ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(ΔΠΜΣ) «ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ»

Χωρική Ανάλυση Περιστατικών Έρευνας-Διάσωσης (Search and Rescue-SAR) στον Ελλαδικό Χώρο με Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Φιλιόπουλου Κ. Ιωάννη

Επιβλέπων: Γεώργιος Κ. Φώτης
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2015

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

(ΔΠΜΣ) «ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Χωρική Ανάλυση Περιστατικών Έρευνας-Διάσωσης (Search and Rescue-SAR) στον Ελλαδικό Χώρο με Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Εκπόνηση:

Φιλιόπουλος Κ. Ιωάννης

Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Επιβλέπων:

Γεώργιος Κ. Φώτης

Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς.

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή:

(Υπογραφή)	*(Υπογραφή)*	*(Υπογραφή)*
Άγγελος Σιόλας	Θάνος Βλαστός	Γεώργιος Φώτης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2015

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του Ενιαίου Κέντρου Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης/Αεροπορικός Τομέας (ΕΚΣΕΔ/ΑΤ).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα περιστατικά Έρευνας και Διάσωσης Ε-Δ (Search and Rescue-SAR) είτε αφορούν ναυτικό, είτε αεροπορικό, είτε και χερσαίο συμβάν, αποτελούν διακριτά φαινόμενα στον χώρο και στον χρόνο που προκαλούν ανθρώπινες απώλειες και τραυματισμούς, οικονομικές και υλικές ζημιές, καθώς και διάχυτη αναταραχή στο σύστημα αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών της κάθε χώρας. Η εκδήλωση των περιστατικών SAR που τείνει να ανατρέπει την κανονικότητα και ομαλή λειτουργία ενός κρατικού μηχανισμού, προκαλείται πάντα από ανθρωπογενείς ή φυσικούς παράγοντες. Ο χώρος και ο χρόνος που αυτά λαμβάνουν χώρα, καθώς και η ένταση τους, σε συνδυασμό με την σχετική κατάσταση του ανθρώπινου στοιχείου με το οποίο αλληλεπιδρούν, επιφέρουν μικρές ή μεγάλες επιπτώσεις στο κοινωνικό ιστό. Η διευθέτηση και αντιμετώπιση τους εν συνεχεία, αποτελεί βασική νομική και ανθρωπιστική υποχρέωση όλων των κρατών στη περιοχή ευθύνης τους, που πηγάζει από το Διεθνές Δίκαιο.

Επί της παρούσης εργασίας με τίτλο «Χωρική ανάλυση περιστατικών έρευνας-διάσωσης στον ελλαδικό χώρο, με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών», πραγματοποιήθηκε χωρική και χρονική ανάλυση όλων των περιστατικών αεροπορικής έρευνας και διάσωσης (Ε-Δ) στον ελλαδικό χώρο από το έτος 2009 έως και το 2014, με βάση τα στοιχεία που διατέθηκαν από το Ενιαίο Κέντρο Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης-Αεροπορικός Τομέας (ΕΚΣΕΔ/ΑΤ) στο Αρχηγείο του Λιμενικού Σώματος (ΛΣ), το οποίο και αποτελεί τον αρμόδιο κρατικό φορέα για τον συντονισμό και έλεγχο όλων των συμβάντων-επιχειρήσεων αεροπορικής έρευνας και διάσωσης στο Ελληνικό FIR (Flight Information Region) ή αλλιώς στη Περιοχή Πληροφοριών Πτήσεων (ΠΠΠ).

Η ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με χρήση μεθόδων και τεχνικών που άπτονται της τεχνολογίας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ ή GIS). Τα πλεονεκτήματα που ενέχουν τα ΓΣΠ και αξιοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία, αφορούν στη διαχρονική παρακολούθηση των περιστατικών, στην μελέτη της κατανομής τους στο χώρο και στην ανάλυση της χωροθέτησης των βάσεων των ιπτάμενων μέσων Ε-Δ που έχει στη διάθεσή του η χώρα για την αντιμετώπισή τους, με ταυτόχρονη δυνατότητα της οπτικοποίησης των σχετικών αποτελεσμάτων σε χαρτογραφικά παραγόμενα.

Η συγγραφή αυτή της εργασίας συνιστά ένα μεθοδολογικό πλαίσιο αξιολόγησης των περιστατικών αεροπορικής έρευνας-διάσωσης, με μεθόδους χωρικής ανάλυσης και χρήσης των GIS. Οι διάφοροι γεωστατιστικοί δείκτες (κεντρικότητας και διασποράς) που θα χρησιμοποιηθούν, μαζί με τον δείκτη εγγύτερου γείτονα και τον αλγόριθμο k-means, θα οδηγήσουν αφενός στην αναγνώριση του προτύπου και της κατανομής των δεδομένων SAR στη περιοχή μελέτης (ολόκληρος ο ελλαδικός χώρος), και αφετέρου στον εντοπισμό των περιοχών έντονης δραστηριότητας, και στην ομαδοποίηση των δεδομένων. Η τεχνική χωρικής παρεμβολής (kernel density estimator) θα εφαρμοστεί στη συνέχεια, προκειμένου να εκτιμηθεί η πυκνότητα των σημείων-θέσεων των συμβάντων Ε-Δ. Τελικός σκοπός αποτελεί η πρόληψη και ταχεία αντιμετώπιση του προβλήματος από τις αρμόδιες αρχές (ΕΚΣΕΔ, ΓΓΠΠ), αξιολογώντας αρχικά την υφιστάμενη χωροθέτηση και προτείνοντας μια νέα βέλτιστη κατανομή των βάσεων-αεροδρομίων των ιπτάμενων μέσων Ε-Δ. Οι μέθοδοι χωροθέτησης-κατανομής (Location-Allocation models) και συγκεκριμένα το μοντέλο Μέγιστης Κάλυψης (Maximal-Covering) εφαρμόζεται στο δεύτερο κυρίως μέρος της εργασίας, προκειμένου να διερευνηθούν εναλλακτικά σενάρια βέλτιστης χωροθέτησης.
Η υιοθέτηση της μεθοδολογίας που θα εφαρμοστεί στη συνέχεια στην εργασία αυτή, συνιστά ένα στρατηγικό επιχειρησιακό πλεονέκτημα για την ορθολογική λήψη αποφάσεων, τη βέλτιστη διάθεση πόρων και μέσων και τη μεγιστοποίηση των αποτελεσμάτων των ενεργειών των αρμόδιων φορέων έρευνας και διάσωσης.

Στο τέλος της εργασίας, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσέγγισης που ακολουθήθηκε και αναφέρονται τα συμπεράσματα, μαζί με τις προτάσεις βελτίωσης και περαιτέρω έρευνας.

Λέξεις κλειδιά: Έρευνα-Διάσωση, Περιοχή Πληροφοριών Πτήσεων, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, χωρική ανάλυση, χωρικό σημειακό πρότυπο, χωρική παρεμβολή, γεωστατιστικοί δείκτες, μοντέλο χωροθέτησης-κατανομής, μοντέλο μέγιστης κάλυψης.

ABSTRACT

The incidents of Search and Rescue (Search and Rescue-SAR) concerning navy, or air, or also land incident, constitute distinguishable phenomena in the space and in the time that causes human losses and wounds, economic and material damage, as well as diffuse agitation in the system of confrontation of emergencies of each country. The event of incidents SAR that tends to reverses the regularity and smooth operation of government owned mechanism, is always caused by humane or natural factors. The space and the time where these take place, as well as their intensity, in combination with the relative situation of human element with which interacting, they involve small or big repercussions in the social web. The regulation and their confrontation in continuity, constitute basic legal and humanitarian obligation of all states in their region of responsibility, that springs from the International Right.

On the present work titled “spatial analysis of Search and Rescue incidents in greek territory, using geographic information systems”, was realised spatial and time analysis of all incidents of air research and rescue in the hellenic space from year 2009 up to 2014, based the data that were been disposed by the Joined Rescue Coordination Centre /aviation Sector (JRCC/AS) in the Headquarters of Hellenic Coast Guard, which also constitutes the responsible government agency for the co-ordination and control of all air research and rescue incidents in Greek FIR (Flight Information Region) or differently in the Region of Information of Flights (RIF).

The analysis and elaboration of data were realised using methods and techniques that are related to the technology of Geographic Systems of Information (GIS). The advantages that include GIS and were developed in the particular work, concern in the timeless observation of incidents, in the study of their distribution in the space and in the analysis of location of bases of flying means, that the country has in his disposal for their confrontation, with simultaneous ability of visualization relative results in cartographic products.

The writing of this work recommends a methodological frame of evaluation of air research-rescue , with methods of spatial analysis and use of GIS. The various geostatistical indicators (central position and dispersion) that they will be used, with the index of nearest neighbour and the algorithm k-means, will lead on the one hand to the recognition of model and the distribution of SAR data to the region of study (entire the Hellenic territory), and on the other hand to the localisation of regions of intense activity, and to the aggregation of data. The technique of spatial interpolation (kernel density estimator) will be applied afterwards, in order to estimate the density of points-positions of SAR incidents. Final aim constitutes the prevention and rapid confrontation of problem from responsible authorities (JRCC), evaluating at first the existing location and proposing a new optimum distribution of bases-airports of SAR flying means. The methods of Location-Allocation and specifically the model

of Maximal Covering is applied in the second main part of the work, to investigate alternative scenarios of most optimal allocation.
The adoption of methodology that will be applied afterwards in this work, recommends a strategic operational advantage for the rational decision-making, the most optimal disposal of the resources and means and the maximising of results of actions of responsible agencies of research and rescue.
In the end of work, are presented the results of approach that were followed and are reported the conclusions, with the proposals of improvement and further research.

Keywords: Search-Rescue, Flight Information Region, Geographic Information Systems, spatial analysis, spatial point pattern, spatial interpolation, geostatistical indicators, location-allocation model, maximal covering model.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα από όλα τον καθηγητή κ. Γ. Φώτη για την ανάθεση αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας, τις συμβουλές του και την πολύτιμη συνεργασία του. Η καθοδήγησή του ήταν ουσιαστική στον τρόπο εκπόνησης της εργασίας, τόσο σε θεωρητικά όσο και σε πρακτικά ζητήματα.

Το θέμα της εργασίας αυτής επιλέχθηκε με γνώμονα τα επαγγελματικά μου ερεθίσματα. Η έλλειψη επίσης σχετικής ελληνόγλωσσης βιβλιογραφίας ενίσχυσε την επιθυμία προσέγγισης και μελέτης του συγκεκριμένου θέματος. Με την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας ελπίζω να συνεισφέρω στη μελέτη και σε μια πρώτη ανάλυση του φαινομένου αυτού που απασχολεί και επηρεάζει ένα μεγάλο μέρος της κοινωνίας και του κρατικού μηχανισμού, ενώ ενδεχομένως ένα ανάλογο περιστατικό συμβεί και στο καθένα από εμάς.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες όμως αρμόζουν και στους ανθρώπους που επέτρεψαν, διευκόλυναν, ή/και ενίσχυσαν τις προσπάθειές μου για την πραγμάτωση αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον συνάδελφο Σμηναγό (Ρ) κ. Κοτρέτσο Συμεών του ΕΚΣΕΔ/ΑΤ, αφενός για την παραχώρηση των πολύτιμων δεδομένων Ε-Δ στον ελλαδικό χώρο, χωρίς τα οποία δεν θα είχε καταστεί εφικτή η υλοποίηση της μελέτης εφαρμογής, και αφετέρου για την σημαντική υποστήριξη του υπό μορφή θεωρητικής και πρακτικής γνώσης τόσο επί της διαδικασίας που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος, όσο και επί των αεροπορικών μέσων που διατίθενται για την αντιμετώπιση του.

Θα επιθυμούσα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και στη υπόλοιπη επιτροπή, στους καθηγητές κ. Α. Σιόλα και Α. Βλαστό του Τομέα Γεωγραφίας και Περιφερειακού Σχεδιασμού της ΣΑΤΜ/ΕΜΠ για την αξιολόγηση της εργασίας μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ **1**
ABSTRACT **2**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ **4**

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ **7**
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ **8**
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ **8**
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ **9**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ **10**
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ **14**
2.1. Γενικά περί Διαχείρισης Έκτακτων Καταστάσεων 14
2.2. Εννοιολογική Προσέγγιση του Όρου Έρευνας και Διάσωσης 16
2.3. Τύποι Έρευνας και Διάσωσης 17
2.4. Νομικό Καθεστώς για την Έρευνα και Διάσωση 17
2.5. Οργάνωση και Λειτουργία Ενιαίου Κέντρου Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης (ΕΚΣΕΔ) 20
2.6. Περιστατικά Ενεργοποίησης του ΕΚΣΕΔ 22
2.7. Μέσα Έρευνας-Διάσωσης και Κατανομή τους 25
3. ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ Ε-Δ (SAR): ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ . **27**
3.1. Γεωστατιστικοί Δείκτες Χωρικής Κατανομής 29
3.1.1. Χωρικός μέσος 29
3.1.2. Τυπική απόσταση 29
3.1.3. Έλλειψη τυπικής απόστασης 30
3.2. Ανάλυση Σημειακών Χωρικών Προτύπων 30
3.2.1. Ανάλυση απόστασης από εγγύτερο γείτονα 31
3.2.2. Συνάρτηση K (Μειωμένες μετρήσεις της δεύτερης ροπής) 31
3.3. Μέθοδος Εκτίμησης Πυκνότητας (Kernel Density Estimator) 32
3.4. Αλγόριθμος Κατάτμησης K-Means 33
3.5. Μοντέλα Χωροθέτησης-Κατανομής (Location-Allocation Models) 34
3.5.1. Ταξινόμηση των προβλημάτων και μοντέλων χωροθέτησης-κατανομής 35
3.5.2. Προβλήματα κάλυψης-μοντέλο μέγιστης κάλυψης (maximal covering model) 36
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ **39**
4.1. Προσδιορισμός του Προβλήματος 41
4.2. Δεδομένα 41
4.3. Δημιουργία Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων 42
4.4. Περιγραφή-Στατιστική Ανάλυση των Δεδομένων 43
4.5. Χωρική Ανάλυση των Δεδομένων 43
4.5.1. Ανάλυση χωροθέτησης-κατανομής 44
5. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ **45**
5.1. Οριοθέτηση Μελέτης Εφαρμογής-Περιοχής Έρευνας και Διάσωσης 45
5.2. Ιδιομορφίες και Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά Χώρου Ευθύνης 46
5.3. Δεδομένα Μελέτης 47
5.4. Δημιουργία Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων 50
5.5. Περιγραφή-Στατιστική Ανάλυση των Δεδομένων 52
5.6. Χωρική Ανάλυση των Δεδομένων 58
5.6.1. Γεωστατιστικοί δείκτες χωρικής κατανομής 59
5.6.2. Ανάλυση απόστασης από εγγύτερο γείτονα 63

5.6.3. Συνάρτηση K (Μειωμένες μετρήσεις της δεύτερης ροπής) 64
5.6.4. Βαθμός εξυπηρέτησης χωρικού προτύπου των Α/Δ σε σχέση με την απόσταση 65
5.6.5. Υπολογισμός κόστους χρήσης αεροπορικών μέσων Ε-Δ 68
5.6.6. Μέθοδος εκτίμησης πυκνότητας (Kernel Density Estimator) 70
5.6.7. Προσδιορισμός χώρου δράσης των υπό μελέτη Α/Δ 74
5.6.8. Αλγόριθμος κατάτμησης K-Means - Έλεγχος υφιστάμενης χωροθέτησης Α/Δ 77
5.7. Αποτελέσματα Χωρο-Χρονικής Ανάλυσης 84
5.8. Εφαρμογή του Προβλήματος Χωροθέτησης-Κατανομής Α/Δ 88
5.8.1. Σενάριο 1 - Έλεγχος της υπάρχουσας χωροθέτησης (κάλυψης της ζήτησης) 90
5.8.2. Σενάριο 2 - Έλεγχος χωροθέτησης 6 Α/Δ 95
5.8.3. Σενάριο 3 - Υλοποίηση νέας χωροθέτησης 10 Α/Δ 97
5.8.4. Σενάριο 4 - Υλοποίηση βέλτιστης χωροθέτησης 8 συνολικά Α/Δ 101
5.8.5. Σενάριο 5 - Υλοποίηση νέας χωροθέτησης 8 Α/Δ με βάρος στα περιστατικά Ε-Δ103
5.9. Αποτελέσματα Ανάλυσης Χωροθέτησης-Κατανομής 105
5.10. Ανάλυση Χωροθέτησης-Κατανομής ανά Έτος Μελέτης 109
5.11. Αποτελέσματα Διαχρονικής Ανάλυσης Χωροθέτησης-Κατανομής 120
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 121
7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ 122
7.1. Η Συμβολή της Εργασίας 122
7.2. Προβληματισμοί και Προοπτικές 124

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1: Το FIR Αθηνών-Κατανομή των FIR στην Ευρώπη. 21
Εικόνα 2-2: Ροή ενεργειών σε περίπτωση περιστατικού SAR από διανομή δορυφορικών συναγερμών 23
Εικόνα 2-3: Χρονοδιάγραμμα περιστατικού SAR. 24
Εικόνα 2-4: Υφιστάμενη κατανομή αεροπορικών μέσων SAR. 25
Εικόνα 2-5: Υφιστάμενη κάλυψη αεροπορικών μέσων SAR. 26
Εικόνα 3-1: Σύστημα διαχείρισης εκτάκτων καταστάσεων. 27
Εικόνα 5-1: Περιοχή Έρευνας και Διάσωσης/Μελέτης, σύμφωνα με το FIR Αθηνών. 46
Εικόνα 5-2: Έντυπο συμβάντος επιχείρησης έρευνας-διάσωσης 47
Εικόνα 5-3: Απεικόνιση όλων των Α/Δ της χώρας και των βάσεων εξυπηρέτησης 49
Εικόνα 5-4: Βάση δεδομένων SAR σε .xls 51
Εικόνα 5-5: Βάση δεδομένων SAR σε .xls (συνέχεια). 51
Εικόνα 5-6: Περιστατικά Ε-Δ κατά τη περίοδο 2009-2014. 52
Εικόνα 5-7: Κατανομή συμβάντων SAR ανά κατηγορία, 2009-2014. 55
Εικόνα 5-8: Κατανομή συμβάντων (ποσοστό και αριθμός) SAR ανά Α/Δ, 2009-2014. 57
Εικόνα 5-9: Κατανομή συμβάντων Ε-Δ ανά Α/Δ, 2009-2014. 58
Εικόνα 5-10: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2009 59
Εικόνα 5-11: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2010 59
Εικόνα 5-12: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2011 60
Εικόνα 5-13: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2012 60
Εικόνα 5-14: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2013 60
Εικόνα 5-15: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2014 61
Εικόνα 5-16: Χωρικός Μέσος και Τυπική Απόσταση 2009-2014 61
Εικόνα 5-17: Χωρικός Μέσος και Έλλειψη Τυπικής Απόστασης περιόδου 2009-2014 61
Εικόνα 5-18: Μεταβολή σταθμισμένου χωρικού μέσου με βάρος την εποχή του χρόνου, κατά τη περίοδο 2009 2014. 62
Εικόνα 5-19:Χωρικό πρότυπο της κατανομής των περιστατικών Ε-Δ, κατά τα έτη 2009-2014. 64
Εικόνα 5-20: Χάρτες απεικόνισης παρατηρούμενης και αναμενόμενης εξυπηρέτησης 68
Εικόνα 5-21: Εφαρμογή του KDE. 71
Εικόνα 5-22: Χάρτες απεικόνισης πυκνότητας των περιστ/κών Ε-Δ, ανά έτος 2009-2014.72
Εικόνα 5-23: Αθροιστικός χάρτης απεικόνισης πυκνότητας των περιστατικών Ε-Δ, ... 73
Εικόνα 5-24: Περιοχές σταθερής εμφάνισης περιστατικών Ε-Δ, για τη περίοδο ’09-’14.. 73
Εικόνα 5-25: Εισαγωγή του εργαλείου Count Overlap Polygons στο ArcMap. 74
Εικόνα 5-26: Απεικόνιση πολυγώνων δράσης των υπό μελέτη Α/Δ. 75
Εικόνα 5-27: Πολύγωνο επικάλυψης Α/Δ Χίου, Ρόδου και 112 ΠΜ (Ελευσίνας). 75
Εικόνα 5-28: Πολύγωνο επικάλυψης Α/Δ Χίου, 130 ΣΜ και 112 ΠΜ. 76
Εικόνα 5-29: Κύριες κοινές περιοχές δράσης των μέσων Ε-Δ από τα Α/Δ μελέτης. 76
Εικόνα 5-30: Ταξινόμηση περιστατικών με βάση τον αλγόριθμο k-means. 77
Εικόνα 5-31: Νέα αρχική χωροθέτηση Α/Δ, με βάση τη ταξινόμηση k-means. 79
Εικόνα 5-32: Υφιστάμενη εμβέλεια και κάλυψη αεροπορικών μέσων Ε-Δ, ανά Α/Δ. 81
Εικόνα 5-33: Υφιστάμενη κάλυψη FIR αεροπορικών μέσων Ε-Δ. 82
Εικόνα 5-34: Προτεινόμενη εμβέλεια και κάλυψη αεροπορικών μέσων Ε-Δ, ανά Α/Δ. ... 82
Εικόνα 5-35: Προτεινόμενη κάλυψη FIR αεροπορικών μέσων Ε-Δ. 83
Εικόνα 5-36: Σύγκριση εμβέλειας των δύο χωροθετήσεων. 84
Εικόνα 5-37: Σύγκριση κάλυψης του FIR, μεταξύ των δύο χωροθετήσεων. 84
Εικόνα 5-38: Σύγκριση κάλυψης του FIR - Α/Δ Καλαμάτας με SP και AB-205. 87
Εικόνα 5-39: Δημιουργία γραμμικού δικτύου μεταξύ συμβάντων και βάσεων Ε-Δ. 90
Εικόνα 5-40: Εισαγωγή του κόστους του δικτύου. 91

Εικόνα 5-41: Εισαγωγή υφιστάμενων Α/Δ στο επίπεδο «facilities». 92
Εικόνα 5-42: Εισαγωγή των θέσεων των συμβάντων στο επίπεδο «demand points». 92
Εικόνα 5-43: Παράθυρο για το καθορισμό της αντίστασης (impedance)..... 92
Εικόνα 5-44: Παράθυρο για το καθορισμό του τύπου του προβλήματος και των ιδιοτήτων του. 93
Εικόνα 5-45: Εφαρμογή Location-Allocation: Απεικόνιση της εξυπηρέτησης από τα υφιστάμενα Α/Δ. 93
Εικόνα 5-46: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτελέσματα υφιστάμενης χωροθέτησης.94
Εικόνα 5-47: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτελέσματα υφιστάμενης χωροθέτησης.95
Εικόνα 5-48: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτέλεσμα 2ου σεναρίου. 96
Εικόνα 5-49: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτέλεσμα 3ου σεναρίου. 99
Εικόνα 5-50: Εφαρμογή Location-Allocation: Σύγκριση 1ου και 3ου σεναρίου. 101
Εικόνα 5-51: Εισαγωγή προαπαιτούμενων Α/Δ στο επίπεδο «facilities»..... 102
Εικόνα 5-52: Εισαγωγή υποψήφιων Α/Δ στο επίπεδο «facilities». 102
Εικόνα 5-53: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτέλεσμα 4ου σεναρίου. 102
Εικόνα 5-54: Εισαγωγή σημείων ζήτησης με βάρος, στο επίπεδο «demand points». 104
Εικόνα 5-55: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτέλεσμα 5ου σεναρίου. 104
Εικόνα 5-56: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, με βάρος το είδος των Α/Δ.. 109
Εικόνα 5-57: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2009. 109
Εικόνα 5-58: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2010. 110
Εικόνα 5-59: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2011. 110
Εικόνα 5-60: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2012. 111
Εικόνα 5-61: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2013. 111
Εικόνα 5-62: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2014. 112
Εικόνα 5-63: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2009-2010. 113
Εικόνα 5-64: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2010-2011. 113
Εικόνα 5-65: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2011-2012. 114
Εικόνα 5-66: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2012-2013. 114
Εικόνα 5-67: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2009-2010-2011. 115
Εικόνα 5-68: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2010-2011-2012. 116
Εικόνα 5-69: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2011-2012-2013. 116
Εικόνα 5-70: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2009-2010-2011-2012.117
Εικόνα 5-71: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2010-2011-2012-2013.118
Εικόνα 5-72: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, για τα έτη από 2009 έως 2013.119
Εικόνα 7-1: Σκοπιμότητα μεθοδολογικού πλαισίου. 123

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 5-1: Συντ/νες των Α/Δ SAR..... 49
Πίνακας 5-2: Κοστολόγηση Ώρας Πτήσης για κάθε διαθέσιμο μέσο SAR..... 50
Πίνακας 5-3:Τυπικές αποστάσεις κατά τη περίοδο 2009-2014. 63
Πίνακας 5-4: Αποτελέσματα Συνάρτησης Κ στο ArcMap. 64
Πίνακας 5-5: Διαφορά (αριθμός) παρατηρούμενης και αναμενόμενης εξυπηρέτησης περιστατικών Ε-Δ ανά Α/Δ, ... 65
Πίνακας 5-6: Διαφορά (ποσοστό) παρατηρούμενης και αναμενόμενης εξυπηρέτησης περιστατικών Ε-Δ ανά Α/Δ, κατά τη περίοδο 2009-2014..... 65
Πίνακας 5-7: Αριθμός περιστατικών Ε-Δ που ανέλαβε κάθε Α/Δ,..... 66
Πίνακας 5-8: Αναμενόμενες (θεωρητικές) αποστάσεις και κόστος χρήσης ανά Α/Δ, 2009-2014. 69
Πίνακας 5-9: Παρατηρούμενες αποστάσεις και αντίστοιχο κόστος χρήσης ανά Α/Δ, 2009-

2014. 69
Πίνακας 5-10: Αποτελέσματα περιοχών δράσης των μέσων Ε-Δ. 76
Πίνακας 5-11: Αποτελέσματα ταξινόμησης περιστατικών με βάση τον αλγόριθμο k-means.78
Πίνακας 5-12: Κατάταξη Α/Δ με βάση την ταξινόμηση k-means. 78
Πίνακας 5-13: Σύγκριση κόστους χρήσης ιπτ. μέσων, με βάση την υφιστάμενη..... 80
Πίνακας 5-14: Σύγκριση έκτασης-ποσοστού κάλυψης του FIR των δύο χωροθετήσεων. . 83
Πίνακας 5-15: Εφαρμογή Location-Allocation: Στατιστικά αποτελέσματα υφιστάμενης χωροθέτησης. 94
Πίνακας 5-16: Εφαρμογή Location-Allocation: Στατιστικά αποτελέσματα 2ου σεναρίου. 96
Πίνακας 5-17: Ταξινόμηση των 66 υποψήφιων Α/Δ με βάση την εξυπηρέτηση ελικοπτέρων Ε-Δ..... 99
Πίνακας 5-18: Εφαρμογή Location-Allocation: Στατιστικά αποτελέσματα 3ου σεναρίου.100
Πίνακας 5-19: Εφαρμογή Location-Allocation: Στατιστικά αποτελέσματα 4ου σεναρίου.103
Πίνακας 5-20: Εφαρμογή Location-Allocation: Στατιστικά αποτελέσματα 5ου σεναρίου.105
Πίνακας 5-21: Συγκριτικά αποτελέσματα όλων των σεναρίων. 106
Πίνακας 5-22: Αποτελέσματα ανά ένα έτος μελέτης προς τα πίσω..... 112
Πίνακας 5-23: Αποτελέσματα ανά δύο έτη μελέτης προς τα πίσω. 115
Πίνακας 5-24: Αποτελέσματα ανά τρία έτη μελέτης προς τα πίσω. 117
Πίνακας 5-25: Αποτελέσματα ανά τέσσερα έτη μελέτης προς τα πίσω. 118
Πίνακας 5-26: Αποτελέσματα ανά πέντε έτη μελέτης προς τα πίσω. 119
Πίνακας 5-27: Τελικά αποτελέσματα όλων των διαχρονικών αναλύσεων χωροθέτησης. 120

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 5-1:Συμβάντα ΕΚΣΕΔ/ΑΤ 2009-2014 (Εντός FIR/SRR). 52
Διάγραμμα 5-2: Άτομα που παρασχέθηκε βοήθεια 2009-2014 (Εντός FIR/SRR). 53
Διάγραμμα 5-3:Αποτελέσματα Ε-Δ κατά τη περίοδο 2009-2014. 53
Διάγραμμα 5-4: Ποσοστό απωλειών κατά τη περίοδο 2009-2014. 54
Διάγραμμα 5-5: Κατανομή συμβάντων SAR ανά κατηγορία, 2009-2014. 54
Διάγραμμα 5-6: Κατανομή συμβάντων SAR ανά μήνα, 2009-2014. 55
Διάγραμμα 5-7: Κατανομή συμβάντων SAR ανά ομάδα ωρών, 2009-2014. 56
Διάγραμμα 5-8: Κατανομή συμβάντων SAR ανά Α/Δ, 2009-2014. 56
Διάγραμμα 5-9: Ποσοστό συμβάντων SAR ανά Α/Δ, 2009-2014. 57
Διάγραμμα 5-10: Διάγραμμα παρατηρούμενης και αναμενόμενης εξυπηρέτησης περιστατικών Ε-Δ 66
Διάγραμμα 5-11: Κόστος χρήσης των αεροπορικών μέσων, ανά Α/Δ, κατά τη περίοδο 2009-2014 70
Διάγραμμα 5-12: Κόστος χρήσης των αεροπορ. μέσων, με βάση τη νέα χωροθέτηση των Α/Δ. 81
Διάγραμμα 5-13: Σχηματική απεικόνιση διαχρονικής ανάλυσης χωροθέτησης..... 120

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2-1: Ο Κύκλος της Διαχείρισης των Εκτάκτων Καταστάσεων 15
Σχήμα 3-1: Κατηγορίες Μοντέλων Χωροθέτησης-Κατανομής 36
Σχήμα 3-2: Σχέσεις μεταξύ των μοντέλων κάλυψης, μέγιστης κάλυψης και διακέντρων. 38
Σχήμα 4-1: Προτεινόμενο Μεθοδολογικό Πλαίσιο. 40

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι δεδομένο ότι η ζωή είναι το πολυτιμότερο αγαθό του ανθρώπου και η προστασία της αποτελεί ύψιστο καθήκον και επιτακτική υποχρέωση όλων μας. Ο κίνδυνος από την άλλη πλευρά, είναι «εγγενής» της ανθρώπινης ζωής, καθ' ότι συνιστά ένα αναπόσπαστο και αναπόδραστο «συστατικό» της καθημερινής ζωής, δεδομένου ότι δεν υπάρχει περιβάλλον παντελώς απαλλαγμένο από τον κίνδυνο. Η έρευνα και η διάσωση ατόμων που βρίσκονται σε συνθήκες κινδύνου, αποτελεί μια από τις βασικότερες και σπουδαιότερες αποστολές των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης ενός κράτους, στο πλαίσιο των καθ' ύλη αρμοδιοτήτων του, αλλά και της γενικότερης προσφοράς του στο κοινωνικό σύνολο.

Είναι αναμφισβήτητο το γεγονός, ότι όταν υφίστανται από το κράτος ειδικές μονάδες-κέντρα διάσωσης, όταν υλοποιούνται σχέδια έρευνας-διάσωσης και όταν εκπαιδεύεται προσωπικό σε καταστάσεις εκτάκτων αναγκών, το ηθικό και η ψυχολογία του πληθυσμού τονώνεται αισθητά (Τερνιώτης, 2005). Το όφελος δηλαδή είναι διπλό: οι άνθρωποι αισθάνονται περισσότερο άνετα και ασφαλείς όταν γνωρίζουν ότι αν χρειαστεί, κάποιοι συνάνθρωποί τους θα αγρυπνούν για να τους εντοπίσουν και να τους διασώσουν και δεύτερον, για το προσωπικό που απασχολείται με την έρευνα και διάσωση αποτελεί μια πράξη ανθρωπισμού.

Ο στρατηγικός σχεδιασμός ενός αποτελεσματικού συστήματος διαχείρισης κρίσεων, εξαρτάται πρωταρχικά από την επιλογή του χώρου-θέσης στην οποία θα εγκατασταθούν τα μέσα που θα εξυπηρετήσουν μια κατανομή περιστατικών. Η τοποθεσία αυτή που θα επιλεγεί, για τη κάλυψη συγκεκριμένων περιοχών καθορίζει ως επί των πλείστων και την επιτυχημένη παροχή υπηρεσιών.

Δεν υπάρχει επίσης αμφιβολία, ότι όσον αφορά σε περιστατικά άμεσης ανάγκης η έγκαιρη απόκριση σε εθνικό ή τοπικό επίπεδο, προσμετράται από την ικανότητα των εκάστοτε υπηρεσιών να κινητοποιήσουν τις μονάδες και το προσωπικό τους, καίρια και αποτελεσματικά. Ειδικά στην περίπτωση των υπηρεσιών και των οργανισμών του δημόσιου τομέα (ασθενοφόρα, αστυνομία, πυροσβεστική κλπ), το γεγονός αυτό αναδεικνύει τη σημαντικότητα του προσδιορισμού των βέλτιστων θέσεων για τους αντίστοιχους σταθμούς και τα οχήματα (Φώτης, 1999).

Με βάση λοιπόν όλα τα παραπάνω, αντικείμενο της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας είναι η χωρο-χρονική ανάλυση των δεδομένων που αφορούν σε περιστατικά αεροπορικής έρευνας και διάσωσης σε μία μεγάλη περιοχή μελέτης (ελληνικός χώρος-FIR Αθηνών) και σε μία χρονική περίοδο από το 2009 έως και το 2014, και η ανάλυση χωροθέτησης-κατανομής των βάσεων των ιπτάμενων μέσων του ΕΚΣΕΔ/ΑΤ.

Η εργασία αυτή, η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια του ΔΠΜΣ «Γεωπληροφορική» της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ, κάνει χρήση επιστημονικών εργαλείων χωρικής ανάλυσης προκειμένου να αναδειχθεί η χωρική διάσταση του φαινομένου, να αξιολογηθεί αφενός η χωροθέτηση των υφιστάμενων θέσεων των ιπτάμενων μέσων SAR και αφετέρου να προταθούν νέες βέλτιστες θέσεις. Η ανάλυση των δεδομένων αεροπορικής έρευνας και διάσωσης που υλοποιείται στην εργασία αυτή με την αξιοποίηση των GIS, περιλαμβάνει ένα σύνολο διαδικασιών (συλλογή, καταγραφή και ανάλυση δεδομένων), οι οποίες βοηθούν στον προσδιορισμό των απαραίτητων σχεδίων και συσχετισμών ανάμεσα στα περιστατικά SAR και τα διατιθέμενα μέσα και υπηρεσίες.

Η μελέτη των περιστατικών και τα συμπεράσματα που προκύπτουν στην εργασία αυτή, αναμφισβήτητα δεν μπορούν:

- Να αποτρέψουν τις έκτακτες καταστάσεις στο μέλλον, ούτε
- Να καταργήσουν την ανάγκη επαγρύπνησης και τις περιπολίες, αλλά ούτε και

- Να αντικαταστήσουν τον άνθρωπο,

μπορεί όμως να συμβάλουν στην καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των υπαρχόντων μέσων και πόρων, να βελτιώσουν την εποπτεία, να υποστηρίξουν τις αποφάσεις σχεδιασμού και τελικά να δημιουργήσουν ένα υλικό προστιθέμενης αξίας για μελλοντικές εργασίες και μελέτες.

Απώτερος σκοπός είναι, η υποστήριξη της λήψης αποφάσεων αναφορικά με τη μέγιστη και καλύτερη χρήση των περιορισμένων μέσων (ιπτάμενων) τα οποία είναι διαθέσιμα για την αντιμετώπιση των περιστατικών SAR (εντοπισμός επικίνδυνων περιοχών, ανάλυση βέλτιστης χωροθέτησης, πρόβλεψη ζήτησης).

Η εκπλήρωση του παραπάνω σκοπού, ανάγεται στην επίτευξη επιμέρους στόχων:

- Μελέτη της διαχρονικής κατανομής και του χωροθετικού προτύπου των συμβάντων, ώστε να αξιολογηθεί η αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα των τωρινών θέσεων των ιπτάμενων μέσων.

- Ανίχνευση των περιοχών αυξημένων περιστατικών (προβλημάτων), για την έγκαιρη άφιξη των σωστικών μέσων, στόχος ο οποίος αποτελεί ύψιστης σημασίας ζήτημα, κατά τις κρίσιμες ώρες μιας επείγουσας/ έκτακτης ανάγκης.

- Μελέτη νέας χωροθέτησης-κατανομής των ελικοπτέρων Ε-Δ με κριτήριο τη μείωση της απόστασης των σταθμευμένων μέσων από μελλοντικά συμβάντα και συγκεκριμένα την ελαχιστοποίηση του χρόνου και του κόστους μετάβασης, εντός μιας συγκεκριμένης προθεσμίας ανταπόκρισης. Μοναδικό περιορισμό αποτελεί η έγκαιρη κάλυψη οποιουδήποτε περιστατικού εντός καθορισμένου χρόνου, με στόχο τη βελτίωση του επιπέδου των παρεχόμενων υπηρεσιών του ΕΚΣΕΔ.

- Κάλυψη των περιστατικών του επόμενου έτους, μελετώντας τα συμβάντα συγκεκριμένης χρονικής διάρκειας στο παρελθόν.

Η επιλογή των κατάλληλων τεχνικών και μεθόδων για την επίλυση του προβλήματος και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της εφαρμογής, πραγματοποιήθηκε έπειτα από ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που σχετίζεται με τη χωρική ανάλυση περιστατικών έκτακτης ανάγκης και τη χωροθέτηση μονάδων άμεσης επέμβασης (πχ ασθενοφόρα, πυροσβεστικά οχήματα κλπ).

Η Ελληνική εμπειρία και έρευνα σε ότι αφορά τη γεωγραφική ανάλυση των συμβάντων αεροπορικής ή/και ναυτικής έρευνας-διάσωσης είναι περιορισμένη, αν όχι ελλιπής. Αυτό που έχει κατά καιρούς μελετηθεί είναι η χωροχρονική ανάλυση έκτακτων περιστατικών και ιδιαίτερα δασικών πυρκαγιών στον ελλαδικό χώρο, καθώς και η βέλτιστη χωροθέτηση πυροσβεστικών οχημάτων, όπως συμβαίνει στη μελέτη της Μπαστρογιάννη (2014) για τη περιοχή του Ολύμπου, ή στην εργασία της Κοτσώνης (2009), όπου στόχος είναι η μοντελοποίηση του κινδύνου εκδήλωσης δασικής πυρκαγιάς στην Πάρνηθα και η εύρεση των πιθανών σημείων συγκέντρωσης των μέσων άμεσης επέμβασης.

Ένα άλλο δείγμα ανάλογης μελέτης αποτελεί η εργασία του Λουκάκη (2010), που έχει ως αντικείμενο την εξέταση των θεωρητικών προσεγγίσεων για τη χωροθέτηση των υπηρεσιών πυρόσβεσης-διάσωσης σε μεγάλα αστικά κέντρα ή σε εθνικό επίπεδο. Βάσει του θεωρητικού υποβάθρου αναπτύσσεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τη μελέτη της χωροθέτησης των μονάδων πυρόσβεσης στο δήμο Αθηναίων.

Η μελέτη του Β. Βεσκούκη (2010) στοχεύει στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης κρίσεων, ως εργαλείου υποστήριξης σχεδιασμού και αποφάσεων.

Αναφέρεται ειδικότερα σε καινοτόμες δράσεις για το σχεδιασμό της αντιμετώπισης δασικών πυρκαγιών, την οργάνωση και κινητοποίηση των εθελοντών, την υποστήριξη αποφάσεων και τη βέλτιστη διάθεση πόρων και κινητών μονάδων υποστήριξης.

Ξεχωρίζει ακόμα η μελέτη των Φώτη και Γραικούση (2005), των οποίων η εφαρμογή αφορά στην χωροθέτηση πυροσβεστικών οχημάτων στην Μητροπολιτική περιοχή Αθηνών βάσει διαχρονικών δεδομένων και με χρήση των ΓΣΠ και μεθόδων Τεχνητής Νοημοσύνης. Συγκεκριμένα, χωροθετούνται εξωτερικές μονάδες επέμβασης, ώστε να καταλαμβάνουν θέσεις, που θα εξασφαλίζουν την ελαχιστοποίηση των αποστάσεών τους από μελλοντικά συμβάντα.

Άλλο παράδειγμα στην ελληνική βιβλιογραφία αποτελεί η μελέτη της διαχείρισης του στόλου των ασθενοφόρων του ΕΚΑΒ στη περιοχή της Αττικής, με χρήση τεχνολογιών GIS, GPS και GSM (Global System for Mobile Communication), των Γαροφαλάκη κ.ά. (1999). Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στην αποδοτική κατανομή και δρομολόγηση των οχημάτων του ΕΚΑΒ, με μεθόδους network analysis.

Στην ξενόγλωσση βιβλιογραφία, και σε άμεση συνάφεια με τη παρούσα εργασία, αποτελεί η μελέτη του Maheep Singh Thapar (2004), σχετικά με τη δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης έκτακτων καταστάσεων για τη πόλη Hyderabad στην Ινδία. Από την ανάλυσή του προέκυψαν οι ζώνες κινδύνου, οι περιοχές με υψηλή πυκνότητα πυρκαγιών και με χαμηλή εξυπηρέτηση, ο συσχετισμός της θέσης των πυροσβεστικών σταθμών με τον αριθμό των περιστατικών, και το ποσοστό κάλυψης της περιοχής μελέτης για συγκεκριμένους χρόνους απόκρισης. Με βάση τα προηγούμενα προτάθηκε στο τέλος, η δημιουργία 11 ακόμα πυροσβεστικών σταθμών, φτάνοντας έτσι τη κάλυψη της πόλης σε 100% σε 10 λεπτά.

Ο Antonio Blazevic (2001) στην εργασία του, ανέλυσε τη βέλτιστη χωροθέτηση βάσεων αεροδεξαμενών κατάσβεσης δασικών πυρκαγιών στην Καλιφόρνια, αξιοποιώντας το ιστορικών των πυρκαγιών και στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου μετάβασης από τα σημεία ανεφοδιασμού (αεροδρόμια), στα σημεία ζήτησης (εστίες φωτιάς).

Η διεθνής επιστημονική κοινότητα έχει να επιδείξει ορισμένα ακόμα σπουδαία παραδείγματα προκειμένου να αποδομήσει και να μελετήσει τις πτυχές του υπόψη ζητήματος, σε ένα πόνημα να αναφανεί μια οδός προς την κατεύθυνση της αντιμετώπισης και του μετριασμού της επενέργειας των κρίσεων και των έκτακτων περιστατικών. Η μελέτη των G. Durkee and V. Glynn-Linaris, (2012), επικεντρώθηκε στη χρήση των ΓΣΠ σε περιστατικά έρευνας και διάσωσης σε δασικές περιοχές. Συγκεκριμένα, στόχος τους ήταν να καταδείξουν τα πλεονεκτήματα της οπτικοποίησης των περιστατικών σε πραγματικό χρόνο επί χάρτου, της δημιουργίας μιας γεωγραφικής βάσης δεδομένων SAR, καθώς και της σχεδίασης αρχικών σημείων και περιοχών (blocks) έρευνας των ατόμων που κινδυνεύουν, με τελικό σκοπό τη λήψη ορθών και ταχέων αποφάσεων από τους αρμόδιους φορείς.

Ο Russ Johnson (2000) στην εργασία του, περιγράφει πως τα ΓΣΠ παίζουν ένα καθοριστικό ρόλο στη διαχείριση επειγουσών περιστατικών, αναλύοντας τη συνεισφορά τους σε κάθε φάση του κύκλου διαχείρισης κρίσεων (Σχήμα 1).

Η μελέτη του U.S. Coast Guard Research and Development Center το 2001, επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη μεθόδων έρευνας και διάσωσης για τα εγχειρίδια SAR (όπως το IAMSAR-International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual), καθώς και στη δημιουργία υπολογιστικών εργαλείων υποστήριξης λήψης απόφασης. Οι όροι "probability of containment-POC", δηλαδή μια κατανομή πυκνότητας πιθανότητας για τη θέση ενός αντικειμένου που αναζητείται, "probability of detecting-POD" η πιθανότητα ανίχνευσης του αντικειμένου και "probability of success-POS", η πιθανότητα δηλαδή επιτυχίας, αποτελούν στοιχεία που περιλαμβάνονται σε κάθε νεότερη τεχνική SAR.

Στη συνέχεια, σχετικά με εργασίες που αφορούν τη χωροθέτηση-κατανομή μονάδων έκτακτης ανάγκης, αναφέρεται η μελέτη των Hongzhong Jia, et all (2005), η οποία εξετάζει την αναθεώρηση όλων των γνωστών μοντέλων χωροθέτησης για την εύρεση βέλτιστων θέσεων νοσοκομείων, πυροσβεστικών σταθμών και άλλων τέτοιων υπηρεσιών. Σαν δεύτερο στόχο έχει την ανάλυση των χαρακτηριστικών των μεγάλης κλίμακας περιστατικών εκτάκτου ανάγκης και την υιοθέτηση προσαρμοσμένων μοντέλων που λαμβάνουν υπόψη αυτά τα στοιχεία.

Ο Basdemir το 2000 στην εργασία του με τίτλο "Locating Search and Rescue Stations in the Aegean and Western Mediterranean Regions of Turkey", εξετάζει τη βέλτιστη χωροθέτηση νέων βάσεων SAR στη περιοχή της Τουρκίας, χρησιμοποιώντας το μοντέλο μεγίστης κάλυψης (MCLP). Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στον προσδιορισμό του ελάχιστου αριθμού θέσεων SAR , προκειμένου να καλύπτεται ολόκληρη η περιοχή έρευνας, πραγματοποιώντας διάφορα σενάρια.

Η εργασία της M. Talwar που παρουσιάστηκε σε ετήσιο συνέδριο επιχειρησιακής έρευνας στη Ζέα Ζηλανδία το 2002, σχετικά με τη χωροθέτηση τριών ελικοπτέρων Ε-Δ σε περιοχή της Βόρειας Ιταλίας, αναφέρεται στην προσπάθεια να βελτιστοποιηθούν οι θέσεις των βάσεων ελικοπτέρων διάσωσης, έτσι ώστε οι χρόνοι απόκρισης στις κλήσεις έκτακτης ανάγκης να μειώνονται. Η αυξανόμενη απαίτηση για ελικόπτερα διάσωσης, δεδομένου αφενός της αύξησης των ατυχημάτων, λόγω χειμερινών δραστηριοτήτων και αφετέρου ότι οι περισσότερες από τις περιοχές ατυχήματος δεν είναι προσιτές από το έδαφος, δίνει αφορμή για την μελέτη δύο χωροθετικών μοντέλων: αυτό της ελαχιστοποίησης των μέσων χρόνων απόκρισης, στους οποίους η συνολική σταθμισμένη απόσταση (με βάση τη συχνότητα εμφάνισης ατυχημάτων) ελαχιστοποιείται και αυτό της ελαχιστοποίησης των χειρότερων χρόνων απόκρισης, στους οποίους η μέγιστη μη- σταθμισμένη απόσταση μεταξύ των βάσεων ελικοπτέρων και των περιοχών ατυχήματος ελαχιστοποιείται. Βάσει των αποτελεσμάτων τα οποία επιτεύχθηκαν από τα μοντέλα και τους αλγορίθμους που εφαρμόστηκαν στην εργασία, διαπιστώθηκε ότι το μοντέλο που ελαχιστοποίησε τη μέγιστη μη-σταθμισμένη απόσταση μεταξύ των βάσεων των ελικοπτέρων και των περιοχών ατυχήματος παρήγαγε πιο ομοιόμορφες κατανομές.
Η αντιμετώπιση του προβλήματος της παρούσης εργασίας, γίνεται με εργαλεία και μεθόδους χωρικής ανάλυσης, όπως η χρήση γεωστατιστικών δεικτών κεντρικότητας και διασποράς (χωρικός μέσος, τυπική απόσταση, έλλειψη τυπικής απόστασης) και του αλγόριθμου k-means, για την αναγνώριση της κατανομής και διαχρονικής μετακίνησης των δεδομένων SAR στη περιοχή μελέτης, την ομαδοποίησή τους και την ανάλυση της υφιστάμενης κατανομής τους. Η χρήση του δείκτη του εγγύτερου γείτονα και της μεθόδου εκτίμησης της πυκνότητας (kernel density estimator) εφαρμόζονται επίσης στην εργασία αυτή, για την ανάλυση του χωρικού προτύπου και τον εντοπισμό των επικίνδυνων περιοχών. Οι μέθοδοι χωροθέτησης-κατανομής (Location-Allocation models) και συγκεκριμένα το μοντέλο Μέγιστης Κάλυψης (Maximal Covering Location Model) εφαρμόζεται τελευταία, προκειμένου να διερευνηθεί η δυνατότητα βέλτιστης χωροθέτησης των βάσεων των ιπτάμενων μέσων έρευνας και διάσωσης.

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ArcMap (έκδοση 10.3) της ESRI και η παρούσα εργασία δομήθηκε στα εξής κεφάλαια:

- ✓ Στο πρώτο κεφάλαιο (εισαγωγή), αναφέρεται το πρόβλημα με το οποίο ασχολείται η μελέτη αυτή, και τονίζεται ο σκοπός και οι αντικειμενικοί στόχοι της εργασίας. Γίνεται επίσης εδώ και μια συνοπτική βιβλιογραφική αναφορά στις έρευνες που έχουν εκπονηθεί στο παρελθόν, σχετικά με το υπόψη θέμα.

✓ Στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθεται το θεωρητικό πλαίσιο της έννοιας έρευνας και διάσωσης, και παρουσιάζονται διάφορα στοιχεία για το νομικό καθεστώς και τη λειτουργία του Ενιαίου Κέντρου Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης (ΕΚΣΕΔ) στην Ελλάδα.

✓ Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται διεξοδικά οι μέθοδοι και οι τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν, για την επεξεργασία των δεδομένων και την εξαγωγή των απαραίτητων αποτελεσμάτων.

✓ Στο τέταρτο κεφάλαιο, δημιουργείται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο ή αλλιώς μοντέλο προσέγγισης, που θα οδηγήσει στην κατανόηση του προβλήματος και στην ερμηνεία των περιστατικών Ε-Δ στο χώρο. Το πλαίσιο αυτό, θα αποτελέσει το σκελετό των διαδικασιών που θα λάβουν χώρα στη μελέτη εφαρμογής στο επόμενο κεφάλαιο.

✓ Στο πέμπτο κεφάλαιο, το οποίο αποτελεί και το κύριο μέρος της εργασίας αυτής, γίνεται καταρχήν αναφορά στη περιοχή εφαρμογής-μελέτης και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, ενώ υπάρχουν πληροφορίες για τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και την πηγή τους. Αναλύεται η ροή εργασιών, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που υιοθετήθηκε, για την επεξεργασία των αρχικών δεδομένων και παρουσιάζονται τα τελικά προϊόντα της ανάλυσης, με τη μορφή χαρτών και παρατίθενται επιπλέον διάφορα στατιστικά στοιχεία.

✓ Στη τελευταία ενότητα, παρατίθενται τα συμπεράσματα της εργασίας και γίνεται αναφορά στα σημεία εκείνα που τροφοδοτούν περαιτέρω έρευνα και ανάλυση. Επίσης, γίνεται λόγος για τους προβληματισμούς που προέκυψαν καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης και καταγράφονται κάποιες σκέψεις και προτάσεις για την μελλοντική διερεύνηση του υπόψη θέματος.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται συνοπτικά το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας αυτής, γίνεται αρχικά μία μικρή αναφορά στον κύκλο διαχείρισης εκτάκτων καταστάσεων και στα στάδια του, ενώ στη συνέχεια παρατίθενται στοιχεία για την οργάνωση και σύσταση του Ενιαίου Κέντρου Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης (ΕΚΣΕΔ) στην Ελλάδα, την αποστολή του, τις αρμοδιότητές του και τη κατανομή των ιπτάμενων μέσων που έχει στη διάθεσή του για την αντιμετώπιση των περιστατικών Ε-Δ.

2.1. Γενικά περί Διαχείρισης Έκτακτων Καταστάσεων

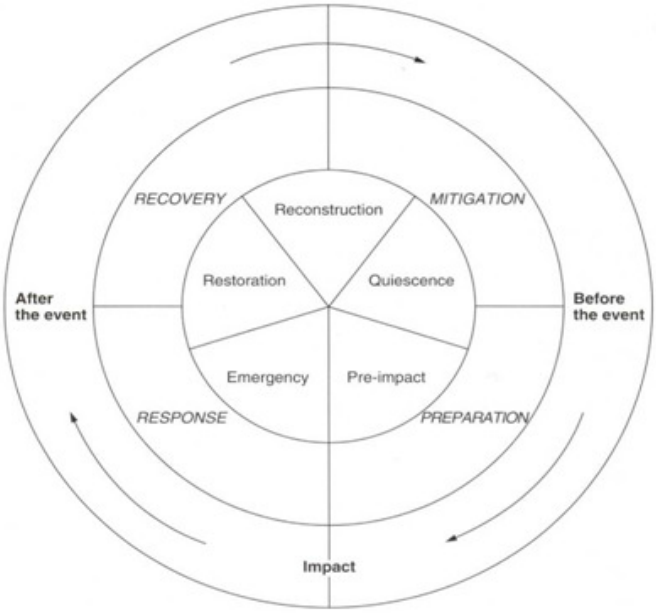
Με τον όρο διαχείριση εκτάκτων καταστάσεων, εννοούμε μια διαδικασία λήψης αποφάσεων για την αντιμετώπιση μιας έκτακτης κατάστασης, με στόχο την ελαχιστοποίηση:

- Ανθρώπινων απωλειών.
- Περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

- Καταστροφών σε υποδομές.
- Αποδιοργάνωσης της κοινωνικής ζωής γενικά (Βεσκούκης, 2010).

Οι παραπάνω κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις των περιστατικών Ε-Δ δεν αναδεικνύουν μόνο τη σημαντικότητα του προβλήματος, αλλά επιβάλλουν την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου διαχειριστικού συστήματος για την πρόληψη και έγκαιρη επέμβαση.
Προς την πραγμάτωση της αποτελεσματικής διευθέτησης έκτακτων/επειγουσών καταστάσεων (emergencies), όπως είναι η έρευνα και διάσωση ατόμων που βρίσκονται σε κίνδυνο, που πυροδοτούνται από πληθώρα διαδικασιών (συμπεριλαμβανομένων και των φυσικών), έχουν αναδειχθεί στη διεθνή βιβλιογραφία κρίσιμες ενέργειες που προτίθενται να καλύψουν ολόκληρο το φάσμα εξέλιξης ανάλογων τέτοιων συμβάντων. Δεδομένου ότι τα περιστατικά αυτά τείνουν να διακρίνονται από επαναληψιμότητα, σχηματίζουν έναν «κύκλο», επί του οποίου εντάσσονται οι ενέργειες αυτές, τον **κύκλο της διαχείρισης των έκτακτων καταστάσεων**, **ο οποίος απαρτίζεται από τα ημι-διακριτά στάδια της μετρίασης/μείωσης, της ετοιμότητας, της απόκρισης και της αποκατάστασης (ανάκαμψης)/ανακούφισης (mitigation – preparedness/preparation – response – recovery/relief).**

Τα δύο πρώτα στάδια λαμβάνουν χώρα στην προ του συμβάντος φάση, ενώ τα δύο τελευταία στην μετα-συμβάντος (Σχήμα 2-1). Οι ενέργειες προς τη διευθέτηση της προ του συμβάντος φάσης (δύο πρώτα στάδια) λαμβάνουν το χαρακτηρισμό διαχείριση κινδύνου (risk management), ενώ οι δράσεις που υλοποιούνται μετά την «έλευση» του περιστατικού – στα δύο επόμενα στάδια – υπάγονται στη διαχείριση κρίσεων (crisis management). Τόσο η διαχείριση κινδύνου, όσο και η διαχείριση κρίσεων υπάγονται στον ευρύτερο σχεδιασμό περί διαχείρισης εκτάκτων καταστάσεων (planning for disaster/emergency management).



Σχήμα 2-1: Ο Κύκλος της Διαχείρισης των Εκτάκτων Καταστάσεων

Πηγή: Alexander, 2000

Σε γενικές γραμμές, οι δράσεις που αναλαμβάνονται σε κάθε στάδιο, καθώς και οι διαδικασίες σχεδιασμού που τις καθορίζουν διαφέρουν, όσο διαφέρουν και οι ανάγκες που χρήζουν διευθέτησης/αντιμετώπισης. Έτσι, ο μετριασμός/μείωση αναφέρεται σε όλες εκείνες τις ενέργειες προκειμένου να ελαττωθεί ο αντίκτυπος μελλοντικών επειγουσών συμβάντων.

Αυτές οι ενέργειες-μέτρα, στην περίπτωση της έρευνας και διάσωσης, διαιρούνται στις κατασκευαστικές (δημιουργία ελικοδρομίων, κέντρων συντονισμού) και στις μη-κατασκευαστικές που αφορούν στη νομοθέτηση, στο σχεδιασμό-οργάνωση των μέσων και των εγχειριδίων και στα σχέδια διάσωσης. Η ετοιμότητα συμπεριλαμβάνει πάλι ενέργειες (πχ ετοιμότητα επέμβασης 2 ωρών, 15 και 30 λεπτών κλπ) προς τη μείωση των συνεπειών ενός συμβάντος, όταν όμως ένα τέτοιο επίκειται, μεταβαίνουν από τον σχεδιασμό (*planning*) στην εκτέλεση (*execution*). Στο στάδιο της απόκρισης υπεισέρχονται δράσεις που υλοποιούνται τόσο κατά την διάρκεια εκδήλωσης του επεισοδίου, όσο και στο βραχυπρόθεσμο χρονικό διάστημα που επακολουθεί. Στοχεύουν δε στην έρευνα και διάσωση, στην περιφρούρηση, καθώς και στην ικανοποίηση των άμεσων αναγκών των πληγέντων και διασωθέντων (σίτιση, ιατροφαρμακευτική περίθαλψη κ.α.). Τέλος, η ανάκαμψη-αποκατάσταση εμπερικλείει διενέργειες επιδιόρθωσης και επισκευής υλικών ζημιών και φθορών, επανόρθωσης των υπηρεσιών και ανακατασκευής των υποδομών, καθώς και διαδικασίες αναδόμησης και αναζωογόνησης της κοινωνικοοικονομικής ζωής, διαδικασίες που στο σύνολό τους ενδέχεται να διαρκέσουν μεγάλο χρονικό διάστημα, αν πρόκειται για μείζον καταστροφικό περιστατικό (Alexander, 2002).

Όσον αφορά τώρα τη χρησιμοποίηση των ΓΣΠ, η οποία εξετάζεται και στη παρούσα εργασία, αυτά είναι δυνατό να παρεισφρήσουν σε κάθε μία των φάσεων εκδήλωσης ολόκληρου του κύκλου των έκτακτων/επειγουσών καταστάσεων, διαμέσου των σταδίων διαχείρισης (μετρίαση, ετοιμότητα, απόκριση, αποκατάσταση). Προάγεται λοιπόν η αξιοποίηση αυτών των τεχνολογιών με κύριο στόχο την προσαρμογή των ανθρώπινων και κοινωνικών προτύπων συμπεριφοράς και των αντίστοιχων δράσεων και ενεργημάτων σε κάθε φάση αυτού του κύκλου, όπου η αποτελεσματική διευθέτηση κάθε ενός σταδίου συνεπάγεται ταυτόχρονα την επιτυχή πραγμάτωση και των λοιπών σταδίων, είτε επί του ίδιου επεισοδίου, είτε επί μιας σειράς παρόμοιων επεισοδίων τα οποία ενδεχομένως θα λάβουν χώρα στον ίδιο χώρο, ή υπό όμοιες συνθήκες, μέσω της ανατροφοδότησης του κύκλου διαχείρισης των εκτάκτων καταστάσεων.

2.2. Εννοιολογική Προσέγγιση του Όρου Έρευνας και Διάσωσης

Με τον όρο έρευνα και διάσωση (Search and Rescue - SAR), ονομάζεται η διαδικασία έρευνας και παροχής βοήθειας σε ανθρώπους που βρίσκονται ή απειλούνται από επικείμενο κίνδυνο. Αν και ως έννοια δεν είναι δυσνόητη, στην πραγματικότητα οι ενέργειες που απαιτούνται να γίνουν είναι σύνθετες, πολύπλοκες ενώ ταυτόχρονα ο σχεδιασμός της όλης επιχείρησης πρέπει να είναι άμεσος και ο ενδεδειγμένος σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του κάθε περιστατικού ώστε το αποτέλεσμα να είναι θετικό (ΥΕΝΑΝΠ/ΛΣ, 2009).

Η Διεθνής Σύμβαση για την Έρευνα και Διάσωση στη Θάλασσα (SAR) του 1979 ορίζει, ότι διάσωση είναι «η επιχείρηση που αποσκοπεί στη περισυλλογή όσων κινδυνεύουν στη θάλασσα, στην ικανοποίηση των ιατρικών ή άλλων αναγκών τους και στην αποβίβασή τους σε ασφαλές σημείο».

Οι υπηρεσίες SAR ορίζονται ως «η εκτέλεση, στην περίπτωση κινδύνου, των λειτουργιών επιτήρησης, επικοινωνίας, συντονισμού, έρευνας και διάσωσης, συμπεριλαμβανομένης της παροχής ιατρικών γνωματεύσεων και φροντίδων ή της απομάκρυνσης για λόγους ιατρικούς με τη χρήση δημόσιων και ιδιωτικών πόρων, συμπεριλαμβανομένης της συνεργασίας αεροπλάνων, πλοίων και άλλων μηχανημάτων και εγκαταστάσεων. Οι υπηρεσίες SAR

περιλαμβάνουν την υιοθέτηση ρυθμίσεων για την αποβίβαση των διασωθέντων από τα πλοία που παρείχαν συνδρομή στη διάσωση».

Υπάρχουν ακόμα και άλλοι πολλοί ορισμοί της έρευνας και διάσωσης, ανάλογα με τον οργανισμό που είναι επιφορτισμένος με το ρόλο αυτό. Για παράδειγμα:

- Καναδικές Ένοπλες Δυνάμεις: «Η έρευνα και διάσωση συνδυάζει την έρευνα και την παροχή βοήθειας σε πρόσωπα, πλοία ή άλλα σκάφη τα οποία είναι, ή πιστεύεται πως είναι, σε άμεσο ή επικείμενο κίνδυνο».
- Αμερικανική Ακτοφυλακή: «Η χρήση διαθέσιμων πόρων για τη βοήθεια προσώπων ή ιδιοκτησίας σε πιθανό ή υπαρκτό κίνδυνο».
- Αμερικανικό Υπουργείο Άμυνας:

– Έρευνα: «Μία επιχείρηση συνήθως συντονισμένη από ένα Κέντρο Συντονισμού Διάσωσης (*Rescue Coordination Center – RCC*) ή υποκέντρο διάσωσης, χρησιμοποιώντας το διαθέσιμο προσωπικό και υποδομή για τον εντοπισμό προσώπων σε κίνδυνο».

– Διάσωση: «Μια επιχείρηση για την διάσωση προσώπων σε κίνδυνο, παροχή αρχικής ιατρικής ή άλλου είδους βοήθειας και μεταφοράς τους σε ασφαλές μέρος». Ο ορισμός αυτός είναι ίδιος με αυτόν που αναφέρεται στο άρθρο 1.3.2 του 1^{ου} Κεφαλαίου του Παραρτήματος της Σύμβασης για τη Ναυτική Έρευνα και Διάσωση (SAR), όπως αυτό τροποποιήθηκε με την απόφαση 70 της Επιτροπής Ναυτικής Ασφάλειας (MSC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (Π.Δ. 201/2000, ΦΕΚ 181/Α΄).

2.3. Τύποι Έρευνας και Διάσωσης

Ο τρόπος προσέγγισης και μεταφοράς είναι που προσδιορίζει τα διάφορα μέσα διάσωσης. Έτσι έχουμε:

- Αεροναυτική έρευνα και διάσωση:

Αναφέρεται στην χρήση πλωτών μέσων, αεροσκαφών-ελικοπτέρων τόσο για την έρευνα και τον εντοπισμό, όσο και για τη διάσωση προσωπικού και πληρωμάτων καταρριφθέντων αεροσκαφών στη θάλασσα.

- Υποβρύχια έρευνα και διάσωση:

Αναφέρεται στον εντοπισμό και τη διάσωση υποβρυχίως ατόμων αποκλεισμένων σε θύλακες αέρα ή χαμένων αυτοδυτών, δυτών ή βατραχανθρώπων. Με τον όρο θύλακες αέρα αναφερόμαστε σε ναυάγια, υποβρύχια, υποβρύχιους σταθμούς, υποβρύχια σπήλαια και άλλες περιοχές που είναι δυνατόν να εξασφαλίζουν για περιορισμένο χρονικό διάστημα την επιβίωση ατόμου ή ομάδας ατόμων υποβρυχίως.

2.4. Νομικό Καθεστώς για την Έρευνα και Διάσωση

Η έρευνα και διάσωση ανθρώπινης ζωής που κινδυνεύει στη θάλασσα δεν είναι μια δυνητική παροχή του παράκτιου κράτους, αλλά ουσιαστική υποχρέωση του, η οποία αποτελεί βασική αρχή του εθιμικού δικαίου που απορρέει από την αλληλεγγύη μεταξύ των ευρισκομένων στη

θάλασσα και την ανάγκη παροχής βοήθειας σε εκείνους που βρίσκονται σε κίνδυνο. Πρόκειται για υποχρέωση της διεθνούς κοινότητας ως συνόλου.

Ειδικότερα η έρευνα και διάσωση βασίζεται σε δύο βασικές αρχές του Διεθνούς Δικαίου:

✓ Στο δικαίωμα των κρατών να ελέγχουν και να ρυθμίζουν την είσοδο και τις δραστηριότητες πλοίων και αεροσκαφών μέσα στην εναέρια περιοχή δικαιοδοσίας τους και στις χωρικές τους θάλασσες (Flight Information Region and Territorial waters) (Σύμβαση του ΟΗΕ για το Δίκαιο της Θάλασσας, 1982). Η Περιοχή Πληροφοριών Πτήσεων-ΠΠΠ (Flight Information Region - FIR) είναι αεροπορικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει έναν εναέριο χώρο συγκεκριμένης έκτασης όπου παρέχεται κάποια υπηρεσία Πληροφοριών Πτήσεων και κάποια υπηρεσία προειδοποιήσεως. Είναι ο μεγαλύτερος τακτικός διαχωρισμός του εναέριου χώρου σε χρήση παγκοσμίως σήμερα.

✓ Στην ανάγκη για παροχή ανθρωπιστικής βοήθειας σε πρόσωπα ή περιουσίες που βρίσκονται σε κίνδυνο γρήγορα και αποτελεσματικά χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η εθνικότητα ή ειδικές περιστάσεις. Πρόκειται για ανθρωπιστική απαίτηση, που δεν εξαρτάται από την ταυτότητα των προσώπων που κινδυνεύουν και από τα κίνητρα της μετακίνησής τους (Διεθνής Σύμβαση για τη Ναυτική Έρευνα και Διάσωση στη Θάλασσα, 1979).

Κάτω υπό αυτό το πρίσμα έχουν ψηφιστεί κανόνες και νόμοι σε Διεθνές και Εθνικό Επίπεδο.

Διεθνές Δίκαιο:
Όλα τα παράκτια κράτη συμμετέχουν σε διεθνές συσκέψεις κατά τις οποίες υπογράφονται Διεθνείς συμβάσεις που αποτελούν μέρος του Διεθνούς Δικαίου.

➢ Η υποχρέωση των κρατών να παρέχουν βοήθεια σε όσους κινδυνεύουν στη θάλασσα είναι βασική αρχή του ναυτικού δικαίου και μία από τις αρχαιότερες υποχρεώσεις του ναυτικού κόσμου. **Το άρθρο 98 της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS) του 1982** (Ν.2321/1995, ΦΕΚ 136/Α΄) υποχρεώνει τα παράκτια κράτη να μεριμνούν για την ίδρυση, λειτουργία και συντήρηση επαρκούς και αποτελεσματικής υπηρεσίας έρευνας και διάσωσης στη θάλασσα και, όποτε το απαιτούν οι περιστάσεις, να συνεργάζονται με τα γειτονικά κράτη για το σκοπό αυτό στο πλαίσιο περιφερειακών διευθετήσεων.

➢ **Η βασική σύμβαση που περιλαμβάνει όλες τις διατάξεις για την έρευνα και τη διάσωση είναι η Διεθνής Σύμβαση για την Έρευνα και Διάσωση στη Θάλασσα (SAR) του 1979**, που τροποποιήθηκε το 1989 (έτος κατά το οποίο κυρώθηκε από την Ελλάδα με το Νόμο 1844/89). Η Σύμβαση SAR υιοθετεί την αρχή σύμφωνα με την οποία τα κράτη αναθέτουν στα εθνικά κέντρα συντονισμού της διάσωσης (RCC: Rescue Co-ordination Centre) και σε άλλες αρχές το συντονισμό των επιχειρήσεων SAR. Στη σύμβαση αυτή καθορίζονται οι υποχρεώσεις των συμβαλλόμενων κρατών και ρυθμίζονται τα θέματα παροχής υπηρεσιών έρευνας και διάσωσης στη θάλασσα με την επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος. Η επίτευξη του στόχου αυτού επιδιώκεται ειδικότερα, μέσω της καθιέρωσης ενός παγκοσμίου σχεδίου ναυτικής έρευνας και διάσωσης, που προσδιορίζεται από τον Διεθνή Οργανισμό Ναυτιλίας (IMO-International Maritime Organization) και στο οποίο περιλαμβάνονται όλες οι απαραίτητες λεπτομέρειες για την πλήρη εφαρμογή της Σύμβασης.

➢ **Οι Κανονισμοί 15 και 7 του Κεφαλαίου V του Παραρτήματος της Διεθνής Σύμβασης για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (Safety of Life at Sea-SOLAS) του 1974**, υποχρεώνουν κάθε συμβαλλόμενο κράτος «να εξασφαλίζει την λήψιν των αναγκαιούντων μέτρων δια την επιτήρηση των ακτών και την διάσωση κινδυνευόντων προσώπων εις την πέριξ των ακτών του θάλασσαν», καθώς και τις κυβερνήσεις να οργανώνουν υπηρεσίες διάσωσης.

Οι Συμβάσεις SOLAS και SAR είναι κείμενα κομβικής σημασίας για τη διαφύλαξη του ακέραιου χαρακτήρα του διεθνούς καθεστώτος έρευνας και διάσωσης. Ο Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας (IMO), είναι υπεύθυνος να διασφαλίζει ότι οι Συμβάσεις τηρούνται επικαιροποιημένες και τυγχάνουν απόλυτου σεβασμού από τα Κράτη και άλλους παράγοντες της Ναυσιπλοΐας. Η Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας (MSC) του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτιλίας και η Υπο-επιτροπή για τις Ραδιοτηλεπικοινωνίες και την Έρευνα και Διάσωση (COMSAR) συνιστούν σημαντικές δράσεις, στο πλαίσιο των οποίων, τα διεθνή αυτά κείμενα δέχονται κριτική και παρακολουθούνται από τη ναυτική κοινότητα.

➢ **Στη Σύμβαση του 1958 για την Ανοιχτή Θάλασσα** περιλαμβάνονται κανόνες για τη διάσωση στη θάλασσα. Συγκεκριμένα, το άρθρο 12 αναφέρει ότι «Κάθε παράκτιο κράτος πρέπει να προάγει την ίδρυση και τη διατήρηση κατάλληλης και αποτελεσματικής υπηρεσίας έρευνας και διάσωσης για την ασφάλεια στη θάλασσα και, όπου το απαιτούν οι περιστάσεις να συνεργάζεται με τα γειτονικά κράτη στο πλαίσιο αμοιβαίων περιφερειακών διευθετήσεων».

➢ **Η Διεθνής Σύμβαση για την Επιθαλάσσια Αρωγή του 1989**, ορίζει τις υποχρεώσεις του αρωγού, του πλοιοκτήτη και του πλοιάρχου στις περιπτώσεις συμμετοχής σε επιχειρήσεις θαλάσσιας αρωγής πλοίων ή ανθρώπων που κινδυνεύουν στη θάλασσα (κυρώθηκε από την Ελλάδα με το Νόμο 2391/1996).

➢ **Το άρθρο 25 της Σύμβασης Διεθνούς Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) του Σικάγο του 1944** (έχει κυρωθεί από την Ελλάδα με τον Ν.211/47) και το Παράρτημα 12 αυτής, περιέχουν διατάξεις για την αεροπορική έρευνα και διάσωση. Η ελληνική περιοχή έρευνας και διάσωσης σε περίπτωση αεροπορικού ατυχήματος ταυτίζεται με την περιοχή του FIR Αθηνών και έχει καθοριστεί εδώ και δεκαετίες με Περιοχικές Συμφωνίες Αεροναυτιλίας (1952 και 1958) που εγκρίθηκαν στη συνέχεια από το Συμβούλιο του ICAO.

Εθνικό Δίκαιο:

➢ Ο Κώδικας Δημοσίου Ναυτικού Δικαίου (Ν.Δ. 187/1973) περιλαμβάνει διατάξεις που επιβάλλουν στους Πλοιάρχους την υποχρέωση να παρέχουν κάθε δυνατή συνδρομή σε πλοία, αεροσκάφη ή πρόσωπα που κινδυνεύουν στη θάλασσα.

➢ Ο Κώδικας Ιδιωτικού Ναυτικού Δικαίου προβλέπει την υποχρέωση για παροχή αρωγής ενός πλοίου σε άλλο σε περίπτωση σύγκρουσης.

➢ Ο Κώδικας Αεροπορικού Δικαίου (Ν. 1815/88), αναφέρει σχετικές διατάξεις για την αεροπορική έρευνα και διάσωση.

➢ Ο Ποινικός Κώδικας περιλαμβάνει διατάξεις που αναφέρεται «στην παρακώλυση αποτροπής κοινού κινδύνου και παράλειψη οφειλόμενης βοήθειας» και «περί παράλειψη λυτρώσεως από κινδύνου ζωής».

- Στο άρθρο 122 του Στρατιωτικού Ποινικού Κώδικα αναφέρεται ότι «... κυβερνήτης πλοίου ή αεροσκάφους ή χειριστής αεροσκάφους, ο οποίος ... παραλείπει να παράσχει βοήθεια σε ... οποιοδήποτε αεροσκάφος ή πλοίο που βρίσκεται σε κίνδυνο, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι δέκα ετών».

- Το Μνημόνιο Συνεννόησης μεταξύ της Κυβέρνησης της Ελληνικής Δημοκρατίας και της Κυβέρνησης της Ιταλικής Δημοκρατίας για τη συνεργασία σε επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης στο Ιόνιο Πέλαγος", ρυθμίζει θέματα θαλάσσιας έρευνας και διάσωσης (κυρώθηκε με τον Ν. 2975/01).

2.5. Οργάνωση και Λειτουργία Ενιαίου Κέντρου Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης (ΕΚΣΕΔ)

Οι βάσεις των υπηρεσιών Ε-Δ ξεκινούν μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, όταν όλα τα κράτη που ίδρυσαν τον ΟΗΕ και τα παρακλάδια του, όπως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) και ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) αποφάσισαν να θεσπίσουν Συμβάσεις, κοινά αποδεκτές από όλα τα κράτη, οι οποίες θα διευθετούν θέματα Ε-Δ, διεθνούς επιπέδου ναυσιπλοΐας και αεροναυτιλίας (Σύμβαση του Σικάγο, SOLAS, SAR, ΟΗΕ).
Η Ελλάδα κατ' εφαρμογή των υποχρεώσεων της που απορρέουν από τις διατάξεις της Διεθνούς Σύμβασης για την Ναυτική Έρευνα και Διάσωση και για να ανταποκριθεί καλύτερα και πιο αποτελεσματικά στα περιστατικά Ε-Δ, συνέστησε με το Ν.1844/89 το Ενιαίο Κέντρο Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης (ΕΚΣΕΔ) (**Joint Rescue Coordination Center-JRCC**), το οποίο λειτουργεί επί 24ώρου βάσεως σε φυλακές-βάρδιες, στελεχώνεται από ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό και είναι εξοπλισμένο με όλα τα σύγχρονα μέσα τηλεπικοινωνιών που παρέχουν δυνατότητες άμεσης επικοινωνίας με όλα τα σημεία της Υδρογείου. Με Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ 647Β/93), τα δύο κέντρα, το Κέντρο Συντονισμού Ε-Δ για αεροπορικά ατυχήματα της Πολεμικής Αεροπορίας (ΚΣΕΔ) και ο Θάλαμος Επιχειρήσεων του Λιμενικού Σώματος (ΘΕ/ΛΣ), συνενώθηκαν και αποτέλεσαν ένα Ενιαίο Κέντρο Επιχειρήσεων με δύο τομείς: τον Ναυτικό (ΕΚΣΕΔ/ΝΤ), αρμόδιο για ναυτικά ατυχήματα και τον Αεροπορικό (ΕΚΣΕΔ/ΑΤ), αρμόδιο για αεροπορικά ατυχήματα. Το Ενιαίο ΚΣΕΔ εδρεύει στις εγκαταστάσεις του Υπουργείου Ναυτιλίας και Αιγαίου/Αρχηγείο του Λιμενικού Σώματος-Ελληνικής Ακτοφυλακής στον Πειραιά, που εξασφαλίζουν τις προϋποθέσεις για την αποτελεσματική εκπλήρωση της αποστολής του.

Αποστολή του ΕΚΣΕΔ είναι να συντονίζει και όπου απαιτείται να διευθύνει τις επιχειρήσεις ναυτικής και αεροπορικής έρευνας και διάσωσης, με κατάλληλες διαδικασίες, υποδομή και μέσα, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από τις οικίες συμβάσεις και εγχειρίδια του ICAO και IMO, το κανονισμό λειτουργίας του και τις εκάστοτε οδηγίες του ΓΕΑ και του ΑΛΣ-ΕΛΑΚΤ (ΦΕΚ 647/Β΄/93).

Απαρτίζεται όπως προαναφέρθηκε, από τους τομείς:

- Ναυτικής έρευνας - διάσωσης, αρμοδιότητας ΥΕΝΑΝΠ/ΑΛΣ-ΕΛΑΚΤ
- Αεροπορικής έρευνας - διάσωσης, αρμοδιότητας ΠΑ.

Με βάση τις αρμοδιότητες του, οι οποίες είναι σύμφωνες με τις διαδικασίες που αναφέρονται τόσο στο Εγχειρίδιο Διεθνούς Αεροναυτικής και Ναυτικής Έρευνας και Διάσωσης (γνωστό

ως Εγχειρίδιο IAMSAR- International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual), όσο και στα εγχειρίδια έρευνας-διάσωσης των ICAO, IMO και NATO, το ΕΚΣΕΔ:

- Συντονίζει τις ενέργειες Έρευνας και Διάσωσης, σε περιπτώσεις ναυτικών και αεροπορικών ατυχημάτων, εντός και πλησίον των ορίων της περιοχής ευθύνης της χώρας μας (Εικόνα 2-1).
- Επιλαμβάνεται αρχικά σε περιστατικά εκτός περιοχής ευθύνης του, όταν είναι ο πρώτος αποδέκτης των σημάτων κινδύνου και μέχρι την ανάληψη της ευθύνης χειρισμού από το αρμόδιο ΚΣΕΔ. Ευθύνεται για το συντονισμό της επιχείρησης έως ότου αναλάβουν τη σχετική ευθύνη είτε το αρμόδιο κέντρο συντονισμού της διάσωσης, είτε άλλη αρμόδια αρχή.
- Παρακολουθεί και επεμβαίνει συνεργαζόμενο με τα αρμόδια ΚΣΕΔ της αλλοδαπής, σε περιπτώσεις ατυχημάτων Ελληνικών ή Ελληνόκτητων πλοίων που επιβαίνουν Έλληνες, που συμβαίνουν εκτός των ορίων ευθύνης του.
- Συντονίζει τις ενέργειες για τη μεταφορά ασθενών ή τραυματιών από πλοία και συνδράμει το έργο του ΕΚΑΒ σε περιπτώσεις μεταφοράς ασθενών από νησιά, εφόσον πραγματοποιηθεί δια θαλάσσης.
- Έχει υιοθετήσει διαδικασίες, ανάλογα με την περίπτωση, για τη συμμετοχή άλλων αρχών, ώστε να λαμβάνονται έγκαιρα αποφάσεις για τη μεταχείριση των επιζώντων.
- Έχει υιοθετήσει σχέδια επιχειρήσεων και ρυθμίσεις (διοργανικά ή διεθνή σχέδια και ρυθμίσεις ανάλογα με την περίπτωση) για να ανταποκρίνεται σε όλους τους τύπους των καταστάσεων έρευνας και διάσωσης. Αυτά τα σχέδια και οι ρυθμίσεις καλύπτουν περιστατικά που συμβαίνουν στις περιοχές έρευνας και διάσωσης για τις οποίες είναι αρμόδιο το κέντρο συντονισμού της διάσωσης, καθώς και όσα συμβαίνουν σε περιοχές που δεν υπάγονται στην αρμοδιότητά του ώστε, αν παραστεί ανάγκη, να αναλάβει δράση έως ότου αποδεχθεί την ευθύνη για τη διαχείριση της κατάστασης το κέντρο συντονισμού της διάσωσης το οποίο είναι αρμόδιο για την περιοχή όπου παρέχεται συνδρομή, ή ένα άλλο κέντρο καλύτερα επανδρωμένο.

Εικόνα 2-1: Το FIR Αθηνών-Κατανομή των FIR στην Ευρώπη.

Πηγή: ICAO, 2015

2.6. Περιστατικά Ενεργοποίησης του ΕΚΣΕΔ

Οι περιπτώσεις που δύνανται να χαρακτηρισθούν για ένα πλοίο ή σκάφος ως περιστατικά έρευνας και διάσωσης είναι ακόλουθες:

- Βύθιση (Foundering): Απώλεια του πλοίου υπό τη θάλασσα, ώστε να επικαθήσει επί του βυθού.
- Σύγκρουση (Collision): Βίαιη επαφή δύο ή περισσοτέρων πλοίων, πρόκληση υλικών ζημιών κατά την κίνηση στη θάλασσα είτε λόγω παραβάσεως διεθνών κανονισμών ναυσιπλοΐας ή λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών. Μετά τη σύγκρουση είναι δυνατόν να προκληθούν σοβαρές ζημιές και ρήγματα στο σκάφος με πιθανή συνέπεια να απολεσθεί η πλευστότητα, λόγω εισροής υδάτων και να υπάρχει σοβαρός κίνδυνος βύθισης.
- Προσάραξη (Grounding or stranding): Επικάθιση του πλοίου στο βυθό ή σε ύφαλο με συνέπεια την πρόσκαιρη ή συνεχή ακυβερνησία, προκαλώντας ρήγματα τα οποία επηρεάζουν την αξιοπλοΐα και δύναται να προκαλέσουν βύθιση ή αποκοπή του πλοίου.
- Πυρκαγιά: Μπορεί να εμφανιστεί σε οποιοδήποτε μέρος του πλοίου, συνήθως όμως στο μηχανοστάσιο, λεβητοστάσιο, χώρους φόρτωσης και ενδιαίτησης πληρώματος και επιβατών. Επακόλουθο της πυρκαγιάς είναι η έκρηξη που μπορεί να καταλήξει και σε ολική απώλεια του πλοίου.
- Μηχανική Βλάβη: Βλάβη που παρουσιάζεται στα μηχανικά μέρη του πλοίου και δύναται να προκληθεί από: 1) αμέλεια – απροσεξία πληρώματος, 2) λανθασμένη λειτουργία, 3) ελαττωματικό σχεδιασμό, 4) ελαττωματική κατασκευή και λανθασμένη συναρμολόγηση, 5) διάβρωση, κραδασμό – κόπωση, 6) έλλειψη καυσίμων και λιπαντικών.
- Αγνοούμενο: Σκάφος το οποίο δεν ανταποκρίνεται σε αλλεπάλληλες κλήσεις που πραγματοποιούνται από VHF μέσω του Olympia Radio.
- Ακυβερνησία: Δύναται να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα προηγούμενου συμβάντος (π.χ. μηχανικής βλάβης), το οποίο θα προκαλέσει ενδεχόμενο ατύχημα (π.χ. σύγκρουση – βύθιση). Ουσιαστικά υπάρχει απώλεια της αξιοπλοΐας του πλοίου, το οποίο δεν έχει αυτοδύναμη κίνηση. Η ακυβερνησία δύναται να προέλθει από βλάβη στα συστήματα πλεύσης.
- Εισροή Υδάτων: Είναι συνέπεια προηγούμενου συμβάντος (προσάραξη, σύγκρουση) και πιθανόν επόμενο στάδιο ατυχήματος (βύθιση).
- Περίπτωση ανθρώπου στη θάλασσα, αγνοούμενου κολυμβητή/δύτη/υποβρύχιου αλιέα.

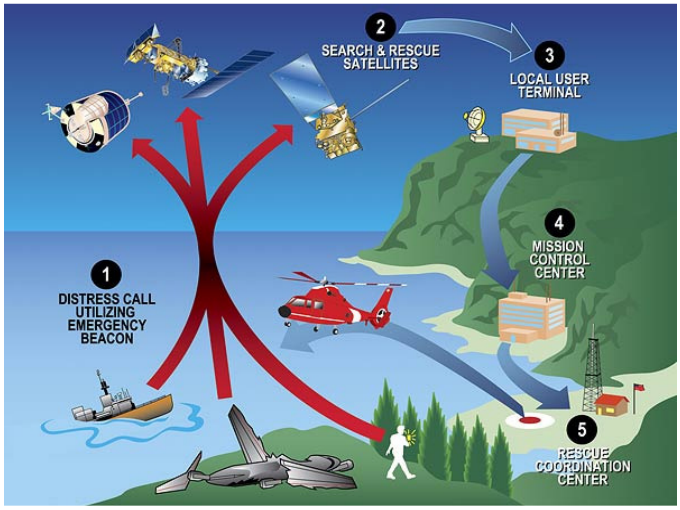
Κάθε περιστατικό είναι μοναδικό και δεν αντιμετωπίζεται με τις ίδιες ενέργειες που αναλήφθηκαν σε κάποιο άλλο περιστατικό. Το προσωπικό του ΕΚΣΕΔ κατά τη διαχείριση ενός περιστατικού πρέπει να υπολογίσει σωστά την περιοχή έρευνας και σε μικρό χρονικό διάστημα, γιατί ίσως υπάρχουν άνθρωποι που κινδυνεύουν από υποθερμία. Στη συνέχεια επικοινωνεί με την τοπική Λιμενική Αρχή και δίδει οδηγίες στα μέσα διάσωσης.

Βασικό ρόλο στις επιχειρήσεις SAR διαδραματίζουν και οι επικοινωνίες μεταξύ του ΕΚΣΕΔ και των μονάδων που συμμετέχουν στις αποστολές Ε-Δ, καθώς και των εμπλεκόμενων μονάδων μεταξύ τους. Το ΕΚΣΕΔ για το λόγο αυτό πλαισιώνεται από δύο (2) Ραδιο-τηλεπικοινωνιακά κέντρα από τα οποία ένα βρίσκεται στο κτίριο του ΥΕΝΑΝΠ και το άλλο στον Ασπρόπυργο. Αυτά είναι εξοπλισμένα με σύγχρονες συσκευές τηλεπικοινωνιών και είναι στελεχωμένα με βαθμοφόρους του ΛΣ, οι οποίοι εκτελούν συνεχή ακρόαση σε όλο το 24ώρο στις διεθνείς συχνότητες κλήσεως και κινδύνου και σε περιπτώσεις συμβάντων έρευνας και διάσωσης αναλαμβάνουν συντονισμό με επίγειες ή δορυφορικές τηλεπικοινωνίες (Εικόνα 2-2).

Το ΕΚΣΕΔ, είναι εξοπλισμένο με σύγχρονο εξοπλισμό πληροφορικής και επικοινωνιών (ενσύρματων, ασύρματων και δορυφορικών) τόσο σε επίπεδο υλικού όσο και σε αντίστοιχο λογισμικού. Συγκεκριμένα, για να εξασφαλίσει την απρόσκοπτη επικοινωνία του ΕΚΣΕΔ με τα επιχειρησιακά μέσα του ΛΣ-ΕΛΑΚΤ καθώς και με τα επιτελεία και τα μέσα των ενόπλων δυνάμεων που συνδράμουν στις επιχειρήσεις Έρευνας και Διάσωσης, διαθέτει σύστημα ναυτιλιακών επικοινωνιών φωνής και μετάδοσης δεδομένων (Maritime Communication System), το οποίο έχει δυνατότητες διεξαγωγής επικοινωνιών μέσω VHF, MF, HF και δορυφορικών επικοινωνιών (INMARSAT). Επιπρόσθετα, για τη λήψη συναγερμών κινδύνου, τη διεξαγωγή επικοινωνιών κινδύνου και ασφάλειας, καθώς και τη διανομή πληροφοριών ναυτιλιακής ασφάλειας (Maritime Safety Information) αξιοποιείται το Διεθνές Ναυτιλιακό Σύστημα Κινδύνου και Ασφάλειας (Global Maritime Distress and Safety System – GMDSS) μέσω της υποδομής του δικτύου ναυτιλιακών επικοινωνιών "ΟΛΥΜΠΙΑ ΡΑΔΙΟ" σε συνεργασία με τον ΟΤΕ. Επίσης, το Λ.Σ.-ΕΛ.ΑΚΤ συμμετέχει στο διεθνές πρόγραμμα COSPAS-SARSAT έχοντας εγκαταστήσει την απαραίτητη υποδομή για τη λήψη, επεξεργασία και διανομή δορυφορικών συναγερμών ραδιοφάρων ένδειξης θέσης κινδύνου μέσω του αρμόδιου Κέντρου Ελέγχου Αποστολών (GRMCC), το οποίο συνεπικουρεί το έργο του ΕΚΣΕΔ.

Επιπλέον, το ΕΚΣΕΔ διαθέτει το Σύστημα Επεξεργασίας Σχεδίων Πτήσεων και Δεδομένων Radar (Pallas), το οποίο δίνει αεροπορική εικόνα στον Ελλαδικό χώρο σε πραγματικό χρόνο. Διαθέτει ακόμα εξοπλισμό ηλεκτρονικής απεικόνισης των περιστατικών που επιλαμβάνεται με τη συνδρομή συστημάτων επιτήρησης και παρακολούθησης θαλασσίου πεδίου (όπως π.χ. Automatic Identification System - AIS, Long Range Identification and Tracking of ships - LRIT). Διαθέτει πρόσβαση στην πλατφόρμα IMDATE του EMSA η οποία παρέχει ενοποιημένη εικόνα θαλασσίου πεδίου. Επίσης, διαθέτει και χρησιμοποιεί το εξειδικευμένο λογισμικό SARIS για την υποβοήθηση διεξαγωγής επιχειρήσεων Έρευνας και Διάσωσης. Τέλος, διαθέτει άμεση ενημέρωση και πρόσβαση σε δεδομένα καιρού, τα οποία αποτελούν κρίσιμο παράγοντα για την ετοιμότητα και την ομαλή εκτέλεση των επιχειρήσεων, καθώς και πρόσβαση σε εθνικές και διεθνείς βάσεις δεδομένων πλοίων για συλλογή πληροφοριών.

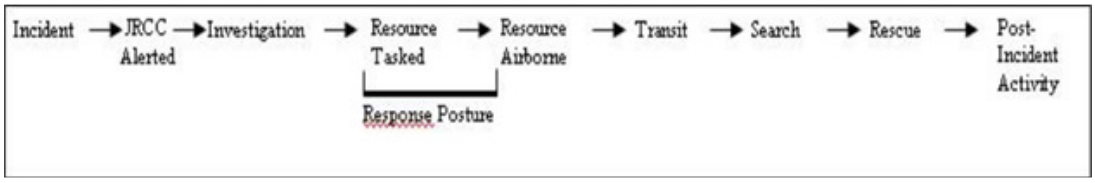
Η άμεση ενημέρωση εκ μέρους αυτών που κινδυνεύουν, οι σωστές πληροφορίες που θα δοθούν στο προσωπικό του ΕΚΣΕΔ, η τήρηση των διαδικασιών που πρέπει να ακολουθήσουν στην περίπτωση που ένα σκάφος ή πλοίο και οι επιβαίνοντες σε αυτό βρίσκονται σε κίνδυνο και η σωστή χρήση των σωστικών μέσων του, παίζουν καθοριστικό ρόλο στην τελική έκβαση μιας επιχείρησης διάσωσης.



Εικόνα 2-2: Ροή ενεργειών σε περίπτωση περιστατικού SAR από διανομή δορυφορικών συναγερμών μέσω COSPAS-SARSAT.

Πηγή: Interagency Committee for Search and Rescue, 1991.

Ανατρέχοντας πάλι στις ενέργειες του κύκλου της διαχείρισης των έκτακτων καταστάσεων (Σχήμα 2-1), ο οποίος όπως προαναφέρθηκε απαρτίζεται από τα στάδια της μετρίασης/μείωσης, της ετοιμότητας, της απόκρισης και της αποκατάστασης, κρίνεται σκόπιμο να γίνει ειδικότερη αναφορά στα στάδια της ετοιμότητας και απόκρισης, τα οποία παίζουν καθοριστικό ρόλο στην άμεση και επιτυχή ανταπόκριση σε ένα συμβάν και στη μείωση των συνεπειών του. Κατά την εκδήλωση ενός επεισοδίου υπάρχουν διάφορες φάσεις, οι οποίες και αποτελούν το τυπικό χρονοδιάγραμμα ενός συμβάντος (Εικόνα 2-3).



Εικόνα 2-3: Χρονοδιάγραμμα περιστατικού SAR.

Πηγή: CAF, 2013.

Μία αποστολή SAR θα αρχίσει μόλις ενημερωθεί το ΕΚΣΕΔ για ένα πιθανό κίνδυνο και αρχίσει να το ερευνά. Αυτή η διαδικασία μπορεί να πάρει μερικές ώρες ή λεπτά, ανάλογα με την κατάσταση και τις διαθέσιμες πληροφορίες.
Από όπου κι αν βρίσκονται, τα πληρώματα SAR αντιδρούν αμέσως σε ένα περιστατικό όταν ειδοποιηθούν από το ΕΚΣΕΔ. Η κατάσταση ετοιμότητας, όπως απεικονίζεται στην εικόνα 2-3, ορίζεται ως η ικανότητα να είναι στον αέρα εντός ορισμένης χρονικής περιόδου από τη στιγμή που μία αποστολή λαμβάνεται από το ΕΚΣΕΔ. Τα ελληνικά πληρώματα SAR είναι σε θέση να ανταποκριθούν εντός των επόμενων χρονικών ορίων:

- Κατάσταση ετοιμότητας 2 hours (Response Posture 2 hours -RP 2 hrs):

Το πλήρωμα του ιπτάμενου μέσου μπορεί να μην είναι στη βάση και ενδέχεται να απαιτούνται σχεδιασμός προ της πτήσης και διάφορες άλλες προετοιμασίες.

- Κατάσταση ετοιμότητας 30 min (Response Posture 30 minutes-RP 30):

Το πλήρωμα του ιπτάμενου μέσου είναι στη βάση και είναι διαθέσιμο και έτοιμο να απογειωθεί εντός 30 min από τη στιγμή που πάρει ειδοποίηση από το κέντρο.

- Κατάσταση ετοιμότητας 15 min (Response Posture 15 minutes-RP 15):

Το πλήρωμα του ιπτάμενου μέσου είναι στη βάση και είναι διαθέσιμο και έτοιμο να απογειωθεί εντός 15 min.

Η διατήρηση των παραπάνω χρόνων ετοιμότητας σε 2ωρη βάση και ανά τύπο μέσου, καθορίζεται από το Εθνικό Εγχειρίδιο SAR και από την εκάστοτε Έκδοση Αεροναυτικών Πληροφοριών (Aeronautical Information Publication-AIP) της ΥΠΑ. Οι χρόνοι αυτοί αναθεωρούνται τακτικά, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των μέσων, και το πρόγραμμα συντήρησής τους, ώστε αφενός να συμπίπτουν καλύτερα με τις περιόδους μεγαλύτερης δραστηριότητας, όπως κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών και αφετέρου να εξασφαλίζεται ότι τα πληρώματα θα ανταποκριθούν άμεσα σε ένα επείγον περιστατικό όπου και αν συμβεί αυτό.

Όσον αφορά τώρα στο στάδιο της απόκρισης, τα τρία βασικά στάδια των επιχειρήσεων είναι: αρχική αντίδραση (initial action)-σχεδίαση (planning)-εντεταμένες επιχειρήσεις (Operations). Στην περίπτωση όπου η αρχική αντίδραση δεν είναι αρκετή, βάσει πληροφοριών και αξιολόγησης της κατάστασης, γίνεται σχεδιασμός και εκτελούνται επιχειρήσεις με μεγαλύτερη ένταση. Λέγοντας ένταση εννοούμε, μειωμένους χρόνους αντίδρασης με περισσότερα Ε/Π και συνδυαστικές επιχειρήσεις (πολλά μέσα Ε/Δ να επιχειρούν παράλληλα στον ίδιο χώρο).

2.7. Μέσα Έρευνας-Διάσωσης και Κατανομή τους

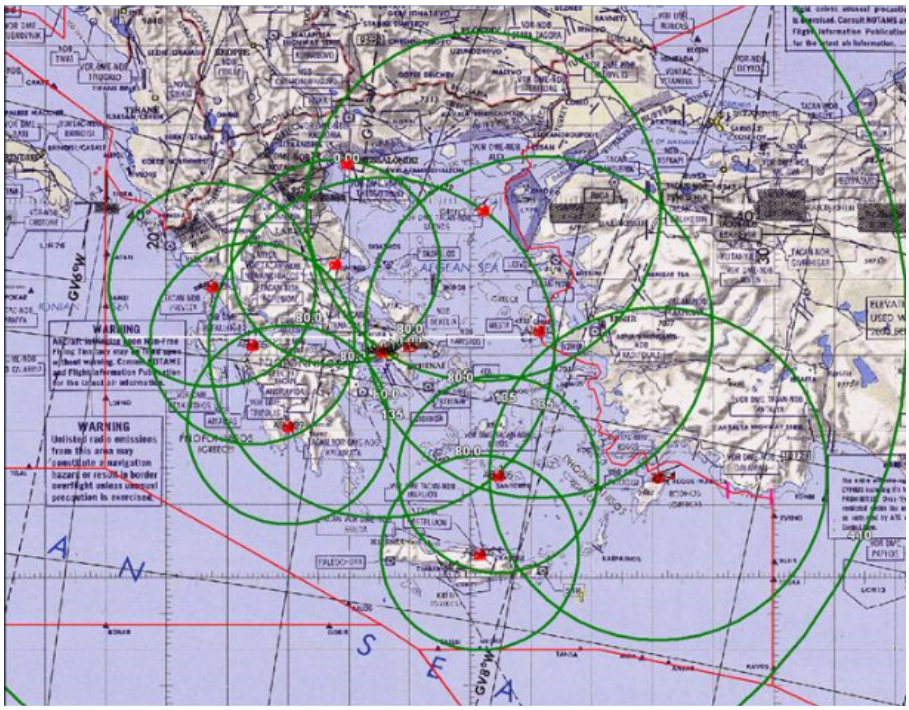
Οι μονάδες Ε-Δ ή SAR πρέπει να είναι κατανεμημένες σε όλη τη επικράτεια-περιοχή ευθύνης, κατά τέτοιο τρόπο που να μπορούν να αποκριθούν άμεσα και αποτελεσματικά σε οποιοδήποτε σημείο της περιοχής εντός 1,5h.
Η κατανομή αυτή ιδεατά πρέπει να βασίζεται στην χωροχρονική ανάλυση όλων των προηγούμενων ιστορικών γεγονότων, στην επίδραση των καιρικών συνθηκών, στις δυνατότητες-εμβέλεια των μέσων, καθώς και στην υπάρχουσα υποδομή υποστήριξης (εγκαταστάσεις, προσωπικό κλπ) (Canadian Armed Forces, 2013).

Πριν παρουσιαστεί η χωροθέτηση των αεροπορικών μέσων SAR τα οποία έχει στη διάθεσή του το ΕΚΣΕΔ (Εικόνα 2-4), χρειάζεται να αναφερθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις συμβάλλουν στην αντιμετώπιση κάποιου γεγονότος και άλλοι Δημόσιοι ή/και Ιδιωτικοί φορείς, όπως η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, η Νομαρχιακή και Δημοτική Αυτοδιοίκηση, Τοπικοί Σύλλογοι κ.α., οι οποίοι διαθέτουν και αυτοί ιπτάμενα, θαλάσσια ή χερσαία μέσα. Κατά περίπτωση δηλαδή και ανάλογα της φύσεως του περιστατικού, το ΕΚΣΕΔ ενεργοποιεί πλοία του Πολεμικού Ναυτικού, Εναέρια μέσα της Πολεμικής Αεροπορίας, παραπλέοντα στην περιοχή του συμβάντος πλοία και προσωπικό των Σωμάτων Ασφαλείας, των Δημοτικών Αρχών, σωματείων, συλλόγων και εθελοντών.

Εικόνα 2-4: Υφιστάμενη κατανομή αεροπορικών μέσων SAR.

Πηγή: ΕΚΣΕΔ/ΑΤ, 2015.

Στην επόμενη εικόνα 2-5 απεικονίζεται η εμβέλεια των αεροπορικών μέσων Ε-Δ, καθώς και οι τομείς που καλύπτουν στον Ελλαδικό χώρο, σύμφωνα πάντα με τα στοιχεία του ΕΚΣΕΔ/ΑΤ. Αυτό που συμπεραίνεται αρχικά είναι ότι φαίνεται να παρέχεται πλήρης κάλυψη της επικράτειας από την υφιστάμενη χωροθέτηση, η οποία όμως και θα ελεγχθεί στην πορεία της εργασίας από την ανάλυση των υφιστάμενων δεδομένων.



Εικόνα 2-5: Υφιστάμενη κάλυψη αεροπορικών μέσων SAR.

Πηγή: ΕΚΣΕΔ/ΑΤ, 2015.

Στο σημείο αυτό, θα γίνει απλή αναφορά και στα υπόλοιπα μέσα που διαθέτει το ΕΚΣΕΔ/ΝΤ. Ανάλογα λοιπόν με τη φύση των επιχειρήσεων, τα συνολικά μέσα που διαθέτει το Λ.Σ. διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- ΠΛΩΤΑ ΜΕΣΑ Λ.Σ.: Συνολικά 273 σκάφη διάφορων τύπων:

  – Έντεκα (11) Ναυαγοσωστικά σκάφη (Ν/Γ) ARYN-HALMATIC, τα οποία θεωρούνται αβύθιστα και μπορούν να συμμετάσχουν σε επιχειρήσεις με δυσμενείς καιρικές συνθήκες.
  – Τέσσερα (4) Περιπολικά Ανοικτής Θαλάσσης (Π.Α.Θ.).
  – Έξι (6) Παράκτια Περιπολικά τύπου ABEKING.
  – Τριάντα τέσσερα (34) Παράκτια Περιπολικά πολύ υψηλών ταχυτήτων.
  – Δέκα (10) Παράκτια Περιπολικά τύπου LCS 53.
  – Τέσσερα (4) Ταχέα Περιπολικά τύπου CB-90 ειδικών επιχειρήσεων.
  – Απορρυπαντικά πλοία καταπολέμησης ρύπανσης.

- ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΑ ΜΕΣΑ Λ.Σ.: Το Λ.Σ. διαθέτει συνολικά 13 μέσα:

  – Δύο (2) μονοκινητήρια Α/Φ τύπου SOGATA.
  – Δύο (2) μονοκινητήρια Α/Φ τύπου Cessna RG 172.
  – Τρία (3) Δικινητήρια Α/Φ τύπου REIMS.
  – Έξι (6) Ελικόπτερα τύπου DAUPHIN AS 365 N3, με έδρα το ελικοδρόμιο (Ε/Δ) στη Βάση Κοτρωνίου ΠΝ.

- ΧΕΡΣΑΙΑ ΜΕΣΑ ΛΣ: Το ΛΣ διαθέτει συνολικά 522 χερσαία μέσα διάφορων τύπων, που υποβοηθούν και συνδράμουν σε επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης, όταν αυτό απαιτηθεί.

Παρουσιάζοντας σε αυτό το κεφάλαιο τις θεωρητικές έννοιες του όρου Έρευνα και Διάσωση, και περιγράφοντας, αφενός την νομική υποχρέωση της χώρας μας για παροχή βοήθειας μέσω της δημιουργίας ενός κέντρου συντονισμού ανάλογων περιστατικών και αφετέρου την αποστολή και την υφιστάμενη κατανομή των αεροπορικών μέσων που διαθέτει, γίνεται αντιληπτό, ότι κρίνεται επιτακτική η μελέτη και ανάλυση των δεδομένων Ε-Δ στον ελλαδικό χώρο.
Η μελέτη αυτή, η οποία θα υλοποιηθεί μέσω των τεχνικών της χωρικής ανάλυσης και των μοντέλων χωροθέτησης-κατανομής των ΓΣΠ, τα οποία και περιγράφονται στο επόμενο κεφάλαιο, θα οδηγήσουν τελικά στην επίτευξη του απώτερου σκοπού της εργασίας αυτής, που είναι η βελτίωση του τρόπου αντιμετώπισης των συμβάντων έρευνας και διάσωσης, αναφορικά με την μελέτη της βέλτιστης χωροθέτησης των ιπτάμενων μέσων.

3. ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ Ε-Δ (SAR): ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Αν επανέλθουμε στον κύκλο διαχείρισης εκτάκτων καταστάσεων (Σχήμα 2-1), μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι σε κάθε στάδιο του κύκλου οι δράσεις-εργαλεία που αναλαμβάνονται για την αντιμετώπιση των συμβάντων, κατηγοριοποιούνται γενικά όπως στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3-1).

Εικόνα 3-1: Σύστημα διαχείρισης εκτάκτων καταστάσεων.

Πηγή: Βεσκούκης, 2010.

Όπως φαίνεται λοιπόν, ένα ορθό σύστημα διαχείρισης εκτάκτων καταστάσεων πρέπει να περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

- Εργαλεία της επιστήμης.
- Επιχειρησιακές διαδικασίες και σενάρια-ασκήσεις.
- Εκπαίδευση προσωπικού-γνώση.
- Ανθρώπινες δυνάμεις.
- Αεροπορικά μέσα και υποδομές γενικά (αεροδρόμια-ελικοδρόμια).
- Γεωχωρικά δεδομένα.
- Ενημέρωση του γενικού πληθυσμού περί των διαδικασιών έρευνας και διάσωσης.

Στο κεφάλαιο αυτό, θα γίνει αναφορά στα εργαλεία και τις μεθόδους που μας δίνει η τεχνική επιστήμη και ιδίως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ), προκειμένου να μελετηθούν τα περιστατικά χωρικά και τελικά τα αεροπορικά μέσα που διατίθενται, να διαταχθούν με τον κατάλληλο τρόπο, ώστε να υποστηρίζουν τις ανθρώπινες αποφάσεις, τις ενέργειες στο σχεδιασμό και την αντιμετώπιση των έκτακτων συμβάντων.

Τα ΓΣΠ-GIS ορίζονται συνήθως ως ένας αστερισμός της ηλεκτρονικής γραφιστικής ενσωμάτωσης υλικού και λογισμικού, με μια σχεσιακή βάση δεδομένων με σκοπό τη διαχείριση των στοιχείων για τις γεωγραφικές θέσεις. Η ανάλυση στα GIS περιλαμβάνει μια από τις ακόλουθες τέσσερις γενικές διαδικασίες: επαναταξινόμηση, επικάλυψη, μέτρηση απόστασης και συνδεσιμότητας, και χαρακτηρισμός γειτονιάς (Garson& Biggs, 1992). Επίσης τα ΓΣΠ, όπως έχει γράψει και ο Burrough (1983), αντιπροσωπεύουν ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάληψη ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου.
Η διεθνής βιβλιογραφία και εμπειρία έχει δείξει ότι η ανάλυση των χωρικών προτύπων και σχέσεων των γεωγραφικών στοιχείων, με σκοπό την ερμηνεία των φαινομένων, πρέπει και μπορεί να αποτελέσει τη κεντρική λειτουργία κάθε ΓΣΠ (Bailey, 1994). Ίσως από τα πιο ισχυρά εργαλεία χωρικής ανάλυσης που προέρχονται από την τεχνολογία των ΓΣΠ είναι η δυνατότητα πολλαπλών χωρικών ομαδοποιήσεων που διευκολύνουν τις αναλύσεις αναφορικά με τον τόπο των γεγονότων. Χωρικά και χρονικά δεδομένα, όπως εδώ τα συμβάντα Ε-Δ, μπορούν επίσης με ευκολία και ταχύτητα να υποστούν επεξεργασία στα πλαίσια μιας υπάρχουσας τράπεζας πληροφοριών, μέσω των εργαλείων που προσφέρουν τα ΓΣΠ, η επιστήμη της πληροφορικής και η ψηφιακή αυτόματη χαρτογράφηση.

Πέρα λοιπόν των περιγραφικών και στατιστικών μεθόδων που βοηθούν στη κατανόηση του χαρακτήρα και της λειτουργίας ενός φαινομένου, η χωρική ανάλυση και οι τεχνικές της είναι το κλειδί για την επίτευξη του στόχου της εργασίας αυτής. Οι μέθοδοι που θα χρησιμοποιηθούν στη συγκεκριμένη εργασία για τη μελέτη των περιστατικών έρευνας και διάσωσης, την αναγνώριση της κατανομής των δεδομένων στη περιοχή μελέτης, και την ομαδοποίησή τους περιλαμβάνουν: γεωστατιστικούς δείκτες χωρικής κατανομής, τον αλγόριθμο κατάτμησης k-means, τη χρήση του δείκτη εγγύτερου γείτονα και της συνάρτησης K. Επίσης, τεχνικές χωρικής παρεμβολής όπως ο kernel density estimator, θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να δημιουργηθούν χάρτες εκτίμησης της πυκνότητας της κατανομής των σημείων Ε-Δ, και να καθοριστούν έτσι οι περιοχές εκείνες, στις οποίες παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις περιστατικών κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Οι μέθοδοι χωροθέτησης-κατανομής (Location-Allocation models) και συγκεκριμένα το μοντέλο Μέγιστης Κάλυψης (Maximal Covering Location Model) εφαρμόζεται επίσης στο τέλος της εργασίας προκειμένου να διερευνηθούν, να ελεγχθούν και να προταθούν εναλλακτικά σενάρια βέλτιστης χωροθέτησης των ελικοπτέρων Ε-Δ. Με τη χρήση της μεθόδου αυτής είναι δυνατόν, αφενός να υπολογιστεί ο βέλτιστος αριθμός κέντρων (βάσεων ελικοπτέρων) που είναι αναγκαίος για να καλύψει την ζήτηση, μέσα σε ένα καθορισμένο όριο απόστασης/χρόνου και αφετέρου να προσδιοριστεί η περιοχή εξυπηρέτησης για καθένα από αυτά τα νέα κέντρα. Επίσης, μέσω του προτεινόμενου μοντέλου χωροθέτησης θα ελεγχθεί η δυνατότητα της πρόβλεψης της ζήτησης το επόμενο έτος, λαμβάνοντας υπόψη τα συμβάντα ορισμένης χρονικής διάρκειας.

3.1. Γεωστατιστικοί Δείκτες Χωρικής Κατανομής

Οι γεωστατικοί δείκτες είναι μέρος της χωρικής ανάλυσης και αποτελούνται από ένα αριθμό μετρήσεων και δεικτών για την περιγραφή και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων που ορίζονται σαν σημεία, γραμμές και επιφάνειες σε ένα χωρικό σύστημα (Φώτης, 2002). Δύο γενικά χαρακτηριστικά κάθε κατανομής είναι οι μετρήσεις της χωρικής κεντρικότητας και της χωρικής διασποράς. Ως χωρική διασπορά, εννοούμε ένα μονοδιάστατο χαρακτηριστικό μιας χωρικής τακτοποίησης που μετρά την απόσταση μεταξύ ενός συνόλου αντικειμένων, σε σχέση με ένα συγκεκριμένο σχήμα μιας δοσμένης επιφάνειας (περιοχής).
Οι δείκτες της χωρικής κεντρικότητας (πχ χωρικός μέσος) περιγράφουν την «τυπική» ή «μέση» τιμή της μεταβλητής. Οι δείκτες διασποράς (τυπική απόσταση, έλλειψη τυπικής απόστασης), περιγράφουν την έκταση των διαφορών ανάμεσα στις πιθανές τιμές της μεταβλητής (Fischer M. M. & Getis A., 2009).

3.1.1. Χωρικός μέσος

Η έννοια του χωρικού μέσου είναι αντίστοιχη με την έννοια του αριθμητικού μέσου και αντιπροσωπεύει μια μέση θέση, η οποία μπορεί να δώσει τη κατανομή συγκεντρωμένη, δηλαδή να δείξει που είναι το κέντρο βάρους της κατανομής (Fischer M. M., Getis A., 2009). Ορισμένα σημαντικά χαρακτηριστικά του χωρικού μέσου είναι:

- δίνει τη δυνατότητα να παρατηρηθεί μια χωρική κατανομή που μεταβάλλεται διαχρονικά (οι διαφορετικές θέσεις των χωρικών μέσων για τις κατανομές, είτε σε μια δοσμένη χρονική στιγμή, είτε διαχρονικά, δίνουν ενδείξεις για τις διαδικασίες που διαδραματίζονται στον χώρο),

- επιτρέπει τη σύγκριση κατανομών διαφορετικών φαινομένων στην ίδια περιφέρεια και ανάμεσα σε διαφορετικές περιφέρειες.

Για κάθε σημείο i στο χώρο ο χωρικός μέσος περιγράφεται από ένα ζεύγος συντεταγμένων της μορφής:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad \text{και} \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n}$$, όπου n: ο αριθμός των παρατηρήσεων.

Ο χωρικός μέσος δεν έχει καμία έννοια, όταν παρουσιάζεται, σαν αριθμητική τιμή, με τις δυο συντεταγμένες του. Έχει νόημα μόνο όταν παρουσιάζεται γραφικά στον χάρτη σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία της γεωγραφικής του κατανομής.

3.1.2. Τυπική απόσταση

Η χρήση της μέτρησης της χωρικής κεντρικότητας είναι περιορισμένη, όταν δεν συνοδεύεται από μια μέτρηση της διασποράς γύρω από αυτήν.
Η μέτρηση της χωρικής διασποράς σε σχέση με τον χωρικό μέσο είναι η τυπική απόσταση. Η τυπική απόσταση παρέχει πληροφορία για το σύνολο της κατανομής, αφού προσδιορίζει πως είναι κατανεμημένα τα σημεία γύρω από το μέσο (Bachi R.,1963). Γενικά δίνεται από τον τύπο:

$$TA = \sqrt{\frac{\sum d_{im}^{2}}{n}}$$, όπου d_{im}: η απόσταση από το i σημείο στο χωρικό μέσο m.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τυπική απόσταση, τόσο μικρότερη είναι η συγκέντρωση σημείων και συνεπώς τόσο διασπαρμένα είναι τα σημεία στο χώρο. Το αποτέλεσμα είναι ένα στατιστικό μέγεθος που συμβολίζει την απόσταση. Εξ' αιτίας του τρόπου υπολογισμού της (τετράγωνα αποστάσεων) επηρεάζεται πολύ σοβαρά από τις απομακρυσμένες τοποθεσίες και είναι ευαίσθητη στις μεταβολές του πληθυσμού.

3.1.3. Έλλειψη τυπικής απόστασης

Η τυπική απόσταση είναι ένα μέτρο υπολογισμού της διασποράς γύρω από το μέσο σε μια διάσταση. Δεν δείχνει όμως την πιθανή ανισορροπία στη φύση. Η έλλειψη τυπικής απόστασης δίνει τη διασπορά σε δυο διαστάσεις. Στην ουσία, ανιχνεύει χωρικές τάσεις (τη κατεύθυνση) στη κατανομή των δεδομένων (Gong J., 2002). Το μέγεθος και το σχήμα της έλλειψης εξηγεί τον βαθμό της διασποράς και τον προσανατολισμό των συμβάντων SAR στη συγκεκριμένη εργασία.

3.2. Ανάλυση Σημειακών Χωρικών Προτύπων

Η ανάλυση της κατανομής των σημείων μιας περιοχής ώστε να διερευνηθεί σε ποιο χωρικό πρότυπο ανήκει είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Ήδη από τη δεκαετία του 1960 ο Dacey (1962) και αργότερα ο Rogers (1969) ασχολήθηκαν με την δημιουργία μαθηματικών υποδειγμάτων μέσω των οποίων θα μπορούσαν να περιγραφούν χωρικές κατανομές (πρότυπα). Κάθε χωρικό πρότυπο σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο είναι το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας σε ένα ευρύτερο χώρο και χρόνο. Η ανάλυση του χωρικού προτύπου θα πρέπει να εναρμονίζεται πάντοτε με κάποια εκτίμηση για την εξέλιξη που το δημιούργησε.
Οι βασικές χωρικές διαδικασίες οι οποίες παράγουν κάποια συγκεκριμένα πρότυπα είναι η τυχαία, η ελκυστική και η ανταγωνιστική οδηγώντας αντίστοιχα σε τυχαία, ομαδοποιημένα και ομοιόμορφα πρότυπα. Η ανάλυση των χωρικών προτύπων σημείων, με δεδομένο ότι για κάθε σημείο υπάρχουν στοιχεία τα οποία αναφέρονται σε ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά, μπορεί να προσεγγιστεί με δυο τρόπους: την ανάλυση επιφάνειας καννάβου (quadrat analysis) και την ανάλυση της απόστασης [εγγύτερου γείτονα (nearest neighbor analysis) και συνάρτηση K] (Κουτσόπουλος, 2002).
Η διερεύνηση και απόδοση του χωρικού προτύπου μπορεί γενικά να εξεταστεί σε διάφορα επίπεδα χωρικής και χρονικής κλίμακας. Χωρικά διακρίνεται σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, ενώ χρονικά σε βραχυπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο επίπεδο. Εθνικές ή περιφερειακές χωρικές κλίμακες υιοθετούνται προκειμένου να τεθούν γενικοί προσανατολισμοί και διαχειριστικά πλάνα, ενώ τοπικές χωρικές κλίμακες υιοθετούνται για συγκεκριμένες ενέργειες πρόληψης και επέμβασης σε περιστατικά σε μικρές περιοχές. Από την άλλη, βραχυπρόθεσμες κλίμακες απαιτούνται για την έγκαιρη λήψη αποφάσεων σε δραστηριότητες άμεσης επέμβασης, ενώ μακροπρόθεσμες κλίμακες στοχεύουν στη θέσπιση γενικότερων και περισσότερο μόνιμων διαχειριστικών πλάνων αναφορικά με τη πρόληψη, έγκαιρη επέμβαση και διάσωση (Chuvieco et all, 1998).

3.2.1. Ανάλυση απόστασης από εγγύτερο γείτονα

Η πλέον ενδεδειγμένη τεχνική είναι η ανάλυση απόστασης από εγγύτερο γείτονα, σύμφωνα με την οποία υπολογίζονται οι αποστάσεις κάθε σημείου από το πλησιέστερο του και συγκρίνονται με τις αντίστοιχες αναμενόμενες και πιο συγκεκριμένα τον μέσο όρο των αναμενόμενων αποστάσεων για ένα χωρικό πρότυπο που θα έχει προκύψει από τυχαία χωρική διαδικασία (κατανομή Poison). Πιο αναλυτικά, όπως έχει αποδειχθεί από τον Rogers το 1969, αν θεωρηθεί κύκλος διαμέτρου dα τότε η πιθανότητα να υπάρχει ένα σημείο σε απόσταση dα (αναμενόμενη απόσταση) ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή που δίνεται από τη σχέση: $d_\alpha = ½ \sqrt{n/A}$, όπου n ο αριθμός των σημείων και A η συνολική επιφάνεια. Η παρατηρούμενη μέση τιμή των αποστάσεων κάθε σημείου από τα πλησιέστερα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d_p = i/n \sum_{i=1}^{n} d\,i$$

, όπου di η απόσταση από το σημείο i στο πλησιέστερο του.

Η τιμή αυτή είναι μια δειγματική τιμή της θεωρητικής κανονικής κατανομής. Η κατανομή αυτή θεωρείται ως η δειγματοληπτική κατανομή όλων των πιθανών dp. Άρα κάνοντας χρήση των πινάκων που αντιστοιχούν στην κανονική κατανομή μπορεί να ελεγχθεί κατά πόσο συμπίπτει η παρατηρούμενη τιμή dp με την θεωρητική dα. Οι αποκλίσεις από την τυχαία χωρική διαδικασία προσδιορίζοντα με τον απλό δείκτη R (NNI)=dp/da (Clark & Evans, 1954). Με τον δείκτη αυτό δημιουργείται μια κλίμακα, που αρχίζει από το ομαδοποιημένο και δια μέσου του τυχαίου καταλήγει στο ομοιόμορφο χωρικό πρότυπο. Έτσι αν R < 1 τότε το πρότυπο έχει τάση προς ομαδοποιημένο, ενώ αν R > 1 τότε έχει τάση προς το ομοιόμορφο. Τέλος αν R = 1 το πρότυπο χαρακτηρίζεται τυχαίο. Επιπρόσθετα απαιτείται και το τυπικό σφάλμα (η τυπική απόκλιση των δειγματοληπτικών κατανομών) της dα που δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma_{d\alpha} = 0{,}2616/\sqrt{n^2/A}\ .$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται, από τη παρακάτω σχέση, η τιμή Z, η οποία συγκρίνεται με την τιμή που προκύπτει από τους πίνακες της κανονικής κατανομής για συγκεκριμένο επίπεδο εμπιστοσύνης $Z = \frac{d_\pi - d_\alpha}{\sigma_{d\alpha}}$ Η σύγκριση βασίζεται στον έλεγχο της μηδενικής Ho και της διερευνώμενης υπόθεσης H1 και υπολογίζεται η πιθανότητα εμφάνισης της δεδομένης τιμής κριτηρίου. Αν η πιθανότητα είναι μικρότερη από το επίπεδο εμπιστοσύνης τότε δεν γίνεται δεκτή η Ho, αλλά η H1. Αν είναι μεγαλύτερη από το επίπεδο εμπιστοσύνης τότε δεν μπορεί να απορριφθεί, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι γίνεται αποδεκτή (Κουτσόπουλος, 2002).

3.2.2. Συνάρτηση K (Μειωμένες μετρήσεις της δεύτερης ροπής)

Ένα από τα βασικά προβλήματα της προηγούμενης μεθόδου, της απόστασης από γειτονικό σημείο, είναι ότι ως απόσταση χρησιμοποιείται αυτή προς το πλησιέστερο σημείο, με αποτέλεσμα να εξετάζονται χωρικά πρότυπα στη μικρότερη δυνατή κλίμακα. Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι η χρήση του εκτιμητή της μειωμένης μέτρησης της δεύτερης ροπής (reduced second moment measure), γνωστής και ως συνάρτησης K, μιας παρατηρούμενης χωρικής διαδικασίας, η οποία ουσιαστικά παρέχει έναν πιο αποτελεσματικό

τρόπο εκτίμησης του χωρικού προτύπου σε μια ευρύτερη κλίμακα. Ο ορισμός της συνάρτησης K έχει ως εξής:

K(h) = αναμενόμενος αριθμός σημείων σε απόσταση h από ένα επιλεγμένο σημείο / χωρική πυκνότητα των σημείων στη περιοχή μελέτης.

Αν θεωρηθεί ότι η χωρική κατανομή των σημείων στην περιοχή μελέτης είναι το αποτέλεσμα μιας τυχαίας χωρικής διαδικασίας (ίση πιθανότητα εμφάνισης, ανεξαρτησία χωροθέτησης και συνθήκες ορίων), τότε η συνάρτηση K υπό συνθήκες τυχαιότητας παίρνει τη μορφή:

$K(h) = \lambda*\pi*h^2/\lambda = \pi*h^2$, όπου λ ο αριθμός των σημείων ανά χωρική μονάδα ή η χωρική πυκνότητα των σημείων και h η επιλεγείσα απόσταση. Επομένως, για διάφορες τιμές της K(h) θα ισχύει:

- Αν $K(h) > \pi*h^2$, τότε το χωρικό πρότυπο είναι ομαδοποιημένο.
- Αν $K(h) = \pi*h^2$, τότε το χωρικό πρότυπο είναι τυχαίο.
- Αν $K(h) < \pi*h^2$, τότε το χωρικό πρότυπο είναι ομοιόμορφο.

Τα παραπάνω δηλώνουν καθαρά ότι μια καλή χρήση της συνάρτησης K είναι η σύγκριση της εκτιμηθείσας τιμής της με βάση τα υπάρχοντα στοιχεία, με τη τιμή $\pi*h^2$.

3.3. Μέθοδος Εκτίμησης Πυκνότητας (Kernel Density Estimator)

Η μέθοδος Kernel Density Estimator είναι μία μέθοδος χωρικής παρεμβολής, όπου αντί για ένα κάναβο ή ένα κινούμενο παράθυρο συγκεκριμένων διαστάσεων που υπερτίθεται στα σημειακά δεδομένα, χρησιμοποιείται μία τριών διαστάσεων συνάρτηση έντασης πιθανοτήτων (πυρήνας) η οποία τοποθετείται σε κάθε θέση, και υπολογίζεται έτσι η πυκνότητά τους από το άθροισμα όλων των συναρτήσεων που συμπίπτουν σε κάθε σημείο (Gatrell et al, 1996). Είναι ένας μη παραμετρικός τρόπος εκτίμησης της πυκνότητας μιας τυχαίας μεταβλητής, ο οποίος έχει εκτενώς χρησιμοποιηθεί σε διάφορες έρευνες για την εκτίμηση περιοχών επικινδυνότητας. Η πυκνότητα μιας χωρικής κατανομής σημείων υπολογίζεται ως εξής: αν x1,x2,...xn~f είναι ένα ανεξάρτητο και ομοιόμορφα κατανεμημένο δείγμα μιας τυχαίας μεταβλητής, τότε η προσέγγιση kernel density για τη συνάρτηση της πυκνότητας είναι:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} K_h(x - x_i) \quad = \frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n} K\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

όπου h είναι μια παράμετρος που ονομάζεται εύρος ζώνης (Hwang J. , Lay S., Lippman A., 1994). Υπάρχουν πολλοί τρόποι υπολογισμού της πυκνότητας με KDE. Αρκετά συχνά η τιμή K θεωρείται ότι είναι το πρότυπο της συνάρτησης Gaussian με μέσο όρο μηδέν και διακύμανση 1. Έτσι, η διακύμανση ελέγχεται έμμεσα από την παράμετρο h:

$$K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}u^2}$$

. Μια από τις πλέον γνωστές προσεγγίσεις, είναι η τετραγωνική προσέγγιση κανονικής κατανομής, που ονομάζεται Epanechnikov, γνωστή ως συνάρτηση του Silverman (1986) και ορίζεται ως εξής:

$$K(u) = \frac{3}{4}(1 - u^2)\,\mathbf{1}_{\{|u| \le 1\}}$$

με u= d/h, όπου d είναι η απόσταση μεταξύ του κελιού (θέση εκτίμησης

της συνάρτησης) και του σημείου στο σύνολο δεδομένων και h είναι το εύρος ζώνης ή παράμετρος εξομάλυνσης.

Η μέθοδος KDE υπολογίζει όπως προαναφέρθηκε, τη πυκνότητα των χαρακτηριστικών σε μια περιοχή γύρω από αυτά τα χαρακτηριστικά. Υπολογίζει μια τιμή ανά μονάδα επιφάνειας από κάθε σημείο ή γραμμή χρησιμοποιώντας τη τεχνική χωρικής παρεμβολής (kernel density estimator). Η τιμή της επιφάνειας είναι υψηλότερη στη θέση του σημείου και μειώνεται με την αύξηση της απόστασης από το σημείο, φτάνοντας το μηδέν. Η μέθοδος έχει ακόμα την ικανότητα να εκτιμά τη πυκνότητα των σημείων, η οποία δεν επηρεάζεται από το μέγεθος της ελάχιστης χαρτογραφικής μονάδας, το σχήμα αυτών και άλλων τοπικών διακυμάνσεων (Worton, 1989), (Tufto et al, 1996). Ένα σημαντικό θέμα το οποίο σχετίζεται με την εφαρμογή της μεθόδου, είναι ο προσδιορισμός του εύρους ζώνης. Μικρές τιμές του h επιτρέπουν στις κοντινές σημειακές παρατηρήσεις να επικρατούν και να διαμορφώνουν σε μεγαλύτερο βαθμό τα αποτελέσματα της μεθόδου, ενώ μεγάλες τιμές επιτρέπουν την επιρροή πιο απόμακρων παρατηρήσεων. Αντί όμως της επιλογής μιας αυθαίρετης τιμής του h του πυρήνα, είναι προτιμότερος ο προσδιορισμός της με μια πιο μαθηματική-στατιστική προσέγγιση (Worton, 1989, Seaman & Powell, 1996).
Στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), το αποτέλεσμα μιας KDE είναι συνήθως ένα σύνολο δεδομένων ράστερ (Longley et al., 2005), όπου κάθε κελί έχει μια τιμή πυκνότητας που είναι σταθμισμένη ανάλογα με την απόσταση από τα αρχικά χαρακτηριστικά. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το μέγεθος του ράστερ κελιού, το πεδίο του χαρακτηριστικού που πρέπει να χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό, τις μονάδες του μέτρου και της ακτίνας ή το εύρος ζώνης (de Smith et al., 2007).

3.4. Αλγόριθμος Κατάτμησης K-Means

Ο αλγόριθμος k-means (k-μέσων) είναι ένας αλγόριθμος (MacQueen, 1967) ανάλυσης χωρικών συστοιχιών (spatial cluster) που ομαδοποιεί αντικείμενα βάσει των χαρακτηριστικών των k-μεριδίων. Ως χωρική συστοιχία ορίζεται το υποσύνολο των σημείων μιας περιοχής, στα οποία αναφέρονται περιγραφικά δεδομένα, με βασικά χαρακτηριστικά την ομοιογένεια και τη χωρική γειτνίαση (Estivill-Castro, Lee and Murray, 2001). Μέσω των αλγόριθμων αυτών κατάτμησης, ομαδοποιούνται οι γραμμές (περιπτώσεις) ή οι στήλες (μεταβλητές) ενός πίνακα δεδομένων, με στόχο τη δημιουργία όσο το δυνατόν πιο ομοιογενών ομάδων, οι οποίες παρουσιάζουν τη μικρότερη δυνατή διακύμανση στο εσωτερικό τους και τη μεγαλύτερη δυνατή μεταξύ τους (Τσομπάνογλου, 2003).
Αποτελεί μεταβλητή του αλγόριθμου μεγιστοποίησης αναμονής (expectation-maximization), όπου σκοπός είναι να οριστεί ο αλγόριθμος k-means, δεδομένων που προήλθαν από Gaussian κατανομές. Ο αλγόριθμος υποθέτει ότι τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου δημιουργούν ένα χώρο διανυσμάτων και ο σκοπός του είναι να ελαχιστοποιήσει τη συνολική διακύμανση της ομάδας ή τη συνάρτηση τετραγωνικού σφάλματος. Πιο συγκεκριμένα, όπου υπάρχουν k ομάδες Si, i = 1,2,...,k μi είναι το κεντροειδές ή το μεσαίο σημείο από όλα τα σημεία. Τα βασικά βήματα του αλγόριθμου είναι τα εξής:

- Επιλογή του αριθμού των ομάδων.
- Τυχαία δημιουργία k ομάδων και ορισμός των κεντροειδών των ομάδων.
- Μεταβίβαση του κάθε σημείου στο κεντροειδές της κοντινότερης ομάδας.
- Υπολογισμός των νέων κεντροειδών των ομάδων.
- Επανάληψη μέχρι να συγκλίνει ο αλγόριθμος σε κάποιο κριτήριο.

Ο αλγόριθμος ξεκινά διαχωρίζοντας τα αρχικά σημεία σε k αρχικά σύνολα είτε τυχαία, είτε χρησιμοποιώντας ευρητικά δεδομένα. Στη συνέχεια υπολογίζει το μεσαίο ή το κεντροειδές του κάθε συνόλου, υλοποιεί νέο διαχωρισμό ώστε το κάθε σημείο να σχετίζεται με το κοντινότερο κεντροειδές. Έπειτα τα κεντροειδή ξανα-υπολογίζονται για τις νέες ομάδες, ο αλγόριθμος επαναλαμβάνει τα δύο βήματα ωσότου τα σημεία δεν μπορούν να αλλάξουν ομάδες (ή εναλλακτικά τα κεντροειδή παραμένουν αμετάβλητα). Ο αλγόριθμος αυτός παραμένει διάσημος επειδή τείνει σε κάποιο όριο πολύ γρήγορα. Όσον αφορά την απόδοση ο αλγόριθμος δεν εγγυάται ότι θα αγγίξει το βέλτιστο. Η ποιότητα της τελική λύσης εξαρτάται πολύ από το αρχικό σύνολο ομάδων και μπορεί να είναι πολύ χαμηλότερη από το συνολικό βέλτιστο. Επίσης ένα άλλο μειονέκτημα του αλγόριθμου είναι ότι ο αριθμός των ομάδων πρέπει να οριστεί εξαρχής.

3.5. Μοντέλα Χωροθέτησης-Κατανομής (Location-Allocation Models)

Το κύριο ενδιαφέρον που έχουν τα μοντέλα χωροθέτησης-κατανομής δεν είναι πια η εξήγηση των χωρικών προτύπων και διαδικασιών που υπάρχουν στην πραγματικότητα, αλλά η δημιουργία θεωρητικών προσεγγίσεων που να προδιαγράφουν πώς πρέπει να είναι αυτά τα πρότυπα ή αυτές οι διαδικασίες. Με αυτό τον τρόπο εγκαταλείπεται η προσέγγιση της εξήγησης στην οποία βασίζονταν τα προηγούμενα υποκεφάλαια και υιοθετείται η προσδιοριστική (κανονιστική) διαδικασία (Κουτσόπουλος, 2006).

Η επίλυση χωρικών προβλημάτων που απαιτούν τη χρήση μοντέλων χωροθετήσεων - κατανομών (Location-Allocation models) για την εύρεση των βέλτιστων χωρικών προτύπων και τη λήψη αντίστοιχων χωροθετικών αποφάσεων αποτελεί ένα συνηθισμένο και πολύ σημαντικό ζήτημα που εμφανίζεται σε μια ποικιλία προβλημάτων του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα.

Η σημαντικότητα δε της ανάλυσης χωροθέτησης (location analysis) πηγάζει από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Αποφάσεις χωροθέτησης παίρνονται συχνά σε όλα τα επίπεδα της ανθρώπινης οργάνωσης, από μεμονωμένα άτομα και οικογένειες μέχρι εταιρίες και κυβερνητικές υπηρεσίες.
- Τέτοιες αποφάσεις συνήθως έχουν στρατηγική σημασία. Και τούτο διότι αφενός απαιτούν μεγάλα ποσά κεφαλαίων και αφετέρου τα οικονομικά και κοινωνικά τους αποτελέσματα είναι μακροπρόθεσμα. Στον ιδιωτικό τομέα οι αποφάσεις χωροθέτησης επηρεάζουν σημαντικά την ικανότητα μιας εταιρίας να συναγωνιστεί στην αγορά. Στο δημόσιο τομέα επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα με την οποία προσφέρονται οι δημόσιες υπηρεσίες. Ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί ότι η χωροθέτηση πυροσβεστικών σταθμών, αστυνομικών τμημάτων, ασθενοφόρων και στην εργασία αυτή, ιπτάμενων μέσων Ε-Δ, είναι δυνατόν να μεταφραστεί σε αύξηση των πιθανοτήτων καταστροφής περιουσίας ή/ και απώλειας ζωής.
- Συχνά έχουν σαν αποτέλεσμα διάφορα φαινόμενα μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται η περιβαλλοντική μόλυνση και η οικονομική ανάπτυξη.
- Πολύπλοκα μοντέλα χωροθέτησης συνήθως είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιλυθούν. Η υπολογιστική πολυπλοκότητα των μοντέλων χωροθέτησης είναι η κύρια αιτία που αυτά δεν αναπτύχθηκαν ευρέως έως ότου εξελίχθηκαν οι υπολογιστές.
- Τέλος, η δομή των προβλημάτων χωροθέτησης (οι στόχοι, οι περιορισμοί και οι μεταβλητές) καθορίζονται κάθε φορά από το συγκεκριμένο πρόβλημα που εξετάζεται. Συνεπώς δεν υπάρχει ένα γενικό μοντέλο χωροθέτησης κατάλληλο για όλες τις υπάρχουσες εφαρμογές.

- Η μοντελοποίηση των προβλημάτων χωροθέτησης απαιτεί κατανόηση των πραγματικών λειτουργιών που πρόκειται να αντικατοπτριστούν στο μοντέλο. Τα μοντέλα πρέπει να αντανακλούν κάθε πλευρά της λειτουργίας σε πραγματικές συνθήκες.

Επίσης, η θέση (location) ή το που χωροθετείται κάποια εγκατάσταση ή δραστηριότητα έχει επιπτώσεις:

- **Στο κόστος:** διαφορετικές θέσεις για ένα κέντρο παροχής υπηρεσιών (όπως τα Α/Δ μέσων Ε-Δ), αντιπροσωπεύουν διαφορετικό κόστος κατασκευής και λειτουργίας.
- **Στην αποδοτικότητα:** Η θέση ενός κέντρου επιδρά στην αποδοτικότητα των προγραμμάτων και υπηρεσιών που απαιτούν τη δημιουργία του.
- **Στη χρήση:** Η θέση ενός κέντρου επιδρά στο βαθμό χρήσης από αυτούς (πχ άτομα που κινδυνεύουν) για τους οποίους έχει σχεδιαστεί.
- **Στα άλλα κέντρα:** Η θέση ενός κέντρου επιδρά θετικά ή αρνητικά στο κόστος, στην αποδοτικότητα και τη λειτουργία των άλλων κέντρων (Κουτσόπουλος, 2006).

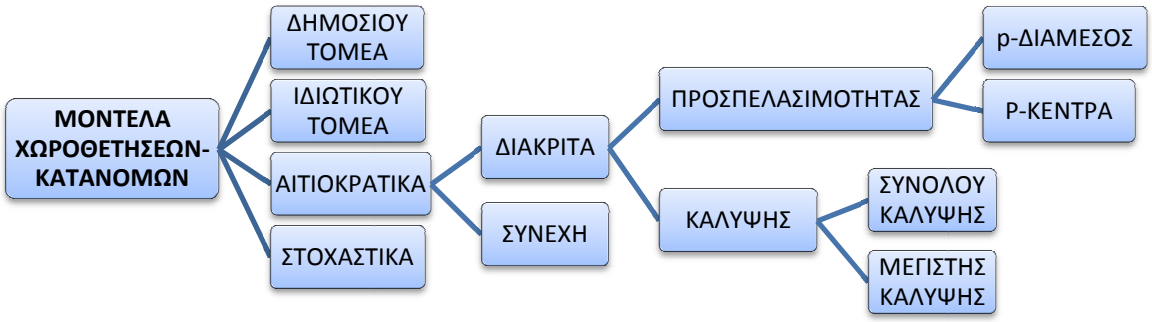
Στη γενική μορφή η μεθοδολογία των χωροθετήσεων-κατανομών (Location-Allocation) μπορεί να τεθεί ως εξής: **Έχοντας ένα χωρικό σύστημα ζήτησης, να χωροθετηθούν σε αυτό το χώρο (location) κέντρα εξυπηρέτησης και να περιφερειοποιηθεί ο χώρος ως προς τα κέντρα αυτά, δηλαδή να γίνει κατανομή (allocation) ή να αποφασιστεί ποια μέρη του χωρικού συστήματος και από ποια κέντρα θα εξυπηρετούνται κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο**. Η γενικευμένη έκφραση «καλύτερος δυνατός τρόπος» γενικά ερμηνεύεται ως προσπάθεια βελτιστοποίησης κάποιας αντικειμενικής συνάρτησης (μεγιστοποίηση κάποιου κέρδους ή ελαχιστοποίηση κάποιου κόστους) (Κουτσόπουλος, 2006).
Ενώ στον ιδιωτικό τομέα η χωροθετική απόφαση στηρίζεται στην ελαχιστοποίηση του οικονομικού κόστους ή στη μεγιστοποίηση του οικονομικού κέρδους (μεταφοράς, κατασκευής, λειτουργίας), στο δημόσιο τομέα ο αντικειμενικός σκοπός (αντικειμενική συνάρτηση) εκφράζεται είτε ως ελαχιστοποίηση του κοινωνικού κόστους, είτε ως μεγιστοποίηση του κοινωνικού κέρδους που δημιουργείται για τους προς εξυπηρέτηση πληθυσμούς. Το κοινωνικό κόστος εκφράζεται συνήθως με το συνολικό κόστος εξυπηρέτησης όλων των εξυπηρετούμενων, ή με το μέγιστο κόστος προσιτότητας (εξυπηρέτησης), καθώς και το συνολικό κόστος κατασκευής.

3.5.1. Ταξινόμηση των προβλημάτων και μοντέλων χωροθέτησης-κατανομής

Σύμφωνα με τον Weber (1973), όλα τα σημεία του γεωγραφικού χώρου αποτελούν θέσεις ζήτησης και προσφοράς. Έτσι, κυρίως τα μοντέλα χωροθετήσεων – κατανομών διακρίνονται σε **συνεχή**, όταν το χωρικό σύστημα προσφοράς και ζήτησης είναι όλο το επίπεδο και σε **διακριτά**, όταν το σύνολο των δυνατών θέσεων προσφοράς και ζήτησης αποτελείται από ένα ορισμένο αριθμό θέσεων στο επίπεδο, δηλαδή αποτελεί ένα δίκτυο σημείων.
Ένας άλλος τρόπος ταξινόμησης στηρίζεται στο τρόπο μέτρησης της απόστασης. Σε σχέση τώρα με τα **κέντρα παροχής υπηρεσιών**, αυτά μπορούν να διακριθούν σε **σταθερά** όσο και σε **κινούμενα**, όταν η υπηρεσία προσφέρεται στις θέσεις όπου υπάρχει η ζήτηση.
Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν στη προηγούμενη ενότητα αναφορικά με τα κριτήρια που χρησιμοποιούν στη λήψη αποφάσεων αφενός οι ιδιώτες και αφετέρου ο δημόσιος φορέας, τα μοντέλα μπορούν να ταξινομηθούν σε **ιδιωτικού** και **δημόσιου τομέα**.
Τόσο τα προβλήματα στον ιδιωτικό όσο και στον δημόσιο τομέα μπορούν να αντιμετωπιστούν ως **αιτιοκρατικά μοντέλα**, όπου οι αποστάσεις των σημείων ζήτησης από τα κέντρα, η ζήτηση και η δυνατότητα παροχής από τα κέντρα θεωρούνται σταθερές

διαχρονικά και ως **στοχαστικά μοντέλα**, όταν κάποιο από (ή όλα) τα προηγούμενα στοιχεία μεταβάλλεται στοχαστικά μέσα στο χρόνο. Τα στοχαστικά μοντέλα, που είναι εξάλλου περισσότερο ρεαλιστικά, βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στη περίπτωση των κέντρων άμεσης εξυπηρέτησης.
Όσον αφορά τα διακριτά μοντέλα, τα σπουδαιότερα από αυτά είναι τα δύο **μοντέλα προσπελασιμότητας (p-διάμεσος και p-κέντρα)**, τα οποία δίνουν έμφαση στη βελτιστοποίηση της προσιτότητας και συγκεκριμένα στο ερώτημα της οριοθέτησης των περιοχών εξυπηρέτησης και έμμεσα απαντούν στο ερώτημα για τα κέντρα παροχής υπηρεσιών και **δύο μοντέλα κάλυψης**, που στοχεύουν στη βέλτιστη κάλυψη της ζήτησης και συγκεκριμένα το **μοντέλο κάλυψης συνόλου**, που δίνει έμφαση στο ερώτημα για το βέλτιστο αριθμό κέντρων παροχής υπηρεσιών και έμμεσα για τις περιοχές εξυπηρέτησης και το **μοντέλο μέγιστης κάλυψης**, που δίνει έμφαση τόσο στον αριθμό των κέντρων, όσο και στις περιοχές εξυπηρέτησης.
Στα μοντέλα χωροθέτησης p-κέντρα (p-centers), με βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης επιδιώκουμε την τοποθέτηση ενός δεδομένου αριθμού κέντρων παροχής υπηρεσιών (ενός ή P) με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η μέγιστη απόσταση (ή χρόνος) ενός οποιουδήποτε σημείου από κοντινότερο κέντρο παροχής υπηρεσιών αυτού. Αυτή η απόσταση (ή χρόνος) ονομάζεται απόσταση (ή χρόνος) επικάλυψης. Ονομάζονται και minimax μοντέλα ή προβλήματα χωροθέτησης (Minimax location problems).

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η ταξινόμηση των μοντέλων χωροθετήσεων – κατανομών



Σχήμα 3-1: Κατηγορίες Μοντέλων Χωροθέτησης-Κατανομής

Πηγή: Κουτσόπουλος, 2006.

3.5.2. Προβλήματα κάλυψης-μοντέλο μέγιστης κάλυψης (maximal covering model)

Σε πολλά προβλήματα χωροθέτησης η παροχή υπηρεσιών στους πελάτες (από τα υπάρχοντα κέντρα εξυπηρέτησης) εξαρτάται από την απόσταση του πελάτη από το κέντρο παροχής υπηρεσίας. Οι πελάτες γενικά, αν και όχι πάντα, απευθύνονται στο πλησιέστερο κέντρο εξυπηρέτησης. Συχνά, η υπηρεσία θεωρείται ικανοποιητική αν ο πελάτης βρίσκεται μέσα σε μια δεδομένη απόσταση από το κέντρο παροχής της και ανεπαρκής όταν η απόσταση υπερβαίνει μια κρίσιμη τιμή. Αυτό οδηγεί στην έννοια της κάλυψης (coverage). Με κάθε

σημείο ζήτησης i σχετίζεται ένα σύνολο Ni από υποψήφια (εναλλακτικά) κέντρα παροχής υπηρεσίας j τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν ή να καλύψουν το σημείο ζήτησης. Το κλειδί για την τοποθέτηση κάποιων κέντρων παροχής υπηρεσιών είναι η «κάλυψη» («coverage»). Για να χαρακτηρίζεται ένα κέντρο παροχής υπηρεσιών ως επικαλυπτόμενο (covered) πρέπει να χαρακτηρίζεται απαραίτητα και από ένα συγκεκριμένο χρόνο. Τα προβλήματα κάλυψης χωρίζονται σε δύο κύριες ομάδες. Τα προβλήματα για τα οποία:

- η κάλυψη απαιτείται.
- η κάλυψη βελτιστοποιείται.

Δύο τέτοια προβλήματα στα οποία φαίνεται αυτή η διαφορά είναι:

- το πρόβλημα Συνόλου Κάλυψης (Locating Set Covering Problem-LSCP).
- το πρόβλημα Μέγιστης Κάλυψης (Maximal Covering Problem-MCLP).

Ένα από τα βασικά προβλήματα το οποίο σχετίζεται με το μοντέλο συνόλου κάλυψης είναι ότι 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 (για οικονομικούς και άλλους λόγους). Επιπλέον, το μοντέλο του συνόλου κάλυψης αντιμετωπίζει όλα τα σημεία ζήτησης με πανομοιότυπο τρόπο. Τα δύο αυτά θέματα οδήγησαν στη θεώρηση ενός δεδομένου (συγκεκριμένου) αριθμού κέντρων εξυπηρέτησης τα οποία πρέπει να τοποθετηθούν, και τα οποία μεγιστοποιούν το ποσό της καλυπτόμενης ζήτησης (σε αντίθεση με τον αριθμό των καλυπτόμενων σημείων ζήτησης). **Πρόκειται για το μοντέλο Μέγιστης Κάλυψης (maximum covering location model) που πρότειναν οι Church και Revelle (1974)**.
Το πρόβλημα Μέγιστης Κάλυψης μεγιστοποιεί το ποσό της επικαλυπτόμενης ζήτησης μέσα στην αποδεκτή απόσταση υπηρεσίας (acceptable service distance) S, τοποθετώντας ένα σταθερό αριθμό από κέντρα παροχής υπηρεσιών. Ουσιαστικά, το πρόβλημα αυτό μεγιστοποιεί τον αριθμό των χρηστών που μπορούν να ικανοποιηθούν από τη χωροθέτηση P-κέντρων παροχής υπηρεσιών. Το μοντέλο αυτό επαναφέρει επίσης τη σπουδαιότητα του πληθυσμού, σε αντίθεση με αυτό του συνόλου κάλυψης, ενώ συγχρόνως χρησιμοποιεί το όριο απόστασης/χρόνου. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα του μοντέλου αυτού είναι ότι μπορεί να δείξει το μέγιστο όριο κάλυψης της ζήτησης που αναμένεται από έναν αριθμό κέντρων μικρότερο από τον αναγκαίο για την κάλυψη όλης της ζήτησης.

Το πρόβλημα 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:

hi : 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:

$$Z_I = \begin{cases} 1, & \text{αν ο κόμβος i είναι επικαλυμμένος.} \\ 0, & \text{διαφορετικά.} \end{cases}$$

Βάσει των πιο πάνω συμβολισμών, το πρόβλημα Μέγιστης Κάλυψης τυποποιείται ως εξής:

MAXIMIZE $\sum_i h_i Z_i$ (4)

υπό τους περιορισμούς: $Z_i \leq \sum_j a_{ij} X_j \quad \forall i$ (5)

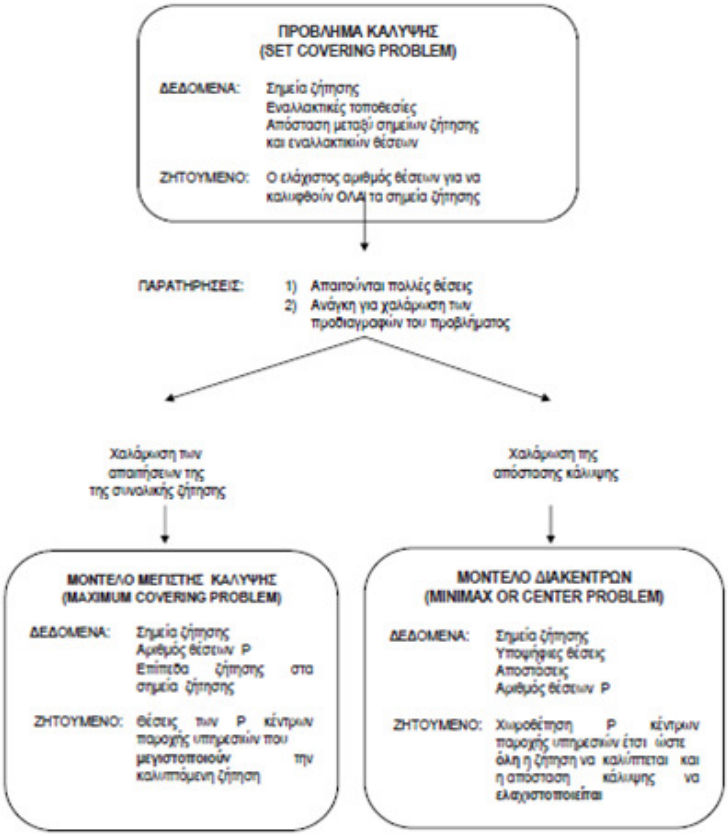
$\sum_j X_j \leq P$ (6)

$X_j = 0,1 \quad \forall j$ (7)

$Z_i = 0,1 \quad \forall i$ (8)

Η αντικειμενική συνάρτηση (4) περιγράφει την μεγιστοποίηση του ποσού απαίτησης (ζήτησης) η οποία καλύπτεται. Ο περιορισμός (5) καθορίζει ποιοί κόμβοι ζήτησης (demand nodes) καλύπτονται μέσα στην αποδεκτή απόσταση υπηρεσιών. Κάθε κόμβος i μπορεί να θεωρηθεί επικαλυμμένος (covered) (με Zi = 1) εάν υπάρχει κάποιο κέντρο παροχής υπηρεσιών το οποίο να βρίσκεται επί κάποιου τόπου j που είναι μέσα στο S του κόμβου i. Εάν κανένα τέτοιο κέντρο παροχής υπηρεσιών δεν τοποθετείται επί κάποιου τόπου jεS, το δεξί μέλος του περιορισμού (5) θα είναι μηδέν, αναγκάζοντας κατά συνέπεια το Zi να μηδενιστεί. Ο περιορισμός (6) καθορίζει ότι δεν μπορούμε να τοποθετήσουμε περισσότερα από P κέντρα παροχής υπηρεσιών. Οι περιορισμοί (7) και (8) είναι οι περιορισμοί για τις μεταβλητές απόφασης.

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται οι σχέσεις μεταξύ των μοντέλων κάλυψης, μέγιστης κάλυψης και διακέντρων.



Σχήμα 3-2: Σχέσεις μεταξύ των μοντέλων κάλυψης, μέγιστης κάλυψης και διακέντρων.

Πηγή: Παπλά, 2009.

Ανακεφαλαιώνοντας, αναφέρεται ότι τα ΓΣΠ ως ένα σύγχρονο εργαλείο χωρικής επεξεργασίας και μοντελοποίησης δεδομένων κάθε είδους, έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία στο παρελθόν στη γεωγραφική ανάλυση εμφάνισης επειγόντων περιστατικών και εκτίμησης του κινδύνου αυτών. Έτσι και στην εργασία αυτή, οι προαναφερθείσες τεχνικές και μέθοδοι θα λάβουν χώρα στο κεφάλαιο της μελέτης εφαρμογής μέσω του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου. Τα αποτελέσματα των μεθόδων θα παρουσιαστούν οπτικοποιημένα σε μορφή χαρτών, πινάκων και διαγραμμάτων, ώστε να μπορεί να αξιολογηθεί εάν η μεθοδολογία ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του προβλήματος και επιφέρει θετικά αποτελέσματα.

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η γεωγραφική μελέτη είναι μια μελέτη που αναλύει τη δομή του χώρου, τις αλληλεξαρτήσεις των στοιχείων του και τις διαδικασίες αλλαγής του. Μέσα σε αυτή τη πολυπλοκότητα, επομένως είναι φανερό ότι απαιτείται κάποιο μεθοδολογικό πλαίσιο ή μοντέλο προσέγγισης που να επιτρέπει στον ενδιαφερόμενο μελετητή μια σωστή και άνετη προσπέλαση στα θέματα αυτά. Ως μεθοδολογία, ορίζεται η συστηματική και εύπλαστη διαδικασία που γεννιέται από τη παρατήρηση, τη μελέτη και τον πειραματισμό, βασίζεται στην ικανότητα, την εκπαίδευση και την εμπειρία, παρέχει τρόπους προσπέλασης στην ερμηνεία φαινομένων και δημιουργεί κατευθύνσεις στη νοητική διαδικασία, ώστε η εξέταση των θεμάτων και των φαινομένων να γίνεται με ορισμένους κανόνες (Κουτσόπουλος, 2006).

Σε αυτή την ενότητα, θα λάβει χώρα η δόμηση ενός μεθοδολογικού πλαισίου χωροχρονικής ανάλυσης των δεδομένων έρευνας-διάσωσης στον ελλαδικό χώρο, με χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Η μεθοδολογία γενικά αποτελείται από τα εξής τμήματα: το πληροφοριακό, που αναφέρεται στη γνώση για το θέμα που εξετάζεται, το ερμηνευτικό, που αξιοποιεί τις γνώσεις του πρώτου τμήματος και καταλήγει σε ορισμένα συμπεράσματα και το επιβεβαιωτικό τμήμα, που μέσα από ένα έλεγχο βελτιώνει τις μεθόδους των δύο προηγούμενων τμημάτων.

Αρχικά λοιπόν, θα προσδιοριστεί το πρόβλημα και ο σκοπός της εργασίας, στη συνέχεια θα περιγραφούν τα δεδομένα που θα λάβουν μέρος στην εφαρμογή, μέσα από την οπτικοποίηση και τη στατιστική τους ανάλυση και τέλος θα παρουσιαστούν οι μέθοδοι και τεχνικές χωρικής ανάλυσης οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν. Στα συμπεράσματα της μελέτης γίνεται αναφορά στα σημεία εκείνα τα οποία τροφοδοτούν περαιτέρω έρευνα και ανάλυση, καταγράφονται απόψεις και προτάσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος, και τελικά αξιολογείται η συνέπεια της μελέτης, δηλαδή κατά πόσο ήταν συνεπής ως προς την αξιοποίηση των δυνατοτήτων της από τους αρμόδιους φορείς.
Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο, το οποίο μπορεί να οδηγήσει στην κατανόηση του προβλήματος και στην ερμηνεία των περιστατικών SAR στο χώρο. Είναι σαφές ότι το πλαίσιο αυτό, θα αποτελέσει το σκελετό των διαδικασιών οι οποίες θα λάβουν χώρα στη μελέτη εφαρμογής στο επόμενο κεφάλαιο.

Η προσέγγιση η οποία ακολουθήθηκε παρουσιάζεται σχηματικά παρακάτω (Σχήμα 4-1):

Σχήμα 4-1: Προτεινόμενο Μεθοδολογικό Πλαίσιο.

4.1. Προσδιορισμός του Προβλήματος

Ο ακριβής προσδιορισμός του προβλήματος της γεωγραφικής μελέτης αποτελεί το βασικό άξονα προσανατολισμού της, επειδή περιέχει το σκοπό στον οποίο αποβλέπει η μελέτη και οριοθετεί το πρόβλημα προς επίλυση. Πρέπει όμως να διατυπώνεται σωστά και αναλυτικά και να εστιάζεται σε υπαρκτά προβλήματα, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα εύρεσης της καταλληλότερης τεχνικής για την υλοποίησή του. Είναι βασικά το πρώτο βήμα που απαιτεί η μελέτη στη πορεία της, αλλά συγχρόνως είναι το πιο καθοριστικό (Κουτσόπουλος, 2006).

Το φαινόμενο λοιπόν που έχει επιλεγεί να μελετηθεί είναι τα περιστατικά έρευνας και διάσωσης (SAR) σε όλο τον ελλαδικό χώρο κατά τη περίοδο από το 2009 έως το 2014 και σκοπός της εργασίας είναι, μέσα από την εφαρμογή μεθόδων και τεχνικών χωρικής ανάλυσης να δημιουργηθεί ένα μεθοδολογικό πλαίσιο ανάλυσης και μελέτης τέτοιου είδους δεδομένων.
Τελικός στόχος μέσα από την ανάλυση του υπόψη αντικειμένου και βάσει της προτεινόμενης μεθοδολογίας, είναι η αναγνώριση της κατανομής των συμβάντων στη περιοχή μελέτης, ο εντοπισμός των επικίνδυνων περιοχών, και η μελέτη της βέλτιστης χωροθέτησης των βάσεων των αεροπορικών μέσων, με απώτερο σκοπό τη πρόληψη και έγκαιρη αντιμετώπιση του προβλήματος από τις αρμόδιες αρχές.
Σχετικά με τη παρούσα εργασία, οι βασικότερες εφαρμογές που προκύπτουν από την χωρική ανάλυση των περιστατικών έρευνας και διάσωσης στην Ελλάδα (των οποίων η κατανομή τους είναι διακριτή) είναι:

- Οι επιχειρησιακές ανάγκες σε μέσα.
- Οι επιχειρησιακές ανάγκες περιπολίας των αεροπορικών μέσων SAR.
- Οι επιχειρησιακές ανάγκες κατανομής-μεταστάθμευσης των μέσων SAR.

Όσον αφορά τώρα τον ορισμό των επιμέρους αντικειμενικών στόχων της μελέτης, τα βασικά θέματα περικλείονται στην επιτυχημένη έκφραση, τα τρία Π: Πρόβλημα, Προϊόντα, Παροχές και πιο συγκεκριμένα στα εξής ερωτήματα (Κουτσόπουλος, 2006):

- Πιο είναι το πρόβλημα το οποίο πρέπει να επιλυθεί; Πώς επιλύεται τώρα;
- Ποια είναι τα τελικά προϊόντα της μελέτης; Οι χάρτες από μόνοι τους είναι αρκετοί;
- Το αποτέλεσμα αποτελεί παροχή σε ποιους και πόσους χρήστες;

4.2. Δεδομένα

Μετά τον καθορισμό του προβλήματος και της περιοχής μελέτης, το επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός των αναγκαίων στοιχείων-δεδομένων.
Ο προσδιορισμός των δεδομένων προκύπτει από τη διατύπωση του στόχου και του τρόπου μελέτης με την οποία θα προσεγγιστεί το επιλεγμένο φαινόμενο. Με βάση αυτή τη λογική, τα δεδομένα που επιλέγονται να χρησιμοποιηθούν σε κάθε εφαρμογή μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη περιοχή και το είδος του φαινομένου που μελετάται (Φώτης, 2010).
Στη συγκεκριμένη εργασία, λόγω της φύσης και της προέλευσης των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά οι πρωτογενείς πληροφορίες για τα περιστατικά SAR (Ε-Δ), όπως δόθηκαν από το ΕΚΣΕΔ/ΑΤ. Αυτά τα πρωτογενή δεδομένα αποτελούν το πιο λεπτομερειακό επίπεδο πληροφορίας που μπορεί να συλλεχθεί. Ωστόσο, στην εν λόγω εφαρμογή συμπεριελήφθησαν και άλλα στοιχεία που επηρεάζουν ή καθορίζουν την μελέτη-

ανάλυση των περιστατικών, όπως η εμβέλεια των ελικοπτέρων και τα κόστη ανά ώρα μετακίνησης. Σημειώνεται εδώ ότι τα δεδομένα έρευνας και διάσωσης αποτελούν καθαρά τυχαία γεγονότα που δεν σχετίζονται άμεσα με άλλους παράγοντες και χαρακτηριστικά-μεταβλητές της περιοχής μελέτης (όπως οικονομικοί, κοινωνικοί, πληθυσμιακοί παράγοντες). Ίσως τα συμβάντα Ε-Δ τα οποία λαμβάνουν χώρα στην ελληνική επικράτεια να επηρεάζονται και σε κάποιο βαθμό από τις τοπικές μετεωρολογικές ή τοπογραφικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν στη περιοχή μελέτης, στοιχείο όμως το οποίο δεν αναλύθηκε στη παρούσα εργασία, αλλά ενσωματώνεται στη συχνότητα εμφάνισης τους ανά περιοχή.
Τα δεδομένα αποτελούν ένα σημαντικό μέρος κάθε λειτουργίας η οποία σχετίζεται με την ανάλυση χωρικών φαινομένων και πρέπει να είναι:

- Σχετικά με το είδος του περιστατικού, την τοποθεσία, την ώρα, την ημερομηνία.
- Αξιόπιστα, καθώς ενδεχομένως παρέχεται πληροφόρηση για τα δεδομένα από πολλαπλές πηγές.
- Ακριβή και να αντιπαραβάλλονται κάθε φορά με έγγραφες αναφορές.
- Έγκυρα, καθώς η ταχύτητα στη λήψη εξαρτάται πολλές φορές από τη γρήγορη αποτύπωση και καταγραφή των υπαρχόντων στοιχείων.

Η ανάλυση και η αξιολόγηση τώρα των δεδομένων περιλαμβάνει τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση των στοιχείων τα οποία θα ενταχθούν στη βάση δεδομένων και την επιλογή του προβολικού συστήματος στο οποίο θα αναφέρονται τα στοιχεία. Η αξιολόγηση της ανωτέρω πληροφορίας πρέπει να καλύπτει τους εξής τομείς:

- Προσδιορισμό των θεματικών επιπέδων της πληροφορίας η οποία απαιτείται για τη βάση δεδομένων.
- Εξέταση των χαρτογραφικών παραμέτρων των δεδομένων (ακρίβεια, αξιοπιστία, πληρότητα, ετοιμότητα για ψηφιακή καταγραφή).
- Εξέταση των σχέσεων μεταξύ των χαρτογραφικών και περιγραφικών πληροφοριών.

4.3. Δημιουργία Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων

Στη συνέχεια μετά τη συλλογή των δεδομένων, ακολουθεί η οργάνωσή τους σε μία βάση δεδομένων προκειμένου να είναι πιο εύκολη η επεξεργασία τους στο στάδιο της χωρικής ανάλυσης. Η διαδικασία της μετατροπής των στοιχείων σε πληροφορία η οποία υλοποιείται με τη δημιουργία της βάσης δεδομένων, αποτελεί το νευραλγικό κέντρο κάθε γεωγραφικής μελέτης.
Ο σχεδιασμός της βάσης δεδομένων κρίνεται απαραίτητος, διότι δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες του συστήματος να προσεγγίσουν το αντικείμενο-φαινόμενο στο σύνολό του και να εκτιμήσουν την αλληλεπίδραση των διαφόρων τμημάτων της βάσης δεδομένων. Μέσω επίσης της διαδικασίας του σχεδιασμού της βάσης, είναι πρακτικά εφικτός ο προσδιορισμός των προβλημάτων και περιορισμών στην καταγραφή και αξιοποίηση των γεωγραφικών δεδομένων, η εκτίμηση των τεχνικών χαρακτηριστικών και εργαλείων του συστήματος το οποίο θα χρησιμοποιηθεί, και τέλος ο ρεαλιστικός προσδιορισμός του χρόνου που θα απαιτηθεί για την υλοποίηση της εργασίας. Παράλειψη ή και μερική υλοποίηση του σχεδιασμού θα έχει ιδιαιτέρα δυσμενή αποτελέσματα όπως: ελλιπή στοιχεία, άχρηστα στοιχεία, αδυναμία υποστήριξης εφαρμογών και έλλειψη συνοχής μεταξύ των διαφόρων τμημάτων της βάσης δεδομένων.

Ειδικότερα σε ότι αφορά τις βάσεις χωρικών δεδομένων, περιέχουν στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου – γεωγραφικά δεδομένα ή οντότητες – τα οποία διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: χωρικά και περιγραφικά. Τα χωρικά στοιχεία αναφέρονται στις θέσεις των δεδομένων στο γεωγραφικό χώρο σε σχέση με ένα παραδεκτό σύστημα αναφοράς, τα δε περιγραφικά στις ιδιότητες των γεωγραφικών δεδομένων και τις σχέσεις μεταξύ τους.

4.4. Περιγραφή-Στατιστική Ανάλυση των Δεδομένων

Η κατανόηση των δεδομένων μέσα από την απεικόνιση και τη στατιστική επεξεργασία τους, βοηθά στην ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης στην περιοχή μελέτης. Ο τρόπος επίσης παρουσίασης της πληροφορίας είναι καθοριστικός για την αποτελεσματικότητα μιας οποιαδήποτε μελέτης.
Η περιγραφή των δεδομένων στην εργασία αυτή, γίνεται μέσω απλών διαγραμμάτων, πινάκων και χαρτών που απεικονίζουν τη κατανομή των περιστατικών, ώστε από τη μία πλευρά να γίνει κατανοητή και από την άλλη να εντοπιστούν σε πρώτη φάση τα σημαντικότερα σημεία της έρευνας η οποία θα ακολουθήσει. Η στατιστική ακόμα ανάλυση των δεδομένων η οποία θα λάβει χώρα στην ενότητα αυτή, θα περιλαμβάνει χρονικούς πίνακες και ραβδογράμματα τα οποία αφορούν τη κατανομή των περιστατικών ανά έτος, ανά μήνα και ώρα της ημέρας για την εξεταζόμενη χρονική περίοδο. Επίσης, θα απεικονιστούν τα συμβάντα ανά Α/Δ και ανά τύπο αποστολής SAR, όπως κατηγοριοποιείται από το ίδιο το ΕΚΣΕΔ/ΑΤ και υλοποιήθηκε στη βάση δεδομένων.

4.5. Χωρική Ανάλυση των Δεδομένων

Η χωρική ανάλυση των δεδομένων μπορεί να γίνει σε διάφορα επίπεδα. Αρχικά, η εξέταση του τρόπου κατανομής και διασποράς των περιστατικών στη περιοχή μελέτης και ο προσδιορισμός του χωρικού προτύπου ο οποίος τις συνοδεύει αποτελεί το πρώτο βήμα ανάλυσης. Αυτό γίνεται μέσα από την εξέταση των κατάλληλων γεωστατιστικών δεικτών κεντρικότητας και διασποράς, όπως ο χωρικός μέσος, η τυπική απόκλιση και η έλλειψη τυπικής απόκλισης οι οποίοι δίνουν πληροφορίες για τη διαχρονική μεταβολή της χωρικής κατανομής, το βαθμό διασποράς και ομοιομορφίας και τον προσανατολισμό της κατανομής των περιστατικών έρευνας-διάσωσης στην περιοχή μελέτης.
Η μέθοδος της ανάλυσης της απόστασης από τον εγγύτερο γείτονα (nearest neighbor analysis) και τη συνάρτηση Κ εν συνεχεία, δίνουν πληροφορίες για το χωρικό πρότυπο των περιστατικών. Το χωρικό πρότυπο είναι ένα χαρακτηριστικό μηδενικής διάστασης μιας χωρικής τακτοποίησης που περιγράφει τη θέση στο χώρο ενός συνόλου αντικειμένων σε σχέση με τα άλλα.
Παράλληλα, θα λάβει χώρα ταξινόμηση και κατάταξη των δεδομένων-περιστατικών Ε-Δ σε ομάδες, μέσω εφαρμογής του αλγόριθμού κατάτμησης Κ-κέντρων (k-means). Η εν λόγω ομαδοποίηση βάσει της θέσης εκδήλωσης του εκάστοτε συμβάντος, επιτρέπει την άμεση εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την διερεύνηση και έναν πρώτο έλεγχο της υφιστάμενης χωροθέτησης των βάσεων όπου εδρεύουν τα αεροπορικά μέσα Ε-Δ. Χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό αυτό, και εδώ το λογισμικό ArcMap 10.3.

Ακολούθως, η τεχνική της χωρικής παρεμβολής (kernel density estimator) θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία προκειμένου να γίνει εκτίμηση και ανάλυση της πυκνότητας των σημείων όπου έλαβαν χώρα περιστατικά SAR. Η μέθοδος εκτίμησης της πυκνότητας σημείων με χρήση συνάρτησης πυρήνα (Kernel Density Estimation) αποτελεί σημαντικότατο εργαλείο χωρικής ανάλυσης. Από τους χάρτες οι οποίοι θα δημιουργηθούν, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τη κατανομή των περιστατικών στη χώρα, την επικινδυνότητα ορισμένων περιοχών, καθώς και τη διαχρονική εξέλιξη των συμβάντων (περιοχές που εμφανίζουν την υψηλότερη τιμή πυκνότητας).

4.5.1. Ανάλυση χωροθέτησης-κατανομής

Στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας και πριν την εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων, θα λάβει χώρα η μελέτη της υφιστάμενης κατανομής των αεροπορικών μέσων Ε-Δ, καθώς και η εύρεση νέων βέλτιστων θέσεων οι οποίες ικανοποιούν χωρικά κυρίως κριτήρια. Θα ελεγχθεί ακόμη η δυνατότητα, καθώς και η χρονική διάρκεια των συμβάντων που πρέπει να ληφθούν υπόψη, ώστε να προβλέπεται και να καλύπτεται η ζήτηση τον επόμενο χρόνο. Η κανονιστική αυτή προσέγγιση της ανάλυσης χωροθέτησης είναι ιδιαίτερα επίκαιρη και σημαντική στη χώρα μας, όπου τα οικονομικά και αναπτυξιακά προβλήματα αποτελούν από μόνα τους προβλήματα σχεδιασμού.
Η εξέταση της βέλτιστης χωροθέτησης των βάσεων των αεροπορικών μέσων τα οποία διαθέτει το ΕΚΣΕΔ/ΑΤ για την αντιμετώπιση των συμβάντων έρευνας-διάσωσης, θα πραγματοποιηθεί με τη χρήση του κατάλληλου μοντέλου χωροθέτησης-κατανομής (location-allocation models). Η ανάλυση θα γίνει σε περιβάλλον Network Analyst του ArcMap 10.3.

Γενικά τα προβλήματα της χωροθέτησης κέντρων παροχής υπηρεσιών (Facility Location) περιλαμβάνουν την τοποθέτηση ενός ή περισσότερων κέντρων παροχής υπηρεσιών σε μια περιοχή όπου υπάρχει ζήτηση, ενώ βελτιστοποιούμε την κύρια αντικειμενική συνάρτηση. Μια συχνή απλοποίηση αυτού του μετασχηματισμού είναι η αντικατάσταση της συνεχούς ζήτησης στην περιοχή με ένα διακεκριμένο σύνολο από σημεία ζήτησης (demand points) τα οποία το καθένα αναπαριστάνει μια υποπεριοχή. Η κύρια αιτία για την οποία γίνεται η αντικατάσταση αυτή είναι το ότι είναι ευκολότερο να κατασκευάσεις την αντικειμενική συνάρτηση βασιζόμενος σε ένα πεπερασμένο σύνολο από σημεία ζήτησης (demand points), παρά σε μια συνεχή συναρτησιακή ζήτηση (continuous functional demand). Συχνά, η αντικειμενική συνάρτηση συνίσταται σαν ένα σύνολο από όρους, ένα για κάθε σημείο ζήτησης. Στη συνεχή τυποποίηση, αυτό το άθροισμα αντικαθίσταται από ένα διπλό ολοκλήρωμα στην περιοχή.

Στη παρούσα μελέτη, καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή των χώρων στάθμευσης των ελικοπτέρων αποτελεί η ελαχιστοποίηση της συνολικής αντίστασης, η οποία στη προκειμένη περίπτωση ως αντικειμενική συνάρτηση αντίστασης θεωρείται η απόσταση, και κατά συνέπεια ο χρόνος μετάβασης του μέσου προς το συμβάν. **Δεδομένης της εθνικής υποχρέωσης των υπηρεσιών Ε-Δ να βρίσκονται στο οποιοδήποτε συμβάν μέσα στη περιοχή ευθύνης τους εντός 1,5h αποτελεί κριτήριο επιλογής για εμάς, η κατανομή όσο το δυνατόν περισσότερων συμβάντων (σημείων ζήτησης) στις επιλεγμένες εγκαταστάσεις-αεροδρόμια εντός αυτού του χρόνου.** Η επιλογή των υποψήφιων θέσεων για τη χωροθέτηση των σημείων στάθμευσης των ελικοπτέρων, έγινε από το σύνολο των αεροδρομίων-ελικοδρομίων που υπάρχουν στη χώρα, σύμφωνα με την επίσημη κατάσταση του Civil Aviation Organisation (ICAO).

Από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας και τη φύση του προβλήματος, καταλληλότερο μοντέλο χωροθέτησης-κατανομής αποτέλεσε εκείνο της Μέγιστης Κάλυψης. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται εκτενώς στα προβλήματα κατανομής υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, όπως οι πυροσβεστικοί σταθμοί, δεδομένου ότι οι υπηρεσίες αυτές πρέπει να καταφθάνουν στο σύνολο των σημείων ζήτησης εντός καθορισμένου χρόνου.

Επιγραμματικά, η ανάλυση των περιστατικών SAR βάσει της παραπάνω προτιμώμενης μεθοδολογίας μπορεί να οδηγήσει στην κατανόηση ενός παρατηρούμενου μοντέλου, στην αναγνώριση της κατανομής των γεγονότων, στην παρουσίαση των περιοχών έντονης δραστηριότητας-επικινδυνότητας, καθώς και στην επανα-χωροθέτηση των βάσεων των ιπτάμενων μέσων έρευνας και διάσωσης, με σκοπό πάντα την έγκαιρη αντιμετώπιση μελλοντικών επεισοδίων από τις αρμόδιες αρχές. Όλα τα αποτελέσματα του υπόψη μεθοδολογικού πλαισίου το οποίο θα εφαρμοστεί στο επόμενο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οπτικοποιημένα με τη μορφή χαρτών και πινάκων, στους οποίους αποτυπώνονται τα τελικά πορίσματα της διαδικασίας της χωρικής ανάλυσης.

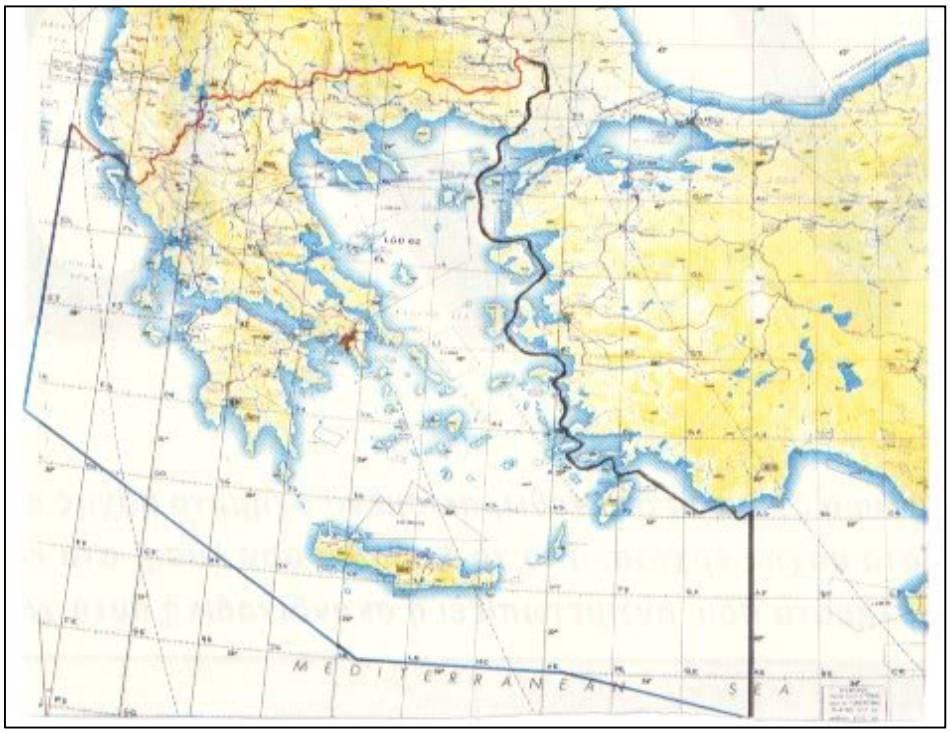
5. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό λαμβάνει χώρα η παρουσίαση του πρακτικού τμήματος της εν λόγω μελέτης, το οποίο αφορά την υλοποίηση του μεθοδολογικού πλαισίου που αναλύθηκε στη προηγούμενη ενότητα. Αρχίζοντας με την επιλογή και τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών της περιοχή μελέτης, συνεχίζουμε με την περιγραφή, στατιστική ανάλυση και οπτικοποίηση των αρχικών δεδομένων, την επεξεργασία τους βάσει της προτεινόμενης μεθοδολογίας και τεχνικών χωρικής ανάλυσης και καταλήγουμε στην εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων. Συγκεκριμένα, στο τέλος της κάθε ενότητας αυτής, παρατίθενται σε χάρτες και πίνακες τα αποτελέσματα της εφαρμογής και αξιολογούνται καταλλήλως.

5.1. Οριοθέτηση Μελέτης Εφαρμογής-Περιοχής Έρευνας και Διάσωσης

Η ανάγκη για το καθορισμό των ορίων της περιοχής μελέτης υπαγορεύεται από το ότι συντονίζει όλες τις διαδικασίες ως πλαίσιο αναφοράς και εξασφαλίζει εύκολη και άμεση μετάβαση από την μελέτη στην εφαρμογή (Κουτσόπουλος, 2006).

Όλη η υδάτινη επιφάνεια της Γης έχει χωριστεί σε τομείς ευθύνης (Search and Rescue Regions) και κάθε παράκτιο κράτος έχει αναλάβει την υποχρέωση παροχής υπηρεσιών έρευνας και διάσωσης στον τομέα τον οποίο έχει αναλάβει να επιτηρεί.
Η περιοχή ευθύνης του Ενιαίου Κέντρου Έρευνας και Διάσωσης και κατά συνέπεια και η περιοχή μελέτης της εργασίας αυτής, ταυτίζεται με τα όρια του FIR Αθηνών (Flight Information Region Athens) (άρθρο 2 του Ν.1844/89). Είναι φανερό ότι η περιοχή ευθύνης δεν περιορίζεται στα στενά όρια των χωρικών υδάτων, δηλαδή τα έξι ναυτικά μίλια από τις ακτές, αλλά καλύπτει μια έκταση που φτάνει στην μέση απόσταση μεταξύ της Ελλάδας και Ιταλίας, Μάλτας, Λιβύης, Αιγύπτου και Κύπρου (Εικόνα 5-1).



Εικόνα 5-1: Περιοχή Έρευνας και Διάσωσης/Μελέτης, σύμφωνα με το FIR Αθηνών.

Πηγή: ΕΚΣΕΔ, 2013.

5.2. Ιδιομορφίες και Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά Χώρου Ευθύνης

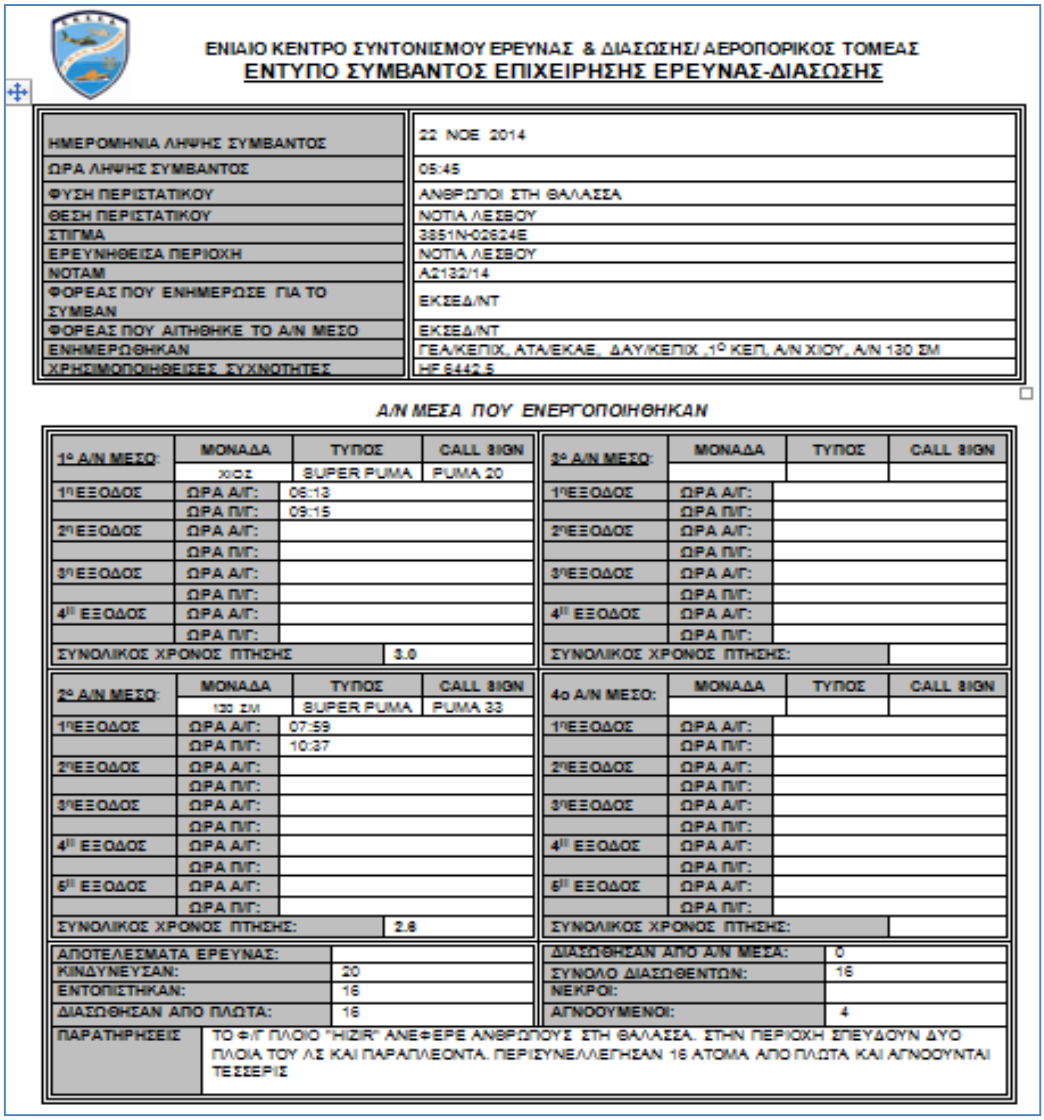
Το μέγεθος και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής ευθύνης του ΕΚΣΕΔ, συμπεριλαμβανομένου και της θαλάσσιας κυκλοφορίας αποτυπώνονται ενδεικτικά στα ακόλουθα στοιχεία (ΕΚΣΕΔ, 2013):

- Πολυσχιδής ακτογραμμή μήκους 18.400 χλμ.
- Συνολική θαλάσσια περιοχή έρευνας-διάσωσης εμβαδού 1,150,000 km^2.
- Χιλιάδες νησιά και βραχονησίδες (9.800 νήσοι, νησίδες, βραχονησίδες, βράχοι).
- 1354 κόλποι και όρμοι.
- 161 στενά και θαλάσσιοι δίαυλοι.
- 520 λιμένες.
- Μεγάλος αριθμός επιβατηγών ακτοπλοϊκών σκαφών.
- Μεγάλη πυκνότητα θαλάσσιας κυκλοφορίας πλοίων, πλοιαρίων, σκαφών και ποικιλόμορφες θαλάσσιες δραστηριότητες (αλιευτικός στόλος, τουριστικά).
- Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται περί τα 10.000 σκάφη αναψυχής και 115.000 αλιευτικά σκάφη.
- Εποχικότητα θαλάσσιας κυκλοφορίας. Ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μικρά ιδιωτικά σκάφη (θαλαμηγοί, ιστιοφόρα, ταχύπλοα) πραγματοποιούν δραστηριότητες αναψυχής.
- Στην Ελλάδα πετάνε με σκοπό την προσγείωση ή την υπερπτήση περί τα 250.000 πολιτικά αεροσκάφη σε συνθήκες IFR/VFR ετησίως.
- Κρίσιμη γεωγραφικά θέση (διεθνείς θαλάσσιοι δρόμοι, ταύτιση θαλασσίων συνόρων με τα αντίστοιχα της Ε.Ε.).

5.3. Δεδομένα Μελέτης

Η ενότητα αυτή αποσκοπεί στην παρουσίαση των αρχικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν και των πηγών τους. Μία πρώτη περιγραφή και αξιολόγηση των δεδομένων, ως προς τα στοιχεία τα οποία περιέχουν, καθώς και ως προς την αξιοπιστία και ακρίβεια τους, κρίνεται απαραίτητη για την μετέπειτα χωρική ανάλυση των περιστατικών SAR.

Στη παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν τα πρωτογενή ιστορικά δεδομένα περιστατικών έρευνας και διάσωσης (SAR) σε όλο τον ελλαδικό χώρο κατά τα έτη 2009, έως τις αρχές του Ιανουαρίου του 2015 (πρακτικά έως το 2014). Όλη η διαθέσιμη αυτή πληροφορία, ποσοτική και ποιοτική, δόθηκε σε μορφότυπο .doc υπό τύπου **εντύπου συμβάντος επιχείρησης έρευνας και διάσωσης** (Εικόνα 5-2). Τα δεδομένα προήλθαν από το Ενιαίο Κέντρο Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης/Αεροπορικός Τομέας (ΕΚΣΕΔ/ΑΤ) με έδρα τον Πειραιά, το οποίο όπως προαναφέρθηκε, έχει και την ευθύνη της έρευνας και διάσωσης στο FIR Αθηνών, κατ' εφαρμογή των υποχρεώσεων της χώρας μας που απορρέουν από τις διατάξεις της Διεθνούς Σύμβασης για την Ναυτική Έρευνα και Διάσωση του 1979 και της Ασφάλειας της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (Safety of Life at Sea: SOLAS) του 1974.



ΕΝΙΑΙΟ ΚΕΝΤΡΟ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΔΙΑΣΩΣΗΣ/ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ-ΔΙΑΣΩΣΗΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΨΗΣ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	22 ΝΟΕ 2014
ΩΡΑ ΛΗΨΗΣ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	05:45
ΦΥΣΗ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΟΥ	ΑΝΘΡΩΠΟΙ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ
ΘΕΣΗ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΟΥ	ΝΟΤΙΑ ΛΕΣΒΟΥ
ΣΤΙΓΜΑ	3851N-02624E
ΕΡΕΥΝΗΘΕΙΣΑ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΝΟΤΙΑ ΛΕΣΒΟΥ
NOTAM	A2132/14
ΦΟΡΕΑΣ ΠΟΥ ΕΝΗΜΕΡΩΣΕ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ	ΕΚΣΕΔ/ΝΤ
ΦΟΡΕΑΣ ΠΟΥ ΑΙΤΗΘΗΚΕ ΤΟ Α/Ν ΜΕΣΟ	ΕΚΣΕΔ/ΝΤ
ΕΝΗΜΕΡΩΘΗΚΑΝ	ΓΕΑ/ΚΕΠΙΧ, ΑΤΑ/ΕΚΑΕ, ΔΑΥ/ΚΕΠΙΧ ,1ο ΚΕΠ, Α/Ν Χ/ΟΥ, Α/Ν 130 ΣΜ
ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙΣΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	HF 5442.5

Α/Ν ΜΕΣΑ ΠΟΥ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

1ο Α/Ν ΜΕΣΟ:	ΜΟΝΑΔΑ	ΤΥΠΟΣ	CALL SIGN
	ΧΙΟΣ	SUPER PUMA	PUMA 20
1η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:	06:13	
	ΩΡΑ Π/Γ:	09:15	
2η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
3η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
4η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΠΤΗΣΗΣ		3.0	

3ο Α/Ν ΜΕΣΟ:	ΜΟΝΑΔΑ	ΤΥΠΟΣ	CALL SIGN
1η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
2η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
3η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
4η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΠΤΗΣΗΣ:			

2ο Α/Ν ΜΕΣΟ:	ΜΟΝΑΔΑ	ΤΥΠΟΣ	CALL SIGN
	130 ΣΜ	SUPER PUMA	PUMA 33
1η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:	07:59	
	ΩΡΑ Π/Γ:	10:37	
2η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
3η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
4η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
5η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΠΤΗΣΗΣ:		2.8	

4ο Α/Ν ΜΕΣΟ:	ΜΟΝΑΔΑ	ΤΥΠΟΣ	CALL SIGN
1η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
2η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
3η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
4η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
5η ΕΞΟΔΟΣ	ΩΡΑ Α/Γ:		
	ΩΡΑ Π/Γ:		
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΠΤΗΣΗΣ:			

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ:		ΔΙΑΣΩΘΗΣΑΝ ΑΠΟ Α/Ν ΜΕΣΑ:	0
ΚΙΝΔΥΝΕΥΣΑΝ:	20	ΣΥΝΟΛΟ ΔΙΑΣΩΘΕΝΤΩΝ:	16
ΕΝΤΟΠΙΣΤΗΚΑΝ:	16	ΝΕΚΡΟΙ:	
ΔΙΑΣΩΘΗΣΑΝ ΑΠΟ ΠΛΩΤΑ:	16	ΑΓΝΟΟΥΜΕΝΟΙ:	4

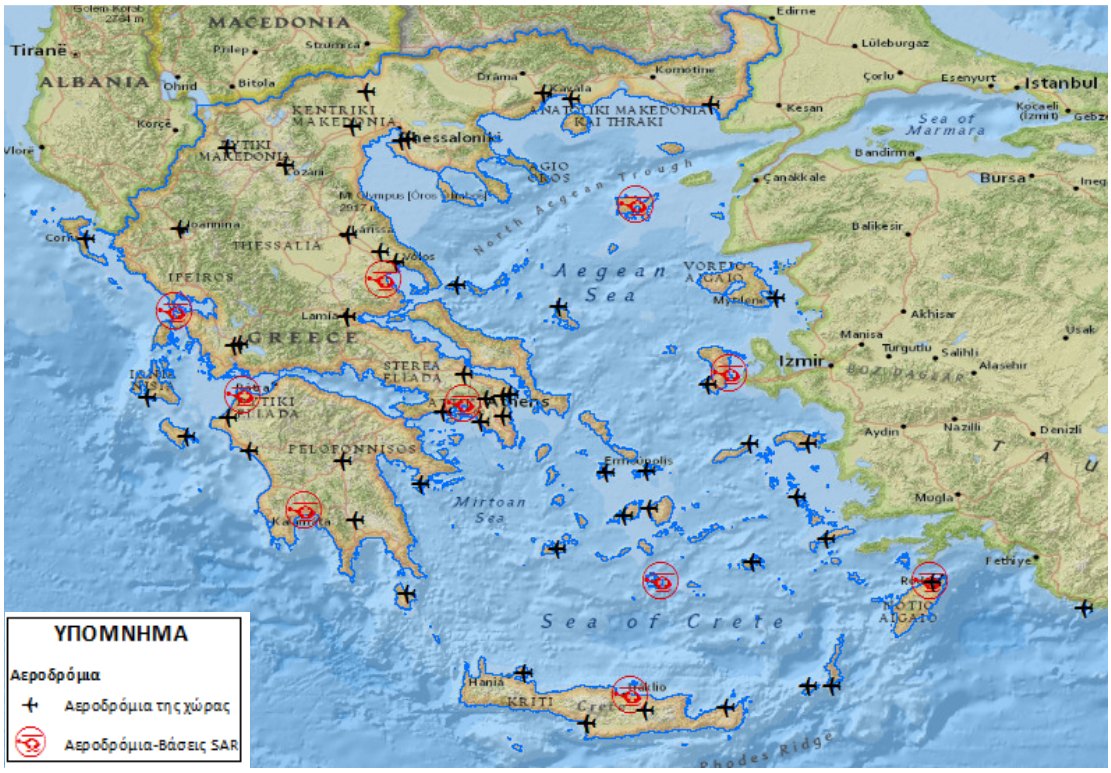
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΤΟ Φ/Γ ΠΛΟΙΟ "HIZIR" ΑΝΕΦΕΡΕ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ. ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΠΕΥΔΟΥΝ ΔΥΟ ΠΛΟΙΑ ΤΟΥ ΛΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΠΛΕΟΝΤΑ. ΠΕΡΙΣΥΝΕΛΛΕΓΗΣΑΝ 16 ΑΤΟΜΑ ΑΠΟ ΠΛΩΤΑ ΚΑΙ ΑΓΝΟΟΥΝΤΑΙ ΤΕΣΣΕΡΙΣ

Εικόνα 5-2: Έντυπο συμβάντος επιχείρησης έρευνας-διάσωσης

Πηγή: ΕΚΣΕΔ/ΑΤ, 2015.

Τα δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν περιλαμβάνουν για κάθε περιστατικό SAR την ημερομηνία, την ώρα λήψης του συμβάντος, την φύση και τη θέση του περιστατικού, το στίγμα σε μοίρες και λεπτά, στο Σύστημα Αναφοράς WGS ’84 και επιπλέον την περιοχή που ερευνήθηκε, καθώς και τους φορείς που ενημέρωσαν και αιτήθηκαν το αεροπορικό μέσο διάσωσης. Στο δεύτερο τμήμα του εντύπου, καταγράφονται τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για το παραπάνω περιστατικό και ο τύπος τους (πχ εδώ ελικόπτερο SUPER PUMA), το Α/Δ και η ώρα απογείωσης (πχ ’’ΧΙΟΣ’’- 06:13 πμ) και το Α/Δ και η ώρα προσγείωσης. Στο τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επιχείρησης, με το σύνολο των ατόμων που κινδύνευσαν, που εντοπίστηκαν ή όχι και διασώθηκαν από πλωτά ή αεροπορικά μέσα. Στο πεδίο ’’Παρατηρήσεις’’ καταγράφεται περιληπτικά πώς άρχισε η όλη επιχείρηση με τα αποτελέσματά της.
Είναι αναγκαίο να αναφερθεί εδώ, ότι δεν τίθεται θέμα αξιοπιστίας και χωρικής ανακρίβειας των δεδομένων, αφού χρησιμοποιήθηκαν τα πρωτογενή έντυπα συμβάντος τα οποία συμπληρώνονται από το ΕΚΣΕΔ/ΑΤ την ώρα που λαμβάνει χώρα κάποιο περιστατικό. Η οποιαδήποτε αμφιβολία ως προς την εγκυρότητα των στοιχείων, οφείλεται σε στιγμιαίο λάθος ή παράλειψη του χειριστή, η οποία όμως δεν δύναται να ελεγχθεί με άλλο τρόπο. Η χρησιμοποίηση μόνο των μοιρών και των πρώτων λεπτών των θέσεων των σημείων για τον προσδιορισμό του γεωγραφικού μήκους και πλάτους, εισάγει μια χωρική αβεβαιότητα η οποία κυμαίνεται γύρω στα 1800μ. για τους άξονες x και y, ανάλογα με τη θέση του συμβάντος σε σχέση με το γεωγραφικό μήκος και πλάτος.
Επίσης, έντυπα συμβάντος τα οποία αφορούσαν σε ασκήσεις έρευνας-διάσωσης, καθώς και σε περιπολίες των ελικοπτέρων δεν λήφθηκαν υπόψη κατά τη σύνταξη της παρούσας εργασίας. **Ο συνολικός αριθμός περιστατικών ο οποίος καταγράφηκε και μελετήθηκε ανέρχεται στα 605 συμβάντα, κατανεμημένα σε όλη την επικράτεια**.

Άλλα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην υπόψη μελέτη, ήταν η ακτογραμμή και τα όρια των νομών και περιφερειών της Ελλάδος σε μορφότυπο .shp και ΣΑ WGS ’84, από την ιστοσελίδα www.geodata.gov.gr, των Δημόσιων Ανοικτών Δεδομένων. Το σημειακό θεματικό επίπεδο των ελληνικών αεροδρομίων (AIR_ICAO_PT.shp), προήλθε από την Στατιστική Υπηρεσία της ΕΕ (Eurostat) και συγκεκριμένα από την υπο-υπηρεσία GISCO (Geographical information system of the Commission), η οποία υποστηρίζει την Ευρωπαϊκή Επιτροπή σε γεωχωρικά δεδομένα. Στη παρακάτω εικόνα (Εικόνα 5-3) και πίνακα (Πίνακας 5-1) παρουσιάζονται όλα τα αεροδρόμια (Α/Δ) της χώρας, καθώς και οι θέσεις-συντ/νες των 10 Α/Δ όπου εδρεύουν τα μέσα έρευνας και διάσωσης του ΕΚΣΕΔ/ΑΤ.



Εικόνα 5-3: Απεικόνιση όλων των Α/Δ της χώρας και των βάσεων εξυπηρέτησης περιστατικών Ε-Δ (SAR).

Πηγή: GISCO/Airports, ESRI Basemap, 2015.

Τα Α/Δ όπου σταθμεύουν ελικόπτερα έρευνας και διάσωσης, και τα οποία θα λάβουν μέρος στην ανάλυση των περιστατικών, είναι τα κάτωθι:

- Ελευσίνα (112 ΠΜ).
- Καλαμάτα (120 ΠΕΑ).
- Ρόδος.
- Ν. Αγχίαλος (111 ΠΜ).
- Χίος.
- Σαντορίνη (Α/Α Σαντορίνης, πρώην 134 ΣΜ).
- Λήμνος (130 ΣΜ).
- Άραξος (116 ΠΜ).
- Άκτιο (131 ΣΜ).
- Ηράκλειο (126 ΣΜ).

AIRP_NAME	AIRP_NAME_	CITY	ALT	POINT_X	POINT_Y
Irakleion	Irakleion	Iraklion	27	25.177454	35.339268
Kalamata	Kalamata	Kalamata	5	22.024655	37.066254
Rodos	Rodos	Rhodos - Harbour	6	28.085698	36.404091
Santorini	Santorini	Thira Harbour	24	25.477835	36.399988
Athinai/Elefsis	Athinai/Elefsis	Acropolis Hill	25	23.558592	38.066384
Chios	Chios	Chios	4	26.141033	38.343541
Araxos	Araxos	Araxos	11	21.425788	38.150398
Limnos	Limnos	Moudros	8	25.240054	39.919959
N. Anchialos	N. Anchialos	Nea Anchialos	4	22.793143	39.218338
Aktio	Aktio	Preveza	0	20.766874	38.923141

Πίνακας 5-1: Συντ/νες των Α/Δ SAR.

Πηγή: Arc Map 10.3.

Ένα τελευταίο σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία αυτή, ήταν το κόστος ανά ώρα πτήσης κάθε αεροπορικού μέσου, σύμφωνα με το ΦΕΚ 2808/Β΄/2013 το οποίο αφορά την «κοστολόγηση παρεχόμενων υπηρεσιών και την τακτοποίηση των δοσοληψιών των Κλάδων των ΕΔ». Με αυτό το τρόπο έχουμε μια πρώτη εκτίμηση του κόστους ανά μέσο χρήσης. Η μελέτη δηλαδή της βέλτιστης χωροθέτησης των μέσων διάσωσης θα στηριχθεί και στην ελαχιστοποίηση του κόστους χρήσης τους. Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αεροπορικά μέσα που εξυπηρέτησαν διάφορα συμβάντα από τα Α/Δ της μελέτης, μαζί με το κόστος ανά ώρα πτήσης.

		ΜΕΣΟ	ΚΩΠ	Speed	€/Km	ΕΜΒΕΛΕΙΑ
Α/Φ		C-130	**7312,81**	621 Km/h	**11,78**	738 Km ή 410 naut. mil
Ε/Π		AB-205	**3505,24**	222 Km/h	**15,79**	144Km ή 80 naut. mil
Ε/Π		AS-332C1 Super Puma	**3352,00**	277 Km/h	**12,10**	243 Km ή 135 naut. mil

Πίνακας 5-2: Κοστολόγηση Ώρας Πτήσης για κάθε διαθέσιμο μέσο SAR.

Πηγή: www.haf.gr

5.4. Δημιουργία Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων

Μετά τη συλλογή των δεδομένων και πριν τη στατιστική τους επεξεργασία, συνέχεια έχει η οργάνωσή τους σε μία βάση δεδομένων. Στη παρούσα εργασία το σύνολο των παραπάνω εντύπων συμβάντων για όλα τα έτη της μελέτης εφαρμογής, συγκεντρώθηκαν και καταγράφηκαν σε μία βάση τύπου .xls. Τα πεδία που δημιουργήθηκαν εντός της βάσης αντλήθηκαν από τα ίδια τα έντυπα, ενώ η διάκριση και κατηγοριοποίηση των περιστατικών προέρχεται από την ετήσια έκθεση του ΕΚΣΕΔ του Φεβρουαρίου 2013. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο της βάσης (Εικόνες 5-4 και 5-5).

Ημερομηνία	Τύπος Α/Ν μέσου	Ώρα λήψης Συμβάντος	Θέση Περιστατικού	Φύση Περιστατικού	Τύπος Αποστολής	LAT	ο	'	LONG	ο	'	Αεροδρόμιο Α/Γ	Ώρα Α/Γ	Αεροδρόμιο Π/Γ	Ώρα Π/Γ	Συνολικός χρόνος πτήσης	Συνολικός χρόνος συμβάντο
24-Μαΐ-09	S.P.	14:42	ΒΔ ΤΖΙΑΣ	MEDEVAC	MEDEVAC	37.705	37	42	24.282	24	17	112ΠΜ	14:51	112ΠΜ	16:33	1:42	1:51
24-Ιουν-09	AB-205	18:26	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΡΩΜΑΝΟΥ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	ΕΡΕΥΝΑ	ΝΑΥΤΙΚΟ ΠΕΡΙΣΤ.	36.975	36	59	21.640	21	38	120ΠΕΑ	18:31	120ΠΕΑ	19:58	1:27	1:32
24-Οκτ-09	S.P.	6:55	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΑΞΥ Ν.ΔΟΚΟΥ-Ν.ΥΔΡΑΣ	ΔΙΑΣΩΣΗ	ΝΑΥΤΙΚΟ ΠΕΡΙΣΤ.	37.312			23.340			112ΠΜ	7:26	112ΠΜ	7:48	0:22	0:53
26-Οκτ-09	S.P.	18:00	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ Ν – ΝΑ ΚΟΛΠΟΥ ΛΑΓΑΝΑ ΖΑΚΥΝΘΟΥ	ΔΙΑΣΩΣΗ	ΝΑΥΤΙΚΟ ΠΕΡΙΣΤ.	37.600	37	36	20.950	20	57	112ΠΜ	18:28	112ΠΜ	3:17	8:49	9:17
26-Οκτ-09	C-130	18:00	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ Ν – ΝΑ ΚΟΛΠΟΥ ΛΑΓΑΝΑ ΖΑΚΥΝΘΟΥ	ΔΙΑΣΩΣΗ	ΝΑΥΤΙΚΟ ΠΕΡΙΣΤ.	37.600	37	36	20.950	20	57	112ΠΜ	19:14	112ΠΜ	3:17	8:03	9:17
26-Οκτ-09	S.P.	18:00	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ Ν – ΝΑ ΚΟΛΠΟΥ ΛΑΓΑΝΑ ΖΑΚΥΝΘΟΥ	ΔΙΑΣΩΣΗ	ΝΑΥΤΙΚΟ ΠΕΡΙΣΤ.	37.600	37	36	20.950	20	57	112ΠΜ	21:06	112ΠΜ	4:40	7:34	10:40

Εικόνα 5-4: Βάση δεδομένων SAR σε .xls

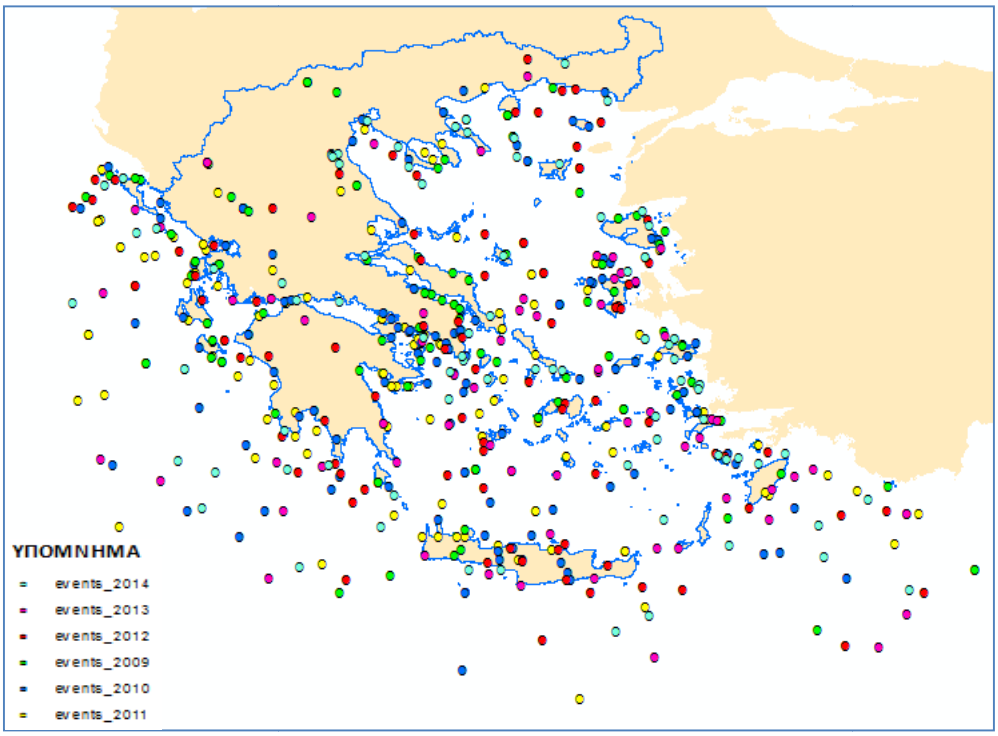
Αποτελέσματα έρευνας	Διάσωση από Ε/Π	Διάσωση από πλωτά	Κινδύνευσαν	Εντοπίστηκαν	Διασώθηκαν	Νεκροί	Αγνοούνται	Παρ/σεις
Θετικά	ΝΑΙ	ΟΧΙ	1	1	1	0	0	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΑ ΑΠΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΛΟΙΟ (CDT FOUR CULT) ΣΗΜΑΙΑ: ΠΑΝΑΜΑ ΠΡΟΣ Ε/Δ
Θετικά	ΟΧΙ	ΟΧΙ	1	1	0	1	0	ΒΡΕΘΗΚΕ ΝΕΚΡΟΣ ΑΠΟ ΛΙΜΕΝΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΑΣΤΥΝΟΜΙΚΟΥΣ ΚΟΝΤΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ.ΔΩΘΗΚΕ ΕΝΤΟΛΗ ΓΙΑ Π/Γ ΤΟΥ Φ-23
Θετικά	ΟΧΙ	ΟΧΙ	5	5	5	0	0	ΟΙ ΠΕΝΤΕ (5) ΕΠΙΒΑΙΝΟΝΤΕΣ ΠΕΡΙΣΥΛΛΕΓΗΣΑΝ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΤΑΞΙ ΣΩΟΙ ΚΑΤΩΠΙΝ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ
Θετικά	ΟΧΙ	ΟΧΙ	2	2	2	0	0	ΒΡΕΘΗΚΑΝ ΟΙ 2 ΑΓΝΟΟΥΜΕΝΟΙ ΑΠΟ ΑΛΙΕΥΤΙΚΟ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΤΟΥ ΛΑΓΑΝΑ
Θετικά	ΟΧΙ	ΟΧΙ	2	2	2	0	0	ΒΡΕΘΗΚΑΝ ΟΙ 2 ΑΓΝΟΟΥΜΕΝΟΙ ΑΠΟ ΑΛΙΕΥΤΙΚΟ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΤΟΥ ΛΑΓΑΝΑ
Θετικά	ΟΧΙ	ΟΧΙ	2	2	2	0	0	ΒΡΕΘΗΚΑΝ ΟΙ 2 ΑΓΝΟΟΥΜΕΝΟΙ ΑΠΟ ΑΛΙΕΥΤΙΚΟ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΤΟΥ ΛΑΓΑΝΑ
Θετικά	ΝΑΙ	ΟΧΙ	1	1	1	0	0	ΕΝΤΟΠΙΣΤΗΚΕ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΕΝΗ ΟΡΕΙΒΑΤΙΣΣΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΕΡΘΗΚΕ ΣΤΗΝ 115 Π.Μ. .ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΑΠΟ

Εικόνα 5-5: Βάση δεδομένων SAR σε .xls (συνέχεια).

Τα περιστατικά Ε-Δ που συντονίστηκαν από το ΕΚΣΕΔ/ΑΤ, ομαδοποιούνται σε τρεις (3) γενικές κατηγορίες ως εξής:

- **ΝΑΥΤΙΚΗ Ε-Δ** { MEDEVAC, ΛΑΘΡΟΜΕΤΑΝΑΣΤΕΣ, ΝΑΥΤΙΚΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ }
- **ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗ Ε-Δ** { ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ, ΠΕΡΙΠΟΛΙΑ }
- **ΧΕΡΣΑΙΑ Ε-Δ** { ΧΕΡΣΑΙΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ }

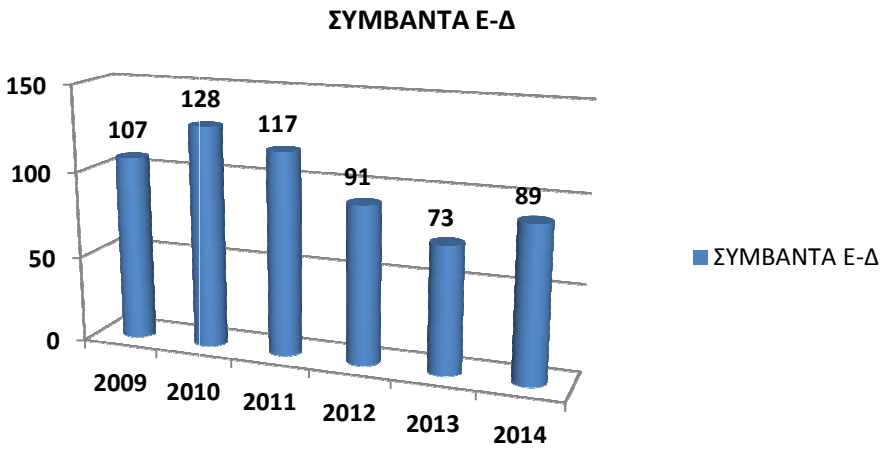
Έπειτα, έγινε εισαγωγή της εν λόγω βάσης στο περιβάλλον του ArcMap 10.3, όπου δημιουργήθηκε και το σημειακό θεματικό επίπεδο των περιστατικών Ε-Δ. από τις εντολές ΄΄Make XY Event Layer→Export data΄΄. Στο .shp το οποίο δημιουργήθηκε έγινε join του πίνακα αυτού με το πίνακα της βάσης στο excel, προκειμένου να αντιστοιχιστούν οι εγγραφές και τα πεδία των δύο πινάκων. Με βάση τη παραπάνω διαδικασία τοποθετούνται στον χάρτη τα σημεία των περιστατικών για κάθε έτος και προκύπτει μετά από κατάλληλη επεξεργασία ο παρακάτω χάρτης (Pin map), όπου απεικονίζει την τοποθεσία των συμβάντων (Εικόνα 5-6):



Εικόνα 5-6: Περιστατικά Ε-Δ κατά τη περίοδο 2009-2014.

5.5. Περιγραφή-Στατιστική Ανάλυση των Δεδομένων

Στο στάδιο αυτό, και προτού να γίνει αντιληπτή η εικόνα την οποία παρουσιάζει η χωρική κατανομή των περιστατικών Ε-Δ κατά τη περίοδο μελέτης, καθώς και η εξέλιξή τους, κρίνεται αναγκαία μια πρώτη στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Στους πίνακες και τα διαγράμματα τα οποία ακολουθούν, παρουσιάζονται τα περιστατικά SAR στον ελλαδικό χώρο κατά τα έτη 2009-2014 μετά από στατιστική επεξεργασία σε περιβάλλον Excel.
Αρχίζοντας λοιπόν την ανάλυση, **το έτος 2010 εμφανίζονται τα περισσότερα συμβάντα Ε-Δ με 128 περιστατικά υπό την ευθύνη του αεροπορικού τομέα**, ακολουθεί το 2011 με 117, το 2009 με 107 και τελευταίο το έτος 2013 με 73 περιστατικά, όλα εντός της Ελληνικής περιοχής έρευνας & διάσωσης (SRR). Η κατανομή των συμβάντων ανά έτος φαίνεται αναλυτικά παρακάτω (Διάγραμμα 5-1):

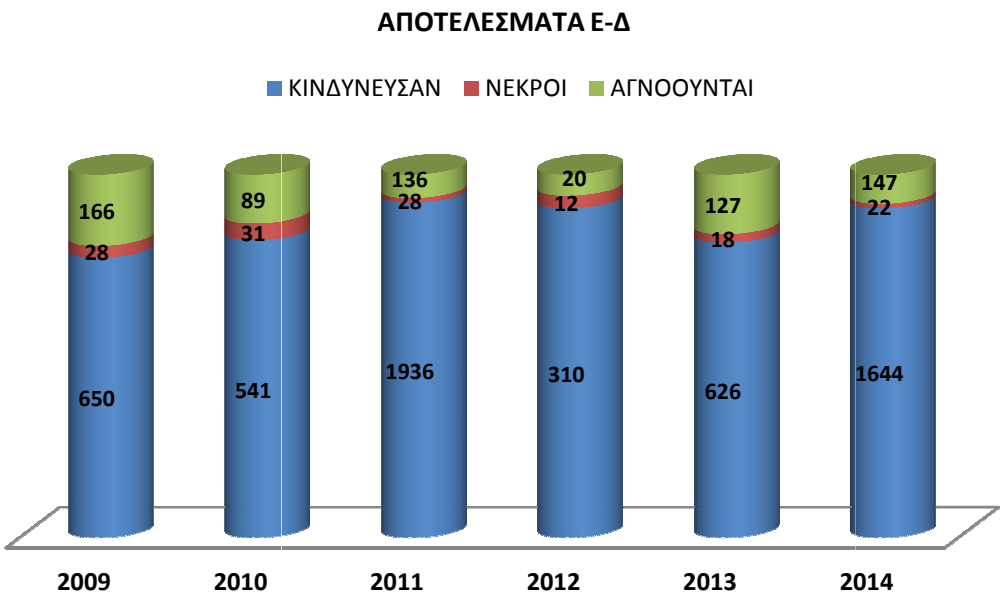


Διάγραμμα 5-1:Συμβάντα ΕΚΣΕΔ/ΑΤ 2009-2014 (Εντός FIR/SRR).

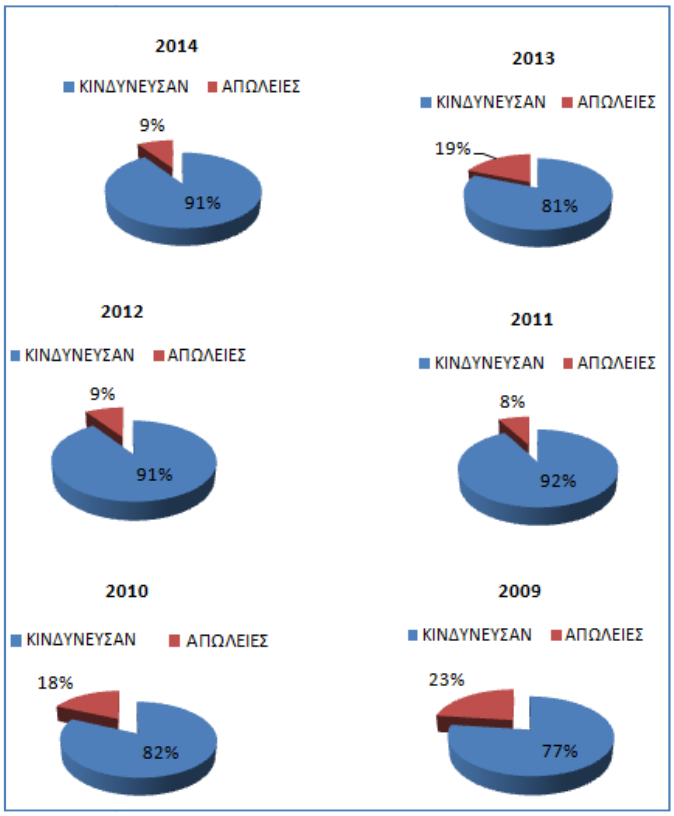
Όσον αφορά στα άτομα στα οποία τους παρασχέθηκε βοήθεια (κινδύνευσαν), το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τον αριθμό των εμπλεκομένων ανθρώπων ανά έτος μελέτης:

Διάγραμμα 5-2: Άτομα που παρασχέθηκε βοήθεια 2009-2014 (Εντός FIR/SRR).

Συνεχίζοντας την ανάλυση με τις ανθρώπινες απώλειες (νεκροί και αγνοούμενοι) σε όλα τα έτη αναφοράς, παρατίθενται τα επόμενα διαγράμματα, όπου φαίνονται αφενός τα αποτελέσματα της Ε-Δ ανά έτος και αφετέρου το ποσοστό των ανθρώπινων απωλειών επί του ποσοστού των εμπλεκομένων. Από ότι συμπεραίνεται, **το έτος 2009 έχουμε το χειρότερο ποσοστό απωλειών με 23% (194 απώλειες)**, επί του συνολικού ποσοστού των εμπλεκομένων ατόμων (650) στα περιστατικά του έτους αυτού.

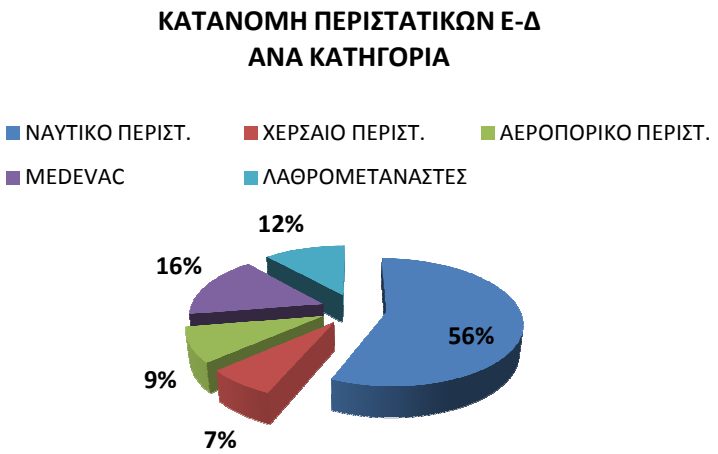


Διάγραμμα 5-3:Αποτελέσματα Ε-Δ κατά τη περίοδο 2009-2014.

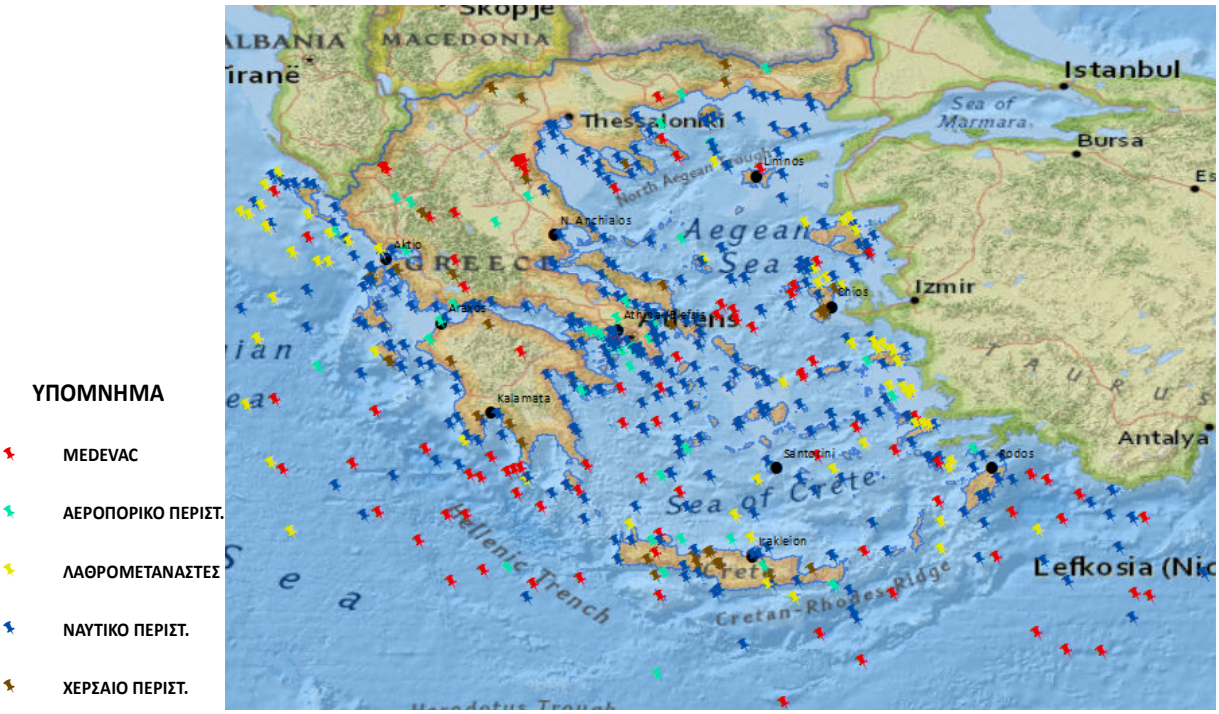


Διάγραμμα 5-4: Ποσοστό απωλειών κατά τη περίοδο 2009-2014.

Στη συνέχεια, θα δούμε τα περιστατικά Ε-Δ (ναυτική, αεροπορική, χερσαία Ε-Δ), συνολικά για όλα τα έτη αναφοράς, και κατά κατηγορία, παρουσιάζοντας τα παρακάτω διαγράμματα. Επισημαίνεται, ότι πέραν των αναφερθέντων περιστατικών, το ΕΚΣΕΣ/ΑΤ διαχειρίστηκε πολλά αεροπορικά περιστατικά χωρίς τη χρήση εναερίων μέσων ή την εμπλοκή άλλων φορέων, λόγω μη ύπαρξης επικίνδυνης κατάστασης ή τη λήξη της κατάστασης ανάγκης (emergency phase). Η κατανομή των περιστατικών εντός περιοχής μελέτης, καθώς και το είδος αυτών, φαίνονται στο διάγραμμα 5-5 και στην εικόνα 5-7.
Συνολικά και για τα έξι έτη, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό περιστατικών Ε-Δ ανήκει στη κατηγορία των ναυτικών περιστατικών με 56% (341 περιστατικά), ενώ ακολουθούν τα περιστατικά MEDEVAC με 16%, λαθρομεταναστών (12%), αεροπορικών περιστατικών (9%) και τέλος τα χερσαία με μόλις 7%.

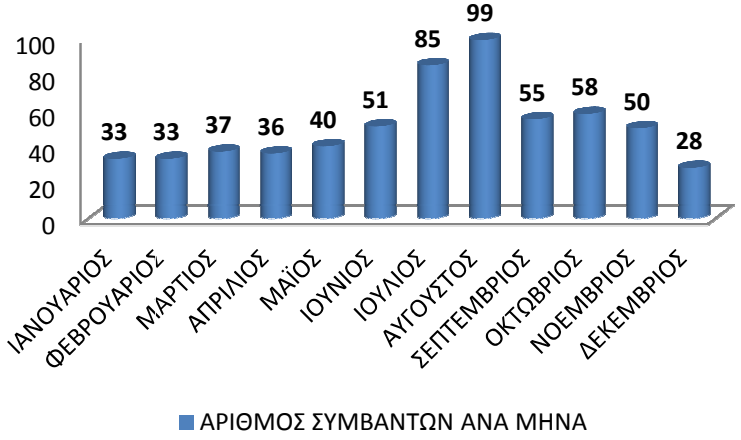


Διάγραμμα 5-5: Κατανομή συμβάντων SAR ανά κατηγορία, 2009-2014.



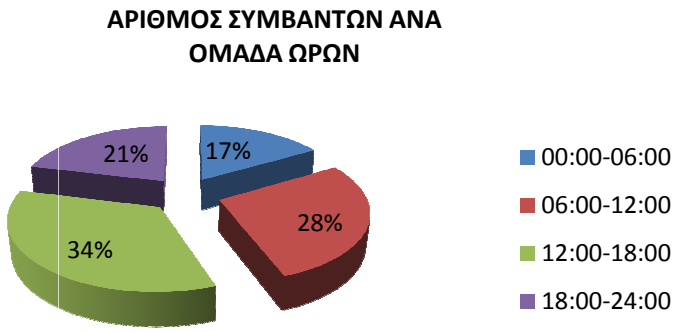
Εικόνα 5-7: Κατανομή συμβάντων SAR ανά κατηγορία, 2009-2014.

Όσον αφορά τη χρονική τους τοποθέτηση, τα συμβάντα εμφανίζονται ιδιαίτερα το καλοκαίρι. Στο διάγραμμα 5-6 που ακολουθεί καταγράφονται τα περιστατικά εντός της Ελληνικής περιοχής έρευνας & διάσωσης (SRR), ποσοστιαία για κάθε μήνα ξεχωριστά. **Ο Αύγουστος είναι ο πρώτος μήνας σε συμβάντα (99)** και ακολουθεί ο Ιούλιος (85), με τελευταίο το Δεκέμβριο, γεγονός που θεωρείται λογικό αν ληφθεί υπόψη ότι τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχει μεγαλύτερη κινητικότητα των σκαφών αναψυχής, των τουριστικών πλοίων και γενικά των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.



Διάγραμμα 5-6: Κατανομή συμβάντων SAR ανά μήνα, 2009-2014.

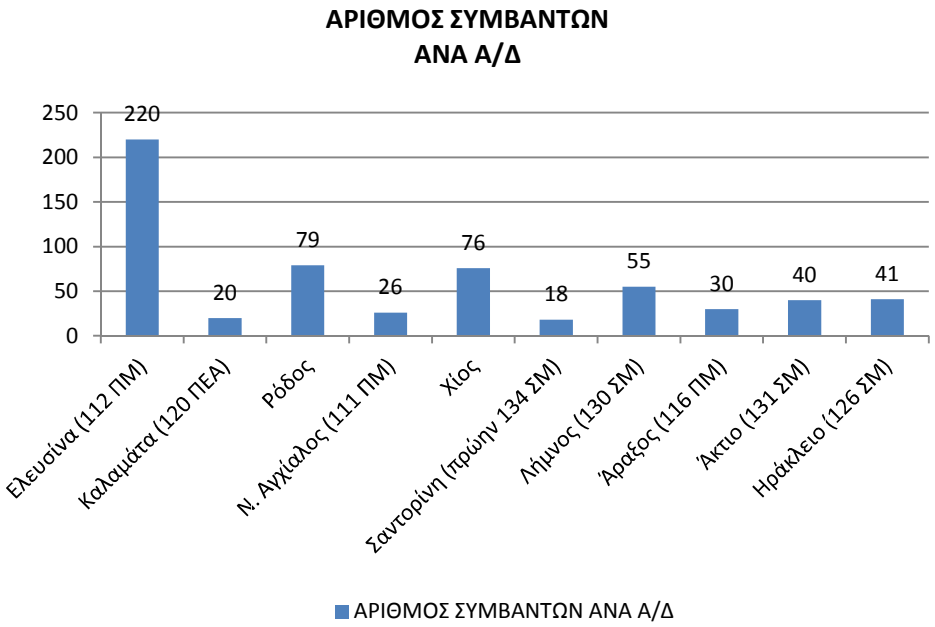
Σχετικά με την ώρα τέλεσης του περιστατικού, έγινε ομαδοποίηση των ωρών της ημέρας σε τέσσερις κατηγορίες, για την καλύτερη κατανόηση της κατανομής των περιστατικών (Διάγραμμα 5-7). **Έτσι, τις ώρες (12:00-18:00) εμφανίζονται τα περισσότερα περιστατικά σε ποσοστό 34%** και με μικρή διαφορά από τη δεύτερη κατηγορία (28%) το διάστημα 06:00-12:00. Στη τελευταία θέση είναι το χρονικό διάστημα 00:00-06:00.



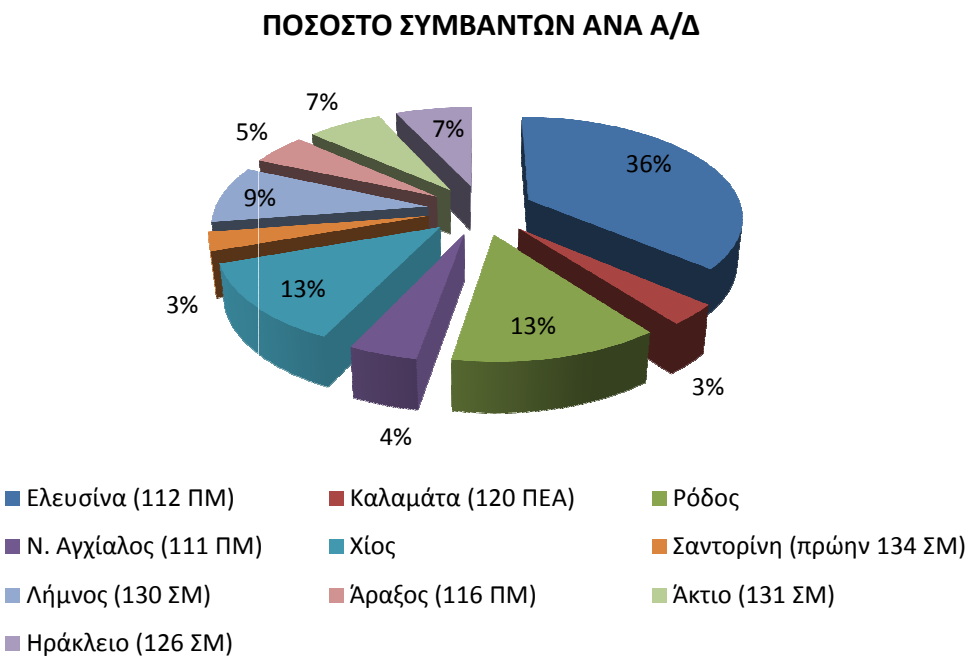
Διάγραμμα 5-7: Κατανομή συμβάντων SAR ανά ομάδα ωρών, 2009-2014.

Η επικρατέστερη ομάδα ωρών (12:00-18:00), φαίνεται να σχετίζεται με τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες οι οποίες αναφέρθηκαν και στη προηγούμενη παράγραφο και αφορούν το διάστημα όπου αυτές βρίσκονται σε έξαρση, λόγω κυρίως του φωτισμού που παρέχει η ημέρα και των υψηλών θερμοκρασιών.

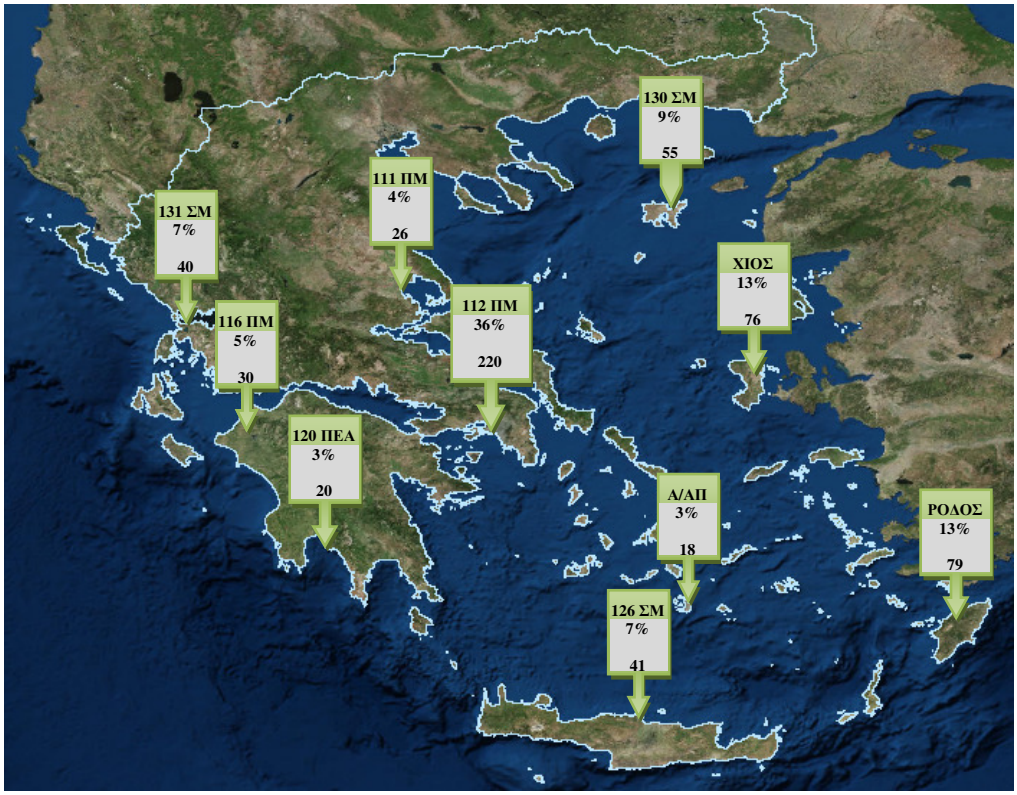
Όσον αφορά τώρα την κατανομή των συμβάντων και το ποσοστό εμπλοκής των Α/Δ που εδρεύουν τα εναέρια μέσα Ε-Δ, στους παρακάτω χάρτες (Εικόνες 5-8 και 5-9) και στα διαγράμματα 5-8 και 5-9 απεικονίζονται ο αριθμός και το ποσοστό των περιστατικών που αυτά εξυπηρέτησαν. Τονίζεται ότι στην ανάλυση αυτή τα περιστατικά τα οποία καλύφθηκαν με μέσα των Α/Δ: Κοτρώνι του Μαραθώνα, 115 ΠΜ στην Κρήτη και 113 ΠΜ στη Θεσ/νίκη (σύνολο 38 περιστατικά), κατά τα έτη αναφοράς, ενσωματώθηκαν στα αντίστοιχα της Ελευσίνας, του Ηρακλείου και της Ν. Αγχιάλου, ως τα πλησιέστερα, αφού δεν αποτελούν σήμερα βασικές έδρες των αεροπορικών μέσων Ε-Δ. **Το αποτέλεσμα με εμφανή τη πρώτη θέση του Α/Δ της Ελευσίνας**, φαίνεται στη συνέχεια:



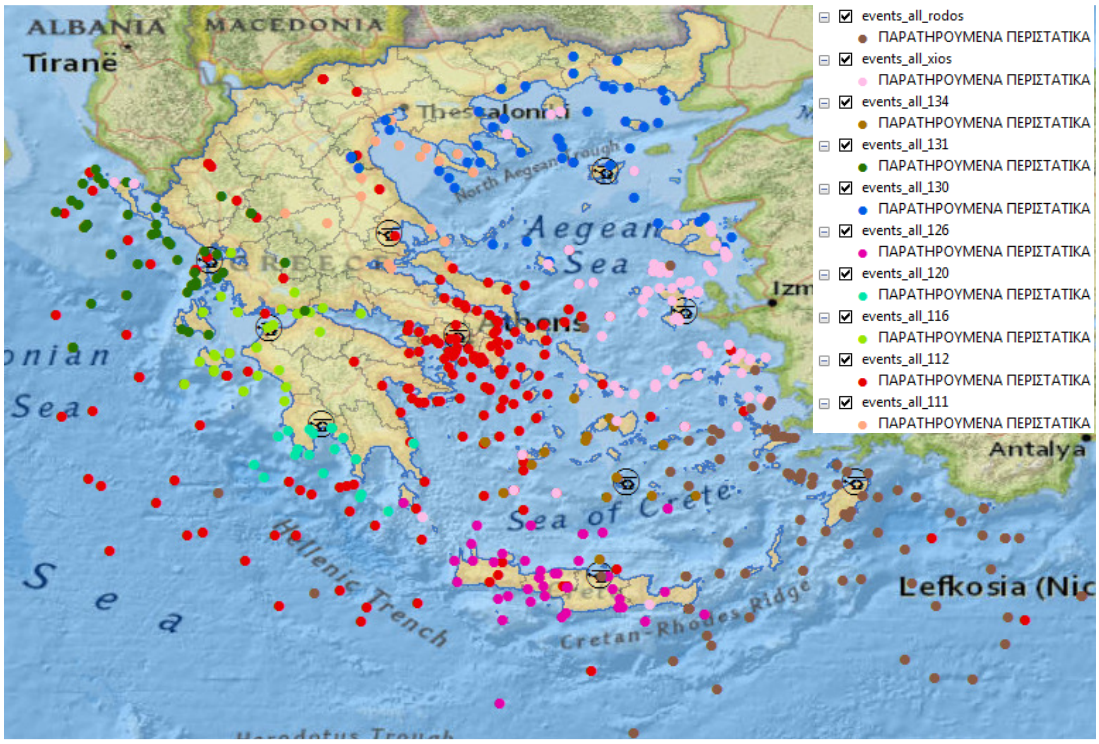
Διάγραμμα 5-8: Κατανομή συμβάντων SAR ανά Α/Δ, 2009-2014.



Διάγραμμα 5-9: Ποσοστό συμβάντων SAR ανά Α/Δ, 2009-2014.



Εικόνα 5-8: Κατανομή συμβάντων (ποσοστό και αριθμός) SAR ανά Α/Δ, 2009-2014.



Εικόνα 5-9: Κατανομή συμβάντων Ε-Δ ανά Α/Δ, 2009-2014.

5.6. Χωρική Ανάλυση των Δεδομένων

Πέρα των περιγραφικών και στατιστικών μεθόδων οι οποίες βοηθούν στη κατανόηση του χαρακτήρα και της λειτουργίας ενός φαινομένου, η χωρική ανάλυση και οι τεχνικές της είναι το κλειδί για την επίτευξη του απώτερου στόχου της εργασίας. Επιπλέον, η χωρική ανάλυση σαν μια παραπέρα επεξεργασία των χωρικών στοιχείων τα οποία μεταρέπονται σε πληροφορία, στοχεύει στην επισήμανση των προβλημάτων τα οποία παρουσιάζονται σε συγκεκριμένο χώρο. Επιγραμματικά, η ανάλυση οφείλει και πρέπει να αποτελεί το γεωγραφικό εργαλείο που μπορεί:

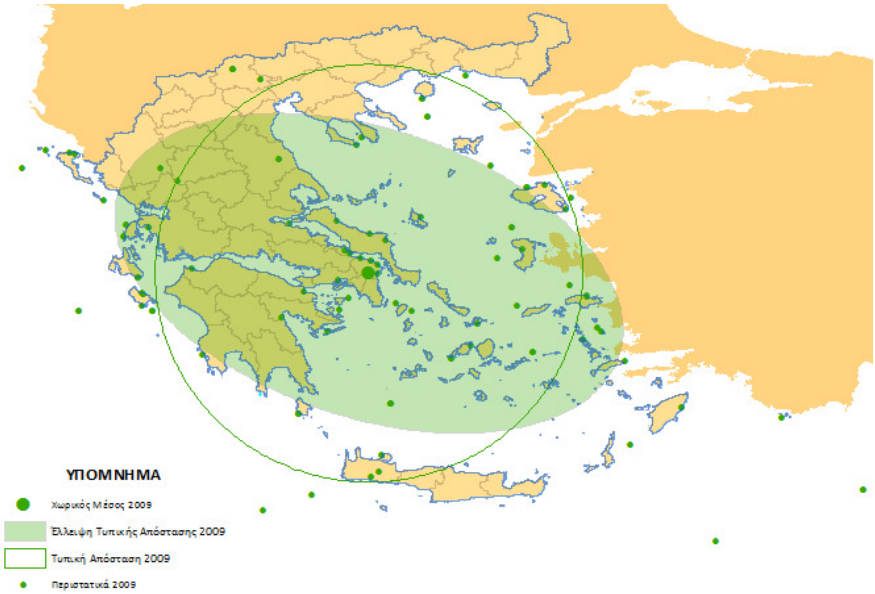
- Να εντοπίσει τα προβλήματα της περιοχής μελέτης και τις αιτίες που τα προκαλούν.
- Να ταξινομήσει τα προβλήματα για τη καλύτερη διερεύνησή τους.
- Να αξιολογήσει τη σημασία των προβλημάτων.

Οι δύο βασικές μορφές των χωρικών αναλυτικών δραστηριοτήτων, είναι η ανάλυση των χωρικών προτύπων και η ανάλυση των χωρικών σχέσεων. Στη παράγραφο αυτή θα λάβουν χώρα οι δύο παραπάνω αναλύσεις, υπολογίζοντας διάφορους γεωστατιστικούς δείκτες, δείκτες ανάλυσης προτύπου, εκτιμητές πυκνότητας και αλγόριθμους k-means. Επίσης, θα γίνει εκτίμηση του χώρου δράσης των Α/Δ για όλα τα έτη αναφοράς, των επικινδυνότερων περιοχών, καθώς και του κόστους χρήσης των ελικοπτέρων, με βάση την πραγματική και τη θεωρητική απόσταση κάλυψης, καθώς και με βάση τη νεά ομαδοποίηση των Α/Δ η οποία θα προκύψει από την ανάλυση k-means.

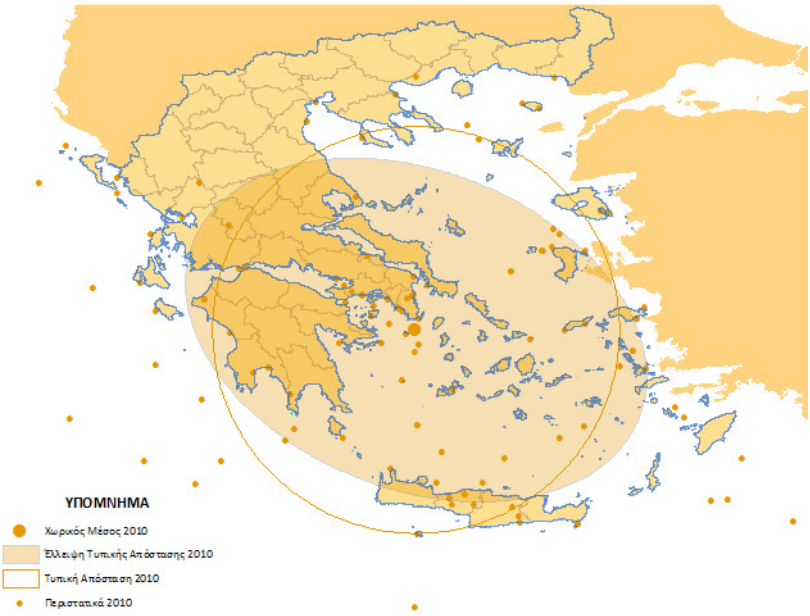
5.6.1. Γεωστατιστικοί δείκτες χωρικής κατανομής

Οι δείκτες αποτελούν διεπιστημονικά εργαλεία λήψης αποφάσεων, αλλά και ποσοτικής αποτύπωσης και ερμηνείας (μετρήσιμο αποτέλεσμα – τιμή) της δυναμικής εξέλιξης του χώρου. Στη φάση αυτή, υπολογίστηκαν οι παρακάτω γεωστατιστικοί δείκτες χωρικής κατανομής (κεντρικότητας και διασποράς) των περιστατικών Ε-Δ σε επίπεδο χώρας, ώστε να γίνει σύγκριση μεταξύ τους (Εικόνες 5-10 έως 5-17).

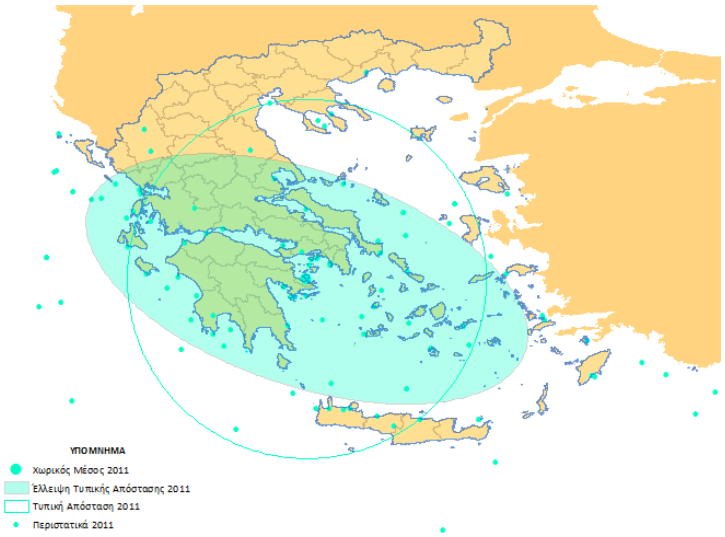
Οι γεωστατιστικοί δείκτες οι οποίοι προκύπτουν για κάθε έτος, έχουν περισσότερο νόημα όταν συγκρίνονται μεταξύ τους. Όλη η διαδικασία θα λάβει χώρα σε περιβάλλον GIS και συγκεκριμένα στο λογισμικό ArcGIS 10.3, χρησιμοποιώντας την εργαλειοθήκη ΄΄Spatial Statistics→Measuring Geographic Distributions΄΄.



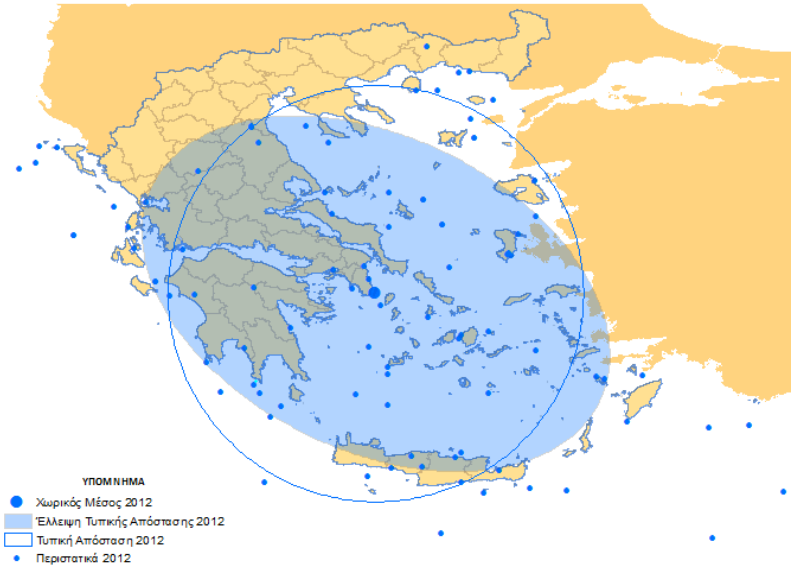
Εικόνα 5-10: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2009



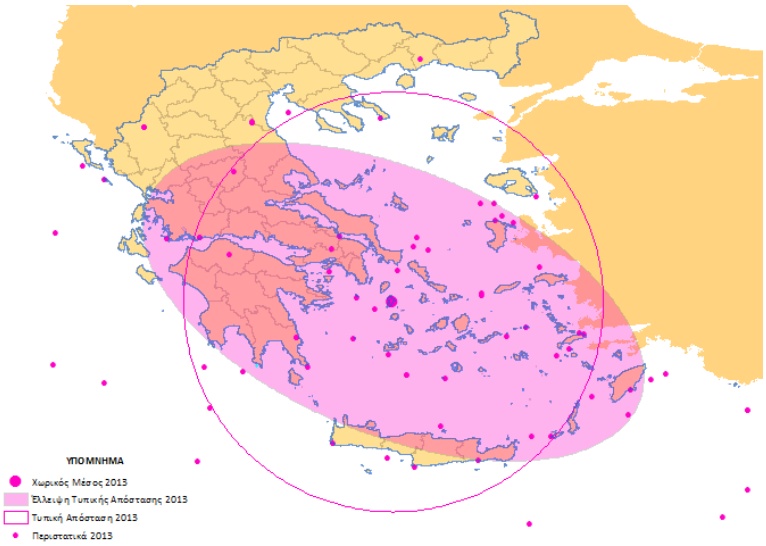
Εικόνα 5-11: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2010



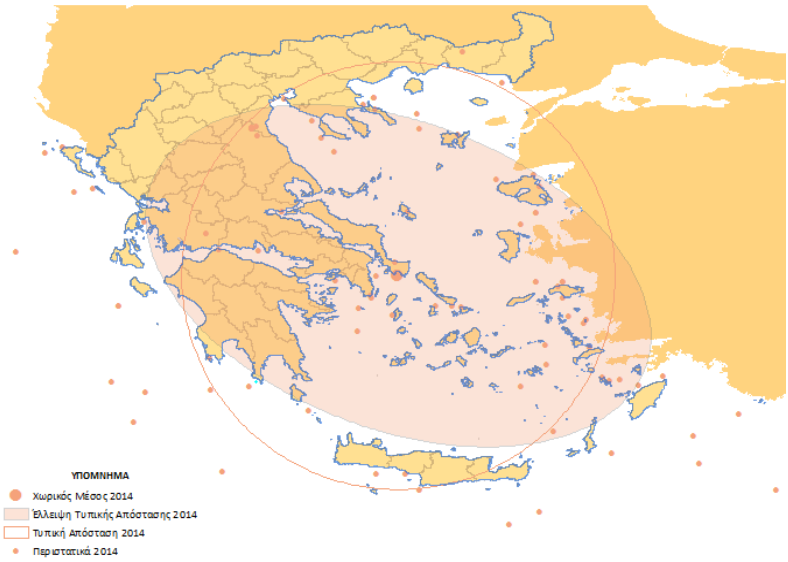
Εικόνα 5-12: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2011



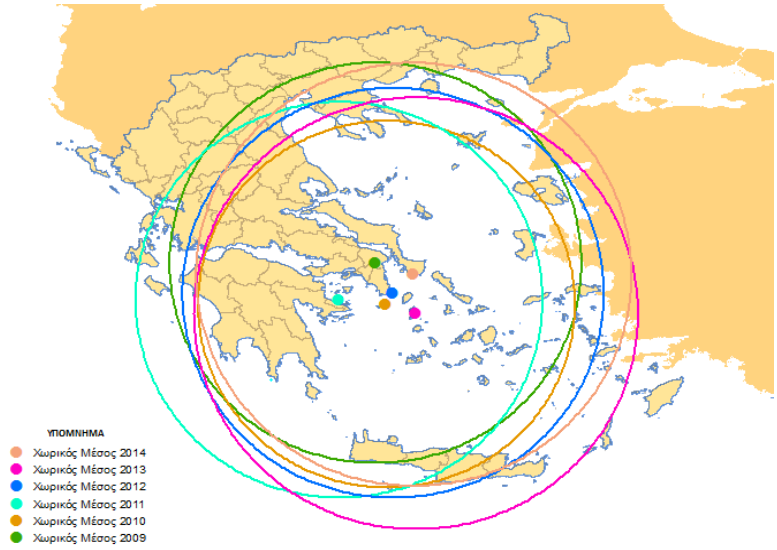
Εικόνα 5-13: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2012



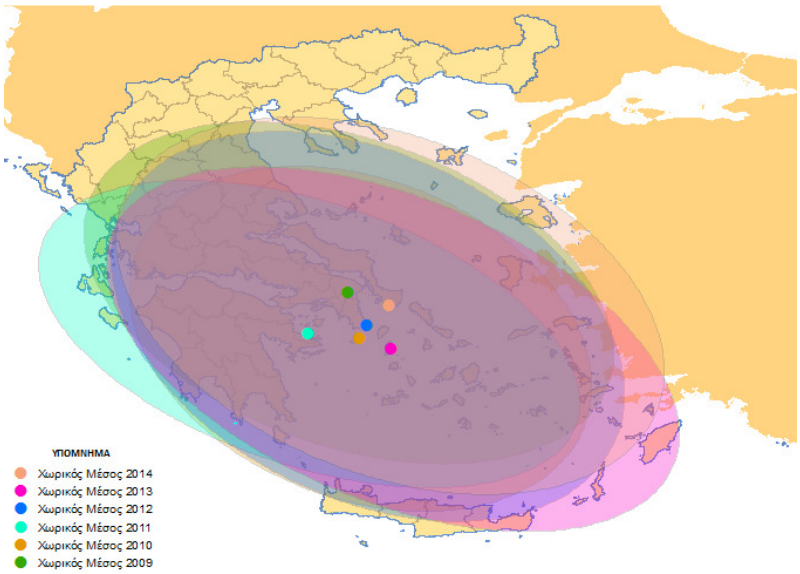
Εικόνα 5-14: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2013



Εικόνα 5-15: Γεωστατιστικοί Δείκτες έτους 2014



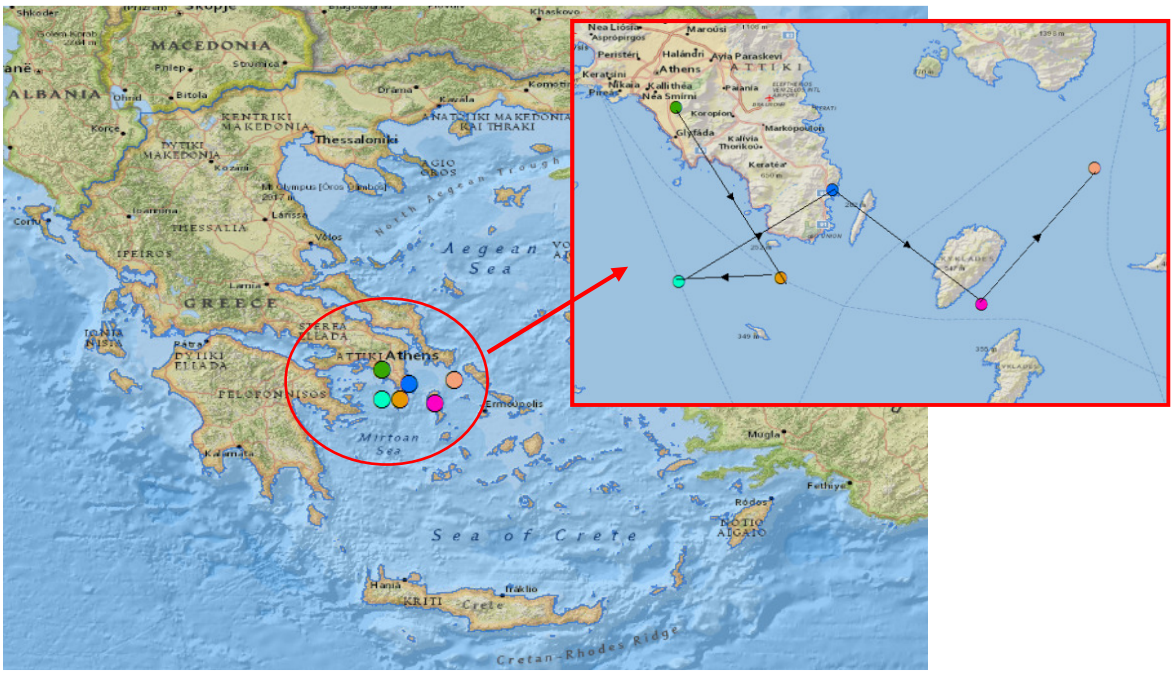
Εικόνα 5-16: Χωρικός Μέσος και Τυπική Απόσταση 2009-2014



Εικόνα 5-17: Χωρικός Μέσος και Έλλειψη Τυπικής Απόστασης περιόδου 2009-2014

Ο χωρικός μέσος αντιπροσωπεύει πάνω στο χάρτη τη θέση που έχει την ιδιότητα να προβάλλει τη κατανομή συγκεντρωμένη, δηλαδή να δείχνει που είναι το κέντρο βάρος της. Ο υπολογισμός του δείκτη αυτού έγινε για κάθε έτος αναφοράς, προκειμένου να αποκτήσουμε μια εικόνα της διαχρονικής πορείας των περιστατικών Ε-Δ.
Ο χωρικός μέσος των περιστατικών Ε-Δ στην Ελλάδα, εντοπίζεται σε όλα τα έτη αναφοράς γύρω από την περιοχή του Ν. Αττικής. Από το 2009 φαίνεται να παρατηρείται μια μικρή τάση μετακίνησης των συμβάντων από νότιο ανατολικά προς βόρειο ανατολικά. Η μεταβολή αυτή είναι λίγο διαφορετική κατά τα έτη 2010 και 2011.

Στη συνέχεια θα υπολογιστεί ο χωρικά σταθμισμένος μέσος των σημείων εκδήλωσης περιστατικών Ε-Δ, ανά έτος της περιόδου μελέτης, λαμβάνοντας ως βάρος κάθε φορά το μήνα όπου έλαβε χώρα το συμβάν. Με αυτό τον τρόπο οι διαφορετικές θέσεις που καταλαμβάνει κάθε φορά ο σταθμισμένος χωρικός μέσος οφείλονται στο μέσο όρο των βαρών. Δίνεται επίσης η δυνατότητα να μελετηθούν χωρικά οι περιοχές, σε τοπική κλίμακα, όπου παρουσίασαν τα περισσότερα περιστατικά, λαμβάνοντας υπόψη την εποχή που συνέβησαν. Δεδομένου ότι τα περισσότερα περιστατικά συνολικά, εκδηλώνονται κατά τους θερινούς μήνες (Διάγραμμα 5-6), χωρίζονται αρχικά τα συμβάντα ανά έτος, σε ομάδες εποχών (Μάρτιος-Αύγουστος και Σεπτέμβριος-Φεβρουάριος). Αυτή η ανάλυση μπορεί να βοηθήσει στην υιοθέτηση συγκεκριμένων ενεργειών πρόληψης και επέμβασης (περιπολίες, αύξηση της ετοιμότητας των αεροπορικών μέσων στις βάσεις πλησίον των περιστατικών) σε περιστατικά σε συγκεκριμένες περιοχές και εποχές του χρόνου (θερινούς μήνες).
Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στη συνέχεια:



Εικόνα 5-18: Μεταβολή σταθμισμένου χωρικού μέσου με βάρος την εποχή του χρόνου, κατά τη περίοδο 2009 2014.

Ο σταθμισμένος χωρικός μέσος των περιστατικών Ε-Δ στην Ελλάδα με βάρος την εποχή του συμβάντος, εντοπίζεται σε όλα τα έτη αναφοράς πάλι γύρω από την περιοχή του Ν. Αττικής. Από το 2009 φαίνεται να παρατηρείται μια μικρή τάση μετακίνησης των συμβάντων προς τα νότιο δυτικά, μετά προς νότιο ανατολικά και τέλος (το 2014) προς βόρειο ανατολικά. Σε όλα τα έτη μελέτης, το Α/Δ της Ελευσίνας είναι πλησιέστερο προς τα κέντρα βάρη των περιστατικών αναφορικά με την εποχή εκδήλωσής τους.

Η τυπική απόσταση δείχνει το βαθμό συγκέντρωσης ή τη διασπορά των σημείων γύρω από τον χωρικό μέσο. Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η τυπική απόσταση, τόσο μεγαλύτερη είναι η διασπορά των περιστατικών. Ο παρακάτω πίνακας 5-3 δείχνει τις τυπικές αποστάσεις για κάθε έτος.

ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
2009	2,915	
2010	2,668	
2011	2,880	
2012	2,983	
2013	**3,143**	
2014	3,080	

Πίνακας 5-3:Τυπικές αποστάσεις κατά τη περίοδο 2009-2014.

Όλες οι τυπικές αποστάσεις φαίνεται να καλύπτουν όλο σχεδόν τον ελληνικό θαλάσσιο χώρο αφήνοντας ένα μικρό ποσοστό ακάλυπτο στη περιοχή του Ιονίου Πελάγους (εκεί όπου έχουμε λιγότερα περιστατικά). Εξάλλου, τα ναυτικά συμβάντα καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό του συνόλου των κατηγοριών Ε-Δ. **Η διασπορά των σημείων είναι μεγαλύτερη το έτος 2013, παρόλο όμως που τη περίοδο εκείνη έχουμε τα λιγότερα περιστατικά (73) από όλα τα έτη διαχρονικά**. Το αντίθετο συμβαίνει το 2010, όπου έχουμε τα περισσότερα περιστατικά (128), με τη μικρότερη όμως διασπορά από το χωρικό μέσο.

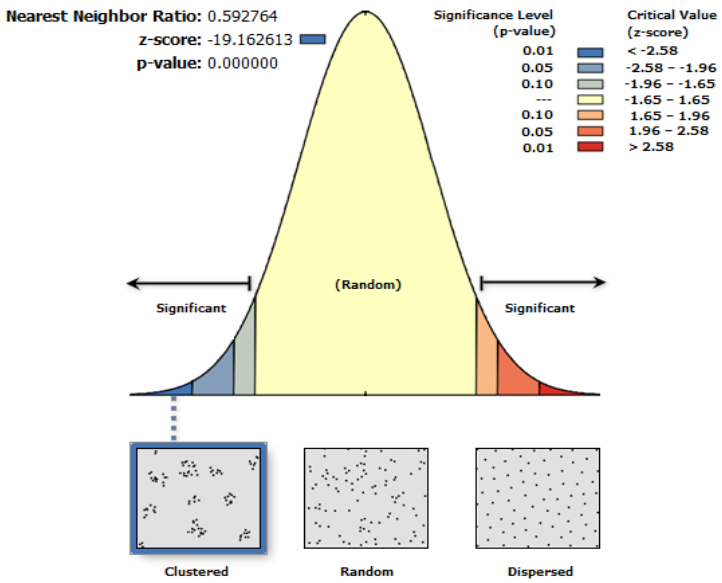
Η έλλειψη τώρα της τυπικής απόστασης δίνει τη διασπορά σε δυο διαστάσεις. Στην ουσία, ανιχνεύει χωρικές τάσεις (τη κατεύθυνση) στη κατανομή των δεδομένων. Οι ελλείψεις τυπικής απόστασης, όπως απεικονίζονται στην εικόνα 5-17, κ**ινούνται σχεδόν παράλληλα (ομοιόμορφη περιστροφή) και δείχνουν σαφή κατεύθυνση των περιστατικών σε όλα τα έτη, προς τα νοτιοανατολικά και βορειοδυτικά της περιοχής μελέτης.** Η περιστροφή της έλλειψης είναι μεγαλύτερη το 2012 και μικρότερη το 2011. Οι ελλείψεις των ετών 2011 και 2013, οι οποίες κατευθύνονται προς τα άκρα της χώρας, Ιόνιο και τη Ρόδο αντίστοιχα, είναι χαρακτηριστικές και είναι αυτές οι οποίες στην ουσία δημιουργούν την κατεύθυνση των περιστατικών προς τα νοτιοανατολικά και βορειοδυτικά της περιοχής μελέτης.

5.6.2. Ανάλυση απόστασης από εγγύτερο γείτονα

Όπως προαναφέρθηκε, η πλέον ενδεδειγμένη τεχνική ανάλυσης ενός χωροθετικού προτύπου είναι η ανάλυση απόστασης από εγγύτερο γείτονα. Σύμφωνα με αυτήν υπολογίζονται οι αποστάσεις κάθε σημείου από το πλησιέστερο του και συγκρίνονται με τις αντίστοιχες αναμενόμενες και πιο συγκεκριμένα τον μέσο όρο των αναμενόμενων αποστάσεων για ένα χωρικό πρότυπο το οποίο θα έχει προκύψει από τυχαία χωρική διαδικασία.

Όλη η διαδικασία θα λάβει χώρα σε περιβάλλον ArcGIS 10.3, χρησιμοποιώντας την εργαλειοθήκη ΄΄Spatial Statistics→ Analyzing Patterns→Average Nearest Neighbor΄΄. Όταν η τιμή του δείκτη (NNratio) είναι 1, τότε το πρότυπο είναι τυχαίο. Όταν NN>1 το πρότυπο τείνει προς ομοιόμορφο, ενώ τιμές του NN μικρότερες της μονάδας δείχνουν κατανομές που τείνουν προς το ομαδοποιημένο πρότυπο. Το εύρος τιμών του δείκτη είναι από 0 μέχρι 2,149, με τη τιμή 0 να δείχνει την ακραία περίπτωση του ομαδοποιημένου προτύπου (Κουτσόπουλος, 2005).

Στην εργασία αυτή, η υφιστάμενη κατανομή των περιστατικών Ε-Δ κατά τα έτη 2009-2014 με τιμή δείκτη (NNratio) = 0,592764 **τείνει να ακολουθεί ομαδοποιημένο χωρικό πρότυπο**.



Εικόνα 5-19:Χωρικό πρότυπο της κατανομής των περιστατικών Ε-Δ, κατά τα έτη 2009-2014.

5.6.3. Συνάρτηση K (Μειωμένες μετρήσεις της δεύτερης ροπής)

Υπολογίζοντας στη συνέχεια σε περιβάλλον ArcGIS 10.3, και μέσα από την εργαλειοθήκη ΄΄Spatial Statistics→ Analyzing Patterns→Multi Distance Spatial Cluster Analysis (Ripleys K Function)΄΄, τη συνάρτηση K, παίρνουμε το παρακάτω πίνακα 5-4:

OBJECTID *	ExpectedK	ObservedK	DiffK
1	31976.822635	51838.43025	19861.607614
2	63953.645271	93367.65067	29414.005399
3	95930.467906	131758.141687	35827.673781
4	127907.290542	166293.493248	38386.202706
5	159884.113177	199162.491821	39278.378644
6	191860.935813	231534.025743	39673.089931
7	223837.758448	262847.289445	39009.530997
8	255814.581084	293958.31546	38143.734377
9	287791.403719	326040.890843	38249.487124
10	319768.226354	357750.353845	37982.12749

Πίνακας 5-4: Αποτελέσματα Συνάρτησης K στο ArcMap.

,όπου φαίνεται ότι η παρατηρούμενη τιμή K(h) είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη (πh^2) και συνεπώς η υφιστάμενη κατανομή των περιστατικών Ε-Δ κατά τα έτη 2009-2014, **τείνει να ακολουθεί ομαδοποιημένο χωρικό πρότυπο**.

Συμπερασματικά, η συνάρτηση K ως μέθοδος απεικόνισης και διερεύνησης χωρικών σημειακών κατανομών διαθέτει δύο βασικά πλεονεκτήματα. Πρώτον, παρουσιάζει πληροφορίες σε διαφορετικές κλίμακες των χωρικών προτύπων, αφού περιλαμβάνει όλα τα σημεία και όλες τις αποστάσεις από τα σημεία, και όχι μόνο την απόσταση από το πλησιέστερο. Δεύτερον, η θεωρητική μορφή της K(h) είναι γνωστή για τις διάφορες χωρικές διαδικασίες και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όχι μόνο για τη διερεύνηση της χωρικής εξάρτησης των σημείων σε μια περιοχή μελέτης, αλλά και για να καθορίσει συγκεκριμένα μοντέλα που την εκφράζουν, καθώς και για να εκτιμηθούν οι παράμετροί τους (Bailey and Gatrell, 1995).

5.6.4. Βαθμός εξυπηρέτησης χωρικού προτύπου των Α/Δ σε σχέση με την απόσταση

Στη συνέχεια της εργασίας, υπολογίζεται το ποσοστό των περιστατικών ανά έτος μελέτης, τα οποία γειτνιάζουν στο κοντινότερο Α/Δ (αναμενόμενο), και συνεπώς θα έπρεπε να είχαν εξυπηρετηθεί από αυτό. Με αυτό τον τρόπο θα συγκριθεί έπειτα το αποτέλεσμα αυτό με τον αριθμό των πραγματικών περιστατικών που κάλυψε κάθε Α/Δ (παρατηρούμενο), με βάση τα έντυπα συμβάντος που ψηφιοποιήθηκαν. Όλη η διαδικασία θα λάβει χώρα σε περιβάλλον ArcGIS 10.3, χρησιμοποιώντας την εργαλειοθήκη ''Spatial Statistics→Analysis Tools→Proximity→Near''. Μέσω επίσης της εντολής ''Summarize '' υπολογίστηκε το ποσοστό και ο αριθμός των περιστατικών από το κοντινότερο Α/Δ, η μέση απόσταση, καθώς και το άθροισμα των αποστάσεων.

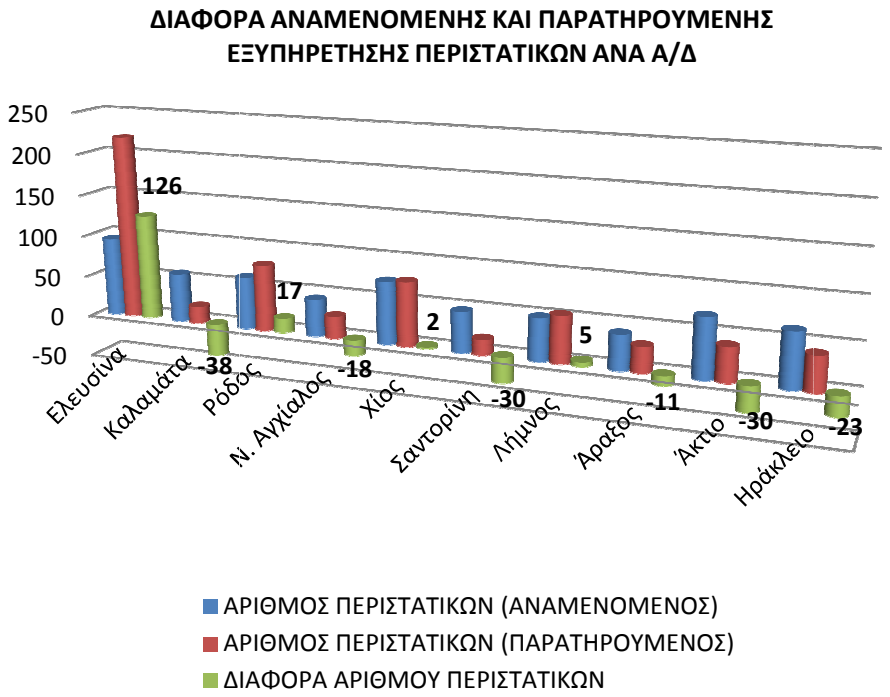
Από τους πίνακες 5-5 και 5-6, διαπιστώνεται ότι το Α/Δ της Ελευσίνας παρουσιάζει τη μεγαλύτερη απόκλιση (126 ή 20% περισσότερα περιστατικά) μεταξύ του αριθμού των περιστατικών τα οποία έχει εξυπηρετήσει και αυτών που κανονικά θα έπρεπε, λαμβάνοντας μόνο υπόψη την ελάχιστη απόσταση μεταξύ της θέσης του περιστατικού και του κοντινότερου αυτού Α/Δ. **Αντίθετα, τη μικρότερη απόκλιση παρουσιάζουν τα Α/Δ της Χίου και της Λήμνου (1%),** το οποίο σημαίνει σε πρώτη ανάλυση, ότι η εξυπηρέτηση των περιστατικών Ε-Δ από αυτά κρίνεται οικονομική και ορθή από άποψης μόνο εγγύτητας.

Α/Δ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ (ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟΣ)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ (ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΟΣ)	ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΕ ΑΡΙΘΜΟ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ
Ελευσίνα	94	220	**+126**
Καλαμάτα	58	20	**-38**
Ρόδος	62	79	**+17**
Ν. Αγχίαλος	44	26	**-18**
Χίος	74	76	**+2**
Σαντορίνη	48	18	**-30**
Λήμνος	50	55	**+5**
Άραξος	41	30	**-11**
Άκτιο	70	40	**-30**
Ηράκλειο	64	41	**-23**

Πίνακας 5-5: Διαφορά (αριθμός) παρατηρούμενης και αναμενόμενης εξυπηρέτησης περιστατικών Ε-Δ ανά Α/Δ, κατά τη περίοδο 2009-2014.

Α/Δ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ (ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ (ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΟ)	ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΕ ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ
Ελευσίνα	16%	36%	**+20%**
Καλαμάτα	10%	3%	**-7%**
Ρόδος	10%	13%	**+3%**
Ν. Αγχίαλος	7%	4%	**-3%**
Χίος	12%	13%	**+1%**
Σαντορίνη	8%	3%	**-5%**
Λήμνος	8%	9%	**+1%**
Άραξος	7%	5%	**-2%**
Άκτιο	12%	7%	**-5%**
Ηράκλειο	11%	7%	**-4%**

Πίνακας 5-6: Διαφορά (ποσοστό) παρατηρούμενης και αναμενόμενης εξυπηρέτησης περιστατικών Ε-Δ ανά Α/Δ, κατά τη περίοδο 2009-2014.



Διάγραμμα 5-10: Διάγραμμα παρατηρούμενης και αναμενόμενης εξυπηρέτησης περιστατικών Ε-Δ ανά Α/Δ κατά τη περίοδο 2009-2014.

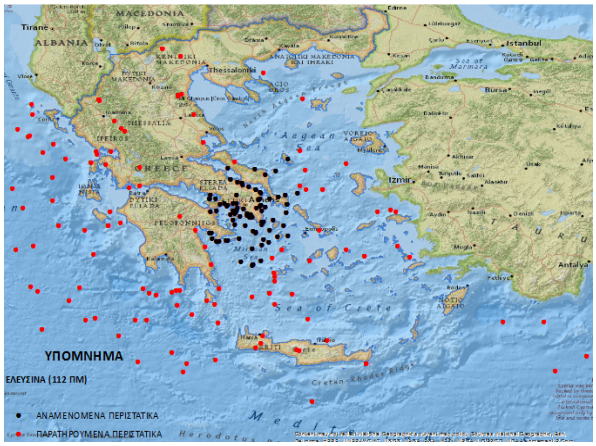
Στον παρακάτω πίνακα 5-7 φαίνεται αναλυτικά η διαφορά αυτή της παρατηρούμενης και θεωρητικά αναμενόμενης εξυπηρέτησης περιστατικών Ε-Δ, καθώς και το Α/Δ το οποίο τελικά ανέλαβε ή θα έπρεπε να αναλάβει το αντίστοιχο συμβάν (ανάλογα με το αν ο αριθμός των παρατηρούμενων περιστατικών είναι μικρότερος ή όχι από τον αριθμό των αναμενόμενων).

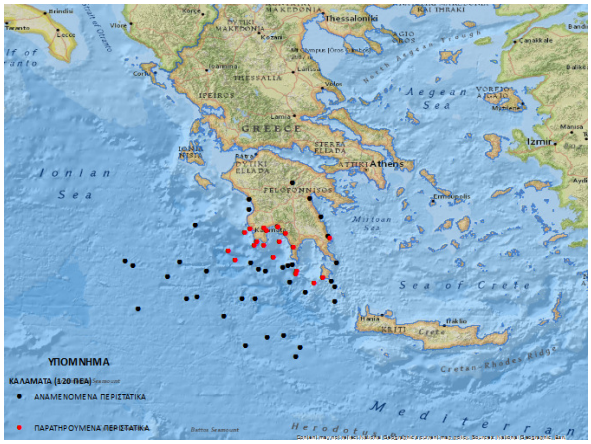
Α/Δ	**Ελευσίνα**	**Καλαμάτα**	**Ρόδος**	**Αγχίαλος**	**Χίος**	**Σαντορίνη**	**Λήμνος**	**Άραξος**	**Άκτιο**	**Ηράκλειο**
Ελευσίνα	94	32	5	13	8	15	3	13	26	11
Καλαμάτα	32	20	2		1			2		1
Ρόδος			62			8				9
Αγχίαλος	11			26			7			
Χίος		1			74				1	
Σαντορίνη	15		6		9	18				
Λήμνος				4			50		1	
Άραξος	9	2						30		
Άκτιο	26			1	2		1		40	
Ηράκλειο	11		11		1					41

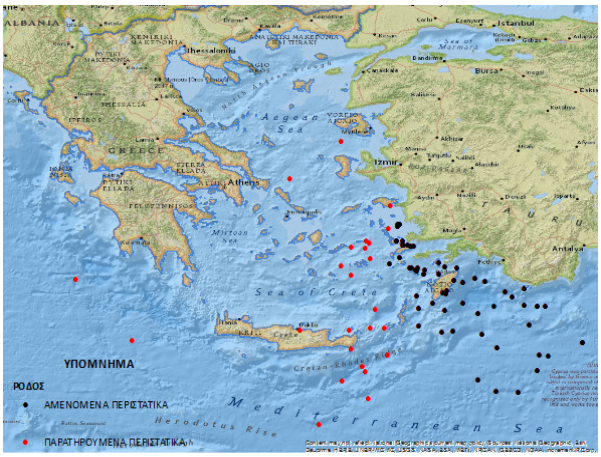
Πίνακας 5-7: Αριθμός περιστατικών Ε-Δ που ανέλαβε κάθε Α/Δ, κατά τη περίοδο 2009-2014.

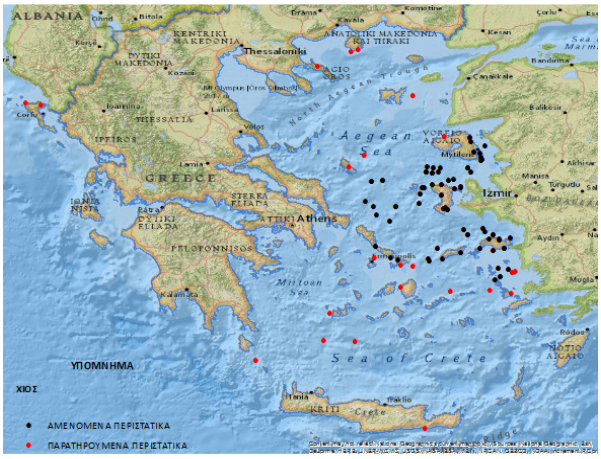
Από τον παραπάνω πίνακα 5-7, **διαπιστώνεται πάλι ότι το Α/Δ της Ελευσίνας συνολικά όχι μόνο έχει εξυπηρετήσει περισσότερα περιστατικά από ότι θεωρητικά θα έπρεπε, με βάση την εγγύτητα, αλλά και ακόμα ότι συγκριτικά με τα άλλα Α/Δ ανέλαβε το μεγαλύτερο μέρος των συμβάντων τους**.

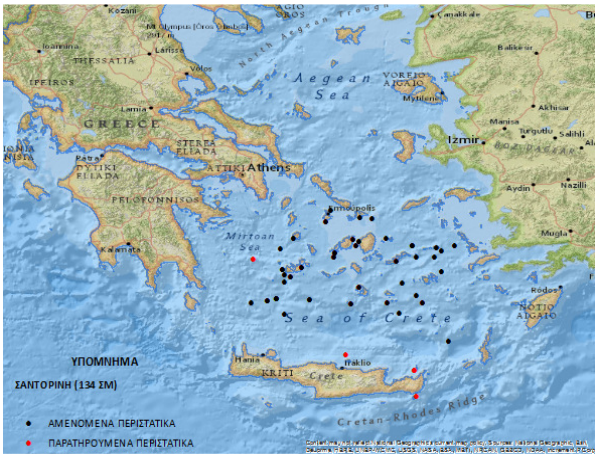
Στους παρακάτω χάρτες (Εικόνα 5-20) ενδεικτικά απεικονίζεται αυτή η διαφορά παρατηρούμενης και αναμενόμενης εξυπηρέτησης περιστατικών Ε-Δ ανά Α/Δ, κατά τη περίοδο 2009-2014.

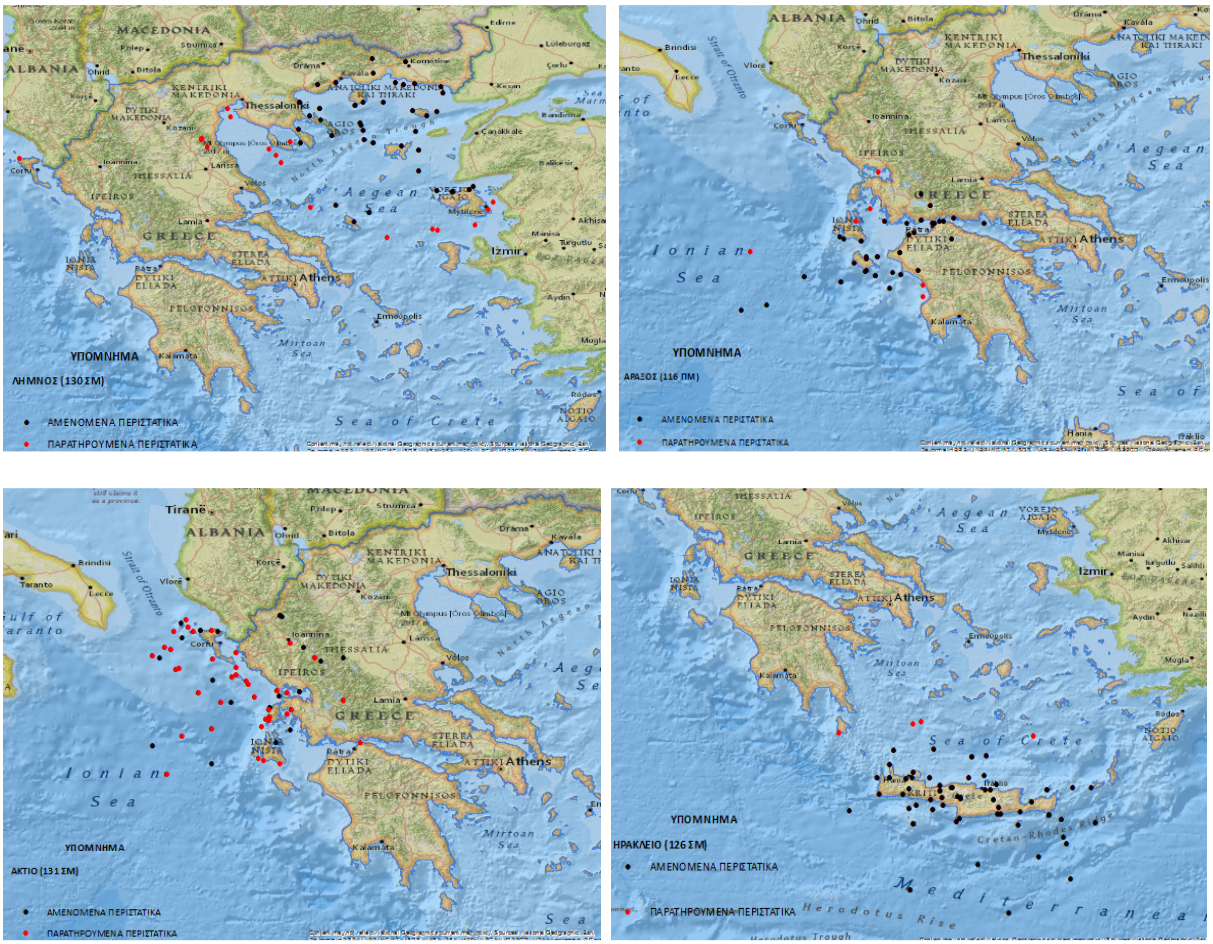












Εικόνα 5-20: Χάρτες απεικόνισης παρατηρούμενης και αναμενόμενης εξυπηρέτησης περιστατικών Ε-Δ, ανά Α/Δ κατά τη περίοδο 2009-2014.

Μέσω των παραπάνω αποτελεσμάτων τα οποία εξήχθησαν με τις παραπάνω ενέργειες και διαδικασίες, μπορεί να αντληθεί μια γενική, σε πρώτη φάση, εικόνα της αποτελεσματικότητας του υφιστάμενου στόλου των ελικοπτέρων του ΕΚΣΕΔ/ΑΤ, όσον αφορά τη έγκαιρη αντιμετώπιση των περιστατικών που εκδηλώθηκαν κατά τη περίοδο μελέτης.

5.6.5. Υπολογισμός κόστους χρήσης αεροπορικών μέσων Ε-Δ

Προκειμένου τώρα να εκτιμήσουμε το κόστος έρευνας και διάσωσης, μεταξύ των αναμενόμενων (θεωρητικών) περιστατικών τα οποία έπρεπε να εξυπηρετήσει το κοντινότερο Α/Δ και αυτών που τελικά εξυπηρέτησε το κάθε Α/Δ της μελέτης, υπολογίστηκαν αρχικά όλες οι αποστάσεις κάθε περιστατικού από τα πλησιέστερα Α/Δ και με βάση το κόστος ανά ώρα πτήσης και ανά km (πίνακας 5-2) του κάθε ελικοπτέρου το οποίο επιχειρεί από το εκάστοτε Α/Δ, εξήχθη το συνολικό, αναμενόμενο κόστος εξυπηρέτησης.
Μέσω της εντολής ΄΄Proximity→Near΄΄ και ΄΄Summarize΄΄ στο σημειακό επίπεδο όλων των συμβάντων, σε σχέση με το επίπεδο των βάσεων-ελικοδρομίων υπολογίστηκε η μέση πλησιέστερη απόσταση, η τυπική απόκλιση της απόστασης, καθώς και το άθροισμα των κοντινότερων αποστάσεων, από τα 10 Α/Δ της εργασίας. Με βάση την άνωθεν επεξεργασία (εγγύτερος γείτονας) υπολογίζεται μια συνολική απόσταση (από και προς το συμβάν) κάλυψης των ελικοπτέρων που αγγίζει τα 107.237,042 km και ένα θεωρητικό κόστος χρήσης των μέσων SAR της τάξης των 1.524.341,43 €.

Α/Δ	ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ σε μ. (ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ)	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ σε μ. (ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟ)	ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ Ε/Π σε ευρώ (ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟ)
Ελευσίνα	61068,4595	5740435,19318	138.918,53
Καλαμάτα	115978,6575	6726762,13517	212.431,15
Ρόδος	111773,714	6929970,26656	167.705,28
Ν. Αγχίαλος	105270,4496	4631899,78367	146.275,40
Χίος	75814,8198	5610296,66553	135.769,18
Σαντορίνη	93711,331	4498143,88717	142.051,38
Λήμνος	92194,7906	4609739,52853	111.555,70
Άραξος	68807,6989	2821115,65683	89.090,83
Άκτιο	89918,7044	6294309,30823	198.774,29
Ηράκλειο	89935,1339	5755848,56671	181.769,70
ΣΥΝΟΛΟ		**107.237,042 km**	**1.524.341,43 €**

Πίνακας 5-8: Αναμενόμενες (θεωρητικές) αποστάσεις και κόστος χρήσης ανά Α/Δ, 2009-2014.

Με την ίδια ακριβώς διαδικασία και τις εντολές ΄΄Proximity→Point Distance΄΄ και ΄΄Summarize΄΄ υπολογίζουμε τις πραγματικές αποστάσεις οι οποίες καλύφθηκαν μεταξύ περιστατικών και των Α/Δ από όπου τελικά εξυπηρετήθηκαν, μαζί με το αντίστοιχο παρατηρούμενο-τελικό κόστος χρήσης σε ευρώ. Το αποτέλεσμα φαίνεται στο παρακάτω πίνακα 5-9.

Α/Δ	ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ σε μ. (ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΗ)	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ σε μ. (ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΟ)	ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ Ε/Π σε ευρώ (ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΟ)
Ελευσίνα	217233,66	47791395,321	1.156.551,77
Καλαμάτα	65383,218	1307665,137	41.296,07
Ρόδος	171651,066	13560435,435	328.162,54
Ν. Αγχίαλος	122542,779	3186113,586	100.617,47
Χίος	133628,349	10155755,745	245.769,29
Σαντορίνη	99513,831	1791249,624	56.567,66
Λήμνος	149736,003	8235477,834	199.298,56
Άραξος	71825,103	2154752,091	68.047,07
Άκτιο	101454,999	4058198,961	128.157,92
Ηράκλειο	101979,585	4181162,319	132.041,11
ΣΥΝΟΛΟ		**192.844,4121 km**	**2.456.509,45 €**

Πίνακας 5-9: Παρατηρούμενες αποστάσεις και αντίστοιχο κόστος χρήσης ανά Α/Δ, 2009-2014.

Με βάση την άνωθεν επεξεργασία (το Α/Δ που τελικά εξυπηρέτησε το συμβάν) υπολογίζεται μια συνολική απόσταση (από και προς το σημείο) κάλυψης των ελικοπτέρων η οποία αγγίζει τα 192.844,4121 km και ένα τελικό κόστος χρήσης των μέσων SAR της τάξης των 2.456.509,45€.

Τονίζεται, ότι στη παραπάνω ανάλυση των θεωρητικών αποστάσεων δεν υπολογίστηκε το κόστος του αεροπλάνου C-130, το οποίο επιχειρεί από το Α/Δ της Ελευσίνας, δεδομένου ότι δεν μπορεί να είναι εκ των προτέρων γνωστό πότε θα χρειαστεί να επέμβει αυτό το μέσο. Αν συμπεριληφθεί στον υπολογισμό των παρατηρούμενων αποστάσεων, όπου κατά τα έτη 2009-2014 επενέβη σε 21 περιστατικά Ε-Δ, τότε θα έχουμε μια μείωση στο τελικό κόστος χρήσης των μέσων SAR της τάξης των 4.873,14 € μόνο.

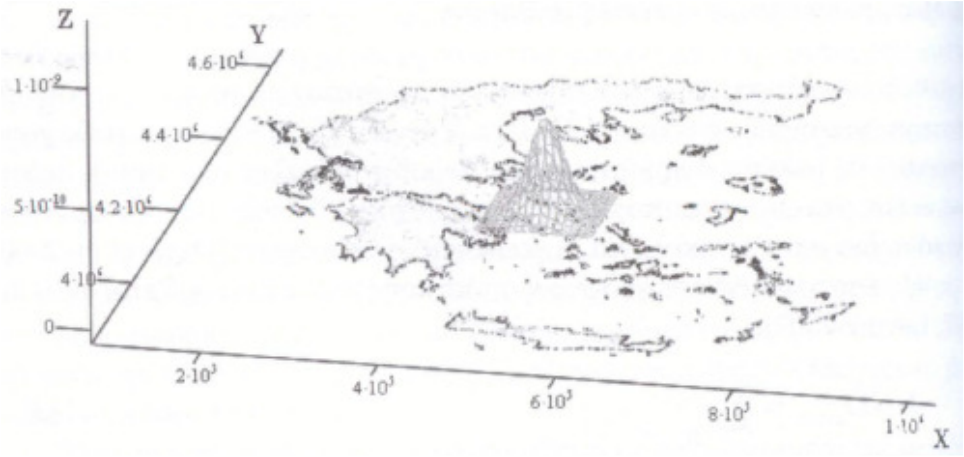
Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι το κόστος χρήσης των ελικοπτέρων κατά τα έτη 2009-2014 με βάση τα περιστατικά τα οποία στη πράξη εξυπηρέτησαν, είναι κατά 932.168,02 € μεγαλύτερο από αυτό το οποίο θεωρητικά θα προέκυπτε στη περίπτωση

που τα συμβάντα εξυπηρετούνταν αποκλειστικά και μόνο από τα ελικόπτερα τα οποία εδρεύουν στα πλησιέστερα των περιστατικών Α/Δ. Ιδίως τα Α/Δ της Ελευσίνας, της Λήμνου, της Ρόδου και της Χίου, παρουσιάζουν το μεγαλύτερο κόστος χρήσης, δεδομένου ότι σε αυτά παρατηρούνται οι πιο ακραίες αποστάσεις μεταξύ αυτών και των σημείων των συμβάντων.
Ο λόγος για τον οποίο αυτό συνέβη πιθανώς να οφείλεται, στη διαθεσιμότητα των μέσων, από άποψη συντήρησης ή βλάβης ή εμπλοκής τους σε άλλο περιστατικό τη δεδομένη χρονική στιγμή, καθώς και στη περίπτωση εξυπηρέτησης ενός συμβάντος από πολλά πτητικά ταυτόχρονα ή κατά διαστήματα, λόγω κυρίως της σοβαρότητας της κατάστασης ή της αρνητικής εξέλιξης της πορείας του συμβάντος.

Διάγραμμα 5-11: Κόστος χρήσης των αεροπορικών μέσων, ανά Α/Δ, κατά τη περίοδο 2009-2014

5.6.6. Μέθοδος εκτίμησης πυκνότητας (Kernel Density Estimator)

Στη παρούσα εργασία η μέθοδος πυρήνα που εφαρμόστηκε είναι η σταθερή αμετάβλητη προσέγγιση, όπου το εύρος ζώνης παραμένει σταθερό, σε αντίθεση με τη πολλαπλή προσαρμοσμένη προσέγγιση όπου η παράμετρος εξομάλυνσης μεταβάλλεται ανάλογα με την ένταση των σημειακών παρατηρήσεων. Αυτό έγινε για την αποφυγή διαφορετικής μεταχείρισης περιοχών με διαφορετικό βαθμό πυκνότητας στα περιστατικά Ε-Δ. Ο προσδιορισμός του εύρους ζώνης βασίστηκε στη μέση πλησιέστερη γειτονικά απόσταση των σημείων της περιοχή μελέτης. Δεδομένου ότι το χωρικό πρότυπο της εκδήλωσης συμβάντων Ε-Δ αναφέρεται σε εθνικό επίπεδο, είναι επιθυμητός ένας σχετικός βαθμός ομαλοποίησης των εκτιμήσεων, ο οποίος επιτυγχάνεται με μεγαλύτερες τιμές της παραμέτρου εξομάλυνσης. Έτσι δημιουργούνται πιο γενικευμένες ζώνες επικινδυνότητας. Η παρακάτω εικόνα 5-21 δείχνει γενικά την εφαρμογή της υπόψη μεθόδου, όπου τοποθετείται μια κανονική συνάρτηση έντασης πιθανοτήτων σε κάθε σημείο το οποίο αντιστοιχεί σε θέση εκδήλωσης περιστατικού SAR. Στη συνέχεια υπολογίζεται η πυκνότητα σε κάθε σημείο ενός υπερτιθέμενου κανονικού κανάβου συγκεκριμένης χωρικής διακριτικής ικανότητας.

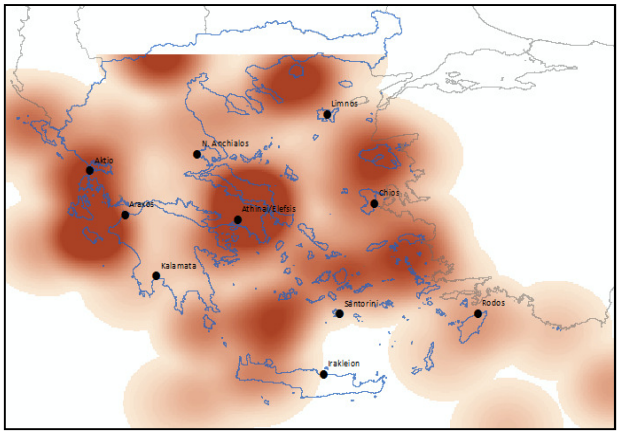


Εικόνα 5-21: Εφαρμογή του KDE.

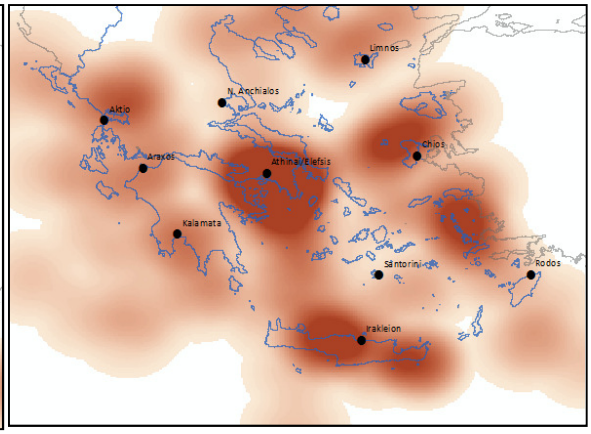
Πηγή: Κούτσιας et al, 2005.

Η εφαρμογή έλαβε χώρα στο λογισμικό ArcMap 10.3, μέσω των διατιθέμενων εργαλείων χωρικής ανάλυσης (Kernel Density). Η εκτίμηση της πυκνότητας των σημείων έγινε για κάθε έτος αναφοράς από το 2009 έως το 2014 και στο τέλος έγινε συνδυασμός και υπέρθεση όλων αυτών των επιπέδων σε ένα, ώστε να δημιουργηθεί ένας συνολικός τελικός χάρτης περιοχών αυξημένης συγκέντρωσης-ζωνών επικινδυνότητας για όλη τη περιοχή μελέτης.

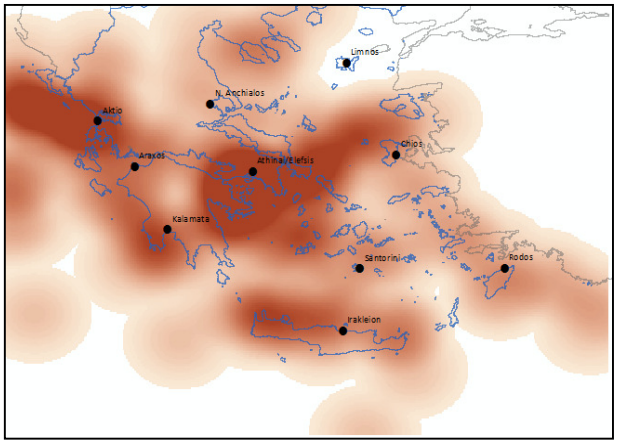
Τα αποτελέσματα απεικονίζονται χαρτογραφικά παρακάτω:



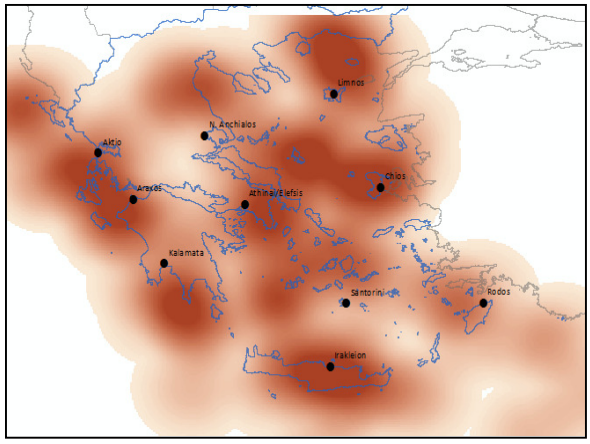
2009



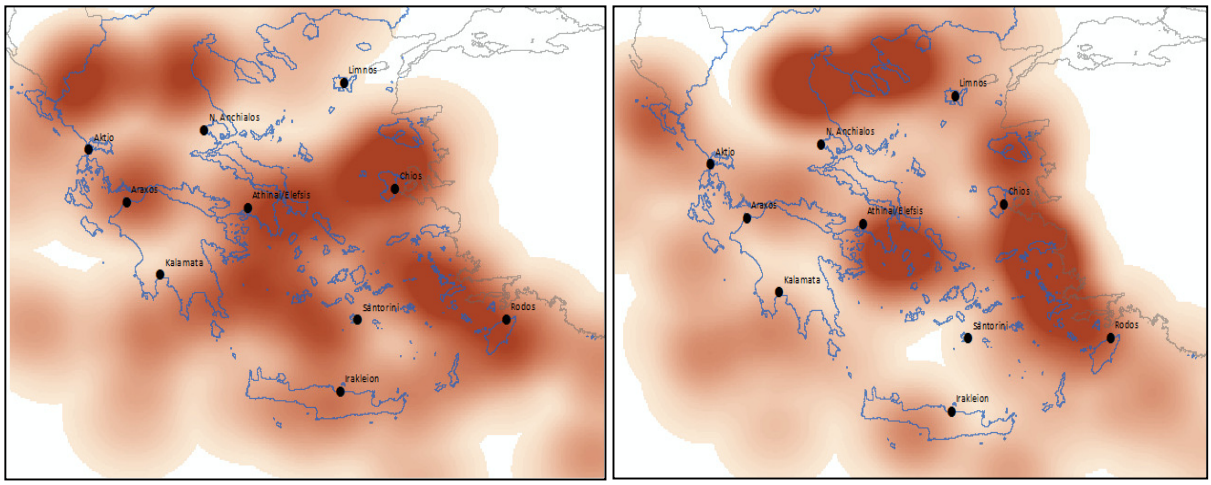
2010



2011



2012



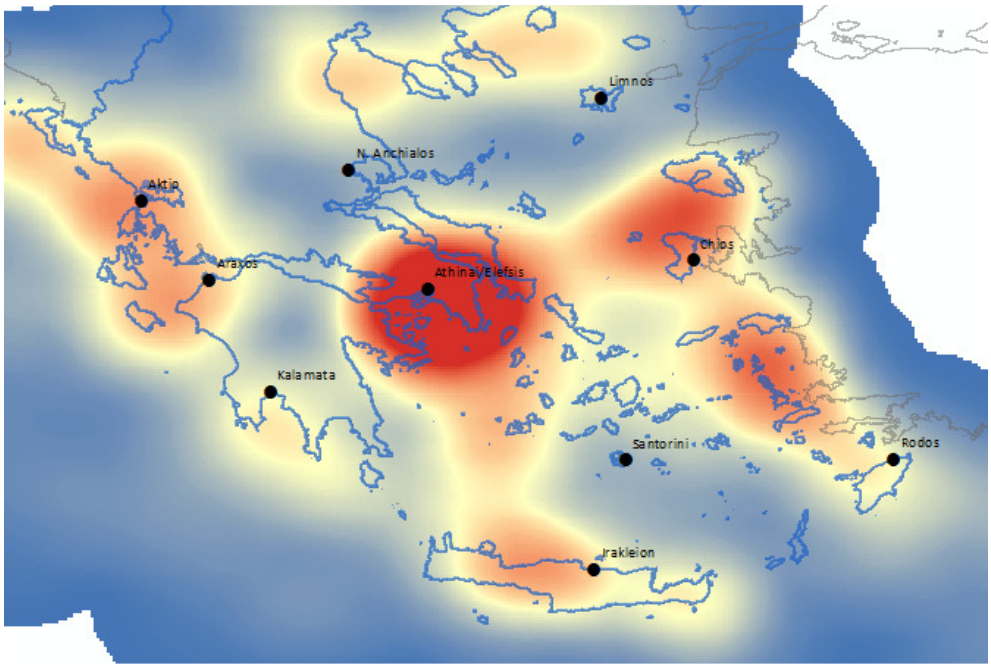
2013 2014

Εικόνα 5-22: Χάρτες απεικόνισης πυκνότητας των περιστ/κών Ε-Δ, ανά έτος 2009-2014.

Παρατηρείται λοιπόν ότι το έτος 2009, εντοπίζονται επτά περιοχές υψηλής πυκνότητας συμβάντων Ε-Δ κυρίως στο κέντρο της χώρας (Αττική και Εύβοια), στα δυτικά ανάμεσα στις βάσεις του Άκτιου και Άραξου, νοτιοανατολικά στις περιοχές της Μυτιλήνης, της Σάμου και των Κυκλάδων, και βόρεια πάνω από τη Λήμνο (βλ. χάρτη του 2009).
Το 2010 παρατηρούνται τέσσερις κύριες ζώνες επικινδυνότητας, με τις περιοχές στη Χίο, τη Μυτιλήνη και τη Σάμο να συνεχίζουν, όπως και το 2009, να συγκεντρώνουν τα περιστατικά προς τα ανατολικά, επικρατεί πάλι μια μεγάλη περιοχή υψηλής πυκνότητας γύρω από την Αττική, ενώ έχουν δημιουργηθεί δύο νέες περιοχές συγκέντρωσης στη Κρήτη.
Το 2011 συνεχίζει να παρατηρείται μια μεγάλη συγκέντρωση στη περιοχή της Αττικής και του Σαρωνικού, ενώ αναπτύσσεται μια εστία συγκέντρωσης στη περιοχή του Ιονίου και συγκεκριμένα στα νότια της Κέρκυρας.
Το 2012 επικρατεί μια συγκεχυμένη κατάσταση, όμοια σχεδόν με αυτή του 2009, καθώς υπάρχει αύξηση των περιστατικών και καλύπτεται όλος ο ελλαδικός χώρος από διάσπαρτες περιοχές υψηλής πυκνότητας.
Το 2013 οι εστίες ελαττώνονται λίγο και παραμένουν, όπως και τα έτη 2009-2010, οι σημαντικότερες στα ανατολικά και στο κέντρο της χώρας.
Τέλος το 2014 παρατηρούνται τέσσερις κύριες ζώνες επικινδυνότητας. Επικρατεί όπως πάντα, μια περιοχή γύρω από την Αττική, μια ζώνη ανατολικά κατά μήκους της Χίου, της Σάμου και της Κω, και μία γύρω από τη Θεσσαλονίκη και τη Χαλκιδική.

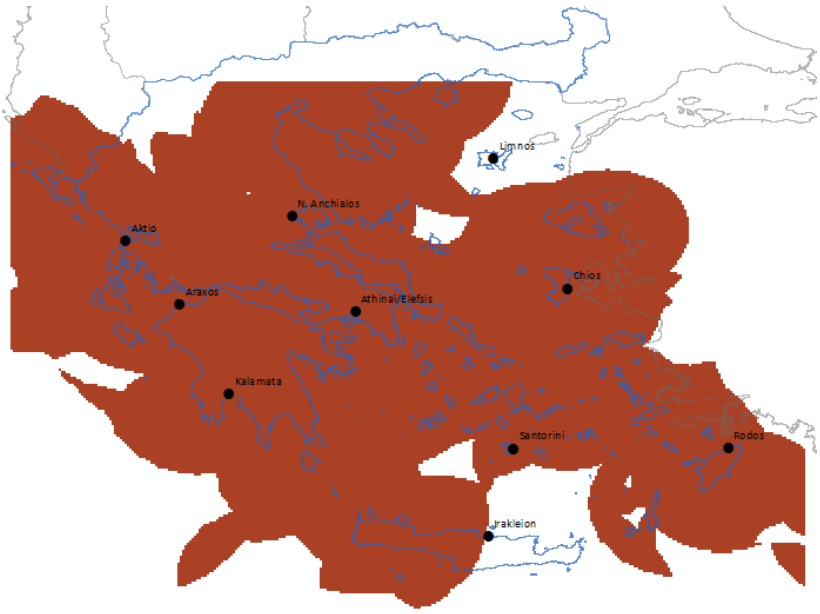
Με την εντολή ΄΄Overlay Sum Raster΄΄ του ArcMap, αθροίστηκαν οι προηγούμενοι χάρτες, με σκοπό να προκύψει ένας ολοκληρωμένος ο οποίος να εμφανίζει τις περιοχές υψηλότερης πυκνότητας συνολικά για όλα τα έτη που μελετώνται.
Έτσι τελικά στη εικόνα 5-23, εντοπίζεται μια περιοχή υψηλής πυκνότητας περιστατικών στο κέντρο, γύρω από την Αττική, και δύο μικρότερες στα ανατολικά, ανάμεσα στα νησιά Χίο, Μυτιλήνη, Κώ και Σάμο. Επιπλέον, εμφανίζονται και άλλες διάσπαρτες εστίες προς τη Κρήτη και το Ιόνιο.

Η χαρτογράφηση των περιοχών έντονης δραστηριότητας είναι πολύ σημαντική δεδομένου ότι οι αποφάσεις για το πώς θα γίνει η κατανομή των αεροπορικών δυνάμεων Ε-Δ βασίζονται εν μέρει και σε δεδομένα, όπως το πού η ανάγκη για πρόληψη και επέμβαση είναι υψηλότερη και πού χαμηλότερη. Το προσωπικό των μέσων Ε-Δ μπορεί να είναι ιδιαίτερα προσεκτικό σε ορισμένες περιοχές, όπου παρουσιάζονται αυξημένες συχνότητες εμφάνισης συμβάντων, ενώ στα πλησιέστερα σε αυτές τις περιοχές Α/Δ ενδέχεται να εφαρμόζονται καταστάσεις και μικρότεροι χρόνοι ετοιμότητας άμεσης επέμβασης.



Εικόνα 5-23: Αθροιστικός χάρτης απεικόνισης πυκνότητας των περιστατικών Ε-Δ, συνολικά για τη περίοδο 2009-2014.

Ο παραπάνω χάρτης δείχνει την κατανομή των περιστατικών Ε-Δ στην Ελλάδα, με βάση τη μέθοδο ταξινόμησης ΄΄standard deviation΄΄. Με τη μέθοδο αυτή, κάθε κατηγορία καθορίζεται από την απόσταση της τυπικής απόκλισης (standard deviation) από τη μέση τιμή. Με τη χρήση αυτής της μεθόδου οι ακραίες τιμές και τα σημεία υψηλής συγκέντρωσης του εν λόγω φαινομένου μπορούν εύκολα να εντοπιστούν.
Τέλος, με την ίδια εντολή (Raster Calculator), προέκυψε ο επόμενος χάρτης (Εικόνα 5-24), στον οποίο απεικονίζονται οι περιοχές σταθερής εμφάνισης περιστατικών Ε-Δ για όλη τη περίοδο μελέτης, δηλαδή αυτές στις οποίες εκδηλώθηκαν συμβάντα και για τα έξι έτη αναφοράς.

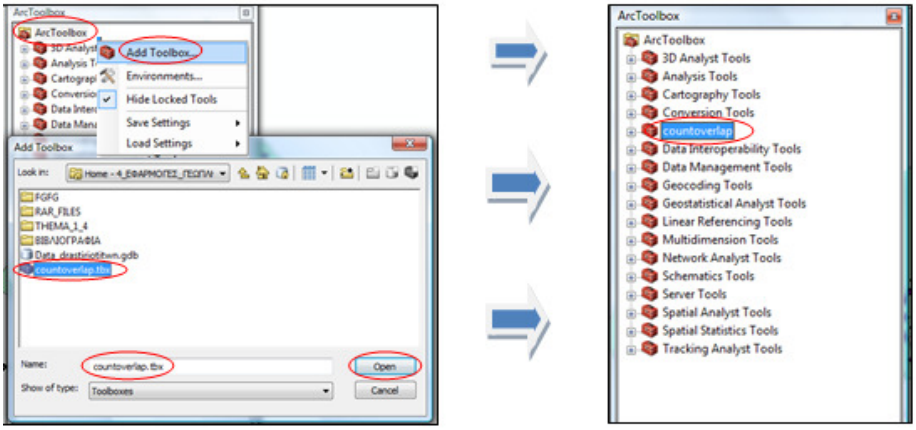


Εικόνα 5-24: Περιοχές σταθερής εμφάνισης περιστατικών Ε-Δ, για τη περίοδο ’09-’14.

Ο χάρτης αυτός δείχνει, ότι σε όλη σχεδόν την επικράτεια εμφανίζονται συμβάντα και στα έξι έτη αναφοράς, χωρίς ωστόσο να δύναται να εξαχθεί κάποιο ειδικότερο συμπέρασμα σχετικά με την δημιουργία σταθερών ζωνών επικινδυνότητας σε κάποιες υπο-περιοχές.
Η αυξημένη εφαρμογή αυτού του είδους της μεθόδου ομαλοποίησης συνεχούς επιφάνειας (Kernel Density) οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι είναι οπτικά ελκυστική. Οι χάρτες συνεχών επιφανειών των σημείων υψηλής συγκέντρωσης περιστατικών Ε-Δ επιτρέπουν την ευκολότερη ερμηνεία του φαινομένου και αντικατοπτρίζουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τη θέση και τη χωρική κατανομή των σημείων αυτών.

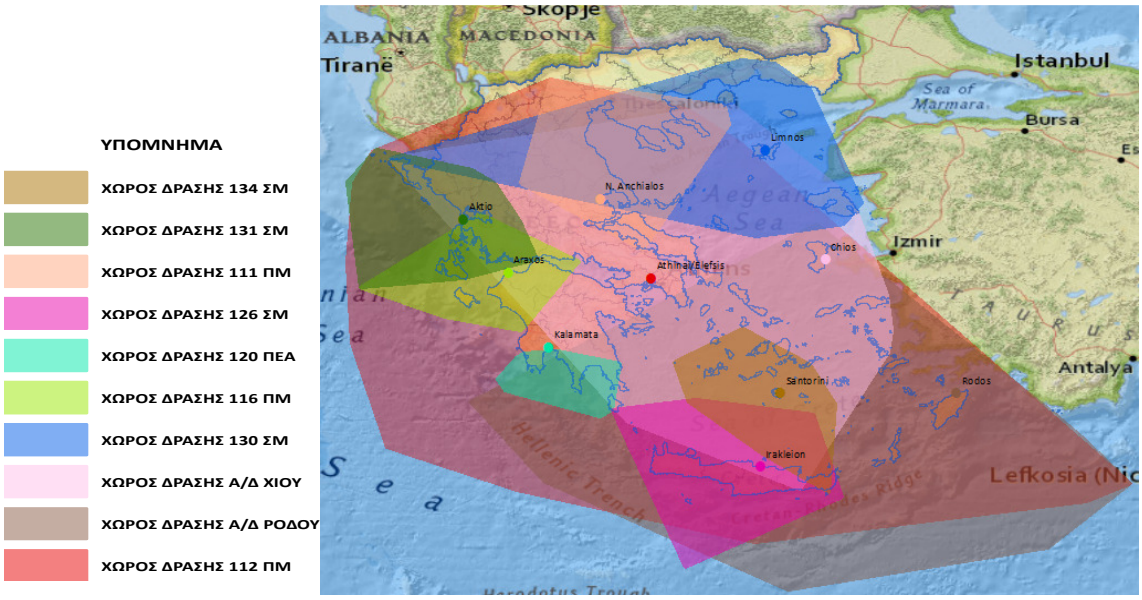
5.6.7. Προσδιορισμός χώρου δράσης των υπό μελέτη Α/Δ

Στη παράγραφο αυτή, θα προσδιορίσουμε το χώρο (πολύγωνο) δράσης της κάθε αεροπορικής βάσης που συμμετέχει στην χωρική ανάλυση των περιστατικών Ε-Δ κατά τα έτη 2009-2014. Για το σκοπό αυτό, δημιουργήθηκαν 10 νέα σημειακά επίπεδα, τα οποία εκτός των άλλων περιγραφικών χαρακτηριστικών, περιείχαν και την πληροφορία της θεωρητικής-αναμενόμενης και τελικά, παρατηρούμενης απόστασης η οποία διανύθηκε από τη βάση του αεροπορικού μέσου προς το σημείο του συμβάντος. Ο προσδιορισμός του χώρου δράσης του κάθε Α/Δ θα γίνει με το εργαλείο ''Count Overlap Polygons.tbx'' το οποίο δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια των μαθημάτων του ΔΠΜΣ ''ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ'' της ΣΑΤΜ/ΕΜΠ. Το εργαλείο αυτό, το οποίο εισάγεται στο λογισμικό ArcMap μέσω της εργαλειοθήκης ArcToolBox, προσδιορίζει το πολύγωνο του χώρου δράσης κάθε Α/Δ, επιλέγοντας ως case field τον κωδικό του Α/Δ. Δημιουργούνται με αυτό τον τρόπο δύο θεματικά επίπεδα, το πρώτο με τα πολύγωνα με πλήθος όσοι και οι κωδικοί των Α/Δ και το δεύτερο με τα νέα πολύγωνα τα οποία προκύπτουν από την αλληλοεπικάλυψη όλων των πολυγώνων χώρων δράσης. Στο δεύτερο περιλαμβάνεται και στήλη count στην οποία υπολογίζονται, αυτόματα, τα αρχικά πολύγωνα, των οποίων είναι κοινό κομμάτι κάθε νέο πολύγωνο. Στην εργασία αυτή θα εφαρμόσουμε το εργαλείο για καθένα Α/Δ ξεχωριστά, οπότε θα δημιουργηθούν 10 πολύγωνα.



Εικόνα 5-25: Εισαγωγή του εργαλείου Count Overlap Polygons στο ArcMap.

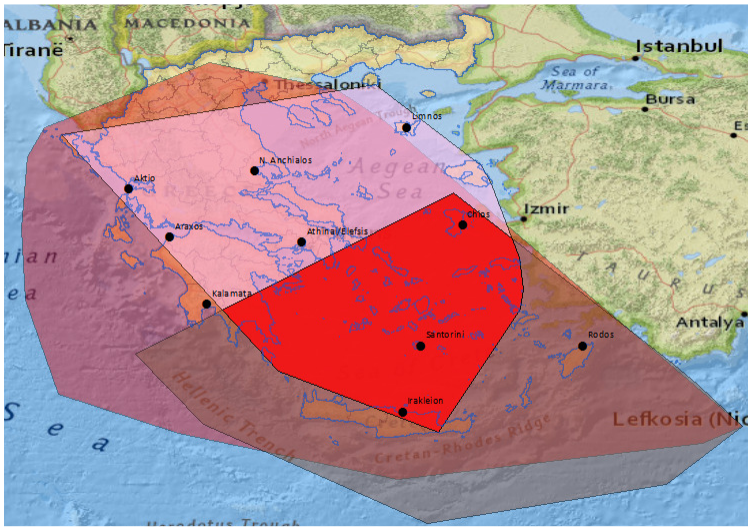
Το αποτέλεσμα που προκύπτει παρουσιάζεται στην επόμενη εικόνα 5-26:



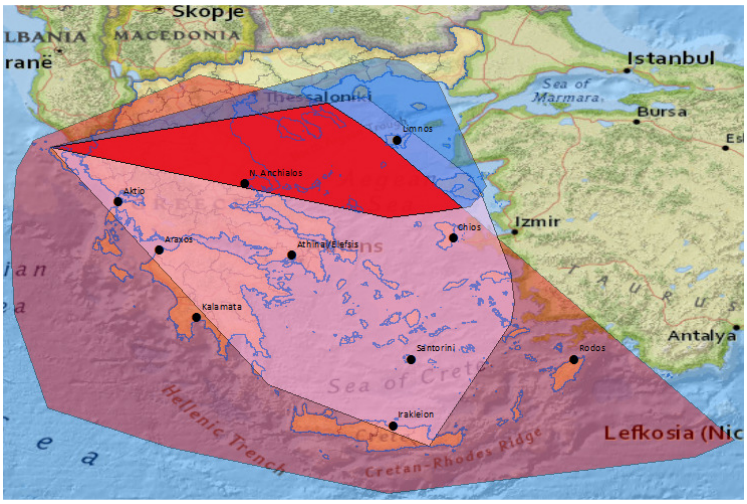
Εικόνα 5-26: Απεικόνιση πολυγώνων δράσης των υπό μελέτη Α/Δ.

Από τα σχηματιζόμενα πολύγωνα και την έκταση που καταλαμβάνουν σε σχέση με την συνολική έκταση του FIR παρατηρούμε ότι, με βάση τα εξυπηρετηθέντα, από τα αντίστοιχα Α/Δ, περιστατικά, **τη μεγαλύτερη επικάλυψη (εμβαδόν 484.728, 27 Km^2-κάλυψη του FIR σε ποσοστό 75,89%) όλων των περιοχών της χώρας εμφανίζεται να έχει η βάση της Ελευσίνας, η οποία εξυπηρετεί όλο τον ελλαδικό χώρο**, είτε με τα ελικόπτερα Super Puma, είτε με τα αεροπλάνα C-130 (με εμβέλεια 410 νμ) για τα πιο απομακρυσμένα σημεία κυρίως. Επίσης, τα Α/Δ της Χίου, της Ρόδου και της Λήμνου παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες σε έκταση περιοχές δράσης, ενώ παράλληλα τα πολύγωνα τους εμφανίζουν κορυφές σημείων σε πολύ ακραίες αποστάσεις, γεγονός το οποίο οφείλεται από τη μία πλευρά στο τύπο του αεροπορικού μέσου που φιλοξενούν (Super Puma) και στις δυνατότητές του για έρευνα και διάσωση παντός καιρού και από την άλλη στη μεγαλύτερη διατιθέμενη εμβέλεια, ώστε να συνδράμει σε οποιοδήποτε σημείο του ελλαδικού χώρου. Τα παραπάνω αποτελέσματα εμφανίζονται στο πίνακα 5-10.

Όσον αφορά τώρα τα πολύγωνα τα οποία είναι κοινά κομμάτια ανά τρία των παραπάνω τεσσάρων κύριων πολυγώνων-χώρων δράσης τα οποία σχηματίζονται με το εργαλείο ’’countoverlap’’, μπορούμε να τα εντοπίσουμε στις παρακάτω εικόνες 5-27 και 5-28:

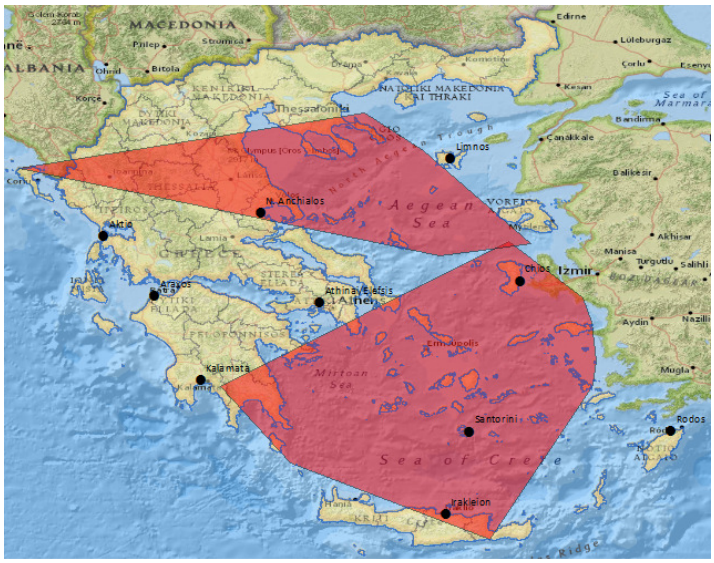


Εικόνα 5-27: Πολύγωνο επικάλυψης Α/Δ Χίου, Ρόδου και 112 ΠΜ (Ελευσίνας).



Εικόνα 5-28: Πολύγωνο επικάλυψης Α/Δ Χίου, 130 ΣΜ και 112 ΠΜ.

Σχηματίζονται με αυτό τον τρόπο 2 κύριες κοινές περιοχές δράσης (κόκκινα πολύγωνα), στο βόρειο και νότιο Αιγαίο (εικόνα 5-29). Αυτό δικαιολογείται, αν ληφθεί υπόψη ότι τα περισσότερα περιστατικά (το 56%) ανήκουν στη κατηγορία των ναυτικών περιστατικών και επίσης, πάνω από το 50% του συνόλου των 605 συμβάντων κατά τα έτη 2009-2014 έχουν λάβει χώρα στις περιοχές αυτές.



Εικόνα 5-29: Κύριες κοινές περιοχές δράσης των μέσων Ε-Δ από τα Α/Δ μελέτης.

Α/Δ	ΕΜΒΑΔΟΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΡΑΣΗΣ (σε Km^2)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ FIR (%)	ΚΑΤΑΤΑΞΗ Α/Δ
Ελευσίνα	484.728,27	75,89	**1**
Καλαμάτα	11.589,77	1,81	**10**
Ρόδος	294.225,68	46,07	**2**
Ν. Αγχίαλος	45.011,96	7,05	**6**
Χίος	235.984,73	36,95	**3**
Σαντορίνη	31.723,32	4,97	**8**
Λήμνος	93.512,17	14,64	**4**
Άραξος	29.020,99	4,54	**9**
Άκτιο	39.007,98	6,11	**7**
Ηράκλειο	52.787,21	8,27	**5**

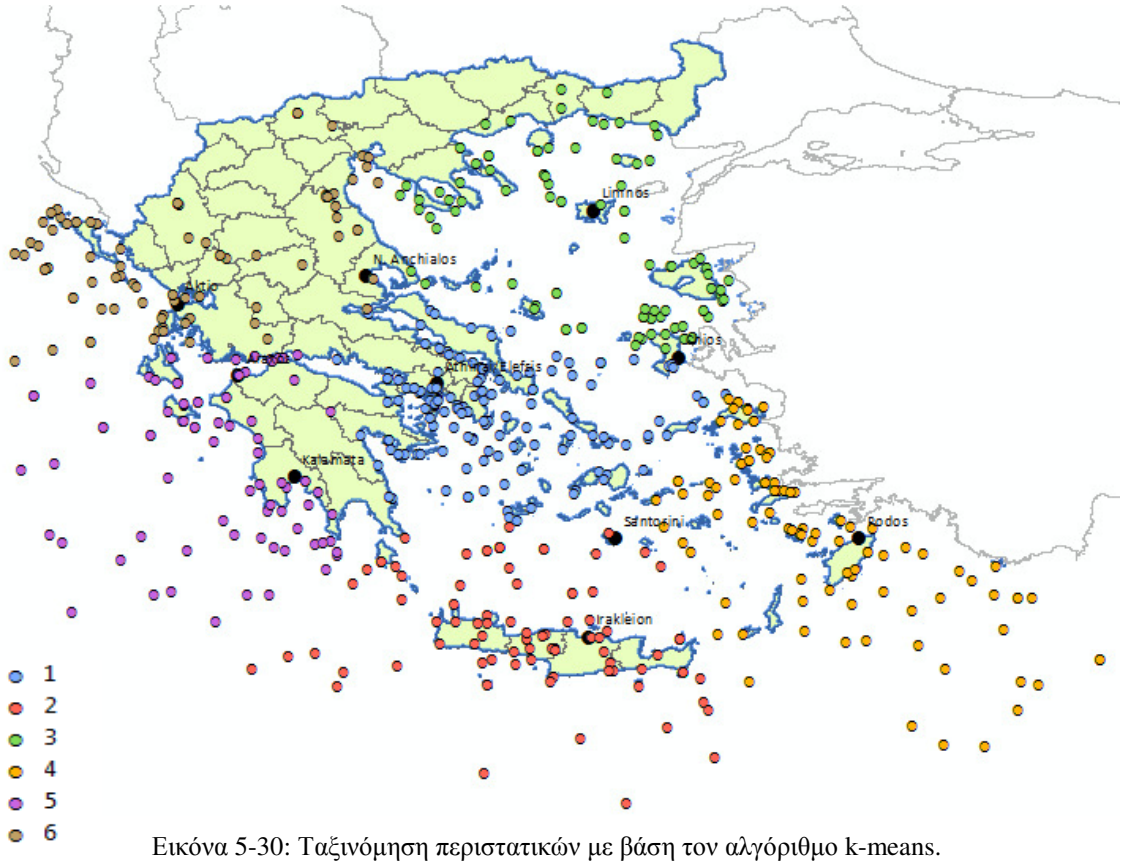
Πίνακας 5-10: Αποτελέσματα περιοχών δράσης των μέσων Ε-Δ.

5.6.8. Αλγόριθμος κατάτμησης K-Means - Έλεγχος υφιστάμενης χωροθέτησης Α/Δ

Συνεχίζοντας την επεξεργασία των περιστατικών Ε-Δ στον ελλαδικό χώρο, κρίθηκε σκόπιμη η ταξινόμησή τους σε ομάδες ανάλογα με την απόσταση των θέσεων των σημείων μεταξύ τους. Η κατάταξη των δεδομένων σε ομάδες θα γίνει μέσω εφαρμογής του αλγόριθμου κατάτμησης Κ-κέντρων (k-means). Η εν λόγω ομαδοποίηση βάσει της θέσης εκδήλωσης του εκάστοτε συμβάντος, επιτρέπει την άμεση εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την διερεύνηση και τον έλεγχο της υφιστάμενης χωροθέτησης των βάσεων όπου εδρεύουν τα αεροπορικά μέσα Ε-Δ. Χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό αυτό το λογισμικό ArcMap, το οποίο γενικά έχει την δυνατότητα να εκτελεί μη-ιεραρχικές ομαδοποιήσεις (k-means clusters). Η ταξινομική αυτή ανάλυση αποσκοπεί στο να διαχωρίσει τις παρατηρήσεις σε φυσικές ομάδες, ούτως ώστε τα μέλη κάθε ομάδας να είναι όσο το δυνατόν πιο ομοιογενή μεταξύ τους, όσον αφορά σε χωρικά και μη χαρακτηριστικά, εν αντιθέσει με τα μέλη διαφορετικών ομάδων, τα οποία πρέπει στο μέτρο του εφικτού, να μην παρουσιάζουν ομοιογένεια.

Η χωρική ανάλυση των δεδομένων μας, θα στηριχθεί σε συγκεκριμένες παραδοχές έτσι ώστε να καταστεί εύκολη η διαχείριση του συνόλου των δεδομένων. Στη μελέτη αυτή, μέσω του αλγόριθμου k-means κάθε παρατήρηση εντάσσεται στην ομάδα με τη πλησιέστερη μέση τιμή της επιλεχθείσας μεταβλητής, η οποία συμπεριφέρεται ως χαρακτηριστική τιμή της εκάστοτε συστάδας. Αφού προκαθορίστηκε ο αριθμός των συστάδων σε 6, πραγματοποιήθηκε μία χωρική ταξινόμηση βάσει της θέσης εκδήλωσης του περιστατικού.
Ο αριθμός των ομάδων επιλέχτηκε λαμβάνοντας υπόψη το χάρτη απεικόνισης των ζωνών επικινδυνότητας για όλα τα έτη μελέτης (εικόνα 5-23), στον οποίο φαίνεται ότι δημιουργούνται κατά προσέγγιση έξι κύριες περιοχές υψηλής συγκέντρωσης περιστατικών Ε-Δ.

Οι τελικές ομάδες οι οποίες προέκυψαν από την ταξινόμηση σύμφωνα με τον αλγόριθμο k-means είναι οι κάτωθι:



Εικόνα 5-30: Ταξινόμηση περιστατικών με βάση τον αλγόριθμο k-means.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα (πίνακας 5-11) διαπιστώνουμε, ότι το μεγαλύτερο ποσοστό περιστατικών συγκεντρώνει η ομάδα 1 με 143 συμβάντα επί συνόλου 605 και ποσοστό 24%.

ΟΜΑΔΑ (CLUSTER)	ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ
1	143	24%
2	91	15%
3	98	16%
4	95	16%
5	82	14%
6	96	16%

Πίνακας 5-11: Αποτελέσματα ταξινόμησης περιστατικών με βάση τον αλγόριθμο k-means.

Στη συνέχεια της ανάλυσης, θα υπολογιστεί η μικρότερη απόσταση των περιστατικών από όλα τα διαθέσιμα Α/Δ της χώρας, προκειμένου να αξιολογηθεί σε πρώτη φάση η υφιστάμενη χωροθέτηση των βάσεων Ε-Δ. Δηλαδή ουσιαστικά, για κάθε μία από τις έξι ομάδες ταξινόμησης που δημιουργήθηκαν, θα εντοπίσουμε τα Α/Δ τα οποία είναι πλησιέστερα στα περισσότερα συμβάντα εντός της ομάδας. Με αυτό τον τρόπο, θα μπορέσουμε να προτείνουμε νέες βάσεις των αεροπορικών μέσων του ΕΚΣΕΔ/ΑΤ.
Όλη η διαδικασία θα λάβει χώρα σε περιβάλλον ArcGIS 10.3, χρησιμοποιώντας την εργαλειοθήκη ΄΄Spatial Statistics→Analysis Tools→Proximity→Near΄΄.

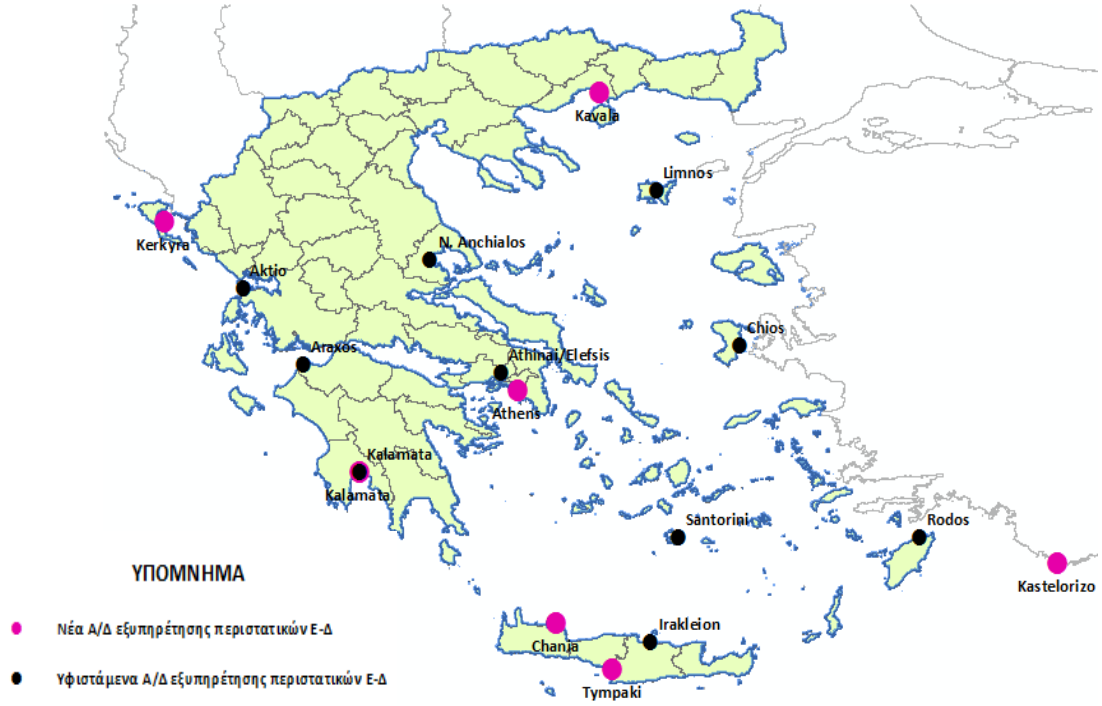
ΟΜΑΔΑ (CLUSTER)	ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟ Α/Δ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ	ΜΕΣΗ ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)
1	Athens (Ελληνικό)	19	22903.46265
2	Chania	17	42048.487189
	Tympaki	17	49570.819009
3	Kavala	18	45996.196329
4	Kastelorizo	17	98761.489505
5	Kalamata	19	69174.827551
6	Kerkyra	26	48710.710722

Πίνακας 5-12: Κατάταξη Α/Δ με βάση την ταξινόμηση k-means.

Από τον παραπάνω πίνακα 5-12 τα συμπεράσματα τα οποία εξάγονται είναι τα ακόλουθα:

- Η κατανομή των νέων Α/Δ δεν είναι πολύ διαφορετική σε σχέση με την υφιστάμενη, με εξαίρεση τις περιοχές του Ανατολικού Αιγαίου και της Βόρειας Ελλάδας.
- Η μοναδική βάση η οποία δεν μετακινήθηκε ήταν αυτή του Α/Δ της Καλαμάτας.
- Η αρχική βάση του Α/Δ της Ελευσίνας μετακινήθηκε στο Α/Δ του Ελληνικού, το οποίο όμως σήμερα δεν χρησιμοποιείται.
- Μετακινήθηκε η βάση της Σαντορίνης στην Κρήτη και συγκεκριμένα στα Χανιά και η βάση του Ηρακλείου στο Α/Δ του Τυμπακίου.
- Στη περιοχή του Ιονίου, οι βάσεις του Άκτιου και του Άραξου αντικαταστάθηκαν από το Α/Δ μόνο της Κέρκυρας.
- Το Α/Δ της Ν. Αγχιάλου, όπως και της Χίου καταργήθηκαν.
- Μετακινήθηκε η βάση της Λήμνου στην Καβάλα και η βάση της Ρόδου στο Καστελόριζο.

Στον παρακάτω χάρτη (εικόνα 5-31) παρουσιάζονται τα νέα Α/Δ σε σχέση με τα υφιστάμενα, καθώς και η κατανομή των περιστατικών στις 6 ομάδες οι οποίες προέκυψαν από την επεξεργασία.



Εικόνα 5-31: Νέα αρχική χωροθέτηση Α/Δ, με βάση τη ταξινόμηση k-means.

Χωρίς να ληφθούν υπόψη οι επιχειρησιακές ανάγκες της Πολεμικής Αεροπορίας, οι ανάγκες συντήρησης των ιπτάμενων μέσων, οι υποδομές των Α/Δ, αλλά και τα εν ισχύ σχέδια-εγχειρίδια Ε-Δ, τα οποία δεν μπορούν να είναι γνωστά στη παρούσα μελέτη, έγινε διόρθωση της χωροθέτησης η οποία προέκυψε, με βάση χωρικά και οικονομικά (δημιουργία βάσεων μόνο σε υφιστάμενα στρατιωτικά ή διεθνή πολιτικά Α/Δ) κριτήρια.

Έτσι λοιπόν, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα αποτελέσματα του εργαλείου k-means, την εμβέλεια των μέσων, αλλά και το χάρτη 5-23, στον οποίο παρουσιάζονται οι περιοχές υψηλής επικινδυνότητας των τελευταίων έξι ετών, επανατοποθετήθηκαν τα Α/Δ-βάσεις ως κάτωθι:

- Αφαιρέθηκε το Α/Δ του Τυμπακίου, αλλά αντίθετα κρατήθηκε μόνο αυτό των Χανίων, δεδομένου ότι παρόλο που έχουν και τα δύο τον ίδιο αριθμό περιστατικών το Α/Δ στα Χανιά της Κρήτης παρουσιάζει μικρότερο μέσο όρο και άθροισμα αποστάσεων. Επιπλέον, στα Χανιά επιλέχτηκε να εδρεύουν ελικόπτερα SP τα οποία με την εμβέλειά τους (135νμ) θα μπορούν να καλύπτουν τη περιοχή ανάμεσα στην Κρήτη και τη Πελ/νησο, ένα μεγάλο τμήμα του νότιου Αιγαίου και τη νότια περιοχή του FIR Αθηνών.

- Επίσης το Α/Δ του Ελληνικού, δεδομένου ότι σήμερα είναι ανενεργό, αντικαταστάθηκε από το Α/Δ των Μεγάρων (με ελικόπτερα SP), το οποίο ήταν το επόμενο στη κατάταξη σε αριθμό περιστατικών και μέση πλησιέστερη απόσταση.

- Η βάση που προέκυψε στην Καβάλα, αντικαταστάθηκε από το Α/Δ της Λήμνου (με ελικόπτερα SP), το οποίο παρόλο που δεν ήταν το επόμενο στη κατάταξη σε αριθμό περιστατικών και μέση πλησιέστερη απόσταση εντός της ομάδας 3, εντούτοις η ιδιότητά του (στρατιωτικό-καλύτερη εξυπηρέτηση-καύσιμο) και η θέση του στο βόρειο Αιγαίο είναι

καίρια. Επίσης, το Α/Δ της Λήμνου με την εμβέλεια των μέσων που διαθέτει δύναται να εξυπηρετήσει όλη τη βορειοανατολική ηπειρωτική Ελλάδα, ενώ βρίσκεται ανάμεσα στις δύο ζώνες υψηλής συγκέντρωσης περιστατικών στα βόρεια της χώρας.

- Η βάση της Καλαμάτας (με ελικόπτερα AB-205) παρέμεινε ως έχει.

- Η βάση η οποία προέκυψε στο Καστελόριζο, αντικαταστάθηκε από το Α/Δ της Κω (με ελικόπτερα SP), το οποίο ήταν το επόμενο στη κατάταξη σε αριθμό περιστατικών και μέση πλησιέστερη απόσταση. Επίσης, το Α/Δ της Κω βρίσκεται ανάμεσα στις δύο ζώνες υψηλής συγκέντρωσης περιστατικών στο ανατολικό Αιγαίο, ανάμεσα στη Χίο και τη Ρόδο.

- Η βάση που προέκυψε στην Κέρκυρα, αντικαταστάθηκε από το Α/Δ του Άκτιου (με ελικόπτερα SP), το οποίο ήταν το επόμενο στη κατάταξη σε αριθμό περιστατικών και μέση πλησιέστερη απόσταση στην ομάδα 6. Επίσης, με την προτεινόμενη εμβέλεια των ελικοπτέρων στο Άκτιο καλύπτεται μαζί με την Καλαμάτα ολόκληρη σχεδόν η περιοχή του Ιονίου, καθώς επίσης και ένα πολύ μεγάλο μέρος της Κεντρικής Ελλάδας.

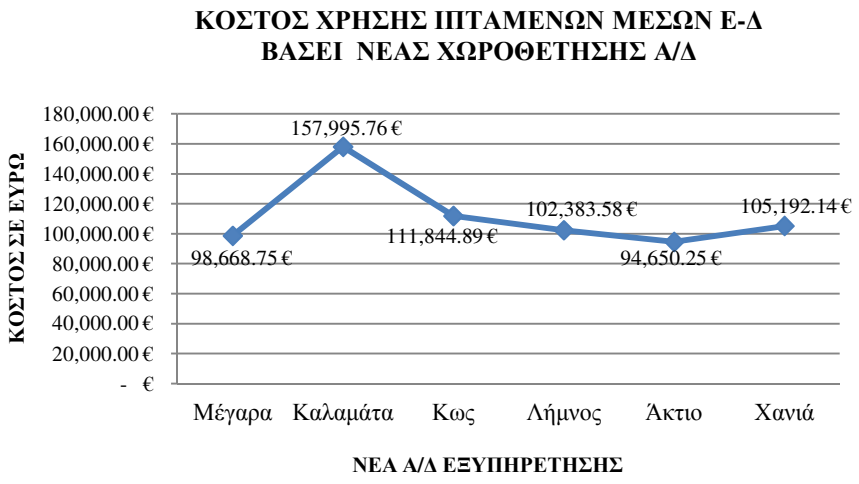
Προκειμένου στη συνέχεια να συγκρίνουμε το κόστος έρευνας και διάσωσης, μεταξύ των αναμενόμενων (θεωρητικών) περιστατικών τα οποία έπρεπε να εξυπηρετήσει το πλησιέστερο Α/Δ, αυτών που πραγματικά εξυπηρέτησε και αυτών που θα εξυπηρετούσε με τη νέα χωροθέτηση (k-means) η οποία προέκυψε, υπολογίστηκαν αρχικά όλες οι αποστάσεις κάθε περιστατικού από τα πλησιέστερα νέα Α/Δ και με βάση το κόστος ανά ώρα πτήσης και ανά km (πίνακας 5-2) του κάθε ελικοπτέρου το οποίο επιχειρεί από το εκάστοτε Α/Δ, εξήχθη το συνολικό κόστος εξυπηρέτησης.

Το αποτέλεσμα συγκεντρωτικά, παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα 5-13.

ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ Ε/Π (σε ευρώ) (ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ-ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ)	**ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ Ε/Π (σε ευρώ) (ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ-ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ)**	**ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ Ε/Π (σε ευρώ) (ΝΕΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΜΕ k-means)**
1.524.341,43 €	**2.456.509,45 €**	**670.735,39 €**

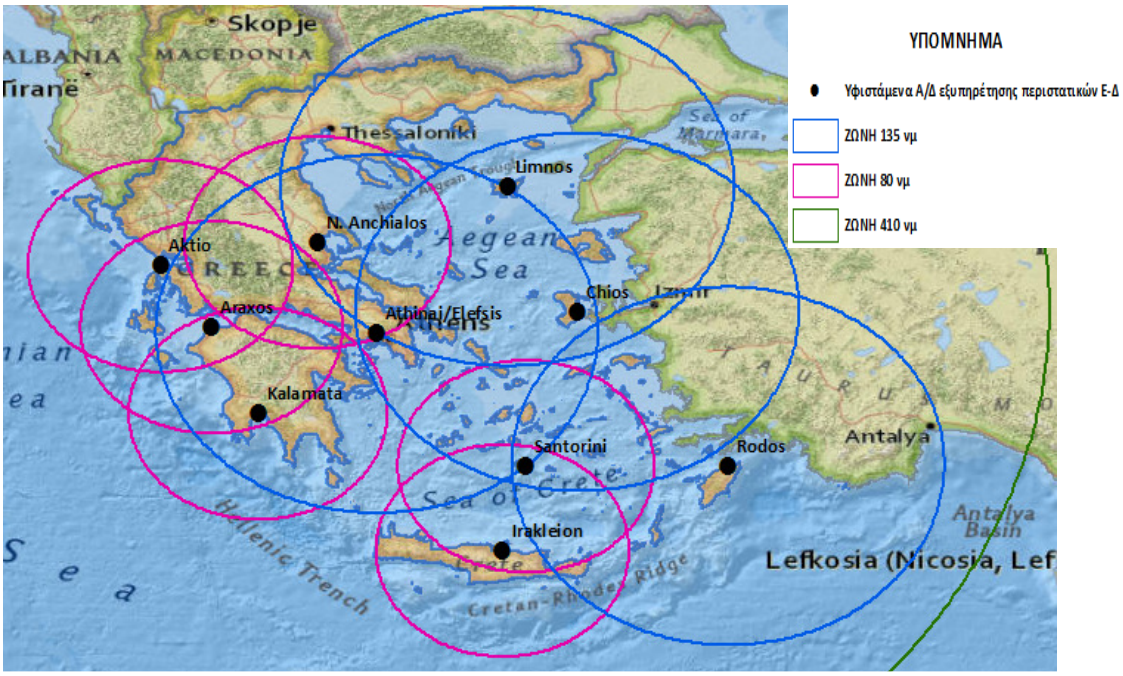
Πίνακας 5-13: Σύγκριση κόστους χρήσης ιπτ. μέσων, με βάση την υφιστάμενη και νέα χωροθέτηση Α/Δ.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι από οικονομικής άποψης, η νέα χωροθέτηση των βάσεων των αεροπορικών μέσων Ε-Δ του ΕΚΣΕΔ/ΑΤ είναι πιο συμφέρουσα κατά 1.785.774,07 € από την υφιστάμενη κατανομή των Α/Δ και κατά 853.606,04 € από την υφιστάμενη χωροθέτηση και εφόσον τα περιστατικά είχαν εξυπηρετηθεί αποκλειστικά από το κοντινότερο Α/Δ.

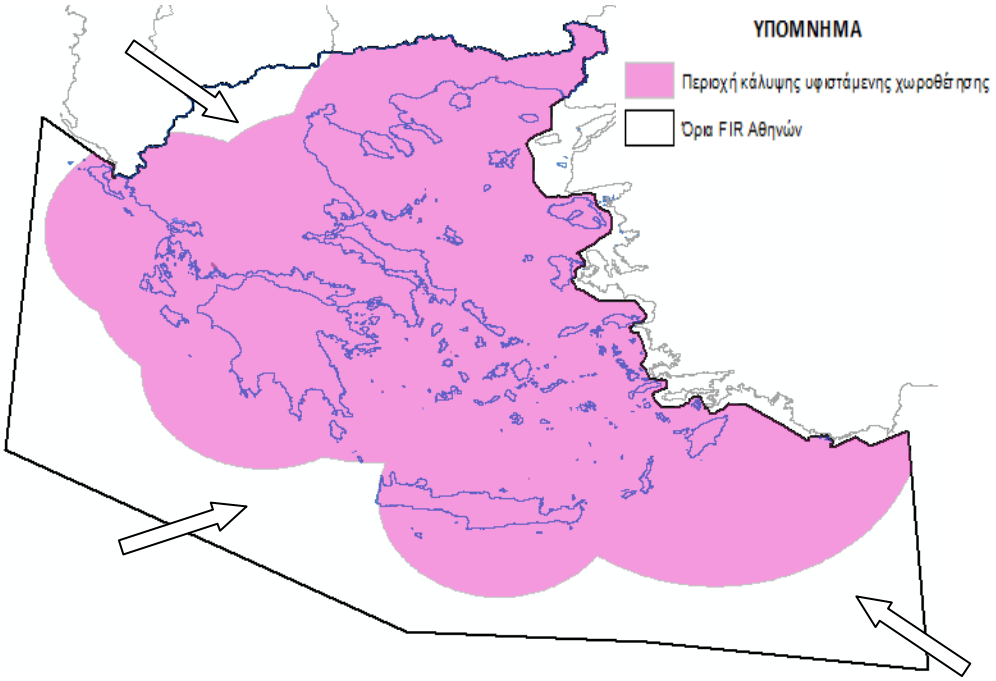


Διάγραμμα 5-12: Κόστος χρήσης των αεροπορ. μέσων, με βάση τη νέα χωροθέτηση των Α/Δ.

Στους δύο επόμενους χάρτες (Εικόνες 5-32 και 5-33), παρουσιάζεται η εμβέλεια και η κάλυψη του FIR από τα ελικόπτερα, με βάση την υφιστάμενη κατανομή τους.

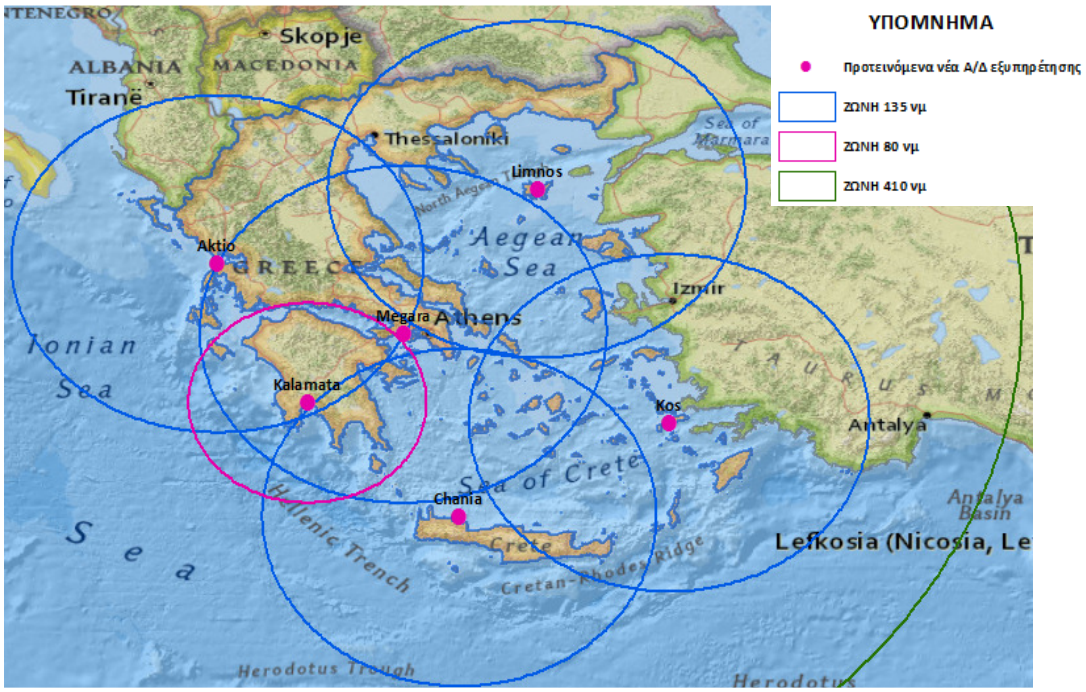


Εικόνα 5-32: Υφιστάμενη εμβέλεια και κάλυψη αεροπορικών μέσων Ε-Δ, ανά Α/Δ.

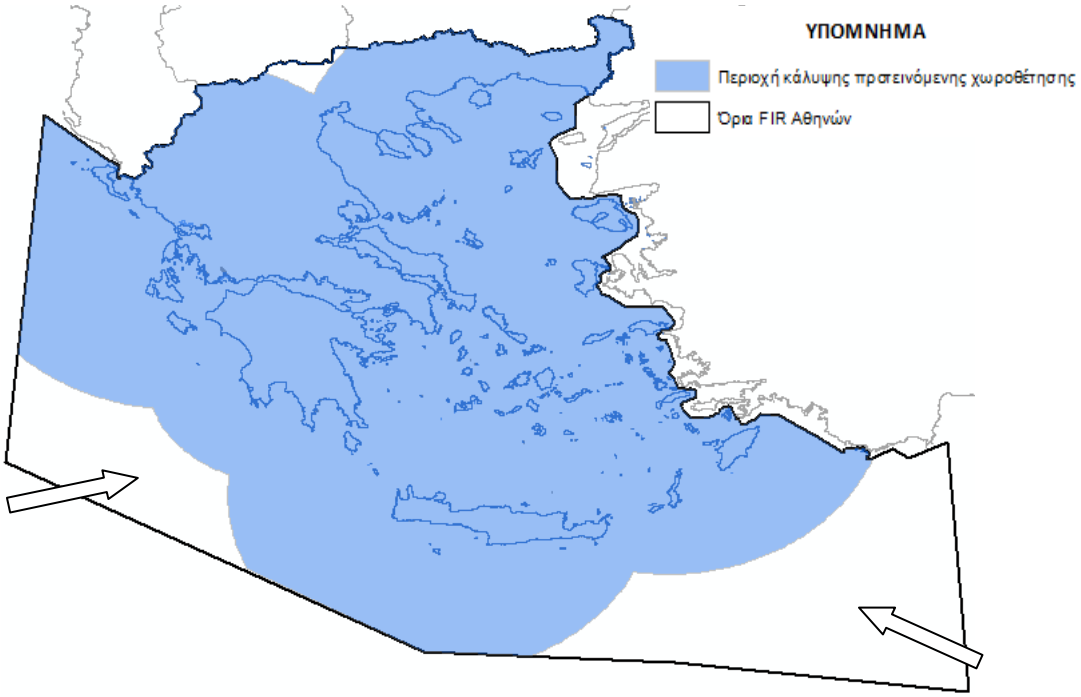


Εικόνα 5-33: Υφιστάμενη κάλυψη FIR αεροπορικών μέσων Ε-Δ.

Το εμβαδόν κάλυψης του FIR με βάση την υφιστάμενη χωροθέτηση είναι 456.395,97 km^2. Επίσης με βάση αυτή την κατανομή των ελικοπτέρων βρίσκονται μέσα στη περιοχή εξυπηρέτησης τους, 562 από τα 605 περιστατικά (93%) όλων των ετών αναφοράς. Από το παραπάνω χάρτη 5-33 γίνεται αντιληπτό, ότι υπάρχει γενικά μια πλήρη κάλυψη της περιοχής ευθύνης του ΕΚΣΕΔ/ΑΤ, με τις περιοχές (άσπρα βέλη) που περιέχουν κενά να εξυπηρετούνται είτε από την Ελευσίνα με τα αεροπλάνα C-130, είτε από μετασταθμεύσεις των ελικοπτέρων.
Στους δύο επόμενους χάρτες 5-34 και 5-35, παρουσιάζεται η εμβέλεια και η κάλυψη του FIR από τα ελικόπτερα Ε-Δ, με βάση την νέα προτεινόμενη κατανομή τους.



Εικόνα 5-34: Προτεινόμενη εμβέλεια και κάλυψη αεροπορικών μέσων Ε-Δ, ανά Α/Δ.



Εικόνα 5-35: Προτεινόμενη κάλυψη FIR αεροπορικών μέσων Ε-Δ.

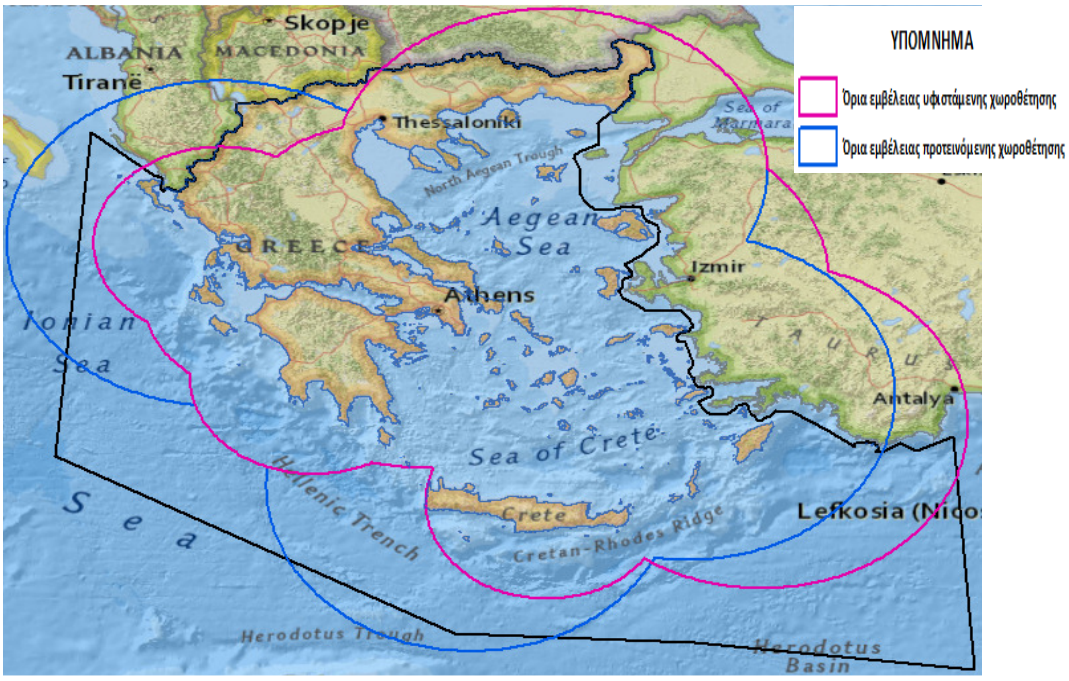
Το εμβαδόν κάλυψης του FIR με βάση την προτεινόμενη χωροθέτηση είναι 507.806,20 km^2. Επίσης με βάση αυτή την νέα κατανομή των ελικοπτέρων βρίσκονται μέσα στη περιοχή εξυπηρέτησης-εμβέλειας τους, 576 από τα 605 περιστατικά (95%) όλων των ετών αναφοράς.

Από το νέο χάρτη 5-35 γίνεται αντιληπτό ότι οι περιοχές βορειοδυτικά της χώρας και ανάμεσα στη Πελ/νησο και τη Κρήτη, οι οποίες προηγουμένως είχαν ελλειπή κάλυψη, τώρα καλύπτονται πλήρως. Έχουμε επίσης καλύτερη κάλυψη του Ιονίου Πελάγους, ολόκληρης της περιοχής γύρω από την Κρήτη, ενώ όμως υπάρχει τώρα ένα κενό τμήμα νοτιοανατολικά του FIR Αθηνών, νότια του Καρπάθιου Πελάγους, εκεί που δείχνει το βέλος στην εικόνα 5-35.
Η έκταση επίσης του FIR που καλύπτει η νέα χωροθέτηση είναι συνολικά κατά 51.410,23 km^2 ή κατά 8%, σε σχέση με το εμβαδόν του FIR, μεγαλύτερη από την υφιστάμενη, όπως φαίνεται στο συγκεντρωτικό πίνακα 5-14.

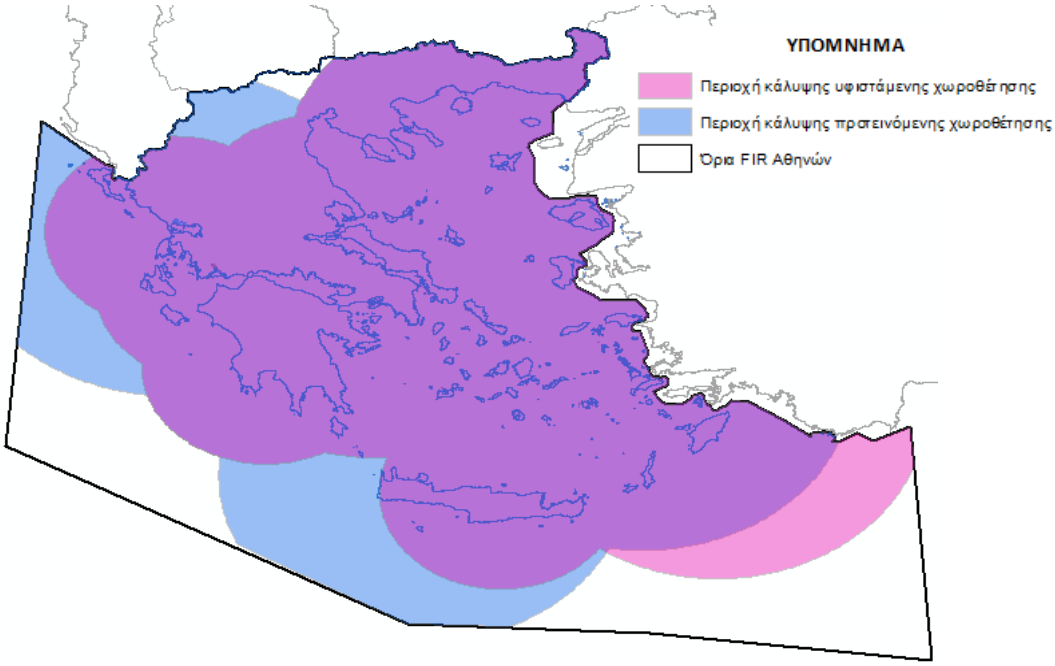
ΕΜΒΕΛΕΙΑ (σε Km^2) (ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΧΩΡ/ΣΗ)	ΕΜΒΑΔΟΝ ΚΑΛΥΨΗΣ FIR (σε Km^2) (ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΧΩΡ/ΣΗ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ FIR (ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΧΩΡ/ΣΗ)	ΕΜΒΕΛΕΙΑ (σε Km^2) (ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΧΩΡ/ΣΗ)	ΕΜΒΑΔΟΝ ΚΑΛΥΨΗΣ FIR (σε Km^2) (ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΧΩΡ/ΣΗ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ FIR (ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΧΩΡ/ΣΗ)
617.010,15	**456.395,97**	**71,46 %**	**692.887,27**	**507.806,20**	**79,51 %**

Πίνακας 5-14: Σύγκριση έκτασης-ποσοστού κάλυψης του FIR των δύο χωροθετήσεων.

Από την εντολή ΄΄Data Management Tools → Generalization → Dissolve΄΄, παίρνουμε το τελικό αποτέλεσμα της σύγκρισης των δύο χωροθετήσεων (Εικόνες 5-36 και 5-37):



Εικόνα 5-36: Σύγκριση εμβέλειας των δύο χωροθετήσεων.



Εικόνα 5-37: Σύγκριση κάλυψης του FIR, μεταξύ των δύο χωροθετήσεων.

5.7. Αποτελέσματα Χωρο-Χρονικής Ανάλυσης

Η χωρο-χρονική ανάλυση του φαινόμενου των συμβάντων Ε-Δ αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για οποιαδήποτε προσπάθεια με στόχο τη βελτίωση του συστήματος αντιμετώπισής του, και απαιτεί υψηλό βαθμό αξιοπιστίας των ιστορικών στοιχείων. **Ερμηνεύοντας λοιπόν αυτά τα δεδομένα με μία πρώτη προσέγγιση που πραγματοποιήθηκε στις ενότητες 5.5 και 5.6 , συμπεραίνονται τα κάτωθι:**

✓ Η διαχρονική ανάλυση των περιστατικών Ε-Δ οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο αριθμός των συμβάντων δεν ακολουθεί κάποιο κανόνα ή δεν οφείλεται σε συγκεκριμένα αίτια, και έτσι το έτος 2010 εμφανίζονται τα περισσότερα συμβάντα Ε-Δ με 128 περιστατικά υπό την ευθύνη του αεροπορικού τομέα, ακολουθεί το 2011 με 117, το 2009 με 107 και τελευταίο το έτος 2013 με 73 περιστατικά, όλα εντός της Ελληνικής περιοχής έρευνας & διάσωσης (SRR).

✓ Όσον αφορά τη κατανομή των περιστατικών εντός περιοχής μελέτης, ανάλογα με το είδος αυτών, συνολικά και για τα έξι έτη, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό περιστατικών Ε-Δ ανήκει στη κατηγορία των ναυτικών περιστατικών με 56% (341 περιστατικά), ενώ ακολουθούν τα περιστατικά MEDEVAC με 16%, λαθρομεταναστών (12%), αεροπορικών περιστατικών (9%) και τέλος τα χερσαία με μόλις 7%.

✓ Όσον αφορά τη χρονική τους τοποθέτηση, τα συμβάντα εμφανίζονται ιδιαίτερα το καλοκαίρι. Ο Αύγουστος είναι ο πρώτος μήνας σε συμβάντα (99) και ακολουθεί ο Ιούλιος (85), με τελευταίο το Δεκέμβριο, λογικό γεγονός αν ληφθεί υπόψη ότι τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχει μεγαλύτερη κινητικότητα των σκαφών αναψυχής, των τουριστικών πλοίων και γενικά των ανθρώπινων δραστηριοτήτων αναψυχής.

✓ Σχετικά με το χρόνο τέλεσης του περιστατικού, τις ώρες (12:00-18:00) εμφανίζονται τα περισσότερα περιστατικά σε ποσοστό 34% και με μικρή διαφορά από τη δεύτερη κατηγορία (28%) που είναι το διάστημα 06:00-12:00. Στη τελευταία θέση είναι το χρονικό διάστημα 00:00-06:00. Η επικρατέστερη ομάδα ωρών φαίνεται να σχετίζεται με τις αναφερθείσες στην προηγούμενη παράγραφο, ανθρωπογενείς δραστηριότητες και αφορούν το διάστημα όπου αυτές βρίσκονται σε έξαρση, λόγω κυρίως του φωτισμού που παρέχει η ημέρα, καθώς και των υψηλότερων θερμοκρασιών.

✓ Όσον αφορά τώρα την κατανομή των συμβάντων και το ποσοστό εμπλοκής των Α/Δ στα οποία εδρεύουν τα υφιστάμενα εναέρια μέσα Ε-Δ, το αποτέλεσμα δείχνει την ξεκάθαρη πρώτη θέση του Α/Δ της Ελευσίνας, και εν συνεχεία της Ρόδου, της Χίου και της Λήμνου.

Η χωρική διάσταση του φαινομένου δεν περιορίζεται όμως μόνο στην στατιστική και οπτική παρατήρηση της κατανομής των δεδομένων:

✓ Εξετάζοντας τη χωρική κατανομή (χωρικός μέσος και σταθμισμένος χωρικός μέσος, με βάρος την εποχή του συμβάντος,) των περιστατικών που εκδηλώθηκαν τη συγκεκριμένη περίοδο, διαπιστώνεται ότι ο χωρικός μέσος των περιστατικών Ε-Δ στην Ελλάδα, εντοπίζεται σε όλα τα έτη αναφοράς γύρω από την περιοχή του Ν. Αττικής. Η ακολουθούμενη γενική τάση θα μπορούσε να αναφερθεί ότι είναι από νότιο ανατολικά προς βόρειο ανατολικά. γεγονός που μπορεί να βοηθήσει στην υιοθέτηση συγκεκριμένων ενεργειών πρόληψης και επέμβασης (περιπολίες, αύξηση της ετοιμότητας των αεροπορικών μέσων στις βάσεις πλησίον των περιστατικών) σε περιστατικά σε συγκεκριμένες περιοχές και εποχές του χρόνου (θερινούς μήνες). Σε όλα τα έτη μελέτης, το Α/Δ της Ελευσίνας είναι πλησιέστερο προς τα κέντρα βάρη των περιστατικών.

✓ Οι ελλείψεις τυπικής απόστασης κινούνται σχεδόν παράλληλα (ομοιόμορφη περιστροφή) και δείχνουν σαφή κατεύθυνση της έξαρσης των περιστατικών σε όλα τα έτη, προς τα άκρα της χώρας, νοτιοανατολικά και βορειοδυτικά της περιοχής μελέτης.

✓ Στην εργασία αυτή, η υφιστάμενη κατανομή των περιστατικών Ε-Δ κατά τα έτη 2009-2014 τείνει να ακολουθεί ομαδοποιημένο χωρικό πρότυπο.

✓ Όσον αφορά το βαθμό εξυπηρέτησης της υφιστάμενης κατανομής των Α/Δ, διαπιστώνεται ότι το Α/Δ της Ελευσίνας παρουσιάζει τη μεγαλύτερη απόκλιση (126 ή 20% περισσότερα περιστατικά) μεταξύ του αριθμού των περιστατικών που έχει εξυπηρετήσει και αυτών που κανονικά θα έπρεπε, λαμβάνοντας υπόψη μόνο την ελάχιστη απόσταση μεταξύ της θέσης του περιστατικού και του κοντινότερου αυτού Α/Δ. Αντίθετα, τη μικρότερη απόκλιση παρουσιάζουν τα Α/Δ της Χίου και της Λήμνου (1%), γεγονός το οποίο σημαίνει σε πρώτη ανάλυση, ότι η εξυπηρέτηση των περιστατικών Ε-Δ από αυτά κρίνεται οικονομική και ορθή από άποψης μόνο εγγύτητας.

✓ Σε συνέχεια της παραπάνω ανάλυσης, το κόστος χρήσης των ελικοπτέρων κατά τα έτη 2009-2014 με βάση τα εξυπηρετηθέντα περιστατικά, είναι κατά 932.168,02 € μεγαλύτερο από αυτό το οποίο θεωρητικά θα προέκυπτε στη περίπτωση που τα συμβάντα εξυπηρετούνταν αποκλειστικά και μόνο από τα ελικόπτερα τα οποία εδρεύουν στα πλησιέστερα των περιστατικών Α/Δ. Αυτό το αποτέλεσμα είναι ένα πρώτο στοιχείο για την ανάγκη βελτιστοποίησης της χωροθέτησης των μέσων Ε-Δ.

✓ Επίσης, με τη μέθοδο ''Kernel Density Estimator'' εντοπίστηκαν συγκεκριμένες περιοχές στη χώρα οι οποίες εμφανίζουν υψηλή συχνότητα εμφάνισης περιστατικών κατά τη διάρκεια των ετών που μελετώνται. Έτσι, εντοπίζεται μια περιοχή υψηλής πυκνότητας περιστατικών στο κέντρο, γύρω από την Αττική, και δύο μικρότερες στα ανατολικά, ανάμεσα στα νησιά Χίο-Μυτιλήνη, και Κώ-Σάμο. Επιπλέον, εμφανίζονται και άλλες διάσπαρτες εστίες προς τη Κρήτη και το Ιόνιο. Αυτό θα μπορούσε να αποτελέσει ένα δείκτη, ώστε να δημιουργηθούν κατάλληλες πολιτικές πρόληψης. Η χαρτογράφηση των περιοχών έντονης δραστηριότητας είναι πολύ σημαντική δεδομένου ότι οι αποφάσεις για το πώς θα γίνει η κατανομή των αεροπορικών δυνάμεων Ε-Δ βασίζονται εν μέρει και σε δεδομένα όπως το πού η ανάγκη για πρόληψη και επέμβαση είναι υψηλότερη και πού χαμηλότερη. Στα πλησιέστερα σε αυτές τις περιοχές Α/Δ, ενδέχεται να εφαρμόζονται καταστάσεις και μικρότεροι χρόνοι ετοιμότητας άμεσης επέμβασης.

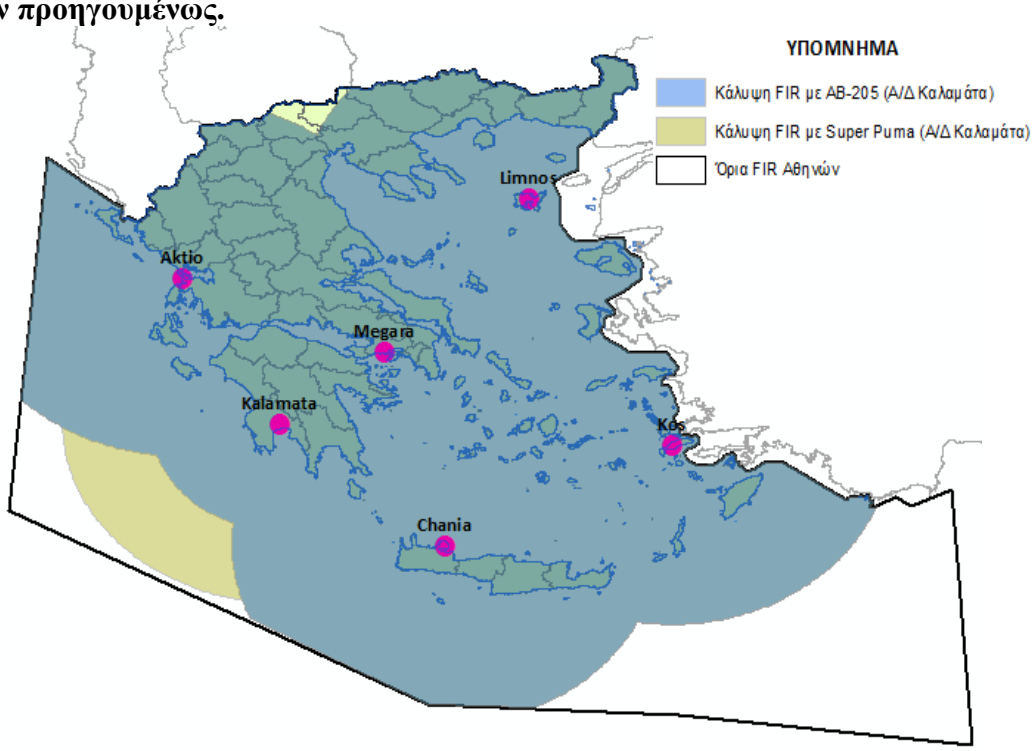
✓ Από την ανάλυση του χώρου δράσης των Α/Δ και τα σχηματιζόμενα πολύγωνα με την έκταση που καταλαμβάνουν, σε σχέση με την συνολική έκταση του FIR, παρατηρούμε ότι, τη μεγαλύτερη επικάλυψη όλων των περιοχών της χώρας εμφανίζεται να έχει η βάση της Ελευσίνας, η οποία εξυπηρετεί όλο τον ελλαδικό χώρο, είτε με τα ελικόπτερα Super Puma, είτε με τα αεροπλάνα C-130 (με εμβέλεια 410 νμ) για τα πιο απομακρυσμένα σημεία κυρίως. Σχηματίζονται επίσης 2 κύριες κοινές περιοχές δράσης, στο βόρειο και νότιο Αιγαίο. Αυτό δικαιολογείται, αν ληφθεί υπόψη ότι τα περισσότερα περιστατικά (το 56%) ανήκουν στη κατηγορία των ναυτικών περιστατικών και επίσης, πάνω από το 50% του συνόλου των 605 συμβάντων κατά τα έτη 2009-2014 έχουν λάβει χώρα στις περιοχές αυτές.

✓ Έγινε επανα-χωροθέτηση των βάσεων των αεροπορικών μέσων Ε-Δ, σύμφωνα με τις τελικές έξι ομάδες που προέκυψαν από την ταξινόμηση με τον αλγόριθμο k-means. Για το αριθμό των ομάδων λήφθηκε υπόψη ο χάρτης απεικόνισης των ζωνών επικινδυνότητας για όλα τα έτη μελέτης, στον οποίο φαίνεται ότι δημιουργούνται κατά προσέγγιση έξι κύριες περιοχές υψηλής συγκέντρωσης περιστατικών Ε-Δ.

✓ Από τη παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι από οικονομικής άποψης, η νέα χωροθέτηση των βάσεων των αεροπορικών μέσων Ε-Δ του ΕΚΣΕΔ/ΑΤ είναι πιο συμφέρουσα κατά 1.785.774,07€ από την υφιστάμενη κατανομή των Α/Δ και κατά 853.606,04€ από την υφιστάμενη χωροθέτηση και εφόσον τα περιστατικά είχαν εξυπηρετηθεί αποκλειστικά από το κοντινότερο Α/Δ.

✓ Το εμβαδόν κάλυψης του FIR με βάση την νέα προτεινόμενη χωροθέτηση είναι μεγαλύτερο, ενώ οι περιοχές βορειοδυτικά της χώρας και ανάμεσα στη Πελ/νησο και τη Κρήτη, οι οποίες προηγουμένως είχαν ελλειπή κάλυψη, καλύπτονται σχεδόν πλήρως. Υπάρχει επίσης καλύτερη κάλυψη του Ιονίου Πελάγους, ολόκληρης της περιοχής γύρω από την Κρήτη, όμως υπάρχει ένα κενό τμήμα νοτιοανατολικά του FIR Αθηνών, νότια του Καρπάθιου Πελάγους. Η έκταση επίσης του FIR που καλύπτει η νέα χωροθέτηση είναι συνολικά κατά 51.410,23 km^2 ή κατά 8%, σε σχέση με το εμβαδόν του FIR, μεγαλύτερη από την υφιστάμενη. Επίσης με βάση αυτή την νέα κατανομή των ελικοπτέρων βρίσκονται μέσα στη περιοχή εξυπηρέτησης-εμβέλειας τους, 576 από τα 605 περιστατικά (95%) όλων των ετών αναφοράς.

Η περίπτωση επάνδρωσης του Α/Δ της Καλαμάτας με ελικόπτερα SP, αντί AB-205, θα είχε ως συνέπεια ακόμη καλύτερη κάλυψη του FIR (σε ποσοστό 83,22% από 79,51% και έκταση 531.508,06km^2), όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα 5-38. Σχετικά με το κόστος των ελικοπτέρων αυτό ανέρχεται τώρα στα 633,813.01 € αντί για 670.735,39 € που ήταν προηγουμένως.



Εικόνα 5-38: Σύγκριση κάλυψης του FIR - Α/Δ Καλαμάτας με SP και AB-205.

Στη συνέχεια της εργασίας, περιγράφεται το δεύτερο τμήμα της χωρικής ανάλυσης των δεδομένων SAR, κάνοντας χρήση ενός μοντέλου χωροθέτησης-κατανομής (location-allocation model). Κατά τη πορεία του σταδίου αυτού, υλοποιούνται πέντε σενάρια χωροθέτησης με ταυτόχρονη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων τους, ώστε να συγκριθούν με τη υφιστάμενη οργάνωση και κατανομή των μονάδων έρευνας και διάσωσης. Επίσης, στο τέλος της ενότητας αυτής, θα πραγματοποιηθεί μελέτη της χωροθέτησης των μέσων Ε-Δ ανά έτος αναφοράς, προκειμένου να εξαχθεί αφενός η βέλτιστη κατανομή των ελικοπτέρων με βάση τα περιστατικά κάθε έτους, και αφετέρου να ελεγχθεί η δυνατότητα, καθώς και η χρονική διάρκεια των συμβάντων που πρέπει να ληφθούν υπόψη, ώστε να προβλέπεται και να καλύπτεται η ζήτηση τον επόμενο χρόνο.

5.8. Εφαρμογή του Προβλήματος Χωροθέτησης-Κατανομής Α/Δ

Στο πλαίσιο της διαδικασίας του χωροθετικού σχεδιασμού και της επίλυσης χωροθετικών προβλημάτων επιζητείται η βέλτιστη χωροθέτηση κέντρων παροχής υπηρεσιών και η ταυτόχρονη χωρική κατανομή της αντίστοιχης ζήτησης, έτσι ώστε να επιτευχθούν προκαθορισμένοι αντικειμενικοί στόχοι. Η ζήτηση αυτή αποτυπώνεται χωρικά, ως σημειακό πρότυπο (point pattern).
Έτσι λοιπόν στην εργασία αυτή, η εξέταση της βέλτιστης χωροθέτησης των βάσεων των αεροπορικών μέσων τα οποία διαθέτει το ΕΚΣΕΔ/ΑΤ για την έγκαιρη και αποτελεσματική αντιμετώπιση των συμβάντων έρευνας-διάσωσης, θα πραγματοποιηθεί με τη χρήση του μοντέλου χωροθέτησης-κατανομής, της μέγιστης κάλυψης (Maximal Covering Problem-MCLP). Η ανάλυση θα γίνει σε περιβάλλον Network Analyst του ArcMap 10.3.
Το ArcGIS Network Analyst είναι ένα εργαλείο ανάλυσης δικτύων, στο οποίο βασίζεται η χωρική ανάλυση, με εφαρμογές όπως η δρομολόγηση οχημάτων, πλοήγηση για χαράξεις πορείας, εύρεση της πλησιέστερης μονάδας, εντοπισμός περιοχών εξυπηρέτησης και για προβλήματα χωροθετήσεων – κατανομών. Με το ArcGIS Network Analyst:

- ✓ Εντοπίζουμε βέλτιστες διαδρομές.
- ✓ Είναι το πλέον αποδοτικό εργαλείο για εύρεση διαδρομών για ένα αριθμό οχημάτων τα οποία πρέπει να επισκεφθούν πολλές τοποθεσίες.
- ✓ Χρησιμοποιώντας χρονικούς περιορισμούς μπορούμε να προσδιορίσουμε τους χρόνους άφιξης οχημάτων.
- ✓ Βρίσκουμε τις πλησιέστερες εγκαταστάσεις.
- ✓ Καθορίζουμε τη βέλτιστη τοποθεσία για εγκαταστάσεις εκτελώντας την ανάλυση θέσεις – κατανομής.
- ✓ Ορίζουμε κατηγορίες υπηρεσιών με βάση το χρόνο ταξιδιού ή την απόσταση.
- ✓ Δημιουργούμε ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί τα υπάρχοντα δεδομένα GIS.
- ✓ Δημιουργούμε ένα πλάνο εξόδων μετακίνησης, εντός του δικτύου από κάθε αφετηρία προς όλους τους προορισμούς.

Ειδικότερα, το ArcGIS Network Analyst μας παρέχει πέντε βασικά εργαλεία για την επίλυση κοινών προβλημάτων ανάλυσης δικτύων:

- ✓ Εύρεση βέλτιστης διαδρομής.
- ✓ Εύρεση πλησιέστερης εγκατάστασης.
- ✓ Περιοχές εξυπηρέτησης-ευθύνης.
- ✓ Κόστη προέλευσης – προορισμού.
- ✓ Ρύθμιση κυκλοφορίας.

Πριν προχωρήσουμε όμως στην εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου, θα γίνει αναφορά στις παραδοχές οι οποίες υιοθετούνται στο στάδιο αυτό:

- Η ανάπτυξη και η δημιουργία ενός νέου κέντρου παροχής υπηρεσιών (Ε-Δ) είναι μια δαπανηρή έρευνα και ευαίσθητη στο χρόνο διαδικασία. Προτού κατασκευαστεί ένα νέο κέντρο παροχής υπηρεσιών πρέπει να οριστούν κάποιες καλές θέσεις, πρέπει να οριστούν οι κατάλληλες προδιαγραφές των δυνατοτήτων των κέντρων παροχής υπηρεσιών και επιπλέον πρέπει να κατανεμηθούν μεγάλα ποσά κεφαλαίου. Τα υψηλά κόστη που συνδέονται με τη διαδικασία της χωροθέτησης κέντρων παροχής υπηρεσιών (Facility Location) μετατρέπουν την οποιαδήποτε έρευνα χωροθέτησης (location project) σε μια διαδικασία μακράς διάρκειας. Έτσι, όλα τα κέντρα παροχής υπηρεσιών τα οποία θα τοποθετήσουμε αναμένεται να

παραμείνουν σε εφαρμογή για ένα εκτεταμένο χρόνο. Ο καθορισμός των καλύτερων θέσεων για κάθε νέο κέντρο παροχής υπηρεσιών αποτελεί λοιπόν μια σημαντική στρατηγική πρόκληση.

- Δεδομένης της υποχρέωσης των υπηρεσιών Ε-Δ να βρίσκονται στο οποιοδήποτε συμβάν μέσα στη περιοχή ευθύνης τους εντός 1,5h αποτελεί κριτήριο επιλογής για εμάς, η κατανομή όσο το δυνατόν περισσότερων συμβάντων (σημείων ζήτησης) στις επιλεγμένες εγκαταστάσεις-αεροδρόμια, εντός αυτού του χρόνου.

- Δεν λαμβάνονται υπόψη επιχειρησιακές απαιτήσεις, υφιστάμενες ή μελλοντικές υποδομές, αρχές οργάνωσης και λειτουργίας των μέσων και υπηρεσιών του ΕΚΣΕΔ ή της ΠΑ, αλλά ούτε και σχέδια και διαταγές που αφορούν τις αποστολές Ε-Δ.

- Η επιλογή των υποψήφιων θέσεων για τη νέα χωροθέτηση των σημείων στάθμευσης των ελικοπτέρων, έγινε από το σύνολο των αεροδρομίων-ελικοδρομίων τα οποία υπάρχουν στη χώρα, σύμφωνα με την επίσημη κατάσταση του Civil Aviation Organisation (ICAO). Ωστόσο, από τη κατάσταση αυτή αφαιρέθηκαν Α/Δ που είτε είναι ανενεργά, είτε είναι πολιτικά και δεν λειτουργούν σε 24ωρη βάση ή δεν έχουν την απαραίτητη υποδομή (όπως τα Α/Δ Κάσου και Α/Δ Ελληνικού κ.α.). Επίσης τυχόν μικρά σε εξυπηρέτηση ελικοδρόμια-αεροδρόμια-αερολέσχες δεν λήφθησαν υπόψη (πχ Α/Δ του Μαραθώνα). Πιο συγκεκριμένα, τα κριτήρια επιλογής Α/Δ παρουσιάζονται στη συνέχεια στο $3^{ο}$ σενάριο της ανάλυσης χωροθέτησης.

- Η χρήση του αεροπλάνου C-130 ως μέσο Ε-Δ δεν λήφθηκε υπόψη στην παρούσα ανάλυση χωροθέτησης, αντίθετα θεωρείται ότι θα εξυπηρετεί επικαλυπτικά τα περιστατικά και όποτε απαιτηθεί (υποστήριξη Ε/Π, ρίψη φωτιστικών, Commnication relay), από μια κεντρική βάση για όλη την επικράτεια. Σε όλα τα υποψήφια Α/Δ θεωρήθηκε ότι εδρεύουν ελικόπτερα SP.

- Από καθαρά πρακτική σκοπιά, τα μοντέλα χωροθετήσεων-κατανομών μπορούν να επιλύσουν τα εξής τρία σημαντικά προβλήματα οργάνωσης χώρου:

  – Το πρόβλημα της βέλτιστης χωροθέτησης p κέντρων παροχή υπηρεσιών, όπου υπάρχει η γενική παραδοχή ότι στη περιοχή δεν υπάρχουν άλλα τέτοια κέντρα (το γενικό πρόβλημα) (Φώτης, 1997).
  – Το πρόβλημα της βέλτιστης χωροθέτησης K επιπλέον κέντρων, με δεδομένα τα υπάρχοντα κέντρα (το προσθετικό πρόβλημα) (Φώτης, 1992).
  – Το πρόβλημα της αναδιοργάνωσης ενός χωρικού συστήματος, όπου δοσμένων p κέντρων παροχής υπηρεσιών σε μια περιοχή, κλείνουν κέντρα τα οποία δεν είναι βέλτιστα χωροθετημένα και ανοίγουν καινούργια σε βέλτιστες θέσεις (το πρόβλημα της αναδιοργάνωσης) (Φώτης και Κουτσόπουλος, 1996). **Στη συγκεκριμένη εργασία το μοντέλο το οποίο ανταποκρίνεται περισσότερο στα δεδομένα και στο υπόψη πρόβλημα, είναι αυτό της αναδιοργάνωσης του χώρου, όπου κάποιες από τις υφιστάμενες 10 βάσεις παραμένουν και κάποιες άλλες δημιουργούνται σε δεδομένες όμως θέσεις (σε αεροδρόμια που ήδη υπάρχουν).**

Πρόκειται να εξεταστούν πέντε σενάρια. Συγκεκριμένα:

➢ Έλεγχος της υπάρχουσας χωροθέτησης-προσδιορισμός του βαθμού εξυπηρέτησης (θα προσδιοριστεί η κατανομή της ζήτησης στην τωρινή κατάσταση των 10 Α/Δ).

➢ Έλεγχος της χωροθέτησης των 6 Α/Δ τα οποία προέκυψαν από την ομαδοποίηση με τη μέθοδο k-means, στη προηγούμενη ενότητα.

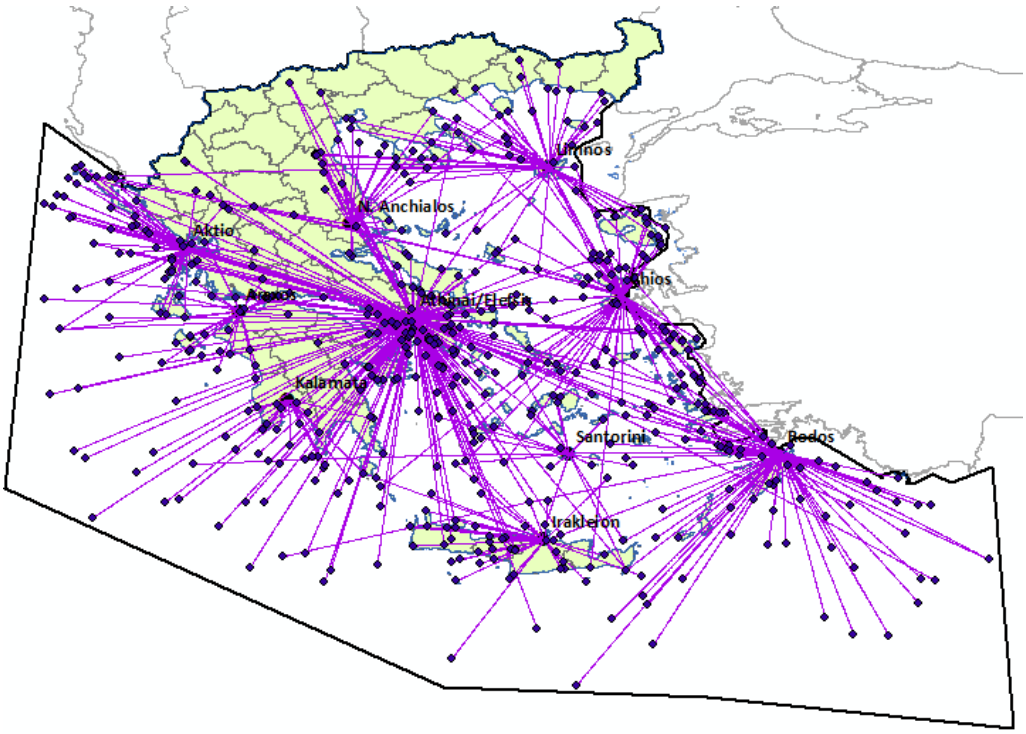
➢ Υλοποίηση νέας χωροθέτησης 10 αεροδρομίων, με υποψήφιες θέσεις το πλήθος των Α/Δ της χώρας, με βάρος το είδος τους (κατάλληλο ή κατάλληλο με προϋποθέσεις), υπό τους προαναφερθέντες περιορισμούς.

➢ Υλοποίηση νέας βέλτιστης χωροθέτησης 8 συνολικά αεροδρομίων, αφού πρώτα εντοπιστούν τα επικρατέστερα κέντρα από το προηγούμενο σενάριο, σε σύγκριση πάντα με την υπάρχουσα κατάσταση, τα οποία και θα οριστούν ως προαπαιτούμενα στην τελική ανάλυση χωροθέτησης-κατανομής.

➢ Υλοποίηση νέας χωροθέτησης 8 αεροδρομίων και με βάρος, τον αριθμό των ανθρώπων οι οποίοι κινδύνευσαν σε κάθε περιστατικό.

5.8.1. Σενάριο 1 - Έλεγχος της υπάρχουσας χωροθέτησης (κάλυψης της ζήτησης)

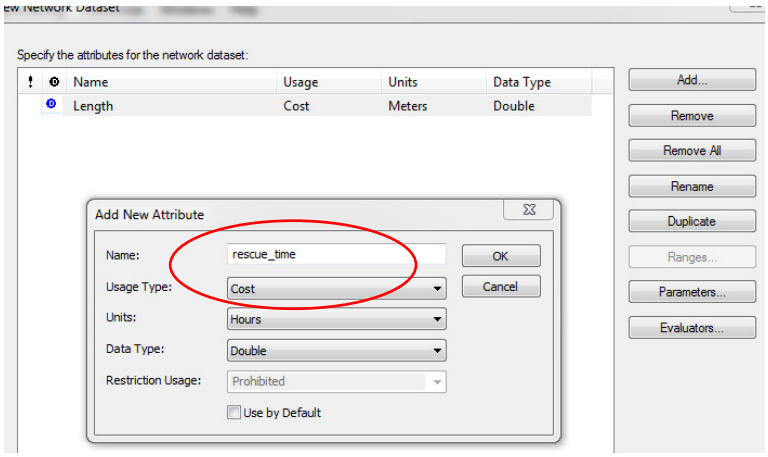
Στην ενότητα αυτή στόχος είναι η αξιολόγηση της χωροθέτησης και του βαθμού εξυπηρέτησης των ήδη υπαρχόντων μονάδων Ε-Δ. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος εντοπίζονται οι υφιστάμενες βάσεις και με τη βοήθεια των εργαλείων του ''Network Analyst'' πραγματοποιείται αξιολόγηση των θέσεων τους, σε σχέση με το κριτήριο του χρόνου της 1,5h, όπου τα ελικόπτερα πρέπει να βρίσκονται στο συμβάν.
Προκειμένου να μπορέσει να εφαρμοστεί η διαδικασία της χωροθέτησης πρέπει αρχικά να δημιουργηθεί ένα δίκτυο δεδομένων (network dataset). Για την δημιουργία αυτού θα χρησιμοποιηθεί το γραμμικό επίπεδο που κατασκευάζεται από τις εντολές ΄΄Proximity→Point Distance΄΄ και ΄΄Data Management Tools→Features→XY to Line΄΄ από τα σημειακά επίπεδα των θέσεων των περιστατικών όλης της περιοχής μελέτης και των Α/Δ από τα οποία εξυπηρετήθηκαν. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 5-39: Δημιουργία γραμμικού δικτύου μεταξύ συμβάντων και βάσεων Ε-Δ.

Πριν εισάγουμε στο δίκτυο δεδομένων το γραμμικό επίπεδο πάνω στο οποίο θα λάβει χώρα η ανάλυση χωροθέτησης, δημιουργούμε δύο νέα πεδία σε αυτό (rescue_time και speed) προκειμένου ο χρόνος επέμβασης να χρησιμοποιηθεί ως συνολική αντίσταση. Στις βάσεις όπου εδρεύουν ελικόπτερα Super Puma ορίστηκε στο πεδίο speed η τιμή 277 km/h, ενώ σε αυτές όπου σταθμεύουν ελικόπτερα AB-205 ορίστηκε η τιμή 222 km/h. Έπειτα, στο πεδίο ΄΄rescue_time΄΄ υπολογίζεται ο χρόνος μετάβασης στο συμβάν σε ώρες, με την εντολή field calculator και Shape_Length/(speed*1000).

Το βασικό στάδιο ακολουθεί στην συνέχεια, όπου ουσιαστικά εισάγεται το χαρακτηριστικό που θα προσδιορίζει το κόστος για το δίκτυο το οποίο είναι το rescue_time (χρόνος για διάσωση) με μονάδα hours. Έτσι, δημιουργείται το τελικό δίκτυο και προστίθεται στο χάρτη με τις ήδη υπάρχουσες πληροφορίες, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα 5-40.



Εικόνα 5-40: Εισαγωγή του κόστους του δικτύου.

Από τα εργαλεία του Network Analyst επιλέγεται το εικονίδιο΄΄Show/Hide Network Analyst Window΄΄ και στη συνέχεια από τη λίστα που ανοίγει επιλέγοντας ΄΄Network Analyst΄΄, επιλέγουμε ΄΄New Location–Allocation΄΄ για τη δημιουργία του προβλήματος χωροθέτησης - κατανομής. Έτσι προστίθεται το επίπεδο της χωροθέτησης – κατανομής στο παράθυρο του ArcMap. Οι κλάσεις που περιλαμβάνει η ανάλυση δικτύου είναι αρχικά άδειες και είναι οι εξής:

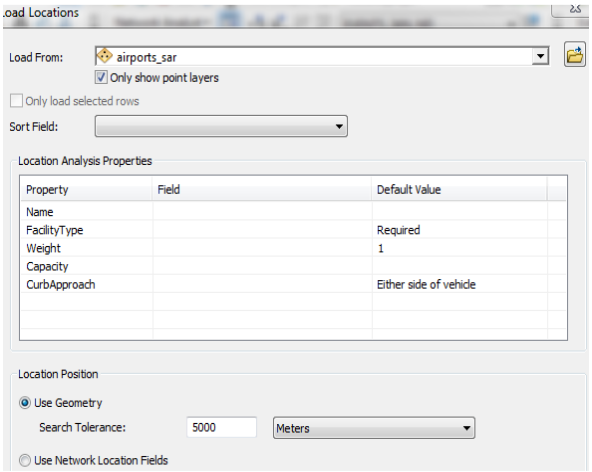
- Facilities
- Demand points
- Lines
- Point barriers
- Line barriers
- Polygon barriers

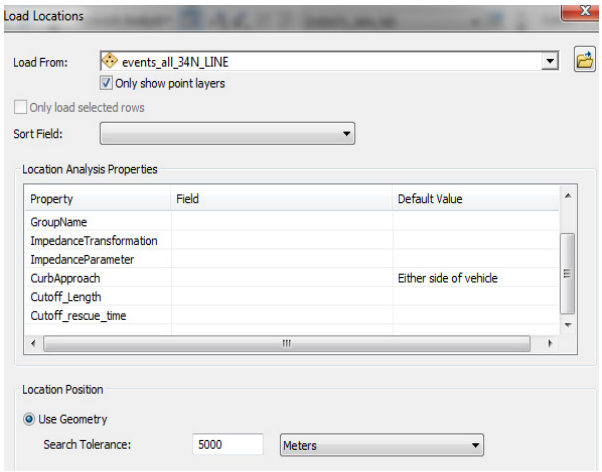
Οι κλάσεις οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στη συγκεκριμένη εργασία είναι οι: facilities (εγκαταστάσεις-Α/Δ) και demand points (σημεία ζήτησης-τα περιστατικά).

→ Ως facilities επιλέξαμε τις θέσεις των 10 υφιστάμενων Α/Δ έρευνας-διάσωσης.
→ Ως demand points επιλέχθηκαν οι 605 καταγεγραμμένες θέσεις των περιστατικών.

Στη συνέχεια, με δεξί κλικ στο επίπεδο ΄΄facilities → load locations΄΄, προστίθενται στο επίπεδο facilities οι υποψήφιες για χωροθέτηση θέσεις. Στην περίπτωση που μελετάμε οι πιθανές θέσεις για Α/Δ είναι οι θέσεις των ήδη υπαρχόντων βάσεων. Στο πεδίο facility type

επιλέγουμε ΄΄required΄΄ από τη λίστα. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούμε τη μέθοδο location-allocation για την αξιολόγηση των ήδη υπαρχόντων θέσεων.
Αφότου εισαχθούν οι θέσεις των Α/Δ στο επίπεδο facilities, με δεξί κλικ στο επίπεδο ΄΄demand points → load locations΄΄, εισάγονται τα σημεία των συμβάντων Ε-Δ.
Οι εικόνες 5-41 και 5-42 δείχνουν τα παράθυρα διαλόγου μέσα από το λογισμικό του ArcMap.

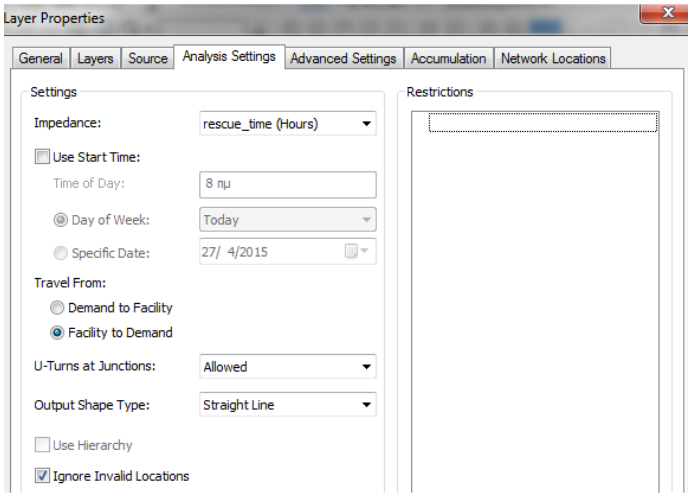




Εικόνα 5-41: Εισαγωγή υφιστάμενων Α/Δ στο επίπεδο «facilities».

Εικόνα 5-42: Εισαγωγή των θέσεων των συμβάντων στο επίπεδο «demand points».

Έπειτα από το μενού του Network Analyst, με κλικ στο εικονίδιο Network Analyst window ανοίγει το παράθυρο ρύθμισης των ιδιοτήτων των επιπέδων:
Στην καρτέλα ΄΄Analysis settings΄΄ στο πεδίο impedance (αντίσταση) επιλέγεται rescue_time (hours) και ΄΄travel from facility to demand΄΄. Η ιδιότητα της αντίστασης αποτελεί καθοριστική παράμετρο για την επίλυση του προβλήματος, καθώς στόχος της ανάλυσης είναι η κατανομή όσο το δυνατόν περισσότερων σημείων ζήτησης στα επιλεγμένα κέντρα υπηρεσιών, με τη μεγαλύτερη δυνατή μείωση της συνολικής αντίστασης.



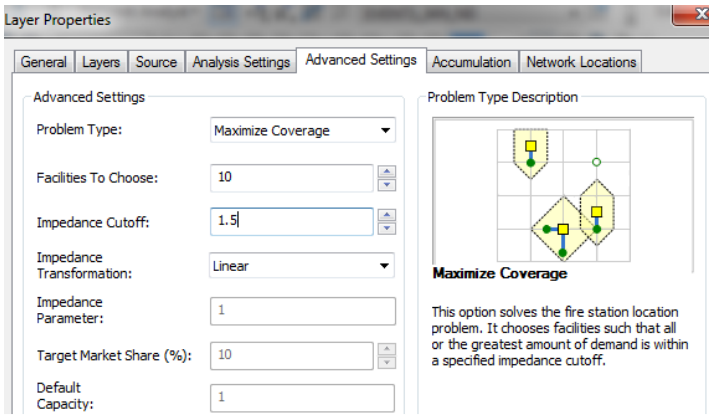
Εικόνα 5-43: Παράθυρο για το καθορισμό της αντίστασης (impedance).

Στην καρτέλα ΄΄advanced settings΄΄ επιλέχθηκαν τα εξής:

- Problem type (ο τύπος προβλήματος): μοντέλο μεγίστης κάλυψης (maximize coverage), δεδομένου ότι οι υπηρεσίες εκτάκτων αναγκών πρέπει να εξυπηρετούν ένα

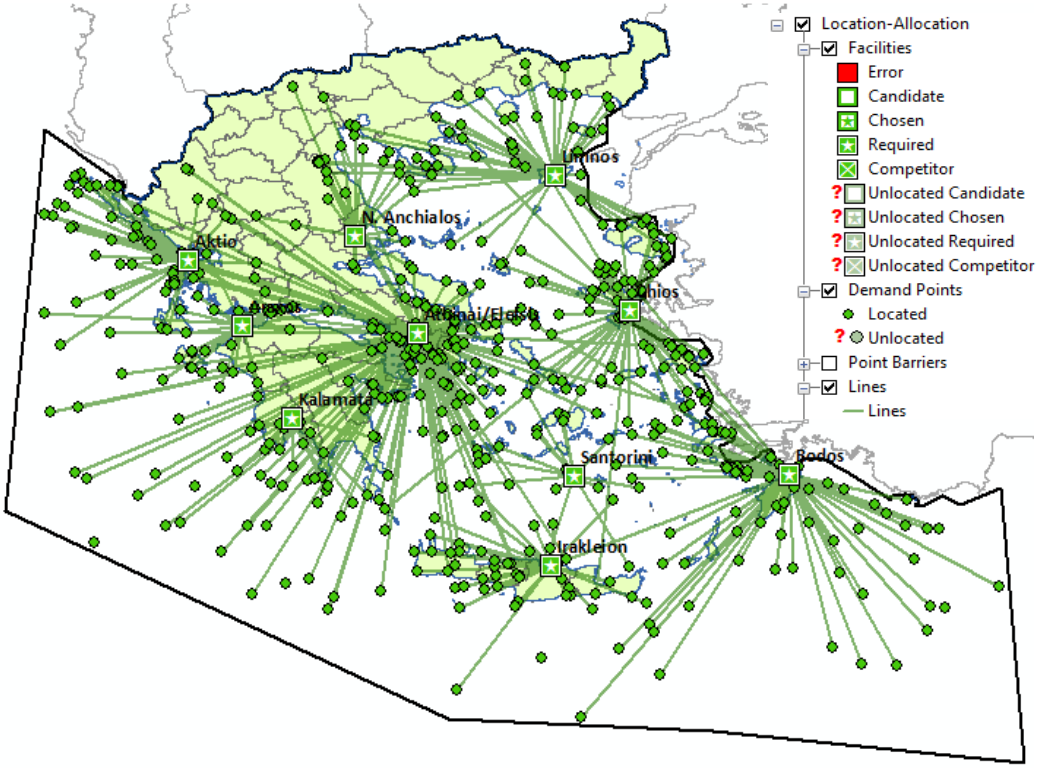
περιστατικό εντός ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Επιλέγονται λοιπόν οι εγκαταστάσεις, στις οποίες το μεγαλύτερο ποσοστό της ζήτησης βρίσκεται μέσα σε ένα καθορισμένο χρόνο.

- Facilities to choose: 10, όσα και τα υφιστάμενα Α/Δ.
- **Impedance cutoff: 1,5h. Εδώ καθορίζεται η οριακή αντίσταση να είναι 1,5 h, δηλαδή ένα περιστατικό δεν θα πρέπει να απέχει από την εκάστοτε εγκατάσταση χρόνο μεγαλύτερο από 1,5 h. Αυτό προκύπτει όπως έχει προαναφερθεί, από τις εθνικές υποχρεώσεις που έχει το ΕΚΣΕΔ/ΑΤ αναφορικά με την έγκαιρη επέμβαση σε ένα συμβάν Ε-Δ οπουδήποτε στη περιοχή ευθύνης του**.



Εικόνα 5-44: Παράθυρο για το καθορισμό του τύπου του προβλήματος και των ιδιοτήτων του.

Στη συνέχεια από το εικονίδιο ΄΄solve΄΄ του Network Analyst πραγματοποιείται η επίλυση της χωροθέτησης – κατανομής και οι γραμμές που προκύπτουν δείχνουν τη σύνδεση των περιστατικών με τα υφιστάμενα Α/Δ. Η επίλυση του προβλήματος έδωσε το παρακάτω αποτέλεσμα:



Εικόνα 5-45: Εφαρμογή Location-Allocation: Απεικόνιση της εξυπηρέτησης από τα υφιστάμενα Α/Δ.

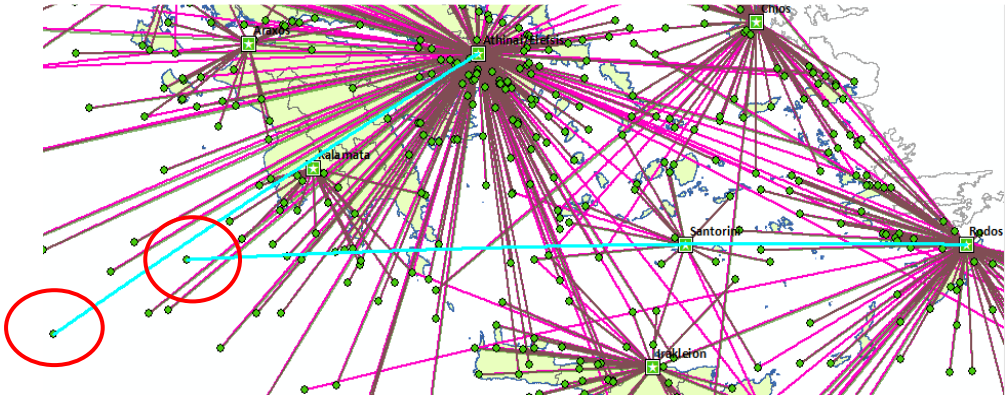
Ο επόμενος πίνακας 5-15 στη συνέχεια, παρουσιάζει τα στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του προβλήματος χωροθέτησης, με μοναδικό κριτήριο την οριακή αντίσταση της 1,5h.

Α/Δ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΘΗΚΑΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ (%)
Ελευσίνα	182	3	105,92	0,58	1,49	30,5
Καλαμάτα	22		6,51	0,29	0,58	3,7
Ρόδος	78	2	38,87	0,49	1,42	13,1
Ν. Αγχίαλος	26		12,62	0,49	0,92	4,4
Χίος	82	2	28,26	0,34	1,35	13,8
Σαντορίνη	19		7,31	0,38	0,60	3,2
Λήμνος	57	1	22,82	0,40	0,89	9,6
Άραξος	34		9,12	0,27	0,49	5,7
Άκτιο	48		19,22	0,40	0,79	8,1
Ηράκλειο	48	1	19,11	0,39	0,87	8,1
ΣΥΝΟΛΟ	**596**	**9**	**269,75**	**4,03**	**9,40**	

Πίνακας 5-15: Εφαρμογή Location-Allocation: Στατιστικά αποτελέσματα υφιστάμενης χωροθέτησης.

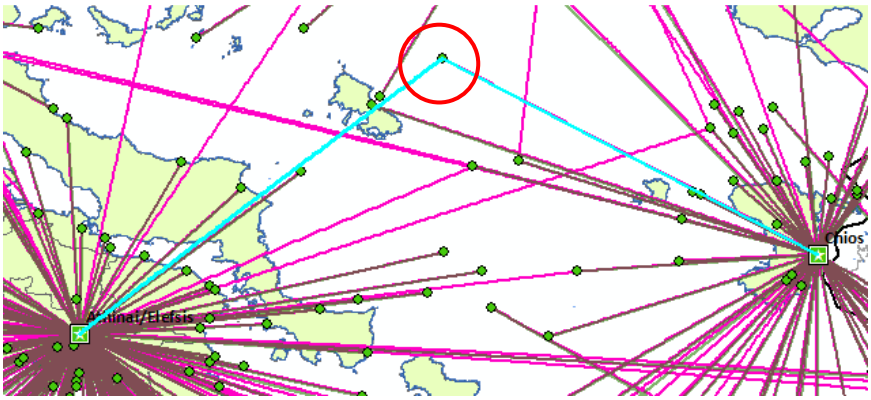
Από τοΝ πίνακα 5-15 διαπιστώνεται, ότι από τα 605 συνολικά περιστατικά τα 596 πληρούσαν το κριτήριο της αντίστασης και συνεπώς τα υπόλοιπα 9 δεν αντιστοιχήθηκαν σε κάποιο Α/Δ, αφού βρίσκονταν εκτός του χρονικού ορίου των 1,5h. Επίσης, με αυτή τη χωροθέτηση η ζήτηση καλύφθηκε σε ποσοστό 98,5%, ενώ ο μέσος χρόνος επέμβασης κάθε Α/Δ που εξυπηρέτησε όλα τα περιστατικά του ήταν αρκετά μικρότερος από το καθορισμένο όριο (εκτός των Α/Δ Ελευσίνας, Λήμνου, Ρόδου και Χίου). Το κόστος χρήσης των ελικοπτέρων για την υφιστάμενη χωροθέτηση των 10 Α/Δ, λαμβάνοντας υπόψη μόνο το συνολικό χρόνο επέμβασης (σε ώρες), ανέρχεται στα 1.831.116, 85 €.

Η επόμενη εικόνα 5-46 δείχνει ένα παράδειγμα 2 σημείων τα οποία κανονικά εξυπηρετήθηκαν από την Ελευσίνα και τη Ρόδο, αλλά ο χρόνος επέμβασης (rescue_time) ήταν αντίστοιχα 1,6h και 2,34 h και ως εκ τούτου δεν αντιστοιχήθηκαν σε κάποιο Α/Δ.



Εικόνα 5-46: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτελέσματα υφιστάμενης χωροθέτησης.

Ακόμα, στη περίπτωση που ένα συμβάν έχει εξυπηρετηθεί από 2 βάσεις-αεροδρόμια εντός του καθορισμένου χρόνου (0,55h-Ελευσίνα και 0,49h-Χίος), τότε η εφαρμογή επιλέγει να κατανείμει τη ζήτηση (το περιστατικό) στο Α/Δ με τη μικρότερη αντίσταση (Χίος) (Εικόνα 5-47).



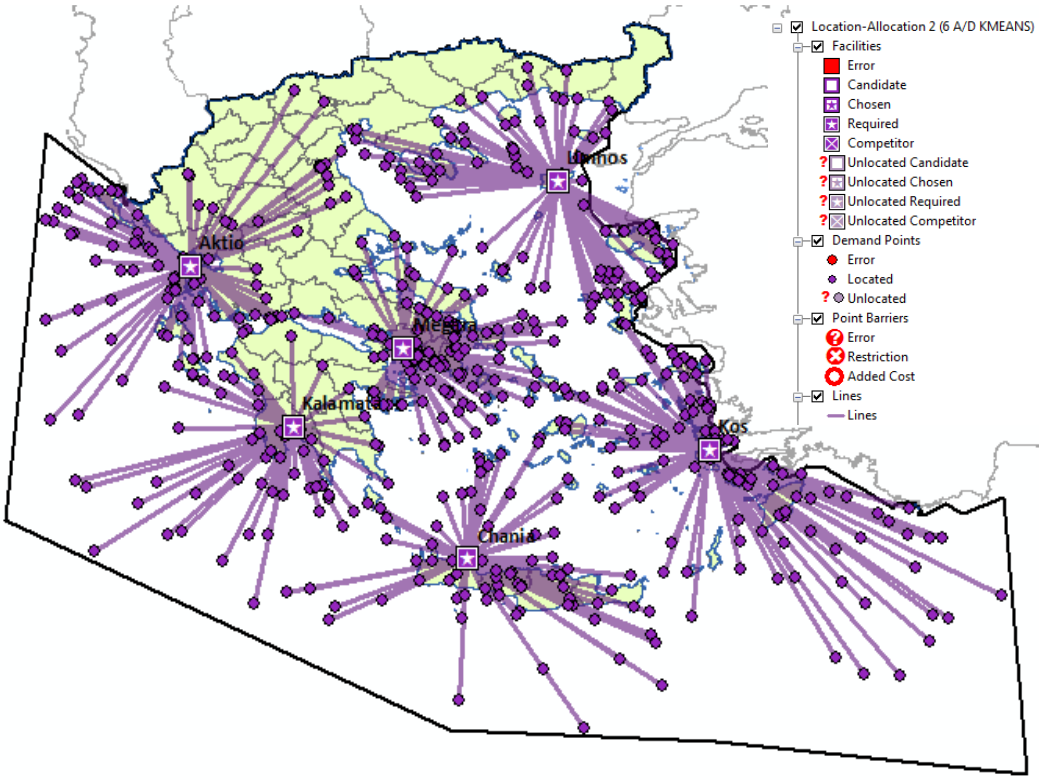
Εικόνα 5-47: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτελέσματα υφιστάμενης χωροθέτησης.

5.8.2. Σενάριο 2 - Έλεγχος χωροθέτησης 6 Α/Δ

Στο σενάριο αυτό ελέγχεται η χωροθέτηση των 6 αεροδρομίων που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων με τον αλγόριθμο k-means. Θα δημιουργηθεί πάλι ένα νέο επίπεδο Location-Allocation, του Network Analyst, στο οποίο ως εγκαταστάσεις (Required facilities) εισάγονται τα 6 Α/Δ (Α/Δ των Μεγάρων, των Χανίων, της Λήμνου, του Άκτιου, της Καλαμάτας και τη Κώ) και ως σημεία ζήτησης, οι θέσεις των 605 περιστατικών.

Προκειμένου να μπορέσει να εφαρμοστεί η διαδικασία της νέας χωροθέτησης πρέπει αρχικά να δημιουργηθεί ένα νέο δίκτυο δεδομένων (network dataset). Για την δημιουργία αυτού θα χρησιμοποιηθεί το γραμμικό επίπεδο που κατασκευάζεται από την εντολή ΄΄Data Management Tools→Features→XY to Line΄΄ από το σημειακό επίπεδο των θέσεων των περιστατικών όλης της περιοχής μελέτης, αφού όμως πρώτα υπολογιστούν όλες οι αποστάσεις τους από όλα τα υποψήφια Α/Δ. Όπως και στο 1^{ο} σενάριο δημιουργούμε δύο νέα πεδία σε αυτό (rescue_time και speed) προκειμένου ο χρόνος επέμβασης να χρησιμοποιηθεί ως συνολική αντίσταση. Σε όλα τα Α/Δ θεωρήσαμε ότι δύναται να τοποθετηθούν ελικόπτερα Super Puma και έτσι ορίστηκε στο πεδίο speed η τιμή της ταχύτητας 277 km/h. Οι υπόλοιπες παράμετροι (Problem type και Facilities to choose) παραμένουν ίδιες με το 1^{ο} σενάριο.

Στη συνέχεια από το εικονίδιο ΄΄solve΄΄ του Network Analyst πραγματοποιείται η επίλυση της χωροθέτησης – κατανομής και οι γραμμές που προκύπτουν δείχνουν τη σύνδεση των περιστατικών με τα επιλεγμένα 6 Α/Δ. Η επίλυση του προβλήματος έδωσε το παρακάτω αποτέλεσμα (Εικόνα 5-48):



Εικόνα 5-48: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτέλεσμα 2ου σεναρίου.

Στη συνέχεια ο πίνακας 5-16, παρουσιάζει τα στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του προβλήματος χωροθέτησης, με μοναδικό κριτήριο πάλι την οριακή αντίσταση της 1,5h.

Α/Δ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ (%)
Μέγαρα	116	32,70	0,28	0,62	19,17
Καλαμάτα	62	23,53	0,38	0,97	10,25
Κως	116	55,36	0,48	1,35	19,17
Λήμνος	100	44,79	0,45	0,80	16,53
Χανιά	93	37,66	0,40	0,98	15,37
Άκτιο	118	50,16	0,43	0,92	19,50
ΣΥΝΟΛΟ	**605**	**244,21**	**2,42**	**5,64**	

Πίνακας 5-16: Εφαρμογή Location-Allocation: Στατιστικά αποτελέσματα 2ου σεναρίου.

Από τον πίνακα 5-16 διαπιστώνεται, ότι όλα τα περιστατικά έχουν κατανεμηθεί σε κάποιο Α/Δ, αφού όλα βρίσκονται εντός του χρονικού ορίου των 1,5h. Με τη νέα χωροθέτηση η ζήτηση καλύφθηκε σε ποσοστό 100%, ενώ τόσο ο συνολικός, όσο ο μέσος και μέγιστος χρόνος επέμβασης από κάθε Α/Δ ήταν πολύ μικρότερος από το αντίστοιχο του 1ου σεναρίου. Το κόστος χρήσης των ελικοπτέρων για αυτή τη χωροθέτηση των 6 Α/Δ, λαμβάνοντας υπόψη μόνο το συνολικό χρόνο επέμβασης (σε ώρες) ανέρχεται στα 1.637.183, 84 €, μειωμένο κατά 193.933,01 € σε σχέση με την υφιστάμενη κατανομή των βάσεων.

5.8.3. Σενάριο 3 - Υλοποίηση νέας χωροθέτησης 10 Α/Δ

Σύμφωνα με το σενάριο αυτό, ως υποψήφιες θέσεις των 10 νέων βάσεων ελικοπτέρων θεωρούνται όλα τα Α/Δ της χώρας, με τους περιορισμούς οι οποίοι θα αναλυθούν στη συνέχεια. Το σύστημα επιλέγει ελεύθερα τις νέες θέσεις των Α/Δ, με μοναδικό περιορισμό την μεγιστοποίηση της κάλυψης, εντός του χρονικού ορίου των 1,5h (maximize coverage model). Σκοπός μας είναι να βρεθούν τα τελικά κέντρα που θα αποτελέσουν τις μόνιμες, απαιτούμενες βάσεις, έτσι ώστε να λάβει χώρα η τελική χωροθέτηση 8 συνολικά Α/Δ στο επόμενο σενάριο και η σύγκρισή τους με την υφιστάμενη κατανομή.

Καταρχήν, προκειμένου να δημιουργηθεί το νέο επίπεδο των εγκαταστάσεων (facilities) από το σύνολο των Α/Δ της χώρας έπρεπε αρχικά να γίνει κατηγοριοποίηση τους με βάση το είδος και το βαθμό υποστήριξης των Ε/Π SAR, και στη συνέχεια να οριστούν κάποια βασικά κριτήρια, ώστε αφενός να αφαιρεθούν από την ανάλυση αυτά τα οποία δεν τα πληρούσαν και αφετέρου να δοθεί ένα αντίστοιχο βάρος στα εναπομείναντα Α/Δ.
Οι απαραίτητες προϋποθέσεις-κριτήρια επιλογής ενός Α/Δ, ως υποψήφια βάση μέσων Ε-Δ είναι:

- Η ύπαρξη κλιμακίου της Πολεμικής Αεροπορίας για την καλύτερη εξυπηρέτηση των πληρωμάτων και των ιπτάμενων μέσων και τη δυνατότητα ελέγχου του αεροδρομίου, όποτε απαιτείτε απογείωση, σε ώρες ιδιαίτερα κατά τις οποίες το Α/Δ είναι εκτός λειτουργίας.

- Η ύπαρξη κατάλληλου καυσίμου για τον ανεφοδιασμό των Ε/Π.

Έτσι λοιπόν, τα 66 Α/Δ της χώρας ταξινομήθηκαν στις παρακάτω 3 κατηγορίες-οι οποίες και ουσιαστικά αποτελούν τα κριτήρια επιλογής των θέσεων των μέσων Ε-Δ:

- Στρατιωτικά Α/Δ (παροχή καλύτερης εξυπηρέτησης Ε/Π και πληρωμάτων σε 24ωρη βάση).
- Πολιτικά Α/Δ (24ωρη λειτουργία, ύπαρξη στρατιωτικού κλιμακίου για την εξυπηρέτηση Ε/Π και πληρωμάτων).
- Πολιτικά Α/Δ τα οποία είτε δεν λειτουργούν σε 24ωρη βάση, είτε δεν διαθέτουν το απαραίτητο στρατιωτικό κλιμάκιο εξυπηρέτησης των Ε/Π.

Ο παρακάτω πίνακας 5-17 παρουσιάζει το σύνολο των Α/Δ, ομαδοποιημένα σε κατάλληλα (πράσινο-σύνολο 27), ακατάλληλα (κόκκινο-σύνολο 26) και κατάλληλα με προϋποθέσεις (μωβ-σύνολο 13):

Α/Α	ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΒΑΡΟΣ
1	LGMR Marathon	Ακατάλληλο	
2	LGLI Lamia	Κατάλληλο με προϋποθέσεις	1
3	LGIK PU Ikaria Ikaria	Κατάλληλο	2
4	LGIR PU Irakleion Iraklion		
5	LGKL MA Kalamata Kalamata		
6	LGKM MA Kavala Amigdhaleon		
7	LGPL PU Astypalaia Astypalaia		
8	LGRP PU Rodos Rhodos		
9	LGSM PU Samos Samos		
10	LGSO PU Syros		
11	LGSR PU Santorini		

12	LGTL MA Kasteli Kasteli		
13	LGHL PR Porto Cheli		
14	LGMG MA Megara		
15	LGAG PU Agrinion Agrinion		
16	LG54 Tympaki		
17	LG55 Kos		
18	LGAX MA Alexandria		
19	LGEP PU Epitalion		
20	LGKJ PU Kastelorizo		
21	LGKS PU Kassos		
22	LGLE PU Leros Platanos		
23	LGKN MN Marathon/Kotroni Marathon Ad		
24	LGPA PU Paros Paros		
25	LGML PU Milos		
26	LGNS PU Kilkis Nea Kavala		
27	LGSD MA Sedes		
28	LGSP PU Sparti Sparti		
29	LGEL MA Athinai/Elefsis		
30	LGHI PU Chios Chios		
31	LGKF PU Kefallinia Kefalina		
32	LGRX JT Araxos Araxos		
33	LGTT MA Dekelia/Tatoi		
34	LGKA PU Kastoria/Aristotelis Kastoria		
35	LGKV PU Kavala Kavala		
36	LGIO PU Ioannina Ioannina		
37	LGKC PU Kithira Kithira		
38	LGKO PU Kos		
39	LGKP PU Karpathos		
40	LGKZ PU Kozani/Filippos Kozani		
41	LGLM PU Limnos Moudros		
42	LGMK PU Mykonos Mikonos		
43	LGSA MA Chania Chania		
44	LGTP MA Tripolis Tripolis		
45	LGTS PU Thessaloniki Thessaloniki		
46	LGZA PU Zakynthos Zakinthos		
47	LG53 Lamia		
48	LG56 Olimboi		
49	LGRD PU Maritsa Rodos-Harbour		
50	LGST PU Sitia Sitia		
51	LGVO Volos		
52	LGBL MA N. Anchialos Nea Anchialos		
53	LGLR MA Larisa Larisa		
54	LGMT PU Mytilini Mitilini -Harbour		
55	LGPZ MA Aktio Preveza		
56	LGSK PU Skiathos Skiathos		
57	LGSY JT Skiros Skiros		
58	LGKR PU Kerkyra Kerkira		
59	LGSV MR Stefanovikion Stefanovikion		
60	LGTY Tympaki		
61	LGAL PU Alexandroupolis Alexandroupolis		
62	LGAV PU Athinai/Eleftherios Venizelos Athens		
63	LGNX PU Naxos Naxos		
64	LGTG MA Tanagra Tanagra		

65	LGAD MA Andravida Amalias		
66	LGAT Athens Athens		

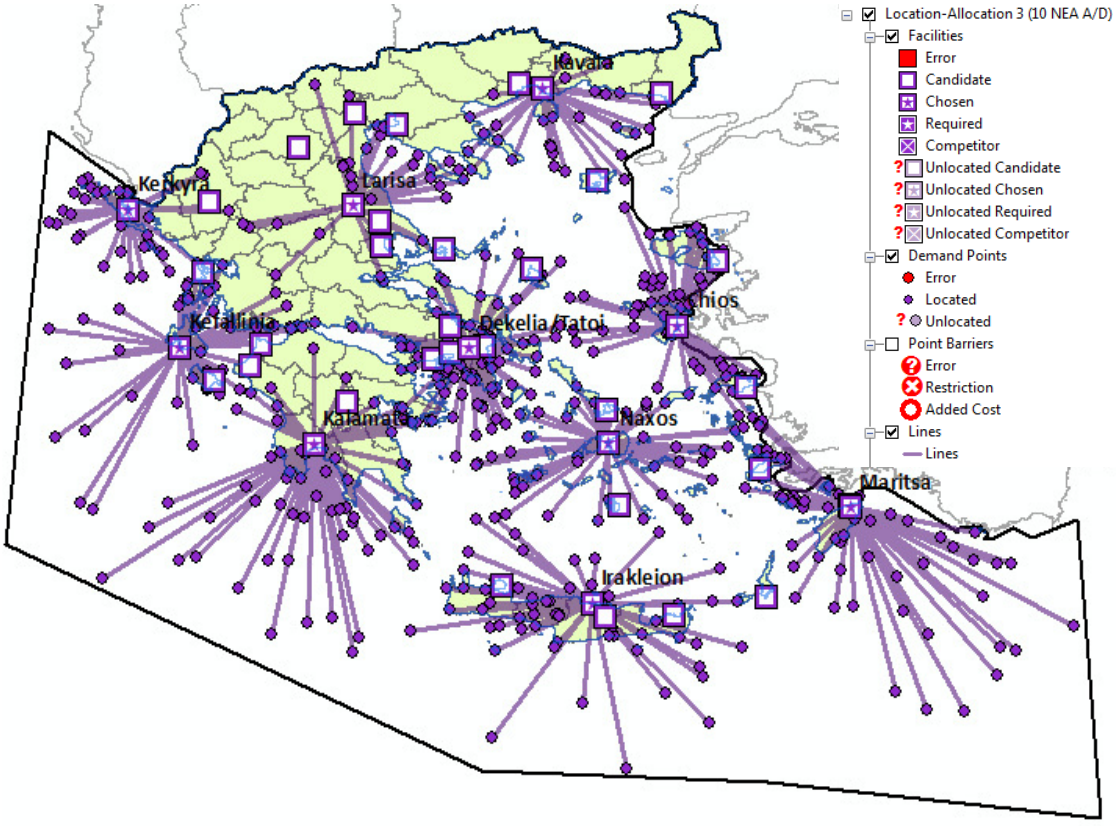
Πίνακας 5-17: Ταξινόμηση των 66 υποψήφιων Α/Δ με βάση την εξυπηρέτηση ελικοπτέρων Ε-Δ.

Με βάση το πίνακα αυτό, χρησιμοποιούνται στην ανάλυση της χωροθέτησης μόνο αυτά τα οποία είναι χαρακτηρισμένα πράσινα και μωβ (σύνολο 40), δίνοντας τώρα βάρος στο είδος του αεροδρομίου, σύμφωνα με τη παραπάνω κατηγοριοποίηση. Σε όλα τα Α/Δ θεωρήσαμε ότι δύναται να τοποθετηθούν ελικόπτερα Super Puma και έτσι ορίστηκε πάλι στο πεδίο speed η τιμή της ταχύτητας 277 km/h. Έπειτα, στο πεδίο ΄΄rescue_time΄΄ υπολογίζεται ο χρόνος μετάβασης στο συμβάν σε ώρες, με την εντολή field calculator και Shape_Length/(speed*1000).

→ Ως facilities επιλέξαμε τις θέσεις των 40 υποψήφιων Α/Δ έρευνας-διάσωσης.
→ Ως demand points επιλέχθηκαν οι 605 καταγεγραμμένες θέσεις των περιστατικών.

Από το επίπεδο ΄΄facilities → load locations΄΄, προστίθενται στο επίπεδο facilities οι υποψήφιες για χωροθέτηση θέσεις. Στην περίπτωση αυτή που μελετάμε οι πιθανές θέσεις για Α/Δ είναι οι θέσεις των 40 κατάλληλων και κατάλληλων με προϋποθέσεις Α/Δ. Στο πεδίο facility type επιλέγουμε Candidate από τη λίστα. Αφότου εισαχθούν οι θέσεις των Α/Δ στο επίπεδο facilities, με δεξί κλικ στο επίπεδο demand points → load locations, εισάγονται τα 605 σημεία των συμβάντων Ε-Δ. Οι επόμενες παράμετροι (Problem type και Facilities to choose) παραμένουν ίδιες με το 1^{ο} σενάριο.

Το αποτέλεσμα (Εικόνα 5-49) παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα5-49: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτέλεσμα 3^{ου} σεναρίου.

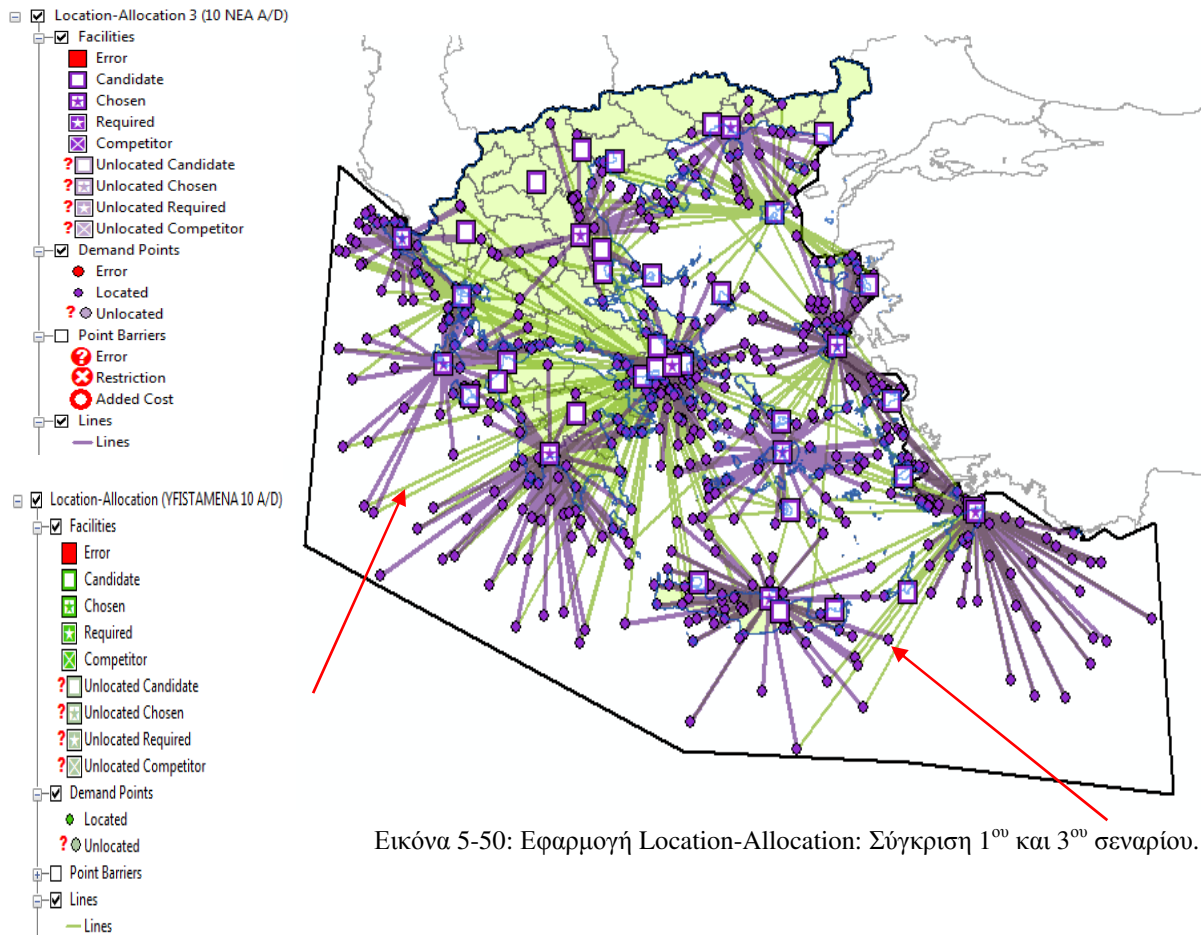
Ο επόμενος πίνακας 5-18 στη συνέχεια, παρουσιάζει τα νέα στατιστικά στοιχεία της τρίτης εφαρμογής του προβλήματος χωροθέτησης, με μοναδικό πάντα κριτήριο την οριακή αντίσταση της 1,5h.

Α/Δ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ (%)
Irakleion	**70**	**ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ**	**23,71**	**0,34**	**0,73**	**11,6**
Kalamata	**62**	**ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ**	**24,49**	**0,39**	**0,97**	**10,3**
Chios	**70**	**ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ**	**18,57**	**0,27**	**0,55**	**11,1**
Kefallinia	63	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	19,01	0,30	0,77	10,4
Dekelia/Tatoi	94	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	20,42	0,22	0,49	15,5
Kavala	40	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	11,08	0,28	0,49	6,6
Maritsa	**62**	**ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ**	**25,08**	**0,40**	**0,99**	**10,3**
Larisa	47	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	13,88	0,29	0,54	7,8
Kerkyra	40	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	8,80	0,22	0,36	6,6
Naxos	57	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	17,87	0,31	0,49	9,4
ΣΥΝΟΛΟ	**605**		**182,91**	**3,53**	**6,38**	

Πίνακας 5-18: Εφαρμογή Location-Allocation: Στατιστικά αποτελέσματα 3^{ου} σεναρίου.

Από τον πίνακα 5-18 διαπιστώνεται, ότι και τα 605 περιστατικά έχουν κατανεμηθεί σε κάποιο Α/Δ, αφού όλα βρίσκονται εντός του χρονικού ορίου των 1,5h. Με τη νέα χωροθέτηση η ζήτηση καλύφθηκε σε ποσοστό 100%, ενώ τόσο ο συνολικός, όσο ο μέσος και μέγιστος χρόνος επέμβασης από κάθε Α/Δ ήταν πολύ μικρότερος από το αντίστοιχο του 1^{ου} σεναρίου. Επίσης, τα Α/Δ του Ηρακλείου, της Καλαμάτας, των Μαριτσών της Ρόδου και της Χίου τα οποία συμπεριλαμβάνονται στη λύση, αποτελούν και υφιστάμενες βάσεις ελικοπτέρων. Το κόστος χρήσης των ελικοπτέρων για αυτή τη χωροθέτηση των 10 νέων Α/Δ, λαμβάνοντας υπόψη μόνο το συνολικό χρόνο επέμβασης (σε ώρες) ανέρχεται στα 1.226.228, 64 €, μειωμένο κατά 604.888,21 € σε σχέση με την υφιστάμενη κατανομή των βάσεων.

Στην παρακάτω εικόνα 5-50 φαίνεται αυτή η διαφορά με την υφιστάμενη κατανομή στο συνολικό χρόνο επέμβασης, αφού πολλά περιστατικά (κόκκινα βέλη) στη πραγματικότητα δεν έχουν εξυπηρετηθεί από το πλησιέστερο Α/Δ.



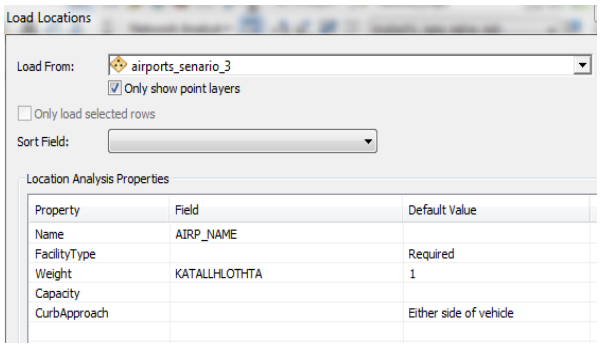
Εικόνα 5-50: Εφαρμογή Location-Allocation: Σύγκριση 1ου και 3ου σεναρίου.

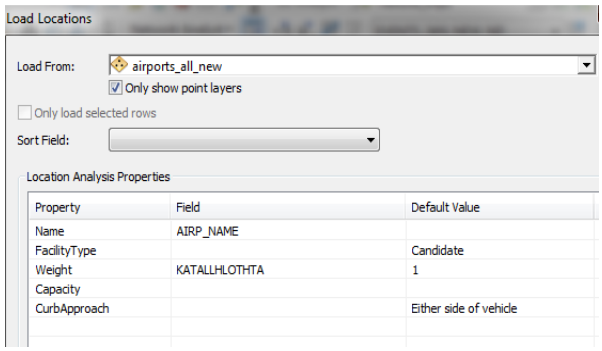
5.8.4. Σενάριο 4 - Υλοποίηση βέλτιστης χωροθέτησης 8 συνολικά Α/Δ

Μελετάται εδώ το τελικό σενάριο της χωροθέτησης επιπλέον 4 νέων υποψήφιων αεροδρομίων, από τα συνολικά 8 που θα αποτελέσουν το κορμό των βάσεων των ελικοπτέρων Ε-Δ. Ο αριθμός αυτός επιλέχτηκε με σκοπό να εξεταστεί η μείωση των υφιστάμενων αεροδρομίων από 10 σε 8 και να ελεγχθεί τόσο ο νέος βαθμός εξυπηρέτησης, όσο και το κόστος που προκαλείται από τη νέα αυτή χωροθέτηση.

Ζητείται λοιπόν η επαναχωροθέτηση τεσσάρων κέντρων, κρατώντας σταθερά τα 4 κέντρα τα οποία προέκυψαν από το προηγούμενο σενάριο και που είναι ίδια με τα τωρινά Α/Δ έρευνας-διάσωσης. Δημιουργείται αρχικά ένα νέο επίπεδο Location-Allocation, του Network Analyst, όπου ως υποψήφιες εγκαταστάσεις (Candidate facilities) εισάγονται τα 40 Α/Δ, ενώ ως απαιτούμενες και οπωσδήποτε μέρος της λύσης (Required facilities) εισάγονται τα 4 Α/Δ που επιλέχτηκαν από το προηγούμενο σενάριο (τα Α/Δ του Ηρακλείου, της Καλαμάτας, των Μαριτσών της Ρόδου και της Χίου).

Οι εικόνες 5-51 και 5-52 δείχνουν τα παράθυρα διαλόγου ΄΄load locations΄΄ μέσα από το λογισμικό του ArcMap, ενώ ο τύπος του προβλήματος, καθώς και όλες οι υπόλοιπες παράμετροι παραμένουν ίδιες.

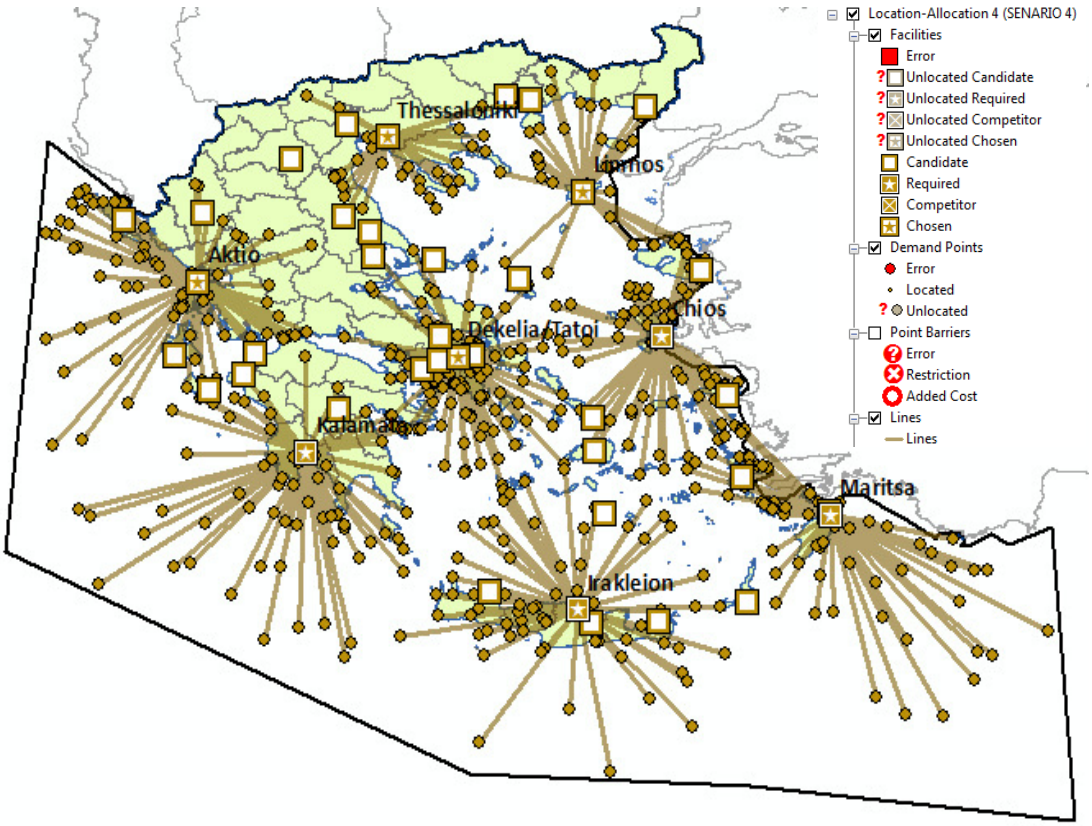




Εικόνα 5-51: Εισαγωγή προαπαιτούμενων Α/Δ στο επίπεδο «facilities».

Εικόνα 5-52: Εισαγωγή υποψήφιων Α/Δ στο επίπεδο «facilities».

Κάνοντας μια νέα χωροθέτηση στις εν λόγω 40 εναπομένουσες θέσεις και ζητώντας τη χωροθέτηση 8 αεροδρομίων, οι γραμμές οι οποίες προκύπτουν δείχνουν τη σύνδεση των περιστατικών με τα επιλεγμένα (chosen) Α/Δ. Η επίλυση του προβλήματος έδωσε το παρακάτω αποτέλεσμα:



Εικόνα5-53: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτέλεσμα 4^{ου} σεναρίου.

Ο επόμενος πίνακας 5-19, παρουσιάζει τα νέα στατιστικά στοιχεία της τέταρτης εφαρμογής του προβλήματος χωροθέτησης, με μοναδικό κριτήριο την οριακή αντίσταση της επέμβασης στο συμβάν εντός 1,5h και απαιτούμενο αριθμό 8 εγκαταστάσεων.

Α/Δ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ (%)
Irakleion	88	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	32,76	0,37	0,73	14,6
Kalamata	75	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	31,04	0,41	0,97	12,4
Chios	84	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	25,86	0,31	0,62	13,9
Thessaloniki	46	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	12,49	0,27	0,44	7,6
Dekelia/Tatoi	111	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	28,68	0,26	0,62	18,3
Aktio	97	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	34,29	0,35	0,89	16,0
Maritsa	66	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	27,25	0,41	0,99	10,9
Limnos	38	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	11,16	0,29	0,54	6,3
ΣΥΝΟΛΟ	**605**		**203,53**	**2,67**	**5,80**	

Πίνακας 5-19: Εφαρμογή Location-Allocation: Στατιστικά αποτελέσματα 4^{ου} σεναρίου.

Από τον πίνακα 5-19 διαπιστώνεται καταρχήν, ότι και τα 605 περιστατικά έχουν εξυπηρετηθεί από το επιλεγμένο Α/Δ, εντός του χρονικού ορίου των 1,5h. Με τη νέα χωροθέτηση η ζήτηση καλύφθηκε πάλι σε ποσοστό 100%, ενώ τόσο ο συνολικός, όσο ο μέσος και μέγιστος χρόνος επέμβασης από κάθε Α/Δ ήταν πολύ μικρότερος από το αντίστοιχο του 1^{ου} σεναρίου (υφιστάμενη χωροθέτηση). Το κόστος χρήσης των ελικοπτέρων για αυτή τη χωροθέτηση των 8 νέων Α/Δ, λαμβάνοντας υπόψη μόνο το συνολικό χρόνο επέμβασης (σε ώρες) και όχι το λοιπό κόστος υποστήριξης των μέσων, ανέρχεται στα 1.364.465,12 €, μειωμένο κατά 466.651,73 € σε σχέση με την υφιστάμενη κατανομή των βάσεων.

5.8.5. Σενάριο 5 - Υλοποίηση νέας χωροθέτησης 8 Α/Δ με βάρος στα περιστατικά Ε-Δ

Μελετάται σε αυτό το τελευταίο σενάριο της ανάλυσης χωροθέτησης η περίπτωση δημιουργίας 8 νέων κέντρων εξυπηρέτησης-αεροδρόμια, δίνοντας βάρος όχι μόνο στο είδος του αεροδρομίου, όπως αυτό αναλύθηκε στη παράγραφο 5.8.3, αλλά και στο αριθμό των ανθρώπων οι οποίοι κινδύνευψαν σε κάθε περιστατικό.

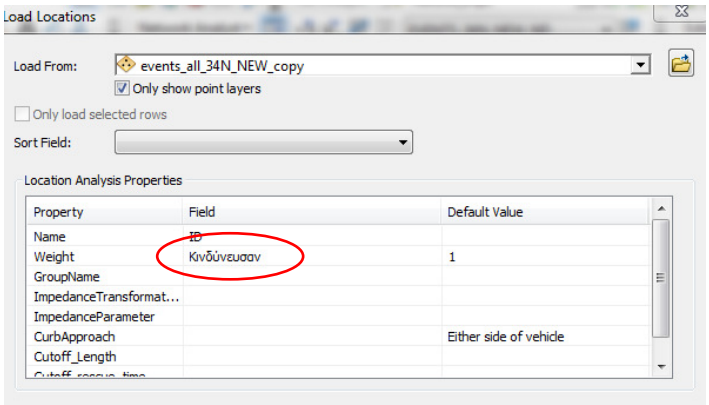
Ανεξάρτητα από τη φύση του περιστατικού, από την στιγμή που κινδυνεύει άνθρωπος η αρχική αντίδραση παραμένει η ίδια. Βασικό στοιχείο το οποίο διαφοροποιεί την ένταση η οποία θα δοθεί στην αρχική αντίδραση, δηλαδή ο αριθμός των Ε/Π έρευνας-διάσωσης τα οποία θα χρησιμοποιηθούν παράλληλα, είναι ο αριθμός των ανθρώπων οι οποίοι κινδυνεύουν (π.χ. πλοίο με 40 άτομα). Είναι δε εύκολα κατανοητό, ότι ένα και μόνο Ε/Π δεν θα μπορέσει να ολοκληρώσει την διάσωση, λόγω περιορισμών στην χωρητικότητα. Ακόμα και σε αυτή την περίπτωση το περιστατικό αξιολογείται από τις εισερχόμενες πληροφορίες, για την αμεσότητα της διάσωσης. Δηλαδή εάν η κατάσταση του υποκείμενου της διάσωσης είναι τέτοια ώστε να δίνει την άνεση του χρόνου, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα και μόνο μέσο με την προοπτική να εκτελέσει όσες αποστολές απαιτηθούν. Αλλά και πάλι η κατάσταση αξιολογείται, όσον αφορά την κατάσταση των διασωθέντων, αλλά και το διαθέσιμο κατάλληλο μέρος για να αποβιβάσει το Ε/Π τους πρώτους διασωθέντες (εγγύτητα ως προς την περιοχή του συμβάντος).

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, έγινε μια νέα ανάλυση χωροθέτησης-κατανομής.

Ο τύπος του προβλήματος, καθώς και όλες οι υπόλοιπες παράμετροι παραμένουν ίδιες:

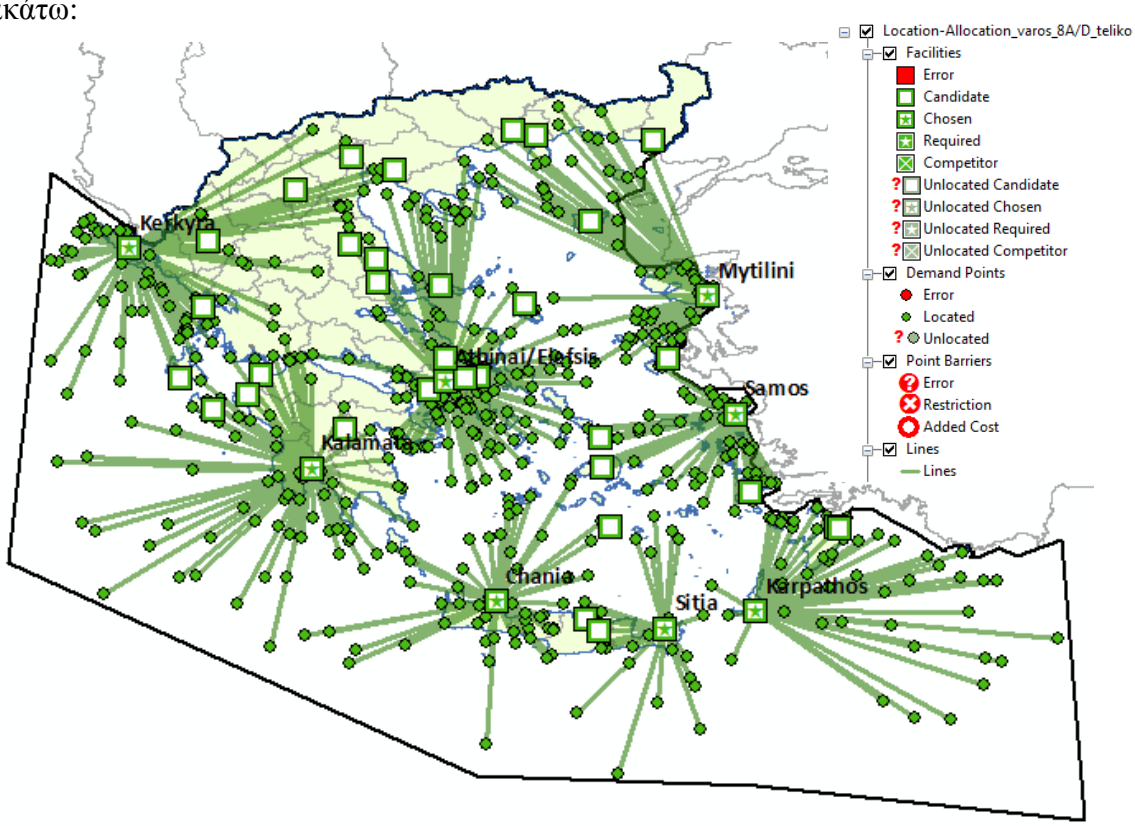
→ Ως facilities επιλέξαμε τις θέσεις των 40 υποψήφιων Α/Δ έρευνας-διάσωσης, με βάρος στη καταλληλότητα του Α/Δ.
→ Ως demand points επιλέχθηκαν οι 605 καταγεγραμμένες θέσεις των περιστατικών, με βάρος στον αριθμό των ατόμων που κινδύνευαν σε κάθε συμβάν.

Η εικόνα 5-54 δείχνει το παράθυρα διαλόγου ''load locations'' μέσα από το λογισμικό του ArcMap, όπου ως βάρος στα σημεία ζήτησης δίνεται ο αριθμός των ατόμων που κινδύνευαν.



Εικόνα 5-54: Εισαγωγή σημείων ζήτησης με βάρος, στο επίπεδο «demand points».

Το τελικό αποτέλεσμα (Εικόνα 5-55) της ανάλυσης του σεναρίου αυτού παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 5-55: Εφαρμογή Location-Allocation: Αποτέλεσμα 5ου σεναρίου.

Α/Δ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ (%)
Samos	61	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	16,95	0,28	0,57	10,1
Kalamata	84	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	36,05	0,43	0,97	13,9
Athinai/Elefsis	136	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	46,52	0,34	1,02	22,5
Karpathos	50	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	27,81	0,56	1,17	8,3
Chania	67	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	21,40	0,32	0,74	11,1
Sitia	32	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	8,30	0,26	0,69	5,3
Mytilini	80	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	39,24	0,49	1,06	13,2
Kerkyra	95	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ	43,40	0,46	0,96	15,7
ΣΥΝΟΛΟ	**605**		**239,67**	**3,14**	**7,18**	

Πίνακας 5-20: Εφαρμογή Location-Allocation: Στατιστικά αποτελέσματα 5^{ου} σεναρίου.

Ο πίνακας 5-20, παρουσιάζει τα στατιστικά στοιχεία της πέμπτης εφαρμογής του προβλήματος χωροθέτησης-κατανομής, με μοναδικό κριτήριο την οριακή αντίσταση της επέμβασης στο συμβάν εντός 1,5h, απαιτούμενο αριθμό 8 εγκαταστάσεων και βάρος τόσο στα Α/Δ, όσο και στα ίδια τα περιστατικά.

Από τον πίνακα 5-20 διαπιστώνεται, ότι όλα τα περιστατικά έχουν κατανεμηθεί σε κάποιο Α/Δ, αφού όλα βρίσκονται εντός του χρονικού ορίου των 1,5h. Με τη νέα χωροθέτηση έχουμε κάλυψη της ζήτησης σε ποσοστό 100%, ενώ πάλι τόσο ο συνολικός, όσο ο μέσος και μέγιστος χρόνος επέμβασης από κάθε Α/Δ ήταν πολύ μικρότερος από το αντίστοιχο του 1ου σεναρίου (υφιστάμενη κατανομή). Το κόστος χρήσης των ελικοπτέρων για αυτή τη νέα χωροθέτηση των 8 Α/Δ, με βάρος τον αριθμό των ατόμων τα οποία κινδύνεψαν, λαμβάνοντας υπόψη μόνο το συνολικό χρόνο επέμβασης (σε ώρες) ανέρχεται στα 1.606.747,68 €, μειωμένο κατά 224.369,17 € σε σχέση με την υφιστάμενη κατανομή των βάσεων.

5.9. Αποτελέσματα Ανάλυσης Χωροθέτησης-Κατανομής

Στη προηγούμενη ενότητα 5.8 έλαβε χώρα η ανάλυση χωροθέτησης-κατανομής των βάσεων των ελικοπτέρων Ε-Δ, με τη χρήση του μοντέλου μεγίστης κάλυψης. Έτσι διατυπώθηκαν συνολικά πέντε εναλλακτικά σενάρια, συμπεριλαμβανομένης και της εξέτασης της υπάρχουσας κατανομής των ελικοπτέρων στα αεροδρόμια, με απώτερο σκοπό την έγκαιρη αντιμετώπιση των περιστατικών οπουδήποτε απαιτηθεί.

Στον παρακάτω πίνακα 5-21 συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα από όλα τα σενάρια συγκρίνοντας τη καταλληλότητα του αεροδρομίου, σύμφωνα με τις παραδοχές που έχουν τεθεί, τις τιμές του χρόνου επέμβασης (rescue_time), συνολικού, μέσου, μέγιστου και τυπικής απόκλισης, του αριθμού των περιστατικών τα οποία εξυπηρετήθηκαν εντός του δοσμένου χρονικού ορίου, του εμβαδού κάλυψης συνολικά του FIR, καθώς και του κόστους που προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους παραπάνω χρόνους μετάβασης στο συμβάν.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ / ΣΕΝΑΡΙΟ	**(1)** **ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 10 Α/Δ**	**(2)** **ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ 6 Α/Δ (K-MEANS)**	**(3)** **ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ 10 ΝΕΩΝ Α/Δ ΜΕ ΒΑΡΟΣ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΩΝ Α/Δ**	**(4)** **ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ 8 ΝΕΩΝ Α/Δ ΜΕ ΒΑΡΟΣ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΩΝ Α/Δ**	**(5)** **ΝΕΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ 8 Α/Δ ΜΕ ΒΑΡΟΣ ΣΤΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ**
ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ (%)	98,5	100	100	100	100
ΚΑΤΑΛ/ΤΑ Α/Δ	8 ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ-2 ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	6 ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ	5 ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ-5 ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	**6 ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ-2 ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ**	**6 ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ-2 ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΜΕ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ**
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	269,75	244,21	**182,91**	203,53	239,67
ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	4,03	**2,42**	3,53	2,67	3,14
ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ (ΣΕ ΩΡΕΣ)	9,40	**5,64**	6,38	5,80	7,18
ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΧΡΟΝΟΥ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ	0,32	0,23	**0,17**	0,18	0,25
ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕΣΩΝ (ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΧΡΟΝΟ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ)	1.831.116, 85 €	1.637.183, 84 €	**1.226.228, 64 €**	1.364.465,12 €	1.606.747,68 €
ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ FIR (%)	71,5	83,2	**90,5**	89,5	86,8

Πίνακας 5-21: Συγκριτικά αποτελέσματα όλων των σεναρίων.

Προκειμένου να υιοθετηθεί το βέλτιστο σενάριο κατανομής των ελικοπτέρων, που έχει στη διάθεσή του το ΕΚΣΕΔ/ΑΤ για την αντιμετώπιση των συμβάντων, δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στους χρόνους μετάβασης στο συμβάν, στο ποσοστό κάλυψης της ζήτησης και της περιοχής ευθύνης (FIR) και στη δυνατότητα παροχής υποστήριξης (καταλληλότητα) από το αεροδρόμιο το οποίο έχει προκριθεί σε κάθε λύση. Δεδομένου δηλαδή ότι βασικό κριτήριο στο πρόβλημα που μελετάται είναι η ελαχιστοποίηση της συνολικής αντίστασης, που εδώ είναι ο χρόνος επέμβασης, υπάρχει απαίτηση ώστε τόσο ο μέσος, όσο και ο μέγιστος χρόνος να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος. Επίσης, όσον αφορά τη τυπική απόκλιση του χρόνου μετάβασης στο συμβάν, αυτή επιθυμείται να είναι πάλι όσο γίνεται μικρότερη, αφού αποτελεί δείκτη ομοιομορφίας της χρονικής κατανομής της ζήτησης (περιστατικά) στα επιλεγμένα Α/Δ. Σχετικά ακόμα με το βαθμό εξυπηρέτησης της ζήτησης εντός του χρόνου των 1,5h, είναι ανάγκη να είναι όσο γίνεται μεγαλύτερος, ώστε να τηρείται η υποχρέωση για αποτελεσματική κάλυψη όσο περισσότερων συμβάντων.

Έπειτα από τις παραπάνω παραδοχές, πραγματοποιείται η σύγκριση όλων των σεναρίων με την υπάρχουσα κατάσταση-χωροθέτηση και τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

✓ Το σενάριο 2-χωροθέτηση 6 Α/Δ από την ανάλυση με k-means (Μέγαρα, Καλαμάτα, Κως, Λήμνος, Χανιά, Άκτιο) φαίνεται να βελτιώνει την υφιστάμενη κατάσταση, αφού το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης και του FIR είναι μεγαλύτερο, ενώ οι μέσοι και μέγιστοι χρόνοι επέμβασης είναι μικρότεροι σε σχέση με τη τωρινή κατάσταση. Εντούτοις, ο αριθμός των προτιμώμενων Α/Δ είναι αρκετά μικρός και από το μεγάλο συνολικό χρόνο επέμβασης φαίνεται ότι δεν είναι ικανός να καλύψει έγκαιρα μελλοντικά ή ταυτόχρονα συμβάντα σε όλη την επικράτεια. Επίσης, και το κόστος χρήσης των μέσων δεν είναι αξιόλογα μικρότερο από την υφιστάμενη χωροθέτηση.

✓ Το σενάριο 3-χωροθέτηση 10 νέων Α/Δ (Ηράκλειο, Καλαμάτα, Χίος, Κεφαλονιά, Δεκέλεια, Καβάλα, Ρόδος, Λάρισα, Κέρκυρα και Νάξος) κατέχει το μικρότερο συνολικό χρόνο μετάβασης στο συμβάν και τη μικρότερη τυπική απόκλιση του χρόνου επέμβασης στο κάθε περιστατικό, το οποίο σημαίνει ότι η κατανομή των Α/Δ καλύπτει ικανοποιητικά, οπουδήποτε και αν συμβεί, κάποιο περιστατικό. Αντίστοιχα, το κόστος χρήσης των μέσων είναι επίσης το μικρότερο, αφού οι χρόνοι επέμβασης σε κάθε περιστατικό είναι τώρα αρκετά πιο μειωμένοι. Αναφορικά με το ποσοστό κάλυψης του FIR, η χωροθέτηση αυτή καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής ευθύνης του ΕΚΣΕΔ από όλα τα εναλλακτικά σενάρια. Στην εικόνα 5-49 φαίνεται ξεκάθαρα ότι όλος ο ελληνικός χώρος καλύπτεται πλήρως από Β-Ν και από Α-Δ. Το μειονέκτημα του σεναρίου αυτού έγκειται στη καταλληλότητα μερικών από τα επιλεγμένα Α/Δ και στην οικονομική δυνατότητα και θέληση από πλευράς κρατικών φορέων να αναδιοργανώσουν την υφιστάμενη κατανομή των μέσων και να διαθέσουν πόρους και μέσα. Από τα 10 δηλαδή προτεινόμενα αεροδρόμια, στα 2 (Νάξο και Καβάλα) δεν υφίσταται συνεχές ωράριο λειτουργίας, ωστόσο υπάρχει στρατιωτικό κλιμάκιο για την ενδεχόμενη υποστήριξη των πληρωμάτων και μέσων Ε-Δ που θα εδρεύουν εκεί. Στη Κεφαλονιά, δεν υφίσταται συνεχές ωράριο λειτουργίας του Α/Δ, ενώ υπάρχει θεωρητικά η δυνατότητα για δημιουργία ενός κλιμακίου υποστήριξης.

✓ Το σενάριο 4-χωροθέτηση 8 Α/Δ (Ηράκλειο, Καλαμάτα, Χίος, Θεσσαλονίκη, Δεκέλεια, Άκτιο, Ρόδος και Λήμνος) κατέχει σχεδόν τον ίδιο με το 2^{ο} σενάριο, το μικρότερο μέσο και μέγιστο χρόνο μετάβασης στο συμβάν και τη μικρότερη, μαζί με το 3^{ο} σενάριο, τυπική απόκλιση του χρόνου επέμβασης στο κάθε περιστατικό, το οποίο σημαίνει ότι και σε αυτή τη περίπτωση η κατανομή των Α/Δ καλύπτει ικανοποιητικά όλη τη περιοχή ευθύνης. Το κόστος χρήσης των μέσων είναι ελάχιστα μεγαλύτερο από αυτό του 3^{ου} σεναρίου, αφού τώρα τα διαθέσιμα αεροδρόμια είναι λιγότερα και οι συνολικοί χρόνοι επέμβασης στο περιστατικό μεγαλύτεροι. Αναφορικά με το ποσοστό κάλυψης του FIR, η χωροθέτηση αυτή των 8 βάσεων κατέχει τη δεύτερη θέση με μόλις 1% διαφορά από το σενάριο των 10 νέων Α/Δ. Ως προς τη καταλληλότητα των αεροδρομίων, θα λέγαμε ότι είναι το καλύτερο σενάριο, αφού τα 6 προτεινόμενα Α/Δ είναι ήδη βάσεις ελικοπτέρων, η Δεκέλεια αποτελεί στρατιωτικό αεροδρόμιο και η Θεσσαλονίκη είναι διεθνές Α/Δ, κατάλληλο για την υποστήριξη αποστολών Ε-Δ και στο οποίο υφίσταται μονάδα της Πολεμικής Αεροπορίας, η 113ΠΜ, η οποία εξυπηρετεί τα πυροσβεστικά αεροσκάφη τα οποία εδρεύουν εκεί.

✓ Το σενάριο 5-νέα χωροθέτηση 8 Α/Δ (Κέρκυρα, Καλαμάτα, Χανιά, Σιτία, Κάρπαθος, Σάμος, Μυτιλήνη και Ελευσίνα) με βάρος τον αριθμό των ατόμων τα οποία κινδύνευψαν, ενώ φαίνεται να βελτιώνει την υφιστάμενη κατάσταση, αφού όλοι οι δείκτες είναι καλύτεροι σε σχέση με τη τωρινή κατάσταση εντούτοις, ο μεγάλος συνολικός χρόνος επέμβασης και αντίστοιχα το κόστος χρήσης των μέσων οδηγούν στη διαπίστωση ότι δεν αποτελεί τη πλέον αποδεκτή πρόταση από πλευράς οικονομικής και επιχειρησιακής. Επίσης, από την εικόνα 5-

55 φαίνεται ότι ένα μεγάλο μέρος του βόρειου τμήματος του FIR δεν καλύπτεται πλήρως από την εμβέλεια των ιπτάμενων μέσων.
Το συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω, είναι ότι το σενάριο 4 - χωροθέτηση 8 Α/Δ (Ηράκλειο, Καλαμάτα, Χίος, Θεσσαλονίκη, Δεκέλεια, Άκτιο, Ρόδος και Λήμνος) φαίνεται να αποτελεί τη βέλτιστη λύση για τη κατανομή των ελικοπτέρων έρευνας-διάσωσης σε 8 θέσεις-Α/Δ στη περιοχή μελέτης, ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη διάθεση των μέσων και η καλύτερη δυνατή αντιμετώπιση των συμβάντων τα οποία θα προκύψουν στο μέλλον. Αναλυτικότερα,

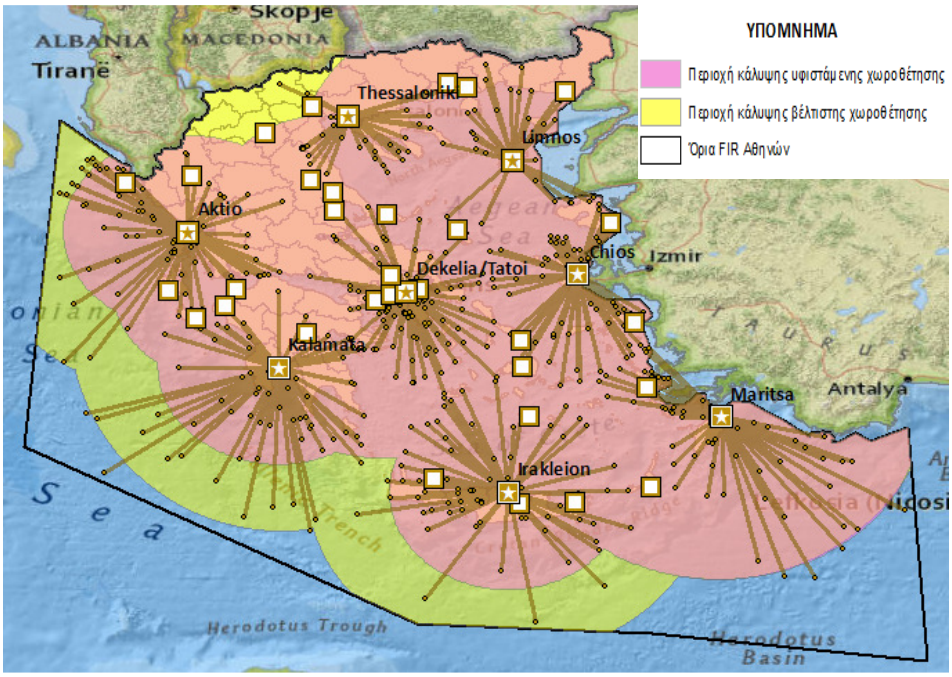
- Στις βάσεις αυτές θα εδρεύουν, όπως προαναφέρθηκε, μόνο ελικόπτερα SP με εμβέλεια 135 νμ.

- Η μείωση του αριθμού των βάσεων από 10 που είναι σήμερα σε 8, θα έχει αφενός θετικά αποτελέσματα ως προς το οικονομικό κόστος χρήσης των μέσων, και αφετέρου απαντάται το ερώτημα αν αξίζει να προσθέσουμε και φυσικά να ξοδέψουμε χρήματα για 2 επιπλέον κέντρα, όταν αυτά θα καλύψουν μόνο 1% επιπλέον της περιοχής του FIR.

- Εξάλλου, η χωροθέτηση που προέκυψε δεν διαφέρει ουσιαστικά από την υφιστάμενη, όπου αντί για τη Δεκέλεια χρησιμοποιείται ήδη η Ελευσίνα με ελικόπτερα SP και αεροπλάνα C-130, αφαιρέθηκε το Α/Δ του Άραξου από τη κατανομή, αλλά τώρα επανδρώθηκαν η Καλαμάτα και το Άκτιο με τα σύγχρονα ελικόπτερα SP αντί για τα παρωχημένα AB-205. Αφαιρέθηκε επίσης η Σαντορίνη και στη θέση της αναβαθμίστηκαν τα ελικόπτερα του Ηρακλείου σε SP, ώστε να καλυφθεί καλύτερα η περιοχή του κεντρικού και νότιου πελάγους. Τη θέση του Α/Δ της Αγχιάλου κατέλαβε η Θεσσαλονίκη, ώστε να καλύπτεται επαρκώς η ηπειρωτική περιοχή της χώρας και τα βόρεια όρια του FIR.

- Ο αριθμός των ιπτάμενων μέσων (Super Puma και AB-205) τα οποία έχει στη διάθεση του το ΕΚΣΕΔ για την αντιμετώπιση των περιστατικών Ε-Δ επαρκούν για τη προτεινόμενη χωροθέτηση, ενώ θα μπορούσε ακόμα στις περιοχές αυξημένης επικινδυνότητας οι οποίες πιθανόν να δημιουργούνται κάθε φορά, να μετασταθμεύουν επιπλέον ελικόπτερα ως εφεδρικά και για επιπρόσθετη κάλυψη.

Στη παρακάτω εικόνα 5-56, παρουσιάζεται η τελική επικρατέστερη χωροθέτηση, μαζί με τη περιοχή του FIR που καλύπτει.

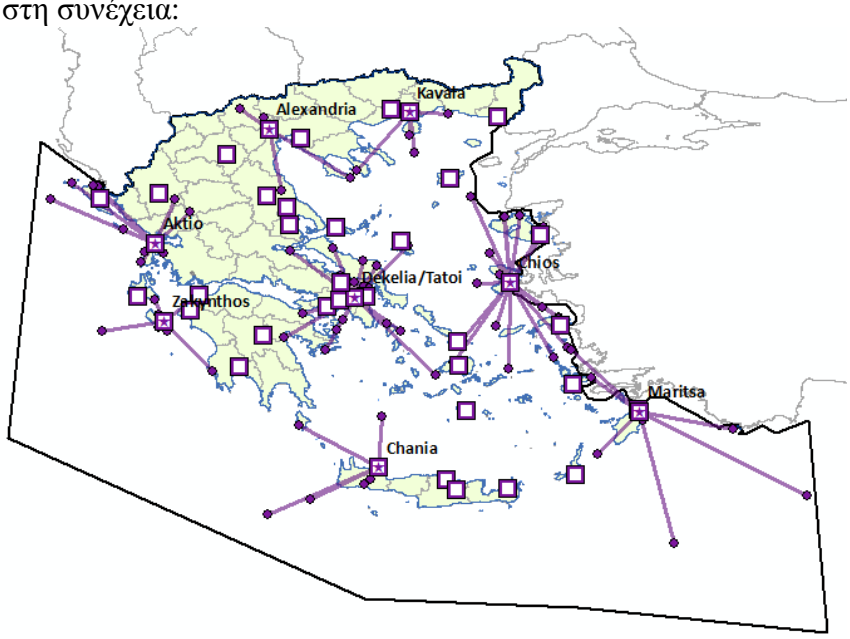


Εικόνα 5-56 Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, με βάρος το είδος των Α/Δ.

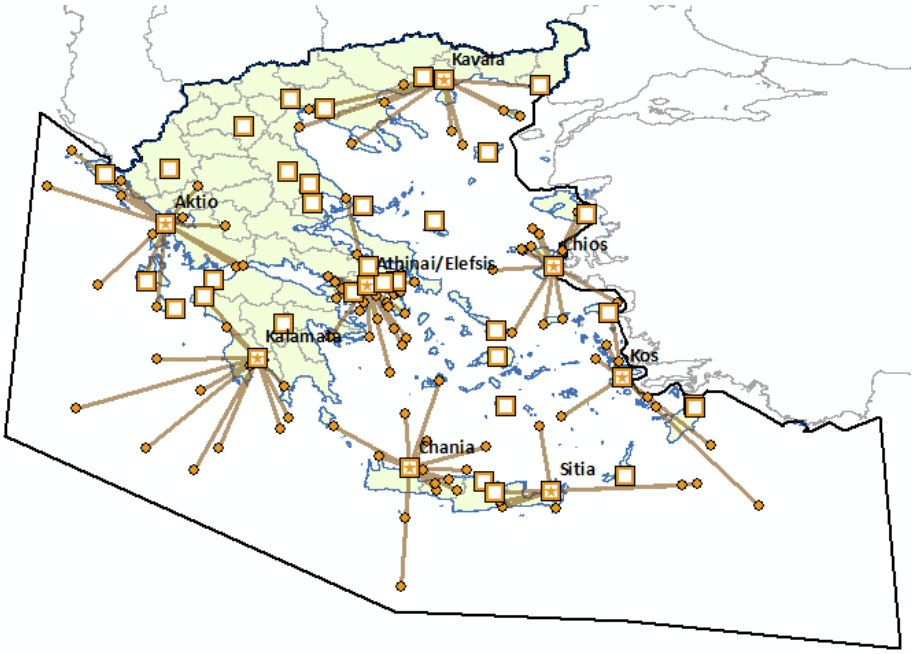
5.10. Ανάλυση Χωροθέτησης-Κατανομής ανά Έτος Μελέτης

Στην ενότητα αυτή, θα πραγματοποιηθεί μελέτη της χωροθέτησης των μέσων Ε-Δ ανά έτος αναφοράς, προκειμένου να εξαχθεί αφενός η βέλτιστη κατανομή των ελικοπτέρων με βάση τα περιστατικά κάθε έτους, και αφετέρου να ελεγχθεί η δυνατότητα, καθώς και η χρονική διάρκεια των συμβάντων που πρέπει να ληφθούν υπόψη, ώστε να προβλέπεται και να καλύπτεται η ζήτηση τον επόμενο χρόνο.

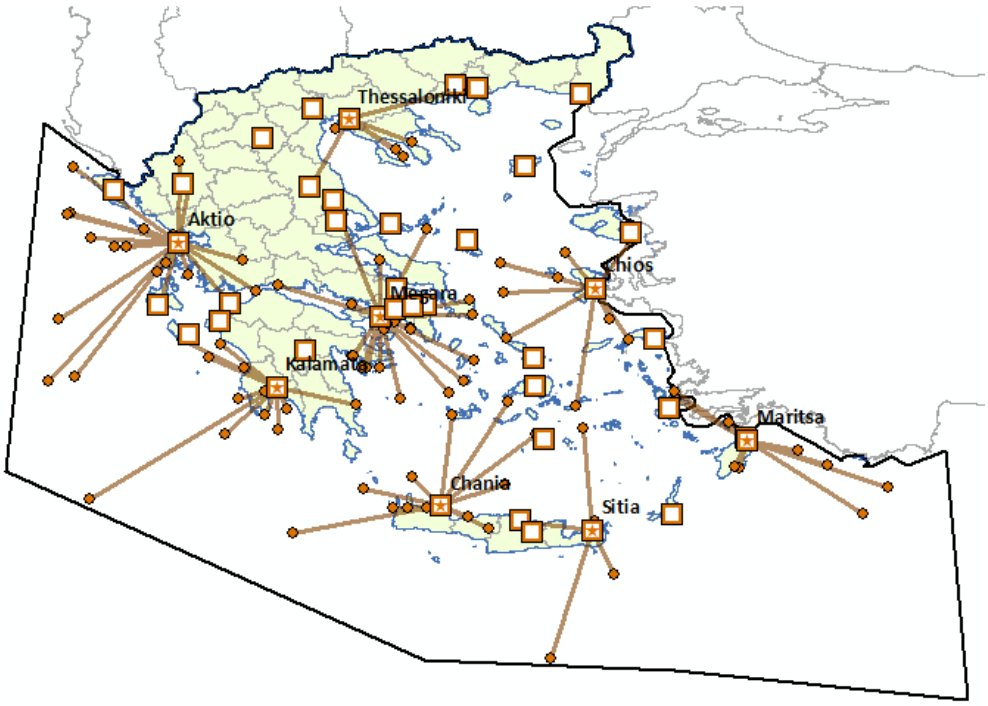
Αρχικά λοιπόν θα προσδιοριστεί η βέλτιστη χωροθέτηση των ελικοπτέρων, από το 2009 έως και το 2014, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα συμβάντα του κάθε έτους μελέτης και με βάρος μόνο το είδος των υποψήφιων Α/Δ τα οποία θα τα εξυπηρετούν. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια:



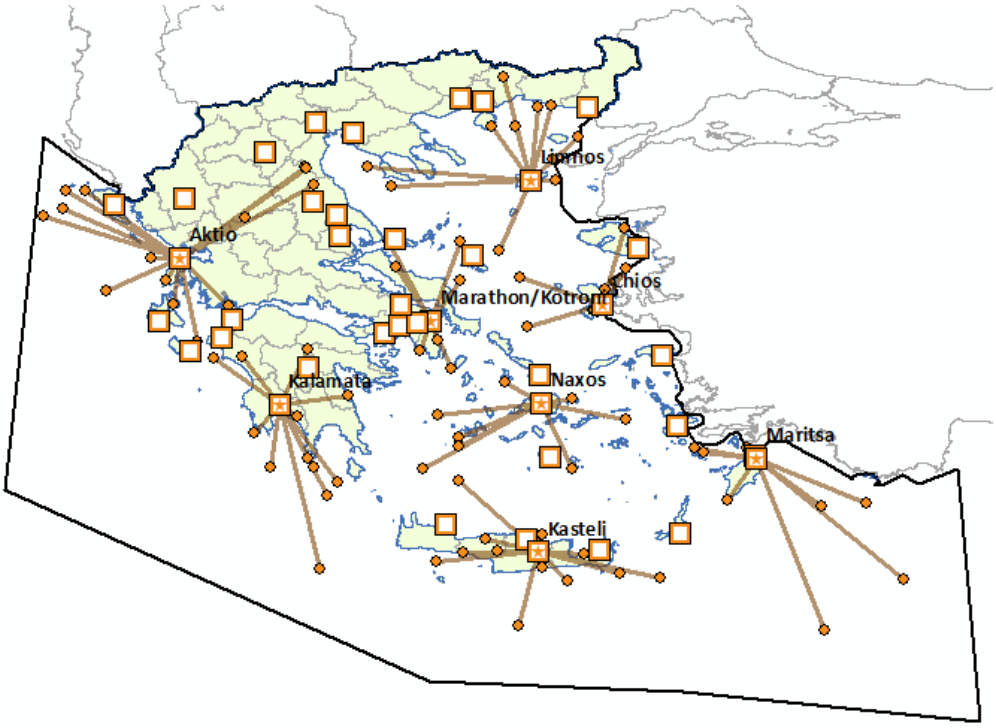
Εικόνα 5-57: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2009.



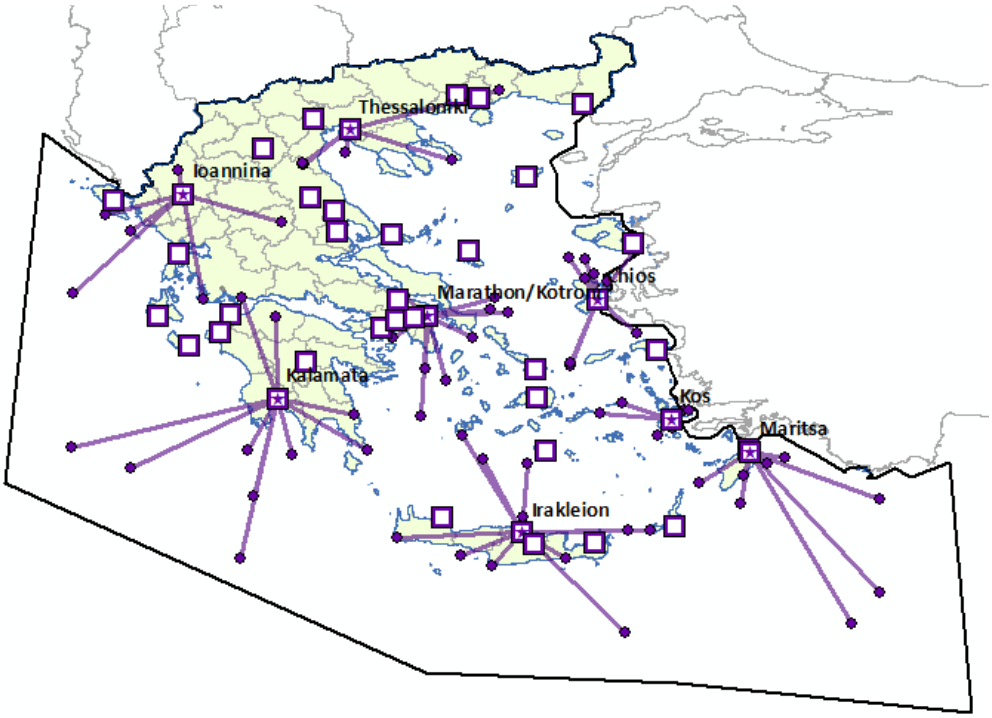
Εικόνα 5-58: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2010.



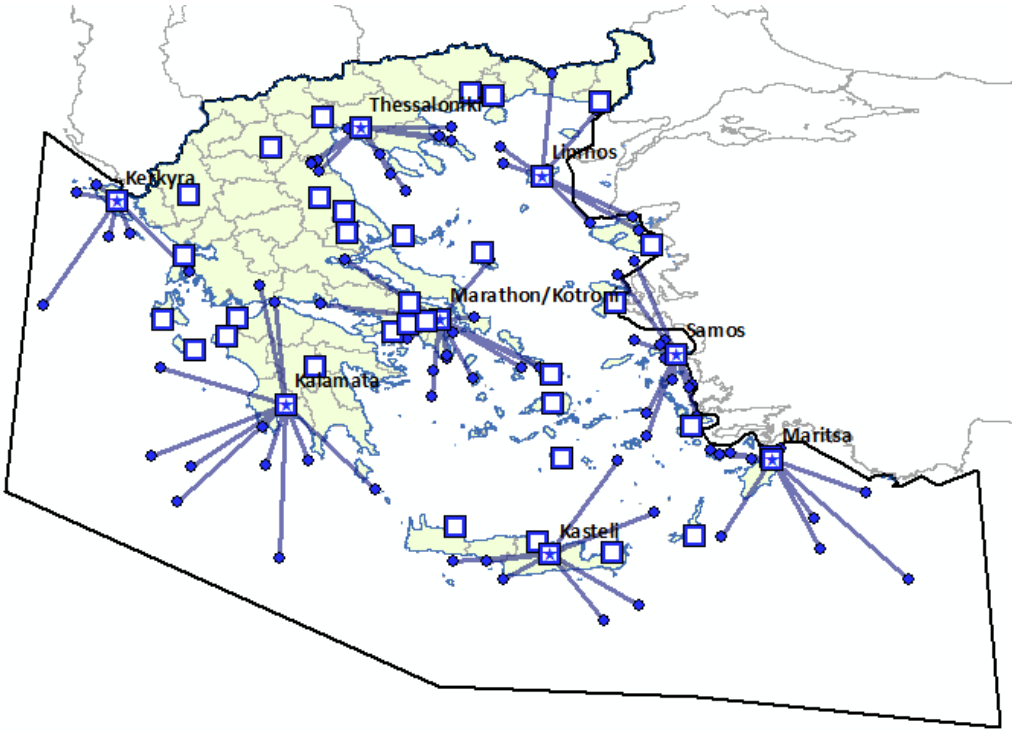
Εικόνα 5-59: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2011.



Εικόνα 5-60: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2012.



Εικόνα 5-61: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2013.



Εικόνα 5-62: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, το έτος 2014.

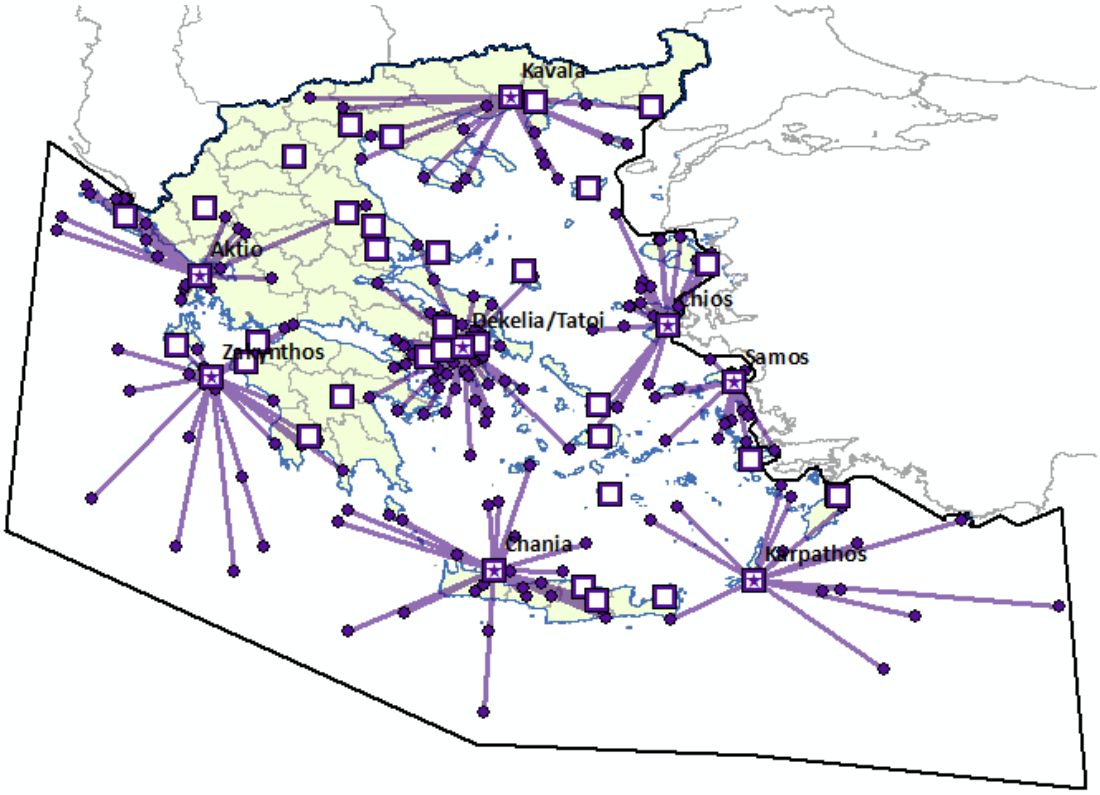
Ο παρακάτω πίνακας 5-22 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα του ελέγχου της χωροθέτησης-κατανομής ανά έτος προς τα πίσω (στο παρελθόν), προκειμένου τελικά να ελεγχθεί η χρονική διάρκεια των περιστατικών τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ώστε να δύναται να προβλέπεται και να καλύπτεται η ζήτηση τον επόμενο χρόνο.

ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	**demand**					
facility	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2009	**31,04**	**42,11**				
2010		**36,43**	**38,75**			
2011			**36,52**	**33,47**		
2012				**29,52**	**27,69**	
2013					**25,19**	**31,39**
2014						**28,69**

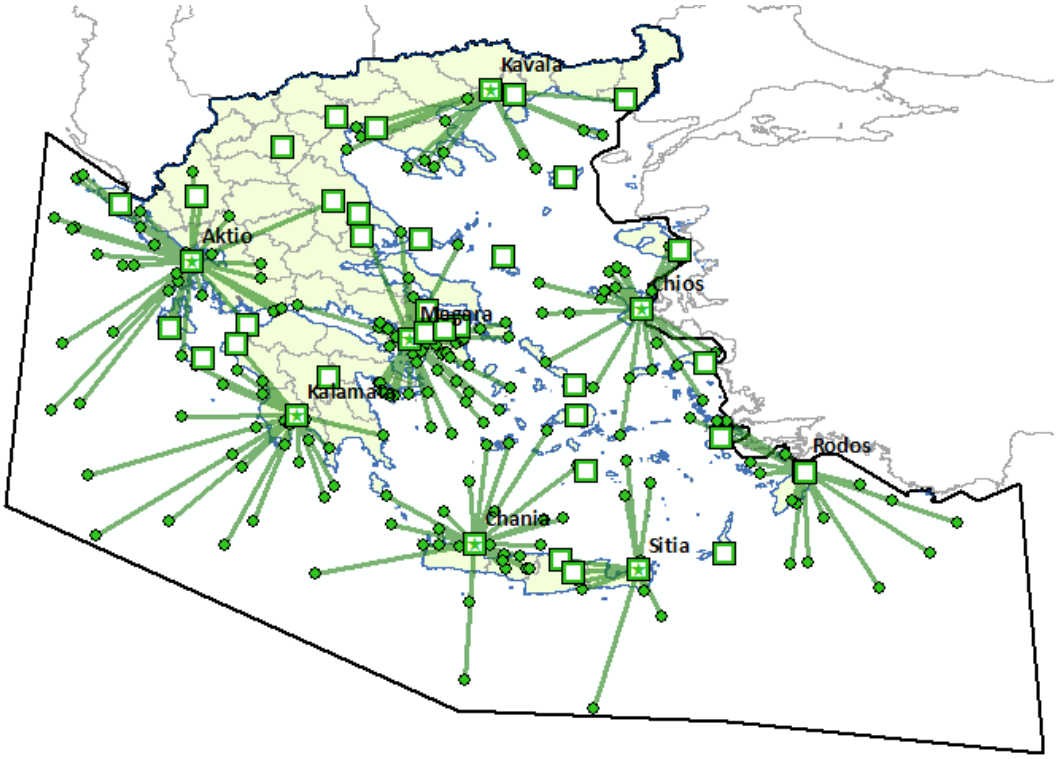
Πίνακας 5-22: Αποτελέσματα ανά ένα έτος μελέτης προς τα πίσω.

Από τον πίνακα 5-22 διαπιστώνεται ότι όλοι οι συνολικοί χρόνοι επέμβασης (rescue_time) που επιτεύχθηκαν στα σημεία ζήτησης ενός έτους αναφοράς, λαμβάνοντας υπόψη τη χωροθέτηση των ελικοπτέρων ενός μόνο προηγούμενου έτους, είναι μεγαλύτεροι από τη βέλτιστη χωροθέτηση έκαστου έτους μελέτης ξεχωριστά.

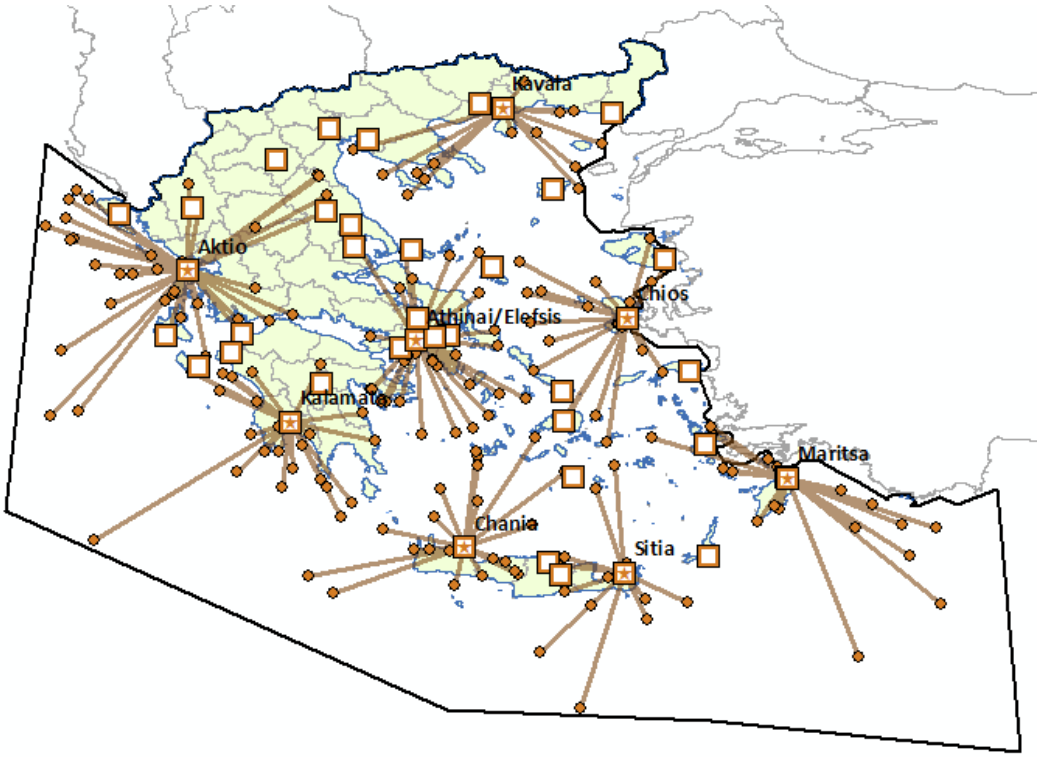
Στη συνέχεια, θα προσδιοριστεί η βέλτιστη χωροθέτηση των ελικοπτέρων, από το 2009 έως και το 2013, λαμβάνοντας υπόψη τώρα τα συμβάντα ανά δύο έτη μελέτης και με βάρος μόνο το είδος των υποψήφιων Α/Δ. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια:



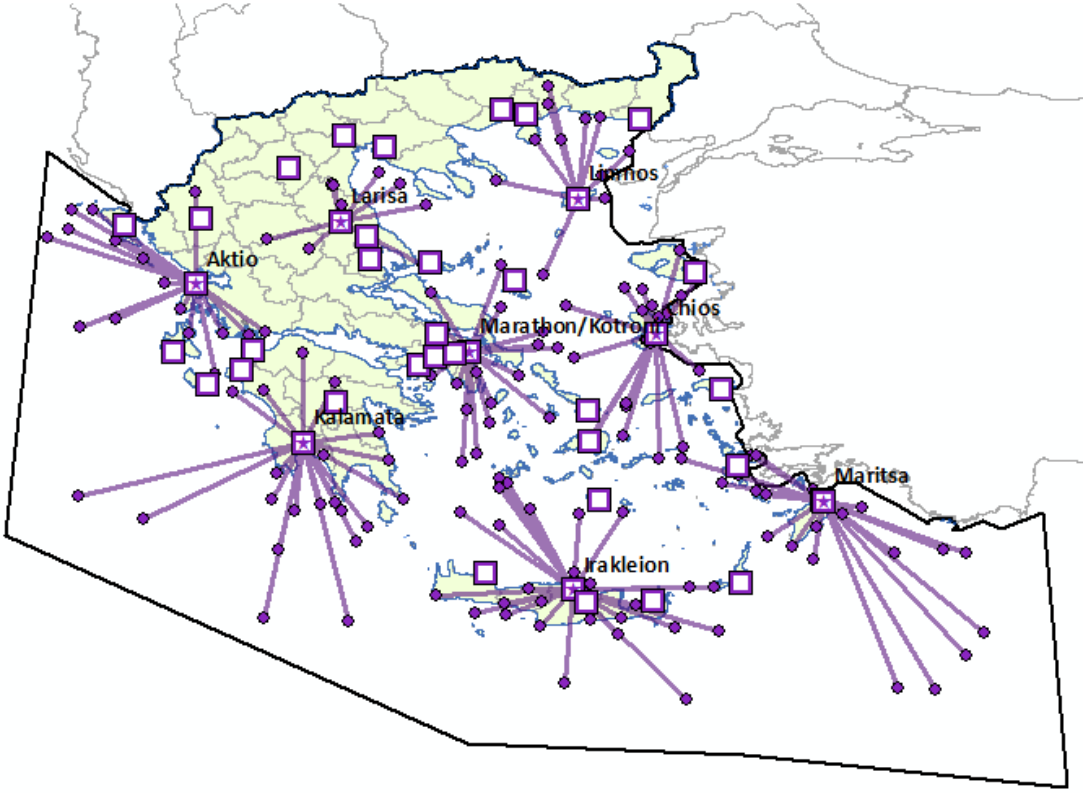
Εικόνα 5-63: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2009-2010.



Εικόνα 5-64: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2010-2011.



Εικόνα 5-65: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2011-2012.



Εικόνα 5-66: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2012-2013.

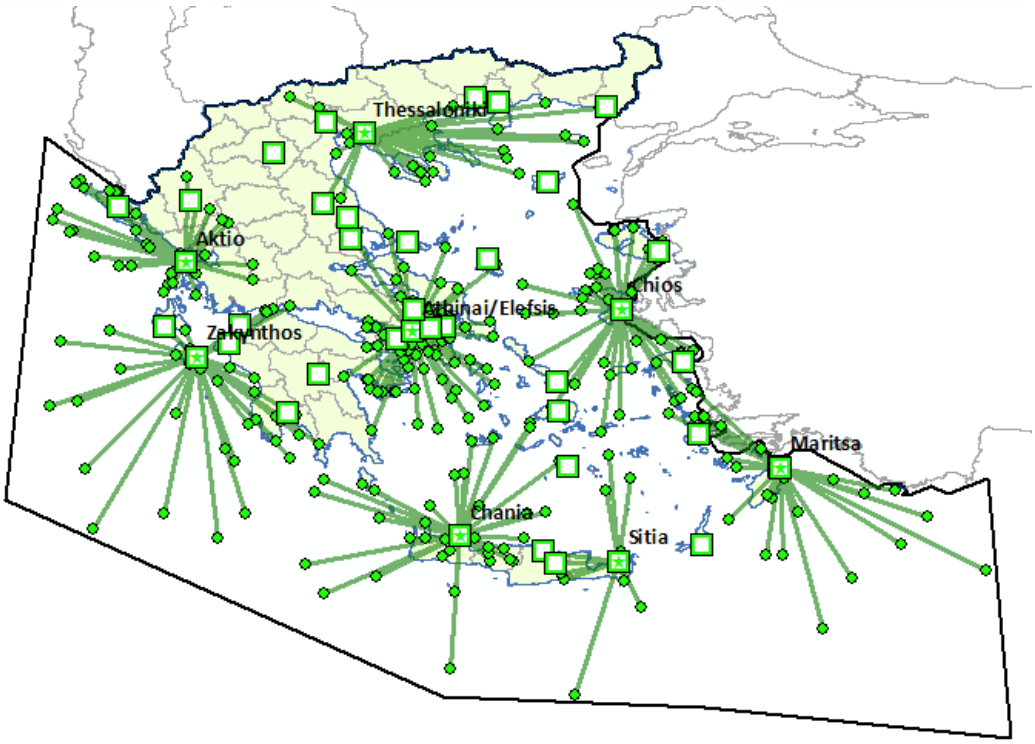
Ο νέος πίνακας (5-23), που προκύπτει με τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζεται στη συνέχεια.

ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	demand					
facility	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2009	**31,04**		**41,05**			
2010		**36,43**		**32,33**		
2011			**36,52**		**27,56**	
2012				**29,52**		**31,16**
2013					**25,19**	
2014						**28,69**

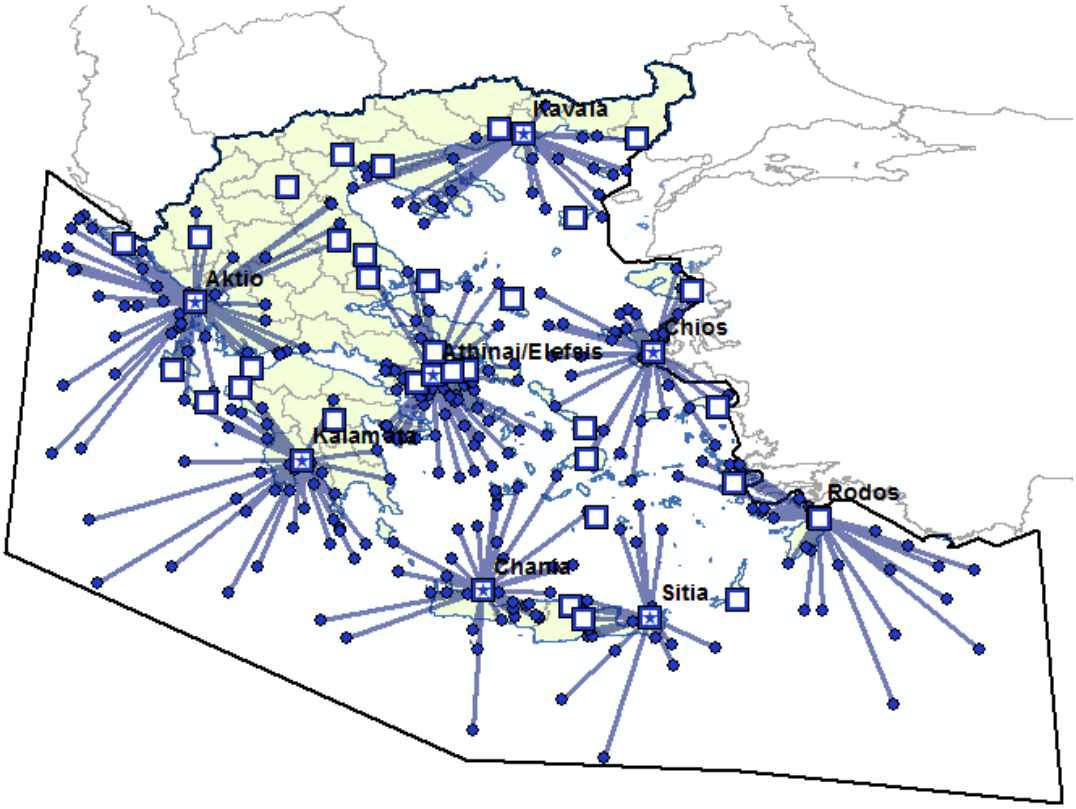
Πίνακας 5-23: Αποτελέσματα ανά δύο έτη μελέτης προς τα πίσω.

Από τον πίνακα 5-23 πάλι διαπιστώνεται ότι όλοι οι συνολικοί χρόνοι επέμβασης (rescue_time) που επιτεύχθηκαν στα σημεία ζήτησης ενός έτους αναφοράς, λαμβάνοντας υπόψη τη χωροθέτηση των ελικοπτέρων δύο ετών πίσω στο παρελθόν, είναι και τώρα μεγαλύτεροι από τη χωροθέτηση έκαστου έτους μελέτης ξεχωριστά.

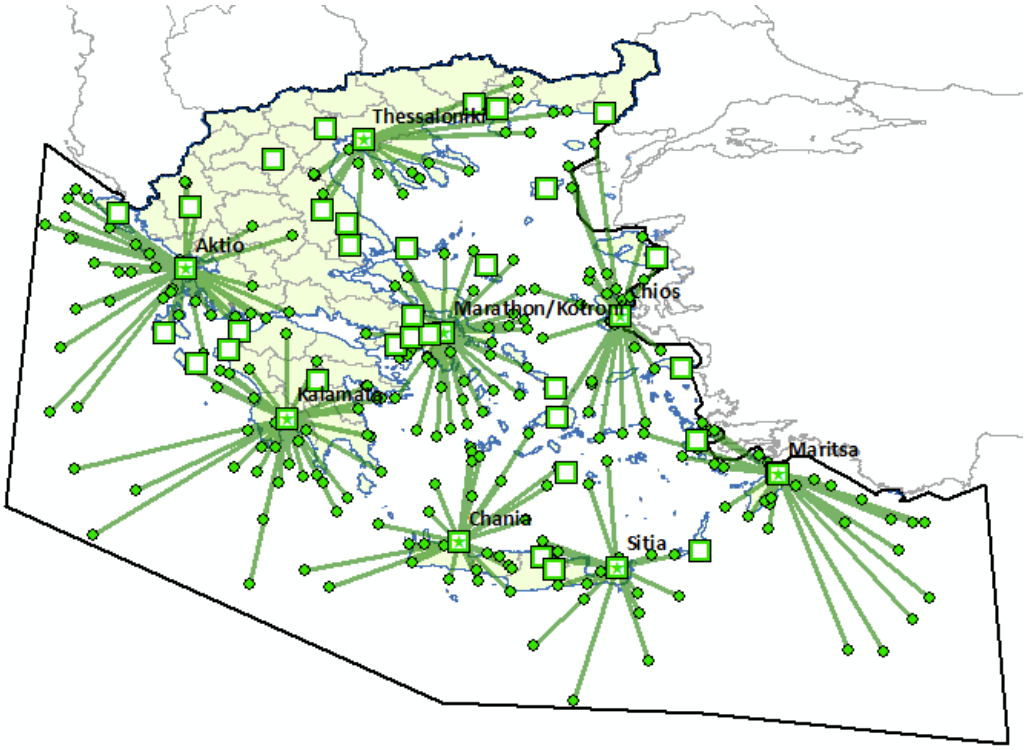
Στη συνέχεια, θα προσδιοριστεί η βέλτιστη χωροθέτηση των ελικοπτέρων, από το 2009 έως και το 2013, λαμβάνοντας υπόψη τα συμβάντα ανά τρία έτη μελέτης και με βάρος το είδος των υποψήφιων Α/Δ. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια:



Εικόνα 5-67: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2009-2010-2011.



Εικόνα 5-68: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2010-2011-2012.



Εικόνα 5-69: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2011-2012-2013.

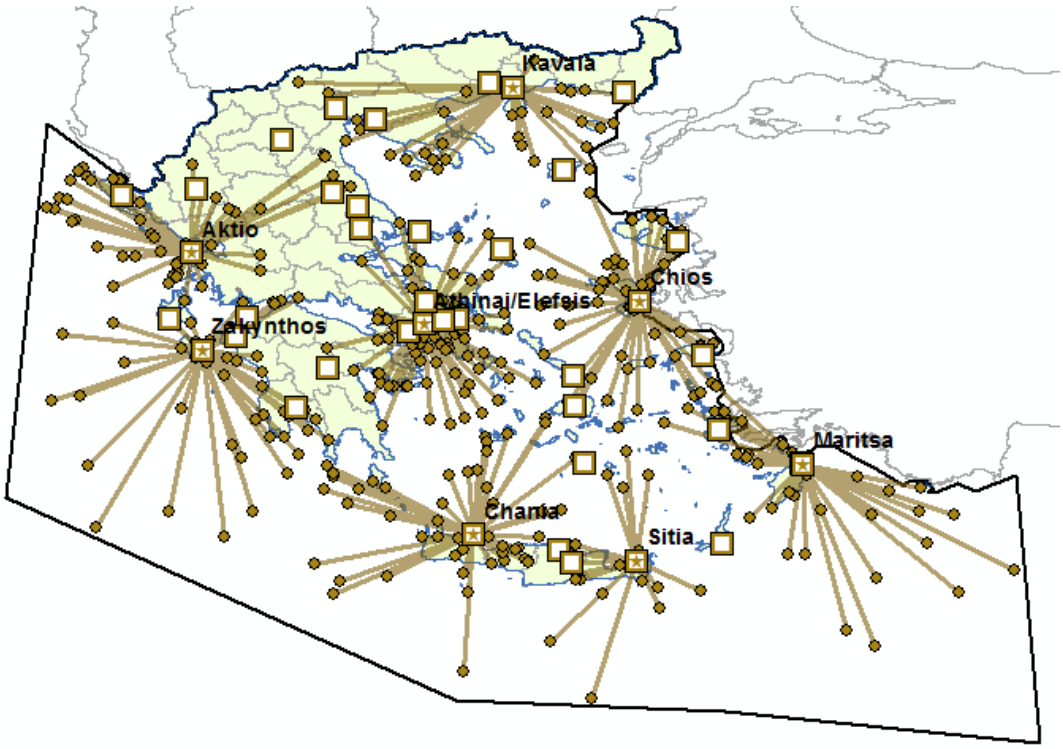
Ο νέος πίνακας (5-24) που προκύπτει, με τα αποτελέσματα της ανάλυσης χωροθέτησης-κατανομής τριών παρελθόντων ετών παρουσιάζεται στη συνέχεια.

ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	demand					
facility	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2009	**31,04**					
2010		**36,43**		**33,93**		
2011			**36,52**		**27,60**	
2012				**29,52**		**32,28**
2013					**25,19**	
2014						**28,69**

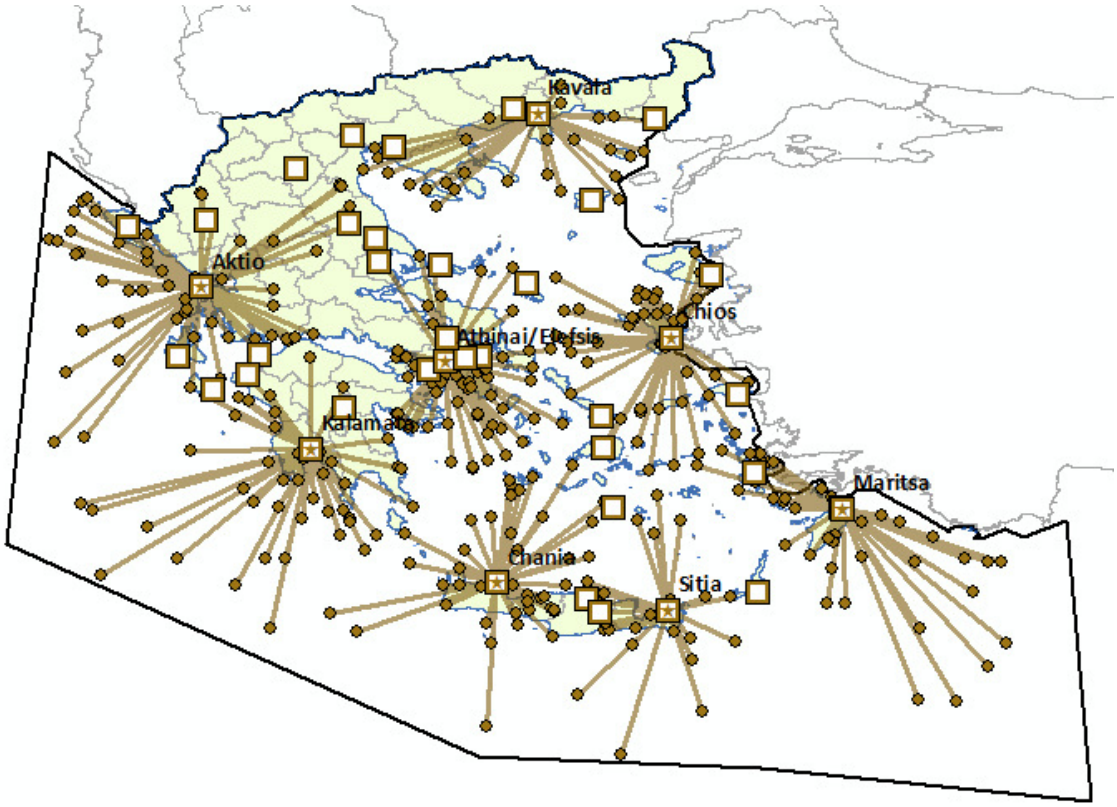
Πίνακας 5-24: Αποτελέσματα ανά τρία έτη μελέτης προς τα πίσω.

Από τον πίνακα 5-24 διαπιστώνεται ότι όλοι οι συνολικοί χρόνοι επέμβασης (rescue_time) που επιτεύχθηκαν στα σημεία ζήτησης ενός έτους αναφοράς (συγκεκριμένα τα έτη 2014, 2013 και 2012), λαμβάνοντας υπόψη τη χωροθέτηση των ελικοπτέρων τα τρία προηγούμενα έτη, είναι πάλι μεγαλύτεροι από τη βέλτιστη χωροθέτηση έκαστου έτους μελέτης ξεχωριστά.

Στη συνέχεια, θα προσδιοριστεί η βέλτιστη χωροθέτηση των ελικοπτέρων, από το 2009 έως και το 2013, λαμβάνοντας υπόψη τα συμβάντα ανά τέσσερα έτη μελέτης και με βάρος μόνο το είδος των υποψήφιων Α/Δ. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια:



Εικόνα 5-70: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2009-2010-2011-2012.



Εικόνα 5-71: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, τα έτη 2010-2011-2012-2013.

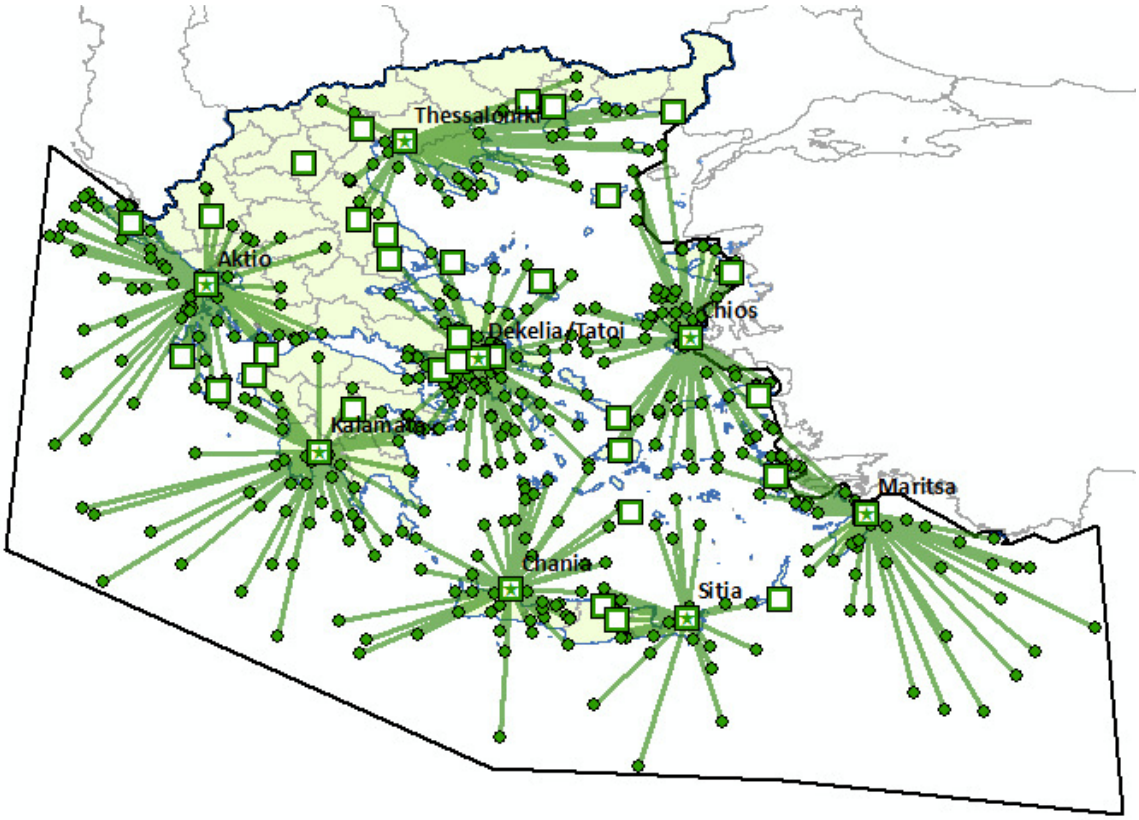
Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα που ακολουθεί.

ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	demand					
facility	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2009	**31,04**					
2010		**36,43**			**28,67**	
2011			**36,52**			**34,16**
2012				**29,52**		
2013					**25,19**	
2014						**28,69**

Πίνακας 5-25: Αποτελέσματα ανά τέσσερα έτη μελέτης προς τα πίσω.

Από τον πίνακα 5-25 όλοι οι συνολικοί χρόνοι επέμβασης (rescue_time) που επιτεύχθηκαν στα σημεία ζήτησης του έτους 2014 και 2013, λαμβάνοντας υπόψη τη χωροθέτηση των ελικοπτέρων τέσσερα προηγούμενα έτη, είναι πάλι μεγαλύτεροι από τη βέλτιστη χωροθέτηση του κάθε έτους μελέτης ξεχωριστά.

Στο τέλος, θα προσδιοριστεί η βέλτιστη χωροθέτηση των ελικοπτέρων, από το 2009 έως και το 2013, λαμβάνοντας υπόψη τα συμβάντα ανά πέντε έτη μελέτης και με βάρος όπως και στα προηγούμενα μόνο το είδος των υποψήφιων Α/Δ. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 5-72: Αποτέλεσμα βέλτιστης χωροθέτησης 8 Α/Δ, για τα έτη από 2009 έως 2013.

Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα φαίνονται στον τελευταίο πίνακα (5-26) που ακολουθεί:

ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	**demand**					
facility	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2009	**31,04**					
2010		**36,43**				
2011			**36,52**			**32,33**
2012				**29,52**		
2013					**25,19**	
2014						**28,69**

Πίνακας 5-26: Αποτελέσματα ανά πέντε έτη μελέτης προς τα πίσω.

Από τον πίνακα 5-26 διαπιστώνεται ότι ο συνολικός χρόνος επέμβασης (rescue_time) που επιτεύχθηκε στα σημεία ζήτησης του έτους 2014, λαμβάνοντας υπόψη τη χωροθέτηση των ελικοπτέρων που προέκυψε από τη μελέτη πέντε προηγούμενων ετών, είναι πάλι μεγαλύτερο από τη βέλτιστη χωροθέτηση του ίδιου του έτους 2014 ξεχωριστά.

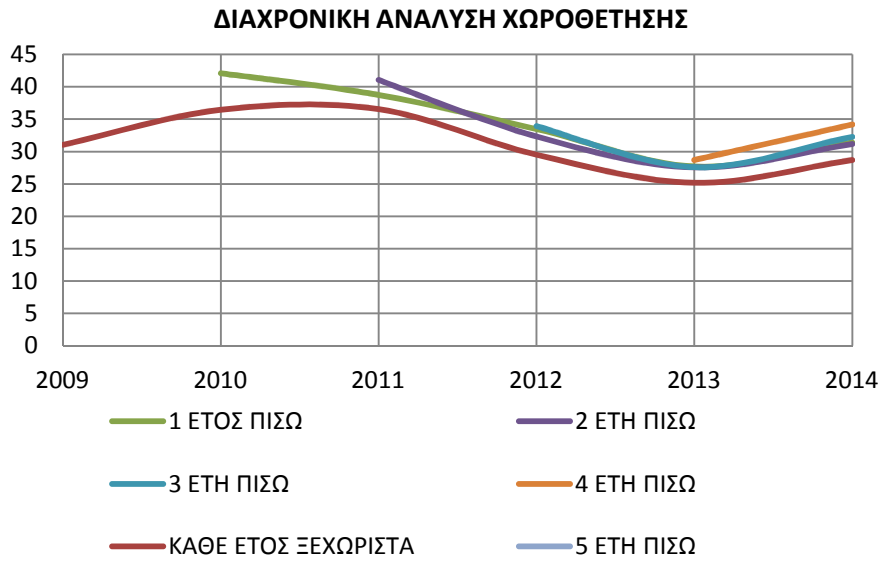
5.11. Αποτελέσματα Διαχρονικής Ανάλυσης Χωροθέτησης-Κατανομής

Στη προηγούμενη ενότητα έλαβε χώρα η ανάλυση χωροθέτησης-κατανομής των ιπτάμενων μέσων του ΕΚΣΕΔ/ΑΤ, λαμβάνοντας υπόψη τα περιστατικά στο παρελθόν ενός, δύο, τριών, τεσσάρων και πέντε ετών. **Απώτερος σκοπός με τη εξαγωγή της βέλτιστης χωροθέτησης με βάση τα συμβάντα κάθε έτους, ήταν να ελεγχθεί η χρονική διάρκεια των περιστατικών που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, ώστε να είναι η δυνατή η πρόβλεψη και κάλυψη της ζήτησης για τον επόμενο χρόνο**. Τα τελικά αποτελέσματα όλων των αναλύσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στο πίνακα 5-27.

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ / ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ΚΑΘΕ ΕΤΟΣ ΞΕΧΩΡΙΣΤΑ	31,04	36,43	36,52	29,52	25,19	28,69
1 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟ ΕΤΟΣ		42,11	**38,75**	33,47	27,69	31,39
2 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ ΕΤΗ			41,05	**32,33**	**27,56**	**31,16**
3 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ ΕΤΗ				33,93	27,60	32,28
4 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ ΕΤΗ					28,67	34,16
5 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ ΕΤΗ						32,33

Πίνακας 5-27: Τελικά αποτελέσματα όλων των διαχρονικών αναλύσεων χωροθέτησης.

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, η ανάλυση που πλησιάζει περισσότερο τη βέλτιστη χωροθέτηση κάθε έτους ξεχωριστά, αναφορικά με το συνολικό χρόνο επέμβασης και άρα και κόστος χρήσης των μέσων, είναι αυτή των δύο προηγούμενων ετών. Με έντονο χρώμα έχουν επισημανθεί τα έτη όπου ο χρόνος επέμβασης πλησιάζει αυτόν τη βέλτιστης χωροθέτησης κάθε έτους μεμονωμένα. **Έτσι λοιπόν, εκτός από τη περίπτωση του 2011, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις η ανάλυση των συμβάντων δύο (2) έτη πίσω στο παρελθόν, και συνεπώς η χωροθέτηση-κατανομή των ιπτάμενων μέσων που προκύπτει από αυτή την ανάλυση, μας δίνει τη δυνατότητα να καλύψουμε τη ζήτηση του επόμενου έτους σε ικανοποιητικό βαθμό, που πλησιάζει τη βέλτιστη κατανομή του έτους αναφοράς.**
Στο διάγραμμα 5-13 που ακολουθεί, φαίνεται και σχηματικά η ανάλυση χωροθέτησης των ελικοπτέρων κάθε ομάδας έτους προς τα πίσω.



Διάγραμμα 5-13: Σχηματική απεικόνιση διαχρονικής ανάλυσης χωροθέτησης.

Αναμφίβολα, όμως η εφαρμογή αυτού του μεθοδολογικού πλαισίου και ειδικότερα της προτεινόμενης χωροθέτησης στη πράξη, έστω και για κάποιο σύντομο χρονικό διάστημα, είναι αυτή που θα καταδείξει το βαθμό επιτυχίας και συνεισφοράς στην αντιμετώπιση του φαινομένου που μελετάται. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ανάλυση των περιστατικών έκτακτης ανάγκης αποτελεί ένα περίπλοκο ζήτημα που απαιτεί εκτεταμένη έρευνα, λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο χωρικά, γεωγραφικά κριτήρια, αλλά και πολυκριτηριακές παραμέτρους, κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά, στρατηγικές αποφάσεις που επηρεάζουν τη κατανομή και διάθεση των αναγκαιούντων ιπτάμενων μέσων.

Στο τελευταίο κεφάλαιο που ακολουθεί παρατίθενται τα συμπεράσματα όλης της εργασίας, αξιολογείται η συμβολή της στο τομέα της ανάλυσης περιστατικών εκτάκτου ανάγκης, όπως είναι και τα περιστατικά έρευνας και διάσωσης, σε περιβάλλον GIS και διατυπώνονται προβληματισμοί και προτάσεις για παραπέρα μελέτη του φαινομένου.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα συμπεράσματα καθρεφτίζεται η υλοποίηση του στόχου της μελέτης και τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Παρουσιάζεται συνοπτικά το αντικείμενο της εργασίας, η προσέγγιση που υιοθετήθηκε, τα εργαλεία ανάλυσης και η επιτυχία του πλαισίου εφαρμογής.

Το αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας είναι η χωροχρονική ανάλυση των περιστατικών Ε-Δ στη περιοχή ευθύνης του ΕΚΣΕΔ (FIR Αθηνών), κατά τη περίοδο 2009-2014 και η ανάλυση χωροθέτησης-κατανομής των αεροπορικών βάσεων των μέσων του ΕΚΣΕΔ/Αεροπορικός Τομέας. Απώτερος σκοπός της μελέτης, είναι η υποστήριξη της λήψης αποφάσεων αναφορικά με τη μέγιστη και καλύτερη χρήση των περιορισμένων μέσων που είναι διαθέσιμα για την αντιμετώπιση των συμβάντων Ε-Δ (όπως ο εντοπισμός επικίνδυνων περιοχών, ανάλυση βέλτιστης χωροθέτησης, πρόβλεψη της ζήτησης). Η παρούσα μελέτη προτείνει στην ουσία ένα μεθοδολογικό πλαίσιο ανάλυσης των δεδομένων Ε-Δ και χρησιμοποιεί τον συνδυασμό των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με τεχνικές χωρικής ανάλυσης για την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στις χωρικές σχέσεις που διαμορφώνονται και τη βέλτιστη χωροθέτηση των ελικοπτέρων σε Α/Δ της χώρας.

Όσον αφορά τα στάδια του πλαισίου, αναλύεται αρχικά το πρότυπο της κατανομής των σημείων, υπολογίζονται διάφοροι γεωστατιστικοί δείκτες, εντοπίζονται οι ζώνες υψηλής επικινδυνότητας και αξιολογείται η υφιστάμενη κατανομή των μέσων Ε-Δ από πλευράς κάλυψης της περιοχής ευθύνης και κόστους χρήσης. Κατόπιν μέσω του προβλήματος χωροθέτησης-κατανομής εξετάζονται πέντε εναλλακτικά σενάρια, συγκρίνονται μεταξύ τους τα αποτελέσματα και επιλέγεται το βέλτιστο. Η πρόταση βέλτιστης χωροθέτησης των βάσεων των ελικοπτέρων που διαθέτει το ΕΚΣΕΔ για την αντιμετώπιση των συμβάντων έρευνας και διάσωσης, έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να κατανέμονται στις επιλεγμένες εγκαταστάσεις-Α/Δ όσο γίνεται περισσότερα περιστατικά, εντός μια συγκεκριμένης οριακής αντίστασης (χρόνος μετάβασης στο συμβάν). Έτσι λοιπόν στην εργασία αυτή, η εξέταση της βέλτιστης χωροθέτησης πραγματοποιείται με τη χρήση του μοντέλου χωροθέτησης-κατανομής της μέγιστης κάλυψης (Maximal Covering Problem-MCLP), και όλη η ανάλυση γίνεται σε περιβάλλον Network Analyst του ArcMap 10.3.

Η μελέτη των περιστατικών και τα συμπεράσματα που προκύπτουν στην εργασία αυτή, αναμφισβήτητα μπορούν να συμβάλουν στην καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των υπαρχόντων μέσων και πόρων, να βελτιώσουν την εποπτεία και να υποστηρίξουν τις αποφάσεις σχεδιασμού και τελικά να δημιουργήσουν ένα πρώτο υλικό για μελλοντικές εργασίες και μελέτες. Με την προτεινόμενη χωροθέτηση αυξάνονται οι πιθανότητες για αποτελεσματικότερη επέμβαση των ελικοπτέρων σε οποιοδήποτε σημείο της επικράτειας.

7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν μερικά από τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την υιοθέτηση της προτεινόμενης μεθοδολογίας και θα αναφερθεί η προσφορά της εργασίας στην έγκαιρη αντιμετώπιση των συμβάντων έρευνας-διάσωσης. Τέλος, θα διατυπωθούν προβληματισμοί και περιορισμοί που προέκυψαν και θα τεθούν μερικές ιδέες για περαιτέρω αξιοποίηση των δεδομένων στο μέλλον.

7.1. Η Συμβολή της Εργασίας

Η εργασία αυτή προσφέρεται ως μια πρώτη προσέγγιση στην ελληνική βιβλιογραφία και ως ένα βασικό εργαλείο χωρικής ανάλυσης των περιστατικών έρευνας-διάσωσης στον ελληνικό χώρο (FIR Αθηνών), που θα βοηθήσει τους υπεύθυνους φορείς στην λήψη ορθολογικότερης χωροθετικής και όχι μόνο απόφασης. Μέσω αυτής γίνονται επίσης κατανοητά, με μια πρώτη ματιά, τα επιχειρησιακά και χωροθετικά χαρακτηριστικά των μέσων Ε-Δ που διαθέτει η χώρα μας και η σημαντικότητα ενός χωροθετικού στρατηγικού σχεδιασμού υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης.

Πιο αναλυτικά, η συμβολή της εργασίας αυτής και το πρώτο κενό που έρχεται να καλύψει, είναι η έλλειψη μιας συγκεντρωτικής και ολοκληρωμένης χωρικής αναφοράς και μελέτης στα διαχρονικά καταγεγραμμένα περιστατικά έρευνας και διάσωσης στον ελλαδικό χώρο. Αυτή λαμβάνει κυρίως χώρα στο πρώτο μέρος της εργασίας όπου πραγματοποιείται χωροχρονική ανάλυση των συμβάντων από το έτος 2009 έως και το 2014, εξάγοντας πολύτιμα στατιστικά στοιχεία σχετικά με το χρόνο και το είδος εμφάνισης των περιστατικών, τη κατανομή τους στο χώρο, τον εντοπισμό επικίνδυνων περιοχών και την αξιολόγηση της υφιστάμενης χωροθέτησης από πλευράς κόστους χρήσης των μέσων και κάλυψης της περιοχής ευθύνης τους (FIR Αθηνών).

Σημαντική όμως είναι και η συμβολή του δεύτερου μέρους της εργασίας, όπου λαμβάνει χώρα η μελέτη χωροθέτησης-κατανομής των διαθέσιμων ελικοπτέρων σε νέες βάσεις-αεροδρόμια μέσα από διάφορες δοκιμές, ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργική αποδοτικότητα των υπηρεσιών Ε-Δ. **Η χωροθέτηση των ιπτάμενων μέσων του ΕΚΣΕΔ γίνεται στη βάση μιας συγκεκριμένης μεθοδολογίας, με τη χρήση τεχνικών GIS, με τη υιοθέτηση κάποιων χωροθετικών κριτηρίων και όχι απλά με βάση εμπειρικά, ιστορικά δεδομένα.**

Δεδομένου ότι ο στρατηγικός σχεδιασμός ενός αποτελεσματικού συστήματος διαχείρισης κρίσεων, εξαρτάται πρωταρχικά από την επιλογή του χώρου-θέσης στην οποία θα εγκατασταθούν τα μέσα που θα εξυπηρετήσουν μια κατανομή περιστατικών, **η εφαρμογή του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου χωρικής ανάλυσης και ανάλυσης χωροθέτησης, πιθανόν να αποφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα καθόσον:**

✓ Δεν αποτελεί προϊόν τυχαίων επιλογών αλλά όπως αναφέρθηκε, παράγωγο βασιζόμενο σε χωροθετικές μεθόδους και τεχνικές. Έτσι, μπορεί να αποτελέσει μια επιστημονική πρόταση στην περίπτωση ίδρυσης ή αναδιοργάνωσης των βάσεων Ε-Δ στη χώρα μας, ένεκα και των υφιστάμενων δημοσιονομικών απαιτήσεων.

✓ Δεδομένης της έλλειψης γενικά στη χώρα μας ολοκληρωμένων χωροθετικών προτάσεων, η συγκεκριμένη εργασία προσφέρεται ως αρχική βάση για την υλοποίηση της ανάγκης υιοθέτησης ενός στρατηγικού σχεδιασμού για τη χωροθέτηση-κατανομή των υπηρεσιών Ε-Δ.

✓ Στη πράξη, η παροχή των αναλύσεων και αποτελεσμάτων της εργασίας αυτής μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των υπαρχόντων πόρων και μέσων Ε-Δ, αφού τίθενται νέες προτεραιότητες περιπολίας και ετοιμότητας, μεταστάθμευσης των ελικοπτέρων για κάλυψη του χώρου ευθύνης τους. Λαμβάνονται έτσι τα κατάλληλα μέτρα περιστασιακής πρόληψης.

✓ Η παροχή τεκμηριωμένων στοιχείων, μπορεί να οδηγήσει το ΕΚΣΕΔ και τους λοιπούς φορείς στο σχεδιασμό και αναθεώρηση σεναρίων και ασκήσεων και στη συμπλήρωση των υπαρχόντων επιχειρησιακών σχεδίων (ταξινόμηση επιχειρησιακών καταστάσεων και δράσεων βάσει των περιοχών αυξημένου κινδύνου ή και του χρόνου εμφάνισης συμβάντων). Δημιουργείται έτσι ''τράπεζα'' σεναρίων ενδεχόμενων περιπτώσεων Ε-Δ.

✓ Είναι εφικτή η δημιουργία χαρτών ωριαίας και μηνιαίας πρόβλεψης κινδύνου εκδήλωσης περιστατικών Ε-Δ.

✓ Είναι δυνατή η πρόβλεψη και κάλυψη των περιστατικών (της ζήτησης) του επόμενου έτους, με τη χωροθέτηση που προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη τα περιστατικά των δύο (2) προηγούμενων ετών.

✓ Δημιουργείται υλικό προστιθέμενης αξίας, αφού αξιοποιείται το ιστορικό των δεδομένων και παράγεται εκπαιδευτικό υλικό-βάση δεδομένων-για την ενημέρωση όλων των εμπλεκόμενων φορέων.

Στην παρακάτω εικόνα 7-1 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η σκοπιμότητα και τα πλεονεκτήματα του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου που μελετάται στη παρούσα εργασία.

Εικόνα 7-1: Σκοπιμότητα μεθοδολογικού πλαισίου.

Τονίζεται στο σημείο αυτό, ότι ακόμα και αν το ερευνητικό πρόβλημα για το οποίο έγινε η παρούσα γεωγραφική μελέτη δεν απαντηθεί πλήρως, τα αποτελέσματα δεν είναι άχρηστα. Στις γεωγραφικές μελέτες δεν είναι πάντοτε δυνατό να βρίσκεται λύση στο πρόβλημα ή τα αποτελέσματα να είναι «θετικά» (Κουτσόπουλος, 2006).

7.2. Προβληματισμοί και Προοπτικές

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν εν συντομία διάφοροι προβληματισμοί που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής και επιπλέον θα τεθούν κάποιες προτάσεις μελλοντικής έρευνας του υπόψη θέματος.

Η εργασία ασχολήθηκε με την μελέτη και χωρική-χωροθετική ανάλυση των περιστατικών Ε-Δ θέλοντας να προσδιορίσει μια πρώτη μεθοδολογία μέσω της οποίας μπορούν να εξεταστούν τέτοιου είδους φαινόμενα. Η ανάλυση στα πλαίσια της παρούσας εφαρμογής περιορίστηκε κυρίως στη χωρική, στατιστική μελέτη των σημείων-συμβάντων και στη χωροθέτηση-κατανομή των βάσεων των ιπτάμενων μέσων που διαθέτει το Ενιαίο Κέντρο Συντονισμού Έρευνας-Διάσωσης του Λιμενικού Σώματος. Οι μέθοδοι όμως και τα προβλήματα χωροθέτησης-κατανομής των υπηρεσιών-μονάδων έκτακτης ανάγκης μπορούν και απαιτούν την εξέταση επιπλέον παραμέτρων, από αυτά μόνο που εξετάστηκαν. **Απαιτείται λοιπόν η συσχέτιση και άλλων ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων που προσεγγίζουν τη πραγματική διάσταση του προβλήματος χωροθέτησης των ελικοπτέρων στα υπάρχοντα αεροδρόμια της χώρας, διαμορφώνοντας με αυτό τον τρόπο μια ποιοτικότερη διαδικασία λήψης απόφασης. Εξάλλου, τα μοντέλα χωροθέτησης πρέπει να λαμβάνουν υπόψη πολιτικές οργάνωσης και λειτουργίας των αντίστοιχων υπηρεσιών.** Στην εργασία αυτή δεν λαμβάνονται υπόψη επιχειρησιακές απαιτήσεις και δυνατότητες, τεχνογνωσία, υφιστάμενες ή μελλοντικές υποδομές του ΕΚΣΕΔ ή της ΠΑ, διαθεσιμότητα οικονομικών πόρων, κοινωνικές ανάγκες, σχέδια και διαταγές που αφορούν τις αποστολές Ε-Δ και ασφαλώς ούτε η πολιτική βούληση, παράγοντες που δρουν ανασταλτικά στην υιοθέτηση χωροθετικών μοντέλων ή μειώνουν εκ των υστέρων τη χρησιμότητά τους. **Ως εκ τούτου ένα ορθολογικότερο μεθοδολογικό πλαίσιο ανάλυσης που θα συμπεριλαμβάνει αυτά τα στοιχεία θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο μιας νέας εκτεταμένης έρευνας από πλευράς των αρμόδιων φορέων.**
Ωστόσο θα πρέπει να αναφερθεί εδώ, ότι δυσκολίες και αδυναμίες οι οποίες λειτουργούν ανασταλτικά στην ολοκλήρωση ενός χωροθετικού σχεδιασμού και σχετίζονται με την ετερογένεια των δεδομένων και των πηγών τους, το διαφορετικό χρόνο απογραφής των στοιχείων, την έλλειψη συνεργασίας διαφορετικών φορέων και υπηρεσιών και την ασυμβατότητα πληροφοριακών βάσεων, δεν υπήρχαν στη περίπτωση της εργασίας αυτής, αφού όλα τα δεδομένα προήλθαν από το ΕΚΣΕΔ το οποίο έχει και το πλήρη έλεγχο των καταστάσεων Ε-Δ στον ελληνικό χώρο.
Μια επιπλέον πρόταση που έχει ενδιαφέρον να μελετηθεί, αποτελεί η **πρακτική δοκιμαστική εφαρμογή της προτεινόμενης χωροθέτησης, σε πραγματικά περιστατικά, ώστε να καθορισθεί ο βαθμός εξυπηρέτησης από τα μέσα Ε-Δ.** Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί σε ένα χρονικό διάστημα το οποίο θα καθορισθεί από το ΕΚΣΕΔ, μέσα στο οποίο θα είναι δυνατόν να βγουν τα ανάλογα συμπεράσματα.
Αναμφισβήτητα, η αύξηση του αριθμού των συμβάντων και των ανθρώπων που χάνονται καθιστά επιτακτική την ανάγκη πρόβλεψης περιοχών αυξημένης επικινδυνότητας. Δεδομένου ότι τα περισσότερα χωροθετικά προβλήματα είναι δυναμικά-στοχαστικά όπου τα δεδομένα μεταβάλλονται με το χρόνο, αποτελεί ενδιαφέρον σε μελλοντική έρευνα η **αξιοποίηση των**

τεχνικών των νευρωνικών δικτύων και της λογικής της ασάφειας για την πρόβλεψη σημειακών προτύπων ζήτησης (συμβάντων), μελλοντικής εξέλιξής του φαινομένου, καθώς και βέλτιστης χωροθέτησης των κέντρων παροχής υπηρεσιών. Έχοντας επίσης σταθερά κέντρα, όπως μελετήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία, ίσως να μην επιτυγχάνεται η βέλτιστη λύση. **Γι αυτό το λόγο μια εναλλακτική πρόταση είναι και η επαναχωροθέτηση των μονάδων είτε σε ετήσια βάση, ώστε να καταλάβουν θέσεις οι οποίες ελαχιστοποιούν τις αποστάσεις από τα αναμενόμενα συμβάντα, είτε κατά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα όπου οι ανάγκες επιβάλλουν την αναδιάταξη των ελικοπτέρων (πχ αύξηση περιστατικών παράνομων εισερχομένων προσώπων σε ορισμένες περιοχές, θερινοί μήνες).** Αυτό θα καθιστά πιο αποτελεσματική την αντιμετώπιση των περιστατικών που θα προκύψουν, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τον αντίκτυπο της επαναχωροθέτησης στην τοπική κοινωνία και την ενίσχυση του τοπικού πληθυσμού.

Τελειώνοντας τη μελέτη αυτή, αξίζει να επισημανθεί ότι η διαχείριση εκτάκτων καταστάσεων και η χωροθέτηση αντίστοιχων δημόσιων λειτουργιών - υπηρεσιών είναι ένα δύσκολο πρόβλημα. Στην Ελλάδα το πρόβλημα εντείνει η εκρηκτική εισροή των οικονομικών μεταναστών, γεγονός το οποίο καθιστά την αξιολόγηση του επίπεδου της αποτελεσματικότητας του ΕΚΣΕΔ και των άλλων κρατικών φορέων απαραίτητη. Η πρόκληση βρίσκεται στην ισορροπία επιπτώσεων-κόστους. Περιοριστικοί παράγοντες που σχετίζονται με τη διάθεση των απαραίτητων κονδυλίων, το προσωπικό και τα μέσα έχουν αρνητική επίδραση στον χρόνο αντίδρασης για την αντιμετώπιση των περιστατικών Ε-Δ. Από την άλλη, η χωρική ανάλυση των περιστατικών, η γνώση περιοχών υψηλού κινδύνου και η ανάλυση χωροθέτησης-κατανομής των θέσεων οι οποίες θα φιλοξενήσουν τα μέσα έρευνας και διάσωσης, προσφέρουν την δυνατότητα να προσανατολιστούν a priori οι αρμόδιοι φορείς προς τη σωστή κατεύθυνση εφαρμογής και λήψης απόφασης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Armstrong Ronald D. and Cook Wade D., (1979), **Global programming models for assigning sar aircrafts to bases**, Journal of the Operational Research Society 30, 555-561.

Boots B.N., A. Getis, (1988), **Point Pattern Analysis**, Newbury Park, CA: Sage Publications.

Basdemir M., (2000), **Locating Search and Rescue Stations in the Aegean and Western Mediterranean Regions of Turkey**, Department of the Air force Air University, Air force Institute of Technology.

Branas CC, ReVelle CS, MacKenzie EJ, (2000), **To The Rescue: Optimally Locating Trauma Hospitals and Helicopters**, Health Policy: LDI Issue Brief 2000, 6:1-4.

Berlin G., ReVelle C. and Elzinga J., (1976), **Determining ambulance-hospital locations for on-scene and hospital services**, Environment and Planning A, 8, pp. 553-561.

Berlin Geoffrey (1974), **Mathematical analysis of emergency ambulance location**, Pages 323-328.

Canadian Armed Forces, (2013), **Search and Rescue Posture Review 2013**, Canada.

Church R., ReVELLE C., (1974), **The Maximal Covering Location Problem**, Papers of the Regional Science Association, Vol. 32, The Johns Hopkins University.

Chou Y.H., (1997), **Exploring Spatial Analysis in Geographic Information Systems**, Santa Fe: On Word Press.

Chrissis James, (1980), **Locating emergency service facilities in a developing area,** Virginia Polytechnic Institute and State University.

Daskin M., (1995), **Network and Discrete Location**, J.Wiley & Suns, N.Y, 1-3, σελ. 29-43.

Durkee G. and Glynn-Linaris V., (2012), **Using GIS for Wild land Search and Rescue**, ESRI.

ESRI, (2010), **Network Analyst Tutorial**, New York.

ESRI, (2012), **Map SAR User's Manual Version 1.3**, New York.

Haining R., (2003), **Spatial Data Analysis: Theory and Practice**, Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Hongzhong Jia, Fernando Ordóñez, and Maged Dessouky, (2005), **A Modeling Framework for Facility Location of Medical Services for Large-Scale Emergencies**, University of Southern California, Los Angeles.

Interagency Committee for Search and Rescue, **National Search and Rescue Manual**, (1991), Washington, DC.

Johnson Russ, (2000), **GIS Technology for Disasters and Emergency Management**, ESRI White Paper.

Jenkins A.B. and Garvey M.F., (2005), **A candidate management model for a GIS team during a large emergency event**, Proceedings of SSC 2005 Spatial Intelligence, Innovation and Praxis: The national bienniel Conference of the Spatial Sciences Institute.

Koester Robert J., (2008), **Lost Person Behavior: A Search and Rescue Guide on Where to Look - for Land, Air and Water**, dbS Productions LLC, USA.

Kelsall J.E., Diggle P.J., (1995), **Kernel Estimation of Relative Risk**, Bernoulli 1: 3-16.

Larson R.C., (1975), **Approximating the performance of urban emergency service systems**, Operations Research, pp. 845-868.

Lea AC, (1973), **Location-Allocation Models, a Bibliography**, University of Toronto, Toronto.

Politis S. C., (2003), **Protection and Rescue of Life at Sea**, Department of Shipping, Trade & Transport University of the Aegean, Chios, Greece.

Richardson H. R. and Discenza J. H., (1980), T**he United States Coast Guard Computer-Assisted Search Planning System (CASP)**, Naval Research Logistics 27, 659-680.

Silverman B.W., (1986), **Density Estimation For Statistics and Data Analysis**, London: Chapman and Hall.

Söylemez Emrah, (2009), **Search and Rescue with Geographic Information System**.

Toregas, Swains, ReVelle, Bergman, (1971), **The Location of Emergency Service Facilities**, Operations Research, 19, No5, p1363 – 1373.

Talwar M., (2002), **Location of rescue helicopters in South Tyrol**, Paper Presented at 37th Annual ORSNZ Conference, Auckland, New Zealand.

U.S. Coast Guard Research and Development Center, (2001), **REVIEW OF SEARCH THEORY: ADVANCES AND APPLICATIONS TO SEARCH AND RESCUE DECISION SUPPORT**, Report No. CG-D-15-01, Washington, DC.

Αντωνιάδου Σ., Χριστοδούλου Α., Κουγιουμτζής Δ., (2015), **Χώρο-Χρονική Ανάλυση των Δασικών Πυρκαγιών και των Καμένων Εκτάσεων κατά την Περίοδο 1971-2005 στην Ελλάδα**, ΑΠΘ.

Βεσκούκης Β., (2010), **Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης Κρίσεων**, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Κέντρο Εκτίμησης Φυσικών Κινδύνων και Προληπτικού Σχεδιασμού.

Γαροφαλάκης Γ., Δερεκενάρης Γ., Πρέντζας Δ., Σιούτας Σ., Σοφοτάσιος Δ., Τσακαλίδης Α., (1999), **Διαχείριση του στόλου ασθενοφόρων του ΕΚΑΒ με χρήση GIS**, Ελληνική Εταιρεία Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, 1^{ο} Συνέδριο για τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Αθήνα.

Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας (ΙΜΟ), (2014), **Διάσωση στη θάλασσα**, Τορίνο.

ΕΚΣΕΔ/ΝΤ-ΑΤ, (2013), **ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ Ε.Κ.Σ.Ε.Δ. ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2012**, Πειραιάς.

Κουτσόπουλος Κ., (2005), **Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου**, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Κουτσόπουλος Κ., (2006), **Ανάλυση Χώρου: Θεωρία, Μεθοδολογία και Τεχνικές, Τόμος Ι, Μεθοδολογία-Βασικές Μέθοδοι**, Εκδόσεις Διηνεκές, Αθήνα.

Κουτσόπουλος Κ., (2006), **Ανάλυση Χώρου: Θεωρία, Μεθοδολογία και Τεχνικές, Τόμος ΙΙ, Εξειδικευμένες Μέθοδοι Πολυμεταβλητών**, Εκδόσεις Διηνεκές, Αθήνα.

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

Κούτσιας Ν., Καρτέρης Μ., Μπαλατσός Π., Καλαμποκίδης Κ., (2005), **Στρατηγική σχεδιασμού ζωνών επικινδυνότητας δασικών πυρκαγιών: Μία γεωγραφική προσέγγιση σε ιστορικά δεδομένα πυρκαγιών**, Γεωγραφίες, Νο 10, 62-79.

Κοτσώνη Γ., (2009), **Ανάπτυξη ενός Συστήματος Διαχείρισης Δασικών Πυρκαγιών στη Περιοχή της Πάρνηθας με Χρήση των Τεχνολογιών των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών**, ΕΜΠ, Αθήνα.

Λένος Κ., (2012), **Ανάλυση Εγκληματικότητας με την Αξιοποίηση των GIS**, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Λουκάκης Ι., (2010), **Το πρόβλημα χωροθέτησης των μονάδων πυρόσβεσης-διάσωσης: Θεωρία και μεθοδολογία της έρευνας**, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα.

Μπαστρογιάννη Κ., (2014), **Χωροχρονική Ανάλυση και Διαχείριση Περιστατικών Άμεσης Ανάγκης σε Περιβάλλον GIS: Η Περίπτωση των Δασικών Πυρκαγιών του Πιερικού Ολύμπου κατά την Περίοδο 2005-2012**, ΕΜΠ, Αθήνα.

Μακρής Γ. Βασίλειος, (2002), **Έρευνα και διάσωση στο Αιγαίο (Search and Rescue – SAR)**, ΓΕΕΘΑ/ΝΓ, Αθήνα.

Παπλά Νεκταρία–Κονδύλω, (2009), **Πολυκριτιριακή Ανάλυση και Χωροθέτηση Τραπεζικών Καταστημάτων, Πάτρα.**

Τερνιώτης Ιωάννης, (2005), **Έρευνα και Διάσωση στις Θάλασσες κατά τον Β'ΠΠ**, Περιοδικό ''Αεροπορική Ιστορία'', Τεύχος 36.

Ύπατη Αρμοστεία του ΟΗΕ για τους Πρόσφυγες, (2008), **Διάσωση στη θάλασσα, Αποτροπή και Λαθρεπιβάτες**, Αθήνα.

ΥΕΝΑΝΠ/ΛΙΜΕΝΙΚΟ ΣΩΜΑ, (2009), **Πρόγραμμα Εθελοντικής Εκπαίδευσης και Δράσης για Αντιμετώπιση Έκτακτων Αναγκών και Ακραίων Καιρικών Φαινομένων**, Πειραιάς.

Φώτης, (1999), **Χωρικές Διαφοροποιήσεις της Διαχείρισης και της Αντιμετώπισης Περιστατικών Άμεσης Ανάγκης. Μια Προσέγγιση δύο Τεχνολογιών και Τριών Επιπέδων**, Ελληνική Εταιρεία Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, 1^{ο} Συνέδριο για τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Αθήνα.

Φώτης Γ., Γραικούσης Γ., (2005), **Χωροθέτηση πυροσβεστικών οχημάτων στο Δ. Αθηναίων με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και μεθόδων Τεχνητής Νοημοσύνης**, Τεχνικά Χρονικά, Επιστ. Έκδοση ΤΕΕ, ΙΙ, Αθήνα.

Φώτης Γ., Κουτσόπουλος Κ., (1996), **Σύστημα στήριξης χωροθετικών αποφάσεων κοινωνικό-προνοιακών μονάδων**, Τεχνικά Χρονικά. Τεύχος 15.

Φώτης, Αλεβιζάκη, Γραικόυσης (2010), **Η Χωρική Ανάλυση στη Μελέτη της Εγκληματικότητας. Η Περίπτωση της Πόλης του Βόλου**, Ελληνική Εταιρεία Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, 6^{ο} Συνέδριο για τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Αθήνα.

ΦΕΚ 647 Β’, (1993), **Κανονισμός Οργάνωσης και Λειτουργίας Ενιαίου Κέντρου Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης**, Πειραιάς.

Φιλιόπουλος Ιωάννης, (2014), **Χωρική Ανάλυση Δεδομένων Έρευνας-Διάσωσης (Search and Rescue-SAR) στον Ελλαδικό Χώρο**, ΕΜΠ.

Url’s (Τελευταία ενεργή πρόσβαση 01 Ιουλ 2015)

URL: http://www.hcg.gr (ΕΚΣΕΔ/ΝΤ)
URL:http://www.haf.gr (ΕΚΣΕΔ/ΑΤ)