

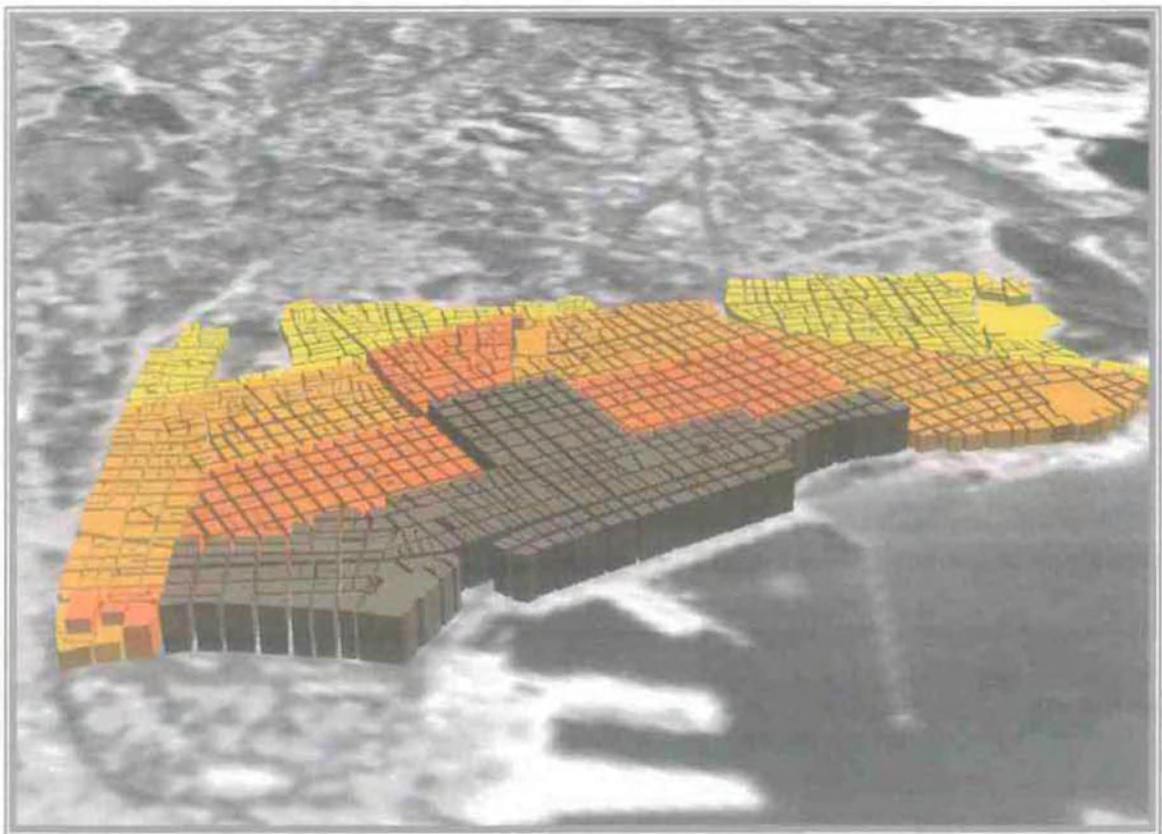


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**Έρευνα σχέσεων Φωτεινότητας-Ραδιομετρίας με Συντελεστή Δόμησης στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με την Χρήση Αεροφωτογραφιών**



Καργιοπούλης Χρήστος
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Περάκης Κ., Επίκουρος Καθηγητής

Βόλος, Ιούνιος 2001

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Σκοποί και Στόχοι της Παρούσας Διπλωματικής Εργασίας	1
1.2 Λόγοι Επιλογής του Συγκεκριμένου θέματος	2
1.3 Η Δομή της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας	4
1.4 Υλικοτεχνική Υποδομή	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Εισαγωγικά	7
2.2 Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης	7
2.3 Συγκριτική αξιολόγηση των τηλεπισκοπικών δορυφόρων και των φωτογραφικών αεροπλάνων	10
2.4 Παράγοντες για την εξαγωγή θεματικής πληροφορίας από δεδομένα τηλεπισκόπησης	12
2.5 Τηλεπισκόπηση και Αστικός Χώρος	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Εισαγωγικά	19
3.2 Γεωγραφικά και Ιστορικά-Πολεοδομικά χαρακτηριστικά	19
3.3 Πληθυσμιακή εξέλιξη	23
3.4 Γενικά στοιχεία περί τον Συντελεστή Δόμησης	25
3.5 Γενικά στοιχεία περί την άδεια οικοδόμησης	27
3.6 Τρόπος έκδοσης οικοδομικών αδειών	29
3.7 Η διαδικασία για την έκδοση οικοδομικής άδειας	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Εισαγωγικά	32
4.2 Χαρακτηριστικά των αεροφωτογραφιών	32
4.3 Η επεξεργασία των ψηφιακών δεδομένων με τη χρήση λογισμικών της Τηλεπισκόπησης	35
4.3.1 Ο μετασχηματισμός για τη γαιοαναφορά των εικόνων με το υποπρόγραμμα Erdas Imagine 8.3.1	38
4.3.2 Η συνένωση των αεροφωτογραφιών για την απόκτηση της περιοχής ενδιαφέροντος .	43
4.4 Μέθοδοι ταξινόμησης ψηφιακών δεδομένων	45

4.5 Η διαδικασία της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης στη παρούσα εργασία	47
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Η έννοια της Στατιστικής	51
5.2 Η Απλή (γραμμική) παλινδρόμηση.....	51
5.3 Παράδειγμα - Εφαρμογή της εκθετικής παλινδρόμησης	54
5.4 Κριτήρια επιλογής των κτιρίων για ψηφιοποίηση	55
5.5 Η διαδικασία της ψηφιοποίησης των κτιρίων στη παρούσα εργασία	57
5.6 Εύρεση των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής (ραδιομετρικές τιμές κτιρίων και σκίασης) και εξαγωγή περιγραφικών στατιστικών δεικτών.....	58
5.7 Εύρεση του βαθμού συσχέτισης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής (τιμές φωτεινότητας κτιρίων και σκίασης) και της ανεξάρτητης μεταβλητής (συντελεστής δόμησης) με το πρόγραμμα SPSS 10.0	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Τα βασικά συμπεράσματα που εξάγονται από την παρούσα διπλωματική εργασία.....	66
---	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	70
---------------------------	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1	Τα φασματικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων των δορυφόρων σε χρήση (Quiming Z.,1999).	12
Πίνακας 1.2	Παραδείγματα χωρικής ανάλυσης τηλεπισκοπικών συστημάτων και οι κυρίαρχες εφαρμογές της (Quiming Z.,1999)	13
Πίνακας 4.1	Αρχικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, (πηγή ίδια επεξεργασία)	38
Πίνακας 5.1	Για τα 9 μοντέλα που εφαρμόστηκαν, ο παραπάνω πίνακας δίνει τον συντελεστή συσχέτισης R_{sq} , τους βαθμούς ελευθερίας d.f, την τιμή του στατιστικού F, και τη στάθμη σημαντικότητας Sigf, καθώς και τον συντελεστή του μοντέλου, (πηγή ίδια επεξεργασία)	62
Πίνακας 5.2	Τα βασικά χαρακτηριστικά των πολυγώνων που τελικώς επιλέχθηκαν, (πηγή: ίδια επεξεργασία)	63
Πίνακας 5.3	Για τα 9 μοντέλα που εφαρμόστηκαν, ο παραπάνω πίνακας δίνει τον συντελεστή συσχέτισης R_{sq} , τους βαθμούς ελευθερίας d.f, την τιμή του στατιστικού F, και τη στάθμη σημαντικότητας Sigf, καθώς και τον συντελεστή του μοντέλου, (πηγή ίδια επεξεργασία)	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1	IKONOS 4-m, τα βουνά κοντά στο Copper Mountain, Colorado (η κατάσταση της υγείας του δάσους διακρίνεται από τις σκιάσεις του κόκκινου χρώματος), 12/10/99 (spaceimaging.com)	8
Εικόνα 2	Η θερμοκρασία των ωκεανών παγκοσμίως 12/9/98, (NOAA)	8
Εικόνα 3	Η φωτιά Clear Creek στο Idaho 30/8/00, (NASA).	9
Εικόνα 4	Χώρος στάθμευσης βομβαρδιστικών B52 Arizona, 5/12/94 (USGS).	9
Εικόνα 5	Κύριες διαφορές μεταξύ ενός Φωτογραφικού Αεροπλάνου και ενός Δορυφόρου στην απόκτηση Τηλεπισκοπικών δεδομένων.	10
Εικόνα 6	Δορυφορική εικόνα Landsat TM της πόλης του Κουβέιτ, 28/02/93.	15

Εικόνα 7	Δορυφορική εικόνα SPOT, του λιμανιού Σουάχ και περιοχής του κέντρου της πόλης του Κουβέιτ, 25/03/92.	15
Εικόνα 8	Η παραλία της πόλης του Βόλου, (Πηγή: www.unp.ac.uk/~h807864/volos.html)	19
Εικόνα 9	Το λιμάνι του Βόλου, (Πηγή: www.volos.gr)	21
Εικόνα 10	Γενική άποψη του Βόλου, 1935, (Αρχείο ΔΗ.Κ.Ι)	22
Εικόνα 11	Ο Βόλος μετά τους σεισμούς, 19/04/55, (Αρχείο ΔΗ.Κ.Ι)	23
Εικόνα 12	Το Δημαρχείο του Βόλου σε τροχόσπιτα μετά τους σεισμούς του 1955, (Αρχείο Γιάννη Μουγογιάννη)	23
Εικόνα 13	Το λιμάνι της πόλης του Βόλου, Α/Φ 1988. Εύκολα διακρίνει κάποιος τους διάφορους τόνους του γκρίζου στην επιφάνεια της θάλασσας, (Πηγή: ίδια επεξεργασία)	34
Εικόνα 14	Ενδεικτική επιλογή των σταθερών σημείων ελέγχου επιφάνειας (Πηγή: Campbell J., 1996:304)	41
Εικόνα 15	Η αρχική εικόνα (I) μετατρέπεται στην εικόνα (II). Υπάρχει αλλαγή κλίμακας και περιστροφή της εικόνας ανάλογα με το μετασχηματισμό (III). Η τελική ανορθωμένη εικόνα φαίνεται στο (IV), (Πηγή: ίδια επεξεργασία)	43
Εικόνα 16	Ανάλυση Γραμμικής Παλινδρόμησης δύο μεταβλητών, (πηγή: ίδια επεξεργασία)	52
Εικόνα 17	Τα στάδια επεξεργασίας των πολυγώνων για την απόκτηση της θεματικής πληροφορίας της αεροφωτογραφίας, (πηγή: ίδια επεξεργασία)	59

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 3.1	: Πληθυσμιακή εξέλιξη του Δήμου Βόλου, 1951-2001, (Πηγή: ίδια επεξεργασία)	24
Διάγραμμα 3.2	Ποσοστιαίες μεταβολές πληθυσμού ανά δεκαετία για τον Δ. Βόλου και για τον Ν. Μαγνησίας, (Πηγή: ίδια επεξεργασία)	24
Διάγραμμα 4.1	Η διαδικασία της χρησιμοποίησης φωτοσταθερών σημείων της επιφάνειας του εδάφους σαν αναφορά μεταξύ μιας υπάρχουσας εικόνας και μιας εικόνας προσανατολισμένης σε συντεταγμένες ενός χάρτη (Πηγή: Quiming Z., 1999)	37
Διάγραμμα 4.2	Παράδειγμα συνένωσης 3 αεροφωτογραφιών της πόλης του Βόλου (1988), σε μια νέα εικόνα μωσαϊκό, (Πηγή: ίδια επεξεργασία)	45
Διάγραμμα 4.3	Η διαδικασία απόκτησης μιας ταξινομημένης εικόνας, (πηγή: ιδία επεξεργασία)	46
Διάγραμμα 4.4	Η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης στην παρούσα εργασία	50
Διάγραμμα 4.5	Η διαδικασία της συνένωσης γεωδαιτημένων-υπερθέσημων αεροφωτογραφιών της ίδιας χρονολογίας στην παρούσα εργασία	51
Διάγραμμα 5.1	Εμφάνιση της αρχικής σχέσης μεταξύ τιμών φωτεινότητας (κάθετος άξονας) και Σ.Δ. (οριζόντιος άξονας), Πηγή: ίδια επεξεργασία	61
Διάγραμμα 5.2	Εμφάνιση της τελικής σχέσης μεταξύ τιμών φωτεινότητας (κάθετος άξονας) και ΣΔ (οριζόντιος άξονας), Πηγή: ίδια επεξεργασία	64
Διάγραμμα 5.3	Η διαδικασία εύρεσης του βαθμού συσχέτισης των δύο ματαβλητών (ραδιομετρικών τιμών κτιρίων-σκίασης και ΣΔ) στην παρούσα εργασία.	66

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

- Χάρτης 1** Τρισδιάστατη απεικόνιση των μέγιστων Θεσμοθετημένων ΣΔ για την πόλη του Βόλου
- Χάρτης 2** Ζώνες Θεσμοθετημένων ΣΔ για την πόλη του Βόλου
- Χάρτης 3** Μωσαϊκό Α/Φ της πόλης του Βόλου για το έτος 1945
- Χάρτης 4** Μωσαϊκό Α/Φ της πόλης του Βόλου για το έτος 1960
- Χάρτης 5** Μωσαϊκό Α/Φ της πόλης του Βόλου για το έτος 1973
- Χάρτης 6** Μωσαϊκό Α/Φ της πόλης του Βόλου για το έτος 1988
- Χάρτης 7** Δορυφορική εικόνα IRS-PAN 6m του Νομού Μαγνησίας για το έτος 1998
- Χάρτης 8** Παράδειγμα ταξινόμησης της Α/Φ του Βόλου για το έτος 1988 (5 κλάσεις)
- Χάρτης 9** Παράδειγμα ταξινόμησης της Α/Φ του Βόλου για το έτος 1988 (10 κλάσεις)
- Χάρτης 10** Αρχική επιλογή κτιρίων-δειγμάτων για την εξαγωγή περιγραφικών στατιστικών μεγεθών
- Χάρτης 11** Τελική επιλογή κτιρίων-δειγμάτων για την εξαγωγή περιγραφικών στατιστικών μεγεθών
- Χάρτης 12** Τρισδιάστατη απεικόνιση των υψών των κτιρίων που ψηφιοποιήθηκαν

ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ

Γ.Ο.Κ.	Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός
Σ.Δ.Ο.	Συντελεστής Δόμησης Οικοπέδου
Σ.Δ.	Συντελεστής Δόμησης
Ν.Δ.	Νομοθετικό Διάταγμα
ΕΣΥΕ	Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας
Φ.Ε.Κ	Φύλλο Εφημερίδος της Κυβέρνησης
Π.Δ.	Προεδρικό Διάταγμα

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κώστα Περάκη, Επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, τόσο για την ουσιαστική συμμετοχή του στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, όσο και για τη διαρκή καθοδήγησή του και τις καθοριστικές παρεμβάσεις του κατά τη διάρκεια της συγγραφής της. Επίσης, πολλές ευχαριστίες οφείλω στον κ. Γιώργο Φώτη, Επίκουρο Καθηγητή και στον κ. Κώστα Λαλένη για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

Ακόμη, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον κ. Μπέτση Αλκιβιάδη για τις ουσιαστικές του υποδείξεις στην παραγωγή των χαρτογραφικών αποτελεσμάτων και την *τεράστια* ανοχή που επέδειξε, στην κ. Μαρία Βαλασάκη, για τις συμβουλές και οδηγίες της, στον κ. Τσιότρα Βασίλη για τη βοήθεια στην παρουσίαση της παρούσας εργασίας, στην κ. Κουτσιρίμπα Χάδυ, για την συντακτική επιμέλεια του κειμένου.

Μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον κ. Φαρασλή Ιωάννη, στον κ. Πανταζή Παναγιώτη, στον κ. Δημήτρη Σταθάκη και σε όσους ξέχασα να αναφέρω στο παρόν κείμενο.

Καργιοπούλης Χρήστος

ΣΧΕΔΙΟΝ
ΠΟΛΕΩΣ ΒΟ

ΚΥΜΗΤΑΙΣ

0 100 200 300 400

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΛΑΤΕΙΑ ΚΕΡΑΤΙΝΩΝ

1.1 Σκοποί και Στόχοι της Παρούσας Διπλωματικής Εργασίας

Κύριος σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση πιθανής σχέσης μεταξύ των πραγματοποιημένων συντελεστών δόμησης στην περιοχή μελέτης και των ραδιομετρικών τιμών των κτιρίων, όπως αυτή προκύπτει από την αεροφωτογραφία της πόλης του Βόλου για το έτος 1988.

Επίσης σκοπός της εργασίας είναι η ανάδειξη της σχέσης των μεθόδων της *Στατιστικής* με την επιστήμη της *Τηλεπισκόπησης*. Έτσι, στην προκειμένη περίπτωση, έχουμε τη συνδυασμένη αξιοποίηση μεθόδων της στατιστικής (παλινδρόμηση) με αριθμητικά δεδομένα (ραδιομετρικές τιμές κτιρίων και της σκίασης), που εξάγονται με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων της Τηλεπισκόπησης και μετατρέπονται σε ψηφιακά δεδομένα (αεροφωτογραφίες-δορυφορικές εικόνες).

Παράλληλα, έμμεσος σκοπός είναι να ερευνηθεί η χρήση των μεθοδολογικών εργαλείων της Τηλεπισκόπησης για την επίλυση προβλημάτων που αφορούν στην απεικόνιση και παρουσίαση αστικών περιοχών. Έτσι, με την χρησιμοποίηση ορισμένων τεχνικών (μωσαϊκά εικόνων, ταξινομήσεις κ.τ.λ.) είναι εφικτή η παραγωγή θεματικών χαρτών, αλλά και χαρτών καλύψεων γης με ικανοποιητικά ως προς την πραγματικότητα χαρτογραφικά αποτελέσματα.

Ως βασικοί στόχοι της διπλωματικής αυτής εργασίας τίθενται η ανάδειξη και η χρησιμοποίηση σύγχρονων δεδομένων της Τηλεπισκόπησης (δορυφορικά και ψηφιακά δεδομένα) παράλληλα με τη χρήση στατιστικών μεθόδων στην έρευνα και ανάλυση του αστικού χώρου, καθώς επίσης και η εύρεση πιθανής σχέσης μεταξύ των τιμών ραδιομετρίας των κτιρίων και της σκίασής τους με τον συντελεστή δόμησης.

1.2 Λόγοι Επιλογής του Συγκεκριμένου Θέματος

Το συγκεκριμένο θέμα επιλέχθηκε λόγω των πολλαπλών πρωτότυπων στοιχείων και σημαντικών ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζει. Πιο αναλυτικά, οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι οι εξής:

- **Η πρωτοτυπία του θέματος**, η οποία αφορά τον συνδυασμό των μεθόδων και τεχνικών της Τηλεπισκόπησης και της Στατιστικής με τη μελέτη του αστικού χώρου. Στο πλαίσιο των σύγχρονων αντιλήψεων για τη μελέτη του χώρου, θεωρείται απαραίτητη η χρήση νέων μεθόδων που να παρέχουν ακριβή δεδομένα για την μελέτη και τον σχεδιασμό του. Παράλληλα, η σύνδεση δεδομένων της Τηλεπισκόπησης (δορυφορικές εικόνες-αεροφωτογραφίες) με τη θεματολογία της Χωροταξίας βρίσκεται σε εμβρυϊκό στάδιο έρευνας για τα ελληνικά δεδομένα. Έτσι, με τη σωστή εκτίμηση και μελέτη του χώρου ελέγχονται τα αποτελέσματα των παρεμβάσεων και των πολιτικών, που έχουν εφαρμοστεί και εξετάζονται νέες υπό ανάπτυξη τάσεις.
- **Οι μελλοντικές τάσεις στην επιστήμη της Τηλεπισκόπησης που αφορούν στην μελέτη και στον σχεδιασμό του αστικού χώρου.** Η πρόοδος της τεχνολογίας στον τομέα της Τηλεπισκόπησης και η πληθώρα εφαρμογών της στον χώρο έχει σαν αποτέλεσμα την ανάδειξη της επιστήμης αυτής σε ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο της Χωροταξίας, της Πολεοδομίας και της περιφερειακής Ανάπτυξης. Πράγματι, με τις νέες γενιές δορυφόρων (λ.χ. IKONOS, Earth Watch Quickbird 0,82X0,82m, Orbview-3 1X1m), υψηλής διακριτικής ικανότητας, που έχουν ήδη τεθεί ή πρόκειται να τεθούν σε τροχιά, προωθείται ο νέος τομέας της **Αστικής Τηλεπισκόπησης**, που σχετίζεται με τον έλεγχο των διαχρονικών αλλαγών του δομημένου χώρου, την καταγραφή πόρων, την απογραφή κυκλοφοριακών δικτύων, τις εκτιμήσεις πληθυσμού και ποιότητας δομημένου χώρου κ.α.

- **Η περίπτωση της πόλης του Βόλου ως περιοχή μελέτης και τα διαθέσιμα ψηφιακά δεδομένα.** Καθοριστικό ρόλο στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας διαδραμάτισε η ύπαρξη διαθέσιμων ψηφιακών δεδομένων για την πόλη του Βόλου σε αεροφωτογραφίες (1945, 1960, 1973, 1988) που διατέθηκαν από το τμήμα πολεοδομίας του Δήμου Βόλου και σε δορυφορικές εικόνες (1998 IRS PAN, 6x6m resolution) από την Εικονοθήκη δορυφορικών δεδομένων του τομέα Τηλεπισκόπησης του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης. Παράλληλα, η επιλογή της περιοχής μελέτης επηρεάστηκε και από το γεγονός της εύκολης σε αυτή πρόσβασης καθώς και την σε βάθος γνώση της.

1.3 Η Δομή της Παρούσας Διπλωματικής Εργασίας

Η διπλωματική εργασία «Έρευνα σχέσεων Φωτεινότητας-Συντελεστή Δόμησης στο Πολεοδομικό Συγκρότημα του Βόλου με χρήση Αεροφωτογραφιών» θέτει τη βάση μιας νέας εξέλιξης στον τομέα της Τηλεπισκόπησης, που αναφέρεται στο βαθμό συσχέτισης μεταξύ του μέσου όρου των ραδιομετρικών τιμών των κτιρίων-δειγμάτων (μαζί με τη σκιάσή τους που δημιουργείται από την πρόσπτωση των ηλιακών ακτίνων) και των συντελεστών δόμησης αυτών. Πιστεύουμε πως μπορεί να αποτελέσει την αρχή για ακόμη βαθύτερη ανάλυση του συγκεκριμένου προβλήματος από τον Τομέα Τηλεπισκόπησης του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης καθώς και να αποτελέσει ένα χρήσιμο μεθοδολογικό εργαλείο στα χέρια κάθε ενδιαφερόμενου. Με τον τρόπο αυτό δύναται να αλλάξουν ορισμένες παγιωμένες αντιλήψεις που επικρατούν γενικότερα αναφορικά με τη σχέση των τεχνικών της Τηλεπισκόπησης με τη Πολεοδομία, την Χωροταξία και την Περιφερειακή Ανάπτυξη και να επεκταθούν οι χρήσεις των τεχνικών αυτών, που τουλάχιστον μέχρι σήμερα είναι αρκετά περιορισμένες.

Η ανάπτυξη της εργασίας πραγματοποιείται σε 5 θεματικές ενότητες-κεφάλαια. Στο πρώτο τμήμα κάθε κεφαλαίου επιχειρείται μια θεωρητική και εννοιολογική αναφορά, στα θέματα που αναλύονται σε κάθε ενότητα. Στο δεύτερο τμήμα, κάθε κεφαλαίου παρατίθεται η διαδικασία και η μεθοδολογία, που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία (εξαιρέση αποτελούν το πρώτο, το δεύτερο και το τρίτο κεφάλαιο, λόγω των ιδιαιτεροτήτων τους).

Πιο αναλυτικά:

Στη πρώτη θεματική ενότητα παρουσιάζονται σε γενικές γραμμές οι διάφοροι τομείς στους οποίους εφαρμόζεται με επιτυχία η επιστήμη της Τηλεπισκόπησης, οι παράγοντες που επηρεάζουν την εξαγωγή θεματικής πληροφορίας από δεδομένα της Τηλεπισκόπησης καθώς και μια σειρά εφαρμογών της για τη μελέτη του Αστικού χώρου.

Στη δεύτερη θεματική ενότητα αναφέρονται ορισμένα γενικά στοιχεία, που αφορούν στην περιοχή μελέτης, με ιδιαίτερη αναφορά στα πολεοδομικά χαρακτηριστικά της πόλης του Βόλου. Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένα στοιχεία που αφορούν στο συντελεστή

δόμησης, στις οικοδομικές άδειες καθώς και στον τρόπο και στη διαδικασία έκδοσης των οικοδομικών αδειών.

Ιδιαίτερα σημαντικές θεματικές ενότητες της διπλωματικής είναι τα κεφάλαια τέσσερα και πέντε. Στο τέταρτο κεφάλαιο αρχικά παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των αεροφωτογραφιών και εν συνεχεία αναλύεται η διαδικασία της ανόρθωσης των αεροφωτογραφιών της πόλης του Βόλου και της συνένωσής τους, με σκοπό την ολοκληρωμένη δημιουργία της περιοχής μελέτης. Τέλος, αναφέρονται ορισμένα γενικά στοιχεία για την ταξινόμηση δορυφορικών δεδομένων και ειδικότερα για την προσπάθεια ταξινόμησης των αεροφωτογραφιών στη συγκεκριμένη εργασία.

Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται σε γενικές γραμμές στη γραμμική παλινδρόμηση και παρουσιάζεται ένα παράδειγμα μοντέλου εκθετικής παλινδρόμησης. Κατόπιν, δίδονται τα κριτήρια για την επιλογή των κτιρίων-δειγμάτων, που θα ψηφιοποιηθούν, καθώς και η διαδικασία ψηφιοποίησης αυτών και ο τρόπος εξαγωγής των περιγραφικών στατιστικών μεγεθών. Τέλος υπολογίζεται ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής (τιμές φωτεινότητας κτιρίων και σκίασης) και της ανεξάρτητης μεταβλητής (συντελεστής δόμησης) καθώς και ο τύπος της συνάρτησης που προσομοιάζει καλύτερα τη σχέση μεταξύ των τιμών φωτεινότητας, των κτιρίων και της σκίαση, και του Συντελεστή Δόμησης.

Τέλος στη πέμπτη θεματική ενότητα εκτίθενται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την εργασία αυτή.

1.4 Υλικοτεχνική Υποδομή

Οι αεροφωτογραφίες της πόλης του Βόλου, διαφόρων χρονολογιών, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία ανήκουν στο τμήμα Πολεοδομίας του Δήμου Βόλου, ενώ τα δορυφορικά δεδομένα στη Εικονοθήκη δεδομένων του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας αντίστοιχα. Το μεγαλύτερο μέρος της επεξεργασίας τους έγινε στο Εργαστήριο Πολεοδομικού και Χωροταξικού Σχεδιασμού καθώς και στο Εργαστήριο Χωρικής Ανάλυσης και Θεματικής Χαρτογραφίας, με τη χρήση των κάτωθι λογισμικών:

- **Erdas Imagine 8.3.1**
- **Erdas Imagine 8.4**
- **Idrisi 32** για πλατφόρμα **Windows 2000**
- **Arc-Info 7.0** για πλατφόρμα NT
- **SPSS 10.0** για πλατφόρμα **Windows 2000**

Για την εξαγωγή των χαρτογραφικών αποτελεσμάτων και την παραγωγή των κειμένων, των γραφημάτων και των εικόνων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα:

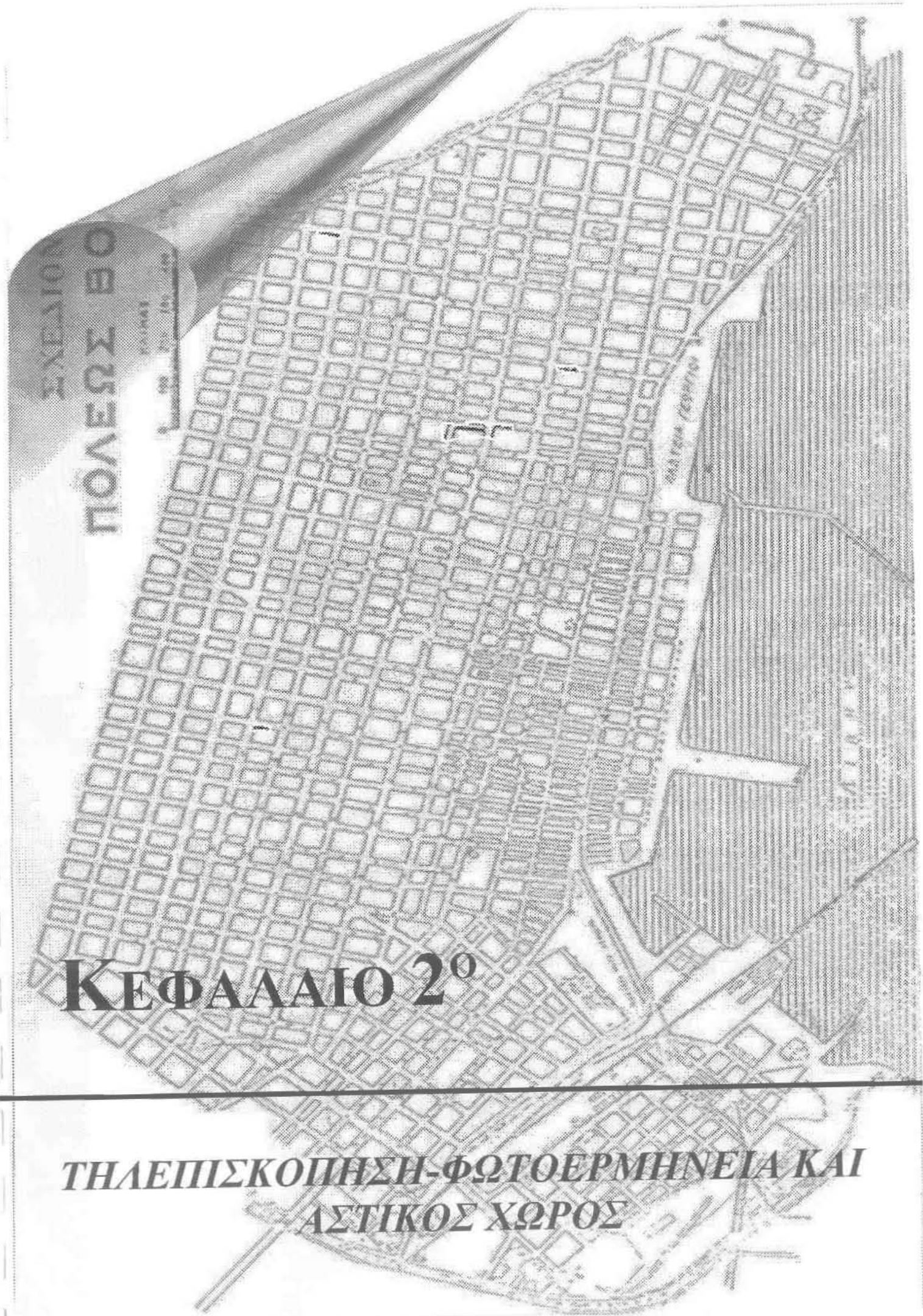
- **ArcView GIS Version 3.1**
- **Adobe Photoshop 5.0**
- **Corel Draw 9.0**
- **Microsoft Word 2000**
- **Microsoft Excel 2000**

ΣΧΕΔΙΟΝ
ΠΟΛΕΩΣ ΒΟ

1:10000
0 100 200 300 400
ΜΕΤΡΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ-ΦΩΤΟΘΕΡΜΗΝΕΙΑ ΚΑΙ
ΑΣΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ



2.1 Εισαγωγικά

Το πεδίο της τηλεπισκόπησης ως επιστήμης έχει οριστεί αρκετές φορές. Η Τηλεπισκόπηση είναι η απόκτηση της φυσικής πληροφορίας ενός αντικειμένου χωρίς άγγιγμα ή επαφή (Lintz & Simonett, 1976), όρος που τελευταία χρησιμοποιείται από έναν αριθμό επιστημόνων για τη μελέτη αντικειμένων (γη, σελήνη, επιφάνεια και ατμόσφαιρα πλανητών κ.α.) από αρκετά μεγάλες αποστάσεις. Ευρέως ορίζεται η Τηλεπισκόπηση ως η συνένωση της χρήσης σύγχρονων αισθητήρων (sensors), του εξοπλισμού για την επεξεργασία της πληροφορίας, της θεωρίας της πληροφορίας, της μεθοδολογίας της επεξεργασίας, της θεωρίας της επικοινωνίας και του εξοπλισμού, των δορυφόρων και των αεροπλάνων με σκοπό τη χαρτογράφηση της γήινης επιφάνειας (National Academy of Sciences, 1970)¹. Σύμφωνα με άλλους συγγραφείς, Τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη και η τεχνική της αποκόμισης πληροφορίας για ένα αντικείμενο, περιοχή ή φαινόμενο, μέσα από την ανάλυση της πληροφορίας από ένα μέσο, που δεν βρίσκεται σε επαφή με το αντικείμενο, την περιοχή ή το φαινόμενο που εξετάζεται (Lillesand T. & Kiefer R., 1994).

Οι πληροφορίες και τα στοιχεία, που συλλέγονται και χρησιμοποιούνται στην επιστήμη της Τηλεπισκόπησης, την μετατρέπουν σε ένα ιδιαίτερα χρήσιμο βοήθημα και εργαλείο με πολλαπλές εφαρμογές σε διάφορους τομείς της τεχνολογίας και σε διάφορες άλλες επιστήμες, ορισμένες από τις οποίες θα παραθέσουμε στη συνέχεια.

2.2 Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης

Η Τηλεπισκόπηση, ως αναπτυσσόμενη επιστήμη, μέσω των δορυφορικών εικόνων και των αεροφωτογραφιών, παρέχει πλέον ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα πληροφοριών και χαρακτηριστικών για την επιφάνεια της γης που δεν ήταν εμφανή και αξιοποιήσιμα με την χρήση άλλων μέσων του παρελθόντος. Σήμερα, οι τομείς στους οποίους εφαρμόζεται με αρκετά μεγάλη επιτυχία η Τηλεπισκόπηση είναι οι ακόλουθοι²:

¹ Για περισσότερα: Campbell J., 1996: 4.

² Αναλυτικότερα: Περάκης Κ., 1999, (σημειώσεις του μαθήματος *Φωτοερμηνεία και Τηλεπισκόπηση*).

- Στην *Γεωλογία*, *Γεωμορφολογία* και *Γεωδαισία*, με τον προσδιορισμό του τύπου του γεωλογικού στρώματος, τον εντοπισμό γεωλογικών ρηγμάτων και ανωμαλιών και την παρατήρηση τεκτονικών κινήσεων ακόμα και τον εντοπισμό ορυκτών (Lillesand T. & Kiefer R., 1994).

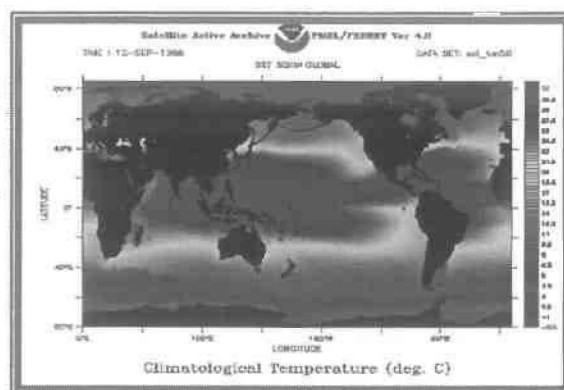
- Στην *Γεωργία*, *Δασολογία* και *Βοτανολογία*, με την εμφάνιση της έκτασης, του τύπου της κάλυψης από βλάστηση και της κατάστασης της υγείας της, έτσι ώστε να προσδιορίζονται τα παράσιτα και οι ασθένειες των φυτών, η περιεκτικότητά τους σε νερό και η πρόβλεψη του όγκου της παραγωγής.



Εικόνα 1: IKONOS 4-m, τα βουνά κοντά στο Copper Mountain, Colorado (η κατάσταση της υγείας του δάσους διακρίνεται από τις σκιάσεις του κόκκινου χρώματος), 12/10/99 (spaceimaging.com).

- Στην *Ωκεανογραφία*, με την καταγραφή της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, την χαρτογράφηση των θαλάσσιων ρευμάτων και του φάσματος της ενέργειας που προέρχεται από τα κύματα.

- Στην *Μετεωρολογία*, με την παρουσίαση του προφίλ της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, πίεσης και υδατικής εξάτμισης και την μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου.



Εικόνα 2: Η θερμοκρασία των ωκεανών παγκοσμίως 12/9/98, (NOAA).

- Στην *Υδρολογία*, με την καταγραφή των υδάτινων πόρων, την πρόβλεψη της ροής του ύδατος (και του προερχόμενου από πάγους), της εύρεσης του ποσοστού ευτροφισμού των λιμνών και της μολυσμένης επιφάνειας των θαλασσών, μερικές

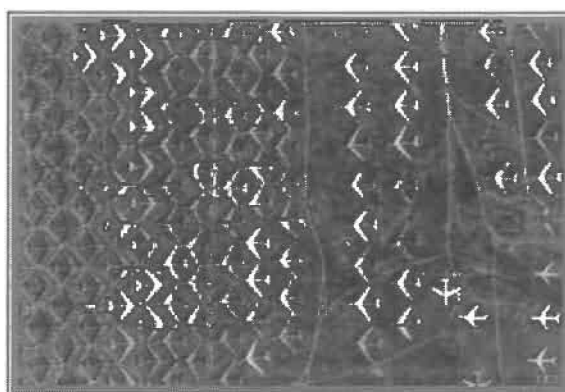
φορές ακόμη και του τύπου της μόλυνσης (το πετρέλαιο διαφέρει από τις αποθέσεις χωμάτων).

- Στον *έλεγχο φυσικών καταστροφών*, με προειδοποίηση για καταιγίδες, χιονοστιβάδες, πλημμύρες, κατολισθήσεις, πυρκαγιές, καθώς επίσης και με καταγραφή της πληγείσας έκτασης (η περίπτωση της Αττικής).



Εικόνα 3: Η φωτιά Clear Creek στο Idaho 30/8/00, (NASA).

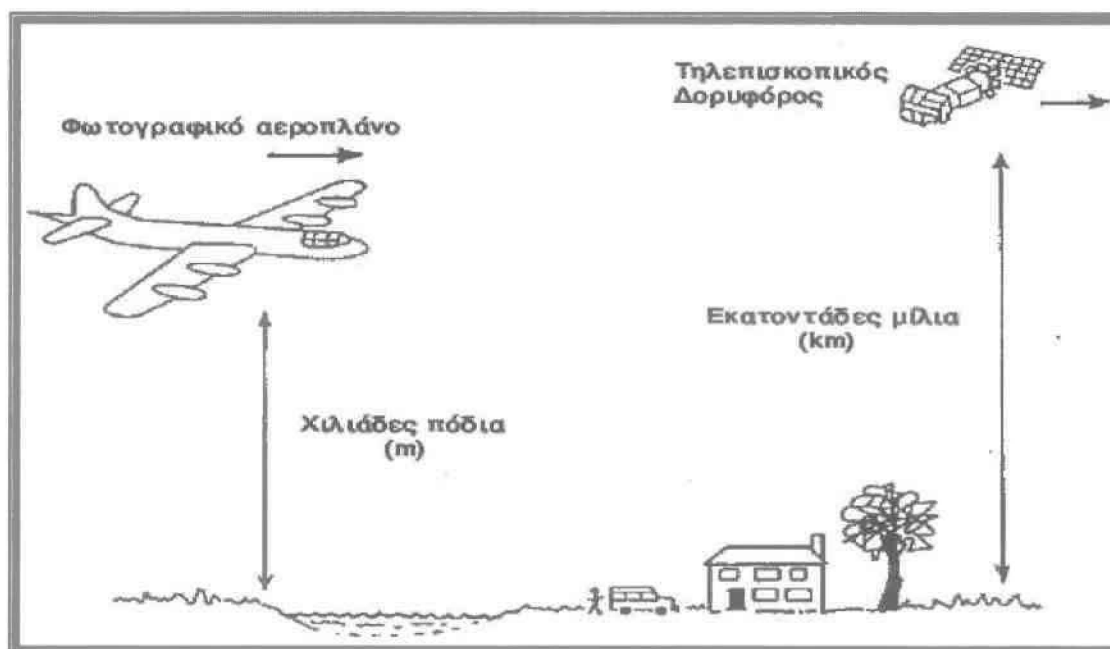
- Στην *Τοπογραφία* και *Χαρτογραφία*, με την λήψη ακριβών υψομετρικών δεδομένων και ένταξη τους σε ένα δεδομένο σύστημα συντεταγμένων, καθώς και την παραγωγή και ανανέωση χαρτών.
- Στην *Χωροταξία* και *Σχεδιασμό Χώρου* με την δημιουργία απογραφών χρήσεως γης, τον έλεγχο των διαχρονικών αλλαγών του δομημένου χώρου, την καταγραφή πόρων και την απογραφή κυκλοφοριακών δικτύων, τις εκτιμήσεις πληθυσμού και της ποιότητας του δομημένου χώρου κ.α.
- Για *στρατιωτική χρήση*, με την καταγραφή της κινήσεως οχημάτων και στρατιωτικών σχηματισμών και τον εντοπισμό στρατιωτικών εγκαταστάσεων.



Εικόνα 4: Χώρος στάθμευσης βομβαρδιστικών B52 Arizona, 5/12/94 (USGS).

2.3 Συγκριτική αξιολόγηση των τηλεπισκοπικών δορυφόρων και των φωτογραφικών αεροπλάνων

Η παρακολούθηση της γης με την χρήση φωτογραφικών αεροσκαφών και δορυφόρων έχει καθιερωθεί σε διάφορα πεδία εφαρμογών της επιστήμης του περιβάλλοντος. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, η Τηλεπισκόπηση εφαρμόζεται με ιδιαίτερη επιτυχία σε διάφορους τομείς (βλέπε υποκεφάλαιο 2.2), ενώ επιπλέον εφαρμογές αυτής συνεχώς εξελίσσονται ως αποτέλεσμα της βελτίωσης τόσο της ίδιας της τεχνολογίας όσο και της εμπειρίας του ίδιου του ανθρώπου στις εφαρμογές των τεχνικών της Τηλεπισκόπησης. Στις εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης τα ψηφιακά και αναλογικά δεδομένα από τα φωτογραφικά αεροπλάνα και τους δορυφόρους χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις επιστημονικές επιδιώξεις της εφαρμογής. Προκειμένου να αποφασιστεί η χρήση δεδομένων (είτε από φωτογραφικά αεροπλάνα, είτε από δορυφόρους), απαιτείται επαρκής αξιολόγηση (fit for purpose).



Εικόνα 5: Κύριες διαφορές μεταξύ ενός Φωτογραφικού Αεροπλάνου και ενός Δορυφόρου στην απόκτηση Τηλεπισκοπικών δεδομένων.

Η δυνατότητα του αεροσκάφους να πετάει σε χαμηλότερο ύψος από κάθε δορυφόρο καθιστά τις αεροφωτογραφίες ικανές να παρέχουν μεγαλύτερη πληροφορία για το έδαφος

σε αντίθεση με τη πληροφορία που παρέχει ο δορυφόρος. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι ο δορυφόρος παρέχει μικρότερη πληροφορία, μπορεί να είναι καταλληλότερος για πολλούς σκοπούς. Η δορυφορική εικόνα διαθέτει ακρίβεια στην κλίμακα και το είδος της κάλυψης μιας περιοχής στο έδαφος, γεγονός που δε μπορεί να επιτευχθεί από την αεροφωτογραφία. Η συχνότητα κάλυψης μια περιοχής στο έδαφος από τα όργανα ενός δορυφόρου, που βρίσκεται σε τροχιά, μπορεί να είναι πολύ χαμηλή για μερικές εφαρμογές. Για μια μικρή περιοχή ένα αεροσκάφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποκτηθεί ένας μεγάλος αριθμός αεροφωτογραφιών με μεγαλύτερη συχνότητα. Η εικόνα 5 παρουσιάζει μερικές από τις κύριες διαφορές ανάμεσα σε ένα φωτογραφικό αεροπλάνο και σε ένα δορυφόρο όσον αφορά στην απόκτηση τηλεπισκοπικών δεδομένων.

Υπάρχει μια πληθώρα παραγόντων που οφείλουν να ληφθούν υπ' όψιν για την χρησιμοποίηση δεδομένων φωτογραφικών αεροσκαφών ή δορυφόρων. Αυτοί σχετίζονται με:

- Την έκταση της περιοχής που θα καλυφθεί.
- Την ταχύτητα ανάπτυξης του φαινομένου που θα παρατηρηθεί.
- Τη λεπτομερή απόδοση του υπάρχοντος οργάνου για τη πτήση στο αεροσκάφος ή στο δορυφόρο.
- Τη διαθεσιμότητα και το κόστος των δεδομένων.

Η τελευταία παράμετρος αναφέρεται στο κόστος της απόκτησης τηλεπισκοπικών δεδομένων αφού είναι προφανές ότι η δημιουργία ενός τηλεπισκοπικού δορυφόρου και η απόκτηση των δεδομένων του (δορυφορικές εικόνες), είναι δαπανηρότερες σε σύγκριση με το κόστος πτήσης ενός φωτογραφικού αεροσκάφους³.

³ Βλέπε: Cracknell A. & Hayes L, 1993.

2.4 Παράγοντες για την εξαγωγή θεματικής πληροφορίας από δεδομένα τηλεπισκόπησης

Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τα διάφορα συστήματα τηλεπισκόπησης παρουσιάζονται κατά τρόπο παρόμοιο με μια απλή φωτογραφία, εκτός βεβαίως από τις ψηφιακές τιμές (Digital Numbers) που αντιπροσωπεύουν τις τιμές φωτεινότητας. Για να εξαχθεί θεματική πληροφορία από τις ψηφιακές τιμές, οι βασικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν είναι τρεις: τα φασματικά (spectral), τα χωρικά (spatial) και τα χρονολογικά (temporal) χαρακτηριστικά. Τα φασματικά χαρακτηριστικά αναφέρονται στη φύση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που αντανακλάται ή εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης και την ικανότητα του αισθητήρα να την ανιχνεύσει. Τα φασματικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων ευρείας χρήσης σε δορυφόρους, οι φασματικές τους δίαυλοι (bands) καθώς επίσης η κυρίαρχη χρήση (primary use) αναγράφονται στον πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1: Τα φασματικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων των δορυφόρων σε χρήση (Quiming Z., 1999).

Satellite	Sensor / image	No. of Bands	Band	Spectral Range (μm)	Primary Use
Landsat	MSS	4	1	0.5 – 0.6	Culture features, clear water penetration
			2	0.6 – 0.7	Vegetation/soil discrimination
			3	0.7 – 0.8	Delineating water bodies, geology
			4	0.8 – 1.1	Delineating water bodies, vegetation vigour and biomass
	TM	7	1	0.45 – 0.52	Coastal water mapping, soil/ vegetation discrimination, forest type mapping, and cultural features
			2	0.52 – 0.60	Vegetation discrimination and vigour assessment, and cultural features
			3	0.63 – 0.69	Plant species differentiation, and cultural features
			4	0.76 – 0.90	Vegetation types, vigour, and biomass content, delineating water bodies, and soil moisture
			5	1.55 – 1.75	Vegetation and soil moisture content, differentiation of snow from clouds
			6	10.4 – 12.5	Vegetation stress analysis, soil moisture discrimination, and thermal mapping applications
			7	2.08 – 2.35	Discrimination of mineral and rock types, and vegetation moisture content
SPOT	PAN	1	1	0.51 – 0.73	General mapping, DTM generation
	XS	3	1	0.50 – 0.59	Cultural features, clear water penetration
			2	0.61 – 0.68	Vegetation/soil discrimination and plant species differentiation
			3	0.79 – 0.89	Delineating water bodies, vegetation types vigour and biomass
NOAA	AVHRR	5	1	0.58 – 0.68	Daytime cloud and surface mapping, snow and ice extent
			2	0.725 – 1.1	Surface water delineation, snow and ice extent
			3	3.55 – 3.93	Detecting hot targets (e.g., forest fires), night-time cloud mapping
			4	10.3 – 11.3	Determining cloud and surface temperatures, day or night cloud mapping
			5	11.5 – 12.5	Determining cloud and surface temperatures, day or night cloud mapping, water vapour correction

Ένας σημαντικός παράγοντας για την εξαγωγή πληροφορίας από ψηφιακά δεδομένα είναι η χωρική <<έκταση>> των εξεταζόμενων αντικειμένων και η χωρική ανάλυση του αισθητήρα. Τα χωρικά χαρακτηριστικά περιγράφουν το μέγεθος των αντικειμένων στη γη που θα ανιχνευθεί, σε σύγκριση με τη χωρική ανάλυση των αισθητήρων. Στον Πίνακα 1.2 παρουσιάζονται τα πιο γνωστά συστήματα τηλεπισκόπησης (platform), η χωρική ανάλυση (spatial resolution) των ψηφιακών τους δεδομένων και οι κυρίαρχες εφαρμογές που είναι συνυφασμένες με τη χωρική τους ανάλυση.

Πίνακας 1.2: Παραδείγματα χωρικής ανάλυσης τηλεπισκοπικών συστημάτων και οι κυρίαρχες εφαρμογές της (Quiming Z.,1999).

Platform	Sensor/ image	Spatial resolution	Interpretation features	Primary applications
Aircraft	Digital airphoto	1 – 2m	Control points on cultural features	Photogrammetry and mapping, urban management
SPOT	PAN	10m	Houses and streets	Urban planning
	XS	20m	Crop fields, water bodies, urban areas	Regional planning, agriculture, land use change
Landsat	TM	30m	Crop fields, water bodies, urban areas	Regional planning, agriculture, land use change
	MSS	82m	Landforms, forest, pasture and agriculture areas	Environment and pasture, rangeland management
NOAA	AVHRR	1.1km	Regional landforms, coastline	Regional monitoring, coastline and oceanography
GOES	GOES	2.5 – 5km	Clouds, coastline	Weather forecast, oceanography, global change

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στην επιστήμη της τηλεπισκόπησης είναι οι τεχνικές και οι μεθοδολογίες που έχουν να κάνουν με αυτό που ονομάζεται *mixel* και το οποίο αναφέρεται σε κάποιο εικονοστοιχείο που καλύπτει περισσότερα από ένα είδος κάλυψης με τη χωρική του ανάλυση.

Δεδομένου ότι ζούμε σε ένα κόσμο συνεχώς μεταβαλλόμενο, τα χρονολογικά χαρακτηριστικά πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν όταν προσπαθούμε να μελετήσουμε το περιβάλλον, όχι μόνο από την πλευρά της φύσης των φαινομένων, αλλά και της ικανότητας

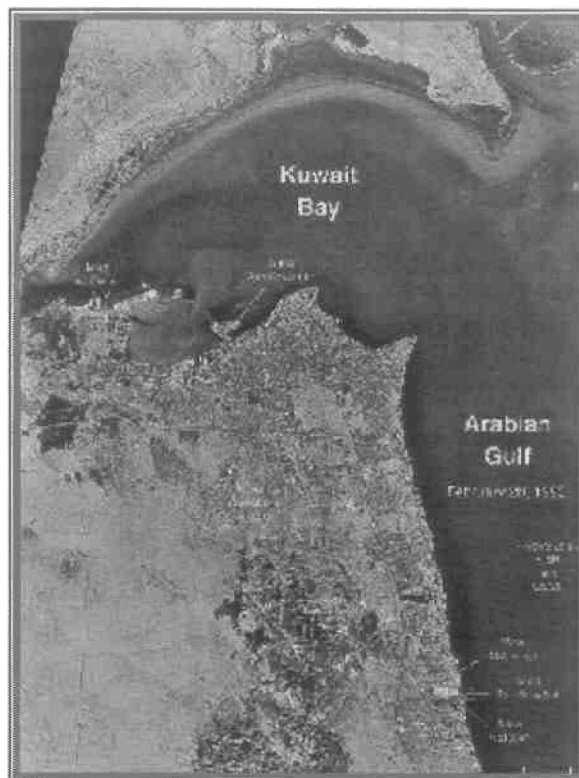
του αισθητήρα. Για την εξαγωγή θεματικής πληροφορίας οι χρονικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την διαδικασία της φωτοερμηνείας (interpretation process) είναι για παράδειγμα η ημερομηνία και ώρα απόκτησης των ψηφιακών δεδομένων, η συχνότητα κάλυψης και το ιστορικό της κάλυψης (Quiming Z., 1999).

2.5 Τηλεπισκόπηση και Αστικός Χώρος

Προκειμένου να εφαρμόσουν με ακρίβεια κυβερνητικές πολιτικές και προγράμματα, οι πολεοδόμοι χρειάζονται δεδομένα που να είναι πρόσφατα και συνεχόμενα αλλά και χάρτες που να ενημερώνονται και να εμπλουτίζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα με νέα στοιχεία. Οι κάθετες αεροφωτογραφίες αποτελούν για την επιστήμη της τηλεπισκόπησης σημαντικό εργαλείο για αστικές εφαρμογές. Ωστόσο, δορυφόροι υψηλής διακριτικής ικανότητας όπως ο SPOT, ο IRS-D και τώρα τελευταία ο IKONOS 1X1m panchromatic έχουν βαθμιαία αναδειχθεί σε μελλοντικές πηγές τροφοδοσίας ψηφιακών δεδομένων για τον αστικό σχεδιασμό και την πολεοδομία. Οι εικόνες του SPOT, του IRS-D και του IKONOS έχουν αποδείξει ότι η χωρική ανάλυση των αεροφωτογραφιών μπορεί επίσης να αποκτηθεί και από τις δορυφορικές εικόνες. Παρ' όλο που δορυφόροι υψηλής διακριτικής ικανότητας όπως: EOSAT Space Imaging IKONOS 1X1m panchromatic, Earth Watch Quickbird 0,82X0,82m, Orbview-3 1X1m ;έχουν τεθεί ή τίθενται στο άμεσο μέλλον σε τροχιά, ο Jensen J. υποστηρίζει ότι οι αεροφωτογραφίες ψηφιακών μηχανών με χωρικές αναλύσεις από 0,25 έως 1m εξακολουθούν να ικανοποιούν πολλές σημαντικές αστικές και περιαστικές απαιτήσεις στο επίπεδο χωρικών πληροφοριών. Ένα βασικό πλεονέκτημα της χρήσης δορυφορικών δεδομένων στον αστικό σχεδιασμό είναι η ταχύτητα με την οποία ανανεώνεται η πληροφορία. Πολεοδομικοί χάρτες μπορούν εύκολα να ανανεωθούν κάθε έξι μήνες ή κάθε χρόνο ανάλογα με τη σκοπιμότητα της χρήσης τους. Ο προϋπολογισμός μιας ενδεχόμενης τέτοιας ανανέωσης θα είναι πολύ μικρός σε σύγκριση με το κόστος απόκτησης αεροφωτογραφιών με την ίδια συχνότητα.

Στο Κουβέιτ, οι αεροφωτογραφίες αποκτούνται κάθε 5 χρόνια, συνεπώς τα πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης δορυφορικών εικόνων με συνεχόμενη κάλυψη μικρότερη των 30 ημερών δεν μπορούν να παραβλεφθούν.

Οι εικόνες του Landsat TM και του SPOT χρησιμοποιούνται στην επίλυση αρκετών προβλημάτων που αφορούν τον αστικό και προαστιακό σχεδιασμό. Ο συνδυασμός των καναλιών (bands) 1, 2 και 3 του Landsat TM, προβαλλόμενος από μπλε, πράσινα και κόκκινα φίλτρα, παράγει χρώματα τα οποία βρίσκονται πολύ κοντά στα φυσικά χρώματα που υπάρχουν στο έδαφος (εικόνα 6). Αυτός ο συνδυασμός είναι ιδιαίτερα χρήσιμος στον εντοπισμό της θέσεως διαφόρων αντικειμένων στο έδαφος και στην αναγνώριση γεωγραφικών τοποθεσιών στον πεδίο.



Εικόνα 6: Δορυφορική εικόνα Landsat TM της πόλης του Κουβέιτ, 28/02/93.

Το λιμάνι του Σουάχ και περιοχή του κέντρου της πόλης του Κουβέιτ εμφανίζονται στην πανχρωματική εικόνα του δορυφόρου SPOT, της 25/03/92 (εικόνα 3). Οι συγκεκριμένες εικόνες παρουσιάζουν με μεγάλη λεπτομέρεια τον αστικό ιστό και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των πόλεων, γεγονός που τις καθιστά εξαιρετικά χρήσιμες στον πολεοδομικό σχεδιασμό (άμεση ανανέωση της πληροφορίας με την χρήση νέων εικόνων)⁴.



Εικόνα 7: Δορυφορική εικόνα SPOT, του λιμανιού Σουάχ και περιοχής του κέντρου της πόλης του Κουβέιτ, 25/03/92.

Οι μέθοδοι της Τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται ανάλογα με την διακριτική ικανότητα (resolution) των δορυφορικών δεδομένων, σε πλήθος εφαρμογών που αφορούν την Πολεοδομία, την Χωροταξία και την Περιφερειακή Ανάπτυξη (Κυρίμης Κ. & Μπέτσης Α.,

⁴ Περισσότερα: www.kisr.edu.kw/research/envimment/rs/rs3.html

1998). Ιδιαίτερα στον αστικό χώρο, οι εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης και των τεχνικών της δύνανται να εξετάσουν και να προτείνουν λύσεις στα ακόλουθα ζητήματα:

α) Επέκταση του αστικού χώρου

Η μελέτη των διαχρονικών αλλαγών, με την χρήση δορυφορικών εικόνων τόσο στον αστικό όσο και στον περιαστικό χώρο, αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας πολλών ερευνητών τόσο μεθοδολογικά όσο και θεματικά. Η χρήση των δορυφόρων και της Τηλεπισκόπησης είναι μια εναλλακτική λύση στην καταγραφή της θέσης και της έκτασης του αστικού χώρου⁵. Σημαντική έρευνα, που αφορά στον αστικό χώρο, είναι η καταγραφή της αστικής μεγέθυνσης.

β) Δίκτυα και Μεταφορές

Σημαντική είναι η προσφορά της Τηλεπισκόπησης στο χωρικό εντοπισμό των οδικών δικτύων σε διάφορα επίπεδα όπως στο αγροτικό, στο δασικό, στο αστικό και το περιαστικό.

Ειδικότερα η εφαρμογή μεθόδων της Τηλεπισκόπησης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον σχεδιασμό και στην ανάπτυξη του αγροτικού οδικού δικτύου τόσο αναφορικά με τον χωρικό εντοπισμό των δομημένων περιοχών στον περιαστικό και τον υπαίθριο χώρο με την χρήση δορυφορικών εικόνων του Ινδικού δορυφόρου IRS-A-LISS όσο και με την δημιουργία θεματικών χαρτών καλύψεων και χρήσεων γης, βασισμένων σε πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες.

⁵ Χρησιμοποιούνται νυχτερινές δορυφορικές εικόνες της γης και η καταγραφή των αστικών περιοχών γίνεται με βάση τις εκπομπές φωτός των ομαδοποιημένων και φωτισμένων εικονοστοιχείων (Περάκης Κ. & Φαρασλής Γ., 2000: 439).

γ) Τουρισμός

Η παρατήρηση της γήινης επιφάνειας με τη βοήθεια αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων υψηλής διακριτικής ικανότητας (π.χ. IKONOS, Earth Watch Quickbird) μπορεί να στηρίξει τις δραστηριότητες της τουριστικής αγοράς με:

- Λεπτομερείς εκθέσεις τουριστικών καταλυμάτων.
- Ενημερωμένους χάρτες (οδικούς, αστικούς, πανοραμικούς χάρτες).
- Πληροφορίες για τα αποτελέσματα φυσικών και ανθρωπογεννών καταστροφών, όπως για παράδειγμα παράκτια μόλυνση ή μόλυνση νερού σε καταφύγια ή τουριστικούς χώρους.
- Σημαντικές αλλαγές σε πολυσύχναστα μέρη (προφίλ παραλίας, ανοικοδόμηση, ποιότητα νερών κ.λ.π.).

Δεδομένα από παρατηρήσεις της γήινης επιφάνειας βοηθούν στον σχεδιασμό και στην ανάπτυξη καταλυμάτων και τόπων προορισμού διακοπών, καθώς επίσης στη διαχείριση, έλεγχο και παρακολούθηση του φυσικού περιβάλλοντος και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

δ) Χρήσεις-Καλύψεις γης

Η μέθοδος της Τηλεπισκόπησης γίνεται ολοένα και περισσότερο αναγκαία στην χαρτογράφηση των χρήσεων-καλύψεων γης για τους ακόλουθους λόγους:


- Εικόνες που καλύπτουν ακόμα και πολύ μεγάλες εκτάσεις μπορούν να αποκτηθούν άμεσα.
- Ανάλογα με το βαθμό λεπτομέρειας που απαιτεί η χαρτογράφηση, είναι δυνατή η απόκτηση εικόνων με την κατάλληλη χωρική διακριτική ικανότητα.
- Ελαχιστοποιούνται τα προβλήματα πρόσβασης στην περιοχή μελέτης που δημιουργούνται στις επίγειες χαρτογραφήσεις.
- Οι δορυφορικές εικόνες παρέχουν απεικόνιση για το σύνολο της περιοχής.
- Η ερμηνεία των δορυφορικών εικόνων είναι γρηγορότερη και πιο οικονομική από τις επίγειες χαρτογράφησης.

- Οι δορυφορικές εικόνες παρέχουν αμερόληπτα δεδομένα, καλύπτοντας μεγάλες περιοχές συγκεκριμένων χρήσεων καλύψεων γης, όπως π.χ. δάσος, καλλιέργειες, αστικό κ.α.

Φυσικά υπάρχουν και μειονεκτήματα στην χαρτογράφηση με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων όπως:

- Διαφορετικοί τύποι χρήσεων γης μπορεί να μην διακρίνονται από τις δορυφορικές εικόνες.
- Το κόστος χαρτογράφησης με δορυφορικές εικόνες μπορεί να είναι αρκετά υψηλό και γενικότερα ασύμφορο για την χαρτογράφηση μικρών περιοχών⁶.

⁶ Βλέπε: Περάκης Κ. & Φαρασλής Γ., 2000: 430-435.

An architectural plan of a city grid, likely a historical or theoretical design. The grid is composed of numerous small, rectangular blocks arranged in a regular pattern. A river or canal flows through the grid, with a bridge crossing it. The plan is shown as if it were a page from a book, with a curved edge on the left side. On the left side, there is a scale bar and some text in Greek. The text includes 'ΣΧΕΔΙΟΝ' (Plan) and 'ΠΟΛΕΩΣ ΒΟ' (City of B). The scale bar is labeled 'ΜΕΤΡΑ' (Meters) and has markings for 0, 100, 200, 300, and 400. The river is labeled 'ΣΑΤΩΝ (SANTON)' and the bridge is labeled 'ΠΡΟΣΤΑΣΙΣ' (Prothesis).

ΣΧΕΔΙΟΝ
ΠΟΛΕΩΣ ΒΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

**ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
ΜΕΛΕΤΗΣ-Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ
ΔΟΜΗΣΗΣ**

3.1 Εισαγωγικά

Στο παρακάτω κεφάλαιο αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, που είναι ο Δήμος Βόλου. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται, έχουν ληφθεί κυρίως από μελέτες και Ερευνητικά προγράμματα που έχουν εκπονηθεί στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας¹, όπως και από στοιχεία που συλλέχθηκαν από σελίδες στο διαδίκτυο². Η ανάλυση της περιοχής μελέτης ξεκινά με την παρουσίαση των ιστορικών, γεωγραφικών και πολεοδομικών χαρακτηριστικών, για να ακολουθήσουν ορισμένα στοιχεία που αφορούν το θεσμικό πλαίσιο σχετικά με τον συντελεστή δόμησης και την άδεια οικοδόμησης, και έπειτα τη περιγραφή, σε γενικές γραμμές, του τρόπου με τον οποίο εκδίδεται μια οικοδομική άδεια.

3.2 Γεωγραφικά και Ιστορικά-Πολεοδομικά χαρακτηριστικά

Ο Βόλος είναι καθαρά ένα τυπικό αστικό κέντρο, από τα μεγαλύτερα της χώρας, με ιστορία βιομηχανικής ανάπτυξης περίπου 110 χρόνων. Γεωγραφικά βρίσκεται στο κέντρο της χώρας, απέχοντας ίση σχεδόν απόσταση από τα δύο μεγαλύτερα αστικά κέντρα, την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη και συγχρόνως έχει καλή πρόσβαση στις δυτικές πόλεις της χώρας, την Πάτρα και



Εικόνα 8: Η παραλία της πόλης του Βόλου, (Πηγή: www.unn.ac.uk/~h807864/volos.html)

την Ηγουμενίτσα. Ο Βόλος είναι χτισμένος με μέτωπο στον Παγασητικό Κόλπο και εκτείνεται ως τις παρυφές του Πηλίου. Είναι η μοναδική διέξοδος προς τη θάλασσα της μεγαλύτερης γεωργικής περιφέρειας της χώρας, της Θεσσαλίας. Τα δύο οικοσυστήματα, ο Παγασητικός Κόλπος και το Πήλιο, καθορίζουν ευρύτερα τη μορφολογία της περιοχής και

¹ α) *Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας*, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος, 1995. β) *Χωροταξικά και Περιβαλλοντικά Χαρακτηριστικά της Χερσονήσου Μαγνησίας*, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος, 1997.

² www.ypes.gr, www.volos.gr/cityguidenew/history.htm

χαρίζουν στην πόλη τη μοναδικότητα, από άποψη ανθρωπογενούς και φυσικού περιβάλλοντος. Η σχέση πόλη-βουνό-θάλασσα έχει αφήσει μάλιστα τα σημάδια της στην οικονομική, την κοινωνική και την πολιτιστική ζωή της πόλης. Η οικονομική άνθηση και γενικά η ανάπτυξη της περιοχής βασίστηκε σ' αυτή τη σχέση, η οποία εξακολουθεί να παίζει και σήμερα ουσιώδη ρόλο.

Η οδική σύνδεση του Βόλου με την υπόλοιπη χώρα επιτυγχάνεται με δύο επαρχιακά δίκτυα, τα οποία καταλήγουν στον εθνικό άξονα Αθηνών-Θεσσαλονίκης: το ένα δίκτυο προς Θεσσαλονίκη, οκτώ λωρίδων, σύντομα θα ολοκληρωθεί και είναι σύγχρονο και επαρκές. Το δεύτερο, προς την Αθήνα, τεσσάρων λωρίδων κυκλοφορίας, χαρακτηρίζεται γενικά ως σχετικώς επαρκές, εκτός από το σημείο όπου εισέρχεται στα όρια του Δήμου, και όπου οι λωρίδες κυκλοφορίας περιορίζονται σε δύο, με αποτέλεσμα το δίκτυο να θεωρείται, και να είναι στην ουσία, ανεπαρκέστατο.

Η διαμέσου του Βόλου κυκλοφορία προς διάφορες κατευθύνσεις, καθώς και ο όγκος των εσωτερικών μετακινήσεων στην πόλη, ικανοποιούνται κυρίως από δύο ζεύγη οδικών αξόνων, κάθετο το ένα στο άλλο: την Ελευθ. Βενιζέλου και την Κ. Καρτάλη από Βορρά προς Νότο, και τις λεωφόρους Δημητριάδος και Ιάσονος από Ανατολή προς Δύση³

Από τον καιρό των Αργοναυτών και της μυθικής Αργούς το λιμάνι του Βόλου συνεχίζει αδιάκοπα τη ναυτική παράδοση στο μυχό του Παγασητικού Κόλπου. Πριν αναπτυχθούν οι οδικές αρτηρίες, το λιμάνι του Βόλου εξυπηρετούσε όλη την παραγωγή του εσωτερικού της Θεσσαλίας και της ευρύτερης περιοχής. Πριν από χρόνια λειτουργούσε ως πορθμείο και συνέδεε την πόλη με τη Συρία και την υπόλοιπη Μέση Ανατολή. Το λιμάνι της πόλης είναι ένα από τα από τα μεγαλύτερα πέντε λιμάνια της χώρας. Ξεκινώντας από την κεντρική προβλήτα, το λιμάνι καταλαμβάνει σήμερα ένα μέτωπο στη θάλασσα συνολικού μήκους 6 χιλιομέτρων. Το κυρίως εμπορικό τμήμα του, που αναπτύσσεται στις παρυφές της πόλης, εξυπηρετεί την εμπορευματική κίνηση και τη διαμετακόμιση των φορτηγών, των σιδηροδρομικών βαγονιών και των containers.

³ Αναλυτικότερα: Μαλούτας Θ., 1995: 309-312.

Το άλλο τμήμα του βρίσκεται μέσα στην πόλη και εξυπηρετεί τα επιβατικά σκάφη, τα οχηματαγωγά και υδροπτέρυγα, που συνδέουν το Βόλο με τις Βόρειες Σποράδες, τη Μυτιλήνη, τις Κυκλάδες, την Κρήτη, τη Χαλκιδική και άλλα λιμάνια του Αιγαίου. Εξυπηρετεί επίσης την ιχθυοπαραγωγική δραστηριότητα, τις ψαρόβαρκες της



Εικόνα 9: Το λιμάνι του Βόλου, (Πηγή: www.volos.gr)

ερασιτεχνικής αλιείας και τα σκάφη αναψυχής που αγκυροβολούν στην κεντρική παραλία του Βόλου⁴.

Το κάστρο του Βόλου, στη σημερινή συνοικία Παλαιά στο δυτικό τομέα της πόλης, χτίστηκε στα μέσα του βου μ.Χ. αιώνα. Τότε κυριαρχούσε η μικρή οικιστική κλίμακα, καθώς αναπτύσσονταν οι ορεινές κοινότητες του Πηλίου. Από τα μέσα του 19ου αιώνα, με την οικοδόμηση της νέας πόλης του Βόλου, το Κάστρο άρχισε να υποβαθμίζεται. Στα τέλη του αιώνα γκρεμίστηκε η νότια και η βόρεια πλευρά του τείχους του και ο εσωτερικός λαβύρινθος της πολεοδομίας του ρυμοτομήθηκε.

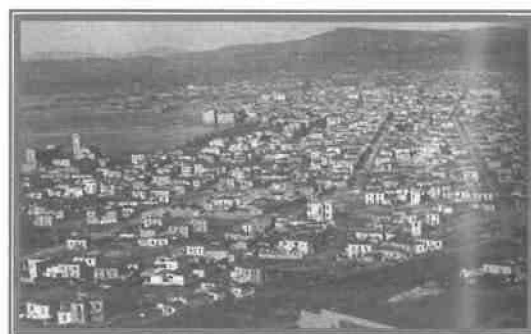
⁴ Βλέπε: <http://www.volos.gr/citygul.htm>

Μετά το 1830 στη νοτιοανατολική παραλία του Κάστρου οι βιοτέχνες κάτοικοι των κοινοτήτων του Πηλίου με νέους κατοίκους που ήρθαν από το νεοσύστατο ελληνικό κράτος κι από άλλα κέντρα του Ελληνισμού άρχισαν να χτίζουν μια νέα πόλη, με παράλληλες προς τη θάλασσα σειρές καταστημάτων, εργαστηρίων, κατοικιών. Εκεί εγκαταστάθηκαν σύντομα τα προξενεία των δυτικοευρωπαϊκών δυνάμεων. Η νέα πόλη, λόγω της θέσης του λιμανιού της κοντά στη μεθόριο του ελληνικού κράτους, ακολούθησε σύντομα ανοδική πορεία με αυξανόμενη εμποροβιοτεχνική δραστηριότητα. Με την προσάρτηση της Θεσσαλίας και του Βόλου στο Ελληνικό κράτος το 1881, ξεκινάει μια νέα περίοδος άνθισης για την πόλη. Το λιμάνι, που επεκτείνεται με νέες εγκαταστάσεις και ο σιδηρόδρομος, που κατασκευάζεται για να τη συνδέσει με τα κέντρα της Θεσσαλικής ενδοχώρας, προσδίδουν στο Βόλο αυξημένη οικονομική δύναμη⁵.

Παρόλο που η πόλη του Βόλου ήταν ελάχιστα κατοικημένη στην απογραφή του 1881 - αριθμούσε περίπου 5.000 κατοίκους-, η σύνταξη του σχεδίου πόλης είχε να αντιμετωπίσει από την αρχή σοβαρά προβλήματα. Το βασικότερο συνδεόταν με την ύπαρξη δυο οικιστικών ζωνών με διαφορετικά χαρακτηριστικά, οι οποίες χωρίζονταν από τις εγκαταστάσεις των Θεσσαλικών Σιδηροδρόμων.

Η νέα πόλη του Βόλου άρχισε να αναπτύσσεται στην ανατολική πλευρά από τα μέσα του 19ου αιώνα. Εκτεινόταν σε τρεις μεγάλες παράλληλες προς τη θάλασσα αρτηρίες, οι οποίες τέμνονταν από στενούς και κάθετους δρόμους. Η σύνταξη και η έγκριση του σχεδίου πόλης του Βόλου έγιναν τμηματικά από το 1882 έως το 1883. Το πολεοδομικό σχέδιο του Βόλου ήταν ένας απλός ορθογώνιος κάναβος με ομοιόμορφα οικοδομικά τετράγωνα.

Με το Προεδρικό Διάταγμα της 5.7.1930 (Φ.Ε.Κ. 102Α/30) αναθεωρήθηκε ολόκληρο το υπάρχον σχέδιο πόλης, το οποίο επεκτάθηκε έως τους χείμαρρους Κραυσίνδωνα και Άναυρο και τις οδούς Μακρυγιάννη και Εθνικής



Εικόνα 10: Γενική άποψη του Βόλου, 1935, (Αρχείο ΔΗ.Κ.Ι)

⁵ Βλέπε: <http://www.volos.gr/cityguidenew/history.htm>

Αντιστάσεως. Το σχέδιο αυτό ισχύει έως σήμερα με πολλές, βέβαια, μεμονωμένες τροποποιήσεις.

Με το Βασιλικό Διάταγμα της 29ης.5.1947 (Φ.Ε.Κ. 103Α/47) η Ν. Ιωνία αποτέλεσε ξεχωριστό Δήμο, περιλαμβάνοντας την έκταση δυτικά του χειμάρρου Κραυσίνδωνα, ο οποίος λειτούργησε ως φυσικό όριο μεταξύ των δύο Δήμων.

Οι καταστροφικοί σεισμοί του 1955 δημιούργησαν μια νέα ευκαιρία για την αναδιάρθρωση του σχεδίου πόλης και την ένταξη περισσότερων δημόσιων και ελεύθερων χώρων σε αυτό, η οποία όμως δεν αξιοποιήθηκε. Η μεταπολεμική ανάπτυξη της πόλης συνδέεται με την ίδρυση της Βιομηχανικής Περιοχής, την αναβάθμιση του λιμανιού και την ανάπτυξη του τουρισμού λόγω της γεωγραφικής θέσης του Βόλου στο επίκεντρο μιας ευρύτερης (Πήλιο, Βόρειες Σποράδες, Εύβοια) τουριστικής περιοχής⁶.



Εικόνα 11: Ο Βόλος μετά τους σεισμούς, 19/04/55, (Αρχείο ΔΗ.Κ.Ι)



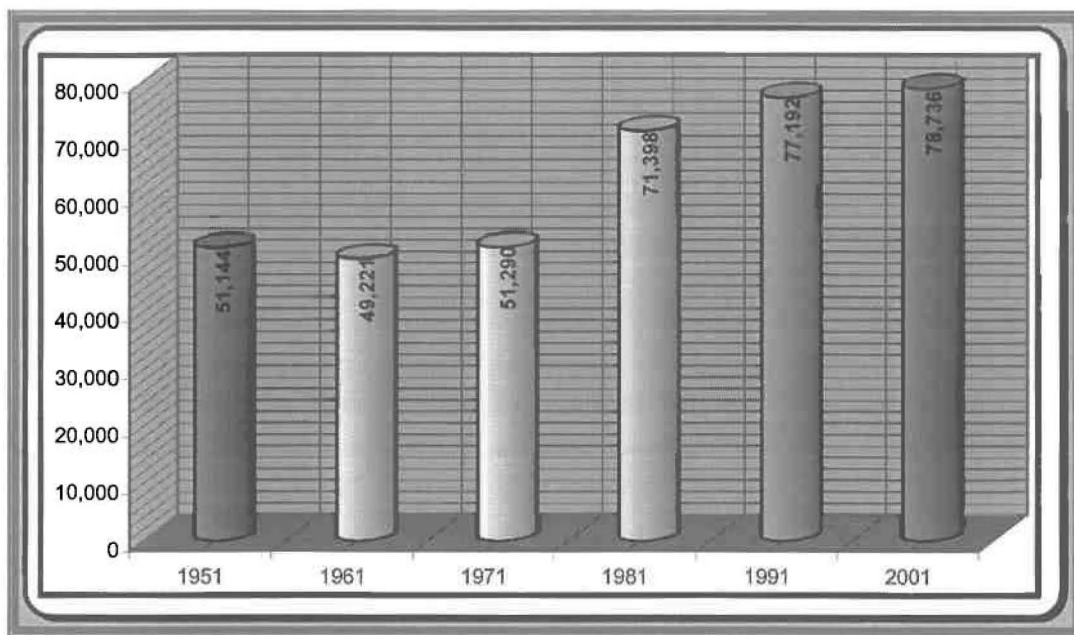
Εικόνα 12: Το Δημαρχείο του Βόλου σε τροχόσπιτα μετά τους σεισμούς του 1955, (Αρχείο Γιάννη Μουγογιάννη)

3.3 Πληθυσμιακή εξέλιξη

Σύμφωνα με τα στοιχεία της τελευταίας απογραφής της ΕΣΥΕ (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας), ο πληθυσμός του Δ. Βόλου το έτος 2001 ανέρχεται σε 78.736 κατοίκους, αυξημένος κατά 2% σε σχέση με την απογραφή του 1991. Το έτος 1991 ο Δ. Βόλου αριθμούσε 77.192 κατοίκους, που αντιπροσωπεύει το 39% του συνολικού πληθυσμού του Ν. Μαγνησίας. Όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα 1, ο πληθυσμός της πόλης του Βόλου στο διάστημα 1951 έως 1971 εμφανίζεται σταθερός με μία μικρή μείωση το 1961 της τάξης του 3.75%. Από το 1971 έως το 2001 ο πληθυσμός

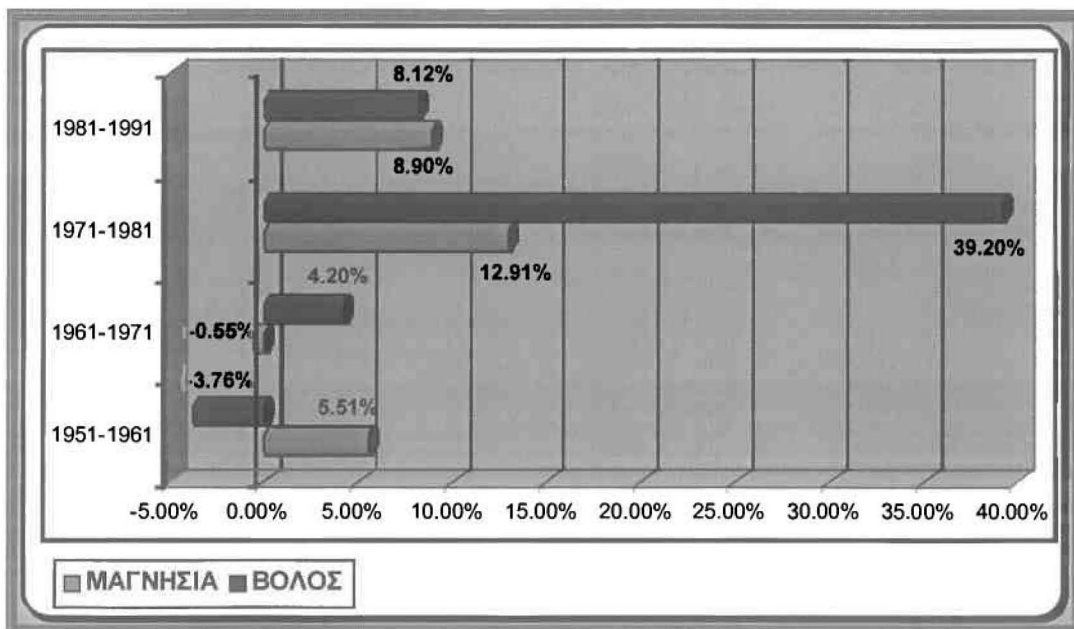
⁶ Αναλυτικότερα: Βόλος ένας αιώνας. Από την ένταξη στο ελληνικό κράτος (1881) έως τους σεισμούς (1955), 2000.

του Δ. Βόλου αυξάνεται συνεχώς, με κύριο χαρακτηριστικό την αλματώδη αύξηση στη δεκαετία 1971-1981, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην έντονη βιομηχανική δραστηριότητα.



Διάγραμμα 3.1: Πληθυσμιακή εξέλιξη του Δήμου Βόλου, 1951-2001, (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Αναφορικά με το διάγραμμα 2, αξίζει να σημειωθεί ότι τη δεκαετία 1951-1961, παρά το γεγονός ότι ο πληθυσμός του Ν. Μαγνησίας αυξάνεται κατά 5.51%, ο πληθυσμός του Δ.



Διάγραμμα 3.2: Ποσοστιαίες μεταβολές πληθυσμού ανά δεκαετία για τον Δ. Βόλου και για τον Ν. Μαγνησίας, (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Βόλου μειώνεται κατά 3.76% γεγονός που οφείλεται κυρίως στο μεταναστευτικό ρεύμα προς την υπόλοιπη Ευρώπη (Γερμανία κ.τ.λ.) και την Αμερική, σε αντίθεση με την επόμενη δεκαετία όπου παρουσιάζεται πληθυσμιακή αύξηση στον Δ. Βόλου και μείωση στο Ν. Μαγνησίας. Τις ακόλουθες δύο δεκαετίες μέχρι το 1991 σημειώνεται σημαντική αύξηση τόσο στον πληθυσμό του Δ. Βόλου, όσο και στον Ν. Μαγνησίας, με κύριο χαρακτηριστικό την αλματώδη αύξηση, κατά 39.2%, του αριθμού των κατοίκων του δήμου, τη δεκαετία 1971-1981 που οφείλεται κυρίως στην επιστροφή των παλιννοστούτων και στην βιομηχανική ανάπτυξη. Επίσης, σημαντικό στοιχείο είναι το ποσοστό αστικοποίησης που παρουσιάζει ο νομός, ο οποίος από το 41% του έτους 1961 έφτασε στο 59% το 1991 και διατηρείται σταθερό, ενώ αντίθετα, στην υπόλοιπη Θεσσαλία υστερεί σημαντικά (Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995).

3.4 Γενικά στοιχεία περί τον Συντελεστή Δόμησης

Ο Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός (Γ.Ο.Κ.), όπως είναι γνωστό, περιέχει κανόνες δόμησης των κτιρίων μέσα στους οικισμούς. Με το Ν.Δ. 8/1973 περί Γ.Ο.Κ. και στο άρθρο 5 αυτού, καλείται ως *Συντελεστής Δομήσεως Οικοπέδου (Σ.Δ.Ο.) ο λόγος του αθροίσματος των επιφανειών του ισογείου και των υπέρ αυτό ορόφων των δυναμένων να κατασκευασθούν βάσει των κειμένων διατάξεων προς την όλη επιφάνεια του οικοπέδου*⁷.

Ωστόσο το 1979 θεσπίζεται ο νόμος 880/1979, «Περί του καθορισμού ανωτάτου ορίου συντελεστού δομήσεως, εισαγωγής του θεσμού μεταφοράς συντελεστού δομήσεως και ετέρων τινών διαρρυθμίσεων της πολεοδομικής νομοθεσίας».

Το άρθρο 1 του νόμου εισάγει για πρώτη φορά ως ανώτατο όριο συντελεστή δόμησης τον αριθμό 2, το οποίο δεν μπορούν να υπερβαίνουν οι θεσπιζόμενοι στο μέλλον, με Προεδρικά Διατάγματα ή Νομαρχιακές Αποφάσεις, συντελεστές δόμησης σε οποιοδήποτε σημείο της χώρας. Ο καθορισμός αυτός του ανωτάτου ορίου συντελεστή δόμησης δεν ισχύει σε περιπτώσεις ειδικών κτιρίων δηλαδή για κτίρια που χρησιμοποιούνται για άλλη

⁷ Βλέπε: Χριστοφιλόπουλος Δ., 1980: 523, 529-530.

χρήση πλην κατοικίας (π.χ. σχολεία, εκκλησίες, αθλητικές εγκαταστάσεις, βιομηχανικά και βιοτεχνικά κτίρια κ.λ.π.). Όσον αφορά στους ήδη ισχύοντες μεγαλύτερους συντελεστές δόμησης, αυτοί εξακολουθούν να εφαρμόζονται. Αν, ωστόσο, κάποια στιγμή στο μέλλον τροποποιηθούν, η τροποποίηση τους αυτή θα μπορεί μόνο να τους μειώνει και όχι να τους αυξάνει.

Το άρθρο 2 του νόμου 880/1979 εισάγει για πρώτη φορά στην Ελλάδα το θεσμό της μεταφοράς του συντελεστή δόμησης από ένα ακίνητο σε ένα άλλο ή από μια θέση σε άλλη του ίδιου ακινήτου. Σκοπός του θεσμού αυτού είναι:

- Να διαφυλαχθούν ορισμένα κτίρια, που έχουν χαρακτηριστεί ως διατηρητέα.
- Να μεταβληθούν σε πράσινο ή να μείνουν ακάλυπτα, αφού περιοριστεί η χρήση τους, ορισμένα οικοπέδα που βρίσκονται σε ενδιαφέροντα σημεία μιας πόλης.

Η μεταφορά του συντελεστή δόμησης πραγματοποιείται έπ' ωφελεία του κυρίου του ακινήτου, από το οποίο μεταφέρεται ο συντελεστής (δηλ. του βαρυνόμενου ακινήτου). Για τη μεταφορά αυτή πρέπει να συναινέσουν τόσο ο κύριος του βαρυνόμενου ακινήτου όσο και ο κύριος του ωφελούμενου ακινήτου δηλ. του ακινήτου στο οποίο μεταφέρεται ο συντελεστής δόμησης. Για τη μεταφορά αυτή και την υλοποίησή της απαιτείται επιπλέον η έκδοση Διαταγμάτων, που να εγκρίνουν την μεταφορά από το βαρυνόμενο ακίνητο και την πραγματοποίησή της στο ωφελούμενο ακίνητο.

Ο μεταφερόμενος συντελεστής δόμησης δεν μπορεί να καταστήσει τον συνολικό συντελεστή του ωφελούμενου ακινήτου μεγαλύτερο του 2,4 εκτός αν πρόκειται για ειδικό κτίριο (Χριστοφιλόπουλος Δ., 1980: 363-368).

Ο Γ.Ο.Κ. Ν. 1577/85, όπως τροποποιήθηκε με το Ν. 1772/88, έχει σαν σκοπό τον καθορισμό όρων, περιορισμών και προϋποθέσεων για την εκτέλεση οποιασδήποτε κατασκευής εντός ή εκτός των εγκεκριμένων σχεδίων πόλεων ή οικισμών, ώστε να προστατεύεται το φυσικό οικιστικό και πολιτιστικό περιβάλλον, καθώς και να εξυπηρετείται το κοινωνικό συμφέρον. Ειδικότερα, το άρθρο 7 αναφέρεται στο συντελεστή



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
& ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας –
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

Χάρτης 1: Τρισδιάστατη απεικόνιση
των μέγιστων
θεσμοθετημένων ΣΔ
της πόλης του Βόλου

Θεσμοθετημένοι		1.8
Συντελεστές		2.1
Δόμησης		2.4
		2.7

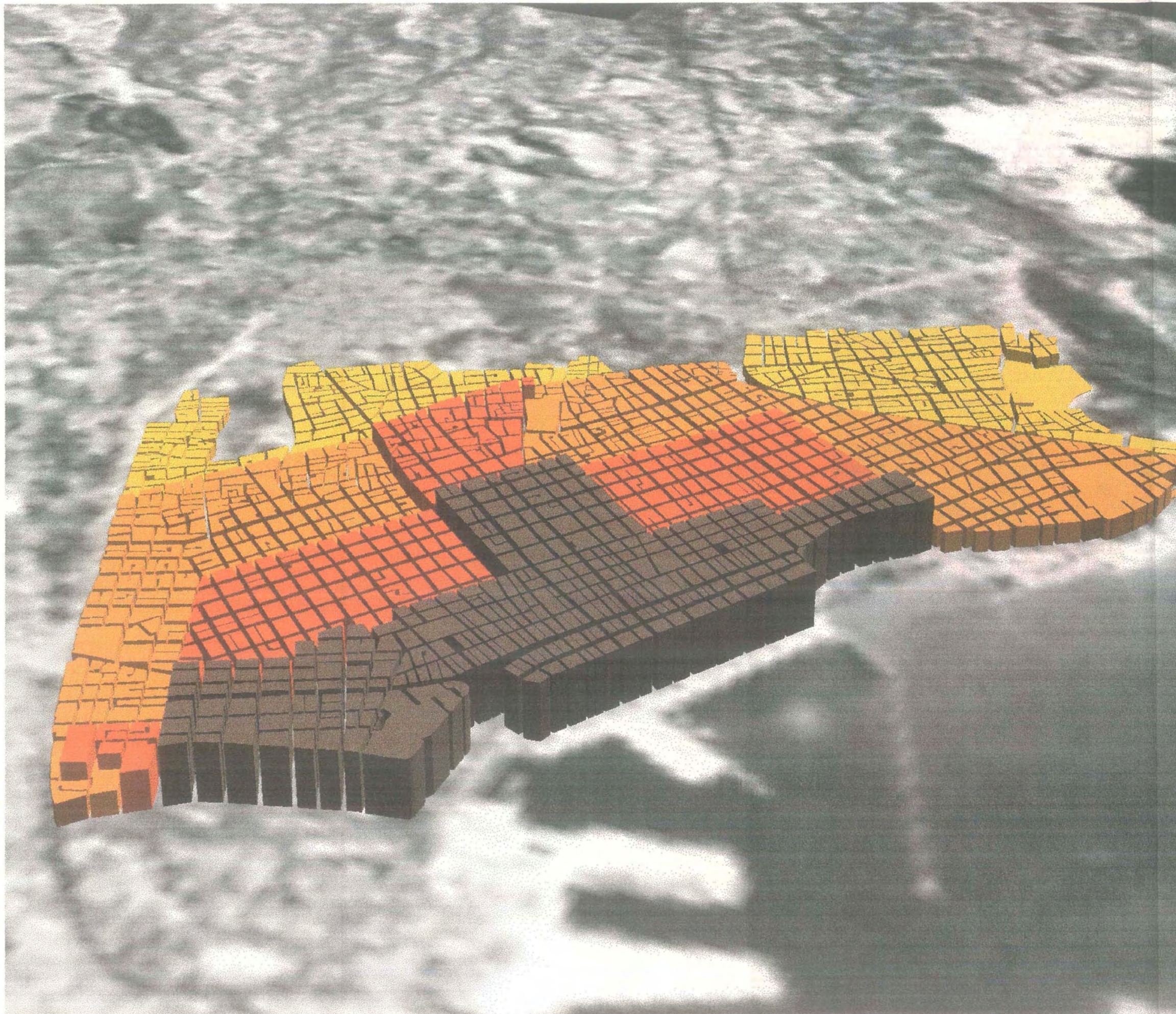
Περιοχή Μελέτης

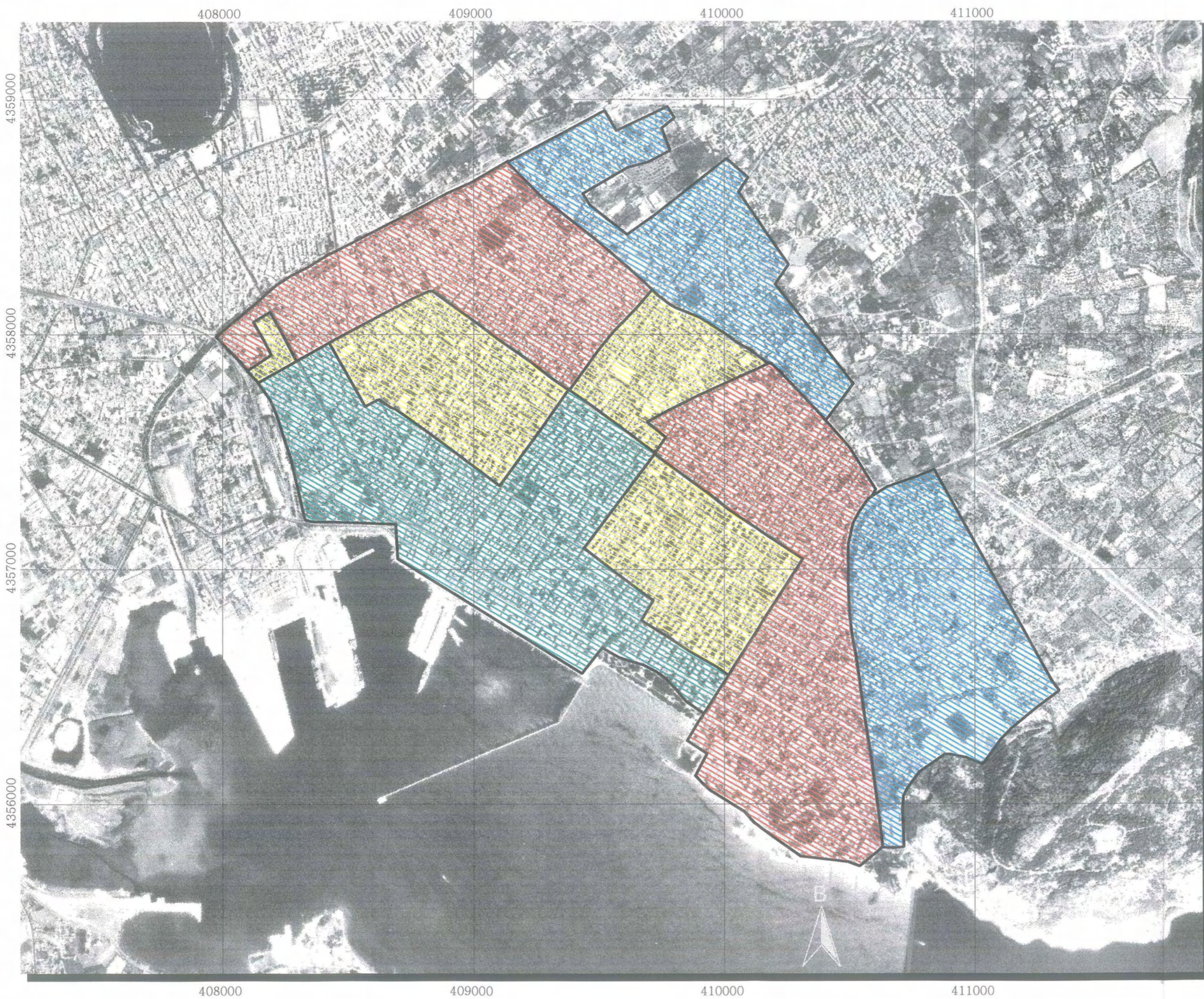


Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος

Βόλος, Ιούλιος 2001

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87









Διπλωματική Εργασία:

Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας -
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

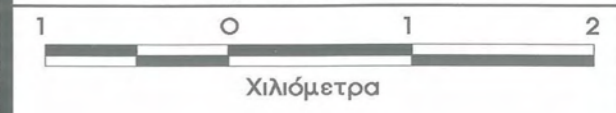
Χάρτης 2: Ζώνες θεσμοθετημένων
Συντελεστών Δόμησης
για την πόλη του Βόλου

Θεσμοθετημένοι Συντελεστές Δόμησης		1.8
		2.1
		2.4
		2.7

Περιοχή Μελέτης



Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος
Βόλος, Ιούλιος 2001



Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

δόμησης, ο οποίος είναι ο βασικός παράγοντας για την εκμετάλλευση των οικοπέδων. Για τον υπολογισμό του συντελεστή δόμησης κάθε οικοπέδου, το άρθρο αυτό αναφέρει με ακρίβεια ποιες επιφάνειες προσμετρώνται στον συντελεστή δόμησης και ποιες όχι (Χριστοφιλόπουλος Δ., 1988: 41-55).

3.5 Γενικά στοιχεία περί την άδεια οικοδόμησης

Ο ΓΟΚ Ν. 1577/85, όπως τροποποιήθηκε με το Ν. 1772/88, και συγκεκριμένα το άρθρο 22 αυτού, αναφέρεται στις οικοδομικές άδειες. Όπως γράφεται στο άρθρο 22, για την εκτέλεση οποιασδήποτε εργασίας δόμησης εντός ή εκτός οικισμού απαιτείται οικοδομική άδεια της αρμόδιας πολεοδομικής υπηρεσίας. Τέτοιες εργασίες είναι κυρίως οι εκσκαφές και επιχώσεις, η εγκατάσταση κριωμάτων, η ανέγερση, επισκευή, διαρρύθμιση και κατεδάφιση κτιρίων και των παραρτημάτων τους. Η οικοδομική άδεια κτιρίου ή εγκατάστασης θεωρείται ότι περιλαμβάνει τη διαμόρφωση του εδάφους, τις αναγκαίες εκσκαφές για τη θεμελίωση του κτιρίου ή της εγκατάστασης, καθώς και την κατασκευή περιφραγμάτων, οχετών και υπόγειων δεξαμενών ύδατος.

Με βάση τις διατάξεις της παραγράφου 9 του άρθρου 8 του ν. 1512/1985 και του άρθρου 4 του ν. 1577/1985 δεν απαιτείται άδεια για εσωτερικούς ή εξωτερικούς χρωματισμούς (όταν δεν γίνεται χρήση κριωμάτων), για μικρές εσωτερικές επισκευές ή διασκευές που δε θίγουν τη φέρουσα κατασκευή του κτιρίου ή την εμφάνισή του, για επισκευές, διασκευές ή συμπληρώσεις των εγκαταστάσεων και αγωγών των κτιρίων, για επισκευές θυρών, παραθύρων κ.λ.π. και γενικά για μικρές και μεμονωμένες για λόγους χρήσης, υγιεινής και προστασίας των κτιρίων. Ακόμη δεν απαιτείται άδεια για την εκτέλεση εργασιών στον φέροντα οργανισμό ή τον οργανισμό πλήρωσης του κτιρίου για την άρση του κινδύνου σε κατασκευές που έχουν χαρακτηριστεί ετοιμόρροπες, σύμφωνα με τις διατάξεις για επικίνδυνες κατασκευές⁸.

⁸ Στην περίπτωση αυτή οι εργασίες εκτελούνται ύστερα από σχετική μελέτη, που συντάσσεται σύμφωνα με τους όρους, τους οποίους ορίζει η αρμόδια πολεοδομική υπηρεσία, και δήλωση ανάληψης μελέτης και επίβλεψης από αρμόδιο τεχνικό, που γνωστοποιείται στο οικείο αστυνομικό τμήμα (Χριστοφιλόπουλος Δ., 1988:126).

Τι περιλαμβάνει, όμως, ο όρος οικοδομική άδεια; Οικοδομική άδεια είναι η διοικητική πράξη με την οποία η Διοίκηση (Υπουργός ΠΕΧΩΔΕ ή Νομάρχης) ελέγχει τη δόμηση όσον αφορά την τήρηση των κανόνων ασφαλείας, υγιεινής κυκλοφορίας κ.λ.π. για το συμφέρον τόσο του οικοδομούντος όσο και του κοινωνικού συνόλου. Σύμφωνα με το νομικό καθεστώς που ισχύει σήμερα, κάθε εκτέλεση οποιασδήποτε οικοδομικής εργασίας και κατασκευής ή εγκαταστάσεως μέσα στις πόλεις και κωμοπόλεις ελέγχεται από το κράτος.

Ο έλεγχος του κράτους και η απαγόρευση εκτέλεσης οικοδομικών, εν γένει, εργασιών χωρίς άδεια, ισχύει οπουδήποτε και αν εκτελείται η εργασία, δηλαδή είτε εντός της πόλης είτε εκτός αυτής, είτε σε ιδιόκτητο είτε σε κοινόχρηστο χώρο (όταν επιτρέπεται), είτε σε παραλιακούς χώρους (του αιγιαλού). Πρώτη εκδήλωση του ελέγχου του κράτους είναι η απαγόρευση:

- Ανέγερσης οικοδομών ή παραρτημάτων.
- Επισκευής, διαρρύθμισης και κατεδάφισης υπαρχόντων οικοδομών.
- Προσθήκης κατ' επέκταση ή καθ' ύψος πάνω σε υπάρχουσα οικοδομή.
- Εκτέλεσης οποιασδήποτε εργασίας δομήσεως (π.χ. εκσκαφές θεμελίων, εγκατάσταση κριωμάτων κ.λ.π.).

Η έκδοση οικοδομικής άδειας δεν είναι δυνατή στις εξής περιπτώσεις:

- Για ανέγερση, ή προσθήκη, ή ριζική επισκευή κτιρίου που βρίσκεται σε οικόπεδο.
- Για ανέγερση οικοδομής σε οικόπεδο άρτιο κατά τις διαστάσεις και το εμβαδόν που έχει όμως ανάγκη τακτοποιήσεως, εφ' όσον η ανέγερση της οικοδομής θα δυσχεράνει πιθανώς τη μελλοντική τακτοποίησή του.
- Για ανέγερση οικοδομής σε ιδιωτικούς δρόμους, που δεν έχουν αναγνωρισθεί από το πολεοδομικό σχέδιο.
- Για κτίριο που οικοδομήθηκε αυθαίρετα.

- Για ακίνητα που αντίκεινται στις διατάξεις του Γ.Ο.Κ. ή στους ειδικούς περιορισμούς που ισχύουν σε κάθε οικισμό⁹.

3.6 Τρόπος έκδοσης οικοδομικών αδειών

Ο τρόπος έκδοσης των αδειών για οικοδομικές εργασίες περιγράφεται στο Π.Δ. 3/8-9-1983 (Φ.Ε.Κ. 394Δ) «*Τρόπος έκδοσης οικοδομικών αδειών και έλεγχος των ανεγειρομένων οικοδομών*».

Πιο συγκεκριμένα, στο άρθρο 2 αναφέρονται τα αρμόδια για την χορήγηση οικοδομικών αδειών όργανα. Στο άρθρο 3 αναφέρονται όλα τα στοιχεία που πρέπει να υποβάλλονται προκειμένου να χορηγηθεί μια οικοδομική άδεια¹⁰. Το άρθρο 4 εισάγει τον προέλεγχο των μελετών (δεν είναι υποχρεωτικός). Ο προέλεγχος αφορά: α) στην τήρηση των προδιαγραφών στα σχέδια που υποβάλλονται, β) στην εφαρμογή των πολεοδομικών διατάξεων και των όρων δόμησης σε αυτά, γ) στην ορθότητα των υπολογισμών που περιλαμβάνονται σε αυτά.

Με το άρθρο 5 ρυθμίζεται ο τρόπος και ο βαθμός ελέγχου των μελετών για την έκδοση οικοδομικών αδειών. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία ο έλεγχος των μελετών πρέπει να είναι εμπεριστατωμένος. Θα πρέπει, λοιπόν, κατά την υποβολή της μελέτης να γνωστοποιείται και η ακριβής ημερομηνία ελέγχου, που δεν πρέπει να απέχει, πάνω από 15 ημέρες από την ημέρα υποβολής, όπως επίσης θα πρέπει να καθίσταται γνωστή και η ομάδα ή ο υπάλληλος που θα κάνει τον έλεγχο. Η ομάδα ελέγχου συγκροτείται από μηχανικούς των αναγκαίων ειδικοτήτων για την πραγματοποίηση των ελέγχων των αντίστοιχων μελετών. Εφόσον μετά τον έλεγχο των μελετών χρειαστεί να προσκομιστούν τροποποιητικά σχέδια αυτά θα υποβάλλονται με καινούργια αίτηση και θα προωθούνται στον αρμόδιο υπάλληλο ή στην ομάδα. Ύστερα από όλους τους ελέγχους και τη θεώρηση των σχεδίων, στα οποία περιλαμβάνονται και τα ελεγμένα από τον προέλεγχο σχέδια, η

⁹ Βλέπε: Χριστοφιλόπουλος Δ., 1988: 125-126, 187-188.

¹⁰ Χρειάζονται ακόμη οι τίτλοι ιδιοκτησίας του οικοπέδου ή του γηπέδου και πιστοποιητικό ιδιοκτησίας του υποθηκοφυλακείου σε κάθε περίπτωση οικοπέδου ή γηπέδου κατά παρέκκλιση αρτίου (Χριστοφιλόπουλος Δ., 1988: 189).

άδεια υπογράφεται από τον τεχνικό υπάλληλο της ομάδας που έχει εξουσιοδοτηθεί ή τον υπάλληλο που έκανε όλους τους ελέγχους και προωθείται για καταχώρηση, παράδοση και παραλαβή από τον ενδιαφερόμενο. Ο φάκελος στο στάδιο του οριστικού ελέγχου ελέγχεται μόνο αν είναι πλήρης και με όλες τις απαραίτητες μελέτες, τίτλους κ.τ.λ. Αν συμβαίνει το αντίθετο, παραμένει στα εκκρεμή μέχρι την ολοκληρωτική του συμπλήρωση. Τέλος, στο άρθρο 6 γίνεται λόγος για τον χρόνο που ισχύουν οι οικοδομικές άδειες και τις διαδικασίες αναθεώρησής τους.

Συμπερασματικά, αξίζει να σημειωθεί ότι για την αναθεώρηση της οικοδομικής άδειας ισχύει το ίδιο νομικό καθεστώς με αυτό που εφαρμόζεται για την έκδοση της οικοδομικής άδειας όπως επίσης ότι εφαρμόζονται οι πολεοδομικές διατάξεις που ίσχυαν κατά το χρόνο έκδοσης της αρχικής οικοδομικής άδειας (Χριστοφιλόπουλος Δ., 1988: 188-191).

3.7 Η διαδικασία για την έκδοση οικοδομικής άδειας

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα, που προέκυψαν κατά την εφαρμογή του Π.Δ. 3/8-9-1983 (Φ.Ε.Κ. 394Δ) για τον τρόπο έκδοσης των οικοδομικών αδειών, το ΥΧΟΠ¹¹ εξέδωσε την εγκύκλιο 27781/4571/36/85. Η εγκύκλιος αυτή περιγράφει αναλυτικά τη διαδικασία για την έκδοση μιας οικοδομικής άδειας η οποία σε γενικές γραμμές είναι η ακόλουθη:

Σε πρώτη φάση απαιτείται η υποβολή των στοιχείων του προελέγχου ή της πλήρους μελέτης στο πρωτόκολλο του τμήματος έκδοσης αδειών και η καταχώρησή τους. Τα στοιχεία αυτά χρεώνονται αμέσως στην ομάδα ελέγχου και ακολούθως αναγράφονται στο βιβλίο πρωτοκόλλου.

¹¹ Υπουργείο Χωροταξίας, Οικισμού και Περιβάλλοντος.

Κατόπιν, τα στοιχεία ελέγχονται από την ομάδα, η οποία σημειώνει στο ειδικό έντυπο (δελτίο παρατηρήσεων) κάθε είδους έλλειψη ή πρόσθετη διαδικασία που οφείλει να λάβει χώρα, και αποστέλλεται αντίγραφο στον ιδιοκτήτη και το μελετητή μηχανικό. Εφόσον οι τυχόν ελλείψεις συμπληρωθούν σε διάστημα βραχύτερο των 4 μηνών, το θέμα προωθείται. Στη συνέχεια, και αν χρειαστεί, η μελέτη ελέγχεται από την ΕΠΑΕ¹². Ο έλεγχος της επιτροπής οφείλει να γίνει σε διάστημα μικρότερο των 5 ημερών από την διαβίβαση της μελέτης. Παράλληλα, αν θεωρηθεί αναγκαίο, η μελέτη αποστέλλεται και σε τμήματα άλλης αρμοδιότητας π.χ. τακτοποιήσεων, αυθαιρέτων κ.λ.π., ελέγχεται και γίνεται υπόμνηση, των απαιτούμενων συμπληρωματικών στοιχείων, στο δελτίο παρατηρήσεων.

Μόλις ο φάκελος της μελέτης συμπληρωθεί σύμφωνα με τις πολεοδομικές ή άλλου είδους παρατηρήσεις, προωθείται για τελική υπογραφή και καταχώρηση στο σχετικό βιβλίο αδειών (Χριστοφιλόπουλος Δ., 1988:221-224).

¹² Επιτροπή Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου.

The image shows a detailed architectural drawing of a city plan, presented as if it were a scroll being unrolled. The drawing features a dense, regular grid of streets forming a rectangular pattern. A prominent diagonal street cuts across the grid. To the right, there are several large, rectangular blocks with internal structures, possibly representing public buildings or administrative centers. The drawing is rendered in a fine-line, technical style. On the left side, the scroll is partially unrolled, revealing the text 'ΣΧΕΔΙΟΝ ΠΟΛΕΩΣ ΒΟ' and a scale bar with markings for 0, 50, 100, and 200 meters. The overall composition is a combination of technical drawing and artistic presentation.

ΣΧΕΔΙΟΝ
ΠΟΛΕΩΣ ΒΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ -
ΥΠΕΡΘΕΣΗΣ Α/Φ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ
ΦΩΤΟΜΩΣΑΙΚΟΥ

4.1 Εισαγωγικά

Ένα σημαντικό βοήθημα για τον χωρικό προσδιορισμό και την ανάλυση αντικειμένων στην επιφάνεια της γης (εκτός από τις δορυφορικές εικόνες) είναι οι αεροφωτογραφίες. Τα βασικά χαρακτηριστικά που καθιστούν την αεροφωτογραφία απαραίτητη στην παρατήρηση της γήινης επιφάνειας είναι τρία:

- Η μεγάλη έκταση που καλύπτεται από την αεροφωτογραφία (π.χ. στην κλίμακα 1:20.000 περίπου εννέα τετραγωνικά μίλια).
- Ο συνδυασμός ζευγών αεροφωτογραφιών, που μπορεί να μας δώσει μια τρισδιάστατη εικόνα της επιφάνειας της γης.
- Οι αεροφωτογραφίες είναι ακριβείς και αξιόπιστες παρουσιάσεις της επιφάνειας της γης και των αντικειμένων που βρίσκονται σ' αυτή.

Δεν θα έπρεπε βέβαια να παραλειφθεί η διαχρονικότητα των αεροφωτογραφιών ως μέσο παρατήρησης.

Πράγματι, με τα τεχνολογικά και επιστημονικά μέσα, που είναι διαθέσιμα σήμερα, δεν θα μπορούσε να υπάρξει ένα συχνότερο και συστηματικότερο διαχρονικά μέσο καταγραφής της επιφάνειας της γης (η μόνη σύγκριση που είναι δυνατόν να γίνει είναι με τις δορυφορικές εικόνες). Ως μειονέκτημα, ίσως θα έπρεπε να αναφερθεί το κόστος των αεροφωτογραφιών που και αυτό σε σχέση με την επιφάνεια-κάλυψη και τη συχνότητα κάλυψης που προσφέρεται, δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό¹.

4.2 Χαρακτηριστικά των αεροφωτογραφιών

Σίγουρα, ελάχιστοι άνθρωποι είναι συνηθισμένοι να βλέπουν την επιφάνεια της γης κάθετα και από ύψος που πλησιάζει το ύψος που πετούν τα αεροπλάνα για τις αεροφωτογραφήσεις. Έτσι, χρειάζεται ειδική προσοχή στην αναγνώριση και πολύ περισσότερο στην ερμηνεία της σχέσης των αντικειμένων αν όχι συγκεκριμένη γνώση και εμπειρία στο θέμα αυτό.

¹ Βλέπε:Περάκης Κ., 1999 (σημειώσεις του μαθήματος *Φωτοερμηνεία και Τηλεπισκόπηση*).

Στην συνέχεια θα παρατεθούν μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά των αεροφωτογραφιών.

1ο. Μέγεθος των αντικειμένων στην αεροφωτογραφία

Στο έδαφος υπάρχουν αντικείμενα τα οποία είναι σχετικά όμοια, με μόνη διαφορά το μέγεθος και τη χρήση τους. Έτσι, ένα σπιτάκι σκύλου, μια απλή μονοκατοικία ή και ένα μονό-μπλοκ εργοστάσιο, με ανάλογη σκεπή, στην αεροφωτογραφία μπορεί να διαφοροποιηθούν μόνο και μόνο από το μέγεθος. Μια από τις προϋποθέσεις σωστής εκτίμησης των αντικειμένων, από τον παρατηρητή, λαμβάνοντας υπ' όψη την κλίμακα της αεροφωτογραφίας, είναι να γνωρίζει το σχετικό μέγεθος ορισμένων αντικειμένων. Σε κλίμακα 1:20.000 π.χ. μια μεγάλη συγκέντρωση σπιτιών είναι χωριό και όχι πόλη.

2ο. Σχήμα των αντικειμένων

Πολλές φορές το σχήμα των αντικειμένων στην κάτοψή τους στην αεροφωτογραφία, είναι αρκετά διαφορετικό από το σχήμα που έχουμε στο νου μας, ειδικά όταν το σχήμα τους σε κάθετη όψη είναι αρκετά πιο περίπλοκο από ένα απλό σήμα, π.χ. ένα τετράγωνο, έναν κύκλο, κλπ. Έτσι, έχει συμβεί στην πραγματικότητα, ακόμη και άνθρωποι που ασχολούνται με την φωτοερμηνεία, να μην αναγνωρίζουν στις αεροφωτογραφίες τις κατοικίες που διαμένουν.

Για κάθε κατηγορία αντικειμένων στο έδαφος, μία ή περισσότερες ιδιότητες (όπως εμφανίζεται στην αεροφωτογραφία) του σχήματός τους, τα διαχωρίζει από τα άλλα αντικείμενα. Π.χ. για τα δίκτυα συγκοινωνιών μιας χώρας, το στοιχείο διαχωρισμού μεταξύ των σιδηροδρομικών γραμμών και του οδικού δικτύου είναι οι πολύ ανοικτές καμπύλες, ενώ στο δεύτερο οι καμπύλες μπορεί να είναι αρκετά κλειστές.

3ο. Σκιές των αντικειμένων

Η σκιά των αντικειμένων είναι αρκετές φορές ένα απαραίτητο χαρακτηριστικό-εργαλείο για την διαφοροποίηση ομάδων αντικειμένων. Ειδικά στις περιπτώσεις που η χρωματική αντίθεση της αεροφωτογραφίας είναι χαμηλή, μερικά αντικείμενα αναγνωρίζονται μόνο από τις σκιές τους. Φυσικά, εδώ δε πρέπει να γίνει υπερβολή ως προς την χρησιμότητα

των σκιών και να υπάρχει προσπάθεια πτήσης πάνω-κάτω 2 ώρες από το μεσημέρι του τόπου που θέλουμε να φωτογραφίσουμε. Ειδικότερα χρήσιμες είναι οι σκιάσεις και ο εντοπισμός τους σε ανώμαλα εδάφη, όπου μας δίνουν την εικόνα του ανάγλυφου στην αεροφωτογραφία.

4ο. Τόνοι και χρώματα

Η αντίληψη μας για το περιβάλλον επηρεάζεται πάρα πολύ από τα χρώματα που υπάρχουν.

Στην ασπρόμαυρη φωτογραφία τα διάφορα χρώματα δεν υπάρχουν παρά σαν τόνοι του γκρι. Έτσι, πολλές φορές υποπίπτουμε σε λάθη στην αντίληψη αντικειμένων λόγω της χρωματικής ιδιότητας που έχουμε στο νου μας. Π.χ. μια επιφάνεια νερού μπορεί να πάρει διάφορες αποχρώσεις του γκρι, ανάλογα με την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας, τον βαθμό ανατάραξής της και τον βαθμό περιεκτικότητάς του σε επιφανειακά ιζήματα.



Εικόνα 13: Το λιμάνι της πόλης του Βόλου, Α/Φ 1988. Εύκολα διακρίνει κάποιος τους διάφορους τόνους του γκριζου στην επιφάνεια της θάλασσας, (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Ένας αυτοκινητόδρομος μπορεί, εάν είναι πολύ καλά

ασφαλτοστρωμένος (λείος) και παρ' όλο που στη δική μας αντίληψη είναι μαύρος, να φαίνεται σχεδόν λευκός στην αεροφωτογραφία λόγω της στιλπνότητάς του. Επίσης τα πολύ φωτεινά αντικείμενα, όπως π.χ. μια μεταλλική σκεπή (τσίγκος) δεν είναι δυνατόν να διατηρήσουν τις διάφορες λεπτομέρειες που εμπεριέχουν στην αεροφωτογραφία.

Αλλά μια ακόμη γενικότερη δυσκολία είναι για τα αντικείμενα τα οποία, παρ' όλο που έχουν διαφορετικό χρώμα, δίνουν την ίδια απόχρωση του γκρι στην ασπρόμαυρη

φωτογραφία. Ακόμα, είναι δύσκολο το ανθρώπινο μάτι να διακρίνει λεπτομέρειες σε πολύ κοντινούς τόνους, π.χ. διάφορα είδη κωνοφόρων δένδρων μέσα στο ίδιο δάσος.

Έτσι, εάν το κόστος δεν είναι πολύ μεγάλο, χρησιμοποιείται το πανχρωματικό φιλμ για τις αεροφωτογραφίες, το οποίο είναι ευαίσθητο σ' όλα τα μήκη κύματος, που το ανθρώπινο μάτι μπορεί να δει, και καταγράφει τα διάφορα χρώματα σχεδόν με τον ίδιο τρόπο μ' αυτό. Συνήθως χρησιμοποιείται αυτό το φιλμ με κάποιο φίλτρο του μπλε, που μειώνει την χρωματική σύγχυση.

Για ειδικές ανάγκες τώρα, π.χ. στην γεωργία, ή ακόμη και στον στρατό, χρησιμοποιείται το υπέρυθρο φιλμ που είναι ευαίσθητο στην υπέρυθη ακτινοβολία και έχει σχέση με την θερμοκρασία των αντικειμένων.

Τέλος, δε θα έπρεπε να παραλειφθεί στο σημείο αυτό να αναφερθεί η ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού στα μήκη κύματος που αντιστοιχούν στα διάφορα χρώματα.

5ο. Υφή της αεροφωτογραφίας

Το χαρακτηριστικό αυτό στην αεροφωτογραφία συνίσταται στην εναλλαγή (συστηματική ή όχι) διαφόρων τόνων και προσδιορίζει την ύπαρξη αντικειμένων τα οποία δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστούν αλλιώς. Φυσικά, έχει άμεση σχέση με την κλίμακα της αεροφωτογραφίας. Π.χ. σε δύο ταυτόχρονες καλλιέργειες στο ίδιο αγρόκτημα (οπωροφόρα-δημητριακά) σε μεγάλη κλίμακα αεροφωτογραφίας, υποψιαζόμαστε την ύπαρξη των δύο καλλιεργειών, λόγω της υφής της περιοχής.

6ο. Δομές (μορφών) στην αεροφωτογραφία

Πολλές φορές ακόμα και αυτός που έχει μικρή σχέση με την αεροφωτογραφία να μπορεί να αναγνωρίσει ένα πολεοδομικό συγκρότημα από μια άλλη κάλυψη της επιφάνειας της γης. Και αυτό γιατί η δομή των πόλεων είναι χαρακτηριστική, ασχέτως του τρόπου της ρυμοτομίας τους. Έτσι, ο γεωλόγος-γεωμορφολόγος γνωρίζει κάποιες δομές στην διάταξη των διαφόρων πετρωμάτων, ο γεωπόνος σε κάποιες καλλιέργειες, κλπ (Περάκης Κ., 1999).

4.3 Η επεξεργασία των ψηφιακών δεδομένων με τη χρήση λογισμικών της Τηλεπισκόπησης

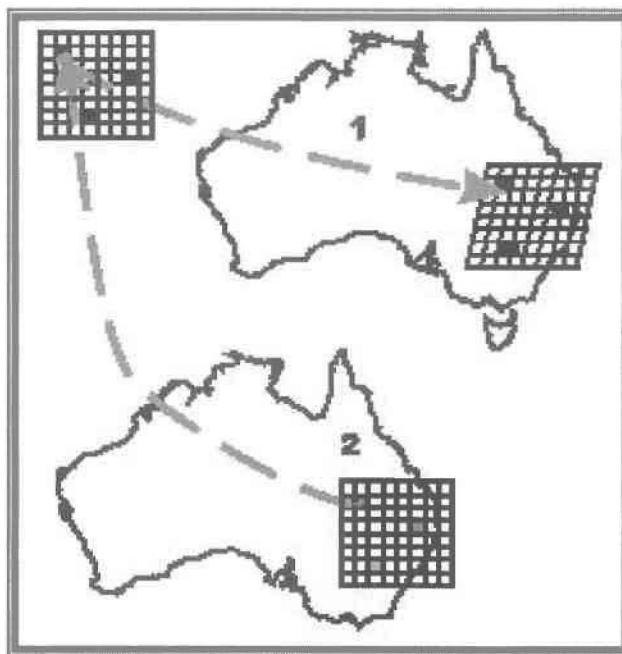
Όπως είναι γνωστό, τα δεδομένα που συλλέγονται από τους δορυφόρους ή τα φωτογραφικά αεροπλάνα αποτελούν πιστές απεικονίσεις του ανάγλυφου της γήινης επιφάνειας. Ωστόσο, ακόμα και οι εικόνες σχεδόν επίπεδων περιοχών (flat areas) έχουν υποστεί παραμορφώσεις εξαιτίας της καμπυλότητας της γης και του αισθητήρα (sensor) που χρησιμοποιήθηκε (ERDAS IMAGINE Field Guide, 1997: 311). Για το λόγο αυτό, κρίνεται αναγκαία η γεωμετρική διόρθωση των ψηφιακών δεδομένων (π.χ. αεροφωτογραφίες-δορυφορικές εικόνες που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία).

Τι περιλαμβάνει, όμως, ο όρος γεωμετρική διόρθωση; Η γεωμετρική διόρθωση σκοπεύει στην εξάλειψη των παραμορφώσεων της εικόνας (σφάλματα) από την περιστροφή της γης, το γεωγραφικό πλάτος, και γενικά την καμπυλότητά της (Συλλαίος, 1990). Η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης έγκειται στο καθορισμό μιας εικόνας με κενά εικονοστοιχεία (pixels) που δεν είναι γεωμετρικά διορθωμένα και που στο κάθε ένα από αυτά αποδίδεται μια γκρι απόχρωση του αντίστοιχου pixel της διορθωμένης εικόνας (Lillesand T. & Kiefer R., 1994). Η διαδικασία αυτή και περιλαμβάνει τέσσερα διακριτά βήματα:

Βήμα 1^ο: Δημιουργία μιας νέας κενής εικόνας (όπως αναφέραμε και πιο πάνω) με τα pixels προσαρμοσμένα στις συντεταγμένες του χάρτη ή μιας άλλης εικόνας.

Βήμα 2^ο: Εντοπισμός σημείων που εύκολα μπορούν να διακριθούν τόσο στην αρχική εικόνα όσο και στον χάρτη. Η θέση τους και στην αρχική εικόνα και στη νέα, καθορισμένη από τον χάρτη-εικόνα μπορεί ακολούθως εύκολα να προσδιοριστεί. Το σχήμα 1 παρουσιάζει πως φαίνεται η αρχική εικόνα αν προσαρμοστεί στο χάρτη (1-κορυφή). Μια καινούργια εικόνα προσαρμοσμένη στις συντεταγμένες του χάρτη φαίνεται επίσης στο σχήμα 1 (2-βάση).

Βήμα 3^ο: Επίλυση μιας εξίσωσης που μετατρέπει τις συντεταγμένες της αρχικής εικόνας (στήλες και γραμμές) σε συντεταγμένες του χάρτη-εικόνας (βλέπε σχήμα 1.1). Η εξίσωση στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η βέλτιστη λύση (για τις δεδομένες συνθήκες) γιατί η γεωμετρία της αρχικής εικόνας είναι διαφορετική από αυτή του χάρτη-εικόνα και είναι δύσκολο να εντοπιστούν τα pixels που είναι διακριτά, στο συνεχές σύστημα συντεταγμένων του χάρτη (τα λάθη είναι συχνά).



Διάγραμμα 4.1: Η διαδικασία της χρησιμοποίησης φωτοσταθερών σημείων της επιφάνειας του εδάφους σαν αναφορά μεταξύ μιας υπάρχουσας εικόνας και μιας εικόνας προσανατολισμένης σε συντεταγμένες ενός χάρτη (Πηγή: Quiming Z., 1999)

Βήμα 4^ο: Αντιστροφή της εξίσωσης για την εύρεση μιας τιμής για κάθε pixel στον χάρτη-εικόνα.. Εάν μια εξίσωση μπορεί να μετατρέψει ικανοποιητικά τα pixels της εικόνας στις γνωστές συντεταγμένες του χάρτη, η αντιστροφή της εξίσωσης αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό της θέσης των pixels στον χάρτη-εικόνα στην αρχική εικόνα. Οι τιμές των pixels (βλέπε σχήμα 1.2) μπορούν πλέον να καθοριστούν (Quiming Z., 1999).

Δύο είναι οι βασικές λειτουργίες που πρέπει να εκτελεστούν προκειμένου να ανορθωθεί γεωμετρικά μια εικόνα σε κάποιο γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων:

1) Η γεωμετρική σχέση μεταξύ της θέσης (γραμμή και στήλη) του εικονοστοιχείου (pixel) που εισάγεται και των συντεταγμένων του ίδιου σημείου (x, y) στο χάρτη ή την εικόνα πρέπει να είναι αναγνωρίσιμη. Το γεγονός αυτό θα μας διασφαλίσει τη φύση του γεωμετρικού μετασχηματισμού των συντεταγμένων που πρέπει να εφαρμοστεί για την ανόρθωση ή τον επαναπροσδιορισμό κάθε εικονοστοιχείου της αρχικής εικόνας (x', y')

(input image) στη κατάλληλη θέση στην ανορθωμένη εικόνα (x, y) (output image). Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **χωρική παρεμβολή** (spatial interpolation).

2) Ο καθορισμός των τιμών φωτεινότητας των εικονοστοιχείων. Δυστυχώς, δεν υπάρχει μια άμεση και καθορισμένη σχέση μεταξύ της μετακίνησης των αρχικών τιμών των pixels στις τελικές τους θέσεις στο χάρτη ή την εικόνα. Ένα εικονοστοιχείο στην ανορθωμένη εικόνα συχνά απαιτεί μια τιμή pixel από την αρχική εικόνα η οποία δεν συμπίπτει απόλυτα σε μια γραμμή και στήλη συντεταγμένων. Όταν συμβεί αυτό, υπάρχει ένας μηχανισμός που καθορίζει την τιμή φωτεινότητας (brightness value) που θα δοθεί στο καινούργιο ανορθωμένο pixel. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **σφοδρή παρεμβολή** (intensity interpolation).²

4.3.1 Ο μετασηματισμός για τη γαιοαναφορά των εικόνων με το υποπρόγραμμα Erdas Imagine 8.3.1

Τα ψηφιακά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

Δορυφορική Εικόνα	Αριθμός Α/Φ	Έτος	Κλίμακα
	2	1945	1/42000
	3	1960	1/30000
	2	1973	1/40000
	7	1988	1/15000
1		1998	res 6m

Πίνακας 4-1: Αρχικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, (πηγή ίδια επεξεργασία)

Αρχικά τα δεδομένα εισήχθησαν στο λογισμικό Erdas Imagine 8.3.1 με την εντολή Import/Export και μετατράπηκαν σε αρχεία με την κατάληξη .img ώστε να είναι συμβατά με το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Ωστόσο, τόσο οι αεροφωτογραφίες, όσο και η δορυφορική εικόνα δεν ήταν ανορθωμένες σε κάποιο γνωστό σύστημα γεωγραφικών

² Για περισσότερα βλέπε: Jensen J., 1996: 127.

συντεταγμένων³. Τα αρχεία ψηφιακής μορφής που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, βρίσκονται θεωρητικά σε ένα σύστημα συντεταγμένων ώστε το ελάχιστο x να βρίσκεται κάτω και αριστερά και το μέγιστο y πάνω και αριστερά, στην οθόνη του Η/Υ (Κυρίμης Κ. & Μπέτσης Α., 1998).

Η διαδικασία μετασχηματισμού τους, ώστε να αποκτήσουν συντεταγμένες κάποιου γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς ή μιας άλλης εικόνας, έγινε με το υποπρόγραμμα Image Geometric Correction του λογισμικού Erdas Imagine 8.3.1⁴ (Τσίοτρας Β., 2000). Για την υπέρθεση των αεροφωτογραφιών και της δορυφορικής εικόνας, με μια γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα (Δορυφορική εικόνα IRS PAN, 6m res, του νομού Μαγνησίας, 1998) στο σύστημα συντεταγμένων που βρίσκεται, χρησιμοποιήθηκε η εντολή **Resample**.

Αναλυτικά η διαδικασία που εφαρμόστηκε είναι η εξής:

1. **Δημιουργία αρχείου συστήματος συντεταγμένων** (Reference File) στο πρόγραμμα Erdas Imagine 8.3.1.
2. **Δημιουργία αρχείου φωτοσταθερών σημείων της επιφάνειας του εδάφους** (ground control points, **GCPs**) με τα ίδια ακριβώς εικονοστοιχεία στις δύο εικόνες.
3. **Υπέρθεση των δύο εικόνων** με την χρήση της εντολής **Resample** και ανόρθωση στο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς **ΕΓΣΑ87**.
4. Αποδοχή ή όχι της υπέρθεσης, με τον **έλεγχο του μέσου τετραγωνικού σφάλματος** (Root Mean Square, **RMS error**).

Προκειμένου οι εικόνες να ανορθωθούν στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ 87) κρίθηκε απαραίτητη η δημιουργία ενός αρχείου συντεταγμένων (Reference file) που να περιέχει τα χαρακτηριστικά του ΕΓΣΑ 87. Η δημιουργία του αρχείου

³ Στην περίπτωση που τα ψηφιακά δεδομένα δεν βρίσκονται σε κάποιο συγκεκριμένο σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων, τότε το σύστημα χαρακτηρίζεται ως «επίπεδο» (plane) με άγνωστες γεωδαιτικές και προβολικές παραμέτρους.

⁴ Αρχικά ο μετασχηματισμός των δεδομένων έγινε στο πρόγραμμα Idpisi32 χωρίς όμως να ληφθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

συντεταγμένων έγινε με τη χρήση της εντολής **Image Geometric Correction/Add-change Projection**⁵ και έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Projection Type: Transverse Mercator

Spheroid Name: GRS 1980

Datum Name: GRS 1980

Scale Factor of Central Meridian: 0.9996

Longitude: 24.00.00 E

Latitude of origin of Projection: 0.00.00 N

False Easting: 500000 m

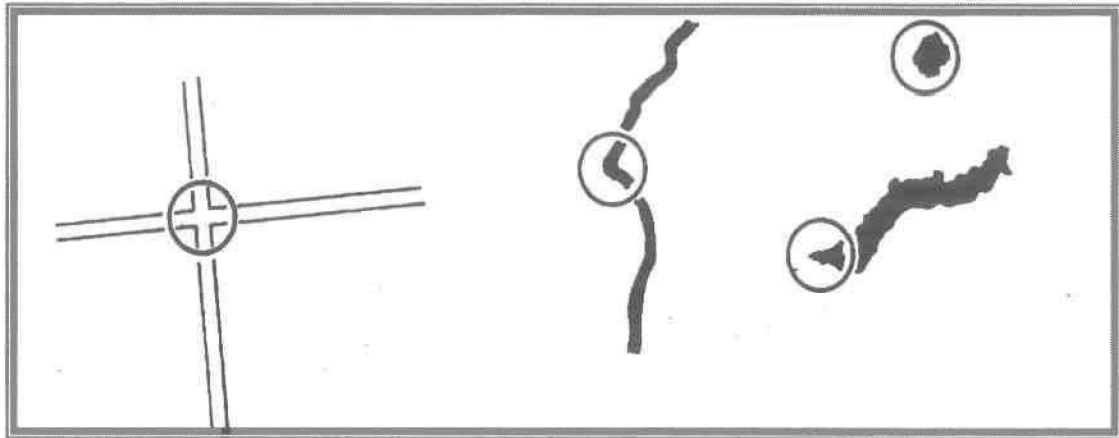
False Northing: 0.0000 m

Αποτελεί το πλέον πρόσφατο προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα, και είναι προϊόν συνεργασίας του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του Τμήματος Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών-Ε.Μ.Π, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και του ΟΚΧΕ. Θεωρείται μια ενιαία ζώνη για όλη την χώρα με κεντρικό μεσημβρινό $\lambda_0=24^0$ και χρησιμοποιείται ενιαίος συντελεστής κλίμακας 0.9996. Οι παραμορφώσεις με αυτόν τον τρόπο μπορούν να φτάσουν μέχρι και 1:1.000 στα άκρα της χώρας (δηλ. 1 μέτρο σε απόσταση 1χλμ.). Για να αποφευχθούν αρνητικές τιμές ο κεντρικός μεσημβρινός έχει ως τετμημένη 500000μ. Αρχή των τεταγμένων θεωρείται ο ισημερινός ($\varphi=0^0$). Το σύστημα χρησιμοποιείται για την σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου καθώς έχει υιοθετηθεί από τον ΟΚΧΕ. Γενικά, τείνει να γίνει το επίσημο προβολικό σύστημα για την Ελλάδα καθώς προσφέρει ενιαία αναφορά για το σύνολο της χώρας. Έχει ήδη υιοθετηθεί από τις περισσότερες δημόσιες υπηρεσίες και οργανισμούς καθώς και ιδιωτικές εταιρείες (www.geoapikonisis.gr/projections-greek.htm).

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ένα αρχείο γεωγραφικών στοιχείων στην εικόνα, που ονομάζονται **σταθερά σημεία ελέγχου επιφάνειας (ground control points, GCPs)**. Τα σημεία αυτά πρέπει να είναι ευδιάκριτα τόσο στην εικόνα αναφοράς (γεωδαιτημένη) όσο

⁵ Το Reference file ΕΓΣΑ87 δε παρέχεται από τα λογισμικά Erdas Imagine 8.3.1 και Idrisi32. Καθέ χρήστης οφείλει να το δημιουργήσει μόνος του.

και στην εικόνα που πρέπει να γεωδαιτηθεί, έτσι ώστε η ακρίβεια της διαδικασίας ανόρθωσης να είναι μεγαλύτερη⁶. Για το λόγο αυτό, τα εικονοστοιχεία που εντοπίστηκαν ήταν διασταυρώσεις οδών, όρια ακτογραμμής, ακρωτήρια, κόλποι, έντονα κυρτές στροφές δρόμων, γωνίες μεγάλων κτιρίων κ.τ.λ. Κατόπιν δημιουργείται ένα αρχείο



Εικόνα 14: Ενδεικτική επιλογή των σταθερών σημείων ελέγχου επιφάνειας (Πηγή: Campbell J., 1996:304)

αναφοράς όπου με τη χρήση της εντολής **Image Geometric Correction** και με γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς το ΕΓΣΑ 87 αντιστοιχίζονται τα φωτοσταθερά σημεία της ανορθωμένης εικόνας με τα αντίστοιχα σημεία στην εικόνα, που θέλουμε να ανορθώσουμε. Ακολούθως υπολογίζεται η συνολική μέση τετραγωνική απόκλιση (total RMS error)⁷. Το RMS error ενός σημείου είναι η ευκλείδεια απόσταση μεταξύ ενός GCP στην γεωδαιτημένη και του αντίστοιχου στη μη γεωδαιτημένη εικόνα και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{RMS error} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

⁶ Τα σημεία που επιλέχθηκαν ήταν διασκορπισμένα σε όλο το εύρος των αρχικών εικόνων και ήταν 9 στον αριθμό.

⁷ Ο έλεγχος του μέσου σφάλματος RMS error δύναται να πραγματοποιηθεί σε οποιοδήποτε σημείο της διαδικασίας στο πρόγραμμα Erdas ακόμα και για κάθε σημείο ξεχωριστά, αλλά μόνο στο τέλος στο λογισμικό Idrisi32.

όπου (x_T, y_T) οι συντεταγμένες της γεωδαιτημένης εικόνας και (x_i, y_i) οι συντεταγμένες της μετασχηματισμένης εικόνας⁸. Στη παρούσα διπλωματική εργασία τα αποτελέσματα του RMS επτοί για κάθε εικόνα, που ανορθώθηκε στο ΕΓΣΑ 87, δεν ξεπέρασαν τη τιμή 1 δηλαδή ήταν μικρότερα από το μισό του pixel της εικόνας αναφοράς ή σε μονάδες μέτρησης μικρότερα από 1 μέτρο. Η τιμή αυτή κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική αν αναλογιστούμε ότι το μέγεθος του pixel των αρχικών εικόνων είναι 2x2 μέτρα.

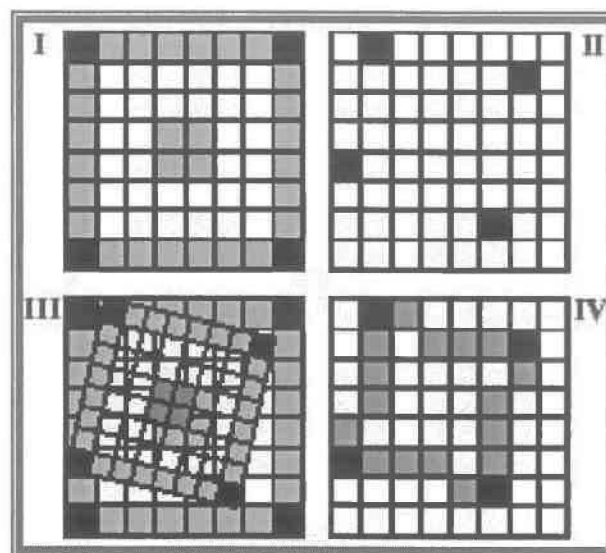
Το επόμενο βήμα για την ανόρθωση των ψηφιακών δεδομένων στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς είναι η δημιουργία των τελικών εικόνων (output images) με τη χρήση της εντολής Resample και με την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου μετασχηματισμού. Με το πρόγραμμα Erdas Imagine παρέχονται οι ακόλουθες μέθοδοι μετασχηματισμού (ERDAS IMAGINE Field Guide, 1997: 335):

- Η μέθοδος του κοντινότερου γειτονικού σημείου (**Nearest Neighbor**)-χρησιμοποιεί την τιμή του κοντινότερου pixel για να την απονέμει στο pixel της τελικής εικόνας.
- Η μέθοδος της διγραμμικής παρεμβολής (**Bilinear Interpolation**)-χρησιμοποιεί τις τιμές 4 pixels, σε παράθυρο 2x2, για να υπολογίσει την τελική τιμή μέσω διγραμμικής συνάρτησης.
- Η μέθοδος της κυβικής συνέλιξης (**Cubic Convolution**)- χρησιμοποιεί τις τιμές 16 pixels, σε παράθυρο 4x4, για να υπολογίσει την τελική τιμή μέσω κυβικής συνάρτησης.

Η μέθοδος του κοντινότερου γειτονικού σημείου, που χρησιμοποιήθηκε, υπερτερεί των υπολοίπων μεθόδων μετασχηματισμού αφού εμφανίζει λιγότερα σφάλματα και παρουσιάζει πλεονεκτήματα, όπως για παράδειγμα ότι είναι κατάλληλη πριν από την ταξινόμηση και για θεματικού τύπου συστήματα, είναι η πιο εύκολη μέθοδος ενώ στην

⁸ Περισσότερα: Κυρίμης Κ. & Μπέτσας Α., 1998.

εύρεση νέων συντεταγμένων δε χρειάζεται να υπολογιστεί μέσος όρος αριθμού συντεταγμένων και έτσι δεν χάνονται τιμές στα άκρα (ERDAS IMAGINE Field Guide, 1997: 337).



Εικόνα 15: Η αρχική εικόνα (I) μετατρέπεται στην εικόνα (II). Υπάρχει αλλαγή κλίμακας και περιστροφή της εικόνας ανάλογα με το μετασχηματισμό (III). Η τελική ανορθωμένη εικόνα φαίνεται στο (IV), (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

4.3.2 Η συνένωση των αεροφωτογραφιών για την απόκτηση της περιοχής ενδιαφέροντος

Το επόμενο βήμα στην επεξεργασία των ψηφιακών δεδομένων, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, ήταν η συνένωση των αεροφωτογραφιών στις διάφορες χρονολογίες με σκοπό να αποκτηθεί την συνολική περιοχή μελέτης.

Μια σειρά από κάθετες αεροφωτογραφίες που αναφέρονται σε γειτονικές περιοχές του εδάφους μπορούν να συνενωθούν και να σχηματίσουν ένα μωσαϊκό. Τα μωσαϊκά αεροφωτογραφιών ανήκουν σε τρεις τάξεις: Τα **Μη Ελεγχόμενα μωσαϊκά (uncontrolled)** σχηματίζονται τοποθετώντας τις αεροφωτογραφίες μαζί κατά τρόπο που να καλύπτουν συνεχόμενα μια περιοχή, χωρίς όμως ενδιαφέρον για τη διατήρηση μιας συνεχούς κλίμακας και των χωρικών σχέσεων των αντικειμένων που απεικονίζουν. Τα **Ελεγχόμενα μωσαϊκά (controlled)** σχηματίζονται από μεμονωμένες αεροφωτογραφίες

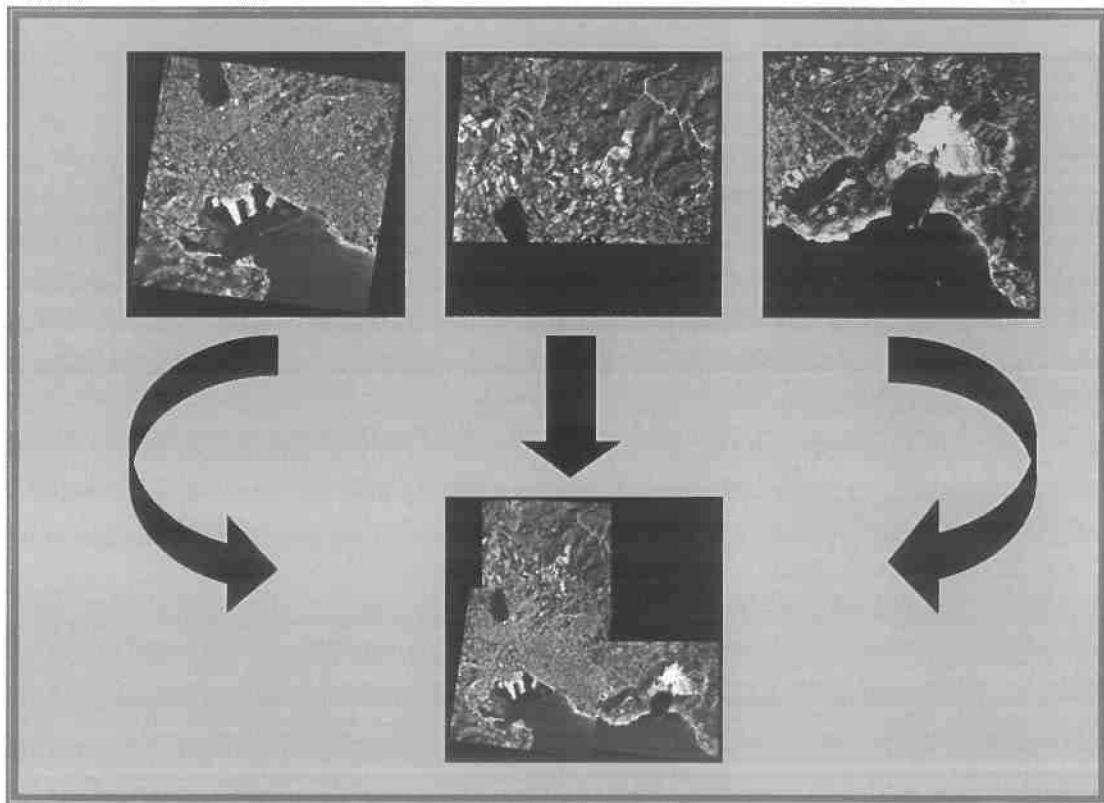
που συνδέονται με τρόπο που να διατηρούν αναλλοίωτες τις χωρικές σχέσεις των αντικειμένων που απεικονίζουν. Τα ελεγχόμενα μωσαϊκά δύναται να έχουν επαρκή ακρίβεια στην χρησιμοποίησή τους ως υποκατάστατα ενός χάρτη (Campbell J., 1996: 80). Τα **Ορθοφωτομωσαϊκά (orthophotomosaics)** κατασκευάζονται με σύνθεση ορθοφωτογραφιών, οι οποίες είναι διορθωμένες αεροφωτογραφίες, δηλαδή φωτογραφίες που προήλθαν από κατακόρυφες αεροφωτογραφίες στις οποίες έχει εφαρμοστεί η ορθοφωτογραφική τεχνική (ορθοφωτοσκοπία), δηλαδή η τεχνική της διαφορικής ανάταξης (διόρθωσης) με τη βοήθεια ορθοφωτοσκοπιών. Οι τεχνικές αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα όλα τα σημεία στο ορθοφωτομωσαϊκό να έχουν ακριβώς την ίδια κλίμακα σε όλη την έκταση της φωτογραφίας, είναι δηλαδή φωτογραφίες που ταυτίζονται με τους τοπογραφικούς χάρτες⁹. Φωτομωσαϊκά μπορούν να κατασκευαστούν και από δορυφορικές εικόνες. Στην περίπτωση των δορυφορικών εικόνων η κατασκευή ενός φωτομωσαϊκού είναι ευκολότερη, γιατί η σχεδόν ορθογραφική προβολή των δορυφορικών εικόνων, (λόγω του μεγάλου ύψους λήψης) ελαττώνει τα σφάλματα, λόγω ανάγλυφου, κλίμακας, κ.λ.π. (Συλλαίος Ν., 2000:197).

Η απόκτηση της απαιτούμενης περιοχής που απεικονίζεται σε κάθε αεροφωτογραφία έγινε με την εντολή **Data Preparation/Subset Image** του προγράμματος Erdas Imagine 8.3.1, η λειτουργία της οποίας έγκειται στο να «κόβει» ουσιαστικά την εικόνα στα μέτρα που επιθυμεί ο χρήστης.

Η δημιουργία των εικόνων-μωσαϊκών από τη σειρά των αεροφωτογραφιών που ήταν διαθέσιμη για κάθε χρονολογία έγινε με την εντολή **Data Preparation/Mosaic Images**. Η λειτουργία της εντολής περιλαμβάνει την επιλογή μιας αεροφωτογραφίας ως σημείο αναφοράς (reference image) για το ταίριασμα του contrast, τον καθορισμό του συστήματος συντεταγμένων και των υπόλοιπων χαρακτηριστικών (μέγεθος pixel, data type) της τελικής εικόνας-μωσαϊκό (ERDAS IMAGINE Tour Guides, 1997). Ωστόσο ειδικά για το έτος 1998, και επειδή ο αριθμός των αεροφωτογραφιών που ενώθηκαν ήταν μεγάλος (8), χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Photoshop 5.0 με σκοπό να διορθωθεί η

⁹ Εάν στο ορθοφωτομωσαϊκό μεταφερθούν οι γραμμές του συστήματος τετραγωνισμού, οι γεωγραφικές συντεταγμένες, τα τριγωνομετρικά σημεία και άλλοι χαρτογραφικοί συμβολισμοί, τότε το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία ενός ορθοφωτοχάρτη, (Συλλαίος Ν., 2000:197).

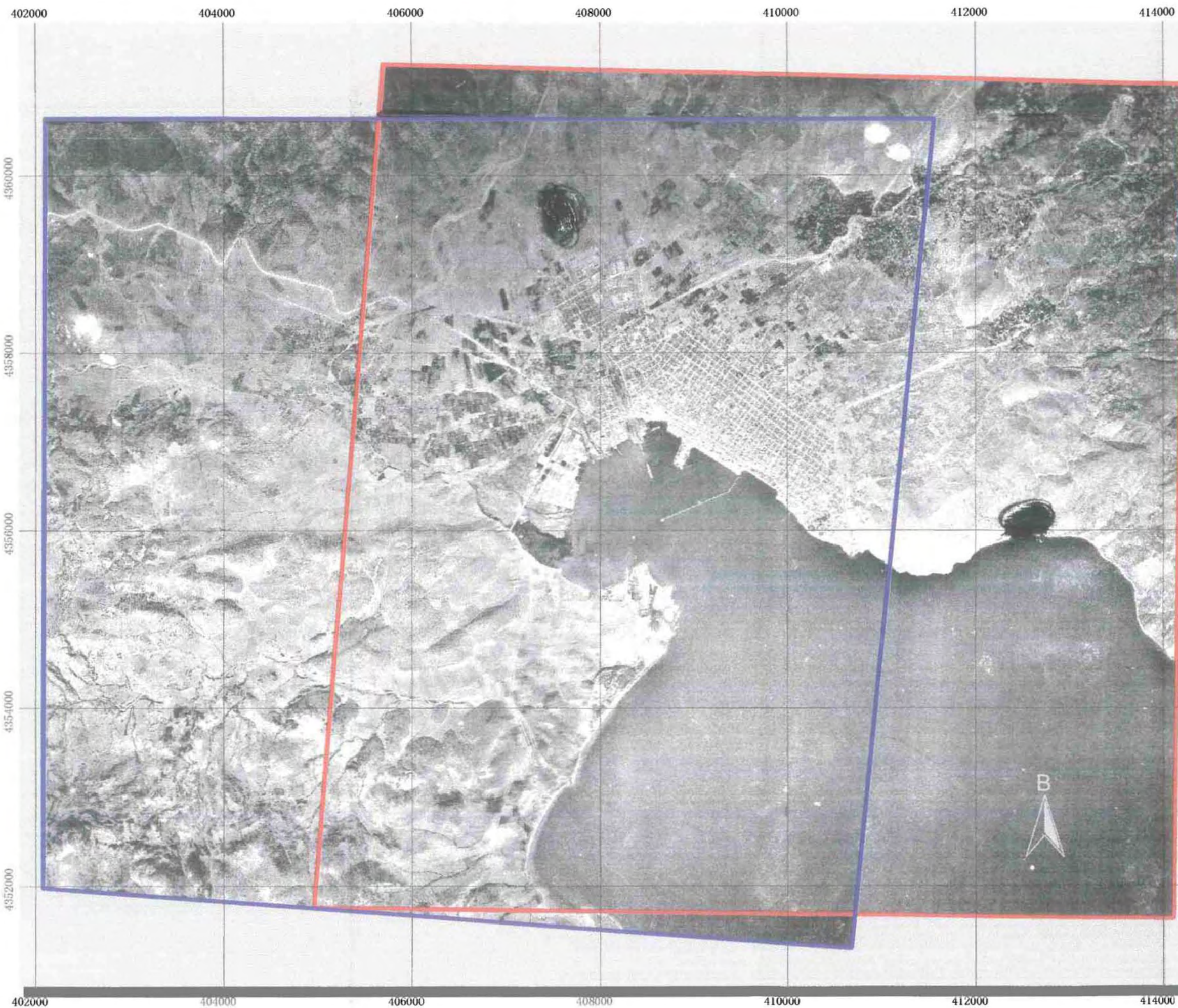
φωτεινότητα και το contrast σε ορισμένα σημεία του μωσαϊκού, επιτυγχάνοντας καλύτερα οπτικά αποτελέσματα.



Διάγραμμα 4.2: Παράδειγμα συνένωσης 3 αεροφωτογραφιών της πόλης του Βόλου (1988), σε μια νέα εικόνα μωσαϊκό, (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

4.4 Μέθοδοι Ταξινόμησης ψηφιακών δεδομένων

Στην Τηλεπισκόπηση, ταξινόμηση (classification) σημαίνει διαχωρισμός μιας δορυφορικής πολυφασματικής εικόνας σε ομάδες από ομοειδή, ως προς την ραδιομετρία τους, pixel (Περάκης Κ., 1998). Εδώ, διευκρινίζονται δύο έννοιες που αναφέρθηκαν παραπάνω: 1ο «ο διαχωρισμός σε ομάδες» πραγματοποιείται βασισμένος σε κάποιον από τους αλγόριθμους ταξινόμησης που εφαρμόζονται στην Τηλεπισκόπηση και 2ο «τα ομοειδή ως προς την ραδιομετρία τους pixel», που σημαίνει ότι κάθε ομάδα



 ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
& ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας -
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

Χάρτης 3: Μωσαϊκό
Αεροφωτογραφιών
της πόλης του Βόλου
για το έτος 1945

Περιοχή Μελέτης



Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος

Βόλος, Ιούλιος 2001



Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

404000

406000

408000

410000

412000

4360000

4358000

4356000

4354000

404000

406000

408000

410000

412000

 ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
& ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας -
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

Χάρτης 4: Μωσαϊκό
Αεροφωτογραφιών
της πόλης του Βόλου
για το έτος 1960

Περιοχή Μελέτης

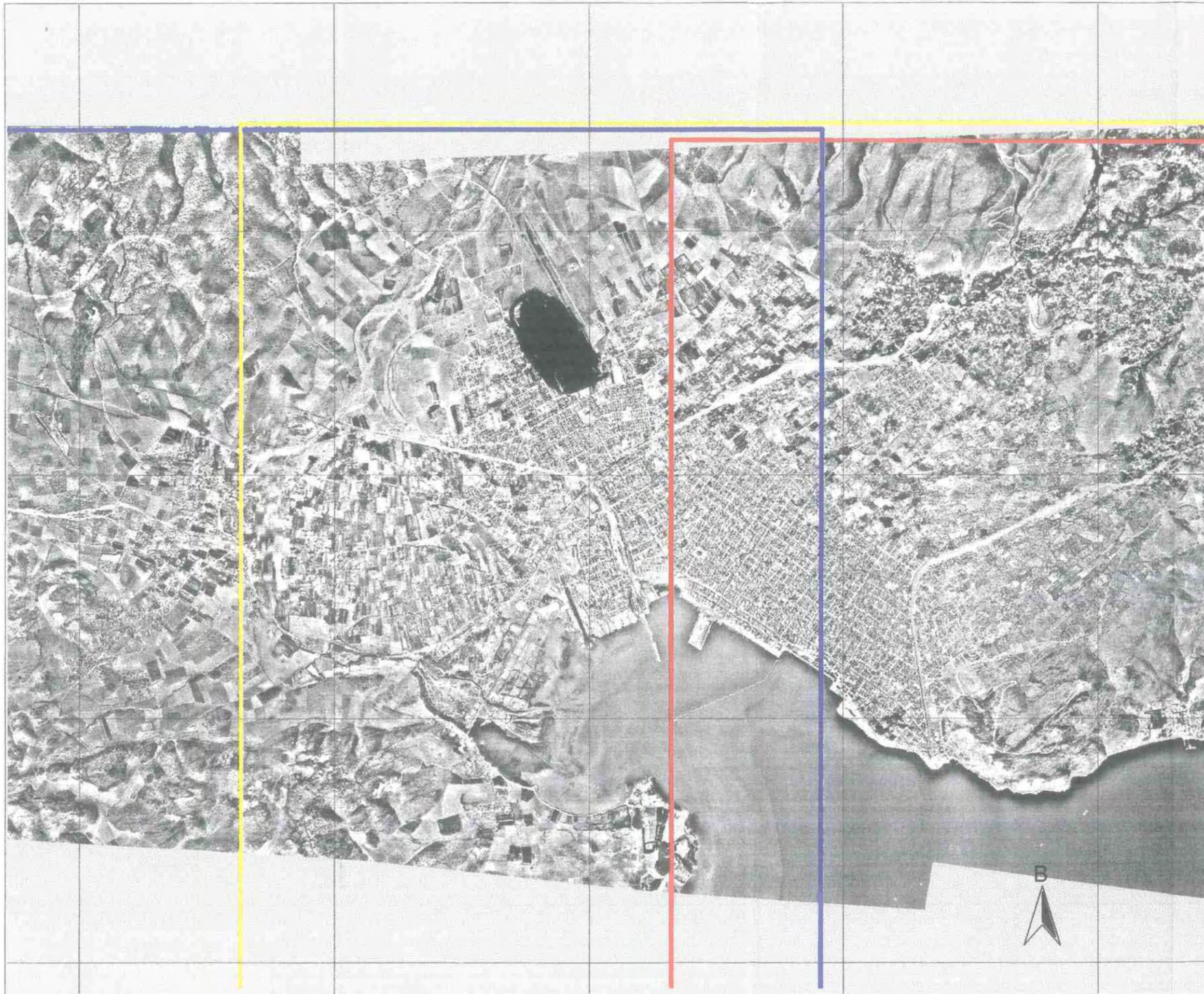


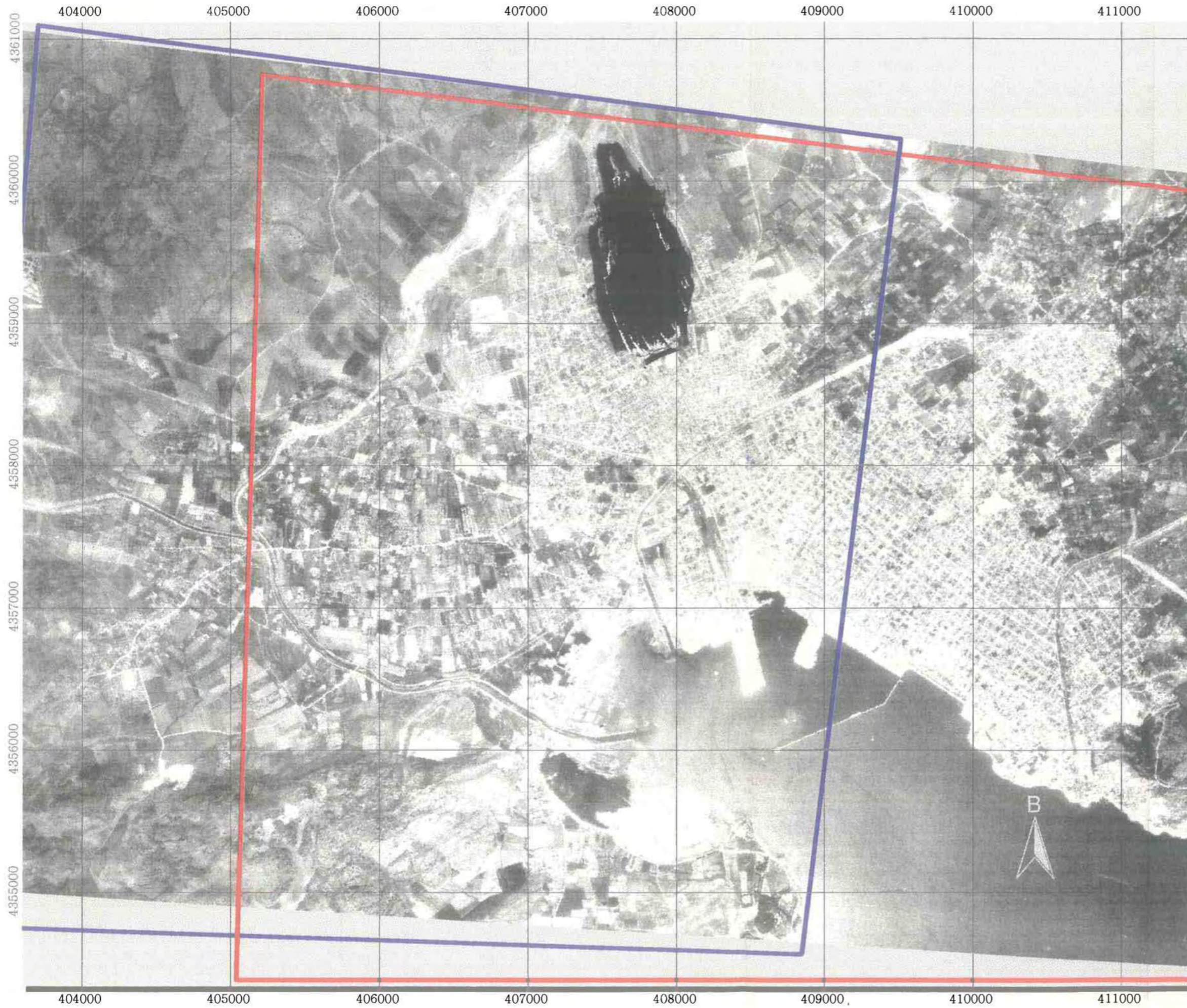
Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος

Βόλος, Ιούλιος 2001



Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87





 ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
& ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας -
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολυενομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

Χάρτης 5: Μωσαϊκό
Αεροφωτογραφιών
της πόλης του Βόλου
για το έτος 1973

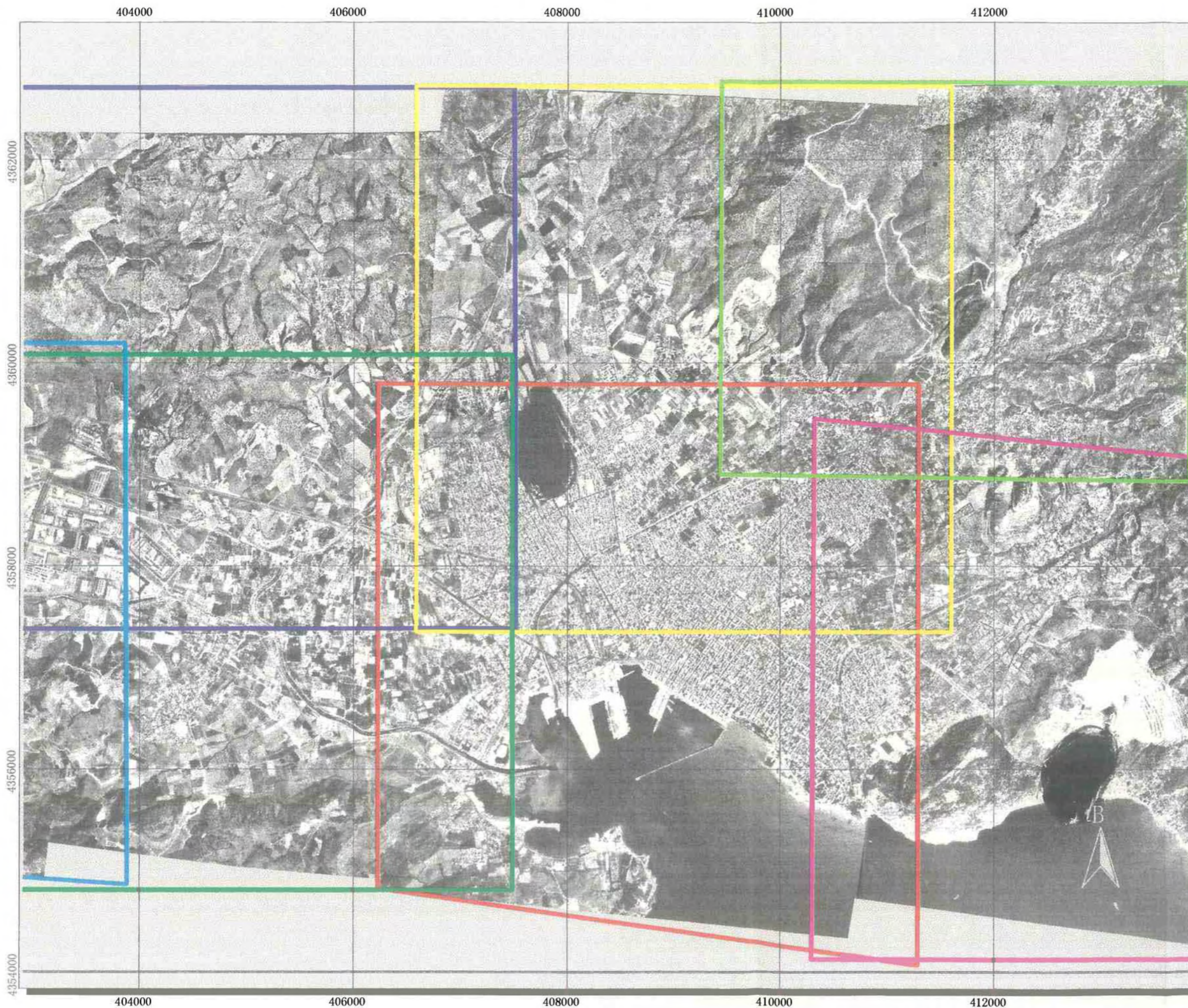
Περιοχή Μελέτης



Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος



Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87



 ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
& ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας -
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

Χάρτης δ: Μωσαϊκό
Αεροφωτογραφιών
της πόλης του Βόλου
για το έτος 1988

Περιοχή Μελέτης

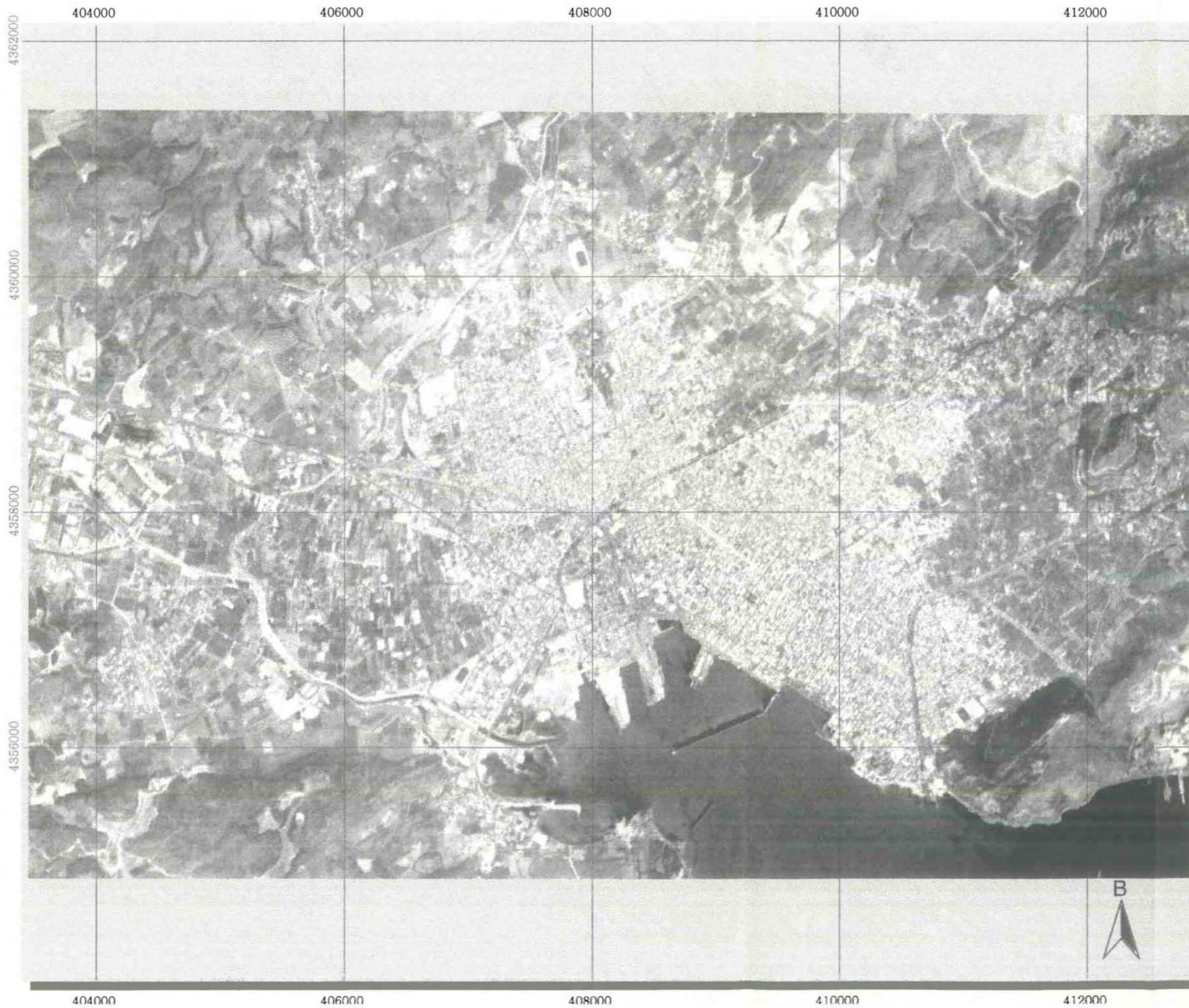


Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος

Βόλος, Ιούλιος 2001



Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87



 ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
& ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία:
Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας -
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

Χάρτης 7: Δορυφορική εικόνα
IRS-PAN 6m res
του Νομού Μαγνησίας
για το έτος 1998

Περιοχή Μελέτης



Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος

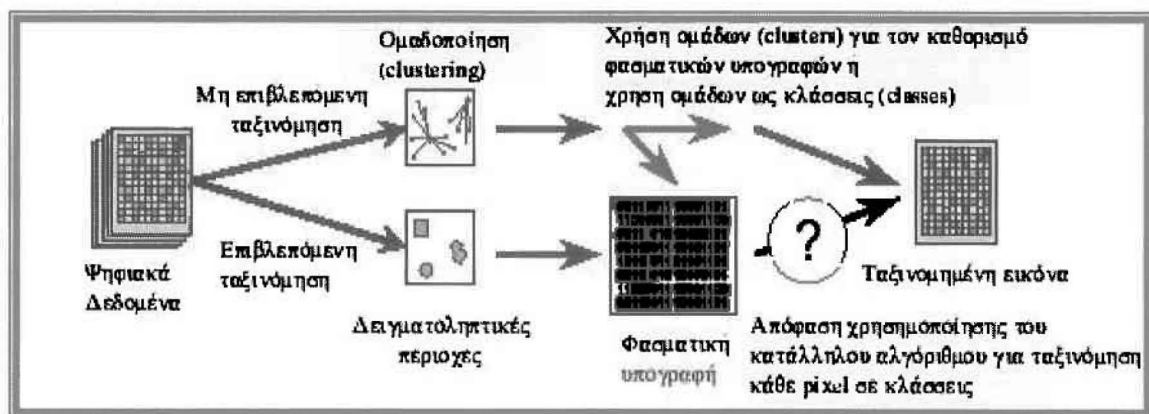
Βόλος, Ιούλιος 2001



Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

συγκεντρώνει εκείνα τα pixel που έχουν «μικρή» ραδιομετρική απόσταση μεταξύ τους και «μεγάλη» ραδιομετρική απόσταση με τα pixel κάποιας άλλης ομάδας (Κυρίμης Κ., 1999).

Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι για την ταξινόμηση των pixels σε διαφορετικές ομάδες: Η επιβλεπόμενη (supervised) και η μη επιβλεπόμενη (unsupervised). Η επιβλεπόμενη



Διάγραμμα 4.3: Η διαδικασία απόκτησης μιας ταξινομημένης εικόνας, (πηγή: ίδια επεξεργασία)

ταξινόμηση ελέγχεται περισσότερο από τον ίδιο τον χρήστη σε σχέση με την μη επιβλεπόμενη (Erdas IMAGINE Tour Guides, 1997: 305). Σε αυτή τη διαδικασία, η ταυτότητα και η θέση ορισμένων καλύψεων γης, όπως είναι η γεωργική ή η αστική περιοχή, είναι γνωστές a priori μέσα από το συνδυασμό της έρευνας πεδίου, της ανάλυσης των αεροφωτογραφιών και των χαρτών της περιοχής και της προσωπικής εμπειρίας. Ο χρήστης προσπαθεί να εντοπίσει συγκεκριμένες περιοχές στα δεδομένα του, οι οποίες απεικονίζουν ομογενή παραδείγματα των γνωστών αυτών τύπων καλύψεων γης. Αυτές οι περιοχές ονομάζονται δειγματοληπτικές περιοχές (training sites), γιατί τα φασματικά χαρακτηριστικά των περιοχών αυτών χρησιμοποιούνται για τη καθοδήγηση του αλγόριθμου ταξινόμησης στη τελική χαρτογράφηση της υπόλοιπης εικόνας με καλύψεις γης. Κάθε pixel, που βρίσκεται μέσα ή έξω από τις δειγματοληπτικές περιοχές αποτιμάται και αποδίδεται στη κλάση (class) στην οποία εμφανίζει την υψηλότερη πιθανότητα να είναι μέλος. Αυτό συνήθως αναφέρεται σαν «ισχυρή» ταξινόμηση (hard classification) γιατί κάθε pixel κατανέμεται σε μια μόνο κλάση π.χ δάσος παρά το γεγονός ότι ο αισθητήρας του συστήματος καταγράφει την εκπεμπόμενη ακτινοβολία

σαν ένα συνδυασμό βιοφυσικών υλικών εντός του IFOV (Instantaneous Field Of View), π.χ. 10% βοσκότοπος, 20% θαμνώδης έκταση και 70% δάσος.

Σε μία μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση, οι τύποι των καλύψεων γης, που θα καθορίσουν τις κλάσεις, δεν είναι γνωστοί a priori είτε γιατί ο χρήστης στερείται πληροφορίας που αναφέρεται στο έδαφος είτε γιατί αντικείμενα που απεικονίζονται στα ψηφιακά δεδομένα δεν είναι σαφώς προσδιορισμένα. Στη περίπτωση της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης, τα pixels των εικόνων (δορυφορικές εικόνες ή αεροφωτογραφίες) με κοινά φασματικά χαρακτηριστικά ομαδοποιούνται σε μοναδικά ομοειδή σύνολα (clusters) ανάλογα με ορισμένα προκαθορισμένα στατιστικά κριτήρια. Ο χρήστης στη συνέχεια συνδυάζει και επαναπροσδιορίζει τα φασματικά ομοειδή σύνολα σε κλάσεις «ισχυρής» πληροφορίας (Jensen J., 1996: 197).

4.5 Η διαδικασία της Μη Επιβλεπόμενης Ταξινόμησης στη παρούσα εργασία

Στη συνέχεια, και αφού πλέον είναι διαθέσιμα τα πρωτογενή στοιχεία ανορθωμένα στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς και έχει αποκτηθεί την συνολική περιοχή μελέτης μέσα από τη διαδικασία του μωσαϊκού των αεροφωτογραφιών θα γίνει προσπάθεια να εφαρμοστεί η μέθοδος της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης στην αεροφωτογραφία της περιοχής του Βόλου για το έτος 1988 και να εξεταστεί η αποδοχή ή όχι των αποτελεσμάτων αυτής.

Βασικό ζήτημα είναι να καθορίζονται εξ αρχής η περιοχή και οι κατηγορίες ενδιαφέροντος ώστε να ταξινομούνται σωστά τα ψηφιακά δεδομένα στις ανάλογες κατηγορίες κάλυψης γης. Στην προκειμένη περίπτωση οι κατηγορίες κάλυψης γης δεν προέρχονται από κάποιο γνωστό σύστημα κατηγοριοποίησης (π.χ. σύστημα CORINE Land Cover, το σύστημα Murbandy ή το σύστημα ταξινόμησης της USGS - United States Geological Survey) αλλά ορίζονται από τον ίδιο τον χρήστη. Στην παρούσα εργασία, η οποία αφορά στην ταξινόμηση μίας αστικής και περιαστικής περιοχής, το ζήτημα της οριοθέτησης της περιοχής ενδιαφέροντος καθορίζεται από τον χρήστη. Το δύσκολο σε αυτή την περίπτωση είναι η αναγνώριση των βασικών κατηγοριών κάλυψης

γης. Σύμφωνα με τον Sabins F., 1997, η χρησιμοποίηση αεροφωτογραφιών ή δορυφορικών δεδομένων διακριτικής ικανότητας από 3 έως 5 μέτρα μπορεί να δώσει ένα σαφή διαχωρισμό σε πάνω από πέντε (5) κατηγορίες κάλυψης γης στον αστικό χώρο.

Έτσι, με τη βοήθεια του προγράμματος Erdas Imagine 8.4 και με την εντολή **Classifier/Unsupervised Classification** ταξινομήθηκε η αεροφωτογραφία του Βόλου, 1988 με 5, 6 έως 10 clusters. Ωστόσο, όπως φαίνεται και στους χάρτες 8 και 9, η διαδικασία της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης που εφαρμόστηκε δεν είχε τα προσδοκώμενα αποτελέσματα¹⁰. Η αποτυχία στην διαδικασία της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης οφείλεται κυρίως στους ακόλουθους λόγους:

α) Η διαδικασία της ταξινόμησης βασίζεται στη δημιουργία φασματικών υπογραφών, οι οποίες εξάγονται από πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες, ενώ η αεροφωτογραφία που ταξινομήθηκε στην παρούσα εργασία είναι μονοφασματική.

β) Η διαδικασία της ταξινόμησης σε μια αεροφωτογραφία είναι ουσιαστικά μια ομαδοποίηση των pixels που έχουν παρόμοιες τιμές φωτεινότητας. Το εύρος των τιμών φωτεινότητας των ομάδων έχει άμεση σχέση με το πλήθος των ομάδων που θα δηλώσουμε στη διαδικασία της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης και στην περίπτωση αστικών περιοχών που οι ραδιομετρίες των καλύψεων γης δεν έχουν ομαλές αλλαγές π.χ έντονη αλλαγή υποκατηγοριών αστικής κάλυψης (τσιμέντο-άσφαλτος) με αστικό πράσινο, καθώς και έντονες σκιάσεις από τα κτίρια, δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν ασφαλή και ακριβή συμπεράσματα για την ομάδα που θα ταξινομηθεί κάθε pixel.

Τα βασικά συμπεράσματα τα οποία μπορούν να εξαχθούν από μια τέτοια ταξινομημένη εικόνα-αεροφωτογραφία μπορούν με μεγαλύτερη ακρίβεια και σαφήνεια να εξαχθούν μέσα από την φωτοερμηνεία και την προσεκτική παρατήρησή της. Και τούτο διότι, εφαρμόζοντας τη μέθοδο της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης στην αεροφωτογραφία της πόλης του Βόλου, όπου η περιοχή ενδιαφέροντος είναι συγκεκριμένη και ιδιαίτερα

¹⁰ Ο διαχωρισμός των κατηγοριών καλύψεων γης δεν είναι σαφής αφού από επιτόπιο έλεγχο και εμπειρική γνώση, περιοχές συγκεκριμένης κάλυψης γης (αστικό) εμφανίζονται μετά την ταξινόμηση ως περιοχές με δασικές εκτάσεις ή με βοσκότοπους

μικρής έκτασης και όπου οι καλύψεις γης είναι τέτοιες που μπορούν να διακριθούν με αρκετά μεγάλη ακρίβεια από το ανθρώπινο μάτι, τα αποτελέσματα της ταξινόμησης δεν είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικά. Σε αντίθεση με τις αεροφωτογραφίες, η ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων παρέχει ιδιαίτερα ικανοποιητικά αποτελέσματα στον χρήστη αφού συνήθως καλύπτουν αρκετά μεγάλες περιοχές, χωρίς ξεκάθαρες χρήσεις γης, μη διακριτές από το ανθρώπινο μάτι π.χ. δάσος κωνοφόρων δέντρων-δάσος πλατύφυλλων δέντρων.



 ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
& ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας -
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

Χάρτης 8: Παράδειγμα Ταξινόμησης
της Αεροφωτογραφίας
του Βόλου για το έτος
1988 (5 κλάσεις)

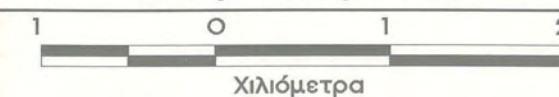
 Όρια οικοδομικών
τετραγώνων

Περιοχή Μελέτης

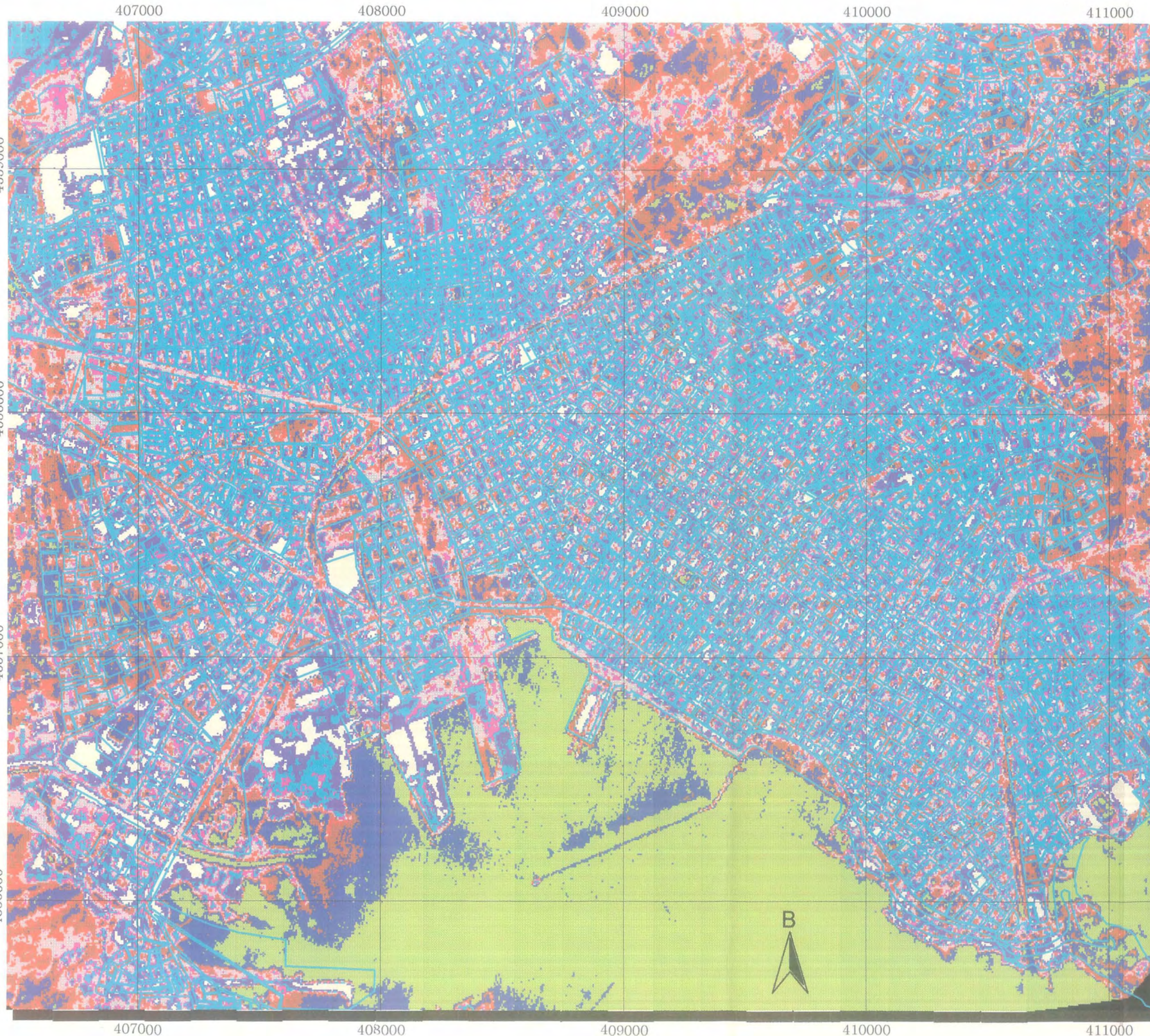


Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος

Βόλος, Ιούλιος 2001



Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87



 ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
& ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας -
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

Χάρτης 9: Παράδειγμα Ταξινόμησης
της Αεροφωτογραφίας
του Βόλου για το έτος
1988 (10 κλάσεις)

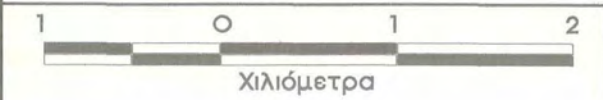
 Όρια οικοδομικών
τετραγώνων

Περιοχή Μελέτης

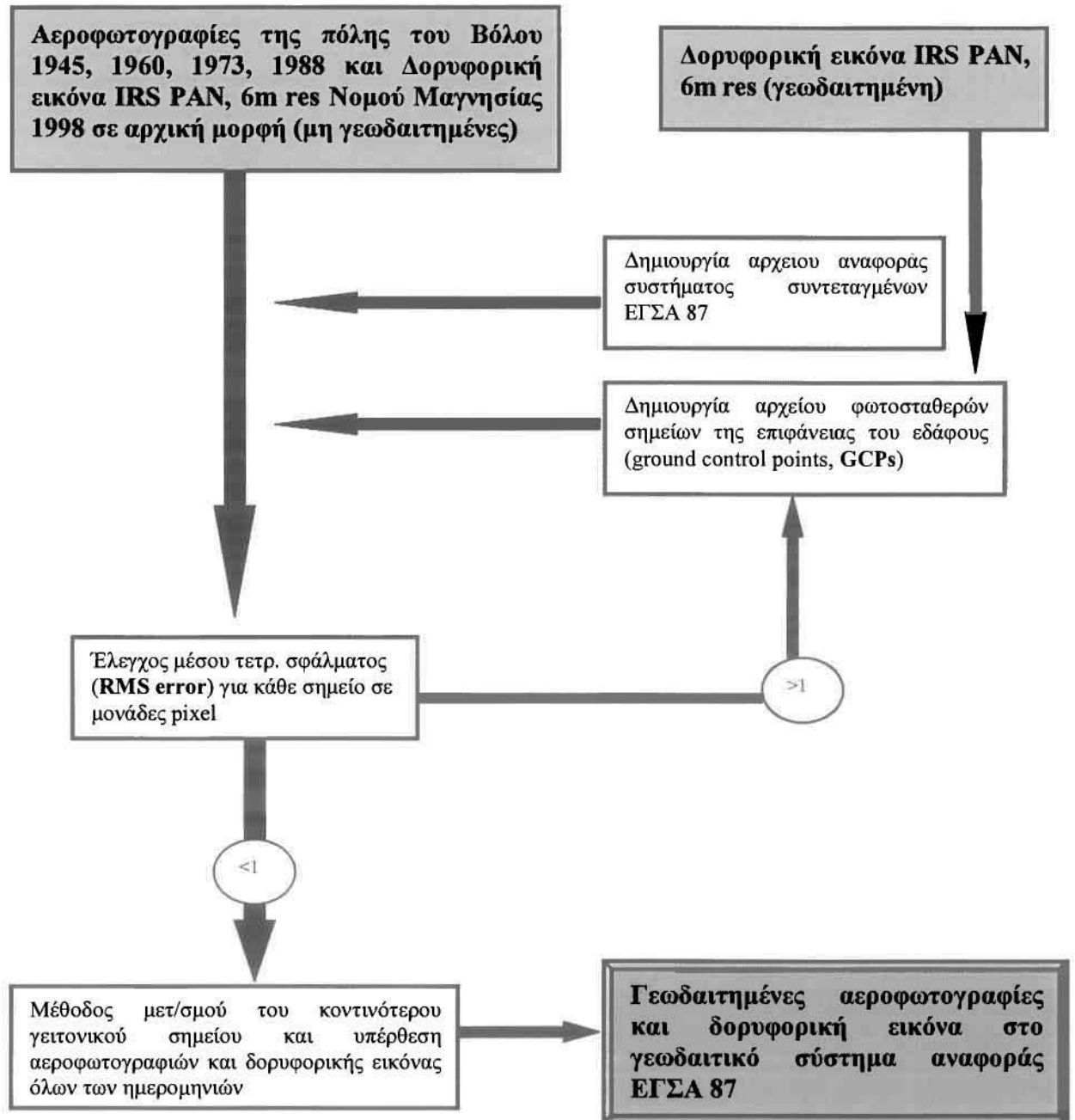


Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος

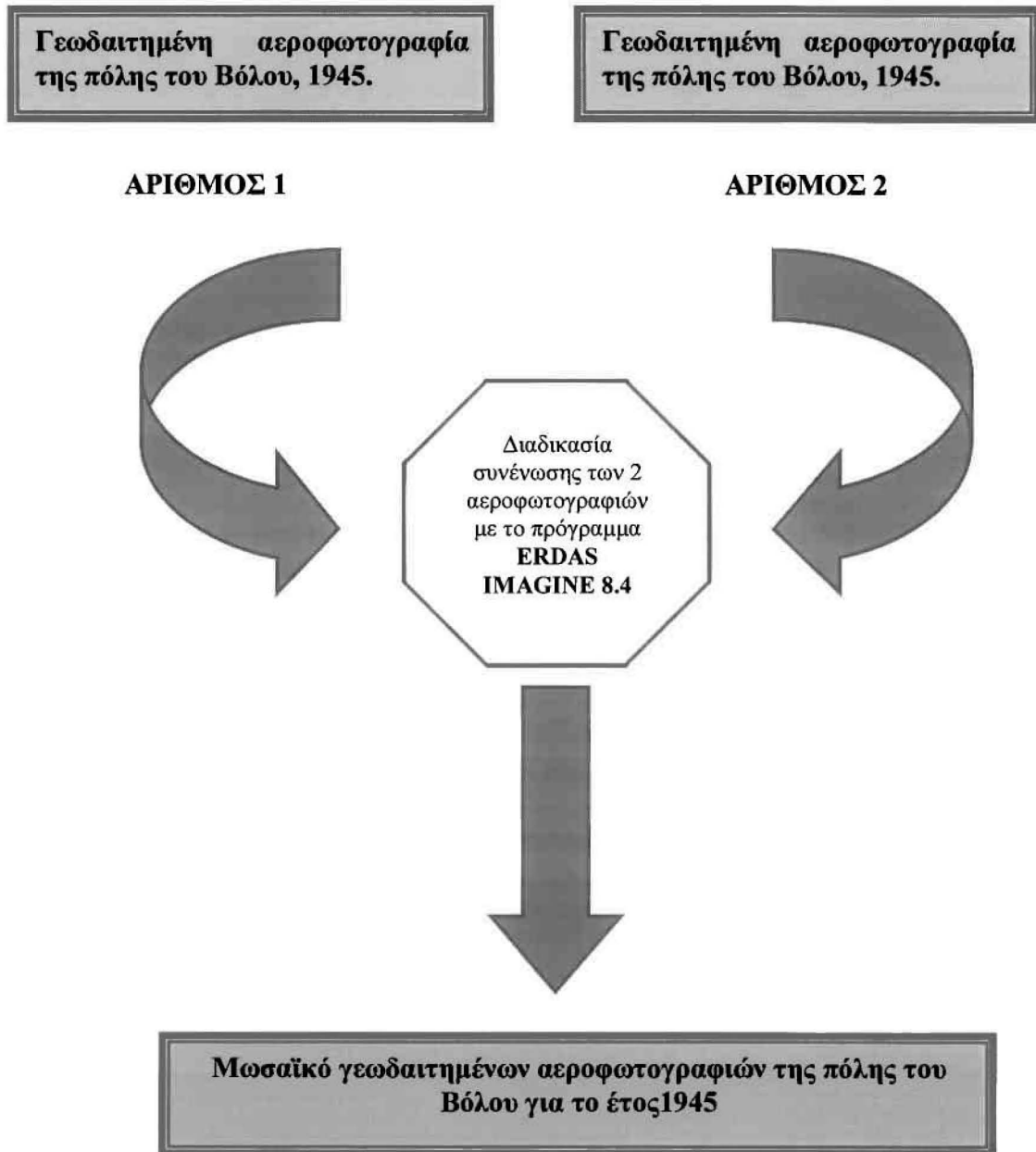
Βόλος, Ιούλιος 2001



Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Διάγραμμα 4.4: Η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης στην παρούσα εργασία

Διάγραμμα 4.5: Η διαδικασία της συνένωσης γεωδαιτημένων-υπερθέσημων αεροφωτογραφιών της ίδιας χρονολογίας στην παρούσα εργασία.



The image shows a detailed architectural plan of a city grid, likely a historical or theoretical urban layout. The grid consists of numerous rectangular blocks arranged in a regular pattern. A prominent diagonal road or feature runs from the top left towards the center. In the upper left corner, there is a title in Greek: 'ΣΧΕΔΙΟΝ ΠΟΛΕΩΣ ΒΟ' (Plan of the City of B). Below the title is a scale bar with markings for 0, 50, 100, 200, and 300 meters. The plan also shows various streets, some labeled with names like 'ΕΛΛΗΝΟΓΕΝΕΣ' and 'ΕΛΛΗΝΟΓΕΝΕΣ ΤΕΡΜΗΤΩΝ'. The overall style is that of a technical drawing or a historical map.

ΣΧΕΔΙΟΝ
ΠΟΛΕΩΣ ΒΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ της ΘΕΜΑΤΙΚΗΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ-ΕΥΡΕΣΗ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ
ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΟΝ Σ.Δ.

5.1 Η έννοια της Στατιστικής

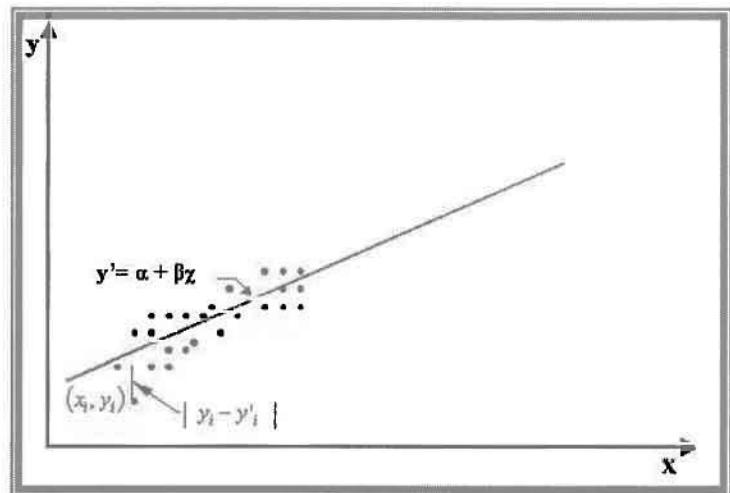
Τα τελευταία χρόνια ο όρος *στατιστική* κατέχει άμεσα ή έμμεσα την πρώτη θέση σε κάθε συζήτηση. Μεταξύ των βασικών μεθόδων, που χρησιμοποιούνται στη στατιστική, είναι η μέθοδος της <<παλινδρομήσεως>> και της <<συσχέτισης>> τυχαίων μεταβλητών. Οι στατιστικές αυτές μέθοδοι εφαρμόζονται προκειμένου να διερευνηθεί η φύση και η ένταση στη σχέση δύο (ή και περισσότερων) μεταβλητών¹.

Με την *παλινδρόμηση* εκτιμάται η ποσοτική σχέση μιας μεταβλητής ως προς μια άλλη, εκφράζοντας τη μία μεταβλητή σε γραμμική (ή όχι) συνάρτηση της άλλης μεταβλητής. Απώτερος σκοπός της μεθόδου της παλινδρόμησης είναι η εκτίμηση και η πρόβλεψη τιμών της μίας μεταβλητής, οι οποίες αντιστοιχούν σε δοσμένες τιμές της άλλης μεταβλητής.

Με τη *συσχέτιση* εκτιμάται ο βαθμός, κατά τον οποίο δύο μεταβλητές μεταβάλλονται μαζί, ή την ένταση της (γραμμικής) σχέσεως δύο μεταβλητών².

5.2 Η Απλή (γραμμική) παλινδρόμηση

Όπως σημειώθηκε πιο πάνω, η απλή παλινδρόμηση αναφέρεται σε δύο μεταβλητές, έστω X και Y . Από τις δύο αυτές μεταβλητές η X ονομάζεται συνήθως η **ανεξάρτητη μεταβλητή** (οι τιμές της είναι γνωστές στον ερευνητή) ενώ η Y ονομάζεται **εξαρτημένη μεταβλητή** (οι τιμές της δεν είναι γνωστές στον ερευνητή). Όταν όμως η μία ή



Εικόνα 16: Ανάλυση Γραμμικής Παλινδρόμησης δύο μεταβλητών, (πηγή: ίδια επεξεργασία)

¹ Οι μέθοδοι της παλινδρομήσεως και της συσχέτισεως, δεν χρησιμοποιούνται σε ποιοτικές μεταβλητές (Κάτος Α. 1986:480).

² Αναλυτικά: Κάτος Α. 1986: 479-480.

και οι δύο μεταβλητές είναι τυχαίες, δεν μπορεί να υπάρχει μια μοναδική σχέση μεταξύ των τιμών των μεταβλητών, αφού σε μία συγκεκριμένη τιμή της μιας μεταβλητής (ανεξάρτητη) υπάρχει ένας αριθμός δυνατών τιμών για την άλλη (εξαρτημένη), που κατανέμονται πιθανοκρατικά³.

Έστω ότι οι διάφορες τιμές των μεταβλητών X και Y απεικονίζονται γραφικά στην εικόνα 17 όπου κάθε σημείο εκφράζει ένα ζεύγος τιμών (x,y) . Όπως συμπεραίνεται, οι τιμές της μιας μεταβλητής εξαρτώνται από τις τιμές της άλλης, γεγονός που εκφράζει ότι η ανάλυση των δεδομένων για τη μια μεταβλητή δεν μπορεί να γίνει ανεξάρτητα από τις τιμές της άλλης. Στην εικόνα 17 η μέση τιμή των διαφόρων τιμών y , που αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη τιμή x , αυξάνει καθώς η τιμή του x αυξάνει⁴. Γενικά η μέση τιμή της Y εξαρτάται από τη τιμή x της X . Αν η εξάρτηση αυτή εκφράζεται από μια γραμμική σχέση θα ισχύει:

$$E(Y/X=x) = \alpha + \beta x$$

Όπου α και β είναι σταθερές ενώ η διασπορά της Y μπορεί να είναι ανεξάρτητη της τιμής x ή συνάρτηση της x . Η κλίση β ονομάζεται **συντελεστής παλινδρόμησης**. Η σχέση αυτή είναι γνωστή σαν **Γραμμική Παλινδρόμηση** της Y επί της X .

Είναι φανερό ότι μπορούν να διαμορφωθούν πολυάριθμες γραμμικές σχέσεις (δηλ. συνδυασμοί τιμών για τις παραμέτρους α και β) που να εκφράζουν ικανοποιητικά τα δεδομένα των τιμών της Y και της X . Σαν βέλτιστη γραμμική σχέση μπορεί να οριστεί εκείνη που περνά μέσα από τα σημεία του νέφους με το ελάχιστο συνολικό σφάλμα. Σαν σφάλμα μπορεί να θεωρηθεί η διαφορά μεταξύ της παρατηρηθείσας τιμής y_i και της τιμής y'_i που δίνεται από τη γραμμική σχέση, δηλ. $|y_i - y'_i|$, όπου $y'_i = \alpha + \beta x_i$. Η βέλτιστη γραμμική σχέση είναι εκείνη της οποίας οι παράμετροι α και β ελαχιστοποιούν το άθροισμα των τετραγώνων των λαθών, δηλ ελαχιστοποιούν το:

³ Αν η πιθανοκρατική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών εκφράζεται δια μέσου της μέσης τιμής και της διασποράς της μιας από αυτές, τότε υπάρχει ανάλυση παλινδρόμησης. Αν η ανάλυση περιορίζεται σε γραμμικές σχέσεις μεταξύ των δύο μεταβλητών, γίνεται γραμμική παλινδρόμηση (Alfredo H. 1993: 243).

⁴ Αυτό δε σημαίνει ότι όλες οι παρατηρούμενες τιμές y αυξάνουν μαζί με τις τιμές του x .

$$\Delta^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - \beta x_i)^2$$

Η μέθοδος αυτή προσδιορισμού των a και β ονομάζεται μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων. Για την ελαχιστοποίηση της Δ^2 μηδενίζουμε τις μερικές παραγώγους 2ης τάξης ως προς τους αγνώστους a και β :

$$\frac{\partial \Delta^2}{\partial a^2} = \sum_{i=1}^n 2(y_i - a - \beta x_i)(-1) = 0$$

και

$$\frac{\partial \Delta^2}{\partial \beta^2} = \sum_{i=1}^n 2(y_i - a - \beta x_i)(-x_i) = 0$$

Από τις σχέσεις αυτές προκύπτουν οι εξής εκτιμήσεις για τις παράμετρος a και β :

$$\hat{a} = \frac{1}{n} \sum y_i - \frac{\hat{\beta}}{n} \sum x_i = \bar{y} - \hat{\beta} \bar{x}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

όπου $\Sigma = \sum_{i=1}^n$. Επομένως η γραμμική σχέση παλινδρόμησης, κατά το κριτήριο των ελαχίστων τετραγώνων είναι⁵:

$$E(Y/x) = a + \hat{\beta} x$$

⁵ Βλέπε: ALFREDO H., S.Ang & WILSON T. 1993: 243-245.

5.3 Παράδειγμα - Εφαρμογή της εκθετικής παλινδρόμησης

Ο Baxter R. 1976, παρουσιάζει ένα παράδειγμα μοντέλου εκθετικής παλινδρόμησης, μεταξύ του συντελεστή δόμησης και της απόστασης μιας κατοικίας από το κέντρο της πόλης του Reading στην Αγγλία.

Σαν ανεξάρτητη μεταβλητή X θεωρούμε την απόσταση από το κέντρο της πόλης και εξαρτημένη Y , ο συντελεστής δόμησης. Τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα για τις δύο μεταβλητές προβάλλονται στον ακόλουθο πίνακα και έστω ότι έχουν τη μορφή:

X_i	x_{i1}	x_{i2}	x_{ik}
Y_i	y_{i1}	y_{i2}	y_{ik}

Αυτά τα ζεύγη τιμών, αποτυπώθηκαν σε σχεδιάγραμμα σε χαρτί μιλιμετρέ και διαπιστώθηκε ότι ακολουθούν μια σχέση της μορφής $Y = \lambda e^{bx}$, όπου λ και β είναι κάποιες παράμετροι. Εάν τώρα, ο συντελεστής λ πάρει την μορφή e^α , τότε η παραπάνω σχέση γίνεται

$$Y = e^{\alpha+bx} \Rightarrow \ln Y = \alpha + \beta x$$

Έτσι, υπολογίζεται ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της μεταβλητής $\ln Y$ και X .

Κατόπιν έγινε υπολογισμός των συντελεστών της ευθείας παλινδρόμησης, α και β , μεταξύ του $\ln Y$ και X , και σαν αποτέλεσμα εξήχθη το εκθετικό μοντέλο που υποτέθηκε στην αρχή και το οποίο έχει τη μορφή

$$Y = \gamma \cdot e^{\delta x}$$

με τα γ και δ γνωστά.

Μια άλλη μορφή της εκθετικής παλινδρόμησης θα είναι της μορφής $Y = \alpha X^\beta \Rightarrow \ln Y = \ln \alpha + \beta \ln X$, που σε λογαριθμικό διάγραμμα είναι ευθεία.

Αθροίζοντας ως προς όλες τις μετρήσεις του δείγματός μας, καταλήγουμε στο γραμμικό σύστημα με αγνώστους τα α και β :

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n (\ln Y_i) = n \ln \alpha + \beta \sum (\ln X_i) \\ \sum (\ln X_i)(\ln Y_i) = (\ln \alpha) \sum (\ln X_i) + \beta \sum (\ln X_i)^2 \end{cases}$$

Άρα, για δύο μεταβλητές X και Y που οι τιμές τους είναι γνωστές, αρκεί να κατασκευαστεί ένα πίνακα που θα έχει την παρακάτω μορφή⁶:

$$\begin{array}{c|c|c|c|c|c} X_i & Y_i & \ln X_i & \ln Y_i & (\ln X_i)(\ln Y_i) & (\ln X_i)^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \hline & & \sum \ln X_i & \sum \ln Y_i & \sum \ln X_i \cdot \ln Y_i & \sum (\ln X_i)^2 \end{array}$$

5.4 Κριτήρια επιλογής των κτιρίων για ψηφιοποίηση

Κύριος σκοπός της παρούσας διπλωματική εργασίας είναι η διερεύνηση πιθανής σχέσης μεταξύ των πραγματοποιημένων συντελεστών δόμησης στην περιοχή μελέτης και των τιμών φωτεινότητας των κτιρίων με σκίαση όπως αυτή προκύπτει από την αεροφωτογραφία της πόλης του Βόλου για το έτος 1988. Προκειμένου να επιτευχθεί ο παραπάνω σκοπός επόμενο βήμα ήταν η ψηφιοποίηση κτιρίων-δειγμάτων στην αεροφωτογραφία της περιοχής μελέτης του 1988. Ορισμένα χαρακτηριστικά της πόλης του Βόλου αποτελούν πλεονεκτήματα στη προσπάθειά για εύρεση πιθανής σχέσης μεταξύ του συντελεστή δόμησης και της φωτεινότητας των κτιρίων. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της περιοχής είναι:

⁶ Αναλυτικότερα: Δρόσος Γ. & Καραμπιστόλης Δ. (1994), *Στατιστική Επιχειρήσεων*, Εκδόσεις Έλλην.

1. **Το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης:** Όπως είναι γνωστό, η πόλη του Βόλου σχεδόν σε ολόκληρη την έκτασή της δεν παρουσιάζει ουσιαστικές υψομετρικές διαφορές. Το ομαλό ανάγλυφο της πόλης, χωρίς έντονες κλίσεις και μεγάλες υψομετρικές διαφορές από περιοχή σε περιοχή, δεν επηρεάζει τις σκιάσεις που δημιουργούν τα κτίρια από την πρόσπτωση των ηλιακών ακτινών σε αντίθεση με τυχόν περιοχές που βρίσκονται σε έντονο ανάγλυφο, όπου και θα υπήρχαν έντονες διαστρεβλώσεις στις σκιές των κτιρίων.
2. **Το ρυμοτομικό σχέδιο του Βόλου:** Το σχέδιο της πόλης του Βόλου αποτελεί στο μεγαλύτερο μέρος του ένα σύνολο οικοδομικών τετραγώνων και οδικών αξόνων, οριζόντιων και κάθετων, παράλληλων μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό, τα «αρμονικά» γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οικοδομικών τετραγώνων της πόλης, περιορίζουν τις περιπτώσεις κτιρίων που έχουν οικοδομηθεί με άναρχο τρόπο και με διαφορετικό, μεταξύ τους, προσανατολισμό. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το μεγάλο μήκος και πλάτος των οδικών αξόνων (για μια ελληνική πόλη μεσαίου μεγέθους) αποτρέπει, έως κάποιο βαθμό, τις στρεβλώσεις στο μέγεθος της σκίασης που δημιουργούν τα κτίρια από τη διαφορετική γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών.

Παρόλα αυτά για την ορθότερη τυχαία επιλογή των κτιρίων τα οποία ψηφιοποιήθηκαν (μαζί με τη σκιάσή τους) για τη δημιουργία του μοντέλου ελήφθησαν υπόψη και ορισμένα κριτήρια με σκοπό να ομαλοποιήσουν ακόμη περισσότερο τη κατάσταση. Τα κριτήρια επιλογής των κτιρίων που ψηφιοποιήθηκαν είναι:

- Ψηφιοποιήθηκαν κτίρια με μεγάλη διασπορά στη περιοχή μελέτης και όχι αποκλειστικά και μόνο σε μια περιοχή, προκειμένου οι ελάχιστες εδαφικές ανωμαλίες, που ούτως ή άλλως υπάρχουν, να μην είναι συστηματικές.
- Ψηφιοποιήθηκαν κτίρια σε μεγάλο αριθμό (117) και για όλα τα τμήματα του Βόλου με διαφορετικό συντελεστή δόμησης, ώστε τα αρχικά δεδομένα μας να είναι ικανοποιητικά σε αριθμητικό μέγεθος για την εφαρμογή στατιστικών μοντέλων.

- Ψηφιοποιήθηκαν κτίρια διαφορετικών τυπολογιών προκειμένου να αποφευχθεί η σκίαση που προκύπτει από έναν ορισμένο «τύπο» κτιρίου.
- Ψηφιοποιήθηκαν κτίρια, τα όρια της σκίασης των οποίων, για τη συγκεκριμένη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών, να μην εφάπτονται σε γειτονικές κάθετες επιφάνειες π.χ. τοίχους άλλων κτιρίων γεγονός που θα μετέβαλε την αναλογία της οικοδομήσιμης επιφάνειας και της σκίασης που δημιουργείται από το κτίριο στις συγκεκριμένες συνθήκες, με σκοπό τα δεδομένα της μεθόδου της παλινδρόμησης να είναι όσο το δυνατό πιο αντιπροσωπευτικά.
- Η επιλογή των παραπάνω κτιρίων έγινε, χωρικά, με τυχαίο τρόπο.

5.5 Η διαδικασία της ψηφιοποίησης των κτιρίων στη παρούσα εργασία

Η ψηφιοποίηση των κτιρίων-δειγμάτων στη παρούσα εργασία έγινε με τη χρήση του προγράμματος **ArcView GIS version 3.1**. Το υπόβαθρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το φωτομωσαϊκό του έτους 1988. Και τούτο διότι μόνο στις συγκεκριμένες αεροφωτογραφίες παρουσιάζονταν «καθαρά» κτίρια της περιοχής μελέτης με τη σκίαση που δημιουργούν.

Αρχικά η αεροφωτογραφία του Βόλου εισήχθη στο πρόγραμμα ArcView GIS version 3.1 με την εντολή **File/Extensions/IMAGINE Image Support**. Κατόπιν με την εντολή **Theme/Start Editing** δημιουργήθηκαν πολύγωνα, στα οποία περιελήφθησαν τα κτίρια που επιλέχθηκαν (βάση των κριτηρίων που αναφέρθηκαν ανωτέρω) μαζί με τη σκίαση που δημιουργούσαν στη συγκεκριμένη αεροφωτογραφία. Έτσι, δημιουργήθηκε ένα αρχείο (shapefile) που περιείχε ένα δείγμα 116 πολυγώνων τα οποία είναι διεσπαρμένα στα τμήματα με διαφορετικό συντελεστή δόμησης της περιοχής μελέτης ⁷. Τα τμήματα με διαφορετικό συντελεστή δόμησης πάρθηκαν με βάση το σχέδιο πόλης του Βόλου του 1956 (το συγκεκριμένο σχέδιο πόλης επιλέχθηκε λόγω του ότι είναι το πιο πρόσφατο χρονικά

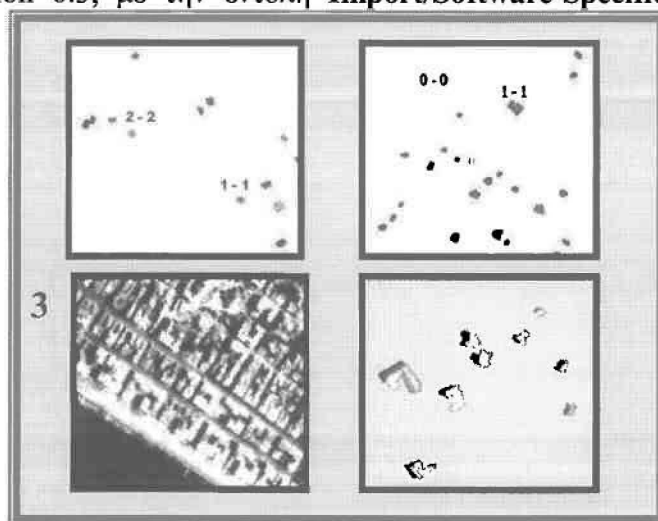
⁷ Στα τμήματα της πόλης του Βόλου με διαφορετικό συντελεστή δόμησης ψηφιοποιήθηκαν περίπου 20-30 κτίρια εκτός από 2 συγκεκριμένα τμήματα της πόλης (Δ. Νέας Ιωνίας και Νέας Δημητριάδας) όπου ψηφιοποιήθηκε μικρότερος αριθμός κτιρίων λόγω έλλειψης σκιάσεων.

προς την αεροφωτογραφία του 1988, Πηγή:Τμήμα Πολεοδομίας Δήμου Βόλου). Ωστόσο, ορισμένα κτίρια που ψηφιοποιήθηκαν δεν συμπεριλήφθησαν σε κάποιο τμήμα με ορισμένο συντελεστή δόμησης εξαιτίας της έλλειψης στοιχείων. Τα κτίρια αυτά ανήκουν σε δύο τμήματα του Δ. Νέας Ιωνίας και η συλλογή συγκεκριμένων στοιχείων που συνδέονται με αυτά ήταν ανέφικτη. Τα κτίρια που ψηφιοποιήθηκαν με τη σκιά τους παρουσιάζονται αναλυτικά στον χάρτη 10.

5.6 Εύρεση των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής (τιμές φωτεινότητας κτιρίων και σκίασης) και εξαγωγή περιγραφικών στατιστικών δεικτών.

Για την εύρεση των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής εφαρμόστηκε μια σειρά εργασιών στο λογισμικό Τηλεπισκόπησης **Idrisi32**. Αναλυτικά η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε περιγράφεται στις ακόλουθες γραμμές:

Καταρχήν εισήχθη, στο πρόγραμμα Idrisi 32, το αρχείο πολυγώνων, που δημιουργήθηκε στο πρόγραμμα ArcView GIS Version 8.3, με την εντολή **Import/Software-Specific Formats/SHAPEIDR** δηλώνοντας ως σύστημα συντεταγμένων ,το ΕΓΣΑ87. Έτσι, τα πολύγωνα που εισήχθησαν εμφανίζουν πλέον στο εσωτερικό τους μια συγκεκριμένη τιμή, η οποία αντιστοιχεί στον κωδικό του κάθε πολυγώνου που προήλθε από την ψηφιοποίηση (βλέπε εικόνα 17.1) και ο οποίος κυμαίνεται από 1 έως και 117 (σύνολο κτιρίων που ψηφιοποιήθηκαν). Το επόμενο



Εικόνα 17: Τα στάδια επεξεργασίας των πολυγώνων για την απόκτηση της θεματικής πληροφορίας της αεροφωτογραφίας, (πηγή: ίδια επεξεργασία)

στάδιο, προκειμένου να γίνει στατιστική επεξεργασία και να εφαρμοστούν στατιστικές μέθοδοι, είναι να αποκτήσουν τα συγκεκριμένα πολύγωνα την θεματική πληροφορία που

407000

408000

409000

410000

411000

4359000

4358000

4357000

4356000

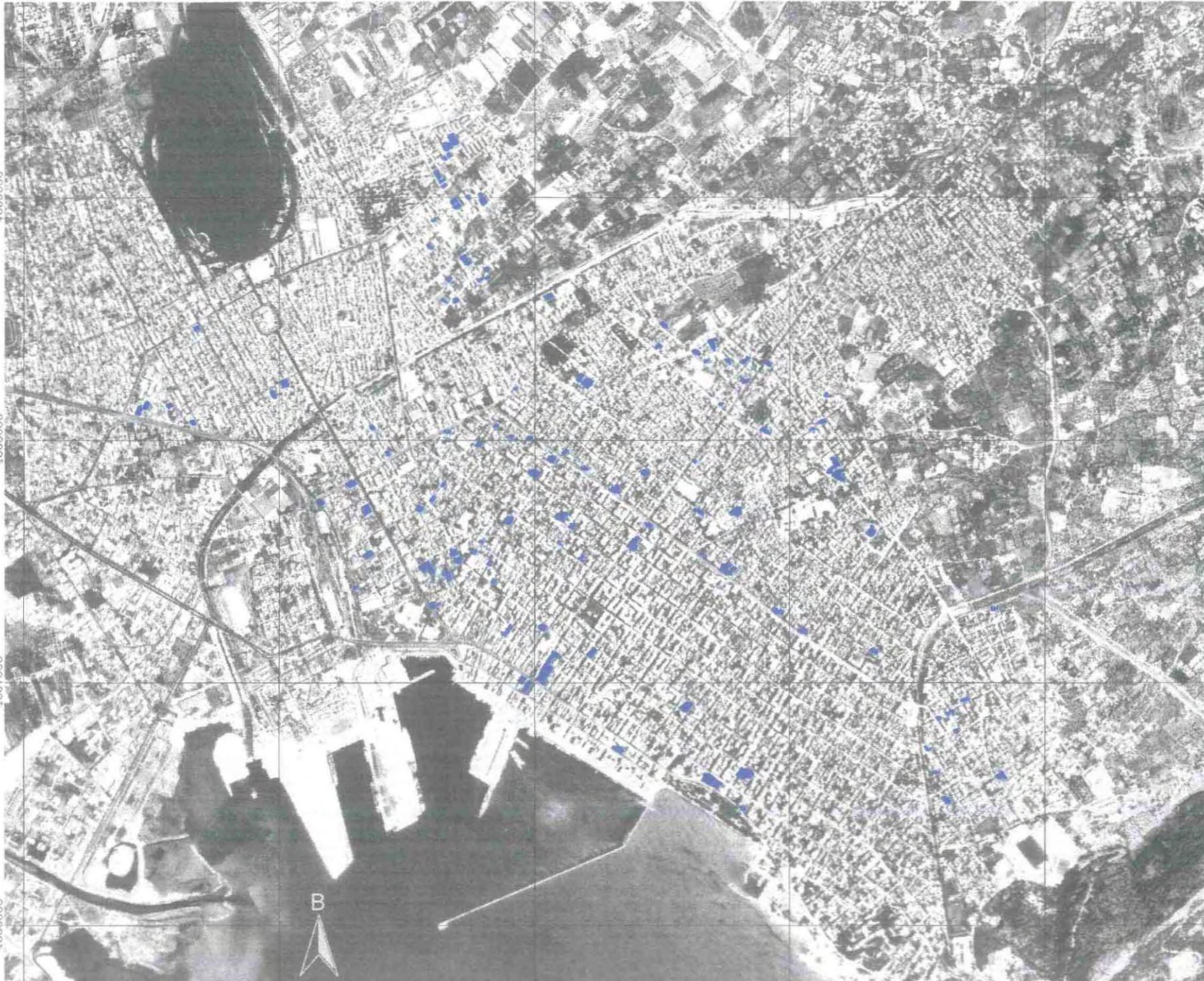
407000

408000

409000

410000

411000



 ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
& ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία:

Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας -
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

Χάρτης 10: Αρχική επιλογή κτιρίων-
δειγμάτων για την
εξαγωγή περιγραφικών
στατιστικών δεικτών

 Πολύγωνα Ραδιομετρικών
Τιμών Κτιρίου και Σκίασης

Περιοχή Μελέτης



Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος

Βόλος, Ιούλιος 2001



Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

υπάρχει στα αντίστοιχα εικονοστοιχεία της αεροφωτογραφίας του Βόλου και να εξαχθούν οι βασικοί στατιστικοί δείκτες για κάθε πολύγωνο (κτίριο και σκίασης) ξεχωριστά. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: Δημιουργήθηκε ένα νέο Vector αρχείο-μάσκα, όπου όλα τα πολύγωνα εμφανίζουν στο εσωτερικό τους την τιμή 1 και στο εξωτερικό τους την τιμή 0 (βλέπε εικόνα 17.2). Στη συνέχεια, και με σκοπό να αποκτήσουν τα πολύγωνα αυτά στο εσωτερικό τους τις τιμές φωτεινότητας των κτιρίων και της σκίασης χρησιμοποιήθηκαν αλγεβρικές πράξεις μεταξύ εικόνων, πολλαπλασιάζοντας την αεροφωτογραφία του Βόλου για το 1988 με την εικόνα που εξήχθη από την παραπάνω διαδικασία. Τελικά δημιουργήσαμε μια εικόνα η οποία περιείχε τα πολύγωνα της ψηφιοποίησης με την θεματική πληροφορία της αεροφωτογραφίας και στο υπόλοιπο της εικόνας την τιμή 0 (βλέπε εικόνα 17.4). Στη συγκεκριμένη εικόνα με την εντολή **Analysis/Statistics/EXTRACT**¹⁰ εξήχθηκαν τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για κάθε πολύγωνο, από τα οποία κρατήθηκε ο μέσος όρος των ραδιομετρικών τιμών κάθε πολυγώνου που χρησιμοποιήθηκε για την διερεύνηση του βαθμού συσχέτισης των δύο μεταβλητών.

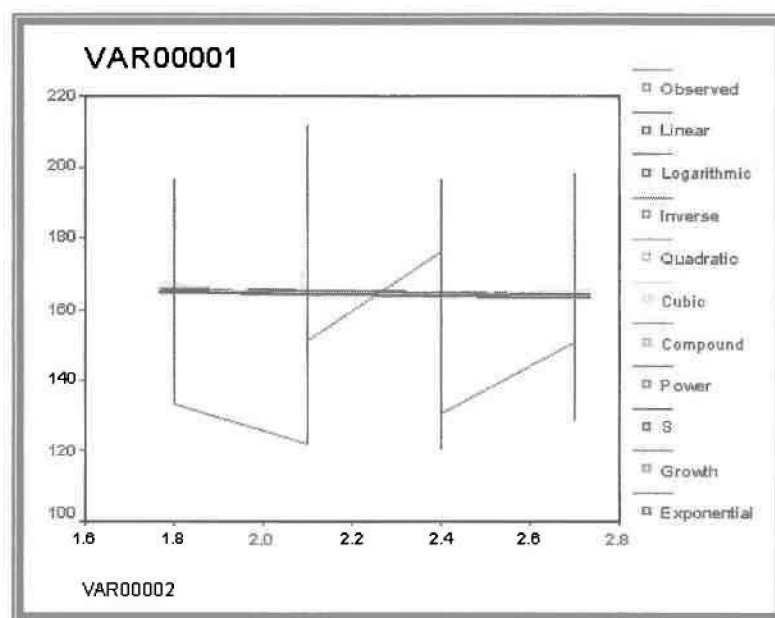
5.7 Εύρεση του βαθμού συσχέτισης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής (τιμές φωτεινότητας κτιρίων και σκίασης) και της ανεξάρτητης μεταβλητής (συντελεστής δόμησης)

Προκειμένου να υπολογιστεί ο βαθμός συσχέτισης των ραδιομετρικών τιμών των κτιρίων και της σκίασης αυτών με τον συντελεστή δόμησης ακολουθήθηκε μια σειρά διεργασιών με το πρόγραμμα SPSS 10.0 για πλατφόρμα Windows 2000.

Σε συνέχεια των διεργασιών που αναφέρθηκαν στο πιο πάνω υποκεφάλαιο, (5.6) και αφού αποκτήθηκαν τα περιγραφικά στατιστικά μεγέθη για την εξαρτημένη μεταβλητή και εντοπίστηκε ο συντελεστής δόμησης κάθε κτιρίου, εισήχθηκε στο πρόγραμμα ο μέσος όρος (Average) των ραδιομετρικών τιμών για τα πολύγωνα που επιλέχθηκαν καθώς και ο συντελεστής δόμησης τους. Κατόπιν, με την εντολή **Analyze/Regression/Curve**

¹⁰ Η εντολή EXTRACT εξάγει τα περιγραφικά στατιστικά μιας υπάρχουσας εικόνας. Τα περιγραφικά στατιστικά μπορούν να δηλώσουν το μέγιστο, το ελάχιστο, το συνολικό, το μέσο όρο ή τη τυπική απόκλιση όλων των κελιών της εικόνας που αναλύεται (Idrisi32 Help System).

Estimation¹¹ βρέθηκε η προσαρμογή των προτεινόμενων μοντέλων και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα. Στην προσπάθεια να διερευνηθεί η πιο πάνω σχέση, με την βοήθεια του στατιστικού προγράμματος, διερευνήθηκαν όλες οι δυνατές συναρτήσεις, που θα μπορούσαν να προσομοιώσουν όσο το δυνατόν καλύτερα την σχέση των δύο μεταβλητών. Δοκιμάστηκαν, δηλαδή, όχι μόνο γραμμικές, αλλά και εκθετικές, λογαριθμικές και κυβικές συναρτήσεις, οι οποίες θα μπορούσαν να προσομοιώσουν καλύτερα την κατανομή των δύο



Διάγραμμα 5.1: Εμφάνιση της αρχικής σχέσης μεταξύ τιμών φωτεινότητας (κάθετος άξονας) και Σ.Δ. (οριζόντιος άξονας), Πηγή:ιδία επεξεργασία

μεταβλητών παρέχοντας μεγαλύτερο ποσοστό συσχέτισης (R^2). Ωστόσο, η συγκεκριμένη προσπάθεια που καταβλήθηκε δε παρήγαγε ικανοποιητικά αποτελέσματα, γιατί παρείχε πολύ μικρό ποσοστό ερμηνείας της διακύμανσης της εξαρτημένης από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Ενδεικτικά στο διάγραμμα 5.1 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο οι παραπάνω καμπύλες προσομοιώνουν την διακύμανση των δύο μεταβλητών.

¹¹ Η μέθοδος της καμπύλης εκτίμησης (Curve Estimation) παράγει εκτιμήσεις για τη στατιστική παλινδρόμηση και συσχετίζει τα διαγράμματα 11 διαφορετικών μοντέλων παλινδρόμησης της μεθόδου εκτίμησης της καμπύλης. Ένα ξεχωριστό μοντέλο παράγεται για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή (Help Topics on SPSS).

Independent: VAR00002									
Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
VAR00001	LIN	.001	86	.08	.781	168.363	-1.6301		
VAR00001	LOG	.001	86	.10	.757	167.945	-4.0443		
VAR00001	INV	.001	86	.11	.737	160.343	9.6353		
VAR00001	QUA	.005	85	.20	.821	228.299	-55.723	11.9429	
VAR00001	CUB	.005	85	.21	.810	210.221	-30.083	1.827	
VAR00001	COM	.001	86	.07	.794	167.268	.9905		
VAR00001	POW	.001	86	.09	.767	166.942	-.0241		
VAR00001	S	.001	86	.11	.743	5.0718	.0587		
VAR00001	GRO	.001	86	.07	.794	5.1196	-.0095		
VAR00001	EXP	.001	86	.07	.794	167.268	-.0095		

Πίνακας 5.1: Για τα 9 μοντέλα που εφαρμόστηκαν, ο παραπάνω πίνακας δίνει τον συντελεστή συσχέτισης Rsq, τους βαθμούς ελευθερίας d.f, την τιμή του στατιστικού F, και τη στάθμη σημαντικότητας Sigf, καθώς και τον συντελεστή του μοντέλου, (πηγή ίδια επεξεργασία)

Στην παραπάνω εικόνα, η καμπύλη που εμφανίζει το μεγαλύτερο ποσοστό εξήγησης είναι η κυβική συνάρτηση, η οποία εμφανίζει μόνο 0,005 για τιμή του συντελεστή συσχέτισης της συνολικής διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Το ποσοστό αυτό είναι πολύ κοντά στο 0 και δεν αναδεικνύει κάποια σχέση μεταξύ των μεγεθών.

Το γεγονός ότι δεν προέκυψε μεγάλος βαθμός συσχέτισης των δύο μεταβλητών, οι οποίες αναμενόταν να εμφανίσουν υψηλό ποσοστό συσχέτισης, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι ο τρόπος απόκτησης των αρχικών δεδομένων ήταν εσφαλμένος (δηλαδή ήταν εσφαλμένη η μεθοδολογία της ψηφιοποίησης των κτιρίων). Έτσι, ψηφιοποιήθηκαν νέα κτίρια-δείγματα με τη σκιάσή τους, ακόμη μεγαλύτερης ακρίβειας (του ενός pixel), ενώ δεν ψηφιοποιήθηκε ολόκληρο το κτίριο αλλά μόνο ένα μικρό τμήμα της κάτοψής του και συγκεκριμένα οι πλευρές αυτού που εφάπτονταν στην σκίαση. Η διαδικασία αυτή εφαρμόστηκε, προκειμένου να μειωθεί η επίδραση των κατόψεων των κτιρίων, οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής του μέσου όρου των ραδιομετρικών τιμών των πολυγώνων. Παράλληλα, διατηρήθηκαν και ορισμένα πολύγωνα, που ψηφιοποιήθηκαν εκ νέου, από την πρώτη ψηφιοποίηση εξαιτίας της υψηλού βαθμού συμμετοχής τους στη συσχέτιση (βλέπε χάρτη 11). Τα αριθμημένα πολύγωνα και ο μέσος όρος των ραδιομετρικών τιμών τους, αντιστοιχούν στους παρακάτω συντελεστές δόμησης (βλέπε πίνακα 5.2).

407000 408000 409000 410000 411000

4359000

4358000

4357000

4356000

407000 408000 409000 410000 411000

Διπλωματική Εργασία:

Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας -
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

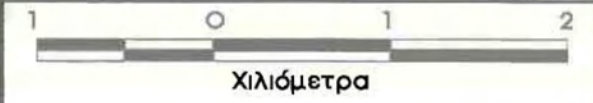
Χάρτης 11: Τελική επιλογή κτιρίων-
δειγμάτων για την
εξαγωγή περιγραφικών
στατιστικών δεικτών

Κτίρια με κοινό Συντελεστή Δόμησης	Ζώνες Συνελεστή Δόμησης	
		1.8
		2.1
		2.4
		2.7

Περιοχή Μελέτης



Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος
Βόλος, Ιούλιος 2001



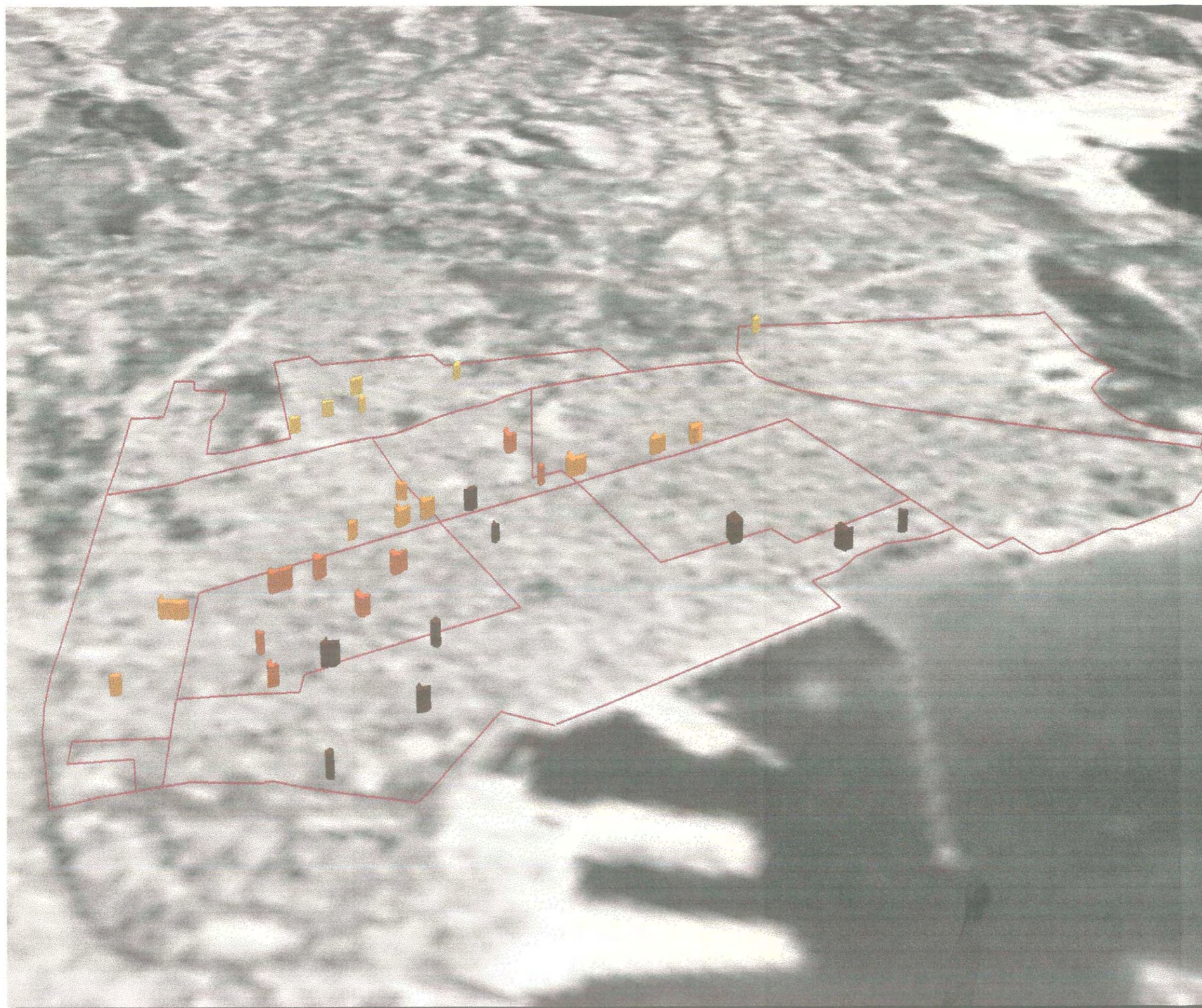
Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87



Το ύψος των κτιρίων που αναφέρεται στον πίνακα δεν αντιστοιχεί στο πραγματικό ύψος κάθε κτιρίου αλλά υπολογίστηκε με βάση την ακόλουθη παραδοχή. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος ενός κτιρίου για κάποιο τμήμα της περιοχής μελέτης με συγκεκριμένο συντελεστή δόμησης (όπως ορίζει το πολεοδομικό σχέδιο της πόλης του Βόλου) δόθηκε

Πίνακας 5.2: Τα βασικά χαρακτηριστικά των πολυγώνων που τελικώς επιλέχθηκαν, (πηγή: ίδια επεξεργασία)

Αριθμός Πολυγώνου	Μέσος όρος Ραδιομετρικών τιμών	Συντελεστής Δόμησης	Υψος Κτιρίου
1	130.46	1.8	16.50
2	132.85	1.8	16.20
3	133.42	1.8	16.13
4	134.34	1.8	16.02
5	135.83	1.8	15.85
6	136.01	1.8	15.83
7	137.5	1.8	15.66
8	139.15	1.8	15.47
9	116.16	2.1	17.50
10	118.29	2.1	17.18
11	118.31	2.1	17.18
12	121.55	2.1	16.72
13	122.09	2.1	16.65
14	123.21	2.1	16.50
15	123.83	2.1	16.42
16	125.85	2.1	16.15
17	129.21	2.1	15.73
18	116.91	2.4	19.50
19	118.06	2.4	19.31
20	120.36	2.4	18.94
21	122.56	2.4	18.60
22	123.72	2.4	18.43
23	124.58	2.4	18.30
24	125.12	2.4	18.22
25	127.86	2.4	17.83
26	129.04	2.7	22.00
27	135.08	2.7	21.02
28	135.77	2.7	20.91
29	138.07	2.7	20.56
30	138.72	2.7	20.46
31	139.12	2.7	20.41
32	140.41	2.7	20.22
33	141.15	2.7	20.11



Διπλωματική Εργασία:

Έρευνα Σχέσεων Φωτεινότητας -
Ραδιομετρίας με ΣΔ στο
Πολεοδομικό Συγκρότημα Βόλου με
την Χρήση Αεροφωτογραφιών

Χάρτης 12: Τρισδιάστατη
απεικόνιση των υψών
των κτιρίων που
ψηφιοποιήθηκαν.

Περιοχή Μελέτης

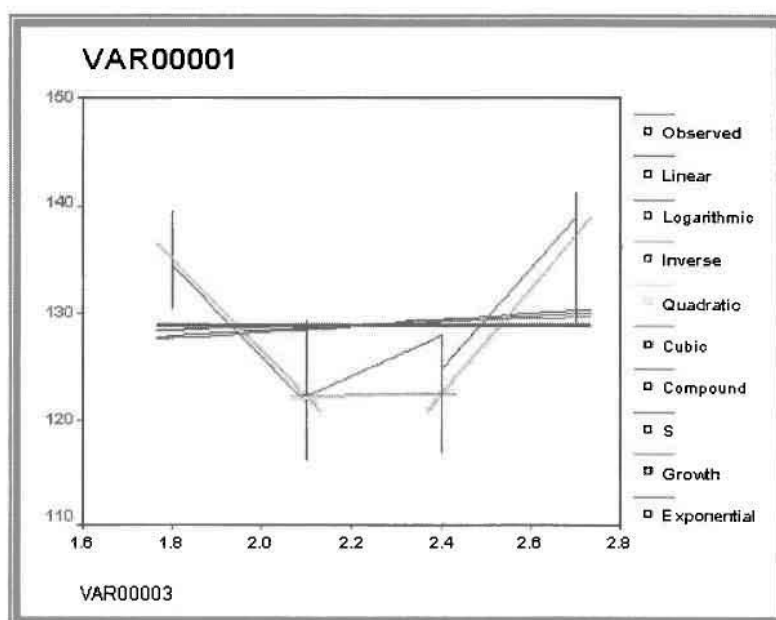


Επεξεργασία: Καργιοπούλης Χρήστος
Επίβλεψη: Περάκης Κων/νος

Βόλος, Ιούλιος 2001

στο κτίριο-δείγμα με τον χαμηλότερο μέσο όρο ραδιομετρικών τιμών. Η συγκεκριμένη παραδοχή δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα, διότι όσο χαμηλότερος είναι ο μέσος όρος των ραδιομετρικών τιμών τόσο περισσότερα rixels σκιάς υπάρχουν σε κάθε πολύγωνο και επομένως τόσο μεγαλύτερο είναι το ύψος του κτιρίου, αφού το κτίριο με το μεγαλύτερο ύψος δημιουργεί μεγαλύτερη σκιά.

Και στη συγκεκριμένη περίπτωση, δοκιμάστηκαν όχι μόνο γραμμικές, αλλά και εκθετικές,



Διάγραμμα 5.2: Εμφάνιση της τελικής σχέσης μεταξύ τιμών φωτεινότητας (κάθετος άξονας) και ΣΔ (οριζόντιος άξονας), Πηγή: ίδια επεξεργασία

Independent: VAR00003									
Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
VAR00001	LIN	.012	31	.39	.539	123.086	2.6003		
VAR00001	LOG	.003	31	.10	.755	126.579	2.9411		
VAR00001	INV	.000	31	1.7E-04	.990	129.048	-.2690		
VAR00001	QUA	.804	30	61.54	.000	503.892	-343.11	76.7622	
VAR00001	CUB	.804	30	61.62	.000	379.261	-172.63		11.381
VAR00001	COM	.011	31	.35	.560	123.265	1.0194		
VAR00001	S	.000	31	3.0E-04	.986	4.8562	.0028		
VAR00001	GRO	.011	31	.35	.560	4.8143	.0192		
VAR00001	EXP	.011	31	.35	.560	123.265	.0192		

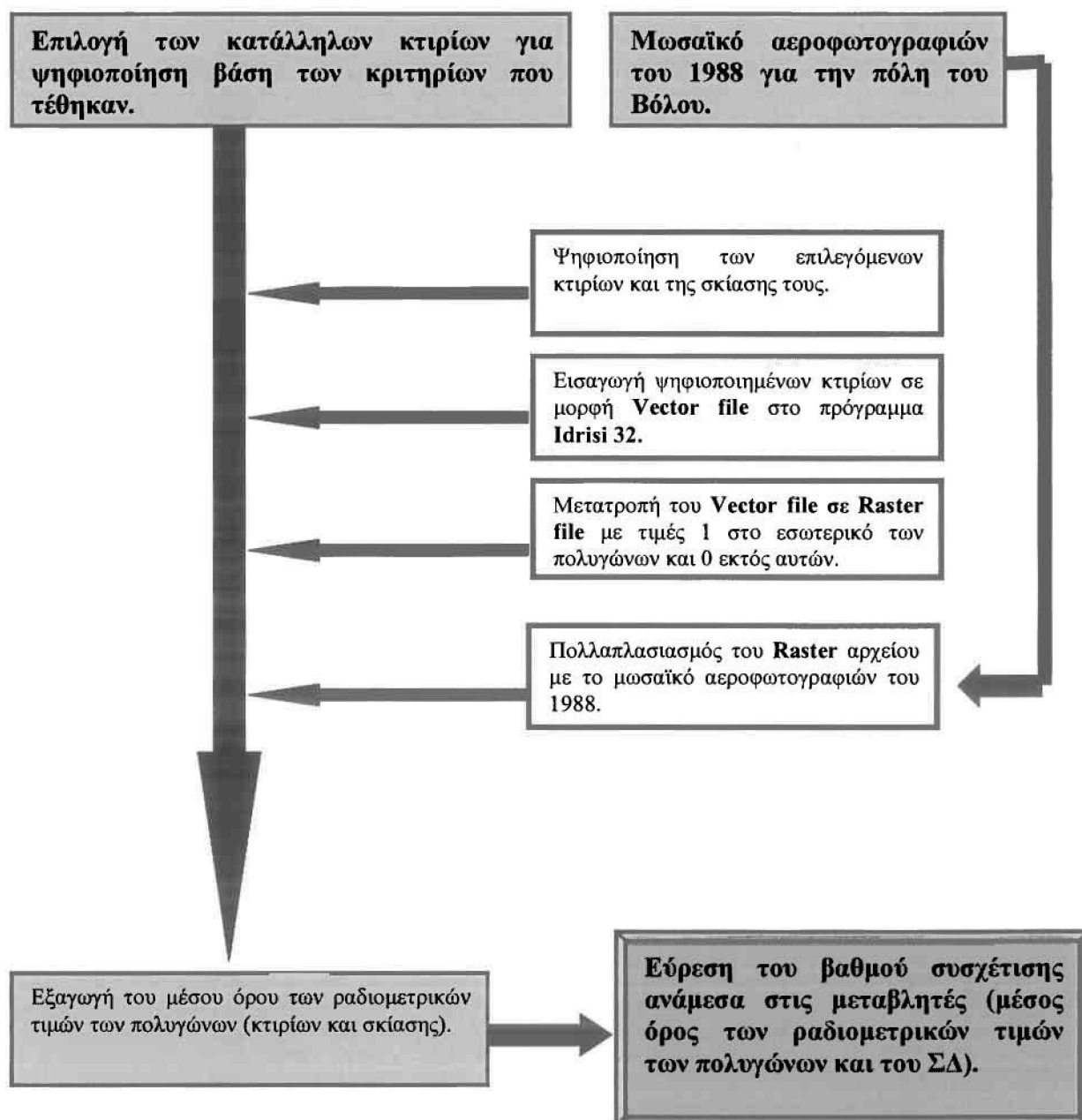
Πίνακας 5.3: Για τα 9 μοντέλα που εφαρμόστηκαν, ο παραπάνω πίνακας δίνει τον συντελεστή συσχέτισης Rsq, τους βαθμούς ελευθερίας d.f, την τιμή του στατιστικού F, και τη στάθμη σημαντικότητας Sigf, καθώς και τον συντελεστή του μοντέλου, (πηγή ίδια επεξεργασία)

λογαριθμικές και κυβικές συναρτήσεις, οι οποίες θα μπορούσαν να προσομοιάσουν καλύτερα την κατανομή των δύο μεταβλητών παρέχοντας μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης (R^2). Αυτή η συγκεκριμένη προσπάθεια, παρήγαγε ικανοποιητικά αποτελέσματα, γιατί παρείχε υψηλό ποσοστό ερμηνείας της διακύμανσης της εξαρτημένης από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Στο διάγραμμα 5.2 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο οι παραπάνω καμπύλες προσομοιώνουν την διακύμανση των δύο μεταβλητών. Παρατηρούμε ότι τα πλέον αξιόπιστα μοντέλα είναι το τετραγωνικό (quadratic-QUA) και το κυβικό (cubic-CUB). Πιο αναλυτικά, η καμπύλη που εμφανίζει το μεγαλύτερο ποσοστό προσέγγισης στα πραγματικά δεδομένα είναι το κυβικό και το τετραγωνικό μοντέλο, τα οποία εμφανίζουν 0,804 σαν συντελεστή συσχέτισης.

Ένα άλλο μέτρο αξιοπιστίας των δύο παραπάνω μοντέλων είναι ότι το στατιστικό $F > F_{\alpha}(1, n - 2)$ του πίνακα της κατανομής F. Επομένως ο τύπος της συνάρτησης (τετραγωνική) που προσαρμόζει καλύτερα τη σχέση μεταξύ Συντελεστή Δόμησης και Τιμών Φωτεινότητας είναι:

$$Y = 503.89 + (-343.11)t + 76.76t^2$$

Διαγραμμα 5.3: Η διαδικασία εύρεσης του βαθμού συσχέτισης των δύο μεταβλητών (ραδιομετρικών τιμών κτιρίων-σκίασης και ΣΔ) στην παρούσα εργασία.



ΣΧΕΔΙΟΝ
ΠΟΛΕΩΣ ΒΟ

ΜΑΥΡΑΤΙ

0 50 100 200 300 400

ΜΑΥΡΑΤΙ ΚΕΝΤΡΟΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



6.1 Τα βασικά συμπεράσματα που εξάγονται από την παρούσα διπλωματική εργασία.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανάδειξη και η χρησιμοποίηση σύγχρονων δεδομένων της Τηλεπισκόπησης (δορυφορικά και ψηφιακά δεδομένα) παράλληλα με τη χρήση στατιστικών μεθόδων στην έρευνα και ανάλυση του αστικού χώρου. Ακόμη, στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επιχειρήθηκε μια προσέγγιση σε νέες τεχνικές και θεωρίες, που έχουν να κάνουν με τη διερεύνηση πιθανής σχέσης μεταξύ των πραγματοποιημένων συντελεστών δόμησης στην περιοχής μελέτης και των τιμών φωτεινότητας των κτιρίων και της σκιάσής τους, όπως αυτή προκύπτει από την αεροφωτογραφία της πόλης του Βόλου για το έτος 1988. Η ανάπτυξη τέτοιων μοντέλων θέτει νέες παραμέτρους στην ανάλυση και στον σχεδιασμό του αστικού χώρου.

Πρέπει βέβαια να σημειωθεί το γεγονός ότι η γενικευμένη χρήση στατιστικών μοντέλων όμως, στην ανάλυση του χώρου κρύβει την πιθανότητα να οδηγηθούμε σε αποτελέσματα, τα οποία δεν συμβαδίζουν με την πραγματική κατάσταση. Συγκεκριμένα, στη περίπτωση της εργασίας αυτής όπως προαναφέραμε, η εφαρμογή του μοντέλου είναι εφικτή μόνο αν κάνουμε ορισμένες παραδοχές. Έτσι, π.χ., καταλήξαμε σε στατιστικά σημαντικά συμπεράσματα, υιοθετώντας παραδοχές τόσο για τον τρόπο ψηφιοποίησης των κτιρίων (ψηφιοποιώντας το σύνολο της σκίασης και μόνο ένα μικρό τμήμα της κάτοψης του κτιρίου) όσο και για τη θέση τους στον αστικό ιστό (ψηφιοποιήθηκαν κτίρια, των οποίων η σκίαση ήταν ελεύθερη και δεν εφάπτονταν σε άλλες γειτονικές επιφάνειες).

Επιπροσθέτως, το στατιστικό μοντέλο που συσχετίζει τις ραδιομετρικές τιμές και τον πραγματοποιούμενο συντελεστή δόμησης, δεν είναι γενικεύσιμο ούτε για άλλες αστικές περιοχές αλλά ούτε και για την ίδια την πόλη του Βόλου. Και τούτο διότι οι σκιάσεις των κτιρίων και επομένως οι ραδιομετρικές τιμές βρίσκονται σε άμεση σχέση με παράγοντες που ποικίλλουν όχι μόνο από περιοχή σε περιοχή αλλά και από την διαφορετική χρονική στιγμή για κάθε περιοχή. Πιο συγκεκριμένα:

Οι ραδιομετρικές τιμές που χρησιμοποιεί το μοντέλο εξαρτώνται ακόμα και για ίδιες περιοχές από τη θέση του ήλιου στον ορίζοντα. Προκύπτουν, δηλαδή, διαφορετικές

σκιάσεις στην ίδια περιοχή, όταν η αεροφωτογραφία ληφθεί κατά τις πρωινές ώρες και διαφορετικές όταν ληφθεί κατά τις μεσημβρινές ώρες, όπου οι σκιάσεις μικραίνουν σημαντικά από την σχεδόν κάθετη πρόσπτωση των ηλιακών ακτινών στην επιφάνεια της γης.

Οι σκιάσεις σε μια αστική περιοχή βρίσκονται σε άμεση εξάρτηση με το ανάγλυφό της. Για παράδειγμα, σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο οι σκιάσεις που δημιουργούνται εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον προσανατολισμό του ανάγλυφου σε σχέση με τον ήλιο, καθώς είναι δυνατή η ύπαρξη περιοχών που βρίσκονται εξ ολοκλήρου σε σκιά, με αποτέλεσμα οι ραδιομετρικές τιμές της περιοχής αυτής να είναι σημαντικά χαμηλότερες σε σχέση με περιοχές που δε καλύπτονται από σκιά. Η διαφορά των σκιάσεων σε διαφορετικές περιοχές, που δεν οφείλονται στον πραγματοποιούμενο συντελεστή δόμησης επηρεάζουν αρνητικά το μοντέλο. Στην περίπτωση, όμως, της πόλης του Βόλου δεν είχαμε να αντιμετωπίσουμε παρόμοιο πρόβλημα αφού το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης είναι ιδιαίτερα ομαλό, με ελάχιστες υψομετρικές διαφορές στο σύνολό του.

Ένα ακόμη παράγοντας που επηρεάζει την τιμή των ραδιομετρικών τιμών και ο οποίος δεν οφείλεται στην μεταβολή του συντελεστή δόμησης σε μια περιοχή, είναι η δομή του πολεοδομικού ιστού. Πιο συγκεκριμένα, σε ένα πολεοδομικό συγκρότημα το οποίο περιλαμβάνει περιοχές διαφορετικής δομής ως προς τον πολεοδομικό τους ιστό, οι μεταβολές των τιμών φωτεινότητας μπορούν να οφείλονται ακόμη και στη διαφορετική δομή του ιστού και όχι στη διαφοροποίηση του πραγματοποιούμενου συντελεστή δόμησης. Και στην περίπτωση αυτή, όπως και σε αυτή που αναφέρθηκε ανωτέρω, η πόλη του Βόλου παρουσιάζει χαρακτηριστική ομοιογένεια στον πολεοδομικό ιστό καθώς στο σύνολό του ακολουθεί το υποδάμειο σύστημα.

Παρ' όλα αυτά, έχοντας σαν δεδομένες τις συγκεκριμένες παραδοχές εξήχθη ένα μοντέλο του οποίου η συσχέτιση του πραγματοποιούμενου συντελεστή δόμησης με τις τιμές φωτεινότητας έφτασε στο -0.805, τιμή ομολογουμένως σημαντική. Το γεγονός αυτό εκτός του ότι επιβεβαιώνει τις αρχικές υποθέσεις για την ύπαρξη στατιστικά σημαντικής σχέσης μεταξύ φωτεινότητας και πραγματοποιούμενου συντελεστή δόμησης, μπορεί να

χρησιμοποιηθεί σαν ένα εργαλείο πολεοδομικού σχεδιασμού, για τη περίπτωση του εκάστοτε εξεταζόμενου πολεοδομικού συγκροτήματος, καθώς με την χρησιμοποίηση της σχέσης που εξήχθη, δίνει τη δυνατότητα αυτόματα, και με μεγάλο ποσοστό ακρίβειας, να υπολογίσει κανείς τον πραγματοποιούμενο συντελεστή δόμησης ενός αστικού συγκροτήματος για κάθε χρονική στιγμή (ανάλογα με τα διαθέσιμα τηλεπισκοπικά δεδομένα). Η δυνατότητα αυτή αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο πολεοδομικού σχεδιασμού, το οποίο θα μπορεί πολύ πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ακρίβεια να υπολογίζει τους πραγματοποιημένους συντελεστές δόμησης, το ύψος των κτιρίων, τον βαθμό αξιοποίησης ως προς την κτισμένη επιφάνεια μιας αστικής περιοχής και επομένως, και τις πραγματικές ανάγκες για επέκταση του σχεδίου πόλεως και θέσπιση υψηλότερων συντελεστών δόμησης για συγκεκριμένες περιοχές και γενικότερα την πραγματική ανάγκη για λήψη ορθολογιστικότερων αποφάσεων σε θέματα πολεοδομικού και αστικού σχεδιασμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

ALFREDO H., S.Ang & WILSON T., (επ: Παναγιωτακοπούλου Δ.), (1993), *Εφαρμογές Πιθανοτήτων & Στατιστικής στη Μελέτη και Προγραμματισμό Τεχνικών Έργων*, Θεσσαλονίκη: Εκδοτικός οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε.

BAXTER R. (1976), *Computer and Statistical Techniques for Planners*, London: Metuen & Co Ltd.

CAMPELL J. (1996), *Introduction to Remote Sensing*, London: Taylor & Francis.

CASTLEMAN K. (1996), *Digital Image Processing*, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

CRACKNELL A. & HAYES L. (1991/1993), *Introduction to Remote Sensing*, Taylor and Francis, London: Taylor & Francis.

DRAPER N. & SMITH H. (1981), *Applied Regression Analysis*, New York: JOHN WILEY & SONS.

DRURY S. (1998), *Images of the earth a guide to remote sensing*, Oxford: Oxford University Press.

EASTMAN J. (1999), *Idrisi 32 Tutorial*, Clark University.

ERDAS IMAGINE Field Guide Fourth Edition, Revised and Expanded, Atlanta: ERDAS Inc., 1997.

ERDAS IMAGINE Tour Guides, Atlanta: ERDAS Inc., 1997.

JENSEN J. (1996), *Introductory Digital Image Processing. A Remote sensing perspective*, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

LILLESAND T. & KIEFER R. (1994), *Remote Sensing and Image Interpretation*, New York: John Wiley and Sons Inc.

QUIMING Z. (1999), Lecture Notes for “*Remote Sensing and Image Interpretation*”, Hong Kong: Department of Geography, Hong Kong Baptist University.

SABINS F. (1997), *Remote Sensing: Principles and Interpretation*, New York: W.H. Freeman and Company.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας (1995), Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης.

Βόλος ένας αιώνας. Από την ένταξη στο ελληνικό κράτος (1881) έως τους σεισμούς (1955), Βόλος: Εκδόσεις Βόλος (2000).

ΔΡΟΣΟΣ Γ. & ΚΑΡΑΜΠΙΣΤΟΛΗΣ Δ. (1994), *Στατιστική Επιχειρήσεων*, Εκδόσεις Έλλην.

ΚΑΤΟΣ Α. (1986), *Στατιστική*, Θεσσαλονίκη: παρατηρητής.

ΚΥΡΙΜΗΣ Κ. & ΜΠΕΤΣΗΣ Α. (1998), *Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με τη χρήση δορυφορικών εικόνων*, Βόλος: Διπλωματική Εργασία, του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

ΚΥΡΙΜΗΣ Κ. (1999), *Θεματική διαχρονική ανάλυση καλύψεων γης στην περιοχή του Βόλου*, Βόλος: Διπλωματική Εργασία Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών, του

Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιου Θεσσαλίας.

ΜΠΕΣΣΑΣ Χ. (1995), “Βόλος: Παρόν-Μέλλον”, στο Μαλούτας Θ. (επ.) *Βόλος Αναζήτηση της κοινωνικής ταυτότητας*, Θεσσαλονίκη: παρατηρητής, 309-312.

ΠΕΡΑΚΗΣ Κ. & ΦΑΡΑΣΛΗΣ Γ. (2000), “Εφαρμογές Τηλεπισκόπησης στην Ανάλυση και την Διαχείριση του Δομημένου και του Υπαίθριου Χώρου”, στο *ΔΕΚΑΕΠΤΑ ΚΕΙΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ, ΤΙΣ ΠΟΛΕΙΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ*, Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, 428-435.

ΠΕΡΑΚΗΣ Κ. (1999), *Στοιχεία Δειγματοληψίας και Ανάλυσης Δεδομένων*, Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.

ΠΕΡΑΚΗΣ Κ. (1999), *Φωτοερμηνεία και Τηλεπισκόπηση*, Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.

ΣΥΛΛΑΙΟΣ Ν. (1990), *Εφαρμογές Τηλεπισκόπησης στη Γεωργία*, Θεσσαλονίκη: Γιαχούδη-Γιαπούλη

ΣΥΛΛΑΙΟΣ Ν. (2000), *Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών*: Γιαχούδη-Γιαπούλη.

ΤΣΙΟΤΡΑΣ Β. (2000), *Επεξεργασία δορυφορικών Εικόνων IRS-1C LISS στην περιοχή της λίμνης Ταυρωπού του Ν. Καρδίτσας Σύνδεση με το ερευνητικό πρόγραμμα LIFE NAE/GR/006480*, Βόλος: Διπλωματική Εργασία, του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιου Θεσσαλίας.

ΧΡΙΣΤΟΦΙΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ. (1980), *Η Πολεοδομική νομοθεσία όπως ισχύει σήμερα*, Αθήνα: Εκδοτικός Οίκος Αφοι Π. Σάκκουλα.

ΧΡΙΣΤΟΦΙΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ. (1988), *Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός (Ν. 1577/88 όπως τροποποιήθηκε με το Ν. 1772/88)*, Αθήνα: Εκδοτικός Οίκος Αφοι Π. Σάκκουλα.

ΧΡΙΣΤΟΦΙΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ. (1988), *Το νέο θεσμικό πλαίσιο Πολεοδομικού Σχεδιασμού*, Αθήνα: Εκδοτικός Οίκος Αφοι Π. Σάκκουλα.

ΧΡΙΣΤΟΦΙΛΟΠΟΥΛΟΣ Δ. (1990), *Αστικός και Χωροταξικός Σχεδιασμός- Προγραμματισμός*, Αθήνα: Εκδοτικός Οίκος Αφοι Π. Σάκκουλα.

Χωροταξικά και Περιβαλλοντικά Χαρακτηριστικά της Χερσονήσου Μαγνησίας (1997), Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης.

Διαδίκτυο

<http://www.geoapikonisis.gr/projections-greek.htm>

<http://www.kisr.edu.kw/research/envirnment/rs/rs3.html>

<http://www.spaceimaging.com>

<http://www.volos.gr/citygul.htm>

<http://www.volos.gr/cityguidenew/history.htm>

<http://www.ypes.gr>

<http://www.unn.ac.uk/~h807864/volos.html>