



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΤΣΑΜΠΟΥΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΕΡΑΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΗΝ
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΩΝ ΤΙΡΑΝΩΝ



ΒΟΛΟΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2006



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 4812/1
Ημερ. Εισ.: 10-07-2006
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΧΠΠΑ
2006
ΤΣΑ



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης σε αστικό περιβάλλον και συγκεκριμένα στην πόλη των Τιράνων. Η εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης.

Για την επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω καταρχήν τον επιβλέποντα επίκουρο καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Περάκη, για την επιλογή του θέματος και τις συμβουλές και υποδείξεις του οι οποίες υπήρξαν οδηγό καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης.

Επίσης ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω προς το Εργαστήριο Δημογραφικών και Κοινωνικών Αναλύσεων του ΤΜΧΠΠΑ και τον υπεύθυνο του εργαστηρίου καθηγητή κ. Βύρωνα Κοτζαμάνη για την παροχή των δεδομένων και την υποστήριξη. Επίσης προς τον υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος και μέλος του ΕΔΚΑ Μιχάλη Αγοραστάκη για τις πολύτιμες συμβουλές του και το χρόνο που αφιέρωσε.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους και την διαρκή υποστήριξη.

Τέλος ένα ευχαριστώ στους φίλους μου για την υποστήριξή τους. Χωρίς τη βοήθεια όλων των παραπάνω δεν θα είχα επιτύχει τους στόχους μου.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	ii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ I: Εισαγωγή	I
ΚΕΦΑΛΑΙΟ II: Τεχνικές ταξινόμησης και σύγκριση.....	3
Εισαγωγή	3
Ορισμοί.....	3
Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση.....	4
Επιβλεπόμενη ταξινόμηση	6
Υβριδική ταξινόμηση	9
Ασαφής ταξινόμηση	10
Αντικειμενοστραφής ταξινόμηση.....	10
Σύγκριση της αντικειμενοστραφούς με τις pixel-based μεθόδους ταξινόμησης.....	13
Βιβλιογραφικές αναφορές στην εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ III: Γενική περιγραφή της περιοχής μελέτης.....	21
Λόγοι επιλογής της πόλης των Τιράνων.....	21
Ιστορικά στοιχεία.....	22
Δημογραφικές και κοινωνικές συνθήκες	24
Γεωγραφική θέση	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV: Περιγραφή δεδομένων και προεπεξεργασία	28
Δεδομένα	28
Εικόνες.....	28
Διανυσματικά δεδομένα	28
Δεδομένα απογραφής	28
Ο δορυφόρος IKONOS.....	29
Προσαρμογή δορυφορικών δεδομένων	32
Ραδιομετρική προεπεξεργασία	32
Γεωμετρική προεπεξεργασία	33
Συμπεράσματα	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ V: Εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης στη	
διάκριση των τύπων κάλυψης.....	34
Εφαρμογή	34
Κριτήρια επιλογής των δήμων.....	34
Κατάτμηση (Segmentation).....	35
Δημιουργία ιεραρχικού δικτύου	39
Δειγματοληψία.....	41
Ταξινόμηση.....	46
Εκτίμηση της ακρίβειας ταξινόμησης	52
Συμπεράσματα	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI: Ανάλυση και συσχετίσεις χωρικών και απογραφικών	
μεταβλητών	61



Ποσοτικοποίηση χωρικών μεταβλητών από την ταξινομημένη εικόνα.....	61
Απογραφικές μεταβλητές	62
Ανάλυση	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII: Συμπεράσματα – προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	66
Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	67
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	69
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.4: Η θέση των Τιράνων στην Αλβανία.....	22
Εικόνα 2.4.: Πανοραμική άποψη των Τιράνων από το όρος Dajti.....	23
Εικόνα 3.4: Άποψη του κέντρου των Τιράνων.....	24
Εικόνα 4.4: Ο δορυφόρος IKONOS	30
Εικόνα 5.4: Άποψη του Βατικανού, εικόνα από το δορυφόρο IKONOS	32
Εικόνα 6.4: Τμήμα της εικόνας του δήμου 10 πριν και μετά το φίλτρο «noise reduction».	34
Εικόνα 1.5: Διοικητική διαίρεση του Δήμου Τιράνων σε μικρότερους δήμους.	35
Εικόνα 2.5: Αριστερά φαίνονται τα αντικείμενα σε κατάτμηση πρώτου επιπέδου και δεξιά σε δεύτερου. Από κάτω η εικόνα με πραγματικά χρώματα.	37
Εικόνα 3.5: Άσφαλτος σκούρο	42
Εικόνα 4.5: Άσφαλτος ανοιχτό.....	43
Εικόνα 5.5: Χωματόδρομος.....	43
Εικόνα 6.5: Κενός χώρος.....	43
Εικόνα 7.5: Στέγη με κεραμίδι ανοιχτού χρώματος.....	44
Εικόνα 8.5: Κτίρια με σκεπή από κεραμίδια σκούρου χρώματος.....	44
Εικόνα 9.5: Κτίρια με μαύρη πλάκα.....	45
Εικόνα 10.5: Κτίρια με άσπρη πλάκα.....	45
Εικόνα 11.5: Πράσινο ανοιχτό.....	46
Εικόνα 12.5: Πράσινο σκούρο.....	46
Εικόνα 13.5: Σκιά.....	46
Εικόνα 14.5: Ελαττωματικά pixels.....	47
Εικόνα 16.5: Η εικόνα ενός ταξινομημένου αντικειμένου.....	52
Εικόνα 17.5: Αποτέλεσμα της άριστης ταξινόμησης (Best classification result) για το δήμο 10.....	53
Εικόνα 18.5: Εργαλείο ελέγχου της σταθερότητας της ταξινόμησης (classification stability) δήμου 10.....	54
Εικόνα 19.5: Αποτέλεσμα της άριστης ταξινόμησης (Best classification result) δήμου 11.....	55
Εικόνα 20.5: Εργαλείο ελέγχου της σταθερότητας της ταξινόμησης (classification stability) δήμου 11.....	55



Εικόνα 21.5: Κατανομή των σημείων ελέγχου στην επιφάνεια του Δήμου 10.....	56
Εικόνα 22.5: Κατανομή των σημείων ελέγχου στην επιφάνεια του Δήμου 11.....	57

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.3: Πληθυσμιακή εξέλιξη των Τιράνων από το 2001 έως το 2004.....	25
Πίνακας 1.4: Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών IKONOS.....	31
Πίνακας 1.5: Πίνακας τιμών των συνθηκών.....	49
Πίνακας 2.5: Αποτελέσματα εκτίμησης της ακρίβειας της ταξινόμησης της εικόνας του Δήμου 10.....	58
Πίνακας 3.5: Αποτελέσματα εκτίμησης της ακρίβειας της ταξινόμησης της εικόνας του Δήμου 11.	59
Πίνακες παραρτήματος	
Πίνακας 1: Στατιστικά των ιδιοτήτων των αντικειμένων.....	74
Πίνακας 2: Πίνακας σφαλμάτων ταξινομημένων εικόνων δημοτικών διαμερισμάτων 10 (πάνω) και 11 (κάτω).....	75
Πίνακας 3: Πίνακας συσχετίσεων με βάση το δείκτη ρ του Spearman.....	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Παράδειγμα ιεραρχικού δικτύου αντικειμένων.....	11
Σχήμα 2: Από την αρχική εικόνα στα τελικά αντικείμενα.....	39



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια με την αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας κατέστη δυνατή η ανάπτυξη νέων μεθόδων ανάλυσης των δορυφορικών εικόνων οι οποίες πλέον είναι πολύ υψηλής ανάλυσης. Τα δορυφορικά συστήματα σήμερα μπορούν να αποτελέσουν βασική πηγή πρωτογενών δεδομένων παρέχοντας πλήθος πληροφοριών και όχι συμπληρωματική όπως ίσχυε παλαιότερα.

Κύριος σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να καταφέρει να συνδυάσει εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης από το δορυφόρο IKONOS με δεδομένα της απογραφής ώστε τελικά να δείξει τη συσχέτιση μεταξύ των καλύψεων γης και της ηλικίας των κτιρίων και ενδεχομένως και των ορόφων των κτιρίων. Για την επίτευξη των παραπάνω χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο η αντικειμενοστραφής ανάλυση και στατιστικές μέθοδοι.

Η διαδικασία ανάλυσης περιλάμβανε την αντικειμενοστραφή ταξινόμηση των δορυφορικών εικόνων και την εξαγωγή των καλύψεων γης ως μεταβλητές. Έπειτα ακολούθησε η συσχέτιση των μεταβλητών της ταξινόμησης με τις μεταβλητές της απογραφής χρησιμοποιώντας στατιστικές μεθόδους.

Η ανάλυση έδειξε πως το είδος της στέγης των κτιρίων πράγματι σχετίζεται με την ηλικία και τον αριθμό των ορόφων τους. Επιπλέον βρέθηκαν συσχετίσεις μεταξύ και άλλων καλύψεων γης με την ηλικία ενώ εμφανίστηκαν συσχετίσεις και με τον αριθμό ορόφων των κτιρίων.

Λέξεις κλειδιά: αντικειμενοστραφής ανάλυση, απογραφή, Τίρανα



ΚΕΦΑΛΑΙΟ I: Εισαγωγή

Στην εποχή που διανύουμε η τεχνολογία έχει διεισδύσει σε κάθε επιστημονικό κλάδο. Στην περίπτωση της μελέτης του αστικού χώρου έχουν αναπτυχθεί εργαλεία, τεχνικές και μέθοδοι που συνεισφέρουν στην ανάλυση προσφέροντας αποτελεσματικότητα, ταχύτητα και ακρίβεια. Από τις νέες τεχνολογίες τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και οι δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης (τα πλεονεκτήματα των δορυφορικών εικόνων αναλυτικά παρατίθενται στο παράρτημα) αποτελούν την αιχμή της τεχνολογίας για τη μελέτη του αστικού χώρου.

Με την εμφάνιση των δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης έχουν αναπτυχθεί και νέες τεχνικές ανάλυσης των εικόνων όπως είναι η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση η οποία εισάγει μια νέα οπτική, την αντιμετώπιση των δορυφορικών εικόνων ως ένα σύνολο αντικειμένων.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης στην αναγνώριση των καλύψεων γης σε αστικό περιβάλλον και συγκεκριμένα στα Τίρανα. Η επιλογή της πόλης αυτής δεν ήταν τυχαία. Τα Τίρανα, πόλη μεσαίου μεγέθους και πρωτεύουσα ενός «κλειστού» στον έξω κόσμο κράτους, με ελεγχόμενη ανάπτυξη υπέστη συνταρακτικές αλλαγές στην μετά τον Ε. Χότζα περίοδο. Στη πρώτη αυτή περίοδο της μετάβασης η έντονη γεωγραφική κινητικότητα χαρακτηρίζει την μετα-σοσιαλιστική Αλβανία. Η μετανάστευση προς το εξωτερικό και οι εσωτερικές μεταναστεύσεις που κατευθύνονται στο δίπολο Τίρανα –Δυρράχιο επέφεραν σημαντικές αλλαγές στην κατανομή του πληθυσμού στον χώρο και είχαν ως αποτέλεσμα (εκτός των άλλων) την σημαντική μεγέθυνση της πρωτεύουσας (διπλασιασμό της επιφάνειας και αύξηση κατά 50% σχεδόν του πληθυσμού της σε μια δεκαπενταετία (1989-2004). Η μεγέθυνση αυτή της πόλης (μοναδικό και ακραίο φαινόμενο για τα ευρωπαϊκά δεδομένα) άλλαξε ριζικά την μορφή της σε εξαιρετικά σύντομη περίοδο. Η μελέτη της πόλης παρουσιάζει επομένως εξαιρετικό ενδιαφέρον για την εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης στην αναγνώριση των καλύψεων γης σε αστικό περιβάλλον, μέθοδο που μπορέσαμε να εφαρμόσουμε χάρη στην διάθεση από το Εργαστήριο Δημογραφικών και Κοινωνικών Αναλύσεων του ΤΜΧΠΠΑ αφενός μεν των αναλυτικών επεξεργασμένων δεδομένων της γενικής απογραφής πληθυσμού-κτηρίων του 2001 σε επίπεδο απογραφικού τομέα και οικοδομικού τετραγώνου, αφετέρου δε μιας δορυφορικής εικόνα υψηλής ανάλυσης



για την ίδια περίοδο (η διάθεση των απογραφικών στοιχείων διευκόλυνε σημαντικά την εργασία μας όπως δεν ήταν απολύτως αναγκαία η επιτόπια δειγματοληψία για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων της μεθόδου που χρησιμοποιήσαμε).

Η ταξινόμηση εφαρμόστηκε σε δορυφορική εικόνα δύο αντιπροσωπευτικών δημοτικών διαμερισμάτων των Τιράνων. Επιπλέον έγινε έλεγχος συσχέτισης των καλύψεων γης με τα χαρακτηριστικά των κτιρίων. Τα χαρακτηριστικά που επιλέχθηκαν είναι η ηλικία και ο αριθμός ορόφων των κτιρίων. Οι συσχετίσεις εντοπίστηκαν χρησιμοποιώντας στατιστικές μεθόδους και αποτυπώθηκαν σε πίνακες και θεματικούς χάρτες.

Η εφαρμογή της μεθόδου της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης στην πόλη των Τιράνων ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα και πρωτότυπη όπως για την επίτευξη του τελικού στόχου απαιτήθηκε προσαρμογή στη νέα φιλοσοφία η οποία μικρή σχέση έχει με τις κλασσικές μεθόδους. Ειδικότερα, στο σημείο αυτό οφείλουμε αφενός μεν να επισημάνουμε ότι οι συνήθεις μέθοδοι ταξινόμησης που αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του '70 δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές και είναι αμφίβολο αν μπορούν σήμερα να ανταπεξέλθουν στην ταξινόμηση εικόνων ιδιαίτερα υψηλής χωρικής ανάλυσης, αφετέρου δε ότι η αντικειμενοστραφή ταξινόμηση έχει συχνά εφαρμοσθεί από ερευνητές για διάφορους σκοπούς χωρίς όμως να συνδυάζεται με άλλα δεδομένα (όπως τα απογραφικά στην περίπτωση μας)

Η εργασία μας αποτελείται από 6 ενότητες, και ειδικότερα .

Το κεφάλαιο 2 περιλαμβάνει εισαγωγικά στοιχεία για την ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων. Υπάρχει συνοπτική παρουσίαση των κλασσικών μεθόδων, αναλυτική της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης και σύγκρισή τους. Επίσης εκτίθενται συνοπτικά εφαρμογές της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης άλλων ερευνητών.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται περιγραφή της περιοχής μελέτης, αναφέρονται ποιοι είναι οι λόγοι επιλογής των Τιράνων ως περιοχή μελέτης καθώς επίσης και ιστορικά, δημογραφικά και γεωγραφικά στοιχεία.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα πρωτογενή δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση και η προεπεξεργασία τους που περιλαμβάνει τις ραδιομετρικές και άλλες διορθώσεις.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η διαδικασία της ταξινόμησης. Περιγράφονται τα στάδια μέχρι την τελική διάκριση των τύπων κάλυψης και η εκτίμηση της ακρίβειας του τελικού αποτελέσματος της ταξινόμησης.



Το κεφάλαιο 6 αναλύονται τα αποτελέσματα και η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών δηλαδή η συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και των ορόφων των κτιρίων με τις καλύψεις γης.

Στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται γενικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την διαδικασία ολοκλήρωσης της εργασίας ενώ στο κεφάλαιο 8 εκτίθενται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ II: Τεχνικές ταξινόμησης και σύγκριση

Εισαγωγή

Ορισμοί

- Η έννοια του εικονοστοιχείου (pixel). Το εικονοστοιχείο – ψηφίδα είναι το μικρότερο στοιχείο μιας ψηφιακής εικόνας. Είναι στοιχείο διακριτό και σε αυτό καταγράφεται η τιμή της έντασης της ακτινοβολίας σε κάποια δεδομένη περιοχή του φάσματος (κανάλι). Ένα εικονοστοιχείο ορίζεται από τρεις τιμές: τις συντεταγμένες του x,y και το ποσοστό ανάκλασης διαβαθμισμένο σε κάποια κλίμακα ανάλογα με το καταγραφικό σύστημα. Επομένως μια ψηφιακή εικόνα αποτελεί μια αναπαράσταση της φυσικής πραγματικότητας σε μορφή πίνακα στον οποίο οι γραμμές και οι στήλες αντιστοιχίζονται στις συντεταγμένες της εικόνας και η ένταση της ακτινοβολίας σε αποχρώσεις του γκρι (Συλλαιός, 2000).

- Ο όρος θεματική τάξη - κλάση εκφράζει ένα ομογενές (χωρικά) σύνολο από εικονοστοιχεία των οποίων οι φασματικές αποκρίσεις διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους όχι τόσο επειδή διαφέρει η φασματική τους υπογραφή αλλά κύρια λόγω εξωγενών παραγόντων όπως η διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας, η επίδραση της τοπογραφίας κ.α. Μια εικόνα μπορεί να αναπαρασταθεί σ' ένα n -διάστατο χώρο, όπου n είναι ο αριθμός των φασματικών καναλιών. Σε αυτή την αναπαράσταση κάθε εικονοστοιχείο της προβάλλεται σε μια θέση ανάλογα με την φασματική απόκριση που καταγράφεται στα n κανάλια. Κατά αυτόν τον τρόπο προκύπτει ένα νέφος σημείων συνθέτοντας το φασματικό νέφος της εικόνας στο n -διάστατο χώρο. Σε αυτό το χώρο παρατηρούνται επιμέρους ομαδοποιήσεις που ονομάζονται φασματικές κλάσεις. Ανατρέχοντας στις φασματικές υπογραφές των καλύψεων γης (φασματικών τάξεων) του νερού, της βλάστησης, και του εδάφους τότε θα διαπιστώσουμε ότι ένα νέφος σημείων θα δημιουργηθεί κοντά στην αρχή των αξόνων και θα αντιστοιχεί στη φασματική τάξη νερό. Μέσα σε μια φασματική τάξη ή στα όριά της μπορεί να συμπεριλαμβάνονται εικονοστοιχεία που ανήκουν σε άλλες θεματικές κλάσεις όπως για παράδειγμα σκιάσεις. Η αιτία μίξης των φασματικών τάξεων σε αυτή την περίπτωση είναι α) οι εξωγενείς επιδράσεις / παράγοντες και β) οι παραπλήσιες ή ίδιες φασματικές υπογραφές με δεδομένη τη φασματική δειγματοληψία του δορυφορικού συστήματος. Επιπλέον



η χωρική διακριτική ικανότητα του καταγραφικού συστήματος έχει σαν αποτέλεσμα μερικές φορές σε ένα εικονοστοιχείο να συνυπάρχουν περισσότερες των μια θεματικών κλάσεων δηλαδή καταγράφεται μια μέση τιμή φασματικής απόκρισης που σε συνδυασμό με τη φασματική δειγματοληψία δεν επιτρέπει τον (φασματικό) διαχωρισμό (Μηλιαρέσης, 2003).

Με τον όρο ταξινόμηση φασματικών δεδομένων εννοείται η διαδικασία καταχώρισης κάθε εικονοστοιχείου της εικόνας σε κάποια χρήση ή κάλυψη που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης, δηλαδή εδάφους, νερού, βλάστησης και στις ανθρώπινες κατασκευές. Ως ταξινόμηση θεωρείται η αναγνώριση της δομής του κάθε εικονοστοιχείου και η συσχέτισή της με κάποιο βιοφυσικό χαρακτηριστικό. Τέσσερις είναι οι βασικές μέθοδοι ταξινόμησης: 1) η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (unsupervised classification), 2) η επιβλεπόμενη ταξινόμηση (supervised classification) 3) η υβριδική ταξινόμηση (hybrid classification) 4) η ασαφής ταξινόμηση (fuzzy classification) ενώ η αντικειμενοστραφής (object oriented classification) αναπτύσσεται τελευταία.

Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Αλγόριθμος των K-Μέσων (K-means)

Στον αλγόριθμο των K-Μέσων που εισήγαγε ο Mather (Mather 1987), το κριτήριο για την κατάταξη ενός εικονοστοιχείου σε μια θεματική κλάση είναι η απόσταση από τα κέντρα των κλάσεων. Τα βήματα υπολογισμού των κέντρων έχουν ως εξής:

1. Επιλέγονται K pixels στον πολυφασματικό χώρο της εικόνας ως πιθανά κέντρα συσσώρευσης φασματικών τάξεων. Έστω ότι τα σημεία αυτά είναι $m_i^{(0)}$, $i=1,2,3, \dots, K$. Μολονότι τα κέντρα αυτά των υποψηφίων φασματικών τάξεων $m_i^{(0)}$ επιλέγονται αυθαίρετα είναι καλό η επιλογή τους να είναι κατά κάποιο τρόπο ομοιόμορφα κατανεμημένη στο χώρο της εικόνας.

2. Κάθε ψηφίδα x της εικόνας καταχωρείται στο πλησιέστερο κέντρο (ραδιομετρικά) συσσώρευσης της ομάδας σύμφωνα με τα μέτρα εγγύτητας των ψηφίδων (π.χ. Ευκλείδεια απόσταση).

3. Δημιουργείται ένα νέο σύνολο κέντρων συσσωρεύσεων των ψηφίδων $m_i^{(n)}$ από το προηγούμενο βήμα.



4. Αν $|m_i^{(n)} - m_i^{(0)}| < \epsilon$, όπου ϵ ένας μικρός αριθμός τότε η διαδικασία ομαδοποίησης τερματίζεται, ειδάλλως τίθεται $m_i^{(n)} = m_i^{(0)}$, επιστρέφουμε στο βήμα 2 και συνεχίζουμε την ομαδοποίηση των ψηφίδων (Μερτίκας, 1999).

Τα κριτήρια για την κατάταξη ενός εικονοστοιχείου σε μια θεματική κλάση είναι η ραδιομετρική τιμή του και η θέση του στην εικόνα. Ο ταξινομητής αυτός δεν είναι κατάλληλος για πολύπλοκες περιοχές που αποτελούνται από μικρά τμήματα εδαφικής κάλυψης και δεν είναι αποτελεσματικός για εικόνες πολύ υψηλής χωρικής ανάλυσης (VHR) όπως αυτές από τους δορυφόρους IKONOS και Quickbird.

Τοπικά Μέγιστα Πολυδιάστατων Ιστογραμμάτων

Η ταξινόμηση με βάση τα Τοπικά Μέγιστα Πολυδιάστατων Ιστογραμμάτων ελέγχει και εντοπίζει τις φασματικές τάξεις όπου το ιστόγραμμα παρουσιάζει τοπικά μέγιστα (Richards 1993). Αν υποθέσουμε ότι η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα μιας εικόνας είναι 256 τότε η ραδιομετρική τιμή των εικονοστοιχείων παίρνει τιμή από 0 ως 255. Είναι πιθανό όμως να μην κατανέμονται οι τιμές σε όλο το φάσμα 0-255 αλλά να δημιουργούνται τοπικά μέγιστα τα οποία είναι η αρχική υπόθεση για τα κέντρα των κλάσεων. Τα ελάχιστα που δημιουργούνται είναι τα όρια των κλάσεων. «Στη συνέχεια γίνεται ενσωμάτωση των γειτονικών προς τα αρχικά κέντρα εικονοστοιχείων με κριτήρια:

- α) την απόσταση από το τοπικό μέγιστο στο ιστόγραμμα και
- β) την μεταβολή της συνολικής συχνότητας της τάξης που προκύπτει από τη συνένωση (Μηλιαρέσης, 2003)».

ISODATA

Ο αλγόριθμος ISODATA μοιάζει σε ένα μεγάλο βαθμό με τον αλγόριθμο των K-Μέσων μιας και αποτελεί την εξέλιξη του τελευταίου από τους Ball και Hall (Ball and Hall, 1965) οι οποίοι προσέθεσαν δυο επιπλέον βήματα ώστε να βελτιωθεί η διαδικασία ομαδοποίησης. Και αυτός ο αλγόριθμος ξεκινά από μια αρχική υπόθεση για τα κέντρα των κλάσεων και με ένα βρόχο ο οποίος περιλαμβάνει ένα κριτήριο που τον τερματίζει συγκλίνει προς τα πραγματικά κέντρα. Η ένταξη ενός εικονοστοιχείου σε μία κλάση εξαρτάται από την απόσταση του εικονοστοιχείου από το κέντρο της κλάσης και κάθε φορά που στην επαναληπτική αυτή διαδικασία αλλάζουν τα κέντρα αλλάζει και η κατανομή των εικονοστοιχείων στις θεματικές κλάσεις. Ο αλγόριθμος



ISODATA περιλαμβάνει δυο επιπλέον βήματα τα οποία επενεργούν είτε διαχωρίζοντας κλάσεις είτε ενοποιώντας κλάσεις. «Πιο συγκεκριμένα:

- μια κλάση ενοποιείται με την πλησιέστερη εάν είτε α) ο αριθμός των εικονοστοιχείων που εμπεριέχονται είναι μικρότερος από μια προκαθορισμένη τιμή (κριτήριο μεγέθους) είτε β) εάν η απόσταση των κέντρων τους είναι μικρότερη από μια προκαθορισμένη τιμή (κριτήριο εγγύτητας)

- μια κλάση διαχωρίζεται εάν η τυπική απόκλιση των αποστάσεων των εικονοστοιχείων από το κέντρο βάρους της κλάσης (κριτήριο συνεκτικότητας) είναι μεγαλύτερη από μια προκαθορισμένη τιμή και εφόσον το πλήθος των εικονοστοιχείων που την αποτελούν είναι μεγαλύτερο από ένα ακόμη κριτήριο μεγέθους.

Το κύριο κριτήριο που πρέπει να πληρείται κατά την ενοποίηση ή τον διαχωρισμό των κλάσεων είναι ότι το ολικό μέσο τετραγωνικό σφάλμα (R.M.S.E.: Root Mean Square Error) πρέπει να μειώνεται» (Μηλιαρέσης, 2003).

Επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Η επιβλεπόμενη ή αλλιώς καθοδηγούμενη ταξινόμηση είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται συχνά για την ποιοτική ανάλυση δεδομένων Τηλεπισκόπησης. Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση μπορεί να οριστεί ως η διαδικασία της ταξινόμησης των εικονοστοιχείων μιας εικόνας χρησιμοποιώντας δείγματα για τα οποία γνωρίζουμε την κάλυψη/χρήση γης. Ο αναλυτής της εικόνας καθορίζει περιοχές μέσα στην εικόνα (training sites) οι οποίες αντιπροσωπεύουν γνωστές εδαφικές καλύψεις. Τέτοιες περιοχές πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά δείγματα κάθε θεματικής κλάση και κυρίως πρέπει να είναι ομογενή. Η επιλογή των περιοχών «εκπαίδευσης» αποτελεί την κύρια εργασία του αναλυτή και καθορίζει το αποτέλεσμα της ταξινόμησης.

«Στα πλεονεκτήματα της επιβλεπόμενης ταξινόμησης μπορούν να συγκαταλεχθούν και τα ακόλουθα: πρώτον, ο αναλυτής ελέγχει το σύνολο των επιλογών του είδους της πληροφορίας που θα ταξινομηθεί, σύμφωνα με τις ανάγκες και τη γεωγραφική περιοχή. Η παραπάνω επιλογή είναι σημαντική αν είναι ανάγκη να δημιουργηθεί μια ταξινόμηση για ειδικούς σκοπούς (π.χ. σύγκριση με κάποια άλλη ταξινόμηση της ίδιας περιοχής σε διαφορετική ημερομηνία) ή αν η ταξινόμηση πρέπει να είναι συμβατή με εκείνη των γειτονικών περιοχών. Δεύτερον, ο αναλυτής δεν αντιμετωπίζει το πρόβλημα του προσδιορισμού της αντιστοιχίας των φασματικών ομάδων με τα είδη της πληροφορίας που αντιπροσωπεύουν. Τρίτον, ο αναλυτής είναι



σε θέση να αναγνωρίσει σοβαρά σφάλματα στην ταξινόμηση, αν εξετάσει τα δεδομένα της εκπαίδευσης» (Μερτίκας 1999).

«Στα μειονεκτήματα και τους περιορισμούς της επιβλεπόμενης ταξινόμησης συμπεριλαμβάνονται τα εξής: πρώτον, ο αναλυτής επιβάλλει τον δικό του τρόπο ταξινόμησης των δεδομένων. Οι περιοχές που έχουν καθοριστεί από τον αναλυτή ενδέχεται να μην ταυτίζονται με τις φυσικές πληροφοριακές ομάδες δηλαδή καλύψεις γης (π.χ. νερό, πετρελαιοκηλίδα, αστική περιοχή, κλπ.). Δεύτερον, τα δεδομένα εκπαίδευσης καθορίζονται από τα είδη της πληροφορίας, κατά κύριο λόγο, και κατά δεύτερο λόγο από τις φασματικές ιδιότητές τους. Μια περιοχή εκπαίδευσης που είναι 100% δάσος μπορεί να είναι ακριβής ως προς το χαρακτηρισμό «δάσος», αλλά να ποικίλλει ως προς την πυκνότητα, την ηλικία κλπ. και συνεπώς να αποτελεί «φτωχή» ή «ανεπαρκή» περιοχή εκπαίδευσης του αλγορίθμου ταξινόμησης. Τρίτον, τα δεδομένα εκπαίδευσης που θα επιλεγούν μπορεί να μην είναι αντιπροσωπευτικά για ολόκληρη την εικόνα. Η συνειδητή επιλογή των δεδομένων εκπαίδευσης είναι χρονοβόρα διαδικασία, δαπανηρή και κουραστική, ακόμη και με τα πιο σύγχρονα μέσα. Επίσης ο αναλυτής μπορεί να αντιμετωπίσει προβλήματα στο ταίριασμα των προβλεπόμενων περιοχών εκπαίδευσης, όπως απεικονίζονται στους χάρτες και στις αεροφωτογραφίες, με εκείνες που φαίνονται στην εικόνα. Τέταρτον, η επιβλεπόμενη ταξινόμηση μπορεί να μην είναι ικανή να αναγνωρίσει και να αντιπροσωπεύσει ιδιομορφίες στις κατηγορίες που δεν αποκαλύπτονται στα δεδομένα εκπαίδευσης, πιθανόν επειδή δεν είναι γνωστές στον αναλυτή, ή επειδή καταλαμβάνουν πολύ μικρές περιοχές στην εικόνα» (Μερτίκας 1999).

Περιοχές/Πεδία εκπαίδευσης

«Τα πεδία εκπαίδευσης (training sites) είναι περιοχές γνωστής φασματικής ταυτότητας που αποκαλύπτονται στην ψηφιακή εικόνα (π.χ. περιοχές νερού, δάσους, κ.λπ.). Συνήθως περιγράφονται από τις κορυφές ενός πολυγώνου στην εικόνα. Στόχος είναι να προσδιοριστεί ένα σύνολο ψηφίδων που αντιπροσωπεύει επακριβώς μια φασματική τάξη (μέση τιμή, διασπορά, συσχέτιση), που παρουσιάζεται στην εικόνα» (Μερτίκας, 1999).

«Η επιλογή των περιοχών εκπαίδευσης προϋποθέτει όχι μόνο φωτοερμηνεία της εικόνας ή γνώση της περιοχής μελέτης αλλά και γνώση των φυσικών και ανθρωπογενών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή την δεδομένη χρονική



στιγμή λήψης της εικόνας (π.χ. εποχικές μεταβολές στην ανθοφορία των φυτών και στις δραστηριότητες των αγροτών)» (Μηλιαρέσης, 2003).

Αλγόριθμος Ελάχιστης Απόστασης

Ο αλγόριθμος της ελάχιστης απόστασης είναι πολύ απλός στη σύλληψη και εφαρμογή καθώς για κάθε δείγμα – πεδίο εκπαίδευσης υπολογίζεται η μέση τιμή ανά φασματικό κανάλι και κάθε εικονοστοιχείο ταξινομείται σε μια από τις θεματικές κλάσεις που αντιπροσωπεύουν τα πεδία εκπαίδευσης με βάση την απόστασή τους από τη μέση τιμή κάθε κλάσης.

«Τα βασικότερο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν λαμβάνει υπόψη της τη διασπορά αλλά μόνο τα κέντρα βάρους των περιοχών εκπαίδευσης. Έτσι δημιουργούνται προβλήματα στις περιπτώσεις όταν δυο φασματικές κλάσεις είναι κοντά η μια στην άλλη μεν, αλλά έχουν μεγάλη διαφορά στη διασπορά. Τότε ένα εικονοστοιχείο που είναι εγγύτερα στην μια κλάση ίσως θα έπρεπε να ενταχθεί στην άλλη κλάση εάν ληφθεί υπόψη η διαφορά στην διασπορά των κλάσεων» (Μηλιαρέσης, 2003).

Αλγόριθμος Παραλληλεπιπέδων

Με σκοπό τη βελτίωση της προηγούμενης μεθόδου στον αλγόριθμο των παραλληλεπιπέδων γίνεται προσπάθεια να ληφθεί υπόψη και η διασπορά στην διαδικασία ταξινόμησης. Για το λόγο αυτό καθορίζεται ένα εύρος τιμών μέσα στο οποίο πρέπει να βρίσκεται η ραδιομετρική τιμή ενός εικονοστοιχείου για να κατανεμηθεί στην ανάλογη κλάση. «Το διάστημα υπολογίζεται ως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή για κάθε φασματικό κανάλι ανά θεματική κλάση έτσι όπως προσδιορίζεται από τις περιοχές εκπαίδευσης. Κατ' αυτόν τον τρόπο οριοθετείται μια περιοχή που έχει το σχήμα είτε α) ορθογωνίου παραλληλογράμμου σε ένα δισδιάστατο χώρο προτύπων είτε β) ν-διάστατου παραλληλεπιπέδου στο ν-διάστατο χώρο προτύπων. Η παραπάνω μέθοδος είναι πολύ γρήγορη υπολογιστικά» (Μηλιαρέσης, 2003).

Αλγόριθμος Μέγιστης Πιθανοφάνειας

Ο αλγόριθμος της Μέγιστης Πιθανοφάνειας χρησιμοποιεί το μέσο όρο και το λόγο διακύμανσης/συνδιακύμανση των φασματικών ταυτοτήτων των δειγμάτων που εισάγει ο αναλυτής για να δημιουργήσει συναρτήσεις πιθανοφάνειας για κάθε



θεματική κλάση. Κάθε εικονοστοιχείο ταξινομείται σύμφωνα με τις δημιουργούμενες συναρτήσεις πιθανοφάνειας των θεματικών κλάσεων. Η μέθοδος αυτή έχει ως μεγαλύτερο μειονέκτημα τον μεγάλο χρόνο υπολογισμού ο οποίος εξαρτάται από το πλήθος των θεματικών κλάσεων και των φασματικών διαύλων που θα χρησιμοποιηθούν.

Υβριδική ταξινόμηση

Η υβριδική ταξινόμηση είναι ο συνδυασμός της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τη μη επιβλεπόμενη. Η υβριδική ταξινόμηση συνδυάζει το δυνατό σημείο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης που είναι ότι η διαδικασία είναι αρκετά σύντομα και επίσης ελαχιστοποιεί τα σφάλματα στην ταξινόμηση εικόνων για κλάσεις που ακολουθούν κανονική κατανομή. Το αδύνατο σημείο της είναι ότι πρέπει να έχουμε από πριν τις φασματικές υπογραφές και αυτό το σημείο μπορεί να το διαχειριστεί η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση μέσω της ταξινόμησης υποσυνόλων (για λόγους οικονομίας) της εικόνων ώστε να αναγνωριστεί το σύνολο των θεματικών κλάσεων και να καθοριστεί έτσι πόσες θεματικές κλάσεις αποτελούν την εικόνα (Richards, 1993).

Η υβριδική ταξινόμηση αποτελείται από τα παρακάτω στάδια:

1. Καταρχήν ταξινόμηση για τον προσδιορισμό των φασματικών τάξεων που αποτελούν την εικόνα με μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση.

2. Χρησιμοποίηση πραγματικών δεδομένων ή άλλων τα οποία είναι σίγουρα αληθή ώστε να αντιστοιχιστεί η φασματική πληροφορία του προηγούμενου σταδίου με τις θεματικές κλάσεις.

3. Αξιολόγηση των φασματικών καναλιών ώστε να καθοριστεί ποια από αυτά είναι κατάλληλα για αξιόπιστη ταξινόμηση.

4. Ταξινόμηση ολόκληρης της εικόνας χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο της μέγιστης πιθανοφάνειας.

5. Κατανομή κάθε εικονοστοιχείου στη θεματική κλάση που ανήκει ανάλογα με τη ραδιομετρική τιμή του.

Η υβριδική ταξινόμηση είναι τεχνική pixel-based και σαν τέτοια παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που έχουν η επιβλεπόμενη και η μη-επιβλεπόμενη.



Ασαφής ταξινόμηση

Οι πιο ισχυροί ελαστικοί ταξινομητές είναι αυτοί που βασίζονται στα συστήματα ασαφούς λογικής (fuzzy systems). Η ασαφής λογική είναι μια μαθηματική προσέγγιση για την περιγραφή ασαφών καταστάσεων. Η βασική ιδέα είναι η αντικατάσταση των δυο λογικών δηλώσεων «ναι» και «όχι» με τέτοιο τρόπο που να μπορεί να δηλώσει και ενδιάμεσες καταστάσεις. Έτσι αν θέσουμε ως 0 το «σίγουρα όχι» και ως 1 το «σίγουρα ναι» οι ενδιάμεσες τιμές μπορούν να δηλώσουν με λιγότερο ή περισσότερο ισχυρό τρόπο το «ναι» ή το «όχι». Η ασαφής λογική μπορεί να εξομοιώσει την ανθρώπινη λογική και να χειριστεί επιτυχώς τις περιπτώσεις όπου υπάρχει ασάφεια στην εξαγωγή πληροφορίας από ψηφιακές εικόνες.

Κατά την διαδικασία ανάλυσης μιας ψηφιακής εικόνας είναι πιθανό να εμφανιστεί ανομοιογένεια στα δεδομένα να υπάρχουν δηλαδή διάφορα στοιχεία που να επηρεάζουν την ομοιογένεια των θεματικών κλάσεων. Η ασαφής ταξινόμηση επιλύει τέτοια προβλήματα με την παραδοχή ότι κάθε εικονοστοιχείο έχει δυνητικά κάποιο βαθμό συνδρομής σε παραπάνω από μια θεματικές κλάσεις. Για παράδειγμα ένα εικονοστοιχείο μπορεί να έχει βαθμό συνδρομής 0,8 στην κλάση «αροτραία γη» και 0,2 στην κλάση «δασική έκταση».

Το παράγωγο αποτέλεσμα ενός συστήματος ασαφούς ταξινόμησης είναι μια ασαφής ταξινόμηση που δεν είναι ένας μόνο χάρτης χρήσεων γης αλλά ένας αριθμός εικόνων (μια εικόνα για κάθε θεματική κλάση) που εκφράζει το βαθμό συμμετοχής του κάθε εικονοστοιχείου στην εξεταζόμενη κλάση. Κάτι τέτοιο μας δίνει τη δυνατότητα να ελέγξουμε σε βάθος ποιες θεματικές κλάσεις συνθέτουν ένα εικονοστοιχείο ενώ το τελικό αποτέλεσμα καθορίζεται από το μέγιστο βαθμό συμμετοχής ώστε να καταλήξουμε σε ένα σύστημα που λαμβάνει τιμές 0 ή 1, διαδικασία που ονομάζεται διασάφηση (defuzzification) (E-cognition User Guide 3, 2003).

Αντικειμενοστραφής ταξινόμηση

Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους ταξινόμησης δορυφορικών εικόνων η βασική μονάδα επεξεργασίας στην αντικειμενοστραφή ανάλυση είναι τα αντικείμενα – τμήματα της εικόνας και όχι μεμονωμένα εικονοστοιχεία. Η ταξινόμηση εφαρμόζεται στα αντικείμενα που αποτελούν την εικόνα. Το κίνητρο για την χρησιμοποίηση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης είναι το γεγονός ότι σε πολλές εργασίες ανάλυσης το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι η εξαγωγή πληροφοριών

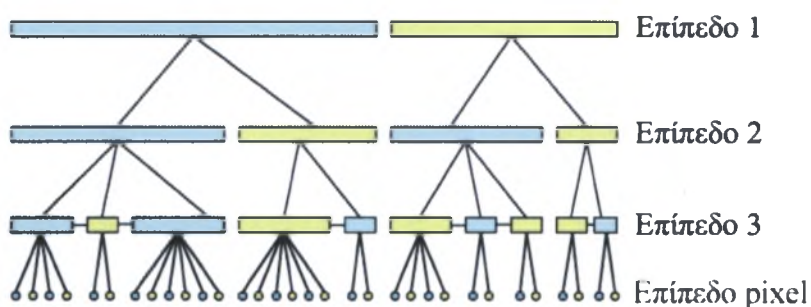


που αφορούν αντικείμενα τα οποία έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες και ανήκουν σε συγκεκριμένη θεματική κλάση. Οι μέθοδοι που βασίζονται σε ταξινόμηση μεμονωμένων εικονοστοιχείων δεν έχουν τη δυνατότητα αυτή, να καταφέρνουν δηλαδή να αναγνωρίζουν αντικείμενα μέσα στην ψηφιακή εικόνα.

Με την αντικειμενοστραφή ταξινόμηση μπορούμε να περιγράψουμε σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων σύμφωνα με τις ιδιότητες τους και μάλιστα κάθε ιδιότητα να έχει διαφορετικό βάρος στην ανάλυση. Η πρώτη φάση της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης περιλαμβάνει την κατάτμηση της ψηφιακής εικόνας όπου δημιουργούμε αντικείμενα ομαδοποιώντας ή κατακερματίζοντας περιοχές της εικόνας με βάση τα κοινά χαρακτηριστικά τους. Οι ομάδες των pixels που βρίσκονται σε κάθε περιοχή μπορούν να θεωρηθούν ως ένα σύνολο πολυφασματικών τιμών ή αλλιώς ως ένα αντικείμενο που στα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνονται οι αναλογίες των καναλιών, η υφή και το σχήμα του. Τα αντικείμενα που δημιουργούνται μπορούν να ενωθούν ώστε να δημιουργήσουν ένα νέο αντικείμενο ιεραρχικά μεγαλύτερου επιπέδου και να συσταθεί έτσι ένα ιεραρχικό δίκτυο από υπέρ-αντικείμενα και υπό-αντικείμενα. Η κατάτμηση μπορεί να θεωρηθεί ως δημιουργία μιας βάσης δεδομένων που περιέχει τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων.

Άμεσα συνδεδεμένη με την αναπαράσταση της πληροφορίας της εικόνας με αντικείμενα είναι η διασύνδεση των αντικειμένων αυτών. Η τοπολογική σχέση ενός εικονοστοιχείου δίνεται από τη θέση του μέσα στην εικόνα όμως υπάρχει και η σχέση μεταξύ των αντικειμένων που πρέπει να οριστεί ώστε να δημιουργηθεί ένα σχεσιακό δίκτυο το οποίο έχει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει τον ορισμό διαφόρων

Ιεραρχικό δίκτυο αντικειμένων



Σχήμα 1: Παράδειγμα ιεραρχικού δικτύου αντικειμένων

ειδών σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων. Με αυτό τον τρόπο κάθε θεματική κλάση μπορεί να έχει κάποιου είδους συσχέτιση με κάποια άλλη (π.χ. να είναι υποσύνολό της). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί

με τη δημιουργία ενός ιεραρχημένου δικτύου αντικειμένων. Σε αυτό το δίκτυο εκτός της τοπολογίας κάθε αντικείμενο έχει και μια συγκεκριμένη θέση στο ιεραρχικό



δίκτυο έχοντας αντικείμενα που βρίσκονται υψηλότερα στην κλίμακα (super-objects) και άλλα που βρίσκονται χαμηλότερα (sub-objects).

Οι μέθοδοι ανάλυσης που βασίζονται σε εικονοστοιχεία είναι αντικειμενοστραφείς και αποτελούν ειδική περίπτωση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης όμως διαφοροποιούνται από το γεγονός ότι το κάθε εικονοστοιχείο αποτελεί από μόνο του αντικείμενο.

Σημαντικό χαρακτηριστικό της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης που αποτελεί και το σημαντικότερο πλεονέκτημά της έναντι των άλλων είναι το πλήθος των επιπλέον πληροφοριών που μπορεί να εξαχθεί καθώς εκτός της ραδιομετρικής τιμής μας δίνει το σχήμα, την υφή, τη συνάφεια και τις πληροφορίες που εξάγονται σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες ομάδες αντικειμένων. Τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά από την επεξεργασία είναι:

– Φυσικά χαρακτηριστικά: οι φυσικές ιδιότητες των αντικειμένων, το χρώμα, η υφή και το σχήμα.

– Τοπολογικά χαρακτηριστικά: χαρακτηριστικά τα οποία περιγράφουν γεωμετρικές σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων ή μεταξύ αντικειμένου και ολόκληρης της εικόνας για παράδειγμα αν ένα αντικείμενο βρίσκεται δεξιά, αριστερά ή σε ορισμένη απόσταση σε σχέση με κάποιο άλλο.

– Σχεσιακά χαρακτηριστικά: χαρακτηριστικά τα οποία περιγράφουν τις εννοιολογικές σχέσεις ενός αντικειμένου, για παράδειγμα ένα πάρκο είναι σχεδόν 100% περιτριγυρισμένο από αστικές περιοχές.

Ένα επιπλέον σημαντικό πλεονέκτημα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης είναι ότι ανάλογα με την θεματική κλάση ενός αντικειμένου αυτό μπορεί να συμμετέχει στην ανάλυση με διαφορετική διαδικασία από τα υπόλοιπα χρησιμοποιώντας διαφορετικές διαδικασίες και αλγόριθμους που να είναι κατάλληλοι. Για παράδειγμα αν ένα αντικείμενο έχει ταξινομηθεί ως δασική έκταση μπορεί να εφαρμοστεί από εκεί και πέρα διαδικασία ανάλυσης που να είναι κατάλληλη μόνο για την κάλυψη γης «δάσος», να αντιμετωπιστεί δηλαδή το αντικείμενο με διαφορετική λογική από τα υπόλοιπα.

Τέλος, χαρακτηριστικό της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης είναι η κυκλική αλληλεπίδραση της διαδικασίας επεξεργασίας και ταξινόμησης των αντικειμένων. Πρόκειται για μια κυκλική διαδικασία κατά την οποία εναλλάσσονται η ταξινόμηση, που βασίζεται στην κατάτμηση της εικόνας, την κλίμακα και το σχήμα των



αντικειμένων και παράγει αποτελέσματα και η ανάλυση των παραγόμενων αποτελεσμάτων με ειδικούς αλγορίθμους. Σε αρκετές εφαρμογές η επιθυμητή πληροφορία εξάγεται βήμα – βήμα με επαναλαμβανόμενους βρόγχους ταξινομήσεων και ανάλυσης. Με τον τρόπο αυτό τα αντικείμενα ως μονάδα επεξεργασίας μπορεί να αλλάζουν συνεχώς σχήμα, θεματική κλάση και σχέση με τα υπόλοιπα. Η διαδικασία αυτή είναι παρόμοια με τις ανθρώπινες διαδικασίες αντίληψης μιας εικόνας και οδηγεί σε μια σειρά ενδιάμεσων σταδίων όπου συνεχώς αυξάνεται η ποσότητα πληροφορίας που εξάγεται από την εικόνα (E-cognition User Guide 3, 2003).

Σύγκριση της αντικειμενοστραφούς με τις pixel-based μεθόδους ταξινόμησης

Οι pixel-based και η αντικειμενοστραφής ταξινομήσεις είναι οι δύο εναλλακτικές μέθοδοι που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την χαρτογράφηση του αστικού περιβάλλοντος. Οι pixel-based είναι οι κλασσικές μέθοδοι λόγω των προβλημάτων των οποίων αναπτύχθηκε η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση η οποία είναι μια σχετικά νέα μέθοδος. Οι κυριότερες διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων είναι:

1. Η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση δεν χρησιμοποιεί μεμονωμένα pixels για την ταξινόμηση της εικόνας αλλά αντικείμενα εικόνας, τα οποία έχουν εξαχθεί προηγουμένως με τη διαδικασία της κατάτμησης της εικόνας. Το γεγονός αυτό βοηθάει στην βελτίωση της ομοιογένειας των αποτελεσμάτων που διαφορετικά εμφανίζουν το φαινόμενο «αλάτι και πιπέρι» (salt and pepper effect). Το φαινόμενο αυτό συνίσταται στην εμφάνιση πολύ μικρών σε έκταση καλύψεων οι οποίες συνήθως είναι άνευ σημασίας μέσα σε άλλες μεγαλύτερες. Αυτό συμβαίνει όταν για παράδειγμα ένα κομμάτι ενός δρόμου υπερκαλύπτεται από κλαδιά δέντρου.

2. Η ταξινόμηση με βάση το pixel χρησιμοποιεί μόνο τη ραδιομετρική τιμή κάθε εικονοστοιχείου ενώ στην αντικειμενοστραφή ταξινόμηση χρησιμοποιούνται επιπρόσθετα και άλλες παράμετροι, όπως το ανάγλυφο, η φωτεινότητα, άλλα δεδομένα GIS κ.λπ. Λόγω των παραπάνω η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση παράγει ομοιογενή αποτελέσματα τα οποία είναι ευκολότερα ερμηνεύσιμα αντίθετα με τις pixel-based μεθόδους που παράγουν



ετερογενή αποτελέσματα. Κάτι τέτοιο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην πολεοδομία διότι η ανάλυση αφορά πολύ υψηλής ανάλυσης δεδομένα τα οποία δεν είναι αμιγή. Επίσης η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση λαμβάνει υπόψη το σχήμα, τον τόνο, το εμβαδόν, το περιεχόμενο και την υφή των αντικειμένων της εικόνας δηλαδή περιλαμβάνει στην επεξεργασία πολύ περισσότερα δεδομένα από ότι οι κλασσικές μέθοδοι με πιο ακριβή αποτελέσματα.

3. Με την αντικειμενοστραφή ταξινόμηση υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής της πληροφορίας σε πολλά επίπεδα ανάλογα με τις θεματικές κλάσεις ή την κλίμακα των αντικειμένων που επιθυμεί κάθε φορά ο αναλυτής να ταξινομήσει. Αντίθετα στις pixel-based μεθόδους η ταξινόμηση γίνεται για μια φορά για όλα τα εικονοστοιχεία και για όλες τις θεματικές κλάσεις. Από τα παραπάνω φαίνεται πως η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση αποτελεί ευέλικτη διαδικασία η οποία κάθε φορά προσαρμόζεται στις ανάγκες του αναλυτή και αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση της ακρίβειας και της ποσότητας της εξαγόμενης πληροφορίας.

4. Η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση γίνεται με βάση την ασαφή λογική δηλαδή την πιθανότητα ένα αντικείμενο να ανήκει σε μια θεματική κλάση και αυτό είναι χαρακτηριστικό που την κάνει πιο έγκυρη. Αντίθετα οι κλασσικές μέθοδοι δεν μπορούν να δημιουργήσουν πιθανοτικούς χάρτες. Η μόνη κλασική μέθοδος που έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει πιθανοτικούς χάρτες είναι η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας η οποία όμως αντιμετωπίζει όλα τα υπόλοιπα προβλήματα των pixel-based μεθόδων.

5. Η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση παράγει ομοιογενή αποτελέσματα, με χωρική συνοχή και ενδείκνυται ιδιαίτερα για την πολεοδομία. Λόγω των χαρακτηριστικών που διακρίνουν την αντικειμενοστραφή ταξινόμηση έχει τη δυνατότητα σε εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης να εξάγει πολύ μεγαλύτερη ποσότητα πληροφοριών. Μπορεί για παράδειγμα να εντοπίσει ποιοτικά χαρακτηριστικά του δομημένου χώρου (π.χ. εμπορικές χρήσεις) και χρήσιμες λεπτομέρειες όπως ο διαχωρισμός της κάλυψης «πράσινο» σε «δέντρα» και «γρασίδι».



Βιβλιογραφικές αναφορές στην εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης

Μέχρι σήμερα, αν και η αντικειμενοστραφής ανάλυση είναι σχετικά καινούρια μέθοδος εξαγωγής πληροφορίας από ψηφιακές εικόνες, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές εφαρμογές σε πολλούς τομείς όπως η δασολογία, οι μεταφορές και η πολεοδομία χρησιμοποιώντας το eCognition σε εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης (VHR).

Οι εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης, όπως αυτές που καταγράφουν οι δορυφόροι IKONOS και Quickbird, είναι κατάλληλες ώστε να έχουμε τη δυνατότητα να εντοπίσουμε ανθρωπογενείς κατασκευές όπως κτίρια και δρόμους αλλά και τη βλάστηση και φυσικούς σχηματισμούς. Χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες μπορούμε να δημιουργήσουμε με σχετικά μικρό κόστος θεματικούς χάρτες που αφορούν το αστικό περιβάλλον το οποίο είναι αντικείμενο της πολεοδομίας αλλά και το εξωαστικό, τον υπαιθρο χώρο. Σε αυτό το σημείο υπεισέρχεται η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση η οποία παράγει ακριβή και ομοιογενή αποτελέσματα αντίθετα με τις pixel-based μεθόδους που τα αποτελέσματά τους είναι ιδιαίτερα ετερογενή και χωρίς χωρική συνοχή πράγμα σημαντικό για την πολεοδομία.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν παραδείγματα εφαρμογής της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης σε αστικό περιβάλλον στα οποία χρησιμοποιώντας ως υπόβαθρο ψηφιακές εικόνες IKONOS εντοπίζονται ο δομημένος χώρος, οι χώροι πρασίνου αλλά και πιο λεπτομερή χαρακτηριστικά όπως οι εμπορικοί χώροι στον γενικότερο δομημένο χώρο ή διαχωρίζονται η κάλυψη «δέντρα» από την κάλυψη «γρασίδι». Τα ποσοστά ακρίβειας ποικίλουν παραμένοντας όμως πάντα υψηλά και σίγουρα υψηλότερα από αυτά των παραδοσιακών μεθόδων. Η ακρίβεια της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης μπορεί να φτάσει και το 96 - 98% καθώς μπορεί να συνδυαστεί με άλλα δεδομένα GIS. Παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου αποτελεί η μελέτη των T. Baillouel, J. Duan, V. Prinet και B. Serra (2003) και είχε ως στόχο την παρακολούθηση των μεταβολών στον αστικό ιστό του βόρειου Πεκίνου όπου είναι και τα σημεία χωροθέτησης του Ολυμπιακού Χωριού και της νέας «Silicon Valley» που κατασκευάζουν οι Κινέζοι. Χρησιμοποιήθηκαν εικόνες Quickbird, το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής και δεδομένα GIS για να εντοπιστούν οι αλλαγές που έλαβαν χώρα στην περιοχή και να ενσωματωθούν ως



ανανεωμένη πληροφορία στα προηγούμενα δεδομένα για την ενημέρωση χαρτών του Πεκίνου οι οποίοι είχαν δημιουργηθεί το 1996.

Οι χώροι πρασίνου κατέχουν πολύ σημαντικό ρόλο στον πολεοδομικό σχεδιασμό, την προστασία του περιβάλλοντος και την βιώσιμη ανάπτυξη μιας πόλης. Με την χρήση ψηφιακών εικόνων υψηλής ανάλυσης και της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης μπορούμε να έχουμε ενημερωμένους χάρτες και υπάρχει η δυνατότητα παρακολούθησης της εξέλιξης των χώρων πρασίνου σε μια πόλη με ακρίβεια και χαμηλό κόστος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα στο οποίο φαίνεται ότι χρησιμοποιώντας ψηφιακές εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης σε συνδυασμό με αντικειμενοστραφή ταξινόμηση μπορούμε να εντοπίσουμε την χρήση γης «πράσινο» πετυχαίνοντας παράλληλα πολύ υψηλά ποσοστά ακρίβειας είναι των X. Zhang και X. Feng (2005) οι οποίοι εφαρμόσανε την αντικειμενοστραφή ταξινόμηση για τον εντοπισμό του αστικού πρασίνου στην πόλη Nanjing στην Κίνα. Η μέθοδος απέδωσε ακρίβεια 96% στον διαχωρισμό της βλάστησης από τις υπόλοιπες καλύψεις/χρήσεις και επιπλέον έγινε διαχωρισμός της βλάστησης σε δέντρα και γρασίδι με τελική συνολική ακρίβεια 97%.

Οι ψηφιακές εικόνες από καταγραφείς όπως ο IKONOS έχουν πολύ μεγάλο μέγεθος και απαιτούν μεγάλη υπολογιστική ισχύ για την επεξεργασία τους. Παρόλα αυτά η χρησιμοποίηση αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης και συγκεκριμένα το eCognition έχει τη δυνατότητα να διαχειριστεί μεγάλο όγκο δεδομένων μειώνοντας το χρόνο επεξεργασίας. Οι M. Herold, S. Guenther, K. C. Clarke (2003) από το Πανεπιστήμιο της California εφαρμόσανε την αντικειμενοστραφή ταξινόμηση σε περιοχή 350 km² που σημαίνει ότι ο όγκος των δεδομένων ήταν αρκετά μεγάλος. Τα τελικά αποτελέσματα είχαν ικανοποιητική συνολική ακρίβεια 79% ενώ οι επιμέρους ακρίβειες ήταν 95% για το πράσινο, 92% για το νερό, περίπου 80% για το αστικό (κτίρια με διαφόρων ειδών σκεπές) και 68% για τους δρόμους και τους χώρους στάθμευσης. Τα παραπάνω αποτελούν χαρακτηριστικά χρήσιμα στην πολεοδομία και μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την εκπόνηση κοινωνικο-οικονομικών αναλύσεων και μελετών μεταφορικών υποδομών.

Στην περίπτωση της διερεύνησης των μεταφορικών υποδομών με τη βοήθεια εικόνων πολύ υψηλής ανάλυσης εργάστηκαν οι A. Damm, P. Hostert και S. Schiefer (2005). Η μελέτη τους έγινε με αφορμή την παρατήρηση ότι σε πολλές πόλεις παγκοσμίως υπάρχουν ερειπωμένες περιοχές γύρω από σιδηροδρομικές γραμμές και σταθμούς. Η επαναχρησιμοποίηση τέτοιων περιοχών ενδιαφέρει κυρίως τον τομέα



του real estate και γενικά τη βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων όσον αφορά την αποτελεσματική αξιοποίηση των φυσικών πόρων μιας πόλης. Η χρήση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης με την κατάλληλη κατάτμηση της εικόνας και τελικά την ταξινόμηση έδωσε πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα συνολικής ακρίβειας 85,04%. Στις θεματικές κλάσεις «σιδηροδρομικές γραμμές» και «σιδηροδρομικές γραμμές με βλάστηση» όμως που ήταν και το κύριο αντικείμενο μελέτης η ακρίβεια εντοπισμού ήταν αρκετά μεγάλη 99,6% και 84,45% αντίστοιχα. Ο διαχωρισμός μεταξύ των ενεργών γραμμών και των εγκαταλελειμμένων γίνεται εύκολα καθώς οι γραμμές που χρησιμοποιούνται καθαρίζονται με ειδικά μηχανήματα από τη βλάστηση.

Για την αποτελεσματικότερη ταξινόμηση εικόνων του αστικού χώρου υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης επιπρόσθετων δεδομένων όπως είναι το ανάγλυφο. Το ανάγλυφο μιας πόλης μπορεί να περιέχεται σε διανυσματικά δεδομένα (π.χ. shapefiles του ArcView) ή και σε μορφή raster ως Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Elevation Model). Σύμφωνα με τον P. Hofmann (2001) είναι ιδιαίτερα ενδεδειγμένη πρακτική η χρήση υψομετρικών δεδομένων για τον εντοπισμό των κτιρίων και των δρόμων σε μια ψηφιακή εικόνα. Αυτό συμβαίνει γιατί σε αστικό περιβάλλον όπου υπάρχει μεγάλη πυκνότητα ετερογενών στοιχείων η ραδιομετρική τιμή από μόνη της δεν είναι στοιχείο αρκετό για την ταξινόμηση ενός αντικείμενου σε κάποια θεματική κλάση. Η συμβολή ενός Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους είναι να βοηθάει στην καλύτερη κατάτμηση της εικόνας ώστε οι σκιές που υπάρχουν στις εικόνες και ταξινομούνται λάθος να κατανεμηθούν στην σωστή κλάση.

Όμως ακόμα και χωρίς δεδομένα για το υψόμετρο οι Z.J. Liu, J.Wang και W.P. Liu (2005) δημιούργησαν μια μέθοδο εξαγωγής των κτιρίων από ψηφιακές εικόνες χρησιμοποιώντας την αντικειμενοστραφή ταξινόμηση και Προοδευτικό Πιθανοτικό Μετασχηματισμό του Hough (Progressive Probabilistic Hough Transform). Η εικόνα αρχικά κατακερματίστηκε σε μικρότερα αντικείμενα τα οποία ταξινομήθηκαν με βάση την ασαφή λογική σε θεματικές κλάσεις. Έπειτα στη θεματική κλάση «κτίρια» εφαρμόστηκε ο Προοδευτικός Πιθανοτικός Μετασχηματισμός του Hough ο οποίος έδωσε ως αποτέλεσμα τα περιγράμματα των κτιρίων. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην παραδοχή ότι οι πλευρές των κτιρίων σχηματίζουν γωνίες 90° που είναι και ο πιο διαδεδομένος τύπος, και για το λόγο αυτό τα περιγράμματα μετασχηματίστηκαν ώστε το αποτέλεσμα να είναι περιγράμματα κτιρίων με ορθές γωνίες.



Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούσαν οι αναλυτές μέχρι την ανάπτυξη της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης είναι θεωρίες που αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του '70 (Blaschke κ.α., 2000) και επομένως δεν μπορούν να επεξεργαστούν αποτελεσματικά τις εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης οι οποίες δεν υπήρχαν τότε. Επιπλέον παρουσιάζουν δυσκολία στην ποιοτική ανάλυση όπως η διάκριση της πυκνότητας και του είδους των χρήσεων γης. Με την αντικειμενοστραφή ανάλυση των εικόνων πολύ υψηλής ανάλυσης υπάρχει η δυνατότητα ταξινόμησης σύμφωνα με τη λειτουργία και όχι με τη μορφή. Οι T. Bauer και K. Steinnocher (2001) στη μελέτη τους για τμήμα της Βιέννης χρησιμοποίησαν ως δεδομένα την απογραφή των χρήσεων γης του Δήμου της Βιέννης και εικόνες του δορυφόρου IKONOS. Πρώτα έγινε ανάλυση των μορφολογικών χαρακτηριστικών και των χωρικών σχέσεων των χρήσεων γης με τη χρήση του Structural Analysing and Mapping System (SAMS). Το SAMS είναι ένα σύστημα ανάλυσης-ταξινόμησης το οποίο εντοπίζει εικονοστοιχεία που ανήκουν στην ίδια θεματική κλάση και συνθέτοντας τα δημιουργεί αντικείμενα για τα οποία δημιουργεί μια περιγραφή για τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και τις χωρικές σχέσεις μεταξύ τους. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης του SAMS είναι αντικείμενα που αντιπροσωπεύουν καλύψεις γης. Με τη χρήση του eCognition εφαρμόστηκαν εκείνα τα κριτήρια ώστε από τις καλύψεις γης να προκύψει ένας χάρτης χρήσεων γης. Η ιδέα πίσω από αυτή την εφαρμογή είναι ότι οι χρήσεις γης μπορούν να διακριθούν από τις καλύψεις με βάση την χωρική κατανομή και τη μορφή τους (T. Bauer και K. Steinnocher, 2001).

Με την εκτόξευση των καταγραφικών συστημάτων IKONOS και Quickbird το μέγεθος της πληροφορίας που διατίθεται πλέον στον αναλυτή είναι πολλαπλάσιο από παλαιότερα και οι εικόνες που παράγουν οι παραπάνω καταγραφείς μπορούν να αντικαταστήσουν τις αεροφωτογραφίες οι οποίες έχουν διακριτική ικανότητα 0,2 με 0,3 μέτρα.. Ο δορυφόρος QuickBird για παράδειγμα έχει χωρική διακριτική ικανότητα 0,7 μέτρα η οποία είναι περισσότερο από αρκετή για πολεοδομικές εφαρμογές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι των M. Caprioli και E. Tarantino (2003) από το Πολυτεχνείο του Μπάρι οι οποίοι εφαρμόσανε την αντικειμενοστραφή ταξινόμηση σε ένα τμήμα της πόλης του Μπάρι. Η διαδικασία που ακολουθήσανε είναι η πιο απλή καθώς τα δεδομένα ήταν μόνο η εικόνα και τα δείγματα εκπαίδευσης που προέκυψαν από επιτόπια έρευνα. Η διαδικασία περιλάμβανε πρώτα την κατάτμηση της εικόνας και έπειτα ταξινόμηση χρησιμοποιώντας ασαφή λογική



(fuzzy logic). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ταξινόμηση έγινε με ακρίβεια 96,2%, ποσοστό ιδιαίτερα ικανοποιητικό.

Παρόμοιο με το παραπάνω παράδειγμα είναι των A. M. Marangoz, M. Oruc και G. Buyuksalih (2004). Η μελέτη τους αφορά μια αγροτική και παράλληλα βιομηχανική περιοχή στην πόλη Zonguldak στις ακτές της Μαύρης Θάλασσας. Η περιοχή αποτελεί κύρια περιοχή εξόρυξης γαιάνθρακα και έχει απότομο ανάγλυφο. Τα δεδομένα τους αποτελούσαν μια εικόνα IKONOS και το αντίστοιχο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους. Διαφοροποιούμενοι από το προηγούμενο παράδειγμα πηγαίνοντας ένα βήμα παραπέρα εφαρμόσανε ως προεπεξεργασία της εικόνας ένα φίλτρο όξυνσης των ακμών (pan-sharpen filter). Η επεξεργασία αυτή διευκόλυνε στον καλύτερο εντοπισμό των αντικειμένων λόγω της καλύτερης κατάτμησης της εικόνας. Η διαδικασία περιλάμβανε την δημιουργία ενός ιεραρχικού δικτύου αντικειμένων, την ταξινόμηση των αντικειμένων που προέκυψαν από την ταξινόμηση, τη δημιουργία του ιεραρχικού δικτύου (εννοιολογικών) σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων και τέλος την οργάνωση των ταξινομημένων αντικειμένων σε εννοιολογικές ομάδες ώστε να προκύψει το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης το οποίο μπορεί να εξαχθεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS).

Οι εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης μας δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας ψηφιακών συνθετικών περιβαλλόντων και πιο συγκεκριμένα εικονικών πόλεων πιο γρήγορα και με λιγότερο κόπο. Ως γνωστόν, η εικονική πραγματικότητα είναι χρήσιμο εργαλείο και η δύναμή της έγκειται στην δυνατότητα να απεικονίζει νοερά πληροφορία έτσι ώστε να παίρνονται αποφάσεις βασισμένες στο τι φαίνεται, χωρίς να υπόκειται κάποιος στη χρήση περίπλοκων μοντέλων ή στην εφαρμογή ακριβών δοκιμαστικών διαδικασιών που πολλές φορές μπορεί να αποδειχθούν λανθασμένες. Εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιούνται ήδη σε διάφορες μορφές του σχεδιασμού (αστικός, αρχιτεκτονικός, στρατηγικός), ως εργαλείο, μέσω του οποίου αξιολογούνται προτεινόμενες τροποποιήσεις και νέες επεκτάσεις στο αστικό περιβάλλον. Επομένως αυτό το καινοτόμο εργαλείο δυναμικού αστικού σχεδιασμού, δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον να αντιληφθεί και να βιώσει το δομημένο περιβάλλον πριν αυτό δημιουργηθεί στην πραγματικότητα. Οι δυνατότητες αξιοποίησης είναι άπειρες. Βασισμένοι στην ιδέα της κατασκευής τρισδιάστατων αναπαραστάσεων των πόλεων οι N. Haala και C. Brenner (1999) χρησιμοποιώντας ψηφιακές εικόνες και υψομετρικά δεδομένα δημιουργήσανε μια 3D αναπαράσταση ενός τμήματος της



πόλης της Karlsruhe. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες CIR και υψομετρικά δεδομένα από σύστημα καταγραφής laser. Το αποτέλεσμα ήταν ένα αρκετά ικανοποιητικό μοντέλο το οποίο απεικόνιζε κυβοειδή κτίρια και τα δέντρα με καλή ακρίβεια. Όμως το έτος 1998 δεν υπήρχαν εικόνες IKONOS και QuickBird καθώς δεν είχαν εκτοξευθεί. Σήμερα εκμεταλλευόμενοι τις δορυφορικές εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης και τα αντίστοιχα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους μπορούμε με τη χρήση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης να δημιουργήσουμε εικονικές πόλεις σε μεγάλη κλίμακα και με μικρότερο κόστος.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ III: Γενική περιγραφή της περιοχής μελέτης

Λόγοι επιλογής της πόλης των Τιράνων

Η μορφή της πόλης των Τιράνων έχει μεταβληθεί δραματικά μεταπολεμικά λόγω της έντονης αστικοποίησης και σύμφωνα με τα σχέδια αστικοποίησης των ετών 1952-56. Τότε ήταν η εποχή που ολόκληρες παλιές γειτονιές χωρίς αρχιτεκτονική αξία κατεδαφίστηκαν (όπως οι συνοικίες Tabak και Terzinje, η παλιά αγορά και η περιοχή ανατολικά της οδού Barrikada). Από το 1945 συνέβησαν στην πόλη πολλές πολεοδομικές αλλαγές αλλά και επεκτάσεις για να στεγαστούν οι νέοι κάτοικοι. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός της συγκέντρωσης του πληθυσμού στα Τίρανα από το καθεστώς του Ε. Χότζα. Οι αλλαγές αυτές ήταν θα έλεγε κανείς «βίαιες» και σε τόσο έντονο βαθμό ώστε να αποτυπώνονται στα μέσα παρατήρησης που διαθέτουμε όπως είναι στην παρούσα περίπτωση οι εικόνες από το δορυφόρο IKONOS. Η οικιστική ανάπτυξη είναι έντονη κυρίως στα προάστια όπου παρατηρούνται αρκετοί οδοί να μην έχουν ακόμα όνομα ενώ θεωρείται πως μέρος αυτής της οικιστικής δραστηριότητας οφείλεται σε δραστηριότητες ξεπλύματος μαύρου χρήματος.

Τα Τίρανα επομένως αποτελούν καλό πεδίο εφαρμογής της ανάλυσης της παρούσας εργασίας κυρίως λόγω των έντονων και σε μικρό χρονικό διάστημα αλλαγών. Όπως φαίνεται και στην παρουσίαση της πόλης σε επόμενες παραγράφους υπάρχει έντονη μετανάστευση την τελευταία δεκαπενταετία προς τα Τίρανα με αποτέλεσμα να διπλασιαστεί η επιφάνεια της πόλης και να αυξηθεί κατά 40% ο πληθυσμός της ανάμεσα στο 1989 και το 2001.



Ιστορικά στοιχεία

Πηγή: www.cia.com και ίδια επεξεργασία



Εικόνα 1.4: Η θέση των Τιράνων στην Αλβανία

Τα Τιράνα είναι η πρωτεύουσα της Αλβανίας και βρίσκεται εδώ και αιώνες κάτω από την επίδραση διάφορων πολιτισμικών δυνάμεων προερχόμενων από τον Ισλαμικό και τον Ευρωπαϊκό Χριστιανικό κόσμο. Αυτό είναι ακόμα πιο εμφανές από γεγονός ότι η ρίζα του ονόματος της πόλης είναι δύσκολο να διευκρινιστεί.

Η πόλη πήρε το όνομά της από ένα αρχαίο κάστρο το οποίο βρίσκεται στο όρος Dajti και για την προέλευση του ονόματος υπάρχουν διάφορες υποθέσεις

όπως:

- Από τη λέξη «Theranda» που χρησιμοποιούσαν στα λατινικά αλλά και τα ελληνικά για να αναφερθούν στην περιοχή και η οποία προέρχεται από τον όρο «te ranat» τον οποίο χρησιμοποιούσαν οι ντόπιοι για τα φερτά υλικά και αναφερόμενοι στα υλικά που κατέβαζε το ποτάμι στην κοιλάδα
- Από τη λέξη «Tirkan» την οποία χρησιμοποίησε ο Βυζαντινός ιστορικός Προκόπιος για να αναφερθεί σε ένα κάστρο της περιοχής το οποίο κτίστηκε τον πρώτο αιώνα στο όρος Dajti και τα ερείπια του οποίου διασώζονται
- Από τη λέξη «τύρος» η οποία είναι αρχαιοελληνική και δήλωνε τα γαλακτοκομικά σε συνδυασμό με την υπόθεση ότι το σημείο στο οποίο βρίσκεται σήμερα η πόλη αποτελούσε τον τόπο εμπορίου γαλακτοκομικών των κτηνοτρόφων της περιοχής



- Τέλος υπάρχει και η υπόθεση ότι ο Sulejman Pasha Bargjini ονόμασε έτσι την πόλη της οποίας θεωρείται ο ιδρυτής όταν συνάντησε μια γριά γυναικά και στην ερώτησή του τι κάνει εκείνη του απάντησε «Po tir an» δηλαδή «γνέθω μετάξι».

Εικόνα 2.4.: Πανοραμική άποψη των Τιράνων από το όρος Dajti



Πηγή: www.wikipedia.org

Κύριοι σταθμοί εξέλιξης της μορφής της πόλης

Όταν ο Sulejman Pasha Bargjini ίδρυσε την πόλη το 1614 δημιούργησε αρχικά τον πυρήνα της πόλης κατασκευάζοντας αρχικά ένα τζαμί, ένα αρτοποιείο και ένα χαμάμ. Το τζαμί ονομάζεται Τζαμί «Ethem Beu» και κατασκευάστηκε από τους καλύτερους τεχνίτες της χώρας στο κέντρο των Τιράνων ενώ η κατασκευή του ολοκληρώθηκε το 1821. Την ίδια χρονιά ξεκίνησε η κατασκευή του ρολογιού από τον Haxhi Et'hem Beu το οποίο ολοκληρώθηκε με τη συνδρομή των πλουσιότερων οικογενειών των Τιράνων. Αργότερα το έτος 1928 η αλβανική πολιτεία αγόρασε ένα σύγχρονο ρολόι από τη Γερμανία το οποίο τοποθετήθηκε στον 35 μέτρων πύργο.

Στις 8 Φεβρουαρίου του 1920 τα Τίρανα ανακηρύχθηκαν προσωρινή πρωτεύουσα και στις 25 Δεκεμβρίου του 1925 ορίστηκαν ως μόνιμη πρωτεύουσα της Αλβανίας.

Το πρώτο ρυθμιστικό σχέδιο της πόλης συντάχθηκε το 1923 από τον Estef Frasherí ενώ από τις κυριότερες παρεμβάσεις της εποχής ήταν η διάνοιξη της οδού Durrësi η οποία μετονομάστηκε σε Nana Mbretneshë (Μητέρα Βασίλισσα). Για την περάτωση του έργου πολλές κατοικίες χρειάστηκε να κατεδαφιστούν για να δημιουργηθεί ο απαραίτητος χώρος. Στις σημαντικές κατασκευές της πόλης συγκαταλέγεται το κοινοβούλιο το οποίο ανεγέρθηκε το 1924 και αρχικά εξυπηρετούσε ως λέσχη αστυνομικών.

Το κέντρο των Τιράνων σχεδιάστηκε από δυο αρχιτέκτονες τους Florestano de Fausto και Armando Brasini οι οποίοι είναι γνωστοί της εποχής του Μουσολίνι στην



Ιταλία. Έργα τους επίσης είναι το «Παλάτι των Ταξιαρχιών», κτίρια υπουργείων, το κτίριο της Εθνικής Τράπεζας της Αλβανίας και το Δημαρχείο.

Η λεωφόρος Dëshmoret e Kombit (Εθνικών Μαρτύρων) κατασκευάστηκε το 1930 και της δόθηκε το όνομα λεωφόρος Zogu I. Στην περίοδο του κομμουνιστικού καθεστώτος ονομαζόταν λεωφόρος Στάλιν.

Αργότερα, το 1963 ολοκληρώθηκε το Παλάτι του Πολιτισμού (Pallati I Kulturës) όπου στεγάζονται το Θέατρο της Όπερας και του Μπαλέτου και η Εθνική Βιβλιοθήκη. Το κτίριο θεμελιώθηκε από τον Σοβιετικό πρόεδρο Νικίτα Χρουτσώφ το 1959.

Το 1968 ολοκληρώθηκε και το μνημείο στο Skënderbeu γιορτάζοντας την 500^η επέτειο από το θάνατο του εθνικού ήρωα της Αλβανίας και τρία χρόνια αργότερα το μνημείο στη Μητέρα Αλβανία ύψους 12 μέτρων στο νεκροταφείο Dëshmoret e Kombit.

Εικόνα 3.4: Άποψη του κέντρου των Τιράνων



Πηγή: www.wikipedia.org

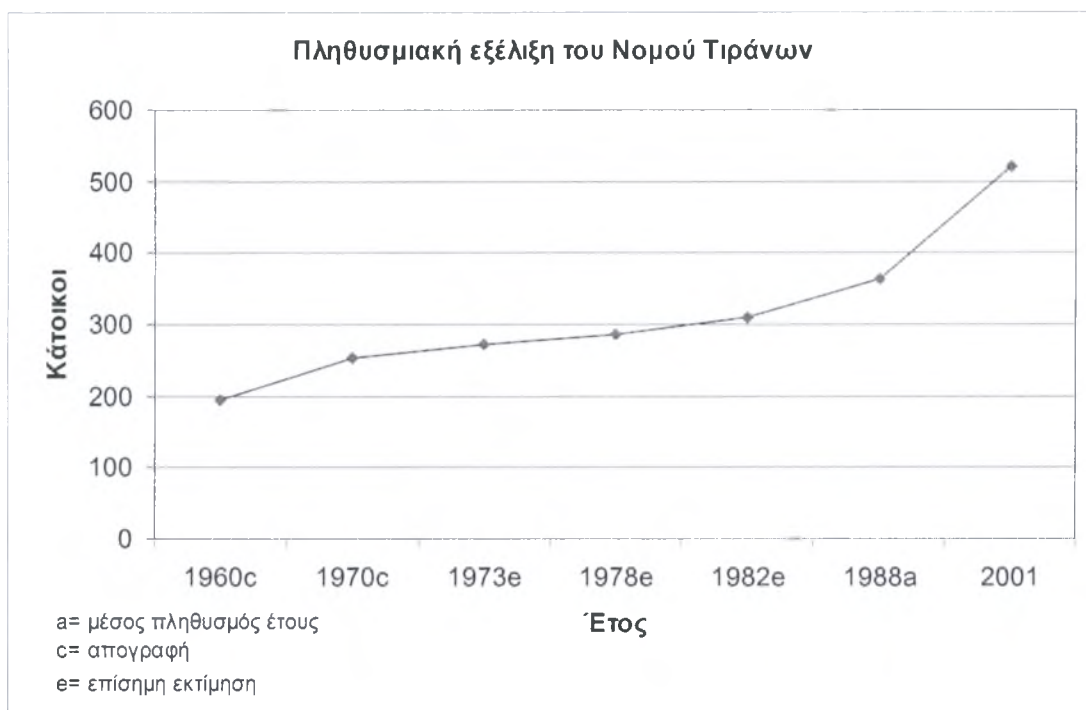
Δημογραφικές και κοινωνικές συνθήκες

Τα αρχαιότερα στοιχεία για τον πληθυσμό των Τιράνων αποτελούν καταγραφές των Οθωμανών κατά τα έτη 1431-32 όπου φαίνεται πως την εποχή εκείνη η περιοχή κατοικούνταν από περίπου 7300 κατοίκους και υπήρχαν περί τις 1000 κατοικίες.

Καταγραφές του 1583 δείχνουν αύξηση του πληθυσμού σε 20.000 και των κατοικιών σε 2.900. Έως το έτος 1910 ο πληθυσμός της πόλης εκτιμάται στους 12.000 κατοίκους σημειώνοντας μείωση κατά 8.000 από το 1583 ενώ παρατηρείται δραματική αύξηση τα επόμενα χρόνια καθώς το 1930 ο πληθυσμός ήταν 30.000 και το 1945 60.000 παρά τα χρόνια της γερμανικής κατοχής. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1950 υπήρξε ραγδαία ανάπτυξη της βιομηχανίας στα Τίρανα με αποτέλεσμα την αύξηση του πληθυσμού σε 137.000 το 1960. Από τα τέλη της δεκαετίας του '90 παρατηρείται έντονη μετανάστευση προς την πόλη των Τιράνων καθώς άνθρωποι από τα βόρεια μεταναστεύουν στα Τίρανα ελπίζοντας σε μια



καλύτερη ζωή. Το 1990 ο πληθυσμός των Τιράνων έφτασε τις 250.000 ενώ σύμφωνα με στοιχεία του Δήμου Τιράνων το Δεκέμβριο του 2004 κατοικούσαν στα Τίρανα 556.445 άνθρωποι. Αναλυτικά η εξέλιξη του πληθυσμού φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Πηγή: www.statoids.com

Τα πιο πρόσφατα στοιχεία για την πόλη των Τιράνων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1.3: Πληθυσμιακή εξέλιξη των Τιράνων από το 2001 έως το 2004

Έτος	Πληθυσμός στο τέλος του έτους	Εισερχόμενοι	Εξερχόμενοι	Γεννήσεις	Θάνατοι	Αριθμός οικογενειών	Αριθμός γάμων
2001	475424	25793	5703	5218	2111	151442	3803
2002	494409	23744	8320	4809	2372	155413	4581
2003	518143	31168	10617	5339	2713	156400	4227
2004	556445	42348	24894	4836	2222	166980	3875

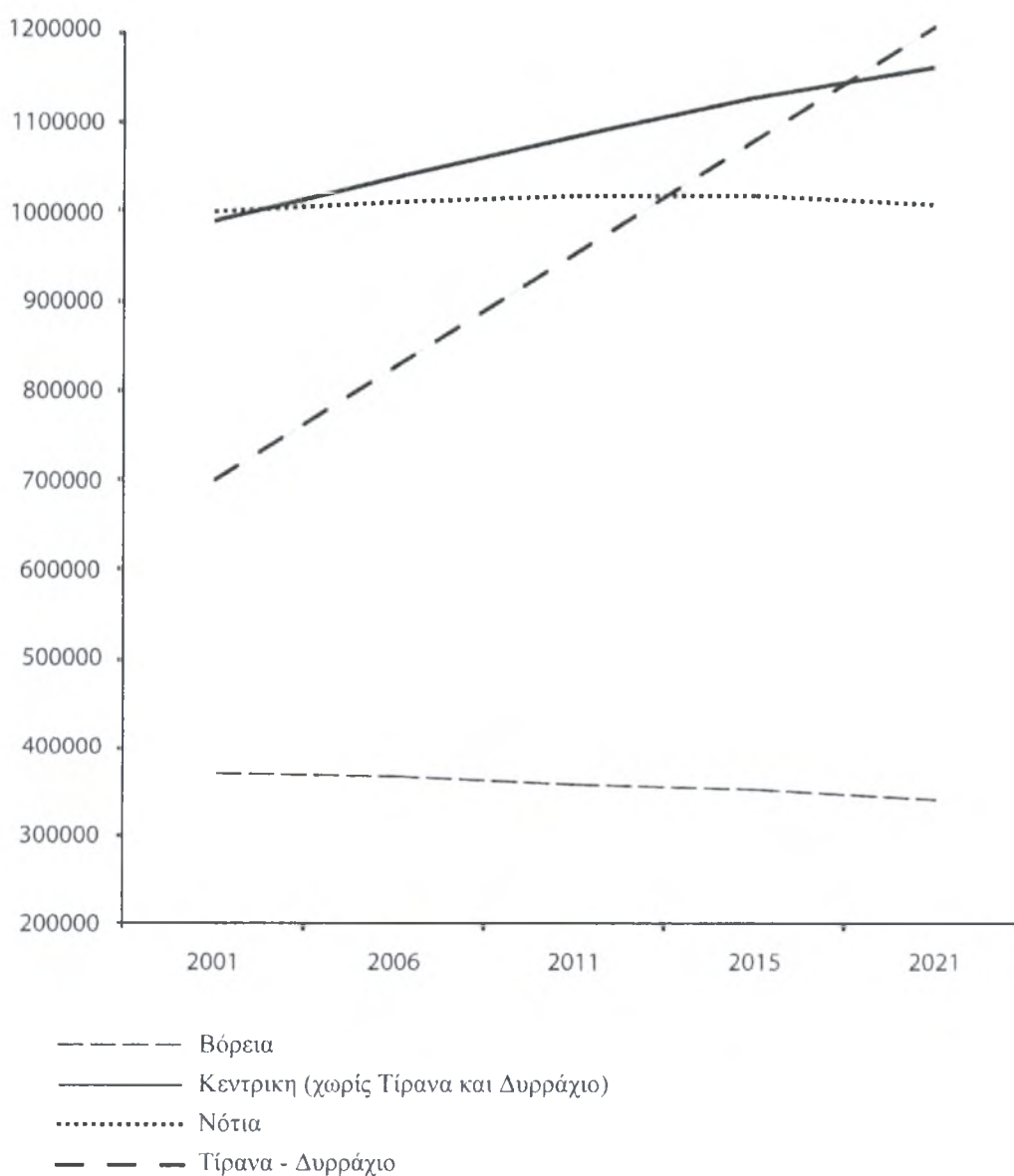
Πηγή: INSTAT, General data for the city of Tirana

Όσον αφορά τις μελλοντικές εξελίξεις σύμφωνα με τη Στατιστική Υπηρεσία της Αλβανίας η κατανομή του Αλβανικού πληθυσμού στο χώρο θα μεταβληθεί δραματικά τις επόμενες δυο δεκαετίες αν διατηρηθεί η σημερινή ροή μεταναστών από τις αγροτικές περιοχές στα αστικά κέντρα. Τα Τίρανα και το Δυρράχιο θα είναι οι



περιοχές που θα δεχθούν το μεγαλύτερο μέρος της πληθυσμιακής αύξησης ενώ στην υπόλοιπη χώρα ο πληθυσμός θα μείνει σταθερός ή θα αυξηθεί ελάχιστα. Προβλέπεται επίσης ο πληθυσμός στα Τίρανα και το Δυρράχιο να φτάσει από τις 700.000 στο 1.200.000 κατοίκους στα επόμενα 20 χρόνια, αύξηση που αποδίδεται στην εσωτερική μετανάστευση καθώς χωρίς αυτή το 2021 ο πληθυσμός τους θα έφτανε μόνο τις 830.000 κατοίκους. Αυτό σημαίνει ότι σε αυτές τις περιοχές θα κατοικεί περίπου το ένα τρίτο του συνολικού πληθυσμού από ένα τέταρτο που είναι σήμερα. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η εξέλιξη του πληθυσμού στα γεωγραφικά διαμερίσματα της Αλβανίας και των δυο μεγάλων αστικών κέντρων.

Προβολές πληθυσμού για τα γεωγραφικά διαμερίσματα της Αλβανίας



Πηγή: INSTAT, Population projections for Albania 2001-2021



Γεωγραφική θέση

Τα Τίρανα είναι κτισμένα σε εξαιρετικά ευνοϊκή γεωγραφική θέση και στο γεγονός αυτό οφείλεται σε ένα μεγάλο μέρος και η ανάπτυξή τους. Καταρχήν, βρίσκονται σε μια περιοχή με εύφορο έδαφος κατάλληλο για καλλιέργειες, οι οποίες τροφοδοτούν την πόλη με τα αναγκαία αγαθά, και επίσης δασικές εκτάσεις και υδάτινους πόρους. Τα Τίρανα βρίσκονται πάνω στο σταυροδρόμι της Ανατολικής Αλβανίας με την Αδριατική Θάλασσα και την υπόλοιπη Βαλκανική χερσόνησο μέσω της κοιλάδας Qafa e K'rab's και του ποταμού Shkumbin.

Αναλυτικά τα Τίρανα βρίσκονται ανάμεσα στο Όρος Dajti στα ανατολικά και τους λόφους Krtaba και Sauk στα νότια, Vaqarri και Yzberisht στα δυτικά και Kamza στα βόρεια. Επίσης βρίσκονται σε υψόμετρο 110 μ. από τη στάθμη της θάλασσας ενώ η πόλη καταλαμβάνει περί τα 31 km².



ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV: Περιγραφή δεδομένων και προεπεξεργασία

Δεδομένα

Εικόνες

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένων τριών τύπων: δορυφορικές εικόνες (raster), διανυσματικά δεδομένα (vector) και δεδομένα απογραφής (census data) τα οποία αποκτήθηκαν από το Εργαστήριο Δημογραφικών και Κοινωνικών Αναλύσεων.

Για την επίτευξη της πλήρους κάλυψης ολόκληρης της πόλης των Τιράνων απαιτήθηκαν δύο δορυφορικές εικόνες από το δορυφόρο IKONOS από τις οποίες η μια καλύπτει το ανατολικό τμήμα της πόλης και η άλλη το δυτικό. Οι δύο εικόνες έχουν ληφθεί με διαφορά τριών ημερών και το προβολικό τους σύστημα είναι WGS 1984. Επίσης οι εικόνες είναι σε μορφή img (Erdas Imagine format) και αποτελούνται και οι δύο από 9856 γραμμές και 13004 στήλες.

Διανυσματικά δεδομένα

Στα διανυσματικά δεδομένα ανήκουν οι απογραφικοί τομείς οι οποίοι ήταν διαθέσιμοι για ολόκληρο το πολεοδομικό συγκρότημα των Τιράνων. Τα δεδομένα των απογραφικών τομέων είναι σε μορφή shp (ArcGIS format) και ήταν η βάση για τη δημιουργία των υπόλοιπων δεδομένων όπως τα όρια των μικρότερων δήμων και του δήμου Τιράνων στο σύνολο. Διορθώσεις ήταν απαραίτητες ώστε οι απογραφικοί τομείς να είναι επιθέσιμοι με τα δορυφορικά δεδομένα.

Δεδομένα απογραφής

Τέλος τα απογραφικά δεδομένα είναι στοιχεία που συνέλλεξε η Στατιστική Υπηρεσία της Αλβανίας (INSTAT) το 2001. Όπως φαίνεται και στο τμήμα του ερωτηματολογίου που παρατίθεται στο παράρτημα τα στοιχεία που καταγράφηκαν για τα κτίρια περιγράφουν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης. Στην απογραφή περιλαμβάνονται στοιχεία για το είδος της οροφής, τον αριθμό των ορόφων και την ηλικία τους.

Για τις ανάγκες της ανάλυσης υποθέτουμε πως οι δορυφορικές εικόνες έχουν ληφθεί την ίδια στιγμή με την διεξαγωγή της απογραφής αν και στην πραγματικότητα



αλλάζουν δραματικά τα δεδομένα. Θεωρούμε λοιπόν ότι στους τρεις μήνες που μεσολάβησαν δεν συνέβη καμία σημαντική αλλαγή που θα μπορούσε να διαταράξει τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

Ο δορυφόρος IKONOS

Ο δορυφόρος **IKONOS** είναι ένας εμπορικός δορυφόρος παρατήρησης της γης ο οποίος συλλέγει υψηλής ανάλυσης εικόνες χωρικής διακριτικής ικανότητας 1 και 4 μέτρων. Ο IKONOS προσφέρει πολυφασματικές και παγχρωματικές εικόνες από την 1^η Ιανουαρίου 2000. Η εταιρία διανομής των εικόνων είναι η GeoEye και τα προϊόντα διανέμονται με το όνομα CARTERRA.

Εικόνα 4.4: Ο δορυφόρος IKONOS

Ιστορικά



Πηγή: www.wikipedia.org

Το όνομα IKONOS προέρχεται από την ελληνική λέξη «εικόνα». Η εκτόξευση αρχικά είχε αποτύχει για τον δορυφόρο *Ikonos-1* το 1999 όμως η εκτόξευση του *Ikonos-2* προγραμματίστηκε για την αμέσως επόμενη χρονιά οπότε και εκτοξεύτηκε επιτυχώς ενώ είχε προηγηθεί η μετονομασία του από *Ikonos-2* σε

IKONOS. Η εκτόξευση πραγματοποιήθηκε στις 24 Σεπτεμβρίου 1999 από την Αεροπορική Βάση

Vandenberg της Καλιφόρνια.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Επικοινωνίες

Οι επικοινωνίες με τον δορυφόρο IKONOS για τον εντοπισμό και έλεγχο του διεξάγονται στις συχνότητες των 8345.968-8346.032 MHz (downlink) και 2025-2110 MHz (uplink).

Χωρική διακριτική ικανότητα

Ο δορυφόρος IKONOS έχει τη δυνατότητα λήψης δορυφορικών δεδομένων μέχρι και 26° από το Ναδίρ. Έτσι η εικόνα μιας περιοχής λαμβάνεται μια φορά από το



Ναδία και δεύτερη φορά από τις 26° από το Ναδία με ιδανική γωνία τις 10 – 15° . έτσι όπως φαίνεται και στον πίνακα 1.4 των χαρακτηριστικών του δορυφόρου η πρώτη εικόνα λαμβάνεται με χωρική διακριτική ικανότητα 0.82 m στο παγχρωματικό και 3.2 m στο πολυφασματικό ενώ η δεύτερη με 1.0 m στο παγχρωματικό και 4.0 m στο πολυφασματικό.

Φασματική διακριτική ικανότητα

Band	1-m PAN	4-m MS & 1-m PS
1 (Blue)	0.45-0.90 μm	0.445-0.516 μm
2 (Green)	*	0.506-0.595 μm
3 (Red)	*	0.632-0.698 μm
4 (Near IR)	*	0.757-0.853 μm

Συνοπτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του IKONOS παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1.4: Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών IKONOS

Τεχνικά χαρακτηριστικά του IKONOS

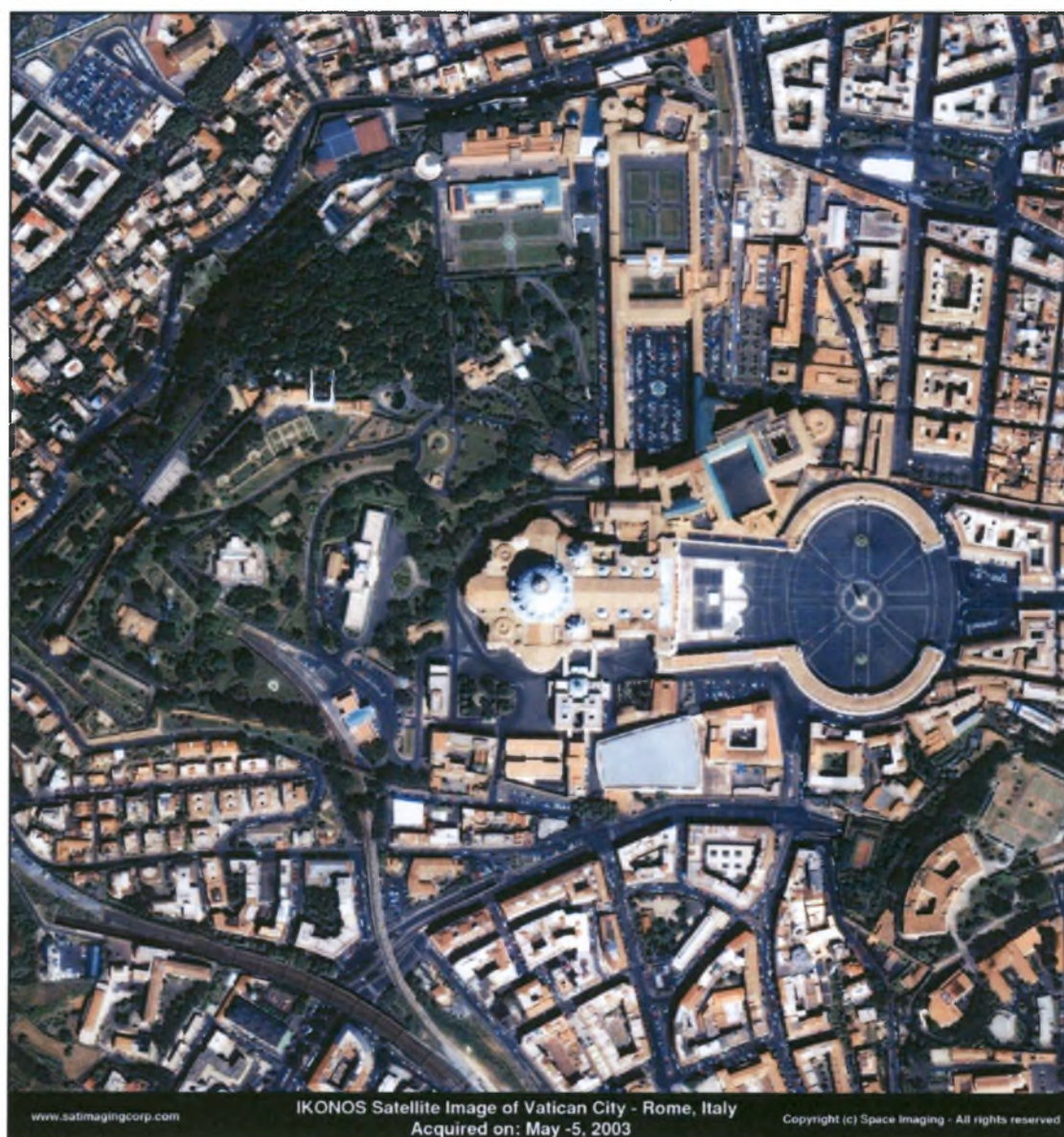
Οργανισμός	GeoEye
Τύπος αποστολής	Παρατήρηση της γης
Ανάδοχος	Lockheed Martin Space Systems
Ημερομηνία / τόπος εκτόξευσης	24/9/1999 από την Αεροπορική Βάση Vandenberg, Καλιφόρνια, Η.Π.Α.
Χρόνος λειτουργίας	7 έτη
Χωρική διακριτική ικανότητα	(Δυνατότητα λήψης δορυφορικών δεδομένων μέχρι και 26° από το Ναδία) Από το Ναδία: 0.82 m παγχρωματικό 3.2 m πολυφασματικό 26ο από το Ναδία 1.0 m παγχρωματικό 4.0 m πολυφασματικό
Εύρος σάρωσης	11.3 km στο Ναδία 13.8 km στις 26° από το Ναδία
Χρονική διακριτική ικανότητα	Περίπου 3 μέρες σε γεωγραφικό πλάτος 40°
Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα	11-bits ανά pixel
Κανάλια	Panchromatic, blue, green, red, near IR
Μάζα	726 κιλά
Webpage	www.spaceimaging.com/products/ikonos/



Στοιχεία τροχιάς

Εκκεντρότητα	0.00013
Τροχιά	98.1 μοίρες, ηλιοσύγχρονος
Περίοδος τροχιάς	98.33 λεπτά
Ταχύτητα τροχιάς	7.5 km/sec
Αριθμός περιστροφών γύρω από τη γη	14.7 κάθε 24 ώρες
Υψόμετρο	681 χλμ

Εικόνα 5.4: Άποψη του Βατικανού, εικόνα από το δορυφόρο IKONOS



Πηγή: www.spaceimaging.com



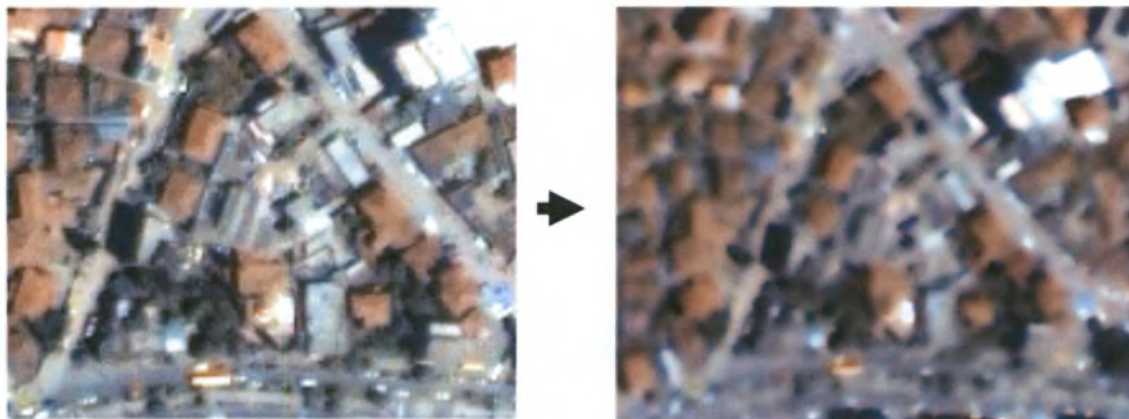
Προσαρμογή δορυφορικών δεδομένων

Ραδιομετρική προεπεξεργασία

Οι δορυφορικές εικόνες όπως προαναφέρθηκε έχουν μεταξύ τους διαφορά τριών ημερών με αποτέλεσμα να υπάρχουν ραδιομετρικές διαφορές οι οποίες διορθώνονται με ειδική επεξεργασία. Η ραδιομετρική επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων κρίθηκε μη απαραίτητη καθώς η ταξινόμηση των εικόνων έγινε ξεχωριστά για κάθε δήμο οι οποίοι βρίσκονται ολόκληροι εντός της μιας ή της άλλης με αποτέλεσμα να μην απαιτείται ένωσή τους.

Επιπλέον ραδιομετρική επεξεργασία εφαρμόστηκε στις δυο εικόνες με τη χρήση των φίλτρων «haze reduction» και «noise reduction». Το φίλτρο «haze reduction» βελτιώνει τη διαύγεια της εικόνας μειώνοντας τη θαμπάδα. Η θαμπάδα στην εικόνα οφείλεται στην επιλεκτική απορρόφηση και διάθλαση του φωτός από την ατμόσφαιρα λόγω των αερίων που αυτή περιέχει. Στοχεύοντας στην βελτίωση της απεικόνισης των περιγραμμάτων των φυσικών αντικειμένων στην εικόνα εφαρμόστηκε το παραπάνω φίλτρο ώστε κατά τη φάση της κατάτμησης της εικόνας να δημιουργηθούν αντικείμενα που να αντιπροσωπεύουν όσο το δυνατόν καλύτερα γίνεται τα φυσικά αντικείμενα.

Το φίλτρο «noise reduction» χρησιμοποιήθηκε για να αυξηθεί η ομοιογένεια της εικόνας καθώς εξομαλύνει τις ακραίες ραδιομετρικές τιμές. Παρατηρώντας την αρχική εικόνα φαίνεται πως οι στέγες δεν είναι ομοιογενείς σε ολόκληρο το εμβαδό τους καθώς από πολύ σκούρες που είναι στο κέντρο γίνονται ανοιχτότερες στις άκρες. Αυτό ισχύει κυρίως για τις μαύρες πλάκες. Επίσης στις εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης είναι συνηθισμένος ο θόρυβος ή αλλιώς το φαινόμενο «salt and pepper». Ο θόρυβος αυτός είναι πληροφορία περιττή για την ταξινόμηση και η απαλοιφή του κρίνεται σκόπιμη.



Εικόνα 6.4: Τμήμα της εικόνας του δήμου 10 πριν και μετά το φίλτρο «noise reduction».

Γεωμετρική προεπεξεργασία

Γεωμετρικές διορθώσεις δεν πραγματοποιήθηκαν καθώς όλα τα χωρικά δεδομένα είχαν ήδη προβολικό σύστημα WGS 1984 με αποτέλεσμα να μην κρίνεται σκόπιμη η αλλαγή του προβολικού τους συστήματος σε κάποιο άλλο.

Συμπεράσματα

Η προεπεξεργασία των διανυσματικών δεδομένων είχε ως κύριο στόχο την διόρθωση των πολυγώνων των απογραφικών τομέων ώστε αυτοί να συμπίπτουν με την εικόνα. Η διόρθωση των πολυγώνων έγινε χειροκίνητα με την υπόθεση ότι το όριο μεταξύ των απογραφικών τομέων είναι η μέση του δρόμου. Λόγω των μετατοπίσεων των πολυγώνων δημιουργήθηκαν λίγα στον αριθμό κενά στα όριά τους τα οποία όμως έχουν εμβαδόν λίγων pixels και επομένως δεν επηρεάζουν την ανάλυση στη συνέχεια.

Η εφαρμογή των φίλτρων κρίθηκε απαραίτητη καθώς με το φίλτρο «haze reduction» βελτιώθηκε η διαύγεια της εικόνας και τα αντικείμενα που δημιουργήθηκαν κατά τη φάση της κατάτμησης. Τέλος το φίλτρο «noise reduction» βοήθησε στην βελτίωση της ομοιογένειας της εικόνας. Η εικόνα που προέκυψε από το φίλτρο «noise reduction» είναι και αυτή που τελικά θα ταξινομηθεί.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ V: Εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης στη διάκριση των τύπων κάλυψης

Εφαρμογή

Κριτήρια επιλογής των δημοτικών διαμερισμάτων

Η ανάλυση εφαρμόστηκε σε δύο δημοτικά διαμερίσματα του δήμου Τιράνων πειραματικά ενώ η εφαρμογή σε ολόκληρο το Δήμο Τιράνων αποτελεί αντικείμενο περαιτέρω έρευνας. Αυτό συμβαίνει γιατί ο χρόνος που θα απαιτούσε η ανάλυση ολόκληρου του Δήμου ξεπερνά τα όρια μιας διπλωματικής εργασίας. Η επιλογή των δυο δημοτικών διαμερισμάτων έγινε με κριτήριο τα χαρακτηριστικά που αυτοί συνδυάζουν μετά από έρευνα. Τα επιλεγθέντα δημοτικά διαμερίσματα είναι τα 10 και 11. Το δημοτικό διαμέρισμα 10 βρίσκεται στο κέντρο της πόλης, όπως φαίνεται και στην εικόνα, και καταλαμβάνει μέρος του ιστορικού κέντρου των Τιράνων. Αντίθετα το 11 ανήκει στη ζώνη επέκτασης των Τιράνων μετά το 1990. Πρόκειται για μια ζώνη πολεοδομικών επεκτάσεων στην οποία συγκεντρώθηκαν οι κατοικίες των μεταναστών και στην οποία υπάρχουν ακόμα χωματόδρομοι και δρόμοι χωρίς



Εικόνα 1.5: Διοικητική διαίρεση του Δήμου Τιράνων σε δημοτικά διαμερίσματα.



Ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά – μεταβλητές που είναι απαραίτητα για την ανάλυση, δηλαδή την ηλικία κτιρίων και τον τύπο στέγης που περιλαμβάνονται στο δήμο, τα δημοτικά διαμερίσματα αυτά είναι αρκετά αντιπροσωπευτικά καθώς περιλαμβάνουν όλα τα είδη κτιρίων και παρουσιάζουν ιδιαίτερη ανομοιογένεια.

Τα δυο δημοτικά διαμερίσματα είναι αντιπροσωπευτικά και ως προς τη φύση των περιοχών που περιλαμβάνουν καθώς το διαμέρισμα 10 είναι καθ' όλα αστικό και περιλαμβάνει πυκνοκατοικημένες περιοχές ενώ αντίθετα το 11 περιλαμβάνει και περιοχές που έχουν αγροτικό χαρακτήρα. Στα βόρεια τμήματα του διαμερίσματος παρατηρούνται καλλιεργήσιμες εκτάσεις και στο μεγαλύτερο μέρος του είναι αραιοκατοικημένος.

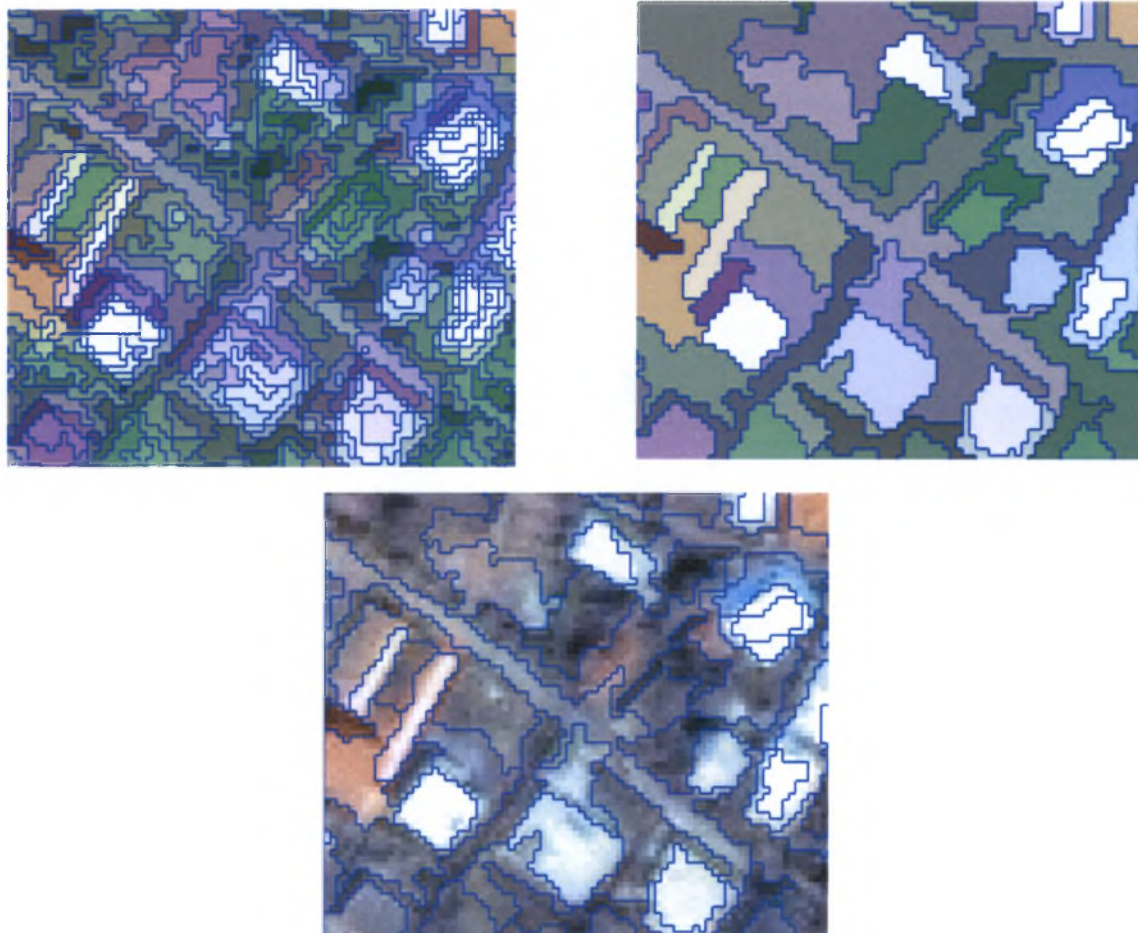
Κατάτμηση (Segmentation)

Η κατάτμηση αποτελεί το πρώτο βήμα για την ταξινόμηση της εικόνας και το πιο σημαντικό καθώς πρέπει να επιλεγεί το μέγεθος που θα έχουν τα αντικείμενα που θα προκύψουν. Οι παράμετροι της κατάτμησης επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το τελικό αποτέλεσμα. Το μέγεθος των αντικειμένων πρέπει να είναι τέτοιο ώστε στη διαδικασία της δειγματοληψίας να προκύπτουν ομογενή δείγματα αλλά και κατά την ταξινόμηση να έχουν το κατάλληλο μέγεθος ώστε να αναπαριστούν όσο καλύτερα γίνεται τα φυσικά αντικείμενα.

Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν δυο επίπεδα κατάτμησης 1) που να δημιουργεί μικρά και ομογενή αντικείμενα και 2) που να δημιουργεί μεγαλύτερα από το πρώτο αντικείμενα τα οποία έχουν μέγεθος τέτοιο ώστε το σχήμα τους να έχει παρόμοιες ιδιότητες με τα πραγματικά αντικείμενα. Το δεύτερο επίπεδο κατάτμησης είναι και αυτό που παίζει τον πιο σημαντικό ρόλο στην ταξινόμηση καθώς οι ιδιότητες όπως το σχήμα και η υφή είναι αυτές που βελτιώνουν την ποιότητα της ταξινόμησης καθώς διαχωρίζουν καλύτερα αντικείμενα που έχουν αρκετές ομοιότητες μεταξύ τους.



Η κατάτμηση γίνεται σύμφωνα με ένα συντελεστή κλίμακας (scale) ο οποίος όσο πιο μεγάλος είναι τόσο μεγαλύτερα είναι και τα αντικείμενα που δημιουργούνται. Ο συντελεστής αυτός καθορίζει τη μέγιστη ετερογένεια ανάμεσα στα αντικείμενα. Παράμετρο στην κατάτμηση αποτελούν οι ραδιομετρικές τιμές και το σχήμα τα οποία επίσης καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τα τελικά αντικείμενα. Η επιρροή καθενός από τα παραπάνω ορίζεται ως ποσοστό ενώ το άθροισμά τους είναι πάντα 100. Έτσι



Εικόνα 2.5: Αριστερά φαίνονται τα αντικείμενα σε κατάτμηση πρώτου επιπέδου και δεξιά σε δευτέρου. Από κάτω η εικόνα με πραγματικά χρώματα.

υπάρχει η δυνατότητα να λάβουμε υπόψη μόνο ένα εκ των δύο ή και τα δύο σε διαφορετικό βαθμό το καθένα. Παράλληλα υπάρχει η δυνατότητα να γίνει κατάτμηση της εικόνας με μεγαλύτερη έμφαση σε κάποιο από τα κανάλια πράγμα ιδιαίτερα χρήσιμο καθώς ορισμένα φυσικά αντικείμενα έχουν μεγαλύτερο βαθμό ανάκλασης σε κάποιο κανάλι σε σχέση με τα υπόλοιπα.

Η στρατηγική που εφαρμόστηκε για τις δυο εικόνες για την δημιουργία του δευτέρου επιπέδου κατάτμησης ήταν να δημιουργηθούν σε πρώτη φάση τα



αντικείμενα στην εικόνα που εφαρμόστηκε το φίλτρο «haze reduction» και έπειτα να καταταμηθεί η εικόνα που προέκυψε από την επεξεργασία για την μείωση του θορύβου με βάση τα αντικείμενα της πρώτης φάσης. Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκαν δυο στόχοι. Δημιουργίας όσο το δυνατόν πιο ακριβών αντικειμένων και ταυτόχρονα μείωσης του όγκου της πληροφορίας σε επιθυμητά επίπεδα.

Στην παρούσα περίπτωση η κλίμακα της κατάτμησης που επιλέχθηκε για το πρώτο επίπεδο είναι 3, με έμφαση στις ραδιομετρικές τιμές και όχι στο σχήμα. Οι επιλογές για την αναλογία ραδιομετρικής τιμής και σχήματος ήταν 80% για την ραδιομετρική τιμή και 20% για το σχήμα. Η αναλογία ραδιομετρικής τιμής και σχήματος επιλέχθηκε μετά από δοκιμές, και διαπιστώθηκε πως με την παραπάνω αναλογία δημιουργούνται ομογενή αντικείμενα. Το πρώτο επίπεδο είναι αυτό στο οποίο έγινε η δειγματοληψία οπότε η ομογένεια των αντικειμένων ήταν το πρώτο ζητούμενο. Σε δεύτερο επίπεδο η κλίμακα της κατάτμησης που επιλέχθηκε ήταν πολύ μεγαλύτερη ώστε να διαχωριστούν με σαφή τρόπο τα αντικείμενα και να αποκτήσουν σχήμα που διαχωρίζεται εύκολα από τα υπόλοιπα.

Αρχικά έγινε εισαγωγή των εικόνων στις οποίες εφαρμόστηκε το φίλτρο «haze reduction» στο eCognition και έγινε η κατάτμησή τους. Η κατάτμηση έγινε με κλίμακα 25, ποσοστό έμφασης στο σχήμα 80% και στη ραδιομετρική τιμή 20%. Επίσης έμφαση δόθηκε στην συμβολή του υπέρυθρου καναλιού στην κατάτμηση καθώς επιλέχθηκε να έχει διπλάσιο συντελεστή επιρροής. Το υπέρυθρο είναι το κανάλι που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διακύμανση κάτι που βελτιώνει τη διάκριση των αντικειμένων. Τα αντικείμενα που προέκυψαν αποθηκεύτηκαν ώστε να χρησιμοποιηθούν για την κατάτμηση των εικόνων στις οποίες εφαρμόστηκε το φίλτρο «noise reduction». Το επόμενο βήμα ήταν η εισαγωγή των επεξεργασμένων με το φίλτρο «noise reduction» εικόνων και η δημιουργία του δεύτερου επιπέδου κατάτμησης. Αυτό προέκυψε από την διαδικασία κατάτμησης του λογισμικού στην οποία η κατάτμηση γίνεται σύμφωνα με διανυσματικά δεδομένα. Με το τέλος αυτής της διαδικασίας το αποτέλεσμα ήταν οι επεξεργασμένες εικόνες με δυο επίπεδα κατάτμησης.

Η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω κρίθηκε απαραίτητη καθώς η κατάτμηση των επεξεργασμένων εικόνων σε δεύτερο επίπεδο ήταν προβληματική με αποτέλεσμα τα αντικείμενα που προέκυπταν να μην είναι αντιπροσωπευτικά. Η δυνατότητα του λογισμικού να εξάγει και να εισάγει διανυσματικά δεδομένα και να τα χρησιμοποιεί στην κατάτμηση υπήρξε εξαιρετικά χρήσιμη.



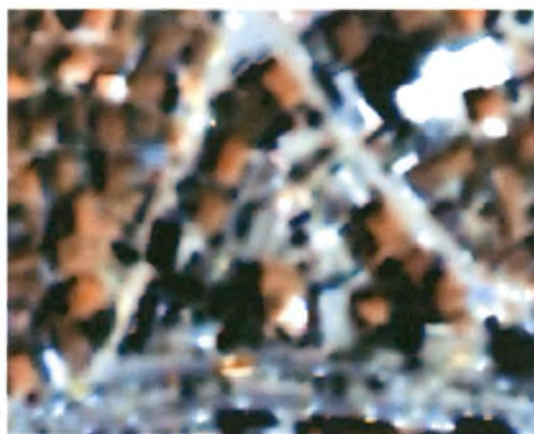
Σχήμα 2: Από την αρχική εικόνα στα τελικά αντικείμενα



A. Αρχική εικόνα



B. Εικόνα μετά το φίλτρο haze reduction



Γ. Εικόνα μετά το φίλτρο noise reduction



Δ. Αποτέλεσμα κατάτμησης μετά τη χρήση των πολυγώνων της B στη Γ



Δημιουργία ιεραρχικού δικτύου

Η πόλη των Τιράνων αποτελεί τυπικό παράδειγμα αστικού περιβάλλοντος όπου όπως φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα οι τύποι καλύψεων γης είναι οι εξής (Agorastakis, 2004):

- 1) Άσπρες πλάκες
- 2) Άσφαλτος
 - α) Ασφάλτινοι δρόμοι (ανοιχτό)
 - β) Ασφάλτινοι δρόμοι (σκούρο)
- 3) Κενοί χώροι
- 4) Κεραμίδια
 - α) Κεραμίδια (ανοιχτό)
 - β) Κεραμίδια (σκούρο)
- 5) Πλακόστρωτο
- 6) Σκιές
- 7) Μαύρες πλάκες
- 8) Πράσινο
 - α) Πράσινο (ανοιχτό)
 - β) Πράσινο (σκούρο)
- 9) Χωματόδρομοι
- 10) Ποτάμι

Ως βασικές καλύψεις αναγνωρίστηκαν το οδικό δίκτυο, τα διάφορα είδη κτιρίων, το πράσινο, οι σκιές, το ποτάμι και οι κενοί χώροι. Με τον όρο «κενοί χώροι» αναφέρονται τα αδόμητα οικοπέδα και χωράφια. Για την πιο πλήρη περιγραφή των βασικών ορίστηκαν οι δευτερεύουσες καλύψεις. Στην δημιουργία του ιεραρχικού δικτύου η βασική κάλυψη είναι ο γονέας (parent class) ενώ οι δευτερεύουσες, που την αποτελούν, τα παιδιά (child classes). Με την κατάτμηση και τη δημιουργία των αντικειμένων στην εικόνα κατασκευάζεται ένα δίκτυο από υπερ-αντικείμενα και υπο-αντικείμενα, δηλαδή από αντικείμενα ανώτερων και κατώτερων επιπέδων.

Στα Τίρανα το οδικό δίκτυο περιλαμβάνει διάφορα είδη δρόμων καθώς εκτός από τους ασφάλτινους υπάρχουν και χωματόδρομοι (οι οποίοι δεν είναι χαρακτηριστικό μόνο των επεκτάσεων της πόλης δηλαδή των περιφερειακών



δημοτικών διαμερισμάτων αλλά απλώνονται και σε διάφορα σημεία του κέντρου της πόλης). Το γεγονός αυτό περιπλέκει την ανάλυση καθώς οι χωματόδρομοι είναι δυνατόν να ταξινομηθούν ως κενοί χώροι και το αντίθετο. Προκύπτει έτσι η ανάγκη να χρησιμοποιηθούν και άλλα κριτήρια για το διαχωρισμό μεταξύ των καλύψεων που εκ των πραγμάτων έχουν όμοιες ραδιομετρικές τιμές. Όμως και οι ασφάλτινοι ακόμα δρόμοι μπορεί να μην είναι ίδιοι μεταξύ τους καθώς υπάρχουν δρόμοι σκούρου χρώματος και άλλοι πιο ανοιχτού.

Οι τύποι στέγης που αναγνωρίστηκαν είναι τέσσερις και αυτό γιατί δεν υπάρχουν μόνο στέγες με κεραμίδια και ταράτσες αλλά και διαφορετικές μορφές των παραπάνω. Έτσι καταγράφηκαν στέγες που έχουν ως υλικά κατασκευής κεραμίδια ανοικτού χρώματος και άλλες κατασκευασμένες με κεραμίδια σκούρου χρώματος. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει στέγη αλλά ταράτσα υπάρχουν τρεις περιπτώσεις. Η οροφή μπορεί να είναι μαύρη λόγω της πίσσας με την οποία καλυπτόταν η οροφή κατά την διάρκεια του κομμουνιστικού καθεστώτος στην Αλβανία και χρησίμευε στην καλύτερη μόνωση του σπιτιού από τη ζέστη και το κρύο. Οι νεότερες κατασκευές έχουν κάλυψη τσιμέντου στην οροφή οπότε στην εικόνα φαίνονται άσπρες ή ανοιχτό γκρι αλλά αναφέρονται και οι δυο ως άσπρες. Η διαφορά αυτή ανάμεσα στα υλικά κατασκευής που χρησιμοποιούσαν τότε και τα νεότερα προδίδει την περίοδο που κατασκευάστηκε το κάθε κτίριο.

Το πράσινο που παρατηρείται στα Τίρανα παρουσιάζεται σε δύο αποχρώσεις: σε πράσινο ανοικτό και πράσινο σκούρο. Ο διαχωρισμός ήταν απαραίτητος καθώς διαφέρει το επίπεδο ανακλαστικότητας με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος να ταξινομηθούν λανθασμένα λόγω μη ύπαρξης της αντίστοιχης θεματικής τάξης. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος υπήρχε για το σκούρο πράσινο καθώς μπορεί να μοιάζει με σκιά ή άλλη θεματική τάξη με παρόμοια φασματική υπογραφή.

Η κάλυψη «ποτάμι» αναφέρεται στη παρουσία του ποταμού που διατρέχει το δημοτικό διαμέρισμα 11.

Τέλος οι κενοί χώροι είναι οι άκτιστοι χώροι που καλύπτονται από χώμα και μπορεί να είναι από πολύ μικροί, εμβαδού ενός οικοπέδου, έως πολύ μεγάλοι όπως ακαλλιέργητα χωράφια.



Δειγματοληψία

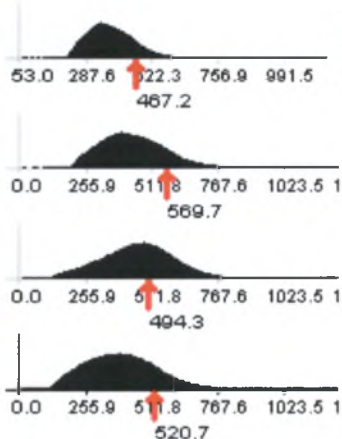
Όπως έχει προαναφερθεί οι μέθοδοι ταξινόμησης μπορούν να διαχωριστούν σε επιβλεπόμενες και μη – επιβλεπόμενες. Για την διεξαγωγή μιας μη – επιβλεπόμενης ταξινόμησης δεν χρειάζεται καμία παρέμβαση του αναλυτή καθώς γίνεται αυτόματα από τους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται. Αντίθετα για μια επιβλεπόμενη ταξινόμηση όπως είναι αυτή της παρούσας εργασίας ο αναλυτής πρέπει να περιγράψει με όσο μεγαλύτερη ακρίβεια γίνεται τις θεματικές κλάσεις.

Η δειγματοληψία είναι διαδικασία χρονοβόρα καθώς τα δείγματα πρέπει είναι ομογενή και όσο πιο αντιπροσωπευτικά γίνεται. Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας η δειγματοληψία έγινε στο πρώτο επίπεδο κατάτμησης το οποίο περιλαμβάνει τα μικρότερα αντικείμενα. Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε ένα τμήμα της πόλης δυτικά της κεντρικής πλατείας και ορισμένα αντιπροσωπευτικά δείγματα. Στην εικόνα μέσα σε κύκλο βλέπουμε το δείγμα και στο ιστόγραμμα δεξιά της εικόνας με κόκκινο βέλος τις ραδιομετρικές τιμές του δείγματος στα κανάλια. Η σειρά των καναλιών είναι blue – green – nir - red.

Στις δύο πρώτες εικόνες βλέπουμε δείγματα από τους ασφάλτινους δρόμους των Τιράνων τα οποία δεν μοιάζουν όσον αφορά τις ραδιομετρικές τους τιμές όπως φαίνεται και στα ιστογράμματα που συνοδεύουν τις εικόνες.

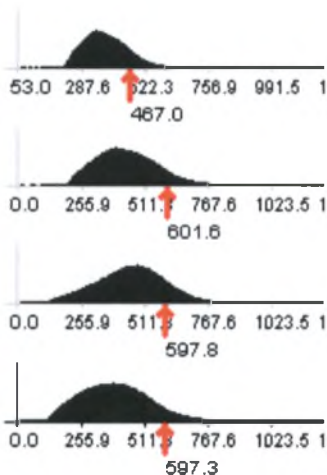


Εικόνα 3.5:
Άσφαλτος σκούρο

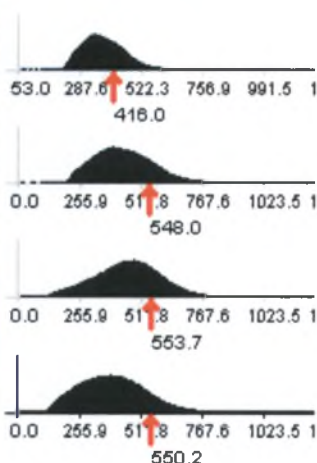


Εικόνα 4.5: Άσφαλτος ανοιχτό

Στις δυο πιο κάτω εικόνες βλέπουμε δείγματα από τη θεματική κλάση «χωματόδρομοι» και «κενοί χώροι». Οι δυο αυτές θεματικές τάξεις έχουν ίδιες ραδιομετρικές τιμές όπως δείχνουν τα ιστογράμματα όμως μπορούν να διαχωριστούν αν λάβουμε υπόψη το σχήμα τους το οποίο παρουσιάζει διαφορές όπως φαίνεται και στην εικόνα.



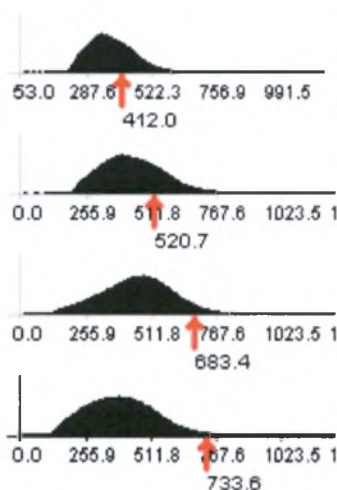
Εικόνα 5.5: Χωματόδρομος



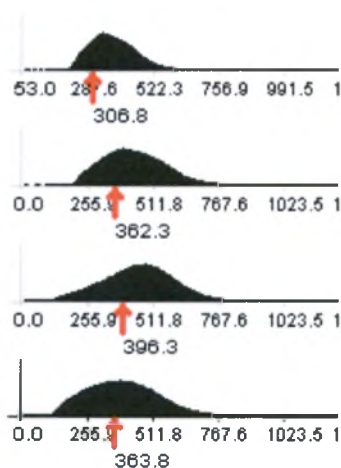
Εικόνα 6.5: Κενός χώρος



Όσον αφορά τους τύπους στέγης, βλέπουμε στις επόμενες εικόνες πως οι στέγες από κεραμίδια διαχωρίζονται μεταξύ τους αν και είναι από το ίδιο υλικό. Όπως παρατηρούμε και στα ιστογράμματα των δειγμάτων οι δύο τύποι στέγης παρουσιάζουν τελείως διαφορετική ανακλαστικότητα και στα τέσσερα κανάλια της εικόνας.

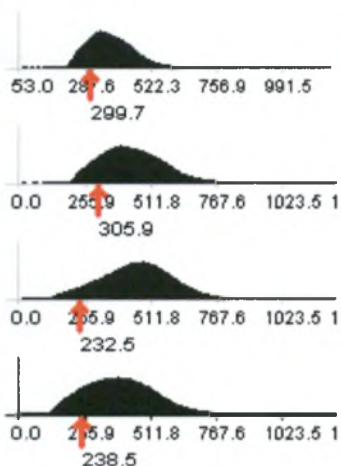
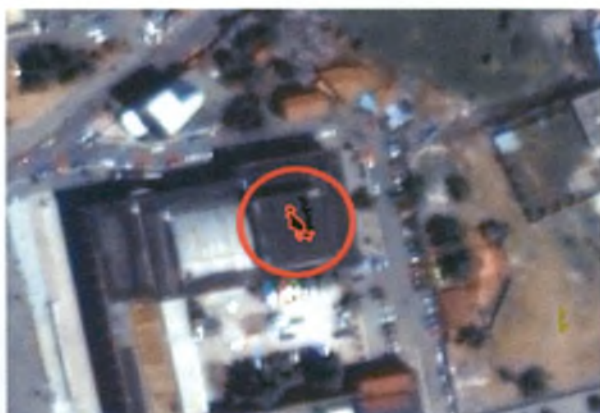


Εικόνα 7.5: Στέγη με κεραμίδι ανοιχτού χρώματος

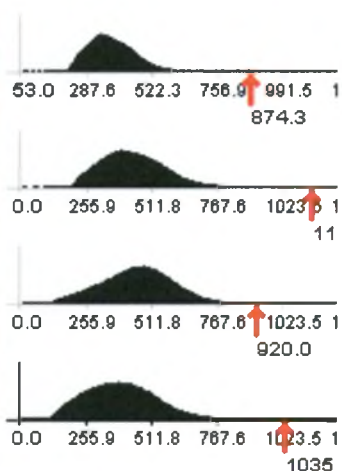


Εικόνα 8.5: Κτίρια με σκεπή από κεραμίδια σκούρου χρώματος

Και στις ταράτσες όμως υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα υλικά κατασκευής τους και την ανακλαστικότητά τους. Υπάρχουν οι μαύρες οροφές οι οποίες έχουν μικρές ραδιομετρικές τιμές σε όλα τα κανάλια και οι άσπρες οι οποίες παρουσιάζουν πολύ υψηλές τιμές. Ενδιάμεσα υπάρχουν άσπρες ταράτσες οι οποίες παρουσιάζουν ίδιες ραδιομετρικές τιμές με την ασφαλτο ανοιχτού χρώματος και οι οποίες διαχωρίζονται μεταξύ τους λόγω των διαφορετικών παραμέτρων του σχήματός τους.

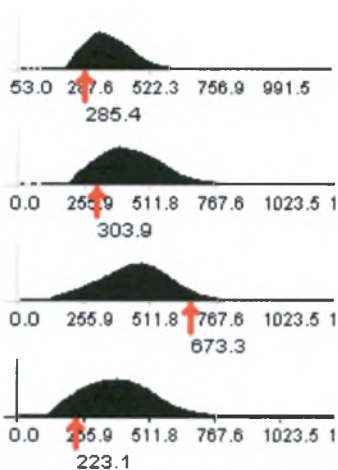


Εικόνα 9.5: Κτίρια με μαύρη πλάκα

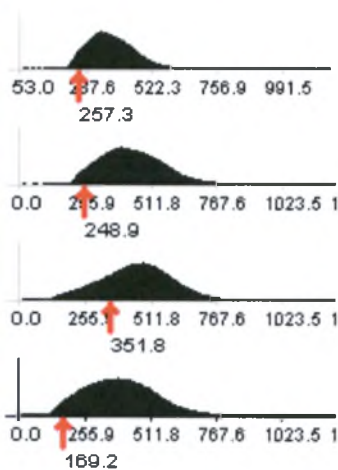


Εικόνα 10.5: Κτίρια με άσπρη πλάκα

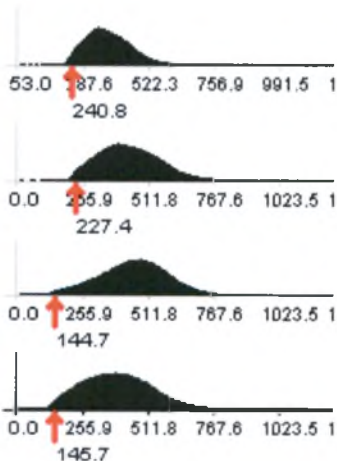
Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται οι θεματικές τάξεις που αφορούν το πράσινο. Όπως φαίνεται και στα ιστογράμματα οι δυο θεματικές τάξεις παρουσιάζουν ίδια ανακλαστικότητα στο ορατό φάσμα όμως η θεματική κλάση «ανοιχτό πράσινο» διαφοροποιείται έχοντας μεγαλύτερη ανακλαστικότητα στο υπέρυθρο. Για τον καλύτερο διαχωρισμό του πράσινου από τις υπόλοιπες χρήσεις δημιουργήθηκαν δυο τάξεις ώστε τα αντικείμενα που αντιπροσώπευαν σκούρο πράσινο να μην ταξινομούνται λανθασμένα ως σκιές καθώς βλέπουμε πως οι φασματικές υπογραφές τους μοιάζουν.



Εικόνα 11.5:
Πράσινο ανοιχτό



Εικόνα 12.5:
Πράσινο σκούρο



Εικόνα 13.5: Σκιά



Στην τελευταία εικόνα βλέπουμε ελαττωματικά pixels τα οποία υπάρχουν στην εικόνα και είναι σφάλματα του καταγραφικού συστήματος.



Εικόνα 14.5:
Ελαττωματικά pixels

Ταξινόμηση

Η ταξινόμηση στην αντικειμενοστραφή ανάλυση αποτελεί μια μη γραμμική διαδικασία καθώς κατά τη διάρκειά της υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης επιπλέον δειγμάτων ή αφαίρεση άλλων ανάλογα με αν το αποτέλεσμα μας ικανοποιεί. Είναι επίσης αναμενόμενο να μην έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα με την πρώτη προσπάθεια και να βελτιώσουμε την ταξινόμηση προσθέτοντας συνθήκες που αφορούν το σχήμα, την υφή κτλ, δείγματα ή και διανυσματικά δεδομένα. Είναι μια διαδικασία ανοιχτή όπου μπορούμε να ελέγξουμε όλα τα δεδομένα που εισάγονται και χαρακτηρίζεται από τη φράση «κλικ και ταξινόμηση» (click and classify) που υπονοεί ότι σε οποιαδήποτε στιγμή μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα της ταξινόμησης και να δράσουμε ανάλογα ώστε να τη βελτιώσουμε.

Στην διαδικασία της ταξινόμησης είναι σημαντικό να περιγράψουμε τις θεματικές κλάσεις μέσω των δειγμάτων και των ιδιοτήτων των αντικειμένων που τις απαρτίζουν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι σαφείς οι διαφορές τους. Η εύρεση των κατάλληλων χαρακτηριστικών που θα χρησιμοποιηθούν βασίζεται στην παρατήρηση και έλεγχο της εικόνας και των αντικειμένων που προκύπτουν από αυτή. Είναι σημαντικό να ξέρουμε τι είδους αντικείμενα υπάρχουν στην εικόνα και ποιες θεματικές κλάσεις εκφράζουν οι ιδιότητές τους.

Μετά την δειγματοληψία που έγινε σε πρώτη φάση στο μικρότερο επίπεδο κατάτμησης και μια πρώτη ταξινόμηση τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά ωστόσο πολλά αντικείμενα ταξινομούνταν λανθασμένα λόγω των πολλών ομοιοτήτων που



παρουσιάζουν οι ραδιομετρικές τιμές των διαφόρων κλάσεων. Για το λόγο αυτό προστέθηκαν συνθήκες οι οποίες περιγράφουν καλύτερα τις θεματικές κλάσεις ώστε να διαχωριστούν καλύτερα μεταξύ τους καθώς στην πρώτη απόπειρα ταξινόμησης αναμιγνύονταν. Έτσι μαζί με τη συνθήκη της ραδιομετρικής τιμής προστέθηκαν και συνθήκες που αφορούν το σχήμα των αντικειμένων τα οποία στο δεύτερο επίπεδο κατάτμησης διαχωρίζονταν πολύ καλά.

Για την ταξινόμηση των αντικειμένων χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος της πλησιέστερης γειτονίας (nearest neighbor) ενώ συνολικά και στις δυο εικόνες χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω συνθήκες:

Area: είναι το εμβαδόν του αντικειμένου. Αν η εικόνα δεν έχει γεωγραφικό σύστημα αναφοράς το εμβαδόν ισούται με τον αριθμό των pixels ενώ αν έχει ισούται με τον αριθμό των pixels επί το πραγματικό εμβαδόν στο έδαφος που καλύπτει ένα pixel (την χωρική διακριτική ικανότητα).

Length/Width: είναι ο λόγος του μήκους προς το πλάτος του αντικειμένου

Length: αφορά το μήκος του αντικειμένου

Shape index: μαθηματικά είναι η περίμετρος του αντικειμένου προς τέσσερις φορές την τετραγωνική ρίζα του εμβαδού. Ως δείκτης εκφράζει την ομαλότητα του περιγράμματος του αντικειμένου.

Rectangular fit: είναι ένας δείκτης που εκφράζει σε τι ποσοστό το σχήμα του αντικειμένου είναι ορθογωνικό

Mean: εκφράζει το μέσο όρο των τιμών των pixels ενός αντικειμένου σε κάποιο κανάλι που ορίζεται από τον αναλυτή

X distance to right border: είναι συνθήκη που εκφράζει την απόσταση x ενός αντικειμένου από το δεξί όριο της εικόνας. Μπορεί να περιγράψει τη θέση στην εικόνα μιας θεματικής κλάσης.

Οι παραπάνω συνθήκες χρησιμοποιήθηκαν στην ταξινόμηση των δύο εικόνων όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.



ΣΥΝΘΗΚΕΣ/ ΚΛΑΣΕΙΣ	ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ	Area	Length	Length/ Width	Rectangular fit	Shape index	Mean (nir)	X distance to right border
Δημοτικό διαμέρισμα 10								
Κεραμίδια (ανοιχτό)						≤2,5		
Κεραμίδια (σκούρο)				≤3				
Μαύρες πλάκες				≤3		≤3,5		
Άσπρες πλάκες		≤60						
Χωματόδρομοι				≥2				
Δημοτικό διαμέρισμα 11								
Άσπρες πλάκες		≤300			≥0,7	≤2,5		
Ασφάλτινοι δρόμοι (ανοιχτό)						≥2,6		
Ασφάλτινοι δρόμοι (σκούρο)			≥100					
Καλλιέργειες								≥4100
Κενοί χώροι		≥200		≤4		≤3,5		
Κεραμίδια (ανοιχτό)		≤300		≤2,5	≥0,75	≤2,5		
Κεραμίδια (σκούρο)		≤300		≤2,5	≥0,75	≤2		
Σκιές			≤100					
Μαύρες πλάκες				≤4	≥0,6			
Χωματόδρομοι					≤0,6	≥3		
Ποτάμι		≥1000		≥3	≤0,6	≥2	140 - 270	

Πίνακας 1.5: Πίνακας τιμών των συνθηκών

Αναλυτικά στις θεματικές κλάσεις εφαρμόστηκαν οι εξής συνθήκες ανά δήμο:

Δημοτικό διαμέρισμα 10:

- Για τα κτίρια με στέγες από κεραμίδια ανοιχτού χρώματος η Shape index καθώς έχουν σχήμα κανονικό και αρκετά ομαλό περίγραμμα.
- Για τα κτίρια με στέγες από κεραμίδια σκούρου χρώματος η Length/Width γιατί οι στέγες έχουν περίπου τετραγωνικό σχήμα με το λόγο μήκος/πλάτος να είναι αρκετά μικρός.
- Για τις μαύρες πλάκες η Shape index. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται για να εξασφαλιστεί πως το σχήμα έχει ομαλό περίγραμμα αντίθετα με αυτό των ασφάλτινων αντικειμένων και Length/Width γιατί οι μαύρες πλάκες δεν έχουν σχήμα μακρόστενο ανάλογο με αυτό των δρόμων.
- Για τις άσπρες πλάκες χρησιμοποιήθηκε η Length καθώς έχουν σχετικά μικρό μήκος.
- Για τους χωματόδρομους η Length/Width καθώς είναι η συνθήκη που εκφράζει περισσότερο τέτοιου είδους σχήματα όπως αυτά των δρόμων.

Δημοτικό διαμέρισμα 11:

- Για τα κτίρια με στέγες από κεραμίδια ανοιχτού και σκούρου χρώματος: Area επειδή το εμβαδόν των σκεπών γενικά είναι αρκετά μικρό και Length/Width γιατί οι στέγες έχουν σχήμα περίπου ορθογωνικό με το λόγο μήκος/πλάτος να



είναι σχετικά μικρός και σίγουρα κάτω από 3. Επίσης Rectangular fit γιατί όπως προαναφέραμε οι σκεπές έχουν συνήθως σχήμα ορθογωνικό και αυτό αποτυπώνεται σε αυτή τη συνθήκη. Shape index – εδώ χρησιμοποιείται βοηθητικά και αυτός ο δείκτης καθώς τα αντικείμενα αυτής της κατηγορίας έχουν ομαλό σχήμα

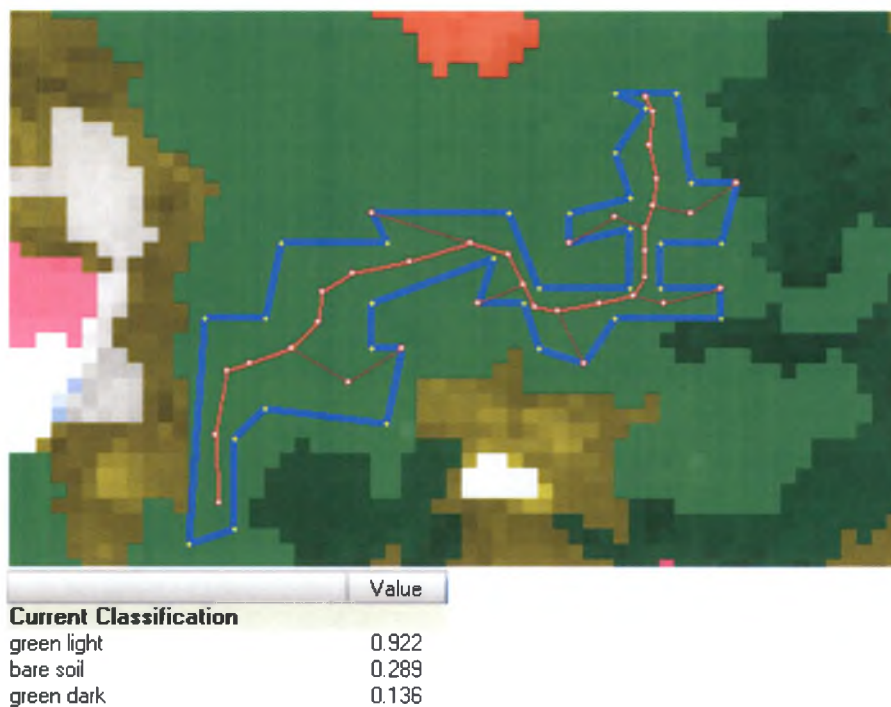
- Για τα κτίρια με μαύρες πλάκες η Length/Width γιατί η συνθήκη αυτή εξασφαλίζει πως τα αντικείμενα που θα ταξινομηθούν ως μαύρες σκεπές δεν θα είναι μακρόστενα όπως εκείνα των δρόμων.
- Για τα κτίρια με άσπρες πλάκες η Shape index καθώς ο αντίστοιχος δείκτης είναι αρκετά μικρός.
- Για τους χωματόδρομους η Shape index κρίθηκε ως κατάλληλο κριτήριο καθώς τα αντικείμενα που αντιπροσωπεύουν χωματόδρομους έχουν σχήμα με καθόλου ομαλό περίγραμμα. Επίσης χρησιμοποιήθηκε η Rectangular fit αυτή τη φορά για να δηλώσει αντικείμενα που δεν έχουν ορθογωνικό σχήμα.
- Για τους δρόμους από άσφαλτο (σκούρο) η Length καθώς στην εικόνα του δήμου 11 τα αντικείμενα που αντιπροσωπεύουν άσφαλτο έχουν πολύ μεγάλο μήκος και γι' αυτό ξεχωρίζουν εύκολα
- Για τους δρόμους από άσφαλτο (ανοιχτό) η Shape index επειδή το περίγραμμα του σχήματός τους παρουσιάζει μεγάλη ανομοιομορφία οπότε ο δείκτης αυτός είναι μεγάλος.
- Για τους κενούς χώρους η Area επειδή οι κενοί χώροι στο δήμο 11 έχουν πολύ μεγάλο εμβαδόν, η Length/Width η οποία χρησιμοποιείται για τον καλύτερο διαχωρισμό από τους χωματόδρομους και η Shape index γιατί η ανομοιομορφία των περιγραμμάτων αποτελεί κοινό χαρακτηριστικό των αντικειμένων αυτής της θεματικής τάξης.
- Για το ποτάμι η Area καθώς η θεματική τάξη «ποτάμι» αποτελείται από μεγάλα σε εμβαδόν αντικείμενα, η Length/Width γιατί τα αντικείμενα είναι μακρόστενα σε σχήμα καθώς πρόκειται για ποτάμι και η Shape index γιατί το σχήμα των αντικειμένων που αποτελούν το ποτάμι δεν παρουσιάζει πουθενά ομαλό περίγραμμα. Επίσης η Rectangular fit επειδή τα αντικείμενα δεν έχουν καθόλου ορθογωνικό σχήμα και η Mean επειδή η τιμή του νερού του ποταμού στο υπέρυθρο κυμαίνεται σε συγκεκριμένο εύρος τιμών.



- Για τις σκιές η Length καθώς έχουν σχετικά μικρό μήκος όπως και τα κτίρια που τις δημιουργούν.
- Για τις καλλιέργειες η X distance to right border καθώς εμφανίζονται σε συγκεκριμένη περιοχή της εικόνας.

Στον πίνακα 1 του παραρτήματος φαίνονται για κάθε θεματική κλάση οι ιδιότητες των αντικειμένων. Εκτός από τη μέση τιμή και τυπική απόκλιση των ραδιομετρικών τιμών τους στα 4 κανάλια της εικόνας υπάρχουν και τα στατιστικά που αφορούν το σχήμα τους.

Το τελικό αποτέλεσμα της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης των εικόνων των δήμων φαίνεται στους χάρτες 1 και 2 του παραρτήματος. Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης είναι ένας χάρτης θεματικών κλάσεων ο οποίος απαρτίζεται από αντικείμενα εικόνας τα οποία καταχωρούνται σε μια από τις τάξεις ανάλογα με το βαθμό συμμετοχής των κλάσεων σε αυτά. Κάθε αντικείμενο δηλαδή καταχωρείται σε όλες τις θεματικές τάξεις σε κάποιο βαθμό και τελικά ανήκει στη θεματική κλάση στην οποία ο βαθμός αυτός είναι ο μεγαλύτερος. Ο βαθμός συμμετοχής κάθε κλάσης δεν εκφράζει την πιθανότητα κάποιο αντικείμενο να ανήκει σε συγκεκριμένη κλάση οπότε το άθροισμα των βαθμών συμμετοχής δεν είναι 100%. Για το λόγο αυτό ρόλο παίζει όχι μόνο ο μεγαλύτερος βαθμός συμμετοχής αλλά και η διαφορά του από τον αμέσως επόμενο. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα αντικείμενο ταξινομημένο και τη συμμετοχή κάθε θεματικής κλάσης στην ταξινόμησή του. Βλέπουμε πως για το συγκεκριμένο αντικείμενο ο βαθμός συμμετοχής της θεματικής κλάσης «πράσινο ανοιχτό» είναι 0,922 και καθώς η διαφορά από το βαθμό συμμετοχής της επόμενης κλάσης είναι μεγάλη ταξινομείται στην κλάση «πράσινο ανοιχτό». Επίσης με κόκκινο χρώμα φαίνεται ο σκελετός του αντικειμένου.

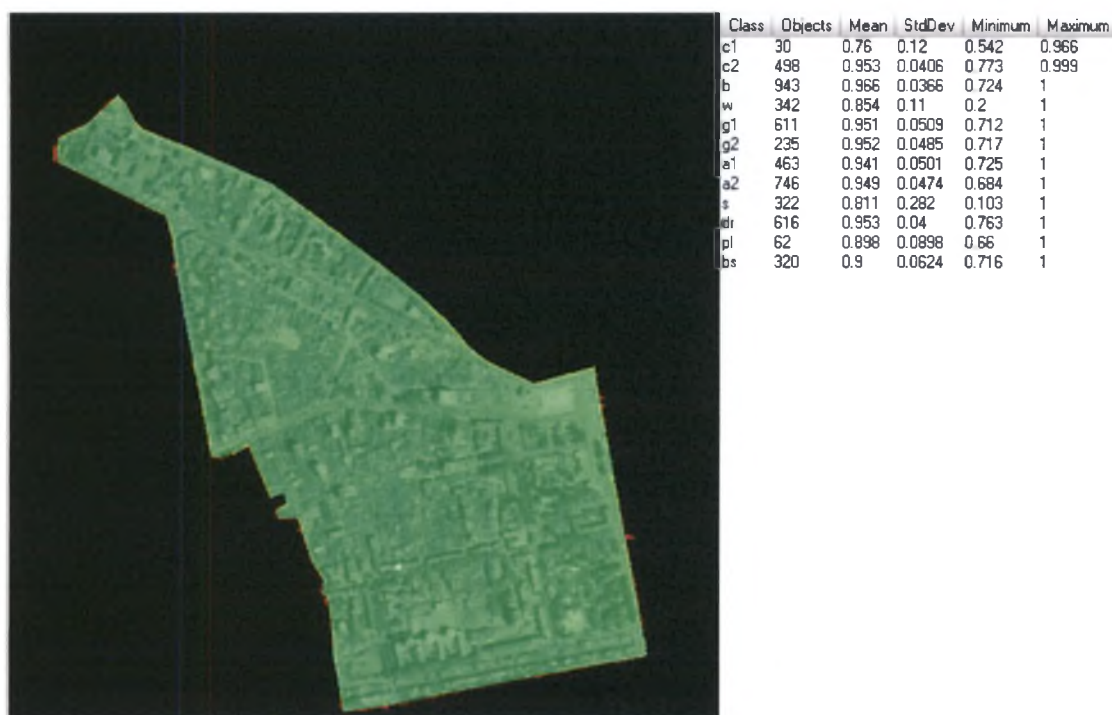


Εικόνα 16.5: Η εικόνα ενός ταξινομημένου αντικειμένου



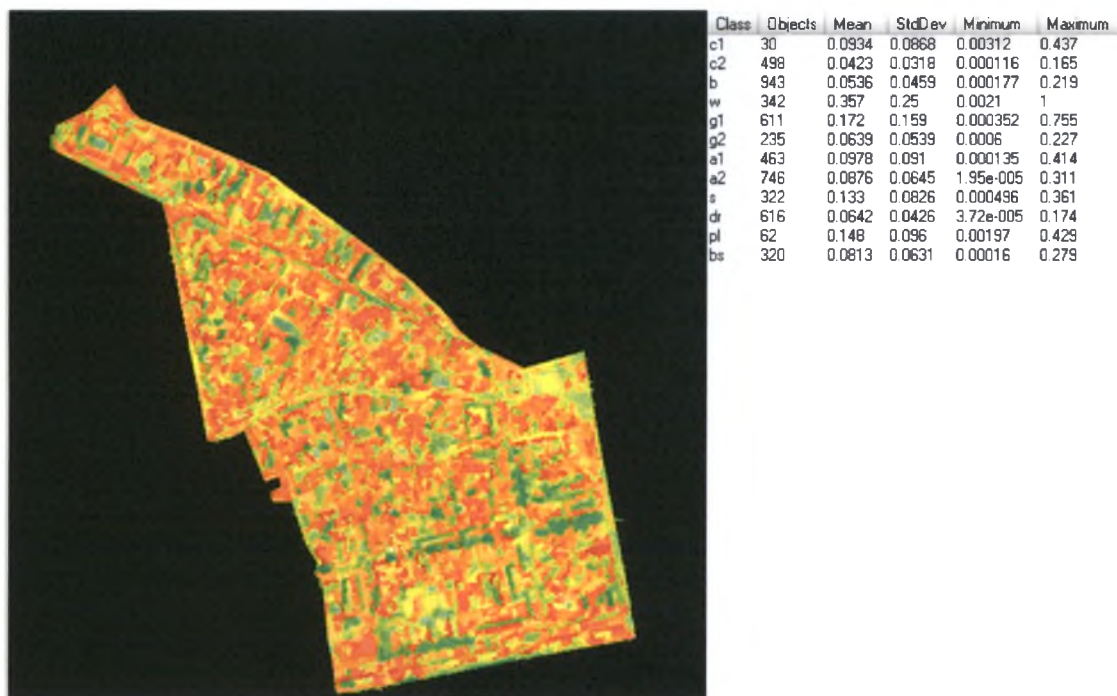
Εκτίμηση της ακρίβειας ταξινόμησης

Για μια αρχική εκτίμηση της ταξινόμησης χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο «αποτέλεσμα της άριστης ταξινόμησης» (best classification result) το οποίο μας δείχνει συνοπτικά μια συνολική εικόνα για την ταξινόμηση. Αριστερά στο χάρτη φαίνονται με πράσινο τα αντικείμενα τα οποία των οποίων το ποσοστό συμμετοχής της θεματικής τάξης στην οποία ταξινομήθηκαν να πλησιάζει το 1. Όσο μικραίνει το ποσοστό συμμετοχής το χρώμα τους γίνεται πορτοκαλί έως κόκκινο. Κρίνοντας από τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση φαίνεται πως η πολύ μικρή τυπική απόκλιση στις περισσότερες θεματικές τάξεις καθιστά την ταξινόμηση αρκετά καλή καθώς σε συνδυασμό με τις μέσες τιμές βλέπουμε πως υπάρχει μικρή συνδιακύμανση. Πάντως ως πρώτη ένδειξη είναι πολύ ενθαρρυντική καθώς όπως φαίνεται και στην εικόνα η συντριπτική πλειοψηφία των αντικειμένων εμφανίζονται με χρώμα πράσινο.



Εικόνα 17.5: Αποτέλεσμα της άριστης ταξινόμησης (Best classification result) για το δημοτικό διαμέρισμα 10

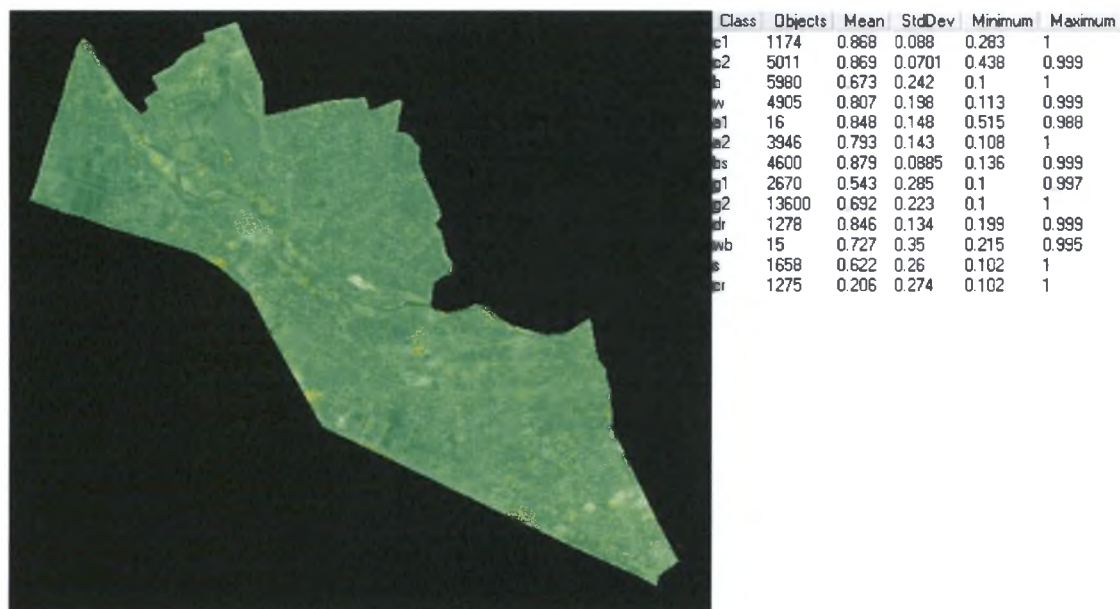
Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε και το εργαλείο ελέγχου της σταθερότητας της ταξινόμησης (classification stability). Τα αποτελέσματα φαίνονται στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 18.5: Εργαλείο ελέγχου της σταθερότητας της ταξινόμησης (classification stability) δημοτικού διαμερίσματος 10

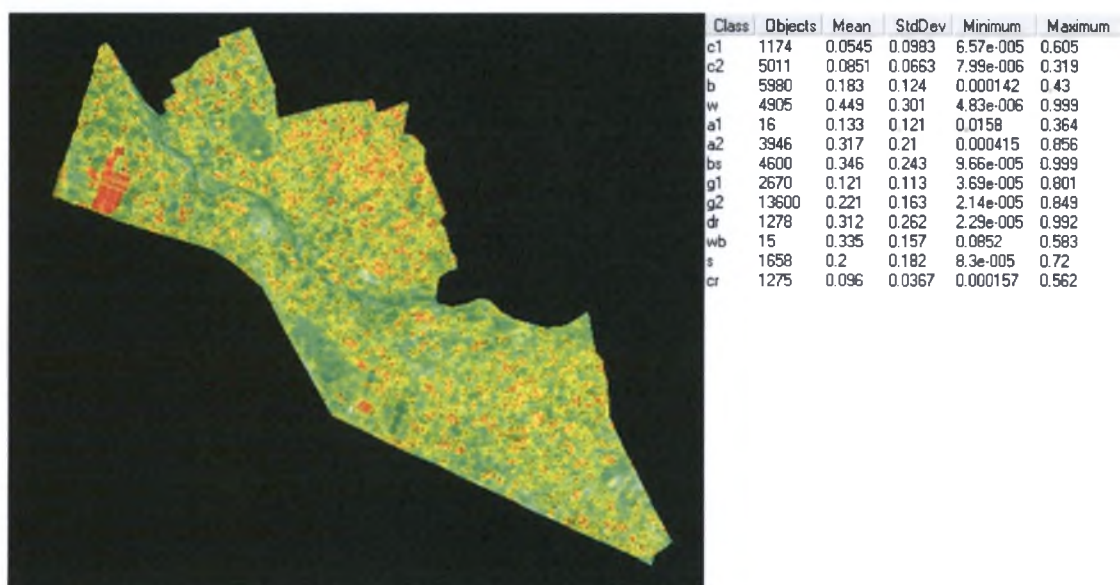
Το εργαλείο αυτό ελέγχει τη διαφορά στο βαθμό συμμετοχής μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης τάξης. Αν η διαφορά είναι μικρή σημαίνει ότι η ταξινόμηση δεν είναι σταθερή ενώ αν είναι μεγάλη τότε η ταξινόμηση είναι αρκετά σαφής. Όπως βλέπουμε και στην εικόνα στην παρούσα περίπτωση υπάρχει μια όχι και τόσο καλή κατάσταση και επιβεβαιώνονται και με αυτόν τον τρόπο οι πολλές ομοιότητες ανάμεσα στα αντικείμενα που έπρεπε να ταξινομηθούν. Οι ομοιότητες αυτές κάνουν τα αντικείμενα να κατατάσσονται οριακά σε μια θεματική τάξη και το γεγονός αυτό εκφράζει ο παραπάνω πίνακας χωρίς να δείχνει αν τελικά κατατάχτηκαν σωστά σε αυτή την τάξη. Η κατάταξη των αντικειμένων μπορεί να ελεγχθεί μόνο με την εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης με έλεγχο με βάση πραγματικά στοιχεία από χαρτογραφικό υπόβαθρο ή άλλα δεδομένα.

Για την δεύτερη εικόνα τα αποτελέσματα είναι αρκετά καλύτερα όσον αφορά τον έλεγχο για το αποτέλεσμα της άριστης ταξινόμησης. Όπως φαίνεται και στην εικόνα υπάρχουν ελάχιστα αντικείμενα που δεν έχουν χρωματιστεί πράσινα ενώ οι τυπικές αποκλίσεις που παρατηρούνται είναι πολύ μικρές.



Εικόνα 19.5: Αποτέλεσμα της άριστης ταξινόμησης (Best classification result) δημοτικού διαμερίσματος 11

Παρομοίως στον έλεγχο της σταθερότητας της ταξινόμησης δείχνει να είναι πιο σταθερή από την πρώτη.



Εικόνα 20.5: Εργαλείο ελέγχου της σταθερότητας της ταξινόμησης (classification stability) δημοτικού διαμερίσματος 11

Παρόλα αυτά η εικόνα που μας δίνουν τα εργαλεία του λογισμικού είναι αρκετά γενική και για το λόγο αυτό επιβάλλεται να εκτιμήσουμε την ακρίβεια της ταξινόμησης με κλασσικές μεθόδους. Η εκτίμηση της ακρίβειας χρησιμοποιώντας σημεία ελέγχου είναι ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος εκτίμησης.



Για την εκτίμηση της ακρίβειας με τη χρήση σημείων ελέγχου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Erdas Imagine. Λόγω του γεγονότος ότι έγιναν δύο ταξινομήσεις έπρεπε να υπάρχει και διαφορετικός έλεγχος για την ακρίβεια σε κάθε εικόνα ξεχωριστά. Με τον τρόπο αυτό έχουμε διαφορετικό ποσοστό ακρίβειας για κάθε εικόνα κάτι που μας δείχνει με πιο αναλυτικό τρόπο τα σφάλματα σε κάθε μια.

Για την επιλογή των σημείων ελέγχου έγινε στρωματοποιημένη δειγματοληψία στην ταξινομημένη εικόνα και προέκυψαν 128 σημεία για την εικόνα του δημοτικού διαμερίσματος 10 και 193 σημεία για την εικόνα του 11. Μπορούμε να πούμε πως τα συνολικά 321 σημεία ελέγχου είναι αρκετά για τον πλήρη έλεγχο των ταξινομημένων εικόνων. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται τα σημεία ελέγχου για κάθε εικόνα.

Εικόνα 21.5: Κατανομή των σημείων ελέγχου στην επιφάνεια του δημοτικού διαμερίσματος 10





Εικόνα 22.5: Κατανομή των σημείων ελέγχου στην επιφάνεια του δημοτικού διαμερίσματος 11





Τα ποσοστά ακρίβειας υπολογίζονται με βάση τον πίνακα σφαλμάτων (error matrix). Συγκεκριμένα υπολογίζεται η ακρίβεια για τον κατασκευαστή, το χρήστη και ο δείκτης Kappa. Η ακρίβεια του κατασκευαστή υπολογίζεται ως το ποσοστό των σωστά ταξινομημένων pixels επί του συνόλου των δεδομένων αναφοράς, είναι δηλαδή η πιθανότητα ένα pixel να ανήκει πράγματι σε μια κάλυψη εδάφους. Η ακρίβεια του χρήστη ορίζεται ως το ποσοστό των σωστά ταξινομημένων pixels επί του συνόλου των pixels που ταξινομήθηκαν σε μια θεματική κλάση και εκφράζει την πιθανότητα ένα pixel να ανήκει σε μια θεματική κλάση. Τελικό ποσοστό ακρίβειας είναι το συνολικό ποσοστό ακρίβειας της ταξινόμησης (overall classification accuracy). Τέλος υπολογίζεται και ο δείκτης Kappa ο οποίος εκφράζει την ποσοστιαία μείωση του σφάλματος μιας ταξινόμησης σε σχέση με μια εντελώς τυχαία ταξινόμηση. Αν δηλαδή ο δείκτης Kappa είναι 88,78% τότε η διαδικασία της ταξινόμησης αποφεύγει το 88,78% των σφαλμάτων που θα παρήγαγε μια εντελώς τυχαία ταξινόμηση. Τα αποτελέσματα της εκτίμησης της ακρίβειας της ταξινόμησης των δυο εικόνων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 2.5: Αποτελέσματα εκτίμησης της ακρίβειας της ταξινόμησης της εικόνας του δημοτικού διαμερίσματος 10.

Θεματικές κλάσεις	Δεδομένα αναφοράς	Δεδομένα ταξινομημένων pixels	Αριθμός σωστά ταξινομημένων pixels	Ακρίβεια κατασκευαστή	Ακρίβεια χρήστη	Kappa
Αταξινόμητα	0	0	0	---	---	0.0000
Κεραμίδια (ανοιχτό)	2	1	1	50.00%	100.00%	10.000
Κεραμίδια (σκούρο)	14	15	14	100.00%	93.33%	0.9251
Μαύρες πλάκες	11	15	11	100.00%	73.33%	0.7083
Άσπρες πλάκες	12	10	8	66.67%	80.00%	0.7793
Πράσινο (ανοιχτό)	17	15	15	88.24%	100.00%	10.000
Πράσινο (σκούρο)	12	12	11	91.67%	91.67%	0.9080
Άσφαλτος (σκούρο)	11	10	9	81.82%	90.00%	0.8906
Άσφαλτος (ανοιχτό)	12	14	12	100.00%	85.71%	0.8424
Σκιές	12	11	11	91.67%	100.00%	10.000
Χωματόδρομοι	10	12	10	100.00%	83.33%	0.8192
Πλακόστρωτο	4	3	3	75.00%	100.00%	10.000
Κενοί χώροι	11	10	10	90.91%	100.00%	10.000
Σύνολο	128	128	115			

Συνολική ακρίβεια αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης = 89.84%

Συνολικός δείκτης Kappa = 0.8878



Παρατηρούμε στον πίνακα 2.5 πως οι περισσότερες θεματικές κλάσεις παρουσιάζουν αρκετά καλή ακρίβεια ως προς την ταξινόμηση των αντικειμένων σε αυτές με τις μικρότερες των τιμών να είναι οι «μαύρες πλάκες» και οι «άσπρες πλάκες» με 70% και 77% αντίστοιχα. Αξιοσημείωτος μπορεί να θεωρηθεί ο διαχωρισμός μεταξύ των κενών χώρων και των χωματόδρομων αλλά και η αναγνώριση των μαύρων πλακών οι οποίες παρουσιάζουν αρκετά κοινά στοιχεία με τους ασφάλτινους δρόμους. Σε ορισμένες θεματικές κλάσεις δεν ήταν δυνατό να βρεθεί μεγάλος αριθμός σημείων αναφοράς λόγω του περιορισμένου αριθμού των αντικειμένων αυτών των κλάσεων. Η επιπλέον προσθήκη σημείων των κλάσεων αυτών θα αύξανε τεχνητά το ποσοστό ακρίβειας καθώς τα επιπλέον σημεία θα βρίσκονταν πολύ κοντά στα ήδη ελεγμένα και ταξινομημένα σωστά σημεία, πράγμα που θα αλλοίωνε τα αποτελέσματα. Αντίστοιχες θεματικές κλάσεις υπάρχουν και στο δημοτικό διαμέρισμα 11 (π.χ. καλλιέργειες).

Πίνακας 3.5: Αποτελέσματα εκτίμησης της ακρίβειας της ταξινόμησης της εικόνας του δημοτικού διαμερίσματος 11.

Θεματικές κλάσεις	Δεδομένα αναφοράς	Δεδομένα ταξινόμησης	Αριθμός σωστά ταξινομημένων pixels	Ακρίβεια κατασκευαστή	Ακρίβεια χρήστη	Kappa
Αταξινόμητα	0	0	0	---	---	0.0000
Κεραμίδια (ανοιχτό)	11	19	11	100.00%	57.89%	0.5535
Κεραμίδια (σκούρο)	12	21	12	100.00%	57.14%	0.5430
Μαύρες πλάκες	14	20	13	92.86%	65.00%	0.6226
Άσπρες πλάκες	17	15	15	88.24%	100.00%	10.000
Άσφαλτος (σκούρο)	5	4	4	80.00%	100.00%	10.000
Άσφαλτος (ανοιχτό)	15	16	15	100.00%	93.75%	0.9322
Κενοί χώροι	29	19	19	65.52%	100.00%	10.000
Πράσινο (ανοιχτό)	18	16	14	77.78%	87.50%	0.8621
Πράσινο (σκούρο)	18	18	16	88.89%	88.89%	0.8775
Χωματόδρομοι	24	16	16	66.67%	100.00%	10.000
Ποτάμι	13	13	13	100.00%	100.00%	10.000
Σκιές	15	14	12	80.00%	85.71%	0.8451
Καλλιέργειες	2	2	2	100.00%	100.00%	10.000
Σύνολο	193	193	162			

Συνολική ακρίβεια αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης = 83.94%

Συνολικός δείκτης Kappa = 0.8244

Γενικά η ακρίβεια της ταξινόμησης που επιτεύχθηκε είναι αρκετά ικανοποιητική καθώς τα ποσοστά 89,84% και 83,94% είναι υψηλά. Επίσης ο δείκτης Kappa κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα καθώς είναι 88,78% για την πρώτη εικόνα και 82,44 για τη δεύτερη.



Παρατηρώντας τα αποτελέσματα στους πίνακες εκτίμησης της ακρίβειας φαίνεται πως στο δημοτικό διαμέρισμα 11 υπάρχει μικρό ποσοστό ακρίβειας στις θεματικές τάξεις «κεραμίδια (ανοιχτό)», «κεραμίδια (σκούρο)» και κενοί χώροι. Αυτό συμβαίνει γιατί οι θεματικές αυτές τάξεις έχουν περίπου ίδια ανακλαστικότητα κάτι που είναι λογικό καθώς και στις τρεις το υλικό που κυριαρχεί είναι το χρώμα. Οι χωματόδρομοι οι οποίοι έχουν και αυτοί χρώμα ταξινομήθηκαν σωστότερα κυρίως λόγω του σχήματός τους. Η μικρή ακρίβεια στην ταξινόμηση της εικόνας του δημοτικού διαμερίσματος 11 οφείλεται επίσης και σε ανθρωπογενείς κατασκευές που δεν ήταν δυνατό να περιγραφούν σε κάποια θεματική κλάση και αφορούν χώρους όπως είναι οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Αναλυτικότερα τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα σφαλμάτων (Πίνακας 2) (error matrix) του παραρτήματος.

Κρίνοντας από τα ποσοστά ακρίβειας η ταξινόμηση μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής χωρίς όμως αυτό να σημαίνει πως δεν υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης σε όλη τη διαδικασία και κυρίως στον τομέα των επιπρόσθετων δεδομένων.

Συμπεράσματα

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση είναι γενικά μια διαδικασία που βασίζεται στην παρατήρηση και στην επιλογή των βέλτιστων παραμέτρων για την ρεαλιστικότερη ταξινόμηση. Οι πιθανές παράμετροι σε ολόκληρη τη διαδικασία από την κατάτμηση μέχρι την τελική ταξινόμηση είναι άπειρες και για το λόγο αυτό είναι αδύνατο να ελεγχθούν και να αξιολογηθούν στο σύνολό τους. Στόχος είναι να επιλέξουμε σε κάθε περίπτωση τις καλύτερες δυνατές ρυθμίσεις σε λογικά χρονικά πλαίσια δοκιμών.

Η στρατηγική που εφαρμόστηκε στόχο είχε την διεξαγωγή μιας ταξινόμησης με αντικειμενοστραφή προσανατολισμό. Για την επίτευξη του στόχου αυτού έγινε τόνωση των σχημάτων μέσω του φίλτρου «haze reduction» και για την κατάτμηση της εικόνας δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση στο σχήμα των αντικειμένων.

Μετά το πέρας της διαδικασίας διαπιστώθηκαν προβλήματα στην ταξινόμηση καθώς στις εικόνες υπάρχουν καλύψεις οι οποίες εμφανίζουν ιδιαιτερότητες. Οι καλύψεις αυτές δεν ήταν δυνατό να περιγραφούν επαρκώς και για το λόγο αυτό ταξινομήθηκαν λανθασμένα. Οι περιπτώσεις αυτές αφορούν κομμάτια του οδικού δικτύου στα οποία υπάρχουν πολλά αυτοκίνητα και βιομηχανικές εγκαταστάσεις στις οποίες υπάρχει ποικιλία καλύψεων αλλά και ποικιλία σχημάτων των καλύψεων. Αυτό καθιστά την σωστή ταξινόμησή τους σχεδόν αδύνατη. Πέραν όμως των ειδικών περιπτώσεων η γενική εικόνα της ταξινόμησης κρίνεται ικανοποιητική. Η βελτίωση



μιας τέτοιας ταξινόμησης είναι ευθέως ανάλογη με το χρόνο ανάλυσης δηλαδή με τον αριθμό δοκιμών παραμέτρων και παρατήρησης. Τέλος είναι πιθανό συνδυασμοί φίλτρων και η χρήση άλλων συνδυασμών συνθηκών να δίνουν καλύτερα αποτελέσματα.

Παρόλα τα προβλήματα όπως διαπιστώθηκαν στην εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης τα ποσοστά ακρίβειας ήταν ιδιαίτερα ικανοποιητικά. Επίσης διαπιστώθηκε πως τα εργαλεία εκτίμησης της ακρίβειας του λογισμικού eCognition δεν είναι αρκετά αξιόπιστα κυρίως γιατί δεν λαμβάνουν υπόψη πραγματικά δεδομένα για την διεξαγωγή μιας εκτίμησης της ακρίβειας.

Η ταξινόμηση σε περιπτώσεις όπου έχουμε να διαχειριστούμε τόσο μεγάλο αριθμό αντικειμένων και τέτοιου αριθμού θεματικών κλάσεων είναι αρκετά πολύπλοκη και είναι αρκετά δύσκολο να έχουμε μεγάλα ποσοστά επιτυχίας τα οποία όμως είναι εφικτά με τη χρήση επιπρόσθετων δεδομένων (π.χ. ψηφιακό μοντέλο εδάφους).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI: Ανάλυση και συσχετίσεις χωρικών και απογραφικών μεταβλητών

Ποσοτικοποίηση χωρικών μεταβλητών από την ταξινομημένη εικόνα

Η ταξινόμηση που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο ήταν η βάση για την εξαγωγή των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στην περαιτέρω ανάλυση. Με τον όρο μεταβλητές εννοούμε τις θεματικές κλάσεις στις οποίες ταξινομήθηκαν τα αντικείμενα της εικόνας.

Οι κλάσεις που δημιουργήθηκαν από την ταξινόμηση αφορούν το ποσοστό κάλυψης κάθε θεματικής κλάσης στο σύνολο της έκτασης κάθε απογραφικού τομέα (αφαιρουμένης της έκτασης ορισμένων θεματικών κλάσεων οι οποίες δεν παίζουν κανένα ρόλο στην επεξεργασία και ερμηνεία των αποτελεσμάτων). Τέτοιες μεταβλητές είναι το ποσοστό των θεματικών κλάσεων «αταξινόμητα», «πλακόστρωτο» το οποίο υπάρχει μόνο σε συγκεκριμένη περιοχή στην κεντρική πλατεία, «καλλιέργειες», «σκιές» και «ποτάμι». Οι μεταβλητές αυτές δεν παίζουν ρόλο στην ανάλυση, δημιουργούν προβλήματα και για λόγους συμπύκνωσης της πληροφορίας δεν λήφθηκαν υπόψη.

Οι μεταβλητές χαρακτηρίζουν απογραφικούς τομείς και κάθε απογραφικός τομέας απέκτησε τις εξής μεταβλητές: κωδικό και ποσοστό κάλυψης για κάθε θεματική κλάση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι μεταβλητές της ταξινόμησης. Στην αριστερή στήλη είναι τα ονόματα των θεματικών κλάσεων και στη δεξιά το κωδικό όνομα που χρησιμοποιήθηκε στην επεξεργασία.

Κωδικός	code	
Ποσοστό κάλυψης κτιρίων με άσπρες πλάκες	w	
Ποσοστό κάλυψης ασφάλτινων δρόμων (ανοιχτό)	a2	a
Ποσοστό κάλυψης ασφάλτινων δρόμων (σκούρο)	a1	
Ποσοστό κάλυψης κενών χώρων	bs	
Ποσοστό κάλυψης κτιρίων με στέγη από κεραμίδια (ανοιχτό)	c1	
Ποσοστό κάλυψης κτιρίων με στέγη από κεραμίδια (σκούρο)	c2	
Ποσοστό κάλυψης κτιρίων με μαύρες πλάκες	b	
Ποσοστό κάλυψης πρασίνου (ανοιχτό)	g1	g
Ποσοστό κάλυψης πρασίνου (σκούρο)	g2	
Ποσοστό κάλυψης χωματόδρομων	dr	



Οι δυο μεταβλητές που αφορούν την ασφαλτο συγχωνεύθηκαν σε μια καθώς δεν υπήρχε ιδιαίτερος λόγος να πάρουν μέρος στην επεξεργασία ξεχωριστά όπως επίσης και οι μεταβλητές της θεματικής κλάσης «πράσινο».

Απογραφικές μεταβλητές

Τα διαθέσιμα δεδομένα της απογραφής είναι ιδιαίτερα λεπτομερή. Η καταγραφή είναι ανά κτίριο για ολόκληρο το Δήμο Τιράνων. Από αυτά τα δεδομένα απαραίτητα είναι μόνο όσα αφορούν τα δυο δημοτικά διαμερίσματα (που είναι και η περιοχή μελέτης) οπότε οι υπόλοιπες εγγραφές διαγράφηκαν. Επίσης λόγω του γεγονότος ότι τα δεδομένα δεν είχαν χωρική διάσταση, τα κτίρια ενσωματώθηκαν στους αντίστοιχους απογραφικούς τομείς στους οποίους ανήκουν και με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων με τους απογραφικούς τομείς της περιοχής μελέτης. Για την περιγραφή κάθε απογραφικού τομέα δημιουργήθηκαν καινούριες μεταβλητές, οι οποίες αντικατέστησαν τις κατηγορικές μεταβλητές της απογραφής οι οποίες ήταν κατηγορικές, ώστε να εκφράζουν το ποσοστό κτιρίων που καταγράφηκε για κάθε μεταβλητή της απογραφής. Έτσι η μεταβλητή construct διασπάστηκε σε con1, con2, con3, con4, con5 και η μεταβλητή floors έγινε floor1, floor2, floor3, floor4, floor5 και παράλληλα δημιουργήθηκε η μεταβλητή floor4n5 καθώς υπήρχαν μόνο δύο εγγραφές που είχαν κτίρια με περισσότερους από 10 ορόφους. Μετά από την επεξεργασία η μεταβλητή con1 εξέφραζε το ποσοστό των κτιρίων που κτίστηκαν πριν το 1945, η con2 τα κτίρια που κτίστηκαν μεταξύ 1945 και 1960, η con3 αυτά που κτίστηκαν μεταξύ 1961 και 1980, η con4 αυτά που κτίστηκαν μεταξύ 1981 και 1990 και τέλος η con 5 τα πιο καινούρια κτίρια, αυτά που κατασκευάστηκαν μετά το 1990.

Τελικά στη βάση δεδομένων των απογραφικών τομέων προστέθηκαν οι μεταβλητές της απογραφής. Έτσι κάθε απογραφικός τομέας είχε μια ομάδα μεταβλητών που προήλθαν από την ταξινομημένη εικόνα και μια ομάδα μεταβλητών που προήλθε από τα δεδομένα της απογραφής.

Ανάλυση

Μετά την επεξεργασία των αρχικών δεδομένων και την εξαγωγή των μεταβλητών υπό ανάλυση από την ταξινόμηση και την απογραφή έγινε έλεγχος συσχέτισης μεταξύ των δυο ομάδων μεταβλητών. Για τον έλεγχο συσχέτισης των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης ρ του Spearman. Επιπλέον



οι απογραφικοί τομείς ομαδοποιήθηκαν έτσι ώστε να δημιουργηθούν ομάδες με κοινά χαρακτηριστικά τα οποία ερμηνεύονται σύμφωνα με την χρονολογία και συνεπώς με τον τρόπο κατασκευής των κτιρίων. Για την διεξαγωγή του ελέγχου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SPSS.

Στην στατιστική ο συντελεστής συσχέτισης ρ του Spearman είναι μέτρο συσχέτισης το οποίο εκτιμά κατά πόσο συσχετίζονται δυο μεταβλητές χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι συχνότητες των μεταβλητών. Αντίθετα με το δείκτη συσχέτισης του Pearson δεν προϋποθέτει η σχέση των δυο μεταβλητών να είναι γραμμική. Ο δείκτης ρ δείχνει σε τι ποσοστό συσχετίζονται οι μεταβλητές ενώ υπολογίζεται και η στάθμη σημαντικότητας (significance level) κάθε σχέσης. Η στάθμη σημαντικότητας παίζει καθοριστικό ρόλο καθώς δυο μεταβλητές μπορεί να συσχετίζονται σε μεγάλο ποσοστό αλλά με μικρό βαθμό σημαντικότητας οπότε η σχέση αυτή δεν αποτελεί αξιόπιστο συμπέρασμα. Αντίθετα δυο μεταβλητές μπορεί να συσχετίζονται σε μικρό ποσοστό αλλά με μεγάλο βαθμό σημαντικότητας και αυτή είναι μια σχέση που είναι στατιστικά ισχυρή. Στον πίνακα 3 του παραρτήματος φαίνεται ο δείκτης συσχέτισης ρ για όλες τις μεταβλητές. Οι τιμές με δυο αστέρια είναι αυτές που δηλώνουν ισχυρές συσχετίσεις με πιθανότητα σφάλματος κάτω από 1%.

Από τον πίνακα συσχέτισης μπορούμε να ελέγξουμε με ποιον τρόπο συσχετίζονται οι μεταβλητές της ταξινόμησης με τις μεταβλητές της απογραφής.

Οι μαύρες πλάκες παρουσιάζουν έντονη αρνητική συσχέτιση με τα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά το 1980 και τα κτίρια με λίγους ορόφους. Αντίθετα παρουσιάζουν έντονη θετική συσχέτιση με τα κτίρια που έχουν πάνω από τρεις ορόφους. Τα παραπάνω είναι αληθή καθώς ιστορικά τα κτίρια αυτά κατασκευάστηκαν την περίοδο διακυβέρνησης του Ε. Χότζα όταν πολύς κόσμος εξαναγκάστηκε να μεταναστεύσει στα Τίρανα. Τα κτίρια αυτά περιλαμβάνουν πολλούς ορόφους καθώς έπρεπε να καλυφθούν οι στεγαστικές ανάγκες των μεταναστών. Ταυτόχρονα το έτος κατασκευής προδίδει την περίοδο που ήταν στην εξουσία ο Ε. Χότζα. Επίσης οι μαύρες πλάκες συνδέονται πολύ αρνητικά με τους κενούς χώρους και το πράσινο οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε πως πρόκειται για περιοχές του κέντρου των Τιράνων όπου υπάρχει πυκνή δόμηση.

Αντίθετα φαίνεται πως τα κτίρια με άσπρες πλάκες είναι καινούρια κτίρια, που κατασκευάστηκαν μετά το 1990 και περιλαμβάνουν λίγους ορόφους και είναι κυρίως διάφορα. Οι άσπρες πλάκες συνδέονται επίσης θετικά με τους κενούς χώρους κάτι



που προδίδει ότι είναι κτίρια εκτός του κέντρου των Τιράνων σε περιοχές αραιοδομημένες.

Τα κτίρια με στέγες από κεραμίδια ανοιχτού χρώματος έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τα κτίρια με άσπρες πλάκες. Είναι καινούρια κτίρια καθώς παρουσιάζουν έντονη αρνητική συσχέτιση με τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 ενώ πρόκειται κυρίως για μονώροφες κατασκευές. Επίσης παρουσιάζουν θετική συσχέτιση με τους κενούς χώρους και το πράσινο οπότε πρόκειται μάλλον για κατοικίες που κατασκευάστηκαν στις πολεοδομικές επεκτάσεις της πόλης. Αυτό ενισχύεται και από το γεγονός της αρνητικής συσχέτισής τους με την ασφαλτο καθώς στις επεκτάσεις υπάρχουν αρκετοί δρόμοι οι οποίοι όντας υπό κατασκευή δεν είχαν ασφαλτοστρωθεί ως τη στιγμή λήψης της δορυφορικής εικόνας. Επίσης αρνητική συσχέτιση παρουσιάζουν με τις μαύρες πλάκες οι οποίες εντοπίζονται κοντά στο κέντρο της πόλης.

Τα κτίρια με στέγες από κεραμίδια σκούρου χρώματος είναι κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1960 καθώς φαίνεται πως υπάρχει έντονη θετική συσχέτιση με τις μεταβλητές con1 και con2 που δηλώνουν τα πολύ παλιά κτίρια. Είναι κτίρια που περιλαμβάνουν κυρίως δυο ορόφους. Η αρνητική συσχέτιση με τους κενούς χώρους δηλώνει ότι τα κτίρια αυτά βρίσκονται κυρίως προς το κέντρο της πόλης.

Μέσω της ανάλυσης με το συντελεστή συσχέτισης του Spearman βρέθηκαν ικανοποιητικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών οι οποίες ερμηνεύουν την χωρική κατανομή των κτιρίων. Έχοντας ως γνώμονα τα ιστορικά γεγονότα παρατηρείται συμφωνία μεταξύ των μεταβλητών της ταξινόμησης και των μεταβλητών της απογραφής. Παρατηρούμε δηλαδή ότι οι δυο ομάδες μεταβλητών περιγράφουν κτίρια με τα ίδια χαρακτηριστικά.

Παράλληλα οι απογραφικοί τομείς ομαδοποιήθηκαν έτσι ώστε να ελεγχθεί κατά πόσο οι ομάδες απογραφικών τομέων που δημιουργούνται αντιστοιχούν στις υπαρκτές ομάδες κτιρίων. Δημιουργήθηκαν 3 ομάδες απογραφικών τομέων οι οποίες είναι διακριτές μεταξύ τους καθώς οι τυπικές αποστάσεις μεταξύ των κέντρων των ομάδων είναι μεγάλες. Χωρικά η κατανομή των ομάδων φαίνεται στο χάρτη 3 του παραρτήματος.

Η πρώτη ομάδα (αναφέρεται ως «ομάδα 1» στο χάρτη 3) απογραφικών τομέων περιλαμβάνει τα καινούρια κτίρια, με άσπρες πλάκες και κεραμίδια ανοιχτού



χρώματος ενώ έχει και σε μεγάλο βαθμό κενούς χώρους και πράσινο. Σε αυτή την ομάδα κατατάχθηκαν 65 απογραφικοί τομείς.

Η τρίτη ομάδα («ομάδα 3» του χάρτη 3), η οποία περιέχει 24 απογραφικούς τομείς, είναι αυτή που περιλαμβάνει κυρίως μαύρες πλάκες, έχει λίγους κενούς χώρους ενώ το έτος κατασκευής των κτιρίων είναι από το 1961 έως το 1980.

Η δεύτερη ομάδα («ομάδα 2» του χάρτη 3), η οποία περιέχει 64 απογραφικούς τομείς, είναι αυτή στην οποία κατατάσσονται οι υπόλοιποι απογραφικοί τομείς οι οποίοι περιέχουν σχεδόν όλων των ειδών τις στέγες κυρίως όμως κεραμίδια σκούρου χρώματος. Περίοδος κατασκευής για αυτή την ομάδα δεν μπορεί να οριστεί καθώς συμμετέχουν όλες οι μεταβλητές που αφορούν έτος κατασκευής.

Στην ομαδοποίηση των απογραφικών τομέων αποκλείστηκαν οι μεταβλητές που δήλωναν αριθμό ορόφων καθώς δεν ανιχνεύονται από την ανάλυση δορυφορικών εικόνων. Οι ομάδες που δημιουργούνταν δεν είχαν σαφή ερμηνεία.

Συμπερασματικά διαπιστώνεται πως οι ηλικίες των κτιρίων των απογραφικών τομέων συνδέονται πράγματι με το είδος της οροφής τους. Επιπλέον υπάρχει συσχέτιση και μεταξύ των ορόφων των κτιρίων με το είδος της οροφής τους κάτι όμως που φαίνεται μόνο από τον πίνακα συσχετίσεων καθώς στην ομαδοποίηση οι μεταβλητές των ορόφων δεν έχουν καλό βαθμό προσαρμογής.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII: Συμπεράσματα – προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Γενικά, οι δορυφορικές εικόνες πολύ υψηλής χωρικής ανάλυσης είναι εξαιρετικά χρήσιμες στην διάκριση τύπων κάλυψης γης και μπορούν να αποτελέσουν βασική πηγή για την ανάλυση του αστικού χώρου. Στην περίπτωση μας, διαθέτοντας τις δορυφορικές εικόνες των Τιράνων και τα απογραφικά δεδομένα για την ίδια χρονική στιγμή επιχειρήσαμε την συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας των κτιρίων και του είδους στέγης που προέκυψε από την ανάλυση των εικόνων.

Σχετικά με την χρήση της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης ως μέθοδο ταξινόμησης δορυφορικών εικόνων με την εργασία μας αυτή επιβεβαιώθηκε η χρησιμότητά της ως ισχυρού εργαλείου ανάλυσης. Η αντικειμενοστραφή ταξινόμηση ως διαδικασία προσομοιάζει με τον τρόπο που αντιλαμβάνεται ο ανθρώπινος εγκέφαλος την εικόνα. Για το λόγο αυτό είναι περισσότερο ακριβής και εξάγει μεγαλύτερη ποσότητα πληροφορίας από τις κλασσικές μεθόδους.

Ειδικότερα, στην παρούσα εφαρμογή αξιοποιήθηκαν στο μέγιστο δυνατότητες που προσφέρει η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση. Οι εναλλακτικές επιλογές των παραμέτρων της ταξινόμησης ερευνήθηκαν διεξοδικά και επιλέχθηκαν οι καλύτερες δυνατές. Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν αφορούσαν κυρίως το σχήμα των αντικειμένων και σε μικρότερο βαθμό την τοπολογία και τις εννοιολογικές σχέσεις μεταξύ των θεματικών κλάσεων. Σημαντικά προβλήματα δεν εντοπίστηκαν κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης (το σημαντικότερο των προβλημάτων ήταν ο μεγάλος χρόνος που απαιτήθηκε κατά τη φάση των κατατμήσεων και ιδιαίτερα αυτής του δημοτικού διαμερίσματος 11 το οποίο είναι και το μεγαλύτερο σε έκταση). Διαπιστώθηκε πως οι απαιτήσεις της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης σε υπολογιστική ισχύ είναι αρκετά μεγάλες κάτι που είναι λογικό καθώς ο όγκος της αναλυόμενης πληροφορίας είναι πολλαπλάσιος από αυτόν των κλασσικών μεθόδων. Επιπλέον ο χρόνος της ταξινόμησης ποικίλει ανάλογα με την κλίμακα κατάτμησης της εικόνας. Σε περιπτώσεις όπου η κατάτμηση της εικόνας παρήγαγε μικρά αντικείμενα και επομένως πολλά σε αριθμό, ο χρόνος κατάτμησης και ταξινόμησης παρουσιαζόταν αυξημένος. Το δεύτερο πρόβλημα που παρατηρήθηκε είναι ασάφεια στην εκτίμηση της ακρίβειας από το λογισμικό Ecognition. Για τη λύση αυτού του προβλήματος η εκτίμηση της ακρίβειας έγινε μέσω του λογισμικού Erdas Imagine. Η



εκτίμηση της ακρίβειας με τον έλεγχο σημείων αποδείχθηκε πιο αξιόπιστη μέθοδος εκτίμησης.

Συμπερασματικά, η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση είναι ιδιαίτερα ισχυρή μέθοδος ταξινόμησης με σημαντικά πλεονεκτήματα συγκρινόμενη με τις υφιστάμενες κλασσικές μεθόδους. Ο όγκος της εξαγόμενης πληροφορίας είναι μεγαλύτερος και το τελικό αποτέλεσμα ακριβέστερο και η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση υπερτερεί σε όλους τους τομείς έναντι των κλασσικών μεθόδων. Ως μειονεκτήματα μπορούν να αναφερθούν πρώτον ο μεγάλος χρόνος επεξεργασίας λόγω των υψηλών απαιτήσεων σε υπολογιστική ισχύ και δεύτερον η ασάφεια που παρατηρείται στην εκτίμηση της ακρίβειας.

Η συσχέτιση των μεταβλητών περιλάμβανε την εκτίμηση των σχέσεων μεταξύ τους, χρησιμοποιώντας το συντελεστή συσχέτισης ρ του Spearman και την K-means cluster analysis των απογραφικών τομέων. Στην ανάλυση του συντελεστή συσχέτισης ρ εμφανίζονται τα κτίρια με μαύρες πλάκες τα οποία είναι κτισμένα από την εποχή διακυβέρνησης του Ε. Χότζα τα οποία βρίσκονται στην περιοχή του κέντρου της πόλης και για το λόγο αυτό λείπει ο αδόμητος χώρος και το πράσινο. Στον αντίποδα εμφανίζονται τα κτίρια με άσπρες πλάκες τα οποία είναι κτισμένα μετά το 1990, κατανέμονται περιφερειακά του κέντρου και για το λόγο αυτό συνδέονται με τους κενούς χώρους και το πράσινο. Τέλος όσον αφορά τα κτίρια με στέγες από κεραμίδια φαίνεται πως αυτά με ανοιχτόχρωμα κεραμίδια είναι ηλικιακά νεότερα, όμως δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός όπως συμβαίνει με τις μαύρες και άσπρες πλάκες. Επιπροσθέτως, έγινε συσχέτιση μεταξύ του είδους στέγης με τον αριθμό των ορόφων η οποία έδειξε πως τα κτίρια με μαύρες πλάκες αποτελούνται από περισσότερους από 3 ορόφους ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες από λιγότερους από 2 ορόφους. Τα παραπάνω τονίζει περισσότερο και η ομαδοποίηση με την cluster analysis η οποία εφαρμόστηκε στους απογραφικούς τομείς.

Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα μελέτη αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης τα αποτελέσματα της οποίας είναι ενθαρρυντικά ως προς την ακρίβεια διάκρισης των καλύψεων γης. Το κυριότερο θέμα για μελλοντική έρευνα είναι η εφαρμογή της ανάλυσης και στα υπόλοιπα δημοτικά διαμερίσματα των Τιράνων.

Όσον αφορά τη διαδικασία της ταξινόμησης των δορυφορικών εικόνων δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο σχήμα των υπό ταξινόμηση αντικειμένων. Βήμα βελτίωσης θα



μπορούσε να αποτελέσει η χρήση επιπλέον δεδομένων GIS όπως είναι το ψηφιοποιημένο οδικό δίκτυο και ψηφιακό μοντέλο εδάφους.

Επιπλέον θέμα μελλοντικής έρευνας αποτελεί και η εύρεση συνδυασμού φίλτρων στις εικόνες για την αποτελεσματικότερη κατάτμηση της εικόνας. Παράλληλα θα μπορούσε να εξεταστεί κατά πόσο είναι σκόπιμη η χρήση φίλτρων εντοπισμού των πλευρών των φυσικών αντικειμένων.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Περιεχόμενα παραρτήματος

1. Τμήμα του ερωτηματολογίου της INSTAT για την απογραφή του 2001.....	70
2. Ιστογράμματα των καναλιών των εικόνων	71
3. Περιγραφή μεταβλητών.....	72
4. Περιγραφή κωδικών ονομάτων των καλύψεων.....	72
5. Πίνακας των στατιστικών των ιδιοτήτων των αντικειμένων.....	73
6. Πίνακες σφαλμάτων ταξινόμησης (error matrices).....	74
7. Πίνακας συσχετίσεων με βάση το δείκτη ρ του Spearman.....	75
8. Αποτελέσματα ομαδοποίησης με K-means όπως παρουσιάζονται στο αρχείο εξόδου του SPSS	78
9. Πλεονεκτήματα δορυφορικών εικόνων έναντι αεροφωτογραφιών και κλασσικών μεθόδων χαρτογράφησης.....	84
10. Πολιτικός χάρτης των Τιράνων.....	87
11. Φωτογραφίες από τα Τίρανα.....	88



Building questionnaire



Census 2001

District (ID_DISTRICT) Comm/Munic (ID_COMUNE)

Town/Village (ID_VILLAGE) EA (ID_EA) Building (ID_BUILDING)

BUILDING

Complete the building questions only for the first or only dwelling in the building

1. Type of building (KIND)

- Single dwelling 1
- Multiple dwellings 2
- Partially other purposes 3
- For collective household 4
- Other (specify) (KIND_SPECIFY) 5

Stop questionnaire

2. Building character (CHARACT)

- Plastered with roof 1
- Plastered with terrace 2
- Not plastered with roof 3
- Not plastered with terrace 4

3. Main material used for construction (MATERIAL)

- Pre-fabricated 1
- Bricks, stones 2
- Wood 3
- Other 4

4. Has building an elevator? (ELEVATOR)

- Yes 1
- No 2

5. Time of construction (CONSTRUCT)

- Before 1945 1
- 1945-1960 2
- 1961-1980 3
- 1981-1990 4
- After 1990 5
- After 1990, year (CONSTRUCT_YEAR)

6. Number of floors, including ground floor (FLOORS)

- 1 floor 1
- 2 floors 2
- 3-5 floors 3
- 6-10 floors 4
- More than 10 floors 5

7. Number of dwellings in the building (DWELLINGS)

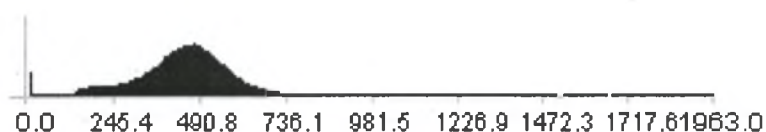
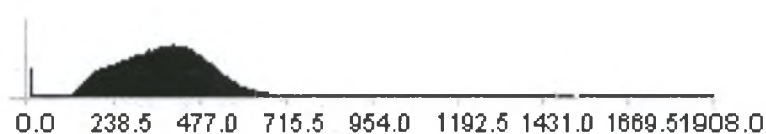
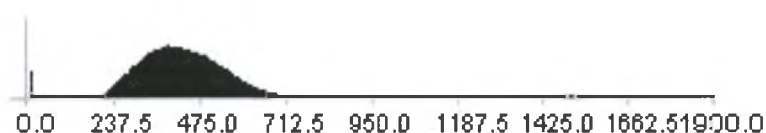
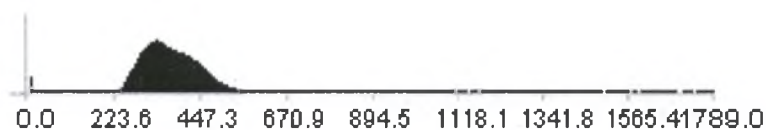
- 1 dwelling 1
- 2 dwellings 2
- 3-4 dwellings 3
- 5-8 dwellings 4
- 9-15 dwellings 5
- More than 16 dwellings 6

Τμήμα του ερωτηματολογίου της INSTAT για την απογραφή του 2001

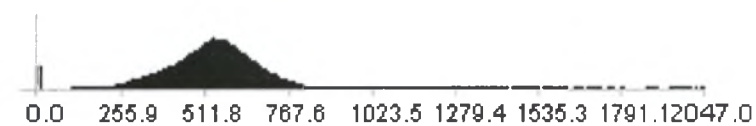
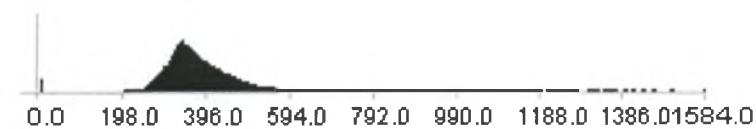
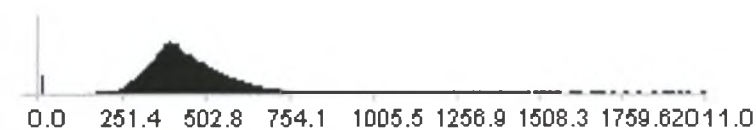
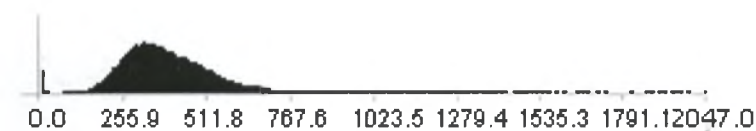


ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΕΙΚΟΝΑΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 10



ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΕΙΚΟΝΑΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 11





Περιγραφή μεταβλητών

Μεταβλητές ταξινόμησης

Περιγραφή	Όνομα	
Ποσοστό κάλυψης κτιρίων με άσπρες πλάκες	w	
Ποσοστό κάλυψης ασφάλτινων δρόμων (ανοιχτό)	a2	a
Ποσοστό κάλυψης ασφάλτινων δρόμων (σκούρο)	a1	
Ποσοστό κάλυψης κενών χώρων	bs	
Ποσοστό κάλυψης κτιρίων με στέγη από κεραμίδια (ανοιχτό)	c1	
Ποσοστό κάλυψης κτιρίων με στέγη από κεραμίδια (σκούρο)	c2	
Ποσοστό κάλυψης κτιρίων με μαύρες πλάκες	b	
Ποσοστό κάλυψης πρασίνου (ανοιχτό)	g1	g
Ποσοστό κάλυψης πρασίνου (σκούρο)	g2	
Ποσοστό κάλυψης χωματόδρομων	dr	

Μεταβλητές απογραφής

Ποσοστό κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1945	con1
Ποσοστό κτιρίων που κατασκευάστηκαν από το 1945 έως το 1960	con2
Ποσοστό κτιρίων που κατασκευάστηκαν από το 1961 έως το 1980	con3
Ποσοστό κτιρίων που κατασκευάστηκαν από το 1981 έως το 1990	con4
Ποσοστό κτιρίων που κατασκευάστηκαν μετά το 1990	con5
Ποσοστό κτιρίων με έναν όροφο	floor1
Ποσοστό κτιρίων με δύο ορόφους	floor2
Ποσοστό κτιρίων με 3 - 5 ορόφους	floor3
Ποσοστό κτιρίων με περισσότερους από 6 ορόφους	floor4n5

Περιγραφή κωδικών ονομάτων των καλύψεων

Περιγραφή	Όνομα
Κεραμίδια (ανοιχτό)	c1
Κεραμίδια (σκούρο)	c2
Μαύρες πλάκες	b
Άσπρες πλάκες	w
Ασφάλτινοι δρόμοι (σκούρο)	a1
Ασφάλτινοι δρόμοι (ανοιχτό)	a2
Κενοί χώροι	bs
Πράσινο (ανοιχτό)	g1
Πράσινο (σκούρο)	g2
Χωματόδρομοι	dr
Ποτάμι	wb
Σκιές	s
Καλλιέργειες	cr
Πλακόστρωτο	pl

Πίνακας 1: Στατιστικά των ιδιοτήτων των αντικειμένων

Τάξη	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ																				
	M.O. (b)	T.A. (b)	M.O. (g)	T.A. (g)	M.O. (r)	T.A. (r)	M.O. (nir)	T.A. (nir)	M.O. εμφαδού	T.A. εμφαδού	M.O. μήκους	T.A. μήκους	M.O. πλάτους	T.A. πλάτους	M.O. μήκος/πλάτος	T.A. μήκος/πλάτος	M.O. ποσοτού ορθογωνικού σχήματος	T.A. ποσοτού ορθογωνικού σχήματος	M.O. δείκτη σχήματος	T.A. δείκτη σχήματος	
ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 10																					
c1	474	28,4	618	43,1	667	41,8	736	60,8	65,5	138	10,2	11	5,24	5,4	2,11	1,07	0,86	0,114	1,35	0,3	
c2	342	15,2	399	23,8	383	41,9	461	45,8	206	127	27,8	12,7	15,9	6,09	1,79	0,525	0,69	0,163	2,15	0,675	
b	356	34,8	403	55	346	63,4	378	85,3	137	113	22,4	11,3	12,7	6,24	1,81	0,512	0,67	0,153	2,09	0,576	
w	577	73,7	737	102	701	107	699	113	56,7	78,9	11,2	9,6	6,36	5,57	1,94	1,22	0,803	0,144	1,51	0,472	
g1	312	23,3	345	37,6	285	49,2	500	83,2	168	127	26,4	13,1	13,7	6,05	2,14	1,15	0,672	0,142	2,22	0,595	
g2	282	20,8	287	32,7	211	42,1	342	44,5	171	121	30,4	18,9	14,2	5,97	2,29	1,32	0,629	0,156	2,44	0,722	
a1	401	25,1	466	33,2	405	32,3	400	37,4	173	182	31,6	23,5	11,2	6,93	3,16	1,91	0,657	0,153	2,39	0,752	
a2	457	26,4	554	33,6	500	30,5	494	33,2	116	151	18,9	17,3	10,3	8,19	2,03	1,51	0,719	0,16	1,91	0,693	
s	238	96	241	92,5	177	65,1	170	60,4	219	185	40,9	40,1	13,4	9,41	3,84	5,2	0,697	0,213	2,33	1,1	
dr	443	41,1	541	57,9	500	57,6	520	55,4	110	160	23,6	24	7,38	6,49	3,28	2,09	0,724	0,173	2,04	0,846	
pl	608	65,8	799	95,4	803	97,7	841	109	78,2	161	12,4	13,9	7,03	8,51	2,06	0,846	0,834	0,153	1,47	0,563	
bs	436	38	545	50,3	537	44,5	596	45,6	73,6	100	12,5	11,2	7,71	6,52	1,67	0,72	0,786	0,137	1,56	0,498	
ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ 11																					
c1	387	25,3	470	36,4	440	60,9	616	66,9	92,3	73,4	14,1	8,1	9,3	5,2	1,6	0,4	0,8	0,1	1,5	0,3	
c2	381	43,1	451	63,5	398	71,3	511	71,6	91,1	73,2	13,9	7,6	9,2	5,0	1,6	0,4	0,8	0,1	1,5	0,3	
b	370	43,0	427	67,5	360	76,2	423	89,7	88,2	83,4	18,0	8,4	9,2	4,6	2,1	0,8	0,7	0,1	1,9	0,4	
w	501	84,0	626	119	573	122	608	126	67,5	59,7	13,1	8,0	7,3	4,5	2,2	1,5	0,8	0,1	1,6	0,3	
g1	368	42,8	438	64,6	375	84,8	673	83,9	130,3	136,3	23,2	13,6	11,2	5,7	2,4	1,6	0,7	0,1	2,1	0,5	
g2	334	33,5	377	52,2	302	62,0	541	81,9	115,7	118,3	24,3	15,7	11,0	5,5	2,6	2,0	0,6	0,1	2,3	0,6	
a1	359	35,5	403	52,2	321	59,7	355	79,3	743,7	574,3	145,4	57,6	15,9	7,9	11,6	7,7	0,5	0,2	4,4	1,3	
a2	382	35,0	449	51,8	385	58,9	472	73,3	144,8	147,4	38,9	28,7	12,9	5,3	3,7	3,7	0,5	0,2	3,1	0,5	
s	344	69,0	380	88,5	298	79,4	313	76,1	94,8	102,4	26,1	16,8	9,3	5,5	3,6	3,0	0,6	0,2	2,4	0,6	
dr	413	41,3	502	57,6	446	59,2	532	63,6	225,7	192,1	58,1	38,9	16,3	7,5	4,1	3,1	0,4	0,1	3,6	0,6	
bs	381	44,9	457	65,6	407	68,7	519	64,0	368,8	231,9	40,7	12,3	20,2	5,9	2,1	0,7	0,7	0,1	2,2	0,5	
wb	214	113	222	112	155	70,9	192	89,0	4.835,9	3.994,3	641,9	505,6	83,3	63,0	18,6	35,4	0,3	0,2	9,1	5,4	
cr	37	96,6	39	104	28	74,9	36	99,9	2.545,8	3.821,9	65,3	73,6	29,3	33,9	2,5	2,4	0,9	0,1	1,4	0,6	



Πίνακας 2: Πίνακας σφραγμάτων ταξινομημένων εικόνων δημοτικών διαμερισμάτων 10 (πάνω) και 11 (κάτω)

Classified Data	Unclassifi	c1	c2	b	w	g1	g2	a1	a2	s	dr	pl	bs	Row Total
Unclassifi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
c2	0	0	14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	15
b	0	0	0	11	0	1	1	2	0	0	0	0	0	15
w	0	1	0	0	8	0	0	0	0	0	0	1	0	10
g1	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15
g2	0	0	0	0	0	0	11	0	0	1	0	0	0	12
a1	0	0	0	0	1	0	0	9	0	0	0	0	0	10
a2	0	0	0	0	1	0	0	0	12	0	0	0	1	14
s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	11
dr	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	0	12
pl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
bs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
Total	0	2	14	11	12	17	12	11	12	12	10	4	11	128

Classified Data	Unclassifi	c1	c2	b	w	a1	a2	bs	g1	g2	dr	wb	s	cr	Row Total
Unclassifi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c1	0	11	0	0	0	0	0	3	1	0	4	0	0	0	19
c2	0	0	12	0	2	0	0	4	1	1	1	0	0	0	21
b	0	0	0	13	0	0	0	1	1	1	1	0	3	0	20
w	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
a1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
a2	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	1	0	0	0	16
bs	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	19
g1	0	0	0	0	0	0	0	1	14	0	1	0	0	0	16
g2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	16	0	0	0	0	18
dr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	16
wb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	13
s	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	12	0	14
cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Total	0	11	12	14	17	5	15	29	18	18	24	13	15	2	193



Πίνακας 3: Πίνακας συσχετίσεων με βάση το δείκτη ρ του Spearman

	a	b	bs	cl	c2	dr	g	w	con1	con2	con3	con4	con5	floor1	floor2	floor3	floor4/5
a																	
Correlation	1	,440(**)	-,485(**)	-,349(**)	,173(*)	,221(**)	-,525(**)	-,006	,223(**)	,213(**)	,168(*)	-,358(**)	-,077	-,493(**)	-,043	,506(**)	,418(**)
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
b																	
Correlation	,440(**)	1	-,394(**)	-,553(**)	0,019	,269(**)	-,642(**)	-,099	,239(**)	0,143	,190(*)	-,270(**)	-,330(**)	-,756(**)	-,0146	,583(**)	,379(**)
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
bs																	
Correlation	-,485(**)	-,394(**)	1	,459(**)	-,357(**)	-,364(**)	0,01	,462(**)	-,457(**)	-,323(**)	-,274(**)	0,148	,322(**)	,352(**)	0,107	-,397(**)	-,333(**)
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
cl																	
Correlation	-,349(**)	-,553(**)	,459(**)	1	-,036	-,309(**)	,344(**)	-,341(**)	-,356(**)	-,300(**)	-,0117	0,157	,347(**)	,601(**)	,173(*)	-,439(**)	-,373(**)
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
c2																	
Correlation	,173(*)	0,019	-,357(**)	-,036	1	0,045	0,076	0,021	,420(**)	,412(**)	0,157	0,125	-,018	0,107	,374(**)	0,016	,185(*)
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
dr																	
Correlation	0,032	0,814	0	0,658	0,581	0,349	0,797	0	0,052	0,125	0,823	0,188	0	0,841	0	0,022	
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Correlation	,221(**)	,269(**)	-,364(**)	-,309(**)	0,045	1	-,236(**)	-,0122	,296(**)	,173(*)	,203(*)	-,0012	-,217(**)	-,280(**)	-,171(*)	,428(**)	,236(**)
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153



g	a	b	bs	ci	c2	dr	g	w	con1	con2	con3	con4	con5	floor1	floor2	floor3	floor4π5
Correlation	-.525(**)	-.642(**)	0,01	.344(**)	0,076	-.236(**)	1	-0,149	-0,091	-0,055	-0,021	.238(**)	0,108	.608(**)	0,136	-.527(**)	-.325(**)
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Correlation	-0,06	-0,099	.462(**)	.341(**)	0,021	-0,122	-0,149	1	-.249(**)	-.205(*)	-0,137	0,096	.362(**)	0,114	.270(**)	-0,067	-0,048
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Correlation	0,465	0,224	0	0	0,797	0,133	0,066		0,002	0,011	0,091	0,238	0	0,159	0,001	0,412	0,557
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Correlation	.223(**)	.239(**)	-.457(**)	-.356(**)	.420(**)	.296(**)	-0,091	1	.370(**)	.370(**)	0,151	-0,013	-.189(**)	-0,138	.210(**)	.259(**)	0,115
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Correlation	0,006	0,003	0	0	0	0	0,261	0,002		0	0,062	0,873	0,019	0,09	0,009	0,001	0,156
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Correlation	.213(**)	0,143	-.323(**)	-.300(**)	.412(**)	.173(*)	-0,055	1	.370(**)	.370(**)	0,226(**)	0,117	-.318(**)	-0,018	.212(**)	0,029	.240(**)
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Correlation	0,008	0,078	0	0	0	0,032	0,501	0,011	0		0,005	0,151	0	0,829	0,009	0,722	0,003
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Correlation	.168(*)	.190(*)	-.274(**)	-0,117	0,157	.203(*)	-0,021	-0,137	0,151	.226(**)	1	0,095	-.559(**)	-0,106	-0,018	.335(**)	0,039
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Correlation	0,038	0,019	0,001	0,15	0,052	0,012	0,795	0,091	0,062	0,005		0,245	0	0,193	0,827	0	0,628
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Correlation	-.358(**)	-.270(**)	0,148	0,157	0,125	-0,012	.238(**)	0,096	-0,013	0,117	0,095	1	-.196(*)	.349(**)	0,105	-0,131	-0,078
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Correlation	0	0,001	0,067	0,053	0,125	0,88	0,003	0,238	0,873	0,151	0,245	1	0,015	0	0,197	0,106	0,337
Sig. (2-tailed)																	
N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153

	a	b	bs	cl	c2	dr	g	w	con1	con2	con3	con4	con5	floor1	floor2	floor3	floor4n5
con5	Correlation	-0,077	-,330(**)	,322(**)	-,347(**)	-0,018	0,108	-,362(**)	-,189(*)	-,318(**)	-,559(**)	-,196(*)	1	,356(**)	,290(**)	-,211(**)	-0,037
	Sig. (2-tailed)	0,343	0	0	0,823	0,007	0,182	0	0,019	0	0	0,015	0	0	0	0,009	0,646
	N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
floor1	Correlation	-,493(**)	-,756(**)	,352(**)	,601(**)	0,107	0,136	0,114	-0,138	-0,018	-0,106	-,349(**)	-,356(**)	1	,176(*)	-,654(**)	-,394(**)
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0,188	0	0	0,159	0,09	0,829	0,193	0	0	0	0,03	0	0
	N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
floor2	Correlation	-0,043	-0,146	0,107	,173(*)	-,374(**)	0,136	-,270(**)	-,210(**)	-,212(**)	-0,018	0,105	-,290(**)	-,176(*)	1	-,217(**)	-,184(*)
	Sig. (2-tailed)	0,595	0,072	0,189	0,032	0	0,095	0,001	0,009	0,009	0,827	0,197	0	0,03	0,007	0,022	0,022
	N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
floor3	Correlation	,506(**)	,583(**)	-,397(**)	-,439(**)	0,016	-,527(**)	-0,067	-,259(**)	0,029	-,335(**)	-0,131	-,211(**)	-,654(**)	-,217(**)	1	-,187(*)
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0,841	0	0,412	0,001	0,722	0	0,106	0,009	0	0,007	0,021	0,021
	N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
floor4n5	Correlation	,418(**)	,379(**)	-,333(**)	-,373(**)	,185(*)	-,325(**)	-0,048	0,115	-,240(**)	0,039	-0,078	-0,037	-,394(**)	-,184(*)	,187(*)	1
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0,022	0	0,557	0,156	0,003	0,628	0,337	0,646	0	0,022	0,021	0,021
	N	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153



Αποτελέσματα ομαδοποίησης με K-means όπως παρουσιάζονται στο αρχείο εξόδου του SPSS

Initial Cluster Centers

	Cluster		
	1	2	3
A	4,95	57,07	3,70
B	3,95	27,42	18,26
Bs	7,02	,23	52,85
c1	1,02	,00	,06
c2	7,28	,06	6,25
Dr	1,67	10,85	4,36
G	71,85	3,68	7,06
W	2,27	,68	7,47
con1	,0	,0	,0
con2	,8	100,0	,0
con3	,0	,0	100,0
con4	,0	,0	,0
con5	99,2	,0	,0

Iteration History(a)

Iteration	Change in Cluster Centers		
	1	2	3
1	60,908	73,300	70,354
2	10,114	18,516	5,910
3	6,258	10,982	6,882
4	2,873	3,594	2,644
5	,924	2,662	3,175
6	,000	1,656	2,702
7	,000	2,375	4,273
8	,000	1,784	3,663
9	,000	2,851	7,428
10	,000	1,048	2,671
11	,000	,776	2,125
12	,000	,000	,000

a Convergence achieved due to no or small change in cluster centers. The maximum absolute coordinate change for any center is ,000. The current iteration is 12. The minimum distance between initial centers is 160,745.



Cluster Membership

Case Number	Cluster	Distance
1	1	24,491
2	1	27,223
3	1	25,079
4	1	22,925
5	2	35,739
6	1	40,298
7	2	36,497
8	2	55,728
9	1	21,206
10	3	26,964
11	3	31,536
12	1	22,199
13	2	39,424
14	2	43,053
15	2	45,989
16	1	37,153
17	1	33,176
18	1	22,005
19	1	22,653
20	1	53,727
21	1	24,322
22	1	30,261
23	1	22,378
24	2	22,302
25	2	40,905
26	3	28,570
27	3	43,539
28	2	45,042
29	2	48,881
30	1	30,636
31	1	31,972
32	2	46,831
33	2	54,312
34	2	78,796
35	2	59,494
36	2	54,243
37	2	54,987
38	1	20,816
39	1	27,264
40	3	30,312
41	3	48,404
42	3	48,208
43	2	36,407



44	3	34,256
45	2	36,906
46	1	31,531
47	1	27,543
48	1	31,663
49	1	23,901
50	1	15,900
51	1	23,102
52	1	52,853
53	2	46,385
54	2	81,413
55	2	54,619
56	2	68,794
57	1	22,892
58	2	52,541
59	3	32,094
60	1	18,337
61	1	37,884
62	3	59,662
63	2	39,938
64	2	60,945
65	2	34,689
66	1	19,065
67	1	11,876
68	1	20,673
69	1	22,705
70	2	54,673
71	1	17,814
72	1	17,086
73	1	21,683
74	1	17,168
75	1	12,375
76	1	49,963
77	1	34,948
78	1	16,319
79	1	21,478
80	1	20,722
81	1	8,754
82	1	17,494
83	1	17,256
84	1	20,761
85	1	23,290
86	1	25,751
87	1	13,997
88	1	27,208
89	1	18,449
90	1	23,532



91	1	17,420
92	3	50,395
93	2	69,047
94	2	41,825
95	2	32,770
96	2	60,075
97	3	38,740
98	3	53,141
99	2	37,892
100	3	35,038
101	3	37,036
102	2	47,983
103	2	40,040
104	2	61,938
105	2	46,535
106	2	28,034
107	2	31,692
108	3	14,020
109	1	34,863
110	1	32,029
111	1	58,224
112	1	51,806
113	1	68,886
114	1	51,496
115	2	97,270
116	2	51,129
117	3	48,209
118	3	45,006
119	3	41,315
120	2	32,166
121	3	26,051
122	3	37,863
123	2	45,856
124	2	36,833
125	2	44,642
126	2	36,333
127	2	52,320
128	2	43,491
129	3	33,322
130	2	38,758
131	3	42,575
132	2	107,999
133	2	47,441
134	2	36,612
135	2	30,897
136	2	24,285
137	3	36,005



138	2	44,219
139	2	49,841
140	2	68,494
141	2	54,531
142	2	44,124
143	1	26,818
144	1	52,944
145	1	53,133
146	1	38,834
147	1	46,457
148	2	78,799
149	2	64,473
150	2	56,820
151	2	47,265
152	2	40,862
153	2	38,725

Final Cluster Centers

	Cluster		
	1	2	3
A	12,61	17,84	22,70
B	12,91	19,13	22,75
Bs	24,71	12,55	11,07
c1	1,61	,86	,71
c2	8,33	14,47	10,38
Dr	5,01	6,98	8,66
G	27,72	24,03	18,42
W	7,11	4,14	5,32
con1	,5	11,4	4,8
con2	1,8	12,9	5,2
con3	3,9	15,8	68,7
con4	10,2	26,2	8,5
con5	83,5	24,3	12,8

Distances between Final Cluster Centers

Cluster	1	2	3
1		66,480	98,639
2	66,480		58,670
3	98,639	58,670	



ANOVA

	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
A	1009,017	2	161,774	150	6,237	,003
B	1085,453	2	118,769	150	9,139	,000
Bs	2967,446	2	160,617	150	18,475	,000
c1	11,658	2	1,974	150	5,907	,003
c2	618,137	2	59,093	150	10,460	,000
Dr	134,229	2	22,545	150	5,954	,003
G	783,498	2	263,028	150	2,979	,054
W	143,187	2	15,563	150	9,200	,000
con1	1936,964	2	118,487	150	16,348	,000
con2	2011,924	2	193,146	150	10,417	,000
con3	37372,525	2	159,959	150	233,638	,000
con4	5060,317	2	296,768	150	17,051	,000
con5	73829,077	2	241,305	150	305,957	,000

The F tests should be used only for descriptive purposes because the clusters have been chosen to maximize the differences among cases in different clusters. The observed significance levels are not corrected for this and thus cannot be interpreted as tests of the hypothesis that the cluster means are equal.

Number of Cases in each Cluster

Cluster	1	65,000
	2	64,000
	3	24,000
Valid		153,000
Missing		,000



Πλεονεκτήματα δορυφορικών εικόνων έναντι αεροφωτογραφιών και κλασσικών μεθόδων χαρτογράφησης (Καρτέρης, 1999)

Συνοπτική κάλυψη της γης: Μια δορυφορική εικόνα καλύπτει γήινη επιφάνεια μεγάλων διαστάσεων (δηλαδή 185 χ 185 km για τους LANDSAT, 60 χ 60 km για τους SPOT κ.λπ.), για την οποία θα απαιτούνταν εκατοντάδες ή ακόμα και χιλιάδες αεροφωτογραφίες και χιλιάδες ώρες επίγειων μετρήσεων.

Επαναλαμβανόμενη κάλυψη: Δορυφορικά δεδομένα όλων σχεδόν των περιοχών της γήινης επιφάνειας λαμβάνονται σε τακτά διαστήματα δηλαδή κάθε 16 ημέρες για τους LANDSAT, κάθε 26 ημέρες για τους SPOT, κάθε 3-4 ώρες για τους NOAA κ.λπ., και περίπου την ίδια ώρα 09.40 για τους LANDSAT, 10.30 για τους SPOT κ.λπ. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό και ενδιαφέρον για αυτούς οι οποίοι ασχολούνται με δυναμικά φαινόμενα, αναλύσεις χρονικών σειρών κ.λπ.

Κατά χώρο διακριτική ικανότητα: Η ελάχιστη κατά χώρο διακριτική ικανότητα επιδρά σημαντικά επί της αναγνώρισης, ταξινόμησης και μέτρησης των διαφόρων αντικειμένων.

Πολυφασματική δομή δεδομένων: Τα δορυφορικά δεδομένα τα οποία λαμβάνονται σε διάφορα τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος όπως ορατό, υπέρυθρο, θερμικό, radar, δίνουν περισσότερες δυνατότητες παροχής επιθυμητών πληροφοριών, αφού σύμφωνα με τις μελέτες και αναλύσεις των επιστημόνων, κάθε αντικείμενο σχετίζεται άμεσα και αποκλειστικά με τις φασματικές πληροφορίες που το χαρακτηρίζουν τόσο στο ορατό όσο και στο αόρατο μέρος του φάσματος.

Ψηφιακή μορφή δεδομένων: Η ψηφιακή μορφή δεδομένων παρέχει τη δυνατότητα ψηφιακής ανάλυσης αυτών. Η διαδικασία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά δυο τρόπους. Πρώτον, να εφαρμοστούν τεχνικές βελτίωσης τηλεικόνας, οι οποίες καθιστούν πιο ευδιάκριτα τα φασματικά ή κατά χώρο χαρακτηριστικά των δεδομένων, έτσι ώστε η οπτική συλλογή πληροφοριών να γίνεται ακριβέστερα και ταχύτερα (Cihlar και άλλοι 1978, Kourtz και Scott 1978). Δεύτερον, να χρησιμοποιηθούν διάφοροι αλγόριθμοι με τους οποίους ο υπολογιστής, με ή χωρίς τη βοήθεια του αναλυτή, αναγνωρίζει και ταξινομεί διάφορα αντικείμενα της επιφάνειας της γης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης, τα οποία



ποικίλλουν ανάλογα με το επίπεδο ταξινόμησης (είδος κατηγοριών, χαρακτηριστικά, βαθμός λεπτομερειών), παρουσιάζονται υπό μορφή πινάκων, χαρτών ή ψηφιακών δεδομένων.

Σχεδόν ορθογραφική κάλυψη: Τα δορυφορικά δεδομένα παρουσιάζουν ελάχιστη τοπογραφική μετατόπιση, επομένως η σχεδόν ορθογραφική εικόνα παρουσιάζει τις γήινες περιοχές με πολύ μεγάλη γεωμετρική ακρίβεια και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή δεδομένων για χαρτογραφικούς σκοπούς με μικρές επεμβάσεις.

Δυνατότητα, έγχρωμης και ψευδοέγχρωμης απόδοσης των δεδομένων.
Δυνατότητα συνδυασμού φασματικών διαύλων: Αυτό επιτρέπει την καλύτερη αναγνώριση και ταξινόμηση συγκεκριμένων γήινων αντικειμένων και φαινομένων, τα οποία δεν εντοπίζονται εύκολα σε ένα φασματικό διάυλο.

Προσβασιμότητα: Σε περιοχές με μικρή ή και καθόλου προσβασιμότητα, όπως για παράδειγμα απομακρυσμένες περιοχές, ωκεανοί, τροπικά δάση κ.λπ., η τηλεπισκόπηση παρέχει τη δυνατότητα συλλογής και ανάλυσης δεδομένων.

Ομοιογένεια δεδομένων: Τα δορυφορικά συστήματα παρέχουν ομοιόμορφα δεδομένα, σε ότι αφορά τη φασματική και χωρική απόδοση των υπό καταγραφή αντικειμένων και δεδομένων.

Διαχρονική ανάλυση: Η επαναλαμβανόμενη και ομοιόμορφη (από πλευράς γωνίας λήψης, ώρας λήψης, ίδιου καταγραφέα κ.λπ.) κάλυψη με δορυφορικές εικόνες της ίδιας επιφάνειας της γης, αποτελούν μοναδική περίπτωση διάθεσης δεδομένων τα οποία παρέχουν την ιδιαίτερη δυνατότητα διαχρονικών ερευνών και μελετών με χρονικό εύρος ωρών, εβδομάδων, μηνών, ετών, δεκαετιών κ.λπ.

"Φωτογραφική" απόδοση: Τα δορυφορικά συστήματα παρέχουν τη δυνατότητα "φωτογραφικής" κάλυψης και απόδοσης μεγάλων εκτάσεων της επιφάνειας της γης, συνοπτικά και με την ίδια ποιότητα δεδομένων.

Δυνατότητα συνδυασμού με άλλα δεδομένα: Εξαιτίας της ψηφιακής μορφής των δορυφορικών δεδομένων και των αποτελεσμάτων της ανάλυσης είναι εύκολη η ενσωμάτωση και χρήση τοπογραφικών και άλλων θεματικών πληροφοριών κατά την ανάλυση καθώς και η δυνατότητα μεταφοράς όλων αυτών σε γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών.



Δυνατότητα δυναμικής επεξεργασίας: Η ψηφιακή μορφή των δορυφορικών δεδομένων παρέχει τη δυνατότητα δυναμικής και πολυεπίπεδης επεξεργασίας αυτών (μετατροπές, μετασχηματισμοί, ενσωμάτωση με άλλες πληροφορίες, αυτόματη αλλαγή κλίμακας κ.λπ.) σε αντιδιαστολή με την αναλογική μορφή, π.χ. χάρτες, οι οποίοι περιέχουν στατικές πληροφορίες δύσκολα να μετατραπούν και διαχειριστούν.

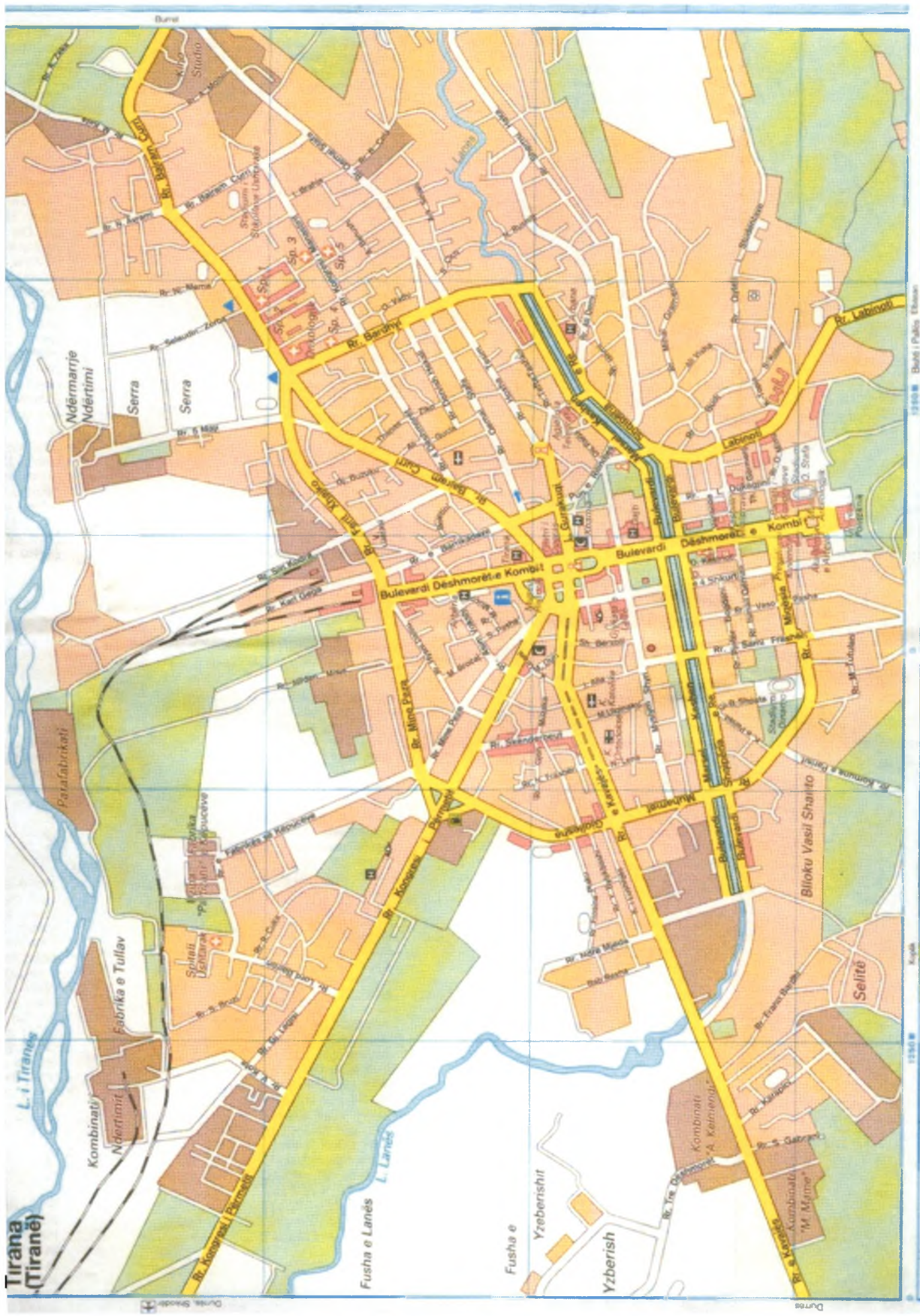
Χωρική/περιγραφική απόδοση: Τα δορυφορικά δεδομένα συνδέονται άμεσα με τις παραμέτρους "τι, που, πότε και πως", επιτρέποντας έτσι τη βελτίωση και συμπλήρωση των διαφόρων θεματικών και τοπογραφικών χαρτών.

Εύκολη αναπαραγωγή: Εξαιτίας της ψηφιακής μορφή των δορυφορικών δεδομένων, η αναπαραγωγή πρωτογενών ή επεξεργασμένων ή σύνθετων προϊόντων είναι αρκετά εύκολη, επαναλαμβανόμενη και αντικειμενική.

Υλικοτεχνική υποδομή: Η απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή είναι σχετικά φθηνότερη σε σύγκριση με αυτήν της παραγωγής ορθοφωτογραφιών και ορθοφωτοχαρτών.

Ελεύθερη απόκτηση δεδομένων: Σε αντίθεση με τη χορήγηση των αεροφωτογραφιών, η απόκτηση δορυφορικών δεδομένων γίνεται χωρίς κανένα περιορισμό, για οποιοδήποτε τμήμα της επιφάνειας της γης, εκτός πολύ ολίγων εξαιρέσεων που αφορούν δορυφορικά δεδομένα παρά πολύ υψηλής χωρικής ευκρίνειας.

Χαμηλό κόστος: Το κόστος απόκτησης των δορυφορικών δεδομένων μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι χαμηλό, αν ληφθούν υπόψη όλα τα παραπάνω πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι δορυφορικές εικόνες σε σχέση με τις αεροφωτογραφίες. Σε απόλυτες τιμές είναι χαμηλότερο των αεροφωτογραφιών όταν πρόκειται για μεγάλες περιοχές.



Φωτογραφίες από τα Τίρανα



Πηγή: www.albanianinformation.com



Πηγή: www.balkanpictures.com



Πηγή: www.albanianinformation.com



Πηγή: www.albanianinformation.com



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση

1. Καρτέρης Μ.Α., 1999. Τηλεπισκόπηση περιβάλλοντος. Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής & Τηλεπισκόπησης.
2. Κουτρομπή Α.Ι., 2004. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Ψηφιακή ανάλυση εικόνας και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στη χαρτογράφηση της κάλυψης/χρήσης γης με έμφαση στην κάλυψη της δασικής γης. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Τομέας Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Φυσικών Πόρων, Εργαστήριο Δασ. Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης.
3. Μερτίκας Σ., 1999. Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας. Εκδόσεις ΙΩΝ.
4. Μηλιαρέσης Γ., 2003. Φωτοερμηνεία – Τηλεπισκόπηση. Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.
5. Συλλαίος Ν., 2000. Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

Ξενόγλωσση

1. Agorastakis M., 2004. Identifying and inventorying demographical patterns, integrating census and remotely sensing data. A case study: the city of Tirana in Albania. Mediterranean Agronomic Institute of Chania, Department of Environmental Management
2. Ball G.H. and Hall D.J., 1965. A novel method of data analysis and pattern classification. Technical report, Stanford Research Institute, Menlo Park, CA.



3. Bailloeuil T., Duan J., Prinnet V., Serra B., 2003. Urban digital map updating from satellite High Resolution images using GIS data as a priori knowledge.
4. Bauer T., Steinnocher K., 2001. Per-parcel land use classification in urban areas applying a rule-based technique. *GeoBIT/GIS*
5. Blaschke T., Lang S., Lorup E., Strobl J., Zeil P., 2000. Object – oriented image processing in an intergrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications. *Umweltinformation fur Planung, Politik und Offentlichkeit, Marburg, Metropolis Verlag, Vol 2.*
6. Caprioli M., Tarantino E., 2003. Urban features recognition from VHR satellite data with an object – oriented approach. Polytechnic University of Bari, Italy.
7. Cihlar J., Thompson D.C. and Klassen G.H., 1978. Mapping vegetation at 1:1 million from LANDSAT imagery. *Proceedings 5th Canadian Symposium on Remote Sensing, Victoria, B.C., pp. 427-440*
8. Damm A., Hostert P., Schiefer S., 2005. Investigating urban railway corridors with geometric high resolution satellite data. Dept. of Geoinformatics / Cartography, Institute of Geography, Humboldt-University Berlin and Center for Remote Sensing of Land Surfaces, Bonn, Germany.
9. E-cognition 2003, User Guide 3. Definiens, Munchen.
10. Haala N., Brenner C., 1999. Extraction of buildings and trees in urban environments. Institute for Photogrammetry, University of Stuttgart.



11. Herold M., Guenther S., Clarke K. C., 2003. Mapping urban areas in the Santa Barbara South Coast using Ikonos data and eCognition. Remote Sensing Research Unit, Department of Geography, University of California, Santa Barbara.
12. Hofmann P., 2001. Detecting buildings and roads from IKONOS data using additional elevation information. DEFiNiENS.
13. Kourtz P.H. and Scott A.J., 1978. An improved image enhancement technique and its application to forest fire management. Proceedings 5th Canadian Symposium on Remote Sensing, Victoria, B.C., pp72-78.
14. Liu Z.J., Wang J., Liu W.P., 2005. Building Extraction from High Resolution Imagery based on Multi-scale Object Oriented Classification and Probabilistic Hough Transform.
15. INSTAT, 2004. General data for the city of Tirana. Tirana.
16. INSTAT, 2001. Population and Housing Census of Albania. Tirana,
17. Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing, CHINA και School of Geography and Planning, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, China.
18. Marangoz A.M., Oruc M., Buyuksalih G., 2004. Object – oriented image analysis and semantic network for extracting the roads and buildings from IKONOS Pan – Sharpened images. Department of Geodesy and Photogrammetry Engineering.
19. Mather P.M., 1987. Computer processing of Remotely – Sensed Images, An Introduction, John Willey and Sons, New York.

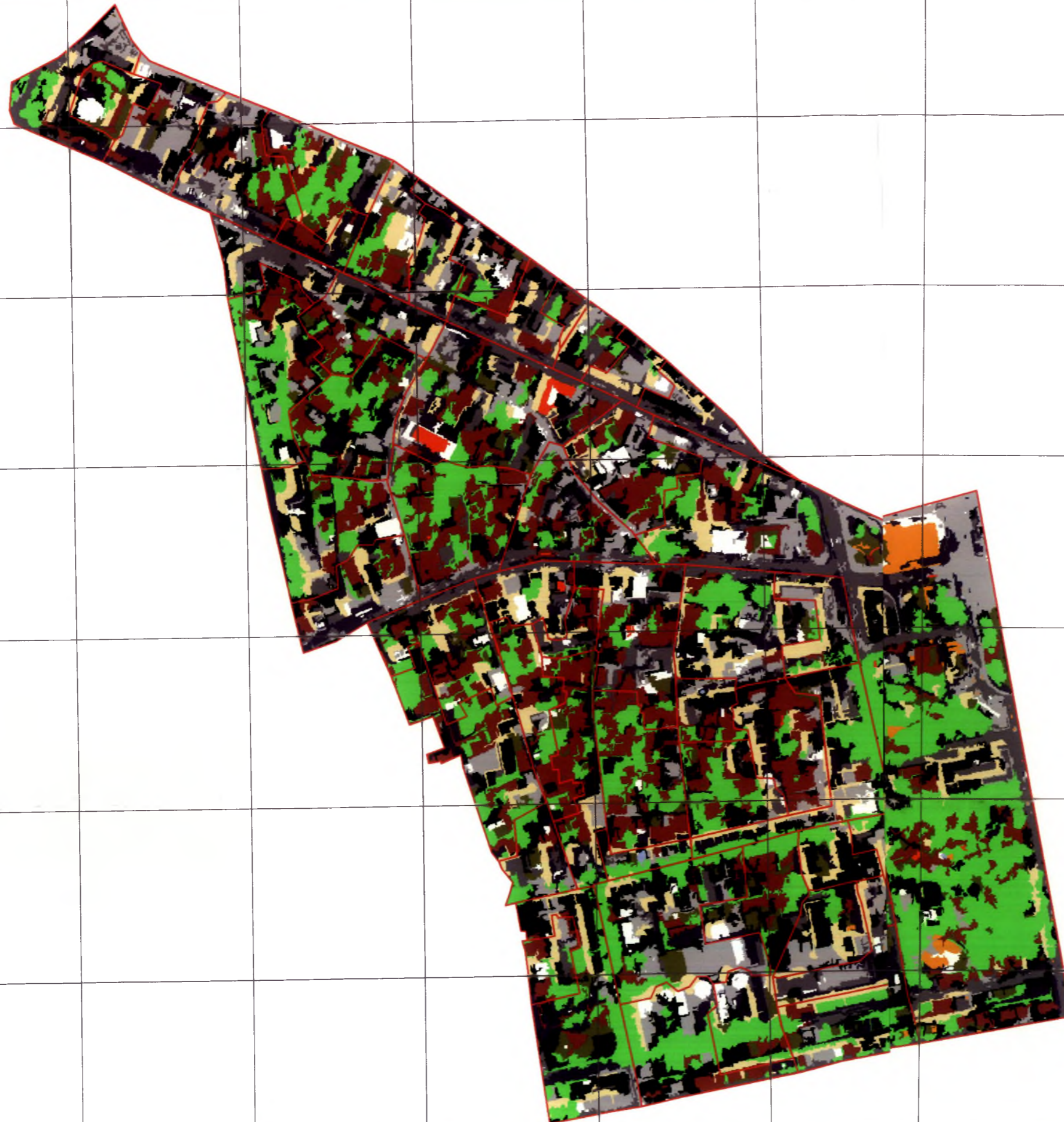


20. Mittelberg B., 2002. Pixel versus Object: A method comparison for analyzing urban areas with VHR data. University of Bonn, Remote Sensing Department.
21. Repaka S. R., Truax D. D., Kolstad E., O' Hara C. G., 2004. Comparing spectral and object based approaches for classification feature extraction from high resolution multispectral imagery. Department of Civil Engineering, Mississippi.
22. Richards J., 1993. Remote Sensing Digital Image Analysis. Springer – Verlag, Berlin
23. Tian J., Wang J., Shi. P., 2004. Urban building boundary extraction from IKONOS imagery. University of Western Ontario, Institute of Resource Science, Beijing.
24. Zhang X., Feng X., 2005. Detecting urban vegetation from IKONOS data using an object-oriented approach. Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, China.

Ιστοσελίδες στο Διαδίκτυο

1. Space Imaging, Inc. www.spaceimaging.com, ημερομηνία προσπέλασης 4/5/2006
2. Wikipedia, the free encyclopedia, www.wikipedia.org, ημερομηνία προσπέλασης 4/5/2006
3. CIA - The World Factbook, www.cia.com, ημερομηνία προσπέλασης 4/5/2006
4. www.statoids.com, ημερομηνία προσπέλασης 4/5/2006
5. www.albanianinformation.com, ημερομηνία προσπέλασης 5/5/2006
6. www.balkanpictures.com, ημερομηνία προσπέλασης 5/5/2006

399800 400000 400200 400400 400600 400800 401000 401200



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας,
Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία: Χρήση της
αντικειμενοστραφούς ανάλυσης
στην ταξινόμηση πολεοδομικών
ενοτήτων: εφαρμογή στην πόλη
των Τυράνων

Επιβλέπων καθηγητής: Περάκης Κωνσταντίνος

Φοιτητής: Τσαμπούρης Ιωάννης

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Όρια απογραφικών τομέων
- Οδικό δίκτυο

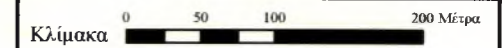
 - Ασφάλτινοι δρόμοι (σκούρο)
 - Ασφάλτινοι δρόμοι (ανοιχτό)
 - Χωματόδρομος
 - Πλακόστρωτο

- Κτίρια

 - Κτίρια με σκεπή από κεραμίδια (ανοιχτό)
 - Κτίρια με σκεπή από κεραμίδια (σκούρο)
 - Κτίρια με μαύρη πλάκα
 - Κτίρια με άσπρη πλάκα

- Χώροι πρασίνου
- Κενοί χώροι
- Σκέες
- Αταξινόμητα

Χάρτης 1
Αποτελέσματα αντικειμενοστραφούς
ταξινόμησης του δημοτικού
διαμερίσματος 10



Κλίμακα 0 50 100 200 Μέτρα

Βόλος, Ιούνιος 2006

399800 400000 400200 400400 400600 400800 401000 401200

4576400
4576200
4576000
4575800
4575600
4575400

396000

397000

398000

399000

400000

4580000

4579200

4578400

4577600

4576800

396000

397000

398000

399000

400000

4580000

4579200

4578400

4577600

4576800



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Πολυτεχνική Σχολή
 Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας,
 Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία: Χρήση της
 αντικειμενοστραφούς ανάλυσης
 στην ταξινόμηση πολεοδομικών
 ενοτήτων: εφαρμογή στην πόλη
 των Τιράνων

Επιβλέπων καθηγητής: Περάκης Κωνσταντίνος
 Φοιτητής: Τσαμπούρης Ιωάννης

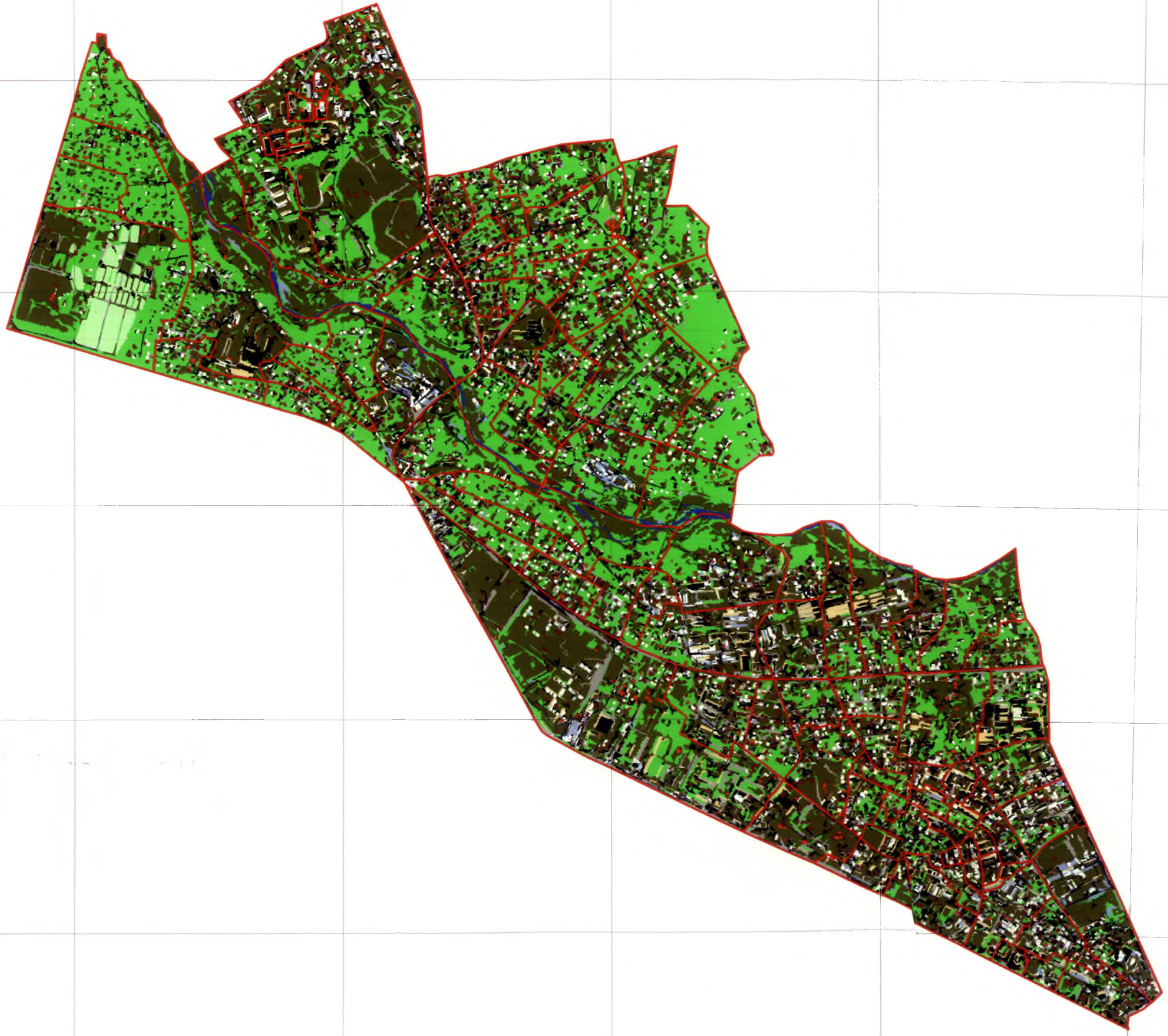
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Ορια απογραφικών τομέων
- Οδικό δίκτυο
 - Ασφάλτινοι δρόμοι (σκούρο)
 - Ασφάλτινοι δρόμοι (ανοιχτό)
 - Χωματόδρομος
- Κτίρια
 - Κτίρια με σκεπή από κεραμίδια (ανοιχτό)
 - Κτίρια με σκεπή από κεραμίδια (σκούρο)
 - Κτίρια με μαύρη πλάκα
 - Κτίρια με άσπρη πλάκα
- Χώροι
 - Χώροι πρασίνου
 - Κενοί χώροι
 - Σκιές
 - Ποτάμι
 - Καλλιέργειες
 - Αταξινόμητα

Χάρτης 2
 Αποτελέσματα αντικειμενοστραφούς
 ταξινόμησης του δημοτικού
 διαμερίσματος 11

Κλίμακα 0 125 250 500 Μέτρα

Βόλος, Ιούνιος 2006



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας,
Πολιτισμίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης

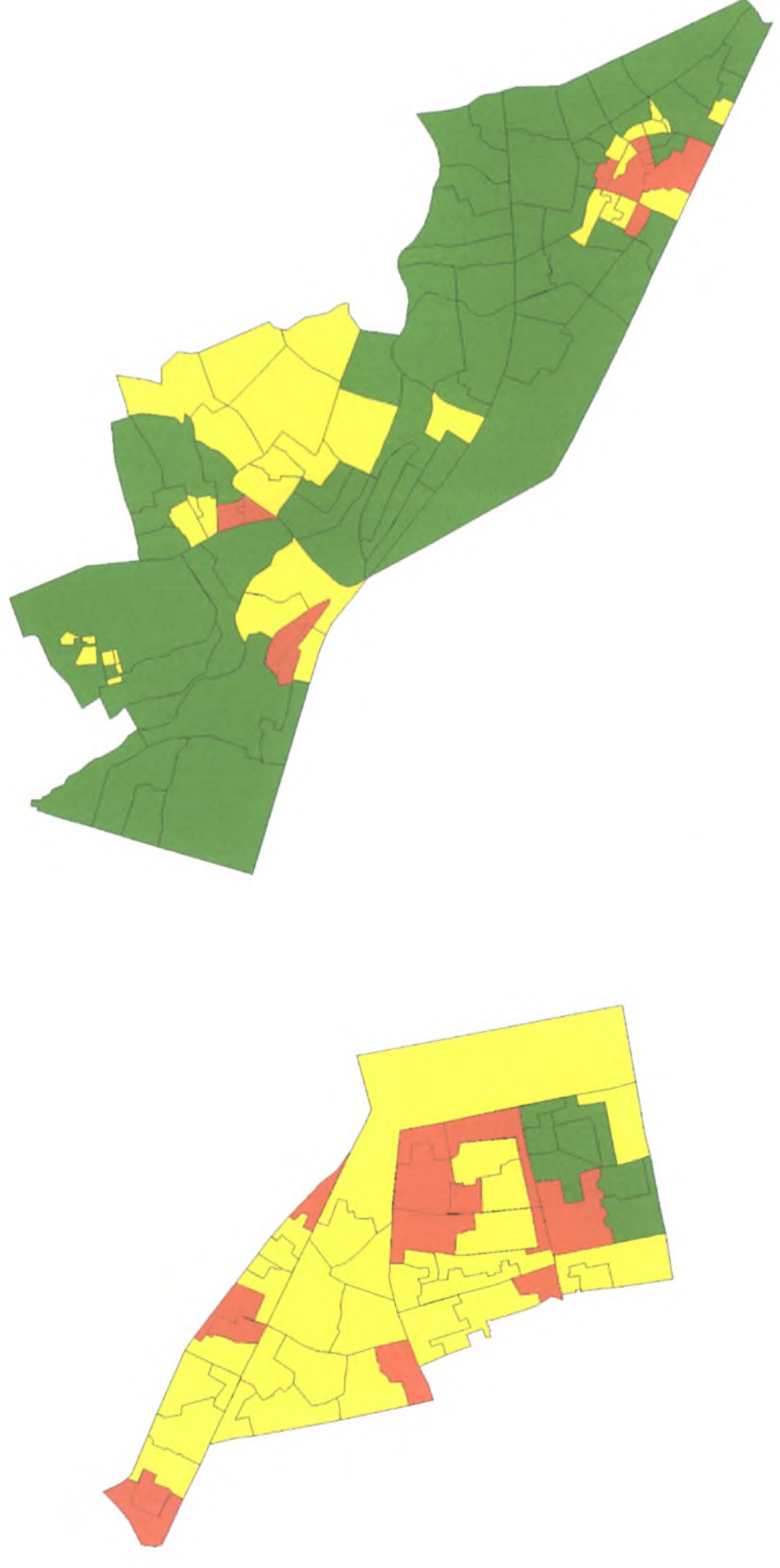
Διπλωματική εργασία: Χρήση της
αντικειμενοστραφούς ανάλυσης
στην ταξινόμηση πολυεδομικών
ενοτήτων: εφαρμογή στην πόλη
των Τριάνων

Επιβλέπων καθηγητής: Περάκης Κωνσταντίνος
φοιτητής: Τσαμπούρης Ιωάννης

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Ομάδα 1
- Ομάδα 2
- Ομάδα 3

Χάρτης 3
Χωρική κατανομή της ομαδοποίησης
των απογραφικών τομέων



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085659

