



ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ
ΕΤΑΙΡΙΑ
ΕΛΛΑΔΑΣ

Εργαστήριο
Χαρτογραφίας
Εθνικού Μετσοβίου
Πολυτεχνείου



ΠΡΑΚΤΙΚΑ
ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ



Συμβολή

ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΤΑΧΥΔΡΟΜΙΚΟ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Ε.Μ.Π.
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ.
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΧΑΡΤΩΝ & ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ - ΕΘΝΙΚΗ ΧΑΡΤΟΘΗΚΗ
ALINCO Ε.Π.Ε

INTERGRAPH HELLAS • MARATHON DATA SYSTEMS • Z1 IMAGING

ΑΘΗΝΑ
22-24
ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ
2000

ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΚΤΙΡΙΟΥ Γ'
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Ε.Μ.Π
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

Σύγχρονες Μέθοδοι Ανάλυσης και Οπτικοποίησης Περιβαλλοντικών Παραμέτρων. Περιπτώσεις Κυκλοφοριακού Θορύβου και Διασποράς Ρύπων.

A. Κωνσταντινίδης¹, E. Τζάνου¹, K. Ευαγγελίδης², Γ. Γεωργίου³

1. Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός ΑΠΘ, M.Sc., Υποψ. Διδάκτορας ΑΠΘ

2. Φυσικός-Περιβαλλοντολόγος ΑΠΘ. M.Sc.

3. Πολιτικός Μηχανικός ΑΠΘ, M.Sc., Υποψ. Διδάκτορας ΑΠΘ

Abstract

The aim of this study is to deal with spatial analysis and distribution of environmental parameters such as emissions and noise produced by road traffic. Simulation models were used in order to estimate traffic conditions. The spatial distribution was calculated with the use of mathematical equations and it covered the overall network of Thessaloniki. Geographic Information System (GIS) tools can be employed to provide the information for enhancing the site database. Through GIS visualization and mapping of the results is obtained. The use of computer visualization as a means to analyse complex geographic datasets is presented through this study. The results and environmental parameters are presented cartographically with the aid of computational technology.

1) Εισαγωγή

Οι αρνητικές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον άνθρωπο και το περιβάλλον έχουν αυξητικές τάσεις τα τελευταία χρόνια, κυρίως στις αστικές περιοχές όπου η κυκλοφορία των οχημάτων, η βιομηχανική παραγωγή κ.τ.λ. έχουν οδηγήσει σε αυξημένα επίπεδα εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων και περιβαλλοντικού θορύβου. Παρά το γεγονός ότι η καταγραφή των τιμών των ατμοσφαιρικών ρύπων σε παγκόσμιο επίπεδο δεν είναι επαρκής, υπάρχουν ενδείξεις και στοιχεία που συνηγορούν στο σενάριο της αύξησης των ρύπων και του θορύβου τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Οι ρύποι, τα χαρακτηριστικά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ο περιβαλλοντικός θόρυβος έχουν αλλάξει λόγω της αύξησης του κυκλοφοριακού φόρτου. Το διοξείδιο του θείου και ο μόλυβδος είναι ρύποι συνδεδεμένοι κυρίως με την κεντρική θέρμανση και παρουσιάζονται αισθητά μειωμένοι τα τελευταία χρόνια. Σε αντίθεση τα επίπεδα των ρύπων που σχετίζονται με βενζινοκίνητα οχήματα παρουσιάζονται αρκετά αυξημένα και αποτελούν πλέον τον σημαντικότερο ίσως παράγοντα αέριας ρύπανσης. Στη συγκεκριμένη μελέτη αποδόθηκαν οι σημαντικότεροι ρύποι που εκλύονται από την κυκλοφορία των οχημάτων: το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC_s) και αιωρούμενα σωματίδια (PM). Οι περιβαλλοντικές αυτές παράμετροι υπολογίσθηκαν, μοντελοποιήθηκαν και αποδόθηκαν χαρτογραφικά για την περιοχή της Θεσσαλονίκης. Στόχος της μελέτης είναι η χωρική ανάλυσή των ρύπων και του περιβαλλοντικού θορύβου για κάθε τμήμα οδού καθώς και η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Η μοντελοποίηση και η οπτικοποίηση παραμέτρων, αποτελεσμάτων, και δεδομένων προσδίδουν άλλη διάσταση στις χαρτογραφικές απεικονίσεις και αποτελούν πλέον διαχειριστικό εργαλείο για μελετητές και επιστήμονες. Γίνεται φανερός πλέον ο βαθμός σύνδεσης και εξάρτησης τη διάφορων επιστημών με την απόδοση και την οπτικοποίηση.

2) Ανάλυση και Οπτικοποίηση

2.1) Μοντελοποίηση και υπολογισμός των ατμοσφαιρικών ρύπων

Ο υπολογισμός των ρύπων που προήλθαν από τις εκπομπές των κυκλοφορούντων οχημάτων στην πόλη της Θεσσαλονίκης έγινε μέσω ενός μοντέλου του κυκλοφοριακού δικτύου εφαρμοσμένο για τη συγκεκριμένη περίπτωση. Έγινε εξομοίωση των συνθηκών κυκλοφοριακής ροής με μεγάλη λεπτομέρεια και επιτεύχθηκε μεγάλη ακρίβεια αποτελεσμάτων στον υπολογισμό της εκπομπής των ατμοσφαιρικών ρύπων. Για την ανάπτυξη του κυκλοφοριακού δικτύου και του υπολογισμού των ρύπων, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SATURN, ένα δυναμικό και αξιόπιστο πρόγραμμα εξομοίωσης κυκλοφοριακής ροής. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη εφαρμογή τροποποιήθηκε και βαθμονομήθηκε έτσι ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες της μελέτης. Τα αποτελέσματα του μοντέλου αντικατοπτρίζουν την κατάσταση των πρωινών ωρών αιχμής που είναι και η «χειρότερη» περίοδος κατά τη διάρκεια της ημέρας όσον αφορά στον κυκλοφοριακό φόρτο.

Από την εφαρμογή του μοντέλου στο πρόγραμμα SATURN προέκυψαν τα επίπεδα εκπομπής των ατμοσφαιρικών ρύπων. Το πρόγραμμα αυτό περιέχει διαδικασίες για τον υπολογισμό των στοιχείων που ενδιαφέρουν. Ο υπολογισμός έγινε μέσα από τη χρήση ενός γραμμικού μοντέλου με μεταβλητές τον χρόνο, την απόσταση, τις πρωτεύουσες και τις δευτερεύουσες στάσεις. Η βασική εξίσωση είναι η εξής:

$$E^i = (a^i_1 d + a^i_2 t_c + a^i_3 t_q + a^i_4 s_1 + a^i_5 s_2) V$$

όπου: d η απόσταση του τμήματος
 t_c ο μέσος χρόνος κυκλοφορίας ανά τμήμα
 t_q ο χρόνος αναμονής στις διασταυρώσεις
 s_1 ο αριθμός πρωτεύουσών στάσεων ανά όχημα
 s_2 ο αριθμός δευτερευουσών στάσεων ανά όχημα
 V η ροή των οχημάτων
 $a^i_1, a^i_2 \dots$ συντελεστές

2.1.1) Μοντέλο χωρικής διασποράς των ρύπων.

Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για τη διασπορά και τη χωρική κατανομή των ρύπων είναι το μοντέλο Gauss προσαρμοσμένο για γραμμικές πηγές και η εξίσωση που το περιγράφει είναι η εξής:

$$C(x,z) = (2EN \cdot 10^{-3} / (2\pi)^{0.5} u \sigma_z) \exp(-z^2 / 2\sigma_z^2)$$

όπου: C η συγκέντρωση των ρύπων, kg/m^3
 N ο αριθμός των οχημάτων ανά δευτερόλεπτο
 E η εκπομπή ρύπων ανά όχημα, g/km
 σ_z η τυπική απόκλιση κατανομής των ρύπων στον άξονα των z
 u η ταχύτητα του ανέμου, m/s

Τα δεδομένα εισόδου περιέχουν χωρικούς, χρονικούς, μετεωρολογικούς και χημικούς παράγοντες. Τα αποτελέσματα-δεδομένα εξόδου αποδίδονται χωρικά μέσω μιας εφαρμογής των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (ΓΠΣ), του Spatial Analyst (ArcView).

2.1.2) Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων

Η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων αναδεικνύει μια νέα προσέγγιση στη μοντελοποίηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Τα γεωγραφικά συστήματα δίνουν τη δυνατότητα μιας καλύτερης και πιο ολοκληρωμένης μελέτης των προβλημάτων. Την τελευταία δεκαετία

έχουν αναπτυχθεί νέες τεχνικές χαρτογραφικής ανάλυσης και απεικόνισης μέσω των ΓΠΣ με μεγαλύτερη ακρίβεια απόδοσης των δεδομένων. Τα ΓΠΣ παρουσιάζουν-οπτικοποιούν δυναμικά τα αποτελέσματα της μελέτης. Γενικότερα βοηθούν στην καλύτερη και βαθύτερη κατανόηση των χωρικών σχέσεων των δεδομένων και στην απόδοση, αναζήτηση, ανάλυση και παραγωγή συνδυαστικού χαρακτήρα χαρτογραφικών απεικονίσεων.

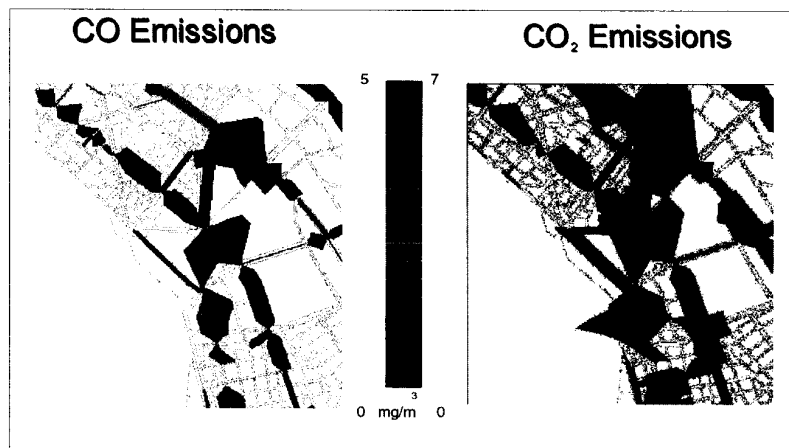
Στη συγκεκριμένη περίπτωση το βασικό υπόβαθρο ήταν οι κεντρικοί άξονες των οδών (centerlines) και κάθε τμήμα της σχετιζόταν με τη βάση δεδομένων που παρείχε το SATURN για τους ρύπους μέσω ενός 8ψήφιου κωδικού χρήστη που ονομαζόταν από την αρχή και το τέλος κάθε τμήματος (ονομασία κόμβων). Αυτή η συσχέτιση των δεδομένων υποδεικνύει τη χωρική κατανομή κάθε ρύπου μεμονωμένα ανά τμήμα οδού. Στην περίπτωση οδού διπλής κατεύθυνσης οι φόρτοι άρα και οι ρύποι υπολογίζονται αθροιστικά. Το ψηφιδωτό (grid) μοντέλο (5m cell size) ανέλυσε χωρικά την εξίσωση Gauss και απέδωσε χαρτογραφικά κάθε ρύπο χωριστά, για διαφορετικά υψόμετρα z από το έδαφος. Η χωρική κατανομή των ρύπων έγινε μέσω του εργαλείου Assign Proximity του λογισμικού ArcView (Spatial Analyst).

Η τελική μελέτη ήταν ένα ΓΠΣ 3.5 διαστάσεων (3.5D GIS). Πιο συγκεκριμένα υπάρχει πληροφορία που αντιστοιχεί σε 4 διαστάσεις «θέσης-κατάστασης» x,y,z,t και σε τρεις τοπολογικές διαστάσεις.

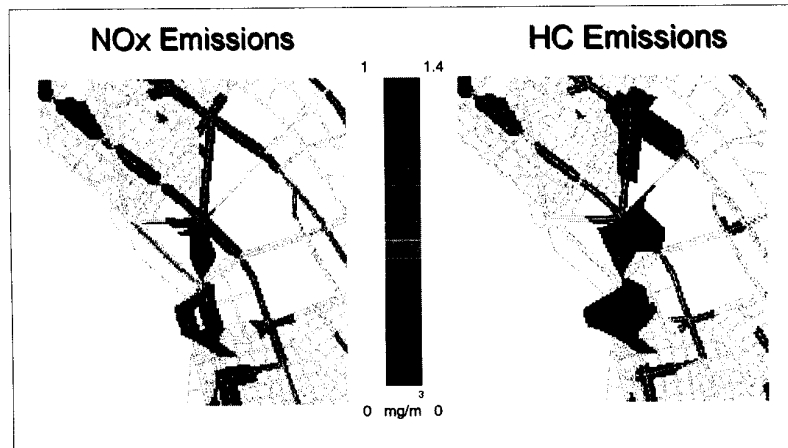
Κατά την απόδοση των αποτελεσμάτων σε χάρτη επιτεύχθηκε μέσω των ΓΠΣ η αποτελεσματικότερη και πιο κατανοητή οπτικοποίηση (χάρτες 1 και 2). Η χρήση των ΓΠΣ στην επεξεργασία αλλά και παρουσίαση των αποτελεσμάτων μείωσε τον χρόνο και το κόστος μελέτης. Με αυτόν τον τρόπο απόδοσης οι προβληματικές περιοχές αναγνωρίζονται αμέσως από τον χρήστη και μπορεί πιο εύκολα να συνεχιστεί η μελέτη καθώς και να ληφθούν μέτρα αντιμετώπισης των προβλημάτων. Επίσης μπορεί το μοντέλο να βαθμονομηθεί και να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες παρόμοιες περιπτώσεις.

2.2) Ανάλυση και οπτικοποίηση περιβαλλοντικού θορύβου

Κατά τη μοντελοποίηση του Περιβαλλοντικού Θορύβου που προέρχεται από γραμμικές ή σημειακές πηγές και ειδικότερα κατά την πρόβλεψη των επιπέδων θορύβου σε κάποιο σημείο λήψης, συμμετέχει πληθώρα παραγόντων, όπως η πηγή θορύβου, η απόσταση του σημείου λήψης από την πηγή θορύβου, η φύση της επιφάνειας του εδάφους, τα ενδιάμεσα εμπόδια, τα σκοπίμως



Χάρτης 1. Χωρική διασπορά ρύπων CO και CO₂



Χάρτης 2. Χωρική διασπορά ρύπων NOx και HC

τοποθετημένα ηχοπετάσματα καθώς και παράγοντες που επηρεάζουν τη διάδοση των ηχητικών κυμάτων όπως ανακλάσεις από κοντινές επιφάνειες, απορρόφηση, εξασθένιση, περίθλαση κ.α. Ως εκ τούτου η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων που θα εμπεριέχει την τοπογραφία και τα διάφορα χαρακτηριστικά της υπό μελέτη περιοχής ξεχωριστά από τις τιμές των επιπέδων θορύβου, αποτελεί σημαντική προϋπόθεση.

Η εισαγωγή στοιχείων μέσα στη βάση δεδομένων είναι μια επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία. Η υπό μελέτη περιοχή πρέπει να αναλυθεί και κάθε χωρικό στοιχείο καθώς και οι σχετικές αποστάσεις μεταξύ των διαφόρων οντοτήτων πρέπει να κωδικοποιηθούν. Συγκεκριμένα απαιτείται να κωδικοποιηθούν οι συντεταγμένες των οδικών τμημάτων που παράγουν Θόρυβο καθώς και κάθε πιθανού φράγματος ή κτίσματος που παρεμποδίζει τη διάδοση του. Επιπροσθέτως απαιτείται κωδικοποίηση κάθε σημείου λήψης όπου επιχειρείται η αποτίμηση των επιπέδων Θορύβου, περιλαμβάνοντας: την ακριβή γεωγραφική του θέση, τις σχετικές αποστάσεις του με τους προαναφερθέντες κρίσιμους χωρικούς παράγοντες και τελικά το ποσοστό των διαφόρων τύπων του εδάφους που μεσολαβεί μεταξύ του σημείου λήψης και του οδικού τμήματος (τιμές που μεταβάλλονται από το ένα σημείο λήψης στο άλλο). Από τη στιγμή που δεν υπάρχουν διαθέσιμα αρχεία δεδομένων που να παρέχουν τέτοιου είδους πληροφορία – κι αν ακόμη υπήρχαν δεν θα είχαν τυποποιημένη μορφή – απαιτείται επιπρόσθετη εργασία για κάποιον που επιθυμεί να μεταβάλλει την πυκνότητα των σημείων λήψης και να μελετήσει διαφορετικά σενάρια κυκλοφοριακών και τοπολογικών συνθηκών.

Η διαδικασία της μοντελοποίησης του Περιβαλλοντικού Θορύβου απαιτεί επίσης τη συνδρομή εργαλείων σχεδίασης υποβοηθούμενης από υπολογιστή (computer aided design) και εργαλείων χωρικής και περιγραφικής ανάλυσης. Και οι δύο αυτές κατηγορίες εργαλείων παρέχονται εξορισμού από τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα, που έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν πολυάριθμες δραστηριότητες χρησιμοποιώντας τόσο τα χωρικά όσο και τα περιγραφικά δεδομένα των διαφόρων οντοτήτων που έχουν ενσωματωθεί, μέσω του ψηφιακού υποβάθρου, σε αυτά.

Η δυναμική αλληλεπίδραση των παραγόντων που προσομοιάζουν την περιβαλλοντική παράμετρο και των πινάκων που την περιγράφουν ποσοτικά αποτελεί κρίσιμη ανάγκη κάθε διαδικασίας αποτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα εργαλεία των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων μπορούν να ικανοποιήσουν την ανάγκη αυτή, από τη στιγμή που κάθε θεματικό επίπεδο που απαρτίζει ένα ψηφιακό υπόβαθρο και αναπαριστά έναν παράγοντα εί-

και δυναμικά συνδεδεμένο με πίνακα περιγραφικής και χωρικής πληροφορίας. Η πληροφορία αυτή αποθηκεύεται στη Βάση Δεδομένων και είναι διαθέσιμη για περαιτέρω επεξεργασία.

Οι γραμμικές πηγές θορύβου (δρόμοι), οι σημειακές πηγές θορύβου (εργοτάξια, μηχανήματα), τα διάφορα εμπόδια, κτίσματα ή τα σκοπίμως τοποθετημένα φράγματα, οι διάφοροι τύποι εδάφους και τελικώς η τοπογραφία της υπό μελέτη περιοχής που αναπαρίσταται από το υψόμετρο, συνιστούν τις θεματικές ζώνες, που σε κάθε περίπτωση περιλαμβάνονται σε ένα τυπικό ψηφιακό υπόβαθρο.

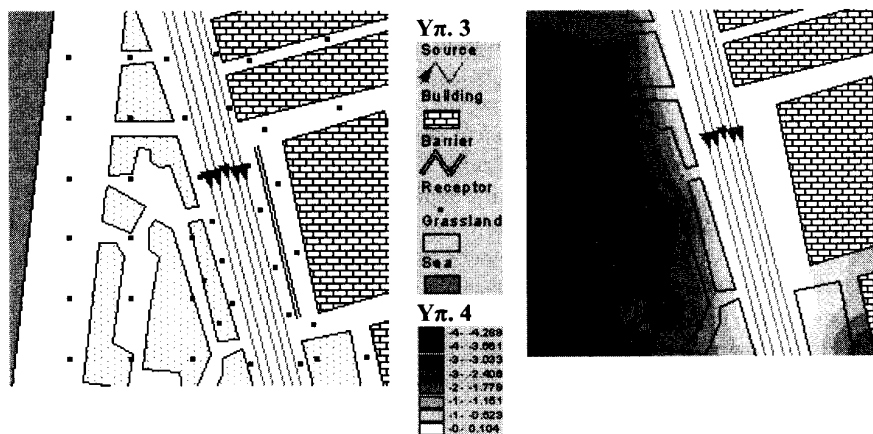
Επιπροσθέτως με τη χρήση της επέκτασης Spatial Analyst 1.1 του λογισμικού πακέτου GIS/ARCVIEW 3.2 παρέχεται η δυνατότητα μιας grid-cell ανάλυσης.

Η Βρετανική μέθοδος British CRTN παρέχει ρητά τον αλγόριθμο υπολογισμού του κυκλοφοριακού θορύβου. Η εφαρμογή της μεθόδου σε συνδυασμό με τη θεωρία διάδοσης του ήχου καθιστά δυνατό τον υπολογισμό της συνεισφοράς κάθε παράγοντα ξεχωριστά, στην τελική στάθμη θορύβου.

Συμπερασματικά τρεις είναι οι βασικοί παράγοντες η ενοποίηση των οποίων συμβάλλει αποφασιστικά στην ανάλυση και την οπτικοποίηση του Περιβαλλοντικού Θορύβου:

- Η σχεσιακή βάση Δεδομένων που συντηρεί τα δεδομένα και αποτυπώνει τις σχέσεις μεταξύ των πινάκων των διαφόρων οντοτήτων
- Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα που διαχειρίζονται το ψηφιακό υπόβαθρο της υπό μελέτη περιοχής και συντηρούν τη δυναμική χωρική πληροφορία
- Η μέθοδος προσομοίωσης και υπολογισμού του Περιβαλλοντικού Θορύβου

Η περιοχή που επιλέχθηκε για την ανάλυση και οπτικοποίηση του Περιβαλλοντικού Θορύβου περιέχει όλες τις τυπικές παραμέτρους που επηρεάζουν τη διάδοση των κυμάτων θορύβου που γεννούνται από ένα δρόμο πέντε ρευμάτων (χάρτης 3). Οι παράμετροι στην προκειμένη περίπτωση είναι οι οικοδομές, τα ηχοπετάσματα και το μαλακό έδαφος (γρασίδι). Το ηχοπέτασμα ύψους 6m τοποθετήθηκε σκοπίμως, μπροστά από ένα κατοικημένο κτίσμα. Τα σημεία λήψης τοποθετήθηκαν σε ύψος 3m και σε σχετική μεταξύ τους απόσταση ίση με 25m.

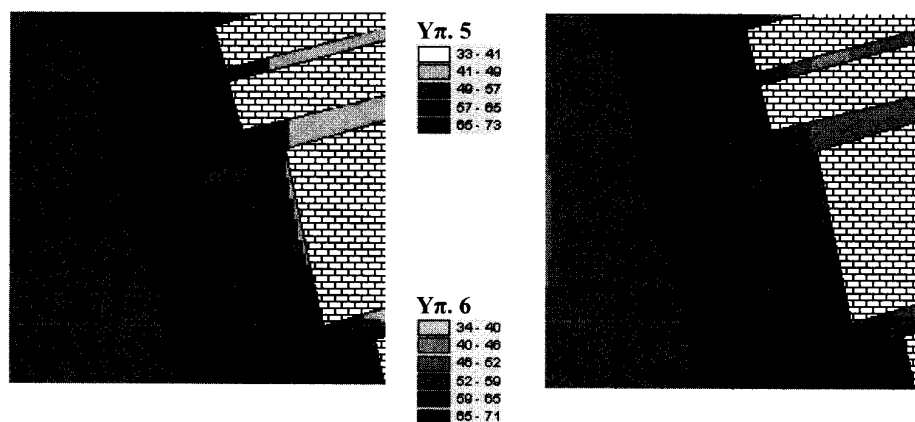


Χάρτης 3: Η υπό μελέτη περιοχή

Χάρτης 4: Επίδραση του τύπου εδάφους

Η παράμετρος η οποία επιλέχθηκε για να επιδείξει την παραπάνω διαδικασία ανάλυσης και οπτικοποίησης του Περιβαλλοντικού Θορύβου είναι ο τύπος εδάφους (χάρτης 4). Ένα μεγάλο τμήμα της επιφάνειας της υπό μελέτη περιοχής καλύπτεται από μαλακό έδαφος. Η επίδραση

του τύπου εδάφους στην τελική στάθμη θορύβου είναι συνάρτηση της απόστασης και του ύψους του σημείου λήψης από την πηγή θορύβου.



Χάρτης 5: Επίπεδα Θορύβου σε ύψος 3m (db)

Χάρτης 6: Επίπεδα Θορύβου σε ύψος 9m (db)

Το τελικό ηχητικό πεδίο όπως προκύπτει από το συνδυασμό των επιδράσεων όλων των επιμέρους παραμέτρων στην τελική στάθμη θορύβου αναπαρίσταται για δύο διαφορετικά ύψη τοποθέτησης των σημείων λήψης στους χάρτες 5 και 6.

3) Αποτελέσματα και Συζήτηση

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την οπτικοποίηση δεδομένων και αποτελεσμάτων δίνουν τη δυνατότητα για σύνθεση πολυδιάστατων (multi-dimensional) αποδόσεων μέσω των Η/Υ. Η παρουσίαση γίνεται με «αισθητικό και ρεαλιστικό» τρόπο. Ο χρήστης μπορεί να διαχειρίζεται και να τροποποιεί τις αποδόσεις έτσι ώστε ο παρατηρητής-αποδέκτης της οπτικοποιημένης πληροφορίας να κατανοεί άμεσα το αποτέλεσμα. Ο χρήστης διαθέτει πλέον εργαλεία που του επιτρέπουν να αναλύει και να παρουσιάζει τα δεδομένα με διαφορετική μορφή, χρώμα και τρόπο, ανάλογα με την οπτική γωνία που προσεγγίζει το πρόβλημα. Είναι επίσης δυνατό να επικεντρωθεί σε περιορισμένη περιοχή της μελέτης όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση που επιλέχθηκε για καίρια σημεία στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. Μεγάλο πλεονέκτημα και βοήθημα αποτελεί και η δυνατότητα συνδυασμού των χαρακτηριστικών που αποδίδονται στο χάρτη. Ο συνδυασμός της πληροφορίας των εκπομπών ρύπων με αυτή του περιβαλλοντικού θορύβου, οδηγεί σε ολοκληρωμένη μελέτη της υπάρχουσας κατάστασης και αναδεικνύει τις προβληματικές περιοχές. Τα ΓΠΣ λύνουν έτσι ένα από τα βασικά προβλήματα της χαρτογράφησης που είναι το μέγεθος και το ποσό της προς αποτύπωση πληροφορίας. Ο χρήστης μπορεί να επέμβει και να προσθέσει ή να αφαιρέσει δεδομένα ανάλογα με τις ανάγκες της μελέτης.

Η χωρική ανάλυση μέσω ΓΠΣ δίνει νέες διαστάσεις στο χώρο της στατιστικής και της χαρτογράφησης. Η χωρική απεικόνιση δεδομένων περιλαμβάνει α) αναγνώριση «άστοχων» και «ασυνήθιστων» τιμών ή λαθών στα δεδομένα, β) ανακάλυψη νέων μεθόδων για επεξεργασία των δεδομένων, γ) διατύπωση υποθέσεων εξαγόμενων από τα δεδομένα και δ) μελέτη, εκτίμηση και βαθμονόμηση των μοντέλων. Στη συγκεκριμένη μελέτη η χωρική ανάλυση και απεικόνιση με τη χρήση των ΓΠΣ παρείχε ευελιξία στην απόδοση στο χάρτη, επιτρέποντας την πολύ γρήγορη και εύκολη αναπαραγωγή των χαρτών με διαφορετικές ομάδες δεδομένων

κάθε φορά και γραφική «εξερεύνηση» τοποθεσιών πάνω στο χάρτη που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Γενικότερα η χρήση των ΓΠΣ αναδεικνύει μια νέα χαρτοκεντρική (map-based) προσέγγιση στη μοντελοποίηση περιβαλλοντικών παραμέτρων. Χαρακτηριστική είναι η διαλογική σχέση χάρτη-βάσης δεδομένων και η δυνατότητα άμεσης δυναμικής παρέμβασης του μελετητή για την εξέταση σεναρίων και τη λήψη αποφάσεων.

Βιβλιογραφία

- 1) Konstantinidis A., Georgiou G., and Tzanou E., "Calculation of Atmospheric Pollution Dispersion at the Greater Metropolitan Area of Thessaloniki with the use of Geographic Information Systems", 5th International Conference on Environmental Pollution, Thessaloniki 2000, p.p.60-65.
- 2) Burrough P.A., and Mc Donnell R.A., "Principles of Geographical Information Systems", Spatial Information Systems and Geostatistics, Oxford, 1998
- 3) Malczewski J., "GIS and Multicriteria Decision Analysis", John Wiley & Sons, INC., 1999
- 4) Evangelidis K., Konstantidis A., and Papaioannou P., "Conceptual Design for GIS based Modelling of Environmental (Transport-Related) Noise", 5th International Conference on Environmental Pollution, Thessaloniki 2000, p.p.749-755
- 5) "Calculation of Road Traffic Noise", Department of Transport, Welsh Office
- 6) Fritsch D., EGIS '92 Workshop No7, "Digital Terrain Models and GIS 3rd European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems", Munich, Germany, March 23-26, 1992)
- 7) Borden D.Dent, "Cartography Thematic Map Design" McGraw-Hill, 5th edition, 1999
- 8) Helly J., Case T., Davis F., Levin S., and Michener W., "The State of Computational Technology", Sept 1995, National Science Foundation.
- 9) Wise S., Haining R., and Signoretta P., "The Visualisation of Area-Based Spatial Data" Sheffield Centre for Geographic Information and Spatial Analysis, University of Sheffield.
- 10) Gahegan M., "Visualisation Strategies for Exploratory Spatial Analysis." To appear in *Spatial Computing* Scientific Press.