



ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ-ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ

Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος

Μελέτη Περιβαλλοντικού Θορύβου στην Πόλη του Ηρακλείου μέσω Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΠΙΚΑΣ ΜΑΝΩΛΗΣ

Επιβλέπων: Δρ. Απόστολος Σαρρής

Χανιά, Φεβρουάριος 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αξιότιμο κ. Απόστολο Σαρρή για την επιλογή του θέματος, τις πολύτιμες συμβουλές του και την βέλτιστη συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσης.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Διευθύντρια του τμήματος Ανάδειξης και Προστασίας του Περιβάλλοντος κ. Δαμιανάκη Μαρία για την παραχώρηση του Ηχόμετρου της υπηρεσίας, όπως επίσης και το τμήμα εναέριας κυκλοφορίας του αεροδρομίου Νίκος Καζαντζάκης για τα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία που μου παρείχαν.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την στήριξη που μου παρείχαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο κυκλοφοριακός θόρυβος και οι επιδράσεις του επηρεάζουν πολλές πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η οδική κίνηση αυξάνεται συνεχώς με αποτέλεσμα το πρόβλημα του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου να γίνεται πιο έντονο τις τελευταίες δεκαετίες. Τα αίτια του προβλήματος ξεκινούν από την συνεχή αύξηση των μέσων μεταφοράς όπως και της συγκέντρωσης του πληθυσμού στα αστικά κέντρα σε συνδυασμό με την απουσία ουσιαστικών μέτρων γύρω από το πρόβλημα.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει εκδώσει την οδηγία 2002/49/ΕΚ που προβλέπει «στον καθορισμό μιας κοινής προσέγγισης για την αποφυγή, πρόληψη ή περιορισμό των δυσμενών επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένης της ενόχλησης, από έκθεση στον περιβάλλοντα θόρυβο». Υπάρχει συνεπώς η ανάγκη για χαρτογράφηση του θορύβου στις αστικές περιοχές για διάθεση πληροφοριών σχετικά με το θόρυβο στο κοινό και τη θέσπιση σχεδίων δράσης με στόχο τη πρόληψη και περιορισμό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο θόρυβος στο περιβάλλον είναι μια από τις μάστιγες της κοινωνίας. Μια από τις κύριες πηγές θορύβου στις αστικές περιοχές είναι τα μέσα μεταφοράς και οι συγκοινωνίες.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν στόχο 1) να καταγράψει και να μετρήσει το πρόβλημα του κυκλοφοριακού θορύβου, 2) να αναλύσει τις μετρήσεις και να εξάγει χρήσιμα συμπεράσματα, 3) να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα των μετρήσεων σαν πληροφορία για την δημιουργία ψηφιακών χαρτών, έτσι ώστε να γίνει μια εκτίμηση του προβλήματος μέσω των ιδιοτήτων του λογισμικού GIS και 4) να προτείνει λύσεις στις περιοχές που θα διαπιστωθεί υπέρβαση των ορίων . Για τον σκοπό αυτό, έγιναν κάποιες μετρήσεις θορύβου με ηχώμετρο σε κεντρικές αρτηρίες του ιστορικού κέντρου της πόλης του Ηρακλείου, ενώ συγχρόνως πάρθηκαν οι συντεταγμένες των σημείων όπου έγιναν οι μετρήσεις μέσω ενός δέκτη GPS. Τα δεδομένα εισήχθησαν στο λογισμικό ArcGIS desktop 9.2 για να εξαχθούν οι τελικοί χάρτες.

Οι χάρτες θορύβου, θεωρείται ότι θα αποτελέσουν βασικό εργαλείο για τον έλεγχο της κατάστασης σε ότι αφορά τον θόρυβο στις αστικές περιοχές σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Ένας τέτοιος χάρτης παρέχει πληροφορίες προς :

- Τους κατοίκους με ένα απλό και κατανοητό τρόπο
- Τους μηχανικούς και τις αρχές για την λήψη αποφάσεων

ABSTRACT

Environmental noise is one of the scourges of our society. The main sources of noise in urban areas are the traffic means and the transportation.

The main goal of the diploma thesis is to 1) Record and calculate the problem of traffic noise, 2) To analyze the calculation and deduct useful conclusions, 3) To use the measured data as an input to create raster maps, so it can be an estimation of the problem through the characteristics of the ArcGIS desktop 9.2 software and 4) To suggest solutions in the loud areas of the map. For this purpose, noise measurements in central streets in Heraklion have been done, while coordinates of the measured points (through a GPS) have been taken. The input data entered the ArcGISdesktop 9.2 software to extract the final maps.

Noise maps are considered to compose a basic tool to control the situation about traffic noise in urban areas in Europe. This kind of map can produce information to:

- People with a simple and understanding way
- Engineers and the authorities in order to take decisions

| | |
|---|-----|
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ | II |
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ | III |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | IV |
| ABSTRACT | V |
| ΕΝΟΤΗΤΑ 1 : ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ | 1 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ | 2 |
| 1.1 Γενικά | 2 |
| 1.1.1 Ορισμοί | 3 |
| 1.2 Κύριες πηγές θορύβου | 5 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΟΡΥΒΟΣ ΑΠΟ ΤΑ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ | 6 |
| 2.1 Εισαγωγή | 6 |
| 2.2 Θόρυβος από τα οδικά μέσα μεταφοράς | 6 |
| 2.2.1 Κριτήρια, Όρια | 7 |
| 2.2.2 Τι συμβαίνει στην χώρα μας | 8 |
| 2.2.3 θόρυβος από τα δίκυκλα | 8 |
| 2.3 Παράγοντες θορύβου από τα οδικά μέσα μεταφοράς | 10 |
| 2.3.1 Κύριοι παράγοντες οδικού κυκλοφοριακού θορύβου | 10 |
| 2.3.2 Δευτερεύοντες παράγοντες κυκλοφοριακού θορύβου | 12 |
| 2.4 Μέτρα αντιμετώπισης θορύβου από τα οδικά μέσα | 13 |
| 2.4.1 Μέτρα στην πηγή του θορύβου | 14 |
| 2.4.2 Μέτρα στην διαδρομή του ήχου | 15 |
| 2.4.3 Μέτρα στον αποδέκτη | 17 |
| 2.5 Θόρυβος από άλλα μέσα μεταφοράς | 18 |
| 2.5.1 Θόρυβος από τα αεροπλάνα | 18 |
| 2.5.1.1 Αεροδρόμιο Ηρακλείου | 19 |
| 2.5.2 Θόρυβος από τα τρένα | 20 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ .. | 22 |
| 3.1 Γενικά | 22 |
| 3.2 Βλάβη στην ακοή | 22 |
| 3.3 Ψυχολογικές επιδράσεις | 24 |
| 3.4 Παθολογικές επιδράσεις | 26 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΘΟΡΥΒΟ | 26 |
| 4.1 Ελληνική Νομοθεσία | 26 |
| 4.2 Ευρωπαϊκή Νομοθεσία | 29 |
| ΕΝΟΤΗΤΑ 2 : ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ... | 31 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ Γ.Π.Σ. | 32 |
| 1.1 Ιστορική αναδρομή | 32 |
| 1.2 Ορισμός Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών | 34 |
| 1.3 Δομή των Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών | 35 |
| 1.4 Εφαρμογές των Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών ... | 39 |
| 1.5 Πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα | 41 |
| 1.6 Εισαγωγή στο ArcGIS Desktop | 42 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: INTERPOLATION (ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ) | 47 |

| | |
|---|-----|
| 2.1 Τι είναι η παρεμβολή | 47 |
| 2.2 Μέθοδοι παρεμβολής | 48 |
| 2.2.1 Kriging | 50 |
| 2.2.2 IDW (Inverse Distance Weighting) | 52 |
| 2.2.3 Spline..... | 54 |
| 2.2.4 Local & Global Polynomial Interpolation | 55 |
| 2.2.5 Radial Basis Function | 57 |
| ΕΝΟΤΗΤΑ 3 : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ | 58 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΟΡΓΑΝΑ | 59 |
| 1.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΟΡΥΒΟΥ | 59 |
| 1.1.1 Δείκτες θορύβου..... | 59 |
| 1.1.2 Μεθοδολογία..... | 61 |
| 1.2 ΗΧΟΜΕΤΡΟ | 62 |
| 1.3 GPS (global positioning system) | 65 |
| 1.3.1 Φορητός δέκτης Yakumo alphaX Navigator 3 | 67 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΙΝΑΚΕΣ, ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ | 68 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ | 77 |
| 3.1 Εισαγωγή δεδομένων στον ArcMap | 77 |
| 3.1.1 Μετατροπή δεδομένων στον ArcMap | 79 |
| 3.2 Spatial Analyst | 85 |
| 3.2.1 Δημιουργία ζωνών επέκτασης (Buffers)..... | 86 |
| 3.2.2 Εφαρμογή μεθόδου Kriging..... | 89 |
| 3.2.3 Εφαρμογή μεθόδου IDW | 90 |
| 3.2.4 Εφαρμογή μεθόδου Spline | 91 |
| 3.3 Geostatistical Analyst | 92 |
| 3.3.1 Εφαρμογή μεθόδου Indicator Kriging | 94 |
| 3.3.2 Εφαρμογή μεθόδου Ordinary Kriging | 99 |
| 3.3.3 Εφαρμογή μεθόδου IDW | 104 |
| 3.3.4 Εφαρμογή μεθόδου RBF..... | 106 |
| 3.3 Ζώνες επέκτασης και υπέρθεση(Buffer with overlapping) | 110 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ | 115 |
| 4.1 Συμπεράσματα από πίνακες – γραφήματα | 115 |
| 4.2 Συμπεράσματα από χάρτες | 118 |
| 4.2.1 Spatial Analyst | 119 |
| 4.2.2 Geostatistical Analyst | 131 |
| 4.2.3 Ζώνες επέκτασης και υπέρθεση..... | 137 |
| 4.3 Προτάσεις | 138 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 143 |

ΕΝΟΤΗΤΑ 1 : ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ

1.1 Γενικά

Ο ανεπιθύμητος, ενοχλητικός ή και απλά δυσάρεστος για τον άνθρωπο ήχος ονομάζεται θόρυβος και παράγεται από τις μεταβολές της πίεσης του αέρα, οι οποίες δια μέσου των αυτιών μεταφέρονται στ εγκέφαλο. Η πίεση μετράται σε Pascals (Pa). Το κατώφλιο για την ανθρώπινη ακοή είναι περίπου 0,00002 Pa. Η ένταση του θορύβου εκφράζεται με το τετράγωνο της πίεσης του ήχου. (Watt ανά τετραγωνικό μέτρο W/m²). Η μικρότερη ακουστή ένταση είναι περίπου 10⁻¹² Wm². Για πρακτικούς λόγους απαιτείται μια κλίμακα μετατροπής, η οποία να εκφράζει τον θόρυβο και γι' αυτό τον σκοπό χρησιμοποιείται η κλίμακα των decibel (dB). Το dB είναι το 1/10 του bel, το οποίο είναι ο λογάριθμος του πηλίκου δύο ιδιαίτερων εντάσεων ήχου.

Η πίεση είναι ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας της έντασης. Ένας ήχος, ο οποίος μετράται σε dB είναι δέκα φορές ο λογάριθμος του τετραγώνου του πηλίκου δύο πιέσεων ήχου.

$$L = \log 10 * I / I_0$$

όπου L = το επίπεδο του ήχου σε bels

I₀ = η ένταση αναφοράς (Wm²)

I = η ένταση του υπό εξέταση ήχου (Wm²)

$$\text{έτσι } L = \log_{10} (P)^2 / (P_0)$$

$$L = 20\log_{10} * P / P_0$$

όπου L = το επίπεδο του ήχου δε dB

P₀ = η πίεση αναφοράς σε pascals (Pa)

P = η υπό εξέταση πίεση σε Pa

| Τυπικές εντάσεις ήχου | | |
|--|------------|--------------|
| | Πίεση (Pa) | Decibel (dB) |
| Κατώφλιο ακοής | 0.00002 | 0 |
| Ήσυχο γραφείο | 0.002 | 40 |
| Θόρυβος από ξυπνητήρι σε απόσταση 1 μ. | 0.2 | 80 |
| Μηχανοστάσιο πλοίου | 20 | 120 |
| Μηχανή turbo - jet στα 25 μ. | 200 | 140 |

Πίνακας 1: Τυπικές εντάσεις ήχου

Η πιο χαμηλή συχνότητα ήχου, η οποία μπορεί να γίνει αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί είναι περίπου 20 Hz και η πιο υψηλή για νέα άτομα είναι πάνω από 18 KHz. Επειδή το dB είναι μονάδα μέτρησης λογαριθμικής κλίμακας, για κάθε αύξηση της έντασης του ήχου κατά 3 dB, η ηχητική ενέργεια που δέχεται το αυτί είναι διπλάσια. Με την πάροδο του χρόνου η ακοή γίνεται λιγότερο ευαίσθητη στις υψηλές συχνότητες. Ο διπλασιασμός της συχνότητας ανεβάζει τον τόνο μιας νότας, κατά μία οκτάβα. Το αυτί είναι περισσότερο δεκτικό για ήχους μεταξύ 500 Hz και 4 K Hz, από τους οποίους η συχνότητα μεταξύ 500 Hz - 2 KHz είναι το πλάτος της συχνότητας ομιλίας

1.1.1 Ορισμοί

α) «περιβαλλοντικός θόρυβος»: οι ανεπιθύμητοι ή επιβλαβείς θόρυβοι στις αστικές περιοχές και στο ύπαιθρο που δημιουργούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων των θορύβων που εκπέμπονται από μεταφορικά μέσα, από οδικές, σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές και από χώρους βιομηχανικής δραστηριότητας όπως ορίζονται στο παράρτημα II του άρθρου 5 της υπ' αριθ. Η.Π. 15393/2332/2002 κοινή

β) «κυκλοφοριακός θόρυβος»: ο θόρυβος που παράγεται από ορισμένο κυκλοφοριακό φόρτο, ένα σύνολο δηλαδή οχημάτων προσδιορισμένων σε σχέση με τον χώρο και τον χρόνο.

γ) «Θόρυβος Βάθους» (Background Noise) ονομάζεται ο θόρυβος που εκπέμπεται από όλες τις πηγές που βρίσκονται στο περιβάλλον και δεν μας ενδιαφέρουν. Ο θόρυβος περιβάλλοντος είναι μέρος του θορύβου βάθους. Για το θόρυβο βάθους μπορούμε να δώσουμε τον ορισμό του ΕΑΟΤ 263.1: Θόρυβος Βάθους ορίζεται ως ο θόρυβος που προέρχεται από όλες τις ηχητικές πηγές που δεν έχουν σχέση με ένα ορισμένο ήχο ο οποίος αποτελεί αντικείμενο ενδιαφέροντος (Σκαρλάτος, 1998).

δ) «επιβλαβείς επιδράσεις»: οι αρνητικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία.

ε) «ενόχληση»: ο βαθμός ακουστικής ενόχλησης των περιοίκων, όπως προσδιορίζεται με επιτόπιους ελέγχους.

στ) «δείκτης θορύβου»: φυσικό μέγεθος για την περιγραφή του περιβαλλοντικού θορύβου, που σχετίζεται με επιβλαβείς επιδράσεις.

ζ) «αξιολόγηση»: οποιαδήποτε μέθοδος υπολογισμού, πρόβλεψης, εκτίμησης ή μέτρησης της τιμής ενός δείκτη θορύβου ή των σχετικών επιβλαβών επιδράσεων.

η) «χαρτογράφηση θορύβου¹»: η παρουσίαση δεδομένων σχετικά με την υπάρχουσα ή προβλεπόμενη κατάσταση του περιβαλλοντικού θορύβου βάσει δεικτών θορύβου, όπου εμφανίζονται οι υπερβάσεις των οικείων ισχυουσών οριακών τιμών, ο αριθμός ατόμων που θίγονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή ο αριθμός κατοικιών που εκτίθενται σε ορισμένες τιμές δεικτών θορύβου σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

¹ Σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2002/49/EK με την οποία φαίνεται αναγκαία η χαρτογράφηση μεγάλων οδικών αξόνων.

θ) «σχέδια δράσης» : σχέδια για τη διαχείριση των προβλημάτων και των επιδράσεων του θορύβου, συμπεριλαμβανομένης εν ανάγκη της μείωσης του θορύβου.

1.1 Κύριες πηγές θορύβου

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν οι κυριότερες πηγές θορύβου που παρουσιάζονται στα αστικά κέντρα και επηρεάζουν την ζωή των κατοίκων. Ορισμένες από τις πηγές θορύβου που υπάρχουν σήμερα στην χώρα μας ενδέχεται να έχουν αυξημένη επιρροή στο πρόβλημα του θορύβου τοπικά. Παραδείγματα αυτών των περιπτώσεων είναι βαριές βιομηχανίες σε ορισμένες περιοχές της χώρας, μεγάλες οδικές αρτηρίες και εγκαταστάσεις αναψυχής τους καλοκαιρινούς μήνες. Πέρα όμως από τοπικές επιδράσεις, η κυριότερη πηγή ηχορύπανσης, η οποία επηρεάζει μεγαλύτερο μέρος πληθυσμού, είναι ο κυκλοφοριακός θόρυβος .

Παρακάτω φαίνονται οι κυριότερες πηγές θορύβου:

- Η κυκλοφορία και τα μέσα μεταφοράς
- Οι βιοτεχνικές και βιομηχανικές μονάδες
- Τα επαγγελματικά εργαστήρια και οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις
- Η διασκέδαση και τα κέντρα αναψυχής
- Οι οικιακές συσκευές και εγκαταστάσεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΟΡΥΒΟΣ ΑΠΟ ΤΑ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

2.1 Εισαγωγή

Ο θόρυβος από τα μέσα μεταφοράς είναι ο θόρυβος που προκαλείται από την οδική, αεροπορική και την σιδηροδρομική κυκλοφορία και αποτελεί σε διεθνές επίπεδο την κυριότερη πηγή ενόχλησης του πληθυσμού. Το πρόβλημα εστιάζεται κυρίως στο αστικό περιβάλλον, όπου συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού, επομένως και των μεταφορών. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, περίπου το 75% του πληθυσμού της Ευρώπης κατοικεί στις πόλεις, με συνεχώς αυξανόμενο ρυθμό¹.

2.2 Θόρυβος από τα οδικά μέσα μεταφοράς

Η σημαντικότερη από τις πηγές θορύβου που υποβαθμίζουν την ποιότητα ζωής στις ελληνικές πόλεις, είναι ο θόρυβος που προέρχεται από την οδική κυκλοφορία. Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό, είναι καταρχήν το γεγονός ότι στην οδική κυκλοφορία εκτίθεται συστηματικά το μεγαλύτερο ποσοστό του αστικού πληθυσμού σε σχέση με άλλες πηγές θορύβου που είναι ασφαλώς πιο σημειακές όπως η Βιομηχανία και το Αεροδρόμιο και κατά δεύτερον ο μεγάλος αριθμός οχημάτων σε σχέση με άλλες κατηγορίες μηχανημάτων. Υπολογίζεται ότι η συνολική ιπποδύναμη η οποία περικλείεται στα αυτοκίνητα οχήματα ξεπερνά κατά 20 φορές την ιπποδύναμη όλων των άλλων μηχανημάτων.

¹Στοιχεία από την διαδικτυακή πύλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης http://europa.eu/index_el.htm

2.2.1 Κριτήρια, Όρια

Το πιο συνηθισμένο κριτήριο για την αξιολόγηση του θορύβου από τα οδικά μέσα μεταφοράς είναι η ενόχληση του πληθυσμού. Σύμφωνα λοιπόν με σχετικές έρευνες, τα όρια της στάθμης του κυκλοφοριακού θορύβου, σε σχέση με την προκαλούμενη ενόχληση φαίνονται στον πίνακα 1:

| | |
|------|----------------|
| > 81 | ΑΠΑΡΑΔΕΚΤΗ |
| 81 | ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |
| 80 | ΠΟΛΥ ΘΟΡΥΒΩΔΗΣ |
| 79 | ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |
| 78 | |
| 77 | ΘΟΡΥΒΩΔΗΣ |
| 76 | ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |
| 75 | |
| 74 | ΕΞΕΛΘΟΝ ΑΝΕΚΤΗ |
| 73 | ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |
| 72 | |
| 71 | ΚΑΛΗ |
| 70 | ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |
| 69 | |
| 68 | ΑΝΕΚΤΗ |
| < 68 | ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |

Πίνακας 2: Όρια ενόχλησης πληθυσμού

Για την εκτίμηση των επιπέδων του κυκλοφοριακού θορύβου, η ελληνική νομοθεσία έχει καθορίσει συγκεκριμένους δείκτες. Τα όρια των παραπάνω δεικτών καθορίστηκαν στα 67 και 70 ντεσιμπέλ αντίστοιχα. Το δεύτερο νούμερο αφορά τα ανώτατα όρια θορύβου σε νέα οδικά έργα.

2.2.2 Τι συμβαίνει στην χώρα μας

Το πρόβλημα της ηχορύπανσης είναι πολύ έντονο κυρίως στις μεγαλουπόλεις της χώρας μας (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Λαμία, Ηράκλειο) οι οποίες έχουν συμπεριληφθεί σε λίστες της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσα στις πιο θορυβώδεις πόλεις της Ευρώπης. Οι κυριότερες αιτίες διόγκωσης του προβλήματος είναι: η διόγκωση των αστικών περιοχών σε συνδυασμό με τις συνθήκες διαβίωσης, η έλλειψη χωροταξικού σχεδιασμού και χρήσεων γης και η μη εφαρμογή της υπάρχουσας νομοθεσίας προστασίας περιβάλλοντος και εργαζομένων από τον θόρυβο.

Οι περισσότερες διεθνείς νομοθεσίες θέτουν σαν ανώτερη στάθμη θορύβου στους χώρους κατοικίας τα 45 dB(A) αλλά στις Ελληνικές μεγαλουπόλεις επικρατούν επίπεδα 65 - 80 dB(A) τα οποία διαταράσσουν σοβαρά τον ύπνο και την ξεκούραση του οργανισμού.

Σύμφωνα με οδηγία της Ε.Ε. (2002/49/EK) τα κράτη μέλη όφειλαν να ως τις 30 Ιουνίου 2007, να είχαν εκπονήσει τους στρατηγικούς χάρτες για την κατάσταση που επικρατούσε το προηγούμενο ημερολογιακό έτος σε όλα τα πολεοδομικά συγκροτήματα άνω των 250.000 κατοίκων, για τους μεγάλους οδικούς άξονες όπου καταγράφεται κυκλοφορία άνω των 6.000.000 οχημάτων ετησίως, όπως και για τους σιδηροδρομικούς άξονες με περισσότερους από 60.000 συρμούς και για όλα τα μεγάλα αεροδρόμια εντός της επικράτειάς τους. Επιπλέον, από τον Ιούλιο του 2008 έπρεπε να είχαν εκπονηθεί σχέδια δράσης για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούνται από το θόρυβο.

2.2.3 θόρυβος από τα δίκυκλα

Ο θόρυβος που προκαλείται από τα δίκυκλα είναι ίσως η μεγαλύτερη πηγή όχλησης στις μεγαλουπόλεις της χώρας. Ο μεγάλος αριθμός δικύκλων που κυκλοφορούν στην χώρα μας σε συνδυασμό με ένα σημαντικό ποσοστό από

αυτά να έχουν υποστεί τροποποιήσεις με αποτέλεσμα να αποτελούν μια από τις κυριότερες εστίες όχλησης.

Στην Ελλάδα το 10,8% του συνολικού μεταφορικού έργου πραγματοποιείται με δίκυκλα, με τον αντίστοιχο μέσο όρο στην Ε.Ε. να μην ξεπερνά το 2,9%(Ελλάδα→1 δίκυκλο ανά 2 αυτοκίνητα, Ευρώπη→1 δίκυκλο ανά 7 αυτοκίνητα).Σύμφωνα με στοιχεία της Ε.Σ.Υ.Ε.(Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος) το έτος 2008 κυκλοφορούν στην Ελλάδα 1.388.607 δίκυκλα ενώ στον νομό Ηρακλείου ο αριθμός των δικύκλων ανέρχεται στα 60.266 δίκυκλα εκ των οποίων ένα μεγάλο ποσοστό βρίσκεται στην πόλη του Ηρακλείου. Ο αριθμός αυτός είναι πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με παρόμοιους πληθυσμιακά νομούς της χώρας.

Σε κοινοτικό επίπεδο, η οδηγία 97/24/ΕΚ¹, η οποία τροποποιήθηκε με την οδηγία 2006/72/ΕΚ, προβλέπει επιτρεπτές στάθμες θορύβων για δίκυκλα και τρίκυκλα καθώς και για τις εξατμίσεις τους, συμπεριλαμβανομένων των ανταλλακτικών, και προτείνει μέτρα ώστε να αποτρέπονται οι επεμβάσεις στα συστήματα εξάτμισης. Η οδηγία καθορίζει τις παρακάτω οριακές τιμές θορύβων (πίνακας 2.2.3) για έγκριση τύπου τη στιγμή κατά την οποία τα οχήματα εισέρχονται στην αγορά:

| | |
|---|----|
| ≤80 cm ³ | 75 |
| 125 cm ³ , 175 cm ³ | 77 |
| >175 cm ³ | 80 |
| μοτοποδήλατα | 71 |
| Τρίκυκλα | 76 |
| Μοτοσικλέτες (κυλινδρισμός κινητήρα) | |

¹ Οδηγία 97/24/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17ης Ιουνίου 1997 «σχετικά με ορισμένα στοιχεία και χαρακτηριστικά των δίκυκλων ή τρίκυκλων οχημάτων με κινητήρα», ΕΕ L 226, 18.8.1997

Πίνακας 3 Επιτρεπτές στάθμες θορύβου

2.3 Παράγοντες θορύβου από τα οδικά μέσα μεταφοράς

Οι οδικές μεταφορές κατέχουν το μεγαλύτερο κομμάτι του μεταφορικού έργου: μπορούν να ολοκληρώσουν μία μετακίνηση ή να αποτελέσουν κρίσιμο τμήμα της, πραγματοποιούνται με ιδιωτικά ή δημόσια μέσα, δεν επιβάλλουν χώρο-χρονικούς περιορισμούς, συνδυάζονται με τα υπόλοιπα μεταφορικά μέσα και διακινούν αγαθά και επιβάτες. Έτσι, η ποιότητά τους καθορίζει δυναμικά την ποιότητα της ανθρώπινης δραστηριότητας^[1].

Η προσπάθεια ανάλυσης του κυκλοφοριακού θορύβου οδήγησε στην ανάγκη ορισμού παραγόντων ικανών να αποδώσουν το επίπεδο θορύβου στον δέκτη και να δώσουν πληροφορίες για την πηγή και την διαδρομή αυτού. Επίσης, όλες οι μελέτες φαίνεται να συμφωνούν ότι ο θόρυβος των οχημάτων είναι ένας συνδυασμός θορύβων που παράγονται από τον κινητήρα, την εξάτμιση και τα ελαστικά επίστρωτα. Η ένταση του κυκλοφοριακού θορύβου μπορεί να αυξηθεί από ελαττωματικούς σιγαστήρες ή άλλα ελαττωματικά εξαρτήματα των αυτοκινήτων

2.3.1 Κύριοι παράγοντες οδικού κυκλοφοριακού θορύβου

Σχεδόν όλες οι μελέτες για τα αίτια του κυκλοφοριακού θορύβου δείχνουν ότι η στάθμη του εξαρτάται από τρεις κυρίως παραμέτρους:

1. Τον κυκλοφοριακό φόρτο.

Η διαχρονική αύξηση των κυκλοφοριακών φόρτων στο οδικό δίκτυο των πόλεων έχει προκαλέσει προοδευτική επιδείνωση των κυκλοφοριακών συνθηκών, με συνεπακόλουθη μείωση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας και αύξηση του χρόνου μετακίνησης και της στάθμης θορύβου^[2].

Με τον όρο κυκλοφοριακός φόρτος εννοούμε τον συνολικό αριθμό των οχημάτων που διέρχονται από ένα σημείο σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Ο κυκλοφοριακός φόρτος έχει χωρική και χρονική διάσταση^[3].

Στην χωρική διάσταση του ο φόρτος μπορεί να αναφέρεται:

- στα οχήματα που διέρχονται από τη συνολική διατομή (2 κατευθύνσεις)
- στα οχήματα της μίας κατεύθυνσης, ή
- στα οχήματα μίας μόνο λωρίδας

Επίσης μπορεί να αναφέρεται σε περισσότερες από μια οδούς, π.χ. στο σύνολο των οδών που τέμνουν μια περιμετρική γραμμή που περιβάλλει το κέντρο μιας πόλης

Στην χρονική διάσταση του φόρτου, ανάλογα με την χρονική περίοδο που αναφέρεται, ο φόρτος χαρακτηρίζεται σαν:

- ο ωριαίος,
- ο ημερήσιος,
- ετήσιος, κλπ .

2. Την ταχύτητα κυκλοφορίας.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι η αύξηση της ταχύτητας της κυκλοφορίας, αυξάνει τα επίπεδα θορύβου. Κατά τον Anderson η μείωση της στάθμης του θορύβου που προκαλείται από την μείωση κατά 10km/h της ταχύτητας είναι μεταξύ 2,1 και 3,7 dB για τα ελαφρά οχήματα και 1,7 έως 2,7dB για τα βαρέα οχήματα. Πολλοί ερευνητές ορίζουν 2 περιοχές ταχύτητας: μία επάνω από 50km/h όπου η κυκλοφοριακή ροή είναι ελεύθερη και μια κάτω από 50km/h όπου η πλειοψηφία των οχημάτων δεν ρέει ελεύθερα. Γενικά, γίνεται αποδεκτό ότι η παραγωγή θορύβου είναι λογαριθμική συνάρτηση της ταχύτητας και δίνεται από την σχέση $L = a + b \log v$ όπου a και b είναι σταθερές.

Στην οδούς όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις οι ταχύτητες κυκλοφορίας δεν ξεπερνούσαν τα 45-50 km/h οπότε μπορούμε να πούμε ότι δεν έχουμε ελεύθερη ροή των οχημάτων. Επομένως, κατά την διάρκεια της ημέρας και ιδιαίτερα των ωρών αιχμής, δεν έχουμε μεγάλες ταχύτητες κυκλοφορίας. Αντιθέτως, στις ώρες κοινής ησυχίας και στις μεταμεσονύκτιες ώρες παρατηρούνται μεγαλύτερες ταχύτητες, άρα και μεγαλύτερη όχληση από τον συγκεκριμένο παράγοντα.

3. Την σύνθεση της κυκλοφορίας.

Η κυκλοφοριακή σύνθεση συνήθως αναφέρεται ως το ποσοστό των ελαφρών και βαρέων οχημάτων, τα οποία διέρχονται από μία διατομή οδού σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Με τον όρο ελαφρά οχήματα εννοούμε κάθε όχημα του οποίου το βάρος δεν ξεπερνάει τους 3,5 τόνους.

Στην κυκλοφοριακή σύνθεση, θα προσθέσουμε το ποσοστό των δικύκλων που διέρχονται από μια διατομή οδού, τα οποία από παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν επί τόπου, φαίνεται να ανεβάζουν τα επίπεδα θορύβου τουλάχιστον κατά 5dB κατά την διέλευση τους. Αντιθέτως, δεν παρατηρήθηκε μεγάλος αριθμός βαρέων οχημάτων τα οποία δεν έχουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση του κυκλοφοριακού θορύβου.

2.3.2 Δευτερεύοντες παράγοντες κυκλοφοριακού θορύβου

Με τον όρο δευτερεύοντες παράγοντες κυκλοφοριακού θορύβου εννοούμε όλους εκείνους τους παράγοντες οι οποίοι τοπικά και συνολικά συμβάλουν στην αύξηση των τιμών θορύβου σε μια περιοχή. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες είναι οι παρακάτω:

1. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού

- Κατά μήκος κλίση
- Πλάτος οδοστρώματος

- Πλάτος πεζοδρομίου
- Ορατότητα

2. Ποιότητα οδοστρώματος

- Λακκούβες
- Υλικό κατασκευής οδοστρώματος

3. Χωροθέτηση της οδού

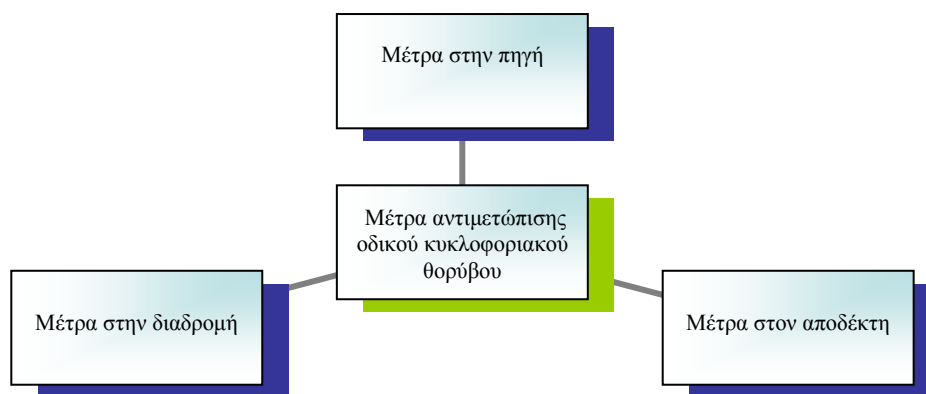
- Πολεοδομικός χαρακτήρας
- Δομή των εκατέρωθεν του οδικού έργου δόμησης

4. Κλιματολογικές συνθήκες

- Βροχή
- Άνεμος
- Θερμοκρασία
- υγρασία
- Εξασθένιση-Απορρόφηση

2.4 Μέτρα αντιμετώπισης θορύβου από τα οδικά μέσα

Τα μέτρα αντιμετώπισης οδικού κυκλοφοριακού θορύβου χωρίζονται σε κατηγορίες. Αυτές είναι μέτρα στην πηγή, μέτρα στην διαδρομή και μέτρα στον αποδέκτη (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Μέτρα αντιμετώπισης οδικού κυκλοφοριακού θορύβου

2.4.1 Μέτρα στην πηγή του θορύβου

Τα μέτρα στην πηγή του θορύβου αφορούν κυρίως τους ελέγχους «παρά την οδό»για όλα τα μέσα μεταφοράς αλλά κυρίως για μοτοποδήλατα και μοτοσικλέτες. Όπως αναφέραμε στην υποενότητα 2.2.4 το ποσοστό το οποίο κατέχουν τα δίκυκλα στο συνολικό μεταφορικό έργο στην Ελλάδα είναι πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των άλλων Ευρωπαϊκών χωρών. Επίσης, ο νομός Ηρακλείου έχει πολύ μεγαλύτερο αριθμό δικύκλων σε σχέση με παρόμοιους πληθυσμιακά νομούς. Αν στα παραπάνω προσθέσουμε τον αυξημένο αριθμό τροποποιημένων δικύκλων (δίκυκλα τα οποία έχουν υποστεί τροποποιήσεις είτε στον κινητήρα, είτε στην εξάτμιση με αποτέλεσμα να θορυβούν περισσότερο από το κανονικό) της πόλης του Ηρακλείου, καταλαβαίνουμε πόσο σημαντικοί είναι οι έλεγχοι θορύβου στα δίκυκλα.

Επιπλέον έλεγχοι μπορούν να πραγματοποιηθούν και στα αυτοκίνητα για τυχόν παλιούς ή ελαττωματικούς σιγαστήρες και για φθαρμένα ελαστικά επίστρωτα¹ τα οποία στην επαφή τους με το οδόστρωμα δημιουργούν αυξημένα επίπεδα θορύβου. Ένα άλλο μέτρο που θα μπορούσε να εφαρμοστεί είναι η

¹ Κάποιες έρευνες υποστηρίζουν ότι πάνω από μια οριακή ταχύτητα(περίπου 45km/h) ο θόρυβος που προκαλείται από την επαφή των ελαστικών με το οδόστρωμα υπερκαλύπτει τον θόρυβο από τον κινητήρα και την εξάτμιση του οχήματος.

τροποποίηση της υπάρχουσας νομοθεσίας, προβλέποντας αυστηρότερα πρόστιμα και ποινές.

Κάποιες άλλες παρεμβάσεις που μπορούν να γίνουν, αφορούν την ίδια την παραγωγική διαδικασία και είναι τα εξής:

- Μέτρα τροποποίησης της ίδιας της παραγωγικής διαδικασίας.
- Μέτρα για την βελτίωση του σχεδιασμού και των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των μηχανών και των αυτοκινήτων για τη μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου (π.χ. αερόσφουρα με σιγαστήρα).

2.4.2 Μέτρα στην διαδρομή του ήχου

Μερικά από τα πιο διαδεδομένα μέτρα πρόληψης και μείωσης του κυκλοφοριακού θορύβου στην διαδρομή του ήχου είναι τα παρακάτω:

- Κατασκευή ηχοπετασμάτων είτε από αλουμίνιο είτε από οπλισμένο σκυρόδεμα σε συνδυασμό με ειδικό υλικό απορρόφησης στο εσωτερικό τους για αποφυγή της ανάκλασης του θορύβου. Τα ηχοπετάσματα θεωρούνται από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους μείωσης του κυκλοφοριακού θορύβου, όπου είναι δυνατή η χρήση τους.
- Χρήση κατάλληλης φύτευσης με φυτά ανομοιόμορφου μεγέθους και πυκνή βλάστηση για καλύτερα αποτελέσματα. Σε κατοικημένες περιοχές οι δεντροφυτέψεις μπορούν να λειτουργήσουν σαν ζώνες προστασίας μειώνοντας τα επίπεδα θορύβου μέχρι και 10dB¹. Επιπλέον, για μείωση θορύβου καθ' όλη την διάρκεια του έτους προτιμούνται αιθαλή φυτά. Ο συνδυασμός ηχοπετασμάτων και φύτευσης, μπορεί να μειώσει αρκετά τα επίπεδα θορύβου και να δώσει λύση στο πρόβλημα της αντιαισθητικής εικόνας που δημιουργούν τα ηχοπετάσματα.

¹Huddart 1990

- Δημιουργία ποδηλατοδρόμων και πεζοδρομήσεις. Η δημιουργία ποδηλατοδρόμων έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση των αυτοκινήτων και των δικύκλων, με αποτέλεσμα την μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου ,επομένως και του κυκλοφοριακού θορύβου. Οι πεζοδρομήσεις κεντρικών αρτηριών οδηγεί στην εξάλειψη του θορύβου τοπικά όπου εφαρμόζονται και βοηθά στην μείωση του θορύβου σε γειτονικούς παράδρομους.
- Χαρτογράφηση του θορύβου σε μεγάλες πόλεις και οδικούς άξονες. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσω της οδηγίας 2002/49/Ε.Ε, έθεσε στα κράτη μέλη την 30 Ιουνίου 2007 ως προθεσμία για την δημιουργία χαρτών θορύβου σε πόλεις άνω των 250000 κατοίκων και σε οδικούς άξονες με κυκλοφοριακό φόρτο άνω των 6000000 αυτοκινήτων ετησίως. Επίσης, στρατηγικοί χάρτες θορύβου θα πρέπει να εκπονηθούν έως την 30 Ιουνίου του 2012 για πόλεις μεγαλύτερες των 100000 κατοίκων και για οδικούς άξονες με κυκλοφοριακό φόρτο άνω των 3000000 αυτοκινήτων ετησίως. Η μέθοδος της χαρτογράφησης του θορύβου βοηθά σημαντικά στη συλλογή στοιχείων για περιοχές με ειδικό ενδιαφέρον και στην απεικόνιση των επιπέδων θορύβου που γίνονται αντιληπτοί στην περιοχή. Στη συνέχεια, καθορίζονται σχέδια δράσης που αποσκοπούν στην αντιμετώπιση των προβλημάτων θορύβου που αντιμετωπίζει μια περιοχή, έτσι ώστε να φτάσει στην οριακή τιμή θορύβου που έχει καθοριστεί, ήδη, από τις αρμόδιες αρχές. Πολύ σημαντική είναι και η ανάμιξη της τοπικής αυτοδιοίκησης και του κοινού για την κατάστρωση σχεδίων δράσης για τις περιοχές τους.
- Απαγόρευση βαρέων οχημάτων από κάποιους δρόμους. Η σύνθεση της κυκλοφορίας, δηλαδή το ποσοστό των βαρέων οχημάτων που διέρχονται από μια διατομή οδού, αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα στην διακύμανση του κυκλοφοριακού θορύβου.
- Βελτίωση της επιφάνειας του οδοστρώματος. Τα κυρτώματα, οι λακκούβες και γενικά η κακή ποιότητα του οδοστρώματος πολλαπλασιάζουν το πρόβλημα του θορύβου. Στην δημιουργία καινούριων δρόμων και στην

ασφαλτόστρωση υφιστάμενων, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ασφαλτικό οδόστρωμα ή οδόστρωμα από σκυρόδεμα σε συνδυασμό με ηχοαπορροφητικά υλικά.

- Μείωση των ορίων ταχύτητας στις μεγαλουπόλεις. Σε προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε ότι αύξηση της ταχύτητας του οχήματος αυξάνει και τον εκπεμπόμενο θόρυβο. Επομένως θα πρέπει να ορίζονται χαμηλότερα όρια ταχύτητας σε περιοχές με έντονο πρόβλημα θορύβου και να τηρούνται τα ήδη υπάρχοντα σε ώρες κοινής ησυχίας και ιδιαίτερα τις μεταμεσονύκτιες ώρες, όπου έχουμε μικρότερους φόρτους άρα μεγαλύτερες ταχύτητες.
- Δημιουργία σταθμών παρακολούθησης οδικού θορύβου. Οι σταθμοί αυτοί μπορεί να είναι σταθεροί ή κινητοί και παίρνουν μετρήσεις 24ώρες/μέρα και 365μέρες/χρόνο. Χρησιμοποιούνται περισσότερο σε Εθνικές οδούς και σε μεγάλους αυτοκινητόδρομους.

2.4.3 Μέτρα στον αποδέκτη

- Βελτίωση της ακουστικής ηχομόνωσης των κτιρίων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους. Σε κατοικίες μπορούμε να βελτιώσουμε σημαντικά την ηχομόνωση και ακουστική χρησιμοποιώντας βαριές κουρτίνες στα παράθυρα, ακουστικές ψευδοροφές, χαλιά στο δάπεδο και περιορισμό των ανοιγμάτων. Επιπλέον βελτίωση προσφέρουν οι ακουστικές πόρτες, των οποίων το κόστος δεν έχει μεγάλη διαφορά από το κόστος μιας καλής πόρτας που συνήθως αγοράζουμε. Σημαντική επίσης βελτίωση παρέχουν τα παράθυρα με διπλά τζάμια, των οποίων το κόστος δεν είναι πολύ μεγαλύτερο των κοινών, ειδικά σε αρχικές κατασκευές. Σχετικά μικρό κόστος έχουν και οι ηχοπαγίδες στα κλιματιστικά καθώς και διάφορα ηχομονωτικά υλικά στους τοίχους νέων κατασκευών τα οποία επιτυγχάνουν σημαντική μείωση του θορύβου στο εσωτερικό των κτιρίων. Για όλα τα παραπάνω θα πρέπει να υπάρχει σωστή ενημέρωση του πολίτη πάνω σε θέματα κτηριακής ηχομόνωσης

- Διαπαιδαγώγηση των νέων και ενημέρωση της κοινωνίας. Ειδικές δράσεις αντιθορυβικής αγωγής του κοινού και ενημέρωση ευαισθητοποίησης για τις επιπτώσεις ηχορύπανσης με στόχο την ανάπτυξη αντιθορυβικής συνείδησης. Επιπλέον, ανάπτυξη δράσεων για την αντιθορυβική αγωγή των οδηγών.
- Χρήση ατομικών μέσων προστασίας. Αυτό το μέτρο περιλαμβάνει κυρίως την χρήση ωτοασπίδων από ομάδες ανθρώπων οι οποίοι εργάζονται σε περιοχές με έντονο θόρυβο.
- Αποφυγή πολύωρης παραμονής σε θέσεις επιβαρημένες από τον θόρυβο.
- Ιατρική πρόληψη^[4] Αυτή περιλαμβάνει: Την ενημέρωση από τους ιατρούς στους ανθρώπους που εκτίθενται σε ψηλά επίπεδα θορύβου - άνω των 85 dB(A) για τους κινδύνους που διατρέχει, η ακοή τους και η υγεία τους γενικότερα. Την τακτική προληπτική ιατρική εξέταση (τουλάχιστον σε ετήσια βάση). Η ιατρική εξέταση περιλαμβάνει: Λήψη Ιστορικού - Πλήρη κλινική εξέταση και ωτοσκόπηση – ακοομετρικό έλεγχο με τονικό ακοογράφημα.

2.5 Θόρυβος από άλλα μέσα μεταφοράς

Σημαντικό παράγοντα αύξησης του θορύβου από τα μέσα μεταφοράς αποτελεί ο θόρυβος που προκαλείται από τα τρένα και τα αεροπλάνα. Αν και πρόκειται για περιβαλλοντικό θόρυβο όπου εμφανίζεται τοπικά (συρμοί τρένων, αεροδρόμια), αποτελεί παράγοντα όχλησης για μεγάλο αριθμό κατοίκων παγκοσμίως.

2.5.1 Θόρυβος από τα αεροπλάνα

Ο θόρυβος από τα αεροπλάνα εξαρτάται από τη χρήση των αεροδρομίων (διεθνή, τοπικά ή στρατιωτικά), τους τύπους και τον αριθμό των αεροσκαφών που προσγειώνονται ή απογειώνονται. Βεβαίως, η όχληση που προκαλείται στους κατοίκους ποικίλει ανάλογα με τη θέση του αεροδρομίου σε σχέση με τις κατοικημένες περιοχές και ιδιαίτερα από την πυκνότητα του πληθυσμού κάτω από τις διαδρομές πτήσεων των αεροσκαφών. Τα μέτρα προστασίας και οι

μηχανισμοί ελέγχου που χρησιμοποιούνται για τη μείωση της όχλησης κυρίως των κατοίκων των όμορων και γειτονικών περιοχών είναι οι ακόλουθοι:

- Έλεγχος της περιοχής και των χρήσεων γης στην άμεση και ευρύτερη περιοχή ενός υπό μελέτη αερολιμένα.
- Έλεγχος στη χρήση των υφιστάμενων αεροδρομίων, της μελέτης επέκτασης και κατασκευής τους.
- Έλεγχος του τύπου των αεροσκαφών των διαδικασιών και των διαδρόμων προσγείωσης και απογείωσης των αεροσκαφών
- Έλεγχος της νυχτερινής λειτουργίας του αεροδρομίου.
- Τα κτίσματα που βρίσκονται δίπλα σε αεροδρόμια πρέπει να έχουν αυξημένες απαιτήσεις ηχομόνωσης. Θα πρέπει να προβλέπεται στην οικοδομική άδεια ανάλογα με τη θέση του κτιρίου σε σχέση με το αεροδρόμιο και τα εκτιμώμενα ή καταμετρημένα επίπεδα θορύβου. Για υφιστάμενα κτίσματα να λαμβάνονται μέτρα βελτίωσης της ηχομονωτικής τους ικανότητας. Επιβολή ανταποδοτικού τέλους θορύβου ανάλογα με το είδος του αεροπλάνο

2.5.1.1 Αεροδρόμιο Ηρακλείου

Το αεροδρόμιο του Ηρακλείου βρίσκεται κοντά στην πόλη του Ηρακλείου (2 km περίπου) και γειτνιάζει με τις πυκνοκατοικημένες περιοχές της Αλικαρνασσού, του πόρου και τέλος της πόλης του Ηρακλείου, δημιουργώντας μεγάλες δυσχέρειες στην επίλυση του προβλήματος. Από την άλλη οι κατοικίες, (μονοκατοικίες και συγκροτήματα πολυκατοικιών κυρίως) δεν διαθέτουν ούτε την στοιχειώδη ηχομόνωση που απαιτείται στις περιπτώσεις αυτές και η κατασκευή τέτοιων σπιτιών συνεχίζεται. Αν στο γεγονός αυτό, προστεθεί και η ύπαρξη τουριστικών εγκαταστάσεων, σχολείων και νοσοκομείων το μέγεθος του περιβαλλοντικού προβλήματος χαρακτηρίζεται τεράστιο.

Το 1998, το σύνολο των αφιχθέντων αεροσκαφών στο αεροδρόμιο Ηρακλείου έφτασε τα 15.833 με συνολικό αριθμό διακινηθέντων επιβατών ¹ 4.188.743 ενώ, μια δεκαετία μετά, το 2008, ο αριθμός των αφιχθέντων αεροσκαφών έφτασε τα 21.526 και ο αντίστοιχος αριθμός διακινηθέντων επιβατών τους 5.487.854. Αν συγκρίνουμε τα στοιχεία αυτά θα δούμε την μεγάλη αύξηση των αεροσκαφών που φτάνουν στον αερολιμένα σε σχέση με μια δεκαετία πριν, μεγαλώνοντας το πρόβλημα της ηχορύπανσης στην περιοχή της Νέας Αλικαρνασσού, που συνορεύει με το αεροδρόμιο.

2.5.2 Θόρυβος από τα τρένα

Η συνεχής εξάπλωση του σιδηροδρόμου τα τελευταία χρόνια έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται συνεχώς ο πληθυσμός που ζει κοντά σε σιδηροδρομικές γραμμές και ενοχλείται από τον προκαλούμενο θόρυβο. Για την εξέταση και την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχουν πραγματοποιηθεί μεγάλες κοινωνικές έρευνες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του σιδηροδρομικού θορύβου^[5].

Τα τρένα, όπως και τα αεροπλάνα, εξαιτίας της περιοδικότητάς λειτουργίας τους η όχληση πρέπει να εξετάζεται όχι μόνο σε σχέση με την ένταση αλλά σε σχέση με τη συχνότητα των συμβάντων θορύβου. Η υπόβαση των σιδηροτροχιών να περιορίζει τη μετάδοση των θορύβων και των κραδασμών. Η λήψη μέτρων για τον περιορισμό του θορύβου από τα τρένα, όταν κινούνται εντός κατοικημένων περιοχών, πρέπει να γίνεται βάσει της συμβολής του τρένου στον συνολικό θόρυβο της περιοχής.

Γενικά, ο θόρυβος που προκαλείται από την κίνηση των τρένων δεν αποτελεί σημαντική πηγή ενόχλησης, ακόμα και στις χώρες που το τρένο είναι πολύ περισσότερο διαδεδομένο από ότι στην Ελλάδα. Αυτό συμβαίνει για τους εξής λόγους:

¹ Αναφέρεται στον συνολικό αριθμό αφιχθέντων και αναχωρούντων επιβατών εσωτερικού και εξωτερικού

- Οι στάθμες θορύβου των τρένων δεν είναι συνήθως πολύ υψηλές
- Η σιδηροδρομική κίνηση(συχνότητα διέλευσης των συρμών) είναι σχετικά μικρή με την κίνηση άλλων μέσων μεταφοράς(αυτοκίνητα, μοτοσικλέτες, αεροπλάνα).
- Οι πολίτες έχουν μια τάση να ανέχονται περισσότερο τον σιδηροδρομικό θόρυβο, πράγμα που ίσως να οφείλεται και στο ότι είναι πιο “παραδοσιακός”, δεδομένου ότι το τρένο είναι ο πιο παλιός τρόπος μηχανοκίνητης μεταφοράς και κάποτε είχε μεγάλη σημασία για τον πληθυσμό ενός τόπου.

Ανεξάρτητα όμως από τις παραπάνω διαπιστώσεις, δεν παύει σε μερικές περιπτώσεις, ο θόρυβος από τα τρένα να αποτελεί σημαντικό παράγοντα υποβάθμισης του ακουστικού περιβάλλοντος μιας περιοχής και ειδικότερα εκεί όπου παρατηρείται μεγάλη κίνηση και οι κατοικίες είναι πολύ κοντά στις σιδηροτροχιές.

Σαν παράδειγμα αναφέρεται η ενόχληση που προκαλείται από το μέτρο(στην Ελλάδα ΗΣΑΠ), στα επίγεια ανοικτά μέρη του. Ο θόρυβος από τους σιδηροδρομικούς συρμούς εξαρτάται κυρίως από τους παρακάτω παραμέτρους.

- Το είδος του συρμού
- Τον αριθμό των βαγονιών
- Την ταχύτητα διέλευσης
- Την ώρα διέλευσης
- Την απόσταση των κατοικιών από τις σιδηροτροχιές
- Το τοπογραφικό ανάγλυφο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

3.1 Γενικά

Οι επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία του ανθρώπου είναι πολύ σημαντικές, είτε πρόκειται για παθολογικές είτε για ψυχολογικές και εξαρτούνται από την διάρκεια, την ένταση αλλά και την συχνότητα του ήχου. Θόρυβοι μεγάλης διάρκειας και έντασης είναι γενικά περισσότερο επικίνδυνοι και ενοχλητικοί. Θόρυβοι υψηλών συχνοτήτων είναι περισσότερο επικίνδυνοι και ενοχλητικοί σε σχέση με θορύβους χαμηλών συχνοτήτων. Σημασία έχει και ο τρόπος με τον οποίο διαδίδεται ο θόρυβος σε σχέση με το χρόνο. Για παράδειγμα ο περιοδικός ή σποραδικός θόρυβος φαίνεται να είναι λιγότερο επικίνδυνος στην ακοή, σε σχέση με τον συνεχή θόρυβο, γιατί το αυτί έχει την ικανότητα να επουλώνεται και να αναζωογονείται στα ενδιάμεσα ήσυχα χρονικά διαστήματα. Σποραδικοί όμως και παλμικοί θόρυβοι είναι συνήθως περισσότερο ενοχλητικοί, κυρίως επειδή είναι απρόβλεπτοι και ξαφνιάζουν τον ανθρώπινο οργανισμό.

3.2 Βλάβη στην ακοή

Ο πιο άμεσος κίνδυνος λόγω του θορύβου είναι η πρόκληση βλαβών στην ακοή. Οι ειδικοί συμφωνούν ότι η συνεχής έκθεση σε στάθμες θορύβου άνω των 85 ντεσιμπέλ για οκτάωρη εργασία προκαλεί βλάβη στην ακοή. Δυνατοί ήχοι, προσβάλλουν τα ραβδία (μικρές ίνες-ιστοί) στο εσωτερικό του αυτιού και τα καταστρέφουν. Η απώλεια ακοής συμβαίνει σταδιακά και χωρίς πόνο. Μετά από μια έκθεση σε θόρυβο, ο άνθρωπος συνήθως παρατηρεί ένα «κουδούνισμα» στα αυτιά ή μια γενική δυσκολία στο να ακούσει. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται «προσωρινή μετατόπιση ευαισθησίας». Μετά από ένα διάστημα ανάπαυσης, η ακοή επανέρχεται στα κανονικά της πλαίσια. Με επανειλημμένη όμως έκθεση σε υψηλές στάθμες, το φαινόμενο αυτό μετατρέπεται από παροδικό σε μόνιμο, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να επανέλθει η κανονική λειτουργία και να έχουμε μόνιμη «μετατόπιση ευαισθησίας».

Η απώλεια ακοής λόγω θορύβου συσσωρεύεται καθ' όλη η διάρκεια της ζωής ενός ανθρώπου. Αρχικά, αυτή η απώλεια συνήθως προέρχεται από τη μείωση της ευαισθησίας στους υψηλής συχνότητας ήχους και συνήθως αυτό δεν γίνεται αντιληπτό. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι συχνά άτομα μεγάλης ηλικίας συχνά δεν αντιλαμβάνονται το σήμα κινητών τηλεφώνων υψηλής συχνότητας. Όμως, η μείωση της ακοής συνήθως επεκτείνεται και στους ήχους χαμηλής συχνότητας, ώσπου επηρεάζεται η αντίληψη των συμφώνων της ομιλίας και το άτομο συχνά νομίζει ότι οι άλλοι δεν ομιλούν καθαρά . Συχνά, όταν ο ασθενής συνειδητοποιεί το πρόβλημα, είναι πολύ αργά. Η συστηματική εξέταση της ευαισθησίας από ειδικούς γιατρούς πρέπει να αποτελεί το κύριο μέλημα όσων εργάζονται σε περιβάλλον ηχορύπανσης.

Σε πολλές περιπτώσεις όμως, προβλήματα στην ακοή έως και κώφωση μπορεί να προκληθούν μέσω μακροχρόνιας έκθεσης σε περισσότερο ανεκτούς θορύβους. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται συνήθως σε εργασιακούς χώρους, όπου ο εργαζόμενος υπόκειται για μεγάλο χρονικό διάστημα σε συνεχή θόρυβο. Σε αυτήν την περίπτωση, η κώφωση αναφέρεται ως επαγγελματική κώφωση, προκαλούμενη από ακουστική κόπωση. Η κώφωση σε αυτή την περίπτωση δεν οφείλεται σε βλάβη του τύμπανου, αλλά σε βλάβη των αισθητικών απολήξεων που μεταφράζουν τον ήχο σε μηχανικές ταλαντώσεις, οι οποίες με τη σειρά τους μεταφέρονται από τα νεύρα στον εγκέφαλο.

Οι στάθμες θορύβου που μπορούν να προκαλέσουν μόνιμη βαρηκοΐα συναντώνται συνήθως μόνο σε χώρους εργασίας, που δεν αποτελούν το αντικείμενο ελέγχου των Υπηρεσιών Περιβάλλοντος αλλά και της συγκεκριμένης μελέτης. Το θέμα του επαγγελματικού θορύβου και γενικότερα των συνθηκών εργασίας αποτελεί αρμοδιότητα του Υπουργείου Εργασίας. Προς αυτή την κατεύθυνση λειτουργούν οι πρόσφατες νομοθετικές προσπάθειες που καθορίζουν ανώτατο όριο θορύβου μέσα στους χώρους εργασίας, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 39 του νόμου 1568/1985 «Υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων ».

Προκειμένου να προσδιοριστεί ένα αποδεκτό ή το μέγιστο επίπεδο θορύβου σε ένα εργασιακό περιβάλλον, ενδείκνυται να χρησιμοποιούμε διεθνή πρότυπα. Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ ο κανονισμός εργασιακής έκθεσης σε θόρυβο OSHA 1910.95 (1998) αναφέρει ότι «εργαζόμενοι που εκτίθενται σε ημερήσιο μέσο επίπεδο θορύβου άνω των 85db πρέπει να προφυλάσσονται με κατάλληλα μέτρα (μείωση εκπομπών θορύβου, απομάκρυνση πηγών, κ.ο.κ) ή με ατομικά μέσα προστασίας. Τα επιτρεπτά επίπεδα έκθεσης αναφέρονται στον πίνακα 3.2

| Ημ.Διάρκεια (ώρες) | db (Μέση τιμή) |
|--------------------|----------------|
| 8 | 90 |
| 6 | 92 |
| 4 | 95 |
| 3 | 97 |
| 2 | 100 |
| 1,5 | 102 |
| 1 | 105 |
| 0,5 | 110 |
| 0,25 | 115 |

Πίνακας 4 : Μέγιστα Επιτρεπτά Επίπεδα Έκθεσης

3.3 Ψυχολογικές επιδράσεις

Είναι γνωστές σε όλους οι ενοχλήσεις των θορύβων στο νευρικό σύστημα. Η ακουστική κόπωση η οποία αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, εκτός από επιδράσεις στην ακοή, έχει και ψυχολογικές επιδράσεις^[6]. Ο θόρυβος επιδρά και στις ψυχοκινητικές ικανότητες του ατόμου και κάνει τις αντιδράσεις του κατώτερες ποιοτικά και ποσοτικά, επηρεάζοντας δυσμενώς την απόδοση και από άποψη ταχύτητας και από άποψη ακρίβειας, σταθερότητας, δηλαδή ποιότητας. Επίσης και οι πνευματικές ικανότητες υπόκεινται στις δυσμενείς

επιδράσεις των θορύβων με το να ελαττώνεται η προσοχή και η συγκέντρωση να γίνεται ασθενέστερη και με το να επηρεάζεται ο συναισθηματικός κόσμος με αποτέλεσμα την ανία, την μελαγχολία, απογοήτευση και γενικά διάφορα δυσάρεστα συναισθήματα και διαταραχές.

Από την άλλη μεριά η απουσία θορύβου επιφέρει ψυχολογικό πρόβλημα γιατί δημιουργείται η αίσθηση του κενού, και κάνει το άτομο να αισθάνεται χαμένο, απομονωμένο.

Σύμφωνα με πειραματική μελέτη^[7] καθηγητών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, η οποία στηρίχθηκε σε προηγμένες μεθόδους ανάλυσης της αντίληψης του περιβάλλοντος¹, και ύστερα από ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των απαντήσεων ευρέος φάσματος αστών της Αθήνας όσον αφορά τις ψυχολογικές επιπτώσεις του αστικού θορύβου, δόθηκαν κοινές απαντήσεις όσον αφορά την ψυχολογική καταπόνηση που υφίστανται οι αστοί, κάτι που δείχνει το πόσο μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα ζωής των ανθρώπων της πόλης η ηχορύπανση. Οι κοινές απαντήσεις των ερωτηθέντων για τις ψυχολογικές επιρροές του αστικού θορύβου συνοψίζονται στον πίνακα 3.3

| | |
|--|---|
| Επιρροή στην κοινωνική συμπεριφορά | Επηρεάζει την ομιλητικότητα |
| | Επηρεάζει την κοινωνικότητα |
| | Επηρεάζει τις διαπροσωπικές σχέσεις μεταξύ των κατοίκων |
| Επιρροή στον βαθμό αφύπνισης | Προκαλεί υπνηλία |
| | Κατευνάζει |
| | Προκαλεί χαλάρωση |
| Επιρροή στις καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου | Ενοχλητικός στην τηλεφωνική επικοινωνία |
| | Ενοχλητικός όταν ακούμε ράδιο-TV |
| | Ενοχλητικός στην ζωντανή επικοινωνία |

3.4 Παθολογικές επιδράσεις

Ιατρικές έρευνες σήμερα συσχετίζουν τον θόρυβο με επιληπτικούς σπασμούς, αύξηση της χοληστερίνης, μείωση της όρασης, απώλεια του libido, νευρική υπερένταση και άλλες παθολογικές καταστάσεις.

Με τους θορύβους, συστέλλονται τα αιμοφόρα αγγεία, αυξάνεται η αρτηριακή πίεση και εντείνεται η σύσπαση των μυών. Επίσης οι θόρυβοι προκαλούν κεφαλαλγίες, ίλιγγο, ζάλη, ναυτία, βόμβο ακόμα και πόνο όταν είναι πολύ δυνατοί.

Μια από τις πιο σοβαρές επιδράσεις του θορύβου στην υγεία των ανθρώπων είναι αυτές του καρδιολογικού συστήματος. Είναι γνωστό ότι ο θόρυβος συμβάλει στην υπέρταση, μια πάθηση η οποία αυξάνει τον κίνδυνο καρδιοαγγειακών νοσημάτων.

Μία 3ετής έρευνα επί σπουδαστών πανεπιστημίου έδειξε ότι θόρυβος του ύψους των 70 dB προκαλεί σταθερά μείωση της προσαγωγής στο μυοκάρδιο. Επιπλέον σε μελέτη μαθητών σχολικής ηλικίας που εκτίθεντο σε ηχορύπανση η αρτηριακή πίεση βρέθηκε υψηλότερη 2-3 mm στήλης υδραργύρου σε σύγκριση με άλλα παιδιά με χαμηλότερης εντάσεως έκθεση θορύβου^[8].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΘΟΡΥΒΟ

4.1 Ελληνική Νομοθεσία

Οι πρώτες προσπάθειες νομοθέτησης ορίων για τον θόρυβο ξεκίνησαν το 1978 με την Υγειονομική Διάταξη Α5/2375/21.7.1978 (ΦΕΚ 689/Β/18.8.78) για

την χρήση αεροσφυρών με σιγαστήρες, ενώ το 1979 με την υπ' αρ. 1220/13/79/11.1.197¹(ΦΕΚ 75/Β/27.1.79) κοινή υπουργική απόφαση Υπουργών Κοιν. Υπηρεσιών και Συγκοινωνιών για τον θόρυβο των τροχοφόρων, θεσπίστηκαν τα πρώτα επιτρεπόμενα ανώτατα όρια κυκλοφοριακού θορύβου όπως φαίνονται παρακάτω:

- ▣ 100 dB(A) για επιβατικά αυτοκίνητα και μοτοσικλέτες
- ▣ 105 dB(A) για φορτηγά και λεωφορεία

Η επόμενη νομοθετική ρύθμιση, ήρθε ένα χρόνο αργότερα με την Υ.Α. αρ. 32764/7384/29-10-1980² (Φ.Ε.Κ. 1093/τ.Β) για να τροποποιήσει την προηγούμενη.

Οι τροποποιήσεις που γίνονται στην παρούσα Υ.Α. αφορούν στην άδεια κυκλοφορίας αναγράφονται εκτός από τα όρια θορύβου που εκπέμπει το όχημα και οι στροφές του κινητήρα στις οποίες έγινε η μέτρηση με την εν' στάση μέθοδο. Τα επιτρεπόμενα ανώτατα όρια θορύβου αλλάζουν και γίνονται:

- ▣ 105 dB(A) για επιβατηγά αυτοκίνητα, δίτροχα μοτοποδήλατα, δίτροχες μοτοσικλέτες.
- ▣ 110dB(A) για φορτηγά αυτοκίνητα, λεωφορεία.

Η Υ.Α. 17252/19-07-1992³ (Φ.Ε.Κ. 3945/τ.Β) καθορίζει καινούριους δείκτες ανωτάτων επιτρεπόμενων ορίων κυκλοφοριακού θορύβου Στο άρθρο 3 καθορίζεται ο δείκτης κυκλοφοριακού θορύβου για την ποσοτική και ποιοτική

¹ Υ.Α. αρ. 1220/13/27-01-1979 (Φ.Ε.Κ 75/τ.Β) "Περί καθορισμού επιτρεπομένων ορίων θορύβου προκαλουμένου υπό των αυτοκινήτων οχημάτων, μοτοσικλετών και μοτοποδηλάτων και τρόπου μετρήσεως αυτού":

² Υ.Α. αρ. 32764/7384/29-10-1980 (Φ.Ε.Κ. 1093/τ.Β)) "Περί τροποποιήσεων και συμπληρώσεως της αριθ. 1220/13/79 ΚΥΑ "περί καθορισμού επιτρεπομένων ορίων θορύβου, προκαλουμένου υπό των αυτοκινήτων, μοτοσικλετών και μοτοποδηλάτων και τρόπου μετρήσεων αυτού":

³ Υ.Α. 17252/19-07-1992 (Φ.Ε.Κ. 3945/τ.Β) "Ορισμός δεικτών και ανωτάτων επιτρεπομένων ορίων θορύβου που προέρχεται από την κυκλοφορία και τα συγκοινωνιακά έργα":

εκτίμηση του θορύβου που προέρχεται από συγκοινωνιακά έργα. Ως δείκτης ορίζεται είτε η ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου L_{eq} , είτε ο δείκτης L_{10} (18ώρου από 6.00-24.00). Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις το μέγεθος που μετράμε είναι η στάθμη ηχητικής πίεσης η οποία εκφράζεται σε dB(A).

Τα ανώτατα όρια δεικτών κυκλοφοριακού θορύβου καθορίζονται στο άρθρο 4. Αυτά είναι:

- ▣ Για τον δείκτη L_{eq} (8-20 ώρες) τα 67 dB(A)
- ▣ Για τον δείκτη L_{10} (8-20 ώρες) τα 70 dB(A)

Στο άρθρο 4 καθορίζονται ορισμένες ειδικές περιπτώσεις που απαιτείται ειδική ακουστική προστασία όπως είναι σχολεία, νοσοκομεία, θέατρα και άλλα. Τα παραπάνω ανώτατα επιτρεπόμενα όρια μειώνονται από 5-10 dB(A) ανάλογα με την περίπτωση, μετά από σχετική απόφαση του γενικού διευθυντή περιβάλλοντος τους ΥΠΕΧΩΔΕ.

Η εναρμόνιση της οδηγίας 2002/49 της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην Ελληνική νομοθεσία έγινε με την Κ.Υ.Α. 13586/724/ΦΕΚ.384/β/28.3.2006 σύμφωνα με την οποία μέχρι την 30ην Ιουνίου 2007 θα έπρεπε να είχαν εκπονηθεί και ενδεχομένως εγκριθεί στρατηγικοί χάρτες θορύβου για την κατάσταση, που επικρατούσε το 2006.

Η κοινή υπουργική απόφαση της 28^{ης} Μαρτίου του 2006 προβλέπει τις παρακάτω δράσεις:

- α) προσδιορισμός της έκθεσης στον περιβάλλοντα θόρυβο με χαρτογράφηση θορύβου, σύμφωνα με εγκεκριμένες από την Ευρ. Κοινότητα μεθόδους αξιολόγησης
- β) μέριμνα ώστε να είναι διαθέσιμες στο κοινό πληροφορίες σχετικά με τον περιβαλλοντικό θόρυβο και τις επιδράσεις του
- γ) θέσπιση σχεδίων δράσης, βασισμένων στα αποτελέσματα της χαρτογράφησης του θορύβου, με στόχο την πρόληψη και τον περιορισμό του περιβαλλοντικού θορύβου όπου χρειάζεται, και ιδίως όπου τα επίπεδα έκθεσης μπορούν να έχουν

επιβλαβείς επιδράσεις στην υγεία των ανθρώπων, καθώς και τη διαφύλαξη της ποιότητας του ακουστικού περιβάλλοντος όπου αυτή είναι ικανοποιητική.

4.2 Ευρωπαϊκή Νομοθεσία

Οι δράσεις της Ε.Ε. σε θέματα περιβαλλοντικού θορύβου ξεκίνησαν την δεκαετία του 70' με την οδηγία 70/157/ΕΟΚ "περί προσεγγίσεως των νομοθεσιών των Κρατών μελών που αναφέρονται στο αποδεκτό ηχητικό επίπεδο και στη διάταξη εξατμίσεως των οχημάτων με κινητήρα"

Τον Νοέμβριο του 1996, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε την "Πράσινη Βίβλο" (Green Paper) με την οποία κατηγοριοποιεί τον περιβαλλοντικό θόρυβο μέσα στα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα στην Ευρώπη. Η πράσινη βίβλος θεωρήθηκε ως η απαρχή μιας νέας πολιτικής από την Ε.Ε με στόχο την μείωση του αριθμού των πολιτών που εκτίθενται σε ποσοστά θορύβου που επηρεάζουν την υγεία και την ποιότητα της ζωής.

Η συνέχεια της πράσινης βίβλου ήρθε το 2002 με την οδηγία 2002/49/ΕΚ σχετικά με την αξιολόγηση και την διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου. Η οδηγία αυτή προβλέπει την στρατηγική χαρτογράφηση του περιβαλλοντικού θορύβου με βάση νέων δεδομένων εκτίμησης αυτού, εκτίμηση έκθεσης πληθυσμού στο θόρυβο, σχέδια δράσης για την αντιμετώπισή του, καθιέρωση νέων δεικτών αξιολόγησης αυτού, και θέσπιση νέων ορίων θορύβου από τα κράτη μέλη.

Η εφαρμογή της οδηγίας ταξινομήθηκε σε δύο φάσεις που κάθε μια περιέχει τρεις άξονες :

Α΄ Φάση :

A.1. Πολεοδομικά συγκροτήματα της χώρας με πληθυσμό άνω των 250.000 κατοίκων.

A.2. Οδικοί άξονες με ετήσια κυκλοφορία άνω των 6.000.000 οχημάτων.

A.3. Μεγάλα αεροδρόμια της χώρας με ετήσιες πτήσεις άνω των 50.000.

Β΄ Φάση :

B.1. Πολεοδομικά συγκροτήματα της χώρας με πληθυσμό άνω των 100.000 κατοίκων.

B.2. Οδικοί άξονες με ετήσια κυκλοφορία άνω των 3.000.000 οχημάτων.

B.3. Μεγάλα αεροδρόμια της χώρας με ετήσιες πτήσεις άνω των 30.000.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2 : ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ Γ.Π.Σ.

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η ανάπτυξη των ΓΣΠ είναι στενά συνδεδεμένη με την πρόοδο των Η/Υ. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, οι εξελίξεις στις τιμές, την ταχύτητα και στην αποθηκευτική ικανότητα των workstations και personal Η/Υ σε συνδυασμό με την σημαντική πρόοδο στο λογισμικό των ΓΣΠ, κατέστησε τα GIS διαθέσιμα τόσο από τεχνολογική όσο και από οικονομική άποψη σε μια μεγάλη γκάμα χρηστών^[9].

Τα χωρικά δεδομένα και οι μέθοδοι αποτύπωσης και διανομής της γης απασχόλησαν τις ανθρώπινες κοινωνίες από την στιγμή που ο άνθρωπος σταμάτησε την νομαδική ζωή και άρχισε την δημιουργία οργανωμένων οικισμών. Με την πάροδο των αιώνων αναπτύχθηκαν οι διάφορες επιστήμες και ανάμεσα σε αυτές η Γεωδαισία και η Χαρτογραφία. Παράλληλα άρχισε να γίνεται απαραίτητη η συγκέντρωση και αξιοποίηση πληροφοριών για την γη και τις χρήσεις της^[10].

Ο πρώτος γνωστός συνδυασμός χαρτογραφικού υλικού και άλλων περιγραφικών πληροφοριών εμφανίστηκε στους γεωγραφικούς άτλαντες στα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν επάλληλοι χάρτες οι οποίοι, βασισμένοι στο ίδιο υπόβαθρο, απεικόνιζαν διαφορετικές λεπτομέρειες τοπικά ή χρονικά. Η τεχνική αυτή, που χρησιμοποιείται ακόμα σήμερα, όταν λείπει η δυνατότητα ψηφιακής επεξεργασίας, θυμίζει πολύ τα επίπεδα σχεδίασης (Layers) που χρησιμοποιούνται στα προγράμματα CAD και ΓΠΣ

Χάρτες που σχεδιάστηκαν κατά την εκστρατεία του Μέγα Αλέξανδρου στην Ρωσία δείχνουν κινήσεις στρατευμάτων με ημερομηνίες, αριθμό και σύνθεση στρατιωτικών μονάδων και στοιχεία για τις καιρικές συνθήκες (αρχές του 19^{ου} αιώνα).

Γεωγραφικοί άτλαντες σε διάφορες χώρες από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα συσχέτιζαν χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες (π.χ. Ιρλανδία, για τους ιρλανδικούς σιδηροδρόμους. απεικονίζονται με την μορφή επαλλήλων χαρτών στοιχεία για τον πληθυσμό, την γεωλογία και την τοπογραφία, Ολλανδία – απεικονίζονται δημογραφικές και στατιστικές πληροφορίες). Ο Dr. John Snow χρησιμοποίησε ένα χάρτη που σημείωνε τους τόπους κατοικίας των θυμάτων της επιδημίας χολέρας στο Λονδίνο το 1854, για να συμπεράνει ότι η μετάδοση της ασθένειας οφειλόταν σε μολυσμένη κοινόχρηστη βρύση.

Η επιστημονική και συστηματική ανάπτυξη των ΓΣΠ άρχισε από τις δεκαετίες του 1940 και 1950. Τότε εμφανίστηκαν και οι πρώτοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές σε παρόμοιες εφαρμογές. Στα μέσα περίπου της δεκαετίας του 1960 αναφέρονται οι πρώτες εφαρμοσμένες και ολοκληρωμένες προσπάθειες. Η ανάπτυξη των ΓΣΠ βασίστηκε, μεταξύ άλλων σε βελτιώσεις στα υπολογιστικά συστήματα, ειδικά στο θέμα της διαχείρισης γραφικών στοιχείων, στην ανάπτυξη των θεωριών συσχέτισης του χώρου με ανθρωπολογικά, δημογραφικά και γεωγραφικά στοιχεία, και στην ανάπτυξη των διαδικασιών προστασίας του περιβάλλοντος.

Το πρώτο μεγάλο ΓΣΠ που αναπτύχθηκε ήταν το Canada Geographic Information System (CGIS). Το σύστημα αυτό δημιουργήθηκε κατά τη δεκαετία του 60 με σκοπό να παράγει στατιστικά αγροτικά στοιχεία για την αποτελεσματικότερη ανάπτυξη των χρήσεων γης στις αγροτικές περιοχές του Καναδά. Την ίδια περίπου εποχή ένας αρκετά μεγάλος αριθμός λογισμικών προϊόντων για αυτοματοποιημένη χαρτογραφία και ΓΣΠ άρχισε να παράγεται στο Laboratory of Computer Graphics and Spatial Analysis του Πανεπιστημίου του Harvard.

Το 1969 ιδρύθηκε η εταιρεία Environmental Systems Research Institute(ESRI) η οποία παρήγαγε λογισμικό βασισμένο στις τεχνικές και εφαρμογές του Harvard. Το 1980 η ESRI παρουσίασε στην αγορά το ARC/INFO. Το ARC/INFO ήταν το πρώτο πρόγραμμα ΓΣΠ που εκμεταλλεύθηκε τις δυνατότητες των super –mini ηλεκτρονικών υπολογιστών που κατασκευ-

άστηκαν από εταιρείες, όπως η IBM. Άλλα λογισμικά πακέτα ΓΣΠ που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως στις Η.Π.Α. κατά τις δεκαετίες του 1960 και 1970:

- Το Minnesota Land Management Information System (MLMIS)
- Το NARIS για την αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων του φυσικού περιβάλλοντος
- Το MIDAS για τη διαχείριση του δασικού περιβάλλοντος
- Το STORET για την καταγραφή υδρολογικών δεδομένων

Όλα τα παραπάνω συστήματα λειτουργούσαν σε mainframe συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών με υψηλό κόστος και ιδιαίτερη δυσχέρεια στη λειτουργία. Τα περισσότερα από τα πρώτα συστήματα ΓΣΠ έπαυσαν να χρησιμοποιούνται από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, οπότε η κατασκευή Workstations (Sun, HP, Apollo, Intergraph) οδήγησε στη σύνταξη νέου λογισμικού σε λειτουργικό σύστημα UNIX. Αυτά τα υπολογιστικά συστήματα ήταν οι κύριες πλατφόρμες χρήσης των ΓΣΠ μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Με τη δημιουργία ισχυρών Personal Computer (PC) και τα λειτουργικά συστήματα Windows η σύνταξη λογισμικού για ΓΣΠ μπήκε σε μια νέα εποχή με ιδιαίτερα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον εργασίας (user interface) και ιδιαίτερα χαμηλό κόστος ανάπτυξης και λειτουργίας. Σήμερα δεκάδες εταιρείες σε όλο τον κόσμο παράγουν λογισμικό για εφαρμογές ΓΣΠ.

1.2 Ορισμός Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών

Για μεγάλο χρονικό διάστημα οι άνθρωποι, μελετούσαν τον κόσμο χρησιμοποιώντας μοντέλα. Τα τελευταία περίπου 30 χρόνια, έχει καταστεί εφικτό να εισαχθούν αυτοί οι χάρτες μέσα σε υπολογιστικά συστήματα, χρησιμοποιώντας όλο και περισσότερο "έξυπνα μοντέλα" σε μικρότερους υπολογιστές. Αυτά τα μοντέλα υπολογιστών μαζί με τα κατάλληλα εργαλεία για την ανάλυση τους συγκροτούν ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών^[11]. Γενικά, μπορούμε να

πούμε ότι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) είναι ένα πανίσχυρο εργαλείο που παρέχουν τη δυνατότητα:

- συλλογής
- αποθήκευσης
- επεξεργασίας
- διαχείρισης
- ανάλυσης
- απεικόνισης

χωρικών δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο, για ένα συγκεκριμένο σκοπό^[11].

1.2 Δομή των Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών

Τα τμήματα που απαρτίζουν ένα ΓΣΠ πρέπει να βρίσκονται σε βέλτιστη σχέση μεταξύ τους για την αποδοτική λειτουργία του συστήματος. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούνται από πέντε σημαντικά στοιχεία τα οποία είναι: Computer Software, Hardware, Data, Ανθρώπινο προσωπικό (People) και Προσεγγίσεις (Approaches) όπως φαίνονται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2: Δομή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Ένα **Computer Software** πρέπει να αποτελείται από:

- Ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος μπορεί να είναι ένας σταθμός εργασίας(workstation) ή ένα απλό pc,
- Ένα σύστημα γραφικής απεικόνισης υψηλής ανάλυσης (κάρτα γραφικών, κάρτα ήχου, κάρτα video)
- Ένα σύστημα αποθήκευσης δεδομένων(Σκληρός δίσκος, μονάδες CD-R, CD-RW, DVD-R/RW)
- Ένα σύστημα συσκευών εισόδου πληροφοριών και δεδομένων. Σε αυτό περιλαμβάνονται:
 - Ψηφιοποιητές (Digitizers)
 - Σαρωτές (Scanners)
 - Οποιαδήποτε συσκευή παρέχει ψηφιακά αποτελέσματα(π.χ. zip drive, κάμερα video)
- Ένα σύστημα συσκευών εξόδου αποτελεσμάτων. Σε αυτό περιλαμβάνονται:
 - Εκτυπωτές (Printers)
 - Οι σχεδιογράφοι (Plotters)
 - Τα ψηφιακά προϊόντα (CD-R,DVD-R κλπ)

Ένα **Λογισμικό ΓΠΣ** αποτελείται από ξεχωριστά υποπρογράμματα που το καθένα εκτελεί διαφορετική εργασία, αλλά όλα συνεργάζονται μεταξύ τους παρέχοντας δυνατότητες ανάλυσης, αποθήκευσης, επεξεργασίας και ψηφιοποίησης των δεδομένων.

Τα **Δεδομένα (Data)** που χρησιμοποιούνται στα ΓΣΠ αποτελούνται από χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες και επομένως χωρίζονται σε χωρικά και περιγραφικά. Οι χωρικές πληροφορίες αφορούν κατά κύριο λόγο το ψηφιακό χαρτογραφικό υπόβαθρο στο οποίο βασίζεται το ΓΣΠ. Οι ψηφιακοί χάρτες μπορούν να προκύψουν με διάφορους τρόπους, όπως π.χ. από επίγειες τοπογραφικές ή κτηματολογικές εργασίες, φωτογραμμετρία δεδομένα,

ψηφιοποίηση υπαρχόντων «χάρτινων» χαρτών κλπ. Οι περιγραφικές πληροφορίες συλλέγονται από υπάρχοντα ηλεκτρονικά ή συμβατικά αρχεία, εκθέσεις, συζητήσεις ή και από τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων. Η ακρίβεια, εγκυρότητα και επικαιρότητα των κάθε είδους πληροφοριών αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την επιτυχία ή την αποτυχία του έργου της δημιουργίας και της χρησιμοποίησης ενός ΓΣΠ. Παρακάτω αναλύονται οι έννοιες χωρικά και περιγραφικά δεδομένα.

Χωρικά δεδομένα

Χωρικά ονομάζονται τα δεδομένα που προσδιορίζουν την θέση ενός αντικειμένου στον χώρο σε σχέση με κάποιο σύστημα αναφοράς συντεταγμένων. Αυτά μπορεί να είναι σημεία, γραμμές, πολύγωνα, επιφάνειες. Τα **σημεία** αναπαριστούνται σαν ζεύγος συντεταγμένων, δεν έχουν μήκος και έκταση, μπορεί να είναι ονόματα περιοχών, ονόματα χωρών, αρχή και τέλος γραμμών κλπ . Οι **γραμμές** έχουν συντεταγμένες με σημεία αρχής και τέλους, έχουν μήκος αλλά δεν έχουν έκταση μπορεί να είναι δρόμοι, ποτάμια, όρια εκτάσεων κλπ. Τα **πολύγωνα** έχουν συντεταγμένες με αρχή και τέλος, έχουν και περίμετρο και έκταση μπορεί να είναι ακίνητα(οικόπεδα, αγροτεμάχια, κτίρια), δρόμοι, εδαφολογικά όρια, διοικητικά όρια κλπ. Οι **επιφάνειες** είναι εκτάσεις με κατακόρυφες συντεταγμένες, έχουν έκταση, περίμετρο και υψόμετρο και μπορεί να είναι χάρτες κλίσεων.

Περιγραφικά δεδομένα

Τα περιγραφικά δεδομένα προσθέτουν επιπλέον γνώσεις πάνω στα χωρικά δεδομένα. Οι γνώσεις μπορεί να αφορούν ιδιότητα ή κατάσταση και να είναι είτε ποιοτικές είτε ποσοτικές. Τα περιγραφικά δεδομένα μπορεί να είναι έντυπα και κατάλογοι, αναφορές, μετρήσεις και μεγέθη και γραφικές αποδόσεις. **Τα έντυπα και οι κατάλογοι** είναι στην μορφή λέξεων, αριθμών και αλφαριθμητικών

κωδικών και μπορεί να είναι άδειες, ευρετήρια, επεξεργαστές, ιδιότητες χαρακτηριστικών. Οι **αναφορές** είναι στην μορφή κειμένων και σχεδίων και μπορεί να είναι σχέδια, κανονισμοί και νομικές περιγραφές. Οι **μετρήσεις και τα μεγέθη** είναι στην μορφή αριθμών και μπορεί να είναι κυκλοφοριακές μετρήσεις, απογραφές και άλλες μετρήσεις. Οι **γραφικές αποδόσεις** είναι στην μορφή αριθμών, λέξεων, σκιάδων και συμβόλων και μπορεί να είναι ονόματα δρόμων και σύμβολα χαρακτηριστικών.

Το **Ανθρώπινο προσωπικό** αποτελείται από το προσωπικό το οποίο χειρίζεται το εκάστοτε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών. Η σωστή οργάνωση της μεθοδολογίας της εργασίας και η εκπαίδευση και αποτελεσματική απόδοση του προσωπικού είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχή έκβαση κάθε είδους εργασίας εφαρμογής ενός ΓΣΠ. Οι χρήστες των ΓΣΠ μπορεί να είναι επαγγελματίες και επιστήμονες, μπορεί όμως να είναι και απλοί χρήστες των χαρτών όπως τεχνικοί, σύμβουλοι, χαρτογράφοι, αναλυτές και υπεύθυνοι βάσεων δεδομένων

Οι **προσεγγίσεις**¹ που αναφέρονται συχνά ως **methods** ή **Applications** είναι οι εφαρμογές των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στον πραγματικό κόσμο. Αυτό είναι και το κεντρικό σημείο του προβλήματος κάθε GIS συστήματος, είτε περιέχουν απλά δεδομένα εντοπισμού και αποθήκευσης είτε πολύπλοκη πολυδιαστατική ανάλυση. Ο σχεδιασμός ενός GIS συστήματος θα πρέπει να προβλέπει τις πιθανές εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο. Τέτοιες εφαρμογές μπορεί να είναι παρακολούθηση της ποιότητας του νερού σε μια περιοχή, χαρτογράφηση των κοραλλιογενών υφάλων, παρακολούθηση ακτογραμμών και σχεδιασμός χρήσης γης.

¹ Η κατηγορία αυτή πολλές φορές δεν αναφέρεται στις βιβλιογραφίες και συναντάται περιστασιακά.

1.3 Εφαρμογές των Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών

Σε κρατικό και κυβερνητικό επίπεδο:

- Καταγραφή και διαχείριση της δημόσιας και ιδιωτικής ακίνητης περιουσίας (κτηματολόγιο).
- Πολεοδομικός και χωροταξικός σχεδιασμός.
- Διαχείριση οδικών δικτύων.
- Εθνική άμυνα και κατανομή στρατιωτικών εγκαταστάσεων.
- Αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών και προστασία του περιβάλλοντος με τη δυνατότητα δημιουργίας σεναρίων καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και άσκηση των υπηρεσιών στην αντιμετώπισή τους.
- Διαχείριση των φυσικών πόρων και των καλλιεργειών.
- Διαχείριση των δικτύων των οργανισμών κοινής ωφέλειας (ηλεκτρικό, τηλέφωνο, νερό, αποχέτευση, φυσικό αέριο, καλωδιακή τηλεόραση).
- Παρακολούθηση των οικονομικών, εμπορικών, βιομηχανικών και βιοτεχνικών δραστηριοτήτων για τον καλύτερο σχεδιασμό της ανάπτυξης της εθνικής οικονομίας.
- Παρακολούθηση της υγείας του πληθυσμού, εντοπισμό επιδημιών στη γένεσή τους, σχεδιασμό νοσηλευτικών κέντρων σε σχέση με την κατανομή του πληθυσμού.
- Καταγραφή, τεκμηρίωση και προβολή των αρχαιολογικών ευρημάτων και μνημείων της χώρας.
- Παρακολούθηση της εκπαίδευσης του πληθυσμού, συσχέτιση πληθυσμιακών δεδομένων και σχεδιασμού νέων εγκαταστάσεων εκπαίδευσης.
- Διαχείριση δημογραφικών στοιχείων για την μακροπρόθεσμη πολιτική ανάπτυξης.
- Εθνική ασφάλεια και καταπολέμηση του εγκλήματος. Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στη σημερινή κοινωνία των πλη-

ροφοριών δημόσιες υπηρεσίες, οργανισμοί, ιδιωτικές εταιρείες, ακόμη και απλοί πολίτες συλλέγουν διαφόρων ειδών πληροφορίες για τα θέματα που τους αφορούν και αναφέρονται στις δραστηριότητες άλλων πολιτών. Η χρησιμοποίηση των πληροφοριών αυτών χωρίς περιορισμούς εγκυμονεί πολλούς κινδύνους για τις ίδιες τις δομές της κοινωνίας και του δημοκρατικού πολιτεύματος^[10].

Στον πίνακα 1.6 φαίνονται συνοπτικά και ανά τομέα δραστηριότητας, μερικές από τις εφαρμογές των ΓΣΠ^[9].

| | |
|------------------------------|---|
| Δημόσια Διοίκηση | Κυβερνητικές υπηρεσίες(ΥΠΕΧΩΔΕ, Υπ. Υγείας για να αναφέρουμε δύο υπουργεία που χρησιμοποιούν sdss εφαρμογές στην Ελλάδα) |
| Επιχειρήσεις Κοινής Ωφέλειας | Πολιτική προστασία (Διαχείριση πυρκαγιών, σχέδια εκκενώσεως περιοχών, άμεση επέμβαση και βοήθεια κλπ) |
| | Διαχείριση δικτύων νερού, ηλεκτρικού, φυσικού αερίου και τηλεφώνου |
| | Ανάλυση μολυσμένων χώρων Ανάλυση περιβαλλοντολογικού κινδύνου |
| | Διαχείριση δασών, αγροτικών περιοχών, υδροβιότοπων κλπ. |

| | |
|---------------------------------------|---|
| Περιβάλλον – Διαχείριση Φυσικών Πόρων | Διαχείριση ορυχείων μεταλλείων |
| Κτηματολόγιο – Χρήση Γης | Εφαρμογές κτηματολογίου (Ιδιοκτησία και δικαιώματα γης, φορολογία, εκτίμηση γης (Land assessment), μεγιστοποίηση χρήσης γης κλπ |
| Μεταφορές | Ανάλυση κίνησης, επιλογή δρομολογίων κλπ |

Πίνακας 6 Εφαρμογές των ΓΣΠ

1.4 Πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι:

- Τα δεδομένα ενημερώνονται
- Τα δεδομένα καταλαμβάνουν μικρό χώρο
- Ύπαρξη πολλών υπολογιστικών εργαλείων που επιτρέπουν χειρισμούς όπως μετρήσεις στον χάρτη, μετασχηματισμούς, σχεδίαση γραφικών και διαχείριση βάσεων δεδομένων.
- Δυνατότητα διαχείρισης μεγάλου όγκου χωρικής πληροφορίας
- Δυνατότητα διαχωρισμού της πληροφορίας σε (Layers) και συνδυασμού της με άλλα επίπεδα πληροφοριών
- Δυνατότητα κάλυψης μεγάλων περιοχών μελέτης(ακόμα και ολόκληρη την γη) και επιλογή υποπεριοχών μελέτης

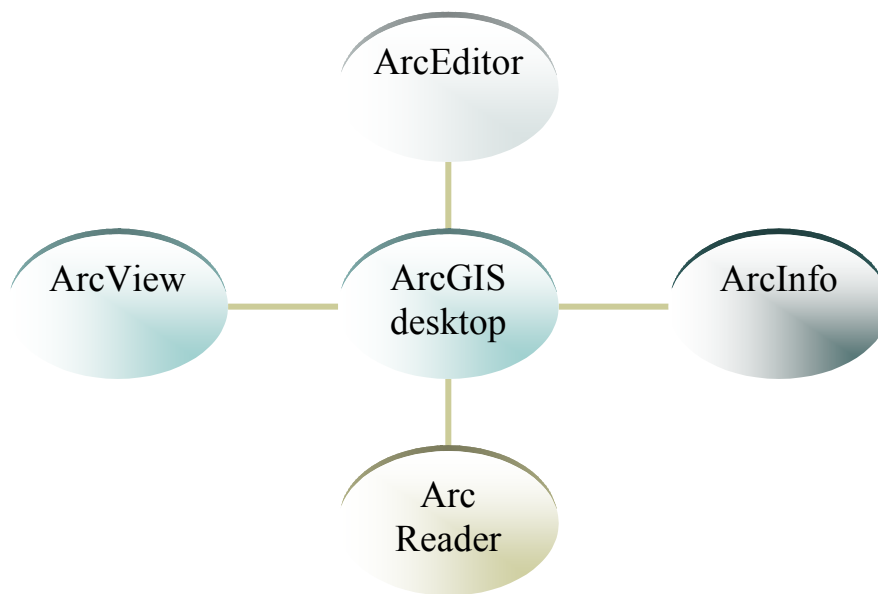
- Δυνατότητα διαχρονικής ανάλυσης, δηλαδή σύγκρισης ίδιων χαρακτηριστικών σε διαφορετικές χρονικές περιόδους
- Δυνατότητα αυτόματου γραφικού σχεδιασμού με χρήση ειδικών υπολογιστικών εργαλείων και οδηγιών.
- Δυνατότητα μοντελοποίησης και χαρτογράφησης των δεδομένων και εξαγωγή θεματικών χαρτών.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι^[13]:

- Το αρχικό κόστος απόκτησης του συστήματος είναι αρκετά υψηλό.
- Η αποτελεσματική χρήση του συστήματος απαιτεί άρτια εκπαιδευμένο προσωπικό
- Υπάρχουν προβλήματα κατά την μετατροπή και καταχώρηση ορισμένων προϋπαρχόντων δεδομένων στην βάση δεδομένων.
- Απαιτούν μεγάλη διαδικασία για την επιβεβαίωση της ακεραιότητας των πληροφοριών.

1.6 Εισαγωγή στο ArcGIS Desktop

ArcGIS Desktop^[14]: Πρόκειται για μία σύνθεση λογισμικών προϊόντων που εκτελούνται σε επιτραπέζιους υπολογιστές. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία, εισαγωγή, επεξεργασία, ανάλυση και δημοσίευση γεωγραφικών πληροφοριών καθώς και τη δημιουργία χαρτών με αυτές και την υποβολή επερωτήσεων σε αυτές. Στη σύνθεση αυτή ανήκουν τέσσερα προϊόντα, καθένα από τα οποία προσφέρει μεγαλύτερη λειτουργικότητα. Αυτά είναι: ArcView, ArcEditor, ArcInfo, ArcReader σχήμα 3.



Σχήμα 3: Συνθετικά μέρη ArcGIS desktop

ArcView

Το λογισμικό ArcView^[14] ανήκει στην κατηγορία των Desktop GIS. Προσφέρει εργαλεία για εργασία με χάρτες, πίνακες βάσεων δεδομένων, διαγράμματα, γραφικά, καθώς και συνδέσεις πολυμέσων, ώστε να είναι δυνατή η προσθήκη εικόνων, ήχου και video στους χάρτες. Πιο συγκεκριμένα, το Arc View προσφέρει

- Επιτραπέζια απεικόνιση (Desktop Mapping). Οι χρήστες σχεδιάζουν και προβάλλουν στην οθόνη χάρτες, σχεδιαγράμματα, πίνακες και εικόνες. Επίσης εκτυπώνουν χάρτες σε μία ποικιλία συσκευών εκτύπωσης και σχεδιογράφησης (Pήntíng and plotting devices).
- Ενσωμάτωση χαρτών, εικόνων, δεδομένων πινάκων, γραφικών και διαγραμμάτων σε ενιαίες απεικονίσεις για παρατήρηση και αξιολόγηση.
- Παρατήρηση και εκτύπωση γεωγραφικών δεδομένων σε κλίμακα και μέγεθος που ορίζονται από το χρήστη.

- Επιλογή γεωγραφικών γνωρισμάτων βάσει θεματικών, λογικών και αριθμητικών επερωτήσεων (subject queries, logical queries, arithmetic queries) και γεωγραφικών σχέσεων.
- Επιλογή και απεικόνιση γνωρισμάτων ενός χάρτη βάσει της τοποθεσίας.
- Ανάλυση των γεωγραφικών δεδομένων βάσει της εγγύτητας, της γειτνίασης και περιεχομένου (Containment).
- Διαδραστική μέτρηση αποστάσεων μεταξύ τοποθεσιών σε χάρτες.
- Υπολογισμό στατιστικών, όπως μέσοι όροι, αποκλίσεις, αθροίσματα.
- Επεξεργασία χαρτών και πινάκων.
- Εισαγωγή map coverages (δηλαδή ψηφιακών ανυσματικών πλαισίων αποθήκευσης που παράγει το ArcInfo) από το ArcInfo και άλλα Arc View sites. Εισαγωγή και απεικόνιση πηγών με δεδομένα εικόνων. Εισαγωγή δεδομένων πινάκων από το ArcInfo και άλλες πηγές με sql μορφότυπο.

ArcEditor

Το ArcEditor^[14] προσφέρει επιπλέον τις εξής δυνατότητες:

- Δημιουργία και επεξεργασία GIS γνωρισμάτων (features).
- Δημιουργία, έλεγχο και διαχείριση της τοπολογίας.
- Ακεραιότητα των ιδιοτήτων (attributes) με την εφαρμογή κανόνων.
- Versioning: Πολλαπλοί χρήστες μπορούν ταυτόχρονα να επεξεργάζονται τις βάσεις δεδομένων των συστημάτων που είναι σχεδιασμένα για πολλαπλούς χρήστες.
- Επεξεργασία γνωρισμάτων από τους χρήστες ακόμα και όταν δεν έχουν πρόσβαση στο internet με διαδικασίες check in, check out,
- Εργαλεία επεξεργασίας σχολιασμού (annotation editing tools).
- Διαχείριση και εξερεύνηση γεωμετρικών δικτύων (γράφοι που αναπαρι-

στούν την τοπολογία των γνωρισμάτων)

ArcReader:

Το λογισμικό ArcReader^[14] είναι μία εύκολα χρησιμοποιήσιμη εφαρμογή που επιτρέπει στους χρήστες να βλέπουν, να εξερευνούν και να εκτυπώνουν χάρτες και globes (πρόκειται για γεωγραφικό μμοντέλο που δημιουργείται από το ArcGlobe και στο οποίο αποθηκεύεται κάθε γεωγραφικό δεδομένο σε μία τρισδιάστατη σφαίρα στην πραγματική του τοποθεσία). Το ArcReader διατίθεται δωρεάν.

Το ArcReader προσφέρει τη δυνατότητα:

- Επέκτασης των γεωγραφικών δεδομένων.
- Παρατήρησης χαρτών και πλοήγησης σε αυτούς.
- Υποβολής ερωτημάτων στα δεδομένα.
- Εκτύπωσης χαρτών.

ArcInfo

Το λογισμικό ArcInfo^[14] περιλαμβάνει όλη τη λειτουργικότητα των ArcView και ArcEditor και προσθέτει προηγμένη γεωεπεξεργασία (geoprocessing) και δυνατότητα μετατροπής δεδομένων. Περιέχει τα περισσότερα εργαλεία ανάλυσης χωρικών δεδομένων.

Το ArcInfo προσφέρει επιπλέον τις εξής δυνατότητες:

- Δημιουργία ισχυρών μοντέλων γεωγραφικής επεξεργασίας για την ανακάλυψη σχέσεων, την ανάλυση δεδομένων και την ενσωμάτωση δεδομένων.
- Ανάλυση ανυσματικής επικάλυψης, εγγύτητας, καθώς και στατιστική

ανάλυση.

- Δημιουργία και εκτέλεση events για γραμμικά γνωρίσματα.
- Μετατροπή δεδομένων μεταξύ διαφορετικών μορφότυπων.
- Δημιουργία σύνθετων δεδομένων και μοντέλων ανάλυσης, καθώς και script για την αυτοματοποίηση των διαδικασιών ΣΓΠ.
- Δημοσίευση χαρτογραφικών χαρτών με χρήση εκτενών τεχνικών προβολής, σχεδίασης, εκτύπωσης και διαχείρισης δεδομένων.

Κάθε μια από τις εκδόσεις του ArcGIS περιλαμβάνει ένα σύνολο εφαρμογών:

- ArcMap
- ArcCatalog
- ArcToolbox
- ModelBuilder

Το ArcGIS Desktop περιλαμβάνει επίσης τις παρακάτω κατηγορίες εφαρμογών:

ArcGIS Desktop Extensions: Τα επιτραπέζια προϊόντα μπορούν να εμπλουτιστούν με επιπλέον δυνατότητες, όπως τρισδιάστατη απεικόνιση και Γεωστατιστική ανάλυση, μέσα από μία σειρά προϊόντων. Τα πιο διαδεδομένα από αυτά είναι: ArcGIS Geostatistical Analyst, ArcGIS Network Analyst, ArcGIS Schematics, ArcGIS Spatial Analyst, ArcGIS Survey Analyst, ArcGIS Tracking Analyst, ArcWeb Services.

ArcGIS Desktop Applications: Πρόκειται για μία σουίτα εφαρμογών που περιλαμβάνει τα ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ModelBuilder, και ArcGlobe. Χρησιμοποιώντας το σύνολο αυτών των προϊόντων είναι εφικτή η

εκτέλεση οποιασδήποτε λειτουργίας απλής ή σύνθετης, όπως γεωγραφική ανάλυση, απεικόνιση, διαχείριση κ.ά,

Εξυπηρετητές ΣΓΠ (Server GIS)

ArcSDE: Είναι ένας προηγμένος εξυπηρετητής για πρόσβαση σε γεωγραφικά δεδομένα. Προσφέρει σε εφαρμογές «πελάτη» τη δυνατότητα αποθήκευσης, διαχείρισης και χρήσης γεωγραφικών δεδομένων σε συστήματα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων (π.χ. ArcIMS, ArcGIS Server, ArcGIS Desktop).

ArcIMS: είναι ένας εξυπηρετητής χαρτών διαδικτύου (Internet Map Server). Χρησιμοποιείται ευρέως για την αποστολή χαρτών, δεδομένων και μεταδεδομένων σε πολλαπλούς χρήστες στο διαδίκτυο. Για παράδειγμα, το ArcIMS προσφέρει πρόσβαση μέσω του φυλλομετρητή σε διάφορα GIS catalog portals. Αυτά προσφέρουν στους χρήστες τη δυνατότητα να δημοσιεύουν και να μοιράζονται γεωγραφική πληροφορία με άλλους χρήστες.

ArcGIS Server: είναι ένα εκτενές εργαλείο για προγραμματιστές επιχειρησιακών και διαδικτυακών εφαρμογών (enterprise and Web applications). Χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη κατανεμημένων επιχειρησιακών πληροφοριακών συστημάτων πολλών επιπέδων.

GIS Portal Toolkit: Τα προϊόντα ArcIMS και ArcSDE αποτελούν τη βάση για το GIS Portal Toolkit. Πρόκειται για μία τεχνολογία που επιτρέπει τη δημιουργία τοπικών, εθνικών και παγκόσμιων διαδικτυακών πυλών (portals).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: INTERPOLATION (ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ)

2.1 Τι είναι η παρεμβολή

Παρεμβολή ονομάζεται η διαδικασία πρόβλεψης μιας τιμής ενός σημείου ενδιάμεση στις τιμές δύο ή περισσότερων γνωστών σημείων στον χώρο. Διαφορετικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι πρόκειται για μια διαδικασία

υπολογισμού μιας τιμής σε μία τοποθεσία (x, y) όπου δεν έχουμε μετρήσεις, από υπάρχουσες μετρηθείσες τιμές σε άλλες τοποθεσίες $(x_1, y_1) \dots (x_N, y_N)$. Ένας άλλος ορισμός για την παρεμβολή είναι ο παρακάτω : Παρεμβολή ονομάζεται η διαδικασία της εκτίμησης της τιμής των ιδιοτήτων σε σημεία χωρίς μέτρηση, μέσα στην περιοχή η οποία καλύπτεται από παρατηρήσεις υπαρχόντων σημείων (Burrough 1986).¹

Η χωρική παρεμβολή (spatial interpolation) είναι η παρεμβολή που αναφέρεται σε διαδικασίες που συμβαίνουν στον χώρο (γεωγραφικά). Η βασική αρχή της παρεμβολής είναι η υπόθεση ότι τα χωρικά διανεμόμενα αντικείμενα είναι χωρικά εξαρτώμενα. Αυτό σημαίνει ότι αντικείμενα τα οποία είναι κοντότερα το ένα με το άλλο τείνουν να έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά και πιο όμοιες τιμές απ' ότι αντικείμενα τα οποία είναι μακρύτερα.

Η χωρική παρεμβολή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο GIS για:

- Να παρέχει ισοϋψείς για γραφική παρουσίαση των δεδομένων
- Να υπολογίζει ορισμένες ιδιότητες των επιφανειών σε δοσμένα σημεία
- Να αλλάζει την μονάδα σύγκρισης όταν χρησιμοποιούνται διαφορετικές δομές δεδομένων σε διαφορετικά στρώματα (Layers).
- Να βοηθήσει στην διαδικασία λήψης χωρικών αποφάσεων στην φυσική και στην ανθρώπινη γεωγραφία και σε παρακείμενους επιστημονικούς κλάδους όπως εξόρυξη ορυκτών και υδρογονάνθρακα.

2.2 Μέθοδοι παρεμβολής

Οι μέθοδοι παρεμβολής χωρίζονται σε γεωστατιστικές (geostatistical methods) και προσδιοριστικές (deterministic methods). Οι προσδιοριστικές μέθοδοι χρησιμοποιούν κυρίως μαθηματικές λειτουργίες παρεμβολής ενώ οι γεωστατιστικές χρησιμοποιούν στατιστικές και μαθηματικές λειτουργίες, κάτι το οποίο επιτρέπει την δημιουργία επιφανειών υπολογίζοντας συγχρόνως την

¹ Practical Applications of GIS for Archaeologists/ Connie L. Westcott and R. Joe Brandon

αβεβαιότητα της πρόβλεψης. Στην γεωστατιστική ανάλυση υπάρχουν τέσσερις προσδιοριστικές μέθοδοι παρεμβολής οι οποίες είναι:

- Inverse Distance Weight
- Local Polynomial
- Global Polynomial
- Radial Basis Functions

Οι προσδιοριστικές μέθοδοι παρεμβολής δημιουργούν επιφάνειες από μετρούμενα σημεία βασισμένες είτε στον βαθμό της ομοιότητας (π.χ. Inverse Distance Weight) είτε στην εξομάλυνση-λειότητα (π.χ. Radial Basis Function).

Οι γεωστατιστικές μέθοδοι βασίζονται σε στατιστικά μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούν τον όρο spatial autocorrelation (χωρική συσχέτιση ανάμεσα στα μετρούμενα σημεία). Οι γεωστατιστικές τεχνικές έχουν την δυνατότητα παραγωγής επιφανειών πρόβλεψης όπως επίσης και τον υπολογισμό της ακρίβειας τους. Τα κύρια πλεονεκτήματα των γεωστατικών μεθόδων σε σχέση με τις άλλες είναι ότι^[15] :

- Μπορούν να δώσουν άμεσες εκτιμήσεις για την ποιότητα των προβλέψεων, δηλαδή μια εκτίμηση της διασποράς των προβλεπόμενων τιμών καθώς και εκτίμησης του σφάλματος στα σημεία που δεν ανήκουν στο αρχικό δείγμα.
- Γνωρίζουμε εκ των προτέρων ότι οι επιλεγείσες τιμές για τις διάφορες παραμέτρους που χρησιμοποιούν οι διάφοροι μέθοδοι είναι πραγματικά οι βέλτιστες.
- Η επιλογή του αριθμού των σημείων αναγκαίων για την εφαρμογή των μεθόδων τοπικών εκτιμήσεων γίνεται με αντικειμενικό τρόπο.
- Γίνονται γνωστά τα λάθη (αβεβαιότητες) που σχετίζονται με τις εκτιμηθείσες τιμές της χωρικής παρεμβολής.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι που σχετίζονται με την Γεωστατιστική, αλλά ανήκουν όλες στην οικογένεια Kriging. Οι κυριότερες μεθοδολογίες που βασίζονται στην τεχνική Kriging είναι οι παρακάτω:

- Ordinary Kriging
- simple Kriging
- Universal Kriging
- Probability Kriging
- Indicator Kriging
- Disjunctive Kriging

2.2.1 Kriging

Η μέθοδος Kriging είναι μια ομάδα γεωστατιστικών τεχνικών η οποία παρεμβάλλει την τιμή ενός τυχαίου πεδίου(π.χ. υψόμετρο, τιμές θορύβου) σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν μετρήσεις, μέσω υπαρχόντων τιμών σε γειτονικά σημεία. Η μέθοδος αυτή της χωρικής παρεμβολής είναι εξαιρετικά απλή στην σύλληψή της και απαιτεί ένα σύνολο δεδομένων για μια συνεχή μεταβλητή και ένα μοντέλο χωρικής διακύμανσης με την μορφή του βαριογράμματος¹. Η μέθοδος ονομάστηκε Kriging από τον G. Matheron, που χρησιμοποίησε το όνομα του Νοτιοαφρικανικού μηχανικού μεταλλείων D.G.Krige ο οποίος είχε αναπτύξει στην δεκαετία του '50 μεθόδους για την εκτίμηση της κατανομής μεταλλευμάτων, βασιζόμενος στις τιμές των δειγμάτων. Βασικά, το πρόβλημα είναι να βρεθεί η αναμενόμενη τιμή μιας χωρικής στοχαστικής διαδικασίας σε

¹ Το βαριόγραμμα ή ήμιβαριόγραμμα είναι μια μαθηματική συνάρτηση της μορφής $\text{var}[Z(s) - Z(S + h)] = E[\{Z(S) - Z(S + h)\}^2] = 2r(h)$. Μέσω του βαριογράμματος μπορούμε να ανακαλύψουμε και να προσδιορίσουμε την ύπαρξη χωρικής συσχέτισης στα δεδομένα μας, η οποία είναι απαραίτητη για μια ρεαλιστική χαρτογράφηση.

ένα σημείο με βάση των σύνολο των τιμών σε διαφορετικές θέσεις (δείγμα) στον χώρο^[9,10,16].

Το Kriging υποθέτει πως η απόσταση ή η διεύθυνση μεταξύ των δειγματοληπτικών σημείων αντανakλά μια χωρική "Συσχέτιση" (spatial colleration) η οποία χρησιμοποιείται για την εξήγηση της μεταβολής στην επιφάνεια. Στην συνέχεια αντιστοιχεί μια μαθηματική λειτουργία σε ένα καθορισμένο αριθμό σημείων ή σε όλα τα σημεία μέσα σε μια καθορισμένη ακτίνα, με σκοπό να καθορίσει την εξερχόμενη τιμή της κάθε τοποθεσίας.^[16]

Η μέθοδος Kriging απαιτεί τα παρακάτω βήματα^[12]:

- 1) Εξέταση των δεδομένων για τυχόν χωρικές τάσεις και εκτέλεση των κατάλληλων μετατροπών.
- 2) Υπολογισμός του εμπειρικού βαριογράμματος και αντιστοίχιση του κατάλληλου μοντέλου αν η χωρική μεταβολή είναι περισσότερο "Αυτό-συσχετισμένη" (autocorrelated) από ότι μια απλή διασπορά (nugget). Εάν τα δεδομένα δεν είναι αυτό-συσχετιζόμενα, τότε η παρεμβολή δεν είναι αισθητή.
- 3) Έλεγχος του μοντέλου μέσω της μεθόδου cross-validation
- 4) Επιλογή είτε της μεθόδου Kriging είτε της εξαρτώμενης προσομοίωσης
- 5) Εάν επιλεγεί η μέθοδος Kriging, τότε πρέπει να γίνει χρήση του μοντέλου του βαριογράμματος για παρεμβολή περιοχών σε ένα κανονικό πλέγμα, όπου οι περιοχές αυτές είναι είτε ίσες σε μέγεθος με τα αρχικό δείγμα(Point Kriging), είτε μεγαλύτερου μεγέθους(Block Kriging).
- 6) Εμφάνιση των αποτελεσμάτων είτε με την μορφή πλεγματικών χαρτών, είτε με την μορφή ισοϋψών, είτε χωριστά είτε βάζοντας τα πάνω από άλλα στρώματα(Layers) δεδομένων.
- 7) Εισαγωγή των δεδομένων στο GIS και χρησιμοποίηση τους σε συνδυασμό με τα άλλα δεδομένα.

2.2.2 IDW (Inverse Distance Weighting)

Η μέθοδος αυτή ονομάζεται και μέθοδος κινητού μέσο όρου των παρατηρήσεων με βάρη (Spatial Moving Average) και αποτελεί μία συνήθης προσέγγιση χωρικής παρεμβολής στην οποία αποδίδεται βάρος στα γειτονικά "σημεία" του δείγματος των μετρήσεων^[16]. Η μέθοδος υποθέτει ότι η επιφάνεια "οδηγείται" από τοπική μεταβολή. Οι παρεμβαλλόμενες τιμές για τις επιφάνειες με την χρήση της μεθόδου είναι ένας μετρούμενος μέσος όρος των τιμών μιας ομάδας γειτονικών σημείων, "ζυγισμένα" έτσι ώστε η επιρροή των γειτονικών σημείων να είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι των πιο απομακρυσμένων. Ουσιαστικά, αυτό που κάνει η μέθοδος είναι να υπολογίζει τις τιμές των κελιών, μετρώντας τον μέσο όρο των τιμών των δειγματοληπτικών σημείων στην "γειτνίαση" του κάθε κελιού. Η χρήση της προτείνεται όταν τα μετρούμενα σημεία είναι ομαλά κατανομημένα κατά μήκος της περιοχής μελέτης και με την προϋπόθεση ότι δεν είναι ομαδοποιημένα. Στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζονται ορισμένες παρατηρήσεις πάνω στην χρήση της μεθόδου^[17].

- Οι εξερχόμενες τιμές για ένα κελί είναι περιορισμένες στο εύρος των τιμών που χρησιμοποιήθηκαν για την παρεμβολή. Επειδή η συγκεκριμένη μέθοδος είναι μέθοδος μετρούμενου μέσου όρου, ο μέσος όρος δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από την μεγαλύτερη τιμή εισόδου και μικρότερος από την αντίστοιχη μικρότερη. Γι' αυτό, δεν μπορούν να δημιουργηθούν κορυφογραμμές και κοιλάδες εάν αυτά τα άκρα δεν έχουν ήδη δειγματοληπτηθεί (Watson and Philip, 1985).
- Τα καλύτερα αποτελέσματα που μπορεί να δώσει η συγκεκριμένη μέθοδος παρατηρούνται όταν η δειγματοληψία είναι ικανοποιητικά πυκνή, με την προσοχή στραμμένη στην τοπική μεταβολή την οποία προσπαθούμε να αναπαραστήσουμε. Εάν το δείγμα από τα εισαχθέντα σημεία είναι αραιό ή ανομοιογενή, τότε υπάρχει ο κίνδυνος η επιθυμητή επιφάνεια να αναπαριστάται ικανοποιητικά (Watson and Philip).

- Η επιρροή ενός εισαχθέντος σημείου ή μίας παρεμβαλλόμενης τιμής είναι ισοτροπική. Από την στιγμή που η επιρροή ενός εισαχθέντος σημείου σε μία παρεμβαλλόμενη τιμή σχετίζεται με την απόσταση, τότε η μέθοδος IDW δεν "συντηρεί" τις κορυφές (Watson and Philip, 1985).
- Μερικά ζευγάρια δεδομένων μπορεί να έχουν αρκετά σημεία με τις ίδιες x, y συντεταγμένες. Εάν οι τιμές των σημείων στις κοινές τοποθεσίες είναι οι ίδιες, τότε αυτές θεωρούνται αντίγραφα και δεν έχουν καμία επιρροή στο τελικό αποτέλεσμα. Εάν οι τιμές είναι διαφορετικές, θεωρούνται "συμπίπτων" σημεία. Οι λειτουργίες της παρεμβολής μπορούν να χειριστούν την κατάσταση αυτών των δεδομένων με διαφορετικό τρόπο, χρησιμοποιώντας σε ορισμένες περιπτώσεις το πρώτο "συμπίπτων" σημείο για τον υπολογισμό ή μερικές φορές το τελευταίο. Λόγω όμως αυτού του γεγονότος, παρατηρούνται σε ορισμένες τοποθεσίες αποκλίσεις στις τελικές τιμές σε σχέση με τις αναμενόμενες. Η λύση εδώ βρίσκεται στην προετοιμασία των δεδομένων, αφαιρώντας τα "συμπίπτοντα" σημεία.
- Η επιλογή barriers(φράγμα, εμπόδιο) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό τοποθεσιών γραμμικών οντοτήτων γνωστές για την ιδιότητα τους να εμποδίζουν την συνέχεια της επιφάνειας. Αυτές οι οντότητες δεν έχουν z τιμές. Βράχοι-γκρεμοί και αναχώματα είναι τα πιο γνωστά παραδείγματα εμποδίων. Τα εμπόδια περιορίζουν την επιλεγμένη ομάδα των δειγματοληπτικών σημείων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για να παρεμβάλουν τις εξερχόμενες Z - τιμές, στα δείγματα τα οποία είναι στην ίδια πλευρά του εμποδίου όπως και του τρέχοντος επεξεργαζόμενου κελιού. Ο διαχωρισμός που δημιουργεί ένα εμπόδιο προσδιορίζεται από την ανάλυση "Γραμμή οπτικού πεδίου" μεταξύ κάθε ζεύγους σημείων. Αυτό σημαίνει ότι ο τοπολογικός διαχωρισμός δεν είναι απαραίτητος για δύο σημεία ώστε να αποκλειστούν από την περιοχή επιρροής το ένα του άλλου. Τα δειγματοληπτικά σημεία εισαγωγής τα οποία βρίσκονται ακριβώς στην γραμμή του εμποδίου, θα συμπεριληφθούν στην επιλεγμένη ομάδα σημείων και για τις δύο μεριές του εμποδίου.

- Οι οντότητες των εμποδίων εισέρχονται σαν πολυγραμμικές (Polyline) οντότητες. Η μέθοδος IDW χρησιμοποιεί τις x,y συντεταγμένες για την γραμμική οντότητα, έτσι δεν είναι απαραίτητο να παρέχει Z-τιμές για την αριστερή και δεξιά πλευρά του εμποδίου. Οποιοσδήποτε Z-τιμές παρέχονται θα παραβλεφθούν.
- Η χρήση εμποδίων θα αυξήσει σημαντικά τον χρόνο υπολογισμού.
- Αυτό το εργαλείο έχει ένα όριο 45 εκατομμυρίων σημείων εισαγωγής. Εάν η εισερχόμενη κλάση οντοτήτων υπερβεί αυτό το όριο, το εργαλείο μπορεί να αποτύχει στην εξαγωγή αποτελέσματος. Όμως μπορούμε να αποφύγουμε αυτό το όριο διαχωρίζοντας την παρεμβαλλόμενη περιοχή μελέτης σε αρκετά μέρη, σιγουρεύοντας την ύπαρξη επικάλυψης στις παρυφές. Τέλος, ψηφιοποιούμε τα αποτελέσματα με σκοπό την δημιουργία μιας μεγάλης και κοινής ψηφιακής βάσης δεδομένων.

2.2.3 Spline

Η μέθοδος spline είναι μια μέθοδος παρεμβολής η οποία υπολογίζει τιμές χρησιμοποιώντας μια μαθηματική λειτουργία η οποία ελαχιστοποιεί την ολική καμπυλότητα της επιφάνειας, με αποτέλεσμα να έχουμε μια ομαλή επιφάνεια η οποία περνάει ακριβώς πάνω από τα εισαχθέντα σημεία. Στην μέθοδο αυτή η παρεμβαλλόμενη τιμή είναι ένας συνδυαζόμενο πολυώνυμο. Η μέθοδος spline προτιμάται από την πολυωνυμική παρεμβολή επειδή το λάθος της παρεμβολής (interpolation error) μπορεί να είναι μικρό ακόμα και με την χρήση μικρού βαθμού πολυωνύμου. Έτσι, η μέθοδος αποφεύγει το πρόβλημα του φαινομένου Runge¹ το οποίο προκύπτει όταν χρησιμοποιούνται μεγάλου βαθμού πολυώνυμα^[16].

¹ Στο μαθηματικό πεδίο της αριθμητικής ανάλυσης, το φαινόμενο Runge είναι ένα πρόβλημα που προκύπτει όταν χρησιμοποιείται η πολυωνυμική παρεμβολή με μεγάλου βαθμού πολυώνυμα. Ανακαλύφθηκε από τον Carl David Tolmé Runge στην προσπάθεια του να ανακαλύψει συμπεριφορές λαθών κατά την χρήση πολυωνυμικής παρεμβολής σε συγκεκριμένες λειτουργίες.

Υπάρχουν δύο τύποι της μεθόδου spline. Η Regularized και η Tension. Η Regularized δημιουργεί μία λεία-επίπεδη επιφάνεια, με χαρακτηριστικό την σταδιακή αλλαγή της επιφάνειας, ενώ οι τιμές μπορούν να βρίσκονται και έξω από το εύρος των δειγματοληπτικών δεδομένων. Η Tension ελέγχει την ακαμψία της επιφάνειας σύμφωνα με τις ιδιότητες του μοντελοποιημένου φαινομένου. Έτσι, δημιουργεί μια λιγότερο ομαλή επιφάνεια με τιμές περιορισμένες πιο κοντά στο εύρος των δειγματοληπτικών δεδομένων.

2.2.4 Local & Global Polynomial Interpolation

Οι γενικευμένες και τοπικές πολυωνυμικές μέθοδοι εκτίμησης χρησιμοποιούν μαθηματικές και πολυωνυμικές συναρτήσεις πρώτου αλλά και μεγαλύτερου βαθμού.

Ο μαθηματικός τύπος για μια επιφάνεια πρώτου βαθμού είναι:

$$z=ax+by+c,$$

Αυτή είναι μία συνάρτηση που περιγράφει ένα επίπεδο.

Η αντίστοιχη για μια επιφάνεια δευτέρου βαθμού είναι:

$$Z= a+bx+cy+dx^2+exy+fy^2$$

Ο τύπος για μια επιφάνεια τρίτου βαθμού δίνεται προσθέτοντας τους όρους για το x^3, y^3, x^2y, xy^2 :

$$Z= a+bx+cy+dx^2+exy+fy^2+g x^3+h x^2y+k xy^2+l y^3^{[16]}$$

Οι παραπάνω πολυωνυμικές συναρτήσεις ισχύουν και για τις γενικευμένες και για τις τοπικές μεθόδους εκτίμησης.

Οι τοπικές πολυωνυμικές μέθοδοι δημιουργούν επιφάνειες από πολλές διαφορετικές φόρμουλες, κάθε μία από τις οποίες βελτιστοποιείται για μια γειτνίαση (neighborhood). Το σχήμα της γειτνίασης, ο μεγαλύτερος αλλά και ο μικρότερος αριθμός σημείων, όπως και η επαλήθευση τομέων, μπορούν να προσδιοριστούν. Επί προσθέτως, τα δειγματοληπτικά σημεία σε μια γειτνίαση μπορούν να "ζυγιστούν" (weighted) σε σχέση με τις αποστάσεις από την τοποθεσία πρόβλεψης. Έτσι, οι τοπικές πολυωνυμικές μέθοδοι παράγουν επιφάνειες οι οποίες θεωρούνται καλύτερες για την εξήγηση της τοπικής απόκλισης.

Οι γενικευμένες πολυωνυμικές μέθοδοι, σε αντίθεση με τις τοπικές, δημιουργούν επιφάνειες χρησιμοποιώντας μία μόνο πολυωνυμική φόρμουλα. Επίσης, στις γενικευμένες πολυωνυμικές μεθόδους δεν χρησιμοποιείται η έννοια της "γειτνίασης" σε αντίθεση με όλες τις άλλες μεθόδους στην Γεωστατιστική ανάλυση. Η μέθοδος αυτή εξάγει μία λεία-επίπεδη επιφάνεια ταιριάζοντας μία πολυωνυμική παλινδρόμηση στις x και y συντεταγμένες των δειγματοληπτικών σημείων. Επειδή η επιφάνειες που προκύπτουν από την μέθοδο είναι άκαμπτες, δεν θα περάσουν ακριβώς μέσα από τα δειγματοληπτικά σημεία των δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι η συγκεκριμένη μέθοδος δεν είναι ακριβής¹ μέθοδος παρεμβολής^[17].

Οι γενικευμένες μέθοδοι εκτίμησης global methods χρησιμοποιούνται για^[18]:

1. Να εκτιμήσουν μία επιφάνεια από μία δεδομένη σημειακή δειγματοληψία όταν είναι γνωστό ότι η επιφάνεια είναι εξομαλυμένη χωρίς απότομες εξάρσεις ή βυθίσματα, όπως για παράδειγμα οι εκπομπές αέριων ρύπων πάνω από μία βιομηχανική ζώνη, και η διεύθυνση του ανέμου.

¹ Ακριβείς μέθοδοι παρεμβολής(exact interpolators) είναι οι μέθοδοι όπου οι επιφάνειες που θα προβλεφτούν θα είναι ακριβώς ίσες με τις τιμές των δεδομένων, όταν οι προβλέψεις γίνονται σε τοποθεσίες όπου τα δεδομένα έχουν ήδη συλλεχθεί.

2. Να εξετάσουν τις επιδράσεις μιας γενικευμένης τάσης που επικρατεί στην περιοχή μελέτης.

2.2.5 Radial Basis Function

Οι μέθοδοι RBF είναι μια σειρά από τεχνικές ακριβής παρεμβολής(exact interpolation). Έτσι, η επιφάνεια πρέπει να περάσει ακριβώς πάνω από κάθε μετρούμενη δειγματοληπτική τιμή. Υπάρχουν πέντε διαφορετικές παραλλαγές:

- Thin-Plate spline
- Spline with tension
- Completely regularized spline
- Multiquadric function
- Inverse multiquadric function

Κάθε μια από τις παραπάνω παραλλαγές έχει διαφορετικό σχήμα και οδηγεί σε μια ελαφρώς διαφορετική επιφάνεια παρεμβολής.

Η τεχνική που χρησιμοποιούν οι μέθοδοι RBF μπορεί να παρομοιαστεί με μια λαστιχένια μεμβράνη η οποία καλύπτει τα δειγματοληπτικά σημεία, ενώ συγχρόνως ελαχιστοποιεί την ολική καμπυλότητα της επιφάνειας. Η επιλεγμένη παραλλαγή της μεθόδου κάθε φορά καθορίζει πως αυτή η μεμβράνη θα ταιριάζει μεταξύ των τιμών. Αυτό που κάνει η συγκεκριμένη μέθοδος και δεν μπορούν να κάνουν άλλες είναι η πρόβλεψη τιμών πάνω από τις μέγιστες και κάτω από τις ελάχιστες μετρούμενες τιμές.

Η χρήση των τεχνικών RBF προτιμάται για τον υπολογισμό επίπεδων επιφανειών όταν υπάρχει μεγάλος αριθμός δεδομένων(σημείων).Οι λειτουργίες των μεθόδων παράγουν καλά αποτελέσματα για επιφάνειες με μικρές μεταβολές, όπως είναι το υψόμετρο. Οι τεχνικές όμως είναι αναποτελεσματικές όταν υπάρχουν μεγάλες αλλαγές στις τιμές της επιφάνειας σε μικρές αποστάσεις και όταν υπάρχει υπόνοια ότι τα δεδομένα είναι επιρρεπή σε λάθη ή σε αβεβαιότητες^[16].

ΕΝΟΤΗΤΑ 3 : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΟΡΓΑΝΑ

1.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

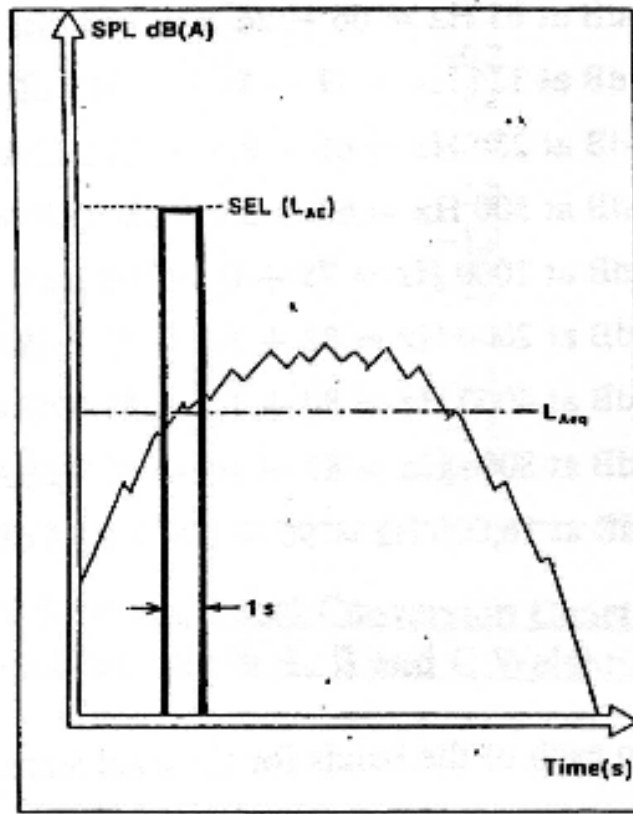
Με σκοπό τον προσδιορισμό του προβλήματος του κυκλοφοριακού θορύβου στο κέντρο του Ηρακλείου, έγιναν κάποιες ηχομετρήσεις σε δρόμους στο ιστορικό κέντρο της πόλης. Οι μετρήσεις έγιναν κατά τους μήνες Απρίλιο- Μάιο του 2008. Κατά το διάστημα αυτό, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 132 σημεία, σε 19 κεντρικές οδούς και λεωφόρους της πόλης. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 528 μετρήσεις, διάρκειας 10 λεπτών η κάθε μια. Για τον σκοπό των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν ένα ηχόμετρο τύπου CEL-440 και ένας δέκτης GPS YAKUMO ALPHA των οποίων οι λειτουργίες θα αναλυθούν σε παρακάτω ενότητα.

1.1.1 Δείκτες θορύβου

Για να επιλέξουμε τον κατάλληλο περιγραφικό δείκτη θορύβου θα πρέπει να γνωρίζουμε τη φύση της πηγής και το που ζητάμε να οδηγηθούμε. Υπάρχουν δεκάδες περιγραφικοί δείκτες που έχουν επινοηθεί κατά τη διάρκεια των ετών αξιολογώντας το θόρυβο σε κατοικημένες περιοχές, τον προερχόμενο από την κυκλοφορία, τα αεροσκάφη, το σιδηρόδρομο, τη βιομηχανία, την ομιλία κλπ.

Ο βασικός δείκτης, με τον οποίο θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε τις στάθμες θορύβου που προκύπτουν από τις ηχομετρήσεις είναι ο δείκτης LAeq. Πρόκειται για την ισοδύναμη συνεχή στάθμη θορύβου που εκφράζει την στάθμη θορύβου η οποία σε ορισμένη χρονική περίοδο έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου, σταθερού ή μεταβαλλόμενου κατά την ίδια περίοδο. Το μετρούμενο μέγεθος είναι Α-σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης η οποία εκφράζεται σε dB A ή, εν συντομία, dB(A). Ο δείκτης LAeq έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν σε πολλές μελέτες οδικού θορύβου σύμφωνα και με τις διατάξεις της Υ.Α. 17252/19-07-1992(Φ.Ε.Κ. 3945/τ.Β).Στο

σχήμα 4 παρουσιάζεται ο δείκτης LAeq σε σχέση με την ηχητική ένταση και τον χρόνο.



Σχήμα 4: Ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου (Laeq)

Ο δείκτης LAeq μπορεί να υπολογιστεί με τον παρακάτω τύπο:

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T \log^{-1} [L_A(t)/10] dt \right\}$$

όπου:

$L_A(t)$ = στιγμιαία κλίμακα θορύβου A

T = καθορισμένη χρονική περίοδος κατά την διάρκεια της οποίας δειγματοληπτείται ο θόρυβος

1.1.2 Μεθοδολογία

Για την μέτρηση της στάθμης του δείκτη LAeq, πραγματοποιήθηκαν ηχομετρήσεις σε απόσταση 3m από τον δρόμο. Οι μετρήσεις πάρθηκαν σε 19 κεντρικές οδούς και λεωφόρους στο κέντρο του Ηρακλείου. Η διάρκεια της κάθε μέτρησης ήταν 10 λεπτά και η απόσταση μεταξύ των μετρήσεων στην κάθε οδό ήταν 100m. Η θέση του ηχομέτρου κατά την μέτρηση ήταν στα 1,7m, δηλαδή περίπου το ύψος των αυτιών ενός μέσου ανθρώπου, έτσι ώστε να έχουμε πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα, αφού θέλουμε να αποτυπώσουμε τον ήχο που φτάνει σε εμάς.

Πριν από την κάθε μέτρηση, πάρθηκαν οι γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων των μετρήσεων μέσω ενός δέκτη GPS. Στην συνέχεια, οι γεωγραφικές συντεταγμένες εισήχθησαν στο λογισμικό ArcGIS και μας έδωσαν τις ακριβείς θέσεις των σημείων όπου πάρθηκαν οι μετρήσεις, πάνω στην επιφάνεια του χάρτη. Οι μετρήσεις πάρθηκαν απουσία ανέμου και βροχής έτσι ώστε οι μετρούμενες τιμές να είναι ρεαλιστικές. Η παρουσία βροχής επηρεάζει έμμεσα τον φόρτο και την σύνθεση της κυκλοφορίας, παράγοντες σημαντικούς για την ανάλυση του κυκλοφοριακού θορύβου. Η παρουσία ανέμου επηρεάζει την ποιότητα της μέτρησης. Δεδομένου ότι οι ήχοι μεταφέρονται μέσω μεταβολών της πίεσης του αέρα, η παρουσία ανέμου θα μεταφέρει στον μετρητή του οργάνου "εξωτερικούς" ήχους που δεν έχουν σχέση με τον κυκλοφοριακό θόρυβο που παράγεται στο σημείο της μέτρησης. Επίσης, η παρουσία αέρα προκαλεί το φαινόμενο των κατευθυνσιακών επιρροών ή αλλιώς της ανισοτροπίας¹ το οποίο προκαλεί εμπόδια στην εισαγωγή των παραμέτρων στις μεθόδους της Γεωστατιστικής ανάλυσης στο λογισμικό ArcGIS.

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων έγιναν παρατηρήσεις όσον αφορά τον κυκλοφοριακό φόρτο, την ταχύτητα και την σύνθεση της κυκλοφορίας τα οποία

¹ Το φαινόμενο της ανισοτροπίας εμφανίζεται όταν παρατηρείται αλλαγή της χωρικής συσχέτισης μεταξύ των μετρούμενων σημείων προς το μέρος μιας κατεύθυνσης. Αυτή η αλλαγή μπορεί να οφείλεται σε διάφορες φυσικές διαδικασίες μεταξύ αυτών και ο αέρας.

βοήθησαν στην ανάλυση του προβλήματος του κυκλοφοριακού θορύβου και στην εξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία θα αναλυθούν σε παρακάτω κεφάλαιο.

1.2 ΗΧΟΜΕΤΡΟ

Το ηχώμετρο το οποίο χρησιμοποιήσαμε είναι τύπου cel-440 (σχήμα 5).



Σχήμα 5: Ηχώμετρο τύπου CEL-440

Το συγκεκριμένο ηχώμετρο έχει την δυνατότητα μέτρησης ήχων από 10-140 dB και καλύπτει τις προδιαγραφές IEC 61672/2002, ΕΛΟΤ EN 61672/2003.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι δείκτες που κατέγραψε το ηχώμετρο.

L_{Aeq} (Ισοδύναμο σταθερό επίπεδο θορύβου)

Ισοδύναμο σταθερό επίπεδο θορύβου για ορισμένο χρονικό διάστημα, το οποίο αντιστοιχεί στην συνολική ακουστική ενέργεια, της περιόδου για την οποία προσδιορίζεται θεωρώντας ομοιόμορφη την κατανομή του θορύβου στην υπόψη χρονική περίοδο.

| | |
|--------------|---|
| L_{AFmax} | Μέγιστη στάθμη, με τις τρέχουσες σταθμίσεις |
| L_{AFmin} | Ελάχιστη στάθμη, με τις τρέχουσες σταθμίσεις |
| L_{ZPK} | Γραμμικό Peak |
| L_{AF} | Σταθμισμένη Ηχοστάθμη(π.χ. A-στάθμιση &F-χρονική) |
| L_{AE} | Στάθμη ηχοέκθεσης |
| $L_{AEP,v}$ | Ατομική δόση θορύβου για συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Όταν η χρονική περίοδος είναι 8ωρο, η παράμετρος αυτή θα γράφεται σαν $L_{EP,D}$ |
| L_{TM3} | Συσσωρευτική μέση τιμών των γρήγορα σταθμισμένων μέγιστων τιμών για περίοδο 3sec |
| L_{TM5} | Συσσωρευτική μέση τιμών των γρήγορα σταθμισμένων μέγιστων τιμών για περίοδο 5sec |
| $L_{AFNN,N}$ | Πέντε ποσοστομοριακές δείκτες με τις τρέχουσες σταθμίσεις και με τιμές δεικτών καθοριζόμενες από τον χρήστη, κυμαινόμενες από 0.0% έως 99,9% |
| T_{Wav} | Μέση τιμή ηχοστάθμης. Είναι η μέση τιμή της ηχητικής πίεσης για ένα χρονικό διάστημα με τις τρέχουσες σταθμίσεις η οποία αντιπροσωπεύει την (L_{Avg}) μέση τιμή της ηχοέκθεσης θορύβου ενός εργαζόμενου για την διάρκεια μέτρησης. Αυτή η παράμετρος είναι σύμφωνη με τα Αμερικανικά πρότυπα OSHA 1910-95 δημοσίευση του 1983. Όταν η χρονική περίοδος μέτρησης γίνει ίση με 8 ώρες, τότε αυτή η παράμετρος ονομάζεται TWA. |
| L_{Avg} | Μέση τιμή ηχοστάθμης μίας μέτρησης. |

Πίνακας 7: Δείκτες θορύβου του ηχομέτρου CEL-440

Επιπλέον, το cel-440 μπορεί να εκτελέσει ευρυζωνικές και επί πλέον οκταβικής ανάλυσης μετρήσεις, ευρυζωνικές οκταβικής και τριτοκταβικής ανάλυσης μετρήσεις.

Για να απλοποιηθεί η διαδικασία των μετρήσεων οι ρυθμίσεις μπορούν να αποθηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν αργότερα. Το ηχόμετρο αποθηκεύει σε χωριστά αρχεία τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές της κάθε μέτρησης, καθώς και 13 συνολικά δείκτες θορύβου οι οποίοι φαίνονται στον παραπάνω πίνακα 1.2.

Πριν από την εκκίνηση των μετρήσεων κάθε φορά θα πρέπει να γίνεται βαθμονόμηση(καλιμπράρισμα) του οργάνου. Η βαθμονόμηση θα πραγματοποιείται επί τόπου, πριν από την πρώτη μέτρηση κάθε φορά με τον ειδικό βαθμονομητή που περιέχει το βαλιτσάκι που περιέχει τον εξοπλισμό. Η διαδικασία της βαθμονόμησης είναι σχετικά απλή. Καταρχήν τοποθετούμε το μικρόφωνο στην άκρη του οργάνου προσεκτικά ώστε να μην υποστεί κάποια βλάβη. Έπειτα, κουμπώνουμε την άκρη του βαθμονομητή με την οπή του μικροφώνου έτσι ώστε να εφαρμόσουν καλά. Κατά την διάρκεια της βαθμονόμησης, το σύστημα του οργάνου με τον βαθμονομητή πρέπει να διατηρείται σε κάθετη θέση από το έδαφος. Επίσης, η διαδικασία θα πρέπει να γίνει σε ήσυχο περιβάλλον για να μην επηρεαστεί η ακρίβεια της βαθμονόμησης. Ξεκινώντας, θέτουμε σε λειτουργία το όργανο. Μόλις εμφανιστεί η κύρια οθόνη του ηχομέτρου, κρατάμε ακίνητο το σύστημα και θέτουμε σε λειτουργία τον βαθμονομητή. Όταν εμφανιστεί το εν χρήσει επίπεδο θορύβου πατάμε το enter και μέσω της οθόνης που εμφανίζεται, επιλέγουμε από τα βέλη up και down το επίπεδο θορύβου ανάλογα με τον τύπο του ηχομέτρου(114dB για τύπο 1 και 113,6dB για τύπο 2).Θα επιλέξουμε 114dB αφού χρησιμοποιούμε ηχόμετρο τύπου 1 και πατάμε enter.Η διαδικασία της βαθμονόμησης¹ ολοκληρώθηκε και

¹ Το ηχόμετρο αποθηκεύει αυτόματα την ημερομηνία και ώρα της τελευταίας βαθμονόμησης όπως και την τελευταία μέτρηση πριν την βαθμονόμηση.

το όργανο είναι έτοιμο για χρήση. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με κάθε αλλαγή των μπαταριών του οργάνου.

1.3 GPS (global positioning system)

Το όνομά του GPS προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων global positioning system, το οποίο ουσιαστικά σημαίνει σύστημα προσδιορισμού θέσης (στίγματος) στη γη. Το GPS είναι ένα σύστημα που αποτελείται από 24 δορυφόρους (σχήμα5) που βρίσκονται σε τροχιά στο διάστημα, σε απόσταση 11 χιλιάδων ναυτικών μιλίων από τη γη και κινούνται σε 6 διαφορετικές τροχιές



Σχήμα 5: Σύστημα δορυφόρων GPS

Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται διαρκώς σε κίνηση, κάνοντας 2 πλήρεις περιφορές γύρω από τη γη σε λιγότερο από 24 ώρες. Η μετάδοση από κάθε δορυφόρο πληροφοριών για την ακριβή ώρα και θέση του, επιτρέπει σε έναν κατάλληλο δέκτη (συσκευή GPS) να υπολογίσει με τριγωνισμό τη δική του θέση, η οποία εμφανίζεται στην οθόνη του εκφρασμένη σε συντεταγμένες ενός συγκεκριμένου γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς (προεπιλεγμένο το WGS 84).

Το δίκτυο δορυφόρων που αναγνωρίζουν οι συσκευές του εμπορίου έχει τεθεί σε τροχιά από τις Υπηρεσίες Άμυνας των ΗΠΑ και λέγεται NAVSTAR (υπάρχει και αντίστοιχο ρωσικό δίκτυο). Το εν χρήσει GPS δίκτυο εκπέμπει σε δύο συχνότητες, από τις οποίες η μία χρησιμοποιείται μόνο για στρατιωτικούς σκοπούς, ενώ η δεύτερη, που είναι ανοιχτή σε κοινή χρήση, παρέχει μειωμένη ακρίβεια.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες οι οποίοι αυξάνουν τα σφάλματα στον προσδιορισμό της θέσης με ακρίβεια. Ο κυριότερος παράγοντας είναι αυτό που λέμε το Selective Availability (SA). Όπως λέει και η ίδια η λέξη, επίτηδες και επιλεκτικά ελαττώνεται η ακρίβεια του στίγματος από το ίδιο το σύστημα. Το Αμερικάνικο Υπουργείο Άμυνας κρίνει ότι η ακρίβεια που παρέχει το σύστημα GPS είναι αρκετή για χρήση μη-στρατιωτική.

Ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει την ακρίβεια του GPS είναι η -γεωμετρία- των δορυφόρων. Με απλά λόγια, η γεωμετρική θέση των δορυφόρων είναι το σημείο που βρίσκεται ο καθένας σε σχέση με τους άλλους δορυφόρους, όπως φαίνεται από το GPS. Αν τώρα ένα GPS έχει στην εμβέλειά του τέσσερις δορυφόρους (που είναι αρκετοί για να δώσουν ένα ακριβές στίγμα) αλλά και οι τέσσερις είναι π.χ. βορειοδυτικά σε σχέση με το GPS, η -γεωμετρία- των δορυφόρων είναι πολύ κακή. Στην πραγματικότητα, το GPS μπορεί να μην είναι σε θέση να δώσει καν στίγμα. Αυτό συμβαίνει γιατί όλες οι μετρήσεις της απόστασης από όλους τους δορυφόρους προέρχονται από την ίδια διεύθυνση, ΒΔ. Δηλαδή, τα τριγωνομετρικά δεδομένα που λαμβάνει το GPS όσον αφορά την περιοχή στην οποία βρίσκεται το στίγμα μας είναι ασαφή, η περιοχή που ορίζεται από τις τομές των αποστάσεων είναι πολύ μεγάλη, και έτσι ο ακριβής προσδιορισμός της θέσης του GPS είναι αδύνατος.

Ένα άλλο πρόβλημα που επηρεάζει την ακρίβεια του στίγματος είναι οι αντανάκλασεις. Με απλά λόγια, κάθε ραδιοσήμα ανακλάται πάνω στα διάφορα αντικείμενα του φυσικού περιβάλλοντος και το σήμα φτάνει στο GPS καθυστερημένα αφού έχει ταξιδέψει μεγαλύτερη απόσταση από την αναμενόμενη. Αυτός

ο επιπλέον χρόνος κάνει το GPS να πιστεύει ότι ο δορυφόρος που το εξέπεμψε βρίσκεται μακρύτερα από ότι είναι στην πραγματικότητα και έτσι προσδιορίζει λανθασμένα το σχετική θέση του. Αυτό το επιπλέον σφάλμα επιβαρύνει την ακρίβεια του στίγματος με άλλα 4-5 μέτρα (15 πόδια).

1.3.1 Φορητός δέκτης Yakumo alphaX Navigator 3

Ο φορητός δέκτης GPS που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των θέσεων των μετρήσεων είναι τύπου Yakumo alphaX(σχήμα 1.4).



Σχήμα 6: Φορητός δέκτης GPS Yakumo AlphaX Navigator 3

Τα κύρια χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου GPS είναι τα παρακάτω:

- Λειτουργικό σύστημα: Windows mobile 2003 SE
- Επεξεργαστής: Samsung S3C2410A
- Ταχύτητα επεξεργαστή: 266 MHz
- Οθόνη: TFT LCD 3,5 ιντσών με 65.000 χρώματα
- Ανάλυση 240 x 320

- Μνήμη SDRAM χωρητικότητας 64MB
- Μνήμη ROM χωρητικότητας 32MB
- Ένα ενοποιημένο δέκτη GPS με δυνατότητα λήψης 12 καναλιών ταυτόχρονα.
- Θύρα miniUSB 1.1 και SD/IO

Κατά την χρήση του φορητού δέκτη Yakumo alphaX Navigator 3, εμφανίστηκαν τα προβλήματα τα οποία αναφέρθηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Εκτός από την επιλεκτική διαθεσιμότητα που προκαλείται από το σύστημα, είχαμε ανακρίβειες στο στίγμα από κακή γεωμετρική θέση των δορυφόρων και από εμπόδια φυσικά ή μη τα οποία δημιουργούν αντανάκλασεις. Η επαλήθευση των προβλημάτων αυτών ήρθε όταν εισήχθησαν τα δεδομένα του GPS στο λογισμικό του GIS και σε ορισμένα σημεία παρατηρήθηκαν αποκλίσεις σε σχέση με την πραγματικότητα. Τότε, πάρθηκαν ξανά μετρήσεις στα συγκεκριμένα σημεία, σε αυτά δηλαδή που παρατηρήθηκαν εμπόδια(ψηλα κτίρια-στενός δρόμος, ψηλά δέντρα κ.λ.π), όπως και σε αυτά που δεν υπήρχαν εμπόδια αλλά παρουσιάστηκε μειωμένη ακρίβεια στο στίγμα που έδιναν.

Στα σημεία όπου παρατηρήθηκαν εμπόδια, δεν υπήρξε βελτίωση του στίγματος από τις επαναληπτικές μετρήσεις ενώ σε αυτά που δεν υπήρχαν εμπόδια πήραμε πιο ακριβή αποτελέσματα. Αυτό σημαίνει ότι στα σημεία όπου δεν υπήρχαν εμπόδια, η ακρίβεια του στίγματος επηρεάστηκε από την κακή γεωμετρική θέση των δορυφόρων την στιγμή της μέτρησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΙΝΑΚΕΣ, ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Στην προσπάθεια ανάλυσης της υπάρχουσας κατάστασης στους πιο θορυβώδεις δρόμους του κέντρου του Ηρακλείου, δημιουργήσαμε κάποιους πίνακες και τα αντίστοιχα γραφήματα. Η δημιουργία των πινάκων και των γραφημάτων

θα βοηθήσει στην στατιστική ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης στους δρόμους που έχουν παρθεί μετρήσεις.

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται οι πέντε πιο θορυβώδης δρόμοι κατά την διάρκεια της μέρας, καθώς και οι μέγιστες τιμές και ο μέσος όρος για κάθε δρόμο ξεχωριστά. Οι πίνακες αναφέρονται σε μετρήσεις που έγιναν το πρωί (8:30-2:30), απόγευμα με ανοικτά καταστήματα (5:30-8:30), απόγευμα με κλειστά καταστήματα (5:30-8:30) και Σάββατο (8:30-3:00).

| ΒΑΣΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ LAeq | | | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------------|------------------------------|-------------|-----------------------------|
| ΠΡΩΙ | 62 Μαρ- τύρων | Σοφοκλή Βενιζέ- λου | Δικαιοσύνης- Καλοκαιρινού | Ικά- ρου | Αρχιεπισκό- που Μακαρίου |
| | 70,4 | 71,30 | 68,40 | 72,80 | 69,50 |
| | 71,80 | 72,20 | 70,00 | 71,90 | 68,10 |
| | 73,60 | 71,70 | 65,00 | 70,50 | 71,10 |
| | 71,10 | 69,40 | 72,50 | 72,90 | 71,40 |
| | 70,20 | 79,10 | 73,00 | - | 70,50 |
| | 71,70 | 70,40 | 71,50 | - | 74,40 |
| | 71,00 | 75,40 | 76,80 | - | 72,80 |
| | 71,10 | 76,80 | 71,90 | - | - |
| | 73,30 | 70,30 | 74,20 | - | - |
| | 73,10 | 70,10 | 75,00 | - | - |
| | 74,30 | 68,30 | - | - | - |
| | 73,40 | 73,60 | - | - | - |
| | 75,00 | 70,40 | - | - | - |
| | 75,50 | 71,00 | - | - | - |
| | 77,60 | 70,20 | - | - | - |

| | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|------|-------|
| | - | 71,30 | - | - | - |
| | - | 72,40 | - | - | - |
| | - | 72,90 | - | - | - |
| Laeq_{av} | 72,87 | 72,08 | 71,83 | 71,7 | 71,38 |
| Laeq_{max} | 77,6 | 79,1 | 76,8 | 72,9 | 74,4 |

Πίνακας 8:Πρωινές μετρήσεις

| ΒΑΣΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ LAeq | | | | | |
|----------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|--------|
| Απόγευμα Ανοιχτά | 62 Μαρ- τύρων | Δικαιοσύνης- Καλοκαιρινού | Αρχιεπισκό- που Μακαρίου | Οδός 1821 | Ικάρου |
| | 68,50 | 68,90 | 69,30 | 69,75 | 71,00 |
| | 70,20 | 65,30 | 67,90 | 73,00 | 73,10 |
| | 73,40 | 68,30 | 68,10 | 70,50 | 71,40 |
| | 71,00 | 72,90 | 69,60 | 71,00 | 70,80 |
| | 70,90 | 73,10 | 68,50 | 69,90 | - |
| | 69,50 | 72,50 | 76,70 | 67,60 | - |
| | 70,50 | 72,20 | 73,60 | - | - |
| | 72,60 | 73,00 | - | - | - |
| | 71,90 | 74,80 | - | - | - |
| | 69,70 | 72,80 | - | - | - |
| | 70,30 | - | - | - | - |
| | 72,50 | - | - | - | - |
| | 75,80 | - | - | - | - |
| | 74,50 | - | - | - | - |
| | 78,30 | - | - | - | - |

| | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - |
| Laeq_{av} | 71,97 | 71,38 | 70,52 | 70,51 | 69,75 |
| Laeq_{max} | 78,3 | 74,8 | 76,7 | 73 | 73,1 |

Πίνακας 9: Απογευματινές μετρήσεις με ανοικτά καταστήματα

| ΒΑΣΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ LAeq | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| Απόγευμα Κλειστά | Δικαιοσύνης- Καλοκαιρινού | 62 Μαρ- τύρων | Σοφοκλή Βενιζέ- λου | Αρχιεπισκό- που Μακαρίου | Ικά- ρου |
| | 70,40 | 69,00 | 71,80 | 67,10 | 71,50 |
| | 69,00 | 70,30 | 69,80 | 67,20 | 71,10 |
| | 68,40 | 72,60 | 70,40 | 66,80 | 69,90 |
| | 70,80 | 71,50 | 69,10 | 67,90 | 71,40 |
| | 74,60 | 71,00 | 70,60 | 67,40 | - |
| | 74,70 | 68,10 | 69,30 | 73,20 | - |
| | 73,00 | 67,70 | 70,40 | 71,90 | - |
| | 72,50 | 70,20 | 70,10 | - | - |
| | 74,30 | 70,50 | 70,30 | - | - |
| | 73,50 | 67,80 | 68,10 | - | - |
| | - | 71,30 | 67,10 | - | - |
| | - | 72,10 | 66,80 | - | - |
| | - | 74,20 | 67,70 | - | - |
| | - | 79,50 | 72,30 | - | - |

| | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| | - | 75,30 | 71,70 | - | - |
| | - | - | 67,90 | - | - |
| | - | - | 71,40 | - | - |
| | - | - | 67,80 | - | - |
| Laeq_{av} | 72,12 | 71,4 | 69,58 | 68,78 | 68,7 |
| Laeq_{max} | 74,7 | 79,5 | 72,3 | 73,2 | 71,5 |

Πίνακας 10: Απογευματινές μετρήσεις με κλειστά καταστήματα

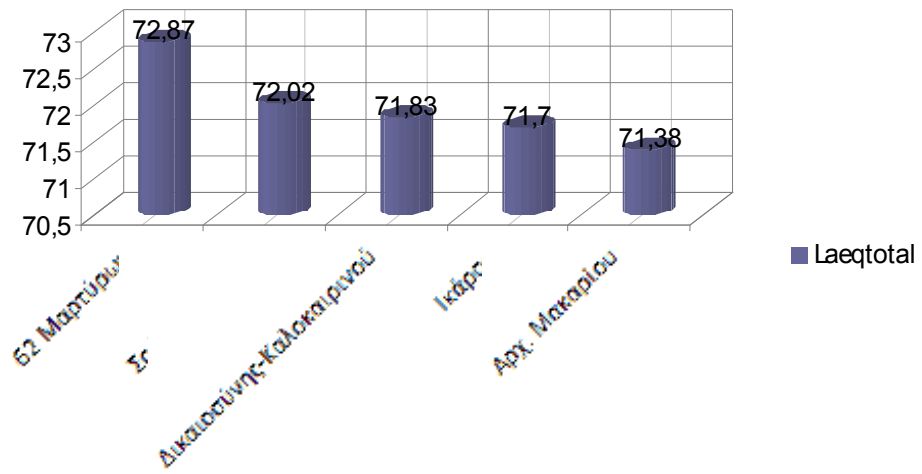
| ΒΑΣΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ LAeq | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Σάββατο | Δικαιοσύνης- Καλοκαιρινού | 62 Μαρ- τύ- ρων | Ικάρου | Σοφοκλή Βενιζέλου | Αρχιεπισκόπου Μακαρίου |
| | 68,70 | 71,30 | 70,00 | 71,40 | 71,10 |
| | 66,40 | 69,40 | 70,80 | 69,10 | 68,70 |
| | 67,10 | 72,30 | 70,10 | 70,50 | 68,60 |
| | 72,90 | 69,80 | 69,80 | 69,00 | 64,20 |
| | 72,00 | 70,10 | - | 71,60 | 67,30 |
| | 72,00 | 69,40 | - | 68,80 | 73,50 |
| | 73,50 | 70,40 | - | 71,80 | 74,50 |
| | 72,40 | 71,10 | - | 70,10 | - |
| | 73,00 | 70,90 | - | 72,60 | - |
| | 73,10 | 69,00 | - | 66,80 | - |
| | - | 69,40 | - | 67,60 | - |
| | - | 71,50 | - | 66,40 | - |
| | - | 70,80 | - | 67,70 | - |

| | | | | | |
|---------------------|------|-------|--------|-------|------|
| | - | 72,10 | - | 71,60 | - |
| | - | 74,50 | - | 70,10 | - |
| | - | - | - | 70,10 | - |
| | - | - | - | 72,00 | - |
| | - | - | - | 71,00 | - |
| Laeq _{av} | 71,1 | 70,8 | 70,175 | 69,9 | 69,7 |
| Laeq _{max} | 73,5 | 74,5 | 70,8 | 72,6 | 74,5 |

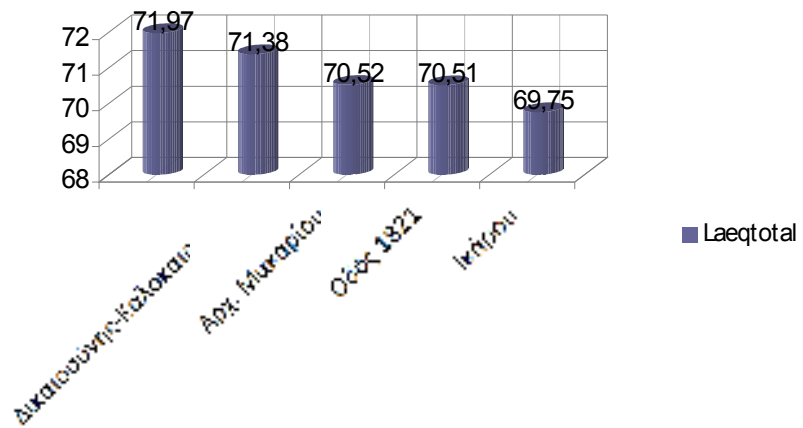
Πίνακας 10:Μετρήσεις το Σάββατο

Από τους παραπάνω πίνακες θα προκύψουν κάποια γραφήματα τα οποία αναφέρονται στους μέσους όρους των τιμών. Τα πρώτα γραφήματα αναφέρονται στους μέσους όρους των τιμών για τις πιο θορυβώδης οδούς όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις. Καταρχήν, έχουν γίνει τέσσερα γραφήματα για μετρήσεις το πρωί, απόγευμα-ανοικτά καταστήματα, απόγευμα-κλειστά καταστήματα και Σάββατο, τα οποία φαίνονται παρακάτω. Αυτά τα γραφήματα θα δείξουν ποιος δρόμος έχει μεγαλύτερες τιμές θορύβου τις ώρες που έγιναν οι μετρήσεις.

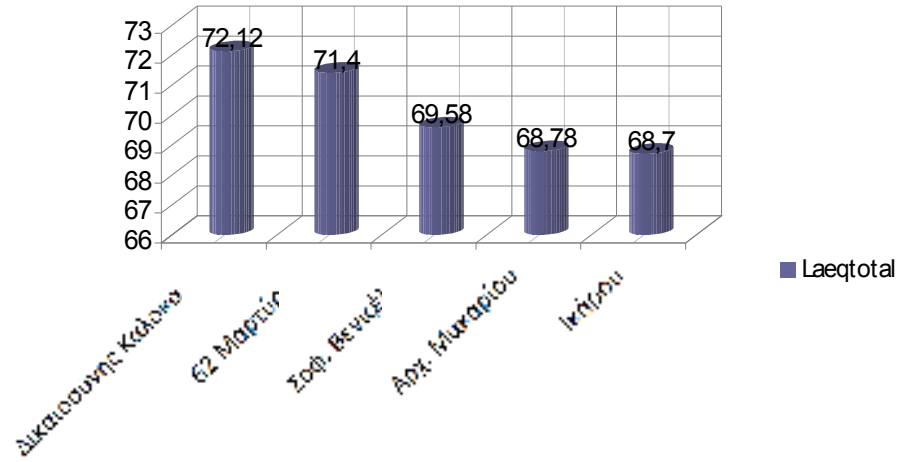
Λαεqttotal Πρωί



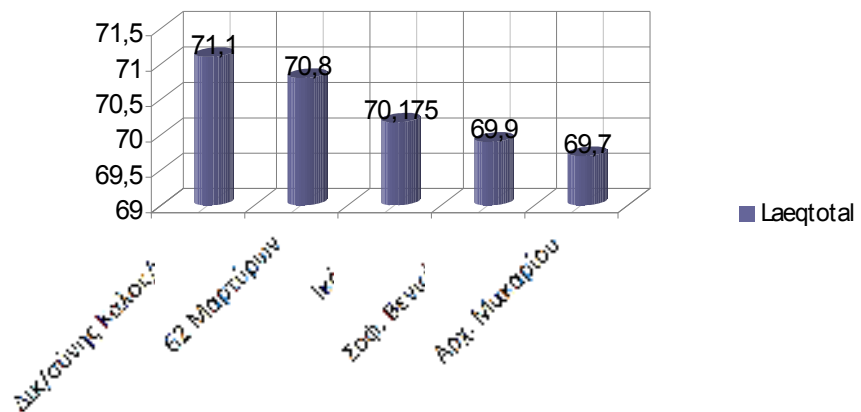
Λαεq_{AV} Απόγευμα Ανοιχτά



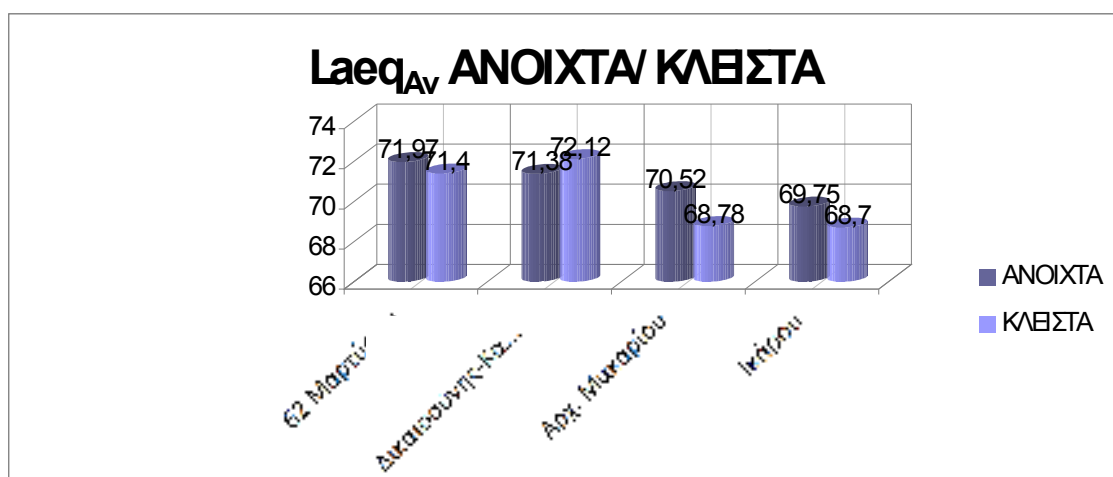
Λαεq_{AV} Απόγευμα Κλειστά



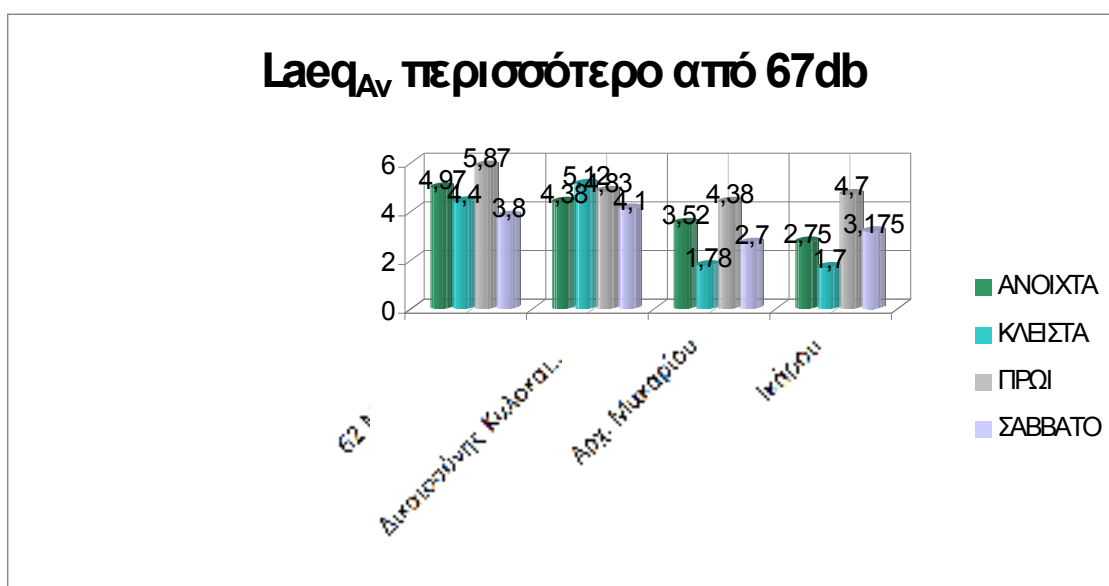
Λαεq_{AV} Σάββατο



Στην συνέχεια, θα γίνει ένα γράφημα στο οποίο θα συγκρίνονται οι τιμές θορύβου το απόγευμα με ανοικτά και κλειστά καταστήματα για τους τέσσερις πιο θορυβώδεις δρόμους, ώστε να δούμε πόσο επηρεάζει η λειτουργία των καταστημάτων τον κυκλοφοριακό θόρυβο.




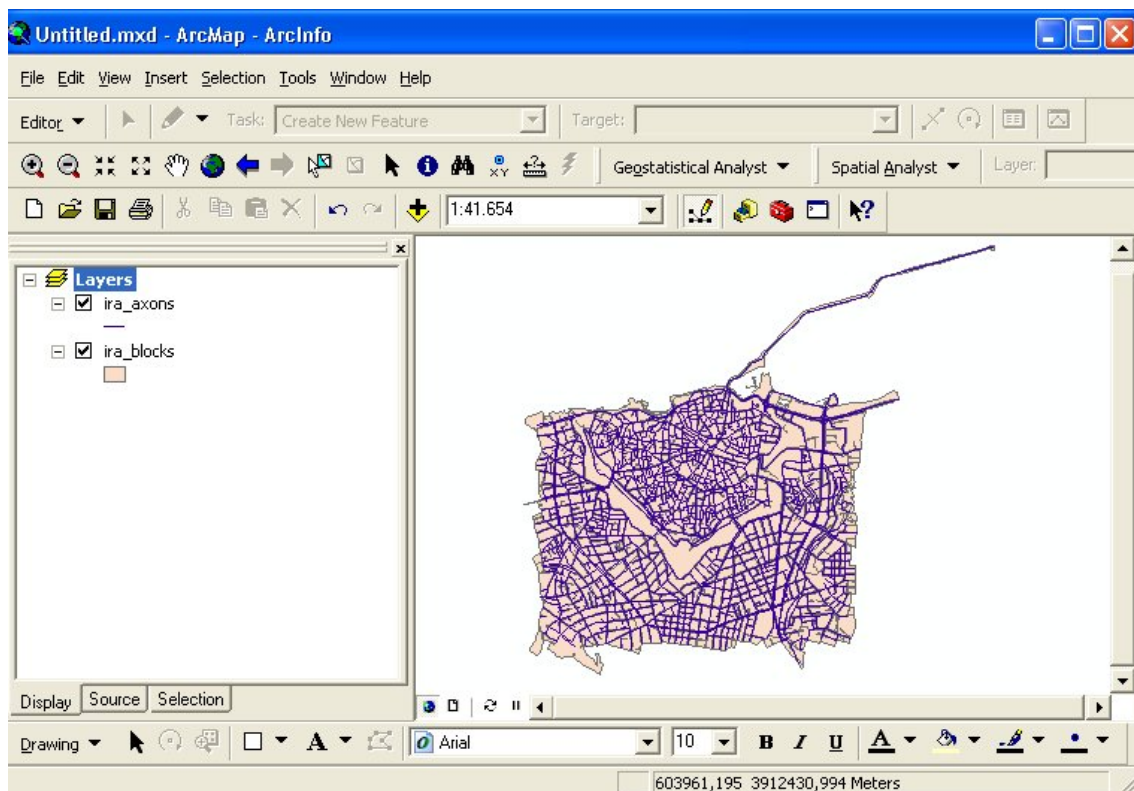
Τέλος, θα γίνει ένα γράφημα το οποίο θα δείχνει την υπέρβαση του ορίου των 67dB το οποίο προβλέπει η Ελληνική νομοθεσία, για τους τέσσερις πιο θορυβώδεις δρόμους. Έτσι, θα διαπιστωθεί ποιοι δρόμοι εμφανίζουν τις μεγαλύτερες υπερβάσεις και κατά πόσο.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

3.1 Εισαγωγή δεδομένων στον ArcMap

Το πρώτο βήμα για την εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό, ήταν η προσθήκη των shapefiles (ira_axons.shp, ira_blocks.shp) των δρόμων και των οικοδομικών τετραγώνων του κέντρου του Ηρακλείου (σχήμα 7) σαν θεματικά επίπεδα (layers) στον πίνακα περιεχομένων του ArcMap. Για να προσθέσουμε δεδομένα στο ArcMap χρησιμοποιούμε το κουμπί **Add Data** , βρίσκουμε τον φάκελο όπου είναι αποθηκευμένα τα αρχεία και τα προσθέτουμε στο Table of contents του ArcMap.



Σχήμα 7: Εισαγωγή στρωμάτων(Layers) ira_axons.shp και ira_blocks

Στην συνέχεια, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα καινούριο layer το οποίο θα περιέχει όλα τα σημεία των μετρήσεων και όλους τους δείκτες θορύβου που πήραμε από το ηχώμετρο. Καταρχήν θα δημιουργήσουμε ένα αρχείο excel (σχήμα 8) το οποίο θα περιέχει τα δεδομένα των μετρήσεων.

| | Α | Β | Γ | Δ | Ε | ΣΤ | Ζ | Η | Θ | ΙΑ | ΙΒ | ΙΓ | ΙΔ | ΙΕ | ΙΣ | ΙΤ | ΙΥ | ΙΖ |
|----|----------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2 | Α. 34102 | Α. 34105 | Α' | U3 | U7 | U2 | U3 | U2 | U7 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 3 | Β. 34117 | Β. 34161 | Α' | U3 | U3 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 4 | Υ. 34274 | Υ. 34284 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 5 | Β. 34161 | Β. 34288 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 6 | Α. 34251 | Α. 34222 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 7 | Β. 34257 | Β. 34262 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 8 | Α. 34271 | Α. 34270 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 9 | Β. 343 | Β. 34269 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 10 | Α. 34251 | Α. 34250 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 11 | Β. 34248 | Β. 34259 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 12 | Α. 34100 | Α. 34260 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 13 | Β. 3417 | Β. 34269 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 14 | Α. 34167 | Α. 34270 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 15 | Β. 34167 | Β. 34270 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 16 | Α. 34140 | Α. 34270 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 17 | Β. 34161 | Β. 34270 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 18 | Α. 34124 | Α. 34224 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 19 | Β. 34077 | Β. 34255 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 20 | Α. 34140 | Α. 34259 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 21 | Β. 34257 | Β. 34277 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 22 | Α. 34267 | Α. 34260 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 23 | Β. 34271 | Β. 34255 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 24 | Α. 34277 | Α. 34241 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 25 | Β. 34259 | Β. 34254 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 26 | Α. 34264 | Α. 34274 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 27 | Β. 34259 | Β. 34265 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 28 | Α. 34269 | Α. 34259 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 29 | Β. 34277 | Β. 34248 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 30 | Α. 34267 | Α. 34270 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |
| 31 | Β. 34240 | Β. 34240 | Α' | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 | U2 |

Σχήμα 8: Στοιχεία μετρήσεως θορύβου


Οι πρώτες δύο στήλες αναφέρονται στις γεωγραφικές συντεταγμένες φ,λ. Η επόμενη στήλη μας δείχνει τα σημεία των μετρήσεων, όπου με κάθε γράμμα της αλφαβήτου αντιπροσωπεύει διαφορετικό δρόμο(οδός,λεωφόρος). Οι επόμενες στήλες αναφέρονται στους δείκτες θορύβου που μετράει το ηχώμετρο

για μετρήσεις το πρωί, το απόγευμα με ανοιχτά καταστήματα, το απόγευμα με κλειστά καταστήματα και το Σάββατο.

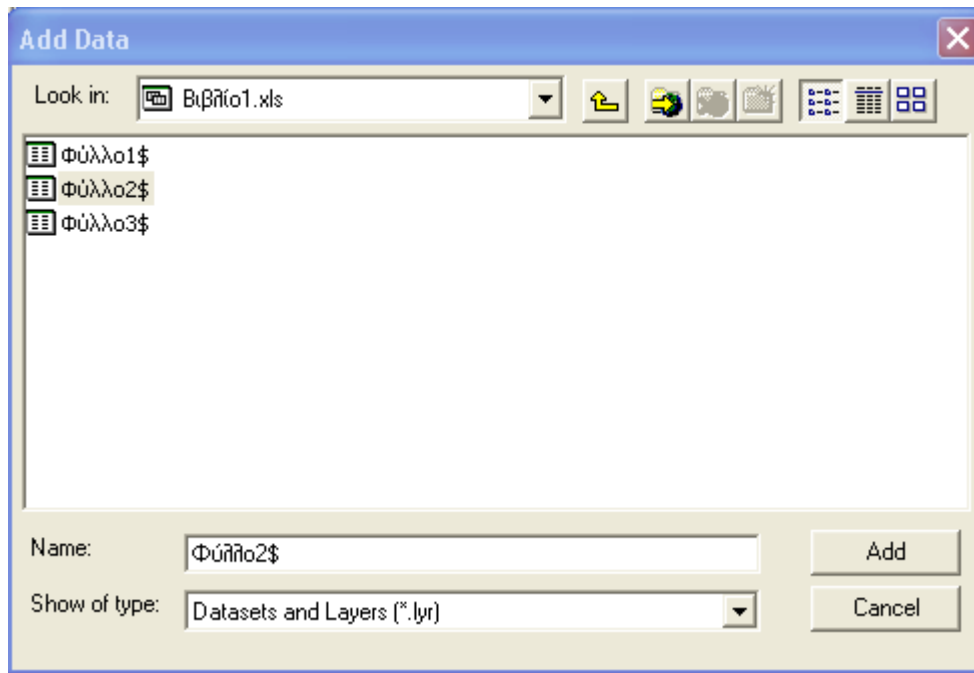
3.1.1 Μετατροπή δεδομένων στον ArcMap

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι συντεταγμένες του GPS ανήκουν στο παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS 1984 και απεικονίζονται ως φ,λ(γεωγραφικό πλάτος και μήκος αντίστοιχα). Το γεωγραφικό πλάτος και μήκος είναι γωνιακά μεγέθη τα οποία προσδιορίζουν την θέση ενός σημείου στο τρισδιάστατο ελλειψοειδές της γης. Ένας χάρτης στην γνωστή και συμβατική του μορφή είναι επίπεδος (δισδιάστατη επιφάνεια). Ένα σημείο πάνω στο επίπεδο μπορεί να χαρακτηριστεί μοναδικά από τις καρτεσιανές συντεταγμένες του, δηλ. την απόσταση του από την τομή των αξόνων X,Y (ή σε ορισμένες περιπτώσεις E,N από τις αγγλικές λέξεις East, North).

Επομένως για να γίνει δυνατή η απεικόνιση των σημείων των μετρήσεων στον χάρτη θα πρέπει να γίνει μετατροπή των γεωγραφικών πλατών και μηκών φ,λ σε καρτεσιανές συντεταγμένες χ,γ ή αλλιώς μετατροπή από WGS84 σε Greek grid¹(GGRS87). Η μετατροπή θα γίνει μέσω εργαλείων και ιδιοτήτων του ArcMap.

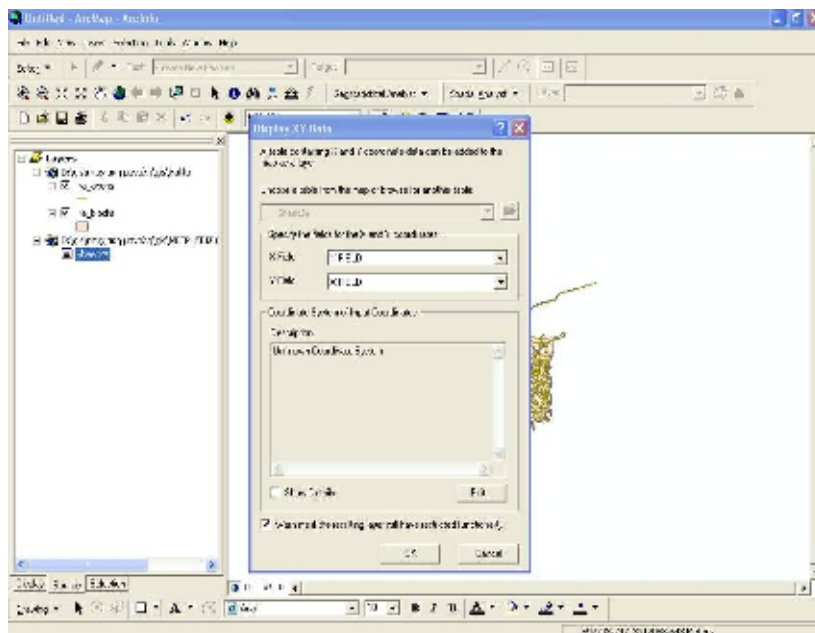
Καταρχήν θα πρέπει να εισάγουμε το αρχείο excel το οποίο περιέχει τα δεδομένα των μετρήσεων. Βρίσκουμε την διαδρομή όπου είναι σωσμένο το αρχείο και μέσω του κουμπιού **Add data**  το προσθέτουμε σαν layer (σχήμα 9).

¹ Το Greek grid ή ΕΓΣΑ87 είναι το πλέον πρόσφατο προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα και είναι προϊόν συνεργασίας του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του τμήματος Αγρονόμων – Τοπογράφων Μηχανικών-ΕΜΠ της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και του ΟΚΧΕ



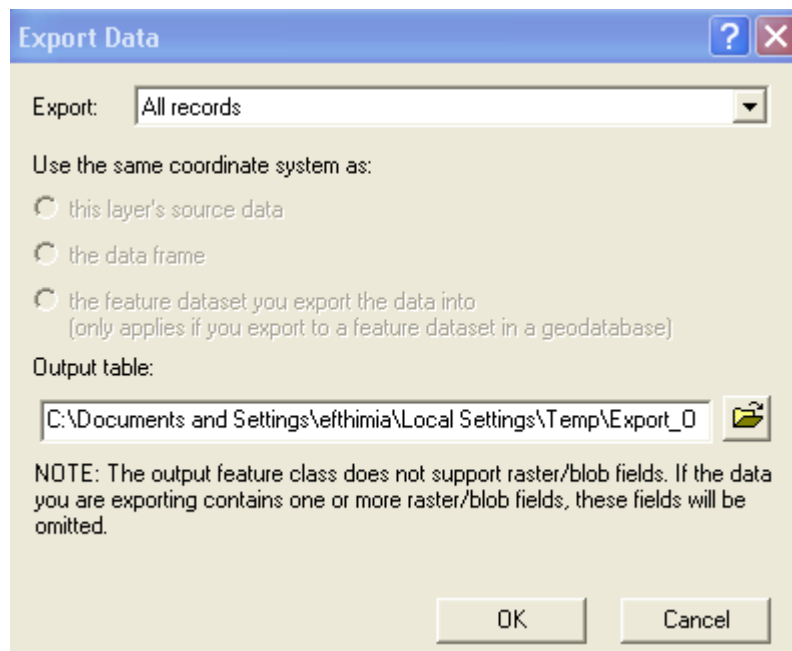
Σχήμα 9: εισαγωγή δεδομένων excel

Στην συνέχεια, πατώντας δεξί κλικ στο layer που δημιουργήθηκε επιλέγουμε **display x,y data** (σχήμα 10).



Σχήμα 10: Αντιστοίχιση συντεταγμένων

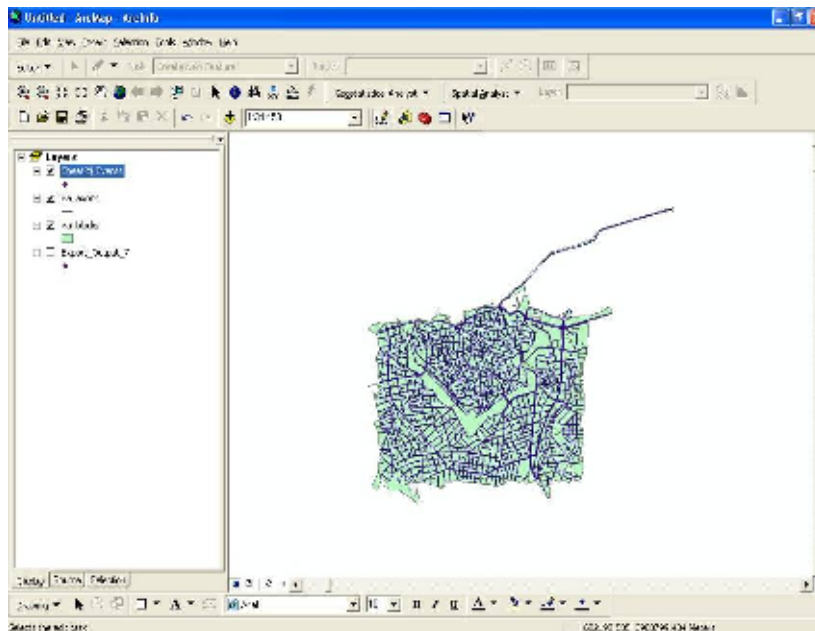
Τα φ,λ που παίρνουμε από το GPS είναι το y και χ field αντίστοιχα. Επομένως στο πεδίο χ field θα βάλουμε y και στο πεδίο y field θα βάλουμε χ. Πατώντας δεξί κλικ στο φύλλο που δημιουργήθηκε επιλέγουμε **Data>>Export Data** (σχήμα 11).




Σχήμα 11: Εξαγωγή Shapefile

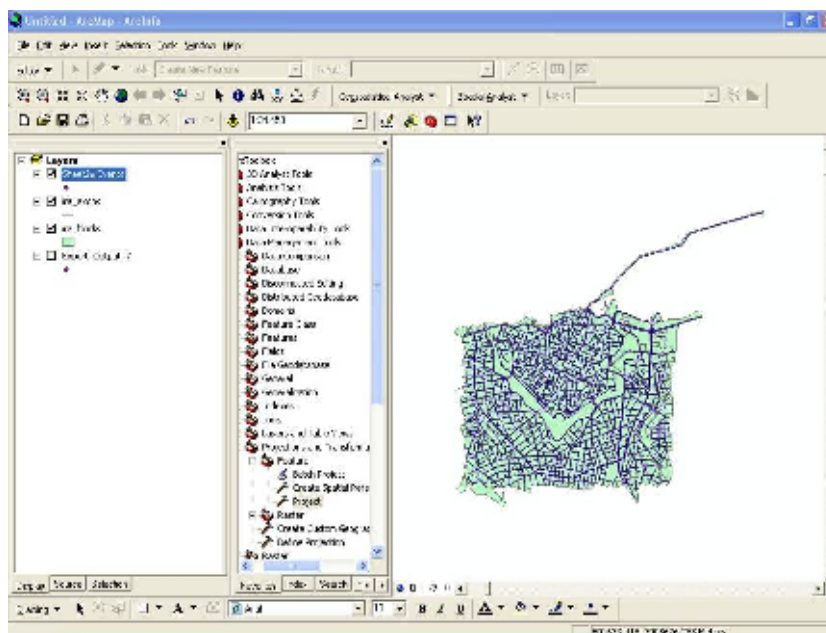
Επιλέγουμε **Export >>All features** και σώζουμε το Shapefile¹ αρχείο που θα δημιουργηθεί στην διαδρομή που θέλουμε. Έτσι, δημιουργήθηκε ένα shapefile αρχείο(σχήμα 12) από τα δεδομένα του excel, με δυνατότητα επεξεργασίας των ιδιοτήτων του μέσω του ArcMap.

¹ Τα shapefiles είναι γεωχωρικά διανυσματικά δεδομένα τα οποία αποθηκεύουν μη-τοπολογική, γεωμετρική και περιγραφική πληροφορία για τα δεδομένα.



Σχήμα 12: Δημιουργία Shapefile

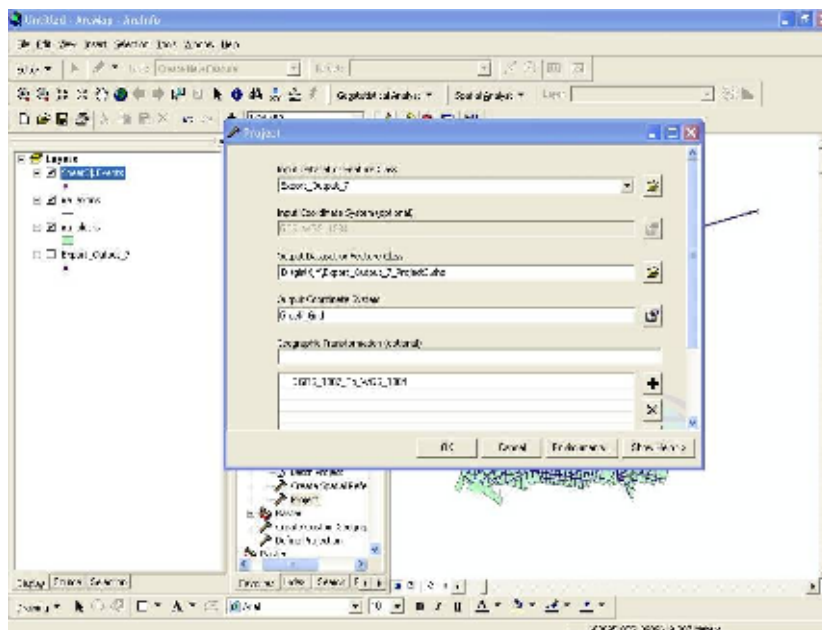
Από το κουμπί ArcToolbox  της βασικής εργαλειοθήκης του ArcMap, θα ξεκινήσουμε την μετατροπή των δεδομένων επιλέγοντας **Data Management Tools>>Projections And Transformations>>Feature>>Project** (σχήμα 13)



Σχήμα 13: Μετατροπή δεδομένων

Στο παράθυρο που εμφανίζεται(σχήμα 14) ρυθμίζω τους παραμέτρους ως εξής:

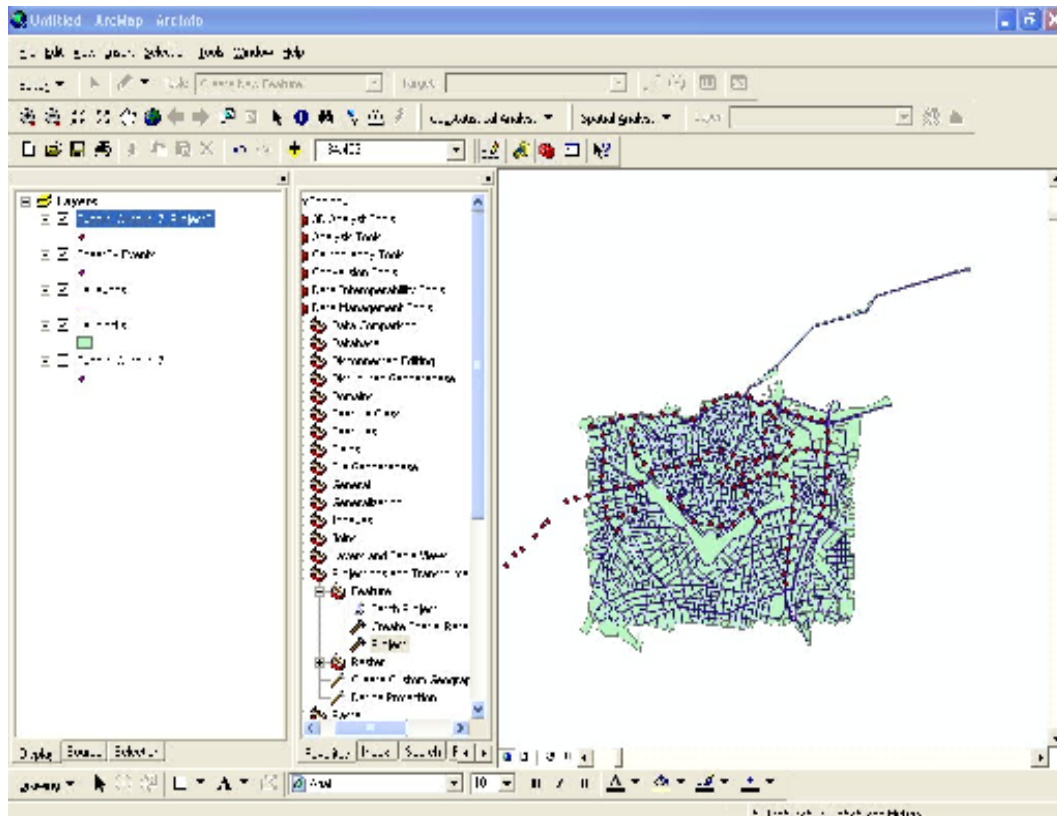
- Ως Input Dataset or Feature Class επιλέγω το Shapefile που έχω δημιουργήσει.
- Ως Input Coordinate System επιλέγω το σύστημα συντεταγμένων που θέλω να υποστεί μετατροπή (WGS 1984)
- Ως Output Dataset επιλέγω την διαδρομή που θέλω να σωθεί το αρχείο
- Ως Output Coordinate System επιλέγω το σύστημα στο οποίο θα μετατραπούν τα δεδομένα(Greek Grid)
- Επιλέγω Geographical Transformation GGRS_1987_To_WGS_1984



Σχήμα 14: Ρυθμίσεις μετατροπής

Στο παράθυρο που δημιουργήθηκε(σχήμα 15), εμφανίζονται τα σημεία των ηχομετρήσεων πάνω στην επιφάνεια του χάρτη, με δυνατότητα επεξεργασί-

ας και διόρθωσης(Editing) της περιγραφικής και χωρικής πληροφορίας των δεδομένων, όπως και την εφαρμογή των μεθόδων παρεμβολής.



Σχήμα 15: Ολοκλήρωση μετατροπής

Τώρα, επιλέγοντας ένα σημείο πάνω στον χάρτη μπορούμε να δούμε τις καρτεσιανές του συντεταγμένες x,y .

Στην συνέχεια, Θα δημιουργήσουμε ένα καινούριο αρχείο στο Excel της μορφής του σχήματος 8 με τις εξής διαφορές:

- 1) Προσθέτουμε το πεδίο FID και
- 2) Στα πεδία X FIELD, Y FIELD μπαίνουν οι διορθωμένες συντεταγμένες

Στην συνέχεια θα εισάγουμε το καινούριο αρχείο στο ArcMap και θα δημιουργήσουμε ένα Shapefile. Το νέο Layer θα ονομαστεί NOISE_ALL_1. Η μορφή του αρχείου Excel φαίνεται στο σχήμα 16.

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet with a grid of data. The spreadsheet has a standard Excel interface with a menu bar at the top and a toolbar. The data is organized into columns and rows, with some cells containing text and others containing numbers or formulas. The spreadsheet is titled 'NOISE_ALL_1'.

Σχήμα 16: xls μορφή του NOISE_ALL_1

3.2 Spatial Analyst

Η χωρική ανάλυση είναι ένα πανίσχυρο εργαλείο το οποίο παρέχει στον χρήστη ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών χωρικής επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων. Μερικές από τις δυνατότητες της χωρικής ανάλυσης είναι οι παρακάτω:

- Δημιουργία, ανάλυση και χαρτογράφηση ψηφιδωτών δεδομένων
- Εκτέλεση ενοποιημένων διανυσματικών-ψηφιδωτών δεδομένων
- Διαχωρισμός νέων πληροφοριών από υπάρχοντα δεδομένα.
- Πλήρως ενοποιημένα ψηφιδωτά δεδομένα με γνωστές πηγές διανυσματικών δεδομένων.


Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο, θα γίνει χρήση των μεθόδων παρεμβολής της χωρικής ανάλυσης (Kriging, IDW και Spline) όπως και εφαρμογή κάποιων εργαλείων δημιουργίας ζωνών επέκτασης και υπέρθεσης επιφανειών. Στο πρώτο υποκεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος δημιουργίας ζωνών επέκτασης γύρω από

σημείο. Οι ζώνες επέκτασης δημιουργούν πολύγωνα γύρω από σημειακά δεδομένα. Αυτό μας βοηθάει να δούμε μόνο γύρω από τις περιοχές δειγματοληψίας την κατανομή του θορύβου ώστε να έχουμε μια πιο ρεαλιστική εικόνα.

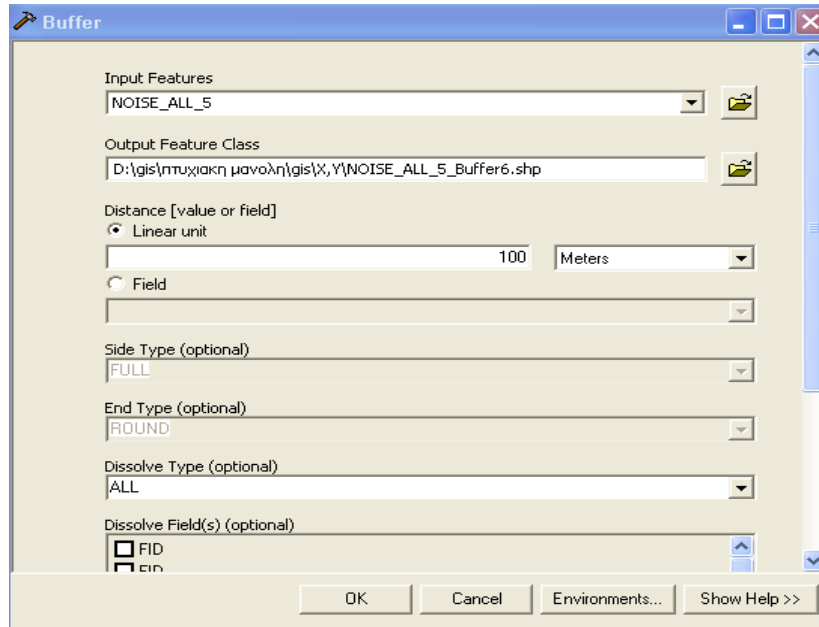
Στα υποκεφάλαια όπου θα αναλυθεί η εφαρμογή των μεθόδων παρεμβολής, ουσιαστικά θα γίνει ανάλυση και σύγκριση των μεθόδων, ώστε να βρεθεί η μέθοδος που αποδίδει με πιο ρεαλιστικό τρόπο τα υπάρχοντα δεδομένα.

3.2.1 Δημιουργία ζωνών επέκτασης (Buffers)

Η διαδικασία^[19] που θα ακολουθηθεί ονομάζεται ζώνες επέκτασης ως προς σημείο. Η διαδικασία αυτή είναι η απλούστερη, αφού δημιουργείται ένα κυκλικό πολύγωνο γύρω από κάθε σημείο, το οποίο έχει συγκεκριμένη ακτίνα ίση με το πλάτος της ζώνης επέκτασης. Υπάρχουν δύο μέθοδοι προσδιορισμού του πλάτους του Buffer. Η πρώτη χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη απόσταση για όλα τα σημεία σε όλα τα επίπεδα πληροφορίας. Η δεύτερη προσδίδει διαφορετικές αποστάσεις σε κάθε σημείο ανάλογα με τις ιδιότητες των σημείων όπως αυτές περιγράφονται στον πίνακα ιδιοτήτων του επιπέδου πληροφοριών. Στην περίπτωση αυτή έχουμε συντελεστές βαρύτητας (Weighted Buffers) για κάθε σημείο.

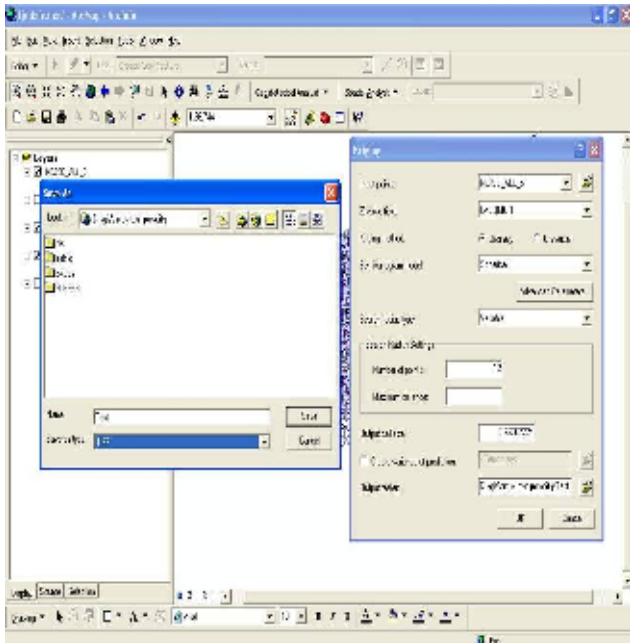
Για να προσδιορίσουμε το πλάτος του Buffer θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο της συγκεκριμένης απόστασης, θέτοντας ως απόσταση τα 100m. Ξεκινώντας, μέσου του ArcToolbox  >> Index >> Buffer Analysis, ως Input Feature επιλέγουμε NOISE_ALL_5, ως Output Feature Class επιλέγω την διαδρομή όπου θα σωθεί το αρχείο με όνομα NOISE_ALL_5_Buffer100.shp, ως Distance επιλέγω Meters βάζοντας τον αριθμό 100. Τα 100m είναι η απόσταση γύρω από κάθε σημείο που θα έχουν οι ζώνες επέκτασης (Buffers) που θα δημιουργηθούν. Η επιλογή των 100m έγινε διότι πέρα από αυτήν την απόσταση, το ηχόμετρο δεν μπορεί να πραγματοποιήσει ακριβείς μετρήσεις. Επιλέγω

Dissolve Type >>ALL και πατάω **OK**. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι ζώνες επέκτασης γύρω από σημειακά δεδομένα (σχήμα 17)

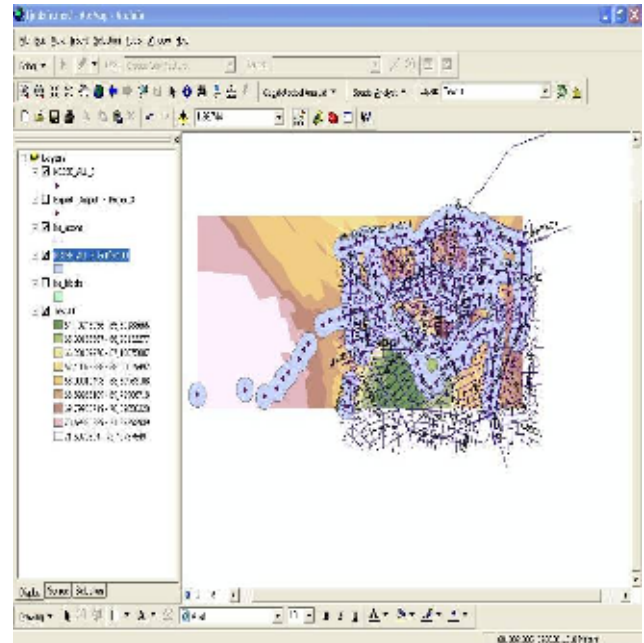


Σχήμα 17: Δημιουργία Buffers-Βήμα 1

Στην συνέχεια, θα χρησιμοποιήσουμε μια οποιαδήποτε από τις μεθόδους παρεμβολής(θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο Kriging) μέσω της χωρικής ανάλυσης για να δημιουργήσουμε μια επιφάνεια πρόβλεψης τιμών(σχήμα 18,19).Θα χρησιμοποιήσουμε το Layer NOISE_ALL_5 των δεδομένων μας ως Input Points, τον βασικό δείκτη κυκλοφοριακού θορύβου Laeq ως Z-value field και θα σώσουμε το καινούριο Layer με το όνομα test.

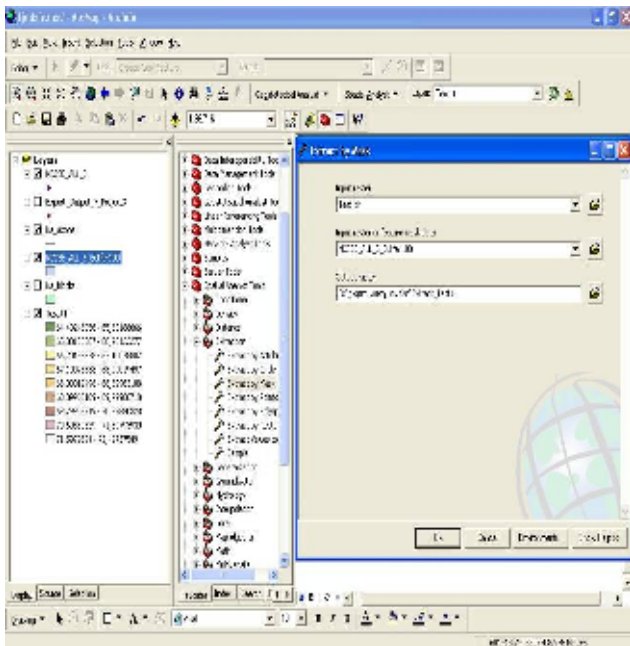


Σχήμα 18: Δημιουργία Buffers-Βήμα 2

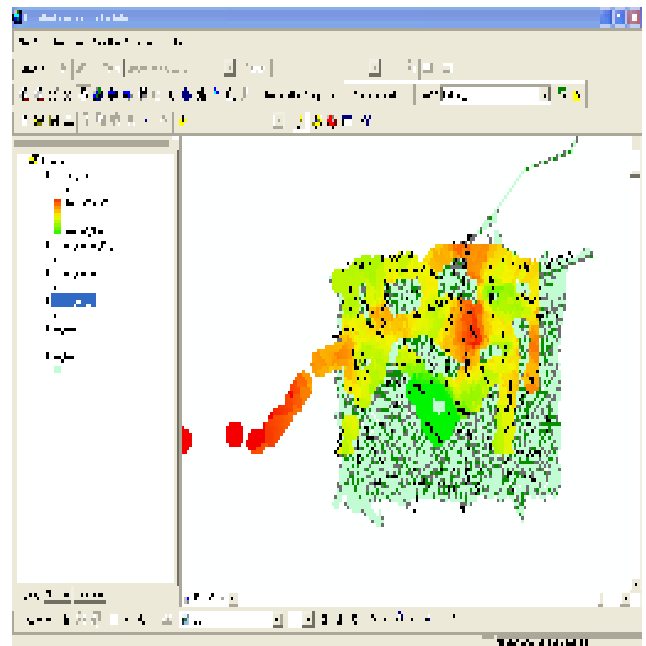


Σχήμα 19: Δημιουργία Buffers-Βήμα 3

Αυτό που απομένει για την ολοκλήρωση της διαδικασίας, είναι η αποτύπωση των αποτελεσμάτων της μεθόδου Kriging ακριβώς πάνω στα όρια των ζωνών επέκτασης. Επιλέγουμε ξανά την εργαλειοθήκη ArcToolbox>>Extraction>>Extract by Mask. Ως Input Raster επιλέγουμε Test.tif, ως Input raster or feature mask data επιλέγω Noise_All_5_Buffer100 και σώζω το αρχείο στον επιθυμητό φάκελο(σχήμα 20). Το αποτέλεσμα φαίνεται στο σχήμα 21



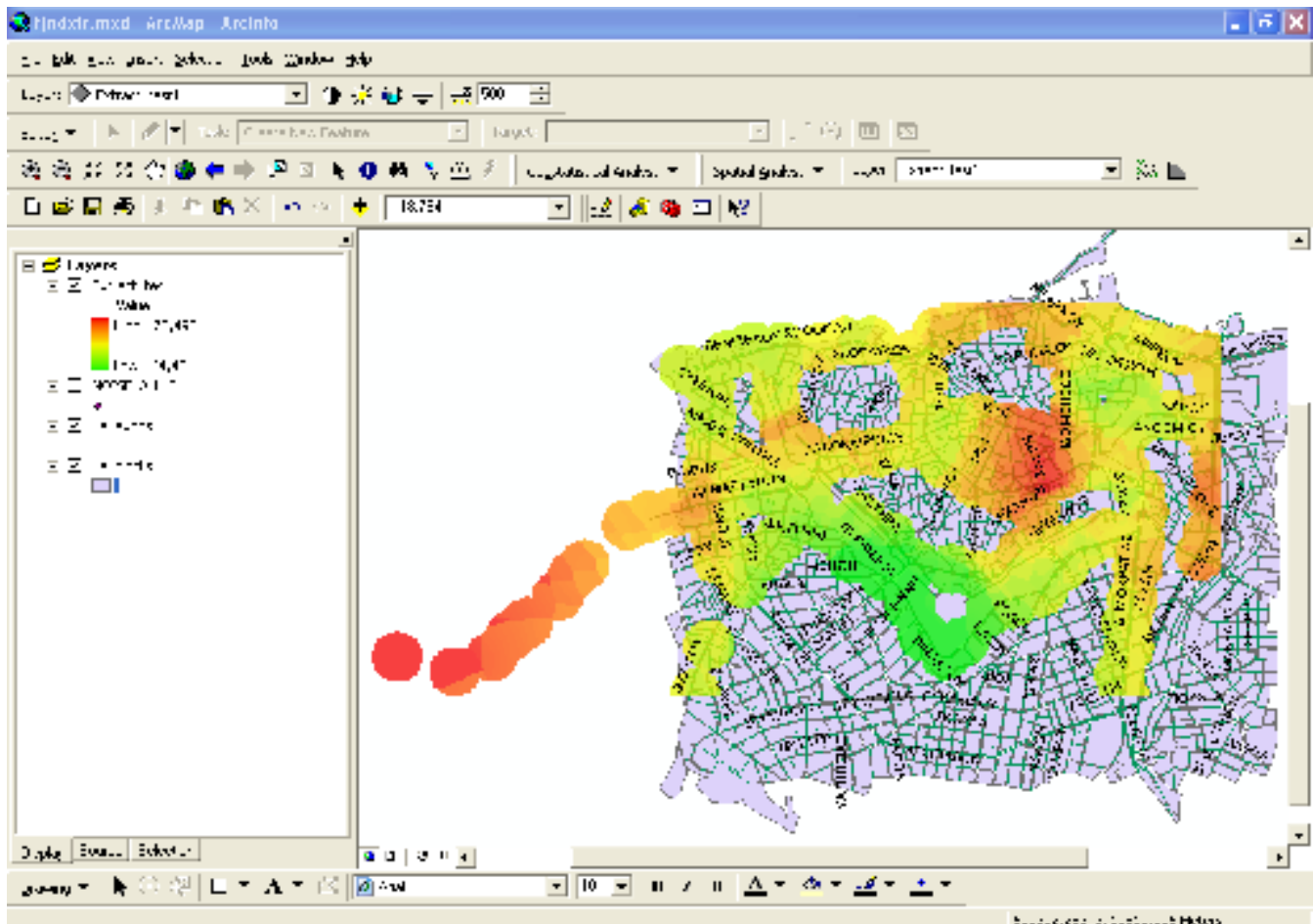
Σχήμα 20: Διαδικασία εξαγωγής-Βήμα 1



Σχήμα 21: Διαδικασία εξαγωγής Βήμα 2

3.2.2 Εφαρμογή μεθόδου Kriging

Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί στην εφαρμογή της μεθόδου Kriging είναι ακριβώς η ίδια με την διαδικασία που ακολουθήθηκε στην προηγούμενη υποενότητα(3.3.1). Η τελική επιφάνεια φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Την ασπρόμαυρη παλέτα που μας δίνει η μέθοδος θα την μετατρέψουμε σε μια παλέτα ανοιχτών χρωμάτων και θα αυξήσουμε το Transparency ώστε να διακρίνονται καλύτερα οι παρεμβαλλόμενες περιοχές. Η ανάλυση των πληροφοριών του χάρτη θα γίνει σε επόμενο κεφάλαιο. Η δημιουργία της επιφάνειας έγινε μέσω της χωρικής ανάλυσης με την χρήση των προτεινόμενων παραμέτρων(defaults).

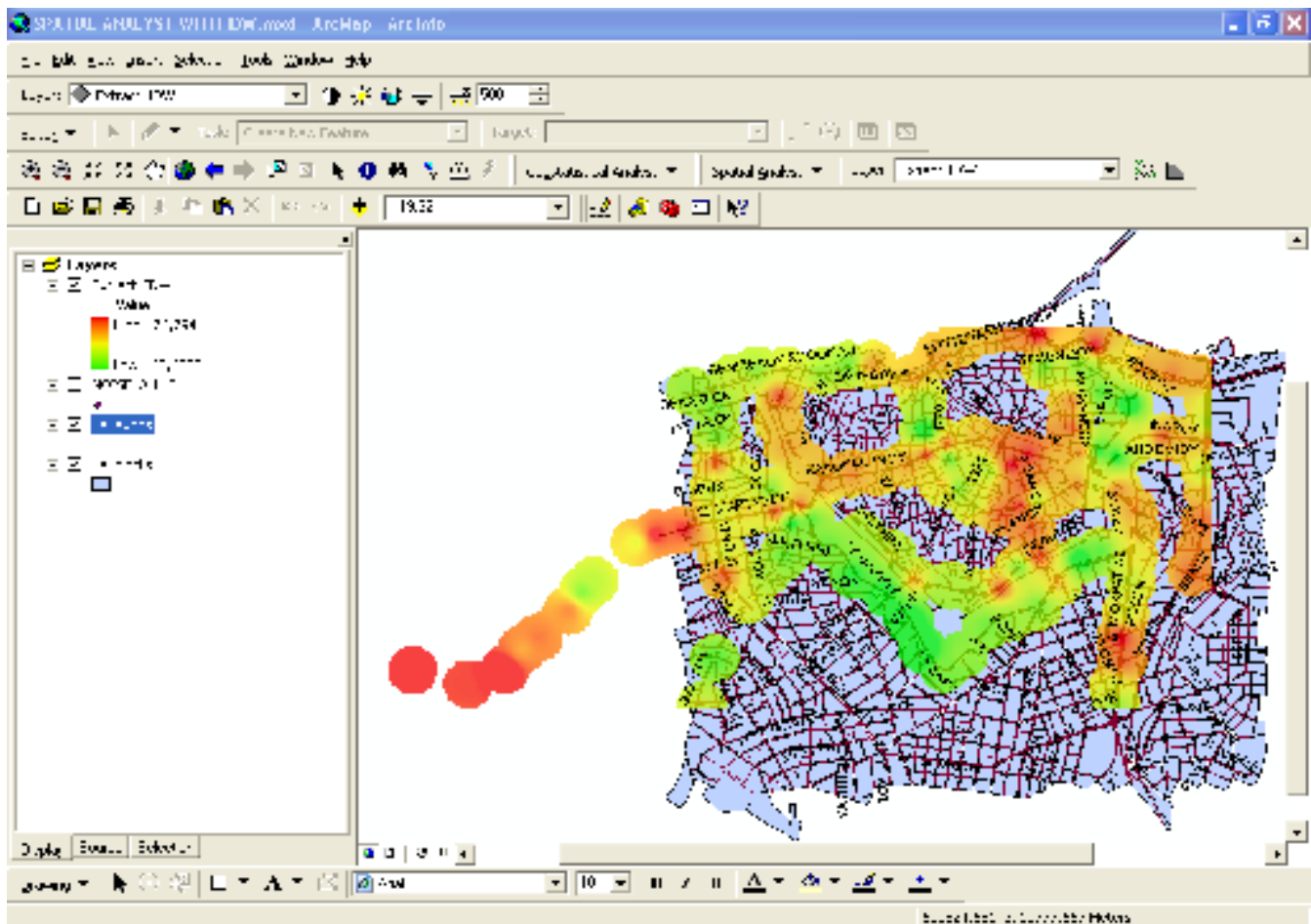


Σχήμα 22: Μέθοδος Kriging

3.2.3 Εφαρμογή μεθόδου IDW

Η μέθοδος IDW (Inverse Distance Weight) θα εφαρμοστεί μέσω της χωρικής ανάλυσης κάνοντας χρήση των προτεινόμενων παραμέτρων (Defaults). Η παράμετρος power¹ θα παραμείνει 2 και ως τύπος ακτίνας (Radius type) θα χρησιμοποιηθεί το Variable. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα αποτελέσματα που δίνει η μέθοδος. Η ανάλυση της μεθόδου και η σύγκριση της με τις υπόλοιπες θα γίνει σε παρακάτω κεφάλαιο.

¹ Με την παράμετρο power μπορούμε να ελέγξουμε τον βαθμό επιρροής που θα έχουν τα σημεία των δεδομένων μας στις παρεμβαλλόμενες τιμές. Έτσι, θέτοντας ένα υψηλό power δίνεται έμφαση στα κοντινότερα σημεία και η επιφάνεια που προκύπτει έχει μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Η συνηθέστερη τιμή που δίνεται στην παράμετρο power είναι το 2.

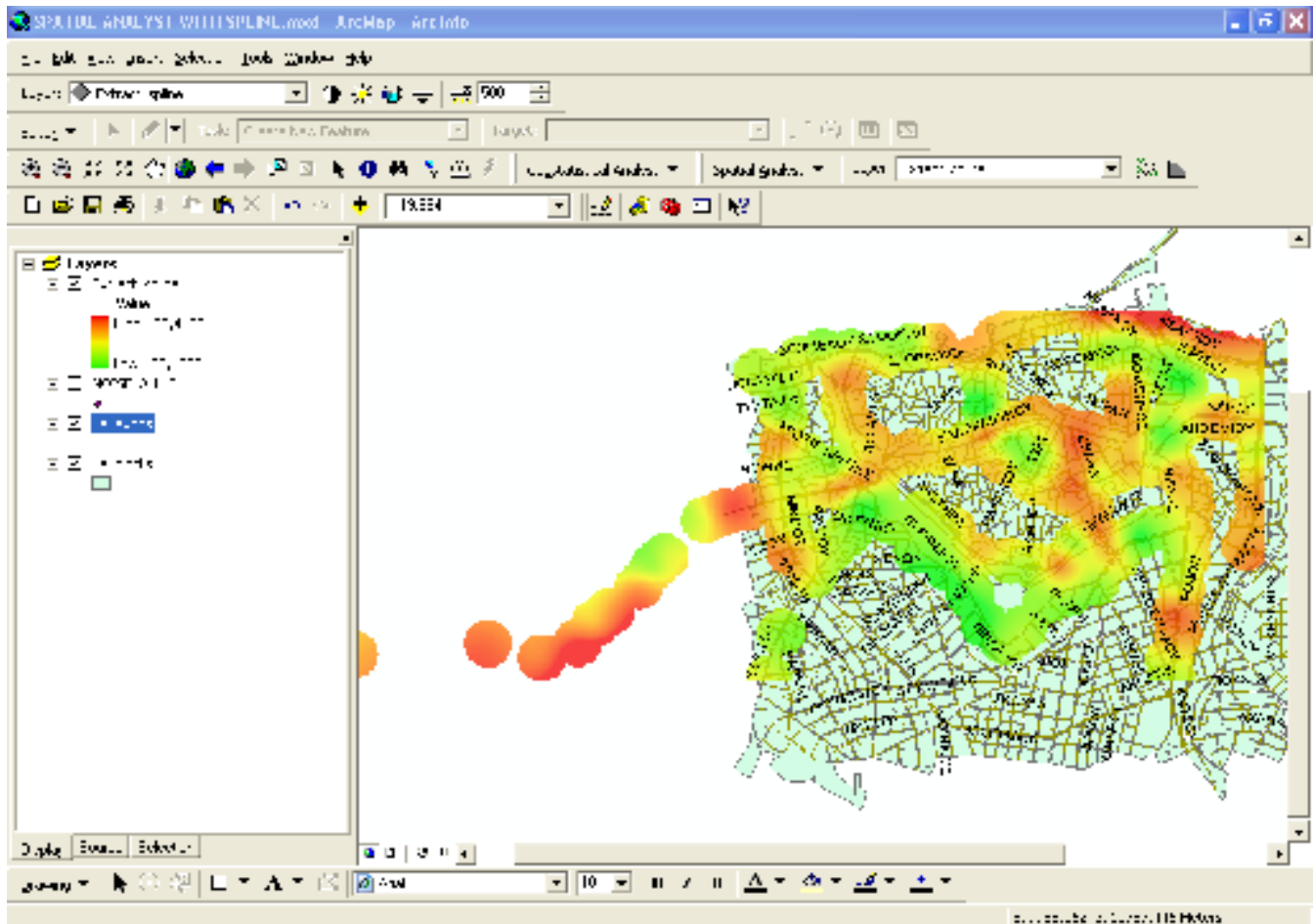


Σχήμα 23: Μέθοδος IDW

3.2.4 Εφαρμογή μεθόδου Spline

Η μέθοδος Spline δημιουργεί επιφάνειες με χαρακτηριστικό την μειωμένη καμπυλότητα, με αποτέλεσμα να δίνει λείες-επίπεδες (Smooth) επιφάνειες οι οποίες περνάνε ακριβώς πάνω από τα δειγματοληπτικά σημεία. Ξεκινώντας μέσω της χωρικής ανάλυσης, επιλέγουμε την μέθοδο Spline. Θα επιλέξουμε τύπο Spline → Tension και Weight → 10. Ο τύπος Tension δημιουργεί επιφάνειες με τιμές κοντύτερα στο εύρος των δειγματοληπτικών σημείων. Ο όρος Weight προσδιορίζει την τραχύτητα της επιφάνειας. Όσο μεγαλύτερη τιμή πάρει το Weight τόσο μεγαλύτερη τραχύτητα θα έχει η επιφάνεια που θα δημιουργηθεί και τόσο περισσότερο οι τιμές θα προσαρμοστούν στο εύρος των δειγματολη-

πτικών δεδομένων^[17]. Οι συνήθεις τιμές στο Weight είναι 0,1,5 και 10. Επομένως, η επιλογή τύπου Tension και Weight 10 θα μας δώσει μια πιο ρεαλιστική επιφάνεια πρόβλεψης, αφού δεν θα ξεφεύγει πολύ από το εύρος των τιμών των δειγματοληπτικών σημείων. Η τελική επιφάνεια φαίνεται στο σχήμα 24.



Σχήμα 24: Μέθοδος Spline

3.3 Geostatistical Analyst

Η γεωστατιστική ανάλυση είναι μια προέκταση του ArcGIS Desktop η οποία διαθέτει μια πληθώρα εργαλείων για την εξερεύνηση των χωρικών

δεδομένων και την δημιουργία χαρτών ή συνεχών επιφανειών. Η δημιουργία επιφανειών μέσω της γεωστατιστικής ανάλυσης είναι μια σειρά μεθόδων όπου μετρούμενα σημειακά δεδομένα συλλέγονται για την εξαγωγή συνεχούς επιφάνειας. Η σημαντικότητα των μεθόδων της γεωστατιστικής ανάλυσης έγκειται στο γεγονός ότι μπορούν να δώσουν προβλέψεις τιμών σε περιοχές όπου είτε θα ήταν αδύνατον να γίνουν μετρήσεις(μορφολογία εδάφους, πολεοδομικός σχεδιασμός κ.λ.π), είτε θα ήταν απαγορευτικό το κόστος για ένα μεγάλο εύρος μετρήσεων.

Με την χρήση της γεωστατιστικής ανάλυσης μπορούμε να:

- Οπτικοποιήσουμε, να σχεδιάσουμε και να προβλέψουμε τις χωρικές σχέσεις στα δεδομένα μας.
- Παρουσιάσουμε τα δεδομένα, τα γραφικά και τους χάρτες δυναμικά.
- Εκτελέσουμε προσδιοριστική και γεωστατιστική παρεμβολή
- Υπολογίσουμε μοντέλα και προβλέψεις με μεθόδους πιθανοτήτων για να αξιολογήσουμε τα ρίσκα.

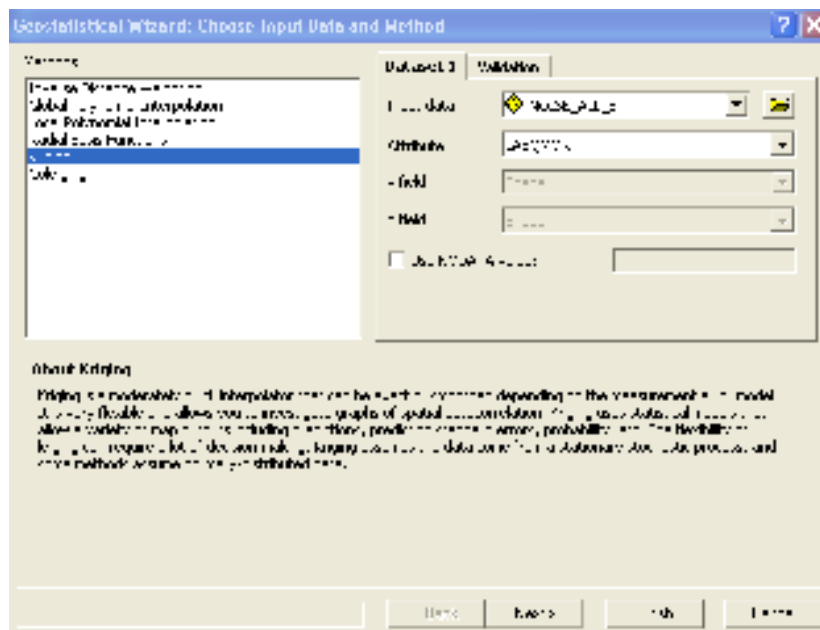
Ορισμένα από τα πεδία χρήσης της γεωστατιστικής ανάλυσης είναι τα παρακάτω:

- Ανάλυση ατμοσφαιρικών δεδομένων
- Εξόρυξη πετρελαίου και ορυκτών
- Περιβαλλοντική ανάλυση
- Γεωργία ακριβείας
- Μελέτες ψαριών και άγριας ζωής

3.3.1 Εφαρμογή μεθόδου Indicator Kriging

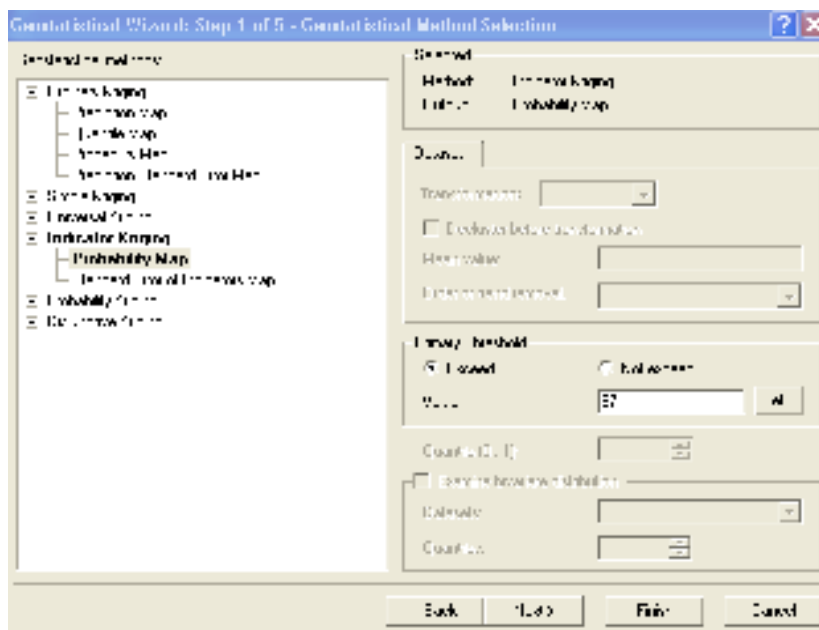
Η μέθοδος Indicator Kriging είναι μια γεωστατιστική προσέγγιση του γεωχωρικού σχεδιασμού. Η συσχέτιση μεταξύ των σημείων των δεδομένων καθορίζει τις τιμές του προβλεπόμενου μοντέλου. Η μέθοδος δεν υπολογίζει την κανονική κατανομή των δεδομένων σε κάθε τοποθεσία πρόβλεψης, αντιθέτως δημιουργεί τον συσσωρευτικό παράγοντα κατανομής(CDF) σε κάθε σημείο, βασισμένος στην συμπεριφορά και στην δομή της συσχέτισης των μετατρεπόμενων σημείων στην γειτονία(γειτνίαση).

Ξεκινώντας την διαδικασία εφαρμογής της μεθόδου Indicator Kriging ενεργοποιούμε την εργαλειοθήκη **Geostatistical Analyst** και επιλέγουμε **Geostatistical Wizard**(σχήμα 25).Ως Input Data επιλέγουμε το Layer με τα δεδομένα μας και σαν Attribute τον βασικό δείκτη μέτρησης κυκλοφοριακού θορύβου LAeq.



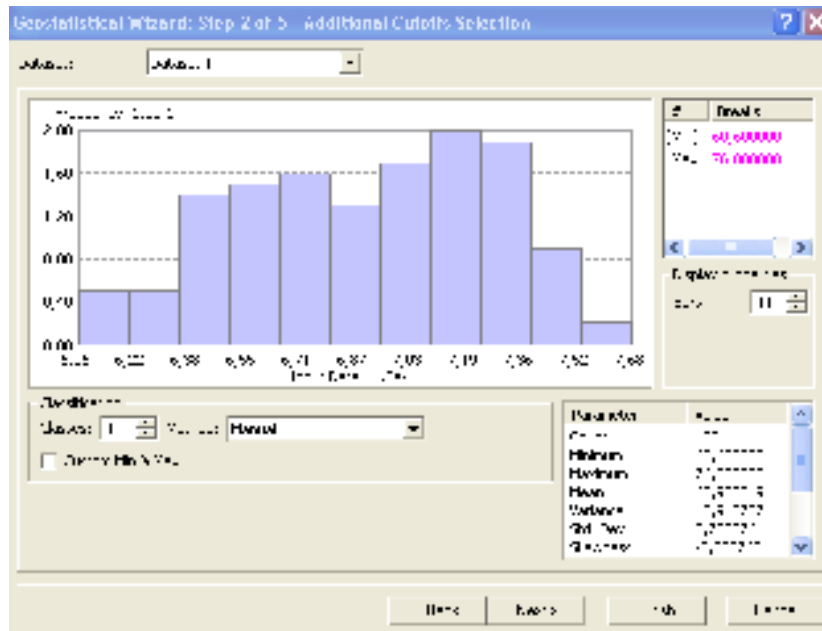
Σχήμα 25: Geostatistical wizard-Εκκίνηση

Στην συνέχεια επιλέγουμε την μέθοδο **Indicator Kriging**>>**Probability Map** ορίζοντας ως Primary Threshold(Πρωταρχικό κατώφλι) την τιμή 67dB(σχήμα 26).Τα 67dB είναι το όριο σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία όσον αφορά τον κυκλοφοριακό θόρυβο, για κατοικημένες περιοχές. Αυτό σημαίνει ότι στην επιφάνεια που θα δημιουργηθεί, θα εμφανίζονται οι τιμές που ξεπερνούν τα 67dB.



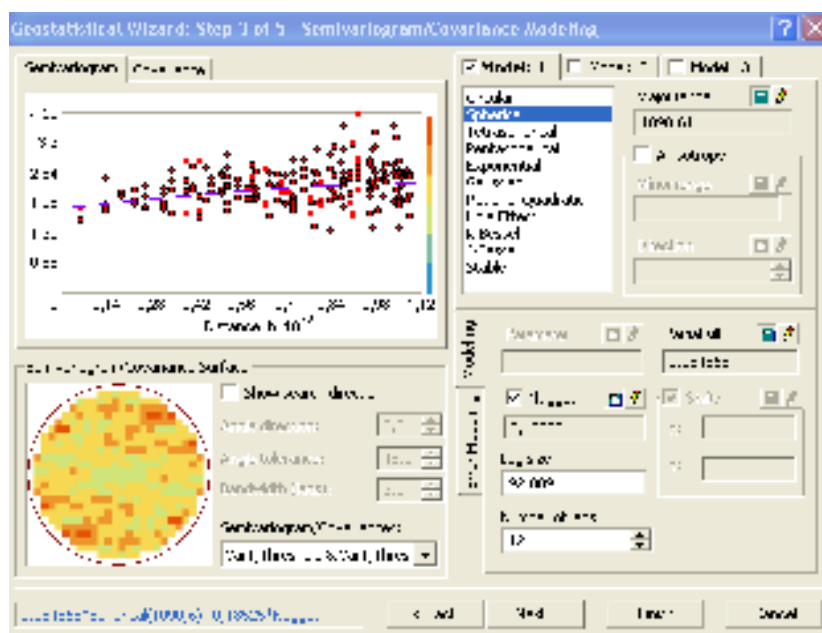
Σχήμα 26: Geostatistical Wizard- Βήμα 1

Το επόμενο παράθυρο μας δίνει στατιστικές πληροφορίες των δεδομένων μας(σχήμα 27) όπως μέγιστη και ελάχιστη τιμή, το άθροισμα των μετρήσεων, μέσος και μέσος όρος και άλλα στατιστικά στοιχεία όπως και ραβδόγραμμα των τιμών το οποίο παρουσιάζει την συχνότητα με την οποία εμφανίζονται οι τιμές του δείκτη που χρησιμοποιούμε. Μπορούμε να επιλέξουμε πόσες ράβδους και πόσες κλάσεις θα χρησιμοποιήσουμε όπως και τον τύπο της μεθόδου.



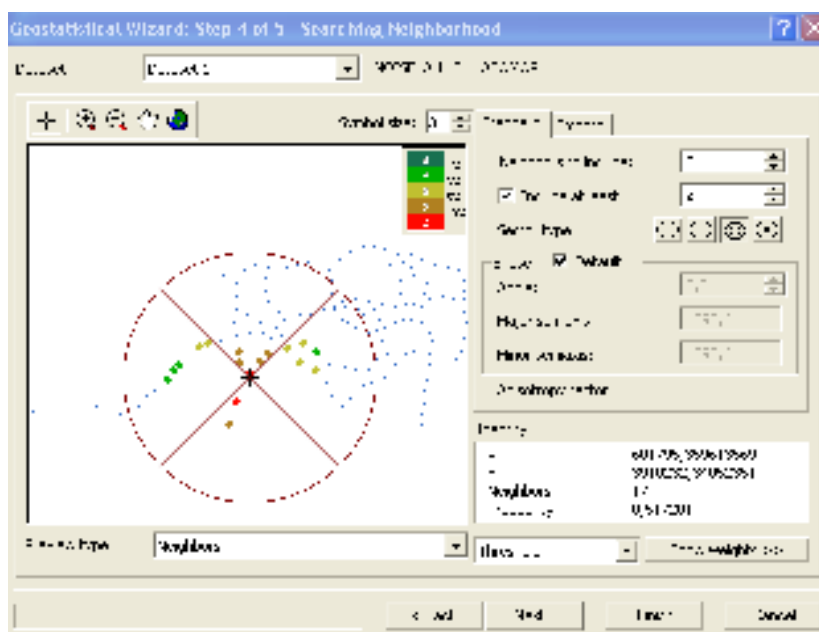
Σχήμα 27:Geostatistical Wizard-Βήμα 2

Επιλέγουμε next και προχωράμε στο επόμενο παράθυρο(σχήμα 28) το οποίο μας δείχνει την μορφή που θα έχει το ημιβαριόγραμμα. Θα επιλέξουμε spherical model χρησιμοποιώντας τα Defaults για τις υπόλοιπες παραμέτρους.



Σχήμα 28: Geostatistical Wizard-Βήμα 3

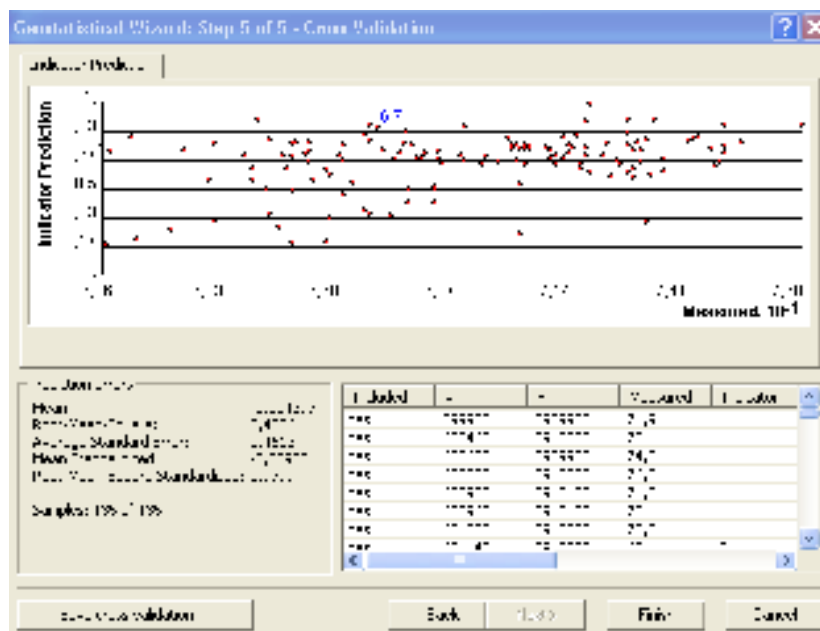
Στο επόμενο βήμα θα επιλέξουμε τις γειτονίες, βάση των οποίων θα επιλεγθούν σημεία γύρω από μια μέτρηση, τα οποία συμβολίζονται με χρώματα ανάλογα με το ποσοστό επιρροής που θα έχει το κάθε σημείο στην πρόβλεψη(σχήμα 29). Θα επιλέξουμε 5 γειτονίες, δηλαδή 5 διαφορετικά χρώματα επιρροής.



Σχήμα 29: Geostatistical Wizard-Βήμα 4

Στο τελευταίο παράθυρο(σχήμα 30), παρουσιάζεται ένα διάγραμμα διασποράς με τις μετρούμενες και τις τιμές της πρόβλεψης. Η μπλε κάθετη γραμμή που διαχωρίζει τις τιμές συμβολίζει την τιμή κατωφλίου (Threshold Value) την οποία ορίσαμε στα 67 dB στο πρώτο βήμα της διαδικασίας. Οι τιμές αριστερά της μπλε γραμμής δεν συμπεριλαμβάνονται στην τελική πρόβλεψη και παίρνουν μηδενικές τιμές μετατροπής ενώ οι τιμές δεξιά της μπλε γραμμής συμπεριλαμβάνονται στην πρόβλεψη και έχουν τιμές μετατροπής 1.

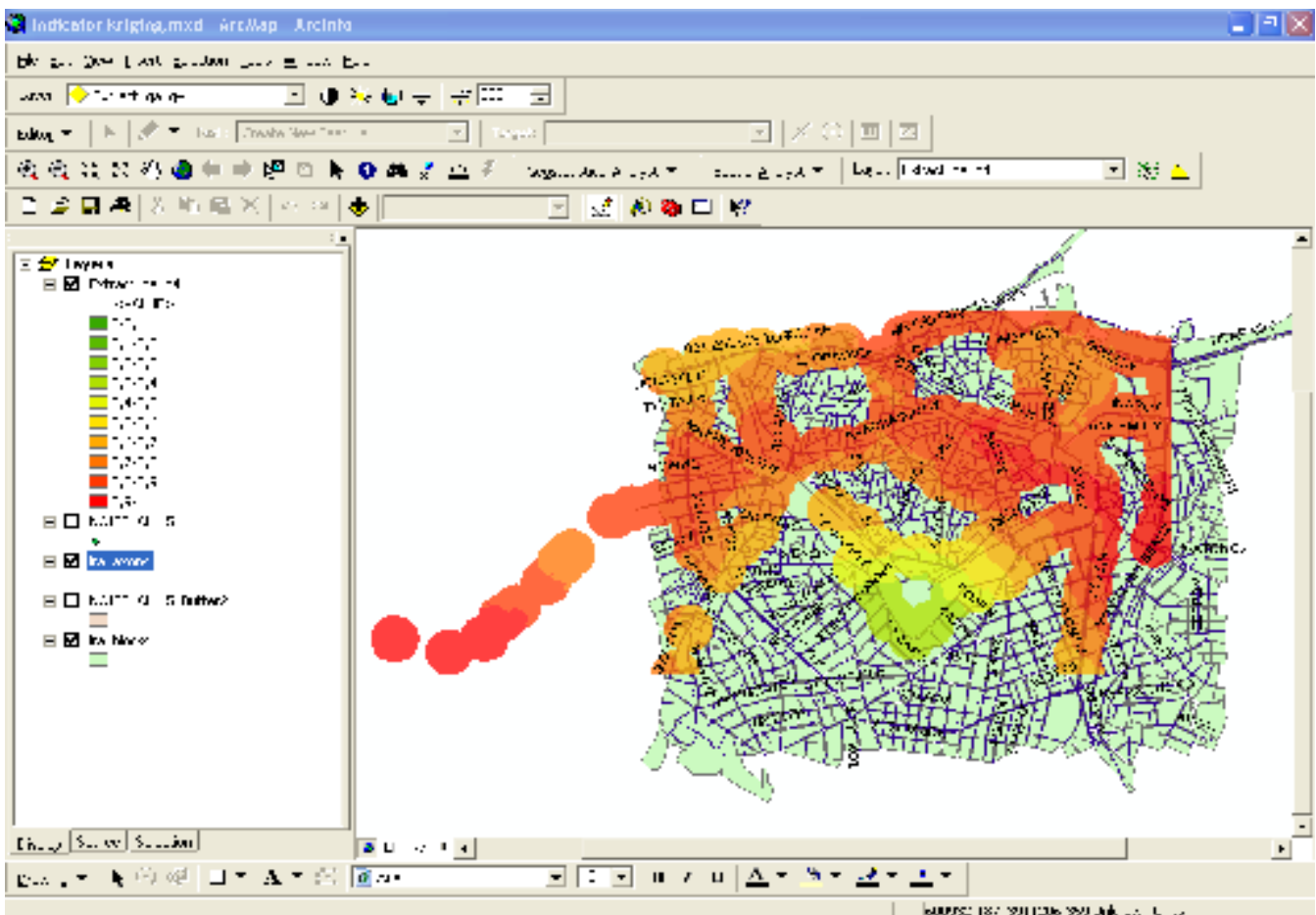
Η μέθοδος που εφαρμόζεται εδώ είναι η Cross-Validation μέθοδος η οποία μας δείχνει κατά πόσο σωστή επιλογή μοντέλου έγινε στο βήμα 3. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η απομόνωση ενός σημείου κάθε φορά και η πρόβλεψη της τιμής του με βάση τα γειτονικά σημεία. Η προβλεπόμενη τιμή συγκρίνεται με την πραγματική και αυτό επαναλαμβάνεται για όλες τις τιμές του δείγματος δίνοντας μας το λάθος πρόβλεψης. Η ακρίβεια της πρόβλεψης επαληθεύεται από τα λάθη πρόβλεψης τα οποία φαίνονται στο αριστερά κάτω κουτάκι του παράθυρου Cross-Validation.



Σχήμα 30: Geostatistical Wizard-Βήμα 5

Το επιθυμητό είναι να έχουμε Mean Standardized κοντά στο μηδέν, μικρό Root-Mean-Square, Average Standard Error κοντά στο Root-Mean-Square και Root-Mean-Square-Standardized κοντά στο 1. Αν κοιτάξουμε τους συγκεκριμένους δείκτες στο παράθυρο Cross-Validation των δεδομένων μας θα διαπιστώσουμε ότι πληρούνται οι συγκεκριμένες παραδοχές, επομένως έγινε σωστή επιλογή του μοντέλου στο βήμα 3.

Η τελική επιφάνεια φαίνεται στο σχήμα 31 .Η επιφάνεια που παίρνουμε από την μέθοδο είναι μια συνεχής επιφάνεια που ξεφεύγει από τα όρια του χάρτη. Γι'αυτό τον λόγο δημιουργήσαμε και εδώ ζώνες επέκτασης(Buffer Zones) έτσι ώστε να παρεμβληθούν τιμές μόνο γύρω από τα δειγματοληπτικά σημεία. Το Layer που δημιουργήθηκε αποτυπώνει σε μια κλίμακα του 1, το ποσοστό υπέρβασης της οριακής τιμής των 67dB.



Σχήμα 31: Geostatistical Wizard-Τελική επιφάνεια

3.3.2 Εφαρμογή μεθόδου Ordinary Kriging

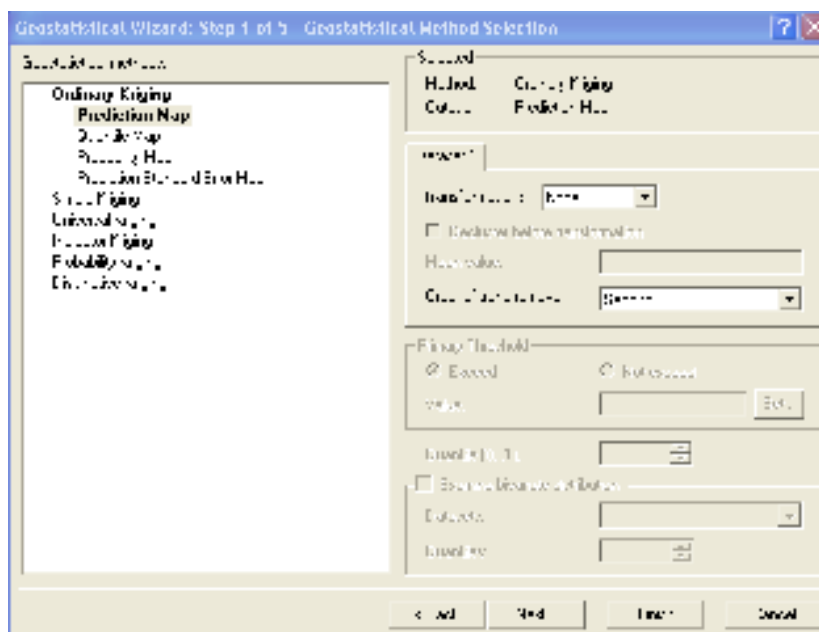
Η μέθοδος Ordinary Kriging ανήκει στην οικογένεια των τεχνικών Kriging και είναι η πιο ευρύτατα χρησιμοποιημένη μέθοδος σε αυτή την

κατηγορία τεχνικών. Στην συγκεκριμένη μέθοδο γίνεται η παραδοχή για μια άγνωστη σταθερά μ σύμφωνα με τον τύπο:

$$Z(s) = \mu + \varepsilon(s)$$

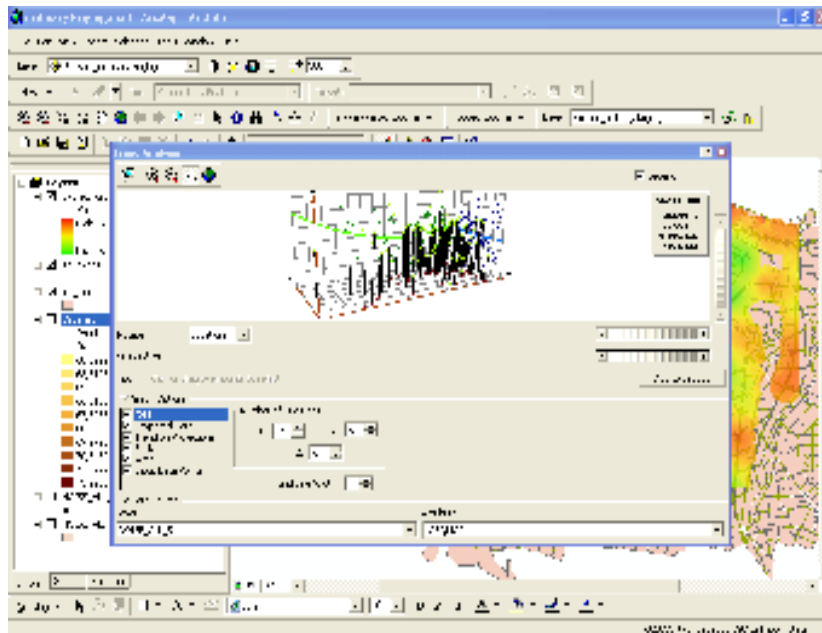
Η μέθοδος Ordinary Kriging χρησιμοποιείται στην δημιουργία επιφανειών πρόβλεψης, ποσοτικές επιφάνειες, επιφάνειες πιθανοτήτων και επιφάνειες πρόβλεψης λάθους.

Εμείς θα δημιουργήσουμε επιφάνειες πρόβλεψης με την βοήθεια της εργαλειοθήκης Geostatistical Analysis μέσω της επιλογής Geostatistical Wizard. Ξεκινώντας, επιλέγουμε **Prediction Map** και **Order of trend removal>>Second**(σχήμα 32)



Σχήμα 32: 1^ο Βήμα-Επιλογή μεθόδου

Η χρήση ενός δευτέρου βαθμού πολωνύμου (Second) έγινε διότι παρατηρήθηκε μία τάση στα δεδομένα. Η τάση αυτή, η οποία επηρεάζει αρνητικά το αποτέλεσμα της μεθόδου, φαίνεται εξερευνώντας τα δεδομένα μέσω της επιλογής **Trend Analysis** της εργαλειοθήκης **Geostatistical Analyst** (σχήμα 33)

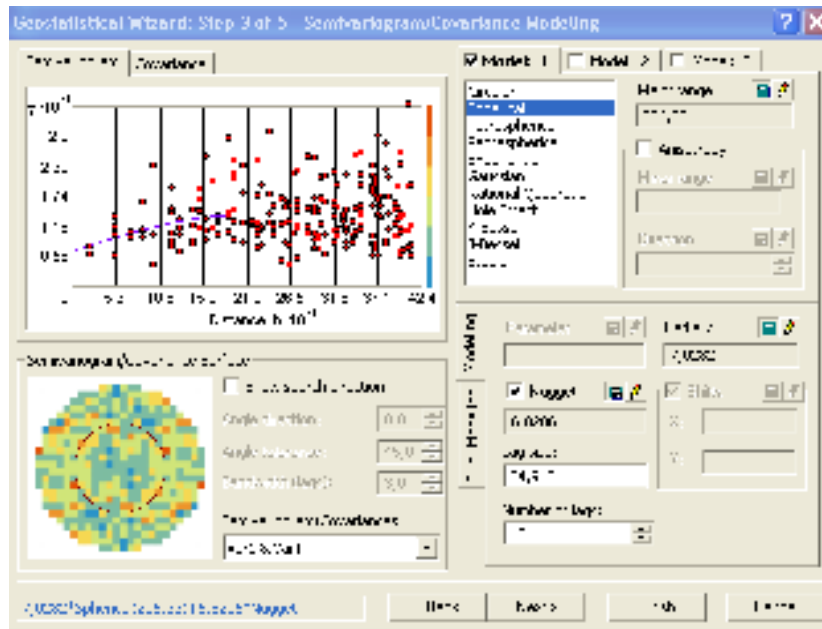


Σχήμα 33: Ανάλυση τάσης δεδομένων

Η γραμμή που σχηματίζεται μεταξύ των σημείων(πράσινη-μπλε) μας δείχνει την ύπαρξη κάποιας τάσης(Trend). Παρατηρώντας το σχήμα 33 βλέπουμε ότι υπάρχει μια ισχυρή τάση στην ανατολικοδυτική γραμμή (πράσινη) και μια μικρότερη στην Βόρεια-Νότια (μπλε).Εφόσον η καμπύλη που σχηματίζει η πράσινη γραμμή είναι σχήματος U θα χρησιμοποιηθεί ένα δευτέρου βαθμού πολυώνυμο για την αφαίρεση της.

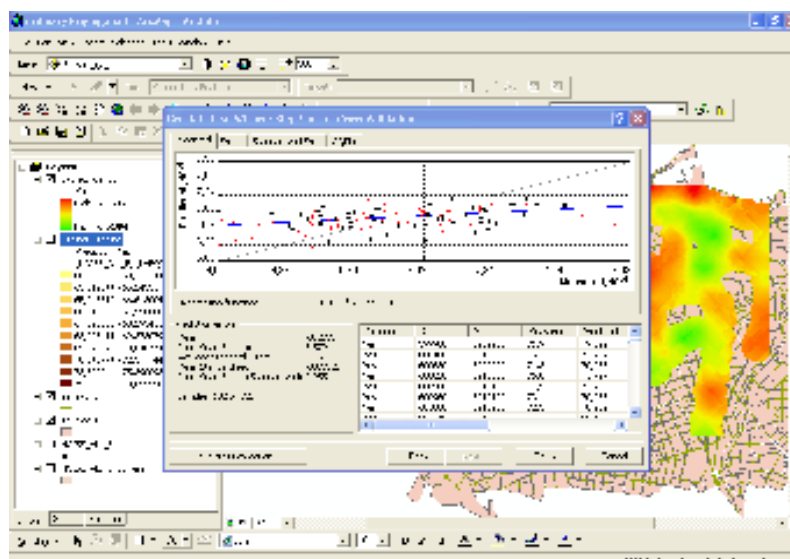
Στο βήμα 2 και 3 θα διατηρηθούν οι προεπιλεγμένες παράμετροι. Στο βήμα 3 θα διατηρήσουμε το προεπιλεγμένο από το πρόγραμμα μοντέλο(Spherical) το οποίο χρησιμοποιείται περισσότερο απ' όλα τα υπόλοιπα μοντέλα. Αξίζει επίσης να παρατηρήσουμε την μορφή του ημιβαριογράμματος(Σχήμα 34).Η γραμμή που περνάει μέσα από τα σημεία καθορίζει την χωρική εξάρτηση των σημείων του δείγματος. Παρατηρούμε ότι υπάρχει ικανοποιητική αυτοσυσχέτιση ή χωρική εξάρτηση η οποία φαίνεται από την κλίση της γραμμής. Η ύπαρξη

αυτοσυσχέτισης οφείλεται στο 2^ο βαθμού πολυώνυμο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την αφαίρεση της τάσης των δεδομένων.



Σχήμα 34: Τυπικό ημιβαριόγραμμα

Η τελευταία καρτέλα(Cross Validation) μας δείχνει πόσο καλή επιλογή μοντέλου έγινε. Αυτό επιτυγχάνεται με ορισμένες παραδοχές όσον αφορά τα λάθη πρόβλεψης (σχήμα 35).

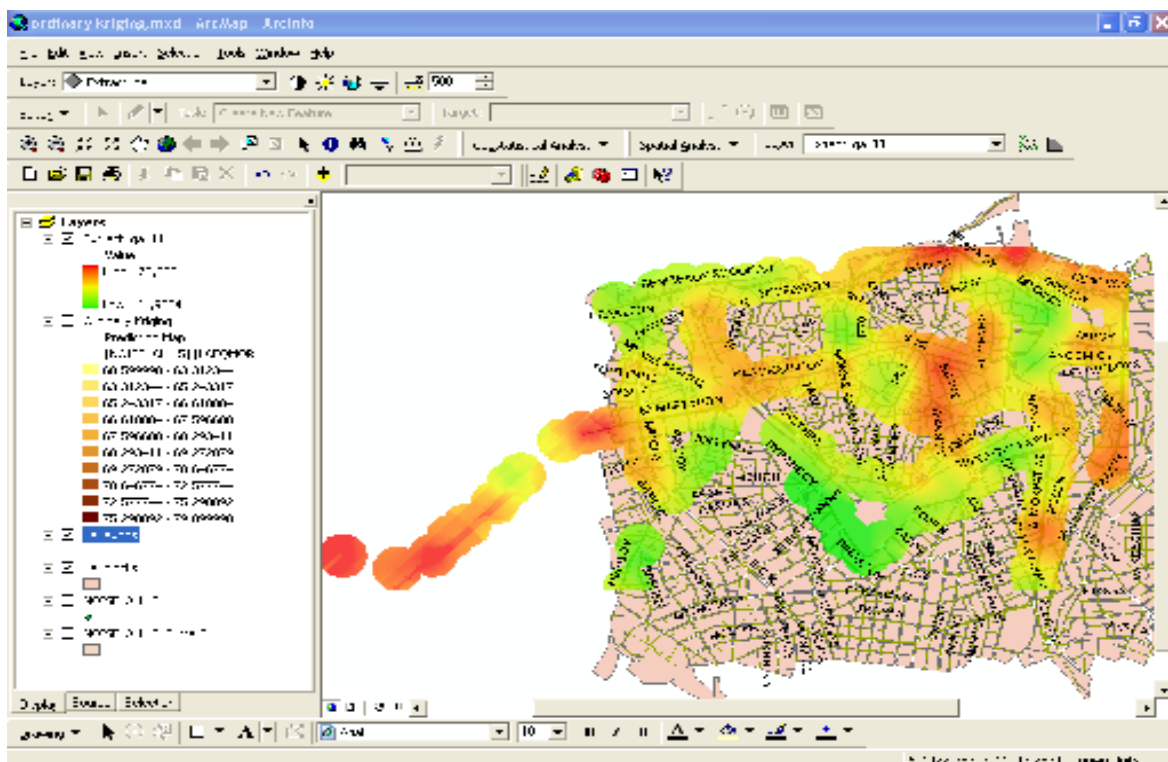


Σχήμα 35: Βήμα 5 από 5 Cross Validation

Οι παραδοχές που πρέπει να ισχύουν είναι:

1. Η τιμή της παραμέτρου Mean Standardized Prediction Errors θα πρέπει να είναι κοντά στο 0 (-0,1253).
2. Η τιμή της παραμέτρου Root Mean Square Prediction Errors θα πρέπει να είναι όσον το δυνατόν μικρότερη(3,579).
3. Οι τιμές των παραμέτρων Root Mean Square Prediction Errors και AVERAGE Standard Error θα πρέπει να είναι περίπου ίδιες(3,579 και 3,761)
4. Η τιμή της παραμέτρου Root Mean Square Standardized Prediction Errors θα πρέπει να είναι κοντά στο 1 (0,9554).

Απ' ότι φαίνεται οι παραπάνω παραδοχές ισχύουν για τα δεδομένα μας, οπότε έχει γίνει σωστή επιλογή μοντέλου πρόβλεψης. Η τελική επιφάνεια φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

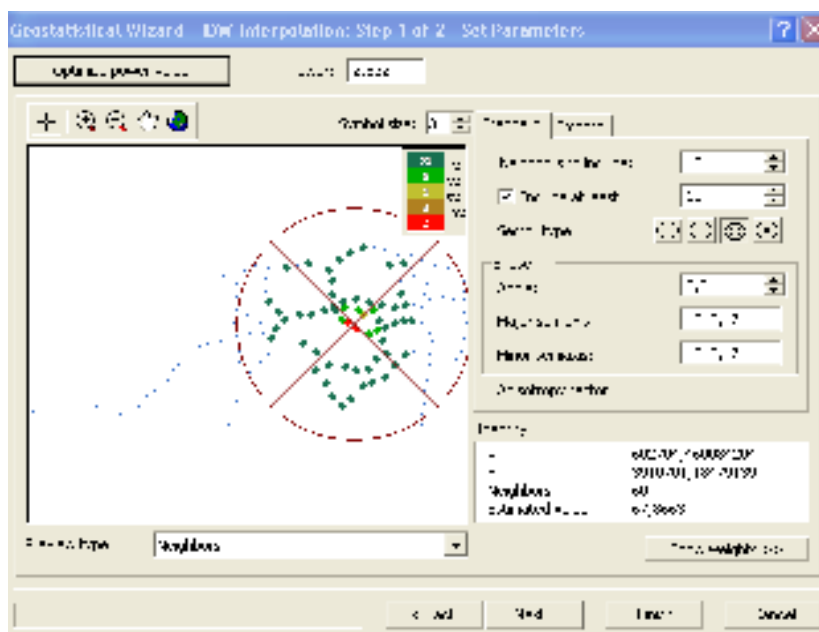


Σχήμα 36: Ordinary Kriging-Τελική επιφάνεια

3.3.3 Εφαρμογή μεθόδου IDW

Η μέθοδος IDW μέσω της γεωστατιστικής ανάλυσης είναι μια μέθοδος υπολογισμού των τιμών ενός κελιού σύμφωνα με τον κανόνα ότι όσο πιο κοντά είναι ένα σημείο στο κελί που θα υπολογιστεί, τόσο μεγαλύτερη βαρύτητα θα έχει στην διαδικασία της παρεμβολής.

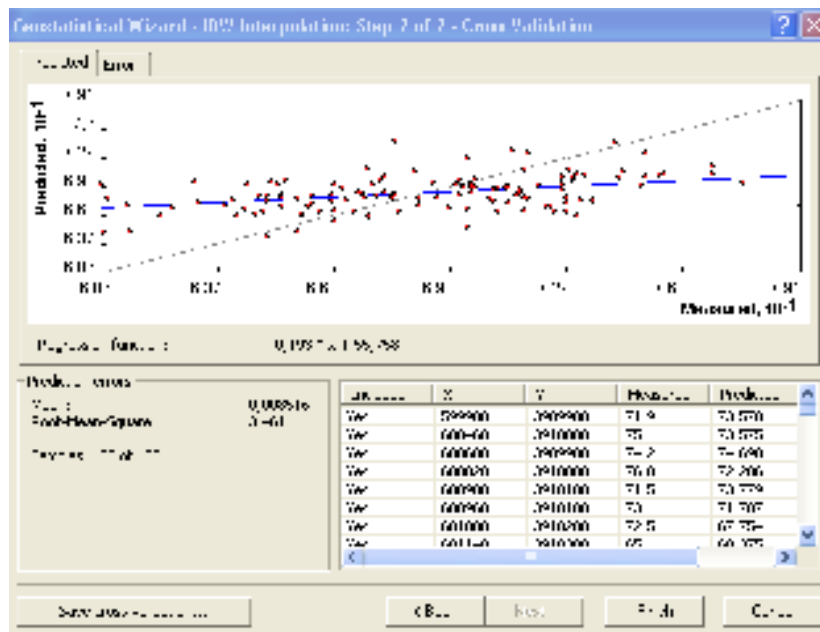
Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί και εδώ είναι μέσω της εργαλειοθήκης Geostatistical Analyst και του Geostatistical Wizard. Η παραμετροποίηση που χρησιμοποιείται βασίζεται στην τεχνική του πλησιέστερου γείτονα. Το πρώτο βήμα της μεθόδου φαίνεται στο σχήμα 37.



Σχήμα 37: Βήμα 1 από 2 IDW

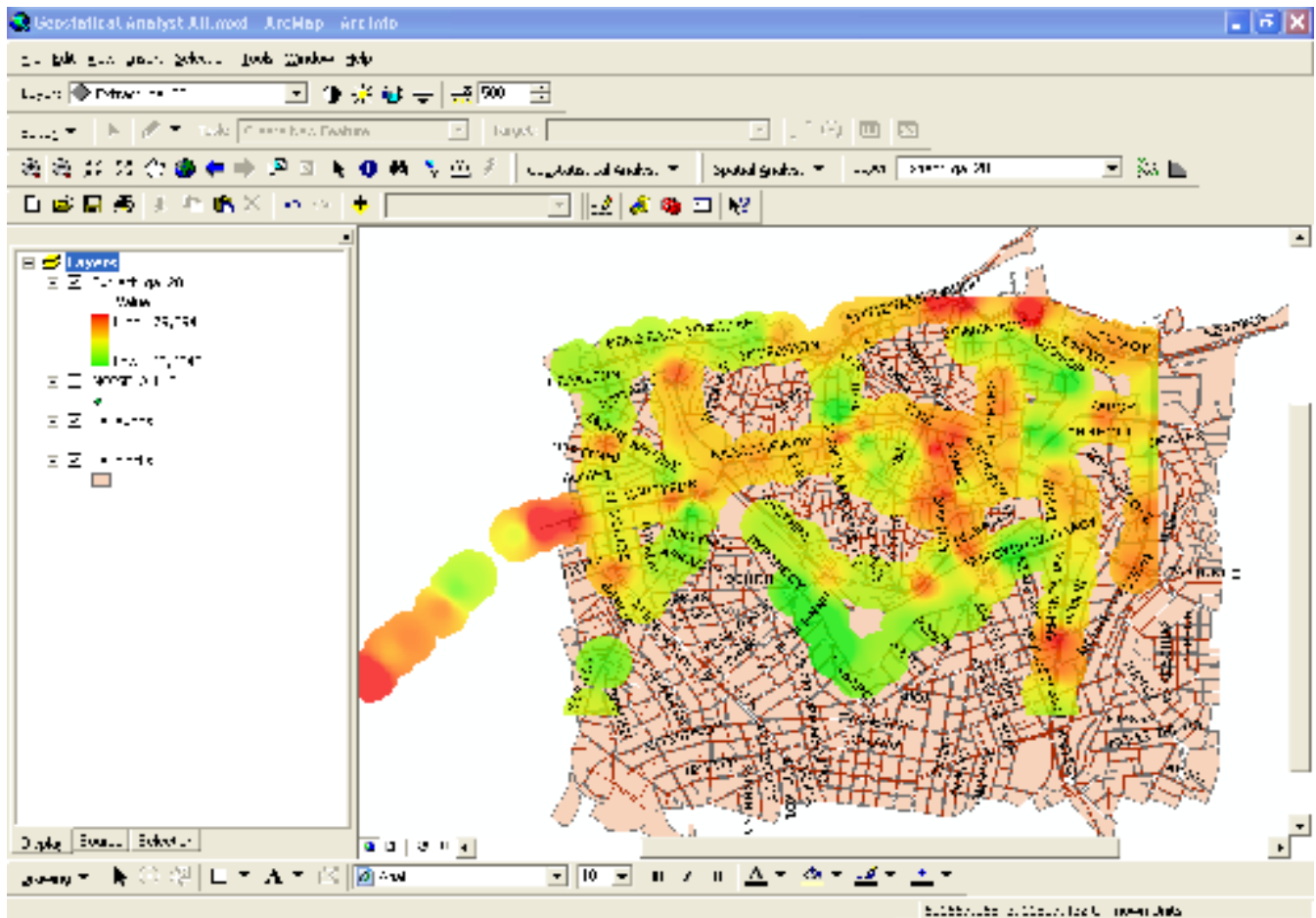
Ως επιθυμητό σημείο παρεμβολής επιλέχτηκε το κέντρο της πόλης και ως Sector Type ένας κύκλος διαιρούμενος σε τέσσερα τεταρτημόρια με κλίση 45 μοίρες, έτσι ώστε σε κάθε τεταρτημόριο να έχουμε περίπου ίσο αριθμό σημείων τα οποία είναι τα πλησιέστερα στο σημείο ενδιαφέροντος. Επίσης, γίνεται βελτιστοποίηση τις τιμές Power με την επιλογή Optimize Power Value.

Στο επόμενο βήμα της μεθόδου, εμφανίζονται τα λάθη της πρόβλεψης. Ο στόχος είναι το Root-Mean-Square Prediction Error (RMSPE) να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο. Η τιμή που θα πάρει η παράμετρος RMSPE εξαρτάται από την τιμή που θα δώσουμε στο Power (Βήμα 1). Έτσι, επιλέγοντας τιμές Power 1, 1.5, 2, 2.532(βέλτιστο) και 3 παρατηρούμε ότι μικρότερο μέσο τετραγωνικό σφάλμα πρόβλεψης παίρνουμε με τιμή Power=2.532.



Σχήμα 38: Λάθη πρόβλεψης

Η τελική επιφάνεια φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

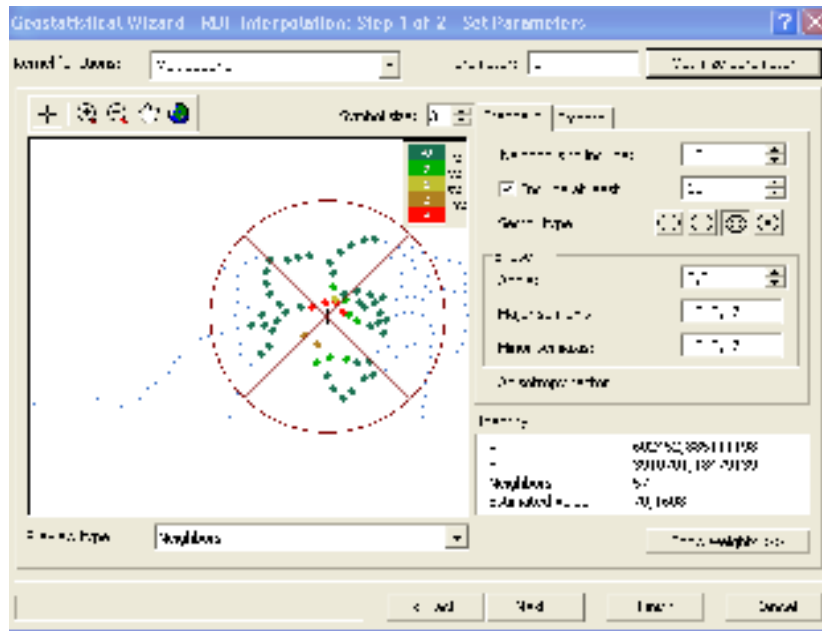


Σχήμα 39: IDW-Τελική επιφάνεια

3.3.4 Εφαρμογή μεθόδου RBF

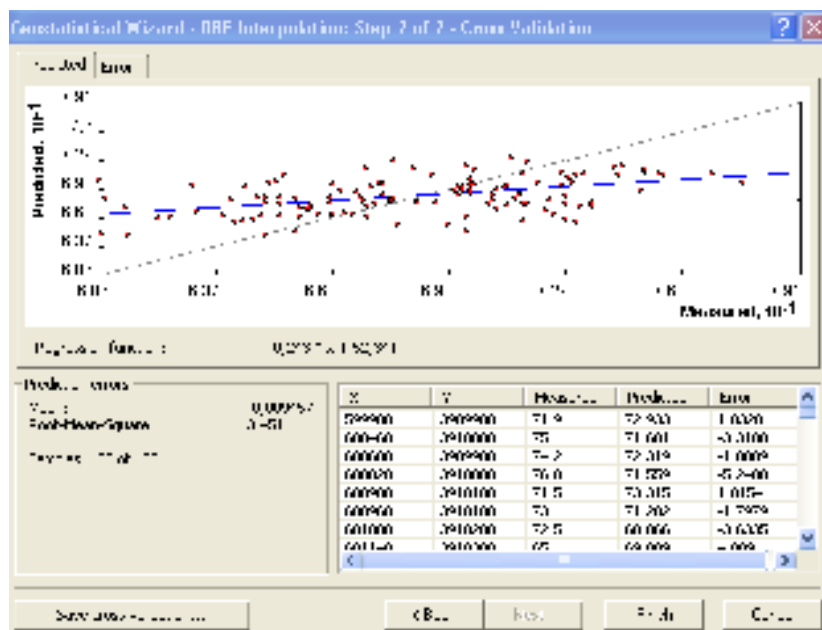
Στην μέθοδο RBF, θα εφαρμόσουμε δύο διαφορετικές τεχνικές και θα τις συγκρίνουμε μεταξύ τους για να διαπιστωθεί ποια τεχνική αντιπροσωπεύει καλύτερα τα δεδομένα μας. Η πρώτη τεχνική αναφέρεται ως Inverse Multiquadric (Σχήμα 40).

Η ακτίνα του κύκλου τοποθετείται και εδώ σε κεντρικό σημείο, επιλέγοντας κύκλο τεσσάρων τομέων με κλίση 45ο και βελτιστοποίηση της παραμέτρου.



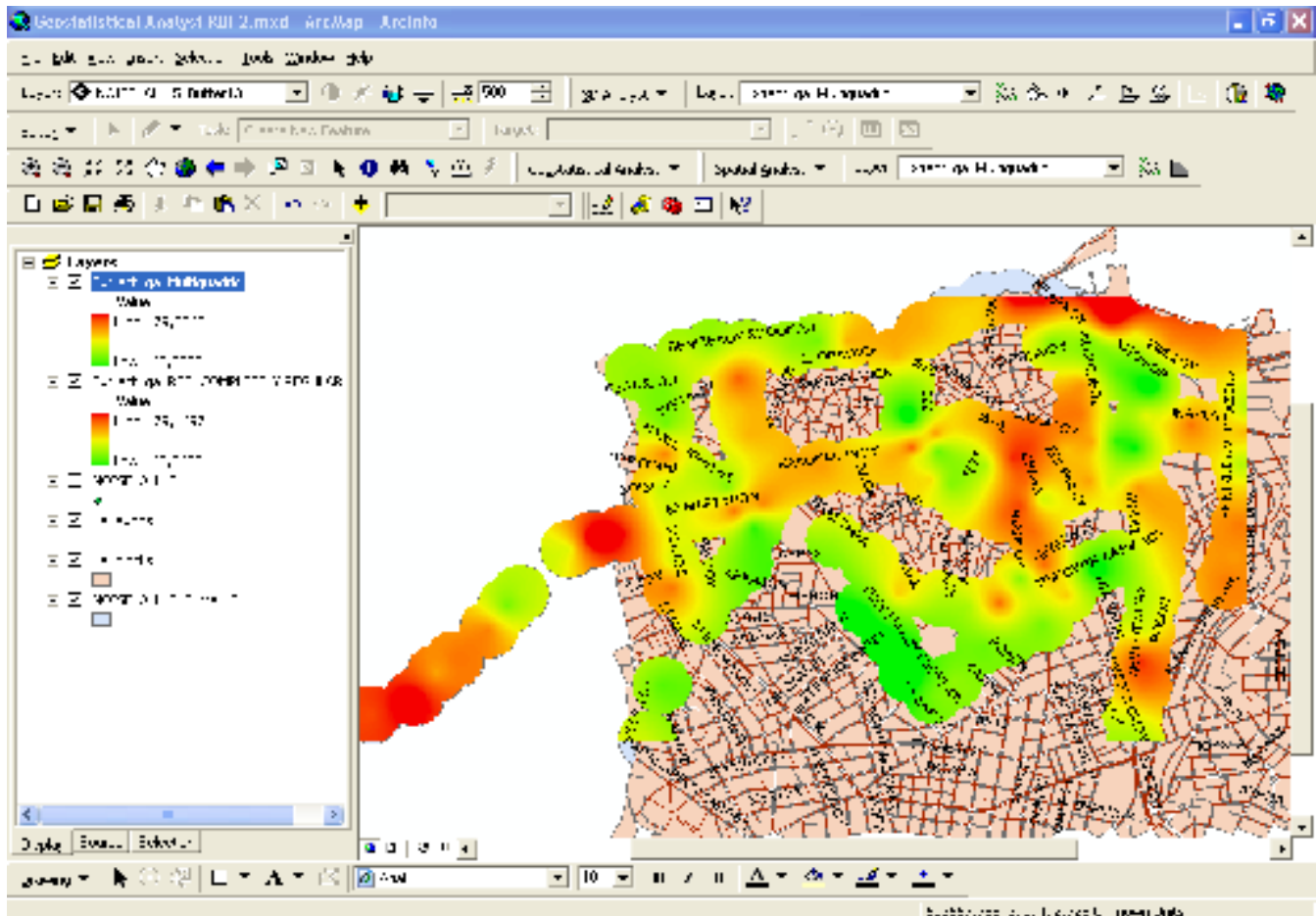
Σχήμα 40: RBF Παρεμβολή-Βήμα 1 από 2

Στο 2^ο βήμα της τεχνικής παρατηρούμε και πάλι ότι με την βελτιστοποίηση της παραμέτρου στο βήμα 1, παίρνουμε το μικρότερο Root-Mean-Square Prediction Error όπως φαίνεται στο σχήμα 41.



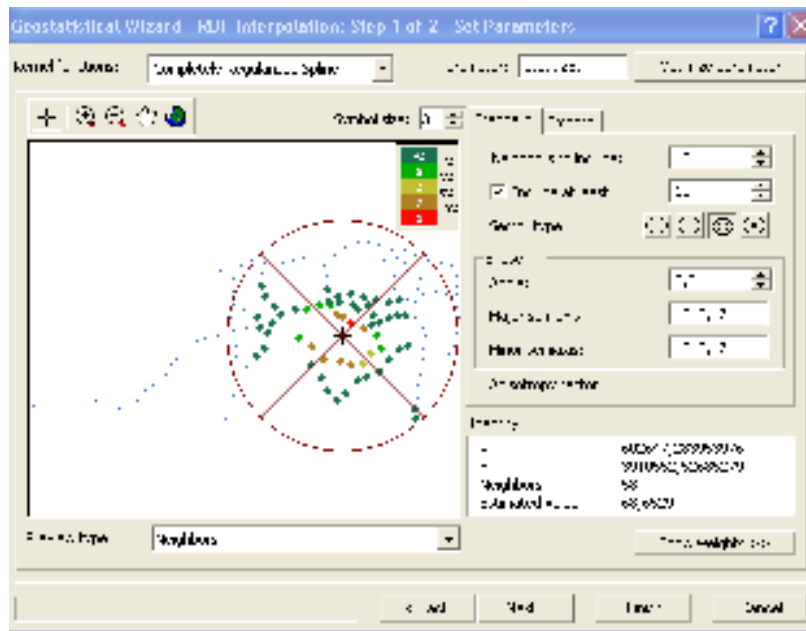
Σχήμα 41: RBF παρεμβολή –Βήμα 2 από 2

Η τελική επιφάνεια παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



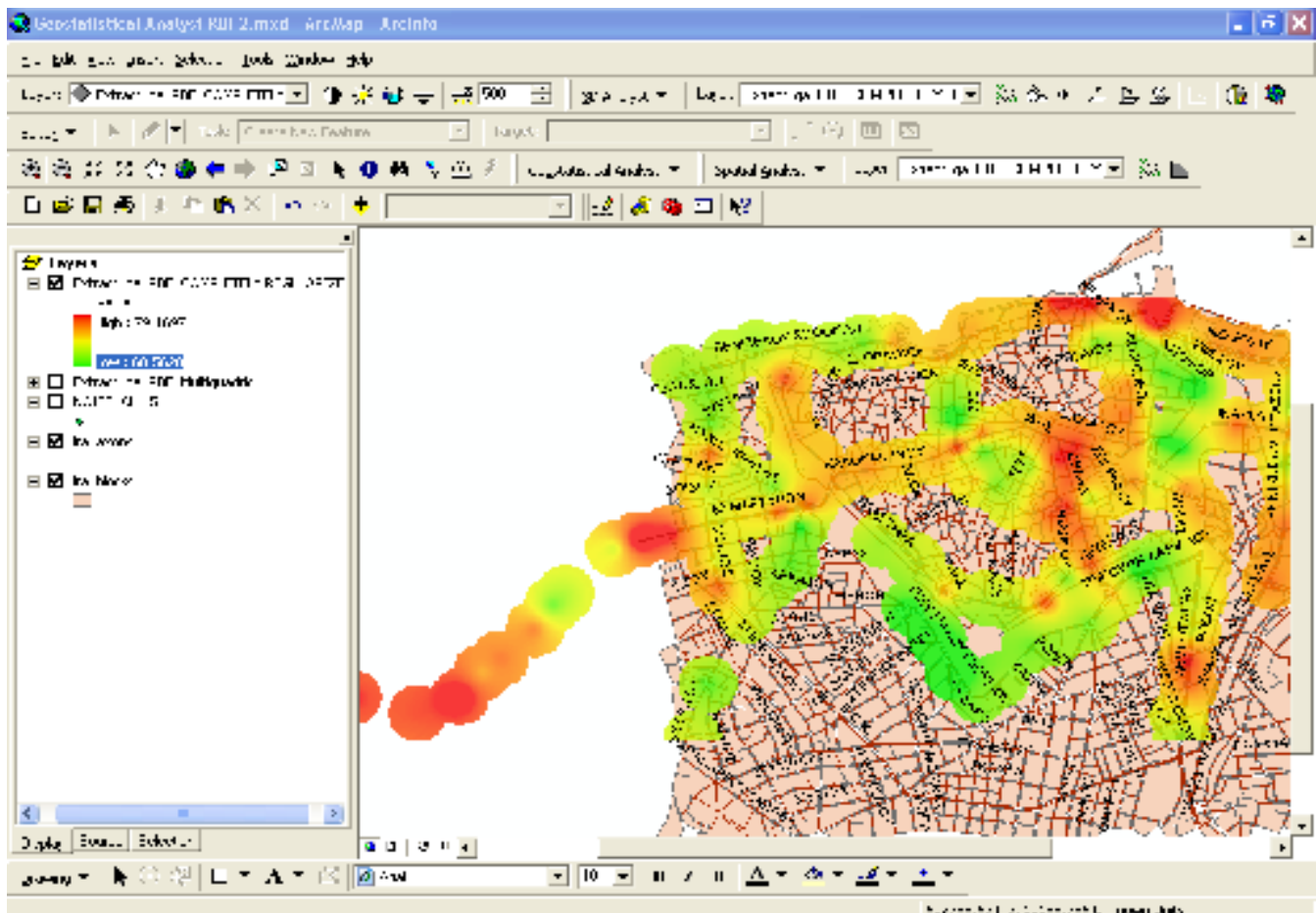
Σχήμα 42: Εφαρμογή μεθόδου RBF –Τελική επιφάνεια

Η δεύτερη τεχνική αναφέρεται ως Completely Regularized Spline και πρόκειται για την προεπιλεγμένη τεχνική Όπως και στην προηγούμενη τεχνική, και εδώ θα επιλέξουμε ως κέντρο του κύκλου ένα κεντρικό σημείο των δεδομένων μας και ως τύπο τομέα θα επιλεγεί ένας κύκλος τεσσάρων τομέων με κλίση 45° (σχήμα 43).



Σχήμα 43: RBF Παρεμβολή- Βήμα 1 από 2

Το επόμενο βήμα της μεθόδου είναι πανομοιότυπο με το αντίστοιχο της προηγούμενης τεχνικής. Η τελική επιφάνεια φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



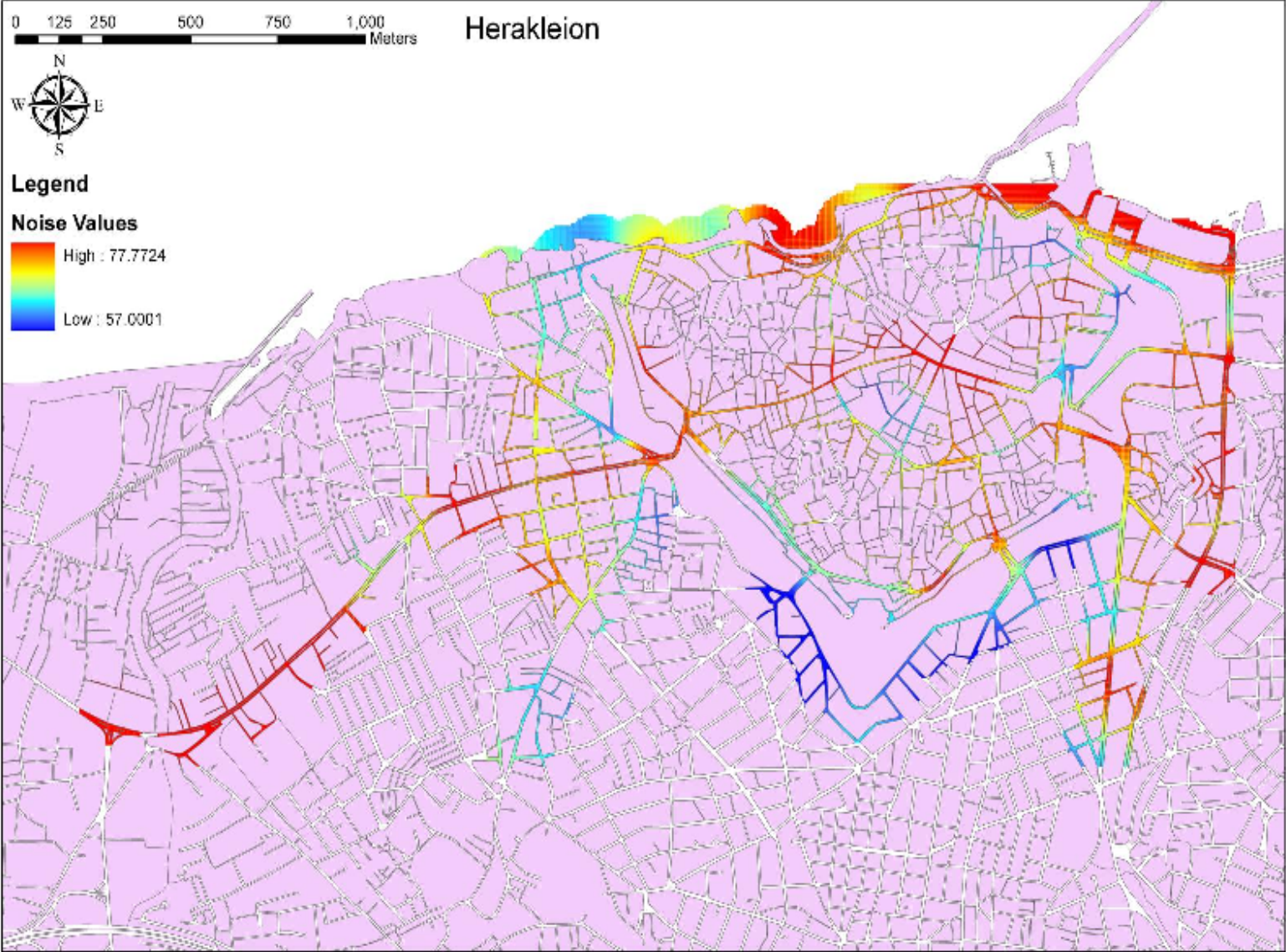
Σχήμα 44: Εφαρμογή μεθόδου RBF- Τελική επιφάνεια

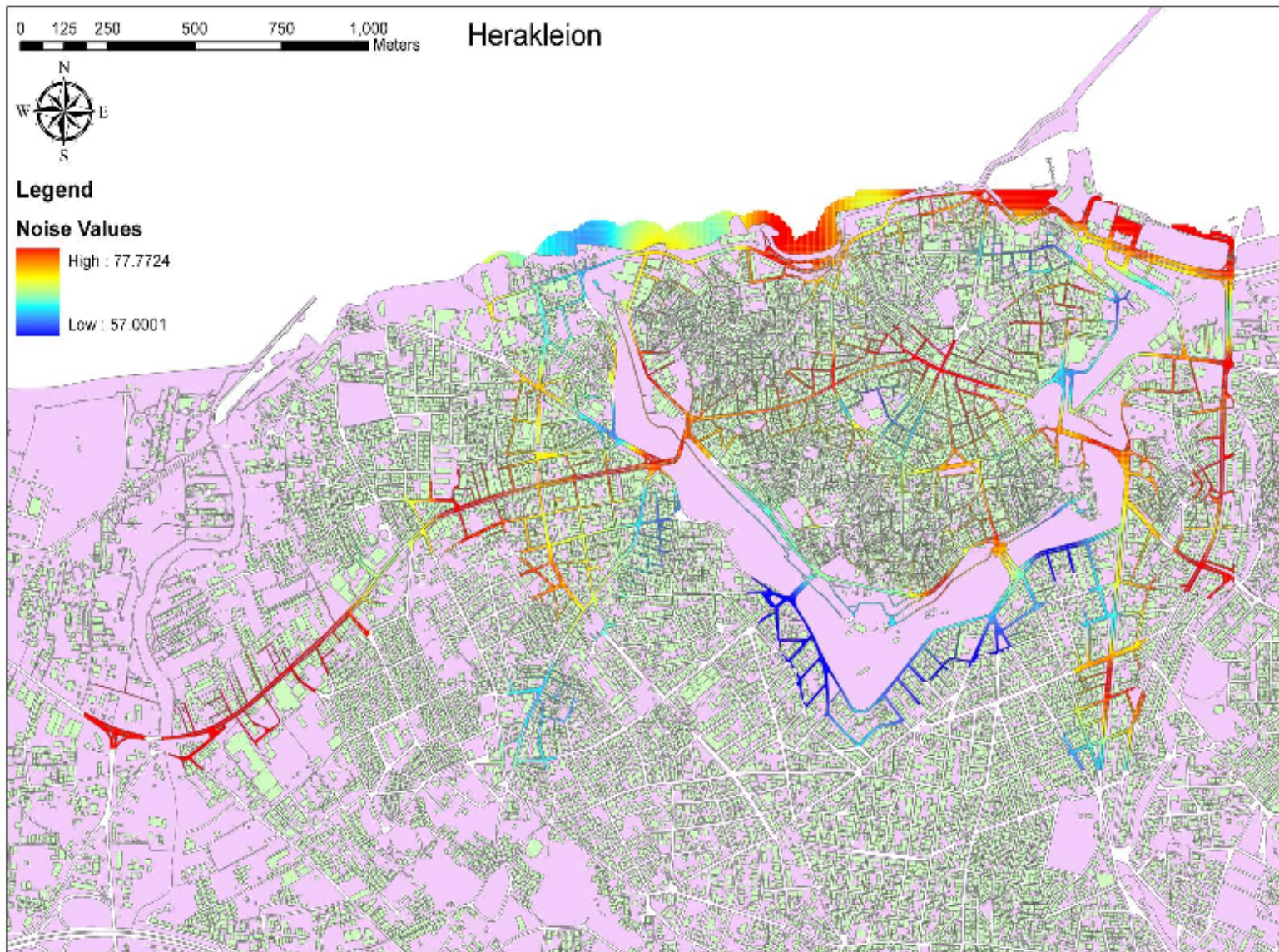
Συγκρίνοντας τις τελικές επιφάνειες που προκύπτουν, παρατηρούμε ότι υπάρχουν μικρές διαφορές ανάμεσα στις δύο τεχνικές της ίδιας μεθόδου. Εμείς θα επιλέξουμε την τεχνική Regularized ως την βέλτιστη τεχνική, διότι συγκρίνοντας την με την τεχνική Multiquadric βλέπουμε σε πολλά σημεία μεγάλες υπερεκτιμήσεις (Overestimates) οι οποίες είναι λιγότερο εμφανείς με την χρήση της τεχνικής Regularized.

3.3 Ζώνες επέκτασης και υπέρθεση(Buffer with overlapping)

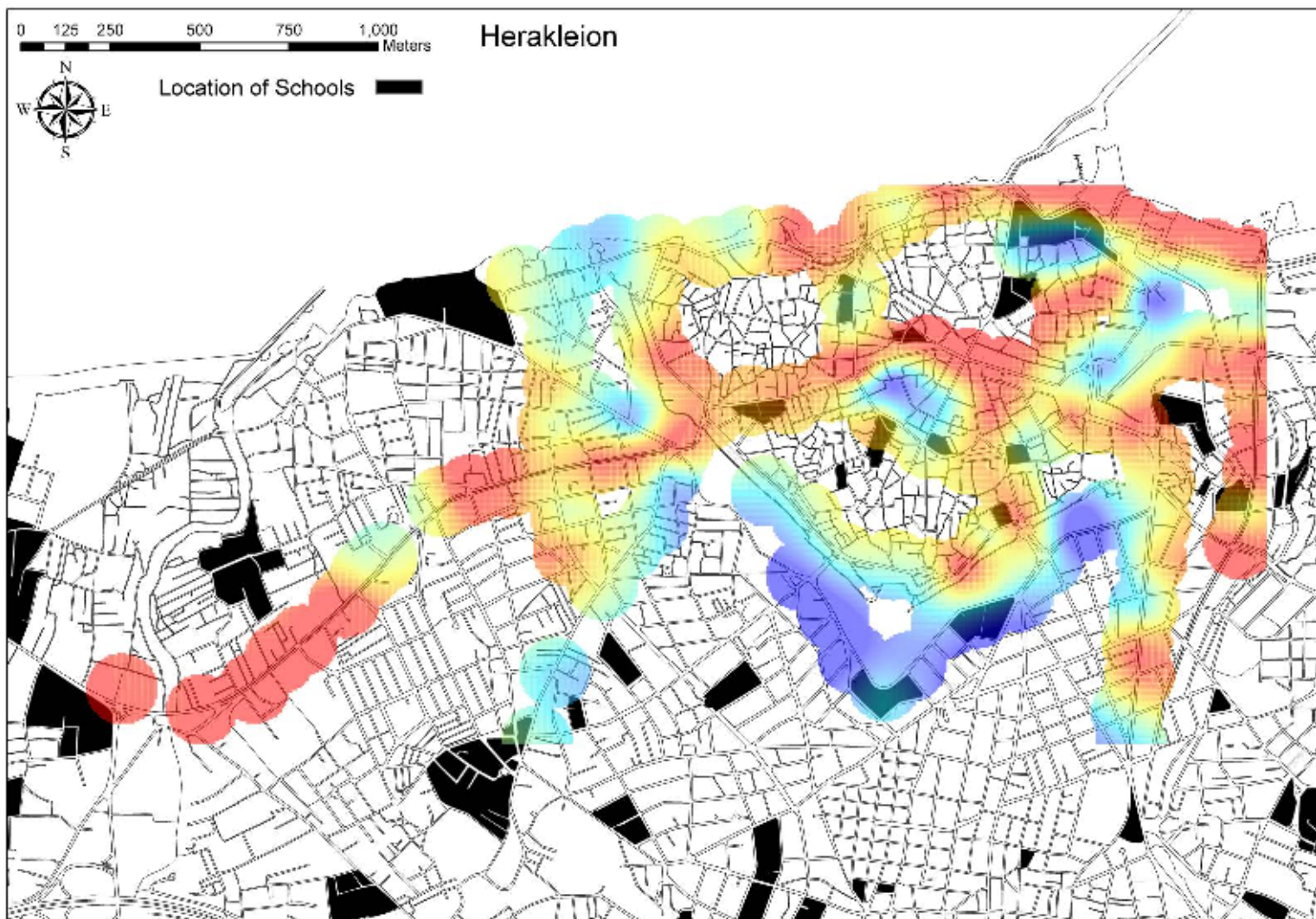
Στο παρόν κεφάλαιο θα χρησιμοποιηθούν και πάλι ζώνες επέκτασης (Buffers) γύρω από τα δειγματοληπτικά σημεία, για να έχουμε μια πιο ρεαλιστική εικόνα.

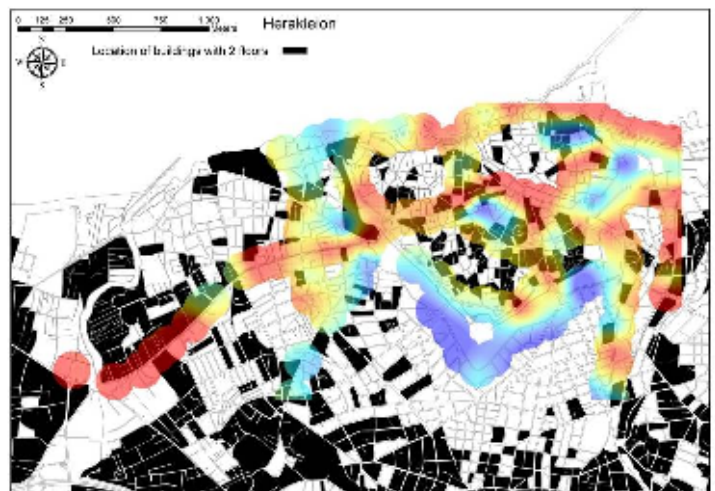
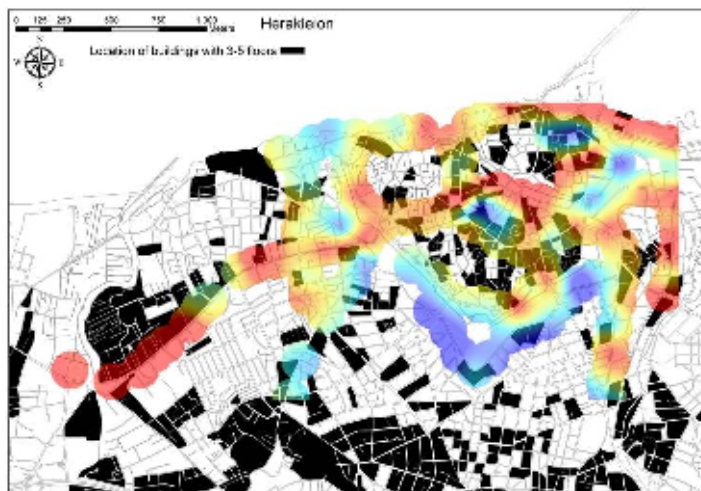
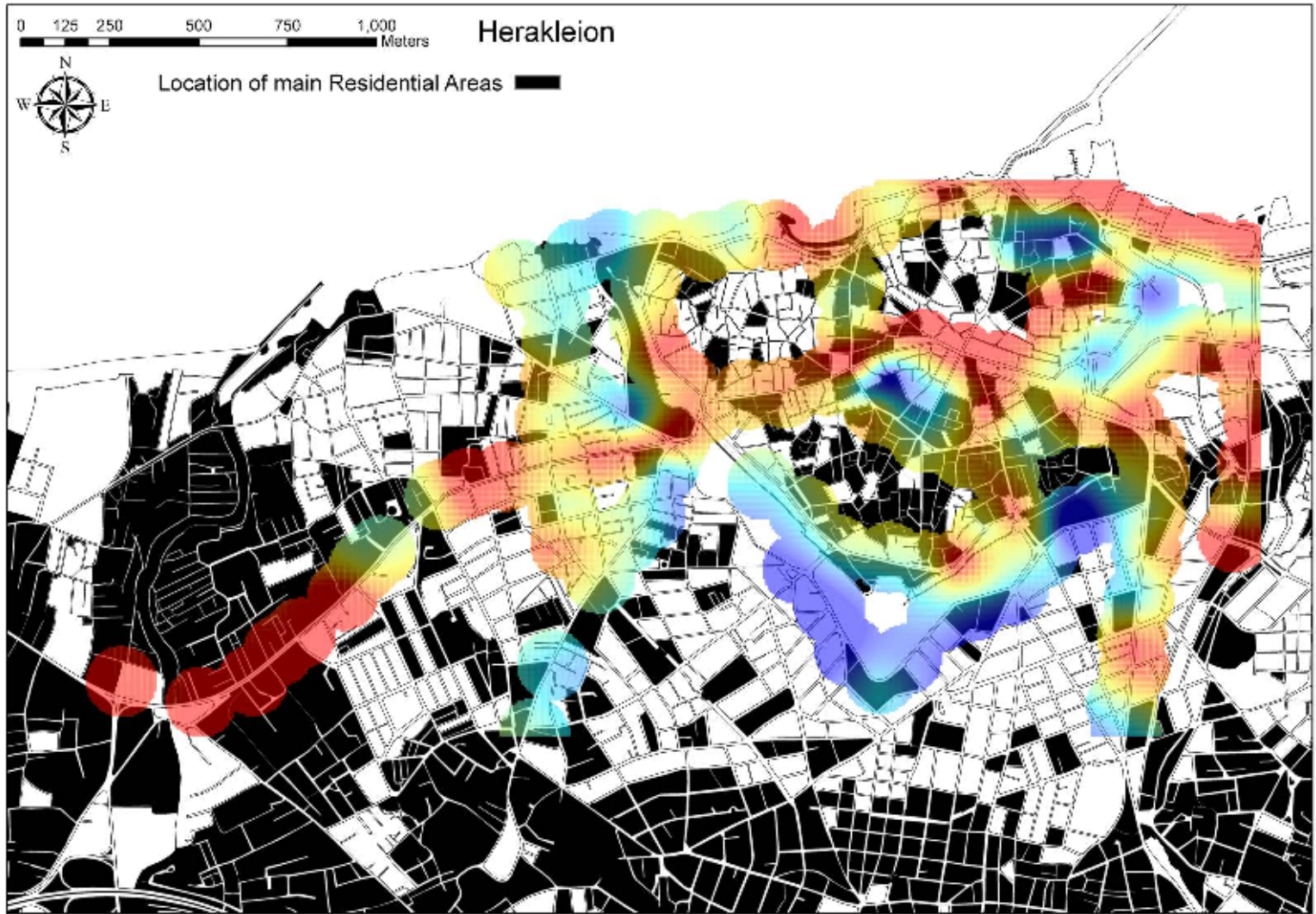
Έπειτα, θα χρησιμοποιηθεί το οδικό δίκτυο σε μορφή polygons για να απομονωθούν οι ίδιες επιφάνειες μόνο κατά μήκος των δρόμων ώστε να γίνει διάκριση ως προς το είδος των δρόμων (Κεντρικές αρτηρίες, εμπορικοί δρόμοι, μονής-διπλής κατεύθυνσης). Το ίδιο θα γίνει και με την πυκνότητα των οικιών γύρω από τους δρόμους. Τα αποτελέσματα φαίνονται στις παρακάτω δύο επιφάνειες.

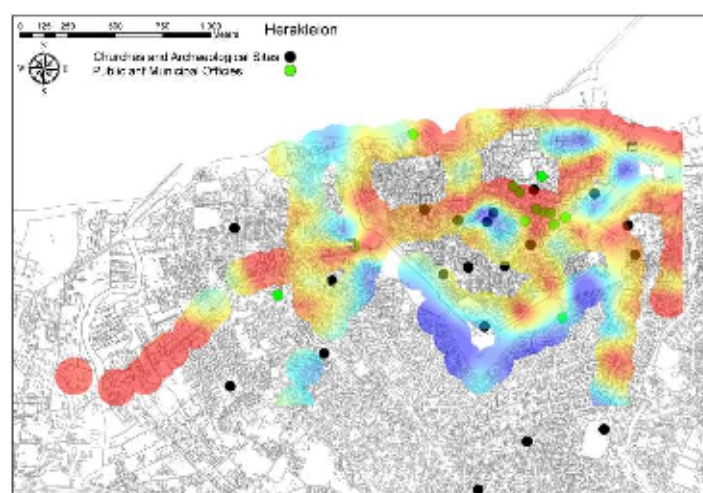
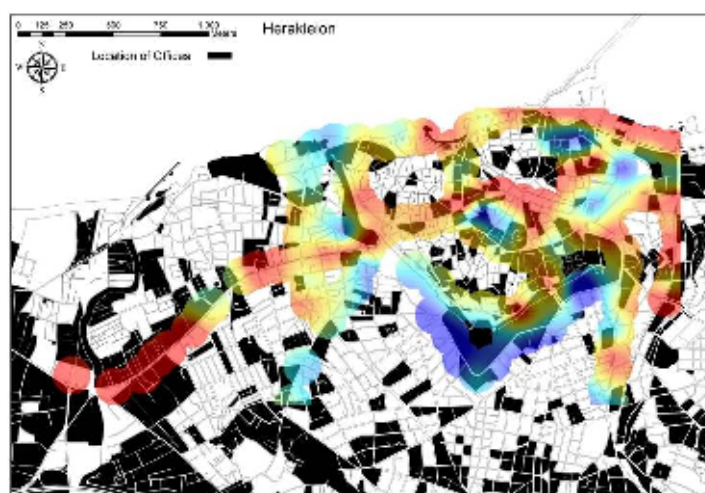
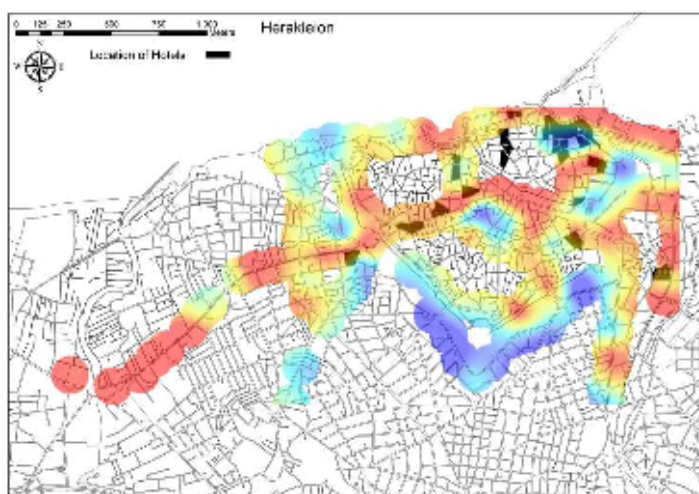
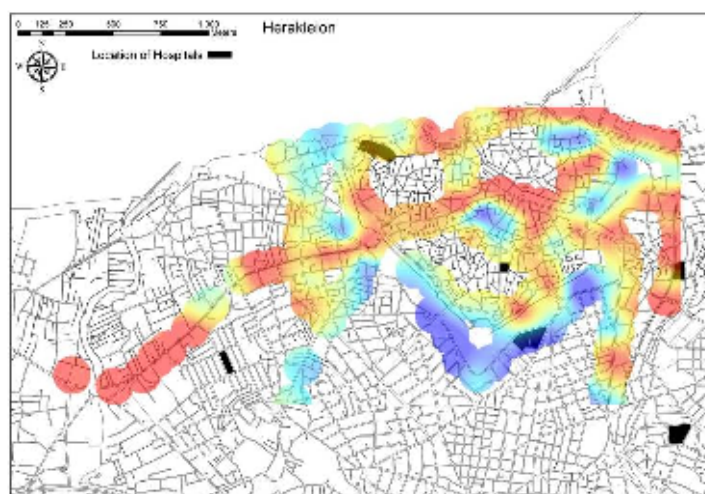




Στην συνέχεια, έγινε υπέρθεση των πολεοδομικών χαρακτηριστικών (χωροθέτηση σχολείων, κατοικημένων περιοχών, νοσοκομείων, γραφείων, κτιρίων με 3 έως 5 πατώματα και μέχρι δύο πατώματα, ξενοδοχείων και αρχαιολογικών χώρων) στον χάρτη με τα Buffer Zones για να δούμε ποια από αυτά επηρεάζονται περισσότερο στις συγκεκριμένες περιοχές όπου έγιναν οι μετρήσεις. Οι επιφάνειες παρουσιάζονται παρακάτω.







ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

4.1 Συμπεράσματα από πίνακες – γραφήματα

Εξετάζοντας τις τιμές των πινάκων, καταλήγουμε σε χρήσιμα συμπεράσματα για τους πέντε πιο θορυβώδεις δρόμους.

Ο πρώτος πίνακας αναφέρεται στις μετρήσεις που πάρθηκαν το πρωί. Η οδός με τον μεγαλύτερο μέσο όρο τιμών θορύβου είναι η 62 Μαρτύρων, όπου οι τιμές βρίσκονται σταθερά πάνω από 70 dB. Αυτό δείχνει ότι ίσως η μεγαλύτερη

λεωφόρος της πόλης του Ηρακλείου βρίσκεται σε μια διαρκώς θορυβώδη κατάσταση τις πρωινές ώρες με τις τιμές στα χαμηλότερα σημεία της λεωφόρου να υπερβαίνουν σταθερά τα 73 dB. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην συνεχή κυκλοφοριακή ροή και στην σύνθεση της κυκλοφορίας όπου είχαμε μεγάλο αριθμό βαρέων οχημάτων.

Ο δεύτερος δρόμος σε μέσο όρο τιμών θορύβου το πρωί είναι η λεωφόρος Σοφοκλή Βενιζέλου. Εδώ παρατηρούνται τιμές κάτω από 70 dB όπου χαρακτηρίζουν μια καλή κατάσταση. Υπάρχουν όμως και τιμές οι οποίες αντιστοιχούν σε πολύ θορυβώδη κατάσταση (75-79 dB). Οι τιμές αυτές εμφανίζονται κοντά στην περιοχή του Γκούλε όπου παρουσιάζεται αυξημένος φόρτος κυκλοφορίας.

Οι μετρήσεις στις λεωφόρους Δικαιοσύνης και Καλοκαιρινού παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά της λεωφόρου Σοφοκλή Βενιζέλου. Οι περισσότερες τιμές είναι πάνω από 70 dB με κάποιες εξάρσεις που φτάνουν κοντά στα 77 dB. Η πολεοδομική σχεδίαση όμως της λεωφόρου διαφέρει από αυτή της Σοφ. Βενιζέλου, με μικρότερο πλάτος οδοστρώματος και περισσότερα κτίρια πλησίον της λεωφόρου.

Η λεωφόρος Ικάρου ηχομετρήθηκε μέχρι την συμβολή της με την Εθνικής Αντιστάσεως, όπου πάρθηκαν μετρήσεις όλες πάνω από 70 dB. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι ένα μέρος της αυξημένης κίνησης των γύρω από την πλατεία Ελευθερίας δρόμων, διοχετεύεται στην Λεωφόρο Ικάρου με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος της οδού. Επίσης, στο κομμάτι της Λεωφόρου Ικάρου όπου έγιναν ηχομετρήσεις, παρατηρήθηκαν μεγάλες ταχύτητες κυκλοφορίας, παράγοντας που αυξάνει τον προκαλούμενο από την μηχανή του αυτοκινήτου θόρυβο.

Η οδός Αρχιεπισκόπου Μακαρίου παρουσιάζει μικρότερο εύρος τιμών από τις υπόλοιπες τέσσερις (68-74 dB), με την τιμή 74, 4 dB να εμφανίζεται στην συμβολή της με την Καλοκαιρινού(Χανιώπορτα), ένα από τα πιο θορυβώδη σημεία της πόλης. Η κατάταξη της οδού στους πιο θορυβώδεις δρόμους, μπορεί να εξηγηθεί από τον αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο που

παρατηρήθηκε. Ο μεγάλος φόρτος μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η οδός ενώνει την παραλιακή Λεωφόρο με το ιστορικό κέντρο.

Η εξέταση των γραφημάτων του μέσου όρου των τιμών των πέντε πιο θορυβωδών δρόμων θα γίνει εξετάζοντας ένα-ένα τα γραφήματα, αλλά και συγκρίνοντας τα μεταξύ τους.

Ο μέσος όρος των μετρήσεων το πρωί κατατάσσει την λεωφόρο 62 Μαρτύρων ως τον πιο θορυβώδη. Οι διαφορές στις τιμές θορύβου μεταξύ των πέντε λεωφόρων είναι μικρές (περίπου 1dB).

Συγκρίνοντας τις πρωινές με τις απογευματινές με ανοικτά καταστήματα μετρήσεις παρατηρούμε τα εξής:

- Η λεωφόρος 62 Μαρτύρων εξακολουθεί να είναι ο πιο θορυβώδης δρόμος και τις απογευματινές ώρες με ανοικτά καταστήματα, μειώνοντας όμως τις τιμές της κατά περίπου 1dB.
- Ο δεύτερος πιο θορυβώδης δρόμος γίνεται η λεωφόρος Δικαιοσύνης-Καλοκαιρινού. Το γεγονός αυτό, μαζί με τους αυξημένους φόρτους κυκλοφορίας που παρατηρήθηκαν δείχνει ότι οι κεντρικοί δρόμοι του ιστορικού κέντρου ανεβάζουν τις τιμές τους σε σχέση με την παραλιακή (Σοφ. Βενιζέλου) όπου έχουμε αισθητή μείωση των τιμών.
- Ένα άλλο δείγμα της αύξησης των επιπέδων θορύβου στους κεντρικούς δρόμους του ιστορικού κέντρου κατά τις απογευματινές ώρες με ανοικτά καταστήματα είναι η είσοδος της Λεωφόρου 1821 στους πέντε πιο θορυβώδης δρόμους.
- Γενικά παρατηρείται μια πτώση των επιπέδων θορύβου στους περισσότερους δρόμους σε σχέση με τις πρωινές μετρήσεις κατά 1-2 dB.

Συγκρίνοντας τις απογευματινές μετρήσεις με ανοικτά και κλειστά καταστήματα παρατηρούμε τα εξής:

- Τάση μείωσης του θορύβου στους περισσότερους δρόμους κατά 1-2 dB, εξαιρουμένης της Λεωφόρου Δικαιοσύνης-Καλοκαιρινού

- Αύξηση των τιμών θορύβου στην Σοφοκλή Βενιζέλου (Παραλιακή) με κλειστά καταστήματα .

Συγκρίνοντας τις απογευματινές μετρήσεις με κλειστά καταστήματα με αυτές του Σαββάτου παρατηρούμε τα εξής:

- Μείωση θορύβου στους δύο πιο θορυβώδης δρόμους(62 Μαρτύρων και Δικαιοσύνης- Καλοκαιρινού)
- Αύξηση επιπέδων θορύβου στην Σοφ. Βενιζέλου (Παραλιακή) και στους δρόμους που οδηγούν σε αυτή(Ικάρου και Αρχιεπισκόπου Μακαρίου).

Το τελευταίο γράφημα δείχνει το ποσό υπέρβασης των τεσσάρων πιο θορυβωδών οδών της οριακής τιμής των 67 dB την οποία έχει ορίσει η Ελληνική νομοθεσία ως ανώτατο όριο. Σε αυτό το γράφημα παρατηρούμε τις μέγιστες υπερβάσεις του ορίου να γίνονται κατά τις πρωινές ώρες σε όλους τους δρόμους, με μεγαλύτερη υπέρβαση αυτή της Λεωφόρου 62 Μαρτύρων (5,87 dB). Η λεωφόρος Δικαιοσύνης-Καλοκαιρινού με την Λεωφόρο 62 Μαρτύρων είναι οι σταθερά πιο θορυβώδης δρόμοι και δείχνουν να μην επηρεάζονται από το κλείσιμο των καταστημάτων. Αντίθετα, στις λεωφόρους Ικάρου και Αρχιεπισκόπου Μακαρίου υπάρχει αισθητή μείωση των επιπέδων θορύβου με το κλείσιμο των καταστημάτων.

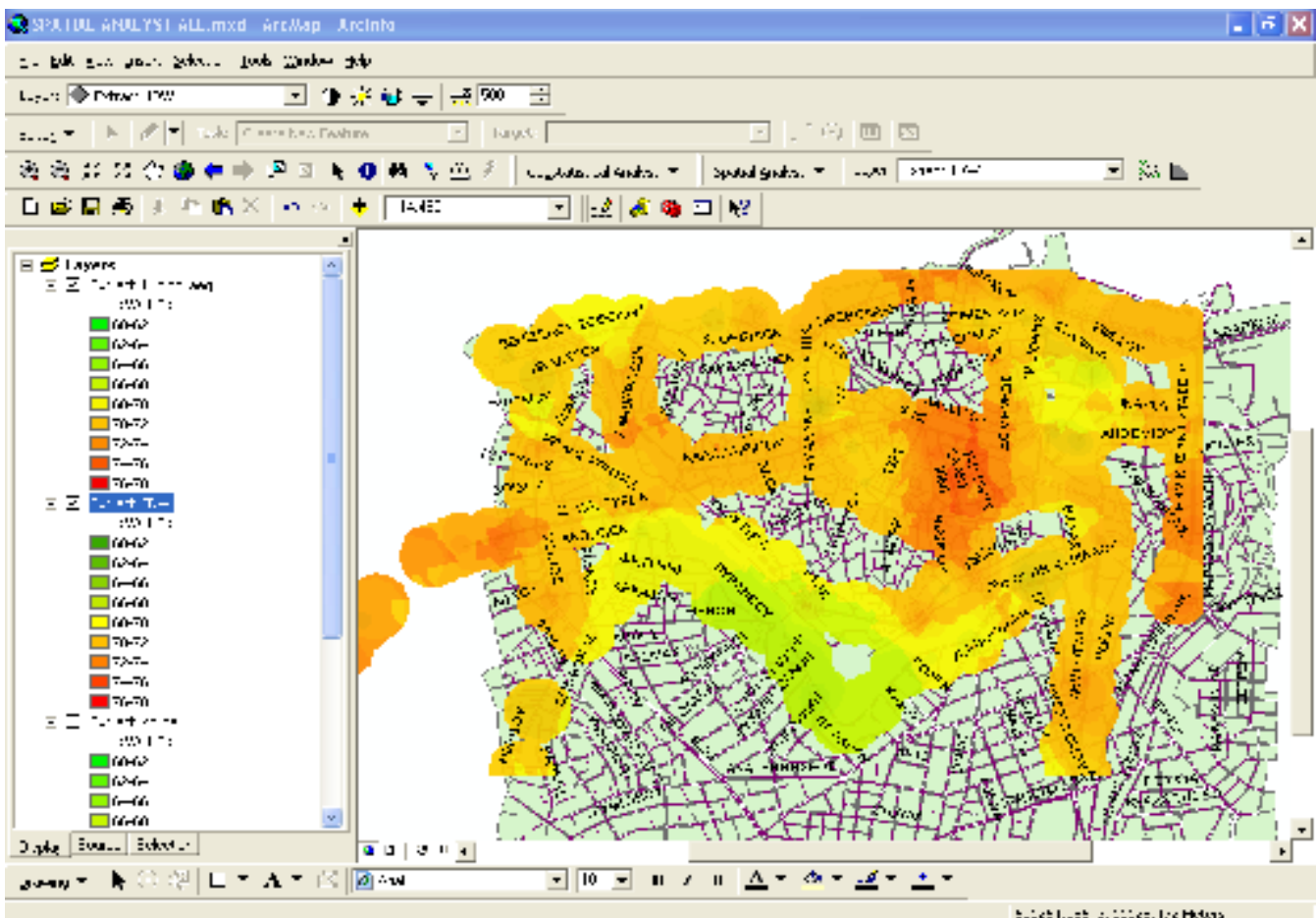
4.2 Συμπεράσματα από χάρτες

Τα συμπεράσματα τα οποία θα εξαχθούν από τους χάρτες θα μας δώσουν μια ρεαλιστική εικόνα για την κατάσταση που επικρατεί στο κέντρο της πόλης στο θέμα του θορύβου, παίρνοντας αποτελέσματα σε δρόμους όπου δεν υπήρχε η δυνατότητα να πραγματοποιηθούν μετρήσεις.

Καταρχήν, θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που πήραμε από τις μεθόδους παρεμβολής της χωρικής και γεωστατιστικής ανάλυσης ξεχωριστά.

4.2.1 Spatial Analyst

Ξεκινώντας με την χωρική ανάλυση, θα εισαγάγουμε τα Layers από τις τρεις μεθόδους παρεμβολής που μας δίνει η χωρική ανάλυση, σε ένα καινούριο χάρτη ώστε να μπορούν να γίνουν οι συγκρίσεις. Από τις τρεις μεθόδους θα επιλεγεί μια ή οποία θα αναλυθεί περαιτέρω. Στο σχήμα 45 φαίνονται οι 3 μέθοδοι παρεμβολής που χρησιμοποιήθηκαν. Για την καλύτερη επιλογή της πιο ρεαλιστικής επιφάνειας από τις τρεις, δημιουργήσαμε εννιά κλάσεις ανά δύο dB η κάθε μια.



Σχήμα 45: Σύγκριση μεθόδων παρεμβολής στην χωρική ανάλυση

Για να διαπιστώσουμε ποιά μέθοδος αποτυπώνει πιο ρεαλιστικά την υπάρχουσα κατάσταση, θα συγκρίνουμε ορισμένες από τις τιμές των δεδομένων μας (από τις ηχομετρήσεις) με τις τιμές πρόβλεψης που μας δίνουν οι μέθοδοι παρεμβολής για να γίνει έτσι μια επαλήθευση της ακρίβειας των προβλέψεων.

Εξετάζοντας αρχικά την μέθοδο Kriging, παρατηρούμε ότι σε πολλές περιοχές του χάρτη υπάρχουν σημεία όπου η μέθοδος έχει κάνει κακές εκτιμήσεις και συγκεκριμένα υποτιμήσεις (Underestimates) των τιμών. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία σε κομβικά σημεία όπως η Χανιώπορτα, Πλατεία Ελευθερίας, το σημείο ανάμεσα στις οδούς 1821 και Δικαιοσύνης όπου οι τιμές πρόβλεψης είναι τουλάχιστον 2-3 μονάδες μικρότερες απ' ότι στην πραγματικότητα. Επίσης, το σύνολο των τιμών πρόβλεψης βρίσκεται σε μικρό εύρος τιμών τείνοντας να εξαλείψει πολύ μεγάλες ή πολύ μικρές τιμές από την πρόβλεψη, ομαλοποιώντας έτσι την επιφάνεια, χάνοντας όμως πληροφορίες που ενδέχεται να υπάρχουν τοπικά σε κάποια σημεία.

Η μέθοδος IDW φαίνεται να συμπεριλαμβάνει υψηλές τιμές(πάνω από 73dB) τις οποίες η μέθοδος Kriging έχει αποκλείσει και είναι υπαρκτές. Επίσης, η συγκεκριμένη μέθοδος φαίνεται να αποτυπώνει πιο ρεαλιστικά, κάποια σημεία μεγάλου ενδιαφέροντος (λόγω της υψηλής όχλησης που παρουσιάζουν) και τις αυξομειώσεις θορύβου που παρατηρούνται σε μερικές οδούς(π.χ. Λεωφόρος Δημοκρατίας). Ωστόσο και εδώ φαίνεται να έχουν γίνει κακές εκτιμήσεις σε συγκεκριμένα σημεία, μικρότερης όμως έκτασης και χαμηλότερου ενδιαφέροντος.

Η μέθοδος Spline φαίνεται να υπερεκτιμά (Overestimate) σε πολλά σημεία τις ήδη υψηλές τιμές των συγκεκριμένων περιοχών με αποτέλεσμα να παίρνουμε μη ρεαλιστικά επίπεδα θορύβου, ενώ συγχρόνως κάνει κακή εκτίμηση και στις περιοχές με χαμηλά επίπεδα θορύβου με αποτέλεσμα την αστοχία της μεθόδου. Σαν παραδείγματα αναφέρουμε τις κάποια σημεία στις οδούς Έβανς, Νεάρχου(Παραλιακή) και 62 Μαρτύρων με τιμές πρόβλεψης 74-77 dB, κάτι μη ρεαλιστικό.

Για την σύγκριση των τριών μεθόδων θα γίνουν δύο πίνακες με τα πιο θορυβώδη και τα πιο ήσυχα σημεία των επιφανειών που προκύπτουν από τις ηχομετρήσεις και τους χάρτες. Οι πίνακες παρουσιάζονται παρακάτω.

| Streets | IDW | Kriging | Spline | Real Data |
|------------------------------------|--------------|----------------|---------------|------------------|
| A₅(Νεάρχου) | 74,47 | 69 | 75,64 | 79,1 |
| A₇(Νεάρχου) | 75,15 | 69,76 | 75,99 | 75,4 |
| A₈(Νεάρχου) | 72,29 | 70,29 | 72,21 | 76,8 |
| B₆(Χανιώπορτα) | 72,05 | 68,39 | 72,79 | 74,4 |
| Γ₁₂(62 Μαρτύρων) | 74,87 | 69,77 | 74,96 | 77,6 |
| Γ₁₉(62 Μαρτύρων) | 76,67 | 71,53 | 76,67 | 76,8 |
| Γ₂₀(62 Μαρτύρων) | 74,2 | 72,07 | 74,02 | 74,2 |
| Γ₂₁(62 Μαρτύρων) | 74,99 | 72,14 | 74,94 | 75 |
| Δ₃(Δικαιοσύνης) | 74,36 | 71,42 | 74,49 | 74,4 |
| Ε₅(Εβανς) | 74,83 | 71,17 | 74,77 | 75 |
| Z₈(Δημοκρατίας) | 74,82 | 68,67 | - | 74,9 |

Πίνακας 11: Τα 11 πιο θορυβώδη σημεία της πόλης

| Streets | IDW | Kriging | Spline | Real Data |
|-----------------------------------|--------------|----------------|---------------|------------------|
| O₈(Γ.Γεωργιάδη) | 64,71 | 65,91 | 68,51 | 64,7 |
| O₄(Γ.Γεωργιάδη) | 64,2 | 68,74 | 71,44 | 64,2 |
| Λ6(Δουκός Μπο- φόρ) | 63,91 | 68 | 65,06 | 63,9 |
| Λ3(Δουκός Μπο- φόρ) | 63,23 | 68,42 | 68,33 | 63,2 |
| Ξ2 | | | | 62,5 |
| O13(Γ.Γεωργιάδη) | 62,2 | 64,94 | - | 62,2 |
| O12(Γ.Γεωργιάδη) | 61,41 | 65,38 | 71,09 | 61,4 |
| O5(Γ.Γεωργιάδη) | 61,35 | 68,14 | 73,03 | 61,3 |
| Λ5(Δουκός Μπο- φόρ) | 60,8 | 67,56 | 65,24 | 60,8 |
| O11(Γ.Γεωργιάδη) | 60,7 | 65,5 | - | 60,7 |
| P2 | 60,63 | 68,66 | - | 60,6 |

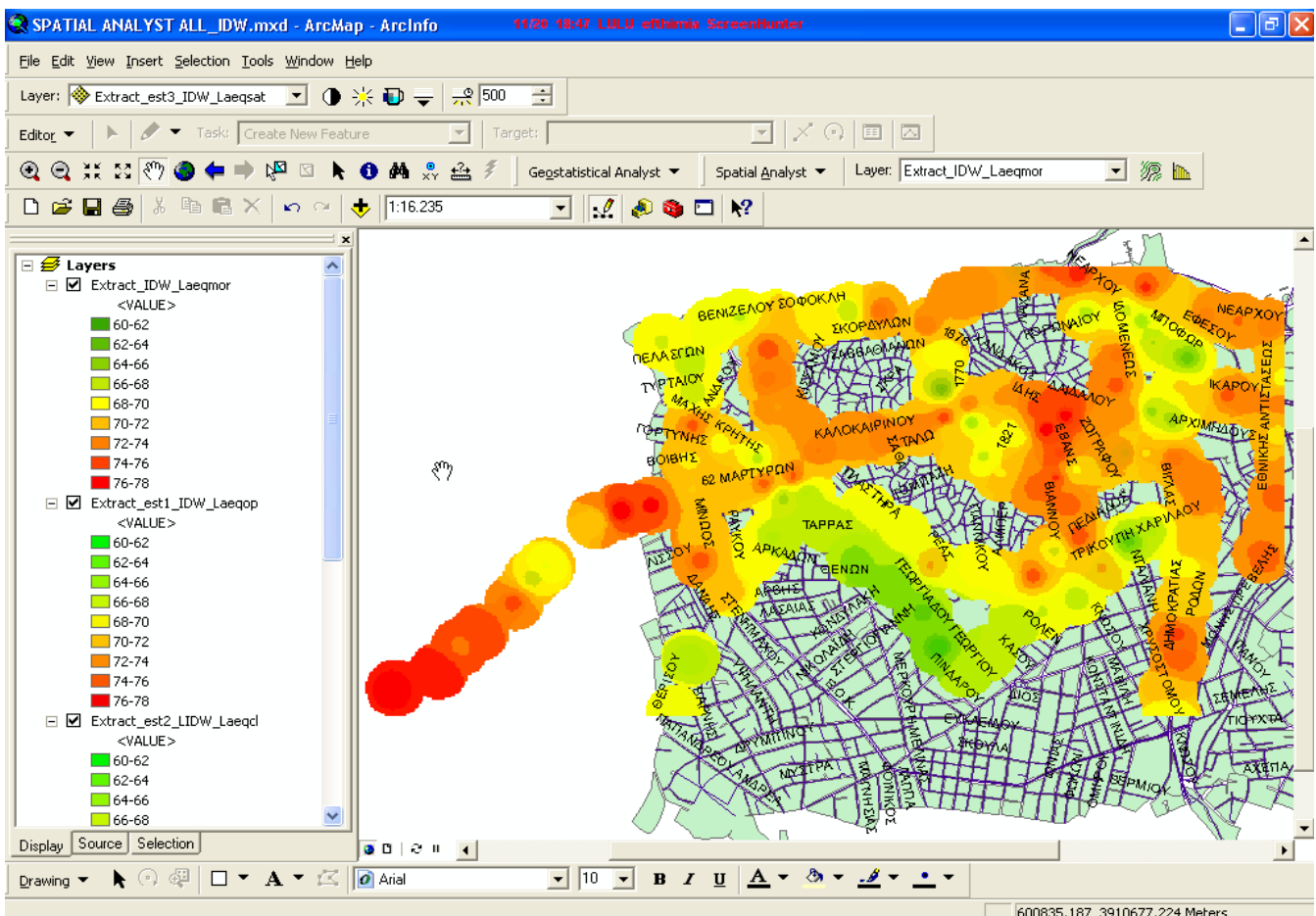
Πίνακας 12: Τα 11 πιο ήσυχα σημεία της πόλης

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα από τις τρεις παραπάνω μεθόδους, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος που αντιπροσωπεύει καλύτερα την υπάρχουσα κατάσταση είναι η μέθοδος IDW για τους παρακάτω λόγους:

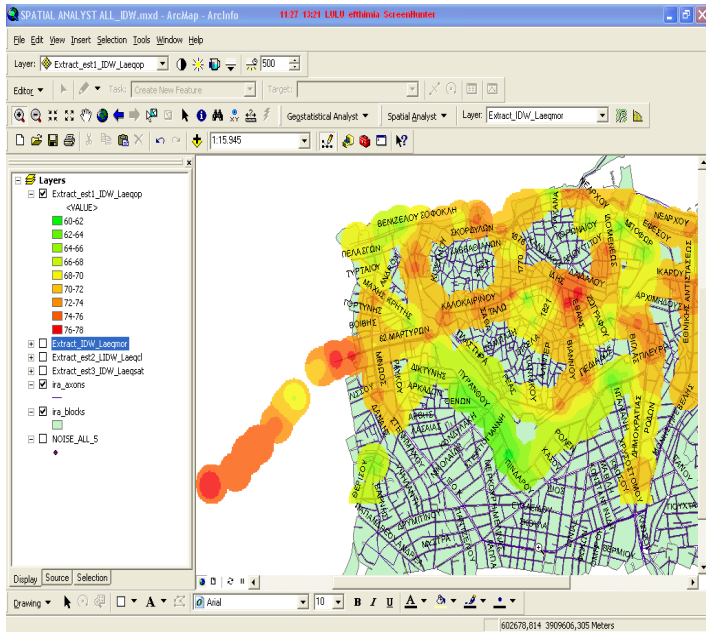
- 1) Αποτυπώνει με πιο ρεαλιστικό τρόπο τις ηχομετρήσεις που έγιναν και δίνει μια ακριβέστερη πρόβλεψη για τα σημεία όπου δεν έχουν παρθεί μετρήσεις.
- 2) Συμπεριλαμβάνει ένα εύρος τιμών(πάνω από 73 dB) οι οποίες είναι υπαρκτές και τις οποίες η μέθοδος Kriging δεν υπολογίζει. Το ίδιο εύρος τιμών συμπεριλαμβάνεται από την μέθοδο Spline αλλά υπερεκτιμάται.

3) Δίνει έμφαση στην λεπτομέρεια. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να εξετάσουμε τοπικά κάποια σημεία έντονου ενδιαφέροντος.

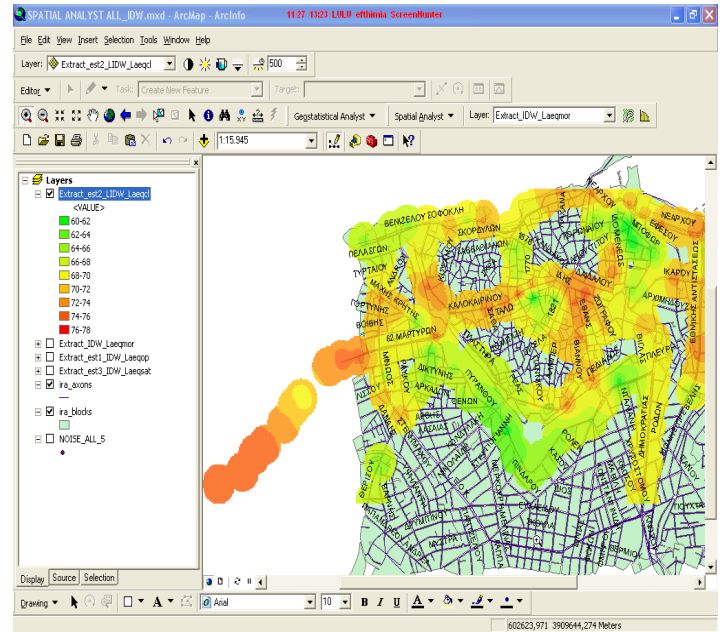
Έχοντας επιλέξει την καλύτερη μέθοδο, θα δημιουργήσουμε τέσσερις επιφάνειες (σχήματα 46-49) με την μέθοδο IDW η οποίες θα περιέχουν τις τέσσερις καταστάσεις για τις μετρήσεις το πρωί, απόγευμα με ανοικτά καταστήματα, απόγευμα κλειστά καταστήματα και Σάββατο, για τον κύριο δείκτη θορύβου L_{aeq} . Στην συνέχεια θα αναλύσουμε τις πληροφορίες που παίρνουμε από τους χάρτες.



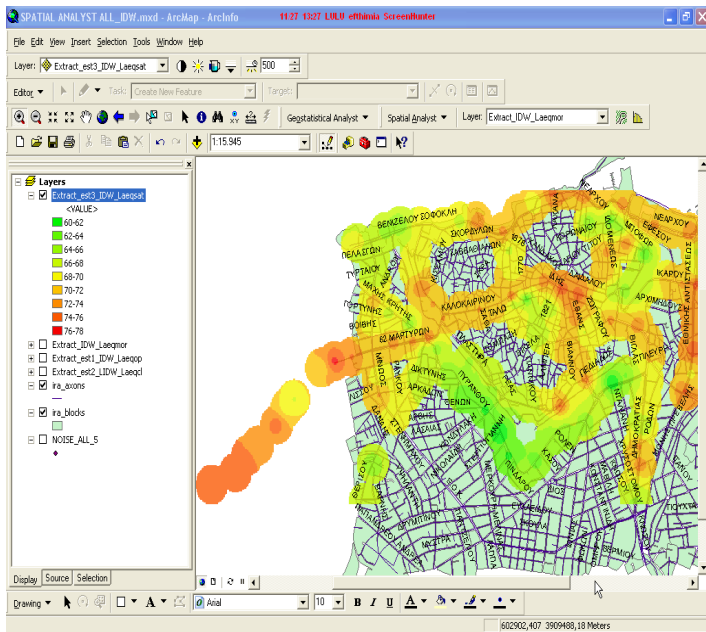
Σχήμα 46: Τελική επιφάνεια- $L_{aeq_{mor}}$



Σχήμα 47: Τελική επιφάνεια- L_{aeq_p}



Σχήμα 48: Τελική επιφάνεια- L_{aeq_c1}



Σχήμα 49: Τελική επιφάνεια- $L_{aeq_{sat}}$

Η σύγκριση μεταξύ των τεσσάρων παραχθέντων επιφανειών για τις τέσσερις καταστάσεις της ημέρας όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μας οδήγησε στις παρακάτω παρατηρήσεις:

Οι περιοχές όπου παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα επίπεδα θορύβου είναι:

α) Οδός Έβανς και παράλληλοι σε αυτήν δρόμοι- Λεωφόρος Δικαιοσύνης

- β) Λεωφόρος 62 Μαρτύρων (Διασταύρωση Καμινίων-τέλος Λεωφόρου)
- γ) Οδός Νεάρχου (Παραλιακή) στο ύψος του φρουρίου Γκούλε και στο “Μαρίνα”.
- δ) Λεωφόρος Δημοκρατίας στην συμβολή της με την Λεωφόρο Παπανδρέου.
- ε) Λεωφόρος Εθνικής Αντιστάσεως στην συμβολή της με την Οδό Γερωνυμάκη.
- Στ) Περιοχή Χανιώπορτας.

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις μπορούμε να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

α) Ο πολεοδομικός σχεδιασμός της οδού Έβανς(εικόνα ?) (Ιδιαίτερα της "Μικρής Έβανς") επηρεάζει τα επίπεδα θορύβου της οδού όπως και των γειτονικών λιγότερο θορυβωδών δρόμων. Τα υψηλά κτίρια και το μικρό πλάτος οδοστρώματος "Εγκλωβίζουν" τον θόρυβο με αποτέλεσμα ο ήχος να ανακλάται και να διαθλάται προς όλες τις κατευθύνσεις. Συγκρίνοντας τα στρώματα (Layers) του χάρτη για τις οδούς Έβανς –Δικαιοσύνης και τις παραπλήσιες οδούς για απογευματινές μετρήσεις και το Σάββατο παρατηρούμε:

- I. Διατήρηση των υψηλών επιπέδων θορύβου (κοντά στα 73 dB) το απόγευμα με ανοικτά καταστήματα.
- II. Πτώση των επιπέδων θορύβου με κλειστά καταστήματα και το Σάββατο κατά 2-3dB.



Εικόνα 1: Οδός Έβανς

β) Η Λεωφόρος 62 Μαρτύρων είναι μια από τις μεγαλύτερες Λεωφόρους του Ηρακλείου. Τα σημεία με τα μεγαλύτερα επίπεδα θορύβου είναι η διασταύρωση των καμινίων (εικόνα 2)



Εικόνα 2: Λεωφόρος 62 Μαρτύρων - Διασταύρωση Καμινίων

με τιμές γύρω στα 77,5 dB και η περιοχή στο τέλος της Λεωφόρου(εικόνα 3)



Εικόνα 3: Λεωφόρος 62 Μαρτύρων

με τιμές από 74-76,8 dB. Στο πρώτο σημείο παρατηρούμε ότι διακόπτεται το κράσπεδο που υπήρχε στο μέσον της Λεωφόρου, με αποτέλεσμα να διαμορφώνεται ουσιαστικά μια διασταύρωση με κάθετους άξονες και μεγαλύτερους φόρτους κυκλοφορίας. Επιπλέον, η έλλειψη φύτευσης στον μέσον του δρόμου λειτουργεί επιβαρυντικά στα επίπεδα θορύβου του σημείου. Στο επόμενο σημείο παρατηρείται διαπλάτυνση της Λεωφόρου με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι ταχύτητες κυκλοφορίας και ο θόρυβος. Στο τελευταίο σημείο (εικόνα 4)



Εικόνα 4:Λεωφόρος 62 Μαρτύρων

βλέπουμε πάλι ότι διακόπτεται το κράσπεδο με αποτέλεσμα να υπάρχει συμφόρηση από την κυκλοφορία των κάθετων δρόμων και στην συνέχεια παρατηρείται. Συγκρίνοντας τα στρώματα (Layers) του χάρτη για την Λεωφόρο 62 Μαρτύρων καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- I. Στα περισσότερα σημεία κατά μήκος της οδού παρατηρείται απόκλιση επιπέδων θορύβου ανάμεσα στις πρωινές και απογευματινές μετρήσεις , με μειώσεις τιμών το απόγευμα που σε ορισμένα σημεία φτάνουν τα 4 dB
- II. Στην σύγκριση των απογευματινών μετρήσεων (Ανοικτά – Κλειστά καταστήματα) παρατηρείται μια μείωση των τιμών στα σημεία τα οποία είχαν υψηλές τιμές κατά 1-2 dB. Η επιφάνεια των μετρήσεων τις απογευματινές ώρες με κλειστά καταστήματα παρουσιάζει μια γενικά καλή κατάσταση από άποψη θορύβου.
- III. Οι μετρήσεις του Σαββάτου δείχνουν μείωση επιπέδων θορύβου σε σχέση με τις πρωινές και απογευματινές με κλειστά καταστήματα μετρήσεις .

γ) Η οδός Νεάρχου και συγκεκριμένα το σημείο έξω από το φρούριο Γκού-
λε(εικόνα 5)



Εικόνα 5: Παραλιακή οδός

και η περιοχή της "Μαρίνας" είναι τα πιο θορυβώδη σημεία της παραλιακής οδού, ιδιαίτερα τις πρωινές ώρες με τιμές θορύβου κοντά στα 75 dB. Ο λόγος είναι ο μεγάλος φόρτος κυκλοφορίας και τα πολλά δίκυκλα που διασχίζουν την συγκεκριμένη διατομή. Οι απογευματινές μετρήσεις (Ανοικτά- Κλειστά καταστήματα) και οι μετρήσεις του Σαββάτου δεν διαφέρουν πολύ.

δ) Η διασταύρωση των Λεωφόρων Δημοκρατίας και Παπανδρέου (εικόνα 6)



Εικόνα 6: Διασταύρωση Δημοκρατίας- Παπανδρέου

είναι από τις πιο θορυβώδης περιοχές του χάρτη με τιμές 73-74 dB, οι οποίες όμως μειώνονται κατά πολύ τις απογευματινές ώρες (67 dB) και λιγότερο το Σάββατο (70 dB). Αυτό οφείλεται στον μεγάλο φόρτο κυκλοφορίας της συγκεκριμένης διασταύρωσης

ε) Η διασταύρωση της Λεωφόρου Εθνικής Αντιστάσεως με την οδό Γερωνυμάκη είναι μια περιοχή με παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά της προηγούμενης διασταύρωσης αλλά με μικρότερες τιμές το πρωί (72 dB). Οι μεγάλες τιμές οφείλονται στον μεγάλο φόρτο κυκλοφορίας της διασταύρωσης.

στ) Η περιοχή της Χανιώπορτας χαρακτηρίζεται από μεγάλο φόρτο κυκλοφορίας και σύνθεση της κυκλοφορίας με μεγάλο ποσοστό βαρέων οχημάτων και δικύκλων, γεγονός που επιβαρύνει τα επίπεδα θορύβου της περιοχής. Ο αυξημένος φόρτος κυκλοφορίας οφείλεται και στο γεγονός ότι πρόκειται για διασταύρωση με πολλές κατευθύνσεις(εικόνα7



Εικόνα 7: Περιοχή Χανιώπορτας

4.2.2 Geostatistical Analyst

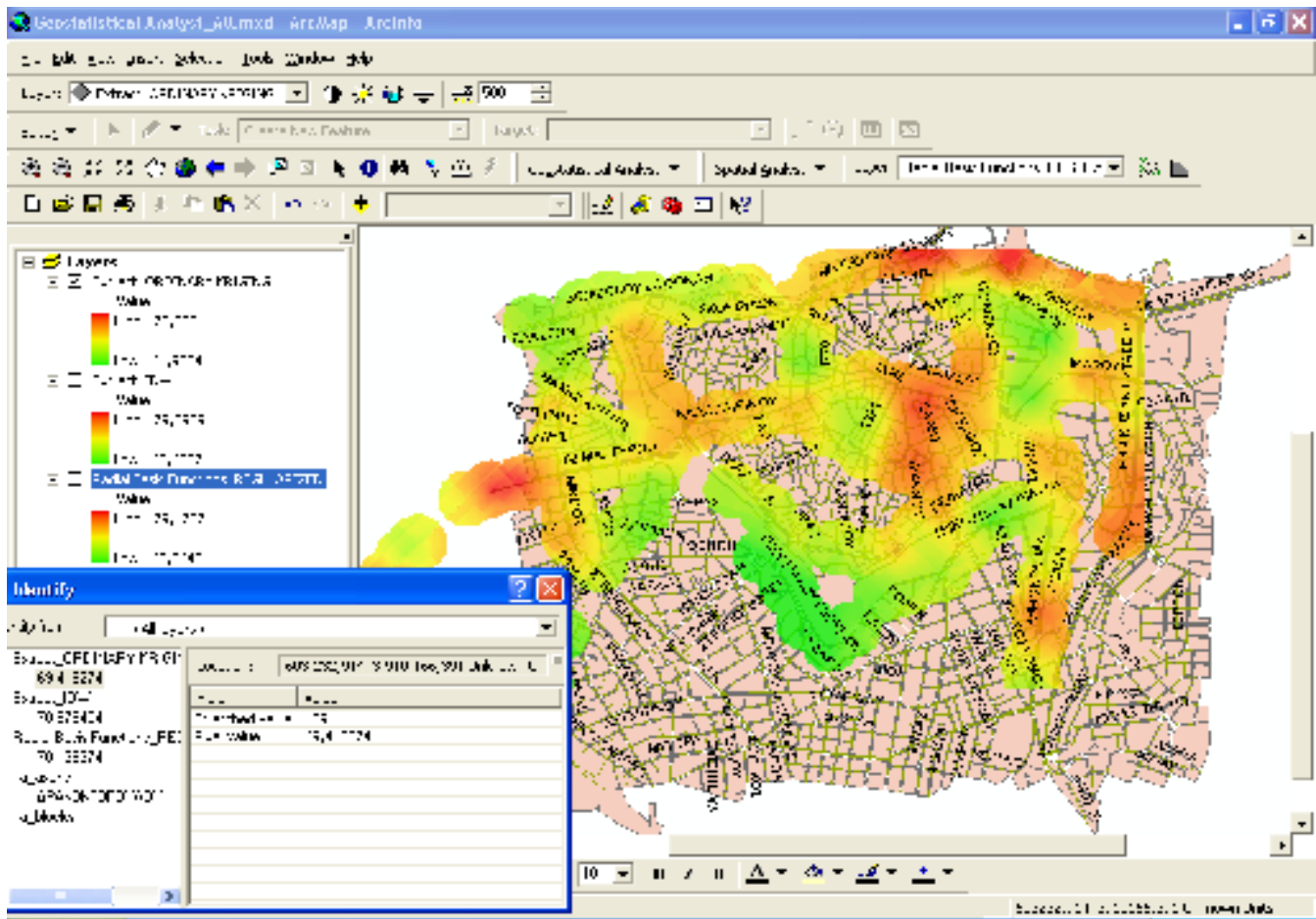
Στην Γεωστατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν 4 μέθοδοι παρεμβολής. Οι μέθοδοι Indicator και Ordinary Kriging που ανήκουν στην οικογένεια των τεχνικών Kriging και οι μέθοδοι IDW και RBF (Radial Basis Function).

Η μέθοδος Indicator Kriging χρησιμοποιήθηκε για να δείξει το ποσοστό υπέρβασης των τιμών θορύβου, της οριακής τιμής των 67 dB, έτσι ώστε να έχουμε μια πρώτη εικόνα για το ποιές περιοχές έχουν μεγαλύτερο πρόβλημα. Στο σχήμα 31 όπου παρουσιάζεται η τελική επιφάνεια της μεθόδου, φαίνονται τα ποσοστά υπέρβασης της οριακής τιμής, σε μια δεκαδική κλίμακα του 1. Η πρώτη εκτίμηση είναι ότι σχεδόν όλες οι περιοχές γύρω και πάνω στα δειγματοληπτικά σημεία υπερβαίνουν το όριο των 67 dB. Οι δρόμοι με την μεγαλύτερη επιβάρυνση φαίνεται να είναι η Εβανς, Δικαιοσύνης, Καλοκαιρινού, 62 Μαρτύρων, Δημοκρατίας και ένα κομμάτι της παραλιακής. Τα ποσοστά υπέρβασης σε αυτές τις οδούς είναι 75-85% μεγαλύτερα της οριακής τιμής. Ένας πιθανός παράγοντας επιβάρυνσης των παραπάνω δρόμων είναι η μεγάλη εμπορική

δραστηριότητα που αναπτύσσεται λόγω των καταστημάτων. Αυτό οδηγεί σε αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου των συγκεκριμένων δρόμων με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο οδικός θόρυβος. Οι περιοχές με την μικρότερη επιβάρυνση βρίσκονται στα όρια των τειχών του ιστορικού κέντρου, όπου ξεκινούν οι κατοικημένες περιοχές με ποσοστά υπέρβασης της οριακής τιμής 25-50%.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα 67dB τα οποία έχει ορίσει η Ελληνική νομοθεσία σαν όριο, αντιπροσωπεύουν μια ιδανική κατάσταση, η οποία είναι πολύ δύσκολο να επιτευθεί. Έτσι, μια μικρή υπέρβαση αυτής της τιμής, της τάξης των 1-2 dB, αντιπροσωπεύει μια αρκετά καλή κατάσταση.

Η σύγκριση για την επιλογή της πιο αντιπροσωπευτικής τεχνικής θα γίνει μεταξύ των μεθόδων Ordinary Kriging, IDW(Inverse Distance Weight) και RBF(Radial Basis Function). Η διαδικασία θα γίνει ακριβώς όπως και στην χωρική ανάλυση, δημιουργώντας ένα καινούριο Map File όπου θα εισαχθούν τα Layers των μεθόδων(Σχήμα 50).



Σχήμα 50: Σύγκριση μεθόδων παρεμβολής στην Γεωστατιστική Ανάλυση

Επιλέγοντας το εργαλείο **Identify** της εργαλειοθήκης **Tools** και επιλέγοντας **Identify From All Layers**, μπορούμε να διαλέξουμε οποιοδήποτε σημείο και να συγκρίνουμε τις τιμές πρόβλεψης που μας δίνουν οι τρεις μέθοδοι παρεμβολής.

Ξεκινώντας με την μέθοδο Ordinary Kriging, παρατηρούμε κάποιες υποτιμήσεις τιμών (Underestimates) σε κεντρικούς δρόμους με τους μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους, όπως η Λεωφόρος Καλοκαιρινού, 62 Μαρτύρων και η παραλιακή. Αυτές οι υποτιμήσεις φαίνεται να γίνονται και σε άλλους δρόμους με μικρότερη ένταση. Αυτό μας δείχνει μια μη-ρεαλιστική απεικόνιση της πραγματικότητας στην επιφάνεια του χάρτη. Γενικά η μέθοδος Ordinary Kriging

τείνει να εξομαλύνει τις τιμές μειώνοντας τις πολύ υψηλές τιμές των δεδομένων και αυξάνοντας τις χαμηλές, δίνοντας μια επιφάνεια πρόβλεψης η οποία δεν δίνει έμφαση στην λεπτομέρεια με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αναγνωστούν τυχόν τοπικές εξάρσεις τιμών.

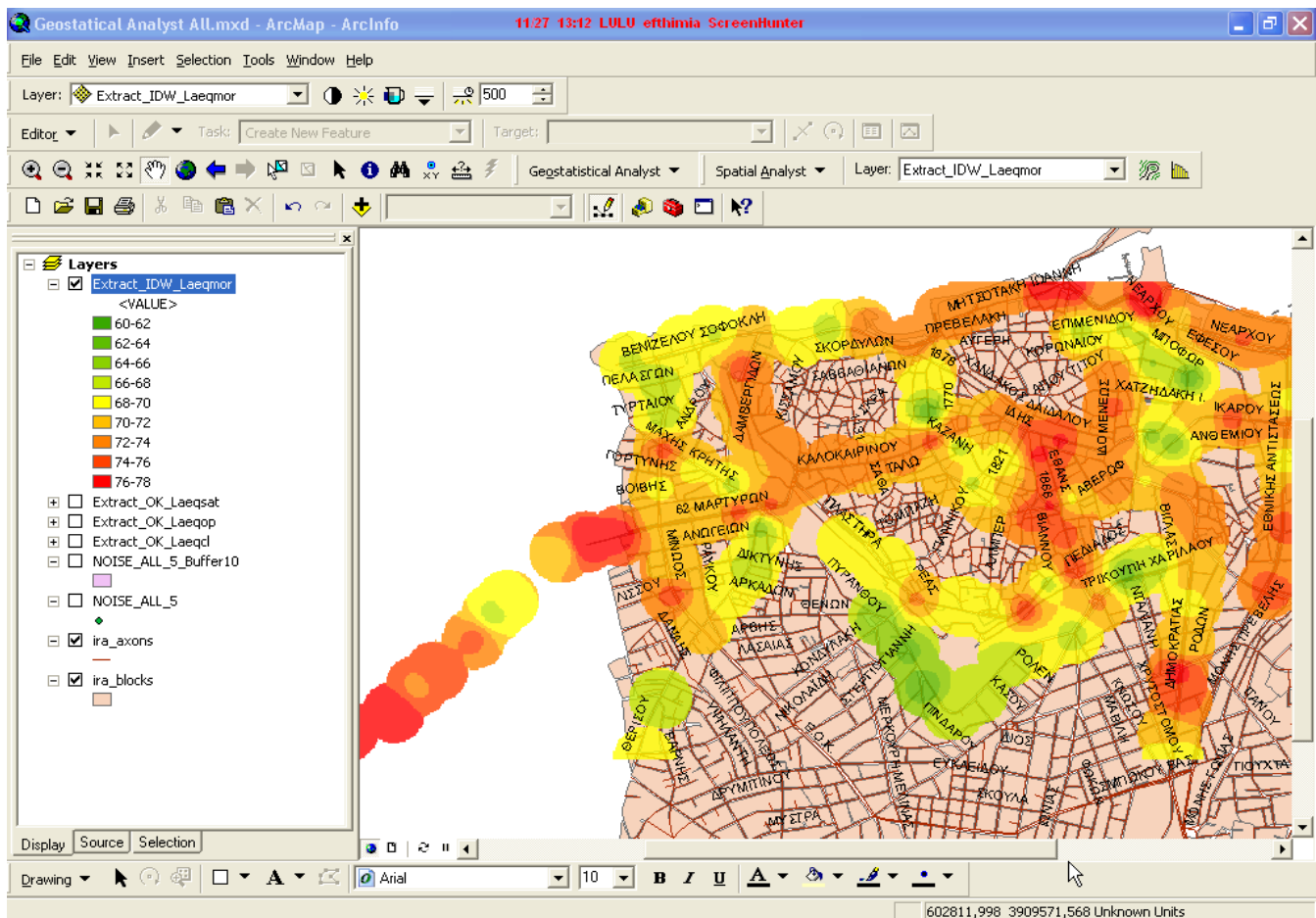
Η μέθοδος IDW φαίνεται να δίνει μια πιο ρεαλιστική επιφάνεια διατηρώντας τις υψηλές τιμές των δεδομένων στα πιο σημαντικά σημεία του κέντρου της πόλης(Δικαιοσύνης κ 1821, Αστόρια, Χανιώπορτα). Επίσης, τείνει να υποτιμά (Underestimate) τις ήδη μικρές τιμές σε ορισμένους δρόμους, οι οποίες όμως δεν θα αξιολογηθούν τόσο πολύ όσο οι περιοχές με μεγάλες τιμές. Επίσης, η συγκεκριμένη μέθοδος μας δίνει μια πιο λεπτομερή επιφάνεια πρόβλεψης τονίζοντας σημεία με ιδιαίτερα μεγάλες τιμές θορύβου.

Η μέθοδος RBF έχει μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές πρόβλεψης που δίνει με τα μετρηθέντα σημεία των δεδομένων μας. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται υποτιμήσεις των μετρηθέντων τιμών θορύβου σε πολλούς κεντρικούς δρόμους όπως η Λεωφόρος Καλοκαιρινού και η 62 Μαρτύρων Ένα άλλο μειονέκτημα της μεθόδου είναι οι μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις τιμές πρόβλεψης του κάθε δρόμου ξεχωριστά όπως και το γεγονός ότι δεν δίνει τιμές πρόβλεψης σε πολλές περιοχές μέσα στις ζώνες επέκτασης (Buffers Zones).

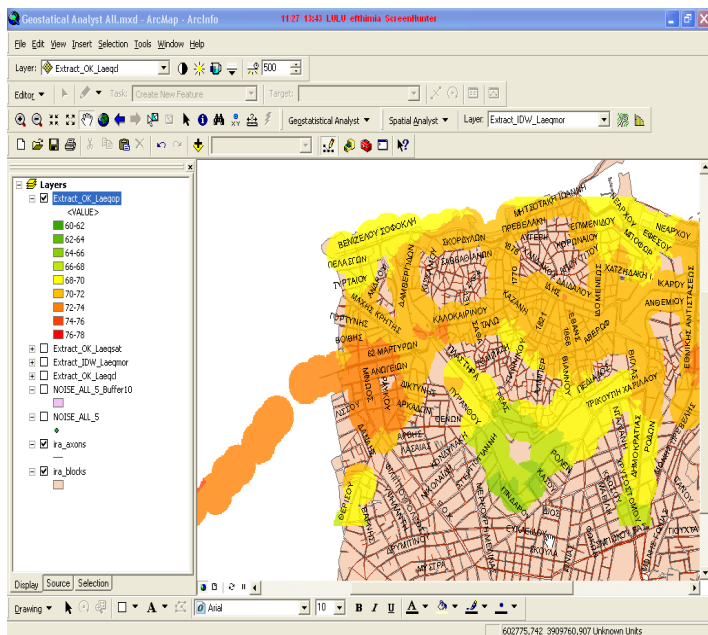
Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα από τις επιφάνειες που δημιουργήθηκαν από την Γεωστατιστική Ανάλυση, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος IDW είναι η πιο αντιπροσωπευτική από τις τρεις μεθόδους, για τους παρακάτω λόγους:

- 1) Δίνει μια πιο ρεαλιστική προσέγγιση της πραγματικότητας, πλησιάζοντας τις τιμές της πρόβλεψης με αυτές του δείγματος.
- 2) Κάνει λιγότερο κακές εκτιμήσεις τοπικά σε σημεία μεγάλου ενδιαφέροντος από τις υπόλοιπες μεθόδους.
- 3) Δίνει μια λεπτομερή εικόνα της πραγματικότητας σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους οι οποίες τείνουν να εξομαλύνουν την επιφάνεια μειώνοντας τις υψηλές τιμές και αυξάνοντας τις μικρές.

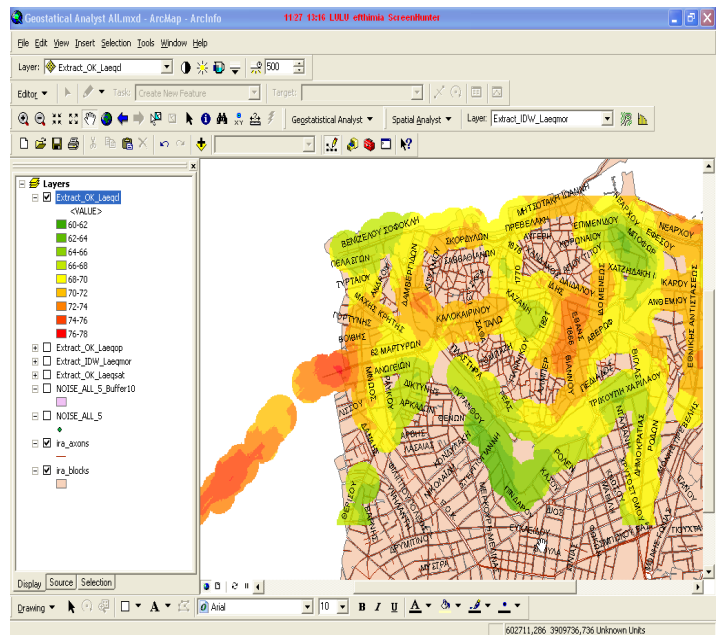
Οι συγκρίσεις που έγιναν μεταξύ των μεθόδων αφορούν τις πρωινές μετρήσεις. Κάνοντας την ίδια διαδικασία και για τις υπόλοιπες περιόδους παρατηρούμε ότι η μέθοδος IDW κάνει μεγάλες υπερεκτιμήσεις (Overestimates) σε πολλά σημεία του χάρτη με αποτέλεσμα να επιλέξουμε την μέθοδο Ordinary Kriging ως την πιο αντιπροσωπευτική για τις μετρήσεις το απόγευμα και το Σάββατο. Έτσι, θα δημιουργηθούν τέσσερις επιφάνειες(σχήματα 51-54) για να γίνει σύγκριση μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών καταστάσεων(Πρωί, Απόγευμα ανοικτά καταστήματα, απόγευμα κλειστά καταστήματα, Σάββατο).



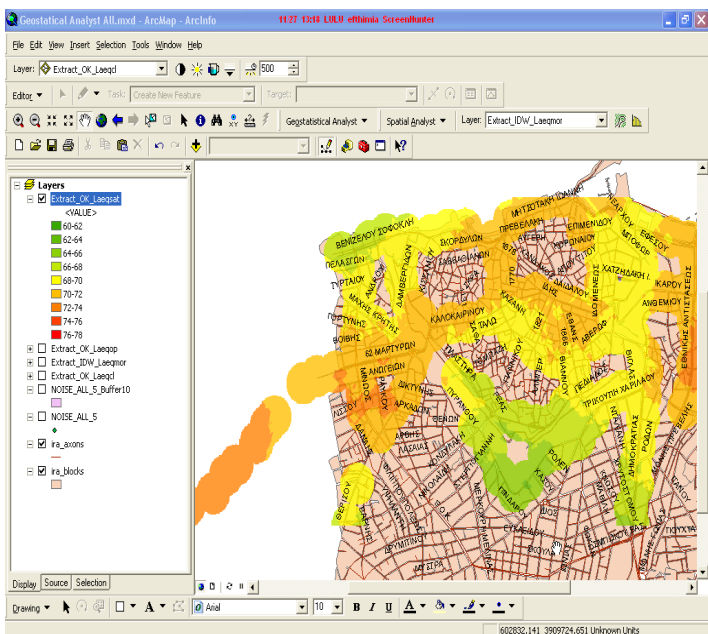
Σχήμα 51: Τελική επιφάνεια-Laeq_{mor}



Σχήμα 52: Τελική επιφάνεια- $Laeq_{op}$



Σχήμα 53: Τελική επιφάνεια $Laeq_c$



Σχήμα 54: Τελική επιφάνεια- $Laeq_{sat}$

Έπειτα από την ανάλυση της επιφάνειας για τις πρωινές μετρήσεις ($Laeq_{mor_IDW}$), προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Τα σημεία με τα μεγαλύτερα επίπεδα θορύβου είναι παρόμοια με αυτά της μεθόδου Kriging στην χωρική ανάλυση (αναφέρθηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο)

- Κάποιες επιπλέον παρατηρήσεις στην τελική επιφάνεια είναι:
 1. Τάση ανόδου επιπέδων θορύβου σε σημεία με ήδη επιβαρημένες τιμές
 2. Τάση μείωσης επιπέδων θορύβου σε σημεία με ήδη χαμηλά επίπεδα.

4.2.3 Ζώνες επέκτασης και υπέρθεση

Η ανάλυση των δύο πρώτων επιφανειών δείχνει περίπου τις ίδιες περιοχές υψηλών επιπέδων θορύβου, με αυτά της γεωστατιστικής και χωρικής ανάλυσης.

Στην πρώτη επιφάνεια, βλέπουμε ένα μεγάλο κομμάτι δρόμου(ξεκινάει από την Λεωφόρο Δικαιοσύνης, συνεχίζει στην Λεωφόρο Καλοκαιρινού και τελειώνει στο τέλος της Λεωφόρου 62 Μαρτύρων),όπου παρατηρούνται τιμές πάνω από 70 dB, με εξάρσεις που φάνουν σε ορισμένα σημεία τα 77 dB.

Επίσης παρατηρούνται υψηλές τιμές σε πολλά σημεία της παραλιακής οδού, συμπεριλαμβανομένου και του σημείου λίγο πριν το παλιό Ξενία στον κυκλικό κόμβο(αρχή Γιαμαλάκη) με επίπεδα γύρω στα 75 dB. Εξίσου μεγάλα επίπεδα παρατηρούνται και στο μεγαλύτερο μέρος της Λεωφόρου Εθνικής Αντιστάσεως.

Η 2^η επιφάνεια μας δίνει πληροφορίες όσον αφορά την πολεοδομική πυκνότητα των οικοδομικών τετραγώνων. Παρόμοιες πληροφορίες παίρνουμε και από την 4^η επιφάνεια(Residential areas) . Από τις δύο αυτές επιφάνειες βλέπουμε ότι δύο τουλάχιστον περιοχές με πολύ υψηλά επίπεδα θορύβου παρουσιάζουν πυκνή δόμηση και κατοίκηση. Η περιοχή με πυκνή δόμηση είναι η Λεωφόρος Δικαιοσύνης και Καλοκαιρινού (πολλά εμπορικά καταστήματα), ενώ οι περιοχές με μεγάλη κατοίκηση είναι ένα μεγάλο κομμάτι της Λεωφόρου Εθνικής Αντιστάσεως και κάποια σημεία της Λεωφόρου 62 Μαρτύρων.

Η 3^η επιφάνεια(Locations of schools) δείχνει τις τοποθεσίες όπου βρίσκονται σχολεία. Απ' ότι φαίνεται δεν υπάρχουν σχολικά κτίρια που να επηρεάζονται από τον κυκλοφοριακό θόρυβο.

Οι υπόλοιπες επιφάνειες αναφέρονται σε :

- I. **Κτίρια με 3-5 πατώματα και κτίρια με δύο πατώματα** (εικόνα ? και ?). Οι περιοχές με κτίρια 3-5 πατωμάτων όπου υπάρχουν συγχρόνως υψηλά επίπεδα θορύβου είναι η οδός Έβανς και Λεωφόρος Καλοκαιρινού. Τα ψηλά κτίρια σε συνδυασμό με μικρό πλάτος οδοστρώματος απομονώνουν και πολλαπλασιάζουν τον κυκλοφοριακό θόρυβο.
- II. **Τοποθεσίες νοσοκομείων** όπου όπως φαίνεται και από την επιφάνεια του χάρτη δεν υπάρχουν νοσοκομειακά κτίρια κοντά σε θωρυβώδεις περιοχές.
- III. **Τοποθεσίες ξενοδοχείων** στην Λεωφόρο Καλοκαιρινού κυρίως όπου έχουμε μεγάλα επίπεδα θορύβου.
- IV. **Τοποθεσίες γραφείων** στις οδούς Έβανς, Εθνικής Αντιστάσεως με μεγάλα επίσης επίπεδα θορύβου.
- V. **Τοποθεσίες αρχαιολογικών χώρων** όπου δεν φαίνεται να επηρεάζονται αρχαιολογικοί χώροι από τον κυκλοφοριακό θόρυβο

4.3 Προτάσεις

Η αντιμετώπιση του προβλήματος του κυκλοφοριακού θορύβου έγκειται στις τρεις κατηγορίες μέτρων που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2.4 και ποικίλουν ανάλογα με την εστία του προβλήματος.

Η γνώση των αιτιών που προκαλούν τον θόρυβο γενικά και τοπικά θα οδηγήσει στην υπόδειξη συγκεκριμένων προτάσεων. Γι' αυτό τον λόγο θα χωρίσουμε τα μέτρα που θα προταθούν σε δύο κατηγορίες, τα γενικά και τα ειδικά μέτρα. Τα γενικά μέτρα θα προταθούν για το σύνολο των δρόμων όπου έγιναν ηχομετρήσεις. Τα ειδικά μέτρα θα προταθούν για τους δρόμους και τα σημεία όπου διαπιστώθηκαν μεγάλες υπερβάσεις των ορίων.

Γενικά μέτρα

Τα γενικά μέτρα αφορούν τις περισσότερες περιοχές του κέντρου της πόλης, με επίπεδα θορύβου γύρω στα 70 dB. Η Ελληνική νομοθεσία ορίζει τα 67 dB ως ανώτατο όριο θορύβου για τις κατοικημένες περιοχές, όμως πρακτικά μια κατάσταση επιπέδων θορύβου γύρω στα 70-71 dB θεωρείται ανεκτή κατάσταση.

Πρωταρχικό ζήτημα θα πρέπει να είναι η λήψη μέτρων στην πηγή και έπειτα στην διαδρομή και στον αποδέκτη του θορύβου και αυτό διότι τα χαρακτηριστικά των περισσότερων δρόμων του κέντρου του Ηρακλείου δεν επιτρέπουν την λήψη επαρκών μέτρων όσον αφορά την λήψη μέτρων στην διαδρομή και στον αποδέκτη του θορύβου.

Το πιο σημαντικό μέτρο στην πηγή του θορύβου είναι οι έλεγχοι παρά την οδό σε δίκυκλά και Ι.Χ. , από τα αρμόδια συνεργεία της τροχαίας. Οι έλεγχοι θα πρέπει να πραγματοποιούνται στους δρόμους με τον μεγαλύτερο κυκλοφοριακό φόρτο(Δικαιοσύνης, Καλοκαιρινού, 62 Μαρτύρων, Παραλιακή, Έβανς κ.α.) και στα σημεία με μεγάλες στάθμες θορύβου, κυρίως σε δίκυκλα, στα οποία οφείλεται μεγάλο μέρος του κυκλοφοριακού θορύβου και της όχλησης που παρατηρείται. Οι έλεγχοι θα πρέπει να πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια των ωρών αιχμής και κοινής ησυχίας όπου παρατηρούνται οι μεγαλύτεροι φόρτοι και ταχύτητες κυκλοφορίας αντίστοιχα. Για την καλύτερη αξιοποίηση των ελέγχων θα πρέπει να θεσπιστεί αυστηρότερη νομοθεσία με μεγαλύτερα πρόστιμα και κυρώσεις για τους παραβάτες

Επιπλέον μέτρα μπορούν να ληφθούν στην διαδρομή και στον αποδέκτη του θορύβου. Το πιο σημαντικό μέτρο που μπορεί να ληφθεί στην διαδρομή του ήχου θεωρείται η χρήση ηχοπετασμάτων.Τα χαρακτηριστικά όμως των περισσότερων δρόμων του κέντρου του Ηρακλείου(μικρό πλάτος οδοστρώματος, μικρό πλάτος πεζοδρομίου) δεν επιτρέπουν την εφαρμογή αυτού του μέτρου. Ο μόνος δρόμος που έχει εφαρμοστεί το μέτρο είναι η παραλιακή οδός

Ένα άλλο μέτρο που μπορεί να εφαρμοστεί είναι η καλυτέρευση της ποιότητας του οδοστρώματος. Το συγκεκριμένο μέτρο μπορεί να εφαρμοστεί τοπικά σε σημεία με ανωμαλίες στο οδόστρωμα όπως λακκούβες και κυρτώσεις. Τα

σημεία αυτά είναι στην οδό. Έκτος από την καλυτέρευση του οδοστρώματος, θα μπορούσε να γίνει ολική επίστρωση σε ορισμένους δρόμους του κέντρου της πόλης με καλύτερης ποιότητας υλικά (Ασφαλτικό οδόστρωμα ή οδόστρωμα από σκυρόδεμα με ηχοαπορροφητικά υλικά).

Επίσης, θα πρέπει να γίνει χαρτογράφηση του θορύβου έως τις 30 Ιουνίου του 2012 όπως προβλέπεται από την οδηγία 49/2002 Ε.Ε. για πόλεις με πληθυσμό πάνω από 100000.

Όσον αφορά τα μέτρα στον αποδέκτη του θορύβου εστιάζονται κυρίως στην ακουστική ηχομόνωση των κτιρίων σε δρόμους με σταθερά υψηλά επίπεδα θορύβου (Πάνω από 70dB). Οι δρόμοι αυτοί είναι οι Λεωφόρος 62 Μαρτύρων, η Λεωφόρος Καλοκαιρινού η Λεωφόρος Δικαιοσύνης, η οδός Νεάρχου και η οδός Έβανς. Στους παραπάνω δρόμους μπορούν να εφαρμοστούν τα μέτρα που αναφέρονται στο υποκεφάλαιο 2.4.3 της ενότητας 1 όσον αφορά την κτιριακή ηχομόνωση σε συνδυασμό με σωστή ενημέρωση των πολιτών στις περιοχές όπου θα εφαρμοστούν τα μέτρα.

Ειδικά μέτρα

Τα ειδικά μέτρα αφορούν τα σημεία όπου παρατηρήθηκαν υπερβολικά μεγάλα επίπεδα θορύβου πάνω στις επιφάνειες των χαρτών. Ουσιαστικά πρόκειται για τα 11 πιο θορυβώδη σημεία της πόλης (πίνακας 11) με επίπεδα θορύβου πάνω από 73 dB.

Ξεκινώντας από τον δρόμο με την μεγαλύτερη τιμή θορύβου, την οδό Νεάρχου(Παραλιακή), θα προτείνουμε μέτρα για το σημείο A7(Φρούριο Γκούλε) διότι στο σημείο A5 δεν υπάρχουν κατοικίες ή καταστήματα, επομένως δεν υπάρχει άμεσα ενοχλούμενος πληθυσμός.

Το σημείο A7θεωρείται κομβικό σημείο της παραλιακής οδού, όπου θα μπορούσαν να ληφθούν μέτρα στην πηγή του θορύβου για τον περιορισμό του.

Τα μέτρα αυτά αφορούν ελέγχους κυρίως σε δίκυκλα και στις δυο κατευθύνσεις κυκλοφορίας κυρίως κατά τις πρωινές ώρες.

Ο επόμενος δρόμος με τα πιο θορυβώδη σημεία είναι η Λεωφόρος 62 Μαρτύρων. Το πρώτο πολύ θορυβώδες σημείο είναι το Γ12 στην διασταύρωση των καμινιών όπου παρατηρήθηκαν τιμές θορύβου γύρω στα 77dB. Στο σημείο αυτό θα μπορούσε να δημιουργηθεί κράσπεδο ώστε να διακοπεί η κάθετη κυκλοφορία¹, σε συνδυασμό με κατάλληλη δεντροφύτευση ώστε να μειωθούν τα επίπεδα θορύβου. Εναλλακτικά θα μπορούσαν να πραγματοποιούνται συχνοί έλεγχοι παραβίασης των ορίων θορύβου από τα αρμόδια συνεργεία της τροχαίας. Στα τρία συνεχόμενα σημεία με αυξημένα επίπεδα θορύβου στο τέλος της Λεωφόρου, μπορεί να εφαρμοστεί και πάλι η συνένωση του κράσπεδου ώστε να διακοπεί η κάθετη κυκλοφορία των οχημάτων. Το μέτρο της συνένωσης των κρασπέδων πρέπει να εξεταστεί και ως προς τις κυκλοφοριακές επιπτώσεις που ενδεχομένως να έχει.

Στα δύο σημεία στην Οδό Έβανς και την Λεωφόρο Δικαιοσύνης με επίπεδα θορύβου γύρω στα 75 dB, μπορούν να εφαρμοστούν μέτρα στην πηγή του θορύβου με ελέγχους που θα γίνονται στην αρχή της Λεωφόρου Δικαιοσύνης. Η ιδιαιτερότητα της οδού Έβανς (μικρή Έβανς), όπως αναφέρθηκε στα συμπεράσματα, ελαχιστοποιεί τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν στην πηγή και την διαδρομή του ήχου. Επομένως θα προταθούν λύσεις όσον αφορά τον αποδέκτη του θορύβου. Αυτά τα μέτρα αφορούν κυρίως την κτιριακή ηχομόνωση. Σε κατοικίες μπορούν να εφαρμοστούν απλές λύσεις όπως βαριές κουρτίνες στα παράθυρα, χαλιά στο δάπεδο και ακουστικές πόρτες με μικρή οικονομική διαφορά από τις κανονικές. Στα καταστήματα μπορεί να αντικαταστηθούν τα κοινά τζάμια από διπλά τζάμια και χρησιμοποιηθούν ηχομονωτικά υλικά στους τοίχους.

¹ Ο αποκλεισμός των κάθετων δρόμων, συμβάλει στην ομαλοποίηση της κυκλοφοριακής ροής, σημαντικό παράγοντα στην μείωση του θορύβου.

Τέλος, στις διασταυρώσεις της Λεωφόρου Δημοκρατίας με την Λεωφόρο Παπανδρέου και στην διασταύρωση της Χανιώπορτας, με τιμές θορύβου κοντά στα 75 dB και 74,5 dB αντίστοιχα, προτεραιότητα στην αντιμετώπιση του θορύβου θα πρέπει να είναι η ομαλοποίηση της κυκλοφοριακής ροής. Αυτό μπορεί να γίνει με σωστότερη ρύθμιση των φωτεινών σηματοδοτών(χρήση αισθητήρων στο οδόστρωμα).Επίσης, θα μπορούσε να αντικατασταθεί το παλιό οδόστρωμα με νέο αποτελούμενο από αντιθορυβικά υλικά.

Συνοψίζοντας τις δύο παραπάνω κατηγορίες μέτρων, θα μπορούσαμε να πούμε ότι σαν βασικό μέτρο στους περισσότερους δρόμους του κέντρου της πόλης πρέπει να είναι οι τακτικοί έλεγχοι υπέρβασης των ορίων θορύβου κυρίως σε δίκυκλα και βαρέα οχήματα. από τα αρμόδια συνεργεία της τροχαίας. Επίσης, είναι δυνατή η εφαρμογή μέτρων στην διαδρομή του θορύβου σε ορισμένες περιπτώσεις σημείων ή δρόμων. Όσον αφορά τα μέτρα στον αποδέκτη του θορύβου, αυτά εστιάζονται κυρίως σε μέτρα κτιριακής ηχομόνωσης κυρίως όμως σε καινούριες κατασκευές και με σωστή ενημέρωση των πολιτών.

Συμπεραίνοντας, μπορούμε να πούμε τα εξής:

- το πρόβλημα του κυκλοφοριακού θορύβου στο κέντρο της πόλης του Ηρακλείου είναι οξύμενο. Τα μέτρα τα οποία αναφέρθηκαν σε αυτήν εδώ την εργασία, μπορούν να διαμορφώσουν μια καλή κατάσταση από άποψη θορύβου στην πόλη.
- Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων πληροφοριών για την απεικόνιση και επεξεργασία του κυκλοφοριακού θορύβου, μπορεί να δώσει σημαντικές και αξιόπιστες πληροφορίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Βιώσιμες οδικές μεταφορές του μέλλοντος: υποδομή, όχημα / Πιτσιάβα–
Λατινοπούλου Μ. , Μπάσμπας Σ. , Ζαχαράκη Ε.
- [2] Θεώρηση του Κυκλοφοριακού Θορύβου σε Ανισόπεδους Κόμβους στον Αστικό
Χώρο / Καρλαύτης
- [3] http://www.survey.ntua.gr/main/labs/roads/Roads-g_files/Edu-g_files/Edu-71-g_files/DRAFT_xwrikh_xronikh_diastash_fortoy.pdf
- [4] Το πρόβλημα της αστικής ηχορύπανσης – Η σημασία των Τεχνικών Πρόληψης
στην Πηγή, κατά τη διάδοση, στον αποδέκτη και ο ρόλος του καταναλωτή/ Κ.
Χατζηλυμπέρης
- [5] Μεθοδολογία Μέτρησης και Πρόβλεψης Σιδηροδρομικού Θορύβου στην
Ελλάδα Γ.ΜΠΑΜΝΙΟΣ, Α.ΤΡΟΧΙΔΗΣ.
- [6] Επιπτώσεις των θορύβων στον ψυχοβιολογικό οργανισμό/ Α. Στριφτού-Κριαρά.
- [7] Ψυχολογικές επιπτώσεις της αστικής ηχορύπανσης στον σύγχρονο Έλληνα/ Α.Γ.
Σωτηροπούλου, Γ. Πουλάκος, Ι. Τζουβαδάκης.
- [8] Η Ηχορύπανση και οι επιδράσεις της στον ανθρώπινο οργανισμό / Χάρις
Καραγεωργίου.
- [9] Κικίρας Παναγιώτης Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Εισαγωγή στην
τεχνολογία και τις εφαρμογές τους.

- [10] Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα πληροφοριών / Ιωάννης Κ. Καπαγερίδης
- [11] Getting to know ArcGIS desktop / Tim Ormsby, Eileen Napoleon, Robert Burke, Carolyn Groessler, Laura Feaster.
- [12] Principles of Geographical Information Systems / Peter. A. Burrough, Rachael A. McDonnell
- [13] Εργαστηριακές σημειώσεις Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών / Αλεξιάκης Δ. , Κούλη Μ.
- [14] Ανάπτυξη Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών ΕΛ/ΛΑΚ (ελεύθερου Λογισμικού/ Λογισμικού Ανοικτού κώδικα)-ELGIS Βιολέττα Π. Καλαθάκη.
- [15] Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και ανάλυση χώρου /Κουτσόπουλος Κ.
- [16] <http://en.wikipedia.org/wiki/Kriging>
- [17] ArcGIS desktop Help-Βοηθητικές σημειώσεις του λογισμικού ArcGis desktop 9.2
- [18] Εφαρμογή γεωστατιστικών μεθόδων στην εκτίμηση μέσης ταχύτητας ροής σε τραπεζοειδή διατομή / Πέππα Μ.
- [19] Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Σημειώσεις Θεωρίας/ Απόστολος Σαρρής