

N. ΤΖΕΛΕΠΗΣ¹, Α. ΣΚΟΠΕΛΙΤΗ¹ ΚΑΙ Β. ΝΑΚΟΣ²

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ- ΣΤΡΑΦΟΥΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΛΙΜΑΚΩΝ

N. TZELEPIS, A. SKOPELITI AND B. NAKOS
THE USE OF OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING IN DYNAMIC THEMATIC
MAPPING OF LARGE SCALE DATA

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία γίνεται διερεύνηση των δυνατοτήτων που παρέχουν τα σύγχρονα λογισμικά περιβάλλοντα αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού για την ανάπτυξη εξειδικευμένου χαρτογραφικού λογισμικού που να παρουσιάζει στο χρήστη θεματικές απεικονίσεις δεδομένων μεγάλων κλιμάκων. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός λογισμικού επικοινωνίας χρήστη-υπολογιστή κατάλληλου να παρουσιάζει ένα ορισμένο εύρος συμβατικών θεματικών απεικονίσεων και επιπλέον να αναπαριστά διαχρονικά μεταβαλλόμενα δεδομένα με δυναμική διαδικασία. Με τη βοήθεια του λογισμικού γίνεται η ανάλυση δεδομένων που αναφέρονται στην περιοχή γύρω από το εμπορικό τρίγωνο της Αθήνας. Τα αποτελέσματα χαρακτηρίζονται από τον ακριβή, εύληπτο και φιλικό τρόπο με τον οποίο οπτικοποιούνται στο χρήστη τα χωρικά και περιγραφικά δεδομένα και το ελάχιστο της υποδομής (υλικό-λογισμικό) για τη λειτουργία του.

SUMMARY

The use of flexible modules for the visualization of large scale thematic data is examined in this paper. These modules are developed using object-oriented language. The design and development issues are discussed in terms of human-computer interaction. The software modules present a number of thematic displays of spatial or spatio-temporal data by producing dynamic maps. The software modules are used to visualize data from the commercial center of the city of Athens. The results are accurate, easy to understand and the software is more user-friendly for visualizing such kind of data than the commercial GIS packages.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνολογία των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) σε παγκόσμιο αλλά και τοπικό επίπεδο έχει διαγράψει μιά μακροχρόνια πορεία. Μεταξύ των φορέων που έχουν αξιοποιήσει την τεχνολογία των ΣΓΠ ξεχωρίζουν οι φορείς της τοπικής αυτοδιοίκησης γιατί βοηθά τη ψηφιακή αναπαράσταση της χωρικής σύνθεσης ενός δήμου, άν ο δήμος ειδωθεί ως ένα σύνολο που απαρτίζεται από ανεξάρτητα μεταξύ τους δίκτυα: ανθρώπων, κτιρίων, συστημάτων και παροχών (Antenucci *et al.*, 1991). Ως τεχνολογία αιχμής έχει αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο ανάπτυξης παρέχοντας συστηματικά, τεκμηριωμένα, και τεχνοκρατικά ορθά μέσα λήψης απόφασης και εύλογα έχει αξιοποιηθεί σε σημαντικό βαθμό από υπηρεσίες και οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης. Μεγάλος αριθμός δήμων της χώρας έχει αναπτύξει εφαρμογές στο περιβάλλον εμπορικών πακέτων που έχουν διαχυθεί στην ελληνική αγορά (Λιβιεράτος κ.α., 1990/ Ομάδα Προγράμματος Τοπογράφων Δήμου Νίκαιας, 1992/ Γιώτης κ.α., 1992/ Νάκος και Μαρούκης, 1993/ Αρβανίτης, 1995).

Παρατηρώντας την τεχνολογία των ΣΓΠ από την οπτική γωνία ενός συνόλου εργαλείων κατάλληλων για συλλογή, ταξινόμηση, επιλεκτική ανάκτηση, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών δεδομένων που αναπαριστούν οντότητες του πραγματικού κόσμου (Burrough, 1986), οι χρήστες οδηγήθηκαν στην ανάπτυξη εφαρμογών που σε γενικευμένη κλίμακα εστιάζονται στην όσο το δυνατόν αρμονικότερη συγκρότηση του τριπλόου: λογισμικό, δεδομένα και υλικό. Στη συντριπτική πλειοψηφία των

¹ Υποψήφιος Διδάκτορας, Υπότροφος ΙΚΥ

² Επίκουρος Καθηγητής, ΕΜΠ

εφαρμογών ως λογισμικό έχει αξιοποιηθεί ένα από τα πολλά(;) εμπορικά πακέτα ΣΓΠ. Η ευρύτερη αξιοποίηση των ΣΓΠ, και μάλιστα η ανάγκη της ψηφιακής αναπαράστασης δυναμικού χαρακτήρα χωρικών οντοτήτων του πραγματικού κόσμου, προϋποθέτει την έμφαση σε ζητήματα που αφορούν αρχές και τρόπους οργάνωσης των χωρικών δεδομένων στηριγμένες στην ίδια τη φύση τους και στη φύση των μεταξύ τους σχέσεων. Η κατεύθυνση αυτή αναζητά μεθόδους ανάπτυξης εννοιολογικών μοντέλων χωρικών δεδομένων προερχομένων από την επιστήμη της πληροφορικής που προσφέρει χρήσιμη θεωρητική συνδρομή στην αντιμετώπιση των διαφόρων χωρικών προβλημάτων (Laurini and Thompson, 1992). Η ανάγκη της θεωρητικής αναβάθμισης της τεχνολογίας διαχείρισης των χωρικών δεδομένων διαμορφώνει νέα πλαίσια ανάπτυξής της που χαρακτηρίζονται από τον όρο *γεωπληροφορική (geoinformation-geomatics)*. Η επικρατούσα τάση σήμερα στη ψηφιακή αναπαράσταση των χωρικών οντοτήτων του πραγματικού κόσμου βασίζεται στη δημιουργία ψηφιακής μορφής αντιγράφων τους, αντικειμένων, που χαρακτηρίζονται από ιδιότητες και λειτουργίες (Chorafas and Steinmann, 1993). Έτσι, βασισμένοι στη φιλοσοφία αυτή δημιουργούνται *αντικειμενοστραφείς βάσεις δεδομένων* και αναπτύσσεται λογισμικό σε περιβάλλοντα ανάπτυξης *αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού*.

Η αντικειμενοστραφής προσέγγιση στην επίλυση προβλημάτων μιμείται τον τρόπο με τον οποίο ο ίδιος ο ανθρώπινος εγκέφαλος μεθοδεύει την επίλυσή τους (Kainz and Shahriari, 1993). Οι αντικειμενοστραφείς μέθοδοι διαχειρίζονται και οπτικοποιούν δεδομένα συνδέοντας διάφορους τύπους μέσω απόδοσης με μη γραμμικό (σειριακό) τρόπο -στατικές και δυναμικές εικόνες, κείμενα, ήχους, μαγνητοσκοπήσεις- που ονομάζονται *υπερ-μέσα* (Delisle and Schwartz, 1986/ Haan *et al.*, 1992). Τα υπερ-μέσα αποτελούν σύγχρονα εργαλεία εκμετάλλευσης και ανάδειξης δεδομένων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μη εξειδικευμένους χρήστες για την ανάπτυξη εύληπτων και εύχρηστων χαρτογραφικών εφαρμογών (Armenakis, 1993/ Cartwright, 1994). Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό των υπερ-μέσων και γενικά των αντικειμενοστραφών μεθόδων είναι το συγκριτικό πλεονέκτημα της δυνατότητας διαχείρισης χωρο-χρονικών δεδομένων, δηλαδή γεωγραφικών δεδομένων που κατανέμονται στο χώρο και μεταβάλλονται διαχρονικά.

Στην εργασία παρουσιάζεται η ανάπτυξη λογισμικού οπτικοποίησης δεδομένων μεγάλης κλίμακας με τη μορφή συμβατικών αλλά και δυναμικών θεματικών χαρτών σε περιβάλλον αντικειμενοστραφούς γλώσσας προγραμματισμού. Το λογισμικό σχεδιάζεται και υλοποιείται με τρόπο που η οπτικοποίηση των δεδομένων να εξασφαλίζει:

- Εκμετάλλευση μεγάλου εύρους χωρικών δεδομένων.
- Εναλλακτικούς τρόπους συμβολισμού (εικονογραφικά σύμβολα, βαθμωτά σημειακά σύμβολα, ισარიθμικές απεικονίσεις κλπ.).
- Δυναμική απεικόνιση χωρικών δεδομένων.
- Απεικόνιση διαχρονικών δεδομένων.
- Απεικόνιση χαρτών με κίνηση.
- Ζεύξεις μεταξύ γραφικών στοιχείων και πινακοποιημένων δεδομένων.
- Εύχρηστη λειτουργία.

Με το λογισμικό κάθε χρήστης επιτυγχάνει να αποδίδει φαινόμενα του γεωγραφικού χώρου που δεν είναι ορατά με άλλες μεθόδους. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η δυνατότητα απεικόνισης κοινωνικο-οικονομικών χαρακτηριστικών του γεωγραφικού χώρου. Η δυνατότητα αυτή αποτελεί κομβικό τεχνοκρατικό εργαλείο για τους φορείς της τοπικής αυτοδιοίκησης αφού μπορούν να οδηγηθούν με εύληπτο και εύχρηστο τρόπο σε ορθούς επιστημονικά μηχανισμούς λήψης απόφασης.

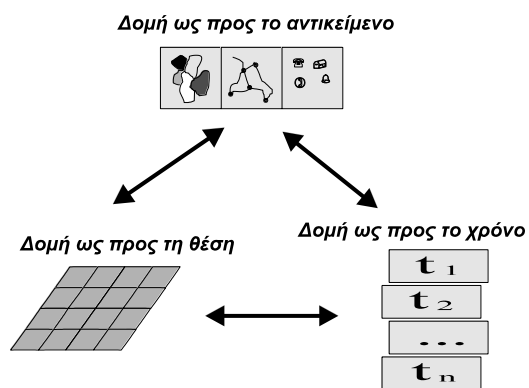
ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Η παραδοσιακή και συνήθης προσέγγιση στη σχεδίαση ενός λογισμικού βασίζεται περισσότερο στην ανάλυση των επί μέρους διαδικασιών που συγκροτούν το σχετικό πρόβλημα και την οργάνωση αντίστοιχων δομών ελέγχου των δεδομένων (δομημένος προγραμματισμός). Όμως, σε ένα οποιοδήποτε σύνολο δεδομένων, την ίδια και μεγαλύτερη ακόμα σημασία από τη δομή έχει η ίδια η ροή τους (Yester, 1991), γεγονός που απαιτεί μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση και ανάλυση, βασισμένη τόσο στη δομή όσο και στον έλεγχο των δεδομένων. Με τις νέες τάσεις στον προγραμματισμό γίνεται μια προσπάθεια εξισορρόπησης ανάμεσα στους δύο αυτούς παράγοντες, θεωρώντας ενότητες δεδομένων και λειτουργιών και προτείνοντας έτσι ένα ακόμα πιο φυσικό μοντέλο για τη αντιμετώπιση του προβλήματος.

Στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό, όπως άλλωστε υποδηλώνει ο ίδιος ο όρος, το κλειδί στην κατανόηση και ανάλυση ενός προβλήματος είναι η έννοια του *αντικειμένου*. Ως αντικείμενο λοιπόν ορίζεται μια ενότητα λογισμικού, η οποία έχει δύο βασικά χαρακτηριστικά: την *κατάσταση* που προσδιορίζεται από ένα σύνολο μεταβλητών και τη *συμπεριφορά* που καθορίζει με διάφορες μεθόδους την επικοινωνία μεταξύ των αντικειμένων (Campione and Walrath, 1996). Η επικοινωνία ενός αντικειμένου με άλλα μπορεί στηρίζεται αποκλειστικά στις μεθόδους με αποτέλεσμα οι τροποποιήσεις στις τιμές των μεταβλητών να μην επηρεάζουν τη εξέλιξη του προγράμματος. Οι μέθοδοι υλοποιούνται με τη βοήθεια *μηνυμάτων*, στα οποία εμπεριέχεται πληροφορία για ένα αριθμό *παραμέτρων* που καθορίζουν πλήρως και σαφώς τη διεκπεραίωση της μεθόδου. Ένα μήνυμα έχει τρεις βασικές συνιστώσες: το αντικείμενο-παραλήπτη του μηνύματος, την υπόδειξη της μεθόδου επικοινωνίας που θα εκπληρωθεί και τον καθορισμό των παραμέτρων της μεθόδου. Έτσι καλύπτεται κάθε ανάγκη ανταλλαγής πληροφορίας ανάμεσα στα αντικείμενα ανεξάρτητα από τη φάση επεξεργασίας κάθε αντικειμένου. Η οργάνωση του προγραμματισμού με βάση το αντικειμενοστραφές μοντέλο αποφέρει δύο πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα: τη συνεκτική διάρθρωση του λογισμικού σε ανεξάρτητες ενότητες και τη διαφύλαξη της πληροφορίας μέσα σε κάθε ενότητα, ώστε η μεταξύ τους επικοινωνία να είναι ανεξάρτητη από τον τρόπο λειτουργίας της κάθε μιάς και επιπλέον η μεταβολή των τιμών των μεταβλητών μιάς ενότητας να μην επηρεάζει τη λειτουργία των υπολοίπων. Η σημασία των δύο αυτών χαρακτηριστικών στη λειτουργία του λογισμικού είναι προφανής: τόσο για την αρχική ανάπτυξη όσο και για πιθανό μετέπειτα εμπλουτισμό του χρησιμοποιούνται αυτόνομα τμήματα κώδικα (Roman, 1996), ενώ μπορούν να προέρχονται και από διαφορετικούς προγραμματιστές ή ακόμα και διαφορετικά περιβάλλοντα προγραμματισμού.

Στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό αξιοποιείται ακόμη το γεγονός της ύπαρξης πανομοιότυπων ενοτήτων λογισμικού με περιστασιακές διαφορές, δηλαδή αντικειμένων που μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά. Χρησιμοποιούνται πρωτότυπες φόρμες από τις οποίες προκύπτουν σειρές όμοιων αντικειμένων με κοινές μεταβλητές και μεθόδους που ονομάζονται *κατηγορίες*. Τα διάφορα αντικείμενα που ανήκουν σε μία κατηγορία είναι διαφορετικές *περιπτώσεις* του πρωτοτύπου στις οποίες αποδίδονται διάφορες τιμές μεταβλητών ενώ οι μέθοδοι επικοινωνίας με τα άλλα αντικείμενα εκπληρώνονται με εναλλακτικούς τρόπους. Η ιεράρχηση που προκύπτει επεκτείνεται και σε περισσότερα από ένα επίπεδα ιεράρχησης με διαδοχική *κληρονομίση* των χαρακτηριστικών (μέθοδοι και μεταβλητές) της *υπερ-κατηγορίας* σε μια ή περισσότερες *υπο-κατηγορίες* επιτυγχάνοντας έτσι μεγάλη οικονομία χρόνου και κόπου.

ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



Σχήμα 1 Χωρο-χρονικό μοντέλο δεδομένων (Peuquet and Qian, 1996)

Σε όλες τις έρευνες και μελέτες των τελευταίων χρόνων σχετικά με την οργάνωση και διαχείριση γεωγραφικών δεδομένων, υπάρχει η κοινή διαπίστωση για την ανάγκη της ένταξης του ολοένα αυξανόμενου όγκου στοιχείων σε ένα δυναμικό πλαίσιο αξιοποίησής τους. Το μοντέλο γραμμικής και το μοντέλο πινακοποιημένης δομής θεωρούνταν ως τώρα εξίσου απαραίτητα και αλληλοσυμπληρούμενα σε ένα περιβάλλον ΣΓΠ, προσφέροντας τη δυνατότητα αναφοράς στο είδος και στη θέση της πληροφορίας αντίστοιχα. Κάτω από τη νέα οπτική της χρήσης του χρόνου ως τέταρτης διάστασης στην περιγραφή της γεωγραφικής πληροφορίας, στο σύνθετο αυτό μοντέλο αναπαράστασης προστίθεται σαν τρίτη ισοβαρής συνιστώσα και η διαχρονική δομή της

πληροφορίας (σχήμα 1).

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΧΩΡΟΥ

Το αντικειμενοστραφές μοντέλο ήδη εφαρμόζεται σε μεγάλη έκταση στην οργάνωση βάσεων δεδομένων. Ιδιαίτερα όσον αφορά τις βάσεις χωρικών δεδομένων που αξιοποιούνται στο περιβάλλον ενός ΣΓΠ, αποτελεί μια από τις επικρατούσες τάσεις καθώς ενισχύεται σημαντικά από μια φυσική διάθεση του ανθρώπου να αντιμετωπίζει και να διαχειρίζεται την γεωγραφική πληροφορία ως χωρικό αντικείμενο (Robinson, 1991). Όσον αφορά τα γεωγραφικά δεδομένα που θα τροφοδοτήσουν το λογισμικό για σύνθεση χαρτογραφικών θεματικών απεικονίσεων, η έννοια του αντικειμένου χρησιμοποιείται στη σχεδίαση του

λογισμικού για να περιγραφεί η ανάκτηση έτοιμων ολοκληρωμένων πακέτων δεδομένων. Τα δεδομένα προϋπάρχουν και είναι διαθέσιμα σε κάποια συμβατή με το λογισμικό μορφή και δεν περιορίζονται μεν ως προς την έκταση παρά μόνο από τις δυνατότητες του διαθέσιμου συστήματος (εξοπλισμός, περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογής), πληρούν όμως τις προδιαγραφές συγκεκριμένων μεθόδων επικοινωνίας, τέτοιων που να αντιστοιχούν στις δομές διάταξής τους. Ο τρόπος πρόσβασης και ανάκτησης για κάθε είδος δεδομένων μπορεί να θεωρηθεί μια ξεχωριστή κατηγορία αντικειμένων με μια μεταβλητή για τα πεδία των εγγραφών και τον ορισμό ενός ξεχωριστού αντικειμένου για την ανάκτηση των στοιχείων που χρειάζονται για κάθε χάρτη.

Η απεικόνιση θεματικών δεδομένων ποιοτικού ή ποσοτικού χαρακτήρα για κάποιο φαινόμενο στηρίζεται στην μέσω συμβόλων απόδοσή τους στη γεωγραφική θέση που αναφέρονται. Ο προσδιορισμός της θέσης των συμβόλων γίνεται επάνω στο χάρτη υπόβαθρο που απεικονίζει την απαραίτητη γεωγραφική αναφορά, δηλαδή την τοπογραφική πληροφορία, (Νάκος και Φιλιππακοπούλου, 1993). Ο χάρτης υπόβαθρο μπορεί να είναι ένας κλασικός τοπογραφικός χάρτης ή διάγραμμα ή οποιοδήποτε άλλο είδος χάρτη και εικόνας που επιτρέπει το χωρικό εντοπισμό. Βέβαια η αποτελεσματική επιλογή του υποβάθρου σε περιβάλλον Η/Υ επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη ενός χάρτη ειδικά για το μέσο αυτό και όχι με τη χρήση κάποιου υπάρχοντος συμβατικού χάρτη σε ψηφιοποιημένη μορφή (Cartwright, 1994). Η τελική εικόνα του υποβάθρου διαμορφώνεται λαμβάνοντας υπόψιν τόσο τους γενικούς κανόνες εύκολης και γρήγορης αντίληψης από τον αναγνώστη όσο και τις ειδικότερες συνθήκες οπτικοποίησης σε περιβάλλον Η/Υ.

Για τη σύνθεση και την παρουσίαση των θεματικών χαρτών απαιτούνται δεδομένα που συνήθως δομούνται με σειριακή διάταξη εγγραφών με τα διαθέσιμα για κάθε χαρτογραφική οντότητα θεματικά στοιχεία (πίνακας 1), ενώ και για κάθε θεματικό χάρτη ο αριθμός των πεδίων των εγγραφών τροποποιείται. Η πληροφορία δομείται κατ' αυτόν τον τρόπο με βάση ένα γραμμικό μοντέλο που χαρακτηρίζεται από την αντιστοίχισή της με τη χαρτογραφική οντότητα. Ιδιαίτερο όμως ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι περιπτώσεις εκείνων των θεματικών δεδομένων ποσοτικού κυρίως χαρακτήρα που μπορούν να εκφραστούν με πινακοποιημένες δομές και να απεικονισθούν με εναλλακτικό τρόπο που να αξιοποιεί τη χωρική και χρονική διάστασή τους.

Ο.Τ.	ΠΛΗΘ. '81	ΠΛΗΘ. '91	ΠΥΚΝ. ΠΛΗΘ. '81	ΠΥΚΝ. ΠΛΗΘ. '91	X	Y
2156	12	0	2,58636	0,00000	-20983,02188	25535,52759
2346	12	0	0,84723	0,00000	-20988,87586	25318,41370
2391	12	2	5,83355	0,97226	-20975,88392	25178,35629
2396	41	17	7,83493	3,24863	-20951,62809	25107,85090
2395	23	14	5,73638	3,49171	-20892,32746	25090,08464
2411	14	4	3,71540	1,06154	-21166,35380	25015,03951
4584	14	8	2,73994	1,56568	-20869,11254	24990,37704
4548	0	4	0,00000	2,85557	-21123,82785	25001,93033
4612	26	21	4,19043	3,38458	-20796,68736	24977,91240
4613	26	4	3,90600	0,60092	-20711,36511	24985,19299
4625	15	4	1,51102	0,40294	-20601,52661	24957,66019
4547	68	9	13,77288	1,82288	-21174,79169	24946,54698
4553	17	0	4,60691	0,00000	-21062,40876	24930,05902
4611	20	3	7,19004	1,07851	-20783,83275	24897,63127
4624	0	11	0,00000	3,64758	-20643,18740	24882,42503

Πίνακας 1 Απόσπασμα σειριακού αρχείου θεματικών δεδομένων

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΧΩΡΟΥ-ΧΡΟΝΟΥ

Οι απεριόριστες πια δυνατότητες καταγραφής γεωγραφικής πληροφορίας που προσφέρουν οι εξελίξεις της τεχνολογίας στο χώρο της πληροφορικής θέτουν τον έντονο προβληματισμό της ύπαρξης κατάλληλων και ικανών τρόπων οπτικοποίησης όλων αυτών των στοιχείων για χωρική ανάλυση, με κριτήριο πλέον όχι μόνο τη θέση αλλά και το χρόνο. Η προσπάθεια χωρικής ανάλυσης χρονικών φαινομένων με παραβολή χαρτών διαφορετικών χρονικών περιόδων σημαίνει αναγκαστική μείωση των εκτάσεων και των περιόδων μελέτης και έχει σαν αποτέλεσμα την εξαντλητική απλούστευση και καταστροφή πληροφορίας (Openshaw *et al.*, 1994). Απαιτούνται εναλλακτικοί τρόποι μελέτης και παρατήρησης των στοιχείων μέσω των οποίων θα μπορούν να διερευνώνται πρότυπα και διαδικασίες που δεν θα ανιχνεύονταν με συμβατικούς τρόπους χαρτογράφησης. Ένας τέτοιος τρόπος ιδιαίτερα προσφιλής και δυναμικός είναι η αναπαραγωγή σειράς

στατικών χαρτών με τη βοήθεια των μεθόδων παρουσίασης που προσφέρονται σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον πολυμέσων.

Για την απεικόνιση μιας τέτοιας σειράς χαρτών απαιτείται θεματική πληροφορία για την απεικονιζόμενη περιοχή, δομημένη κατά το μοντέλο διδιάστατου πίνακα (κανονικά διατεταγμένα ορθογώνια φατνία ίδιας έκτασης) με το οποίο καλύπτεται η οριζοντιογραφική αναφορά θέσης. Η μετατροπή των ακανόνιστων θέσεων εμφάνισης των πρωτογενών δεδομένων των χωρικών φαινομένων στις κανονικές θέσεις του διδιάστατου πίνακα μπορεί να γίνει με τη διαδικασία της χωρικής παρεμβολής (Burrough, 1986). Η χρονική δομή υλοποιείται με διαδοχικά επίπεδα της θεματικής πληροφορίας που απέχουν το ένα από το άλλο κατά το ίδιο χρονικό διάστημα το οποίο επιλέγεται ανάλογα με τη συχνότητα εμφάνισης των φαινομένων που μελετώνται. Το αποτέλεσμα της συνεχόμενης απεικόνισής τους καταγράφεται υπό μορφήν ψηφιακής ταινίας και αναπαράγεται με ανάκτηση του αρχείου της ταινίας. Ανάλογα με τις μεθόδους απόδοσης που έχουν επιλεγεί προκύπτει και ένας αντίστοιχος αριθμός αρχείων που για την ανάκτησή τους ιδρύεται παρόμοια μια κατηγορία αντικειμένων.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Η χρήση του αντικειμενοστραφούς μοντέλου στην σχεδίαση ενός γραφικού περιβάλλοντος ψηφιακής παρουσίασης θεματικών χαρτογραφικών δεδομένων παρέχει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης παραδοσιακών μορφών απεικόνισης, νέων μεθόδων οπτικοποίησης ή και συνδυασμών των δύο υλοποιώντας το καθένα από αυτά σαν αντικείμενο με μια αυτόνομη ενότητα λογισμικού. Δημιουργούνται κατηγορίες όμοιων απεικονίσεων και διαφορετικά αντικείμενα για κάθε απεικόνιση. Είναι δυνατή όμως και η συνεργασία διαφορετικών αντικειμένων για την ενεργοποίηση απεικονίσεων ή το σχηματισμό ερωταποκρίσεων μέσω μεθόδων επικοινωνίας που βασίζονται σε κοινά χαρακτηριστικά.

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ

Οι κλασσικοί θεματικοί χάρτες ποσοτικών δεδομένων που αποδίδονται με σημειακά σύμβολα μεταβλητού μεγέθους, χρώματος ή σχήματος αποτελούν ένα σημαντικό και δοκιμασμένο υπόβαθρο επικοινωνίας με τον αναγνώστη. Η απεικόνισή τους σε περιβάλλον Η/Υ μπορεί να συνοδεύεται με την παρουσία ενός εύχρηστου γραφικού διαλογικού υπομνήματος που προσδίδει νέες δυνατότητες με τη δυναμική επιλογή των στοιχείων προς απεικόνιση. Επίσης η απλή παράθεση πινάκων με τις σειριακές εγγραφές των θεματικών στοιχείων που τροφοδοτούν τους χάρτες είναι μια μορφή απεικόνισης άμεσα κατανοητής και ειδικά όταν εμφανίζονται ταυτόχρονα με την απεικόνιση των χαρτών, είτε στο σύνολό των στοιχείων είτε σαν αποτέλεσμα κάποιου κριτηρίου επιλογής, αποτελούν την λεπτομερέστερη αναφορά και τεκμηρίωσή του.

Η χρήση κινουμένων διαγραμμάτων που εμφανίζεται τελευταία και σιγά σιγά καθιερώνεται στα χαρτογραφικά ψηφιακά περιβάλλοντα είναι ένα νέο εργαλείο χωρικής ανάλυσης με δυνατότητες ανίχνευσης χρονικά μεταβαλλόμενων προτύπων και διαδικασιών, κάτι που ως τώρα ήταν δύσκολο ως και αδύνατο να επιτευχθεί με τη χρήση των στατικών παραδοσιακών απεικονίσεων. Ο απλούστερος τρόπος παραγωγής μιας τέτοιας απεικόνισης με κίνηση είναι η συνεχόμενη εμφάνιση χωροπληθών χαρτών διαδοχικών ισαπέχοντων χρονικά εποχών και η καταγραφή παράλληλα σε ψηφιακό αρχείο ταινίας. Για το συμβολισμό του θεματικού φαινομένου χρησιμοποιείται βέβαια μια κοινή ως προς τα εύρη των τιμών χρωματική διαβάθμιση για όλη τη σειρά χαρτών, ενώ για πιο παραστατική ακόμα εικόνα μπορεί να γίνει και τρισδιάστατη απόδοση. Πέρα από την πρώτη ενθαρρυντική εντύπωση που δίνει η απεικόνιση θεματικών φαινομένων με ένα τέτοιο τρόπο, δημιουργείται η ανάγκη εκπαίδευσης στην παρατήρηση καθώς και η διερεύνηση των παραμέτρων των χαρτών με κίνηση ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη χρήση της μεθόδου. Τίθενται λοιπόν θεωρητικά ερωτήματα τόσο σε σχέση με κλασσικές οπτικές μεταβλητές (χρώμα, συμβολισμός, μέγεθος) καθώς και με νέες που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη μέθοδο απεικόνισης ή το υπολογιστικό περιβάλλον (ταχύτητα αναπαραγωγής ταινίας, γραφικά παράθυρα, ήχος).

ΓΡΑΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΩΤΑΠΟΚΡΙΣΕΩΝ

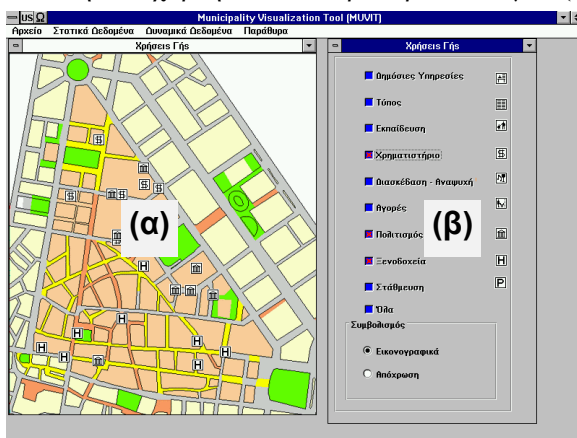
Η τεράστια εξέλιξη που υπάρχει στα προσωπικά υπολογιστικά συστήματα έχει σαν αποτέλεσμα την πρόσβαση και των πιο απλών χρηστών σε πλούσια μέσα αλληλεπίδρασης. Στον τομέα του γραφικού περιβάλλοντος επικοινωνίας μιας εφαρμογής υπάρχει διαρκής πρόοδος με την κυκλοφορία ισχυρών εργαλείων προγραμματισμού και την καθιέρωση πρωτοκόλλων επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών προϊόντων που αποτελούν ένα ολοκληρωμένο υπόβαθρο ανάπτυξης εφαρμογών πολυμέσων για οποιοδήποτε αντικείμενο. Μέσα σε ένα τέτοιο πλαίσιο δυνατοτήτων οι ανάγκες ενός χαρτογραφικού

διαλογικού περιβάλλοντος συναντούν πολλές λύσεις και η σχεδίαση του σχετικού λογισμικού γίνεται πλέον με ιδιαίτερες απαιτήσεις.

Ένα πρότυπο ψηφιακό περιβάλλον θεματικών απεικονίσεων στο οποίο αξιοποιούνται οι ιδιότητες της σύγχρονης τεχνολογίας των πολυμέσων, ενσωματώνει βασικές αρχές εξυπηρέτησης του χρήστη όπως η άμεση παρουσίαση, η καθοδήγηση με τη διάθεση βοηθητικού υπερ-κειμένου, η ιεραρχική δομή επιλογών και φυσικά η διαχείριση πληροφορίας διαφόρων ειδών (Cartwright, 1995). Στον τομέα των απεικονίσεων υπάρχουν πίνακες στοιχείων, φωτογραφίες, θεματικό υλικό, κίνηση, ενώ είναι ακόμα σε πειραματικό μάλλον στάδιο η χρήση του ήχου και της λεγόμενης εικονικής πραγματικότητας. Ο σχηματισμός και η πραγματοποίηση ερωταποκρίσεων στα θεματικά δεδομένα του λογισμικού εφαρμόζεται σε μεγάλο βαθμό μέσα στα διαλογικά υπομνήματα των απεικονίσεων, στα αρχεία των σειριακών εγγραφών αλλά και στους χάρτες με κίνηση. Ανάλογα με την περίπτωση, η διαδικασία βασίζεται στη δομή του μοντέλου δεδομένων που χρησιμοποιείται για την κάθε απεικόνιση. Η συνδυασμένη αναφορά σε είδος, χώρο και χρόνο επιτρέπει και αντίστοιχες συνδυασμένες μεθόδους διερεύνησης των παρατηρούμενων φαινομένων, αφήνοντας ακόμα και την ιεραρχία στις τρεις αυτές διαστάσεις να είναι διαπραγματεύσιμη (Peuquet and Qian, 1996).

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Για την ανάπτυξη του λογισμικού χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού της Visual Basic 4.0 για Windows 95. Η παρουσίαση κάθε απεικόνισης γίνεται με τη χρήση δύο παραθύρων (οπτικοποίησης και διαλόγου). Το παράθυρο οπτικοποίησης (σχήμα 2-α) χρησιμοποιείται για την απεικόνιση του χάρτη και το παράθυρο διαλόγου (σχήμα 2-β) για τον καθορισμό των παραμέτρων απεικόνισης από το χρήστη και την παρουσίαση του υπομνήματος. Κάθε φορά που ο χρήστης επιλέγει μία ομάδα δεδομένων για απεικόνιση δημιουργείται ένα νέο ζεύγος παραθύρων οπτικοποίησης και διαλόγου, με αποτέλεσμα ο χρήστης να βλέπει ταυτόχρονα όχι μόνο πολλαπλά δεδομένα αλλά και πολλαπλές εναλλακτικές οπτικοποιήσεις των ίδιων δεδομένων. Τα στοιχεία της βάσης δεδομένων ομαδοποιούνται ανάλογα με τις χωρικές τους διαστάσεις και τους κανόνες της χαρτογραφικής απόδοσης σε: σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά (Νάκος και Φιλίππακοπούλου, 1993) και με τη σχέση τους με το χρόνο σε στατικά και δυναμικά. Για την οπτικοποίηση των δεδομένων αυτών πέρα από τις συμβατικές μεθόδους χρησιμοποιήθηκαν και

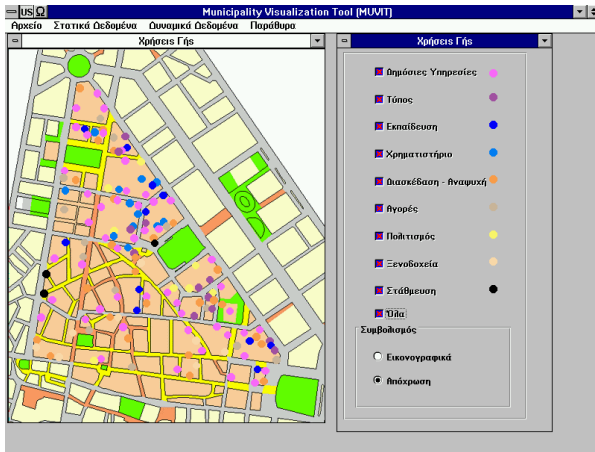


Σχήμα 2 Παράθυρα: (α) οπτικοποίησης και (β) διαλόγου

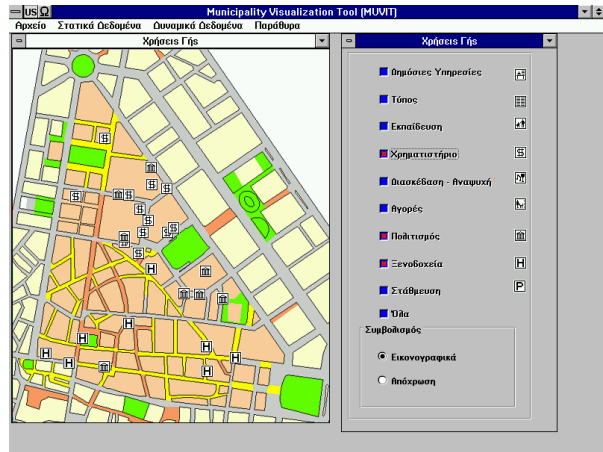
δυναμικοί χάρτες. Όπως η κλαστική χαρτογραφική απεικόνιση των δεδομένων βασίζεται στις οπτικές μεταβλητές, η οπτικοποίηση με δυναμικούς χάρτες χρησιμοποιεί τρεις δυναμικές μεταβλητές: τη διάρκεια παρουσίασης μιας σκηνής, το ρυθμό εναλλαγής των σκηνών, τη σειρά παρουσίασης. Σήμερα αναγνωρίζουμε τρεις κατηγορίες δυναμικών χαρτών: εκείνους που τονίζουν την ύπαρξη της θέσης, εκείνους που τονίζουν τις ιδιότητες και εκείνους που τονίζουν την μεταβολή (DiBiase *et al.* 1992). Τα σημειακά δεδομένα διακρίνονται σε ποιοτικά και ποσοτικά. Η απεικόνιση των ποιοτικών σημειακών δεδομένων (π.χ. χρήσεις γης) γίνεται με τη χρήση σημειακών συμβόλων (κύκλων) και διαφοροποίηση της οπτικής μεταβλητής: απόχρωση (σχήμα 3) και με εικονογραφικά σύμβολα (σχήμα 4). Στο παράθυρο διαλόγου, στην περίπτωση αυτή, εμφανίζεται πλήρης κατάλογος των διατιθέμενων κατηγοριών, η ένδειξη για το εάν μια κατηγορία απεικονίζεται και το σύμβολο της. Από τον κατάλογο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την κατηγορία που επιθυμεί να οπτικοποιήσει ή να αναιρέσει την οπτικοποίηση κάποιας κατηγορίας που απεικονίζεται. Για την ενεργοποίηση της οπτικοποίησης μίας κατηγορίας ο «κλικάρει» με το ποντίκι πάνω σε αυτή. Οι κατηγορίες που οπτικοποιούνται σημειώνονται με "X" στο χώρο ένδειξης. Η επιλογή μίας ήδη απεικονιζόμενης κατηγορίας από το όνομα της ή το χώρο ένδειξης της έχει σαν αποτέλεσμα την αφαίρεση της από το χάρτη, ενώ η επιλογή από το χώρο του συμβόλου προκαλεί το στιγμιαίο ανασκόπισμα των συμβόλων (δυναμικός χάρτης ενίσχυσης της θέσης). Με αυτό τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να απεικονίζει κάθε συνδυασμό κατηγοριών αλλά και στην περίπτωση που απεικονίζονται περισσότερες από όσες είναι δυνατό να αντιλαμβάνεται άμεσα, να επισημαίνονται οι θέσεις μιας συγκεκριμένης κατηγορίας. Επιπλέον, η επιλογή "όλα" έχει ως αποτέλεσμα τη σταδιακή παρουσίαση κάθε μίας κατηγορίας χρήσης ξεχωριστά και τελικά τη στατική παρουσίαση όλων ταυτόχρονα. Τα εικονογραφικά σύμβολα υλοποιήθηκαν ως γραφικά

πινακοποιημένα αρχεία (τύπου BMP) διαστάσεων 16x16 εικονοστοιχείων (Gerber *et al.*, 1990/ Μαρούδη, 1995). Τα εικογραφικά σύμβολα που χρησιμοποιήθηκαν είναι μαυρόασπρα με τετράγωνο σχήμα και πλαίσιο καθώς κρίθηκε ότι αυτά διακρίνονται βέλτιστα ως προς το υπόβαθρο.

Η απεικόνιση των γραμμικών δεδομένων (π.χ. διαδρομές διαφόρων μέσων μεταφοράς) γίνεται με τη βοήθεια γραμμικών συμβόλων μεταβλητής απόχρωσης για την ποιοτική διαφοροποίηση (σχήμα 6). Η οπτικοποίηση των γραμμικών δεδομένων αποδίδεται με μετακινούμενο σύμβολο κατά μήκος της διαδρομής (δυναμικός χάρτης ενίσχυσης της θέσης) αρχικά και στατικά συνολικά τελικά.

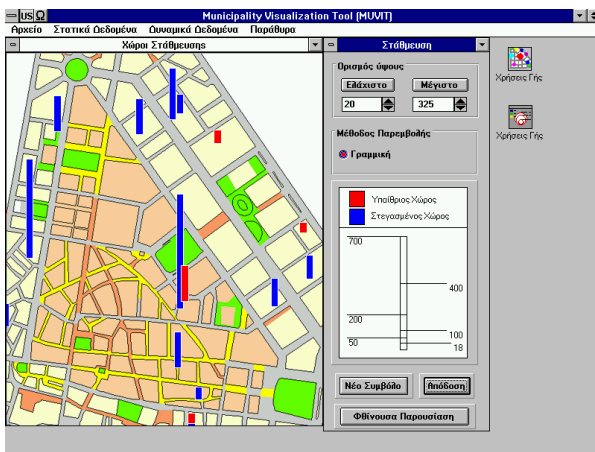


Σχήμα 3 Οπτικοποίηση χρήσεων με σημειακά σύμβολα και απόχρωση

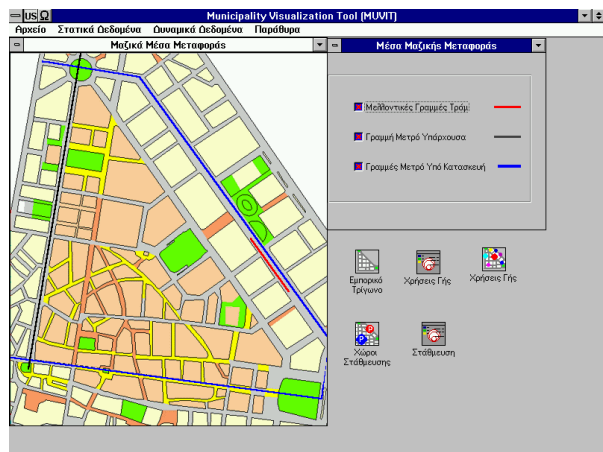


Σχήμα 4 Οπτικοποίηση χρήσεων με εικονογραφικά σύμβολα

Για την απεικόνιση σημειακών ποσοτικών δεδομένων (π.χ. χώροι στάθμευσης και διατιθέμενες θέσεις), χρησιμοποιούνται βαθμωτά σημειακά σύμβολα (Νάκος και Φιλιππακοπούλου, 1993). Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το είδος των συμβόλων που επιθυμεί να χρησιμοποιήσει: κύκλους ή τετράγωνα μεταβλητού εμβαδού ή στήλες μεταβλητού ύψους (σχήμα 5). Επιπλέον ο χρήστης ορίζει το ελάχιστο ή το μέγιστο σύμβολο και την κλίμακα της ποσοτικής απόδοσης. Οι διαστάσεις των στηλών και των ακμών των τετραγώνων καθορίζονται με γραμμική κλίμακα. Οι ακτίνες των κύκλων μπορούν να υπολογιστούν είτε με επιφανειακή κλίμακα είτε με τη μέθοδο Flannery (Robinson *et al.*, 1984). Με τη μέθοδο Flannery ο χρήστης καθορίζει και το συντελεστή που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών: $0.4 \div 0.6$. Ο ορισμός του ελάχιστου και μέγιστου μεγέθους γίνεται είτε με πληκτρολόγηση της τιμής ή υποδεικνύοντας πάνω στο χάρτη μία απόσταση. Η παρουσίαση της οπτικοποίησης των δεδομένων γίνεται είτε συνολικά είτε κατά φθίνουσα σειρά μεγεθών οπότε ενισχύεται από τον τρόπο παρουσίασης η μεταδιδόμενη πληροφορία (δυναμικός χάρτης ενίσχυσης των ιδιοτήτων). Επειδή συχνά τα σύμβολα επικαλύπτονται το όριο γραφικής διαφοροποίησης υλοποιήθηκε με τη σχεδίαση των συμβόλων με άσπρο περίγραμμα.



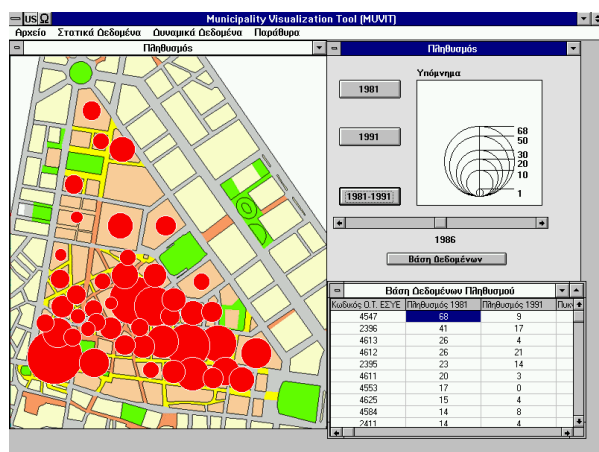
Σχήμα 5 Οπτικοποίηση χώρων στάθμευσης με



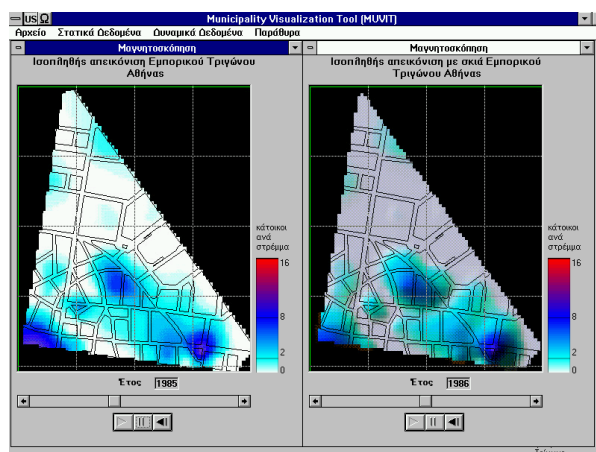
Σχήμα 6 Οπτικοποίηση γραμμών Μετρό με

σημειακά σύμβολα (στήλες) και μέγεθος

γραμμικά σύμβολα και απόχρωση



Σχήμα 7 Οπτικοποίηση μεταβολής πληθυσμού με σημειακά βαθμωτά σύμβολα (δυναμικός χάρτης)



Σχήμα 8 Οπτικοποίηση πυκνότητας πληθυσμού με ισοπληθή απεικόνιση (δυναμικός χάρτης)

Ιδιαίτερο βάρος δίνεται στην υλοποίηση δυναμικών χαρτών που οπτικοποιούν τη μεταβολή δεδομένων στο χρόνο (π.χ. διαχρονική μεταβολή της πυκνότητας πληθυσμού). Στη βάση δεδομένων αποθηκεύονται οι τιμές πληθυσμού για τα οικοδομικά τετράγωνα από τις δύο απογραφές του 1981 και 1991. Η απεικόνιση της μεταβολής του πληθυσμού κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 1981-1991 βασίζεται στον υπολογισμό των τιμών για τα ενδιάμεσα έτη με γραμμική παρεμβολή. Το μοντέλο αυτό είναι απλό και το μόνο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με τα παρόντα δεδομένα. Στην περίπτωση που υπήρχαν και άλλα δεδομένα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν περισσότερο σύνθετα μοντέλα παρεμβολής (π.χ. εκθετικά). Η οπτικοποίηση της μεταβολής του πληθυσμού σε κάθε Ο.Τ. (σχήμα 7) γίνεται με τη χρήση βαθμωτών συμβόλων. Καθώς η οπτικοποίηση του πληθυσμού για κάθε έτος διαδέχεται η μία την άλλη, η μεταβολή του χρόνου επισημαίνεται στο χρήστη με ένα ηχητικό σήμα και τη μετακίνηση ενός δείκτη κατά μήκος μιας κυλιόμενης μπάρας (Monmonier, 1990). Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε η οπτικοποίηση της κατανομής της πυκνότητας πληθυσμού για όλη την περιοχή ενδιαφέροντος σε ισοπληθή απεικόνιση με ή χωρίς σκιά (σχήμα 8). Η δημιουργία των μοντέλων πυκνότητας πληθυσμού για την περιοχή ενδιαφέροντος και η απεικόνιση υλοποιήθηκε σε περιβάλλον εμπορικού πακέτου ΣΓΠ. Η οπτικοποίηση της πυκνότητας πληθυσμού για κάθε έτος αποθηκεύτηκε σε αρχείο γραφικών και στη συνέχεια οι επιμέρους χρονικές στιγμές συνδέθηκαν σε ένα αρχείο μαγνητοσκόπησης. Η παρουσίαση των μαγνητοσκοπήσεων με τη μεταβολή της πυκνότητας πληθυσμού μπορεί να γίνει ταυτόχρονα και για τους δύο τρόπους απεικόνισης ή ανεξάρτητα. Η μεταβολή του χρόνου επισημαίνεται με μία κυλιόμενη μπάρα και ο χρήστης μπορεί μετακινώντας το δείκτη της να μετακινηθεί προς και πίσω στο χρόνο και να επιλέξει μια χρονική στιγμή που τον ενδιαφέρει. Η χρήση σκιάς στην απεικόνιση της πυκνότητας αποδείχθηκε ιδιαίτερα κατάλληλη παρόλο που μέχρι σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως στην απεικόνιση του φυσικού ανάγλυφου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο αντικειμενοστραφής προγραμματισμός παρέχει αναβαθμισμένα εργαλεία διαχείρισης χωρικών δεδομένων που υποβοηθούν καθοριστικά διαδικασίες λήψης απόφασης. Με το παράδειγμα-εφαρμογή που παρουσιάζεται αναλύεται η δομή και τα συστατικά στοιχεία της ζεύξης αντικειμένων πολυμέσων χωρο-χρονικών δεδομένων μεγάλης κλίμακας. Το λογισμικό χαρακτηρίζεται για τη φιλικότητα της χρήσης του, την επιτυχημένη παρουσίαση των συμβατικών αλλά και δυναμικών θεματικών χαρτών, τη γρήγορη ανάκτηση των δεδομένων. Η αξιοποίηση των συμβατικών πακέτων λογισμικού των ΣΓΠ σε ανάλογες εφαρμογές δεν έχει να προσφέρει επιπλέον εργαλεία για την απόδοση των χωρο-χρονικών δεδομένων. Τα περιβάλλοντα ανάπτυξης αντικειμενοστραφών εφαρμογών επιτυγχάνουν να διευρύνουν με επιτυχία τα μέσα οπτικοποίησης και να προσφέρουν νέους τρόπους αναπαράστασης χωρο-χρονικών δεδομένων. Οι εφαρμογές μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμα μέσα για λήψη απόφασης από μη εξειδικευμένους χρήστες. Από την εποχή που στο άμεσο παρελθόν γινόταν χρήση ενός πολύπλοκου δύσχρηστου και υψηλού κόστους πακέτου λογισμικού κατάλληλου για πολλές εφαρμογές, σήμερα η διαγραφόμενη τάση είναι να

αναπτύσσονται με χαρακτηριστική ευκολία πολλά λογισμικά το κάθε ένα προσαρμοσμένο σε συγκεκριμένη εφαρμογή που να καλύπτει με μεγαλύτερη επάρκεια τις απαιτήσεις των χρηστών.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τα δεδομένα του υποβάθρου των χρήσεων και των θέσεων στάθμευσης του εμπορικού τριγώνου της Αθήνας παραχωρήθηκαν από τον επίκουρο καθηγητή Α. Βλαστό και συλλέχθηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος: *Διερεύνηση μεθόδων αντιμετώπισης προβλημάτων εφαρμογής από την πεζοδρόμηση του εμπορικού τριγώνου της Αθήνας*, που εκπονείται στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Τα δεδομένα του πληθυσμού ανά οικοδομικό τετράγωνο των απογραφών του 1981 και 1991 παραχωρήθηκαν από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Antenucci J. C., K. Brown, P. L. Croswell, M. J. Kevany and H. Archer, 1991. *Geographic Information Systems: A guide to the technology*. New York, Van Nostrand Reinhold. p. 301.
- Αρβανίτης Α., 1995. «Διαχείριση χαρτών γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών σε επίπεδο νομαρχιακής αυτοδιοίκησης - Εφαρμογή στο νομό Κερκύρας». Πρακτικά 1^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Χαρτογραφίας. ΧΕΕΕ, Θεσσαλονίκη, σ. 131-140.
- Armenakis C., 1993. «Hypermedia: An Information Management Approach for Geographic Data». Proceedings of *GIS/LIS '93*, Minneapolis, Minnesota, Vol. 1, pp. 19-28.
- Burrough P. A., 1986. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Clarendon Press, Oxford, p. 194.
- Campione M. and Walrath K., 1996. *The Java Tutorial*. The Java Series, Addison-Wesley.
- Cartwright W., 1994. «Interactive Multimedia for Mapping». In *Visualization in Modern Cartography* (eds. A. M. MacEachren and D. R. F. Taylor). Elsevier Science Ltd., Oxford, pp. 63-89.
- Cartwright W. E., 1995. «Multimedia and Mapping: Using Multimedia design and authoring techniques to assemble interactive map and atlas products». Proceedings of ICC '95, Barcelona, Vol.1, pp. 1116-1127.
- Chorafas D. N. and H. Steinmann, 1993. *Object-Oriented Databases*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, p. 318.
- Γιώτης Α., Γ. Βέης, Β. Νάκος και Β. Ψαριανός, 1992. «Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών για το οδικό δίκτυο του δήμου Αθηναίων». Τεχνική έκθεση. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, σ. 121.
- Delisle N. and M. Schwartz, 1986. «Neptune a Hypertext System for CAD Applications». Proceedings of *SIGMOD '86*, ACM, pp. 132-139.
- DiBiase D., A. MacEachren, J. B. Krygier and C. Reeves, 1992. «Animation and the Role of Map Design in Scientific Visualization». *Cartography and Geographic Information Systems*. Vol. 19, No. 4 pp. 201-214.
- Gerber R., P. Burden and G. Stanton, 1990. «Development of public information symbols for tourism and recreational mapping». *The Cartographic Journal*. Vol. 27, No. 2, pp. 92-103.
- Haan B. J., P. Kahn, V. A. Riley, J. H. Coombs and N. Meyrowitz, 1992. «IRIS Hypermedia Services». *Communications of the ACM*, Vol. 35, No. 1, pp. 36-51.
- Kainz W. and N. Shahriari, 1993. «Object-Oriented Tools for Designing Topographic Databases». Proceedings of *GIS/LIS '93*, Minneapolis, Minnesota, Vol. 1, pp. 341-350.
- Laurini R. and D. Thompson, 1992. *Fundamentals of Spatial Information Systems*. Academic Press, London, p. 690.
- Λιβιεράτος Ε., Φ. Λιόντα, Χ. Μπούτουρα, Μ. Παπαδοπούλου, Ι. Σιγάλας και Α. Τσανάκα, 1990. «Αυτοματοποιημένος Δημοτικός Ατλαντας Δ. Καλαμαριάς». Πρακτικά σεμιναρίου *Γεωγραφικοί Ατλαντες: Υποδομή για την Περιφερειακή Ανάπτυξη*. Τομέας Κτηματολόγιου Φωτογραμμετρίας και Χαρτογραφίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, σ. 255-278.
- Μαρούδη Χ., 1995. «Σχεδιασμός συμβόλων για Ελληνικούς τουριστικούς χάρτες». Διπλωματική εργασία. Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, σ. 96.
- Monmonier M., 1990. «Strategies for the visualization of geographic time-series data». *Cartographica*, Vol. 27, No. 1, pp. 30-45.
- Νάκος Β. και Γ. Μαρούκης, 1993. «Μελετη σκοπιμότητας ανάπτυξης Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών δήμου Ιωαννιτών». Τεχνική έκθεση. ΑΜΑ ΕΠΕ, Αθήνα, σ. 90.

- Νάκος Β. και Β. Φιλίππακοπούλου, 1993. *Θεματική Χαρτογραφία*. Τομέας Τοπογραφίας, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Ε. Μ. Πολυτεχνείο, Αθήνα, σ. 146.
- Ομάδα Προγράμματος Τοπογράφων Δήμου Νίκαιας, 1992. «Αυτοματοποίηση της μελέτης εφαρμογής της συγκοινωνιακής μελέτης του Δήμου Νίκαιας με τη χρήση Arc/Info». Πρακτικά 2^{ης} Συνάντησης Ελλήνων Χρηστών του Arc/Info. Αθήνα.
- Openshaw S., D. Waugh and A. Cross, 1994. «Some ideas about the use of map animation as a spatial analysis tool». In *Visualization and GIS* (eds. H. Hernshaw and D. Unwin). John Wiley & Sons, Chichester, UK, pp. 131-138.
- Peuquet D. and Qian L., 1996. «An integrated database design for temporal GIS». Proceedings of SDH '96, Delft, Vol. 1, pp. 2.1-2.11.
- Robinson A. H., R. D. Sale, J. L. Morrison and P. C. Muehrcke, 1984. *Elements of Cartography*. (5th ed.). John Wiley & Sons, New York, p. 544.
- Robinson V. B., 1991. "Spatial Query Languages". In *Advances in Cartography* (ed. S. C. Muller). ICA-Elsevier Applied Sciences, pp. 89-111.
- Roman S., 1996. *Concepts of Object-Oriented Programming with Visual Basic*. Springer-Verlag New York Inc.
- Yester M., 1991. *Using Turbo Pascal 6*. Que Corporation, pp. 653-660.