

Β. Νάκος<sup>1</sup>, Ν. Τζελέπης<sup>2</sup>

## ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Στην εργασία αναλύονται οι τρόποι τρισδιάστατης χαρτογραφικής αναπαράστασης χωρικών οντοτήτων του αστικού χώρου σε μεγάλη κλίμακα. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία ψηφιακής απόδοσης του αστικού χώρου βασισμένη σε ένα μοντέλο τρισδιάστατων εδρών που να ενσωματώνει σημαντικά στοιχεία ρεαλισμού. Για παράδειγμα, η απόδοση περιλαμβάνει τις πραγματικές εικόνες των όψεων των κτιρίων, φυσικό φωτισμό, ουράνιο θόλο, ατμοσφαιρικές συνθήκες κλπ. Ως τρόποι απόδοσης χρησιμοποιούνται πλάγιες προοπτικές απεικονίσεις και «εικονικές περιηγήσεις» του χώρου. Το μοντέλο των δεδομένων και η μεθοδολογία δοκιμάστηκε με πιλοτική εφαρμογή που παρουσιάζει ένα μικρό τμήμα περιοχής της Αθήνας.*

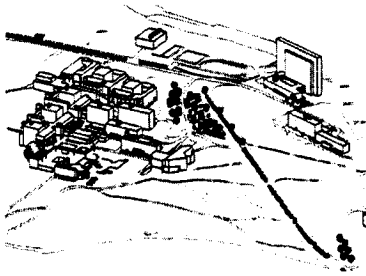
### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πολλοί από τους χρήστες χαρτών μεγάλων κλιμάκων δεν είναι εξασκημένοι σε μεγάλο βαθμό στην άντληση ποιοτικών και ποσοτικών πληροφοριών από το χάρτη. Η χαρτογραφική γλώσσα δια μέσου του συμβολισμού και των βασικών χαρτογραφικών διαδικασιών, κυρίως της γενίκευσης, δημιουργεί δεδομένα των οποίων η ερμηνεία απαιτεί αφαιρετική ικανότητα που δεν κατέχει ο μέσος χρήστης. Κλασικό παράδειγμα μπορεί να αποτελέσει η ερμηνεία της μορφολογίας του ανάγλυφου με ανάγνωση των υψομετρικών καμπυλών ενός χάρτη, μια διαδικασία που απαιτεί «γνώση» μηχανικού (Georgopoulos et al., 1997). Επιπλέον, οι παραδοσιακοί χάρτες μεγάλων κλιμάκων αστικών περιοχών δεν απεικονίζουν ορισμένα στοιχεία της πραγματικότητας γνώριμα στους χρήστες αλλά και χρήσιμα για τον προσανατολισμό τους στον αστικό χώρο.

Οι προσπάθειες ανεύρεσης παραστατικών τρόπων απεικόνισης του αστικού χώρου σε μεγάλες κλίμακες εστιάζονται κυρίως στη δημιουργία πλαγίων προοπτικών όψεων. Βασικό κίνητρο για την υλοποίηση ανάλογων εφαρμογών αποτέλεσε η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη της πληροφορικής. Η εξέλιξη εξειδικεύεται τόσο σε επίπεδο υλικού, με αύξηση των χώρων αποθήκευσης και της ταχύτητας επεξεργασίας, όσο και σε επίπεδο λογισμικού οπτικοποίησης που ενσωματώνει πλέον πλούσια στοιχεία ρεαλισμού για τις ανάγκες των απεικονίσεων.

Στο παρελθόν, στο Εργαστήριο Χαρτογραφίας του ΕΜΠ, έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες δημιουργίας ρεαλιστικών αναπαραστάσεων του αστικού χώρου σε μεγάλες κλίμακες. Σε εφαρμογή που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο εκπόνησης διπλωματικής εργασίας (Μαυρομάτη, 1994), οι τρισδιάστατες χωρικές οντότητες αντιπροσωπεύονται με τη βοήθεια του μοντέλου πλέγματος (wireframe model). Η απεικονιζόμενη περιοχή είναι η Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου και το τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζει σημαντικά στοιχεία ρεαλισμού (σχήμα 1). Σε μια άλλη εφαρμογή (Georgopoulos et al., 1997) η απεικόνιση δημιουργήθηκε με την υπέρθεση της εικόνας μιας ορθοφωτογραφίας της περιοχής επάνω στην επιφάνεια ενός Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων (ΨΜΥ), το οποίο ενσωματώνει τις τοπικές ασυνέχειες του ανάγλυφου των κτιρίων με οπτική ενάργεια (σχήμα 2). Σε ανάλογη

<sup>1</sup> Επίκουρος Καθηγητής Ε. Μ. Π., <sup>2</sup> Υποψήφιος Διδάκτορας ΕΜΠ



Σχήμα 1



Σχήμα 2

εργασία (Amhar and Ecker, 1995) επιχειρείται η συστηματική δημιουργία ΨΜΥ αστικών περιοχών στο οποίο καταγράφονται οι παράπλευρες έδρες και οι στέγες των κτιρίων δια μέσου ζευγών αεροφωτογραφιών. Στην εργασία αυτή διαπιστώνεται η ανάγκη δημιουργίας ενός τρισδιάστατου μοντέλου χωρικών αντικειμένων (κτιρίων) ενσωματωμένου σε ένα ΨΜΥ. Η υλοποίηση ενός μοντέλου τρισδιάστατων χωρικών αντικειμένων μπορεί να υποστηριχθεί σε αντικειμενοστραφές τεχνολογικό περιβάλλον με συνδυασμό σχεδιαστικών πακέτων λογισμικού και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Courtioux et al., 1995/ Zanini and Carosio, 1995).

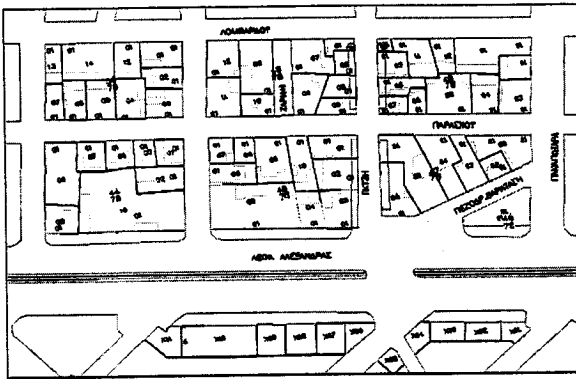
Οι πιο πρόσφατες ανάλογες εφαρμογές προσανατολίζονται στη δημιουργία μοντέλου στερεών πρισμάτων για την ψηφιακή αναπαράσταση των χωρικών οντοτήτων και οι αποδόσεις υλοποιούνται σε περιβάλλον λογισμικού οπτικοποίησης που παρέχει δυνατότητες εφαρμογής φωτορεαλισμού (Lammi, 1997). Πολλές φορές οι αποδόσεις εμπλουτίζονται αξιοποιώντας τα σύγχρονα τεχνολογικά μέσα παρέχοντας «εικονικές περιηγήσεις» (Colombo et al., 1997).

Στην εργασία παρουσιάζεται μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία με σκοπό την τρισδιάστατη αναπαράσταση του αστικού χώρου με ταυτόχρονη απόδοση στοιχείων ρεαλισμού. Πιο συγκεκριμένα, το κλασικό τοπογραφικό διάγραμμα μια αστικής περιοχής εισάγεται σε περιβάλλον σχεδιαστικού πακέτου και τα απεικονιζόμενα κτίρια μετασχηματίζονται σε τρισδιάστατα γραφικά αντικείμενα βασισμένα σε ένα μοντέλο συνδεδεμένων τρισδιάστατων εδρών. Στη συνέχεια, εικόνες των προσόψεων των κτιρίων «επισυνάπτονται ψηφιακά» στις ομόλογες έδρες των τρισδιάστατων γραφικών αντικειμένων των κτιρίων ως ιδιότητες, ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία με γεωμετρικούς μετασχηματισμούς και διόρθωση. Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε πιλοτικό στάδιο για μια μικρή περιοχή της Αθήνας με τη βοήθεια του σχεδιαστικού πακέτου *AutoCAD* (r. 14.0), του λογισμικού επεξεργασίας ψηφιακών εικόνων *Photoshop* (v. 4.0) και του λογισμικού οπτικοποίησης *3D Studio MAX* (r. 2.5). Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα πλεονεκτήματα του τρόπου αυτού οπτικοποίησης του αστικού χώρου με στοιχεία ρεαλισμού, ο οποίος παρέχει χαρτογραφικά μέσα εύληπτα για το μέσο χρήστη.

## ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Τα τρισδιάστατα μοντέλα δεδομένων χρησιμοποιούνται για διάφορες εφαρμογές οπτικοποίησης, ανάλυσης ή σχεδιασμού σε πεδία δραστηριοτήτων που ποικίλουν ως προς το περιεχόμενο, όπως τα δημόσια έργα, το περιβάλλον, οι γεω-επιστήμες, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, η διαφήμιση, κ.ά. Όσον αφορά τη δομή που θα χρησιμοποιηθεί για την υλοποίησή τους, υπάρχουν διάφορες επιλογές. Η επιλογή της πιο κατάλληλης εξαρτάται άμεσα από το χαρακτήρα των δεδομένων σε συνδυασμό φυσικά με το σκοπό της ίδιας της εφαρμογής. Για εφαρμογές που αφορούν τις ειδικότητες ενός μηχανικού χρησιμοποιούνται κυρίως δομές τρισδιάστατων μοντέλων που βασίζονται στην ανάπτυξη διαφόρων μορφών επιφανειών (surface modelling) ή στερεών (solid modelling).

Καθώς ο σκοπός της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι η αναπαράσταση χωρικών οντοτήτων του αστικού χώρου με οπτικά χαρακτηριστικά που αφορούν τις πλευρές τους, η δομή του τρισδιάστατου μοντέλου βασίζεται σε επιφάνειες. Λόγω δε του χαρακτήρα των χωρικών οντοτήτων (κτίρια, πεζοδρόμια, δρόμοι), οι επιφάνειες που αναπτύσσονται είναι επίπεδες. Τα αρχικά δεδομένα που διατίθενται είναι τα οριζοντιογραφικά στοιχεία που απεικονίζονται σε ένα απλό τοπογραφικό διάγραμμα σε ψηφιακή μορφή (σχήμα 3). Από τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως τα κλειστά πολύγωνα των κτιρίων για την ανάπτυξη τους σε τρισδιάστατη μορφή με βάση το μοντέλο που επιλέχθηκε. Τα στάδια ανάπτυξης υλοποιούνται με τις εξής διαδικασίες:



Σχήμα 3

- i) Αντιγραφή του κλειστού ορίου του κτιρίου και διαχωρισμό σε ανεξάρτητες πλευρές (απαραίτητος γιατί θα αντιστοιχηθεί ξεχωριστή εικόνα όψης ως χαρακτηριστικό κάθε πλευράς).
- ii) Απόδοση «πάχους» στην κάθε πλευρά με βάση ένα εκτιμώμενο ύψος του κτιρίου ώστε να μετατραπεί σε παράπλευρη έδρα.
- iii) Απόδοση ύψους στο κλειστό όριο της κάτοψης ώστε να μετατραπεί σε έδρα οροφή του κτιρίου.

Το τρισδιάστατο μοντέλο κάθε κτιρίου αποτελείται κατ' αυτόν τον τρόπο από ένα σύνολο επιπέδων εδρών με πλήθος ίσο με τον αριθμό πλευρών συν μία έδρα για την οροφή. Το σύνολο των εδρών ταξινομείται κατάλληλα σε ξεχωριστό επίπεδο για κάθε κτίριο ώστε να διευκολύνεται η επεξεργασία τους.

Άλλα στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι τα κλειστά πολύγωνα των οικοδομικών τετραγώνων σε συνδυασμό με τις ρυμοτομικές γραμμές για τη σχεδίαση των κλειστών πολυγώνων των πεζοδρομίων. Η ανάπτυξη τους σε τρισδιάστατα αντικείμενα ακολουθεί τις παραπάνω διαδικασίες, με τη διαφορά ότι δεν απαιτείται διαχωρισμός σε μεμονωμένες έδρες. Τέλος, κάποια ακόμη στοιχεία του τοπογραφικού διαγράμματος χρησιμοποιούνται χωρίς ανάπτυξη της τρίτης διάστασης, όπως τα κλειστά όρια των νησίδων και ένα κλειστό όριο της απεικονιζόμενης περιοχής για την αναπαράσταση του οδοστρώματος.

Τόσο για τα αρχικά δεδομένα όσο και για τα παράγωγα τρισδιάστατα στοιχεία και τις απαραίτητες σχετικές επεξεργασίες χρησιμοποιείται το περιβάλλον του σχεδιαστικού προγράμματος *AutoCAD r.14*.

## ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΤΩΝ ΟΨΕΩΝ

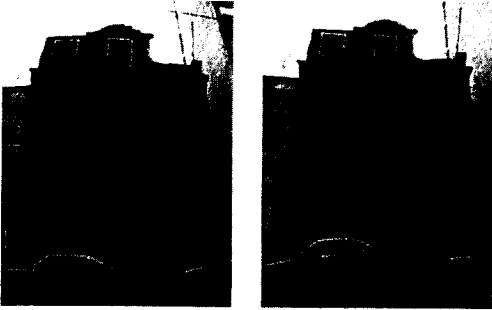
Η επεξεργασία των εικόνων των όψεων συνίσταται σε ένα σύνολο διδιάστατων γεωμετρικών διορθώσεων και μετασχηματισμών που αποβλέπει στην παραγωγή εικόνων με τις ορθογωνικές όψεις των κτιρίων. Σε κοντινές αποστάσεις λήψης και όταν πρόκειται για μεγάλες όψεις, το σύνολο της

ζητούμενης επιφάνειας μπορεί να απαιτεί παραπάνω από μια λήψη, οπότε και χρειάζεται να γίνει και ενοποίηση των επί μέρους τμημάτων. Η διατήρηση του σωστού λόγου των διαστάσεων της εικόνας σε σχέση με το λόγο των διαστάσεων της πλευράς του κτιρίου δεν είναι κάτι απαραίτητο με βάση τη συγκεκριμένη μεθοδολογία και τα λογισμικά πακέτα που επιλέχθηκαν, ωστόσο σε περίπτωση που αυτό απαιτηθεί είναι κάτι το εφικτό.

Όλα τα στάδια της επεξεργασίας πραγματοποιήθηκαν στο λογισμικό πακέτο *Adobe Photoshop v. 4.0* και είναι:

1) Διόρθωση της παραμόρφωσης ακτινικής διαστρόφης

Με τη βοήθεια του φίλτρου παραμόρφωσης *Spherize* πραγματοποιείται μια



Σχήμα 4

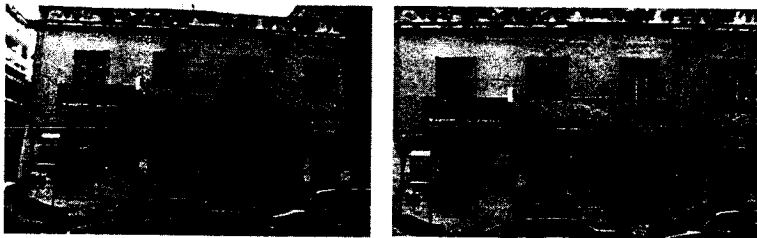
«αντίστροφη» παραμόρφωση όπως αυτή του ευρυγώνιου φακού σε ένα κεντρικό κυκλικό μέρος της εικόνας που αγγίζει τα όρια των πλευρών της (σχήμα 4). Αρκετές φορές χρειάζεται να προηγηθεί μια τεχνητή επέκταση των ορίων της εικόνας προς όλες τις πλευρές (*menu Image, Canvas size*) ώστε ύστερα το φίλτρο να εφαρμόζεται στο ωφέλιμο μέρος του θέματος που αφορά την όψη.

2) Αναγωγή γεωμετρίας της εικόνας

Η απεικονιζόμενη όψη του κτιρίου επιλέγεται (*Polygon Lasso tool*) και αντιγράφεται σε νέα εικόνα η οποία έχει ακριβώς τα όρια του αποκοπτόμενου τμήματος. Εκεί εφαρμόζεται κατάλληλος μετασχηματισμός με σημεία αναφοράς τις τέσσερις γωνίες της όψης οι οποίες πρέπει να προσεγγίσουν τις αντίστοιχες τέσσερις άκρες της εικόνας (*menu Layer, Transform, Distort*) με σκοπό η πλάγια κεντρική προβολή της εικόνας να μετασχηματιστεί σε ορθή προβολή (σχήμα 5). Το τελικό αποτέλεσμα απεικονίζει την ορθογωνική όψη του κτιρίου.

3) Ενοποίηση επί μέρους λήσεων

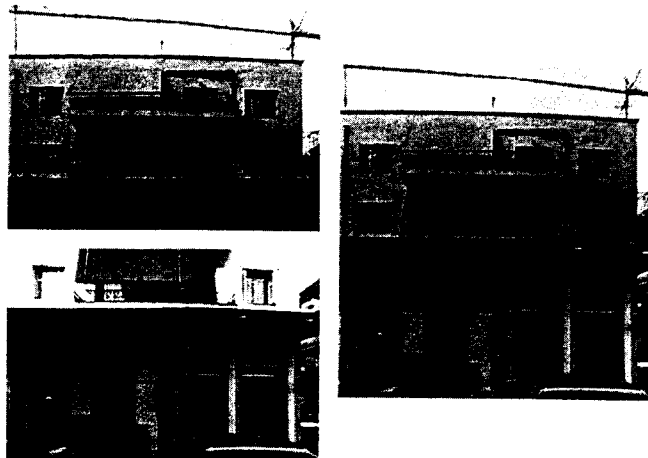
Αν μια όψη αποτελείται από επί μέρους τμήματα σε Διαφορετικές λήσεις, αυτά αντιγράφονται σε



Σχήμα 5

μια νέα εικόνα και σε διαφορετικά επίπεδα, και στη συνέχεια εφαρμόζονται μετασχηματισμοί κλίμακας –όχι κατ' ανάγκη ίδιας για κάθε πλευρά– ώστε να ταιριαξουν μεταξύ τους (*menu Layer,*

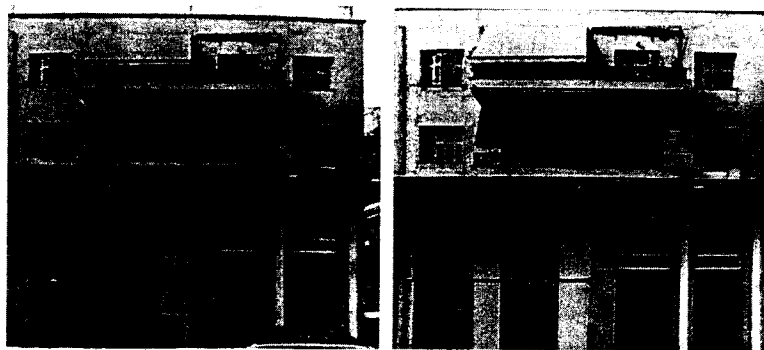
*Transform, Scale*). Αφού διαμορφωθεί η τελική σύνθεση (σχήμα 6) τα ξεχωριστά επίπεδα ενοποιούνται σε μία εικόνα (*menu Layer, Flatten Image*).



Σχήμα 6

#### 4) Ρετουσάρισμα.

Σε περιπτώσεις όπου στην όψη απεικονίζονται ανεπιθύμητα στοιχεία (π.χ. αυτοκίνητα, περαστικοί διαβάτες, κ.ά.) γίνεται επεξεργασία της εικόνας ώστε με αντιγραφή δειγμάτων από άλλα παρόμοια σημεία να αποκατασταθούν οι ελλείψεις (σχήμα 7).



Σχήμα 7

#### 5) Βελτίωση της εικόνας

Λόγω διαφορών που οφείλονται κυρίως σε διαφορετική ηλιοφάνεια, γίνεται μια προσπάθεια προσαρμογής των τόνων, των χρωμάτων και της ευκρίνειας της τελικής εικόνας (*menu Image, Adjust*,

*Auto Levels/Color Balance/Brightness-Contrast*) ώστε να υπάρχει ομοιογένεια μεταξύ όψεων γεωμετρικών κτιρίων. Η προσαρμογή αυτή μπορεί και να προηγηθεί της ενοποίησης όταν αφορά διαφορετικά τμήματα μιας ενιαίας όψης. Ακόμη λόγω των διαφορετικών αποστάσεων λήψης υπάρχει συχνά διαφορά και στην απεικόνιση λεπτομέρειας. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται προσεγγίζοντας μια μέση κατάσταση είτε με επεξεργασίες γενίκευσης όπως μείωση του μεγέθους της εικόνας (*menu Image, Image Size*) και πιθανά εφαρμογή θόλωσης (*Blur*), είτε αντίθετα με όξυνση των διαφοροποιήσεων των τιμών της εικόνας (*Sharpen*).

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ

Τα τρισδιάστατα γραφικά αντικείμενα που αναπτύχθηκαν στο σχεδιαστικό πακέτο εισάγονται στο περιβάλλον του λογισμικού σχεδίασης και απεικόνισης τρισδιάστατων μοντέλων *3D Studio MAX v. 2.5*. Στο λογισμικό αυτό περιβάλλον διατίθεται ένα σύνολο εργαλείων χειρισμού του μοντέλου που επιτρέπει την εύκολη και ευέλικτη σχεδίαση στατικών προοπτικών απεικονίσεων. Με τον εμπλουτισμό του μοντέλου επιβαρύνεται βεβαίως το μέγεθός του και επιβραδύνεται η απεικόνισή του κατά τη διάρκεια των δοκιμών για την επιλογή των κατάλληλων οπτικών γωνιών και αποστάσεων, για το λόγο αυτό σε ανάλογες φάσεις της επεξεργασίας επιλέγεται η απεικόνιση του μοντέλου σε μορφή πλέγματος (*wireframe*) ή τρισδιάστατων εδρών (*facets*). Το οπτικό αποτέλεσμα της προοπτικής απεικόνισης του μοντέλου εμπλουτίζεται με στοιχεία ρεαλισμού όπως:

- i) η απόδοση απλών χρωμάτων ή μοτίβων στις υπόλοιπες έδρες των κτιρίων και του μοντέλου που προσομοιάζουν την πραγματική υφή τους,
- ii) η προσομοίωση του φυσικού περιβάλλοντος (ουράνιος θόλος, σύννεφα και ατμοσφαιρικές συνθήκες),
- iii) ο προσδιορισμός μοντέλου και παραμέτρων φωτισμού που προσεγγίζουν τις πραγματικές συνθήκες για το συγκεκριμένο χρόνο.

Δεδομένου ότι το πλήθος όλων των εδρών του μοντέλου είναι αρκετά μεγάλο, η εισαγωγή και οργάνωσή των τρισδιάστατων γραφικών αντικειμένων ακολουθεί την προηγούμενη ταξινόμηση σε επίπεδα που έχει εφαρμοσθεί στη σχεδίασή τους, μόνο που εδώ υλοποιείται με τη βοήθεια συνόλων (*group*) από αντικείμενα. Τέτοια σύνολα είναι οι έδρες κάθε κτιρίου, οι παράπλευρες έδρες όλων των πεζοδρομίων, οι έδρες οροφής τους, οι επιφάνειες των ακάλυπτων χώρων των οικοδομικών τετραγώνων και οι επιφάνειες των νησίδων. Η εξέλιξη και ο έλεγχος των επεξεργασιών επίσης διευκολύνονται, προχωρώντας σταδιακά στο διαχωρισμό κάθε συνόλου στα επί μέρους αντικείμενα, την εφαρμογή σε ένα ή πολλά αντικείμενα ανάλογα με την επεξεργασία, και την επανασύνδεσή τους σε σύνολο.

Σε κάθε έδρα του τρισδιάστατου μοντέλου μπορεί να αντιστοιχηθεί είτε ένα απλό χρώμα σε συνδυασμό με κάποιες ιδιότητες συμπεριφοράς που αντιπροσωπεύουν την υφή του υλικού, είτε μια εικόνα σε συνεχή διάταξη σαν μοτίβο, είτε μια εικόνα που προσαρμόζεται στο μέγεθος της έδρας καλύπτοντας έτσι όλη την επιφάνειά της. Όλες αυτές οι επεξεργασίες υλοποιούνται δια μέσου ενός υποπρογράμματος διαχείρισης υλικών (*Material Editor*), λόγω δε του μεγάλου αριθμού εικόνων που χρησιμοποιούνται συνίσταται η οργάνωσή και αποθήκευσή τους σε μια βιβλιοθήκη υλικών (*material library*) ώστε να είναι δυνατή και εύκολη η ανάκτησή τους. Τα μοτίβα που χρησιμοποιούνται προέρχονται είτε από έτοιμα δείγματα που περιέχονται στο λογισμικό (άσφαλτος, τσιμέντο, επιφάνεια οροφής), είτε από φωτογράφιση (επιφάνεια πεζοδρομίου) είτε και από διερεύνηση σε έτοιμα μοτίβα που διατίθενται στο Διαδίκτυο (γραφίδι). Για τη απεικόνιση μιας εικόνας πρέπει να επιλεχθεί σύστημα επίπεδης προβολής της εικόνας επάνω στην έδρα, να προσδιορισθεί το μέγεθος της επιφάνειας προβολής ανάλογα με το αν πρόκειται για εικόνα όψης ή μοτίβο και να μετακινηθεί το επίπεδο προβολής παράλληλα με την έδρα (*Modify Command Panel, UVW Map, Parameters*).

Το τρισδιάστατο μοντέλο εμπλουτίζεται ακόμη με την προσομοίωση του ουράνιου θόλου η οποία υλοποιείται με τη δημιουργία ενός σχετικά πολύ μεγάλου σε μέγεθος ημισφαιρίου γύρω από τα κτίρια και την απόδοση σε αυτό ενός μοτίβου που προσομοιάζει τον ουρανό και τα σύννεφα. Το

τελευταίο αλλά και σημαντικότερο στοιχείο ρεαλισμού είναι ο προσδιορισμός των συνθηκών φωτισμού. Με τα διαθέσιμα εργαλεία του λογισμικού που χρησιμοποιείται μπορεί να προσεγγισθεί το φυσικό φως της ημέρας για τη συγκεκριμένη ημέρα και ώρα (*Create Command Panel, Systems, Sunlight*). Ο φωτισμός υλοποιείται με κατευθυνόμενη δέσμη που καλύπτει όλο το τρισδιάστατο μοντέλο με πολύ ελαφριά απόχρωση του κίτρινου, ενώ ο προσανατολισμός της υπολογίζεται με βάση τις γεωγραφικές συντεταγμένες της τοποθεσίας. Για τον υπολογισμό των σκιών εφαρμόζεται τεχνική ανίχνευσης των φωτεινών ακτινών (*Ray-Tracing*) που έχει πολύ πιο πιστά και ακριβή αποτελέσματα. Το τελικό αποτέλεσμα της απόδοσης παρουσιάζεται στο σχήμα 8.



Σχήμα 8

## ΠΑΡΑΓΩΓΗ «ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΗΓΗΣΗΣ» ΣΤΟ ΧΩΡΟ

Η παρουσίαση μιας εικονικής περιήγησης στο χώρο της τοποθεσίας υλοποιείται με την παραγωγή μιας σειράς «κινούμενων» εικόνων του μοντέλου (*animation*), εικόνων δηλαδή που αναπαριστούν την κίνηση ενός υποθετικού παρατηρητή σε σχέση με το μοντέλο. Ο σχεδιασμός αυτής της κίνησης βασίζεται σε δύο βασικά πράγματα: στη δημιουργία μιας μηχανής λήψης που απεικονίζει το οπτικό πεδίο του παρατηρητή, και στον προσδιορισμό των «καρέ» (*frames*) σε κάποιες χαρακτηριστικές χρονικές στιγμές της κίνησης αυτής (*key-frames*).

Για τη μεν μηχανή λήψης επιλέγονται παράμετροι όπως είναι η εστιακή απόσταση του φακού ή το εύρος και το βάθος πεδίου, ενώ για τα βασικά καρέ καθορίζονται φυσικά ο χρόνος, η θέση της μηχανής λήψης και ο προσανατολισμός του οπτικού της πεδίου. Ο υπολογισμός όλων των ενδιάμεσων καρέ και των παραμέτρων τους γίνεται αυτόματα από το λογισμικό. Ο σχεδιασμός απαιτεί ακόμη ένα τεχνικό στοιχείο που είναι η συχνότητα των καρέ ανά δευτερόλεπτο, μέγεθος που έχει άμεση επίδραση στο αποτέλεσμα ως προς το πόσο ρεαλιστική φαίνεται η κίνηση, καθώς επίσης και στον απαιτούμενο χρόνο για την παραγωγή των εικόνων.

Η σειρά των κινούμενων εικόνων αποθηκεύεται σε μαγνητοσκοπημένο αρχείο και με μέγεθος εικόνας που ορίζεται από το χρήστη και που βεβαίως επίσης επηρεάζει το χρόνο παραγωγής. Το αρχείο αυτό μπορεί να αναπαραχθεί με τα συνήθη λογισμικά που υποστηρίζονται από τα διάφορα λειτουργικά συστήματα. Μπορεί δε να υποστεί διάφορες επεξεργασίες ή και να εμπλουτισθεί με ήχο χρησιμοποιώντας κατάλληλα λογισμικά προγράμματα επεξεργασίας όπως είναι το λογισμικό πακέτο *Adobe Premiere*.

## ΠΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Τα δεδομένα του τοπογραφικού διαγράμματος που υπάρχουν σε ψηφιακή μορφή, είναι το πρωτογενές υλικό της εφαρμογής. Η περιοχή που απεικονίζεται είναι ένα οικοδομικό τετράγωνο στο κέντρο της Αθήνας, στη συμβολή της Λεωφόρου Αλεξάνδρας και της οδού Γκούζη. Με βάση την μεθοδολογία που ακολουθείται και έχοντας υπόψη ότι πρόκειται για μία καθαρά πιλοτική εφαρμογή, συλλέγονται με μια σύντομη εργασία διάρκειας δύο περίπου ωρών στην τοποθεσία αυτή, πρόσθετα δεδομένα.

Για τη δημιουργία των τρισδιάστατων γραφικών αντικειμένων, καταγράφεται ένα προσεγγιστικό ύψος κτιρίων. Για το σχεδιασμό της ρεαλιστικής προοπτικής απεικόνισης με απεικόνιση των κτιρίων, γίνεται φωτογράφιση των προσώψεων. Χρησιμοποιείται ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, με την οποία παράγονται ψηφιακές εικόνες μέγιστης ανάλυσης 640x480 εικονοψηφίδων και αποθηκεύονται σε μαγνητικές δισκέτες με τις οποίες μεταφέρονται σε υπολογιστή. Αν και γίνεται προσπάθεια ώστε κάθε όψη να περιέχεται σε μία μόνο λήψη, εν τούτοις για τις όψεις των κτιρίων που βρίσκονται μέσα σε μικρούς δρόμους απαιτούνται δύο ή και τέσσερις λήψεις λόγω της περιορισμένης απόστασης της μηχανής από το αντικείμενο λήψης σε συνδυασμό με την εστιακή απόσταση του φακού. Συνολικά συλλέχθηκαν 71 εικόνες των όψεων των κτιρίων της περιοχής με αποστάσεις λήψης από 5m ως 17m από τις οποίες δημιουργήθηκαν 55 τελικές εικόνες όψεων. Επιπλέον, δημιουργήθηκαν 6 εικόνες για την αναπαράσταση των υπόλοιπων λεπτομερειών (μοτίβα).

Στην εφαρμογή αυτή παρουσιάζεται «εικονική περιήγηση» διάρκειας 3'10" με χρήση φακού 52mm, η οποία υλοποιείται με διάφορες συχνότητες καρέ ανά δευτερόλεπτο και αντίστοιχους χρόνους. Για την παρουσίαση της «εικονικής περιήγησης» στην τοποθεσία γίνεται και δειγματοληψία ήχου που ενσωματώνεται στο τελικό αρχείο μαγνητοσκόπησης. Με ένα σύστημα Pentium II-333MHz και μνήμης γραφικών 64Mb, αναφέρονται ενδεικτικά οι περιπτώσεις μιας μαγνητοσκόπησης διαστάσεων εικόνας 640x480 εικονοψηφίδων με συχνότητα 10 καρέ/δευτερόλεπτο και μεγέθους 70Mb, για το οποίο χρειάστηκαν περίπου 12 ώρες για την παραγωγή του. Ενώ το αρχείο μαγνητοσκόπησης με συχνότητα 24 καρέ/δευτερόλεπτο που αναλογεί σε κανονικό φιλμ, μεγέθους 156Mb, χρειάστηκαν περίπου 30 ώρες επεξεργασίας.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρόλο τον πιλοτικό χαρακτήρα της εφαρμογής ο σχεδιασμός και η υλοποίηση διατήρησε βασικές θεμελιακές αρχές ώστε να δημιουργηθεί αφενός ένα θεωρητικό πλαίσιο για την ανάπτυξη ανάλογων χαρτογραφικών αποδόσεων, αφετέρου να δομηθεί μια συνεκτική και όσο το δυνατόν περισσότερο ολοκληρωμένη μεθοδολογία που να αντανακλά το σύγχρονο τεχνολογικό επίπεδο.

Το μοντέλο των συνδεδεμένων τρισδιάστατων εδρών που επιλέχθηκε για την ψηφιακή αναπαράσταση των χωρικών οντοτήτων καλύπτει με επιτυχία όλες τις ανάγκες της χαρτογραφικής τους απεικόνισης. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα απόδοσης νέων επιπέδων λεπτομερειών (μπαλκόνια, ρετιρέ κλπ.) με στόχο την όσο το δυνατό ρεαλιστικότερη αναπαράσταση.

Η συλλογή των εικόνων των όψεων των κτιρίων έγινε με ψηφιακή μηχανή λήψης ανάλυσης 640x480 εικονοψηφίδων. Το επίπεδο αυτό της ανάλυσης των εικόνων σε συνδυασμό με το ότι άλλες όψεις φωτογραφήθηκαν από κοντινή απόσταση ενώ άλλες από μακρινή δημιούργησε προβλήματα γενίκευσης των εικόνων των όψεων. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να ξεπεραστούν χρησιμοποιώντας ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές μεγαλύτερης ανάλυσης (π.χ. 1600x1200 εικονοψηφίδων). Τα κοντινά πλάνα μπορούν να φωτογραφηθούν με μικρότερη ανάλυση ενώ τα μακρινά με μεγαλύτερη ώστε οι τελικές εικόνες των όψεων να παρουσιάζουν οπτική ομοιογένεια.

Τέλος, όπου κρίνεται αναγκαία κατά τη φωτογράφιση να χρησιμοποιηθεί υπερρυγνίωσης φακός, η δυνατότητα εφαρμογής των αλγορίθμων επεξεργασίας εικόνων για τη διόρθωση της παραμόρφωσης -λόγω ακτινικής διαστρόφης- των υφιστάμενων λογισμικών πακέτων μπορεί να είναι οριακή. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να εφαρμοστούν περισσότερο σύνθετοι αλγόριθμοι (Karras et al., 1997).



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η συλλογή των ψηφιακών εικόνων των όψεων των κτιρίων της πιλοτικής εφαρμογής έγινε με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή που παραχωρήθηκε από την εταιρία Χ. Αθανασόπουλος και Ι. Αλαβάνος Ο. Ε.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Amhar F. and R. Ecker. (1995).** "Accurate mapping of buildings in digital orthophotos". *Proceedings of 17<sup>th</sup> International Cartographic Conference*. Volume: 1, Barcelona, Spain, pp. 605-609.
- Colombo A., D. Papi and G. Vassena. (1997).** "A virtual tour in the 3D model of the town of Lecco". *Proceedings of 18<sup>th</sup> International Cartographic Conference*. Volume: 2, Stockholm, Sweden, pp. 856-863.
- Courrioux G. A. Guillen, X. Renaud and Ph. Repousseau. (1995).** "A new approach for 3D-Cartography: Object oriented technology to combine GIS and CAD". *Proceedings of 17<sup>th</sup> International Cartographic Conference*. Volume: 1, Barcelona, Spain, pp. 1064-1068.
- Georgopoulos A., B. Nakos, D. Mastoris and D. Skarlatos. (1997).** "Three dimensional visualization of the built environment using digital orthophotography". *Photogrammetric Record*, 15 (90), pp. 913-921.
- Karras G. E., G. Mountrakis, P. Patias and E. Petsa. (1998).** "Modeling distortion of super-wide-angle lenses for architectural and archaeological applications". *Proceedings of ISPRS Commission V Symposium*. Volume: XXXII, Part: 5, Hakodate, Japan, pp. 570-573.
- Lammi J. (1997).** "Construction of city models using softcopy Photogrammetry". *Proceedings of 18<sup>th</sup> International Cartographic Conference*. Volume: 2, Stockholm, Sweden, pp. 975-981.
- Μαυρομάτη Δ. (1994).** "Ψηφιακή φωτογραμμετρική απόδοση σε 2.5-D με βοήθεια σχεδιαστικού πακέτου. Εφαρμογή στο χώρο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου". Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, σ. 68.
- Zanini M. and A. Carosio. (1995).** "3D-landscape-modelling and -visualization based on digital topographic maps". *Proceedings of 17<sup>th</sup> International Cartographic Conference*. Volume: 2, Barcelona, Spain, pp. 1471-1475.