) περιπτώσεις, με τις συλλεκτήριες οδούς να ισοσταθμίζουν τους δύο παράγοντες (κίνηση & πρόσβαση). Ωστόσο όπως θα αναφερθεί παρακάτω, οι ανωτέρω θεωρητικές αρχές αλλοιώνονται στην περιοχή μελέτης λόγω των υψηλών φόρτων του δικτύου, των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του και άλλων δομικών προβλημάτων, οφειλόμενων σε αιτίες που συνδέονται κυρίως με την ιστορική εξέλιξη της πόλης.

Η μορφή του οδικού δικτύου στην εξεταζόμενη περιοχή είναι η *ακτινωτή μορφή* ή το *ακτινωτό δίκτυο* (Βλέπε: *σχεδιάγραμμα 6.2*, σελίδα 148). Το ακτινωτό δίκτυο στην περιοχή μελέτης συγκλίνει προς το κέντρο, με τις οδικές αρτηρίες να συνδέονται και να συμπληρώνονται από άλλες ενδιάμεσες.

Σχεδιάγραμμα 6.1

Χρήση κάθε κατηγορίας οδού για κίνηση και πρόσβαση

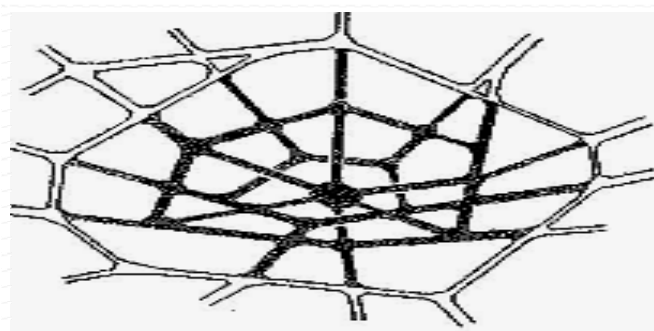


Πηγή: Φραντζεσκάκης Ι κα., (1997), Διαχείριση κυκλοφορίας,
Αθήνα: Παπασωτηρίου.

²²⁰ Αποτελούν ένα τύπο συνδέσεων που υποστηρίζουν τους κόμβους και καθοριστικά στοιχεία της αστικής χωρικής δομής. Η πολυπλοκότητα των σχέσεων ανάμεσα στους κόμβους και τις συνδέσεις οδηγεί στον σχηματισμό της μορφής του δικτύου που στην συνέχεια καθορίζει την αστική μορφή.

²²¹ Ελένη Ανδρικοπούλου κα., *Πόλη και πολεοδομικές πρακτικές για την βιώσιμη αστική ανάπτυξη*, εκδόσεις Κριτική, Δεκέμβριος 2007, Κεφάλαιο 14, σελ. 314-317.

Σχεδιάγραμμα 6.2
Μορφή ακτινωτού δικτύου



Πηγή: Φραντζεσκάκης Ι κα., (1997), Διαχείριση κυκλοφορίας, Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Θεωρητικά τα χαρακτηριστικά του ακτινωτού δικτύου είναι οι σχετικά μειωμένοι χρόνοι διαδρομών, ιδιαίτερα από την περιφέρεια προς το κέντρο της πόλης, καθώς υπάρχει ικανός αριθμός οδικών αρτηριών που οδηγούν προς αυτό.²²² Όμως αυτό το στοιχείο αποτελεί εδώ και δεκαετίες το μεγάλο μειονέκτημά της, αφού η διευκόλυνση συγκέντρωσης της κυκλοφορίας προς το κέντρο μιας πόλης με μονοκεντρική δομή, δημιουργεί επιπλέον φόρτιση του δικτύου και συνακόλουθα την επιβάρυνσή του, με αποτελέσματα τα γνωστά κυκλοφοριακά προβλήματα που παρουσιάζονται στον δήμο Αθηναίων.

6.1.5.1 Βασικά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου

Στην Αθήνα τα κυκλοφοριακά προβλήματα είναι πολλά λόγω κυρίως της συνεχιζόμενης αύξησης του δείκτη των ιδιοκτητών ΙΧ και της ελλειμματικής υποδομής και διαχείρισης του συστήματος μεταφορών. Τα προβλήματα με μεγαλύτερη συχνότητα είναι η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η έλλειψη χώρων στάθμευσης, η παράνομη στάθμευση και η δυσχέρεια πρόσβασης.

Οι επιπτώσεις αυτών των προβλημάτων έχουν σημαντικό αντίκτυπο, μεταξύ άλλων, στην επιχειρησιακή ανάπτυξη των πυροσβεστικών δυνάμεων. Μπορεί μετά βεβαιότητας να αναφερθεί ότι πολλές από τις διαδρομές που καλούνται να ακολουθήσουν τα πυροσβεστικά οχήματα, σε περίπτωση επέμβασης, χαρακτηρίζονται ως μεγάλης δυσκολίας ή και απροσπέλαστες. Καθημερινό και

²²² Σχετική αναφορά γίνεται από τον Φραντζεσκάκη Ι κα (1986), «Σχεδιασμός των μεταφορών και κυκλοφοριακή τεχνική», τόμος 1, Γ έκδοση, Θεσσαλονίκη : Παρατηρητής και Φραντζεσκάκης Ι κα. (1997), Διαχείριση κυκλοφορίας, Αθήνα: Παπασωτηρίου.

παγιωμένο είναι πλέον και το φαινόμενο των αυξημένων χρόνων απόκρισης και επέμβασης σε συμβάντα, λόγω των καθημερινών κυκλοφοριακών προβλημάτων. Αυτό το φαινόμενο επιδεινώνεται από την διαχειριστική ανυπαρξία των ειδικών κυκλοφοριακών λωρίδων άμεσης διέλευσης για τα πυροσβεστικά οχήματα και άλλων κυκλοφοριακών μέτρων διαχείρισης (πχ. έξυπνη σηματοδότηση, συστήματα πλοήγησης και ενημέρωσης Γ.Π.Σ. κ.ο.κ.).

Ειδικότερα το οδικό δίκτυο του Δήμου Αθηναίων αποτελείται στην πλειοψηφία του από οδούς μονής κατεύθυνσης (πλάτος έως 15 μέτρα). Σύμφωνα με τα στοιχεία της Μελέτης Ανάπτυξης Μετρό, το 68% των οδών είναι μονής κατεύθυνσης, εκ των οποίων το 41% έχει μία λωρίδα κυκλοφορίας. Το μεγάλο ποσοστό των μονόδρομων φανερώνει μια προσπάθεια καλύτερης διαχείρισης της υπάρχουσας υποδομής, δεδομένης της αδυναμίας αναβάθμισης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τους στις πυκνοδομημένες περιοχές της Αθήνας. Η μία λωρίδα κυκλοφορίας δεν είναι αξιοποιήσιμη, διότι υπάρχει η παρόδια στάθμευση, με αποτέλεσμα τα πυροσβεστικά οχήματα να καθυστερούν λόγω στάσεων λεωφορείων, ελιγμών στάθμευσης κλπ.

Οι πρωτεύουσες και δευτερεύουσες αρτηρίες του Δήμου Αθηναίων, οι οποίες εξυπηρετούν κυρίως διαδρομές μεγάλου και μεσαίου μήκους αντίστοιχα, αποτελούν περίπου το 45% επί του συνολικού οδικού δικτύου. Οι Λ. Κηφισίας, Λ. Μεσογείων, Λ. Αλεξάνδρας, Λ. Βασιλέως Κων/νου και Λ Βασιλίσσης Σοφίας αποτελούν παραδείγματα κυρίων αρτηριών, ενώ οι οδοί Γ' Σεπτεμβρίου, Δροσοπούλου, Σόλωνος, Χαριλάου Τρικούπη, Ιπποκράτους και Πανόρμου δευτερευουσών (Βλέπε: *χάρτης 6.6, σελίδα 232, παράρτημα II*).²²³

Συνεπώς μπορεί να ειπωθεί, ότι σε επίπεδο κύριου οδικού δικτύου κρίνονται αναγκαίες οι αναμορφώσεις προς την κατεύθυνση δημιουργίας λωρίδων εκτάκτων αναγκών (όπου είναι εφικτό) και άλλων παρεμβάσεων. Στο επίπεδο των διαμερισμάτων κυκλοφοριακές παρεμβάσεις σχετικά με την παράνομη στάθμευση, στα σημεία πρόσβασης, στην βελτίωση του κύκλου στροφής των οχημάτων στα σταυροδρόμια κ.ο.κ. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στις υπό ανάπλαση περιοχές (πχ. του Ελαιώνα), όπου με τις νέες χρήσεις είναι ευκαιρία, στα πλαίσια των νέων κυκλοφοριακών μελετών, να ληφθούν υπόψη οι

²²³ *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Δήμου Αθηναίων 2007-2010, Α' μέρος Στρατηγικό Σχέδιο*, Δ. Αθηναίων Ιούνιος 2008, σ.σ. 34-35.

κυκλοφοριακές ανάγκες των οχημάτων έκτακτης ανάγκης και να υιοθετηθούν έστω και πιλοτικά οι χρήσεις νέων τεχνολογιών.

6.1.5.2 Κυκλοφοριακό φόρτο και μέσες ταχύτητες του οδικού δικτύου

Οι μέσες ταχύτητες των οχημάτων διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του οδικού δικτύου, την περιοχή (πχ. στο ιστορικό κέντρο παρατηρούνται μικρές μέσες ταχύτητες), την εποχικότητα (πχ. τους θερινούς μήνες το οδικό δίκτυο δεν είναι τόσο επιβαρυνμένο στο κέντρο, αλλά επιβαρύνεται στον νότιο-ανατολικό άξονα (Βλέπε: πίνακας 6.6), τα κυκλοφοριακά μέτρα (πχ. άρση απαγόρευσης μονών-ζυγών), την ημέρα της εβδομάδας ακόμα και τις ώρες αιχμής.

Πίνακας 6.6

Ποσοστά μείωσης του φόρτου ανά εβδομάδα κατά τους θερινούς μήνες

Εβδομάδα		% Μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου
1	24 Ιουλίου –30 Ιουλίου	-1%
2	31 Ιουλίου –6 Αυγούστου	-3%
3	7 Αυγούστου – 13 Αυγούστου	-16%
4	14 Αυγούστου –20 Αυγούστου	-43%
5	21 Αυγούστου –27 Αυγούστου	-15%
6	28 Αυγούστου –3 Σεπτεμβρίου	-1%
7	4 Σεπτεμβρίου –10 Σεπτεμβρίου	0%

Πηγή: Έκθεση Κέντρου Διαχείρισης της Κυκλοφορίας.

Η κυκλοφοριακή αιχμή στο οδικό δίκτυο του Δήμου Αθηναίων, κορυφώνεται κατά το χρονικό διάστημα 7:00 – 9:00 και 14:00 –16:00. Η ωριαία κυκλοφορία, κατά τις περιόδους αυτές, ανέρχεται σε ποσοστό 6-7% της συνολικής ημερήσιας κυκλοφορίας. Αντίθετα, στην περιοχή του δακτυλίου, η κυκλοφορία διατηρείται σε υψηλά επίπεδα από τις 8:00 έως τις 21:00 χωρίς σαφείς αιχμές. Συνεπώς η περιοχή του δακτυλίου έχει το χαρακτηριστικό γνώρισμα μίας κυκλοφοριακά κορεσμένης περιοχής. Κατά το χρονικό διάστημα 7:00 – 9:00 εισέρχονται στον Δακτύλιο περίπου 80.000 οχήματα και εξέρχονται περίπου 60.000.

Η Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας (Δ.ΜΕ.ΟΣ.) και, από το 2004, το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας, έχει τοποθετήσει στον δήμο Αθηναίων πάνω από 171 σημεία μέτρησης και πληροφόρησης, για τους κυκλοφοριακούς φόρτους,

τις μέσες ταχύτητες και άλλα ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία στις πιο σημαντικές αρτηρίες και κόμβους. Ενδεικτικά στον πίνακα 6.7 παρουσιάζουμε βασικά κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά (φόρτος, ταχύτητες) και στον πίνακα 6.8, στατιστικά στοιχεία χρόνων διαδρομής, για το έτος 2006 στον δήμο Αθηναίων.

Πίνακας 6.7

Ενδεικτικές τιμές φόρτου και ταχύτητες οχημάτων σε κύριες αρτηρίες του Δ. Αθηναίων,

Αρτηρία	Διατομή	Δήμος	Κατεύθυνση	Αρ. Λωρίδων	Απόλυτη τιμή (Σεπτ-06)	
					Φόρτου (οχ./ώρα)	Ταχύτητας (χλμ./ώρα)
Λ. Κηφισίας	Πανόρμου	Αθηναίων	Κέντρο	3	2800	11
			Κηφισιά	2	2720	16
Λ. Μεσογείων	Ξενοπούλου	Αθηναίων	Κέντρο	2	2425	44
	Μιχαλακοπούλου		Σταυρό	3	2790	26
Λ. Αλεξάνδρας	Χαριλάου Τρικούπη	Αθηναίων	Πατησίων	2	1450	13
			Λ. Κηφισίας	2	1680	9
Λ Συγγρού	Φραντζή	Αθηναίων	Κέντρο	3	2400	18
	Βούρβαχη		Ποσειδώνος	3	1800	32

Πηγή: Έκθεση Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας, 2006

Πίνακας 6.8

Στατιστικά Στοιχεία Χρόνων Διαδρομών (2006)

Διαδρομή	Μήκος Διαδρομής (μέτρα)	Στατιστικά στοιχεία χρόνων διαδρομής					
		ελάχιστο (λεπτά)	μέγιστο* (λεπτά)	ώρα αιχμής		εκτός ώρας αιχμής	
				μέσος όρος (λεπτά)	Τυπική απόκλιση	μέσος όρος (λεπτά)	τυπική απόκλιση
Λ. Κηφισού – προς Λαμία από Λαχαναγορά έως Αχαρνών	9565	6	53	19	11,6	12	7,9
Λ. Αθηνών – προς Κέντρο από πριν τη Θηβών έως Ομόνοια	6745	10	44	14	3,4	13	2,8
Λ. Συγγρού – προς Κέντρο από Λαγουμιτζή έως Σύνταγμα	2610	5	28	9	4,7	6	2,4
Λ. Μεσογείων – προς Κέντρο από Σταυρό έως Λ. Κατεχάκη	6355	12	46	20	7	15	4,6
Λ. Κηφισίας – προς Κέντρο από Λ. Κατεχάκη έως Σύνταγμα	4950	11	42	16	4,7	14	4,4

Πηγή: Έκθεση Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας, 2006

Η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων παρουσιάζει διαφορές ανά περιοχή εντός του δήμου. Σύμφωνα με στοιχεία του Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας, για τον μήνα Νοέμβριο του 2007, κατά τις πρωινές ώρες αιχμής στην κατεύθυνση προς Αθήνα, η μέση ταχύτητα στη Λ. Κηφισίας ήταν 10 χλμ./ώρα, ενώ στη Λ. Συγγρού 17 χλμ./ώρα. Στη Λ. Αλεξάνδρας εμφανίζονται οι μικρότερες τιμές με 10 χλμ./ώρα στην κατεύθυνση προς Πατησίων και 8 χλμ./ώρα στην κατεύθυνση προς Λ.

Κηφισίας. Στον Δακτύλιο, η μέση ταχύτητα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας ήταν 12 χλμ./ώρα, ενώ στις ώρες αιχμής μειωνόταν στα 10 χλμ./ώρα²²⁴.

Σύμφωνα με στοιχεία του Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας, *τα στοιχεία του φόρτου κυκλοφορίας μας δείχνουν την κατάσταση κορεσμού του οδικού δικτύου και κατά συνέπεια το επίπεδο εξυπηρέτησης του*. Στην περιοχή εντός του Δακτυλίου, το 60% του δικτύου παρουσιάζει χαμηλά επίπεδα εξυπηρέτησης, ενώ το ποσοστό του οδικού δικτύου σε κατάσταση κορεσμού φθάνει το 40%. Χαμηλά επίσης επίπεδα εξυπηρέτησης παρουσιάζουν οι αρτηρίες εισόδου στην κεντρική περιοχή της Αθήνας, όπως είναι οι Λ. Κηφισίας, η Λ. Μεσογείων, η Πατησίων, η Πειραιώς και η Λ. Συγγρού²²⁵.

Εκτός των ανωτέρω, ένας επίσης ανασταλτικός παράγοντας για την επίτευξη των προσδοκώμενων χρόνων διαδρομών των πυροσβεστικών οχημάτων στο οδικό δίκτυο, θεωρείται η στάθμευση, κυρίως όταν αυτή γίνεται σε δευτερεύουσες αρτηρίες και τοπικές οδούς. Προκαλεί σημαντικές χρονικές καθυστερήσεις στους χρόνους απόκρισης των πυροσβεστικών οχημάτων, αφού σε πολλές περιπτώσεις το σταθμευμένα οχήματα μπλοκάρουν την ασφαλή διέλευση των πυροσβεστικών οχημάτων, ενώ σε άλλες αποτελούν την αιτία της πλήρους ακινητοποίησής τους. Στα ανωτέρω αρνητικά χαρακτηριστικά θα πρέπει να συνυπολογίσουμε τον μεγάλο όγκο των περισσότερων πυροσβεστικών οχημάτων (βαρέα), που καθιστούν δυσχερέστερες τις μετακινήσεις τους στο κέντρο της περιοχής μελέτης.

6.1.6 Διοικητικές, χωροταξικές, ρυθμιστικές, πολεοδομικές λειτουργίες και περιορισμοί.

Ένα από τα τμήματα της μελέτης είναι ο προσδιορισμός, καταγραφή και αναφορά των γεωγραφικών τομέων (εντός της περιοχής μελέτης), που εξαιρούνται από την χωροθέτηση σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης εξαιτίας διοικητικών, χωροταξικών, ρυθμιστικών και πολεοδομικών περιορισμών. Συνεπώς μια σημαντική έκταση αντιστοιχεί σε χώρους που περιγράφηκαν στην ενότητα 6.1.2. Περαιτέρω, στις εξαιρούμενες περιοχές που καταλαμβάνουν σημαντικές εκτάσεις, περιλαμβάνονται οι γεωγραφικές περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως

²²⁴ Οπ. σελ. 36

²²⁵ Οπ. σελ. 37

μνημειακοί – αρχαιολογικοί χώροι. Ο δήμος Αθηναίων έχει ένα μεγάλο πλήθος από τέτοιους χώρους, οι οποίοι καλύπτουν μια σημαντική έκταση σε συγκεκριμένα δημοτικά διαμερίσματα (Βλέπε: πίνακας 6.9)

Πίνακας 6.9

Εξαιρούμενες περιοχές

Α.Α.	Δ.Δ.	ΑΡΧ. ΧΩΡΟΙ - ΜΝΗΜΕΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ
1	1	Μνημείο Λυσικράτους	Πλάκα
2	1	Ρωμαϊκή Αγορά	Πλάκα
3	1	Στοά Αττάλου	Αθήνα
4	1	Τζαμί Παλαιάς Αγοράς	Πλάκα
5	1	Ρολόι Κυρρηστου	Πλάκα
6	2	Στήλες Ολυμπίου Διός	Αθήνα
7	2	Πύλη Αδριανού	Αθήνα
8	3	Ακρόπολη	
9	3	Άρειος Πάγος	Θησείο
10	3	Αρχαία Αγορά	Θησείο
11	3	Θέατρο Διονύσου	Ακρόπολη
12	3	Θέατρο Ηρώδου Αττικού	Ακρόπολη
13	3	Θησείο	
14	3	Κεραμεικός	
15	3	Λόφος Νυμφών	Θησείο
16	3	Μνημείο Φιλοπάππου	
17	3	Παρθενώνας	Ακρόπολη
18	3	Πνύκα	Θησείο
19	4	Ακαδημία Πλάτωνος	Βοτανικός

Πηγή: *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Δ. Αθ. 2007-2010*, Α' μέρος, Δήμος Αθηναίων.

Εκτός των ανωτέρω επισημαίνεται ότι ένας μεγάλος αριθμός του δημόσιου και δημοτικού κτιριακού αποθέματος (αθλητικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία, σχολικά - πανεπιστημιακά συγκροτήματα, μουσεία, διοικητικές υπηρεσίες κλπ), που καταλαμβάνει σημαντικές εκτάσεις, ενδέχεται να εξαιρεθεί, από τους λήπτες μιας χωροθετικής απόφασης, ως χώρος υποδοχής για την χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης και άρα να αποκλεισθεί. Αυτού του είδους τα κτήρια και κατ' επέκταση και οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν μαζί με τους υπόλοιπους χώρους, τους ειδικότερους πολεοδομικούς, χωροταξικούς και ρυθμιστικούς περιορισμούς και αλλαγές²²⁶, καθώς και τους εκάστοτε διοικητικούς περιορισμούς, εκφράζουν ένα τμήμα των χωρικών περιορισμών του προβλήματος.

²²⁶ Πχ. με το άρθρο 11 του Ν. 3481/2006 (ΦΕΚ162 Α/2.8.2006) (περί τροποποιήσεων στη νομοθεσία για το Εθνικό κτηματολόγιο, την ανάθεση και εκτέλεση συμβάσεων έργων και μελετών και άλλες διατάξεις) τροποποιείται το Ρυθμιστικό Σχέδιο της Αθήνας (Ν.1515/1986)

Ωστόσο είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι υπηρεσίες ζωτικής σημασίας²²⁷, στα πλαίσια το προληπτικού σχεδιασμού, πρέπει να κατανέμονται γεωγραφικά κατά τρόπο ώστε να ικανοποιούνται συγκεκριμένες ομάδες κριτηρίων, ζήτημα το οποίο πραγματεύεται η παρούσα εργασία για τους σταθμούς πυρόσβεσης – διάσωσης. Όλες αυτές οι κρίσιμες υπηρεσίες θα πρέπει να χωροθετούνται με συγκεκριμένο τρόπο, ώστε να δημιουργούν έναν ειδικό τύπο δικτύου στην πόλη, που θα παρουσιάζει βελτιωμένη ικανότητα εξυπηρέτησης των περιοχών που θα καλύπτουν. Συνεπώς καθίσταται αναγκαίο να λαμβάνονται υπόψη και οι συγκεκριμένες υπηρεσίες. Η σωστή χωροθέτηση και βελτιστοποίηση των παροχών τους, θα αυξήσει την αλληλεπίδραση μεταξύ των εγκαταστάσεων του δικτύου όσο και της επιχειρησιακής επάρκεια της κάθε μιας χωριστά.

6.2 Παράγοντες εσωτερικού περιβάλλοντος αλληλοεπιδρώντες στην στρατηγική χωροθέτησης

Ως παράγοντες εσωτερικού περιβάλλοντος (ενδογενείς), θεωρούμε ένα σύνολο παραμέτρων που αφορούν ποσοτικά και ποιοτικά υπηρεσιακά δεδομένα και χαρακτηριστικά όπως το κόστος και το μέγεθος των σταθμών²²⁸, το διατιθέμενο πυροσβεστικό προσωπικό, το είδος και τον αριθμό του πυροσβεστικού εξοπλισμού (οχήματα, διασωστικά είδη, ατομικός εξοπλισμός, πυροσβεστικός εξοπλισμός κ.ο.κ), τα πρότυπα οργάνωσης και λειτουργίας των σταθμών (διοικητική διάρθρωση, εσωτερικοί κανονισμοί ωράριο εργασίας, σύνθεση βάρδιας, σύνθεση εξόδου επέμβασης, κανόνες) και γενικότερους παράγοντες που συνδράμουν στο πυροσβεστικό έργο, όπως το μόνιμο δίκτυο των πυροσβεστικών υδροστομιών, οι πυροσβεστικές φωλιές, τα συστήματα πλοήγησης (GPS, G.I.S, GPS/AVL) κ.ο.κ. Όλοι οι ανωτέρω διαμορφώνουν το πλαίσιο για την εγκατάσταση, την λειτουργία και την διαχείριση ενός πυροσβεστικού συστήματος – δικτύου σταθμών.

προκειμένου να δημιουργηθούν δύο νέοι Υπερτοπικοί – Μητροπολιτικοί Πόλοι αναψυχής, αθλητισμού, πολιτιστικών και άλλων συμπληρωματικών λειτουργιών στην περιοχή του Δήμου Αθηναίων (Ελαιώνα/Βοτανικού, Λεωφόρου Αλεξάνδρας στο Ο.Τ. 22).

²²⁷ Αστυνομικά τμήματα, Πυροσβεστικοί Σταθμοί, Νοσοκομεία, Κέντρα επικοινωνιών, υπηρεσίες παροχής υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης.

²²⁸ Στην Ελλάδα οι πυροσβεστικοί σταθμοί στην πόλη διακρίνονται σε Α', Β', Γ' Δ' τάξης, ανάλογα με την δυναμικότητα τους.

Όπως οι παράγοντες του εξωτερικού περιβάλλοντος, έτσι και αυτοί αλληλεπιδρούν στην διαμόρφωση του σχεδιασμού, εφόσον εξετάζεται και το υφιστάμενο πυροσβεστικό δίκτυο (ως παράγοντας μείωσης της τρωτότητας). Στο επόμενο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης θα γίνει αναλυτική αναφορά στους βασικότερους εκ των παραγόντων του εσωτερικού περιβάλλοντος ως περιορισμών και υποθέσεων που διαμορφώνουν το χωροθετικό πρόβλημα, αφού επηρεάζουν την χάραξη της ακολουθούμενης στρατηγικής χωροθέτησης νέων σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης.

6.3 Στατιστική επεξεργασία και ανάλυση επιχειρησιακών δεδομένων για την περιοχή μελέτης

Επιπροσθέτως σημαντικά μπορούν να αποδειχθούν τα συμπεράσματα από το σύνολο των ιστορικά καταγεγραμμένων στατιστικών στοιχείων και δεδομένων για την επιχειρησιακή δράση των πυροσβεστικών δυνάμεων στην περιοχή μελέτης (πληροφορίες για πυρκαγιές, διασώσεις, παροχές βοήθειας, ύψος ζημιών κλπ). Είναι σημαντική για κάθε μελέτη χωροθέτησης σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης η ύπαρξη διαθέσιμου πλήθους αξιόπιστων και αναλυτικών στατιστικών δεδομένων ποικίλης θεματολογίας αναφορικά με τις δραστηριότητες των σταθμών σε βάθος χρόνου. Επί παραδείγματι, σε πολλές μελέτες για τα περισσότερα είδη συμβάντων, ο χρόνος αποστολής και συμμετοχής μπορεί να καθοριστεί με τη χρήση ιστορικών δεδομένων, ενώ ο χρόνος και ο τρόπος εγκατάστασης εξαρτάται από το είδος και την πολυπλοκότητα των περιστατικών.

Στην παρούσα εργασία ένα μέρος των στοιχείων που διατέθηκαν από την στατιστική υπηρεσία του Πυροσβεστικού Σώματος, είναι συμβατά με τη μελέτη μας και αφορούν:

1. Το άθροισμα των συμβάντων για κάθε έναν από τους τρεις πυροσβεστικούς σταθμούς για το διάστημα 2005-2009 με παράλληλη κατηγοριοποίηση ως προς: α) τις αστικές πυρκαγιές β) τις παροχές βοήθειας και γ) τους απεγκλωβισμούς από ανελκυστήρες (Βλέπε: ιστογράμματα 6.1Α, 6.1Β και πίττα 6.1Γ, σελίδα 234, παράρτημα II)

2. Το άθροισμα των αστικών πυρκαγιών για τους 1^ο, 2^ο και 4^ο πυροσβεστικούς σταθμούς κατά το διάστημα 2005-2009 (Βλέπε: *διάγραμμα τεθλασμένης γραμμής 6.1, σελίδα 235, παράρτημα II*),
3. Τον ωριαίο αριθμό των αστικών πυρκαγιών για τον 1^ο πυροσβεστικό σταθμό, ανά έτος και συγκεντρωτικά για το διάστημα 2005-2009 (Βλέπε: *διάγραμμα τεθλασμένης γραμμής 6.2 Α, σελίδα 235, παράρτημα II*)
4. Τον ωριαίο αριθμό των παροχών βοήθειας για τον 1^ο πυροσβεστικό σταθμό, ανά έτος και συγκεντρωτικά για το διάστημα 2005-2009 (Βλέπε: *διάγραμμα τεθλασμένης γραμμής 6.2 Β, σελίδα 235, παράρτημα II*)
5. Το άθροισμα των συνολικών ανά ημέρα συμβάντων και ανά κατηγορία, για κάθε ένα σταθμό και στο σύνολο τους, συγκεντρωτικά για το διάστημα 2005-2009 (Βλέπε: *ιστογράμματα 6.2Α, 6.2Β, 6.2Γ, 6.2Δ, σελίδες 236-237, παράρτημα II*).
6. Το σύνολο των διασώσεων (μόνο από τροχαία) ανά σταθμό, συγκεντρωτικά για το διάστημα 2005-2009 (Βλέπε: *ιστόγραμμα 6.3, σελίδα 237, παράρτημα II*)
7. Τις αιτίες πρόκλησης αστικών πυρκαγιών αθροιστικά για κάθε έτος και για όλους τους πυροσβεστικούς σταθμούς, για την πενταετία 2005-2009 (Βλέπε: *πίττα 6.2, σελίδα 238, παράρτημα II*).
8. Τους χώρους που προσβλήθηκαν από αστικές πυρκαγιές, για όλους τους πυροσβεστικούς σταθμούς, κατά την διετία 2008-2009 (Βλέπε: *πίττα 6.3, σελίδα 238, παράρτημα II*).²²⁹

Αξιοποιώντας τα προπαρατεθέντα πρωτογενή δεδομένα, προκύπτουν κατόπιν επεξεργασίας συγκεκριμένα συμπεράσματα, ορισμένα εκ των οποίων αναφέρονται ως ακολούθως:

Από τα ιστογράμματα 6.1Α, 6.1Β και την πίττα 6.1Γ, για την πενταετία (2005-2009), συμπεραίνεται ότι τα δημοτικά διαμερίσματα του δήμου Αθηναίων που καλύπτονται επιχειρησιακά από τον 1ο Π.Σ. Αθηνών, παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ποσοστό (45%) συμβάντων από τα υπόλοιπα Δ.Δ. που καλύπτονται από τον 2ο (30%) και 4ο Π.Σ. Αθηνών (25%). Κατηγοριοποιώντας τα, τα περισσότερα συμβάντα σε αστικές πυρκαγιές, παρουσιάζονται στον 2ο Π.Σ.

²²⁹ Τα πρωτογενή στατιστικά στοιχεία προέρχονται από την Δ/ση Πληροφορικής/ Τμήμα Στατιστικής του Πυροσβεστικού Σώματος. Σχετικά με στατιστικά στοιχεία του αριθμού των κλήσεων που αιτηθήκαμε, μας γνωστοποιήθηκε ή μη τήρηση τους.

Αθηνών, με πολύ μικρή διαφορά από τον 1ο Π.Σ, ενώ υπάρχει μεγάλη διαφορά σε απεγκλωβισμούς από ανελκυστήρες μεταξύ του 1ου και των 2ου & 4ου Π.Σ. Αθηνών, υπέρ του 1ου (αυτό σημαίνει ότι ο 1ος Π.Σ. καλύπτει σε μεγάλο ποσοστό κτίρια με χρήσεις κατοικίας). Σχετικά με την παροχή βοήθειας, παρουσιάζεται μια σχετική ισορροπία σε απόλυτους αριθμούς και για τους τρεις σταθμούς. Οποσδήποτε για την εξαγωγή ακριβέστερων συμπερασμάτων. Θα πρέπει να εξετασθεί και η χωρική ή η πληθυσμιακή διάσταση των περιοχών ευθύνης των σταθμών, μέσω δεικτών όπως ο αριθμός συμβάντων (ανά κατηγορία)/ Km² ή /1000 κατοίκους, για κάθε σταθμό. Τέλος εξετάζοντας τα κατ' έτος ποσοστά συμβάντων σε σχέση με το σύνολο, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές ποσοστιαίες αποκλίσεις καθόσον η κατώτερη τιμή είναι το 18% (το 2009) και η ανώτερη το 22% (το 2005), σε σχέση με το σύνολο της πενταετίας. Κατ' ουσίαν για κάθε έτος, εντός της πενταετίας, δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφοροποιήσεις στο σύνολο των καταγεγραμμένων συμβάντων. Περαιτέρω για τις αστικές πυρκαγιές παρατηρείται μια αύξηση για το έτος 2006 και στους τρεις πυροσβεστικούς σταθμούς, χωρίς όμως αυτή η «τάση» να επιβεβαιώνεται στα επόμενα έτη (Βλέπε: *διάγραμμα τεθλασμένης γραμμής 6.1*)

Σχετικά με την επεξεργασία της υπ' αριθ. 2 πρότασης δεδομένων, όπως παρουσιάζεται στο *διάγραμμα τεθλασμένης γραμμής 6.2Α*, συμπεραίνεται ότι οι περισσότερες αστικές πυρκαγιές ανά ώρα, αθροιστικά για τους τρεις σταθμούς και για όλα τα έτη (2005-2009), παρατηρούνται κατά τις ώρες 22.00, 23.00, 1.00, 2.00 και 3.00, δηλαδή κατά τις νυχτερινές – ώρες κατάκλισης. Ομοίως για τα συμβάντα παροχής βοήθειας (Βλέπε: *διάγραμμα τεθλασμένης γραμμής 6.2Β*), συμπεραίνεται ότι οι περισσότερες παροχές βοήθειας ανά ώρα, παρατηρούνται κατά τις ώρες 11, 12, 13, 14 & 15, δηλαδή κατά τις εργάσιμες ώρες.

Από την επεξεργασία των υπ' αριθ. 3, 4 και 5 προτάσεων δεδομένων, όπως παρουσιάζονται στα ιστογράμματα 6.2Α, 6.2Β, 6.2Γ, συμπεραίνεται ότι οι περισσότερες ανά ημέρα αστικές πυρκαγιές αθροιστικά για την πενταετία (2005-2009) για τον 1ο Π.Σ. Αθηνών, παρατηρείται ότι έχουν εκδηλωθεί την Πέμπτη και το Σάββατο (Βλέπε *ιστόγραμμα 6.2Α*). Για τον 2ο Π.Σ. Αθηνών, οι περισσότερες ανά ημέρα αστικές πυρκαγιές αθροιστικά για την πενταετία (2005-2009), παρατηρούνται τις ημέρες Παρασκευή και Κυριακή (Βλέπε *ιστόγραμμα 6.2Β*). Για τον 4ο Π.Σ. Αθηνών, οι περισσότερες ανά ημέρα αστικές πυρκαγιές αθροιστικά

για την πενταετία (2005-2009), εκδηλώθηκαν τις ημέρες Σάββατο και Κυριακή (Βλέπε ιστόγραμμα 6.2Γ). Αντίστοιχα για τις παροχές βοήθειας οι παρατηρήσεις είναι οι εξής: 1ος Π.Σ. Αθηνών: Σάββατο & Κυριακή, 2ος Π.Σ. Αθηνών: Σάββατο & Κυριακή, 4ος Π.Σ. Αθηνών: Πέμπτη & Παρασκευή. Αθροιστικά για τους τρεις σταθμούς και για όλα τα έτη (2005-2009), από τις επτά ημέρες τις εβδομάδας, οι ημέρες που παρατηρήθηκε η εκδήλωση των περισσότερων αστικών πυρκαγιών, ήταν η Πέμπτη, το Σάββατο και η Κυριακή και για τις δύο κατηγορίες συμβάντων (αστικές πυρκαγιές, παροχή βοήθειας) (Βλέπε ιστόγραμμα 6.2Δ). Οι ανωτέρω παρατηρήσεις καταδεικνύουν ένα ορθολογικό τρόπο διαχείρισης των δυνάμεων των σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης, σχετικά αναφορικά με την κατανομή των υπηρεσιακών δυνάμεων (πχ. πρόσθετα περιπολικά οχήματα), την σύνθεση τους, την οργάνωση τους κ.ο.κ., ανάλογα με τις ημέρες ή και τις ώρες της ημέρας.

Κατά τον ίδιο τρόπο, χρήσιμη είναι η στατιστική πληροφόρηση που δίνεται για τα τροχαία στους τομείς ευθύνης των τριών σταθμών, όπως αναφέρεται στην υπ' αριθ. 6 πρόταση δεδομένων. Όπως παρατηρείται στο ιστόγραμμα 6.3, ο 2ος Π.Σ. Αθηνών έχει καταγράψει τις περισσότερες επεμβάσεις σε τροχαία με σχεδόν διπλάσια διαφορά από τον αμέσως επόμενο σταθμό (4ο). Αυτή η παρατήρηση μπορεί να μας οδηγήσει στο ενισχυόμενο και από άλλους παράγοντες, συμπέρασμα ότι ο υποψήφιος χωροθετούμενος σταθμός που θα καλύπτει τα Δ.Δ. της περιοχής ευθύνης του 2ου Π.Σ. θα πρέπει να έχει ειδικευμένο υλικοτεχνικό εξοπλισμό και προσωπικό εκπαιδευμένο αντίστοιχα σε διασώσεις τροχαίων, το οποίο θα τίθεται σε αυξημένη ετοιμότητα κυρίως τις επικίνδυνες ημέρες Πέμπτη, Σάββατο, Κυριακή.

Περαιτέρω όπως παρατηρείται στην πίτα 6.2, δεν καθίσταται δυνατό, με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, να συμπεράνουμε τις αιτίες πρόκλησης πυρκαγιών (υπ' αριθ. 7 πρόταση δεδομένων), για το χρονικό διάστημα 2005-2009 και για όλη την ελληνική επικράτεια (σύνολο διαθέσιμων εγγραφών 102.227). Το συντριπτικά μεγαλύτερο καταγεγραμμένων ποσοστό τους (73%) είναι "η άγνωστη αιτία".

Για την υπ' αριθ. 8 πρόταση δεδομένων, η αντίστοιχη πίτα (Βλέπε: πίτα 6.3) μπορεί να δώσει αξιόλογες πληροφορίες σχετικά με το είδος των χώρων που κάηκαν πανελλαδικώς για το διάστημα 2005-2009. Τα συγκεκριμένα ποσοστά μπορούν επικουρικά να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των εν δυνάμει "πυρικά επικίνδυνων περιοχών", με βάση τις κτιριακές χρήσεις και σε σχέση με την

συχνότητα των πυρκαγιών. Αυτό που επιβεβαιώνεται είναι ότι (όπως αναφέρεται σε προηγούμενη ενότητα) η πληθυσμιακή πυκνότητα και οι κατοικίες, συναποτελούν έναν βασικό παράγοντα διαμόρφωσης των κινδύνων πυρκαγιάς.

Με την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης ενότητας, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η στατιστική αναφορά στα παραπάνω «πυροσβεστικά» δεδομένα, αποτελεί ένα πολύ μικρό δείγμα της αξιόπιστης και σημαντικής πληροφόρησης που μπορεί αντληθεί από το ιστορικό παρελθόν αλλά δεν μπορεί να προβλεφθεί με ασφάλεια ούτε για το παρόν ούτε για το μέλλον. Η απλή στατιστική επεξεργασία τους, οδήγησε σε κάποιες διαπιστώσεις για την περιοχή μελέτης, η οποία ταυτόχρονα αποτελεί και την περιοχή ευθύνης των αναφερόμενων σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης (1ο, 2ο, 4ο). Οποσδήποτε η στατιστική ανάλυση αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα της μελέτης, χρήσιμο για κάθε χωροθετική έρευνα. Με την ολοκλήρωση της παρούσας ενότητας, εκτός από μία απλή παρουσίαση που προσεγγίζει υπό άλλη οπτική τα δομικά χαρακτηριστικά του χωροθετικού προβλήματος των πυροσβεστικών σταθμών, επιβεβαιώνεται ότι:

Οι παράγοντες του εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος καθώς και τα εξαγόμενα στατιστικά συμπεράσματα, εισάγονται ως δεδομένα στο Γ.Π.Σ., δημιουργώντας την αρχική γεωγραφική βάση δεδομένων που απεικονίζει την αστική και «πυρική» μορφολογία του Δήμου Αθηναίων και την λειτουργική δομή των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΧΩΡΟΘΕΤΙΚΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ (Σ.Υ.Χ.Α.)

Στόχος του παρόντος κεφαλαίου, είναι να γίνει παρουσίαση μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογικής πρότασης για την χωροθέτηση - κατανομή του δικτύου σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης στο δήμο Αθηναίων, σύμφωνα με ένα σύστημα διαχείρισης, «*το Σύστημα Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης*». Το συγκεκριμένο σύστημα βασίζεται στο πληροφοριακό υπόβαθρο ενός Γ.Π.Σ., στη στατιστική ανάλυση, στις πολυκριτηριακές μεθόδους χωρικής ανάλυσης, σε ένα υπόδειγμα χωροθέτησης με συγκεκριμένα κριτήρια και περιορισμούς και σε επιμέρους βοηθητικά υποδείγματα που πλαισιώνουν την μεθοδολογία.

7.1 Η υιοθέτηση της πολυκριτηριακής ανάλυσης για την χωρική αξιολόγηση.

Λέξεις κλειδιά: Γ.Π.Σ., Κριτήρια Απόφασης & Αξιολόγησης, Αναλυτική Ιεράρχηση, Δείκτης επικινδυνότητας, Ασαφής Λογική, Μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης.

Με τον προσδιορισμό και ανάλυση των παραγόντων του 6ου κεφαλαίου, το χωροθετικό πρόβλημα θα δομηθεί με την *πολυκριτηριακή μεθοδολογία* που παρουσιάζει βασικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις μονοκριτηριακές μεθόδους χωροθέτησης και συνεπώς προσεγγίζει καλύτερα τις πραγματικές ανάγκες της περιοχής μελέτης του δήμου Αθηναίων²³⁰.

Καταρχήν γίνεται ένας συνδυασμός των εργαλείων χωρικής ανάλυσης που προσφέρει το Γ.Π.Σ. με τις μεθόδους της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, με τελικό σκοπό την αξιολόγηση της περιοχής μελέτης ως προς την επικινδυνότητα, βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων. Προτείνεται ένα Γ.Π.Σ. με την χρήση λογισμικού ArcGIS για τις απαραίτητες εργασίες χωρικής ανάλυσης δεδομένων, σε συνδυασμό με διάφορες μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης όπως το

²³⁰ Θεωρητική αναφορά γίνεται στο Ι μέρος της εργασίας, στις ενότητες 2.3.3.

Σταθμισμένο Μέσο, το Σταθμισμένο Γινόμενο²³¹ και την Μέθοδο Αναλυτικής Ιεράρχησης. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία αποτελεί και την 1η φάση του Σ.Υ.Χ.Α.

Τα ακολουθούμενα βήματα είναι:

- ✚ Η δημιουργία της *ψηφιακής βάσης δεδομένων* που περιλαμβάνει την απαραίτητη χωρική ή μη πληροφόρηση.
- ✚ Ο προσδιορισμός και περιγραφή της *ιεραρχικής δομής* του πολυκριτηριακού προβλήματος.
- ✚ Ο υπολογισμός των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων (υποκριτηρίων), σε κάθε επίπεδο, μέσω της μεθόδου της *Αναλυτικής Ιεράρχησης*.
- ✚ Η βαθμονόμηση των κριτηρίων αξιολόγησης με την χρήση μεθόδων *ασαφών συνόλων ή υποκειμενικής αξιολόγησης*.
- ✚ Ο υπολογισμός του *Δείκτη Κινδύνου (τρωτότητας)* στην περιοχή μελέτης.
- ✚ Η εφαρμογή της διαδικασίας *Χωρικής Ομαδοποίησης* για την εύρεση των πλέον τρωτών περιοχών.
- ✚ Η εφαρμογή της διαδικασίας *Ανάλυσης Ευαισθησίας* για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων και της ευαισθησίας της μεθοδολογίας.²³²

Αναλυτικότερα, πραγματοποιείται ο προσδιορισμός της περιοχής μελέτης, μέσω της πολυκριτηριακής ανάλυσης των τομέων που θεωρούνται περισσότερο ευπαθείς και κατά συνέπεια χρίζουν άμεσης πυροσβεστικής κάλυψης, ανάλογα με το ή τα κριτήρια που θα υιοθετήσουν οι λήπτες της απόφασης. Τα ***επίπεδα εκτίμησης κινδύνων*** προσδιορίζονται μέσω μιας διαδικασίας ομαδοποίησης και διαβάθμισης επιμέρους παραγόντων, που τα διαμορφώνουν, δρώντας σε αυτά είτε ενισχυτικά είτε μειωτικά. Η διαβάθμιση της επικινδυνότητας μπορεί να γίνει με έναν εξαγόμενο από την πολυκριτηριακή αξιολόγηση δείκτη, τον επονομαζόμενο ***Δείκτη Κινδύνου***²³³. Σε αυτόν τον δείκτη ενσωματώνονται οι παράγοντες που αποτελούν τα *κριτήρια* και *υποκριτήρια* της απόφασης, ενώ για κάθε πόλη

²³¹ Yoon K. and C.L. Hwang, 1995: *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*. Sage Publications Inc, UK.

²³² Η συγκεκριμένη μεθοδολογία υιοθετήθηκε από την εργασία των Θ. Κοντού, Κ. Χαλβαδάκη, Ν. Σουλακέλη, «Δημιουργία Ολοκληρωμένου Χωρικού Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων για την Χωροθέτηση ΧΥΤΑ: Η περίπτωση της νήσου Λήμνου».

²³³ Στην Χωρική Ανάλυση οι δείκτες αποτελούν ευρέως χρησιμοποιούμενα εργαλεία που παρέχουν πλήθος πλεονεκτημάτων όπως: α) την σύγκριση φαινομένων ή μεγεθών επί κοινής βάσης και την απεικόνιση των αποτελεσμάτων σε θεματικούς χάρτες και β) την αξιολόγηση περιοχών βάση των τιμών τους.

διαμορφώνεται ένας διαφορετικός δείκτης κινδύνου, με διαφορετικής βαρύτητας και αξιολόγησης κριτήρια και συντελεστές, για κάθε ένα από αυτά.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η διαμόρφωση ενός τέτοιου δείκτη, ο οποίος θα αντανakλά με ακρίβεια τα γενεσιουργά αίτια της κοινωνικής τρωτότητας μιας πόλης, αποτελεί μια πολυσύνθετη και δύσκολη διαδικασία, καθότι θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα ολόκληρο «χαρτοφυλάκιο» ποσοτικών και ποιοτικών παραγόντων ως κριτήρια – υποκριτήρια για τις υφιστάμενες υποδομές, τις κοινωνικές δομές, τις ατομικές και συλλογικές δράσεις που «θωρακίζουν» ή κάνουν τρωτή μια πόλη έναντι των φυσικών και τεχνολογικών απειλών και καταστροφών²³⁴.

Ακατάλληλες προς χωροθέτηση, θεωρούνται όλες οι περιοχές στις οποίες δεν μπορεί να χωροθετηθεί και εγκατασταθεί - λειτουργήσει ένας πυροσβεστικός σταθμός, λόγω ιδιαίτερων συνθηκών. Οι παράγοντες που προσδιορίζουν αυτές τις περιοχές τους αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 6. Μέσω της ψηφιακής χαρτογράφησης αποτυπώνονται οι μη κατάλληλες περιοχές σε επίπεδα layers τα οποία συντίθενται και δημιουργούν τις εξαιρούμενες για την χωροθέτηση γεωγραφικές περιοχές. Παράλληλα αξιολογούνται ως προς την επικινδυνότητα και διαβαθμίζονται με κριτήριο τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που εμφανίζουν. Η προαναφερόμενη αξιολόγηση τους είναι απαραίτητη για το λόγο ότι ενδέχεται να παρουσιάζουν υψηλό βαθμό επικινδυνότητας, οπότε κρίνεται αναγκαία η χωροθέτηση – κατανομή κάποιου πυροσβεστικού σταθμού πλησίον τους, ώστε να πληρούνται τα χρονικά και χωρικά πρότυπα επέμβασης. Σε πολλές μελέτες τα κτίρια ιστορικής και πολιτιστικής αξίας ταξινομούνται ως υψηλής προστασίας και συνεπώς εμφανίζουν αυξημένη ανάγκη για πυροσβεστική κάλυψη. Κατά τον ίδιο τρόπο αξιολογείται ως προς τον βαθμό επικινδυνότητας η υπόλοιπη περιοχή μελέτης.

Με βάση τον *Δείκτη Κινδύνου*, μια περιοχή βαθμολογείται με κλίμακα από το 0 έως 1 και χαρακτηρίζεται ως ακολούθως:

✚ Στην τιμή μηδέν, αντιστοιχούν οι λιγότερο επικίνδυνες και άρα *χαμηλής προτεραιότητας* ζώνες για την χωροθέτηση και κατανομή πυροσβεστικού σταθμού ή σταθμών.

²³⁴ Η βάση δεδομένων EM – DAT κατηγοριοποιεί τις καταστροφές σε φυσικές και τεχνολογικές και τις υποδιαιρεί εκ' νέου σε δεκαπέντε βασικές κατηγορίες, με πενήντα υποκατηγορίες για κάθε κατηγορία.

- ✚ Στην τιμή ένα, αντιστοιχούν οι περισσότερες επικίνδυνες και άρα υψηλής προτεραιότητας ζώνες για την χωροθέτηση και κατανομή πυροσβεστικού σταθμού ή σταθμών²³⁵

Η ιεραρχική δομή του πολυκριτηριακού προβλήματος μπορεί να δομηθεί σε πέντε επίπεδα, ως εξής :

- ✚ *Επίπεδο 1:* Ο Δείκτης Επικινδυνότητας που υποδεικνύει τις περιοχές υψηλής και χαμηλής προτεραιότητας.
- ✚ *Επίπεδο 2:* Τα κριτήρια της απόφασης που αφορούν παραμέτρους – παράγοντες του εξωτερικού ή του εσωτερικού περιβάλλοντος.
- ✚ *Επίπεδο 3:* Τα υποκριτήρια της απόφασης που αφορούν παραμέτρους – παράγοντες του εξωτερικού ή του εσωτερικού περιβάλλοντος.
- ✚ *Επίπεδο 4:* Τα κριτήρια και υποκριτήρια αξιολόγησης.
- ✚ *Επίπεδο 5:* Οι χωρικές και μη χωρικές ιδιότητες που περιγράφουν τα κριτήρια και υποκριτήρια αξιολόγησης.

Αναλύοντας το σχεδιάγραμμα 7.1 (βλέπε: σελίδα 166) προσδιορίζονται ως *Επίπεδο 2* (κριτήρια Απόφασης) οι παράγοντες του εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος. Εάν η περιοχή μελέτης εξετάζεται για την χωροθέτηση – κατανομή μόνο νέων σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης χωρίς να υπολογίζεται το υφιστάμενο δίκτυο των σταθμών και τα χαρακτηριστικά του, δεν λαμβάνονται ως κριτήριο απόφασης οι παράγοντες του εσωτερικού περιβάλλοντος, συνακόλουθα δεν σταθμίζονται με την εξαγωγή κάποιου επιμέρους δείκτη (πχ. δείκτης δυναμικού πυρόσβεσης). Στην παρούσα ανάλυση υιοθετείται η περίπτωση των νέων σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης, επομένως εξετάζονται ως κριτήριο απόφασης μόνο οι παράγοντες του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ως *Επίπεδο 3* (υποκριτήρια απόφασης) εξετάζονται οι πολεοδομικοί χωροταξικοί και δημογραφικοί παράγοντες της περιοχής μελέτης, ως μια περαιτέρω ανάλυση του επιπέδου 2. Στο *Επίπεδο 4* (κριτήρια & υποκριτήρια αξιολόγησης) προσδιορίζονται οι σημαντικότερες, παράμετροι και χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν τα υποκριτήρια της απόφασης. Τέλος στο *Επίπεδο 5* περιγράφονται εκείνα τα στοιχεία που προσδίδουν τις ιδιότητες των προηγούμενων επιπέδων.

²³⁵ Αντίστοιχα θα μπορούσαμε να διαβαθμίσουμε την περιοχή σύμφωνα με τον Δείκτη Κινδύνου, σε περισσότερα επίπεδα.

Από τους συντελεστές βαρύτητας των παραμέτρων του εξωτερικού περιβάλλοντος, επιπέδων υπ' αριθμ. 2, 3, 4, 5, εξάγεται ο δείκτης επικινδυνότητας. Προκειμένου να προσδιορισθεί ο τελευταίος και να καθορισθούν τα στατιστικά του βάρη σε κάθε επίπεδο ιεράρχησης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος *Αναλυτικής Ιεράρχησης*²³⁶. Η συγκεκριμένη μέθοδος επίλυσης ιεραρχεί με συγκεκριμένο τρόπο τα δεδομένα του προβλήματος, προκειμένου να οδηγήσει σε μια ορθολογική λήψη αποφάσεων. Σε πρώτη φάση αξιολογεί τα κριτήρια που έχουν τεθεί για να διαπιστωθεί ο βαθμός συμβολής καθενός από αυτά στην επίτευξη του στόχου και στην συνέχεια αξιολογεί για κάθε ένα από αυτά την επίδοση των εναλλακτικών λύσεων. Η μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης βασίζεται σε μια σειρά συγκρίσεων των υπαρχόντων παραμέτρων – παραγόντων ανά ζεύγη ώστε να καθορισθεί η σχετική τους προτεραιότητα. Η σύγκριση και η τελική ιεράρχηση δεν γίνεται απαραίτητα με σαφώς καθορισμένα κριτήρια, αφού μπορεί να βασίζεται σε μη μετρήσιμους παράγοντες (υποκειμενική κρίση, εμπειρία κλπ). Μετά το πέρας της διαδικασίας, οι πιο σημαντικοί παράγοντες έχουν τους υψηλότερους συντελεστές βαρύτητας.²³⁷ Στον πίνακα 7.1 παρουσιάζεται η κλίμακα αξιολόγησης της μεθόδου *Saaty*.

Πίνακας 7.1

Κλίμακα αξιολόγησης παραμέτρων – παραγόντων *Saaty*

Παράγων Α																Παράγων Β
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------

Σύμφωνα με την κλίμακα οι δύο προς σύγκριση παράγοντες τοποθετούνται στα άκρα της. Η 1η απόφαση του λήπτη έγκειται στο ποιος από τους δύο παράγοντες θεωρείται ο πιο σημαντικός. Η δεύτερη αφορά τον καθορισμό του βαθμού στον οποίο ο ένας παράγοντας υπερτερεί έναντι του άλλου (*Βλέπε: πίνακας 7.2, σελίδα 165*).

Με τον τρόπο αυτό συγκρίνονται όλοι οι παράμετροι – παράγοντες ανά ζεύγη και δημιουργείται ένας τετραγωνικός πίνακας $n \times n$ (όπου n το πλήθος των παραγόντων

²³⁶ Saaty T., (1980): «The Analytic Hierarchy Process», *McGraw-Hill*, USA. & Saaty T.L. ,(1990), «Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process», *RSW Publications*.

²³⁷ Saaty T.L. ,(1999), «The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process», *ISAHP* August 1999, Kobe Japan.

κριτηρίων) «Ο πίνακας συγκρίσεων ανά ζεύγη», με ιδιότητες $a_{ii} = 1$ και $a_{ij} = 1/a_{ji}$. Από αυτούς τους πίνακες προκύπτουν οι συντελεστές βαρύτητας, όπως φαίνονται, στο σχεδιάγραμμα 7.1.²³⁸

Πίνακας 7.2

Κλίμακα αξιολόγησης των ανά ζεύγη συγκρινόμενων παραγόντων

ΒΑΘΜΟΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	ΙΣΗ (Ιδια σημαντικότητα)
3	ΜΕΤΡΙΑ (Το κριτήριο Α είναι λίγο πιο σημαντικό από το Β)
5	ΙΣΧΥΡΗ (Το κριτήριο Α είναι αρκετά σημαντικότερο από το Β)
7	ΠΟΛΥ ΙΣΧΥΡΗ (Το κριτήριο Α είναι πολύ σημαντικότερο από το Β)
9	ΑΠΟΛΥΤΗ (Το κριτήριο Α είναι απόλυτα σημαντικότερο από το Β)
Τιμές 2, 4, 6, 8	Ενδιάμεσες τιμές σημαντικότητας μεταξύ των διαβαθμίσεων
Αντίστροφες τιμές	Όταν το κριτήριο Β είναι σημαντικότερο από το Α

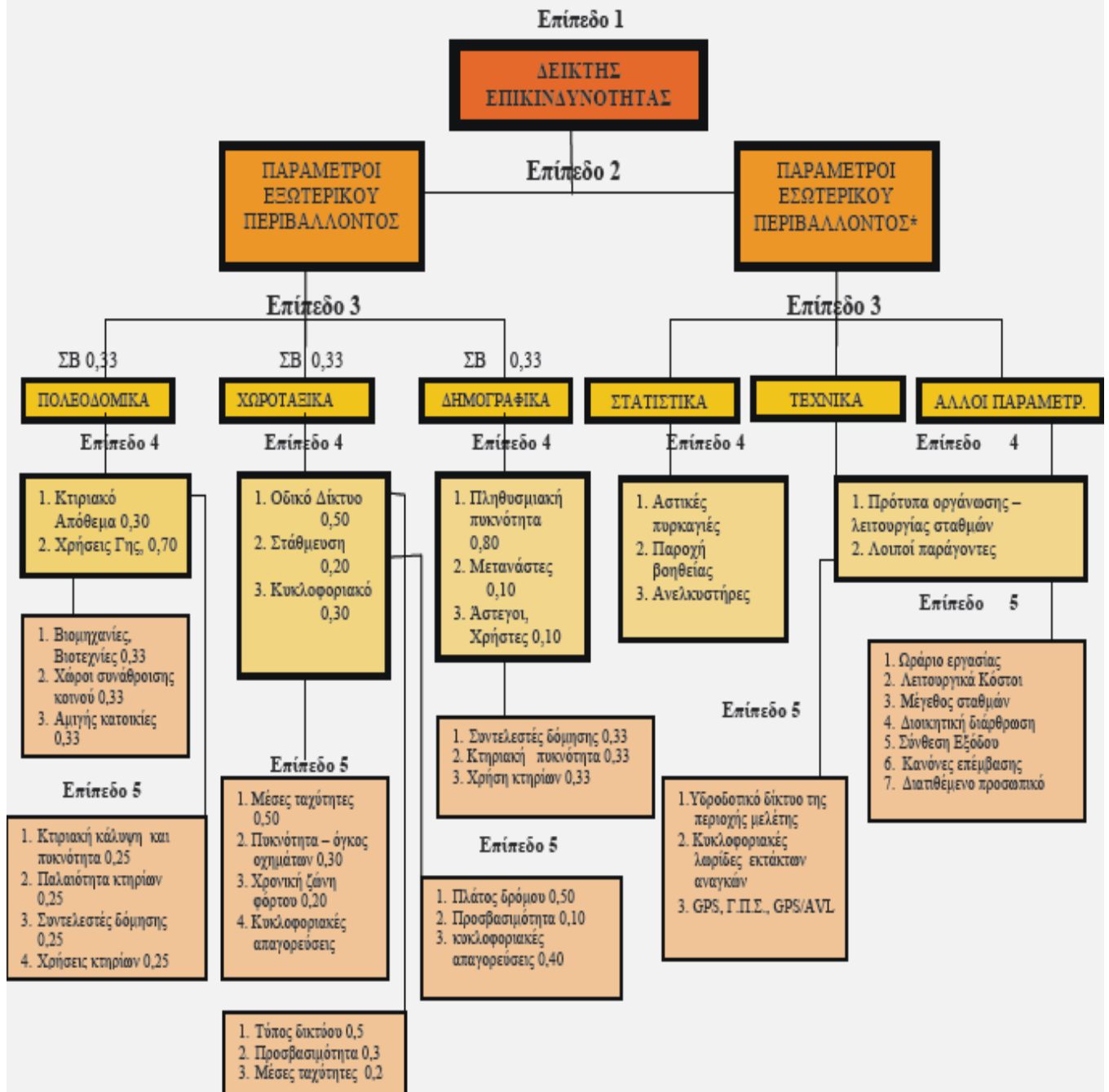
Πηγή: Ιδία επεξεργασία στοιχείων.

Τον προσδιορισμό της ιεραρχικής δομής του πολυκριτηριακού προβλήματος και υπολογισμό των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων σε κάθε επίπεδο ιεράρχησης ακολουθεί η βαθμονόμηση των κριτηρίων αξιολόγησης. Όπως παρατηρείται στο σχεδιάγραμμα 7.1 οι εξεταζόμενες παράμετροι για την αξιολόγηση της περιοχής μελέτης, εμπεριέχουν δύο κατηγορίες δεδομένων, τα συνεχή και τα διακριτά. Τα συνεχή αφορούν τα μετρήσιμα δεδομένα όπως πληθυσμό, όγκο οχημάτων, συντελεστές δόμησης, κτηριακή πυκνότητα κλπ. Τα διακριτά αφορούν μη μετρήσιμα - κατηγορικά δεδομένα όπως τύποι οδικού δικτύου, κατηγορίες χρήσεων (κτηρίων, γης) κλπ. Η βαθμονόμηση των δύο κατηγοριών παραμέτρων (συνεχών, διακριτών) γίνεται με διαφορετική μεθοδολογία. Στην περίπτωση των διακριτών, η βαθμονόμηση γίνεται με το υποκειμενικό κριτήριο, ενώ στην περίπτωση των συνεχών με την βοήθεια

²³⁸ Η διαδικασία υπολογισμού των Σ.Β γίνεται μέσω του λογισμικού συστήματος Expert choice που υποστηρίζει την μέθοδο της Αναλυτικής Ιεράρχησης. Οι συγκεκριμένοι συντελεστές του σχεδιαγράμματος 7.1 δεν έχουν προκύψει από την συγκεκριμένη υπολογιστική διαδικασία ή άλλο λογισμικό πρόγραμμα αλλά δίνονται ενδεικτικά για την περιγραφή της μεθοδολογίας μας.

Σχεδιάγραμμα 7.1

Ιεραρχική δομή του πολυκριτηριακού μας προβλήματος



(*) Οι παράμετροι του εσωτερικού περιβάλλοντος αναφέρονται ενδεικτικά αλλά δεν λαμβάνονται ως κριτήρια απόφασης.

Πηγή: Ιδία επεξεργασία στοιχείων

των *Ασαφών Συνόλων*²³⁹. Η θεωρία της ασάφειας αναπτύχθηκε με σκοπό τον χειρισμό προβλημάτων που δεν έχουν αυστηρά όρια ή καταστάσεις στις οποίες τα γεγονότα είναι ασαφώς καθορισμένα.

Μπορεί να θεωρηθεί γενίκευση της κλασσικής θεωρίας συνόλων και της δυαδικής λογικής (dual logic), με τη διαφορά ότι ένα ασαφές σύνολο (fuzzy set) δεν περιορίζεται από τον δυαδικό (ναι-όχι) ορισμό κάθε μέλους του συνόλου, αλλά αποδίδει μια τιμή που εκφράζει κατά πόσο ανήκει το κάθε στοιχείο στο κάθε σύνολο. Με την Ασαφή λογική μια κατάσταση καθίσταται διακριτή, έχοντας την αντίληψη των ελαχίστων διαφοροποιήσεων που υπάρχουν. Με τον τρόπο αυτό γίνονται κατανοητές επιμέρους και ενδιάμεσες καταστάσεις. Συνακόλουθα μέσω της βαθμονόμησης κάθε κριτηρίου αξιολόγησης, μπορούν να καθορισθούν και να υπολογισθούν τα κριτήρια Απόφασης, ώστε εν συνεχεία να εξαχθεί ο δείκτης επικινδυνότητας. Τα κριτήρια και υποκριτήρια αξιολόγησης (επίπεδο 4), του κάθε κριτηρίου απόφασης, μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω με τον προσδιορισμό της χωρικής/μη χωρικής παραμέτρου (πχ. απόσταση, πληθυσμός, ζώνες κ.ο.κ), την κατηγοριοποίησή του σε συνεχές ή διακριτό καθώς και το είδος της συνάρτησης συμμετοχής που υιοθετήθηκε για κάθε κριτήριο προσδιοριζόμενο από συνεχή δεδομένα.

Για την δημιουργία των κριτηρίων Απόφασης από τους επιμέρους παράγοντες - παραμέτρους που τα προσδιορίζουν, μπορούν να εφαρμοσθούν δύο μέθοδοι: α) η μέθοδος του *Σταθμισμένου Μέσου* (εξίσωση 1) και β) η μέθοδος του *Σταθμισμένου Γινομένου* (εξίσωση 2).

²³⁹ Θεωρία Ασαφών Συνόλων (Fuzzy Set Theory, Lofti Zadeh την '60). Ασαφές Σύνολο (fuzzy set) Α είναι ένα σύνολο διατεταγμένων ζευγών $(x, uA(x))$ όπου $x \in X$ και $uA(x) \in [0,1]$. Το σύνολο X αποτελεί ένα ευρύτερο σύνολο αναφοράς (universe of discourse) που περιλαμβάνει όλα τα αντικείμενα στα οποία μπορεί να γίνει αναφορά. Η τιμή $uA(x)$ λέγεται βαθμός αληθείας (degree of truth), συμβολίζει το βαθμό της συγγένειας του x στο A και παίρνει τιμές στο διάστημα $[0,1]$. Η συνάρτηση uA ονομάζεται συνάρτηση συγγένειας (membership function). Αυτές οι συναρτήσεις μπορεί να είναι γραμμικές (αύξουσες, φθίνουσες), εκθετικές (αύξουσες, φθίνουσες) κ.ο.κ Η ασαφής θεωρία συνόλων μεταπίπτει στην αντίστοιχη κλασσική, όταν οι δυνατές τιμές της συνάρτησης συγγένειας είναι μόνο 0 και 1. Αντίθετα με την θεωρία των Ασαφών Συνόλων, η λογική Boolean βασίζεται στην απόλυτη διάκριση μιας κατάστασης βάση κάποιων ορίων. Ένας από τους πιο γνωστούς αλγόριθμους ασαφούς ταξινόμησης είναι ο αλγόριθμος Fuzzy C-Means.

$$B_i = \sum_{j=1}^v w_j * \beta_{ij} \quad (1)$$

$$B_i = \prod_{j=1}^v \beta_{ij}^{w_j} \quad (2)$$

Όπου: B_i , η τελική βαθμολογία της περιοχής i , (κλίμακα 0 – 1)
 w_j , ο συντελεστής βαρύτητας του κριτηρίου j , (κλίμακα 0 – 1, $\sum w = 1$)
 β_{ij} , η βαθμολογία της περιοχής i στο κριτήριο j , (κλίμακα 0 – 1)
 v , το πλήθος των κριτηρίων

Χρησιμοποιώντας αυτές τις δύο μεθόδους και τα κριτήρια (υποκριτήρια) Απόφασης του σχεδιαγράμματος 7.1, λαμβάνουμε την τελική διαβάθμιση μιας περιοχής, είτε στην κατηγορία της χαμηλής επικινδυνότητας (0) είτε στην κατηγορία της υψηλής επικινδυνότητας (1). Για κάθε ένα από τα τρία υποκριτήρια Απόφασης δημιουργούμε έναν ψηφιακό χάρτη (layer) με αυτή την κατηγοριοποίηση. Σχηματίζονται έτσι τρεις χάρτες: ο χωροταξικός, ο πολεοδομικός και ο δημογραφικός. Για κάθε χάρτη προσδιορίζεται ένας συντελεστής βαρύτητας, ο οποίος στην περίπτωση μας είναι ο 0,33 ισοκατανεμημένος για κάθε υποκριτήριο. Με την χρήση του ΓΠΣ συνθέτονται οι ψηφιακοί χάρτες (layers) των τριών κριτηρίων, με εξαγόμενο τον χάρτη επικινδυνότητας που είναι δομημένος σύμφωνα με τον εξαγόμενο δείκτη κινδύνου (0, 1). Με αυτό το χάρτη εντοπίζονται εντός της περιοχής μελέτης οι ζώνες που θεωρούνται υψηλού κινδύνου και κρίνεται απαραίτητη η χωροθέτηση και κατανομή κάποιου ή κάποιων σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης. Μπορούν να διαβαθμισθούν περαιτέρω ακολουθώντας πιο σύνθετες διαδικασίες. Αυτές οι διαδικασίες αφορούν μεθόδους χωρικής στατιστικής και χωρικής ομαδοποίησης δεδομένων.²⁴⁰ Μέσω αυτών των μεθόδων, μπορούν να εντοπισθούν διακριτά οι υποπεριοχές με υψηλό δείκτη κινδύνου συγκεκριμένου εύρους. Με την χρήση του λογισμικού Γ.Π.Σ δημιουργείται μια λεπτομερέστερη γεωγραφική βάση δεδομένων από ψηφιακούς χάρτες και περιγραφικά δεδομένα. Η αστική χαρτογραφική απεικόνιση του κάθε κριτηρίου ή της σύνθεσης αυτών, μπορεί να γίνει σε επίπεδο χωρικής ανάλυσης συνοικιών (συνολικά 38), πολεοδομικών ενοτήτων (συνολικά 129) ή ακόμα και οικοδομικών τετραγώνων. Προκειμένου περαιτέρω να ελεγχθεί η ευαισθησία της προτεινόμενης μεθοδολογίας σε μεταβολές των συντελεστών βαρύτητας των Κριτηρίων Απόφασης, μπορεί να υιοθετηθεί η διαδικασία *Ανάλυσης Ευαισθησίας*.

²⁴⁰ Οι διαδικασίες χωρικής στατιστικής περιλαμβάνουν τους δείκτες αυτοσυσχέτισης σε τοπικό και συνολικό επίπεδο, ενώ ως μέθοδος χωρικής ομαδοποίησης μπορεί να επιλεγεί η μέθοδος Fuzzy C-Means .

Παράλληλα, για την περιοχή μελέτης, η στατιστική επεξεργασία ιστορικών πρωτογενών δεδομένων της πυροσβεστικής υπηρεσίας είναι ουσιαστική για τον προσδιορισμό με μεγαλύτερη ακρίβεια των περιοχών όπου είναι πιθανό να εκδηλωθεί μια απειλή. Η κατηγοριοποίηση, η ομαδοποίηση, η διαβάθμιση και η αποτύπωση αυτών των στοιχείων σε ψηφιακούς χάρτες, επιτρέπει την περαιτέρω σύγκριση και σύνθεσή τους με τον χάρτη του κάθε κριτηρίου Απόφασης ή με τον τελικό χάρτη επικινδυνότητας.

Βάση αυτής της μεθοδολογίας πολυκριτηριακής αξιολόγησης, μπορεί να εντοπισθεί, να χωρισθεί και διαβαθμισθεί ο δήμος Αθηναίων σε περιοχές στις οποίες καθίσταται αναγκαία και είναι εφικτή η χωροθέτηση - κατανομή των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης, που θα υλοποιηθεί στην 2η φάση της μελέτης με την υιοθέτηση του υποδείγματος του συνόλου κάλυψης.

Οι λήπτες της απόφασης, έχουν τη δυνατότητα με γνώμονα την πολυκριτηριακή προσέγγιση, να συνθέσουν και να παράξουν διαφορετικά χωρικά πρότυπα από τα πιο απλά μέχρι τα πιο σύνθετα, τα οποία θα αντικατοπτρίζουν τους εξεταζόμενους παράγοντες. Συνεπώς η ανάλυση της αστικής επικινδυνότητας μιας πόλης, αποτελεί ένα σύνθετο γεωγραφικό ζήτημα που αποσκοπεί στον εντοπισμό των «τρωτών» περιοχών στην βάση πολυκριτηριακών και άλλων μεθόδων, με την συνδρομή των Γ.Π.Σ. Αυτές οι προτάσεις, με βάση τις πιθανές προτεραιότητες, μπορούν να διαβαθμισθούν και εν συνεχεία να υιοθετηθούν ξεχωριστά ως διαφορετικά σενάρια στην 2η φάση της μελέτης.

7.2 Το χωροθετικό πρόβλημα και το υπόδειγμα χωροθέτησης – κατανομής

Λέξεις κλειδιά: Διακριτό δίκτυο, Υπόδειγμα Συνόλου Κάλυψης, Μαθηματικός Προγραμματισμός, επιπρόσθετη κάλυψη.

Μέσω της πολυκριτηριακής αξιολόγησης και ανάλυσης διαβαθμίστηκε ο δήμος Αθηναίων, με βάση τον χάρτη επικινδυνότητας, σε δύο κατηγορίες: α) στις περιοχές με μικρή επικινδυνότητα και άρα χαμηλής πυροσβεστικά προτεραιότητας και β) στις περιοχές με μεγάλη επικινδυνότητα και άρα υψηλής πυροσβεστικά προτεραιότητας, για την χωροθέτηση και κατανομή ενός ή πολλών σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης.

Σε αυτή την ενότητα θα περιγραφεί η εφαρμογή ενός χωροθετικού υποδείγματος προκειμένου να προσδιοριστούν οι βέλτιστες θέσεις, καταρχήν στις περιοχές της κατηγορίας (β) και μετέπειτα της (α), στις οποίες θα χωροθετηθούν και θα κατανεμηθούν οι πυροσβεστικοί σταθμοί.

Σκοπός – Στόχος: είναι η χωροθέτηση και κατανομή στις τρωτές και επικίνδυνες πυροσβεστικά περιοχές του ελάχιστου αριθμού σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης επιτυγχάνοντας τις μικρότερες κοστολογικά δαπάνες, ώστε να είναι προσεγγίσιμα όλα τα σημεία εντός των χρονικών προτύπων επέμβασης, ενώ διασφαλίζεται και η πυροσβεστική κάλυψη των περιοχών της κατηγορίας (α).

Περιβάλλον: Το χωροθετικό πρόβλημα αναφέρεται στον δήμο Αθηναίων ως ένα συγκεκριμένο πεδίο ζήτησης στο οποίο θα κατανεμηθούν οι πυροσβεστικοί σταθμοί.

Παράγοντες εσωτερικού & εξωτερικού περιβάλλοντος: Ο προαναφερόμενος²⁴¹ συνδυασμός των παραγόντων του εξωτερικού περιβάλλοντος με τους παράγοντες του εσωτερικού περιβάλλοντος που θα αναφερθούν στην παρούσα ενότητα, διαμορφώνουν τις υποθέσεις και τους περιορισμούς του χωροθετικού προβλήματος. Αφορούν τα χωρικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, τα υπηρεσιακά και επιχειρησιακά χαρακτηριστικά των σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης. Περαιτέρω περιορισμοί μπορεί να αφορούν το θεσμικό πλαίσιο στο οποίο θα ληφθεί η χωροθετική απόφαση. Οι βασικές υπηρεσιακές και επιχειρησιακές υποθέσεις και περιορισμοί του πυροσβεστικού συστήματος – δικτύου, διαμορφώνονται κατά τρόπο ώστε να προσεγγισθούν οι πραγματικές συνθήκες στην περιοχή μελέτης.

Χαρακτηριστικά των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης: Οι πυροσβεστικοί σταθμοί ανταποκρίνονται όχι μόνο στις πυρκαγιές αλλά και σε άλλες έκτακτες και σοβαρές ανάγκες (θεομηνίες, τροχαία δυστυχήματα, τεχνολογικά - εργατικά ατυχήματα, σεισμικές καταστροφές, πλημμύρες κ.ο.κ) καθώς και σε λιγότερο επείγουσες αποστολές (ανελκυστήρες, παροχή βοήθειας, κ.ο.κ) και συνεπώς έχουν ένα ευρύ πεδίο δράσης.

Κανόνες επέμβασης: Σχετικά με τους κανόνες επέμβασης των πυροσβεστικών δυνάμεων των σταθμών, υπολαμβάνεται ότι ανάλογα με την σοβαρότητα του

²⁴¹ Βλέπε Κεφάλαιο 6, ενότητα 6.1.

συμβάντος (η αξιολόγηση γίνεται από τον κεντρικό διαχειριστή), αποστέλλονται και τα αντίστοιχα πυροσβεστικά οχήματα συγκεκριμένου τύπου. Έτσι υπάρχει η 1η έξοδος με δύο κατηγορίες ομάδων (ανάλογα την περίπτωση): α) της πυρκαγιάς και β) της παροχής βοήθειας. Προσδιορίζεται η 1η έξοδος με δύο (2) υδροφόρα οχήματα συγκεκριμένου τύπου (α' & β') και η 2η έξοδος με δύο (2) υδροφόρα οχήματα τύπου (β', γ' ή δ') για κάθε Πυροσβεστικό Σταθμό. Σε ορισμένους πυροσβεστικούς σταθμούς δύναται να προβλέπεται και 3η έξοδος αποτελούμενη από ειδικά οχήματα ανάλογα με τις ειδικές περιστάσεις, τα οποία μπορούν να συνδράμουν στις προηγούμενες εξόδους. Για κάθε σταθμό που θα χωροθετηθεί θεωρείται ότι η 1η και η 2η έξοδος οχημάτων με την προπεριγραφείσα σύνθεση είναι πάντα διαθέσιμη και θα ενισχύεται ανάλογα των αναγκών που θα προκύψουν από α) πρόσθετες δυνάμεις του σταθμού²⁴² β) από κοντινά πυροσβεστικά περιπολικά (όπου προβλέπεται) γ) από δυνάμεις όμορων σταθμών.

Αρχή διπλής κάλυψης: Για τις περιοχές που ανήκουν στην κατηγορία υψηλής επικινδυνότητας, υιοθετείται η αρχή της διπλής κάλυψης, δηλαδή να είναι προσεγγίσιμες εντός των χρονικών προτύπων απόκρισης από δύο τουλάχιστον πυροσβεστικούς σταθμούς.

Τύποι οχημάτων: Σχετικά με τους τύπους των οχημάτων, λόγω των κυκλοφοριακών ιδιοτεροτήτων της περιοχής μελέτης²⁴³, προσδιορίζονται για την 1^η έξοδο ως α' τύπου (ταχέως επέμβασης) τα ευέλικτα υδροφόρα οχήματα με χωρητικότητα από 600 έως 1500 LT νερού και β' τύπου τα με παρόμοια χαρακτηριστικά οχήματα αλλά με 2.500 LT νερού χωρητικότητας. Η κλήση της 2ης εξόδου συνδέεται με την σοβαρότητα ενός συμβάντος, για την αντιμετώπιση του οποίου απαιτείται η παροχή μεγάλων ποσοτήτων νερού και συνεπώς πρέπει να περιλαμβάνει μεγάλα οχήματα (γ' & δ' τύπου) με δεξαμενή χωρητικότητας από 10.000 LT νερού και άνω. Η 3η έξοδος περιλαμβάνει ειδικά οχήματα όπως: οχήματα με ειδικό διασωστικό εξοπλισμό, κλιμακοφόρα με κλίμακα ύψους 26-50 μ., βραχιονοφόρα με βραχίονα ύψους 15-60 μ., γερανοφόρα οχήματα, οχήματα διυλιστηρίων και πετροχημικών προϊόντων τα οποία καλούνται σε ιδιαίτερα συμβάντα.

²⁴² Για κάθε πυροσβεστικό σταθμό μπορεί να υιοθετηθεί μια συνάρτηση, η βελτιστοποίηση της οποίας θα προσδιορίσει τα επίπεδα επάνδρωσης του.

²⁴³ Βλέπε Κεφάλαιο 6, ενότητα 6.1.5.

Σύνθεση εξόδου: Κάθε όχημα της 1ης εξόδου επανδρώνεται με 4 και 3 άτομα αντίστοιχα, της 2ης εξόδου με 3 και 2 άτομα, συνολικά 12 και της 3ης εξόδου με δύο (2) άτομα. Για όλους τους τύπους εξόδων και συνθέσεις πληρωμάτων, θεωρείται ότι η εκπαίδευση των πυροσβεστών καθώς και ο εξοπλισμός τους μπορεί να καλύψει τις προβλεπόμενες απαιτήσεις πυρόσβεσης και διάσωσης. Η προαναφερόμενη σύνθεση πυροσβεστικού προσωπικού (εκτός της 3ης εξόδου), θεωρείται ως η ελάχιστη προαπαιτούμενη δύναμη που πρέπει να έχει κάθε πυροσβεστικός σταθμός. Περαιτέρω θα προβλέπεται μια επιχειρησιακή κλιμάκωση για οχήματα και προσωπικό, όπου κρίνεται απαιτητό²⁴⁴, σύμφωνα με τις ανάγκες και τα εκτιμώμενα επίπεδα κινδύνου.

Χρονικά πρότυπα απόκρισης των πυροσβεστικών οχημάτων (Τα): Ως χρονικό πρότυπο απόκρισης θεωρείται ο χρόνος επέμβασης των πυροσβεστικών δυνάμεων κάθε σταθμού. Είναι το άθροισμα του χρόνου επεξεργασίας και διαβίβασης της κλήσης από τον κεντρικό διαχειριστή στον υπεύθυνο του σταθμού (θεωρείται το 1 λεπτό), του χρόνου συναγερμού, προετοιμασίας και αναχώρησης της 1ης εξόδου (δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 40' της ώρας²⁴⁵) και του χρόνου μετάβασης από τον πυροσβεστικό σταθμό στο σημείο του συμβάντος (συμπεριλαμβάνεται ο χρόνος αυτοψίας και εγκατάστασης των σωλήνων). Από τις μέχρι τώρα αναφορές, έχει καταστεί σαφές ότι ο χρόνος επέμβασης των πυροσβεστικών δυνάμεων σε ένα συμβάν αποτελεί ένα από τα κλειδιά της επιτυχούς έκβασης της αποστολής. Το χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης της πυρκαγιάς, της έναρξης της πυρόσβεσης και των ενεργειών διάσωσης σχετίζεται άμεσα με κάθε μορφής απώλεια. Με την ανάλυση του σχεδιαγράμματος 7.2 (σελίδα 173), μπορεί κανείς να αντιληφθεί την κρισιμότητα του χρόνου στην εξέλιξη της πυρκαγιάς, στην επιτυχή διάσωση των εγκλωβισμένων και στην επιτυχή εφαρμογή των πυροσβεστικών μέσων, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι υλικές απώλειες. Ανεξαρτήτως της καύσιμης ύλης, της ταχύτητας ανάπτυξης της φωτιάς, του χρόνου καύσης, όλες οι πυρκαγιές περνούν από τα ίδια στάδια ανάπτυξης. Ένα από αυτά τα στάδια

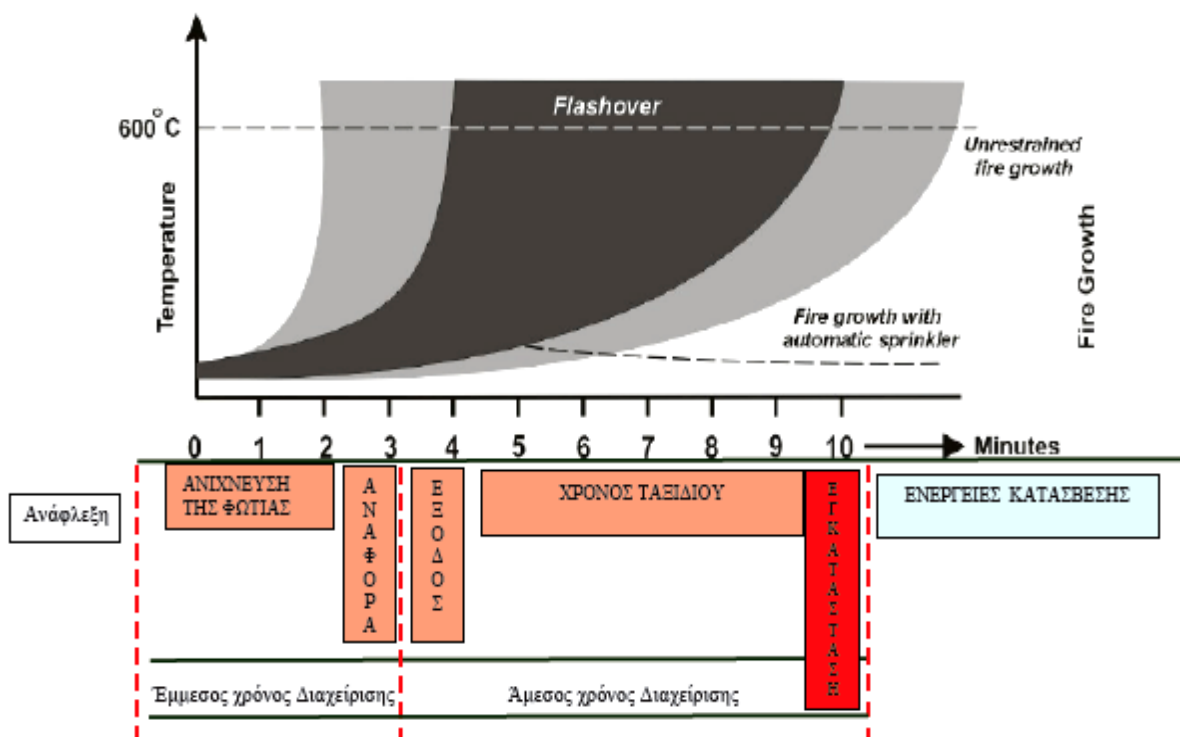
²⁴⁴ Σχετικά με την επάνδρωση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης, όπως περιγράψαμε στο Ι μέρος, υιοθετούνται διάφορα μοντέλα βελτιστοποίησης του πυροσβεστικού προσωπικού. Πχ. περιοχές που δεν είναι εύκολα προσβάσιμες (μέσα στα οριοθετημένα μέγιστα χρονικά πλαίσια), το μοντέλο βελτιστοποίησης τις αγνοεί, διότι ανεξάρτητα από το πόσα πληρώματα είναι διαθέσιμα, οι κλήσεις για τέτοιες δυσπρόσιτες θέσεις δεν θα μπορούν να ικανοποιηθούν εγκαίρως.

²⁴⁵ Άρθρο 41 (Π.Δ. 8/1991) «Τάξη κατά τη μετάβαση στον τόπο του συμβάντος».

κρίνεται ως το πιο σημαντικό, αφού σηματοδοτεί μια κρίσιμη μεταβολή συνθηκών, οι οποίες τείνουν να εξελιχθούν σε ανεξέλεγκτες. Αυτό καλείται *flashover*. Ο χρόνος για ένα *flashover* είναι συνάρτηση του χρόνου καύσης και της θερμοκρασίας. Η αύξηση της έντασης της πυρκαγιάς είναι εκθετική και διπλασιάζεται για κάθε μονάδα χρόνου που περνάει. Στο διάγραμμα φαίνεται η σχέση του χρόνου, της θερμοκρασίας και της εξέλιξης της πυρκαγιάς σε συγκεκριμένα χρονικά στάδια. Ανάλογα με την καύσιμη ύλη, το μέγεθος του χώρου, το διαθέσιμο οξυγόνο, την θερμοκρασία, το *flashover* μπορεί να εμφανισθεί σε λιγότερο από δύο (2) λεπτά και περισσότερα από δέκα (10) λεπτά. Ο συνήθης χρόνος εμφάνισής του είναι μεταξύ των τεσσάρων (4) και των δέκα (10) λεπτών, χωρίς ωστόσο να μπορεί να προβλεφθεί. Ένας επιπλέον παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, είναι ο διαθέσιμος χρόνος αντιμετώπισης συμπτωμάτων καρδιολογικών και πνευμονικών επιπλοκών λόγω της πυρκαγιάς.

Σχεδιάγραμμα 7.2

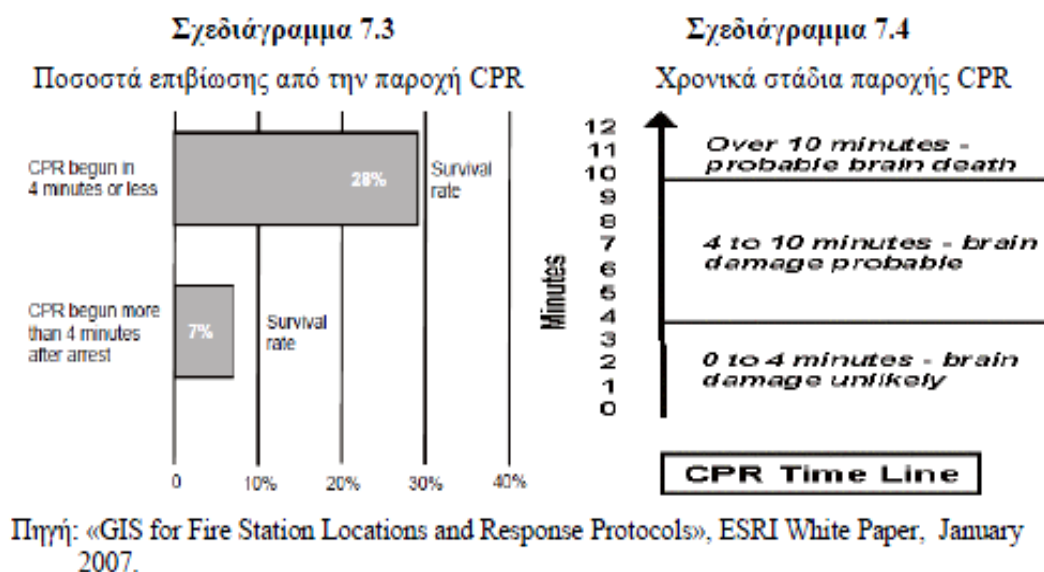
Απεικόνιση σταδίων εξέλιξης μιας πυρκαγιάς



Πίνακας από: «GIS for Fire Station Locations and Response Protocols», An ESRI White Paper
January 2007, p.5, Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Όταν η καρδιοπνευμονική ανάνηψη (cardiopulmonary resuscitation) παρέχεται εντός των πρώτων τεσσάρων (4) λεπτών, τότε η πιθανότητα να εξέλθει ζωντανός ο πυρόπληκτος από το νοσοκομείο είναι τέσσερις (4) φορές μεγαλύτερη, από ότι αν η βοήθεια παρασχεθεί μετά τα τέσσερα (4) λεπτά. Το *σχεδιάγραμμα 7.3* δείχνει τα ποσοστά επιβίωσης από την παροχή CPR και το *σχεδιάγραμμα 7.4* δείχνει τις πιθανότητες επιβίωσης από την παροχή CPR με χρονική υστέρηση.

Στην ελληνική επικράτεια, η παροχή των ιατρικών υπηρεσιών άμεσης βοήθειας γίνεται από το Ελληνικό Κέντρο Άμεσης Βοήθειας (Ε.Κ.Α.Β), υπηρεσία επιχειρησιακά ανεξάρτητη από την πυροσβεστική. Αυτό συνεπάγεται την έλλειψη συγχρονισμού ως προς το χρόνο και τις ενέργειες επέμβασης και κατ' επέκταση στα χρονικά πρότυπα απόκρισης και συνεργασίας μεταξύ των δύο υπηρεσιών. Κατά συνέπεια ο προσδιορισμός των χρονικών προτύπων αποτελεί μια πολύ σοβαρή διαδικασία, η οποία θα πρέπει να πιστοποιείται²⁴⁶.



²⁴⁶ Στις Η.Π.Α. έχουν θεσπιστεί από το National Fire Protection Association (NFPA), τρία (3) εθνικά στάνταρ τα: NFPA 1221 (πρότυπο για την εγκατάσταση, χρήση, συντήρηση των συστημάτων επικοινωνιών των υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης, το 1710 (πρότυπο για την επιχειρησιακή οργάνωση και λειτουργία των πυροσβεστικών σταθμών (μη εθελοντικών), το 1720 αντίστοιχο με το 1710 για τις εθελοντικές υπηρεσίες. Ειδικότερα το NFPA 1710 προβλέπει max. 60'' για την ώρα προσέλευσης, max. 240'' για την άφιξη του 1^{ου} οχήματος στην πυρκαγιά, max 480'' για την πλήρη ανάπτυξη δυνάμεων, max. 240'' για την παροχή ιατρικής βοήθειας κ.ο.κ. Επίσης το πρότυπο ορίζει ότι η πυροσβεστική υπηρεσία θα πρέπει για τουλάχιστον 90 τοις εκατό να επιτυγχάνει τους χρονικούς στόχους. με την απαίτηση ότι "Όλα τα μέσα επικοινωνίας, εξοπλισμό, το προσωπικό, και οι διαδικασίες λειτουργίας πρέπει να είναι σύμφωνες με το NFPA 1221. Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε: «For Fire Station Locations and Response Protocols», ESRI White Paper, January 2007, p.p. 9-10.

Λαμβάνοντας υπόψη τις δυσχερείς συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης, αλλά και την ανάγκη για χρονική αμεσότητα και αποτελεσματικότητα των πυροσβεστικών μέσων, καθορίζονται τα χρονικά πρότυπα απόκρισης στον πίνακα²⁴⁷ 7.3. Η κατηγοριοποίηση των προτύπων χρόνων απόκρισης αφορά τους χρόνους επέμβασης σε πυρκαγιές και σε συμβάντα παροχής βοήθειας που κρίνονται ως σοβαρά από τον κεντρικό διαχειριστή (πχ. τροχαία, βιομηχανικά ατυχήματα κλπ). Για άλλου είδους επεμβάσεις θεωρείται ότι μπορεί να είναι ελαστικότερα. Οι ανωτέρω χρόνοι θεωρείται ότι προσεγγίζουν τις πραγματικές συνθήκες επέμβασης των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στην περιοχή μελέτης.

Οδικό δίκτυο και κόμβοι: το οδικό δίκτυο στην περιοχή μελέτης διακρίνεται στις ακόλουθες κατηγορίες: α) κεντρικές αρτηρίες β) δευτερεύουσες αρτηρίες γ) συλλεκτήριες και δ) τοπικές οδούς. Για το πρόβλημα από τα τέσσερα επίπεδα εξετάζονται ως κύριο δίκτυο διαδρομών των πυροσβεστικών οχημάτων τα (α) και (β).

Πίνακας 7.3

Χρόνοι Απόκρισης (T) Πυροσβεστικών Οχημάτων

Διαβάθμιση κινδύνου	1ης Εξόδου	2ης Εξόδου	3ης Εξόδου
Περιοχές υψηλού κινδύνου	6.00 Λ	8.00 Λ	10.00 Λ
Περιοχές λιγότερο υψηλού κινδύνου	8.00 Λ	10.00 Λ	-

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Θεωρείται ότι λόγω των τεχνικών χαρακτηριστικών τους (μεγάλη διατομή, μεγάλο μήκος, πολλές λωρίδες κυκλοφορίας), οι ως άνω κατηγορίες θα αποτελέσουν τόσο το δίκτυο διαδρομών όσο και τις πιθανές θέσεις (εκατέρωθεν του δικτύου) χωροθέτησης. Για το λόγο αυτό, σε όλη την περιοχή μελέτης διαμορφώνεται ένα εν δυνάμει οδικό πυροσβεστικό δίκτυο, στο οποίο θεωρείται ότι επιτυγχάνονται οι καλύτεροι μέσοι χρόνοι και καθορίζονται οι κύριοι κόμβοι²⁴⁸ (διασταυρώσεις) και

²⁴⁷ Η κατηγοριοποίηση έγινε με εκτίμηση του γράφοντος με βάση τα διεθνή πρότυπα και τις καταγεγραμμένες συνθήκες στην περιοχή μελέτης.

²⁴⁸ Εκφράζουν την κεντρικότητα των αστικών δραστηριοτήτων, που στην περίπτωση μας είναι η δυνατότητα πρόσβασης στο δίκτυο διέλευσης των πυροσβεστικών οχημάτων. Σημαντικοί

οι συλλεκτήριες οδοί, στις οποίες ισοσταθμίζεται η προσβασιμότητα²⁴⁹ με την κινητικότητα. Οι κόμβοι θα πρέπει χωροταξικά να βρίσκονται στο κέντρο της κάθε περιοχής.

Με την χρήση Γ.Π.Σ αποτυπώνεται σε ψηφιακή χαρτογράφηση το «οδικό πυροσβεστικό δίκτυο» που υιοθετείται για την περιοχή μελέτης, ενώ παράλληλα μπορούν να προσδιοριστούν τα δύσκολα σημεία πρόσβασης που είναι μακριά από τους κόμβους ή προσεγγίζονται μέσω δύσκολων διαδρομών. Το συγκεκριμένο δίκτυο μπορεί να χρησιμεύσει και ως δίκτυο ετοιμότητας για την εξασφάλιση της ασφαλούς και σύντομης εκκένωσης – μετακίνησης του πληθυσμού σε χώρους εκτόνωσης εντός της πόλης ή εκτός του αστικού ιστού.²⁵⁰ Προκειμένου το συγκεκριμένο δίκτυο να ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες της περιοχής μελέτης, θα πρέπει να σχεδιασθεί σύμφωνα με τα πεδία προτεραιότητας και τους στόχους του χάρτη επικινδυνότητας, συνυπολογίζοντας καταγεγραμμένες ειδικές χωρικές και χρονικές συνθήκες και εκτιμήσεις

Οι κυκλοφοριακές ζώνες: προσδιορίζονται από την ταχύτητα της κυκλοφοριακής ροής και τον κυκλοφοριακό φόρτο, ο οποίος ουσιαστικά αντανακλά την διαθεσιμότητα του δικτύου. Κατά τον τρόπο αυτό, με την χρήση Γ.Π.Σ., διαχωρίζεται η περιοχή μελέτης σε κυκλοφοριακές ζώνες μεγάλης και μικρής αιχμής, με χαρακτηριστικά την υψηλή ροή, την χαμηλή ροή, τον χαμηλό φόρτο, τον υψηλό φόρτο, την μέση ροή και το μέσο φόρτο.

Η μέση ταχύτητα ταξιδιού των πυροσβεστικών οχημάτων: Η μέση ταχύτητα ταξιδιού των πυροσβεστικών οχημάτων στην περιοχή μελέτης, μεταβάλλεται ανάλογα με τον τύπο του οδικού δικτύου, τις κυκλοφοριακές ζώνες, τους οριζόμενους κόμβους και άλλους παράγοντες. Με την αξιοποίηση της υπάρχουσας πληροφόρησης καταρτίζονται δύο ενδεικτικοί πίνακες με τις ανά περίπτωση εκτιμώμενες μέσες ταχύτητες ταξιδιού των πυροσβεστικών οχημάτων, κατηγοριοποιώντας γεωγραφικά την περιοχή μελέτης σε δύο υποπεριοχές (εντός

κόμβοι ενός δικτύου θεωρούνται εκείνοι γύρω από τους οποίους σχηματίζονται συγκεντρώσεις ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο.

²⁴⁹ Δύο από τις βασικές παραμέτρους που διαμορφώνουν την έννοια της προσβασιμότητας δεδομένου ότι «...η προσβασιμότητα καθορίζεται από τη χωρική κατανομή των δυνητικών προορισμών [...] και την ευχέρεια προσέγγισης κάθε προορισμού [...]», είναι η γεωγραφική προσιτότητα και η χωρική κάλυψη, Handy et al., 1997: p. 1175

²⁵⁰ Πηγή: Π. Μ. Δελλαδέτση, *Οι Ασφαλείς Πόλεις*, εκδόσεις Εξάντας, Αθήνα 2009, κεφάλαιο 4, σ.σ. 162 -169

του δακτυλίου και την ευρύτερη). Ο πίνακας 7.4 αναφέρεται στις πέντε ημέρες της εβδομάδας από Δευτέρα έως και Σάββατο και ο πίνακας 7.5 (σελίδα 178) στην Κυριακή. Η χρονική περίοδος της μετακίνησης παίζει ουσιαστικό ρόλο στο σχεδιασμό του συστήματος, καθώς αυτή καθορίζει την χρονική κατανομή φόρτισης του συστήματος και το μέγεθος των αιχμών. Επίσης μπορούν να προσδιορισθούν οι *Μέσοι Χρόνοι ταξιδιού μεταξύ των κόμβων*, διαιρώντας τη μετρημένη απόσταση με την μέση ταχύτητα. Ωστόσο σε μια εκτενέστερη μελέτη θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα στατιστικά στοιχεία κυκλοφοριακής ροής για πολλά έτη, οι περίοδοι κατά τις οποίες αλλάζουν τα κυκλοφοριακά δεδομένα, όπως παραδείγματος χάριν οι γιορτές και οι θερινές διακοπές ή γεγονότα όπως πορείες, έργα, καιρικά φαινόμενα, άλλα έκτακτα γεγονότα και παράγοντες.

Πίνακας 7.4

Μέση ταχύτητα ταξιδιού των πυροσβεστικών οχημάτων στην περιοχή μελέτης
(Δευτέρα έως Σάββατο)

Περιοχές Μελέτης του Δήμου Αθηναίων	Κυκλοφοριακές ζώνες	Πρωτεύων δίκτυο αρτηριών	Δευτερεύων Δίκτυο αρτηριών	Τοπικοί Οδοί
Δακτύλιος	Μεγάλης αιχμής 8.00 – 21.00	Ελάχιστη - Μέγιστη 10-20 Km/h	Ελάχιστη - Μέγιστη 10-15 Km/h	-
	Μικρής αιχμής 21.00 – 8.00	Ελάχιστη - Μέγιστη 15-30 Km/h	Ελάχιστη - Μέγιστη 15 – 25 Km/h	-
Υπόλοιπο δήμου Αθηναίων	Μεγάλης αιχμής 7.00 – 9.00 & 14.00 – 16.00	Ελάχιστη - Μέγιστη 15-25 Km/h	Ελάχιστη - Μέγιστη 10-20 Km/h	-
	Μικρής αιχμής 9.00 – 14.00 & 17.00- 7.00	Ελάχιστη - Μέγιστη 20-35 Km/h	Ελάχιστη - Μέγιστη 20 - 30 Km/h	-

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Ένα αξιοποιήσιμο στοιχείο για τον ακριβέστερο προσδιορισμό της μέσης ταχύτητας των πυροσβεστικών οχημάτων είναι οι καταγεγραμμένοι χρόνοι απόκρισης στα δελτία συμβάντων ανά περιοχή και ανά κατηγορία επέμβασης

(πυρκαγιά, παροχή βοήθειας, ανελκυστήρες)²⁵¹. Περαιτέρω μπορούν να χρησιμοποιηθούν: τα Γ.Π.Σ, τα καταγραφικά προγράμματα, τα προγράμματα ανάλυσης δικτύων και οι μέθοδοι σύγχρονης τεχνολογίας (τηλεματική κ.ο.κ).

Πίνακας 7.5

Μέση ταχύτητα ταξιδιού των πυροσβεστικών οχημάτων στην περιοχή μελέτης (για την Κυριακή))

Περιοχές Μελέτης του Δήμου Αθηναίων	Κυκλοφοριακές ζώνες	Πρωτεύων δίκτυο αρτηριών	Δευτερεύων Δίκτυο αρτηριών	Τοπικοί Οδοί
Δακτύλιος	-	Ελάχιστη -	Ελάχιστη -	-
	-	Μέγιστη 15-30 Km/h	Μέγιστη 15 – 25 Km/h	-
Υπόλοιπο δήμου Αθηναίων	-	Ελάχιστη -	Ελάχιστη -	-
	-	Μέγιστη 20-35 Km/h	Μέγιστη 20 - 30 Km/h	-

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Οι επιθυμητές αποστάσεις ταξιδιού (πρότυπα απόστασης): Είναι οι αποστάσεις μεταξύ δύο σημείων, που υπολογίζονται με *ακέραιο προγραμματισμό/ συνδυαστική βελτιστοποίηση*, ως η μικρότερη δυνατή απόσταση αυτών των σημείων, ακολουθώντας τα «τόξα» του δικτύου από τον πυροσβεστικό σταθμό μέχρι το πιο απομακρυσμένο σημείο της περιοχής ευθύνης του. Έτσι οι χρόνοι ταξιδιού των πυροσβεστικών οχημάτων που προσδιορίζονται από τις οριοθετούμενες μέσες ταχύτητες ανά κατηγορία οδικού δικτύου (Βλέπε: πίνακες 7.4 & 7.5) είναι $\leq$ του χρόνου T, ώστε η επέμβαση των πυροσβεστικών δυνάμεων να είναι εντός των προτύπων χρόνου.

Περαιτέρω Υποθέσεις του χωροθετικού προβλήματος:

- Υπάρχει ένας κεντρικός διαχειριστής, που διαχειρίζεται τις διαθέσιμες πυροσβεστικές δυνάμεις, μέσω της ανατροφοδότησης πληροφοριών.
- Η πρώτη επέμβαση των πυροσβεστικών οχημάτων θα γίνεται πάντα από τον σταθμό που γειτνιάζει με το συμβάν (στην περιοχή ευθύνης του).

²⁵¹ Το συγκεκριμένο στοιχείο δεν έχει καταγραφεί από την στατιστική υπηρεσία του Πυροσβεστικού Σώματος.

γ) Στην περίπτωση μεγάλων συμβάντων ή σε παράλληλες κλήσεις, μετά την ενεργοποίηση της 2ης εξόδου του σταθμού, θα συνδράμουν και οι πλησιέστερες πυροσβεστικές δυνάμεις, με απόφαση του κεντρικού διαχειριστή.²⁵²

δ) Το ωράριο εργασίας του πυροσβεστικού προσωπικού είναι το οκτάωρο, με τρεις κυλιόμενες βάρδιες.

στ) Οι πυροσβεστικοί σταθμοί κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την δυναμικότητά τους.

ε) Στην περιοχή μελέτης είναι ήδη οριοθετημένο, σε διασπορά, ένα δίκτυο πυροσβεστικών υδροστομιών στα σημεία που παρέχουν μόνιμα νερό, ώστε να εφοδιάζουν τα πυροσβεστικά οχήματα σε περίπτωση πυρκαγιάς. (Βλέπε: *χάρτης 7.1, σελίδα 233, παράρτημα II*).

ζ) Οι πυροσβεστικοί σταθμοί έχουν πάντα διαθέσιμες τις εξόδους πυρκαγιάς & παροχής βοήθειας για τις αιτούσες περιοχές.

Περαιτέρω περιορισμοί του χωροθετικού προβλήματος:

α) Δεν εξετάζονται επιμέρους κοστολογικά θέματα των σταθμών καθώς και οι περιορισμοί στις δαπάνες εγκατάστασης, κατασκευής και λειτουργίας τους.

β) Δεν εξετάζονται οι ανάγκες επάνδρωσης των σταθμών σε διοικητικό και βοηθητικό προσωπικό (εθελοντές, συμβασιούχοι κλπ), παρά μόνο των μάχιμων μονάδων.

γ) Δεν υιοθετούνται είτε από τον κεντρικό διαχειριστή είτε από τους πυροσβεστικούς σταθμούς σύγχρονες τεχνολογίες επόπτευσης, καθοδήγησης και διαχείρισης του στόλου των πυροσβεστικών οχημάτων κατά τα στάδια των επιχειρήσεων τους.

δ) Δεν λαμβάνονται υπόψη οι ενδιάμεσοι χρόνοι κατάσβεσης ή παροχής βοήθειας των εξόδων.

στ) Θεωρείται ότι οι πυροσβεστικοί σταθμοί και τα πυροσβεστικά οχήματα δραστηριοποιούνται επιχειρησιακά σε αστικά και όχι δασικά περιστατικά.

²⁵² Σχετικά με την περίπτωση πρόσθετης συνδρομής των πυροσβεστικών επιχειρήσεων μπορούν να εφαρμοσθούν επιμέρους μοντέλα όπως το μοντέλο αναμονής (hypercube) Larson και Odoni 1981 για να αξιολογήσουμε την χρονική αναμονή των κλήσεων και το επίπεδο υπηρεσιών ανάλογα με το προσωπικό του κάθε Π.Σ. Αυτά τα μοντέλα μπορούν να εξαρτώνται περαιτέρω και από άλλες παραμέτρους όπως η θέση έκτακτης ανάγκης, τα επιπλέον κόστη και δαπάνες κ.ο.κ.

ε) Δεν λαμβάνονται υπόψη τα επίπεδα επιφυλακής που συνεπάγονται κατακόρυφη αύξηση της επιχειρησιακής ετοιμότητας, με πρόσθετο προσωπικό.

Στ) Η στελέχωση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης δεν λαμβάνει υπόψη έκτακτα γεγονότα μεγάλης κλίμακας.

Χωροθετικό πρόβλημα – υπόδειγμα: Το χωροθετικό πρόβλημα δομείται με τα κάτωθι χαρακτηριστικά (Βλέπε: *σχεδιάγραμμα 7.5, σελίδα 181*):

✚ Εξετάζει ένα συγκεκριμένο πεδίο ζήτησης (δήμος Αθηναίων), στο οποίο χωροθετούνται και κατανέμονται οι πυροσβεστικοί σταθμοί με τον αποτελεσματικότερο (χρονικά) τρόπο.

✚ Η χωροθέτηση των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης γίνεται σε διακριτό χώρο – δίκτυο, από το οποίο επιλέγεται το αποτελεσματικότερο επιχειρησιακά. Διαιρείται σε γεωγραφικές ζώνες και καθορίζονται οι απαιτούμενοι κόμβοι, κατά κύριο λόγο βάσει των επικίνδυνων πυροσβεστικά περιοχών (κατηγορία β). Ο κάθε κόμβος είναι πλησιέστερα στο κέντρο της κάθε ζώνης, ενώ η «ζήτηση» θεωρείται ότι υπάρχει σε όλο το δίκτυο. Υπολαμβάνεται δε ότι οι αποστάσεις των σημείων ζήτησης, η ζήτηση και η δυνατότητα παροχής από τα κέντρα είναι διαχρονικά σταθερές (αιτιοκρατικό πρόβλημα).

✚ Περαιτέρω, πρώτος στόχος του χωροθετικού προβλήματος είναι η χωροθέτηση – κατανομή των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στα βέλτιστα σημεία των επιλεγμένων περιοχών της κατηγορίας β, στα οποία θα ικανοποιούνται με αυστηρότητα τα προσδιορισμένα χρονικά πρότυπα επέμβασης καθώς και τα πρότυπα απόστασης²⁵³.

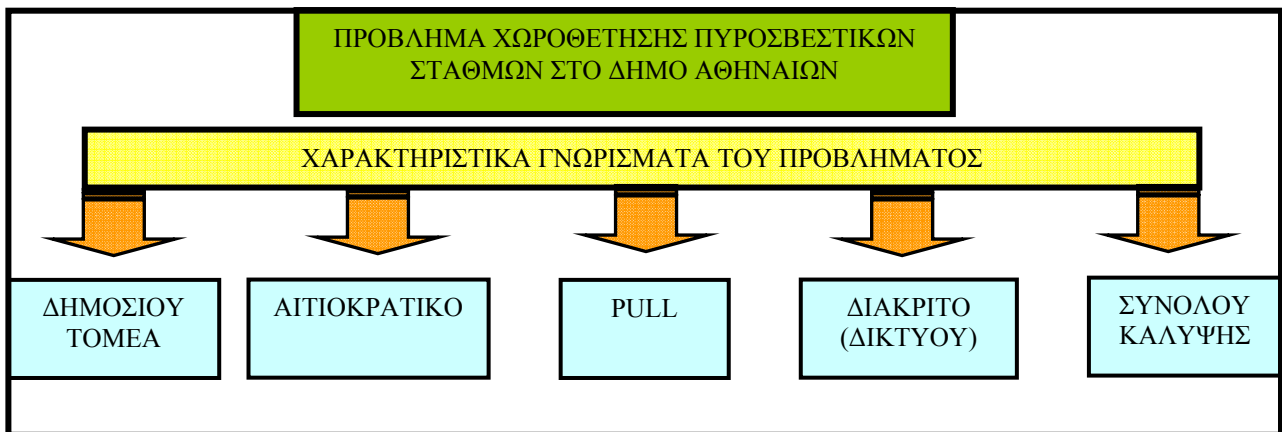
Διατύπωση του προβλήματος: Το πρόβλημα διατυπώνεται ως πρόβλημα συνόλου κάλυψης στο οποίο ζητείται η ελαχιστοποίηση του συνολικού αριθμού των σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης, η βέλτιστη κατανομή και τοποθέτησή τους στην περιοχή μελέτης ώστε να εκπληρώνονται πρότυπα επέμβασης αναφορικά με το χρόνο και την απόσταση (1ης, 2ης & 3ης εξόδου), χρησιμοποιώντας την εξωγενή απόσταση ή χρόνο (*coverage distance/time*) ώστε να επιτευχθεί το πρότυπο επίπεδο κάλυψης. Δηλαδή για κάθε σημείο ζήτησης να υπάρχει ένας πυροσβεστικός σταθμός

²⁵³ Ο γεωγραφικός δείκτης «κεντρικότητας» (*gravity index*) μπορεί να υιοθετηθεί για να μετρήσει την σχετική θέση της κάθε περιοχής του δήμου που οριοθετήσαμε στην μελέτη μας, ως προς τις άλλες. Οι τιμές αυτού του δείκτη για κάθε περιοχή επηρεάζονται από τη χρονοαπόστασή του από τις υπόλοιπες. Υψηλές τιμές υποδηλώνουν καλή προσπελασιμότητα και κεντρική θέση ενώ χαμηλές τιμές υποδηλώνουν χαμηλή προσπελασιμότητα και ενδεχομένως περιμετρική θέση.

εντός απόστασης ή χρόνου t_{ij} (μικρότερη ή ίση με t_{ij}), όπου t_{ij} η μονάδα κόστους προσιτότητας του χρήστη i για το κέντρο j ».

Σχεδιάγραμμα 7.5

Βασικά στοιχεία του προβλήματος χωροθέτησης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Μαθηματική έκφραση: Το πρόβλημα δομείται με μια αντικειμενική συνάρτηση, στην οποία περιγράφονται και αποτυπώνονται οι στόχοι, οι υποθέσεις, οι μεταβλητές και οι περιορισμοί, ενώ η επίλυση μέσω της βελτιστοποίησής της επιφέρει την επίλυση του προβλήματος. Η γενική μαθηματική έκφραση του προβλήματος συνόλου κάλυψης είναι:

Ορισμός εισόδων:

- ✚ c_j = το σταθερό κόστος της τοποθέτησης ενός κέντρου παροχής υπηρεσιών στον κόμβο j .
- ✚ S = η μέγιστη αποδεκτή απόσταση υπηρεσίας ή ο μέγιστος αποδεκτός χρόνος (distance service or time)
- ✚ N_i = το σύνολο των j θέσεων ενός κέντρου παροχής υπηρεσιών μέσα στην αποδεκτή απόσταση του κόμβου i . π.χ. $N_i = \{j / d_{ij} \leq S\}$

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{αν τοποθετήσουμε το κέντρο παροχής υπηρεσιών στην πιθανή θέση } j. \\ 0, & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

Με βάση τις ανωτέρω διατυπώσεις, το πρόβλημα του Συνόλου Κάλυψης τυποποιείται ως εξής:

Αντικειμενική Συνάρτηση (1)

$$\text{minimize } \sum_j c_j X_j$$

$$\text{υπό τους περιορισμούς: } \sum_{j \in N_i} X_j \geq 1, \forall i$$

$$X_j \in \{0,1\}, \forall j$$

(2), (3)

Η αντικειμενική συνάρτηση (1) περιγράφει την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους τοποθέτησης των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης που έχουν επιλεγεί. Στο πρόβλημα γίνεται η υπόθεση ότι τα κόστη c_j είναι ισοδύναμα για κάθε ενδεχόμενη θέση j ενός πυροσβεστικού σταθμού, συνεπώς τοποθετείται μια αμερόληπτη ισοδυναμία για τη ελαχιστοποίηση του αριθμού των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης. Ο περιορισμός (2) απαιτεί η ζήτηση i να καλύπτεται από έναν τουλάχιστο πυροσβεστικό σταθμό, τοποθετημένο μέσα στην αποδεκτή απόσταση υπηρεσίας. Οι περιορισμοί (3) απαιτούν σταδιακή ανάμειξη των μεταβλητών απόφασης.

Με το συγκεκριμένο υπόδειγμα, κάθε κόμβος μπορεί να περιλαμβάνει από ένα μικρό έως ένα μεγαλύτερο επίπεδο «ζήτησης». Ανεξαρτήτως του αντιπροσωπευόμενου επιπέδου ζήτησης και του κόστους, ο κόμβος πρέπει να καλυφθεί. Αν η απόσταση επικάλυψης μεταξύ των κόμβων είναι μικρή, συνάγεται ότι οι πυροσβεστικοί σταθμοί που θα πρέπει να τοποθετηθούν είναι πολλοί σε αριθμό. Αν ο πιο απομακρυσμένος κόμβος έχει μικρή «ζήτηση», ο λόγος κόστος/όφελος της απαιτούμενης επικάλυψης αυξάνεται αισθητά. Σε αυτή την περίπτωση εξετάζεται η χρησιμότητα του επιπλέον περιπολικού πυροσβεστικού οχήματος, για τις περιοχές που ανήκουν στην κατηγορία χαμηλής επικινδυνότητας ή είναι απομακρυσμένες.

Μαθηματικοί μέθοδοι επίλυσης: Το χωροθετικό πρόβλημα του συνόλου κάλυψης διατυπώνεται ως ένα πρόγραμμα γραμμικού ακέραιου αριθμού, ενώ για την επίλυσή του χρησιμοποιείται το γραμμικό πρόγραμμα χαλάρωσης (Linear programming relaxation - LP).

Η μαθηματική επίλυσή του, προσδιορίζει τις τιμές που πρέπει να λάβουν οι μεταβλητές, ώστε η λύση να βελτιστοποιεί τον στόχο του προβλήματός μας. Στα πλαίσια της διακριτής λύσης για τον προσδιορισμό των θέσεων αλλά και τον καθορισμό των γεωγραφικών περιοχών ευθύνης των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης, η απόσταση μεταξύ δύο σημείων υπολογίζεται με ακέραιο

προγραμματισμό συνδυαστικής βελτιστοποίησης, ως η μικρότερη δυνατή απόσταση αυτών των σημείων, ακολουθώντας τα «τόξα» του δικτύου.²⁵⁴

Αφού επιλυθεί το πρόβλημα και αξιολογηθεί η ποιότητα των αποτελεσμάτων του, δύναται για τα σημεία όπου δεν επιτυγχάνονται οι στόχοι του προβλήματος, να εφαρμοσθεί η μέθοδος της επιπρόσθετης κάλυψης. Με τον τρόπο αυτό η πυροσβεστική κάλυψη μπορεί να ενισχυθεί με την χωροθέτηση και κατανομή επιπλέον περιπολικών πυροσβεστικών οχημάτων, σε διάφορα γεωγραφικά σημεία του δήμου Αθηναίων, προκειμένου να αυξηθεί η ικανότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών από τους ήδη χωροθετημένους πυροσβεστικούς σταθμούς, στους οποίους και θα ανήκουν. Αυτή η ενέργεια θα ενισχύσει τα ποσοστά διαθεσιμότητας του διαχειριστή και της αποτελεσματικότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών (λόγω αμεσότητας), σε περιπτώσεις ταυτόχρονων κλήσεων για μεγάλα συμβάντα. Ο χρόνος της υπηρεσιακής τους διαθεσιμότητας μπορεί να κλιμακώνεται ανάλογα με τους παράγοντες που λαμβάνει υπόψη του ο λήπτης της απόφασης, όπως καιρικές συνθήκες, κοινωνικές αναταραχές, εκδηλώσεις κλπ.

Περαιτέρω προκειμένου να εξετασθούν και να αξιολογηθούν τα εναλλακτικά σενάρια σχετικά με την αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου μοντέλου, χρησιμοποιείται η μέθοδος προσομοίωσης, μέσω του Συστήματος Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης Σ.Υ.Χ.Α. Η αξιολόγηση θα πραγματοποιηθεί, αφού συγκριθούν οι τιμές για το εκάστοτε σενάριο.

7.3 Το Σύστημα Υποστήριξης Χωροθετικής Απόφασης (Σ.Υ.Χ.Α.) με την χρήση Γ.Π.Σ.

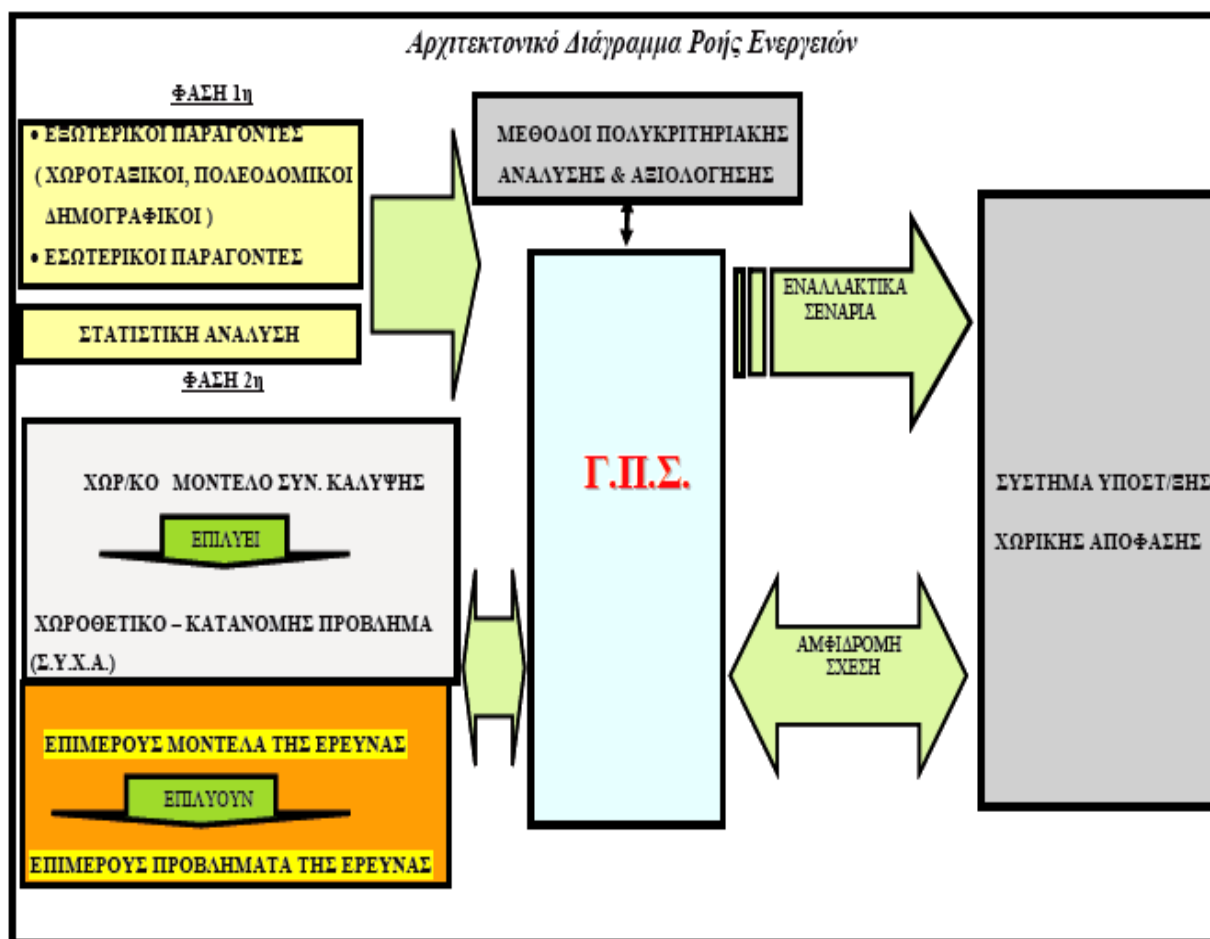
Λέξεις κλειδιά της μελέτης: Πυροσβεστικοί Σταθμοί, Αστικό Περιβάλλον, Εξωγενείς & Ενδογενείς παράγοντες, Στατιστική ανάλυση, Πολυκριτηριακή Χωρική Ανάλυση, Χωροθετικός Σχεδιασμός (χωροθέτηση – κατανομή), Υπόδειγμα Χωροθέτησης, Γ.Π.Σ., Σύστημα, Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης (Σ.Υ.Χ.Α.).

Στο κεφάλαιο 4, στην ενότητα 4.4, περιγράφηκε ο καταλυτικός ρόλος του Γ.Π.Σ. στον σχεδιασμό και την επίλυση των χωροθετικών προβλημάτων – μοντέλων. Στις

²⁵⁴ Εναλλακτικά στο διακριτό δίκτυο, όπου υπάρχουν σε μορφή ορθογώνια οικοδομικά τετράγωνα, οι αποστάσεις υπολογίζονται μέσω της παραλληλογραμμικής συνάρτησης ή Manhattan μετρικού συστήματος.

ενότητες 7.1 & 7.2 του παρόντος κεφαλαίου, εφαρμόστηκε η μεθοδολογία της πολυκριτηριακής χωρικής ανάλυσης, με σκοπό τον προσδιορισμό των χωρικών προτύπων που παρουσιάζουν υψηλή επικινδυνότητα και στο υπόδειγμα του συνόλου κάλυψης, προκειμένου να επιτευχθεί μια ολοκληρωμένη θεωρητική χωροθετική πρόταση, για τους πυροσβεστικούς σταθμούς στον δήμο Αθηναίων. Οι δύο αυτές μεθοδολογικές φάσεις συνθέτονται και εφαρμόζονται σε περιβάλλον Γ.Π.Σ. Στο κάτωθι *σχεδιάγραμμα 7.6 (Σχεδιάγραμμα. Ροής ενεργειών, Flow chart)* αποτυπώνεται ολοκληρωμένα η αρχιτεκτονική της υιοθετηθείσας στρατηγικής χωροθέτησης - κατανομής.

Σχεδιάγραμμα 7.6



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εργαλείο αυτής της στρατηγικής αποτελεί το Σ.Υ.Χ.Α, το οποίο περιλαμβάνει όλους τους επιμέρους παράγοντες που έχουν ενεργό ρόλο στην λήψη της

Απόφασης. Το προκύπτον ερώτημα είναι το πως λειτουργεί το συγκεκριμένο «εργαλείο». Είναι συνδυασμός του Γ.Π.Σ. ως διαχειριστικό εργαλείο για την λειτουργία του συστήματος, του λογισμικού ArcGIS, της πολυκριτηριακής ανάλυσης και αξιολόγησης και του χωροθετικού μοντέλου συνόλου κάλυψης.

Αναλύοντας το διάγραμμα ροής, γίνεται αντιληπτό ότι είναι επιβεβλημένη η καταγραφή, η αποθήκευση, η ανάκτηση, η σύνθεση και η ανασύνθεση των γεωγραφικών δεδομένων, των παραγόντων και των κριτηρίων (ποιοτικών και ποσοτικών) που θα υιοθετηθούν στην χωροθετική διαδικασία. Περαιτέρω εξετάζοντας τα «πλαίσια» του διαγράμματος ροής, ουσιαστικά περιγράφεται η ακολουθούμενη μεθοδολογία. Το κίτρινο πλαίσιο εμπεριέχει τους παράγοντες (Βλέπε: πίνακες 7.6 & 7.7, σελίδα 186) που υιοθετούνται για μια πολυκριτηριακή χωρική προσέγγιση και αξιολόγηση, αντιστακώνοντας τις πραγματικές ανάγκες της περιοχής μελέτης του δήμου Αθηναίων και οδηγώντας, μέσω του «εργαλείου» Γ.Π.Σ, στον γεωγραφικό προσδιορισμό χωρικών προτύπων για την υιοθέτηση του χωροθετικού υποδείγματος.

Με την εφαρμογή του, θα επιτευχθεί η χωροθέτηση και κατανομή του ελάχιστου αριθμού σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στον Δήμο Αθηναίων. Παράλληλα τα στατιστικά συμπεράσματα από την επεξεργασία πρωτογενών υπηρεσιακών δεδομένων (Βλέπε: πίνακας 7.8, σελίδα 186), θα προσδώσουν μεγαλύτερη ακρίβεια στην ανάλυση. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η απαιτούμενη ευελιξία για τον λήπτη της απόφασης, προκειμένου να υλοποιήσει τον στρατηγικό σχεδιασμό του.

Σε 2η φάση υιοθετείται το περιγραφόμενο στο γκρι πλαίσιο μοντέλο χωροθέτησης του συνόλου κάλυψης, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος του χωροθετικού προβλήματος που είναι η χωροθέτηση – κατανομή των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στα βέλτιστα σημεία των επιλεγμένων περιοχών (από την 1η φάση), ικανοποιώντας τα χρονικά πρότυπα επέμβασης καθώς και τα πρότυπα απόστασης.

Η επίλυσή του επιτυγχάνεται μέσω ενός λογισμικού πακέτου, το οποίο υιοθετεί μαθηματικές μεθόδους επίλυσης (αλγόριθμους), βελτιστοποιώντας την αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος. Στο πορτοκαλί πλαίσιο περιλαμβάνονται όλα τα επιμέρους μαθηματικά και στατιστικά μοντέλα, που χρησιμοποιούνται επικουρικά στην μελέτη, προκειμένου να επιλυθούν επιμέρους

θέματα (πχ. της επεξεργασίας των κλήσεων, της επεξεργασίας και κατανομής του είδους των συμβάντων κλπ).

Πίνακας 7.6
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
- Γεωγραφικό περιβάλλον - Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά - Βασικά Χωροταξικά και Πολεοδομικά χαρακτηριστικά - Οικιστική διάφραση όσο αφορά την μέση πυκνότητα και τον μέσο συντελεστή δόμησης. - Κτιριακό απόθεμα με βάση την παλαιότητα - Εκτίμηση χωρητικότητας σε κατοίκους των Π.Ε. ή των συνοικιών - Περιοχές με προβλήματα στάθμευσης - Κτιριακό Απόθεμα - Χρήσεις γης - Διαβάθμιση της κτιριακής πυκνότητας - Κατοικίες, εμπορικοί χώροι, - Χώροι συνάθροισης κοινού (Ξενοδοχεία, Νοσοκομεία, Mall, Παν/μια κλπ) - Βιομηχανίες, βιοτεχνίες - Το οδικό δίκτυο στην περιοχή μελέτης - Το οδικό δίκτυο με την σχετική κατηγοριοποίηση και ιεράρχηση του σε αρτηρίες (πρωτεύων και δευτερεύων), συλλέκτριες οδούς και τοπικές οδούς - Βασικές (πρωτεύων και δευτερεύων) αρτηρίες και το μήκος τους - Σύντομες διαδρομές, με παράγοντα την ταχύτητα των οχημάτων. - Περιοχές κυκλοφοριακά κορεσμένες - Αποτύπωση των κατευθύνσεων των αρτηριών - Διοικητικές, χωροταξικές, ρυθμιστικές, πολεοδομικές λειτουργίες και περιορισμοί. - Δημογραφικά χαρακτηριστικά - Η πληθυσμιακή πυκνότητα για τις 129 Π.Ε ή τις 38 συνοικίες - Εστίες συγκέντρωσης μεταναστών, ναρκομανών, αστέγων - Εξαιρουμένοι χώροι χωροθέτησης (Λόφοι, Άλσοι, Πάρκα, Διαδικές & Αναδ. εκτάσεις, Αρχαιολογικοί - μνημειακοί χώροι, Αθλητικές εγκαταστάσεις,

Πίνακας 7.7
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Πρότυπα οργάνωσης και λειτουργίας των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης (ποσοτικά και ποιοτικά) α) Το μέγεθος των σταθμών β) Κανόνες επέμβασης γ) Σύνθεση πυροσβεστικών εξόδων (οχήματα, προσωπικό) δ) Τύποι πυροσβεστικών οχημάτων - στ) Χρονικά πρότυπα απόκρισης Λοιποί παράγοντες που συνεπικουρούν το πυροσβεστικό έργο Πυροσβεστικό υδροδοτικό δίκτυο

Πίνακας 7.8
Στατιστικά συμπεράσματα από την επεξεργασία πρωτογενών στοιχείων
α) πυρκαγιών, παροχών βοήθειας & ανελκυστήρων και των συνολικών διασώσεων για τους πυροσβεστικούς σταθμούς της περιοχής μελέτης. β) των αιτιών πρόκλησης αστικών πυρκαγιών, γ) των αιτιών πρόκλησης αστικών πυρκαγιών δ) τον χαρακτηρισμό των αστικών πυρκαγιών από άποψη υπαιτιότητας - στ) τους προσβαλλόμενους από πυρκαγιές χώρους ε) τις ζημιές και την διασωθείσα περιουσία

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Στην εφαρμογή της μεθοδολογίας, σημαντική κρίνεται η συμβολή του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (Γ.Π.Σ.), αφού αξιοποιούνται οι διανυσματικές και ψηφιδωτές λειτουργίες ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων. Ανακεφαλαιώνοντας, το Σύστημα Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης αποτελεί ένα σύστημα χωροθετικής ανάλυσης και σχεδιασμού δικτύου πυροσβεστικών σταθμών, μέσω του οποίου εφαρμόζεται μια συνθετική μεθοδολογική προσέγγιση και αξιοποιούνται τα πλεονεκτήματα του επιστημονικού πεδίου της πολυκριτηριακής χωροθέτησης και των υποδειγμάτων χωροθέτησης – κατανομής,

για την επίλυση των χωροθετικών προβλημάτων. Αποσκοπεί στην υποστήριξη λήψης αποφάσεων για απλά (μια μεταβλητή, ένας στόχος), αλλά και σύνθετα Χωροθετικά Προβλήματα (πολλαπλές μεταβλητές, πολλαπλοί στόχοι). Παράλληλα αποτελεί το μεθοδολογικό και τεχνικό εργαλείο, μέσω του οποίου παρέχονται στον λήπτη της απόφασης οι απαραίτητες χωρικές πληροφορίες που θα ενισχύσουν τη δυνατότητά του να προσδιορίσει και να αξιολογήσει εναλλακτικές λύσεις, σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε περιοχής μελέτης.

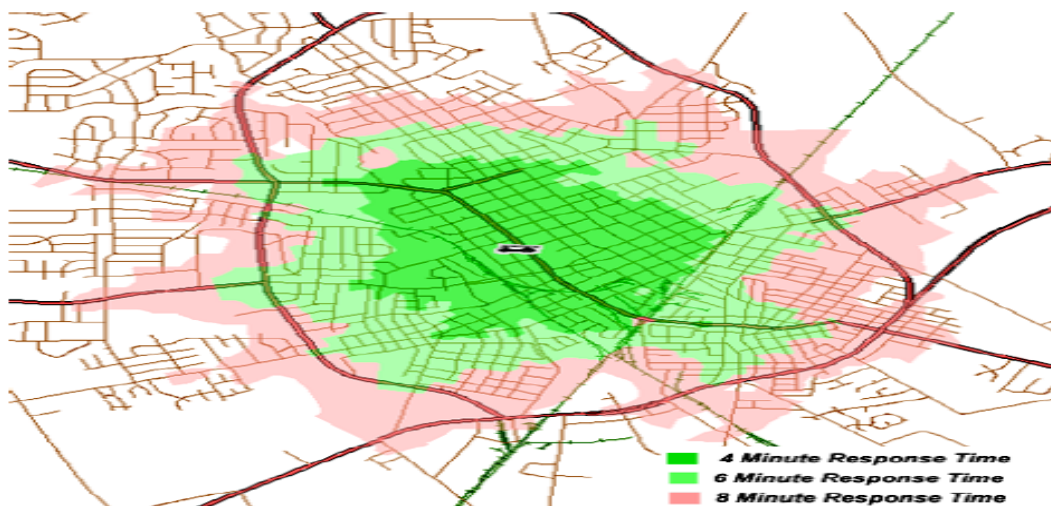
7.4 Χαρτογραφική απεικόνιση χωροθέτησης σταθμών πυρόσβεσης – διάσωσης με την χρήση Γ.Π.Σ.

Όπως προαναφέρθηκε, στόχος της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση μιας μεθοδολογικής πρότασης για την χωροθέτηση των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης στον δήμο Αθηναίων, χωρίς να επεκτείνεται σε εφαρμογή πραγματικών δεδομένων και στην χαρτογραφική απεικόνιση συγκεκριμένων αποτελεσμάτων. Παρά ταύτα παραθέτουμε με βάση το Γ.Π.Σ. ορισμένους χάρτες από αντίστοιχες εφαρμογές στις Η.Π.Α., προκειμένου να παρουσιάσουμε ένα ελάχιστο δείγμα πληροφόρησης των πολύτιμων χαρτογραφικών απεικονίσεων που μπορούν να παραχθούν.

Στον *χάρτη 7.2 (Βλέπε: σελίδα 188)* απεικονίζεται η χωρική διαβάθμιση σε ακτινοειδή μορφή, του πεδίου επέμβασης ενός πυροσβεστικού οχήματος για τρία διαφορετικά σενάρια χρόνων απόκρισης. Για μέγιστο χρόνο απόκρισης τεσσάρων (4) λεπτών, η περιοχή πυροσβεστικής κάλυψης αντιστοιχεί στο σκιαγραφημένο με πράσινο χρώμα πεδίο. Για μέγιστο χρόνο απόκρισης έξι (6) λεπτών, η περιοχή πυροσβεστικής κάλυψης αντιστοιχεί στο σκιαγραφημένο με ανοικτό πράσινο χρώμα πεδίο, καλύπτοντας χιλιομετρικά μεγαλύτερη ακτίνα και περίμετρο εντός του αστικού ιστού. Αντίστοιχα για μέγιστο χρόνο απόκρισης οκτώ (8) λεπτών, η περιοχή κάλυψης επεκτείνεται περαιτέρω και στο ροζ σκιαγραφημένο χωρικό πεδίο.

Χάρτης 7.2

Χωρική διαβάθμιση ακτινοειδούς μορφής

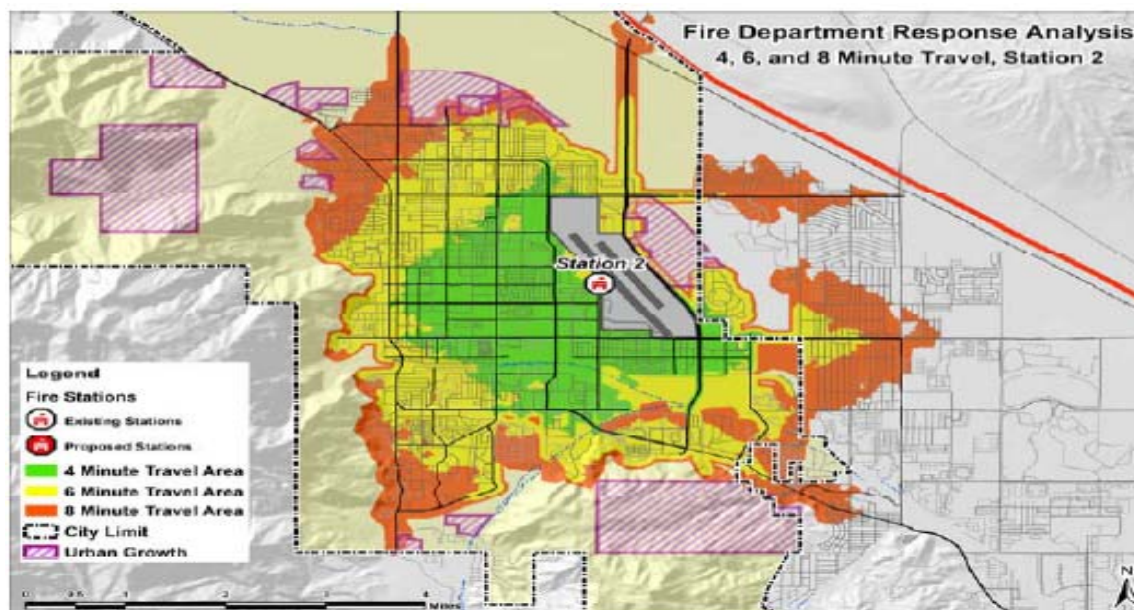


Πηγή: «GIS for Fire Station Locations and Response Protocols», ESRI White Paper, January 2007.

Ομοίως με τον χάρτη 7.2, στον χάρτη 7.3 απεικονίζεται η χωρική διαβάθμιση του πεδίου επέμβασης των δυνάμεων ενός πυροσβεστικού σταθμού για τρία διαφορετικά σενάρια χρόνων απόκρισης (4', 6', 8').

Χάρτης 7.3

Χωρική διαβάθμιση βασισμένη σε σενάρια



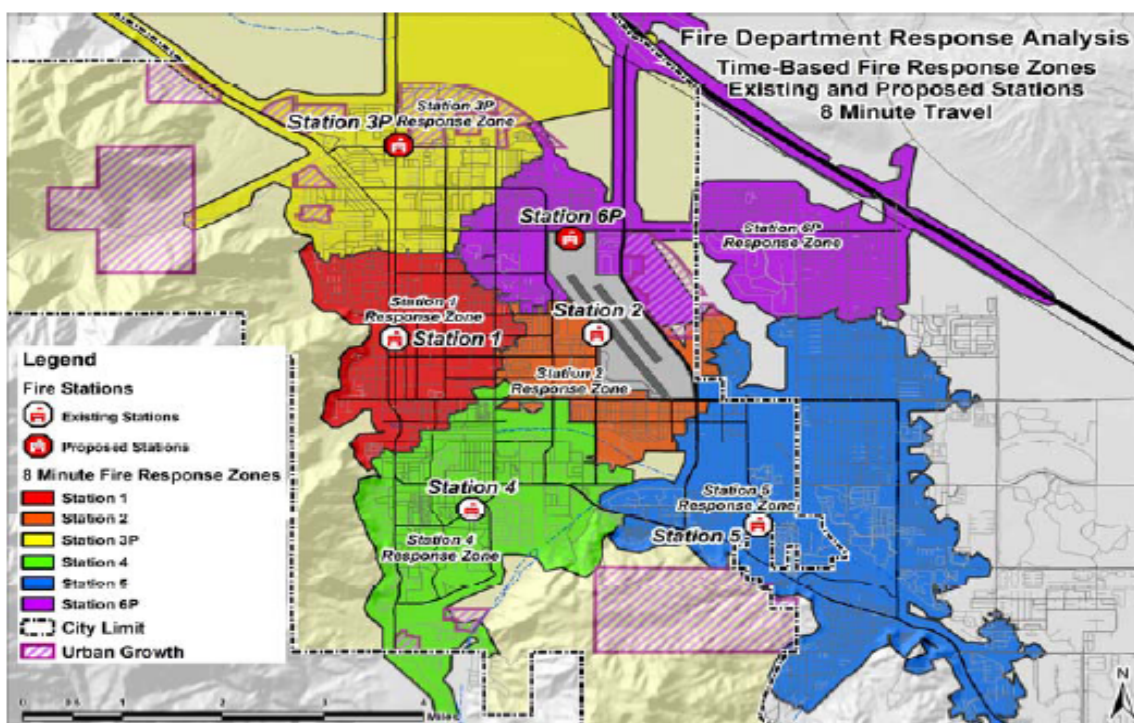
Πηγή: «GIS for Fire Station Locations and Response Protocols», ESRI White Paper, January 2007, p.18

Στον συγκεκριμένο χάρτη, η ανάπτυξη των πυροσβεστικών δυνάμεων για κάθε χρονικό σενάριο γίνεται κυρίως ανατολικά, αφού σε εκείνη την κατεύθυνση εκτείνεται ο αστικός ιστός, ενώ δυτικά υπάρχει τεχνητό εμπόδιο (αεροδρόμιο).

Στον χάρτη 7.4, απεικονίζεται η χωροθέτηση – κατανομή έξι (6) πυροσβεστικών σταθμών καθώς και οι τομείς επιχειρησιακής τους ευθύνης, σύμφωνα με το χρονικό πρότυπο απόκρισης των οκτώ (8) λεπτών. Από τους έξι σταθμούς, οι τέσσερις (4) αποτελούν το υφιστάμενο δίκτυο σταθμών και οι δύο (2) είναι προτεινόμενοι, σύμφωνα με την μελέτη χωροθέτησης με την χρήση Γ.Π.Σ.

Χάρτης 7.4

Χωροθέτηση βασισμένη σε χωρικά πρότυπα



Πηγή: GIS for Fire Station Locations and Response Protocols, ESRI White Paper, January 2007

Ο χάρτης 7.5, (Βλέπε: σελίδα 190) απεικονίζει την χωροθέτηση – κατανομή τριών (3) πυροσβεστικών περιπολικών οχημάτων, με βάση κάποιο χρονικό πρότυπο απόκρισης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση συνάγεται ότι η χωροθέτηση – κατανομή έγινε με βάση την μέθοδο των ομόκεντρων κύκλων, παρότι δεν αποτελεί πάντα την βέλτιστη λύση για ένα αστικό περιβάλλον. Αντίθετα με την χρήση του Γ.Π.Σ. εξομοιώνεται η μορφή του οδικού δικτύου της περιοχής με τις πραγματικές ανάγκες και συνθήκες του αστικού

περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα να επιλέγονται από τα περιπολικά οχήματα οι βέλτιστες διαδρομές για κάθε κλήση.

Χάρτης 7.5

Χωροθέτηση βασισμένη σε χωρικά πρότυπα



Πηγή: «A quick guide to building for your department», *National Alliance for public safety GIS*.

Η χαρτογραφική βάση δεδομένων που δημιουργείται μέσω του Γ.Π.Σ, έχει ευρεία χρήση στην περίπτωση των χωροθετήσεων – κατανομών υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης. Καταρχήν είναι εύκολη στην χρήση και στην κατανόηση, απεικονίζει με υψηλή πιστότητα τις πραγματικές συνθήκες του αστικού χώρου, μπορεί να αποδώσει ιστορικά στοιχεία και στατιστικά δεδομένα ενσωματώνοντάς τα και συνθέτοντάς με τα υπόλοιπα περιγραφικά δεδομένα, επιτυγχάνοντας την ανάλυση και απεικόνιση όλων των διαθέσιμων πόρων μιας περιοχής. Δίνει επιμέρους πληροφορίες για τις περιοχές απόκρισης των σταθμών, τις χωρικές επικαλύψεις τους, τις διαδρομές και τους χρόνους τις προβληματικές περιοχές στην πρόσβαση, τις συντομότερες διαδρομές, κλπ. Περαιτέρω η χρήση των χαρτών μέσω σεναρίων είναι χρήσιμη για την παρουσίαση και ανάλυση όλων των εμπλεκόμενων παραγόντων που αφορούν τους σταθμούς πυρόσβεσης – διάσωσης, προκειμένου εκείνοι να διαχειριστούν μελλοντικά συμβάντα με τον αρτιότερο τρόπο, μέσω του επιτυχημένου γενικότερου και ειδικότερου σχεδιασμού.

7.5 Παρατηρήσεις –Συμπεράσματα.

Όπως προαναφέρθηκε, το προτεινόμενο Σύστημα Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης (Σ.Υ.Χ.Α) αποτελεί μια συνθετική χωροθετική πρόταση, ως προσπάθεια συγκερασμού και σύνθεσης μεθόδων και προτάσεων που έχουν εφαρμοσθεί στην ευρύτερη διεθνή βιβλιογραφία και αρθρογραφία, μέρος της οποίας παρουσιάστηκε στο Ι μέρος της εργασίας. Προσφέρεται ως μια πρωτότυπη προσέγγιση αλλά και ως βάση και εργαλείο ανάλυσης, που θα βοηθήσει τους υπεύθυνους λήψης μιας χωροθετικής απόφασης. Μέσω αυτού γίνονται κατανοητά τα χωροθετικά και επιχειρησιακά χαρακτηριστικά των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης για την ελληνική επικράτεια. Το πλεονέκτημά της είναι ότι επιτυγχάνει την συσχέτιση ποσοτικών και ποιοτικών παραγόντων και κριτηρίων, που προσεγγίζουν την πραγματική διάσταση του προβλήματος χωροθέτησης των σταθμών πυρόσβεσης - διάσωσης στο ελληνικό αστικό περιβάλλον, διαμορφώνοντας υπό αυτήν την έννοια, μια ποιοτικότερη διαδικασία λήψης αντίστοιχων αποφάσεων. Αντίστοιχα το μειονέκτημά της είναι ότι η χρησιμότητα της συγκεκριμένης μεθοδολογίας δεν πιστοποιήθηκε μέσω της εφαρμογής. Η πρακτική εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας θα καταδείξει κατά πόσο αποτελεί μια βιώσιμη πρόταση που θα βοηθήσει στο πρόβλημα του στρατηγικού σχεδιασμού χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών, βελτιώνοντας τις υποδομές και την επιχειρησιακή ικανότητά τους.

Συνοψίζοντας την προτεινόμενη μεθοδολογία, παρουσιάστηκαν ορισμένα μεθοδολογικά εργαλεία για τον προσδιορισμό των τρωτών περιοχών, ενώ οι προτεινόμενοι τομείς που θα αξιολογηθούν σε τελικό στάδιο, μπορούν να προκύψουν από την έρευνα πεδίου και την εξέταση των επιμέρους παραμέτρων σε τοπική κλίμακα. Περαιτέρω υιοθετήθηκε ένα εφαρμοσμένο στο παρελθόν υπόδειγμα, το οποίο σε κάποιες περιπτώσεις είχε οδηγήσει σε ικανοποιητικές λύσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις εφαρμόζεται και η επιπρόσθετη κάλυψη. Τα συμπεράσματα από την εφαρμογή του συγκεκριμένου μεθοδολογικού πλαισίου, θα κρίνουν κατά πόσο μπορεί αυτή να επηρεάσει την διαμόρφωση της τελικής απόφασης των εμπλεκόμενων φορέων.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

8.1 Προβληματισμοί και προοπτικές

Ενώ η θεωρητική προσέγγιση της επίλυσης των γενικών προβλημάτων χωροθέτησης αναπτύχθηκε από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα, επιδεικνύοντας σημαντικό έργο στο πεδίο της ανάλυσης χωροθέτησης μέσω της έρευνας και της ανάπτυξης μοντέλων και μαθηματικών σχέσεων, παρατηρήθηκαν δυσκολίες στις πρακτικές εφαρμογές τους. Ειδικότερα για την χωροθέτηση των υπηρεσιών εκτάκτων – αναγκών, υπήρξε έντονος προβληματισμός ως προς την αναποτελεσματικότητα των υιοθετούμενων μεθοδολογιών, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και της υπολογιστικής πολυπλοκότητάς τους. Όταν ξεπεράστηκαν οι υπολογιστικές δυσκολίες με την επανάσταση στην επιστήμη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, δόθηκε η δυνατότητα ενσωμάτωσης στα μοντέλα πλήθους στοιχείων (για περισσότερο ορθολογικά αποτελέσματα) και ως εκ τούτου εμφανίστηκαν νέα προβλήματα. Αυτά τα προβλήματα εμπεριέχουν γενικότερες δυσκολίες και αδυναμίες όπως οι ιδιομορφίες της εξεταζόμενης αστικής δομής, οι ελλείψεις σε απογραφικά στοιχεία, η ετερογένεια των διαφόρων στοιχείων και πηγών τους, η ασυμβατότητα των πληροφοριακών βάσεων, ο διαφορετικός χρόνος απογραφής των στοιχείων, η έλλειψη συνεργασίας διαφορετικών φορέων και υπηρεσιών, η ανυπαρξία κοινών δράσεων από μία θεσμοθετημένη κρατική υπηρεσία και πλήθος άλλων παραγόντων και χαρακτηριστικών που λειτουργούν ανασχετικά ως προς την ολοκλήρωση ενός ορθολογικού χωροθετικού σχεδιασμού. Ειδικότερα για την χωροθέτηση των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης, λαμβάνονται στρατηγικές αποφάσεις με χωροθετικά μοντέλα που ενσωματώνουν πολλαπλούς στόχους και δομές, πολυκριτηριακές παραμέτρους, πολύπλευρες αναλύσεις, ιδιάζουσες χωρικές συνθήκες και την ανθρώπινη κρίση. Για την χωροθέτηση των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης στην Ελλάδα, επιβεβαιώνονται τα συμπεράσματα των θεωρητικών ότι στις ανωτέρω χωροθετικές παραμέτρους και στοιχεία, συνυπολογίζεται πλήθος ειδικότερων

χαρακτηριστικών για την δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού χωροθετικού μοντέλου. Εξειδικεύοντας στην αναφορά για τον δήμο Αθηναίων, η μη πρακτική εφαρμογή του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου έγκειται κατά κύριο λόγο στο παραπάνω γεγονός. Ειδικότερα σε μια σειρά από παράγοντες και δυσκολίες για την περιοχή μελέτης όπως η έλλειψη επίσημων στατιστικών δεδομένων (πρωτογενών ή επεξεργασμένων) σχετικών με τους μέσους χρόνους απόκρισης και τις μέσες ταχύτητες των πυροσβεστικών οχημάτων, του αριθμού των κλήσεων με χωρική κατανομή στην περιοχή μελέτης, του αριθμού των κλήσεων ανά κατηγορία συμβάντος, τις αιτίες πρόκλησης αστικών πυρκαγιών και του χαρακτηρισμού τους από άποψη υπαιτιότητας, των κυκλοφοριακών συνθηκών και άλλων στοιχείων που περιγράφηκαν κατά προσέγγιση σε κάθε ενότητα. Η έλλειψη ψηφιακών χαρτογραφικών υποβάθρων, χρήσεων, εγκαταστάσεων, υποδομών, οδικών δικτύων κοινής ωφέλειας και βάσεων δεδομένων με χωρική αναφορά Γ.Π.Σ. για τους παράγοντες χωροθέτησης στον δήμο Αθηναίων. Επίσης δεν κατέστη εφικτό να προσδιοριστούν χωροταξικά κριτήρια που αφορούν τα έκτακτα εμπόδια κατά την διάρκεια της μετάβασης της πυροσβεστικής εξόδου (πχ. σιδηροδρομικά δρομολόγια, τραμ, φανάρια κυκλοφορίας, μποτιλιάρισμα δρόμων σε συγκεκριμένες ώρες) και τα κυκλοφοριακά μέτρα. Επιπρόσθετος ανασταλτικός παράγοντας είναι η πολυπλοκότητα της επεξεργασίας, ταξινόμησης και κατανομής των παραγόντων και κριτηρίων και οι δυσκολίες εφαρμογής επιμέρους μαθηματικών και στατιστικών μεθόδων, όπου απαιτούνται εξειδικευμένα λογισμικά προγράμματα.

Τέλος παράγοντες που δρουν ανασταλτικά στην υιοθέτηση χωροθετικών μοντέλων ή μειώνουν την εκ' των υστέρων χρησιμότητά τους, θεωρούνται οι συνεχείς διοικητικές, χωροταξικές και ρυθμιστικές μεταβολές, η εξέλιξη της τεχνολογίας (αμφίδρομη η σχέση), η μορφές διοίκησης (πχ. αποκεντρωμένη στους δήμους όπως στο εξωτερικό ή κεντροβαρής), οι υφιστάμενες δυνατότητες της υπηρεσίας (στο επιχειρησιακό επίπεδο, σε επίπεδο τεχνογνωσίας, οργάνωσης, καταγραφικών μεθόδων των συμβάντων, κανονισμών λειτουργίας), οι διαθεσιμότητα των οικονομικών πόρων και ασφαλώς η πολιτική βούληση.

Παρά τις δυσκολίες που παρουσιάζονται στην υιοθέτηση και εφαρμογή συγκεκριμένων χωροθετικών μεθόδων, δε θα πρέπει να αγνοείται το γεγονός ότι δύναται να παράγουν έγκυρα και ικανοποιητικά αποτελέσματα, συγκρίσιμα,

αξιολογήσιμα και εφαρμοστέα σε πραγματικές συνθήκες, απαλλαγμένα από υποκειμενικά κριτήρια.

8.2 Η συμβολή της παρούσας εργασίας

Η συμβολή της διπλωματικής εργασίας έγκειται στην διερεύνηση της σημαντικότητας του χωροθετικού στρατηγικού σχεδιασμού των υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης, ως φορείς ασφάλειας του αστικού περιβάλλοντος, σε σχέση με την επιχειρησιακή τους αποτελεσματικότητα. Προκειμένου να αποδοθεί αυτή η σχέση, έγινε αναφορά στην ιστορική αναδρομή, συγκέντρωση, μελέτη, αξιολόγηση και παρουσίαση των κυριότερων θεωρητικών αναφορών για την χωροθέτηση των υπηρεσιών εκτάκτου ανάγκης. Παρουσιάστηκαν οι πρώιμες μέθοδοι, η εξέλιξή τους και οι σύγχρονες μέθοδοι χωροθέτησης. Οι απλές και σύνθετες μεθοδολογίες, οι εφαρμοστέες και μη και αυτές οι οποίες παρήγαγαν ορθολογικά αποτελέσματα. Επιπλέον επιλέχθηκαν και προτάχθηκαν οι αποτελεσματικότερες μέθοδοι ανάλυσης χωροθέτησης για τις υπηρεσίες πυρόσβεσης – διάσωσης. Συνεπώς το πρώτο από τα κενά που προσπαθεί να καλύψει η παρούσα εργασία, είναι η έλλειψη μιας συγκεντρωτικής και ολοκληρωμένης αναφοράς στην διαχρονικά καταγεγραμμένη επιστημονική γνώση καθώς και στους προβληματισμούς και στον τρόπο σκέψης των θεωρητικών που ασχολήθηκαν με το πρόβλημα. Ένα επιπλέον σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι μέσα από τις θεωρητικές αναφορές και από τις περιγραφόμενες περιπτώσεις, αναδεικνύεται η διαφορετικότητα των αστικών συνθηκών διαφόρων χωρών και των αρχών οργάνωσης και λειτουργίας των υπηρεσιών τους (σε μικρότερο βαθμό), καταδεικνύοντας αντίστοιχα την ανάγκη υιοθέτησης διαφορετικών χωροθετικών πολιτικών στον τομέα των υπηρεσιών εκτάκτων αναγκών. Συνεπώς και τα μοντέλα χωροθέτησης των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης επιβάλλεται να ενσωματώνουν αυτές τις διαφοροποιήσεις, ως συστατικά στοιχεία του σύγχρονου αστικού χώρου.

Σημαντική είναι η συμβολή του δεύτερου μέρους της εργασίας, μέσω του οποίου συνάγεται ότι η χωροθέτηση των πυροσβεστικών σταθμών στην χώρα μας γίνεται διαχρονικά, με βάση εμπειρικά δεδομένα και όχι στην βάση μιας συγκεκριμένης μεθοδολογίας και ανάλυσης, με την υιοθέτηση χωροθετικών κριτηρίων και

τεχνικών. Γνωρίζοντας από το πρώτο μέρος ότι η υιοθέτηση ενός ορθολογικού μεθοδολογικά πλαισίου, με παράγοντες και χαρακτηριστικά που εξασφαλίζουν την λειτουργική αποδοτικότητα των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης σε πραγματικές συνθήκες, είναι πλέον απαραίτητη σε αστικά περιβάλλοντα, εξετάζεται σε επίπεδο γεωγραφικής μικροκλίμακας την περίπτωση του δήμου Αθηναίων. Η συγκεκριμένη περιοχή, αποτελώντας ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ελληνικής πόλης, ενσωματώνει πολλές από τις παθογένειες των λεγόμενων σύγχρονων μεγαλουπόλεων. Μέσω αυτής της περιπτώσιολογικής μελέτης, επιτυγχάνονται δύο στόχοι: Πρώτον ανιχνεύονται και καταγράφονται οι παράγοντες και τα χαρακτηριστικά που αντανakλούν τις πραγματικές ανάγκες της περιοχής μελέτης, συνθέτοντας μια πολυκριτηριακή βάση δεδομένων και εξάγοντας χρήσιμα συμπεράσματα, που επηρεάζουν και αλληλεπιδρούν στον σχεδιασμό της χωροθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών. Δεύτερον προτείνεται μια πρωτότυπη μεθοδολογία, υιοθετώντας σε πρώτη φάση μεθόδους πολυκριτηριακής και στατιστικής ανάλυσης για τον χωρικό προσδιορισμό των ζωνών υψηλής πυροσβεστικής επικινδυνότητας. Δομείται το χωροθετικό πρόβλημα και προτείνεται ως αντίστοιχο χωροθετικό μοντέλο επίλυσής του, το μοντέλο του συνόλου κάλυψης. Η σύνθεση των δύο φάσεων μεθοδολογίας και των επιμέρους μεθόδων γίνεται μέσω του προτεινόμενου Συστήματος, Υποστήριξης Χωρικής Απόφασης (Σ.Υ.Χ.Α), με παράλληλη την χρήση του Γ.Π.Σ. και την εφαρμογή του λογισμικού ArcGIS, ως διαχειριστικού εργαλείου για την λειτουργία του συστήματος. Η εφαρμογή του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου στην περίπτωση του δήμου Αθηναίων αλλά και γενικότερα στην χωροθέτηση πυροσβεστικών σταθμών σε άλλες ελληνικές πόλεις, πιθανόν να αποφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα καθώς δεν αποτελεί προϊόν υποκειμενικών κριτηρίων ή τυχαίων επιλογών αλλά παράγωγο χωροθετικής σκέψης, βασιζόμενης στην επιστήμη της χωροθέτησης. Δεδομένης της έλλειψης ολοκληρωμένων χωροθετικών προτάσεων, η συγκεκριμένη εργασία πιθανόν να προσφέρεται ως βάση για την υλοποίηση της ανάγκης υιοθέτησης ενός ενιαίου στρατηγικού χωροθετικού σχεδιασμού για την χωροθέτηση – κατανομή των υπηρεσιών πυρόσβεσης – διάσωσης στην Ελλάδα. Η υιοθέτηση και εφαρμογή χωροθετικών μοντέλων προσανατολισμένων στον εντοπισμό και αποκωδικοποίηση των σχέσεων, που δεν είναι εκ των προτέρων ορατές και

κατανοητές για την επίλυση χωρικών προβλημάτων, μπορεί να αποτελέσει μια αξιόπιστη επιστημονικά πρόταση στην περίπτωση ίδρυσης ή επανίδρυσης των πυροσβεστικών σταθμών και κλιμακίων στην χώρα μας. Περισσότερο δε τούτη την στιγμή ως ένα από τα βήματα που θα ακολουθήσουν την νέα διοικητική αναδιάρθρωση μέσω του Καλλικράτη αλλά και ένεκα των νέων δημοσιονομικών απαιτήσεων.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ανδρικοπούλου Ε., *Πόλη και πολεοδομικές πρακτικές για την βιώσιμη αστική ανάπτυξη*, εκδόσεις Κριτική, Δεκέμβριος 2007, κεφάλαιο 14, σελ. 314-319.

Γραϊκούσης, Γ., Φώτης Γ. Ν., «Χωροθέτηση πυροσβεστικών οχημάτων με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και μεθόδων Τεχνητής Νοημοσύνης», *Τεχνικά Χρονικά*, Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, ΙΙ, τεύχ. 1-2 2005, Tech. Chron. Sci. J. TCG, ΙΙ, Νο 1-2, σελ. 49-50.

Δελλαδέτση Π. Μ, *Οι Ασφαλείς Πόλεις*, εκδόσεις Εξάντας, Αθήνα 2009.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Δήμου Αθηναίων 2007-2010, Α' μέρος Στρατηγικό Σχέδιο, Δ. Αθηναίων Ιούνιος 2008, σελ. 24.

Έκθεση Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας, έτους 2006.

Καραπαναγιώτη Ε., *Συνδυασμός Γ.Π.Σ. και μαθηματικού προγραμματισμού για την χωροθέτηση εμπορικών επιχειρήσεων* (2008), Μ.Β.Α., Πανεπιστήμιο Πατρών, σ.σ. 9-21.

Κονδύλο Π.Ν, *Πολυκριτηριακή ανάλυση και Χωροθέτηση τραπεζικών καταστημάτων*, ΜΒΑ, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2009, σελ. 9-11.

Κοντός Θ., Χαλβαδάκης Κ., Σουλακέλης Ν., «Δημιουργία Ολοκληρωμένου Χωρικού Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων για την Χωροθέτηση ΧΥΤΑ: Η περίπτωση της νήσου Λήμνου», Ε3Κ226, *Πανεπιστήμιο Αιγαίου*.

Κουτσόπουλος Κ. (1990), *Γεωγραφία: Μεθοδολογία και μέθοδοι ανάλυσης χώρου*, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία, σελ. 434.

Κουτσόπουλος Κ. (1981), «Οι Γεωγραφικές Μέθοδοι των Χωροθετήσεων-Κατανομών σε Περιφερειακή Ανάπτυξη», *Τεχνικά Χρονικά*, 1, 25-48.

Κωστάκη Χ. (2007), *Μέθοδοι εισαγωγής και επίδραση των νέων τεχνολογιών και της πληροφορικής σε μονάδες υγείας*, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πάτρας.

Μεγαλοκονόμος Γ. Χ. (1997), *Το Ανάστροφο Πρόβλημα των Διάκεντρων με Περιορισμούς Χωρητικότητας – Εφαρμογή στην χωροθέτηση των Κέντρων Υγείας*, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών, Πάτρα.

Μητρόπουλος Π.Α (2007), *Πολυκριτηριακή Ανάλυση στην λήψη Αποφάσεων για την χωροθέτηση εγκαταστάσεων και την κατανομή πόρων*, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Περάκης Κ., Φαρασλής Γ., «Εφαρμογές τηλεπισκόπησης στην ανάλυση και την διαχείριση του δομημένου και του υπαίθριου χώρου», *Δεκαεπτά κείμενα για τον σχεδιασμό τις πόλεις και την ανάπτυξη*, συλλογικός τόμος, *Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας* Βόλος 2000, σ.σ. 427-441.

Περιφερειακή Διοίκηση Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Αττικής, (2009).

Πολύζος Ι. (ΕΜΠ) κ.α, *Πληθυσμιακές μεταβολές και πολεοδομικές ανακατατάξεις στην Μητροπολιτική Αθήνα στο διάστημα 1991-2001*, στο Συνέδριο: «Πληθυσμιακές τάσεις και προοπτικές: Ελλάδα και Ευρωπαϊκή Ένωση», Κέντρο Έρευνας της Ελληνικής Κοινωνίας – Ακαδημία Αθηνών Ελληνική Εταιρεία Δημογραφικών Μελετών Αθήνα, 13-14 Μαρτίου 2009, σελ. 3.

Πόρισμα Ειδικής Μόνιμης Επιτροπής Προστασίας Περιβάλλοντος, *Ανασυγκρότηση των πόλεων – Ιστορικό Κέντρο της Αθήνας*, Αθήνα Μάρτιος 2010, σελ. 5.

Σαπουντζακη Κ., *Το αύριο εν κινδύνο*, εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 2007.

Σατρατζέμη Α.Μ. (1991), *Επίλυση Προβλημάτων Χωροθέτησης Κέντρων Παροχής Υπηρεσιών σε Δίκτυα*, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.

Φραντζεσκάκης Ι κ.α (1986), «Σχεδιασμός των μεταφορών και κυκλοφοριακή τεχνική», τόμος 1, Γ έκδοση, Θεσσαλονίκη, *Παρατηρητής και Φραντζεσκάκης Ι*.

Φραντζεσκάκης Ι κα., (1997), *Διαχείριση κυκλοφορίας*, Αθήνα 1997, εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Χατζηθωμά Α., *Η Σχέση της Ανάλυσης Χωροθέτησης με τους Αλγορίθμους Ομαδοποίησης*, Μαθηματικά των Υπολογιστών και των Αποφάσεων, Τμήμα Μαθηματικού και Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πατρών.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Al Garni M.A, (1996), «Urban photogrammetric data base for multi-purpose cadastral – based information system: The Riyadh city case», *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 51, pp. 28-38.

Bapna R., Thakur L.S., Nair S.K. (2002), «Infrastructure development for conversion to environmental friendly fuel», *European Journal of Operational Research*. 142, pp.: 480-496.

Barbaros C., Tansel B., Francis R., Lowe T (1983), «Location on Networks: A Survey. Part I: The P-Center and P-Median Problems», *Management Science*, 29, 482- 497.

Batta, R., and Mannur, N., (1990), «Covering-location models for emergency situations that require multiple response units», *Management Science*, vol. 36-1, p.p.: 16-23.

Baumgardner et all (1999), «Automatic road extraction based on multi-scale, Grouping and Context», Vol 65, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 65, No 7, pp. 777-785.

Chapman, S. and J. White (1974), «Probabilistic Formulations of Emergency Service Facilities Location Problems», *Paper presented to the ORSA/TIMS Conference*, San Juan, Puerto Rico.

Chelst, K., and Barlach, Z., (1981), «Multiple unit dispatches in emergency services: models to estimate system performance», *Management Science*, vol. 27-12, pp.: 1390-1409.

Chevalier P., T. Isabelle, G. David, G. Els, J. Olivier, P. Dominique, F. Plastria (2006), «Locating fire stations in Belgium: An integrated GIS approach», p.p.: 1-15.

Christofides N., Viola P (1971), «The Optimum Location of Multi-Centers on a Graph», *Operational Research Quarterly*, Vol. 22, No 2, 145-154.

Christofides N (1975), «Graph Theory an Algorithm Approach», *Academic Press S.L.*

Church R (1984), «The Planar Maximal Covering Location Problem. Symposium on Location Problems: in Memory of Leon Cooper», *Journal of Regional Science*, 24, p.p.:185-201.

Church R., C. Re Velle (1974), «The Maximal Covering Location Problem», *Papers of the Regional Science Association*, 32.

Church R, C. Re Velle (1976), «Theoretical and Computational Links Between the P- Median Location Set Covering and the Maximal Covering Location Problem», *Geographical Analysis*, 8, p.p.: 406-415.

Daskin, M. (1983), «A Maximum Expected Covering Location Model: Formulation, Properties and Heuristic Solution», *Transportation Science*, 17.

Daskin, M., and Stern, E., (1981), «A hierarchical objective set covering model for emergency medical service vehicle deployment.», *Transportation Science*, vol. 15, pp.: 137-152.

Dee N., Liebman J, (1972), «Optimal Location of Public Facilities», *Naval Research Logistics Quarterly*, 19, p.p.: 753-759.

Eiselt, H.A., Laporte, G. (1995). «Objectives in location problems». In: Drezner, Z. (ed.). *Facility location: A survey of applications and methods*, Springer-Verlag, pp.: 151-180.

Erkut, H. and Polat, S., (1992), «A simulation model for an urban fire fighting system.», *OMEGA*, vol. 20-4, p.p.: 535-542.

ESRI, *GIS Technology and Applications for the Fire Service*, in ESRI White Paper , March 2006.

ESRI, *GIS For Fire Station Locations and Response Protocols*, in ESRI White Paper January 2007, p.p. 9-10.

Garfinkel R.S., Neebe A.W., Rao M.R. (1977), «The M-Center Problem: Minimax Facility Location», *Management Science*, Vol. 23, No 10, 1133-1142.

Gen M., Zhou G., Min H., (2002), «The balanced allocation of customers to multiple distribution centers in the supply chain network: a genetic algorithm approach», *Computers Ind. Egging*, 43,p.p. 251-261, Elsevier Science Ltd.

Gendreau, M., Laporte, G., and Semet, F. (2001), «A dynamic model and parallel tabu search heuristic for real-time ambulance relocation.», *Parallel Computing*, vol. 27, pp.: 1641-1653.

Ghosh, A., McLafferty, S., Craig, C.S (1995), «Multifacility Retail Networks», pp.: 301-330, Drezner, Z. (ed.), *Facility location: A survey of applications and methods*, Springer-Verlag.

Goldberg Jeffrey B (January -March 2004), «Operations Research Models for the Deployment of Emergency Services Vehicles», *EMS Management journal*, volume 1 number 1.

Goldberg, J., Dietrich, R., Chen, J., Mitwasi, G., Valenzuela, T., and Criss, L., (1990a), «A Simulation Model for Evaluating a Set of Emergency Vehicle Locations: Development, Validation, and Usage», *Society-Economic Planning Sciences*, vol. 24, p.p.: 125-141.

Goldman A.L (1969), «Optimal Locations for Centers in a Network», *Transportation Science*.

Goldman A.L. (1971), «Optimal Center Location in Simple Network», *Transportation Science* Vol. 5, 212-221.

Gong, D., Gen, M., Yamazaki, G., Xu, W., (1997), Hybrid evolutionary method for capacitated location-allocation problem.», *Computers in Industrial Engineering*, 33 (3–4), p.p.: 577–580.

Guerrero F., Lozano S., Onieva L., Larraneta J., (1998), «Kohonen maps for solving a class of location allocation problems», *European Journal of Operational Research*, 108, pp.106-117.

Hakimi S.L. (1964), «Optimum Location of Switching Centers and Absolute Centers and Medians of a Graph», *Operations Research*, 12, p.p.: 450-459.

Hogan, K., C. ReVelle. (1986), «Concepts and Applications of Backup Coverage», *Management Science*, 32, p.p.:1434.

Houck R., Joines A., Kay G, (1996), «Comparison of genetic algorithms, random restart and two opt-switching for solving large location allocation problems», *Computers and Operations Research*, 23, pp. 587-596.

Jayaraman, V., and Stinastava, R. (1995), «A service logistics model for simultaneous siting of facilities and multiple levels of equipment», *Computers and Operations Research*, vol. 22-2, pp.: 191-204

Larson, R., (1974) «A Hypercube Queuing Model for Facility Location and Redistricting in Urban Emergency Services», *Computers and Operations Research* 1: 67.

Love R., Morris J., Wesolowsky G. (1998), «Facilities Locations Models and Methods», North Holland.

Margaret L, Brandeau and Samuels Chiu, «An Overview of representative problems in location research», *Management Science*, Vol. 35, No. 6, June 1989, p. 645.

Marianov V, ReVelle C.S, «Siting Emergency Services. Facility Location: A Survey of Applications and Methods».

Marsh, M., and Schilling, D., (1994), «Equity Measurement in Facility Location Analysis: A Review and Framework», *European Journal of Operational Research*, vol. 74-1, pp. 1-17.

Minieka E. (1970), «The M-Center Problem», *SIAM Review*, Vol.12, No 1, p.p.: 138-139.

Owen S.H., Daskin M.S. (1998), «Strategic Facility Location: A review», *European Journal of Operations Research III*, p.p.: 423-447.

Peeters D, Thomas I. (2001), «Localisation des services publics: de la théorie aux applications» in Sanders (ed.), *Les modèles en analyse spatiale, collection IGAT*, Hermès-Science Publications, Paris, pp.105-127.

Pidd, M. (1998), *Computer simulation in Management Science*, Wiley.

Pritsker, A.A.B and O' Reilly, J.J. (1996), «Awesome: the integrated simulation system.», *Proc. of the Simulation Conference*, pp.: 249-256.

Rahman Shams-ur, David K. Smith (2000), «Use of location-allocation models in health service development planning in developing nations», *European Journal of Operational Research*, p.p.: 437-452.

Repede, J., and Bernardo, J., (1994), «Developing and validating a decision support system for locating emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky», *European Journal of Operational Research*, vol. 75-3, pp.:567-581.

Re Velle C., Eiselt H.A. (2005), «Location Analysis: A Synthesis and Survey», *European Journal of Operational Research*, 165, pp.: 1-19.

Re Velle C., «Siting Ambulances and Fire Companies. New tools for Planners», *Journal of the American Planning Association*, p.p.: 472-473.

Re Velle C et all (1977), «Facility Location: A Review of Contect – free E.M.S. Models», *Health Service Research*, pp. :136-137.

Re Velle C and Snyder, S, (1995), «Integrated fire and ambulance siting: A Deterministic Model», *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 29-4, pp.: 261-271

ReVelle, C., Schweitzer, J., and Snyder, S. (1996), «The maximal conditional covering problem», *INFOR*, vol. 34-2, pp.:77-91.

Saaty T., (1980): «The Analytic Hierarchy Process», *McGraw-Hill*, USA.

Saaty T.L ,(1990), «Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process», *RSW Publications*.

Saaty T.L. ,(1999), «The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process», *ISAHP* August 1999, Kobe Japan.

Sakawa, M., Kato, K., Sunada, H., Shibano, T., (1997), «Fuzzy programming for multiobjective 0–1 programming problems through revised genetic algorithms», *European Journal of Operational Research*, 97, p.p.:149–158.

Saunders et all (1997), «Research Methods for Business Students», London, *Pitman Publishing*, p.p 159-164.

Seppala, U (1997), «An Evolutionary Model for Spatial Location of Economic Facilities», Interim Report IR - 97- 003, *International Institute for Applied Systems Analysis*.

Schilling D.A., Jayaraman V., Barkhi R (1993), «A Review of Covering Problems in Facility Location», *Location Science*, I, 1, p.p.:25-55.

Schilling, D.A., (1980), «Dynamic location modelling for public-sector facilities: A multi-criteria approach», *Decision Sciences*, vol. 11, pp. 714-724.

Schilling, D.A, ReVelle, C., Cohen, J. and Elzinga, D., (1980), «Some models for fire protection locational decisions», *European Journal of Operational Research*, vol. 5-1, pp. 1-7.

Schreuder J., (1981), «Application of a location model to fire stations in Rotterdam», *European Journal of Operational Research*, 6, Received November 1979 - Revised January 1980, p.p.: 212- 219.

Storbeck, J and. Vohra R, (1988), «A Simple Tradeoff Model for Maximal and Multiple Coverage», *Geographical Analysis* , 20, p.220.

Swain R. (1974), «A Parametric Decomposition Approach for the Solution of Uncapacitated Location Problems», *Management Science*, 21, p.p.: 189-198.

Tonjes P, et all (1999), «Knowledge Based Interpretation of Remote Sensing Images Using Semantic Nets», *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol 65, No 7 , pp. 811-821.

Toregas C., Swain R., Revelle C., Bergman L, (1971), «The Location of Emergency Service Facilities», *Operations Research*, 19, 1363-1373.

Wang D et all, (1996), «L' extraction du reseau routier urbain a partir d' image» SPOT HRV, *International journal of Remote Sensing*, vol. 17, No 4, 827-833.

White J. A., Case K.E., (1974), «On Covering Problems and the Central Facility Location Problem». *Geographical Analysis* 6, p.p.:281-293.

Wilson D., Corcoran J., Lewis M., (2001), «Data clustering and rule abduction to facilitate crime hot spot prediction», Fuzzy Days 2001, LNCS 2006,. *Springer Verlag*, pp. 807-821.

Winter Krah, D. (1996), «Modeling with 'Extend'» Proc. of the 1996 *Winter Simulation Conference*, pp.: 188-195.

Yanga L, Bryan Jones F, Yang Shuang – Hua, (2007), «A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire station locations through genetic algorithms», *European Journal of Operational Research*, 181, 904–905.

Yoon K., Hwang C.L, (1995): «Multiple Attribute Decision Making: An Introduction» *Sage Publications Inc*, UK.

Yu Yan, Guo Qingsheng, Tang Xinming,, «Gradual optimization of urban fire station locations based on geographical network model», *School of Resource and Environment Science – China, School of Resource and Environment Engineer – China, Chinese Academy of Surveying and Mapping – China*.

Zaki, A., Cheng, H., and Parker, B., (1997), «A simulation model for the analysis and management of an emergency service system», *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 31-3, pp.173-189.

Zografos K.G., Cromley R, Levinson H.S. (1991), «Multiobjective Hierarchical Model For Locating Public Facilities on Transportation Network: A Goal 140 Programming Approach», *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 25, No 3, 329-355.

Zografos K.G., Samaras S (1989), «Combined Location-Routing Model For Hazardous Waste Transportation and Disposal», *Transportation Research Record*, No 1245, 52-59.

Δικτυακές Πηγές – Ηλεκτρονικές Βάσεις δεδομένων

Ιστοσελίδα του ESRI: <http://www.esri.com>

Ιστοσελίδα του Google: <http://www.Google.com>

Ιστοσελίδα της Wikipedia: <http://el.wikipedia.org/wiki>

Ιστοσελίδα της εφημερίδας Έθνους: <http://www.e-go.gr>

Ιστοσελίδα της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας: <http://www.fireservice.gr>.

Ιστοσελίδα της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας: <http://www.psnet.gr>

Εγκύκλιοι

Εγκύκλιος υπ' αριθμ. 4, «Περί στέγασης των Υπηρεσιών του Πυροσβεστικού Σώματος και τρόπου τήρησης των βιβλίων Μητρώου κτιριακών εγκαταστάσεων», Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος, Σεπτέμβριος 2005, σελ. 1-2.

Εφημερίδες

Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας αριθ. L 189 της 29/07/2003 σ. 0049 – 0051.

Έθνος on line, στο φύλλο της 19-8-2010.

Νομοθετήματα

Π.Δ. 210/16.6.1992 (ΦΕΚ - 99 Α'): «Κωδικοποίηση διατάξεων Προεδρικών Διαταγμάτων του Κανονισμού Εσωτερικής Υπηρεσίας του Πυροσβεστικού Σώματος».

Άρθρο 18 του Ν. 4661/1930 (ΦΕΚ. 135).

Άρθρο 22 του Ν. 6015/1934 (ΦΕΚ 154).

Ν.1515/1986 «Το Ρυθμιστικό Σχέδιο της Αθήνας».

Άρθρο 2 του Ν. 1590/1986 (ΦΕΚ. 49).

Άρθρο 41 (Π.Δ. 8/1991) «Τάξη κατά τη μετάβαση στον τόπο του συμβάντος».

Άρθρο 11 του Ν. 3481/2006 (ΦΕΚ162 Α/2.8.2006) «περί τροποποιήσεων στη νομοθεσία για το Εθνικό κτηματολόγιο, την ανάθεση και εκτέλεση συμβάσεων έργων και μελετών και άλλες διατάξεις».

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Μαθηματική Διατύπωση 1.1

Κλασσική Ευκλείδειος Μετρική Απόσταση

Η κλασσική ευκλείδειος μετρική απόσταση εκφράζεται μέσω της ευκλείδειας μετρικής συνάρτησης που μετράει την απόσταση:

α) $\sqrt{(p_x - q_x)^2} = |p_x - q_x|$, για μία διάσταση (δηλαδή για δύο μονοδιάστατα σημεία, $P = p(x)$ και $Q = q(x)$).

β) $\sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_y - q_y)^2}$, για δύο διαστάσεις (δηλαδή για δύο δισδιάστατα σημεία στο επίπεδο, $P = (p_x, p_y)$, $Q = (q_x, q_y)$).

όπου x, y δύο διανύσματα του n -διάστατου διανυσματικού χώρου.

Η γενική της μορφή είναι $d_{ij} = [(a_i - a_j)^2 + (b_i - b_j)^2]^{1/2}$

Όπου: d_{ij} η απόσταση μεταξύ του χρήστη i και του κέντρου παροχής πυροσβεστικών υπηρεσιών j και a_i, a_j, b_i, b_j , οι συντεταγμένες του χρήστη i και του κέντρου παροχής πυροσβεστικών υπηρεσιών j .

Μαθηματική Διατύπωση 1.2

Παραλληλογραμμική συνάρτηση ή Manhattan μετρικού συστήματος

Η παραλληλογραμμική συνάρτηση ή Manhattan μετρικού συστήματος εκφράζεται μέσω της συνάρτησης: $d_{ij} = |a_i - a_j| + |b_i - b_j|$

Όπου: d_{ij} η απόσταση μεταξύ του χρήστη i και του κέντρου παροχής πυροσβεστικών υπηρεσιών j και a_i, a_j, b_i, b_j , οι συντεταγμένες του χρήστη i και του κέντρου παροχής πυροσβεστικών υπηρεσιών j .

Μαθηματική Διατύπωση 2.1

Πρόβλημα P- Διακέντρων

Για τη μαθηματική τυποποίηση του προβλήματος των P-Διακέντρων (P-center) ορίζουμε τα εξής:

Το πρόβλημα P-Διακέντρων μπορεί να μοντελοποιηθεί ως 0-1 πρόβλημα Γραμμικού Προγραμματισμού ως εξής:

$$\min z = \max_i \sum_j w_i d_{ij} x_{ij}$$

υπό τους περιορισμούς:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1. & \text{αν ο κόμβος } j \text{ είναι κέντρο παροχής υπηρεσιών} \\ 0. & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

Όπου:

w_i : η ζήτηση του χρήστη i

d_{ij} : απόσταση μεταξύ του χρήστη i και του κέντρου j

x_{ij} : ποσοστό κάλυψης ζήτησης του χρήστη i από το κέντρο j

i : θέση χρήστη

j : πιθανή θέση κέντρου παροχής υπηρεσιών

Μαθηματική Διατύπωση 2.2

Πρόβλημα Συνόλου Κάλυψης

Για τη μαθηματική τυποποίηση του προβλήματος Συνόλου Κάλυψης (Set Covering) ορίζουμε τα εξής:

Είσοδοι:

a_{ij} : παίρνει την τιμή 1 αν η υποψήφια θέση j μπορεί να καλύψει την ζήτηση i

f_j : το σταθερό κόστος τοποθέτησης ενός κέντρου παροχής υπηρεσιών στον κόμβο j .

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{αν τοποθετήσουμε το κέντρο παροχής υπηρεσιών στην πιθανή θέση } j. \\ 0, & \text{διαφορετικά} \end{cases}$$

Έτσι, βάσει των πιο πάνω συμβολισμών, το πρόβλημα του Συνόλου Κάλυψης τυποποιείται ως εξής:

$$\text{MINIMIZE} \quad \sum_j f_j X_j \quad (1)$$

$$\text{υπό τους περιορισμούς:} \quad \sum_j a_{ij} X_j \geq 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$X_j = 0, 1 \quad \forall j \quad (3)$$

Η αντικειμενική συνάρτηση (1) περιγράφει την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους τοποθέτησης των πυροσβεστικών σταθμών που έχουν επιλεγεί. Ο περιορισμός (2) απαιτεί ότι κάθε ζήτηση i να καλύπτεται από ένα τουλάχιστο πυροσβεστικό σταθμό. Η ανωτέρω τυποποίηση δεν κάνει διαχωρισμό ανάμεσα στους κόμβους και το μέγεθος της ζήτησης. Κάθε κόμβος, είτε περιλαμβάνει έναν απλό πελάτη είτε ένα μεγάλο τμήμα της ολικής ζήτησης, πρέπει να επικαλυφθεί με μια ειδική απόσταση ανεξάρτητα από το κόστος. Αν η επικαλυπτόμενη απόσταση S είναι μικρή, όσο αφορά την διάταξη των κόμβων ζήτησης, η περιγραφή της επικάλυψης μπορεί να αναφέρεται σε ένα μεγάλο αριθμό πυροσβεστικών σταθμών, οι οποίοι θα τοποθετηθούν. Επιπροσθέτως αν ο πιο απομακρυσμένος κόμβος έχει μικρή ζήτηση, ο λόγος κόστος / όφελος της απαιτούμενης κάλυψης μπορεί να μεγαλώσει πολύ.

Μαθηματική Διατύπωση 2.3

Πρόβλημα Μέγιστης Κάλυψης

Για τη μαθηματική τυποποίηση του *προβλήματος Μέγιστης Κάλυψης* ορίζουμε τα εξής και μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

Να χωροθετηθούν P -κέντρα παροχής υπηρεσιών σε σημεία ενός δικτύου, έτσι ώστε το μέγιστο μέρος (όχι το σύνολο) του πληθυσμού / χρηστών να βρίσκεται μέσα σ' ένα ορισμένο χρόνο ή απόσταση. Το πρόβλημα αυτό τυποποιείται μαθηματικά ως εξής:

Ορίζουμε:

h_i : η ζήτηση / απαίτηση του πελάτη στον κόμβο i

P : ο αριθμός των κέντρων παροχής υπηρεσιών που θα τοποθετηθούν

Οι μεταβλητές απόφασης (decision variables) είναι οι εξής:

$$Z_i = \begin{cases} 1, & \text{αν ο κόμβος } i \text{ είναι επικαλυμμένος.} \\ 0, & \text{διαφορετικά.} \end{cases}$$

Βάσει των πιο πάνω συμβολισμών, το πρόβλημα Μέγιστης Κάλυψης τυποποιείται ως εξής:

$$\text{MAXIMIZE} \quad \sum_i h_i Z_i \quad (4)$$

$$\text{υπό τους περιορισμούς:} \quad Z_i \leq \sum_j a_{ij} X_j \quad \forall i \quad (5)$$

$$\sum_j X_j \leq P \quad (6)$$

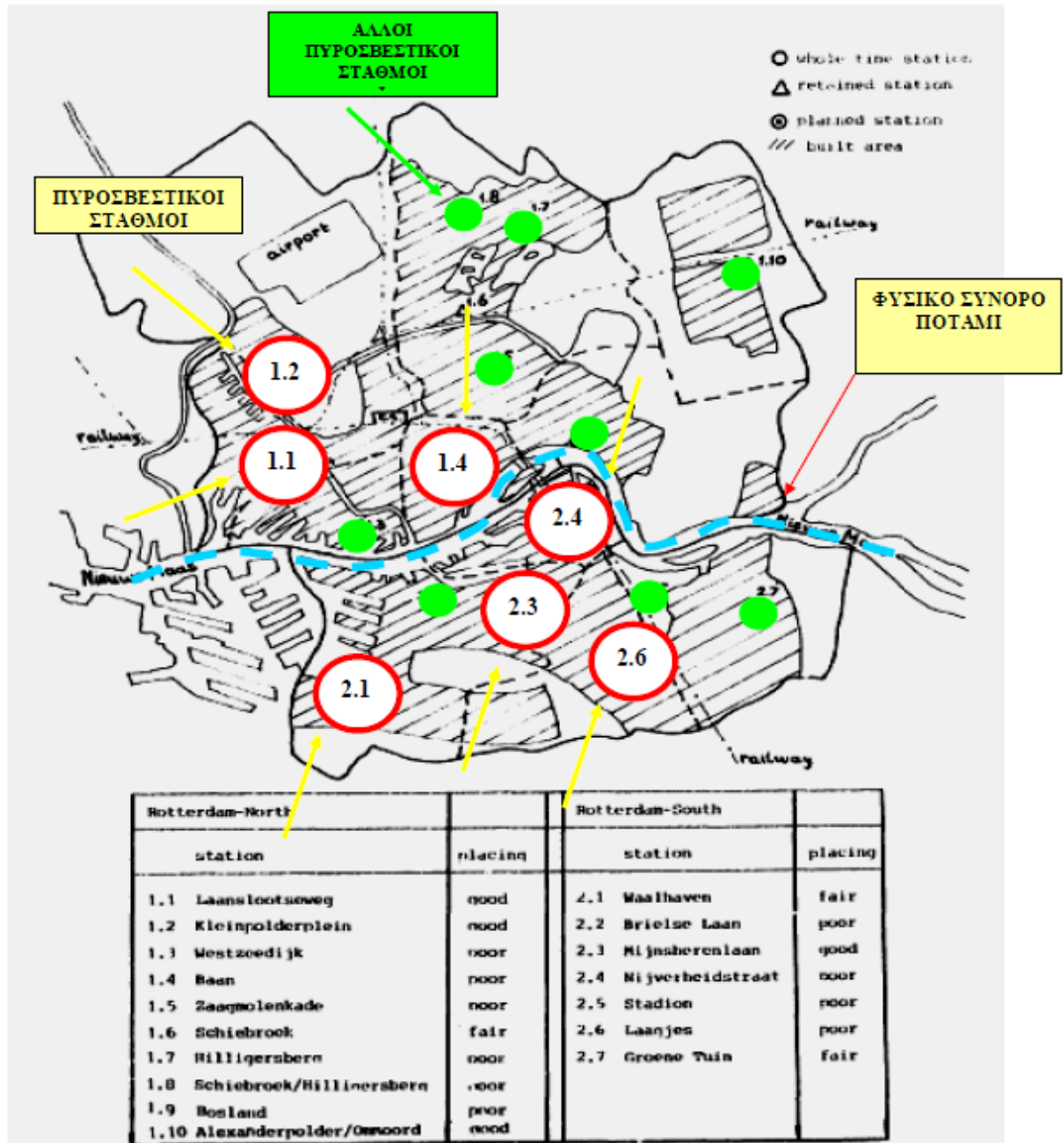
$$X_j = 0,1 \quad \forall j \quad (7)$$

$$Z_i = 0,1 \quad \forall i \quad (8)$$

Η αντικειμενική συνάρτηση (4) περιγράφει την μεγιστοποίηση του ποσού απαίτησης (ζήτησης) που καλύπτεται. Ο περιορισμός (5) καθορίζει ποιοι κόμβοι ζήτησης καλύπτονται μέσα στην αποδεκτή απόσταση υπηρεσιών. Κάθε κόμβος i μπορεί να θεωρηθεί επικαλυμμένος (με $Z_i = 1$) εάν υπάρχει κάποιος πυροσβεστικός σταθμός ο οποίος να βρίσκεται επί κάποιου τόπου j που είναι μέσα στο S_i , το δεξί μέλος του περιορισμού (5) είναι μηδέν, αναγκάζοντας κατά συνέπεια το Z_i να μηδενιστεί. Ο περιορισμός (6) καθορίζει ότι δεν μπορούμε να τοποθετήσουμε περισσότερους από P πυροσβεστικούς σταθμούς. Οι περιορισμοί (7) και (8) είναι οι περιορισμοί για τις μεταβλητές της απόφασης.

Χάρτης 3.1

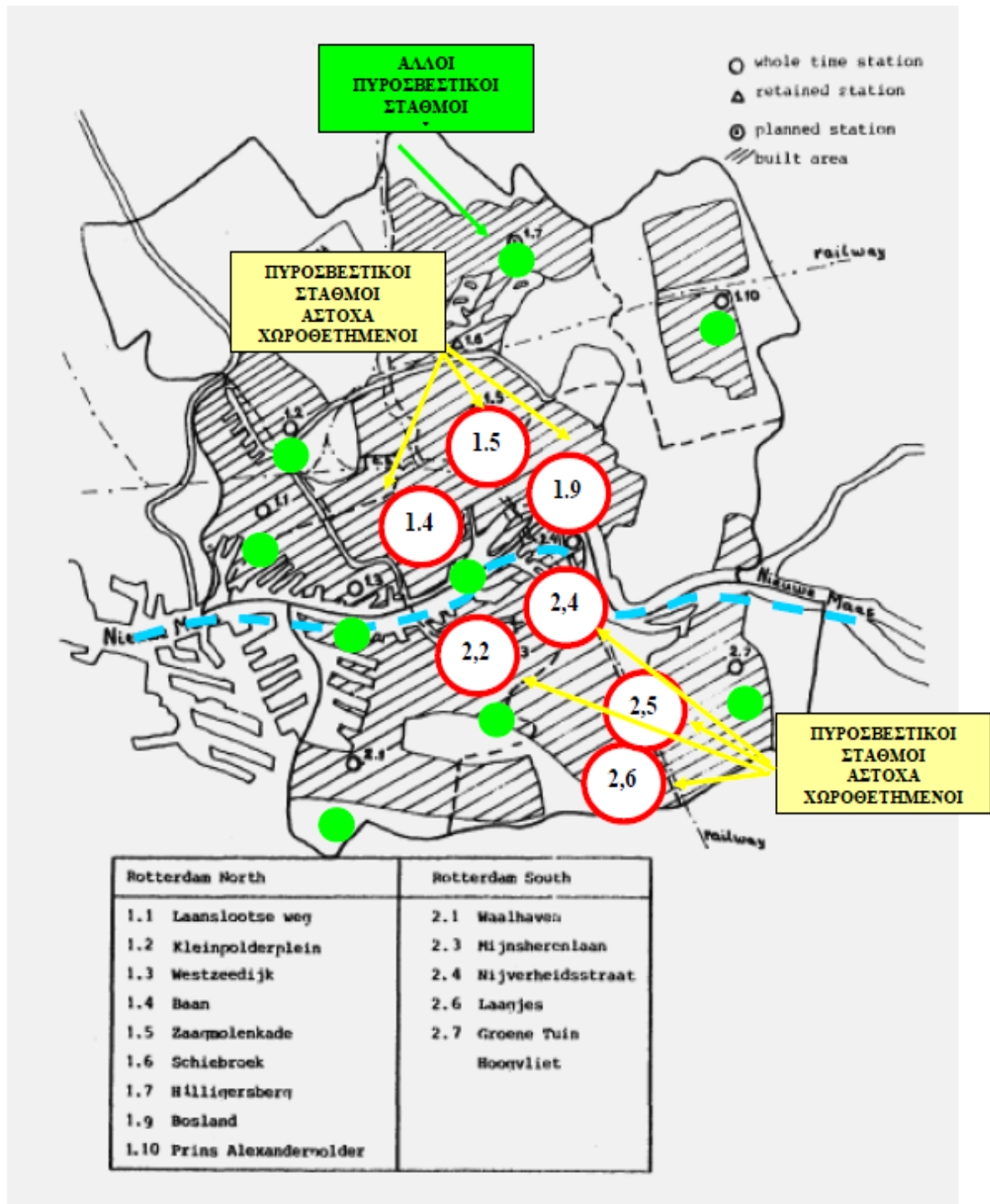
Χωροθέτηση Π.Σ. στο Ρότερνταμ το 1974



Πηγή: SCHREUDER J.A.M., «Application of a location model to fire stations in Rotterdam», *European Journal of Operational Research*, 6 (1981), Received November 1979 - Revised January 1980

Χάρτης 3.2

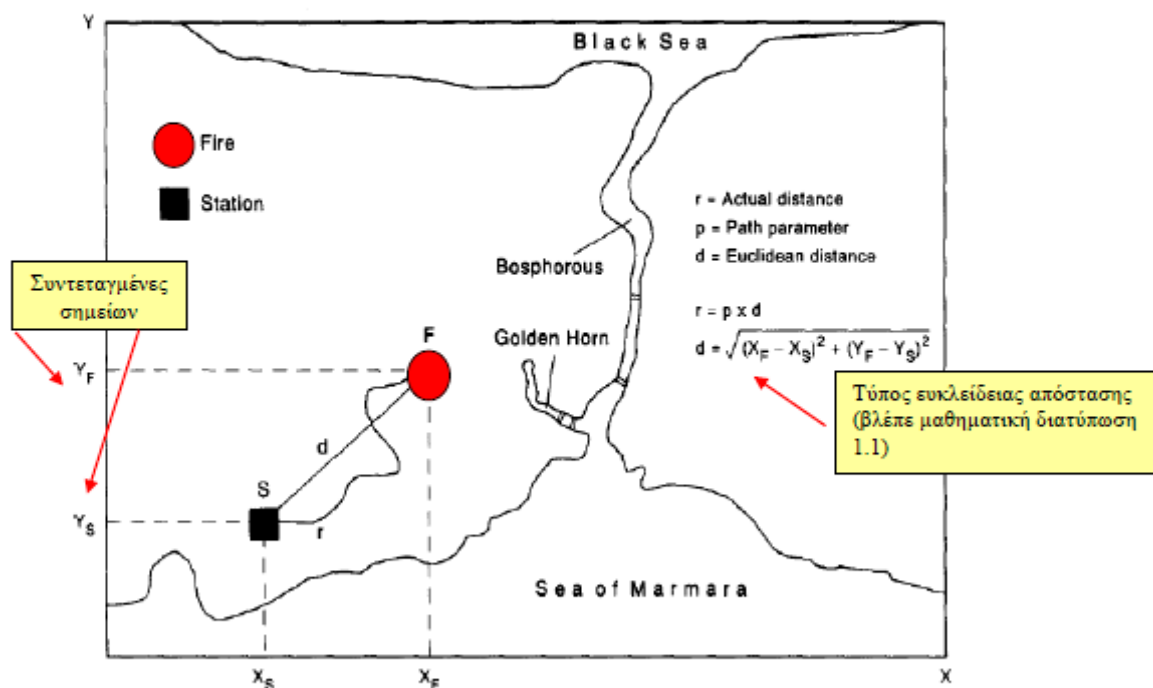
Χωροθέτηση Π.Σ. στο Ρότερνταμ το 1974



Πηγή: SCHREUDER J.A.M., «Application of a location model to fire stations in Rotterdam», *European Journal of Operational Research*, 6 (1981), Received November 1979 - Revised January 1980

Μαθηματική Διατύπωση 3.1

Υπολογισμός πραγματικής απόστασης μεταξύ δυο σημείων



Πηγή: Erkut, H. and Polat, S., 1992, «A simulation model for an urban fire fighting system»,
OMEGA, vol. 20-4

Η παράμετρος διαδρομής (P) είναι ένας συντελεστής για να βρεθεί η πραγματική απόσταση μεταξύ δύο σημείων (στον χάρτη) και υπολογίζεται διαιρώντας την r (πραγματική απόσταση) / d (ευκλείδεια απόσταση) μεταξύ των δύο σημείων (F, S). Για την Κων/πολη αυτός ο συντελεστής είναι 1,6.

Πίνακας 3.1

Ταχύτητα Πυροσβεστικών Οχημάτων (μέτρα ανά λεπτό) κατανεμημένη ανά ημέρες και ώρες

Speed of fire vehicle (m per min)															
Time interval	Monday		Tuesday		Wednesday		Thursday		Friday		Saturday		Sunday		
	Lower limit	Upper limit	Lower limit	Upper limit	Lower limit	Upper limit	Lower limit	Upper limit	Lower limit	Upper limit	Lower limit	Upper limit	Lower limit	Upper limit	
1 - 3	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	
3 - 5	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	
5 - 7	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	
7 - 9	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	
9 - 11	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	
11 - 13	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	
13 - 15	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	
15 - 17	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	850	1200	
17 - 19	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	
19 - 21	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	500	850	
21 - 23	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	
23 - 1	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500	

Πηγή: Erkut, H. and Polat, S., 1992, «A simulation model for an urban fire fighting system», *OMEGA*, vol. 20-4

Πίνακας 3.2

Μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος απόκρισης ανά κατηγορία πυρκαγιάς και τύπου οχημάτων

Table 1. Maximum allowable travelling time			
Risk classification	Maximum allowable travelling time (min)		
	Team I	Team II	Team III
A	5	5	8
B	5	8	10
C	8	10	
D	10	15	

Πηγή: Erkut, H. and Polat, S., 1992, «A simulation model for an urban fire fighting system», *OMEGA*, vol. 20-4

Διαγράμματα 3.1 & 3.2

(για SP=T, PP=1,6)

Διαγράμματα 3.3 & 3.4

(για SP=T, PP=2)

Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος βάση του μέσου χρόνου διαδρομής (ATT) και του αριθμού των καθυστερημένων αφίξεων (NI)

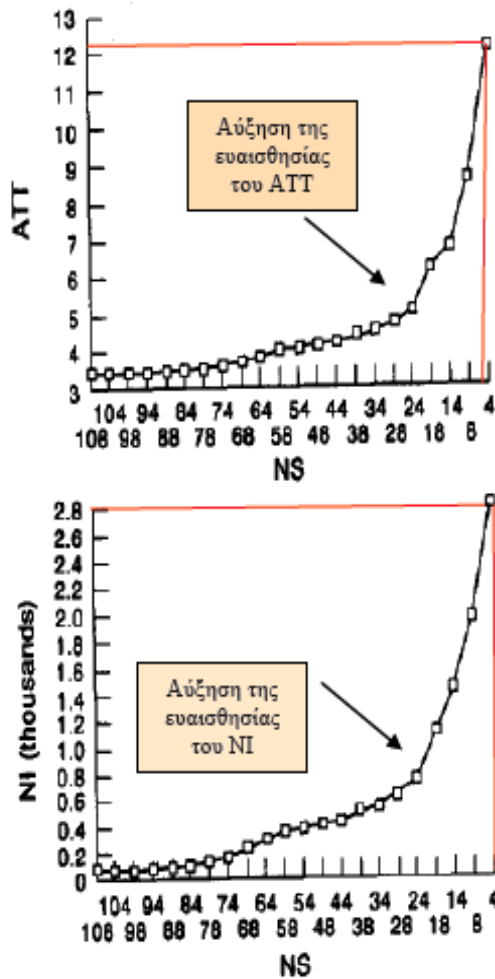


Fig. 6. Case 1.

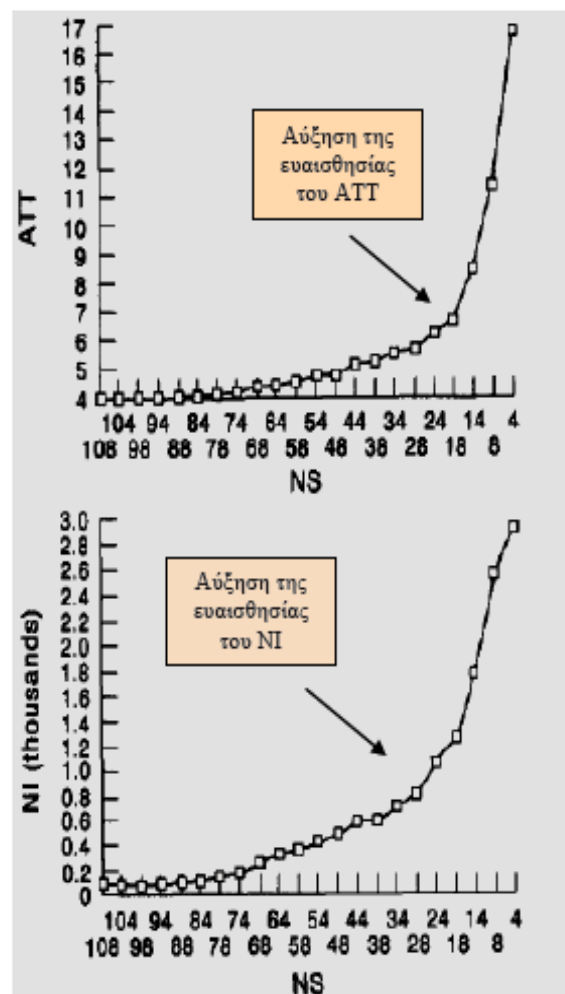


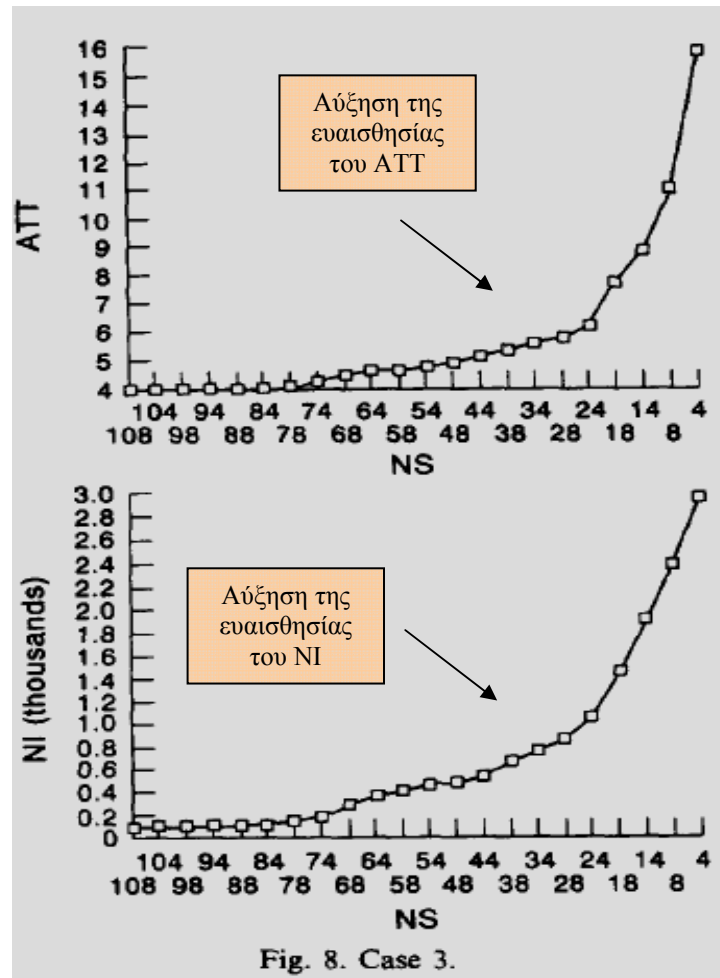
Fig. 7. Case 2.

Πηγή: Erkut, H. and Polat, S., 1992, «A simulation model for an urban fire fighting system», *OMEGA*, vol. 20-4.

Διαγράμματα 3.5 & 3.6

(SP=0,8, PP=1,6)

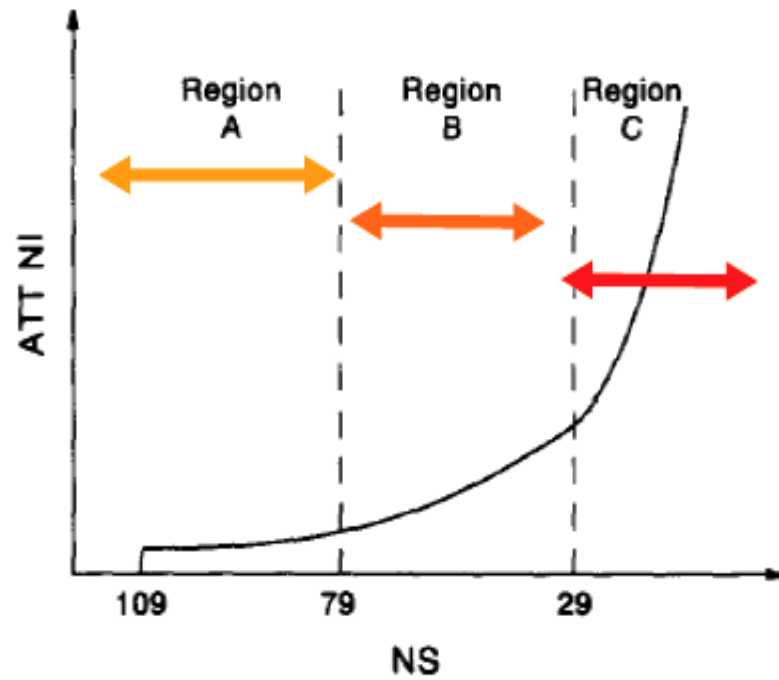
Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος βάση του μέσου χρόνου διαδρομής (ATT) και του αριθμού των καθυστερημένων αφίξεων (NI)



Πηγή: Erkut, H. and Polat, S., 1992, «A simulation model for an urban fire fighting system», *OMEGA*, vol. 20-4.

Διάγραμμα 3.7

Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος στις μεταβολές
του αριθμού των Π.Σ.

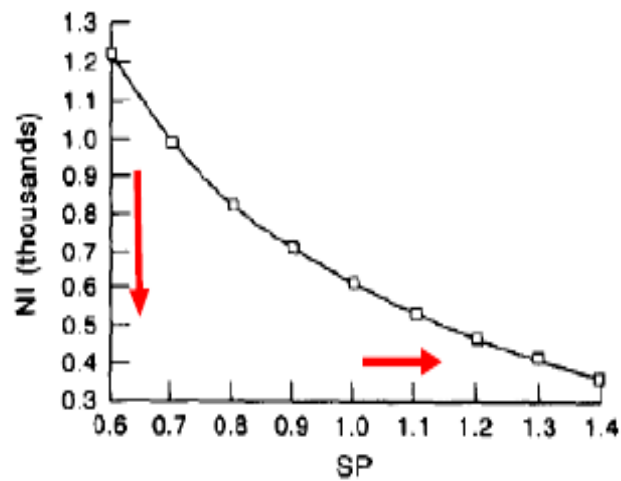
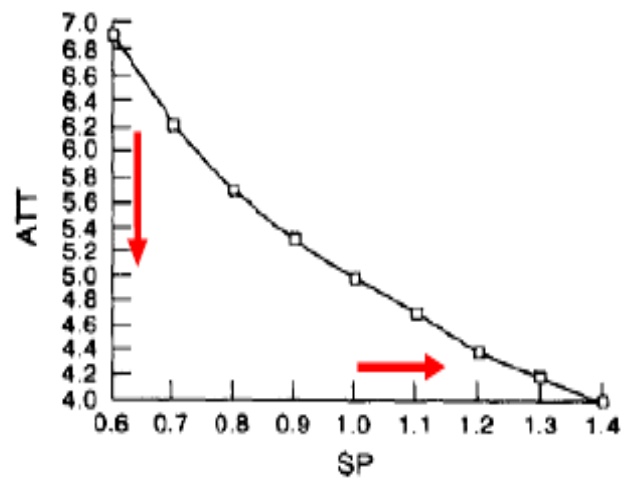


-  Χαμηλά επίπεδα ευαισθησίας της επιχειρησιακής ικανότητας στην μείωση των Π.Σ.
-  Αυξητικά τα επίπεδα ευαισθησίας της επιχειρησιακής ικανότητας στην μείωση των Π.Σ.
-  Πολύ υψηλά τα επίπεδα ευαισθησίας της επιχειρησιακής ικανότητας στην μείωση των Π.Σ.

Πηγή: Erkut, H. and Polat, S., 1992, «A simulation model for an urban fire fighting system», *OMEGA*, vol. 20-4.

Διαγράμματα 3.8 & 3.9

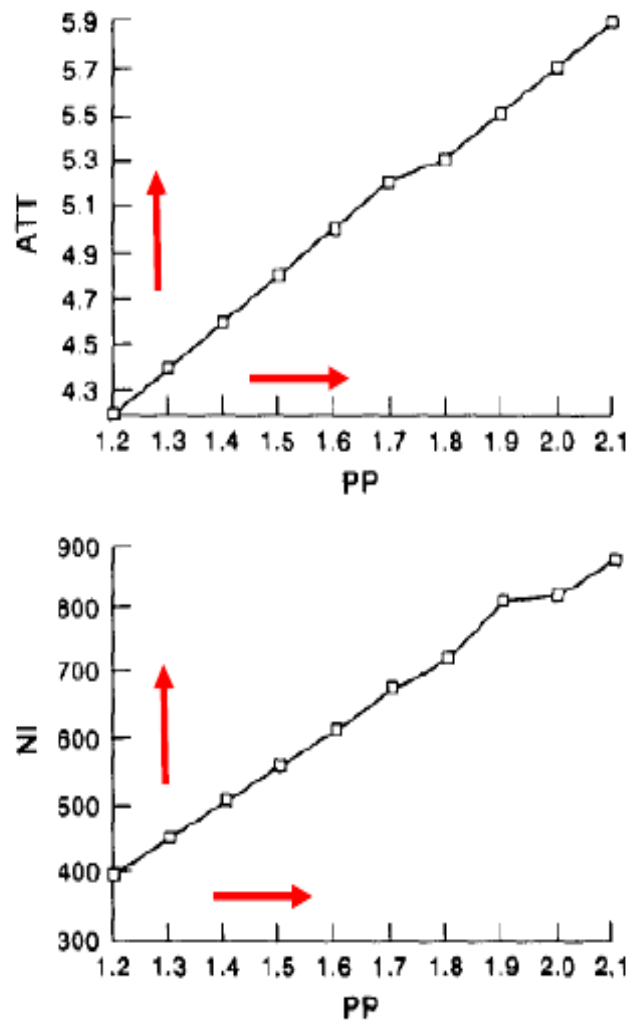
Απόδοση του πυροσβεστικού συστήματος με βάση την σχέση της ταχύτητας (SP) με τον μέσο χρόνο διαδρομής (ATT) και τον αριθμό των καθυστερημένων αφίξεων (NI)



Πηγή: Erkut, H. and Polat, S., 1992, «A simulation model for an urban fire fighting system», *OMEGA*, vol. 20-4.

Διαγράμματα 3.10 & 3.11

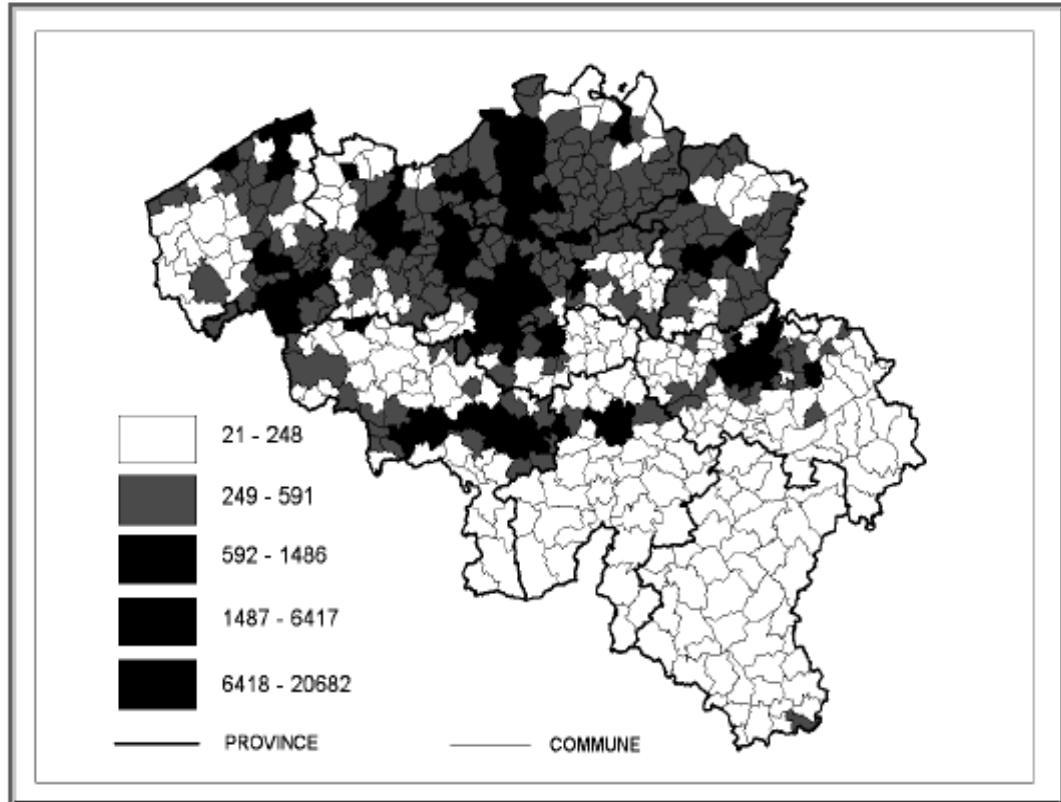
Επίδραση της παραμέτρου διαδρομής (PP) στο μέσο χρόνο διαδρομής (ATT) και στον αριθμό των καθυστερημένων αφίξεων (NI)



Πηγή: Erkut, H. and Polat, S., 1992, «A simulation model for an urban fire fighting system»,
OMEGA, vol. 20-4.

Χάρτης 3.3

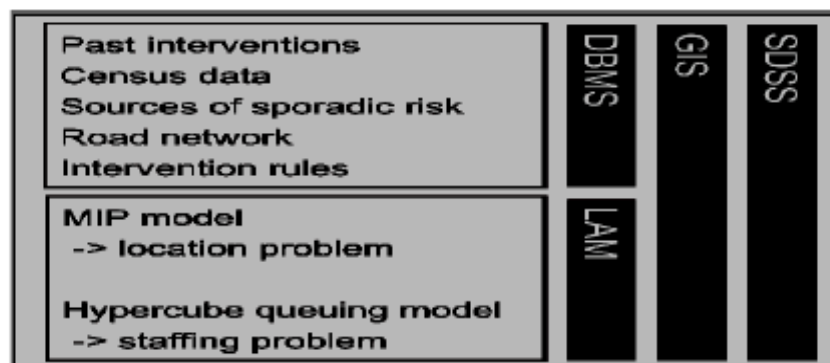
Πληθυσμιακή πυκνότητα Βελγίου (J. 2002)



Πηγή: Chevalier P., T. Isabelle, G. David, G. Els, J. Olivier, P. Dominique, F. Plastria , «Locating fire stations in Belgium: An integrated GIS approach»,

Διάγραμμα 3.12

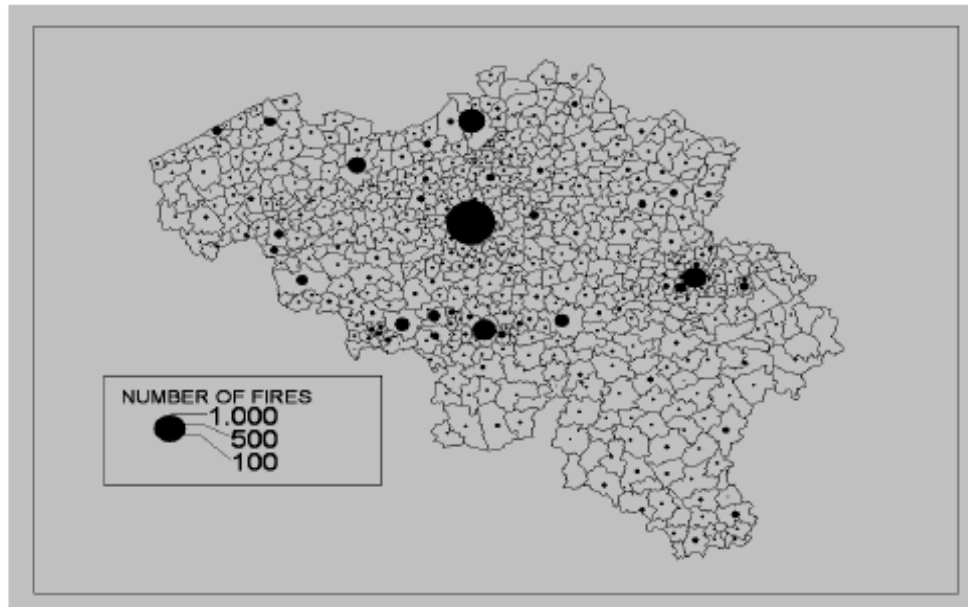
Αρχιτεκτονική του προγράμματος



Πηγή: Chevalier P., T. Isabelle, G. David, G. Els, J. Olivier, P. Dominique, F. Plastria ,
«Locating fire stations in Belgium: An integrated GIS approach»,

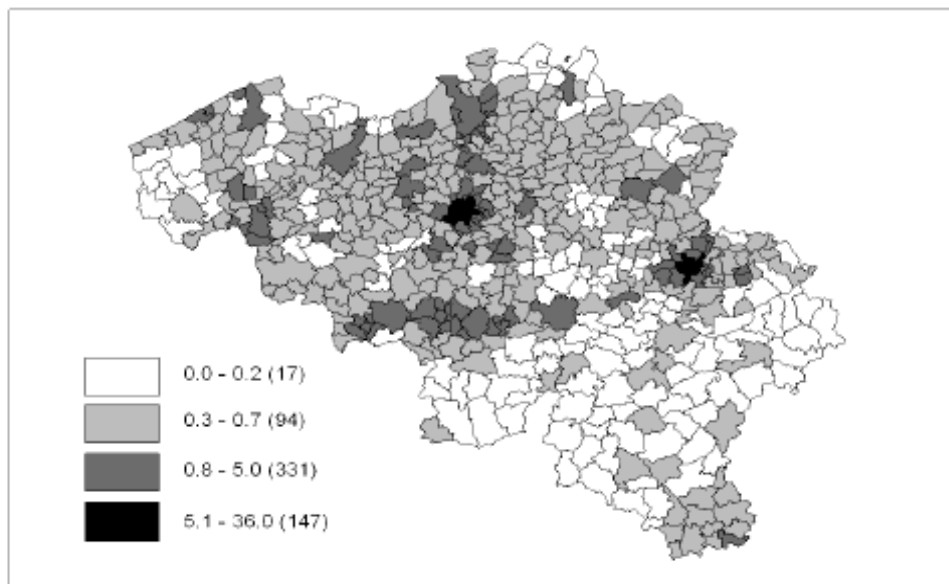
Χάρτης 3.4

Ο κατ' εκτίμηση αριθμός πυρκαγιών στις κατοικίες ανά κοινότητα και ανά έτος.



Χάρτης 3.5

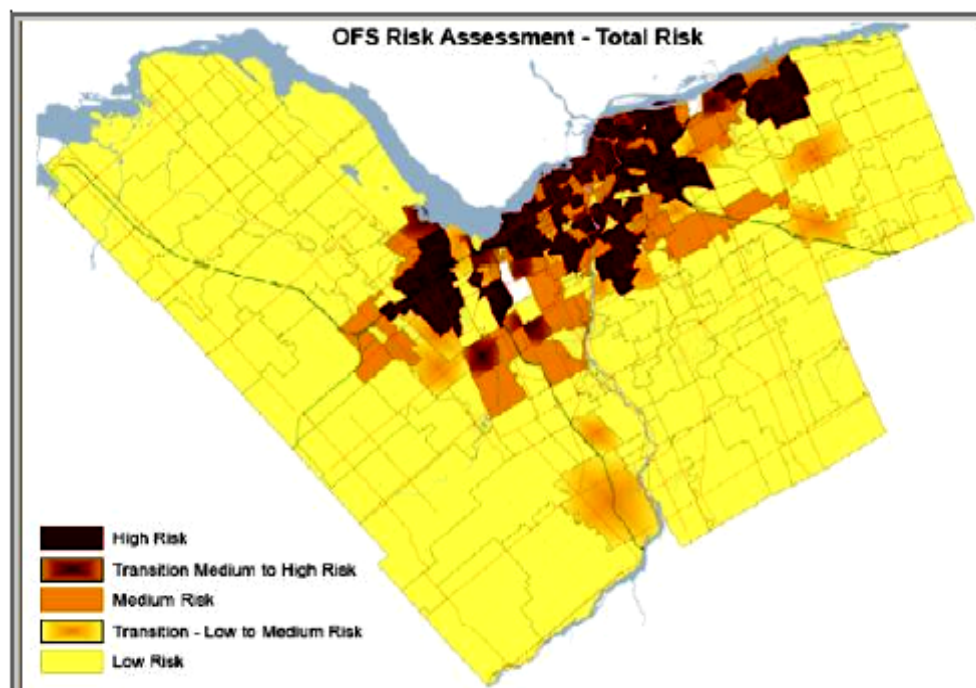
Η κατ' εκτίμηση πυκνότητα των πυρκαγιών στις κατοικίες (αριθμός των πυρκαγιών ανά έτος και ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο)



Πηγή: Chevalier P., T. Isabelle, G. David, G. Els, J. Olivier, P. Dominique, F. Plastria , «Locating fire stations in Belgium: An integrated GIS approach.

Χάρτης 3.6

Η πόλη της Οτάβα διαβαθμισμένη σε πέντε ζώνες επικινδυνότητας



Πηγή: Fire Station Location Study, Phase I, Community and Protective Services Committee - Ottawa Fire Services, 8 Sept. 2008.

Πίνακας 3.3

Κατηγορίες κυκλοφοριακής ταχύτητας ανά περιοχή και τύπο οδικού δικτύου στην Οτάβα

Service Area Περιοχή Ευθύνης	Μη κορεσμένος Primary (Non congested)	Κορεσμένος Secondary (Congested)	Αυτοκινητόδρομος (Highway)
Αστικές (Urban)	45 km/h	35 km/h	70 km/h
Περιοστικές (Suburban)	50 km/h	40 km/h	80 km/h
Αγροτικές (Rural)	65 km/h	50 km/h	90 km/h

Πηγή: Fire Station Location Study - Phase I, Community and Protective Services Committee - Ottawa Fire Services, 8 Sept. 2008

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Πίνακας 4.1

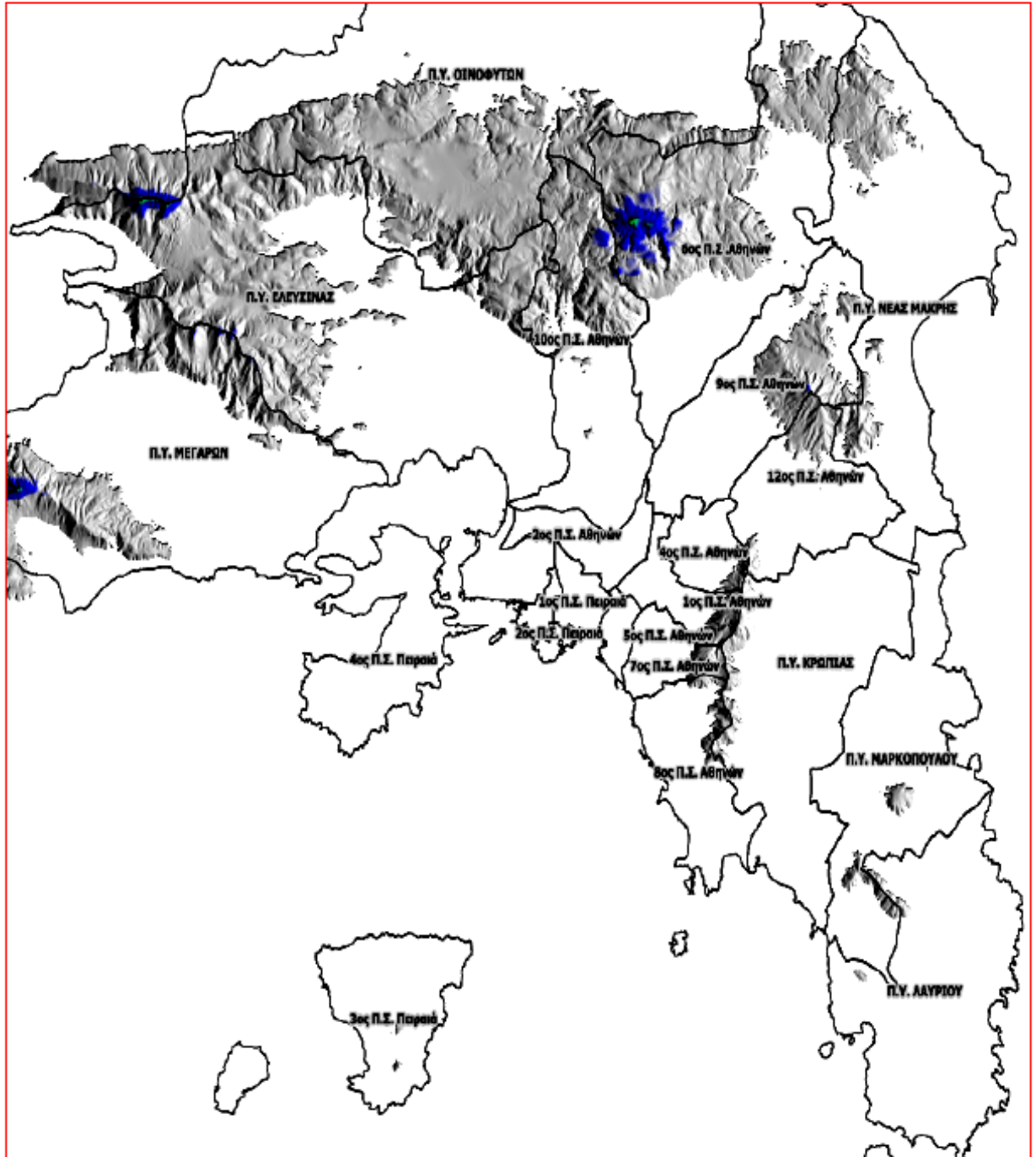
Πληθυσμιακή Εξέλιξη Πολεοδομικού Συγκροτήματος Πρωτεύουσας

Χρονολογία	Πληθυσμός	Έκταση	Πυκνότητα Πληθυσμού	Νέα Αύξηση Πληθυσμού	Συνολική Αύξηση
1853	30.600 κάτοικοι	412 χμ ²	74 κάτοικοι/χμ ²	-	-
1879	65.500 κάτοικοι	412 χμ ²	159 κάτοικοι/χμ ²	+114%	114%
1896	123.000 κάτοικοι	412 χμ ²	298 κάτοικοι/χμ ²	+87,8%	201,7%
1925	443.000 κάτοικοι	412 χμ ²	1.075 κάτοικοι/χμ ²	+260,1%	462%
1940	1.117.792 κάτοικοι	412 χμ ²	2.713 κάτοικοι/χμ ²	+152,32%	614,32%
1951	1.376.202 κάτοικοι	412 χμ ²	3.340 κάτοικοι/χμ ²	+23,12%	637,43%
1961	1.848.179 κάτοικοι	412 χμ ²	4.369 κάτοικοι/χμ ²	+34,29%	671,72%
1971	2.542.349 κάτοικοι	412 χμ ²	6.170 κάτοικοι/χμ ²	+27,30%	699,02%
1981	3.038.245 κάτοικοι	412 χμ ²	6.189 κάτοικοι/χμ ²	+19,5%	718,525%
1991	3.072.992 κάτοικοι	412 χμ ²	7.458 κάτοικοι/χμ ²	+1,14%	719,66%
2001	3.165.823 κάτοικοι	412 χμ ²	7.599 κάτοικοι/χμ ²	+3,02%	722,68

Πηγή: <http://www.el.wikipedia.org>

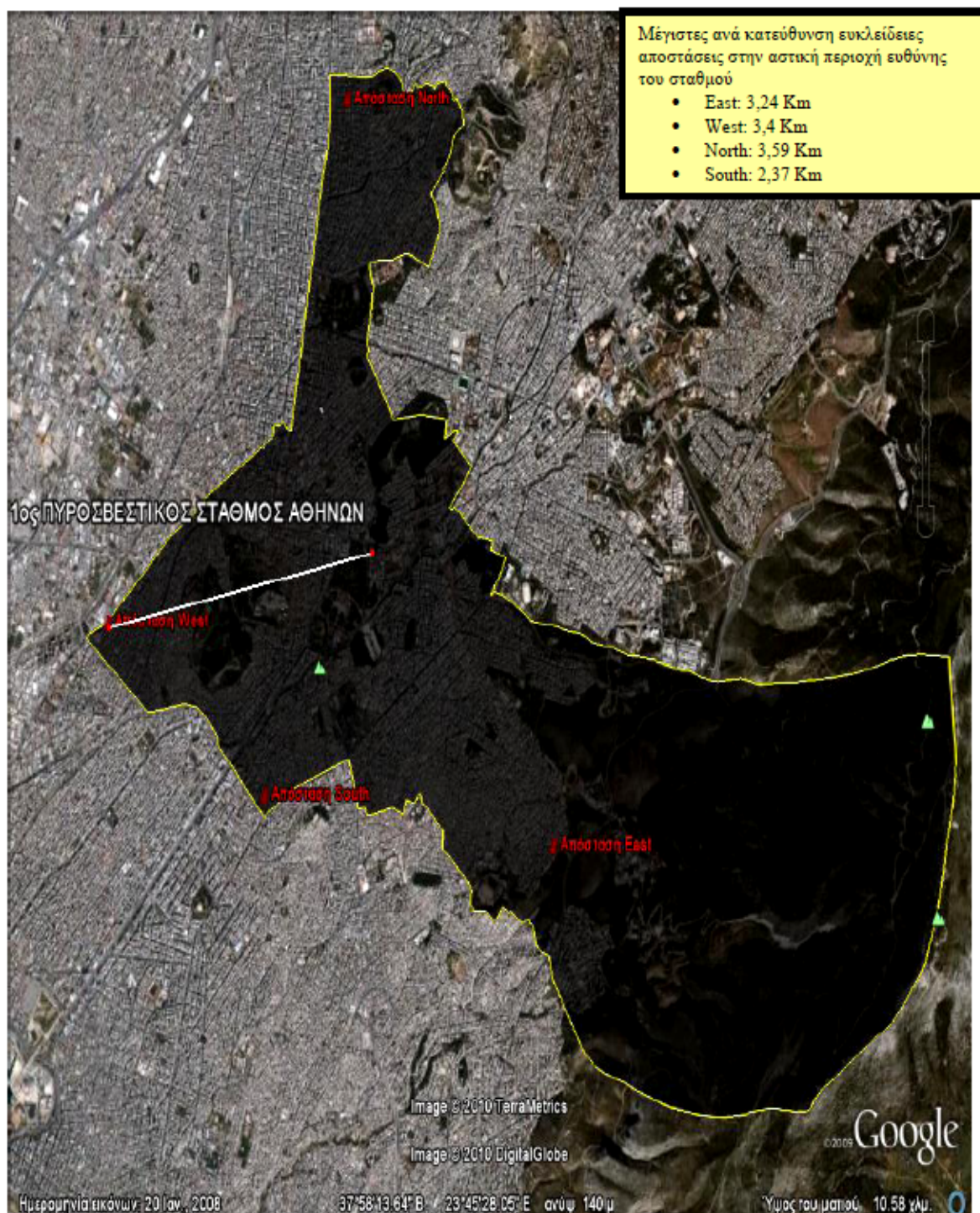
Χάρτης 5.6

Τομείς ευθύνης των Πυροσβεστικών Υπηρεσιών του νομού Αττικής



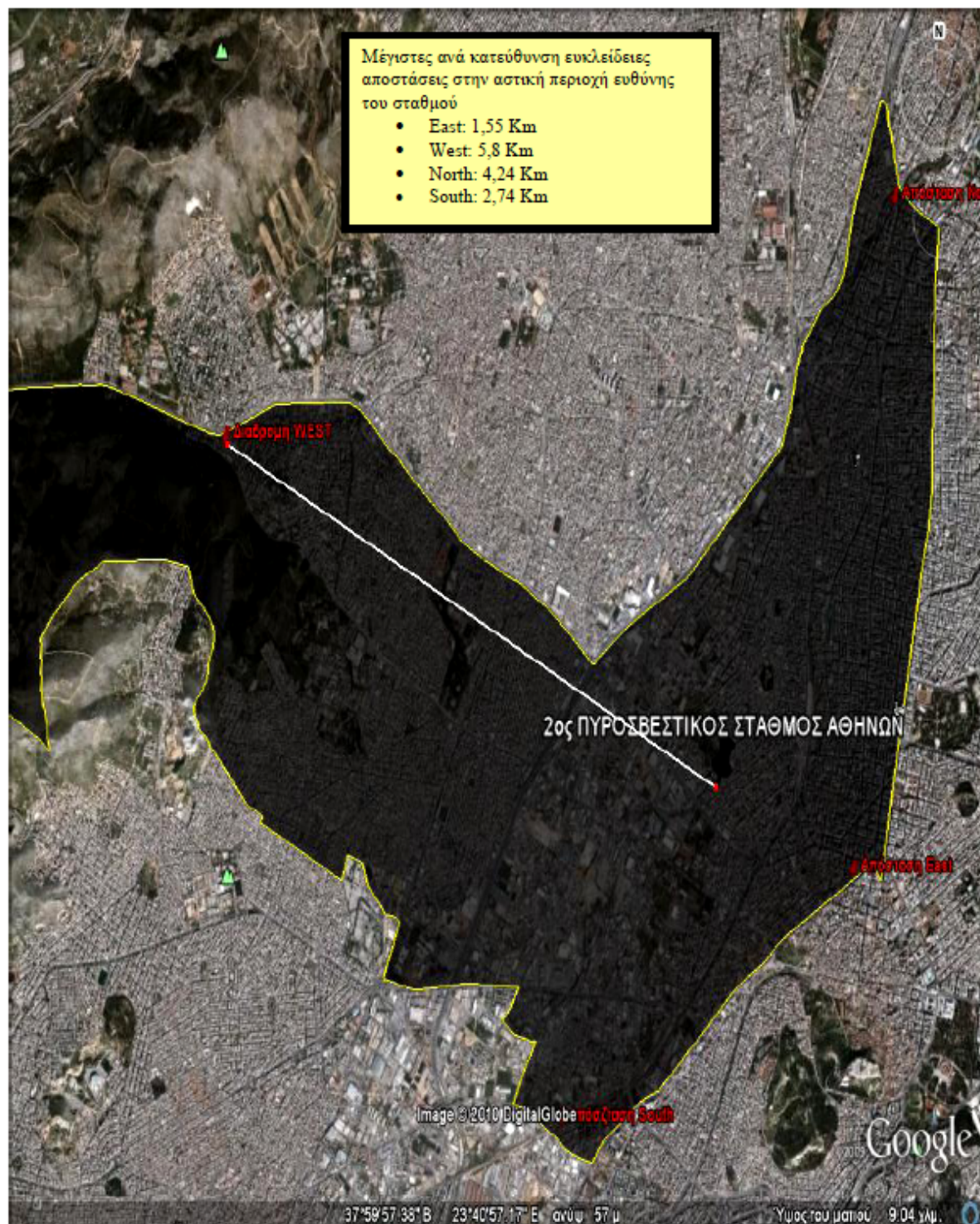
Χάρτης 5.7

Τομέας ευθύνης του 1^{ου} Π.Σ. Αθηνών εντός των ορίων του Δ. Αθηναίων



Χάρτης 5.8

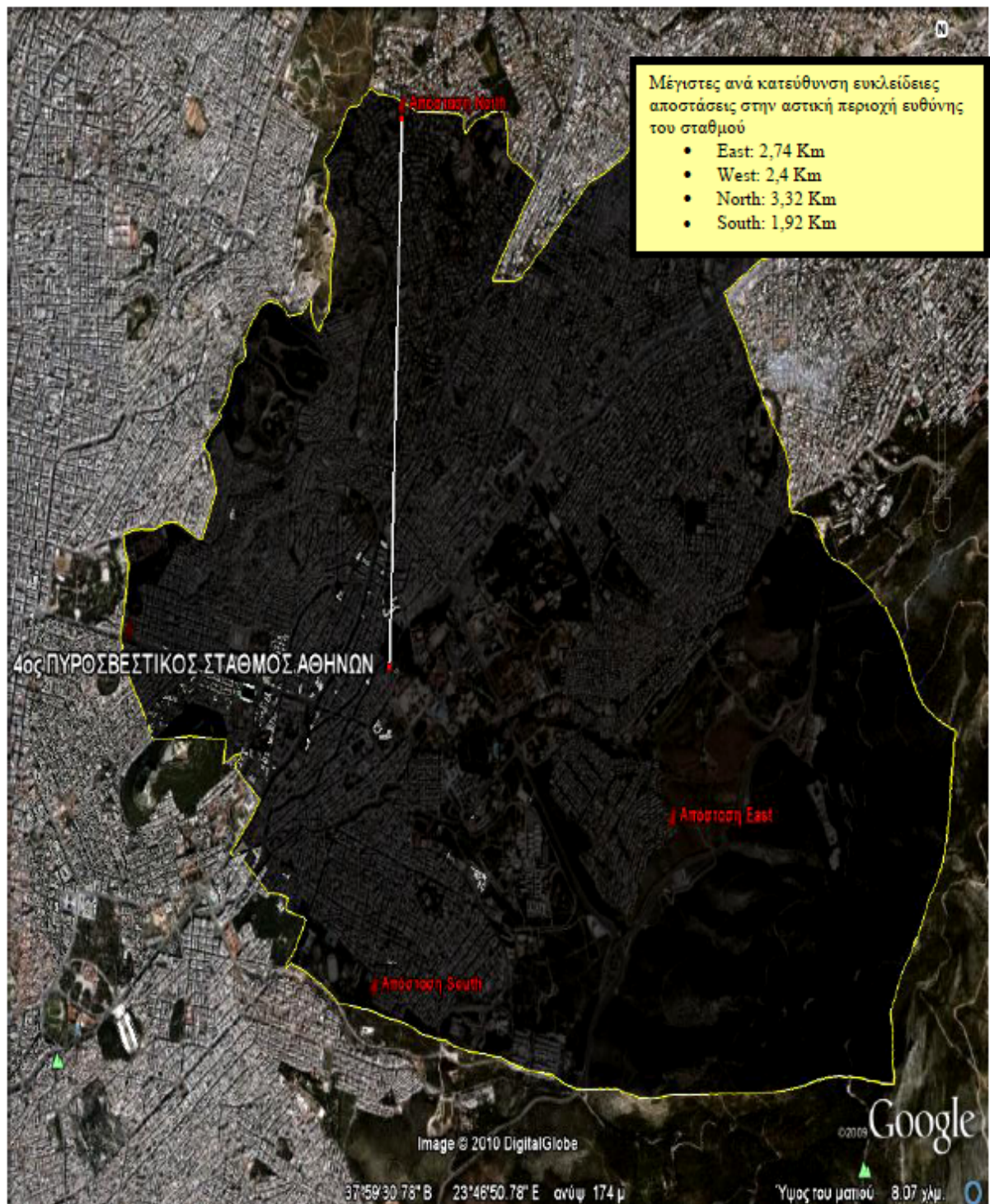
Τομέας ευθύνης του 2^{ου} Π.Σ. Αθηνών εντός των ορίων του Δ. Αθηναίων



Πηγή Φώτο : Σ.Ε.Κ.Υ.Π.Σ (199) (επεξεργασία συγγραφέα)

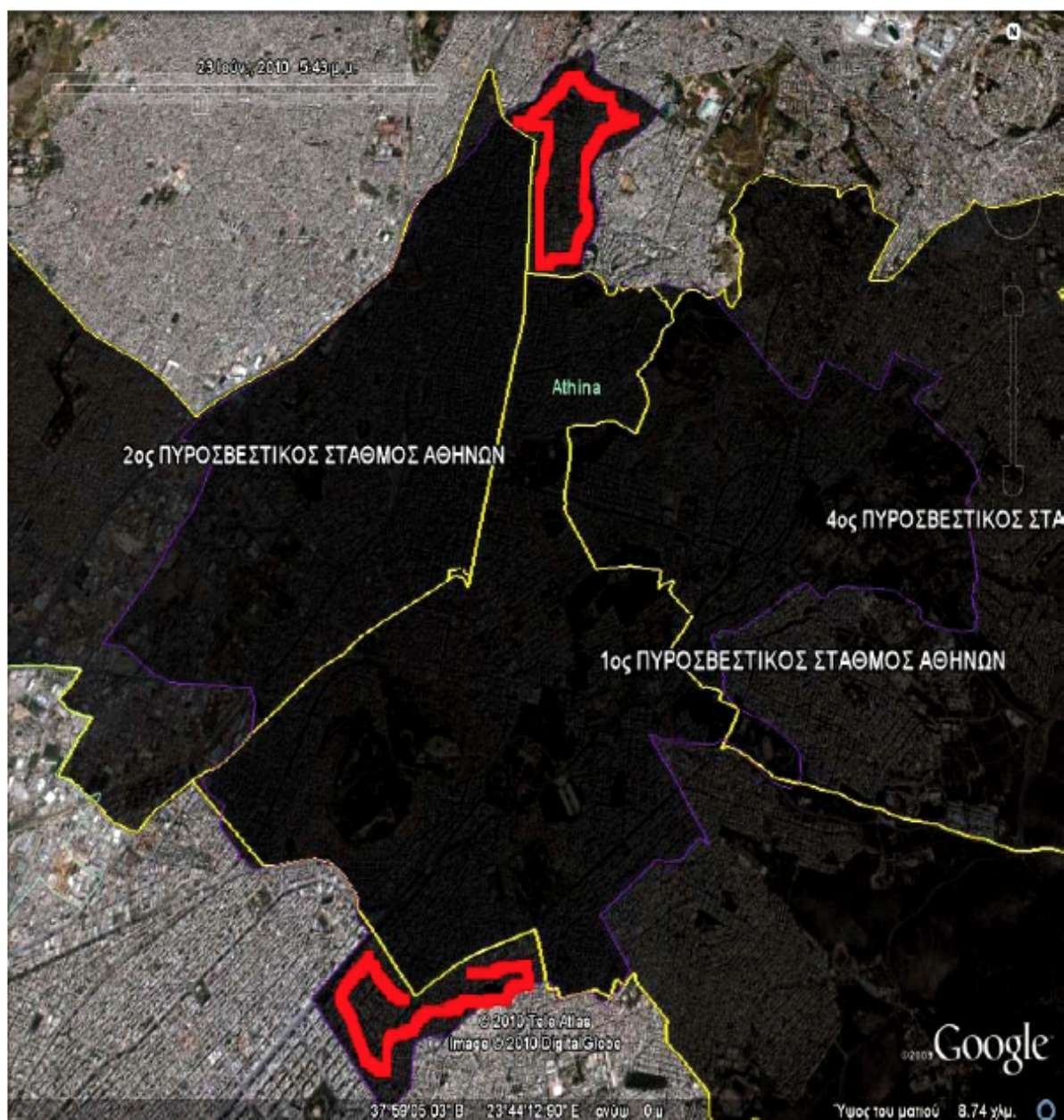
Χάρτης 5.9

Τομέας ευθύνης του 4^{ου} Π.Σ. Αθηνών εντός των ορίων του Δ. Αθηναίων



Χάρτης 6.2

Περιοχή μελέτης και τομείς ευθύνης των 1ου, 2ου, 4ου Πυρ. Σταθμών



	Όρια Δήμου Αθηναίων
	Όρια περιοχών ευθύνης πυροσβεστικών σταθμών
	Περιοχές του δήμου που δεν καλύπτονται από τους συγκεκριμένους σταθμούς.

Πηγή: Περιφερειακή Διοίκηση Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Αττικής (Google map)

Χάρτης 6.5

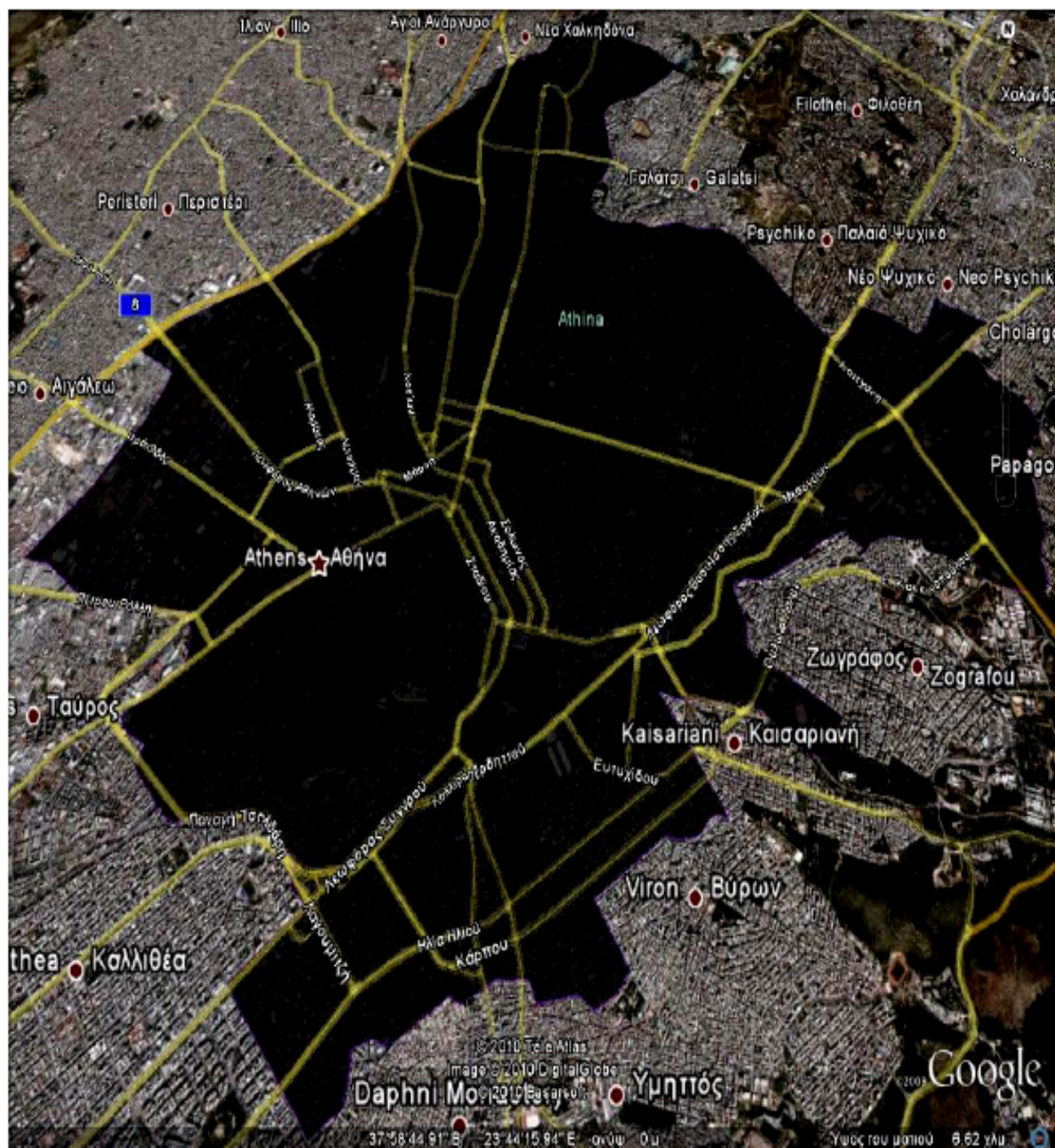
Η βιομηχανική περιοχή του Ελαιώνα - Βοτανικού



Πηγή: Περιφερειακή Διοίκηση Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Αττικής (Google map)

Χάρτης 6.6

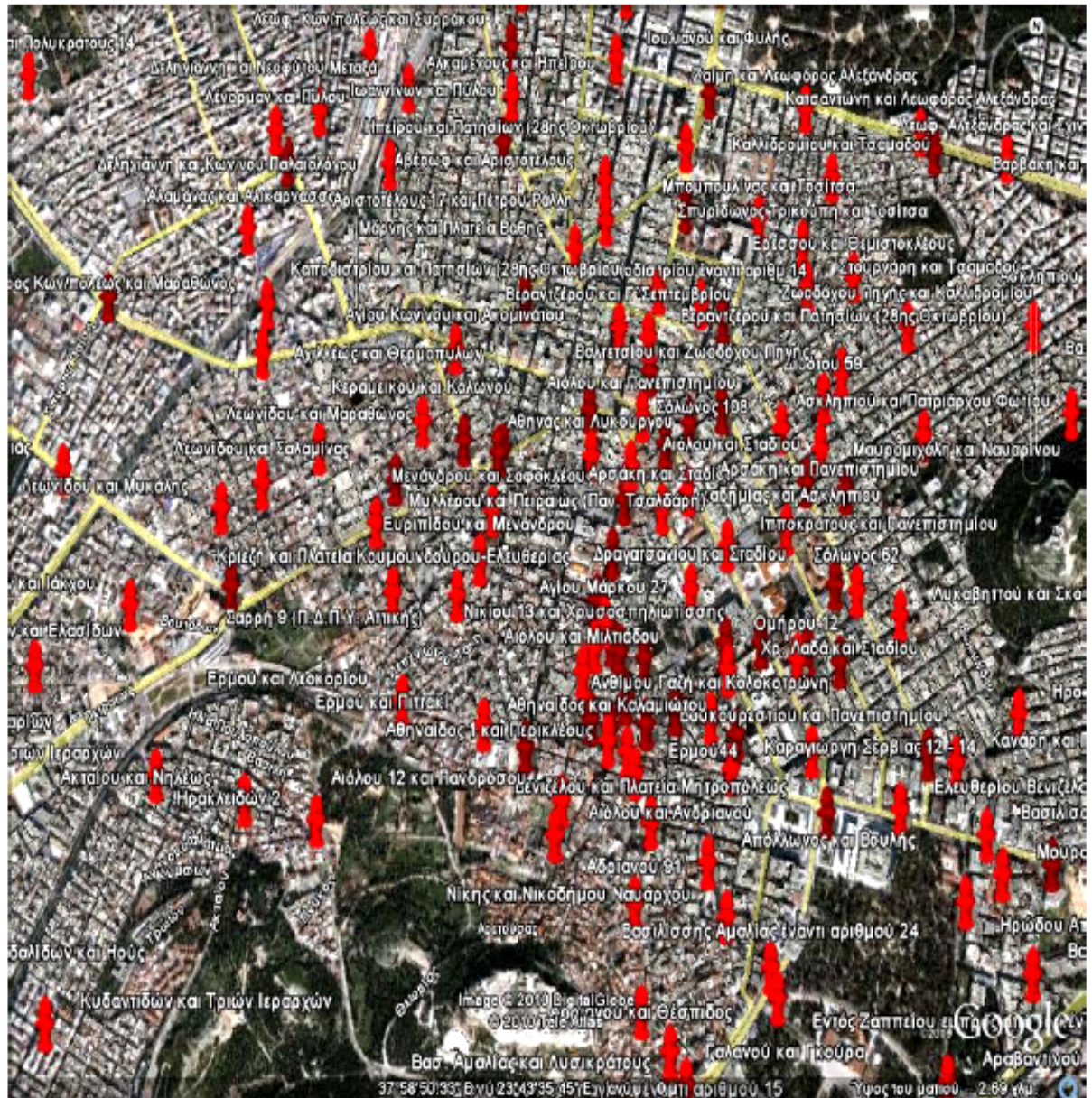
Κύριες οδικές αρτηρίες Δ. Αθηναίων



Πηγή: Περιφερειακή Διοίκηση Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Αττικής (Google map)

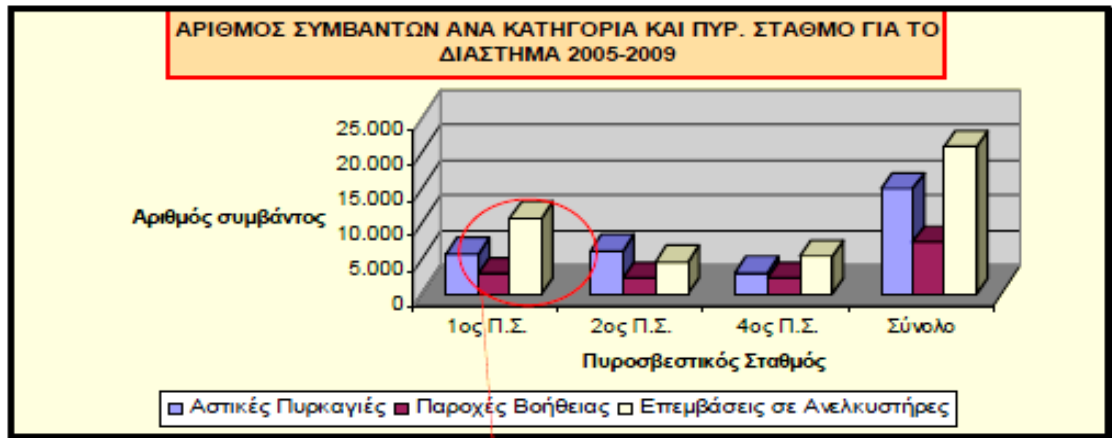
Χάρτης 7.1

Δίκτυο υδροστομιών στο Δήμο Αθηναίων

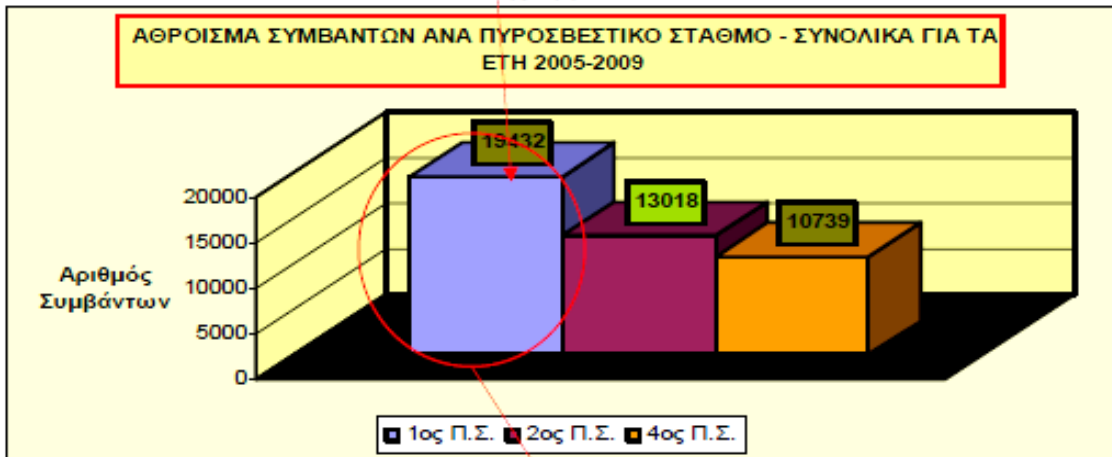


Πηγή: Περιφερειακή Διοίκηση Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Αττικής (Google map)

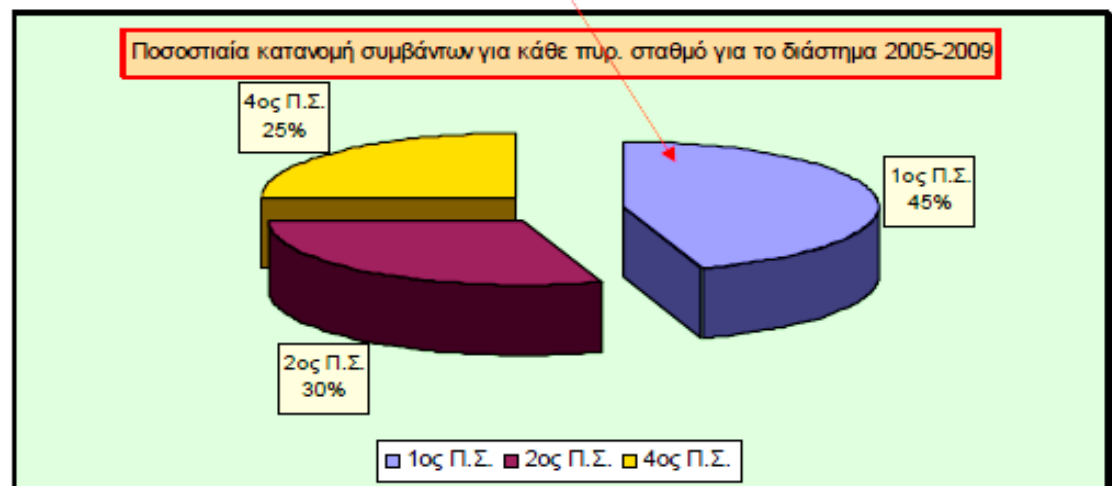
Ιστόγραμμα 6.1 Α



Ιστόγραμμα 6.1 Β

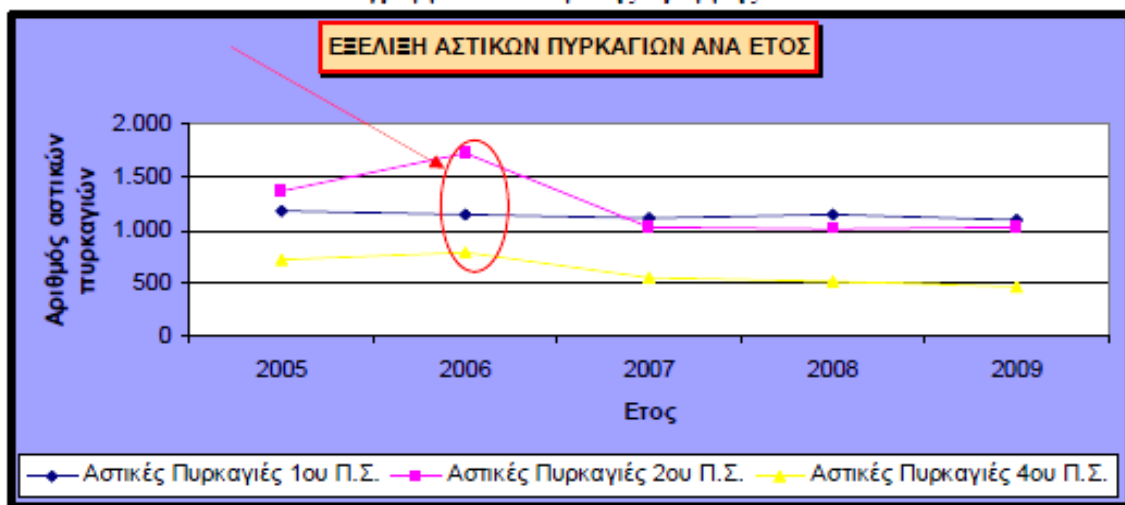


Πίττα 6.1 Γ

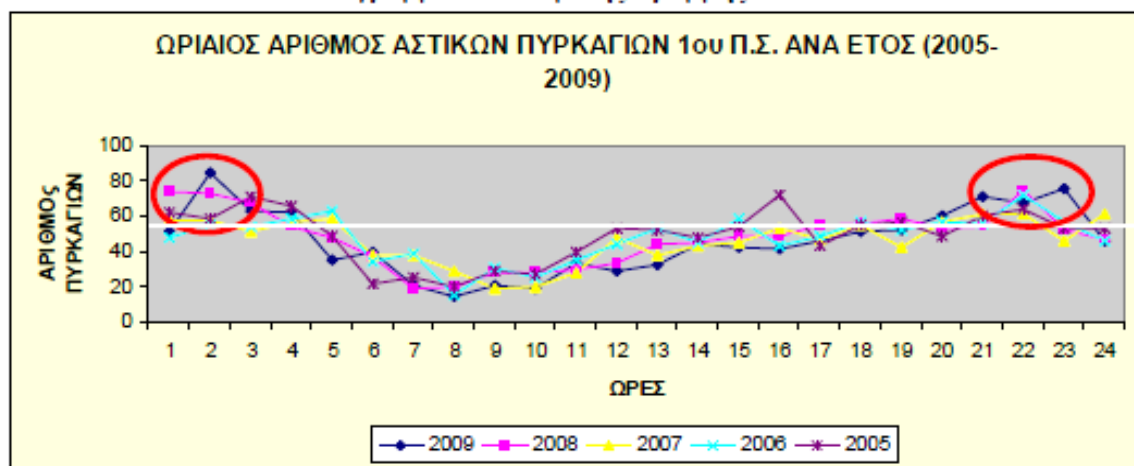


Πηγή: Ίδια επεξεργασία στοιχείων

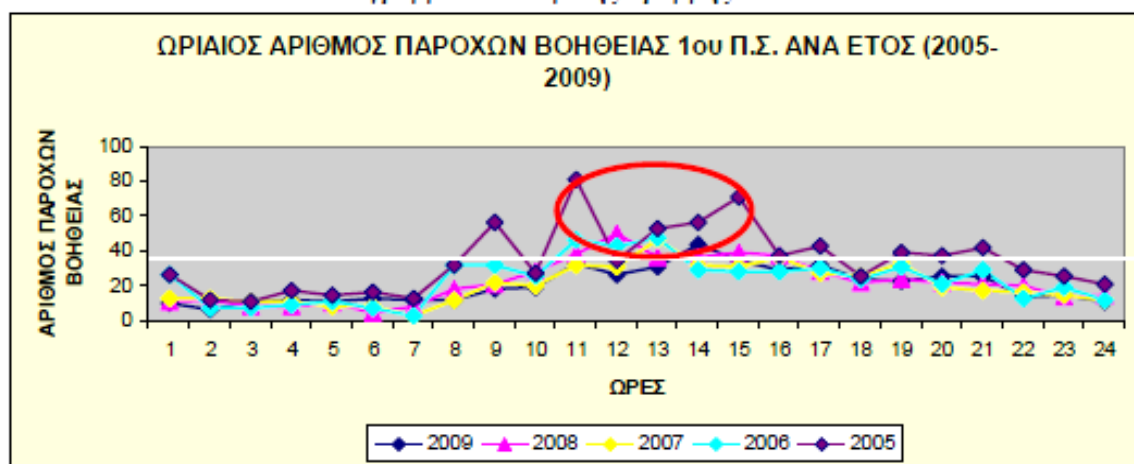
Διάγραμμα Τεθλ.ασμένης Γραμμής 6.1



Διάγραμμα Τεθλ.ασμένης Γραμμής 6.2Α

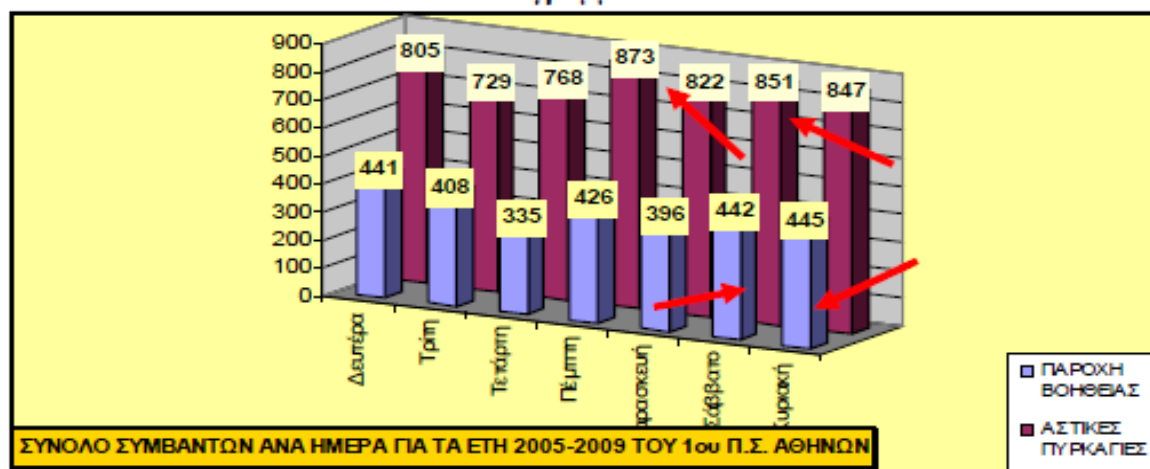


Διάγραμμα Τεθλ.ασμένης Γραμμής 6.2 Β

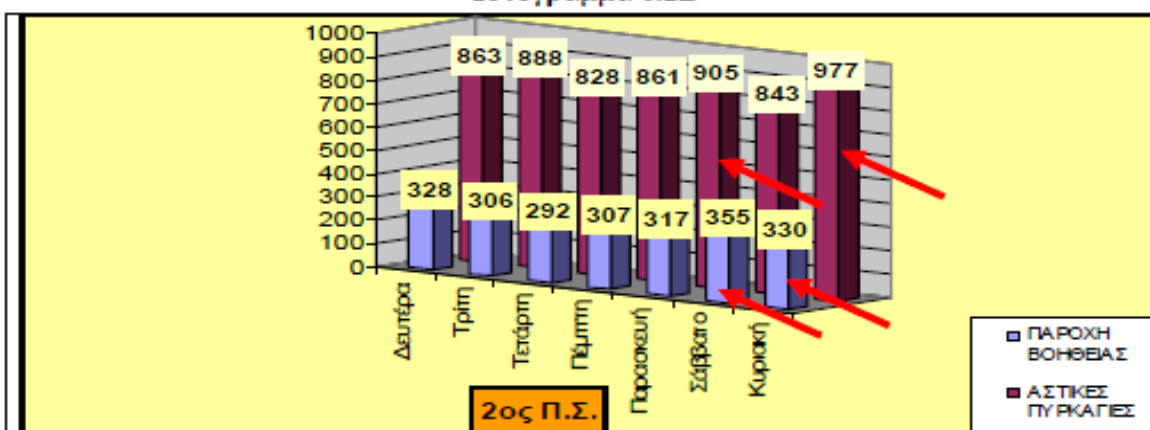


Πηγή: Ίδια επεξεργασία στοιχείων

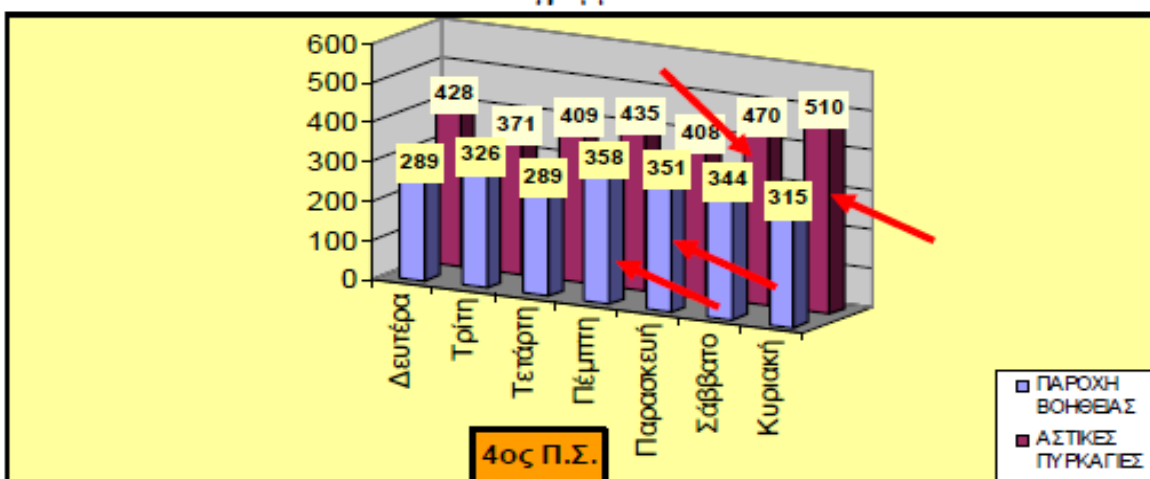
Ιστογράμμο 6.2Α



Ιστογράμμο 6.2Β

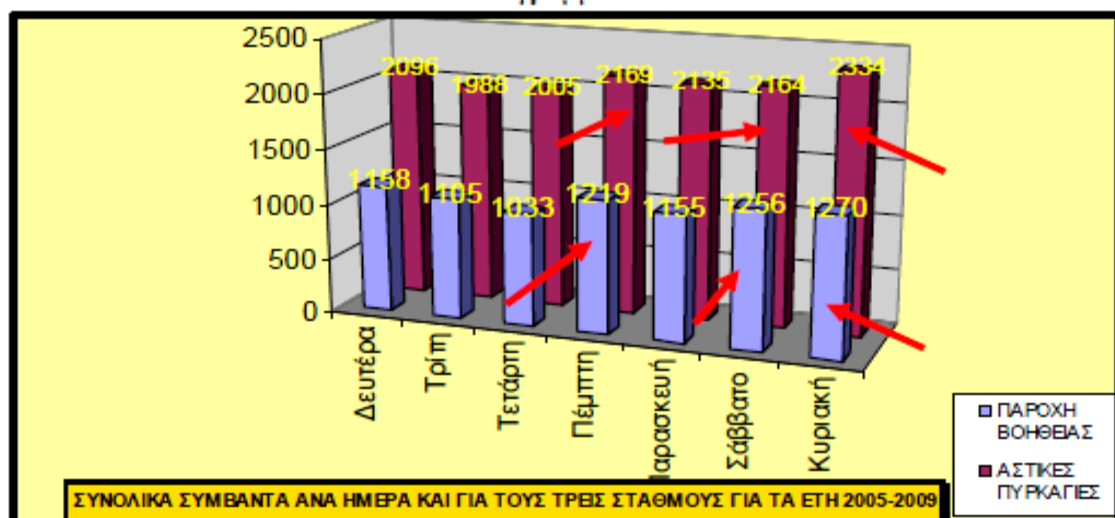


Ιστογράμμο 6.2Γ

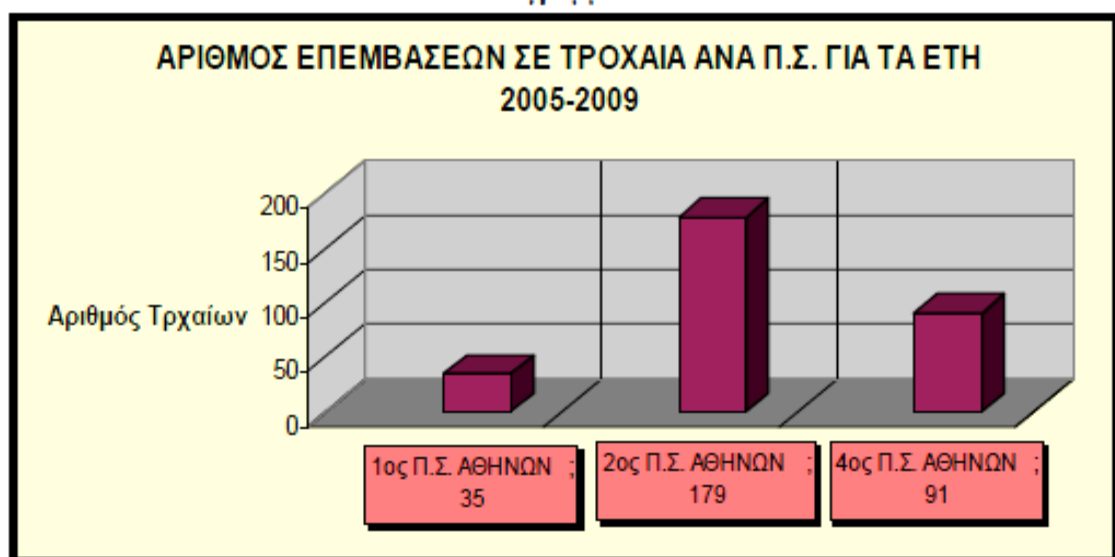


Πηγή: Ίδια επεξεργασία στοιχείων

Ιστόγραμμα 6.2Δ

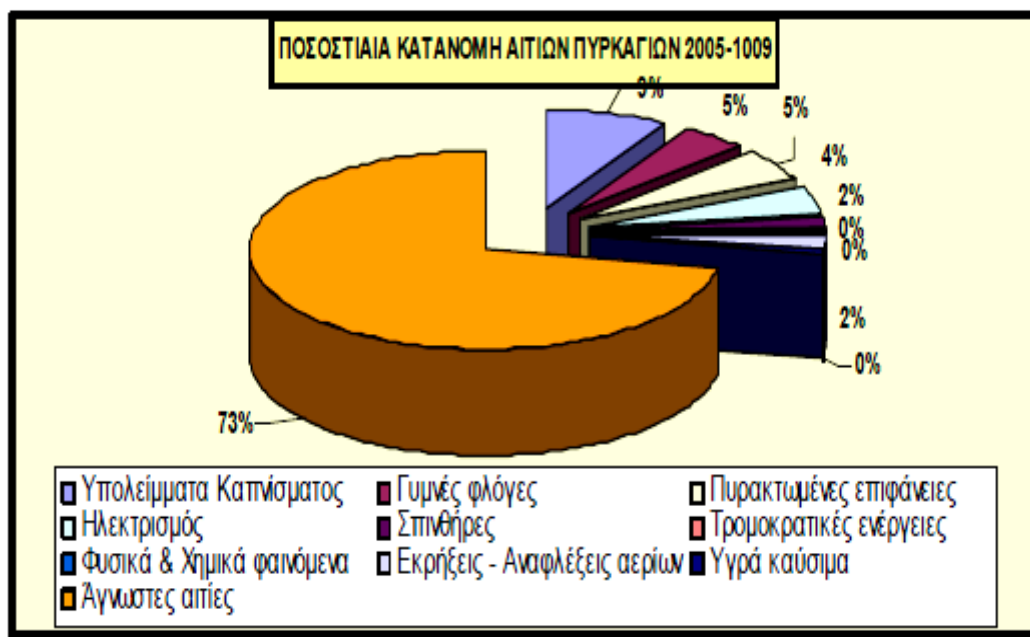


Ιστόγραμμα 6.3

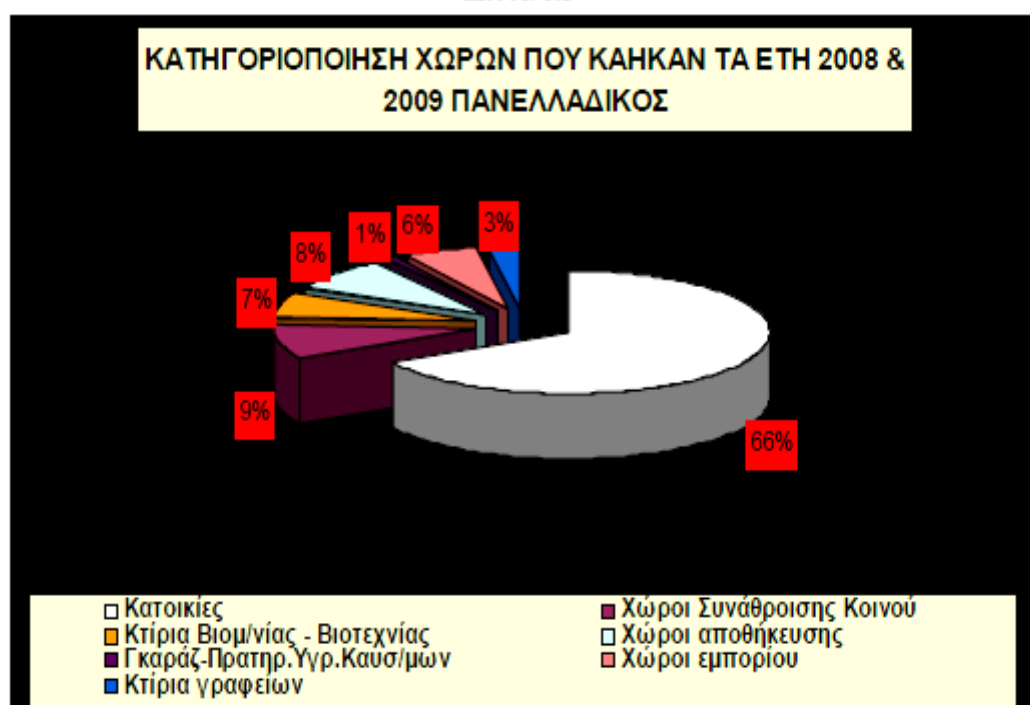


Πηγή: Ίδια επεξεργασία στοιχείων

Πίττα 6.2



Πίττα 6.3



Πηγή: Ίδια επεξεργασία στοιχείων