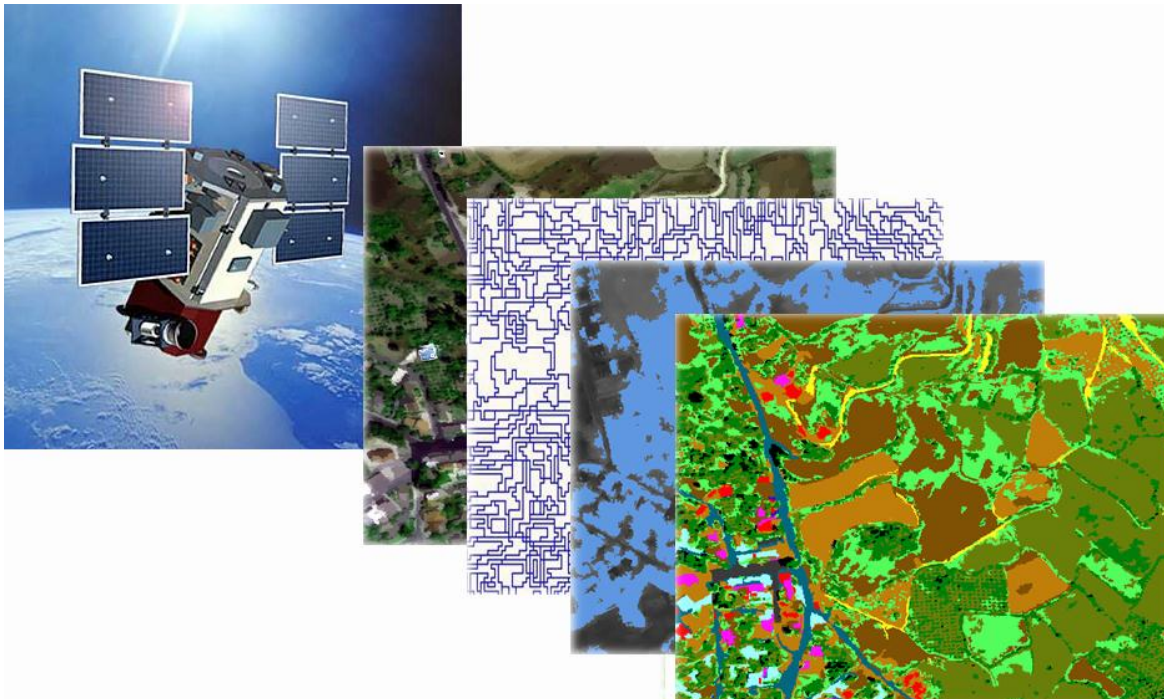




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ - ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ, ΕΡΓ. ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

**Αποδελτίωση και Συστηματοποίηση Κανόνων
Αντικειμενοστρεφούς Ανάλυσης Δορυφορικών Εικόνων
Πολύ Υψηλής Χωρικής Διακριτικής Ικανότητας για Τυπικές
Κατηγορίες Χρήσεων/Καλύψεων Γης**



Διπλωματική εργασία
Παναγιωτίδης Γεώργιος

Επιβλέπων Καθ:Δ. Αργιαλάς

Αθήνα Ιούλιος 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	10
2.1	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
2.2	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ eCOGNITION	12
2.2.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ / ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ (FEATURES) ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ECOGNITION	14
2.3	ΑΠΟΔΕΛΤΙΩΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	15
2.3.1	ΤΙΤΛΟΣ 1 ^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ QUICKBIRD.....	15
2.3.2	ΤΙΤΛΟΣ 2 ^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ ΔΕΝΔΡΟΣΤΟΙΧΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟΥ ΟΡΙΣΜΟΥ ΧΩΡΑΦΙΩΝ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ.....	22
2.3.3	ΤΙΤΛΟΣ 3 ^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ & ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΠΑΦΟΥ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ & ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ QUICKBIRD.....	28
2.3.4	ΤΙΤΛΟΣ 4 ^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΚΤΙΣΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟ ΧΩΡΟ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΣΑΦΟΥΣ ΒΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΣΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	37
2.3.5	ΤΙΤΛΟΣ 5 ^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΩΝ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ	42
2.3.6	ΤΙΤΛΟΣ 6 ^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΧΡΗΣΕΩΝ / ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΕΠΙΔΟΤΗΣΕΩΝ	46
2.3.7	ΤΙΤΛΟΣ 7 ^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΤΟΠΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	53
2.3.8	ΤΙΤΛΟΣ 8 ^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΤΗΣ ΜΕΣΣΑΡΑΣ.	55
3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	59
3.1	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΟΙ ΟΠΟΙΕΣ ΕΧΟΥΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΕΙ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ eCOGNITION.....	59
3.2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΕΙ	59
3.2.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΛΑΣΤΗΣΗ.....	61

3.2.2	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	61
3.2.3	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΡΙΟΙ ΔΡΟΜΟΙ	62
3.2.4	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΡΟΜΟΙ	63
3.2.5	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΜΑΤΟΔΡΟΜΟΙ	63
3.2.6	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΚΙΑ	64
3.2.7	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΕΡΑΜΟΣΚΕΠΕΣ	64
3.2.8	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΣΚΕΠΕΣ.....	65
3.2.9	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΑ.....	66
3.3	ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΕΙ ΣΕ ΝΕΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ	67
3.4	ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ	68
3.5	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΑΝΑ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	68
3.5.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΛΑΣΤΗΣΗ.....	69
3.5.2	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	69
3.5.3	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΡΙΟΙ ΔΡΟΜΟΙ	70
3.5.4	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΡΟΜΟΙ	70
3.5.5	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΜΑΤΟΔΡΟΜΟΙ	71
3.5.6	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΤΕΓΕΣ.....	72
3.5.7	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΑ.....	72
3.6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΝΕΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ	77
3.7	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΩΝ ΟΙ ΟΠΟΙΕΣ ΠΡΟΕΚΥΨΑΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ	80
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	83
5	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	86

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Παράμετροι κατάτμησης στο επίπεδο 5.....	16
Πίνακας 2: Παράμετροι της βλάστησης και της υδάτινης επιφάνειας.....	16
Πίνακας 3: Κανόνες και συναρτήσεις συμμετοχής για τα δύο επίπεδα.....	17
Πίνακας 4: Κανόνες και συναρτήσεις συμμετοχής επιπέδου 4.....	18
Πίνακας 5: Κανόνες και συναρτήσεις συμμετοχής επιπέδου 3.....	18
Πίνακας 6: Παράμετροι κατάτμησης στο επίπεδο 4.....	19
Πίνακας 7: Κανόνες και συναρτήσεις συμμετοχής επιπέδου 4.....	20
Πίνακας 8: Ταξινόμηση όλων των κλάσεων.....	26
Πίνακας 9: Πίνακας των διάφορων χαρακτηριστικών που χρησιμοποιήθηκαν για το διαχωρισμό των κλάσεων, καθώς και οι τιμές ασάφειας που δόθηκαν σε κάθε κλάση.....	32
Πίνακας 10: Οι πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων με βάση τη διαφορά του πρώτου και δεύτερου βαθμού συμμετοχής.....	34
Πίνακας 11: Ο πίνακας αξιολόγησης του τέταρτου επιπέδου με βάση τους καλύτερους βαθμούς συμμετοχής.....	35
Πίνακας 12: Ο πίνακας σύγχυσης όπως προκύπτει από τα δείγματα ελέγχου της κάθε κατηγορίας.....	36
Πίνακας 13: Συναρτήσεις Συμμετοχής, χαρακτηριστικά και όρια ασάφειας για τις ταξινομήσεις των επιπέδων 4 έως 1.....	40
Πίνακας 14: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων για την αναγνώριση των μεγάλων ελαιόδεντρων.....	43
Πίνακας 15: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων για την αναγνώριση των μεσαίων ελαιόδεντρων.....	44
Πίνακας 16: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων για την αναγνώριση των μικρών ελαιόδεντρων.....	44
Πίνακας 17: Οι κατηγορίες 1ου επιπέδου και οι κανόνες τους.....	48
Πίνακας 18: Οι κατηγορίες 3ου επιπέδου και οι κανόνες τους.....	49
Πίνακας 19: Οι κατηγορίες 2ου επιπέδου και οι κανόνες τους.....	51
Πίνακας 20: Κανόνες ταξινόμησης.....	54
Πίνακας 21: Κανόνες ταξινόμησης της εικόνας IKONOS.....	57
Πίνακας 22: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία βλάστηση.....	61
Πίνακας 23: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία υδάτινες επιφάνειες.....	62

Πίνακας 24: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία δρόμοι κύριοι.	62
Πίνακας 25: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία δρόμοι δευτερεύοντες.....	63
Πίνακας 26: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία χωματόδρομοι.	64
Πίνακας 27: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία σκιά.	64
Πίνακας 28: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία κεραμοσκεπές.	65
Πίνακας 29: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία τσιμεντοσκεπές.	66
Πίνακας 30: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία ελαιόδεντρα.	67
Πίνακας 31: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία βλάστηση.	69
Πίνακας 32: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία υδάτινες επιφάνειες.	69
Πίνακας 33: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία δρόμοι κύριοι.	70
Πίνακας 34: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία δευτερεύοντες δρόμοι.....	71
Πίνακας 35:Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία χωματόδρομοι.	71
Πίνακας 36: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία στέγες.	72
Πίνακας 37: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία ελαιόδεντρα.	73
Πίνακας 38: Οργανόγραμμα κανόνων για την περιοχή του Αγίου Νικολάου.....	74
Πίνακας 39: Οργανόγραμμα κανόνων για την περιοχή του Ρεθύμνου.....	75
Πίνακας 40: Οργανόγραμμα κανόνων για την περιοχή του Ηρακλείου.....	76
Πίνακας 41: Αξιολόγηση της ταξινόμησης για την περιοχή του Αγίου Νικολάου (επίπεδο L2).	81
Πίνακας 42: Αξιολόγηση της ταξινόμησης για την περιοχή του Ρεθύμνου (επίπεδο L2).	81
Πίνακας 43: Αξιολόγηση της ταξινόμησης για την περιοχή του Ηρακλείου (επίπεδο L2).	82

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1: Οι διάφορες διαθέσιμες συναρτήσεις που είναι διαθέσιμες στο eCognition.	13
Εικόνα 2: Αντικείμενα της κατάτμησης επιπέδου 2	17
Εικόνα 3 Αποτέλεσμα ταξινόμησης στο επίπεδο 5	19
Εικόνα 4: Αποτέλεσμα ταξινόμησης στο επίπεδο 4	21
Εικόνα 5: Εικόνες και στατιστικά στοιχεία για το Classification Stability και Best Classification Result για την προσέγγιση 7.	22
Εικόνα 6: Ταξινόμηση δενδροστοιχιών και άλλων χρήσεων γης.	27
Εικόνα 7: (α) Έγχρωμο σύνθετο (4-3-2) της εικόνας. (β) Ο θεματικός χάρτης όπως προέκυψε μετά τις ταξινομήσεις όλων των επιπέδων. (γ) Η ιεραρχία των τάξεων που δημιουργήθηκαν για την τελική ταξινόμηση.	33
Εικόνα 8 Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1ου Επιπέδου Landcover στην εικόνα της περιοχής.	41
Εικόνα 9: Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης.	45
Εικόνα 10: Τελικό αποτέλεσμα ταξινόμησης.....	52
Εικόνα 11: Αποτέλεσμα ταξινόμησης.....	55
Εικόνα 12: Αποτέλεσμα της ταξινόμησης στην εικόνα IKONOS.	57
Εικόνα 13: Εικόνα της περιοχής Αγίου Νικολάου πριν την ταξινόμηση.	77
Εικόνα 14: Τελική ταξινόμηση στην περιοχή Αγίου Νικολάου στο επίπεδο L2.	77
Εικόνα 15: Εικόνα της περιοχής Ρεθύμνου πριν την ταξινόμηση.	78
Εικόνα 16: Τελική ταξινόμηση στην περιοχή Ρεθύμνου στο επίπεδο L2.	78
Εικόνα 17: Εικόνα της περιοχής Ηρακλείου πριν την ταξινόμηση.	79
Εικόνα 18: Τελική ταξινόμηση στην περιοχή Ηρακλείου στο επίπεδο L2.	79

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας αποτελεί ένα ραγδαία εξελισσόμενο επιστημονικό πεδίο το οποίο βρίσκει πολύ μεγάλη εφαρμογή στην Τηλεπισκόπηση, κυρίως στην πραγματοποίηση αντικειμενοστρεφών ταξινομήσεων. Η αντικειμενοστρεφείς ταξινομήσεις πραγματοποιούνται με χρήση φασματικών και χωρικών κριτηρίων τα οποία υλοποιούνται με χρήση λογικών κανόνων και την εφαρμογή ασαφούς λογικής.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί και να διαπιστωθεί κατά πόσον είναι εφικτό να γίνει ομαδοποίηση και συστηματοποίηση των κανόνων που χρησιμοποιούνται, ώστε σε τηλεπισκοπικές απεικονίσεις με ίδια ή παραπλήσια χαρακτηριστικά, να είναι δυνατό να χρησιμοποιούμε τους ίδιους κανόνες με μικρές παραλλαγές στις τιμές των ορίων. Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε αποδελτίωση οκτώ εργασιών/δημοσιεύσεων έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα σύνολο κανόνων για διάφορες κύριες κατηγορίες χρήσης/κάλυψης γης. Όλες οι προαναφερθείσες εργασίες είχαν ως στόχο την ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων σε διάφορες περιοχές με χρήση αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης. Οι δορυφορικές εικόνες που είχαν χρησιμοποιηθεί στις εργασίες αυτές αλλά και στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής είχαν παρόμοια χαρακτηριστικά και ήταν ως επί το πλείστον Quickbird και Ikonos.

Όσον αφορά την μεθοδολογία, επιλέχθηκαν κατηγορίες οι οποίες είναι αρκετά συνήθεις και εμφανίζονται στις περισσότερες εικόνες έτσι ώστε οι κανόνες που θα δημιουργούνταν να έχουν τη ευρύτερη δυνατή εφαρμογή. Οι κατηγορίες που επιλέχθηκαν ήταν οι εξής: βλάστηση, υδάτινες επιφάνειες, κύριοι δρόμοι, δευτερεύοντες δρόμοι, χωματόδρομοι, σκιά, κεραμοσκεπές,τσιμεντοσκεπές και ελαιόδεντρα. Συνεπώς, σε κάθε εργασία, εντοπίστηκαν αυτές οι κατηγορίες και καταγράφηκαν οι κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν για την ταξινόμησή τους. Οι κανόνες αυτοί αναλύθηκαν, γενικεύτηκαν και συστηματοποιήθηκαν σε μία ενιαία βάση γνώσης με χρήση κατάλληλων λογικών κανόνων.

Μετά την αποδελτίωση των εργασιών και τη δημιουργία της ενιαίας βάσης γνώσης, επιλέχθηκαν τρεις εικόνες, οι οποίες περιείχαν όσο το δυνατόν όλες τις παραπάνω κατηγορίες. Οι εικόνες που επιλέχθηκαν ήταν δυο δορυφορικές απεικονίσεις Quickbird και μια Ikonos της Κρήτης, οι οποίες καλύπτουν την περιοχή του Αγίου Νικολάου, του Ηρακλείου και του Ρεθύμνου αντίστοιχα. Οι τρεις εικόνες ταξινομήθηκαν με την βοήθεια του πακέτου αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού eCognition χρησιμοποιώντας τους κανόνες, οι οποίοι συλλέχθηκαν και συστηματοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία της αποδελτίωσης, κάνοντας τις απαραίτητες αλλαγές στα όρια εφαρμογής τους όπου χρειαζόταν, αλλά προσθέτοντας και κάποιους επιπλέον κανόνες, όπου αυτό κρίθηκε απαραίτητο. Η ανάγκη για αυτές τις τροποποιήσεις/προσθήκες προέκυψε από το γεγονός ότι οι τρεις δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν ελήφθησαν σε διαφορετικές ημερομηνίες, με διαφορετική γωνία λήψης καθώς και με διαφορετικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, ενώ δεν είχαν υποστεί κανενός είδους ατμοσφαιρικές διορθώσεις.

Τα αποτελέσματα αυτά είναι εξαιρετικά ενθαρρυντικά, αφού κάνοντας αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας περιοχές ελέγχου, διαπιστώθηκε ακρίβεια μεγαλύτερη από 74%. Το συμπέρασμα της εργασίας είναι ότι είναι εφικτή η δημιουργία μίας ενιαίας βάσης γνώσης, με συστηματοποίηση εκείνων των κύριων κανόνων αντικειμενοστρεφούς ταξινόμησης εικόνων πολύ υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση βασικών κατηγοριών χρήσεων/καλύψεων γης, και συνεπώς είναι εφικτή η αυτοματοποίηση των ταξινομήσεων αυτών σε πολύ μεγάλο βαθμό.

Λέξεις κλειδιά: Αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνων, κανόνες ασαφούς λογικής, ταξινόμηση, eCognition, αυτοματοποίηση, Quickbird, Ikonos.

<<CREATING SYSTEMATIC RULES FOR OBJECT BASED IMAGE ANALYSIS OF VERY HIGH RESOLUTION IMAGERY FOR THE EXTRACTION OF TYPICAL LAND COVER/USE CLASSES>>

ABSTRACT

The object-oriented image analysis is a rapidly evolving scientific field which finds great application in remote sensing, and especially in object classification. The object-oriented classification is made using spectral and spatial criteria, which are implemented by using logical rules and by applying fuzzy logic.

In this study the aim was to determine whether it is feasible to group and systemize the typical features of classification, so that in future one can use the same features with small variations in the limits of those values for any image he/she wants to classify. For this purpose, we indexed eight papers / thesis in order to create a set of features for different categories which can be applied to any image. These papers have aimed to classify satellite images into different regions. The satellite images that were used in these papers and in the context of this thesis are mostly Quickbird and Ikonos.

Regarding the methodology used, we selected categories which are quite common and occur in most images so that the features that would be created have the widest possible application. The categories that were selected were: vegetation, water surfaces, main roads, secondary roads, dirt roads, shades, roofs, concrete roofs and olive trees. Therefore, after each category was identified, the parameters that were used for each category were enumerated. These parameters were analyzed, generalized and systematized into a single knowledge base using appropriate logical rules.

After the indexing of the papers, three images were selected, which were thought to contain most of the above categories. The images that were selected are two Quickbird satellite images and one Ikonos image. All these were located in Crete and more specifically in the area of Agios Nikolaos, Heraklion and Rethymnon respectively. All three images were classified with the help of the eCognition object-oriented programming software using the parameters which were collected in the process of indexing, while making the necessary changes in the limits where necessary, but also adding additional features where needed. The need for these changes / additions resulted from the fact that the three satellite images were taken at different dates with different viewing angles and with different atmospheric conditions, and had not undergone any type of atmospheric corrections.

These results were extremely encouraging to see, since after making evaluation of the results using control areas, it was noticed that an accuracy better than 70% was achieved. The conclusion of this study is that it is possible to create a single knowledge base, by systemizing the main rules of object-oriented image classification of very high spatial resolution images which are used for classifying key categories of land use / cover and so the automation of classification was also largely achieved.

Keywords: Object based image analysis, fuzzy logic rules, classification, eCognition, automation, Quickbird, Ikonos.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη για ακριβείς, επίκαιρες και λεπτομερείς πληροφορίες για τα διάφορα θεματικά επίπεδα αυξάνονται ραγδαία. Οι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις αποτελούν μια προσιτή πηγή που παρέχει μια ευρύτερη ποικιλία και μια μεγαλύτερη ποσότητα πληροφορίας σχετικά με τα παραδοσιακά στοιχεία χαρτογράφησης. Με τις πρόσφατες αυξήσεις στη χωρική ανάλυση, η εξαγωγή χαρακτηριστικών γνωρισμάτων αποτελεί ακόμα περισσότερο μια πρόκληση. Η αποκόμιση του μέγιστου οφέλους από αυτή την πηγή πληροφορίας θα απαιτήσει την έρευνα που περιλαμβάνει όχι μόνο τις βελτιωμένες προσεγγίσεις ανάλυσης δεδομένων, αλλά και την ανάπτυξη των εργαλείων για το χειρισμό τους. Μπορεί οι παραδοσιακές μέθοδοι χαρτογράφησης να παρέχουν ακριβέστερα αποτελέσματα αλλά το κόστος τους σε χρόνο και χρήμα είναι πολύ υψηλό. Οι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις είναι μια εύκολα προσβάσιμη πηγή που παρέχουν μια πιο ευρεία ποικιλία και μεγαλύτερη ποσότητα πληροφοριών σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους.

Μέχρι πρόσφατα η ανίχνευση των διαφόρων κατηγοριών χρήσεων γης που απεικονίζονται σε μια τηλεπισκοπική απεικόνιση βασίζονταν σε επιβλεπόμενες και μη επιβλεπόμενες τεχνικές ταξινόμησης που είχαν σαν μεθοδολογικό πυρήνα τη φασματική ομοιότητα και μόνο. Το τελευταίο διάστημα όμως η διάθεση τηλεπισκοπικών απεικονίσεων με διαρκώς αυξανόμενη χωρική ανάλυση από τη μια επέτρεψαν την λεπτομερέστερη και ακριβέστερη ανίχνευση των θεματικών οντοτήτων της φυσικής πραγματικότητας αλλά από την άλλη εξαιτίας της μεγάλης φασματικής ετερογένειας που παρατηρείται σε αυτές ανέδειξαν με τον πιο έντονο τρόπο τους περιορισμούς των παραδοσιακών μεθόδων ταξινόμησης. Τη λύση ήρθε να δώσει μια καινοτόμα προσέγγιση στο τομέα της ανάλυσης απεικονίσεων, η αντικειμενοστρεφής ανάλυση (object oriented analysis). Σε αυτή την προσέγγιση δημιουργούνται αντικείμενα από κάποια διαδικασία κατάτμησης τα οποία αναπαριστούν σημαντικές εννοιολογικές πληροφορίες. «Όσο περισσότερα γεωμετρικά, φασματικά και τοπολογικά χαρακτηριστικά γνωρίζουμε για κάποια αντικείμενα, τόσο πιο ρεαλιστική τείνει να γίνει η ταξινόμηση. Η εξαγωγή πρωτογενών αντικειμένων, βασισμένη στην κατάτμηση έχει επιφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα στην ταξινόμηση υψηλής ανάλυσης εικόνων. Τα άγνωστα φασματικά πρότυπα, καθώς επίσης και η υψηλή ετερογένεια του αστικού περιβάλλοντος, απαιτούν το συνδυασμό μεταξύ φασματικών και εννοιολογικών στοιχείων αντικειμένου για αποτελεσματική ταξινόμηση της κάλυψη τους εδάφους και των χρήσεων γης (Hoffman 2001). Η βασική ιδέα είναι να εξάγονται πρωτογενή αντικείμενα από τις εικόνες και να χρησιμοποιούνται οι πληροφορίες τους για να συντεθούν μέθοδοι που βελτιώνουν τη διαδικασία της ταξινόμησης.

Σε αυτή τη μελέτη σκοπός ήταν να διερευνηθούν οι δυνατότητες και οι περιορισμοί της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης στην ανίχνευση και εφαρμογή ενός ενιαίου συνόλου κανόνων ταξινόμησης, σε διάφορες εικόνες, έτσι ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσον είναι εφικτό να γίνει αυτοματοποίηση των ταξινομήσεων ώστε μελλοντικά να χρησιμοποιούμε μία ενιαία βάση γνώσης με ίδιους κανόνες και μικρές παραλλαγές στις τιμές των ορίων εφαρμογής τους για εικόνες με ίδια ή παραπλήσια χαρακτηριστικά. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε αποδελτίωση οκτώ εργασιών/δημοσιεύσεων οι οποίες είχαν ως στόχο την ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων σε διάφορες περιοχές με αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνας. Οι δορυφορικές εικόνες που είχαν χρησιμοποιηθεί στις εργασίες αυτές αλλά και στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής είναι ως επί το πλείστον Quickbird και Ikonos.

1 ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

Ένα μείζον ζήτημα της Ψηφιακής Τηλεπισκόπησης είναι η δημιουργία ενός προγράμματος «μίμησης» της ανθρώπινης αναλυτικής σκέψης. Ένας άνθρωπος μπορεί εύκολα να κατηγοριοποιήσει μια εικόνα σε περιοχές ενδιαφέροντος. Η αντικειμενοστρεφής ανάλυση των εικόνων είναι ο κοντινότερος προς την ανθρώπινη σκέψη τρόπος για να επιτευχθεί η ανάλυση μιας εικόνας. Οι τεχνικές ανάλυσης που βασίζονται στο pixel χρησιμοποιούν μόνο τις φασματικές τιμές του κάθε pixel. Τα κυριότερα μειονεκτήματα αυτής της προσέγγισης ήταν να υπάρχει έντονο το φαινόμενο θορύβου «αλατοπίπερου» - salt and pepper ταξινομήσεων (απομονωμένες ανακρίβειες σε διάφορα σημεία τους) αλλά και αδυναμία εκμετάλλευσης των σχέσεων του κάθε εικονοστοιχείου με το περιβάλλον του. Αυτό άλλαξε με την είσοδο των αντικειμένων σαν στοιχειώδη μονάδα υπολογισμών, αντικειμένων που γνωρίζουν τους γείτονες τους αλλά και τις ιδιότητες τους που πλέον τους προσδίδονται αναφορικά με ιεραρχίες συνόλων υπερ-αντικειμένων και υπό-αντικειμένων. Αναδείχτηκε με αυτό τον τρόπο ότι οι κατά εικονοστοιχείο ταξινομήσεις είχαν εμποδίσει την δημιουργία οντοτήτων με ουσιαστικό, φυσικό νόημα, και φάνηκε ότι η αντικειμενοστρεφής ανάλυση τέτοιων περιοχών έδινε εξίσου φυσικά αποτελέσματα.

Τα αντικείμενα αυτά συνοδεύονται από πολλά χαρακτηριστικά στα οποία βασίζονται οι κανόνες ταξινόμησης. Το αντικείμενο είναι το βασικό στοιχείο της μελέτης. Η κατάτμηση, φυσικά, είναι μόνο η αρχή. Η κατάτμηση της εικόνας μειώνει τη λεπτομέρειά της, την πολυπλοκότητά της κι έτσι γίνεται πιο εύκολη η διαχείριση των πληροφοριών της. Τα αντικείμενα που προκύπτουν από την κατάτμηση έχουν σημασία όταν σε αυτά υπάρχει επιπλέον πληροφορία πέρα από τη φασματική τους υπογραφή. Δεν έχουν φυσική σημασία στον πραγματικό κόσμο, έχουν μόνο στο επίπεδο της εικόνας. Τα αντικείμενα αυτά μπορούν να πάρουν διάφορες ονομασίες. Συνήθως, ονομάζονται βάσει των φασματικών τους χαρακτηριστικών, ή βάσει των χωρικών τους σχέσεων σε περίπτωση σύνθετων ομάδων όπου θα αποτελέσουν τη «μητρική-κατηγορία».

Ο διαχωρισμός των διαφόρων κατηγοριών κάλυψης γης με βάση τα φασματικά κριτήρια γίνεται εύκολα λόγω της διαφορετικής ανακλαστικότητας των διαφορετικών υλικών των επιφανειών. Το εικονοστοιχείο μονοπώλησε το ενδιαφέρον των ερευνητών για πολλά χρόνια, μέχρι που τέθηκε το ερώτημα γιατί να εστιάζεται η προσοχή στη στατιστική ανάλυση των εικονοστοιχείων, και όχι στα χωρικά σύνολα που δημιουργούν. Ο όρος «αντικείμενο μιας εικόνας» αναφέρεται σε μια διακριτή περιοχή μιας ψηφιακής εικόνας που έχει εσωτερική συνοχή και διαφορετικότητα από τα γειτονικά αντικείμενα. Έτσι, η ερμηνεία αυτή εμπεριέχει κάποιους περιορισμούς / χαρακτηριστικά, τα οποία είναι 1) διακριτικότητα, 2) εσωτερική συνοχή και 3) αντίθεση με τα γειτνιάζοντα αντικείμενα.

1) Διακριτικότητα

Σε ένα περιβάλλον raster, η διακριτικότητα επιβάλλει στη νέα εικόνα που δημιουργείται από την αυθεντική, κάθε νέο Pixel να έχει ένα κωδικό, τον χαρακτηριστικό κωδικό του αντικειμένου στο οποίο εντάσσεται. Επομένως, όλα τα pixels του αντικειμένου έχουν τον ίδιο κωδικό αριθμό, γεγονός που μειώνει σημαντικά τον όγκο των δεδομένων της καινούριας εικόνας κατά τη μετατροπή της σε διανυσματική μορφή. Αυτό αποτελεί και το σημαντικό πλεονέκτημα της Αντικειμενοστρεφούς Ανάλυσης Εικόνων, η ευκολία μετατροπής της εικόνας από raster σε vector (GIS). Τα αντικείμενα δεν έχουν καμία πρακτική σημασία προτού ταξινομηθούν (Αργιαλάς, 1999).

2) Εσωτερική συνοχή

Το κριτήριο αυτό επιβάλλει στα pixels της περιοχής της εικόνας που θεωρείται αντικείμενο να είναι ενωμένα μεταξύ τους. Αυτό δεν συνεπάγεται και ότι θα είναι ομοιογενή (Low variance). Μια περιοχή που έχει τραχεία υφή ή κάποιο γεωμετρικό πρότυπο μπορεί να έχει διακυμάνσεις στην υφή και ταυτόχρονα να έχει την απαιτούμενη συνοχή. Αυτά τα

επαναλαμβανόμενα πρότυπα μπορούν να κωδικοποιηθούν ως μια διαρθρωτική υπογραφή - μια ομάδα χαρακτηριστικών και σχέσεων που αναδεικνύουν χωρικά πρότυπα παρατηρούμενα σε συγκεκριμένες κλίμακες- και σε συνδυασμό με τη χρήση των φασματικών υπογραφών να ξεχωρίζουν μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών των αντικειμένων.

3) Αντίθεση

Σε μια περιοχή που θα αποτελέσει αντικείμενο θα πρέπει να υπάρχει όχι μόνο ομοιομορφία στο εσωτερικό της, αλλά και αντίθεση με τις γειτονικές περιοχές ώστε να θεωρηθεί ξεχωριστή οντότητα. Η αντίθεση μπορεί να εκφράζεται με τρεις τρόπους: Διαφορετικότητα της περιοχής σε χρώμα, τόνο και υφή. Σε κάποιες περιπτώσεις, όταν όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά μιας περιοχής δε διαφέρουν από τις περιβάλλουσες περιοχές, το στοιχείο που τις κάνει να ενταχθούν σε διαφορετικά αντικείμενα είναι η ύπαρξη κάποιας διαχωριστικής ακμής (π.χ. μια λωρίδα χώματος μεταξύ χωραφιών ίδιας καλλιέργειας). Αν μια κατάτμηση ανταποκρίνεται καλά σε ένα διακριτό, μοναδικό πρότυπο τότε μπορεί αυτό να χαρακτηριστεί *αντικείμενο*. Παρόλα αυτά, κάθε παραχθέν αντικείμενο εξαρτάται από μια συγκεκριμένη διαδικασία που ακολουθείται και που έχει επιλεγεί από μια απόφαση του χειριστή του προγράμματος ή από μια αυτόματη διαδικασία του προγράμματος, η οποία, όμως, πάλι έχει προέλθει από μια ανθρώπινη απόφαση. Με άλλα λόγια, τα αντικείμενα που δημιουργούνται σε μια εικόνα προέρχονται από ανθρώπινη νόηση. Έτσι, είναι πολύ συγκεκριμένες οι παράμετροι και τα βήματα που ακολουθούνται για την παραγωγή τους. Έστω και μία παράμετρος να αλλάξει στο επίπεδο της κατάτμησης, το αποτέλεσμα και οι πληροφορίες που θα προκύψουν θα είναι πολύ διαφορετικές, παρόλο που τα δεδομένα (η αρχική εικόνα) θα είναι οι ίδιες.

Συμπερασματικά, προκύπτει ότι η πληροφορία δεν αντλείται από τα αρχικά δεδομένα αλλά από τον τρόπο επεξεργασίας τους. Ο στόχος της προ- επεξεργασίας είναι να αυξήσει την ομοιογένεια των αντικειμένων (που στη συνέχεια θα εξαχθούν). Τα βήματα της προ-επεξεργασίας προσαρμόζονται ανάλογα με το σκοπό της εκάστοτε εργασίας. Μετά την κατάτμηση της εικόνας σε πρωταρχικά αντικείμενα, γίνεται η επιλογή κάποιων δειγμάτων, βάσει της φωτοερμηνείας ή βάσει περιοχών που επιλέγονται με προσεκτική ανάλυση του ιστογράμματος της εικόνας.

Πολλές φορές, τα όρια μεταξύ των κατηγοριών δεν είναι σαφή και εξαρτώνται από τον ορισμό που δίνει ο χρήστης σε κάθε κατηγορία. Το *γεω-αντικείμενο* είναι μια οριοθετημένη γεωγραφική περιοχή που μπορεί –για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή- να αναγνωριστεί ως ένας γεωγραφικός όρος. Τα *αντικείμενα* είναι η καλύτερη αναπαράσταση των *γεω-αντικειμένων*. Η ανάλυση των εικόνων ουσιαστικά σημαίνει το κατακερματισμό τους μέχρι να απλοποιηθούν στα συστατικά τους στοιχεία. Και εφόσον τα γεω-αντικείμενα δεν αποτελούν τα συστατικά μέρη των δορυφορικών εικόνων, η ανάλυσή τους δε μπορεί να βασιστεί σε αυτά αλλά να ξεκινήσει από αυτά. Η κατάτμηση προηγείται της ανάλυσης στην Αντικειμενοστρεφή Ανάλυση των Εικόνων. Κάθε αντικείμενο περιλαμβάνει φασματικές πληροφορίες, πληροφορίες για το σχήμα του, για τους γείτονές του καθώς και για τα ανώτερα ή κατώτερα από αυτό αντικείμενα. Υπάρχει η πιθανότητα τα αντικείμενα να ταυτίζονται με την πραγματική γεωγραφική οντότητα που υπάρχει στο έδαφος. Π.χ. μια λίμνη να αντιπροσωπεύεται στην εικόνα από ένα αντικείμενο επιτυχώς, και άρα η κατάτμηση είναι πετυχημένη (Definiens, 2001). Η αξιολόγηση της ταξινόμησης των πρώτων αντικειμένων μιας κατάτμησης με τη βοήθεια επίγειας φωτοερμηνείας είναι δύσκολη, και αυτό γιατί οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται την κατάτμηση σε μεγαλύτερη κλίμακα από τη ζητούμενη, με αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσοστό πρώτων αντικειμένων να ενοποιούνται λανθασμένα. Η τάση για ενοποίηση των πρώτων αντικειμένων μιας κατάτμησης συμβαίνει ασυναίσθητα, παρόλο που θεωρείται μια διαδικασία από πάνω προς τα κάτω επίπεδα. Είναι γνωστό ότι οι παράγοντες της διαδικασίας από τα πάνω επίπεδα προς τα κάτω μπορούν ασυνείδητα να επηρεάσουν την οπτική κρίση. Αυτή η ικανότητα στηρίζεται σε μια διαδρομή από το πάνω επίπεδο προς το κάτω, όπου οι λέξεις συνιστούν το πάνω επίπεδο, ενώ τα γράμματα το κάτω. Βάσει αυτής της ιδιότητας της ανθρώπινης αντίληψης, κάθε επίγειος έλεγχος των αντικειμένων μιας κατάτμησης είναι άχρηστος γιατί δίνει εσφαλμένα αποτελέσματα. Εξαιτίας, λοιπόν, της ανικανότητας των ανθρώπων να αποτυπώνουν επίγεια τις χρήσεις γης στη σωστή κλίμακα, η αξιολόγηση της κατάτμησης γίνεται με δυο τρόπους. Είτε με οπτικό έλεγχο,

είτε με αυτοματοποιημένο έλεγχο με χρήση κάποιου μετρητικού μεγέθους. Τα αποτελέσματα αυτών των τρόπων είναι προσαρμοσμένα στην επιθυμητή κλίμακα όπου κάθε πρώτο αντικείμενο, π.χ. δέντρα και σκεπές κτιρίων, είναι διαχωρισμένο σωστά.

Μια αντικειμενική προσέγγιση για την ανάλυση των εικόνων πρέπει να είναι τέτοια ώστε το αποτέλεσμα της επεξεργασίας να είναι μια εικόνα χωρικά διαχωρισμένη στις σωστές κατηγορίες, δηλαδή σε ένα επίπεδο ταξινόμησης. Πολύ σημαντικό είναι η προσέγγιση αυτή να είναι εφαρμόσιμη σε διαφορετικά γεωγραφικά δεδομένα, με διαφορετική χωρική και φασματική ανάλυση. Τα βήματα της κατάτμησης και της ταξινόμησης πρέπει να αποτελούν μια κυκλική διαδικασία, η οποία λέγεται μορφοποίηση τάξεων. Με αυτό τον τρόπο, ο σχεδιασμός των εργασιών από την κατάτμηση αντικειμένων μεγάλου επιπέδου στην ταξινόμηση «τοπικών» αντικειμένων χαμηλού επιπέδου (λεπτομέρειες εικόνας) είναι πιο ευέλικτος.

1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ *eCOGNITION*

Το λογισμικό αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης *eCognition* δημιουργήθηκε και διατίθεται από τη γερμανική εταιρία *DEFiNiENS Imaging GmbH*. Η γενική ιδέα στην οποία βασίζεται το λογισμικό είναι ότι σημαντικές εννοιολογικές πληροφορίες, απαραίτητες για να ερμηνευτεί μία εικόνα, δεν αναπαρίστανται από μεμονωμένα εικονοστοιχεία, αλλά από νοηματικά αντικείμενα/τμήματα της εικόνας και τις αλληλοσυσχετίσεις τους (*DEFiNiENS,2000*).

Με βάση την παρατήρηση αυτή, πρώτο στάδιο ανάλυσης της εικόνας με το *eCognition* αποτελεί η κατάτμησης της σε ομοιογενή τμήματα, μέσω μίας τεχνικής συγχώνευσης περιοχών. Ο χρήστης υποδεικνύει έμμεσα στον αλγόριθμο το μέγεθος που θα έχουν τα τελικά τμήματα, τη φασματική ομοιογένεια που θα παρουσιάζουν, καθώς και το πόσο συμπαγή και λεία θα είναι ως σχήματα, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Τα χαρακτηριστικά των τελικών αντικειμένων ελέγχονται συνολικά και με την κλίμακα της κατάτμησης, η οποία περιγράφεται από την πολύ σημαντική μεταβλητή «παράμετρος κλίμακας» (*scale parameter*).

Μετά το στάδιο της κατάτμησης, ο χρήστης δεν έχει να διαχειριστεί ένα πολύ μεγάλο σύνολο μεμονωμένων εικονοστοιχείων, αλλά ένα πεπερασμένο σύνολο ομοιογενών τμημάτων. Η ταξινόμηση των τμημάτων αυτών μπορεί να γίνει όχι μόνο με βάση τα φασματικά τους χαρακτηριστικά, αλλά και ως προς ένα πλήθος άλλων κριτηρίων, όπως είναι το σχήμα, οι συσχετίσεις με άλλες κατηγορίες στο ίδιο ή διαφορετικό επίπεδο κατάτμησης ή και νέα χαρακτηριστικά που ο χρήστης δημιουργεί από το συνδυασμό των υπαρχόντων στο λογισμικό. Στην τελευταία περίπτωση τα χαρακτηριστικά θα ονομάζονται σύνθετα χαρακτηριστικά (*customized features*) και ο δείκτης ποιότητας αποτελεί ένα από αυτά.

Δίνεται, συνεπώς, η δυνατότητα στο χρήστη να προχωρήσει στη δημιουργία μίας βάσης γνώσης με λεπτομερέστερες και πιο πολύπλοκες περιγραφές για εννοιολογικές (θεματικές) πλέον κατηγορίες εδαφοκάλυψης. Η εισαγωγή, δε, της βάσης γνώσης στο λογισμικό για τον ορισμό των κατηγοριών γίνεται με εύκολο και διαφανή τρόπο, μέσω της ασαφούς λογικής (*fuzzy logic*), που προσαρμόζεται καλύτερα στη φυσική πραγματικότητα από την ταξινόμηση με απόλυτα όρια. Ο χειρισμός των σχέσεων ασαφούς λογικής στο *eCognition* γίνεται από μενού που χειρίζονται συναρτήσεις συμμετοχής (*membership functions*) σε συγκεκριμένα γνωρίσματα των αντικείμενων.

Τέλος, οι κατηγορίες που δημιουργούνται μπορούν να οργανωθούν σε ευρύτερες εννοιολογικές (θεματικές) ομάδες, που αφορούν στο χώρο ή στην εδαφοκάλυψη, μέσω αντικειμενοστρεφούς αναπαράστασης. Οι ομάδες αυτές ελέγχονται από το πρόγραμμα με την χρήση ιεραρχικών σχέσεων που απεικονίζονται εύκολα σε διαγράμματα-δέντρα. Η λειτουργία αυτών των διαγραμμάτων βασίζεται στη θεωρία συνόλων και την «κληρονομικότητα» χαρακτηριστικών σύμφωνα με την εκάστοτε δομή του δέντρου.

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στη δυνατότητα συνδυασμού διαφορετικών επιπέδων κατάτμησης και ταξινόμησης. Ένα επίπεδο μπορεί να ταξινομηθεί λαμβάνοντας υπόψη την ταξινόμηση ενός ανώτερου ή κατώτερου ιεραρχικά επιπέδου, δηλαδή με πιο λεπτή ή χοντρή κατάτμηση αντίστοιχα (μέσω των αρχικών χειρισμών της κλίμακας - scale parameter), επιτρέποντας τη διαμόρφωση "σχέσεων μέρους - όλου".

Επιπλέον, αν κάποιες κατηγορίες ταξινομούνται καλύτερα σε ένα κατώτερο ιεραρχικά επίπεδο, δηλαδή με λεπτότερη κατάτμηση, ενώ άλλες σε ένα ανώτερο, τα δύο αυτά επίπεδα κατάτμησης και ταξινόμησης μπορούν να συνδυαστούν. Πιο συγκεκριμένα, οι κατηγορίες που παρουσιάζουν ενδιαφέρον στο κατώτερο επίπεδο μπορούν να "προβληθούν" στο ανώτερο και με τον τρόπο αυτό να διατηρηθούν οι καλύτερες –όσον αφορά στα αποτελέσματα- κατηγορίες από κάθε επίπεδο. Τα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις περιπτώσεις ταξινόμησης θα ονομάζονται υπο-αντικείμενα (sub-objects) και ή υπερ-αντικείμενα (super-objects).

Η ταξινόμηση στο eCognition είναι επιβλεπόμενη και το λογισμικό παρέχει δυο βασικούς μηχανισμούς ταξινόμησης των εικόνων. Τον μηχανισμό του Εγγύτερου Γείτονα (Nearest Neighbor) και τις συναρτήσεις ασαφούς λογικής (fuzzy membership functions). Ενώ ο ταξινομητής του "Εγγύτερου Γείτονα" περιγράφει τις υπό ανίχνευση κατηγορίες μέσω δειγμάτων που καθορίζει ο χρήστης για κάθε κατηγορία, οι συναρτήσεις ασαφούς λογικής περιγράφουν τις αποστάσεις των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων για τις οποίες τα αντικείμενα ανήκουν σε μια ορισμένη κατηγορία ή όχι.

Όταν ο χρήστης επιλέγει κάποιο αντικείμενο ως δείγμα, τότε η μέση τιμή του αντικειμένου που επιλέγεται για όλα τα κανάλια της απεικόνισης καταγράφεται από το λογισμικό και παρουσιάζεται στο ιστόγραμμα των δειγμάτων. Αυτό δίνει μια γενική εντύπωση της φασματικής συμπεριφοράς των δειγμάτων που έχουν οριστεί και κατ' επέκταση της θεματικής κατηγορίας την οποία αντιπροσωπεύουν. Μέσω του λογισμικού δίνεται επίσης η δυνατότητα σύγκρισης της ανακλαστικότητας των δειγμάτων δύο κατηγοριών με διαφορετικό χρώμα. Στο λογισμικό eCognition οι συναρτήσεις συμμετοχής ασαφούς λογικής ρυθμίζονται επιλέγοντας την μορφή της συνάρτησης που είναι κατάλληλη για τον εν λόγω κανόνα (χαρακτηριστικό γνώρισμα) και έπειτα ορίζοντας τις ακραίες τιμές (όρια) που θα λαμβάνει.

Σε κάθε συνάρτηση ο άξονας των X δείχνει το εύρος τιμών ενός χαρακτηριστικού γνωρίσματος που περιγράφει μια κατηγορία και στο οποίο πρέπει να ανήκει το εκάστοτε αντικείμενο για να καταχωρηθεί σε αυτή, ενώ ο άξονας των Y δείχνει το βαθμό συμμετοχής του κάθε αντικειμένου στο χαρακτηριστικό που περιγράφεται με εύρος τιμών [0,1]. Με βάση την παραπάνω συνάρτηση λοιπόν αντικείμενο που έχει τιμή για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό από 0.6 και πάνω θα ταξινομηθεί σίγουρα στην κατηγορία που περιγράφεται από το παραπάνω χαρακτηριστικό, ενώ για τιμή από 0.4 και κάτω σίγουρα δε θα ταξινομηθεί στη συγκεκριμένη κατηγορία. Για τις ενδιάμεσες τιμές ο αλγόριθμος θα υπολογίσει την πιθανότητα να ανήκει το αντικείμενο στη συγκεκριμένη κατηγορία και σε ανάλογα θα ανατεθεί ή όχι σε αυτή.



Εικόνα 1: Οι διάφορες διαθέσιμες συναρτήσεις που είναι διαθέσιμες στο eCognition.

Κάθε χαρακτηριστικό-γνώρισμα που παρέχεται από το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κανόνας ταξινόμησης των αντικειμένων σε μια κατηγορία με βάση τις αρχές της ασαφούς λογικής που περιγράψαμε. Κάθε κατηγορία μπορεί να χρησιμοποιήσει ως κανόνα ταξινόμησης παραπάνω του ενός χαρακτηριστικού γνωρίσματος, τον ταξινομητή του εγγύτερου γείτονα, ή συνδυασμό τους.

1.2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ / ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ (FEATURES) ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ECOGNITION

Στην διεθνή βιβλιογραφία τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να απαντηθούν και ως δείκτες, μέτρα ή περιγραφές (αντίστοιχα features, indices, measures, descriptions). Διαθέσιμα χαρακτηριστικά στο eCognition είναι για παράδειγμα το μέγεθος (area), το μήκος του ορίου e (border length), η ασυμμετρία (asymmetry), ο λόγος μήκους προς πλάτος γ (length/width), η πυκνότητα (density), που αποτελούν δείκτες σχήματος αλλά και άλλα όπως είναι οι μέσες τιμές των καναλιών της εικόνας (mean values), οι τυπικές αποκλίσεις των τιμών των καναλιών (standard deviation), καθώς και άλλα πολλά που μπορούν να ευρεθούν στο παράθυρο feature view στο κεντρικό μενού του λογισμικού.

Η επιλογή των χαρακτηριστικών για την περιγραφή και ταξινόμηση των τάξεων γίνεται με βάση τις εκ των προτέρων γνωστές ιδιότητες των προς αναγνώριση αντικειμένων και με επισκόπηση των στατιστικών των ιδιοτήτων των αντικειμένων της εκάστοτε κατάτμησης/ ταξινόμησης σε κατάλληλα γραφικά εργαλεία του λογισμικού (feature view). Στο παράθυρο διαλόγου «feature view» ο χρήστης μπορεί να δει, οπτικά πλέον, ένα γενικό διαχωρισμό των αντικειμένων που έχουν δημιουργηθεί από το προηγούμενο στάδιο της κατάτμησης. Επιλέγοντας διαφορετικά «κλειδιά» (features), το κάθε αντικείμενο παρουσιάζεται με διάφορες διαβαθμίσεις του γκρι, ανάλογα με τη συμμετοχή του στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό (feature) και ως εκ τούτου γίνεται σχετικά εύκολα ο διαχωρισμός των κλάσεων. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να προχωρήσει στη δημιουργία μιας βάσης γνώσης, με λεπτομερέστερες και πιο πολύπλοκες περιγραφές για εννοιολογικές (θεματικές) κατηγορίες εδαφοκάλυψης πέραν των φασματικών τους χαρακτηριστικών.

1.3 ΑΠΟΔΕΛΤΙΩΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

1.3.1 ΤΙΤΛΟΣ 1ης ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ QUICKBIRD

1.3.1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η ανάγκη για ακριβείς, επίκαιρες και λεπτομερείς πληροφορίες για το οδικό δίκτυο αυξάνονται ραγδαία. Αυτές χρησιμοποιούνται σε ποικίλες εφαρμογές που κυμαίνονται από την παροχή τους ως βασική τοπογραφική υποδομή, έως στον προγραμματισμό των μεταφορών και στη διαχείριση της κυκλοφορίας, στα συστήματα πλοήγησης των αυτοκινήτων, στο τουρισμό και στις υπηρεσίες τις βασισμένες στο διαδίκτυο.

Οι πληροφορίες για το οδικό δίκτυο όχι μόνο παίζουν κεντρικό ρόλο σε όλες τις παραπάνω εφαρμογές αλλά αποτελούν και ένα σημαντικό επίθεμα πληροφοριών στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS). Μπορεί οι παραδοσιακές μέθοδοι χαρτογράφησης να παρέχουν ακριβέστερα αποτελέσματα αλλά το κόστος τους σε χρόνο και χρήμα είναι πολύ υψηλό. Οι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις είναι μια εύκολα προσβάσιμη πηγή που παρέχουν μια πιο ευρεία ποικιλία και μεγαλύτερη ποσότητα πληροφοριών σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους. (Song and Civco 2004).

1.3.1.2 ΣΤΟΧΟΣ

Στη συγκεκριμένη μελέτη σκοπός είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων που παρέχει η αντικειμενοστρεφής ανάλυση τηλεπισκοπικών απεικονίσεων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας στην ανίχνευση και στην εξαγωγή του οδικού δικτύου.

1.3.1.3 ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας είναι η πόλη του Αγίου Νικολάου στην Κρήτη.

Για την ανίχνευση και την εξαγωγή του οδικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε μια τηλεσκοπική απεικόνιση QuickBird πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας η οποία είχε υποστεί διαδικασία συγχώνευσης (fusion) των δεδομένων του παγχρωματικού καναλιού (0.7 m χωρική διακριτική ικανότητα) και των πολυφασματικών καναλιών του δορυφόρου (2.4 m χωρικής διακριτικής ικανότητας). Η απεικόνιση που χρησιμοποιήθηκε αποτελούνταν από τέσσερα φασματικά κανάλια: μπλε (0.49-0.52 nm) πράσινο (0.52-0.60 nm) κόκκινο (0.63-0.69 nm) και εγγύς υπέρυθρο (0.76-0.90nm) τα οποία μετά τη συγχώνευση με το παγχρωματικό κανάλι είχαν τελικά χωρική διακριτική ικανότητα 0.7 m.

1.3.1.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο πλαίσιο εκπόνησης αυτής της εργασίας εφαρμόστηκε μια σειρά προσεγγίσεων για την ανίχνευση και την εξαγωγή του οδικού δικτύου.

Οι προσεγγίσεις που έγιναν είναι οι εξής:

- Προσέγγιση 1: Ταξινόμηση με αποκλειστική χρήση του εγγύτερου γείτονα (Nearest Neighbor).
- Προσέγγιση 2: Κατάτμηση μικρής κλίμακας και ταξινόμηση με έμφαση στα χαρακτηριστικά σχήματος.
- Προσέγγιση 3: Ταξινόμηση των αστικών δρόμων με έμφαση στα φασματικά τους Χαρακτηριστικά.
- Προσέγγιση 4: Ταξινόμηση με έμφαση στα χαρακτηριστικά σχήματος.
- Προσέγγιση 5: Ταξινόμηση με έμφαση στα φασματικά χαρακτηριστικά, χρήση του δείκτη road index.

Προσέγγιση 6: Ταξινόμηση του οδικού δικτύου με ταυτόχρονο διαχωρισμό των ασφαλτοστρωμένων δρόμων από τους χωματόδρομους.

Προσέγγιση 7: Διαχωρισμός του συνόλου του οδικού δικτύου σε τέσσερις κατηγορίες.





Οι δύο τελευταίες προσεγγίσεις και ιδιαίτερα η τελευταία προσέγγιση είναι αυτή που παρουσίασε τα καλύτερα αποτελέσματα οπότε είναι και αυτή που θα εξετάσουμε αναλυτικότερα. Σε αυτή την προσέγγιση έγινε προσπάθεια να διαχωριστεί το αστικό οδικό δίκτυο που προέκυψε από την προηγούμενη προσέγγιση σε τρεις υποκατηγορίες. Οι υποκατηγορίες αυτές είναι κύριος δρόμος (περιφερειακή οδός Αγ. Νικολάου), δευτερεύοντες δρόμοι και οδοί. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένα επιπλέον επίπεδο κατάτμησης.

1.3.1.5 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Αναζητήθηκε ένα επίπεδο κατάτμησης στο οποίο θα σχηματίζονταν μεγάλοι μεγέθους ενιαία αντικείμενα τα οποία θα ήταν αντιπροσωπευτικά των κατηγοριών κύριος και δευτερεύοντες δρόμοι. Σκοπός ήταν να διαχωριστούν τους από το σύνολο του αστικού οδικού δικτύου. Οι παράμετροι της κατάτμησης που επιλέχθηκε καθώς και τα αντικείμενα που προέκυψαν φαίνονται παρακάτω.

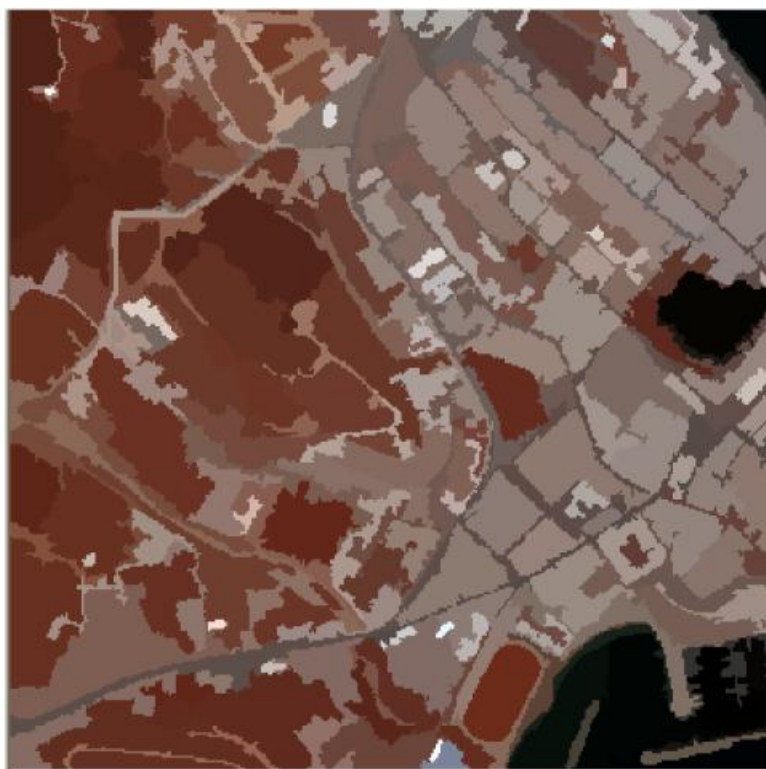
Επίπεδο	Scale parameter	Color	Shape	Smoothness	Compactness
5	140	0.2	0.8	1	-

Πίνακας 1: Παράμετροι κατάτμησης στο επίπεδο 5

Κατηγορία	Κανόνας	Συν. Συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξί όριο
Νερό	NDWI		0.24	0.26
Βλάστηση αραιή	NDVI		0.235	0.325
Βλάστηση μέτρια	NDVI		0.320	0.425
Βλάστηση πυκνή	NDVI		0.41	0.43




Πίνακας 2: Παράμετροι της βλάστησης και της υδάτινης επιφάνειας.

NDWI = (Blue-Red)/Nir χρησιμοποιείται για τη σωστή ταξινόμηση των υδάτινων επιφανειών. Με το συνδυασμό των καναλιών μπλε, κόκκινο και υπέρυθρο (με το υπέρυθρο στον παρονομαστή λόγω χαμηλών τιμών ανακλαστικότητας), ο δείκτης νερού εξαλείφει την παρουσία του γυμνού εδάφους και της βλάστησης.






Εικόνα 2: Αντικείμενα της κατάτμησης επιπέδου 2

Όπως φαίνεται έχουν δημιουργηθεί αρκετά μεγάλοι μεγέθους αντικείμενα αντιπροσωπευτικά του κύριου και των δευτερευόντων δρόμων ενώ το υπόλοιπο οδικό δίκτυο δε διακρίνεται, γεγονός επιδιωκόμενο σε αυτό το επίπεδο κατάτμησης. Οι κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται παρακάτω.









Επίπεδο	Κανόνας	Συν. Συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξί όριο
5	Level		4	7
	Existence off water (sub-objects)		0.4	0.6
	Related area off vegetation (sub-objects)		0.4	0.6

Πίνακας 3: Κανόνες και συναρτήσεις συμμετοχής για τα δύο επίπεδα

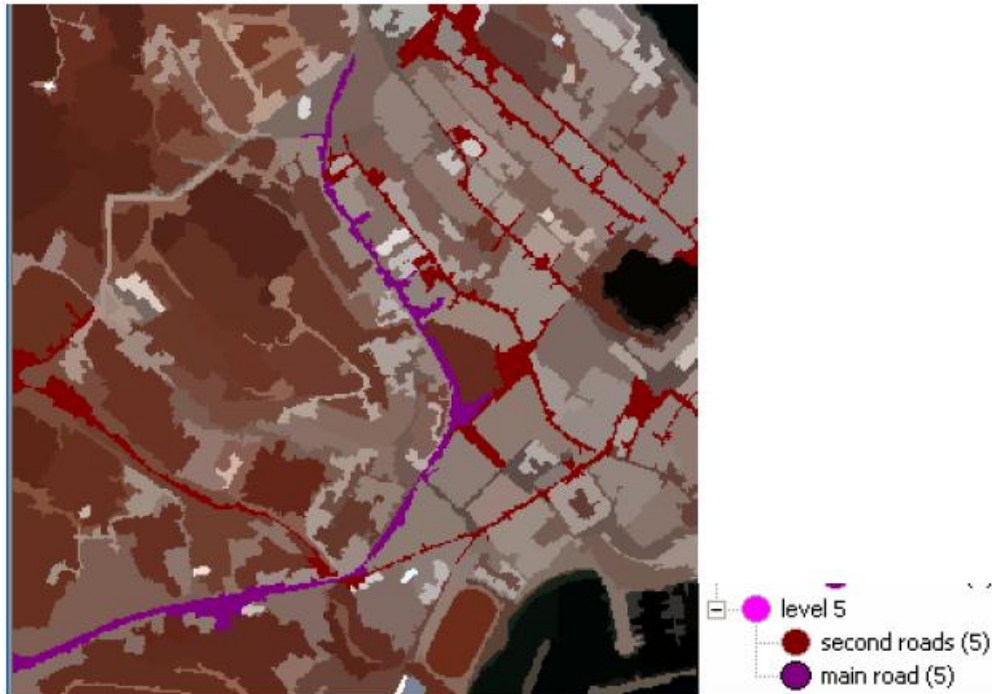
Παρακάτω παρατίθενται οι κανόνες και οι συναρτήσεις συμμετοχής που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε κατηγορία (Πίνακας 3) καθώς και το αποτέλεσμα της ταξινόμησης (Εικόνα 2).

Κατηγορία		Κανόνας	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί Όριο
main road	and	length		608	614
		main direction		65	67
second roads		not main road	-	-	-
		shape index		6.18	6.22

Πίνακας 4: Κανόνες και συναρτήσεις συμμετοχής επιπέδου 4

Κατηγορία		Κανόνας	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί Όριο
Χωματόδρομοι	and	length / width		14	16
		mean diff to scene red		140	310
		rel. area of roads sub objects		0.49	0.51
		area		80	90
		rel. border to urban roads neighbours		0.03	0.05
Αστικοί δρόμοι		existence of urban roads super objects		0.08	0.12
Υδάτινα σώματα		rel. area of water bodies (3) sub-objects		0.09	0.11
Βλάστηση		rel. area of vegetation sub objects		0.48	0.52

Πίνακας 5: Κανόνες και συναρτήσεις συμμετοχής επιπέδου 3.












Εικόνα 3 Αποτέλεσμα ταξινόμησης στο επίπεδο 5

Το τέταρτο επίπεδο είναι και το κύριο επίπεδο ανάλυσης όπου προσδιορίστηκε το διαχωρισμένο σε κατηγορίες οδικό δίκτυο. Οι παράμετροι κατάτμησης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4) και είναι ίδιοι με το αντίστοιχο επίπεδο της προηγούμενης προσέγγισης (προσέγγιση 7).

Επίπεδο	Scale parameter	Color	Shape	Smoothness	Compactness
4	18	0.2	0.8	1	0

Πίνακας 6: Παράμετροι κατάτμησης στο επίπεδο 4

Σε αυτό το επίπεδο αντλούνται πληροφορίες από το πάνω επίπεδο (επίπεδο 5) για τον κύριο και τους δευτερεύοντες δρόμους ενώ από το κάτω επίπεδο (επίπεδο 3) αντλούνται πληροφορίες για τους χωματόδρομους την βλάστηση και τα υδάτινα σώματα. Οι κανόνες ταξινόμησης καθώς και οι συναρτήσεις συμμετοχής τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5).

Κατηγορία		Κανόνας	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί Όριο
Αστικοί δρόμοι	and	road index		-2000	-1980
		asymmetry		0.69	0.71
		rel. border to water bodies neighbor		0.04	0.06
		area		70	80
κύριος δρόμος		existence of main road super objects		0.3	0.4
Δευτερεύοντες δρόμοι		existence of main road super objects		0.3	0.4
Οδοί		not main roads	-	-	-
		not second roads	-	-	-
Χωματόδρομοι		rel. area of soil roads sub objects		0.5	0.7
Βλάστηση		rel. area of low vegetation sub objects		0.48	0.52
Υδάτινα σώματα		rel. area of water bodies (3) sub-objects		0.09	0.11

Πίνακας 7: Κανόνες και συναρτήσεις συμμετοχής επιπέδου 4

Όπου:

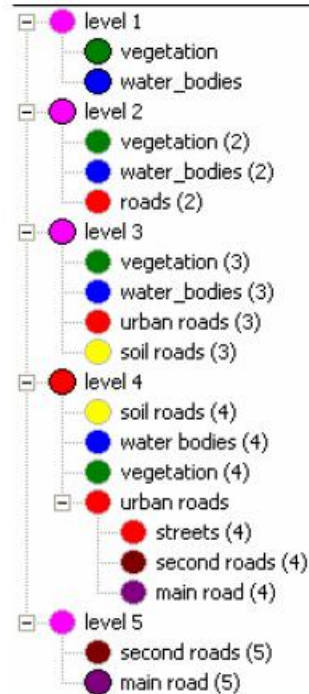
$road\ index = (blue-nir) * (blue+nir)$. Ο δείκτης αυτός διαιρέθηκε με το 100 ώστε να προκύψουν πιο εύχρηστες τιμές των ορίων των συναρτήσεων συμμετοχής.

Shape index: Ο δείκτης σχήματος ορίζεται ως το μήκος των συνόρων ενός αντικειμένου διαιρεμένου προς τέσσερις φορές τη τετραγωνική ρίζα του εμβαδού του. Ουσιαστικά το χαρακτηριστικό αυτό δείχνει την ομαλότητα των συνόρων των αντικειμένων, έτσι όσο πιο ομαλά είναι αυτά τόσο μεγαλύτερη τιμή παίρνει ο δείκτης σχήματος. Το χαρακτηριστικό αυτό χρησιμοποιήθηκε επίσης για την ανάδειξη του οδικού δικτύου.

και

Main direction: Η κύρια κατεύθυνση ενός αντικειμένου της εικόνας ορίζεται ως η κατεύθυνση της μεγαλύτερης ακτίνας της έλλειψης που περιγράφει το αντικείμενο. Το χαρακτηριστικό αυτό χρησιμοποιήθηκε στη τελευταία προσέγγιση ώστε να συμβάλει στο διαχωρισμό της κύριας οδικής αρτηρίας της εικόνας από το υπόλοιπο οδικό δίκτυο.

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι οι κατηγορίες κύριος δρόμος δευτερεύοντες δρόμοι και οδοί είναι υποκατηγορίες της κατηγορίας αστικοί δρόμοι οπότε και έχουν κληρονομήσει τις ιδιότητες της. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι για να ταξινομηθεί κάποιο αντικείμενο σε κάποια από αυτές τις δυο κατηγορίες θα πρέπει να είχε ταξινομηθεί ως αστικός δρόμος στην προηγούμενη προσέγγιση. Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης στην Εικόνα 3



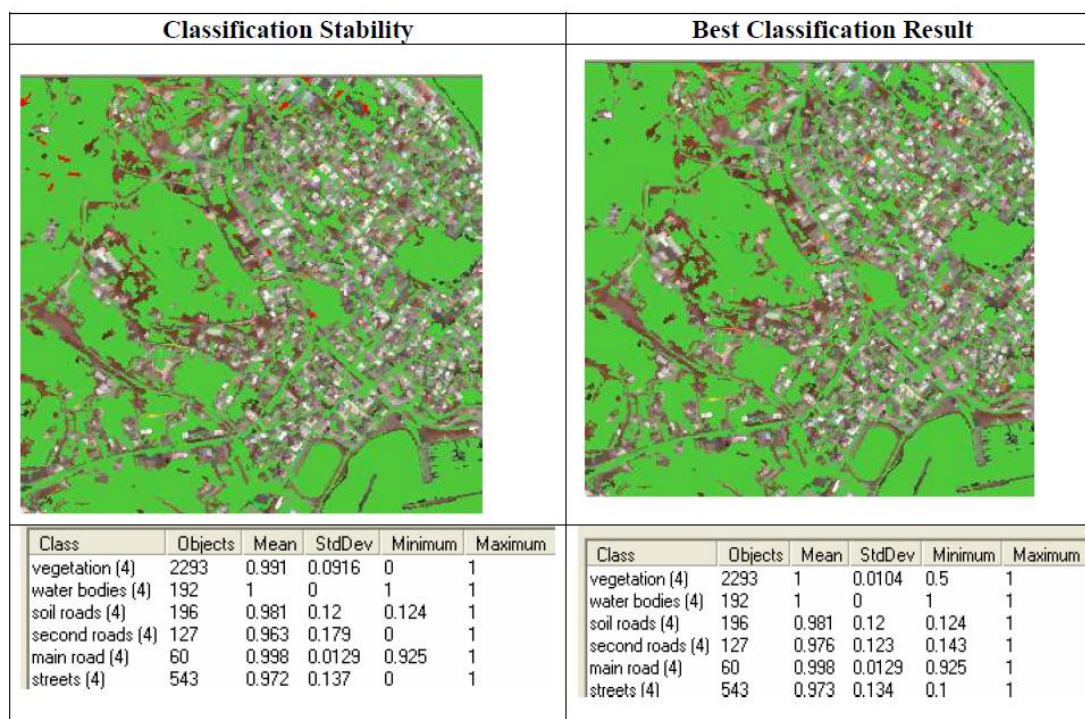
Εικόνα 4: Αποτέλεσμα ταξινόμησης στο επίπεδο 4

1.3.1.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Όπως φαίνεται όλες οι κατηγορίες του οδικού δικτύου διαχωρίστηκαν σχεδόν απόλυτα και η ταξινόμηση τους φαίνεται ιδιαίτερα ευσταθής. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί εδώ είναι ότι υπάρχει τουλάχιστον ένα αντικείμενο που έχει ταξινομηθεί ως κύριος δρόμος και διεκδικείται σε αρκετά μεγάλο ποσοστό (92.5%) και από κάποια άλλη κατηγορία.

Classification Stability: Λόγω της λειτουργίας του eCognition μέσω της ασαφούς λογικής, ένα αντικείμενο έχει κάποιο βαθμό συμμετοχής σε περισσότερες από μία κατηγορίες ενώ ταξινομείται σε αυτή στην οποία έχει το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής. Ένα μέτρο αξιολόγησης της ταξινόμησης είναι η διερεύνηση της διαφοράς ανάμεσα στους βαθμούς συμμετοχής της καλύτερης και της δεύτερης καλύτερης κατηγορίας ενός αντικειμένου η οποία αναδεικνύει τη σύγχυση μεταξύ των κατηγοριών που ορίστηκαν και συνεπώς την ευστάθεια της ταξινόμησης.

Best Classification Result: Ένα εργαλείο το οποίο παρουσιάζεται τόσο σε γραφική μορφή όσο και σε μορφή στατιστικού πίνακα. Όπως έχει προαναφερθεί ένα αντικείμενο μπορεί να έχει διαφορετικό βαθμό συμμετοχής σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με το πόσο τα χαρακτηριστικά του πλησιάζουν τις περιγραφές των τάξεων αυτών. Ως καλύτερη βαθμολογείται η ταξινόμηση η οποία πραγματοποιείται με την υψηλότερη τιμή συνάρτησης συμμετοχής. Η υψηλότερη τιμή συμμετοχής αναπαριστάται για κάθε αντικείμενο σε ένα εύρος από σκούρο πράσινο (1.0, μέγιστος βαθμός συμμετοχής) έως κόκκινο (0.0, μηδενική συμμετοχή).



Εικόνα 5: Εικόνες και στατιστικά στοιχεία για το Classification Stability και Best Classification Result για την προσέγγιση 7.

1.3.2 ΤΙΤΛΟΣ 2^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ ΔΕΝΔΡΟΣΤΟΙΧΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟΥ ΟΡΙΣΜΟΥ ΧΩΡΑΦΙΩΝ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ.

1.3.2.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Μετά τη μεταρρύθμιση της Κοινής Γεωργικής Πολιτικής (ΚΓΠ), ο ρόλος των αγροτών στη διαχείριση του αγγλικού υπαίθριου τοπίου αλλάζει. Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, η έμφαση της γεωργικής πολιτικής δόθηκε στην μεγιστοποίηση της παραγωγής τροφίμων για τον πληθυσμό με οποιοδήποτε κόστος. Σήμερα, στο πλαίσιο ενός οικονομικού περιβάλλοντος της υπερπαραγωγής και του πλεονάσματος, ιδιαίτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι αγρότες καλούνται να γίνουν θεματοφύλακες του περιβάλλοντος, ενθαρρύνοντας την αύξηση της βιοποικιλότητας στο πλαίσιο των διαφόρων καθεστώτων που διαχειρίζεται το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Τροφίμων και Αγροτικών Υποθέσεων (DEFRA) στην Αγγλία. Η μελέτη επικεντρώθηκε σε μια περιοχή του νομού Berkshire, στο Ηνωμένο Βασίλειο που βρίσκεται στα νότια της Αγγλίας. Οι γεωργικές εκτάσεις κυριαρχούν δυτικά του Berkshire, ενώ το Κεντρικό και Ανατολικό Berkshire χαρακτηρίζονται από αστικές και πάρκα.

1.3.2.2 ΣΤΟΧΟΣ

- η ανάλυση να βοηθήσει σε έναν έλεγχο πρόβλεψης της βιοποικιλότητας στις γεωργικές εκτάσεις, καθώς και στον έλεγχο της παρούσας κατάστασης του τοπίου πριν από την αναθεώρηση της νομοθεσίας.

- Δεύτερον, καθώς οι τεχνολογίες γίνονται πιο προσιτές, η συνεχόμενη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων θα μπορούσαν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν για την αστυνόμευση και την επανεξέταση της επιτυχίας των εφαρμοζόμενων γεωργικών συστημάτων της βιοποικιλότητας.

1.3.2.3 ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Για την εργασία χρησιμοποιήθηκαν εικόνες από αισθητήρα ADS40. Ο ψηφιακός αισθητήρας ADS40 προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών αεροφωτογραφιών. Σε αντίθεση με άλλες ψηφιακές εναέριες φωτογραφικές μηχανές, οι οποίες είναι πλαισιωμένες, ο ADS40 είναι ένας αισθητήρας pushbroom που δημιουργεί μια εικόνα με τη μορφή μιας ταινίας ή «Χαλί» με πλάτος 12.000 εικονοστοιχεία. Αυτό έχει ως πλεονέκτημα ότι μεγάλες γεωγραφικές εκτάσεις των δεδομένων μπορούν να συλληφθούν με ένα πολύ μικρό αριθμό γραμμών πτήσεων. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του αισθητήρα ADS40 είναι ότι τα δεδομένα συλλέγονται προς τα εμπρός, πίσω και σε ναδίρ γωνίες θέασης για τον υπολογισμό μοντέλων υψομετρικής επιφάνειας από τα παγχρωματικά κανάλια. Οι ADS40 εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη μελέτη περιλαμβάνουν πέντε φασματικά κανάλια Παγχρωματικό 465 έως 680nm, ορατό κόκκινο 610-660nm, ορατό πράσινο 535-585nm, ορατό μπλε 430-490nm, και εγγύς υπέρυθρο 835-885nm.

Στην συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν μια παγχρωματική εικόνα και δύο ψηφιακά μοντέλα επιφάνειας που υπολογίστηκαν από τα δεδομένα. Το ένα μοντέλο επιφάνειας περιλαμβάνει όλα τα αντικείμενα με υποκείμενη τοπογραφία ενώ το άλλο έχει υποστεί επεξεργασία για να αφαιρεθούν τα αντικείμενα και να μείνει μόνο το γυμνό έδαφος.

1.3.2.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το πρώτο βήμα ήταν να γίνει επεξεργασία των υψομετρικών δεδομένων για τη διάκριση των αντικειμένων δέντρα από θάμνους και μικρά δέντρα. Θεωρητικά, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αφαίρεση του υποκείμενου ψηφιακού μοντέλου εδάφους (Digital Terrain Model - DTM) από το ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας (Digital Surface Model - DSM). Ωστόσο, όμως το DTM είναι ένα υποπροϊόν της ορθο-διόρθωσης των εικόνων και δεν προορίζεται ως θεματικό προϊόν από μόνο του οπότε απαιτείται, κάποια επεξεργασία των δεδομένων αυτών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μετά τον υπολογισμό της, μεγάλες συστάδες δέντρων και κάποιες δενδροστοιχίες συχνά είναι ακόμη εμφανής στα δεδομένα σαν υπερευωμένες περιοχές ή «ψεύτικους λόφους». Αυτά απομακρύνθηκαν από τα δεδομένα απομακρύνοντας τις προβληματικές περιοχές και αντικαθιστώντας τα δεδομένα σε αυτούς τους τομείς με ένα ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο με διακριτική ικανότητα 10μ.

Στο επόμενο στάδιο, χρησιμοποιήθηκε κατάτμηση εικόνας, για το διαχωρισμό της εικόνας σε ομοιογενείς περιοχές που μπορούν να ομαδοποιηθούν ώστε να δημιουργήσουν σημαντικά αντικείμενα στην εικόνα. Η ισχύουσα νομοθεσία DEFRA στο τοπίο έχει ως στόχο να διακρίνει κατηγορίες, όπως δενδροστοιχίες άνω των 5 ετών, αγροτικές περιοχές, δάση και τις ιδιότητες των ορίων των αγρών. Αναπτύχθηκε έτσι μια βάση γνώσεων σε μια προσπάθεια να διαχωριστούν αυτές οι κατηγορίες με ακρίβεια. Κατά την ανάπτυξη μιας βάσης γνώσης, δημιουργούνται κατηγορίες και διαχωρίζονται από συναρτήσεις συμμετοχής. Αυτή η επιλογή επιτρέπει μεγαλύτερο έλεγχο των μελών της τάξης και επιτρέπει στους χρήστες να καθορίσουν πιο εύκολα διαφορετικές κατηγορίες με βάση διαφορετικά χαρακτηριστικά αντικειμένων, όπως αποδεικνύεται από Kressler, Steinnocher, και Kim

(2005). Για παράδειγμα, τα αντικείμενα δέντρα μπορούν να οριστούν από τις ιδιότητες της υψής τους στο εγγύς υπέρυθρο και τις τιμές των δεδομένων στο υψόμετρο, ενώ το αντικείμενο δρόμος μπορεί να καθορίζεται από την φασματική του υπογραφή, τη λεία υφή του και το μακρόστενο σχήμα του.

1.3.2.5 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Η ιεραρχία ταξινόμησης σε αυτή την έρευνα αναπτύχθηκε πρώτα, με τον διαχωρισμό της βλάστησης από τη μη βλάστηση και τις σκοτεινές περιοχές της εικόνας. Αυτές οι απλές κατηγορίες που έχουν δημιουργηθεί στις αρχές παρέχουν υπερ-τάξεις των οποίων τα χαρακτηριστικά είναι κληρονομικά στην ταξική ιεραρχία αυτή η προσέγγιση συνιστάται από τον Χόφμαν (2001).












Ενώ η ταξινόμηση αναπτύσσεται, τα αντικείμενα αναταξινομούνται πολλές φορές όσο η ταξινόμηση επαναλαμβάνεται. Η ιεραρχία τροποποιείται και βελτιώνεται με κάθε μεταγενέστερη εφαρμογή της ταξινόμησης.





Σε αυτή τη μελέτη, θεωρήθηκε ότι τα φασματικά δεδομένα θα πρέπει να εξεταστούν στην κατάτμηση, για το διαχωρισμό των χαμηλών υψομέτρου εικονοστοιχείων βλάστησης και των εικονοστοιχείων γυμνού εδάφους σε διαφορετικά αντικείμενα. Τα υψομετρικά δεδομένα θεωρήθηκε ότι έχουν σημαντική επιρροή στην κατάτμηση για το διαχωρισμό των χαμηλών υψομέτρου εικονοστοιχείων της βλάστησης από τα εικονοστοιχεία των δέντρων και την ομαδοποίηση αυτών σε ξεχωριστά αντικείμενα.

Οι παράμετροι της κατάτμησης για το διαχωρισμό πρωτόγονων αντικειμένων είχε συντελεστή κλίμακας 20, παράγοντας σχήματος 0,4 ομαλότητα στο 0,5. Στα τρία κανάλια της εικόνας δόθηκε βάρος ο συντελεστής 1,0 και στην υψομετρική διαφορά της εικόνας δόθηκε βάρος 0,5.

Οι κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον πίνακα 8.

Table 1
Membership function details of classes for levels one to four of the hierarchical classification.

	Description	Membership parameter	Membership function curve	Left border	Right border	
Level 1 class						
Not vegetation	Objects that are not vegetation of any type	Not classified as "Poss vegetation"	n/a	n/a	n/a	
Poss vegetation	Objects that may represent vegetation of any type	Mean NIR/Red ratio		1.35	1.45	
	Description	Parent Class from level above	Membership parameter	Membership function curve	Left border	Right border
Level 2 class						
No vegetation/no shadow	Objects that are not vegetation and are not in shadow	Not vegetation	Not classified as "shadow"	n/a	n/a	n/a
Shadow	Objects that are shadows on any surface	Not vegetation	Mean brightness		60	65
Low vegetation/	Objects that are vegetation that is low lying, such as meadow, rough grass and scrub	Poss vegetation	Mean elevation difference value		0	1
Hedge height	Objects that are vegetation that is thought to be of hedge height	Poss vegetation	Mean elevation difference value		0.5	9
Tree height	Objects that are vegetation that is thought to be above hedge height, likely to be tree objects	Poss vegetation	Mean elevation difference value		8	10
Level 3 class						
Hedge shadow	Objects likely to be shadow cast onto hedge	Shadow	Relative border to hedge objects		0	0.5
Low green shadow	Objects likely to be shadow cast onto low-lying green vegetation	Shadow	Relative border to low green objects		0	0.5
New crop shadow	Objects likely to be shadow cast onto new emerging crops	Shadow	Relative border to new crop objects		0	0.5
No vegetation shadow	Objects likely to be shadow cast onto areas that have no vegetation	Shadow	Relative border to no vegetation/no shadow objects		0	0.5
Tree group shadow	Objects likely to be shadow cast onto trees	Shadow	Relative border to tree group objects		0	0.75
Hedge texture	Hedge-height Vegetation thought to be hedgerow	Hedge height	Standard deviation of CIR (1) (NIR)		8	10
Other hedge-height vegetation	Hedge-height vegetation not thought to be hedgerow	Hedge height	Not classified as "Hedge texture"	n/a	n/a	n/a

	Description	Parent Class from level above	Membership parameter	Membership function curve	Left border	Right border
Low green	Low-lying vegetation that is not new crop	Low vegetation	Mean RGB (3) (Blue)		104.9	105
New crop	Low-lying vegetation that is newly germinating agricultural crop	Low vegetation	Mean RGB (3) (Blue)		104.9	105
Individual/line trees	Trees that are in a line or are individual (not part of a woodland)	Tree height	Not classified as "Tree group"	n/a	n/a	n/a
Tree group	Trees that are part of a woodland	Tree height	Width (following merge)		249 m	25 m
Level 4 class Hedgerow trees	Tree objects that may be considered part of a hedgerow under the Hedgerow Regulations (1997)	Individual/line trees	Distance to nearest "Hedge texture" object		19 m	21 m
Separate trees	Tree objects that stand as individual trees and are not considered part of a hedgerow under the Hedgerow Regulations (1997)	Individual/line trees	Not classified as "Hedgerow trees"	n/a	n/a	n/a

Πίνακας 8: Ταξινόμηση όλων των κλάσεων

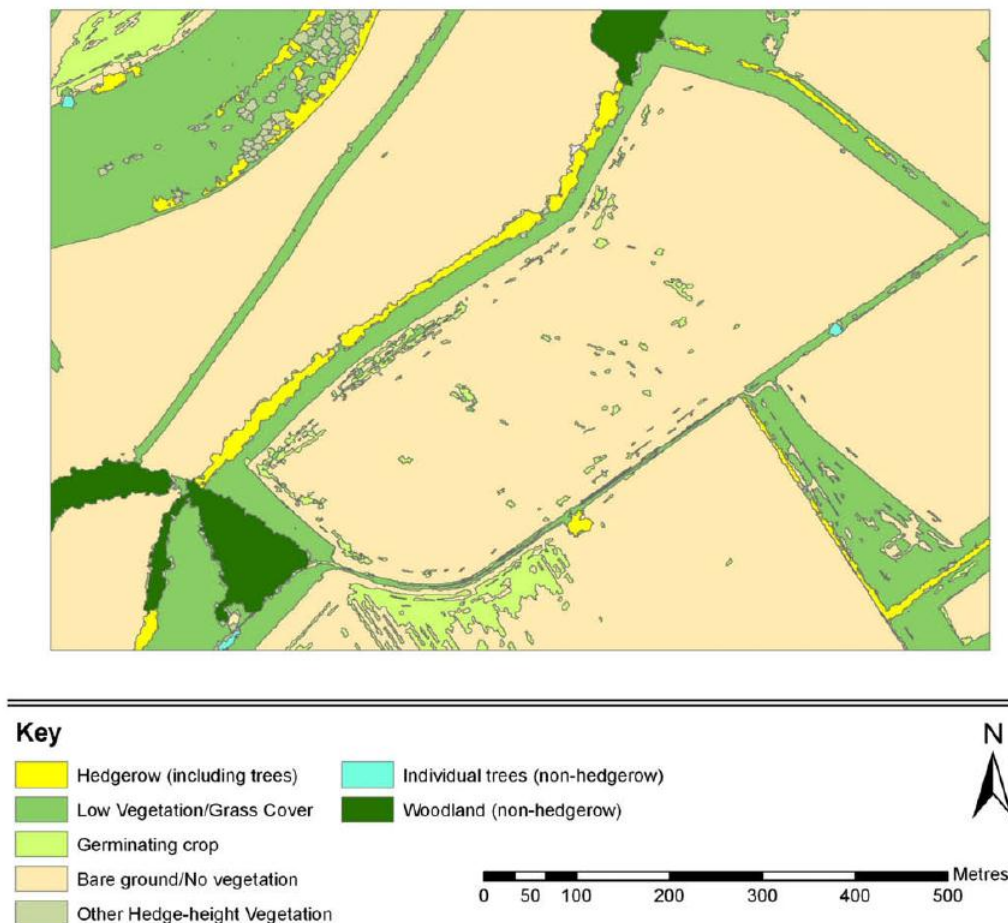
1.3.2.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Μόλις βρέθηκε η κατάλληλη κατάτμηση, τα αντικείμενα στην εικόνα χαρακτηρίστηκαν από συναρτήσεις συμμετοχής. Οι λεπτομέρειες της ταξινόμησης παρουσιάζονται περιληπτικά στον πίνακα παραπάνω. Στον πίνακα περιλαμβάνονται κατηγορίες που συγχωνεύτηκαν με άλλες κατηγορίες, για παράδειγμα η σκιά, στην τελική ταξινόμηση. Ο πίνακας παρουσιάζει επίσης τις πλήρεις λεπτομέρειες των λειτουργιών που αναπτύχθηκαν για να διακρίνουμε την κάθε κατηγορία. Στο πρώτο μέρος της ταξινόμησης γίνεται η αρχική διάκριση μεταξύ βλάστησης και μη βλάστησης, πάνω στην οποία χτίζεται η ιεραρχία των άλλων τάξεων. Το δεύτερο μέρος της ιεραρχίας διαχωρίζει τη βλάστηση σε κατηγορίες ανάλογα με το σχετικό υψόμετρο των αντικειμένων. Τα αντικείμενα που δεν εκπροσωπούν σκιά χωρίζονται μεταξύ εκείνων που εκπροσωπούν σκιά και εκείνων που δεν εκπροσωπούν. Το τρίτο μέρος της ιεραρχίας ασχολείται με την ανάθεση αντικειμένων που σχετίζονται με σκιά σε τάξεις ανάλογα με την φωτεινότητα. Το τέταρτο και τελευταίο μέρος της ταξινόμησης ελέγχει τα δέντρα που βρίσκονται μέσα σε ένα διαχωριστικό φράχτη και έχουν ταξινομηθεί ως μέρος μιας θαμνοστοιχίας. Σύμφωνα με τους κανονισμούς για τις θαμνοστοιχίες από το 1997, δέντρα

που δεν αποτελούν μέρος δασικών εκτάσεων και είναι σε απόσταση 20 μέτρων από μια θαμνοστοιχία, ταξινομούνται ως δέντρα θαμνοστοιχιών.

Στην εξαγωγή των θαμνοστοιχιών και της βιοποικιλότητας από τα δεδομένα ADS40, δεν ήταν επιτυχημένα όλα τα κριτήρια για τον ορισμό των δενδροστοιχιών. Επίσης λόγω της κατάτμησης με συντελεστή κλίμακας 20 κάποια αντικείμενα βλάστησης που είναι πολύ μικρά και έχουν την ίδια ομοιογένεια δεν διαχωρίστηκαν από το περιβάλλον έχοντας ως αποτέλεσμα να ανέβει ο μέσος ορος του υψομέτρου στην περιοχή και να ταξινομηθεί σε λάθος κατηγορία. Η ένταξη των δέντρων μέσα σε φράχτες και ως εκ τούτου τα αντικείμενα θαμνοστοιχιών ήταν επιτυχής. Ομοίως, η ταξινόμηση της βλάστησης, χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο υψομετρικής διαφοράς, για τη διάκριση της χαμηλής από την ψηλή βλάστηση ήταν επιτυχής.

Οι δασικές εκτάσεις διαχωρίστηκαν με επιτυχία από τα άλλα δέντρα χρησιμοποιώντας κριτήρια μεγέθους και σχήματος. Η ανάλυση αυτή θα μπορούσε να βελτιωθεί από την ανάπτυξη ενός αλγορίθμου που θα μπορεί να διαχωρίσει τις γεωργικές εκτάσεις σε ξεχωριστές μονάδες και να εκχωρήσει όρια σε συγκεκριμένα χωράφια και δενδροστοιχίες. Εναλλακτικά, αυτό μπορεί να επιτευχθεί εν μέρει με την ενσωμάτωση ενός κτηματολογίου σαν θεματικό επίπεδο στην ταξινόμηση από ένα εξωτερικό σύνολο δεδομένων.



Εικόνα 6: Ταξινόμηση δενδροστοιχιών και άλλων χρήσεων γης.

Ο καθορισμός των αστικών και περιαστικών μεταβολών είναι θέμα μείζονος σημασίας για την ελληνική πραγματικότητα. Με το πέρασμα των χρόνων η ανεξέλεγκτη και αυθαίρετη δόμηση

εντείνεται όλο και περισσότερο αυξάνοντας την ανάγκη για λεπτομερή και οργανωμένη παρακολούθηση των περιοχών που παρουσιάζουν τέτοια φαινόμενα. Η συγκεκριμένη μελέτη εστιάζει στη δημιουργία βάσης γνώσης για την αυτόματη ανίχνευση των μεταβολών που παρατηρούνται στον εξωαστικό χώρο και τη διερεύνηση των δυνατοτήτων μιας τέτοιας ανάλυσης στον ακριβή εντοπισμό τους.

1.3.3 ΤΙΤΛΟΣ 3ης ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ & ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΠΑΦΟΥ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ & ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ QUICKBIRD

1.3.3.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Το αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας, αφορούσε την εξαγωγή ενός θεματικού χάρτη με τις χρήσεις / καλύψεις γης, μιας ορεινής αγροτικής περιοχής, στη πόλη της Πάφου και συγκεκριμένα στη κοινότητα Στρουμπιού, με τη χρήση και διερεύνηση αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης Τηλεπισκοπικών δεδομένων.

1.3.3.2 ΣΤΟΧΟΣ

Ο κύριος και πρωταρχικός στόχος της μελέτης αυτής, είναι η περιγραφή του σχεδιασμού και της ανάπτυξης, μιας μεθοδολογίας αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης, από τα Τηλεπισκοπικά δεδομένα του δορυφόρου QuickBird, με σκοπό να συμβάλει στην χαρτογράφηση των χρήσεων και κάλυψης γης της ευρύτερης αγροτικής περιοχής της Πάφου στη Κύπρο. Η συγκεκριμένη εργασία μπορεί να βοηθήσει τις τοπικές αρχές, να κατανοήσουν την αναγκαιότητα της διαφύλαξης της μελλοντικής ανάπτυξης της περιοχής Πάφου στην Κύπρο, αλλά και να συμβάλει στην αξιοποίηση των Τηλεπισκοπικών δεδομένων μέσω μιας βάσης γνώσης με στοιχεία για την υπό μελέτη περιοχή και κανόνες για τις κυρίαρχες καλλιέργειες, ώστε να αποτελέσουν βοηθητικό στοιχείο στην διασταύρωση των στοιχείων που δήλωσαν οι αγρότες, προκειμένου να λάβουν τις επιχορηγήσεις που τους αναλογούν. Επίσης, εστιάζεται στην ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας, που δίνει τη δυνατότητα να καταγράφονται και οι αλλαγές χρήσεων γης, με στόχο μεταξύ άλλων, της διαφύλαξης του περιβάλλοντος από την ανεξέλεγκτη οικοδομική δραστηριότητα και γενικότερα της αειφορίας.

1.3.3.3 ΕΙΔΗ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Η περιοχή μελέτης για την συγκεκριμένη εργασία είναι η αγροτική περιοχή του χωριού Στρουμπιού. Το παραδοσιακό Στρουμπί βρίσκεται μόλις 17 χιλιόμετρα βορειοδυτικά της επαρχίας Πάφου.

Η τηλεπισκοπική εικόνα, πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας από τον δορυφόρο QuickBird. Αποτελείται από πέντε κανάλια, ένα παγχρωματικό (PAN) (445nm-900nm), με διαχωριστική ικανότητα 0,61m και 4 φασματικά (MS), κόκκινο (630nm-690nm), πράσινο (520nm-600nm), μπλε (450nm-520nm), εγγύς υπέρυθρο (760nm-900nm) και τα τέσσερα με διαχωριστική ικανότητα 2,5m. Είναι σαφές πως λόγω της μεγάλης χωρικής διακριτικής ικανότητας των δεδομένων, η φωτοερμηνεία της εικόνας και η ταυτοποίηση διάφορων κατηγοριών χρήσης και κάλυψης γης, που είναι ο βασικός στόχος της εργασίας αυτής, γίνεται με ιδιαίτερη ευκολία και εξοικονόμηση χρόνου.

1.3.3.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την εργασία αυτή χρησιμοποιήσαμε μια τηλεπισκοπική εικόνα από το δορυφόρο QuickBird μιας αγροτικής περιοχής, στο χωριό Στρουμπί, στην Πάφο της Κύπρου. Η πρώτη επεξεργασία της εικόνας αφορούσε την διαδικασία συγχώνευσης (merging) των 5

διαθέσιμων καναλιών της. Η διαδικασία αυτή είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ενός σύνθετου, από τον συνδυασμό του παγχρωματικού καναλιού και των υπόλοιπων τεσσάρων φασματικών καναλιών (κόκκινο, πράσινο, μπλε και εγγύς υπέρυθρο). Η μεγάλη διακριτική ικανότητα του παγχρωματικού καναλιού και οι φασματικές πληροφορίες των υπολοίπων καναλιών μας επιτρέπουν την ακριβέστερη ερμηνεία της εικόνας και αποδεικνύεται πολύ χρήσιμο για την μετέπειτα επεξεργασία της στο λογισμικό eCognition.

Τα κανάλια της διαθέσιμης εικόνας συγχωνεύτηκαν με τη μέθοδο Local Mean and Variance Matching (LMVM), ώστε να επιτευχθεί ο συνδυασμός της υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας του παγχρωματικού καναλιού με τις φασματικές πληροφορίες που φέρουν τα υπόλοιπα τέσσερα φασματικά κανάλια (κόκκινο, πράσινο, μπλε, εγγύς υπέρυθρο). Η μέθοδος αυτή που είναι βασικά ένα φίλτρο, σχεδιάστηκε ειδικά ώστε η διαφορά ανάμεσα στα αρχικά φασματικά κανάλια χαμηλής διακριτικής ικανότητας και το τελικό προϊόν (τη συγχωνευμένη εικόνα) να είναι η ελάχιστη δυνατή, δηλαδή η φασματική πληροφορία να μένει κατά το δυνατό ανέπαφη.

1.3.3.5 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Στην συγκεκριμένη εργασία μετά από αλληπάλληλες δοκιμές δημιουργήθηκαν τελικά πέντε επίπεδα κατάτμησης για τη δορυφορική εικόνα Quick Bird.

Το πρώτο επίπεδο που δημιουργήθηκε είχε τις ακόλουθες τιμές παραμέτρων:

- Βάρος και των τεσσάρων διαθέσιμων καναλιών (LMVM) ίσο με τη μονάδα
- Σχετικά πολύ μικρή κλίμακα, ίση με 5
- Βάρος φασματικού κριτηρίου 0,9 και σχήματος 0,1 το οποίο χωρίστηκε στα επιμέρους κριτήρια του δίνοντας βάρη 0,5 για το λείο της οριογραμμής και 0,5 για το συμπαγές του σχήματος.

Στο δεύτερο επίπεδο κατάτμησης έγινε προσπάθεια διαχωρισμού της βλάστησης σε τρεις υποκατηγορίες της και για αυτό το σκοπό χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τιμές παραμέτρων:

- Βάρος και των τριών διαθέσιμων καναλιών (κόκκινο, πράσινο, εγγύς υπέρυθρο) ίσο με τη μονάδα, ενώ για το μπλε κανάλι τέθηκε βάρος συμμετοχής στην κατάτμηση ίσο με μηδέν.
- Κλίμακα ίση με 10
- Βάρος φασματικού κριτηρίου 0,8 και σχήματος 0,2 το οποίο χωρίστηκε στα επιμέρους κριτήρια του δίνοντας βάρη 0,5 για το λείο της οριογραμμής και 0,5 για το συμπαγές του σχήματος.

Το τρίτο επίπεδο δημιουργήθηκε για να έχουμε ένα καλό σχήμα σε ότι αφορούσε τα κτήρια με κεραμοσκεπές καθώς και κτήρια που οι ταράτσες τους ήταν από σκυρόδεμα ή είχαν στρώσεις από ασφαλτικά υλικά. Έτσι σε αυτό το επίπεδο δόθηκε μεγαλύτερο βάρος στον καλό εντοπισμό του σχήματος πάρα το φασματικό. Έπειτα από αλληπάλληλες δοκιμές οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

- Βάρος και των τεσσάρων διαθέσιμων καναλιών ίσο με τη μονάδα.
- Κλίμακα ίση με 40.
- Βάρος φασματικού κριτηρίου 0,3 και σχήματος 0,7 το οποίο χωρίστηκε στα επιμέρους κριτήρια του δίνοντας βάρη 0,8 για το λείο της οριογραμμής και 0,2 για το συμπαγές του σχήματος.

Στο τέταρτο επίπεδο κατάτμησης επιχειρήθηκε ο εντοπισμός εκείνων των γραμμικών τμημάτων που αντιστοιχούσαν στην κατηγορία των δρόμων. Επειδή στις προηγούμενες κατατμήσεις δεν ήταν δυνατός ο διαχωρισμός αυτής της κατηγορίας σε βαθμό που να γίνεται αποδεκτός και ικανοποιητικός, αποφασίστηκε ότι η δημιουργία αυτού του επιπέδου ήταν αναπόφευκτη. Όπως θα φανεί και στην συνέχεια, υπήρξαν πολλά προβλήματα σε ότι

αφορούσε την περιγραφή και ταυτοποίηση κατηγοριών όπως αυτή των δρόμων αλλά και των κτηρίων που προαναφέρθηκε. Γι' αυτό στο συγκεκριμένο επίπεδο δόθηκε μεγαλύτερο βάρος στο σχήμα των τμημάτων καθώς και στο λείο της οριογραμμής ώστε να επιτύχουμε την εξαγωγή μεγάλων μακρόστενων τμημάτων για την περαιτέρω περιγραφή τους. Οι τιμές των παραμέτρων που τέθηκαν για το συγκεκριμένο επίπεδο ήταν:

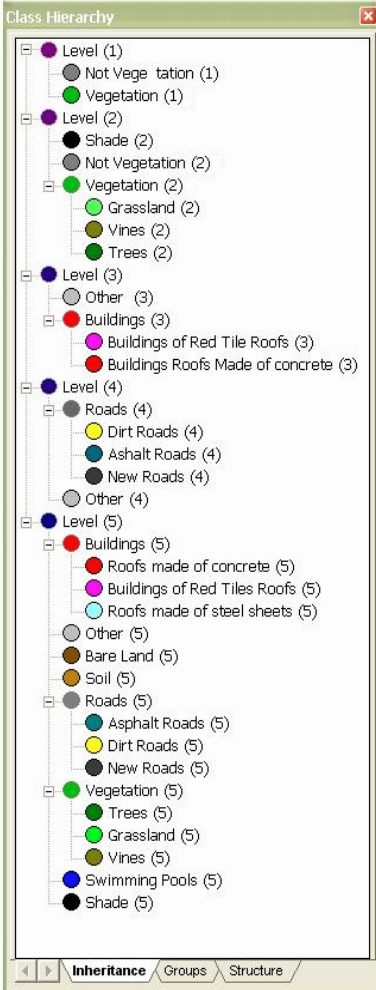
- Βάρος και των τεσσάρων διαθέσιμων καναλιών ίσο με τη μονάδα.
- Κλίμακα ίση με 50.
- Βάρος φασματικού κριτηρίου 0,2 και σχήματος 0,8 το οποίο χωρίστηκε στα επιμέρους κριτήρια του δίνοντας βάρη 0,9 για το λείο της οριογραμμής και 0,1 για το συμπαγές του σχήματος.

Το πέμπτο και τελευταίο επίπεδο δημιουργήθηκε για την περιγραφή των κατηγοριών των σπιτιών που είχαν στέγες από αμίαντο και τσίγκο σε αντιδιαστολή με το γυμνό χώμα το οποίο παρουσίαζε όπως θα αποδειχθεί στην συνέχεια, μεγάλη φασματική συγγένεια με τα συγκεκριμένα κτήρια. Πολλές δοκιμές και συνδυασμοί των τιμών των κριτηρίων οδήγησα στις παρακάτω βέλτιστες τιμές κατάτμησης:






- Βάρος και των τεσσάρων διαθέσιμων καναλιών ίσο με τη μονάδα.
- Κλίμακα ίση με 65.
- Βάρος φασματικού κριτηρίου 0,7 και σχήματος 0,3 το οποίο χωρίστηκε στα επιμέρους κριτήρια του δίνοντας βάρη 0,1 για το λείο της οριογραμμής και 0,9 για το συμπαγές του σχήματος.

Ταξινόμηση :

Ιεραρχία των τάξεων



Κατηγορία / Τάξη	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Δεξι όριο	Αριστερό όριο
Vegetation (1)	NDVI		0,2	0,22
Shade (2)	Low Reflection		-0,19	-0,17
Grassland (2)	NDVI		0,21	0,28
	Invert expression-Trees (2) . Vines(2)			
Vines (2)	NDVI		0,27	0,29
	Invert expression-Trees (2)			
Trees (2)	NDVI		0,28	0,3
	Trees		171219	171220
Buildings of Red Tiles Roofs (3)	Tile Roofs		-91	-89
	NDVI		0,09	0,13
Building Roofs Made of Concrete (3)	Brightness		740	760
	Concrete		59	61
Asphalt Roads (4)	Lenght		27	65
	Lenght/ width		5	7
	Asphalt Roads		80	100

Ταξινόμηση :		Ιεραρχία των Τάξεων			
Dirt Roads (4)	Lenght/ width		9	11	
	Tile Roofs		-95	-85	
	Invert expression- Asphalt Roads (4), New Roads (4)				
New Roads (4)	Lenght/ width		4	6	
	Area		200	790	
	Brightness		230	290	
Building Roofs made of Steel Sheets (5)	Nearest Neighbour				
Soil (5)	Nearest Neighbour				
Bare Land (5)	Nearest Neighbour				
Swimming Pools (5)	Nearest Neighbour				

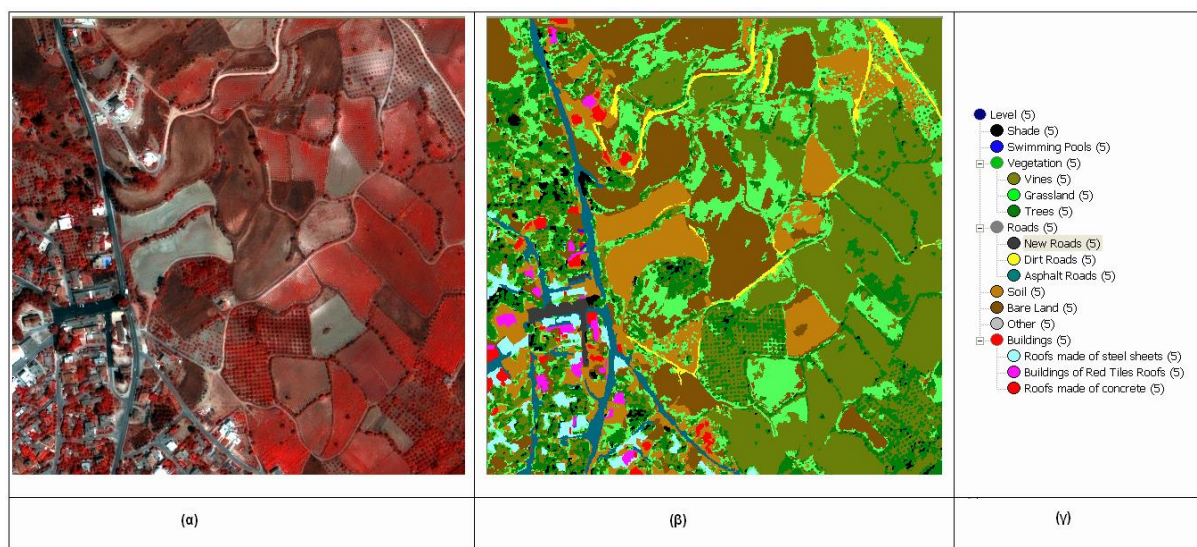
Πίνακας 9: Πίνακας των διάφορων χαρακτηριστικών που χρησιμοποιήθηκαν για το διαχωρισμό των κλάσεων, καθώς και οι τιμές ασάφειας που δόθηκαν σε κάθε κλάση.

Παρακάτω γίνεται αναλυτική παρουσίαση των κανόνων για τις κατηγορίες οι οποίες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την μελέτη μας:

- **Κατηγορία Trees (2):** Σ' αυτή τη κατηγορία χρησιμοποιήθηκε συνάρτηση συμμετοχής, με τιμές του δείκτη NDVI μεταξύ 0,29 έως 0,31 αφού από την τιμή 0,3 και πάνω τα δέντρα εντοπίζονταν με μεγάλη ακρίβεια. Φυσικά υπήρχε το πρόβλημα ότι συγχέονταν με τη κατηγορία **Vines (2)**, όμως το πρόβλημα αυτό λύθηκε σε μεγάλο βαθμό με τη χρησιμοποίηση του περιγραφικού χαρακτηριστικού «Trees», που δημιουργήθηκε γι' αυτό το σκοπό.
- **Κατηγορία Shade (2):** Για την κατηγορία αυτή, δημιουργήθηκε ένα καινούριο χαρακτηριστικό που ονομάστηκε **Low Reflection**, που όπως αποδείχτηκε στη συνέχεια θα μας βοηθήσει και στον διαχωρισμό άλλων κατηγοριών εκτός από τις σκιές. Η δημιουργία του δείκτη Low Reflection, με τις ίδιες διαδικασίες δημιουργίας του δείκτη βλάστησης NDVI και άλλων. Ο δείκτης Low Reflection προκύπτει από τις μέσες τιμές ανακλαστικότητας του κόκκινου μείον τις μέσες τιμές μπλε στη μείον ένα.
- **Concrete** Επειδή οι υψηλές τιμές φωτεινότητας χαρακτηρίζουν και μερικά τμήματα χωματόδρομων ή γυμνού εδάφους χρησιμοποιήθηκε άλλη μια συνάρτηση συμμετοχής με

δείκτη ο οποίος δημιουργήθηκε έπειτα από πολλές δοκιμές και πειραματισμούς, ώστε να καταστήσει δυνατό το διαχωρισμό τους από το έδαφος που χαρακτηριζόταν από υψηλές τιμές φωτεινότητας. Το περιγραφικό αυτό χαρακτηριστικό ονομάστηκε Concrete. Οι τιμές που τέθηκαν για την περιγραφή της κατηγορίας αυτής μέσω του συγκεκριμένου δείκτη ήταν 59 έως 61 με συνάρτηση τύπου S.

- **Tile Roofs** η ταξινόμηση των στεγών από κεραμίδι με φασματικές υπογραφές και περιοχές εκπαίδευσης ήταν σχεδόν αδύνατη, λόγω της συγγένειας των υλικών με το γυμνό χώμα. Έτσι δημιουργήθηκε ένας νέος αλγόριθμος που όπως φάνηκε από την ταξινόμηση αυτής της κατηγορίας, είχε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ονομάστηκε Tile Roof και αφαιρέθηκαν οι μέσες τιμές ανακλαστικότητας του πράσινου καναλιού από αυτές του κόκκινου καναλιού.
- **Asphalt Roads** Η κατασκευή του δείκτη Asphalt Roads, προκύπτει από την πρόσθεση της διαφοράς των τιμών του κόκκινου και του μπλε καναλιού με τη διαφορά των τιμών του εγγύς υπέρυθρου και του πράσινου καναλιού. Ο δείκτης δημιουργήθηκε μετά από πολλές δοκιμές και πειραματισμούς με σκοπό την εύρεση κάποιου περιγραφικού χαρακτηριστικού που να διαχωρίζει την κατηγορία των ασφαλτωμένων δρόμων από άλλες.



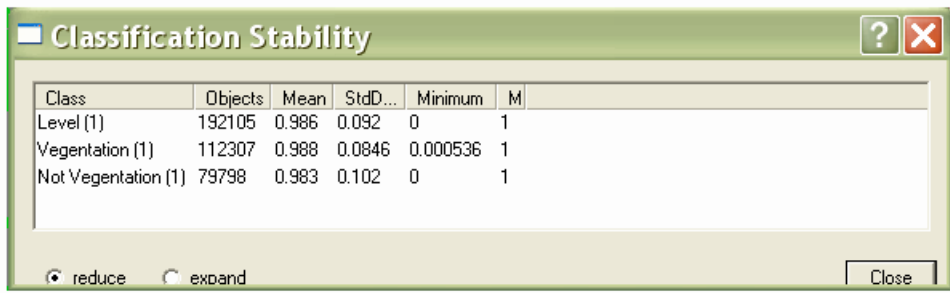

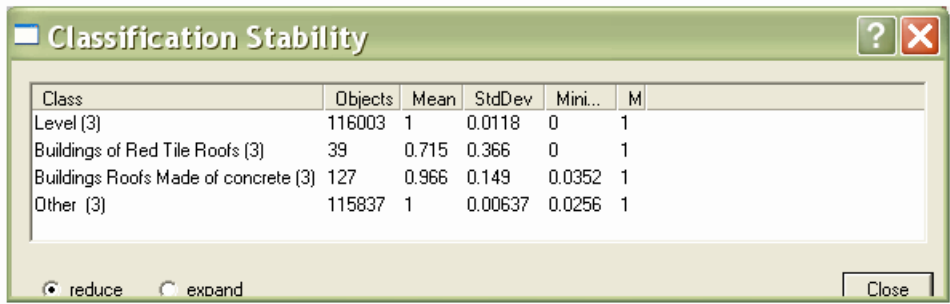
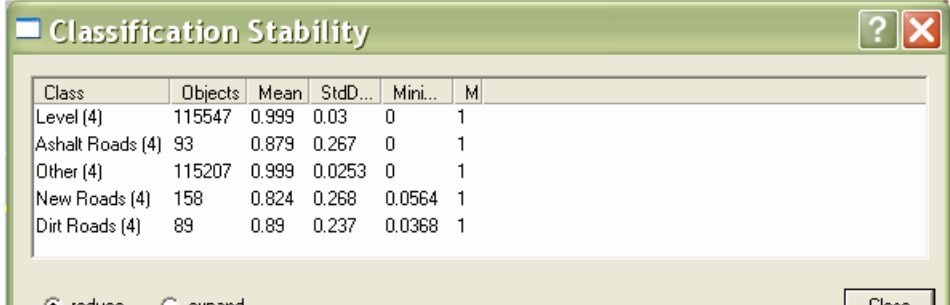
Εικόνα 7: (α) Έγχρωμο σύνθετο (4-3-2) της εικόνας. (β) Ο θεματικός χάρτης όπως προέκυψε μετά τις ταξινομήσεις όλων των επιπέδων. (γ) Η ιεραρχία των τάξεων που δημιουργήθηκαν για την τελική ταξινόμηση.

1.3.3.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Στη συγκεκριμένη εργασία επιχειρήθηκαν τρεις τρόποι εκτίμησης της ακρίβειας της ταξινόμησης. Οι δύο πρώτοι αφορούν λειτουργίες που ενσωματώνονται μέσα στο λογισμικό του eCognition και αφορούν στη σταθερότητα καθώς και την *ακρίβεια της ταξινόμησης μέσω μιας γραφικής απεικόνισης* όπως εξηγείται και πιο κάτω. Ο δεύτερος τρόπος, αφορά ένα *πίνακα σφαλμάτων ταξινόμησης* (πίνακας σύγχυσης ή πίνακας σύμπτωσης). Από την στατιστική μελέτη αυτού του είδους πινάκων, συμπεραίνονται αρκετά στοιχεία με την επίδοση της ταξινόμησης.

α) Αξιολόγηση των ταξινομήσεων με βάση τη διαφορά ανάμεσα στον πρώτο και το δεύτερο καλύτερο βαθμό συμμετοχής. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης αυτής μπορούν να εξαχθούν, εκτός από τη γραφική απεικόνιση και σε αριθμητική μορφή, πίνακα. Στην μορφή πίνακα, τα αποτελέσματα της ευστάθειας τη ταξινόμησης είναι τέσσερα αριθμητικά στοιχεία ανά κατηγορία ταξινόμησης για τη διαφορά μεταξύ πρώτου και δεύτερου βαθμού συμμετοχής που αφορούν την ελάχιστη, την μέγιστη, τη μέση και την τυπική απόκλιση.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας (Πίνακας 10) που προκύπτει από την αριθμητική αξιολόγηση της ταξινόμησης της εικόνας.

<p>Επίπεδο 1</p>	 <table border="1" data-bbox="422 347 1321 481"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdD...</th> <th>Minimum</th> <th>M</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Level (1)</td> <td>192105</td> <td>0.986</td> <td>0.092</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Vegetation (1)</td> <td>112307</td> <td>0.988</td> <td>0.0846</td> <td>0.000536</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Not Vegetation (1)</td> <td>79798</td> <td>0.983</td> <td>0.102</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdD...	Minimum	M	Level (1)	192105	0.986	0.092	0	1	Vegetation (1)	112307	0.988	0.0846	0.000536	1	Not Vegetation (1)	79798	0.983	0.102	0	1																								
Class	Objects	Mean	StdD...	Minimum	M																																												
Level (1)	192105	0.986	0.092	0	1																																												
Vegetation (1)	112307	0.988	0.0846	0.000536	1																																												
Not Vegetation (1)	79798	0.983	0.102	0	1																																												
<p>Επίπεδο 2</p>	 <table border="1" data-bbox="422 667 1321 891"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Level (2)</td> <td>138518</td> <td>0.982</td> <td>0.099</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Trees (2)</td> <td>27231</td> <td>0.983</td> <td>0.0982</td> <td>0.0032</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Vines (2)</td> <td>49774</td> <td>0.971</td> <td>0.131</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Grassland (2)</td> <td>32230</td> <td>0.984</td> <td>0.0697</td> <td>0.0659</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Vegetation (2)</td> <td>109235</td> <td>0.978</td> <td>0.108</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Not Vegetation (2)</td> <td>26111</td> <td>1</td> <td>0.00578</td> <td>0.417</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Shade (2)</td> <td>3172</td> <td>0.962</td> <td>0.146</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Level (2)	138518	0.982	0.099	0	1	Trees (2)	27231	0.983	0.0982	0.0032	1	Vines (2)	49774	0.971	0.131	0	1	Grassland (2)	32230	0.984	0.0697	0.0659	1	Vegetation (2)	109235	0.978	0.108	0	1	Not Vegetation (2)	26111	1	0.00578	0.417	1	Shade (2)	3172	0.962	0.146	0	1
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																												
Level (2)	138518	0.982	0.099	0	1																																												
Trees (2)	27231	0.983	0.0982	0.0032	1																																												
Vines (2)	49774	0.971	0.131	0	1																																												
Grassland (2)	32230	0.984	0.0697	0.0659	1																																												
Vegetation (2)	109235	0.978	0.108	0	1																																												
Not Vegetation (2)	26111	1	0.00578	0.417	1																																												
Shade (2)	3172	0.962	0.146	0	1																																												
<p>Επίπεδο 3</p>	 <table border="1" data-bbox="422 1070 1321 1205"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Mini...</th> <th>M</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Level (3)</td> <td>116003</td> <td>1</td> <td>0.0118</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Buildings of Red Tile Roofs (3)</td> <td>39</td> <td>0.715</td> <td>0.366</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Buildings Roofs Made of concrete (3)</td> <td>127</td> <td>0.966</td> <td>0.149</td> <td>0.0352</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Other (3)</td> <td>115837</td> <td>1</td> <td>0.00637</td> <td>0.0256</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Mini...	M	Level (3)	116003	1	0.0118	0	1	Buildings of Red Tile Roofs (3)	39	0.715	0.366	0	1	Buildings Roofs Made of concrete (3)	127	0.966	0.149	0.0352	1	Other (3)	115837	1	0.00637	0.0256	1																		
Class	Objects	Mean	StdDev	Mini...	M																																												
Level (3)	116003	1	0.0118	0	1																																												
Buildings of Red Tile Roofs (3)	39	0.715	0.366	0	1																																												
Buildings Roofs Made of concrete (3)	127	0.966	0.149	0.0352	1																																												
Other (3)	115837	1	0.00637	0.0256	1																																												
<p>Επίπεδο 4</p>	 <table border="1" data-bbox="422 1406 1321 1585"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdD...</th> <th>Mini...</th> <th>M</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Level (4)</td> <td>115547</td> <td>0.999</td> <td>0.03</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Asphalt Roads (4)</td> <td>93</td> <td>0.879</td> <td>0.267</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Other (4)</td> <td>115207</td> <td>0.999</td> <td>0.0253</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>New Roads (4)</td> <td>158</td> <td>0.824</td> <td>0.268</td> <td>0.0564</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Dirt Roads (4)</td> <td>89</td> <td>0.89</td> <td>0.237</td> <td>0.0368</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdD...	Mini...	M	Level (4)	115547	0.999	0.03	0	1	Asphalt Roads (4)	93	0.879	0.267	0	1	Other (4)	115207	0.999	0.0253	0	1	New Roads (4)	158	0.824	0.268	0.0564	1	Dirt Roads (4)	89	0.89	0.237	0.0368	1												
Class	Objects	Mean	StdD...	Mini...	M																																												
Level (4)	115547	0.999	0.03	0	1																																												
Asphalt Roads (4)	93	0.879	0.267	0	1																																												
Other (4)	115207	0.999	0.0253	0	1																																												
New Roads (4)	158	0.824	0.268	0.0564	1																																												
Dirt Roads (4)	89	0.89	0.237	0.0368	1																																												

Πίνακας 10: Οι πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων με βάση τη διαφορά του πρώτου και δεύτερου βαθμού συμμετοχής.

Αν εξεταστεί μια κατηγορία, π.χ. η κατηγορία Asphalt Roads (4) του τέταρτου επιπέδου, ο πίνακας στατιστικών μας πληροφορεί ότι ένα τμήμα τουλάχιστο της κατηγορίας αυτής, πληρεί τα κριτήρια μιας άλλης κατηγορίας σχεδόν όσο και αυτής, αφού η ελάχιστη διαφορά ανάμεσα στο πρώτο και δεύτερο βαθμό συμμετοχής (minimum) είναι 0,00564. Παράλληλα, υπάρχει τουλάχιστο ένα τμήμα της κατηγορίας που πληροί αποκλειστικά τα κριτήρια αυτής της κατηγορίας, αφού η μέγιστη διαφορά ανέρχεται σε 1. Συνολικά, η κατηγορία μπορεί να θεωρηθεί επιτυχώς διαχωρισμένη από τις υπόλοιπες αφού κατά μέσο όρο η διαφορά των τμημάτων που της ανήκουν ανέρχεται σε 0,879. Κατά την ίδια ανάλυση των στοιχείων του

πίνακα, καταλήγουμε και για τις υπόλοιπες δύο κατηγορίες του τέταρτου επιπέδου με παραπλήσιες τιμές.

β) Αξιολόγηση των ταξινομήσεων με βάση τους μεγαλύτερους βαθμούς συμμετοχής (Best Classification Result).

Σύμφωνα πάλι με την ασαφή λογική ταξινόμησης που χρησιμοποιεί το λογισμικό eCognition, ένα τμήμα της εικόνας, μπορεί να ανήκει μερικώς σε περισσότερες από μία κατηγορίες, ανάλογα με το πόσο τα χαρακτηριστικά του πλησιάζουν τις περιγραφές των τάξεων αυτών. Η τελική ταξινόμηση του τμήματος αυτού θα γίνει στη κατηγορία για την οποία παρουσιάζει το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής μ (membership grade), μ μεταξύ $[0,1]$, δηλαδή στην κατηγορία της οποίας το αριθμητικό πρότυπο πλησιάζει περισσότερο. Όπως και προηγουμένως το λογισμικό επιτρέπει τη αξιολόγηση μια ταξινόμησης με βάση τους μέγιστους βαθμούς συμμετοχής (Best Classification Result), με δύο τρόπους, ένα γραφικό και ένα αριθμητικό.

Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
Roofs made of steel sheets (5)	264	0.782	0.164	0.201	1
Soil (5)	673	0.725	0.228	0.108	1
Bare Land (5)	1003	0.792	0.166	0.134	1
Buildings of Red Tiles Roofs (5)	12	0.704	0.215	0.304	1
Roofs made of concrete (5)	17	0.783	0.19	0.258	1
Dirt Roads (5)	122	0.587	0.199	0.101	0.95
Asphalt Roads (5)	174	0.717	0.194	0.116	0.993
Swimming Pools (5)	0				
Shade (5)	18	0.866	0.104	0.514	0.957
New Roads (5)	31	0.827	0.157	0.271	0.983
Trees (5)	0				
Grassland (5)	310	0.707	0.174	0.101	0.955
Vines (5)	63	0.509	0.188	0.145	0.876

Επίπεδο 5

Πίνακας 11: Ο πίνακας αξιολόγησης του τέταρτου επιπέδου με βάση τους καλύτερους βαθμούς συμμετοχής

Στο πέμπτο και τελευταίο επίπεδο, παρατηρούμε ότι η αξιολόγηση της ταξινόμησης με βάση το καλύτερο βαθμό συμμετοχής, δεν είναι τόσο ικανοποιητική όπως στα προηγούμενα επίπεδα. Για παράδειγμα η κατηγορία Dirt Roads (5) (Χωματόδρομοι), έχει μέση τιμή απόκλισης για τα τμήματα της 0.587, πράγμα που καταδεικνύει ότι τα πιο πολλά αντικείμενα δεν διαχωρίζονται αποτελεσματικά στη συγκεκριμένη κατηγορία και επομένως και η κατηγορία αυτή δεν διαχωρίζεται από τις υπόλοιπες. Παρόμοια συμβαίνει και σε άλλες κατηγορίες όπως φαίνεται και από τα στοιχεία του πίνακα αλλά με σαφώς καλύτερα αποτελέσματα από αυτή των Χωματόδρομων. Η κατηγορία που μπορούμε να πούμε ότι έχει διαχωριστεί αρκετά από τις υπόλοιπες είναι αυτή των σκιών Shade (5) και των καινούργιων δρόμων New Roads (5), με τιμή μέσης τυπικής απόκλισης 0,866 και 0,827 αντίστοιχα.

γ) Αξιολόγηση των ταξινομήσεων με τη χρήση δεδομένων ελέγχου (πίνακας σύγκρισης).

Οι πίνακες σφαλμάτων συγκρίνουν τη σχέση μεταξύ γνωστών επίγειων δεδομένων αναφοράς (αληθών δεδομένων) και των αντίστοιχων αποτελεσμάτων μιας αυτόματης διαδικασίας ταξινόμησης, κατηγορία προς κατηγορία. Τέτοιοι πίνακες είναι τετραγωνικοί, με αριθμό γραμμών και στηλών ίσο με τον αριθμό των κατηγοριών, των οποίων επιχειρείται η εκτίμηση της ακρίβειας.

User \ Reference Class	Tre...	Vine...	Gra...	Buil...	Buil...	Ash...	Ne...	Sh...	Dit...	Ro...	Soil...	Bar...	Swimmi...	Sum
Confusion Matrix														
Trees (2)	8493	53	171	1	2	0	0	306	0	4	0	0	0	9030
Vines (2)	3204	10546	1570	66	6	12	0	69	44	65	6	0	0	15588
Grassland (2)	412	730	1195	49	12	91	5	324	327	259	43	384	0	3831
Buildings of Red Tile Roofs (3)	0	0	0	1870	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1870
Buildings Roofs Made of concrete (3)	0	0	0	0	3058	0	0	0	1471	0	0	0	0	4529
Asphalt Roads (4)	0	0	0	155	0	11405	0	0	0	252	0	0	0	11812
New Roads (4)	0	0	0	0	0	0	3590	0	0	0	0	0	0	3590
Shade (2)	1469	0	0	0	0	0	250	1206	0	0	0	0	56	2981
Dirt Roads (4)	0	0	0	252	0	0	0	0	1456	0	641	0	0	2349
Roofs made of steel sheets (5)	7	0	95	0	0	62	0	0	0	874	0	0	0	1038
Soil (5)	0	7	1	30	0	2	0	0	69	1340	16676	0	0	18125
Bare Land (5)	0	31	2307	255	0	9	2	26	269	0	8235	20159	0	31293
Swimming Pools (5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
unclassified	23	34	6	276	12	135	128	196	90	1023	2	154	0	2079
Sum	13608	11401	5345	2954	3090	11716	3975	2127	3726	3817	25603	20697	56	
Accuracy														
Producer	0.624	0.925	0.224	0.633	0.99	0.973	0.903	0.567	0.391	0.229	0.651	0.974	0	
User	0.941	0.677	0.312	1	0.675	0.966	1	0.405	0.62	0.842	0.92	0.644	undefined	
Hellden	0.75	0.782	0.26	0.775	0.803	0.969	0.949	0.472	0.479	0.36	0.763	0.775	0	
Short	0.6	0.641	0.15	0.633	0.67	0.941	0.903	0.309	0.315	0.22	0.616	0.633	0	
KIA Per Class	0.59	0.912	0.195	0.627	0.989	0.97	0.9	0.555	0.377	0.222	0.581	0.963	0	
Totals														
Overall Accuracy	0.745													
KIA	0.704													

Πίνακας 12: Ο πίνακας σύγχυσης όπως προκύπτει από τα δείγματα ελέγχου της κάθε κατηγορίας.

Αρχικά παρατηρούμε, ότι τα τμήματα που επιλέχθηκαν για περιοχές ελέγχου, και τα οποία ταξινομήθηκαν ορθά στις κατάλληλες κατηγορίες κάλυψης γης, βρίσκονται πάνω στη κύρια διαγώνιο του τετραγωνικού πίνακα σύγχυσης (από πάνω αριστερά προς τα κάτω δεξιά). Όλα τα στοιχεία που δεν ανήκουν στη κύρια διαγώνιο αντιπροσωπεύουν τα σφάλματα παράλειψης (αποκλεισμού) της ταξινόμησης και τα σφάλματα συμπερίληψης. Τα σφάλματα αποκλεισμού αντιστοιχούν στα μη διαγώνια στοιχεία των στηλών του πίνακα ενώ τα σφάλματα συμπερίληψης αντιστοιχούν στα μη διαγώνια στοιχεία των γραμμών του πίνακα.

Πιο συγκεκριμένα, τα σφάλματα αποκλεισμού αφορούν τις ακρίβειες του παραγωγού (Producer) οι οποίες είναι ενδεικτικές του πόσο καλά ταξινομούνται τα τμήματα του δείγματος ελέγχου της δεδομένης κατηγορίας κάλυψης γης. Έτσι οι ακρίβειες μεμονωμένων κατηγοριών μπορούν να υπολογιστούν, διαιρώντας τον συνολικό αριθμό των ορθά ταξινομημένων τμημάτων κάθε κατηγορίας (πάνω στη κύρια διαγώνιο), με το συνολικό αριθμό των τμημάτων κάθε στήλης (αριθμός των τμημάτων που επιλέχθηκαν ως δείγμα για έλεγχο, της συγκεκριμένης κατηγορίας). Για παράδειγμα, στο πίνακα πιο πάνω, παρατηρούμε ότι 13608 εικονοστοιχεία των δεδομένων ελέγχου, έπρεπε να ταξινομηθούν ως δέντρα της κατηγορίας Trees (2). Όμως μόλις 8493 εικονοστοιχεία ταξινομήθηκαν σε αυτή τη κατηγορία και έχουν αποκλειστεί 5115 εικονοστοιχεία τα οποία μερικά από αυτά ταξινομήθηκαν στη κατηγορία Vines (2)(3204), άλλα στη κατηγορία Grassland (2)(412) και άλλα 1469 ταξινομήθηκαν στη κατηγορία Shade (2). Επομένως η ακρίβεια του παραγωγού για την συγκεκριμένη κατηγορία Trees (2), ανέρχεται στο ποσοστό 0,624%. Αναλύοντας τα στοιχεία του πίνακα με παρόμοιο τρόπο για όλες τις κατηγορίες τα ποσοστά ακρίβειας για τον παραγωγό ανέρχονται σε 0,925% για τα αμπέλια (Vines (2)), 0,99% για τις οροφές κτηρίων από σκυρόδεμα (Buildings Roofs made of Concrete (3)), 0,973% για τους ασφαλτωμένους δρόμους, 0,903% για τους καινούργιους δρόμους και 0,974% για τη κατηγορία Bare Land (5), οι οποίες είναι και οι καλύτερες δυνατές ακρίβειες του παραγωγού. Οι υπόλοιπες κατηγορίες δεν έχουν την απαιτούμενη ακρίβεια, αφού τα ποσοστά τους είναι σχετικά χαμηλά. Έτσι έχουμε την κατηγορία Trees (2) με ποσοστό ακρίβειας 0,624%, τη κατηγορία Grassland (2) με 0,224%, τη κατηγορία Buildings of Red Tiles Roofs (3) με 0,633%, κατηγορία Shade (2) με 0,567%, τους χωματόδρομους με 0,391%, τα κτήρια με οροφές αμιάντου ή τσιγκου 0,229% και τη κατηγορία Soil (5) με 0,651%. Στη συγκεκριμένη εργασία η συνολική ακρίβεια της ταξινόμησης (Overall Accuracy) έχει το ποσοστό του 0,745% και

μπορεί να κριθεί ως αρκετά καλή και αποτελεσματική. Κάθε φορά, γενικά, πρέπει να εξετάζεται η ακρίβεια του παραγωγού, για κατηγορίες οι οποίες είναι σημαντικές για το σκοπό της χαρτογράφησης.

1.3.4 ΤΙΤΛΟΣ 4^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΚΤΙΣΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟ ΧΩΡΟ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΣΑΦΟΥΣ ΒΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΣΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

1.3.4.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Ο καθορισμός των αστικών και περιαστικών μεταβολών είναι θέμα μείζονος σημασίας για την ελληνική πραγματικότητα. Με το πέρασμα των χρόνων η ανεξέλεγκτη και αυθαίρετη δόμηση εντείνεται όλο και περισσότερο αυξάνοντας την ανάγκη για λεπτομερή και οργανωμένη παρακολούθηση των περιοχών που παρουσιάζουν τέτοια φαινόμενα. Η συγκεκριμένη μελέτη εστιάζει στη δημιουργία βάσης γνώσης για την αυτόματη ανίχνευση των μεταβολών που παρατηρούνται στον εξωαστικό χώρο και τη διερεύνηση των δυνατοτήτων μιας τέτοιας ανάλυσης στον ακριβή εντοπισμό τους.

1.3.4.2 ΣΤΟΧΟΣ

Όπως φαίνεται και από τις κοινωνικοπολιτικές εξελίξεις της χώρας το θέμα της συσσώρευσης όλο και μεγαλύτερου ποσοστού του πληθυσμού στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας είναι φλέγον και χρήζει άμεσης μελέτης και επίλυσης. Η ανίχνευση των μεταβολών του αστικού και περιαστικού χώρου δεν είναι μόνο ακαδημαϊκού ενδιαφέροντος καθώς μπορεί περαιτέρω να χρησιμοποιηθεί σαν μια πολύτιμη πηγή δεδομένων για στρατηγικές εφαρμογές και για το σχεδιασμό και ανάλυση του περιβάλλοντος.

Η παρατήρηση των μεταβολών και η ανακάλυψη των προτύπων με τα οποία αυτές εμφανίζονται μπορούν να δώσουν σημαντικά στοιχεία σε χωροτάκτες, περιβαλλοντολόγους και άλλους παρεμφερείς τομείς για λάθη που έγιναν στο παρελθόν και συνεπώς αυτά να αποφευχθούν ή και να διορθωθούν όπου αυτό είναι δυνατό. Η ανίχνευση μεταβολών μέσω της ανάλυσης δορυφορικών εικόνων μπορεί αφενός να καθοδηγήσει μια στοχευμένη διαδικασία ελέγχου των κατασκευών. Αφετέρου σε συνδυασμό με το σχεδιασμό μιας βάσης δεδομένων με κτηματολογικά στοιχεία και χάρτες μπορούν να οδηγήσουν στη δημιουργία μιας οργανωμένης εικόνας της υφιστάμενης κατάστασης η οποία να μπορεί να ενημερώνεται τακτικά. Σε περιπτώσεις όπως και η συγκεκριμένη, όπου δεν υπάρχουν άλλα διαθέσιμα δεδομένα πέραν των τηλεπισκοπικών, η πρωτογενής επεξεργασία περιλαμβάνει την ανάλυσή τους και στη συνέχεια ακολουθεί η σύνδεσή τους με κάποιο GIS.

1.3.4.3 ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Η περιοχή μελέτης είναι ο δήμος Κερατέας. Τα δεδομένα υψηλής ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της περιοχής λήφθηκαν από τον δορυφόρο QuickBird. Συλλέγει παγχρωματικά δεδομένα (άσπρο και μαύρο) με ακρίβεια 60-70 cm και πολυφασματικά με ακρίβεια 2.4-2.8 m. Το μέγεθος του εικονοστοιχείου στον παγχρωματικό είναι 1 m και στον πολυφασματικό 4 m. Το φασματικό εύρος του μπλε καναλιού είναι 450-520 nm, του πράσινου 520-600 nm, του κόκκινου 630-690 nm και του εγγύς υπέρυθρου 760-900 nm.

1.3.4.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ
















Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για τις κατατμήσεις είναι

















Η τελική κατάτμηση επίπεδο 5 με παράμετρο κλίμακας 50, κριτήριο σχήματος 0.4 και συμπαγές του σχήματος 0.8.

Η τελική κατάτμηση επίπεδο 2 με παράμετρο κλίμακας 30, κριτήριο σχήματος 0.4 και συμπαγές του σχήματος 0.8.

Τα άλλα επίπεδα έγιναν για εποπτικούς σκοπούς των ταξινομήσεων, δηλαδή για να εμφανίζεται η μετάβαση από τις μητρικές στις θυγατρικές κατηγορίες και έχουν τις ίδιες τιμές με το επίπεδο 2.

Οι κανόνες με τα όρια τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ
Impervious-Like (Level 4)	not Vegetation-like and not Water-Pools			
Vegetation-like (Level 4)	NDVI		0.29	0.3
Water-Pools (Level 4)	Water Index		217	218
	Mean Blue		1.4	1.45
Impervious (Level 3)	Not Shaded Impervious			
Shaded Impervious (Level 3)	Ratio Blue		0.23	0.24
Vegetation (Level 3)	Not Shaded Vegetation			
Shaded Vegetation (Level 3)	Ratio Blue		0.22	0.221
Bright Concrete (Level 2)	Blue/Max Difference		630	640
	Ratio Red		300	301
	Mean Blue		0.23	0.231
Soil-like (Level 2)	Soil-like Index		1.2	1.3
	Ratio Red		0.2	0.22
	Ratio Green		0.279	0.28
Rest Impervious (Level 2)	Not Soil-like and not Bright Concrete			
Barren (Level 2)	Not Dark Concrete			
Dark Concrete (Level 2)	Mean Blue		230	231
	Ratio Nir		0.18	0.181
	Ratio Blue			
Bright Concrete Roofs (LEVEL 1)	Density		1.3	1.35

Ceramic Roofs (LEVEL 1)	Area		684	685
	Density		1.3	1.4
	Shape Index		2.1	2.2
	GLCM Contrast quick (8/11) RED		9.44	
	Ratio Red		0.24	0.241
Shaded Ceramic Roofs (LEVEL 1)	Area		299	300
	Density		1.3	1.4
	Shape Index		2.1	2.2
	GLCM Contrast quick (8/11) RED		11	12
	Ratio Red		0.24	0.241
	Mean Diff to Neighbors (abs) NIR		62	63
Dark Concrete Roofs (LEVEL 1)	Area		290	300
	Density		1.39	1.4
	Shape Index		2.1	2.2
	Asymmetry		0.77	0.78
	Mean Diff to Neighbors (abs) BLUE		44	45
	GLCM Homogeneity quick (8/11) BLUE		0.536	

Πίνακας 13: Συναρτήσεις Συμμετοχής, χαρακτηριστικά και όρια ασάφειας για τις ταξινομήσεις των επιπέδων 4 έως 1

Η ταξινόμηση του Επιπέδου Landcover είναι η τελική ταξινόμηση η οποία θα δώσει τα αποτελέσματα της εδαφοκάλυψης για τα αντικείμενα που αφορούν στην συγκεκριμένη μελέτη. Πάνω σε αυτήν θα στηριχθεί η ανίχνευση μεταβολών και σε αυτήν θα εφαρμοστεί η αξιολόγηση της ταξινόμησης. Για να δημιουργηθεί το επίπεδο Landcover χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος «Copy Image Object Level» (Αντιγραφή Επιπέδου Αντικειμένων), έτσι ώστε να αντιγραφούν τα αντικείμενα με τα όριά τους όπως δημιουργήθηκαν στο πρώτο επίπεδο (Level 2) από τους αλγορίθμους ανακατασκευής σχήματος. Το νέο επίπεδο που προέκυψε από την αντιγραφή ονομάστηκε Level 1_Landcover.

Πλέον αφού έχουν εφαρμοστεί οι απαραίτητοι αλγόριθμοι ανακατασκευής σχήματος και έχουν δημιουργηθεί όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά με την πραγματικότητα αντικείμενα οι ταξινομήσεις που θα εφαρμοστούν θα έχουν ως σκοπό το ραφινάρισμα των κατηγοριών και την αφαίρεση του «θορύβου» από τις ταξινομήσεις.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την ταξινόμηση του τελευταίου επιπέδου ήταν ο «Assign Class». Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως ο αλγόριθμος αυτός αναθέτει ένα αντικείμενο σε μια κατηγορία βάσει ενός μόνο χαρακτηριστικού. Εφαρμόστηκε για τις κατηγορίες «Bright Concrete Roofs», «Dark Concrete Roofs» και «Shaded Ceramic Tiled-Roofs». Τα αντικείμενα «Bright Concrete Roofs» με $Asymmetry \geq 0.8$ και $Shape Index \geq 2.31$ ορίστηκαν στην κατηγορία «Bright Concrete Not Houses». Ομοίως τα «Dark Concrete Roofs» με $Shape Index \geq 2$ και «Shaded Ceramic Tiled-Roofs» με $Shape Index \geq 2.1$ ταξινομήθηκαν ως «Dark Concrete Not Houses» και «Soil» αντίστοιχα στο Level 1_Landcover.



Εικόνα 8 Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1ου Επιπέδου Landcover στην εικόνα της περιοχής.

1.3.4.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η μέθοδος αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκε ήταν η σύγκριση των αυτόματα εξαγόμενων πολυγώνων από την ανάλυση με ψηφιοποιημένα από φωτοερμηνευτή δεδομένα. Τα διαθέσιμα δεδομένα επέτρεψαν τις αξιολογήσεις των ακριβειών που επετεύχθησαν στην ανίχνευση. Οι αξιολογήσεις της αυτόματης ανίχνευσης των κτιρίων είχαν κατά μεγάλο βαθμό καλά αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα των ταξινόμησεων που αφορούσαν την ανίχνευση των κτισμάτων της περιοχής ήταν αρκετά ικανοποιητικά αν λάβει κανείς υπόψη τη μεγάλη ποικιλία φασματικών υπογραφών που παρουσίαζε η απεικόνιση όχι μόνο λόγω των εδαφοκαλύψεων καθαυτών στην περιοχή αλλά και λόγω του μεγέθους της απεικόνισης και ταυτόχρονα τον περιορισμό που έθεσε η ύπαρξη μόνο τεσσάρων καναλιών στην απεικόνιση.

Οι μέθοδοι αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η αξιολόγηση των ταξινόμησεων βάση του μεγαλύτερου βαθμού συμμετοχής καθώς και η αξιολόγηση των ταξινόμησεων βάση της σταθερότητας της ταξινόμησης.

Ένας πρώτος και πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρέασε αρνητικά την ανάλυση και επεξεργασία των εικόνων είναι τα ίδια τα δεδομένα. Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των φασματικών κατηγοριών αλλά ταυτόχρονα της μικρής φασματικής διακριτικής ικανότητας των δορυφορικών δεδομένων κατέστη πολύ δύσκολος ο διαχωρισμός τους- γεγονός που

αντανακλάται στις μετέπειτα ταξινομήσεις. Είναι σαφές πως στα πλαίσια ανάλυσης και περιγραφής ενός σύνθετου φυσικού περιβάλλοντος με στενό εύρος φασματικής πληροφορίας θα προκύψουν ανακρίβειες. Οι ανακρίβειες αυτές έγιναν προσπάθεια να αποφευχθούν με διάφορους τρόπους όπως η χρήση πολλών κανόνων στις ταξινομήσεις, οι εφαρμογές αλγορίθμων ανακατασκευής σχήματος κ.α. όμως ένα ποσοστό αυτών ενέμειναν ως το τέλος της επεξεργασίας και ως εκ τούτου επηρέασαν το τελικό αποτέλεσμα. Επίσης εξ' αιτίας του γεγονότος ότι η απεικόνιση περιλάμβανε μία πολύ μεγάλη έκταση οι φασματικές τιμές ακόμη και για αντικείμενα της ίδιας κατηγορίας που βρίσκονταν σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους εμφάνιζαν κάποιες αισθητές διαφορές μεταξύ τους. Πέραν των φασματικών περιορισμών που τέθηκαν από τη φύση των δεδομένων προέκυψαν δυσκολίες λόγω των γεωμετρικών διορθώσεων που είχαν εφαρμοστεί στις απεικονίσεις. Λόγω της μη απόλυτης σύμπτωσης των απεικονίσεων μεταξύ τους στο στάδιο της υπέρθεσης της μίας στην άλλη ανιχνεύθηκαν κάποιες γεωμετρικές μετακινήσεις λανθασμένα ως μεταβολές ενώ στην ουσία ήταν ανακρίβειες της γεωμετρικής διόρθωσης.

1.3.5 ΤΙΤΛΟΣ 5ης ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΩΝ ΑΠΟ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

1.3.5.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέση ως βασική προτεραιότητα στον τομέα της γεωργίας την όσο το δυνατόν γρηγορότερη και αποδοτικότερη αποτίμηση του πλήθους των ελαιόδεντρων στα κράτη μέλη της Μεσογείου. Στην Ελλάδα οι καλλιέργειες ελιάς καλύπτουν 6 εκατομμύρια στρέμματα και ως εκ τούτου η αναγνώριση των ελαιόδεντρων είναι θέμα μείζονος σημασίας για την ελληνική γεωργία και οικονομία. Η συγκεκριμένη εργασία εστιάζει στη διερεύνηση των δυνατοτήτων της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης στην αυτόματη αναγνώριση των ελαιόδεντρων.

1.3.5.2 ΣΤΟΧΟΣ

Ο κύριος στόχος της εργασίας είναι η αυτόματη αναγνώριση ελαιόδεντρων. Ως προς την προσέγγιση που ακολουθείται για την εξαγωγή του ζητούμενου, επιμέρους στόχοι είναι

1. Η διερεύνηση των καινούργιων αλγορίθμων της έκδοσης 7 του λογισμικού eCognition, ώστε να εξυπηρετείται η μελέτη των εκάστοτε περιπτώσεων αναγνώρισης ελαιόδεντρων.
2. Η διερεύνηση των κατάλληλων φασματικών ή άλλων (γεωμετρικών, χωρικών) χαρακτηριστικών των κατατμημένων αντικειμένων στην αναπαράσταση των επιθυμητών κατηγοριών, ώστε να διαφοροποιούνται επαρκώς.
3. Η διερεύνηση της μεθόδου ασαφούς αναπαράστασης και ταξινόμησης των κατατμημένων αντικειμένων.
4. Η αξιολόγηση ακρίβειας από την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων με διάφορους τρόπους, συμπεριλαμβανομένων εξειδικευμένων εργαλείων που διαθέτει το λογισμικό για τον σκοπό αυτό, καθώς και της σύγκρισης του εξαγόμενου αποτελέσματος, ως αποτέλεσμα της ασαφούς λογικής, με τη ψηφιοποιημένη επιφάνεια στο περιβάλλον Autocad.

1.3.5.3 ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΑΛΙΩΝ




Περιοχή μελέτης είναι ο δήμος Αρκαδίου στον νομό Ρεθύμνης. Χρησιμοποιήθηκε δορυφορική εικόνα Ikonos. Η Ikonos είναι μία έγχρωμη εικόνα (1001x1001 pixels) λήψης 18/9/2000 της περιοχής Αρκαδίου Κρήτης χωρικής ανάλυσης 1m που προήλθε από τη συγχώνευση εικόνας χωρικής ανάλυσης 1m και πολυφασματικής εικόνας χωρικής ανάλυσης 4για την ίδια περιοχή. Το αποτέλεσμα είναι μια εικόνα με χωρική ανάλυση 1m εμπλουτισμένη με την πλούσια χρωματική (φασματική)πληροφορία της πολυφασματικής εικόνας. Συγκεκριμένα, ακτινοβολία έχει καταγραφεί σε τέσσερα κανάλια: Κανάλι 1=0,45-0,53μm (μπλε),Κανάλι 2=0,52-0,61 μm(πράσινο),Κανάλι 3 0.64-0.72μm(κόκκινο),Κανάλι 4=0.77-0.88 μm(εγγύς υπέρθυρο).Η εικόνα είναι γεωμετρικά διορθωμένη στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς το 1987 (ΕΓΣΑ '87) (Προβολή:Transverse Mercator, Ελλειψοειδές:GRS1980). Η γεωγραφική περιοχή που απεικονίζει οριοθετείται από τα σημεία με συντεταγμένες (X,Y) αντίστοιχα: πάνω αριστερά (550393m, 3916918m) και κάτω δεξιά (555973m, 3913556m) στο ΕΓΣΑ '87.

1.3.5.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ





Στην μεθοδολογία που ακολουθείται είναι φανερό ότι απομονώνεται κάθε φορά μια κατηγορία ελαιόδεντρων και η διαδικασία συνεχίζει στην υπόλοιπη εικόνα για την εύρεση της επόμενης. Ως εκ τούτου ποτέ δε συμμετέχουν ταυτόχρονα στην ίδια ταξινόμηση δύο κατηγορίες ελαιόδεντρων. Έτσι η ασαφής λογική, όπως αναλύθηκε δεν αξιοποιείται στην αναγνώριση διαφορετικών μεγεθών ελαιόδεντρων, αλλά μόνο στη διαφοροποίηση τους από τον περιβάλλοντα χώρο. Για την αναγνώριση της βλάστησης που απαιτεί λεπτά πρωτογενή αντικείμενα. Αυτά ταξινομούνται στη συνέχεια βάσει φασματικών κριτηρίων σε ελαιόδεντρα και μη, ώστε μετά από συγχώνευσή τους σε εννοιολογικά ενιαία αντικείμενα να ταξινομηθούν βάσει μεγέθους. Οι κατηγορίες των ελαιόδεντρων φασματικά βρίσκονται πολύ κοντά, ώστε να ταξινομηθούν αρχικά χωρίς κριτήριο εμβαδού προς τη σωστή κατεύθυνση μεγέθους. Συνεπώς ο μόνος τρόπος να διαχωριστούν είναι αυτός του <<κοσκινίσματος>>.

1.3.5.5 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ





Οι παράμετροι της κατάτμησης του 1^{ου} επιπέδου επιλέχθηκαν ως εξής scale 3, shape0,1 compactness0,5. Έτσι δόθηκε πολύ μεγάλη σημασία στη φασματική τιμή των πρωτογενών αντικειμένων εις βάρος του σχήματος.

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
large olive tree_like	NDVI		0.15	0.17
	brightness		20	36
not large olive tree_like	not large olive tree_like			
large olive trees	area		19	20
not large olive trees	"not large olive trees"			

Πίνακας 14: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων για την αναγνώριση των μεγάλων ελαιόδεντρων.

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
medium olive tree_like	brightness		21	40
	NDVI		0,13	0,15
	contrast to neighbor pixels Layer 1 (3)		-40	-20
not medium olive tree_like	"not medium olive tree_like"			
medium olive trees	area		2	4
not medium olive trees	"not medium olive trees"			

Πίνακας 15: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων για την αναγνώριση των μεσαίων ελαιόδεντρων.

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
small olive trees	brightness		26	50
	NDVI		0,1	0,25
	contrast to neighbor pixels Layer1 (1)		-70	-50
	area		14	16
not olive trees	"not small olive trees"			

Πίνακας 16: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων για την αναγνώριση των μικρών ελαιόδεντρων.



Εικόνα 9: Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης.

1.3.5.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Για την αξιολόγηση της ταξινόμησης χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω μέθοδοι.

α) Αξιολόγηση της ταξινόμησης με βάση τους μεγαλύτερους βαθμούς συμμετοχής.

Παρατηρείται από τις μέσες τιμές των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής σε κάθε κατηγορία, ότι τα περισσότερα αντικείμενα σε όλες τις περιπτώσεις ταξινομήθηκαν με ικανοποιητικό βαθμό συμμετοχής, άνω του 0.9. Παρόλα αυτά, φαίνεται από τις ελάχιστες τιμές των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής, ότι κάποια αντικείμενα κάθε περιοχής ταξινομήθηκαν με βαθμό συμμετοχής μόλις 0.5, αφού δε συμμετείχαν σε καμία άλλη κατηγορία περισσότερο από τόσο.

Αυτό οφείλεται στον τρόπο που διχοτομούταν κάθε φορά η εικόνα σε αντίθετες μεταξύ τους κατηγορίες, όπου αναγκαστικά όλα τα αντικείμενα που συμμετείχαν όφειλαν να ταξινομηθούν σε μία από τις δύο. Όταν λοιπόν ένα αντικείμενο πλησίαζε αλλά αδυνατούσε να συμπεριληφθεί σε μία κατηγορία, αναγκαζόταν να συμπεριληφθεί στην αντίθετή της με λίγο μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής από 0.5. Το φαινόμενο αυτό, όπως διαπιστώνεται από τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής κάθε κατηγορίας, δεν ήταν συχνό.

β) Αξιολόγηση των Ταξινομήσεων Με Βάση τη Διαφορά Ανάμεσα στον Πρώτο και Δεύτερο Καλύτερο Βαθμό Συμμετοχής(Classification Stability)

Παρατηρείται ότι σε όλες τις κατηγορίες που αναφέρονται σε μεγάλα μεσαία ή ενωμένα μεταξύ τους ελαιόδεντρα υπάρχει μεγάλη σύγχυση στην ταξινόμησή τους. Αυτό οφείλεται στον ίδιο λόγο που στην προηγούμενη αξιολόγηση οι ίδιες κατηγορίες εμφάνισαν αντικείμενα με βαθμό συμμετοχής κοντά στο 0.5. Εδώ διαπιστώνεται επιπλέον ποια είναι τα αντικείμενα αυτά(έντονο κόκκινο χρώμα).

Κατά τη διερεύνηση στο feature view των ορίων κάθε χαρακτηριστικού μίας κατηγορίας, λογικό είναι να τέθηκε το διάστημα ασάφειας έτσι ώστε να περιέχει κάποια οριακά αντικείμενα κατηγορίας. Με τη δημιουργία όμως της ακριβώς αντίθετης κατηγορίας, τα αντικείμενα αυτά βρέθηκαν ταυτόχρονα μέσα στο διάστημα ασάφειας και των δύο κατηγοριών με ελαφρά πάντα κλίση προς τη σωστή. Έτσι προδιαγράφηκε ότι η ταξινόμησή τους θα ήταν οριακή.

Συνεπώς η ταξινόμηση κρίνεται ασταθής, παρά το γεγονός ότι όλα τα οριακά αντικείμενα ταξινομήθηκαν στη σωστή κατηγορία.

Η ευστάθεια της ταξινόμησης αναδεικνύει απλώς πόσο αποτελεσματικοί είναι οι κανόνες που δημιουργήθηκαν και δεν αποτελεί αξιόπιστη αξιολόγηση της ταξινόμησης.

1.3.6 ΤΙΤΛΟΣ 6ης ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΧΡΗΣΕΩΝ / ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΕΠΙΔΟΤΗΣΕΩΝ

1.3.6.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Με την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία μελετάται η δυνατότητα αυτόματης καταγραφής των επιλέξιμων επιδοτούμενων εκτάσεων των αγροτών, με αντικειμενοστρεφή ανάλυση και, συγκεκριμένα, με τη χρήση κανόνων ασαφούς λογικής.

1.3.6.2 ΣΤΟΧΟΣ

Στόχος είναι η διερεύνηση των περιπτώσεων χρήσης / κάλυψης γης που επιδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω του Οργανισμού Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων και η δημιουργία μιας αλληλουχίας διεργασιών που να είναι ευέλικτη και εφαρμόσιμη σε πολλές περιπτώσεις αγροτικών περιοχών. Η διαδικασία της επεξεργασίας γίνεται με αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνας και συγκεκριμένα βάσει κανόνων ασαφούς λογικής, στην τελευταία έκδοση του λογισμικού eCognition της εταιρίας DEFINIENS Imaging GmbH. Δημιουργείται μια βάση γνώσης αποτελούμενη από κανόνες που στηρίζονται σε φασματικά, τοπολογικά, γεωμετρικά κριτήρια και κριτήρια υψής.

1.3.6.3 ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Η δορυφορική εικόνα του δορυφόρου Quickbird που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη απεικονίζει την περιοχή Αμμουδάρα του νομού Ηρακλείου Κρήτης με ημερομηνία λήψης 28 Μαΐου 2002. Η εικόνα προέρχεται από προεπεξεργασία συγχώνευσης (merging) των 5 διαθέσιμων καναλιών της με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός σύνθετου, από τον συνδυασμό του παγχρωματικού καναλιού και των υπόλοιπων τεσσάρων φασματικών καναλιών (κόκκινο, πράσινο, μπλε και εγγύς υπέρυθρο). Η μεγάλη διακριτική ικανότητα του παγχρωματικού καναλιού και οι φασματικές πληροφορίες των υπολοίπων καναλιών μας 52 επιτρέπουν την

ακριβέστερη ερμηνεία της εικόνας. Τα 4 κανάλια είναι το κόκκινο (630nm-690nm), πράσινο (520nm-600nm), μπλε (450nm- 520nm) και εγγύς υπέρυθρο (760nm-900nm), με διαχωριστική ικανότητα 2.4 μέτρων. Διακρίνονται με λεπτομέρειες οι δρόμοι, τα σπίτια, οι καλλιέργειες και τα δέντρα. Με προσεκτική παρατήρηση της εικόνας ξεκινάει η διαδικασία της φωτοερμηνείας για την καταγραφή των φασματικών κατηγοριών της. Επιλέγεται η απεικόνιση σε έγχρωμο σύνθετο NIR-GREEN-BLUE (Εικόνα 3-2) όπου η βλάστηση εμφανίζεται με κόκκινο χρώμα, και η ενίσχυση τυπικής απόκλισης (Standard Deviation).

1.3.6.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η διαδικασία της επεξεργασίας γίνεται με αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνας και συγκεκριμένα βάσει κανόνων ασαφούς λογικής, στην τελευταία έκδοση του λογισμικού eCognition της εταιρίας DEFINIENS Imaging GmbH. Δημιουργείται μια βάση γνώσης αποτελούμενη από κανόνες που στηρίζονται σε φασματικά, τοπολογικά, γεωμετρικά κριτήρια και κριτήρια υψής.

Η εικόνα κατατμείται σε τρία επίπεδα, όπου το μεσαίο είναι το τελικό επίπεδο προβολής και εμφάνισης των τελικών κατηγοριών. Έμφαση δίνεται στις κατηγορίες καλλιεργειών της περιοχής, δηλαδή στους ελαιώνες και τους αμπελώνες. Η ταξινόμηση των δυο αυτών κατηγοριών στηρίζεται στην αναγνώριση και σωστή κατάτμηση των στοιχείων του γεωμετρικού μοτίβου που τις χαρακτηρίζουν, δηλαδή των δέντρων ένα προς ένα για τους ελαιώνες και των γραμμικών στοιχίσεων για τους αμπελώνες. Η κατάτμηση αυτή πραγματοποιείται στο χαμηλότερο επίπεδο και τα αντικείμενα που προκύπτουν προβάλλονται σε μεγαλύτερο επίπεδο όπου σχηματίζονται τα τελικά όρια των αντικειμένων ελαιώνων και αμπελώνων, σύμφωνα με τις τιμές που δίνονται στους κανόνες «σχετικού εμβαδού» αντικειμένων με τα υποαντικείμενά τους. Η αλληλουχία των κανόνων εφαρμόζεται και σε δεύτερη δορυφορική εικόνα Quickbird του Ηρακλείου Κρήτης, όπου γίνονται οι απαιτούμενες αλλαγές κάποιων τιμών κατωφλίωσης και προστίθενται δυο νέοι κανόνες. Ο ένας στοχεύει στον αποκλεισμό των σκιών από μερικά ψηλά δέντρα από το να ταξινομηθούν στην κατηγορία αυτή, και ο δεύτερος είναι ο κανόνας υψής κατά Haralick που εφαρμόζεται σε περιπτώσεις αμπελώνων με δυσδιάκριτα γραμμικά στοιχεία.

1.3.6.5 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Κατάτμηση στο Πρώτο Επίπεδο

Στόχος της κατάτμησης του πρώτου και χαμηλότερου επιπέδου είναι η ανάδειξη των δέντρων και των γραμμικών στοιχίσεων των αμπελιών ένα προς ένα, σαν ξεχωριστά αντικείμενα. Για την επίτευξη του στόχου έγιναν πολλές δοκιμές με διαφορετικές παραμέτρους κλίμακας και ετερογένειας. Η κλίμακα (Scale parameter) επιλέχθηκε να είναι 10. Δόθηκε έμφαση στο κριτήριο του χρώματος (color), επομένως, στο κριτήριο σχήματος (shape) δόθηκε η τιμή 0.2. Το επόμενο δίλημμα που αντιμετωπίστηκε είναι αν θα υπερισχύσει το λείο της οριογραμμής από το συμπαγές του σχήματος. Επειδή σαν στόχος έχει τεθεί και η ανάδειξη γραμμικών στοιχείων, θεωρήθηκε καλύτερο να δοθεί έμφαση στο λείο της οριογραμμής, άρα για το κριτήριο «συμπαγές σχήμα» (compactness) επιλέχθηκε η τιμή 0.1.

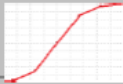



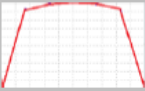



Κατάτμηση Τρίτου Επιπέδου

Στόχος του τρίτου επιπέδου είναι η σωστή κατάτμηση των αγροτεμαχίων των διαφόρων καλλιεργειών (ελαιώνες, αμπελώνες), η εμφάνισή τους δηλαδή σε ξεχωριστά αντικείμενα. Έτσι, δόθηκε λίγο μεγαλύτερη έμφαση στο κριτήριο σχήματος με το σκεπτικό ότι τα αντικείμενα που θα προκύψουν πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο τετραγωνισμένα. Τα κριτήρια συμπαγές σχήματος και λείο οριογραμμής θεωρήθηκαν ισότιμα. Στον συντελεστή κλίμακας (Scale parameter) δόθηκε η τιμή 120, στο κριτήριο σχήματος (shape) 0.4 και στο συμπαγές σχήματος (compactness) 0.5.

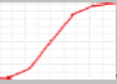

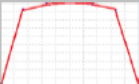
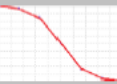
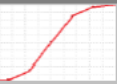

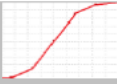
Κατάτμηση Δεύτερου Επιπέδου

Η κατάτμηση του επιπέδου 2 έγινε τελευταία. Ένα μεσαίο επίπεδο κατάτμησης κρίθηκε αναγκαίο για να φανούν οι λεπτομέρειες που χάνονταν στο επίπεδο 3 και είναι σημαντικές, όπως οι δρόμοι, οι χωματόδρομοι και τα σπίτια. Επίσης, αυτό είναι το επίπεδο στο οποίο θα

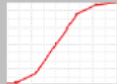


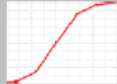
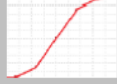


προβληθούν όλες οι τελικές κατηγορίες. Έγιναν και σε αυτό το επίπεδο πολλές δοκιμές για να βρεθεί ο κατάλληλος συνδυασμός παραμέτρων κατάτμησης. Το σκεπτικό είναι να προβληθούν εδώ οι κατηγορίες καλλιιεργειών του παραπάνω επιπέδου στο οποίο δόθηκε μεγαλύτερη βαρύτητα στο σχήμα. Τελικά, στο συντελεστής κλίμακας (Scale parameter) δόθηκε η τιμή 45, στο κριτήριο σχήματος (shape) 0.2 και στο συμπαγές σχήματος (compactness) η τιμή 0.4.

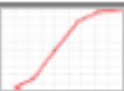













Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Όρια
Impervious (L1)	Invert expression “dense and sparse vegetation”, “trees”, “vineyard”, “water”		
Vegetation (L1)	Msavi		0.15-0.51
	Invert expression “water”		
Dense and sparse vegetation(L1)	Invert expression “trees”, “vineyard”		
Trees(L1)	Msavi		0.08-0.7
	Shape index		0.09-1.3
	Standard deviation Layer 3		10-25
Vineyard(L1)	Length/width		2-8
	Mean layer 4		700-1020
	Msavi		0.3-0.7
	Invert expression “trees”		
Water(L1)	Water index		0.12-0.25

Πίνακας 17: Οι κατηγορίες 1ου επιπέδου και οι κανόνες τους.

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση συμμετοχής	Όρια
Impervious like (L3)	Invert expression “olives”, “vegetation”, “vineyard”, “water”		
Impervious to become olives (L3)	Rel. Area of subobjects “trees(L1)” (2)		0.03-0.05
Impervious(L3)	Invert expression “Impervious to become olives(L3)”		
Vegetation like(L3)	Msavi		0.15-0.51
	Invert expression “Water(L3)”		
Olives(L3)	Rel. Area of subobjects “Trees(L1)” (2)		0.02-0.4
	Invert Expression “Vineyard(L3)”		
Vineyard(L3)	Rel. Area of subobjects “Trees(L1)” (2)		0.027-0.04
	Rel. Area of subobjects “Vineyard(L1)” (2)		0.07-0.25
	Shape index		2-5
Vegetation(L3)	Invert expression “Olives(L3)”, “Vineyard(L3)”		
Water(L3)	Rel. Area of subobjects “Water(L1)”(2)		0-1

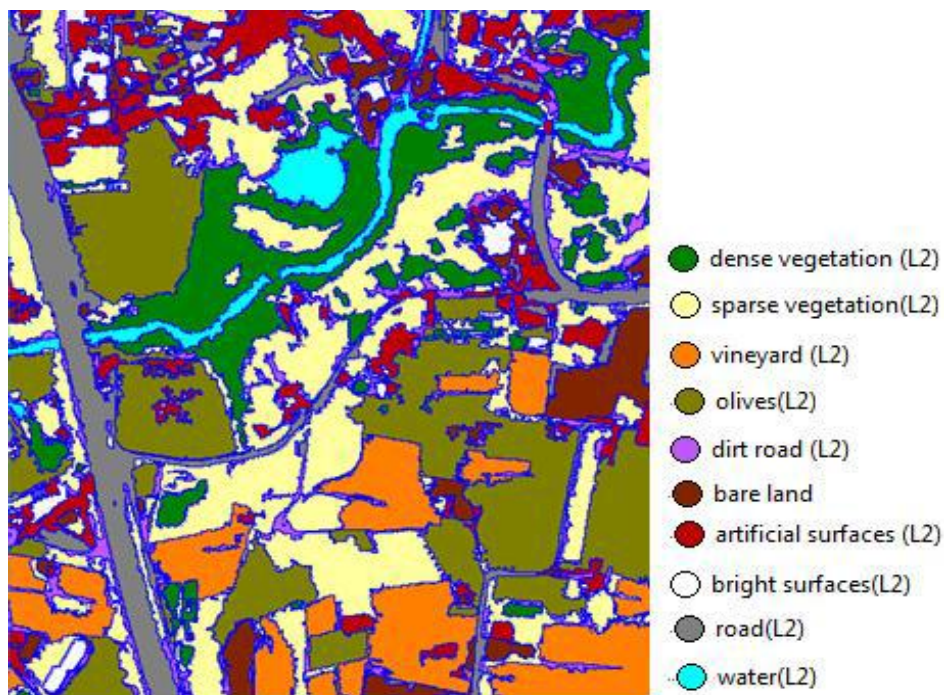
Πίνακας 18: Οι κατηγορίες 3ου επιπέδου και οι κανόνες τους.

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση	Όρια
Dense vegetation like(L2)	Msavi		0.63-0.65
	Invert expression "Water(L2)"		
Dense vegetation to become vineyard(L2)	Existence of superobjects "Vineyard(L3)" (1)		0-2
Dense vegetation(L2)	Invert expression "Dense vegetation to become vineyard"		
Impervious like(L2)	Msavi		0.32-0.35
	Invert expression "Dense vegetation", "Dense vegetation to become vineyard", "Dirt road", "olives", "Sparse vegetation to become vineyard", "Sparse vegetation", "Water"		
Bright surfaces(L2)	Mean difference to scene Layer 1		200-320
Impervious(L2)	Invert expression "Bright surfaces(L2)"		
Road(L2)	Length/Width		3-4
Artificial surfaces like(L2)	Invert expression "Road(L2)"		
Artificial surfaces to become olives(L2)	Existence of superobjects "Impervious to become olives(L3)" (1)		0-2
	Existence of superobjects "Olives(L3)" (1)		0-2

Artificial surfaces to become Road(L2)	Rel. Border to "Road(L2)"		0.3-0.5
Bare Land(L2)	Red/Blue Index		1.2-1.7
	Invert Expression "Artificial surfaces to become road", "Artificial surfaces to become olives"		
Artificial surfaces(L2)	Invert expression "Artificial surfaces to become road", "Artificial surfaces to become olives", "Bare land"		
Sparse vegetation like(L2)	Msave		0.32-0.64
	Invert Expression "Dense vegetation", "Dense vegetation to become vineyard", "Water"		
Olives(L2)	Existence of superobjects "Impervious to become olives(L3)" (1)		0-2
	Existence of superobjects "Olives(L3)" (1)		0-2
Vineyard(L2)	Existence of superobjects "Vineyard(L3)" (1)		0-2
	Invert Expression Area/Length		3-6
Sparse vegetation general(L2)	Invert Expression Existence of superobjects "Impervious to become olives(L3)" (1)		0-2
	Invert Expression Existence of superobjects "Olives(L3)" (1)		0-2
	Invert Expression "Vineyard(L2)"		
Dirt road(L2)	Area/Length		1.7-6.5
	Invert Expression Relative border to "Artificial surfaces"		0.7-0.9
	Invert Expression "Sparse vegetation to become vineyard"		
Sparse vegetation to become vineyard(L2)	Existence of superobject "Vineyard(L3)" (1)		0-2
	Inverse Expression Area/Length		2-5
Sparse vegetation(L2)	Invert Expression "Dirt road", "Sparse vegetation to become vineyard"		
Water(L2)	Rel. Area of subobjects "Water(L1)" (1)		0-1

Πίνακας 19: Οι κατηγορίες 2ου επιπέδου και οι κανόνες τους.

Ο δείκτης **water index** = (Blue-Red) / Nir χρησιμοποιείται για τη σωστή ταξινόμηση των υδάτινων επιφανειών. Με το συνδυασμό των καναλιών μπλε, κόκκινο και υπέρυθρο (με το υπέρυθρο στον παρονομαστή λόγω χαμηλών τιμών ανακλαστικότητας), ο δείκτης νερού εξαλείφει την παρουσία του γυμνού εδάφους και της βλάστησης.



Εικόνα 10: Τελικό αποτέλεσμα ταξινόμησης.

1.3.6.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Οι ελαιώνες ταξινομούνται σωστά, εκτός των περιπτώσεων όπου το έδαφος εμφανίζεται με πολύ ανοιχτόχρωμο άσπρο χρώμα, δηλαδή όταν πρόκειται για ασβεστόχωμα και μάλιστα όταν είναι πρόσφατα σκαμμένο. Σε αυτή την περίπτωση μπερδεύονται πολλές κατηγορίες και το αποτέλεσμα, εφόσον τα λανθασμένα ταξινομημένα αντικείμενα δεν περικλείονται από την κατηγορία «ελιές», είναι μη αναστρέψιμο.

Η ταξινόμηση των χωματόδρομων δεν είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική, γεγονός που δικαιολογείται από τις παρόμοιες φασματικές υπογραφές που έχουν με την αραιή βλάστηση και το ίδιο γραμμικό σχήμα με τις στοιχίσεις των αμπελιών.

α) Αξιολόγηση με βάση τον βαθμό συμμετοχής.

Αναλύοντας τα αποτελέσματα των κατηγοριών ενδιαφέροντος, παρατηρείται ότι με την μέθοδο βάσει των βαθμών συμμετοχής οι αμπελώνες παρουσιάζουν μέση τιμή 0.93 ενώ οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές συμμετοχής αντικειμένων στην κατηγορία 1 είναι 0.25. Η ελάχιστη τιμή της εικόνας δεν είναι ικανοποιητική και δείχνει ότι κάποια αντικείμενα της κατηγορίας «Αμπέλια» ενδεχομένως να ταξινομήθηκαν λανθασμένα. Εξετάζοντας και τη δεύτερη μέθοδο για την κατηγορία αυτή, στην εικόνα η σταθερότητα είναι 0.91.

Οι ελαιώνες στην πρώτη μέθοδο παρουσιάζουν μέσες τιμές 0.899 στην εικόνα, με μέγιστες και ελάχιστες τιμές συμμετοχής στην κατηγορία «Ελιές» 1. Με τη δεύτερη μέθοδο αξιολόγησης η μέση τιμή σταθερότητας για την εικόνα είναι 0.85. Σύμφωνα με τις παραπάνω μεθόδους, λοιπόν, η ταξινόμηση των ελαιώνων είναι πιο επιτυχημένη από εκείνη των αμπελώνων.

β) Αξιολόγηση βάσει δειγμάτων ελέγχου

Στην κατηγορία «Ελιές» από το σύνολο των 83260 Pixels της εικόνας, ταξινομήθηκαν σωστά τα 68673, ενώ τα υπόλοιπα «απορροφήθηκαν» από τις κατηγορίες «Αραιή βλάστηση» (5921), «Τεχνητές επιφάνειες» (6679) και «Πυκνή βλάστηση» (1132). Στην κατηγορία

«Αμπέλια» από το σύνολο των 56469 pixels της εικόνας, ταξινομήθηκαν σωστά τα 52741, ενώ τα υπόλοιπα εντάχθηκαν στις κατηγορίες «Ελιές» (3024) και «Τεχνητές επιφάνειες» (112). Στην κατηγορία «Αραιή βλάστηση» από το σύνολο των 67489 Pixels της εικόνας, ταξινομήθηκαν σωστά τα 57004, ενώ τα υπόλοιπα εντάχθηκαν λανθασμένα στις κατηγορίες «Αμπέλια» (4698), «Ελιές» (2191), «Τεχνητές επιφάνειες» (939) και «Πυκνή βλάστηση» (430). Τέλος, η συνολική ακρίβεια της ταξινόμησης της περιοχής μελέτης (Overall Accuracy) είναι 0,839 και κρίνεται άκρως ικανοποιητική.

1.3.7 ΤΙΤΛΟΣ 7^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΤΟΠΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

1.3.7.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η συμβολή της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης στην Τηλεπισκόπηση δεν περιορίζεται όμως απλά σε νέους τρόπους αναγνώρισης των στοιχείων μιας εικόνας. Με την αξιοποίηση των εξελίξεων στο λογισμικό και τον προγραμματισμό, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν πλατφόρμες αντικειμενοστρεφών εμπειρων συστημάτων που χειρίζονται όλο και πιο σύνθετα τηλεπισκοπικά προβλήματα. Η ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων μπορεί να επιταχύνει και να αυτοματοποιήσει πολλές διαδικασίες οι οποίες μέχρι τώρα ήταν όχι μόνο χρονοβόρες, αλλά πολλές φορές απαιτούσαν την ανάλυση σε διαφορετικά συστήματα εφαρμογών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η δημιουργία δεικτών ποιότητας σε χάρτες, διαδικασία η οποία απαιτεί συνεργασία διαφορετικών Φωτοερμηνευτικών, G.I.S. και Χαρτογραφικών εφαρμογών για την απεικόνιση της τελικής θεματικής πληροφορίας.

1.3.7.2 ΣΤΟΧΟΣ

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία μιας εφαρμογής η οποία θα αναλύει τηλεπισκοπικά δεδομένα, θα εισάγει αυτά τα δεδομένα σε ένα σύστημα κανόνων για να δημιουργήσει ένα δείκτη ποιότητας και τέλος θα απεικονίζει αυτή την πληροφορία. Ο δείκτης που αναπτύχθηκε αφορά στην ποιότητα του αστικού τοπίου σε επίπεδο οικοδομικού τετραγώνου.

1.3.7.3 ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στο Δήμο Παλαιού Φαλήρου. Η περιοχή μελέτης καλύπτεται από μια δορυφορική απεικόνιση IKONOS τεσσάρων φασματικών καναλιών (μπλε, πράσινο, ερυθρό και εγγύς υπέρυθρο), με χωρική διακριτική ικανότητα 1 m και διαστάσεις 590 x 641 εικονοστοιχεία (pixels). Τα IKONOS δεδομένα έχουν υποστεί κατάλληλη επεξεργασία (randsharpening με χρήση του παγχρωματικού καναλιού). Για την ίδια περιοχή διατίθεται LiDAR υψομετρικό μοντέλο ενός παλμού (top response), προϊόν αερομεταφερόμενου Σαρωτή Λείζερ (Laserscanner), χωρικής διακριτικής ικανότητας 1 m το οποίο έχει παραχθεί σε μεταγενέστερο χρόνο από την IKONOS απεικόνιση, ώστε να διατίθενται στην προαναφερθείσα ακρίβεια. Το συνολικό σετ-δεδομένων dataset με τη διαδικασία της γεωαναφοράς αποκτά συντεταγμένες (geocoding) σύμφωνα με το σύστημα GRS ' 80.

1.3.7.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Για την αρχική κατάτμηση ήταν στόχος ένα επίπεδο το οποίο θα περιείχε μικρά αντικείμενα. Το μικρό μέγεθος των αντικειμένων θα εξυπηρετούσε στο να μετατραπούν αυτά σε sub-objects για την ανάλυσή τους σε κάποιο άλλο ανώτερο επίπεδο κατάτμησης.

Η κλίμακα (Scale parameter) επιλέχθηκε να είναι 10. Δόθηκε έμφαση στο κριτήριο του χρώματος (color), επομένως, στο κριτήριο σχήματος (shape) δόθηκε η τιμή 0.2. Ο τιμές για το smoothness και compactness επιλέχτηκαν 0.9 και 0,1 αντίστοιχα.

Όνομα Κλάσης	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί Όριο
Αστικό Πράσινο	Scaled MSAVI	S (αύξουσα)	0	250
Κτίρια	Mean Diff. to scene	S (αύξουσα)	-40	40
	Mean Diff. to neighbours	S (αύξουσα)	0	0.001
Αστική Μη Διαμορφωμένη	Mean Diff. to scene	S(φθίνουσα)	-40	40
	Mean Diff. to neighbours	S (αύξουσα)	0	0.001
Σκιάδης Βλάστηση	Ratio (RED)	Π (τραπεζοειδής)	0.22	0.98
	Scaled MSAVI	S (αύξουσα)	0	250
Σκιά Κτιρίου	Ratio (RED)	Π (τραπεζοειδής)	0.22	0.98
	Invert Expression : Similarity to class (Σκιάδης Βλάστηση)			

Πίνακας 20: Κανόνες ταξινόμησης

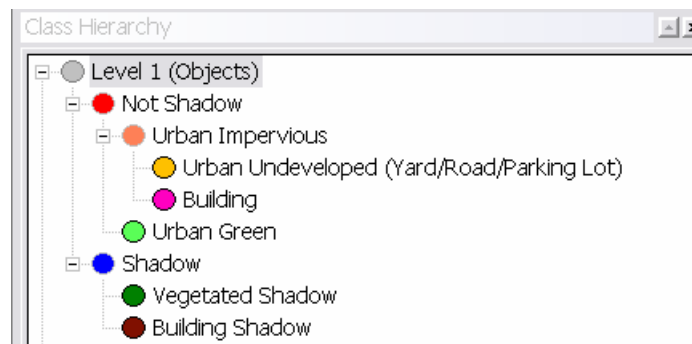
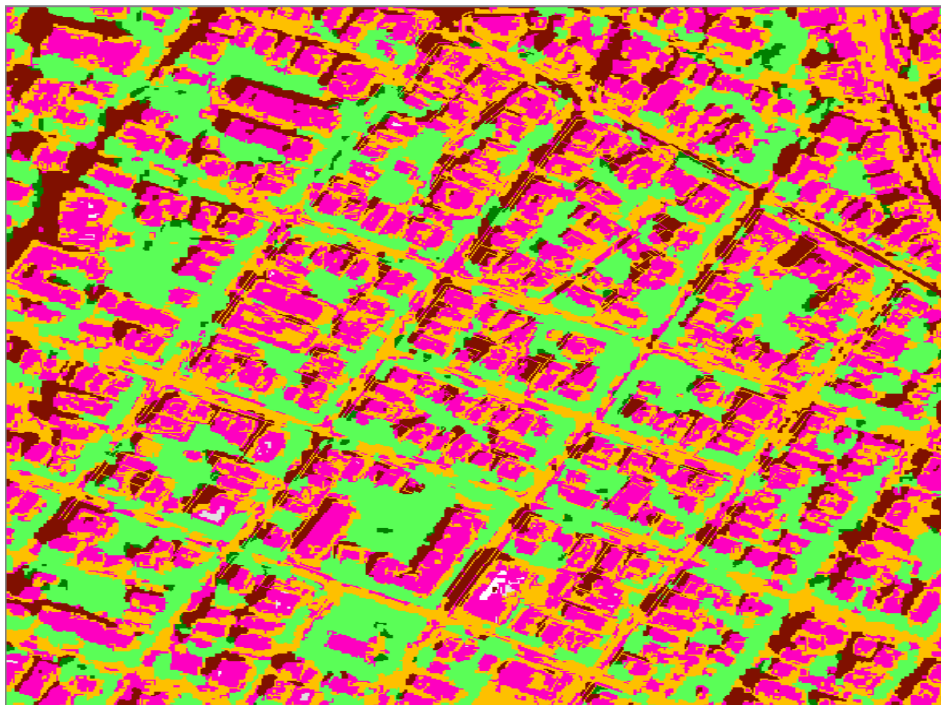
1.3.7.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Παρατηρώντας την ταξινόμηση του πρώτου επιπέδου, βλέπουμε ότι όλα τα στοιχεία του αστικού τοπίου έχουν καθαρό περίγραμμα και διακριτή μορφή. Ελάχιστα στοιχεία του τοπίου δεν ταξινομήθηκαν. Το αστικό πράσινο συγκεντρώνεται στις αναμενόμενες περιοχές και οι δρόμοι έχουν το αναμενόμενο σχήμα, χωρίς ασυνέχειες. Το LiDAR μοντέλο βοήθησε ιδιαίτερα σε αυτό. Προβληματικό χαρακτηρίζεται το γεγονός ότι επειδή οι γωνίες λήψης των φασματικών και LiDAR δεδομένων διαφέρουν, πολλά αντικείμενα που βρίσκονται κοντά στους δρόμους ταξινομούνται ως κτίρια αλλά στην εικόνα φαίνονται να βρίσκονται μέσα στον δρόμο. Ομοίως, αστικό πράσινο το οποίο ανιχνεύθηκε από φασματικά δεδομένα και βρίσκεται στα πεζοδρόμια, διακόπτει το σταθερό πλάτος των δρόμων οι οποίοι εξαγονται από την LiDAR εικόνα. Μια διόρθωση ως προς αυτή τη γωνία λήψης θα έλυσε αυτά τα προβλήματα. Στην αντιπροσωπευτική περιοχή μελέτης των έντεκα κεντρικών οικοδομικών τετραγώνων το πρόβλημα αυτό περιορίζεται αρκετά.

Η αξιολόγηση της ακρίβειας της ταξινόμησης γίνεται αρχικά μέσα από τον έλεγχο Ευστάθειας Ταξινόμησης (Classification Stability). Ο αλγόριθμος ταξινόμησης παρουσιάζει προβλήματα στις περιοχές που υπάρχει δενδροφύτευση στο δρόμο, όπου συγχέονται δηλαδή οι κατηγορίες Αστικού Πρασίνου και Αστικής Μη Διαμορφωμένης περιοχής.

Περαιτέρω έλεγχος της ταξινόμησης γίνεται με λήψη κατάλληλων δειγμάτων σε αντιπροσωπευτικές περιοχές εκπαίδευσης για κάθε κλάση. Στη συνέχεια τα χαρακτηριστικά

των περιοχών αυτών συγκρίνονται με το σύνολο της ταξινόμησης υπολογίζοντας την ακρίβειά της.



Εικόνα 11: Αποτέλεσμα ταξινόμησης

1.3.8 ΤΙΤΛΟΣ 8^{ης} ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΤΗΣ ΜΕΣΣΑΡΑΣ.

1.3.8.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η ελληνική γεωργία αντιμετωπίζει πληθώρα προβλημάτων διαρθρωτικής κυρίως φύσεως. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων είναι απαραίτητη η χαρτογράφηση και η διαχρονική παρακολούθηση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων της χώρας, η οποία μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αναδιάρθρωση του ελληνικού αγροτικού χώρου. Στην κατεύθυνση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική η χρήση τηλεπισκοπικών μεθόδων. Η ανάπτυξη Βάσεων Γνώσης για τις περιοχές που μελετώνται θα βοηθούσε σημαντικά στη βελτίωση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης των γεωργικών καλλιεργειών με τη βοήθεια Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων (ΨΤΑ).

1.3.8.2 ΣΤΟΧΟΣ

Οι Βάσεις Γνώσεις θα πρέπει να περιέχουν εδαφικά, γεωλογικά, υδρογεωλογικά, εδαφολογικά και μετεωρολογικά στοιχεία για την υπό μελέτη περιοχή αλλά και γεωπονικά/καλλιεργητικά στοιχεία (π.χ. αγροαναπαύσεις, αμειψισπορές, συνήθεις γεινιάσεις καλλιεργειών κτλ.) για τις καλλιέργειες της περιοχής, τα οποία θα μπορούν να διευκολύνουν στην αναγνώριση και ταξινόμηση των καλλιεργειών. Στόχος είναι η δυνατότητα συσχετισμού των πληροφοριών αυτών με τις φασματικές υπογραφές των καλλιεργειών.

1.3.8.3 ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Στην συγκεκριμένη εργασία αναπτύχθηκε μια Βάσης Γνώσης για την πεδιάδα της Μεσσαράς η οποία αποτελεί την περιοχή μελέτης, η οποία περιέχει κυρίως γεωπονικά/καλλιεργητικά και μετεωρολογικά στοιχεία. Στη συνέχεια έγινε επιβλεπόμενη ταξινόμηση με τον αλγόριθμο της μέγιστης πιθανοφάνειας των παρακάτω ΨΤΑ:

- Της Landsat TM, η οποία λήφθηκε το Νοέμβριο του 1987, είναι πολυφασματική με 7 φασματικά κανάλια, έχει Διαχωριστική/Διακριτική Δυνατότητα/Ικανότητα (ΔΔ/ΔΙ) 30m στα κανάλια 1, 2, 3, 4, 5 και 7 και 120m στο κανάλι 6 και απεικονίζει έκταση 1.344.880 στρεμμάτων.
- Της Ikonos 2, η οποία λήφθηκε στις 9 Μαρτίου του 2000, είναι πολυφασματική με 4 φασματικά κανάλια (μπλε, πράσινο, ερυθρό και εγγύς υπέρυθρο) και έχει ΔΔ/ΔΙ 4m σε όλα τα κανάλια. Επίσης είναι ενσωματωμένο το παγχρωματικό κανάλι το οποίο έχει ΔΔ/ΔΙ 1m και απεικονίζει έκταση 321.700 στρεμμάτων.

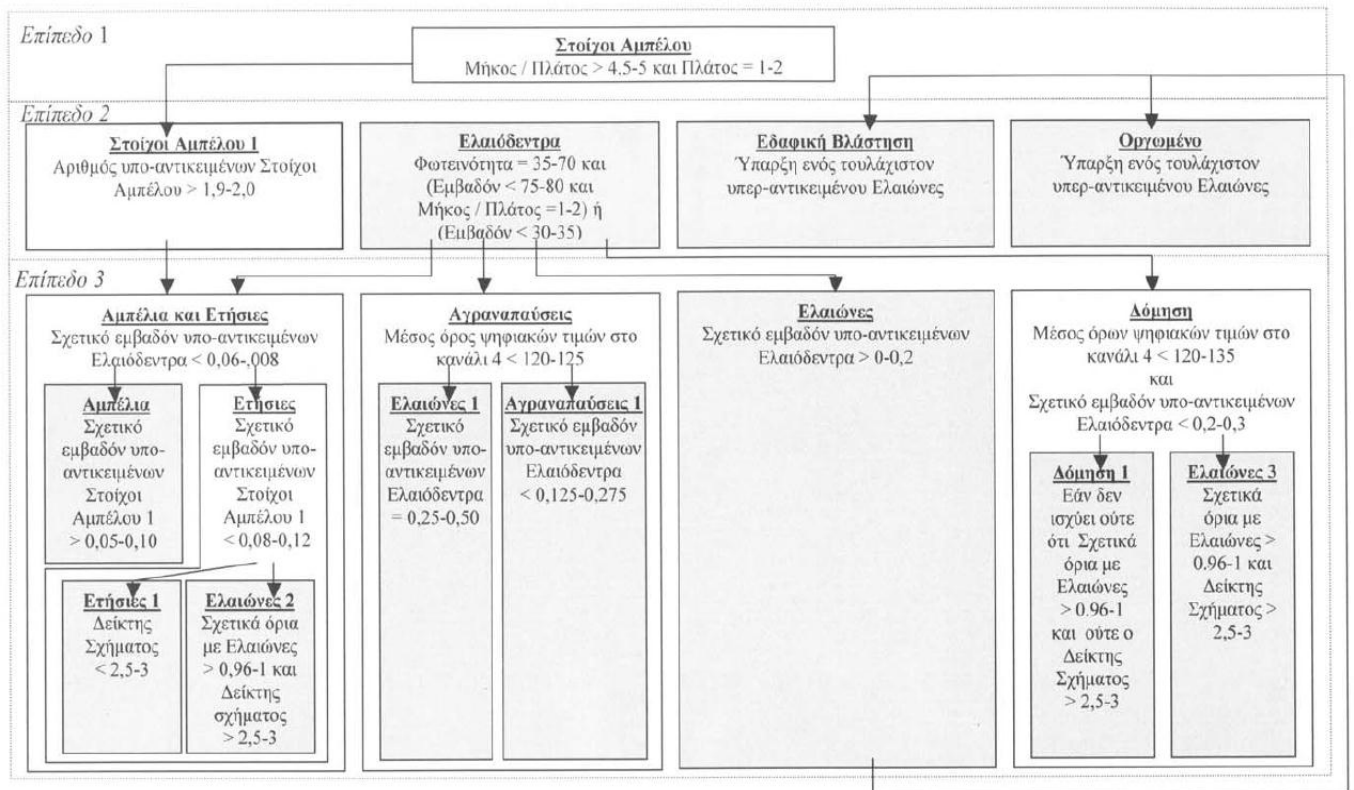
Για τη διενέργεια των ταξινομήσεων αξιοποιήθηκαν 10 περιοχές επιγείων ελέγχων εκτάσεως 700m x 700m. Οι επίγειοι έλεγχοι διεξήχθησαν την περίοδο Μαΐου-Ιουνίου 1999 από το Υπουργείο Γεωργίας. Οι 6 από τις περιοχές αυτές χρησιμοποιήθηκαν ως πεδία εκπαίδευσης του αλγορίθμου της ταξινόμησης και οι υπόλοιπες 4 για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης.

1.3.8.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

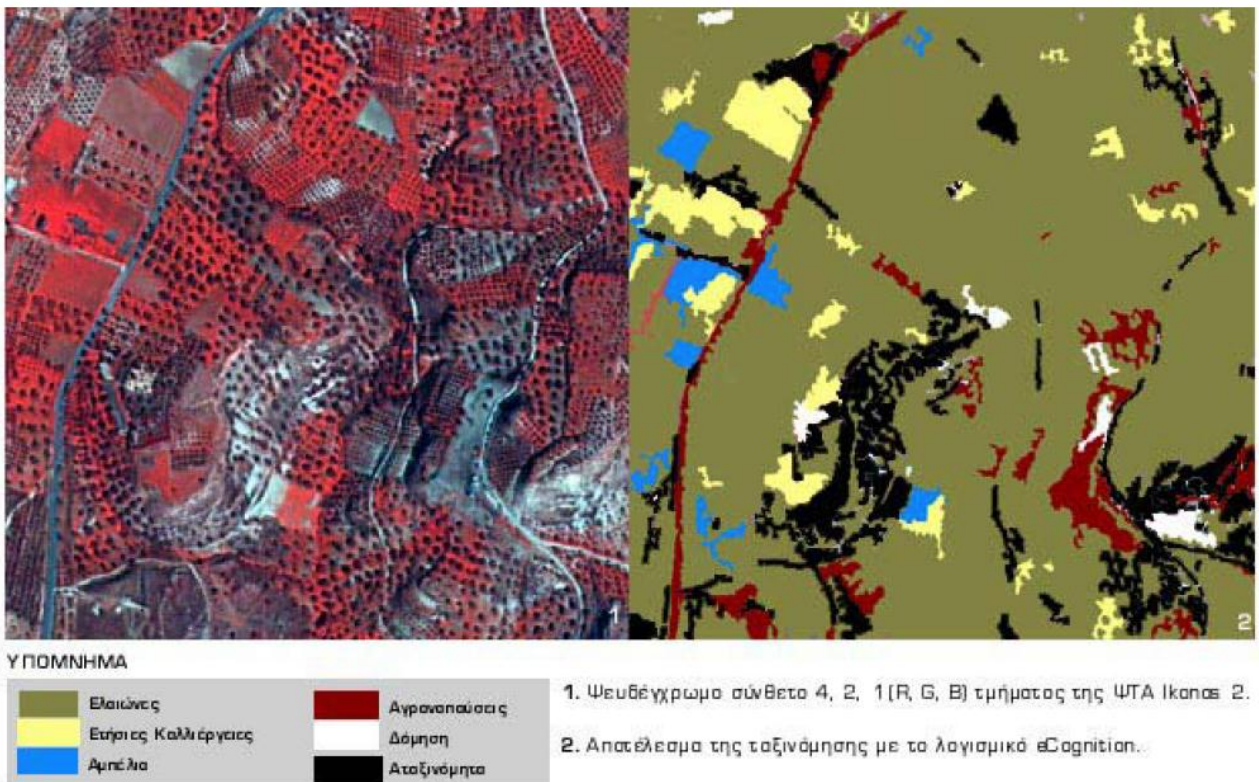
Μετά από σειρά δοκιμών έγινε κατάτμηση της εικόνας σε τρία διαφορετικά επίπεδα:

- *Επίπεδο 1:* Παράμετρος Κλίμακα: 3
Κριτήριο Χρώμα: 0,8
Κριτήριο Σχήμα: 0,2
Smoothness: 0,8
Compactness: 0,2
- *Επίπεδο 2:* Παράμετρος Κλίμακα: 5
Κριτήριο Χρώμα: 0,5
Κριτήριο Σχήμα: 0,5
Smoothness: 0,9
Compactness: 0,1
- *Επίπεδο 3:* Παράμετρος Κλίμακα: 50
Κριτήριο Χρώμα: 0,8
Κριτήριο Σχήμα: 0,2
Smoothness: 0,9
Compactness: 0,1

Με βάση τα τρία αυτά επίπεδα κατάτμησης (segmentation) της εικόνας ορίστηκαν οι τάξεις που παρατίθενται στη συνέχεια. Και πάλι εκτός από τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στη συνέχεια, εφαρμόστηκε σε όλες τις τάξεις η συνάρτηση Standard Nearest Neighbor για την ταξινόμηση των τάξεων και με βάση τις ψηφιακές τους τιμές.



Πίνακας 21: Κανόνες ταξινόμησης της εικόνας IKONOS



Εικόνα 12: Αποτέλεσμα της ταξινόμησης στην εικόνα IKONOS.

1.3.8.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η χρησιμοποίηση της αντικειμενοστρεφούς προσέγγισης για την ταξινόμηση της Ikonos είχε ως αποτέλεσμα να επιτευχθούν πολύ υψηλά ποσοστά ακρίβειας (συνολική ακρίβεια 90%) γιατί αξιοποιήθηκαν κατάλληλα όλες οι πληροφορίες τις οποίες παρείχε η εικόνα λόγω της πολύ υψηλής ΔΔ/ΔΙ της. Η ταξινόμηση των ελαιώνων βασίστηκε κυρίως στην αναγνώριση των ελαιοδέντρων, ενώ για τη διάκριση ανάμεσα στις ετήσιες καλλιέργειες και τα αμπέλια αξιοποιήθηκε η δυνατότητα της Ikonos να αναγνωρίζει τις συστοιχίες των αμπελιών. Με αξιοποίηση κατάλληλων αντικειμενοστρεφών κριτηρίων για την ταξινόμηση της ΨΤΑ, οι στοίχοι των αμπέλων αποτέλεσαν τη βασική παράμετρο διάκρισης ανάμεσα στις ετήσιες καλλιέργειες και τους αμπελώνες. Τα ποσοστά ακρίβειας της ταξινόμησης έφτασαν για τους ελαιώνες το 98%, για τα αμπέλια το 87%, για τις ετήσιες το 78% και για τις αγραναπαύσεις το 64%. Επιτεύχθηκε δε, η απεικόνιση των ελαιώνων και με εναλλακτικό τρόπο μετά την ταξινόμηση, κατά τον οποίο διακρίνονται ένα προς ένα τα ελαιόδεντρα και μπορούν να εξαχθούν χρήσιμες πληροφορίες για τον αριθμό τους, το μέγεθος της κόμης τους, την πυκνότητα φύτευσης και την ύπαρξη ή όχι χαμηλής βλάστησης στο έδαφος των ελαιώνων.

2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

2.1 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΟΙ ΟΠΟΙΕΣ ΕΧΟΥΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΕΙ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ eCOGNITION

Παρακάτω συνοψίζονται οι τίτλοι όλων των εργασιών που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στους πίνακες που παρατίθενται στα επόμενα κεφάλαια τα Ε1,Ε2 κλπ σημαίνουν ΕΡΓΑΣΙΑ Ε1, ΕΡΓΑΣΙΑ Ε2 κλπ αντίστοιχα.

ΕΡΓΑΣΙΑ Ε1: ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΩΝ QUICKBIRD.

ΕΡΓΑΣΙΑ Ε2: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ ΔΕΝΔΡΟΣΤΟΙΧΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟΥ ΟΡΙΣΜΟΥ ΧΩΡΑΦΙΩΝ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ.

ΕΡΓΑΣΙΑ Ε3: ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ & ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΠΑΦΟΥ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ & ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ QUICKBIRD.

ΕΡΓΑΣΙΑ Ε4: ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΚΤΙΣΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟ ΧΩΡΟ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΩ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΣΑΦΟΥΣ ΒΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΣΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.

ΕΡΓΑΣΙΑ Ε5: ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΩΝ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ.

ΕΡΓΑΣΙΑ Ε6: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΧΡΗΣΕΩΝ / ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΕΠΙΔΟΤΗΣΕΩΝ.

ΕΡΓΑΣΙΑ Ε7: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΤΟΠΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.

ΕΡΓΑΣΙΑ Ε8: ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΤΗΣ ΜΕΣΣΑΡΑΣ.

2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΕΙ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν για να πραγματοποιηθεί η ταξινόμηση των κύριων χρήσεων/καλύψεων γης στις εργασίες οι οποίες έχουν αναλυθεί.

NDVI=(εγγύς υπέρυθρο - κόκκινο) / (εγγύς υπέρυθρο + κόκκινο)

NDWI=(Blue-Red)/Nir χρησιμοποιείται για τη σωστή ταξινόμηση των υδάτινων επιφανειών. Με το συνδυασμό των καναλιών μπλε, κόκκινο και υπέρυθρο (με το υπέρυθρο στον παρονομαστή λόγω χαμηλών τιμών ανακλαστικότητας), ο δείκτης νερού εξαλείφει την παρουσία του γυμνού εδάφους και της βλάστησης.

Length= Είναι το μήκος του αντικειμένου και ορίζεται ως η διαφορά των συντεταγμένων των ακραίων σημείων του. Χρησιμοποιείται πολλές φορές σαν κανόνας ανάλογα με το πόσο μεγάλο μήκος πρέπει να έχουν τα προς ανίχνευση αντικείμενα.

Length / Width= Ένα άλλο χρήσιμο χαρακτηριστικό είναι το μήκος προς πλάτος του πολυγώνου. Το πρόγραμμα υπολογίζει το μέγιστο μήκος και πλάτος του αντικειμένου και έπειτα τον λόγο μήκος προς πλάτος. Όπως είναι φυσικό ο λόγος αυτός αναδεικνύει τα

μακρόστενα αντικείμενα και άρα είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο κατά τον εντοπισμό των δρόμων. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος ενός αντικειμένου τόσο πιο μακρόστενο είναι. Επιπλέον ο λόγος αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αντίστροφα ώστε να αποφευχθεί η ταξινόμηση άλλων περιοχών ως δρόμοι.

Density= Υπολογίζεται από την περιοχή της εικόνας που καλύπτεται από το αντικείμενο διαιρούμενη με την ακτίνα του και εκφράζει το πόσο συμπαγές είναι ένα αντικείμενο.

Mean Difference to Scene= Είναι η διαφορά της μέσης τιμής ενός αντικειμένου της εικόνας με την μέση τιμή του συνόλου της εικόνας. Όταν υπολογίζεται σε ένα υπέρυθρο κανάλι συμβάλει στην καλύτερη ανίχνευση και ταξινόμηση των περιοχών σκίασης. Αυτό συμβαίνει διότι στο υπέρυθρο αλλά και στο σύνολο της εικόνας οι σκιές έχουν πολύ μικρή ανακλαστικότητα με αποτέλεσμα η διαφορά των μέσων τιμών να είναι και πάλι μικρή και να απεικονίζονται μαύρες.

MSAVI= παρουσιάζει πολύ καλύτερα αποτελέσματα, κυρίως στις περιοχές με αραιή βλάστηση, όπου δίνει τη δυνατότητα για περισσότερες διαβαθμίσεις τους με τη σωστή κατωφλίωση των τιμών του. Η συνάρτηση που δίνει τις τιμές του δείκτη MSAVI:

$$-1 \leq MSAVI = \frac{2 * NIR + 1 - \sqrt{(2 * NIR + 1)^2 - 8 * (NIR - RED)}}{2} \leq +1$$

Ratio blue, red = είναι ο λόγος του μπλε, κόκκινου καναλιού προς όλα τα υπόλοιπα κανάλια.

Brightness=Ο υπολογισμός του χαρακτηριστικού Φωτεινότητας λαμβάνει υπόψη το άθροισμα των μέσων φασματικών τιμών σε όλα τα κανάλια και ένα δείκτη φωτεινότητας που έχει προσδιοριστεί για το καθένα. Επειδή τα δεδομένα αυτά μπορεί να έχουν και αρνητικές τιμές, για να βγει το αποτέλεσμα λογικό αριθμητικά, το λογισμικό λαμβάνει υπόψη του για τον υπολογισμό της τιμής της φωτεινότητας μόνο τα κανάλια με θετικές τιμές αυτών των δεδομένων.

Tile Roofs η ταξινόμηση των στεγών από κεραμίδι με φασματικές υπογραφές και περιοχές εκπαίδευσης ήταν σχεδόν αδύνατη, λόγω της συγγένειας των υλικών με το γυμνό χρώμα. Έτσι δημιουργήθηκε ένας νέος αλγόριθμος που όπως φάνηκε από την ταξινόμηση αυτής της κατηγορίας, είχε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ονομάστηκε *Tile Roof* και αφαιρέθηκαν οι μέσες τιμές ανακλαστικότητας του πράσινου καναλιού από αυτές του κόκκινου καναλιού.

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που είχαν χρησιμοποιηθεί στις εργασίες που αναλύθηκαν καθώς και οι τιμές τους για κάθε συγκεκριμένη κατηγορία χρήσης/κάλυψης γης αναφέρονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες. Οι κύριες κατηγορίες χρήσης/κάλυψης γης για τις οποίες γίνεται αναλυτική αναφορά των χαρακτηριστικών που συνήθως χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή τους είναι οι:









- βλάστηση
- υδάτινες επιφάνειες
- κύριοι δρόμοι
- δευτερεύοντες δρόμοι
- χωματόδρομοι
- στέγες
- ελαιόδεντρα

2.2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Στον πίνακα 22 συγκεντρώνονται κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας βλάστηση.

***Mean Elevation**= αυτό το μοντέλο υψομέτρων προέκυψε από αφαίρεση του υποκείμενου ψηφιακού μοντέλου εδάφους (*Digital Terrain Model - DTM*) από το ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας (*Digital Surface Model - DSM*).

Παρατηρούμε ότι ο εντοπισμός της βλάστησης γίνεται επί των πλείστων στα επίπεδα χαμηλής κλίμακας ενώ ο συντελεστής κλίμακας το χρώμα και η ομαλότητα διαφέρει ανάλογα την εικόνα και το αποτέλεσμα που θέλουμε να επιτύχουμε. Επίσης ο κανόνας NDVI είναι αυτός που χρησιμοποιείται περισσότερο και οι τιμές του κυμαίνονται από 0.2-0.43.



ΒΛΑΣΤΗΣΗ										
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΙΔΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
Ε1	ΑΡΑΙΗ	NDVI		0.235	0.325	QUICKBIRD	1	8	0.8	0.9
	ΜΕΤΡΙΑ	NDVI		0.320	0.425					
	ΠΥΚΝΗ	NDVI		0.41	0.43					
Ε2	ΑΡΑΙΗ	MEAN NIR/ RED RATIO		1.35	1.45	ADS40	1	20	0.6	0.5
		MEAN ELEVATION *		0	1					
Ε3		NDVI		0.2	0.22	QUICKBIRD	1	5	0.9	0.5
Ε4		NDVI		0.29	0.3	QUICKBIRD	4	30	0.6	0.8
Ε6		MSAVI		0.15	0.51	QUICKBIRD	1	10	0.8	0.9

Πίνακας 22: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία βλάστηση.

2.2.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Στον πίνακα 23 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας υδάτινες επιφάνειες.

Παρατηρούμε ότι και πάλι ο εντοπισμός υδάτινων επιφανειών γίνεται στα επίπεδα χαμηλής κλίμακας ενώ ο συντελεστής κλίμακας το χρώμα και η ομαλότητα διαφέρει ανάλογα την εικόνα και το αποτέλεσμα που θέλουμε να επιτύχουμε. Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης NDWI και οι τιμές του κυμαίνονται από 0.12-0.26.

ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ									
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙΟ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
E1	NDWI		0.24	0.26	QUICKBIRD	1	8	0.8	0.9
E2	NDWI		0.12	0.25	QUICKBIRD	1	20	0.6	0.5

Πίνακας 23: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία υδάτινες επιφάνειες.






2.2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΡΙΟΙ ΔΡΟΜΟΙ

Στον πίνακα 24 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας κύριοι δρόμοι.

***Asphalt Roads** Η κατασκευή του δείκτη Asphalt Roads, προκύπτει από την πρόσθεση της διαφοράς των τιμών του κόκκινου και του μπλε καναλιού με τη διαφορά των τιμών του εγγύς υπέρυθρου και του πράσινου καναλιού. Ο δείκτης δημιουργήθηκε μετά από πολλές δοκιμές και πειραματισμούς με σκοπό την εύρεση κάποιου περιγραφικού χαρακτηριστικού που να διαχωρίζει την κατηγορία των ασφαλτωμένων δρόμων από άλλες.

***Main direction:** Η κύρια κατεύθυνση ενός αντικείμενου της εικόνας ορίζεται ως η κατεύθυνση της μεγαλύτερης ακτίνας της έλλειψης που περιγράφει το αντικείμενο. Το χαρακτηριστικό αυτό χρησιμοποιήθηκε στη τελευταία προσέγγιση ώστε να συμβάλει στο διαχωρισμό της κύριας οδικής αρτηρίας της εικόνας από το υπόλοιπο οδικό δίκτυο.

Παρατηρούμε ότι ο εντοπισμός των δρόμων δεν γίνεται στα επίπεδα χαμηλής κλίμακας αλλά στα μεγαλύτερα επίπεδα ενώ οι συντελεστές κλίμακας έχουν μεγάλες τιμές. Οι πιο σύνηθες κανόνες είναι LENGTH/WIDTH και LENGTH ενώ οι τιμές τους εξαρτώνται από την εικόνα που θέλουμε να ταξινομήσουμε.

ΔΡΟΜΟΙ ΚΥΡΙΟΙ									
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙΟ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
E1	LENGTH		608	614	QUICKBIRD	4	18	0.2	1
	MAIN DIRECTION*		65	67					
E3	LENGTH		27	65	QUICKBIRD	4	50	0.2	0.9
	LENGTH/WIDTH		5	7					
	ASPHALT ROADS*		80	100					
E6	LENGTH/WIDTH		3	4	QUICKBIRD	2	45	0.8	0.6


Πίνακας 24: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία δρόμοι κύριοι.

2.2.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΡΟΜΟΙ

Στον πίνακα 25 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας δευτερεύοντες δρόμοι.

***Shape index:** Ο δείκτης σχήματος ορίζεται ως το μήκος των συνόρων ενός αντικειμένου διαιρεμένου προς τέσσερις φορές τη τετραγωνική ρίζα του εμβαδού του. Ουσιαστικά το χαρακτηριστικό αυτό δείχνει την ομαλότητα των συνόρων των αντικειμένων, έτσι όσο πιο ομαλά είναι αυτά τόσο μεγαλύτερη τιμή παίρνει ο δείκτης σχήματος. Το χαρακτηριστικό αυτό χρησιμοποιήθηκε επίσης για την ανάδειξη του οδικού δικτύου.

Παρατηρούμε ότι ο εντοπισμός των δευτερευόντων δρόμων γίνεται στα επίπεδα υψηλότερης κλίμακας ενώ για να φτιαχτεί αυτή η κατηγορία συνήθως έχουμε ήδη ταξινομήσει τους κύριους δρόμους πρώτα.

ΔΡΟΜΟΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ										
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ	
E1	NOT MAIN ROADS AND SHAPE INDEX*		6.18	6.22	QUICKBIRD	4	18	0.2	1	

Πίνακας 25: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία δρόμοι δευτερεύοντες.

2.2.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΜΑΤΟΔΡΟΜΟΙ

Στον πίνακα 26 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας χωματόδρομοι.

***Area/length** Σε μια μη γεωαναφερμένη εικόνα, το εμβαδόν ενός εικονοστοιχείου θεωρείται ίσο με τη μονάδα. Έτσι, το εμβαδόν ενός αντικειμένου σε αυτή την περίπτωση θα συμπίπτει με τον αριθμό των εικονοστοιχείων που το αποτελούν. Αν η εικόνα έχει γεωαναφορά, το εμβαδόν ενός αντικειμένου υπολογίζεται από το πραγματικό εμβαδόν ενός εικονοστοιχείου πολλαπλασιασμένο με τον αριθμό των εικονοστοιχείων που απαρτίζουν το αντικείμενο.

Παρατηρούμε ότι ο εντοπισμός των χωματόδρομων γίνεται σε διάφορα επίπεδα αλλά συνήθως όχι στα επίπεδα χαμηλής κλίμακας. Ο βασικός κανόνας που χρησιμοποιείται είναι κ πάλι LENGTH/WIDTH σε συνδυασμό με κάποιον άλλο κανόνα ανάλογα την εικόνα που θέλουμε να ταξινομήσουμε.

ΧΩΜΑΤΟΔΡΟΜΟΙ										
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ	
E1	LENGTH/WIDTH		14	18	QUICKBIRD	3	16	0.2	1	
	MEAN DIFF TO SCENE RED		140	310						
	AREA		80	90						
E3	LENGTH/WIDTH		9	11	QUICKBIRD	4	50	0.2	0.9	
	TILE ROOFS		-95	-85						
E6	AREA/LENGTH*		1.7	6.5	QUICKBIRD	2	45	0.8	0.6	

Πίνακας 26: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία χωματόδρομοι.

2.2.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΚΙΑ

Στον πίνακα 27 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας σκιά.

***Low Reflection** Η δημιουργία του δείκτη *Low Reflection*, με τις ίδιες διαδικασίες δημιουργίας του δείκτη βλάστησης *NDVI* και άλλων. Ο δείκτης *Low Reflection* προκύπτει από τις μέσες τιμές ανακλαστικότητας του κόκκινου μείον τις μέσες τιμές μπλε στη μείον ένα.

Παρατηρούμε ότι ο εντοπισμός των σκιών γίνεται σε διάφορα επίπεδα αλλά συνήθως στα επίπεδα χαμηλής κλίμακας, ενώ χρησιμοποιούνται διαφορετικοί κανόνες κάθε φορά ανάλογα με την εικόνα που ταξινομούμε.

ΣΚΙΑ										
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΙΔΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
E2		NOT VEGETATION AND MEAN BRIGHTNESS		60	65	ADS40	2	20	0.6	0.5
E3		LOW REFLECTION*		-0,19	-0,17	QUICKBIRD	2	10	0.8	0.5
E4	ΣΚΙΩΔΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	RATIO BLUE		0.22	0.221	QUICKBIRD	3	30	0.6	0.8






Πίνακας 27: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία σκιά.

2.2.7 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΕΡΑΜΟΣΚΕΠΕΣ

Στον πίνακα 28 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας κεραμοσκεπές.

Παρατηρούμε ότι ο εντοπισμός των κεραμοσκεπών γίνεται σε στα επίπεδα μεγάλης κλίμακας (Στην εργασία 4 η ταξινόμηση γίνεται ανάποδα). Οι συντελεστές κλίμακας έχουν μεγάλη τιμή ενώ προτιμάται μεγαλύτερη τιμή στην ομαλότητα 0.8.

Οι κανόνες που χρησιμοποιούνται ποικίλουν ανάλογα με την εικόνα που θέλουμε να ταξινομήσουμε.

ΚΕΡΑΜΟΣΚΕΠΕΣ										
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙΟ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ	
E3	TILE ROOFS*		-91	-89	QUICKBIRD	3	40	0.3	0.8	
	NDVI		0.09	0.13						
E4	AREA		684	685	QUICKBIRD	1	30	0.6	0.8	
	DENSITY		1.3	1.4						
	RATIO RED		0.24	0.241						

Πίνακας 28: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία κεραμοσκεπές.

2.2.8 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΣΚΕΠΕΣ

Στον πίνακα 29 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας τσιμεντοσκεπές.

***Concrete** Επειδή οι υψηλές τιμές φωτεινότητας χαρακτηρίζουν και μερικά τμήματα χωματοδρομών ή γυμνού εδάφους χρησιμοποιήθηκε άλλη μια συνάρτηση συμμετοχής με δείκτη ο οποίος δημιουργήθηκε έπειτα από πολλές δοκιμές και πειραματισμούς, ώστε να καταστήσει δυνατό το διαχωρισμό τους από το έδαφος που χαρακτηριζόταν από υψηλές τιμές φωτεινότητας. Το περιγραφικό αυτό χαρακτηριστικό ονομάστηκε Concrete. Οι τιμές που τέθηκαν για την περιγραφή της κατηγορίας αυτής μέσω του συγκεκριμένου δείκτη ήταν 59 έως 61 με συνάρτηση τύπου S.

Παρατηρούμε ότι ο εντοπισμός των τσιμεντοσκεπών γίνεται στα επίπεδα μεγάλης κλίμακας (Στην εργασία 4 η ταξινόμηση γίνεται ανάποδα). Οι συντελεστές κλίμακας έχουν μεγάλη τιμή ενώ προτιμάται μεγαλύτερη τιμή στην ομαλότητα 0.8 όπως ακριβώς και στις κεραμοσκεπές. Οι κανόνες και πάλι διαφέρουν ανάλογα με την εικόνα της ταξινόμησης.

ΤΣΙΜΕΝΤΟΣΚΕΠΕΣ										
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΙΔΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
Ε3		BRIGHTNESS		740	760	QUICKBIRD	3	40	0.3	0.8
		CONCRETE*		59	61					
Ε4	ΣΚΟΥΡΕΣ	MEAN BLUE		230	231	QUICKBIRD	2	30	0.6	0.8
		RATIO NIR		0.18	0.181					
		RATIO BLUE								
	ΦΩΤΕΙΝΕΣ	DENSITY		1.3	1.35					





Πίνακας 29: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία τσιμεντοσκεπές.

2.2.9 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΑ

Στον πίνακα 30 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας ελαιόδεντρα.

Παρατηρούμε ότι ο εντοπισμός των ελαιόδεντρων γίνεται στα επίπεδα χαμηλής κλίμακας. Τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι NDVI και BRIGHTNESS όπου οι τιμές κυμαίνονται από 20-70.

ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΑ										
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΙΔΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
Ε5	ΜΕΓΑΛΑ	NDVI		0.15	0.17	ΙΚΟΝΟΣ	1	3	0.9	0.5
		BRIGHTNESS		20	36					
	ΜΕΤΡΙΑ	BRIGHTNESS		21	40					
		NDVI		0.13	0.15					
		CONTRAST TO NEIGHBOOR PIXELS LAYER 1		-40	-20					
		BRIGHTNESS		26	50					
	ΜΙΚΡΑ	NDVI		0.1	0.25					
		CONTRAST TO NEIGHBOOR PIXELS LAYER 1		-70	-50					
		AREA		14	16					

E8	BRIGHTNESS		35	70	ΙΚΟΝΟΣ	2	5	0.5	0.9
	AND AREA		<75	80					
	AND LENGTH/WIDTH		1	2					
	OR AREA		<30	35					

Πίνακας 30: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία ελαιόδεντρα.

2.3 ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΕΙ ΣΕ ΝΕΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Στη συγκεκριμένη μελέτη σκοπός ήταν η διερεύνηση των δυνατοτήτων που παρέχει η αντικειμενοστρεφής ανάλυση τηλεπισκοπικών απεικονίσεων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας στην αυτοματοποίηση της διαδικασίας των ταξινομήσεων. Πιο συγκεκριμένα στόχος είναι η γενίκευση των κανόνων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για βασικές κατηγορίες χρήσεων/καλύψεων γης, έτσι ώστε να εφαρμόζονται σε διαφορετικές εικόνες με μικρές διαφοροποιήσεις στα όρια εφαρμογής τους. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την αυτοματοποίηση των ταξινομήσεων ενώ παράλληλα θα έχει σημαντική μείωση του κόστους σε χρήμα αλλά και σε χρόνο.

Για το σκοπό αυτό, μετά την αποδελτίωση των εργασιών και τη δημιουργία της ενιαίας βάσης γνώσης, επιλέχθηκαν τρεις εικόνες, οι οποίες περιείχαν όσο το δυνατόν όλες τις βασικές κατηγορίες χρήσης/κάλυψης γης που έχουν ήδη αναλυθεί. Οι τρεις εικόνες ταξινομήθηκαν χρησιμοποιώντας τους κανόνες, οι οποίοι συλλέχθηκαν, αναλύθηκαν και συστηματοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία της αποδελτίωσης, κάνοντας τις απαραίτητες αλλαγές στα όρια εφαρμογής τους όπου χρειαζόταν, αλλά προσθέτοντας και κάποιους επιπλέον κανόνες, όπου αυτό κρίθηκε απαραίτητο.

2.3.1.1 ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Οι περιοχές μελέτης που επιλέχθηκαν για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας είναι τρεις. Η πόλη του Αγίου Νικολάου, η πόλη του Ρεθύμνου, και η πόλη του Ηρακλείου στην Κρήτη. Οι ημερομηνίες λήψης της κάθε εικόνας είναι αντίστοιχα 13 Μαΐου 2003, 20 Μαρτίου 2007 και 28 Μαΐου 2002.

Για την πόλη του Αγίου Νικολάου και την πόλη του Ηρακλείου για την ανίχνευση και την εξαγωγή των θεματικών επιπέδων χρησιμοποιήθηκαν τηλεσκοπικές απεικονίσεις QuickBird πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας 0,7μ. Ενώ για την εικόνα του Ρεθύμνου χρησιμοποιήθηκε τηλεσκοπική απεικόνιση Ikonos με διακριτική ικανότητα 1μ.

Η απεικονίσεις QuickBird που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούνται από τέσσερα φασματικά κανάλια: μπλε (0.49-0.52 nm) πράσινο (0.52-0.60 nm) κόκκινο (0.63-0.69 nm) και εγγύς υπέρυθρο (0.76-0.90nm).

Η απεικόνιση Ikonos που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από τέσσερα κανάλια: Κανάλι 1: 0,45-0,53μm (μπλε), Κανάλι 2: 0,52-0,61 μm (πράσινο), Κανάλι 3: 0.64-0.72μm (κόκκινο), Κανάλι 4: 0.77-0.88 μm (εγγύς υπέρυθρο).

2.4 ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για τις κατατμήσεις είναι

Για την εικόνα του Αγίου Νικολάου

Η τελική κατάτμηση έγινε στο **επίπεδο 2** με παράμετρο κλίμακας 10, κριτήριο σχήματος 0.8 και συμπαγές του σχήματος 0.9.

Επίπεδο 1 με παράμετρο κλίμακας 10, κριτήριο σχήματος 0.8 και συμπαγές του σχήματος 0.9.

Επίπεδο 3 με παράμετρο κλίμακας 50, κριτήριο σχήματος 0.3 και συμπαγές του σχήματος 0.7.

Για την εικόνα του Ρεθύμνου

Η τελική κατάτμηση έγινε στο **επίπεδο 2** με παράμετρο κλίμακας 10, κριτήριο σχήματος 0.8 και συμπαγές του σχήματος 0.9.

Επίπεδο 1 με παράμετρο κλίμακας 10, κριτήριο σχήματος 0.8 και συμπαγές του σχήματος 0.9.

Επίπεδο 3 με παράμετρο κλίμακας 50, κριτήριο σχήματος 0.2 και συμπαγές του σχήματος 0.9.

Για την εικόνα του Ηρακλείου

Η τελική κατάτμηση έγινε στο **επίπεδο 2** με παράμετρο κλίμακας 10, κριτήριο σχήματος 0.8 και συμπαγές του σχήματος 0.9.

Επίπεδο 1 με παράμετρο κλίμακας 10, κριτήριο σχήματος 0.8 και συμπαγές του σχήματος 0.9.

Επίπεδο 3 με παράμετρο κλίμακας 60, κριτήριο σχήματος 0.1 και συμπαγές του σχήματος 0.8.

Στο επίπεδο 1 χρησιμοποιήσαμε κλίμακες με χαμηλές τιμές έτσι ώστε να έχουμε μικρά και πολλά αντικείμενα και έτσι καλύτερη ταξινόμηση στη βλάστηση και στις υδάτινες επιφάνειες. Στο επίπεδο 3 χρησιμοποιήσαμε κλίμακες με μεγάλες τιμές έτσι ώστε να έχουμε μεγάλα και λίγα αντικείμενα και έτσι καλύτερη ταξινόμηση στους δρόμους και στις στέγες. Στο επίπεδο 2 έγινε η τελική κατάτμηση παίρνοντας σαν sub objects και super objects τα επίπεδα 3 και 1 αντίστοιχα.

2.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΑΝΑ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν με τα όριά τους, για κάθε θεματική κατηγορία ξεχωριστά.

Στους πίνακες που παρατίθενται παρακάτω όπου E1,E2,E3 αντιστοιχεί στην περιοχή μελέτης όπως φαίνεται παρακάτω.

E1 = περιοχή μελέτης Αγίου Νικολάου




E2 = περιοχή μελέτης Ρεθύμνου

E3 = περιοχή μελέτης Ηρακλείου

2.5.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Στον πίνακα 31 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας βλάστηση.

Παρατηρούμε ότι για την εικόνα 1 και 3 χρησιμοποιήσαμε ακριβώς τους ίδιους κανόνες με τα ίδια όρια ενώ στην εικόνα 2 έχουμε διαφορές στα όρια. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι εικόνες 1 και 3 είναι QuickBird ενώ η εικόνα 2 είναι Ikonos.




ΒΛΑΣΤΗΣΗ									
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΚΑΝΟΝΑΣ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
E1	NDVI		0.15	0.19	QUICKBIRD	1	10	0.8	0.9
E2	NDVI		0.33	0.37	IKONOS	1	10	0.8	0.9
E3	NDVI		0.15	0.19	QUICKBIRD	1	10	0.8	0.9

Πίνακας 31: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία βλάστηση.

2.5.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Στον πίνακα 32 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας υδάτινες επιφάνειες.

Παρατηρούμε ότι για την εικόνα 1 και 3 χρησιμοποιήσαμε ακριβώς τους ίδιους κανόνες με τα ίδια όρια ενώ στην εικόνα 2 έχουμε διαφορές στα όρια. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι εικόνες 1 και 3 είναι QuickBird ενώ η εικόνα 2 είναι Ikonos.

ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ									
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΚΑΝΟΝΑΣ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
E1	ΛΟΓΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ 1/4		0.9	1.25	QUICKBIRD	1	10	0.8	0.9
E2	ΛΟΓΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ 1/4		1.525	1.875	IKONOS	1	10	0.8	0.9
E3	ΛΟΓΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ 1/4		0.9	1.25	QUICKBIRD	1	10	0.8	0.9

Πίνακας 32: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία υδάτινες επιφάνειες.

2.5.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΥΡΙΟΙ ΔΡΟΜΟΙ

Στον πίνακα 33 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας κύριοι δρόμοι.

Παρατηρούμε ότι και στις 3 εικόνες χρησιμοποιούμε το ίδιο σύνολο κανόνων ενώ υπάρχουν διαφορές στα όρια στους κανόνες length και length/width. Αυτό συμβαίνει αρχικά επειδή οι εικόνες 1 και 3 είναι QuickBird ενώ η εικόνα 2 είναι Ikonos, αλλά και στο γεγονός ότι οι εικόνες ελήφθησαν διαφορετικές ημερομηνίες κάτω από διαφορετικές συνθήκες και ατμοσφαιρικές μεταβολές.




ΔΡΟΜΟΙ ΚΥΡΙΟΙ									
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΚΑΝΟΝΑΣ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙΟ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
E1	LENGTH/WIDTH		7	9	QUICKBIRD	3	50	0.3	0.7
	LENGTH		100	150					
	MEAN DIF.TO SCENE(4)		-40	-30					
E2	LENGTH		20	70	IKONOS	3	50	0.2	0.9
	LENGTH/WIDTH		10	12					
	MEAN DIF.TO SCENE(4)		-40	-30					
E3	LENGTH/WIDTH		3	7	QUICKBIRD	3	60	0.1	0.8
	LENGTH		100	150					
	MEAN DIF.TO SCENE(4)		-40	-30					

Πίνακας 33: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία δρόμοι κύριοι.

2.5.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΡΟΜΟΙ

Στον πίνακα 34 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας δευτερεύοντες δρόμοι.

Παρατηρούμε ότι και στις 3 εικόνες χρησιμοποιούμε τους ίδιους κανόνες ενώ υπάρχουν διαφορές στα όρια τους. Αυτό συμβαίνει επειδή οι εικόνες ελήφθησαν διαφορετικές ημερομηνίες κάτω από διαφορετικές συνθήκες και ατμοσφαιρικές μεταβολές.





<u>ΔΡΟΜΟΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ</u>									
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΚΑΝΟΝΑΣ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
E1	LENGTH/WIDTH		8	10	QUICKBIRD	3	50	0.3	0.7
E2	LENGTH/WIDTH		8	10	ΙΚΟΝΟΣ	3	50	0.2	0.9
E3	LENGTH/WIDTH		3	7	QUICKBIRD	3	60	0.1	0.8

Πίνακας 34: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία δευτερεύοντες δρόμοι.

2.5.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΜΑΤΟΔΡΟΜΟΙ

Στον πίνακα 35 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας χωματόδρομοι.

Παρατηρούμε ότι και στις 2 εικόνες χρησιμοποιούμε το ίδιο σύνολο κανόνων ενώ υπάρχουν διαφορές στα όρια στους. Αυτό συμβαίνει αρχικά επειδή οι εικόνες 1 είναι QuickBird ενώ η εικόνα 2 είναι Ικονος, αλλά και στο γεγονός ότι οι εικόνες ελήφθησαν διαφορετικές ημερομηνίες κάτω από διαφορετικές συνθήκες και ατμοσφαιρικές μεταβολές. Επίσης στην εικόνα 1 δόθηκε περισσότερη έμφαση στο χρώμα και λιγότερο στην ομαλότητα κατά την κατάτμηση από ότι στην εικόνα 2.









<u>ΧΩΜΑΤΟΔΡΟΜΟΙ</u>									
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΚΑΝΟΝΑΣ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
E1	LENGTH/WIDTH		7	9	QUICKBIRD	3	50	0.3	0.7
	MEAN (3)		500	950					
E2	LENGTH/WIDTH		10	12	ΙΚΟΝΟΣ	3	50	0.2	0.9
	MEAN (3)		500	950					

Πίνακας 35:Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία χωματόδρομοι.

2.5.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΤΕΓΕΣ

Στον πίνακα 36 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας στέγες.

Παρατηρούμε ότι και στις 2 εικόνες QuickBird(E1, E3)χρησιμοποιούμε το ίδιο σύνολο κανόνων ενώ στην εικόνα Ikonos (E2) χρησιμοποιούμε επίσης τους κανόνες area και length/width. Υπάρχουν διαφορές στα όρια στους κανόνες length/width. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι εικόνες ελήφθησαν διαφορετικές ημερομηνίες κάτω από διαφορετικές συνθήκες και ατμοσφαιρικές μεταβολές.








<u>ΣΤΕΓΕΣ</u>									
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΚΑΝΟΝΑΣ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
E1	DENSITY		1.5	1.7	QUICKBIRD	3	50	0.3	0.7
	MEAN DIF.TO SCENE(1)		-50	-30					
E2	AREA		1500	1600	IKONOS	3	50	0.2	0.9
	DENSITY		1.5	1.7					
	MEAN DIF.TO SCENE(1)		50	70					
	LENGTH/WIDTH		10	12					
E3	DENSITY		1.5	1.7	QUICKBIRD	3	60	0.1	0.8
	MEAN DIF.TO SCENE(1)		45	55					

Πίνακας 36: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία στέγες.

2.5.7 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΑ




Στον πίνακα 37 συγκεντρώνονται οι κανόνες για τον εντοπισμό της κατηγορίας ελαιόδεντρα.

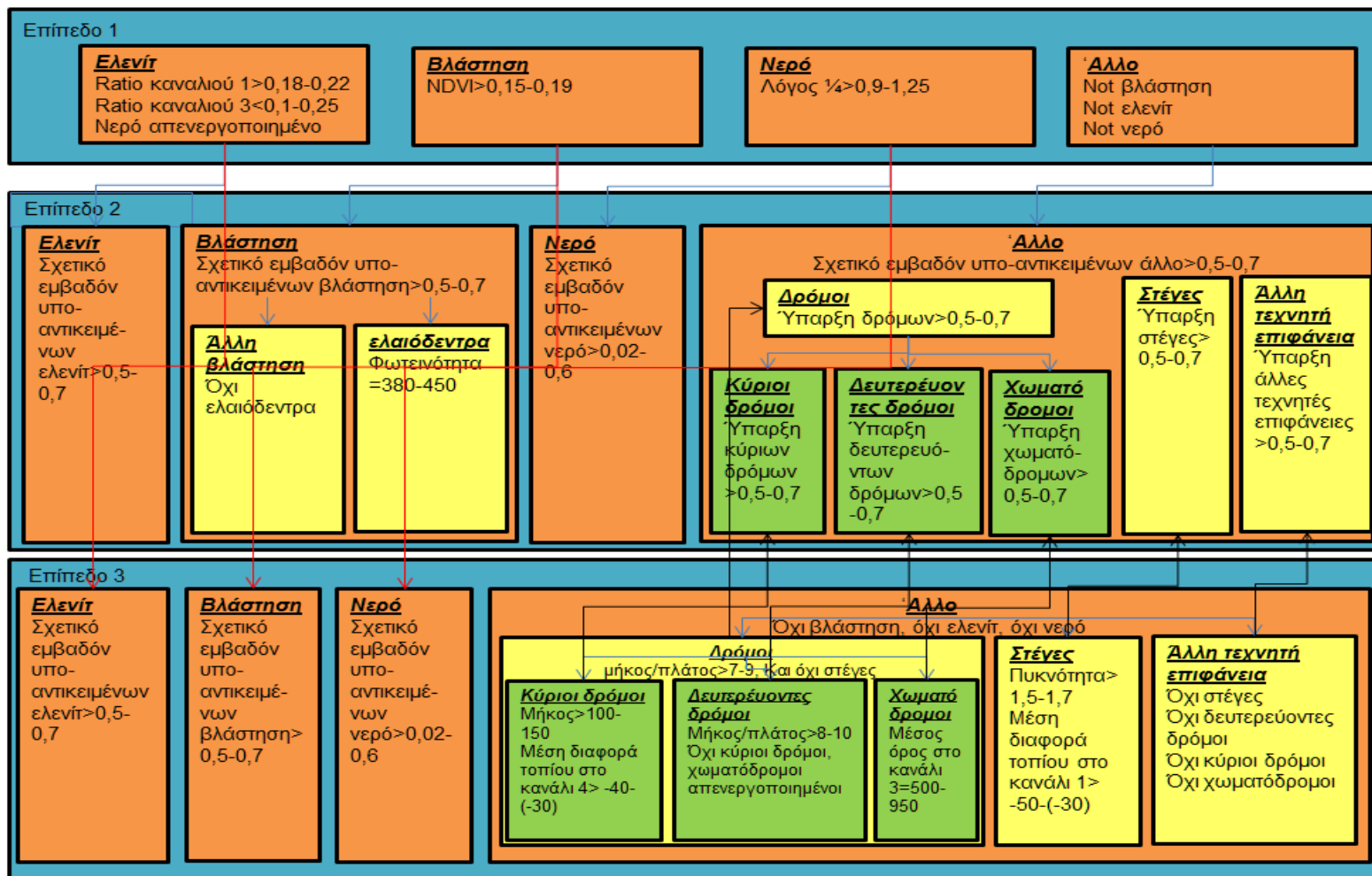
Παρατηρούμε ότι και στις 2 εικόνες QuickBird (E1, E3) χρησιμοποιούμε το ίδιο σύνολο κανόνων ενώ στην εικόνα Ikonos (E2) χρησιμοποιούμε επίσης τον κανόνα mean difference to neighbor. Δεν υπάρχουν διαφορές στους κανόνες στις εικόνες 1,3 ενώ υπάρχουν πολλές διαφορές μεταξύ των εικόνων 1,3 και 2. Αυτό οφείλεται στο ότι οι εικόνες προέρχονται από διαφορετικό δορυφόρο.

ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΑ									
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΚΑΝΟΝΑΣ	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΛΙΜ.	ΧΡΩΜΑ	ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ
Ε1	NDVI		0.15	0.19	QUICKBIRD	2	10	0.8	0.9
	BRIGHTNESS		380	450					
Ε2	BRIGHTNESS		200	400	ΙΚΟΝΟΣ	2	10	0.8	0.9
	MEAN DIFF.TO NEIGHBOOR(4)		-45	-35					
	NDVI		0.33	0.37					
Ε3	NDVI		0.15	0.19	QUICKBIRD	2	10	0.8	0.9
	BRIGHTNESS		380	450					

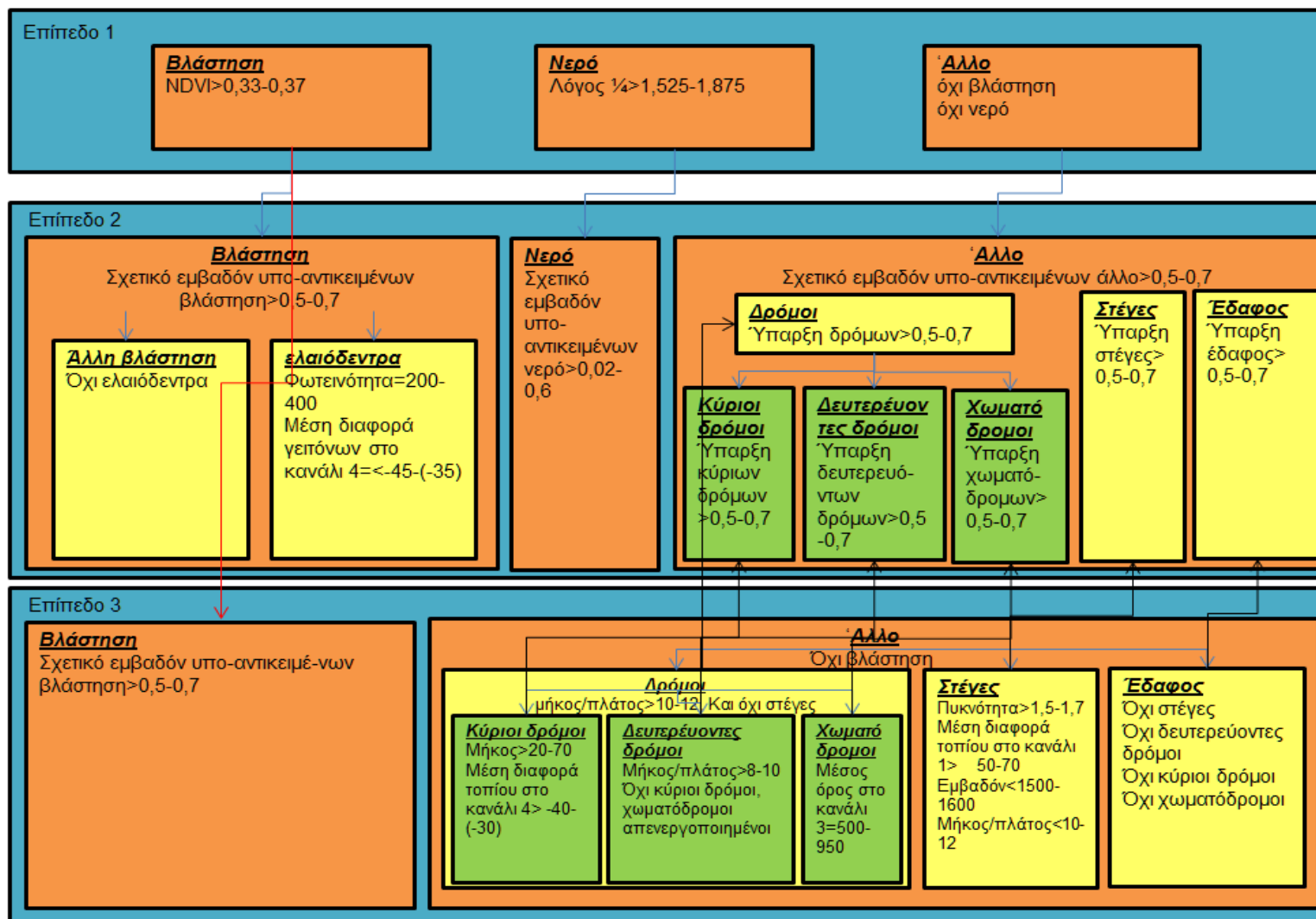
Πίνακας 37: Κανόνες ταξινόμησης για την κατηγορία ελαιόδεντρα.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα οργανογράμματα με το σύνολο των κανόνων για όλες τις κατηγορίες για την κάθε δορυφορική εικόνα.

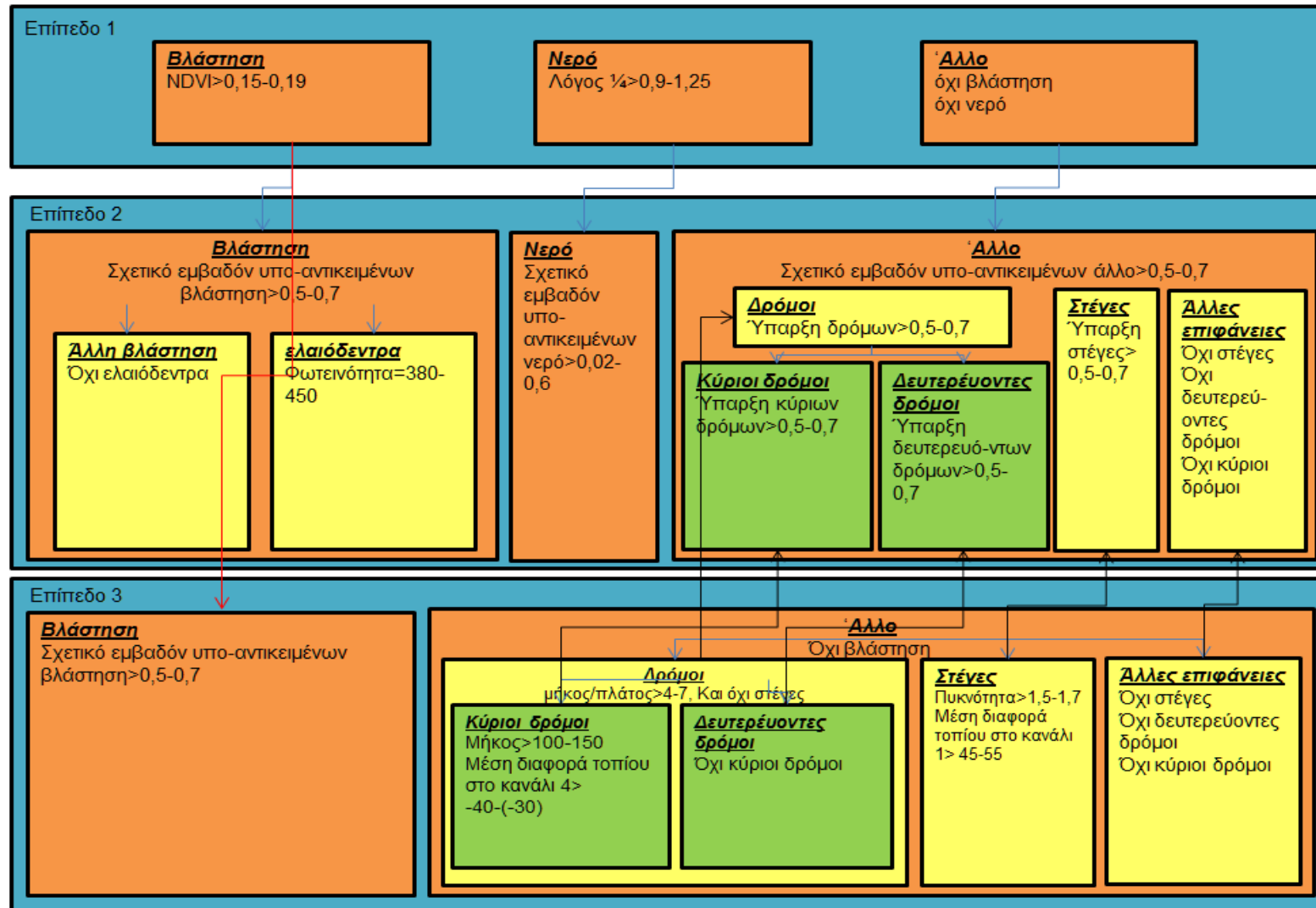
-  Από επίπεδο 1 σε 3 super object
-  Από επίπεδο 3 σε 2 sub object
-  Από επίπεδο 1 σε 2 super object



Πίνακας 38: Οργανόγραμμα κανόνων για την περιοχή του Αγίου Νικολάου.



Πίνακας 39: Οργανόγραμμα κανόνων για την περιοχή του Ρεθύμνου.



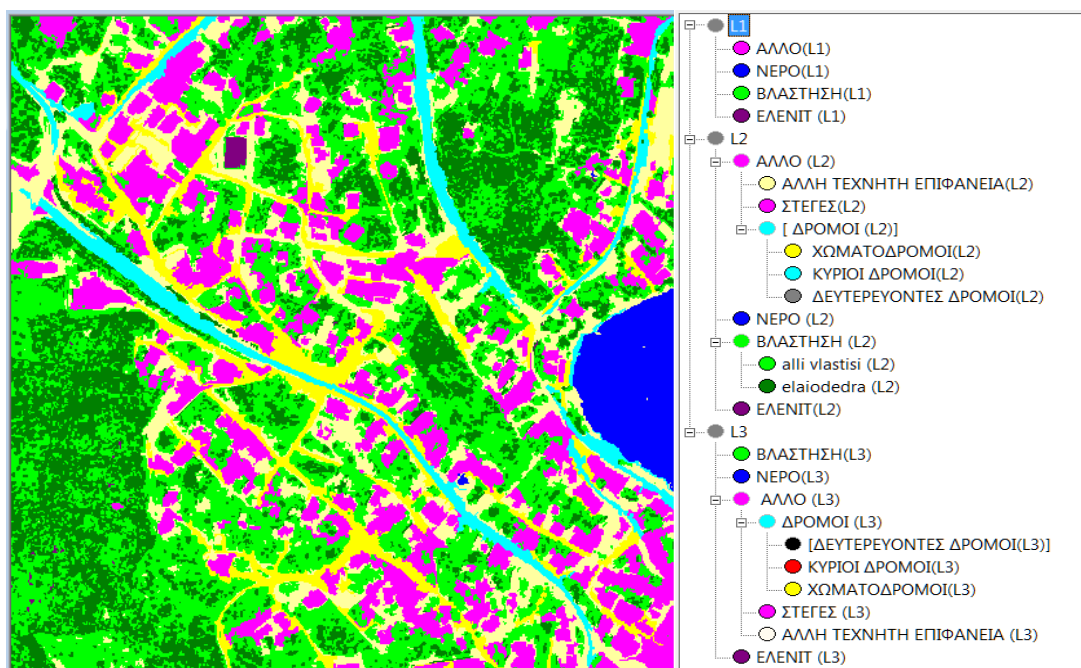
Πίνακας 40: Οργανόγραμμα κανόνων για την περιοχή του Ηρακλείου.

2.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΝΕΕΣ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ταξινόμησης για την κάθε εικόνα ξεχωριστά.

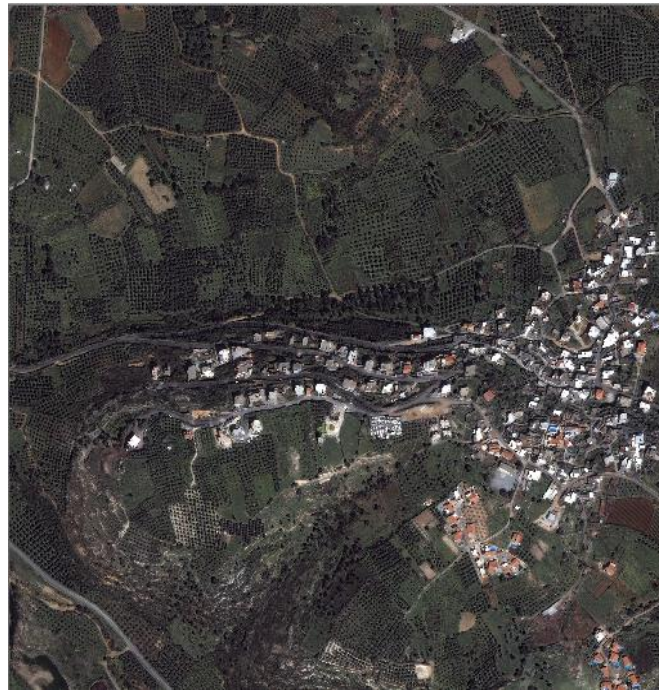


Εικόνα 13: Εικόνα της περιοχής Αγίου Νικολάου πριν την ταξινόμηση.

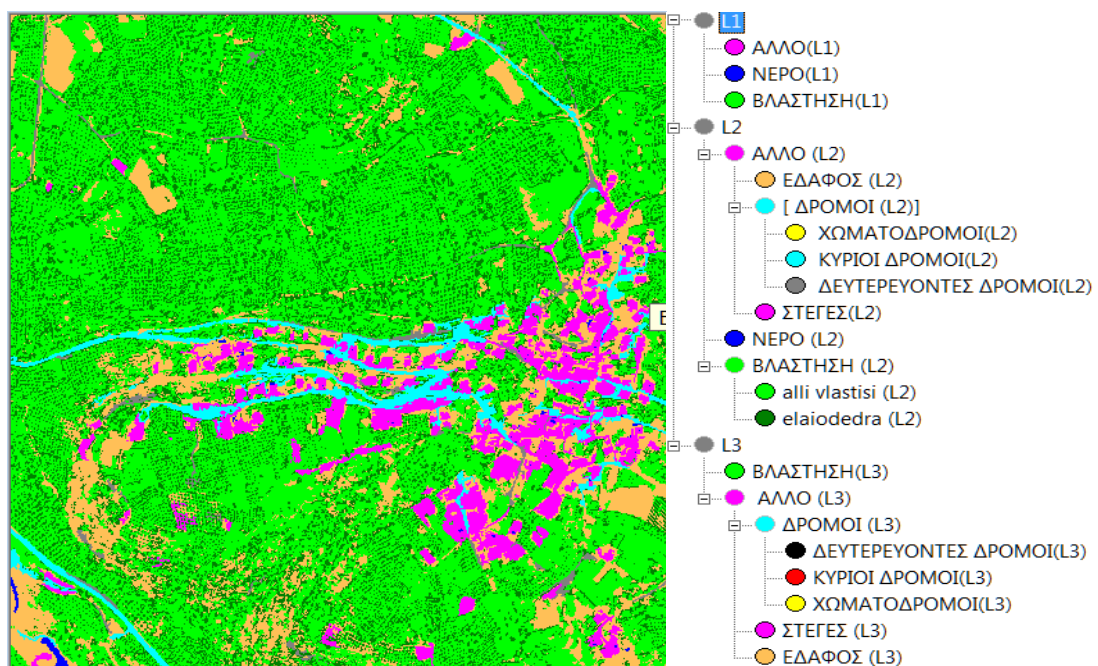


Εικόνα 14: Τελική ταξινόμηση στην περιοχή Αγίου Νικολάου στο επίπεδο L2.

Με φωτοερμηνευτική μέθοδο παρατηρούμε ότι η ταξινόμηση είναι αρκετά καλή ενώ οι κύριοι δρόμοι και τα ελαιόδεντρα είναι πολύ ευδιάκριτα. Κάποιοι χωματόδρομοι δεν έχουν ταξινομηθεί σωστά γεγονός που οφείλεται στην παρόμοια φασματική υπογραφή με κάποια κτίρια.



Εικόνα 15: Εικόνα της περιοχής Ρεθύμνου πριν την ταξινόμηση.

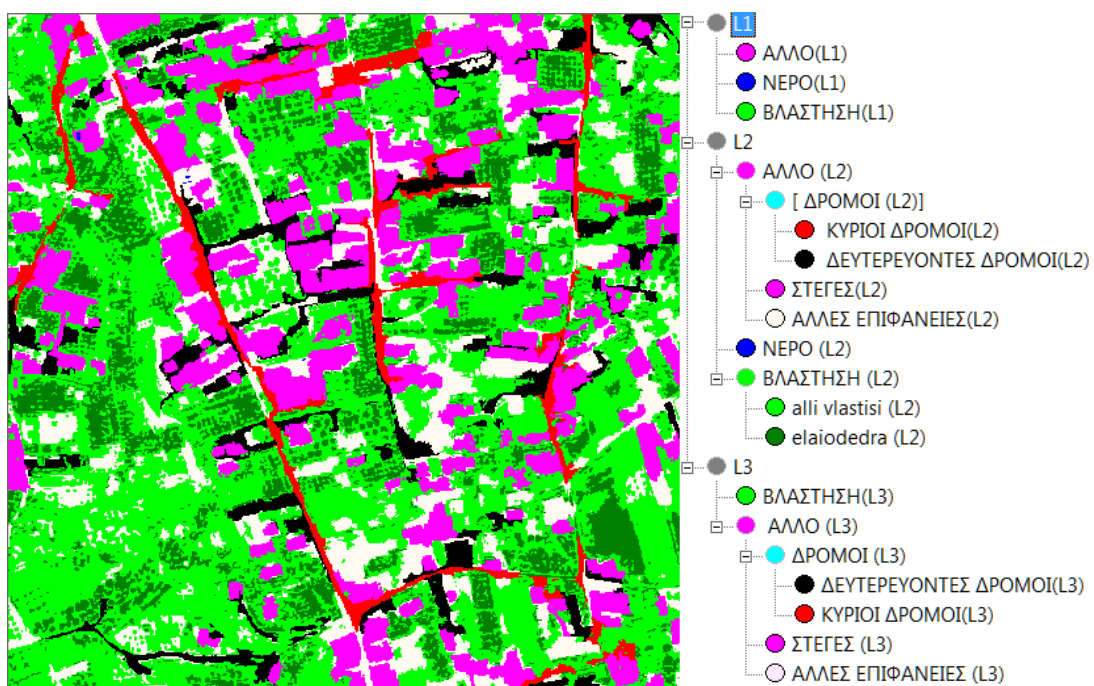


Εικόνα 16: Τελική ταξινόμηση στην περιοχή Ρεθύμνου στο επίπεδο L2.

Με φωτοερμηνευτική μέθοδο παρατηρούμε ότι η ταξινόμηση είναι και πάλι αρκετά καλή ιδιαίτερα όσον αφορά τους κύριους δρόμους και τα ελαιόδεντρα. Πολλοί χωματόδρομοι δεν έχουν ταξινομηθεί σωστά γεγονός που οφείλεται στην παρόμοια φασματική υπογραφή με κάποια κτίρια. Δημιουργήσαμε την κατηγορία έδαφος διότι συγγεόταν με την κατηγορία κτίρια.



Εικόνα 17: Εικόνα της περιοχής Ηρακλείου πριν την ταξινόμηση



Εικόνα 18: Τελική ταξινόμηση στην περιοχή Ηρακλείου στο επίπεδο L2.

Με φωτοερμηνευτική μέθοδο παρατηρούμε ότι η ταξινόμηση είναι ικανοποιητική αν λάβουμε υπόψη ότι η αρχική μας εικόνα είναι θολή σε κάποια σημεία και τα αντικείμενα παρουσιάζουν μεγάλες σκιές λόγω της γωνίας λήψης. Οι κύριοι δρόμοι και τα ελαιόδεντρα έχουν ταξινομηθεί ικανοποιητικά ενώ και πάλι τα περισσότερα προβλήματα εντοπίζονται στους δευτερεύοντες δρόμους.

2.7 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΩΝ ΟΙ ΟΠΟΙΕΣ ΠΡΟΕΚΥΨΑΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ταξινομήσεων έγινε με χρήση περιοχών ελέγχου και πίνακα σύγχυσης (*Error Matrix based on Samples*). Οι περιοχές ελέγχου ορίστηκαν για κάθε κατηγορία ξεχωριστά με φωτοερμηνεία. Το καλύτερο μέτρο αξιολόγησης μίας ταξινόμησης στην περίπτωση του πίνακα σύγχυσης είναι ο δείκτης K.

Η στατιστική παράμετρος K είναι μια ένδειξη του βαθμού κατά τον οποίο οι ποσοστιαίες ορθές τιμές ενός πίνακα σφαλμάτων οφείλονται σε αληθή συμφωνία έναντι τυχαίας συμφωνίας. Καθώς η αληθής (παρατηρηθείς συμφωνία) τείνει στο 1 και η τυχαία συμφωνία τείνει στο 0, το K τείνει στο 1. Αυτή είναι η ιδανική περίπτωση. Για παράδειγμα, ένα $K=0,67$ μπορεί να θεωρηθεί ως ένδειξη ότι μια πραγματική ταξινόμηση είναι κατά 67% καλύτερη από μια ταξινόμηση που είναι αποτέλεσμα μίας τυχαίας ταξινόμησης. Στην πραγματικότητα το K κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1. Αν το K λάβει αρνητική τιμή αυτό αποτελεί ένδειξη κακής ταξινόμησης (Αργιαλάς Δ., 2000).

Η στατιστική παράμετρος K υπολογίζεται ως :

$$k = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}$$

Όπου :

R : ο αριθμός των γραμμών του πίνακα σύγχυσης,

x_{ii} : ο αριθμός των παρατηρήσεων στη γραμμή i και τη στήλη j στην κύρια διαγώνιο,

x_{i+} : το σύνολο των παρατηρήσεων στη γραμμή i παρουσιάζεται ως περιθωριακό σύνολο στο δεξί μέρος του πίνακα,

x_{+i} : το σύνολο των παρατηρήσεων στη στήλη i παρουσιάζεται ως περιθωριακό σύνολο στο κάτω μέρος του πίνακα, και

N : ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων που περιλαμβάνονται στον πίνακα.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες σύγχυσης που δημιουργήθηκαν και τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τις ταξινομήσεις οι οποίες προέκυψαν με την εφαρμογή των γενικευμένων κανόνων στις εικόνες των περιοχών Αγ. Νικολάου, Ρεθύμνου και Ηρακλείου.

User Class \ Sample	elaiodetra...	NEPO...	alli vlastisi...	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΡΟΜΟ...	ΚΥΡΙΟΙ ΔΡΟΜΟΙ...	ΧΩΜΑΤΟΔΡΟΜΟΙ...	ΕΛΕΝΙΤ...	ΣΤΕΓΕΣ...	ΆΛΛΗ ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ...	Sum
Confusion Matrix										
elaiodetra (L2)	34	0	3	0	0	0	0	0	3	40
NEPO (L2)	0	32	0	0	0	0	0	0	0	32
alli vlastisi (L2)	17	0	21	0	0	0	0	0	6	44
ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΡΟΜΟΙ(L2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΚΥΡΙΟΙ ΔΡΟΜΟΙ(L2)	0	0	0	0	42	0	0	0	0	42
ΧΩΜΑΤΟΔΡΟΜΟΙ(L2)	0	0	0	5	0	37	0	0	0	42
ΕΛΕΝΙΤ(L2)	1	0	0	0	0	0	22	0	0	23
ΣΤΕΓΕΣ(L2)	0	0	0	1	0	2	0	54	0	57
ΆΛΛΗ ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ(L2)	0	0	0	0	2	1	0	5	16	24
unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	52	32	24	6	44	40	22	59	25	
Accuracy										
Producer	0.654	1	0.875	0	0.955	0.925	1	0.915	0.64	
User	0.85	1	0.477	undefined	1	0.881	0.957	0.947	0.667	
Hellden	0.739	1	0.618	0	0.977	0.902	0.978	0.931	0.653	
Short	0.586	1	0.447	0	0.955	0.822	0.957	0.871	0.485	
KIA Per Class	0.601	1	0.854	0	0.947	0.913	1	0.896	0.609	
Totals										
Overall Accuracy	0.849									
KIA	0.826									

Πίνακας 41: Αξιολόγηση της ταξινόμησης για την περιοχή του Αγίου Νικολάου (επίπεδο L2).

Παρατηρώντας τον δείκτη K, στην περίπτωση της ταξινόμησης στην περιοχή του Αγ. Νικολάου, βλέπουμε ότι έχουμε πάρα πολύ καλή ακρίβεια της τάξης 82.6% με τα κυριότερα προβλήματα να εντοπίζονται στην κατηγορία ελαιόδεντρα και άλλη τεχνητή επιφάνεια.

User Class \ Sample	elaiodetra...	NEPO...	alli vlastisi ...	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΡΟΜΟ...	ΚΥΡΙΟΙ ΔΡΟΜΟΙ...	ΣΤΕΓΕΣ...	ΕΔΑΦΟΣ...	Sum
Confusion Matrix								
elaiodetra (L2)	28	0	5	0	0	0	2	35
NEPO (L2)	0	5	0	0	0	0	0	5
alli vlastisi (L2)	15	0	52	0	0	0	3	70
ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΡΟΜΟΙ(L2)	0	0	0	8	0	0	0	8
ΚΥΡΙΟΙ ΔΡΟΜΟΙ(L2)	0	0	0	1	52	0	0	53
ΣΤΕΓΕΣ(L2)	0	0	0	8	0	8	6	22
ΕΔΑΦΟΣ (L2)	0	0	1	0	5	0	52	58
unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	43	5	58	17	57	8	63	
Accuracy								
Producer	0.651	1	0.897	0.471	0.912	1	0.825	
User	0.8	1	0.743	1	0.981	0.364	0.897	
Hellden	0.718	1	0.813	0.64	0.945	0.533	0.86	
Short	0.56	1	0.684	0.471	0.897	0.364	0.754	
KIA Per Class	0.595	1	0.857	0.453	0.889	1	0.773	
Totals								
Overall Accuracy	0.817							
KIA	0.771							

Πίνακας 42: Αξιολόγηση της ταξινόμησης για την περιοχή του Ρεθύμνου (επίπεδο L2).

Παρατηρώντας τον δείκτη K, στην περίπτωση της ταξινόμησης στην περιοχή του Ρεθύμνου, βλέπουμε ότι έχουμε πάρα πολύ καλή ακρίβεια της τάξης 77.1% με τα κυριότερα προβλήματα να εντοπίζονται στην κατηγορία ελαιόδεντρα και δευτερεύοντες δρόμοι.

User Class \ Sample	elaiodedra...	NEPO ...	alli vlastisi ...	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΡΟΜΟΙ...	ΚΥΡΙΟΙ ΔΡΟΜΟΙ...	ΣΤΕΓΕΣ...	ΆΛΛΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ...	Sum
Confusion Matrix								
elaiodedra (L2)	41	0	7	0	0	0	0	48
NEPO (L2)	0	4	0	0	0	0	0	4
alli vlastisi (L2)	20	0	55	1	0	0	4	80
ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΡΟΜΟΙ(L2)	0	0	0	24	1	2	0	27
ΚΥΡΙΟΙ ΔΡΟΜΟΙ(L2)	0	0	0	3	28	0	0	31
ΣΤΕΓΕΣ(L2)	0	1	0	0	0	71	12	84
ΆΛΛΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ(L2)	0	0	0	8	2	2	13	25
unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	61	5	62	36	31	75	29	
Accuracy								
Producer	0.672	0.8	0.887	0.667	0.903	0.947	0.448	
User	0.854	1	0.688	0.889	0.903	0.845	0.52	
Heidden	0.752	0.889	0.775	0.762	0.903	0.893	0.481	
Short	0.603	0.8	0.632	0.615	0.824	0.807	0.317	
KIA Per Class	0.609	0.797	0.846	0.634	0.892	0.926	0.398	
Totals								
Overall Accuracy	0.789							
KIA	0.74							

reduce
 expand
 Close

Πίνακας 43: Αξιολόγηση της ταξινόμησης για την περιοχή του Ηρακλείου (επίπεδο L2).

Παρατηρώντας τον δείκτη K, στην περίπτωση της ταξινόμησης στην περιοχή του Ηρακλείου, βλέπουμε ότι έχουμε πάρα πολύ καλή ακρίβεια της τάξης 74% με τα κυριότερα προβλήματα να εντοπίζονται στην κατηγορία ελαιόδεντρα και άλλες επιφάνειες.

Όλες οι ταξινομήσεις έδωσαν αποτελέσματα σημαντικής ακρίβειας και ο δείκτης K ήταν μεγαλύτερος από 74%.

3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Ο κύριος στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί αν είναι δυνατό να δημιουργηθεί μία γενικευμένη βάση γνώσης απαρτιζόμενη από ένα σύνολο κανόνων, οι οποίοι θα πραγματοποιούν ταξινόμηση των κύριων χρήσεων/καλύψεων γης μέσα σε ένα περιβάλλον αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας, για την αυτόματη ταξινόμηση τηλεπισκοπικών απεικονίσεων με παραπλήσια χαρακτηριστικά (π.χ. QuickBird, Ikonos, GeoEye, WorldView). Για το σκοπό αυτό έγινε αποδελτίωση οκτώ εργασιών/δημοσιεύσεων οι οποίες είχαν ως στόχο την ταξινόμηση χρήσεων/καλύψεων γης σε δορυφορικές εικόνες από διάφορες περιοχές με χρήση αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας. Οι δορυφορικές εικόνες που είχαν χρησιμοποιηθεί στις εργασίες αυτές ήταν ως επί το πλείστον Quickbird και Ikonos.

Έγινε προσπάθεια ώστε οι κατηγορίες οι οποίες επιλέχθηκαν να είναι αρκετά συνήθεις και να εμφανίζονται στις περισσότερες εικόνες έτσι ώστε οι κανόνες που θα δημιουργούνταν να έχουν τη ευρύτερη δυνατή εφαρμογή. Οι κατηγορίες που επιλέχθηκαν ήταν οι εξής: βλάστηση, υδάτινες επιφάνειες, κύριοι δρόμοι, δευτερεύοντες δρόμοι, χωματόδρομοι, σκιά, κεραμοσκεπές, τσιμεντοσκεπές και ελαιόδεντρα. Συνεπώς, σε κάθε εργασία, αφού εντοπίστηκαν αυτές οι κατηγορίες, καταγράφηκαν οι κανόνες που είχαν χρησιμοποιηθεί για κάθε κατηγορία. Οι κανόνες αυτοί αναλύθηκαν, γενικεύθηκαν και συστηματοποιήθηκαν σε μία ενιαία βάση γνώσης με χρήση κατάλληλων λογικών κανόνων. Συνοπτικά οι σχετικοί κανόνες οι οποίοι αποδελτιώθηκαν είναι οι παρακάτω:

- Όσον αφορά τη **βλάστηση** ο κύριος κανόνας που χρησιμοποιήθηκε σχεδόν σε όλες τις εργασίες είναι ο δείκτης βλάστησης NDVI με όρια 0.2-0.43.
- Στις **υδάτινες επιφάνειες** χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης NDWI με όρια 0.12-0.26.
- Στους **κύριους δρόμους** χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες length και length/width με όρια εφαρμογής μεταξύ 27-614 και 3-7 αντίστοιχα.
- Στην κατηγορία **δευτερεύοντες δρόμοι** χρησιμοποιήθηκαν ο κανόνας not main road και ο κανόνας length/width με όρια 6.18-6.22.
- Στην κατηγορία **χωματόδρομοι** χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες length/width και mean difference to scene με όρια 9-18 και 140-310 αντίστοιχα.
- Στην κατηγορία **σκιά** χρησιμοποιήθηκαν ο κανόνας not vegetation καθώς και οι κανόνες mean brightness, low reflection, και ratio blue με όρια 60-65, -0.19-(-0.17), και 0.22-0.221 αντίστοιχα.
- Στην κατηγορία **κεραμοσκεπές** χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες density και ratio red, με όρια 1.3-1.4, και 0.24-0.241 αντίστοιχα.
- Στην κατηγορία **τσιμεντοσκεπές** χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες brightness, ratio nir και density με όρια 740-760, 0.18-0.181, και 1.3-1.35 αντίστοιχα.
- Στην κατηγορία **ελαιόδεντρα** χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες brightness, NDVI και area με όρια 20-70, 0.1-0.25, και 14-80 αντίστοιχα.

Μετά την αποδελτίωση των εργασιών και τη δημιουργία της ενιαίας βάσης γνώσης, επιλέχθηκαν τρεις εικόνες, οι οποίες περιείχαν όσο το δυνατόν όλες τις παραπάνω

κατηγορίες. Οι εικόνες που επιλέχθηκαν ήταν δυο δορυφορικές απεικονίσεις Quickbird και μια Ikonos της Κρήτης, οι οποίες καλύπτουν την περιοχή του Αγίου Νικολάου, του Ηρακλείου και του Ρεθύμνου αντίστοιχα. Οι τρεις εικόνες ταξινομήθηκαν με την βοήθεια του πακέτου αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού eCognition χρησιμοποιώντας τους κανόνες, οι οποίοι συλλέχθηκαν και συστηματοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία της αποδελτίωσης. Έγινε προσπάθεια ώστε οι κανόνες να εφαρμόζονται με επιτυχία και στις τρεις εικόνες. Για το σκοπό αυτό απαιτήθηκε σε κάποιες περιπτώσεις μεταβολή τα ορίων εφαρμογής των κανόνων καθώς και προσθήκη κάποιων επιπλέον κανόνων όπου αυτό ήταν απαραίτητο. Η ανάγκη για αυτές τις τροποποιήσεις/προσθήκες προέκυψε από το γεγονός ότι οι τρεις δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν ελήφθησαν σε διαφορετικές ημερομηνίες, με διαφορετική γωνία λήψης καθώς και με διαφορετικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, ενώ δεν είχαν υποστεί κανενός είδους ατμοσφαιρικές διορθώσεις.

Οι κατηγορίες που δημιουργήθηκαν είναι οι εξής: βλάστηση, υδάτινες επιφάνειες, κύριοι δρόμοι, δευτερεύοντες δρόμοι, χωματόδρομοι, στέγες και ελαιόδεντρα. Δε δημιουργήθηκε η κατηγορία σκιά διότι δεν ήταν εφικτό στις εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ ενώθηκαν οι κατηγορίες κεραμοσκεπές και τσιμεντοσκεπές σε μία η οποία ονομάστηκε στέγες, διότι ήταν ανέφικτη η εφαρμογή των σχετικών κανόνων σε όλες τις εικόνες. Έτσι, η κατηγορία στέγες προέκυψε με συνδυασμό των κανόνων από τις δύο προηγούμενες κατηγορίες δίνοντας πολύ καλύτερα αποτελέσματα. Επίσης, σε κάποιες εικόνες δημιουργήθηκαν και κάποιες επιπλέον κατηγορίες όπως έδαφος, άλλες τεχνητές επιφάνειες, ελενίτ, οι οποίες όμως δημιουργήθηκαν είτε για να μην υπάρχουν αταξινόμητες επιφάνειες είτε επειδή ταξινομούνταν λανθασμένα οι άλλες βασικές κατηγορίες που χρησιμοποιήθηκαν. Για τις συγκεκριμένες επιπρόσθετες κατηγορίες δεν εφαρμόστηκαν γενικευμένοι κανόνες για την ταξινόμησή τους.

Ακολουθεί μία σύνοψη των κανόνων οι οποίοι απαρτίζουν τη γενικευμένη βάση γνώσης για την ταξινόμηση χρήσεων/καλύψεων γης σε εικόνες πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας, ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι δεν χρησιμοποιήθηκαν καθόλου δείγματα εκπαίδευσης για την πραγματοποίηση των ταξινόμησεων.

- Όσον αφορά τη **βλάστηση** ο κανόνας που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις εικόνες είναι ο δείκτης βλάστησης NDVI με όρια 0,15-0,37.
- Στις **υδάτινες επιφάνειες** χρησιμοποιήθηκε ο λόγος 1/4 με όρια 0,9-1,875 και όχι ο δείκτης NDWI διότι διαπιστώθηκε ότι με τον λόγο επιτεύχθηκαν καλύτερα αποτελέσματα.
- Στους **κύριους δρόμους** χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες length, length/width και mean difference to scene ενώ τα όρια κυμαίνονται μεταξύ 20-150, 3-12 και -30-(-40) αντίστοιχα. Όπως ήταν αναμενόμενο τα όρια length και length/width συνήθως είναι πολύ διαφορετικά σε κάθε εικόνα αφού εξαρτάται από το μήκος και το πλάτος του δρόμου που θέλουμε να ταξινομήσουμε κάθε φορά. Επίσης προστέθηκε ο κανόνας mean difference to scene σε όλες τις εικόνες για να επιτευχθεί καλύτερο αποτέλεσμα στην ταξινόμηση.
- Στην κατηγορία **δευτερεύοντες δρόμοι** χρησιμοποιήθηκαν ο κανόνας not main road και ο κανόνας length/width με όρια 3-10. Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος κανόνας με τους κύριους δρόμους είναι ότι οι δευτερεύοντες δρόμοι έχουν ακριβώς τα ίδια φασματικά χαρακτηριστικά με τους κύριους με την μόνη διαφορά ότι έχουν

μικρότερο μήκος/πλάτος και γι αυτό μεταβλήθηκαν μονάχα τα όρια και χρησιμοποιήθηκε ο κανόνας not main road για να μην συγχέονται μεταξύ τους.

- Στην κατηγορία **χωματόδρομοι** χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες length/width και mean (στο κανάλι 3) με όρια 7-12, 500-950 αντίστοιχα. Και πάλι ήταν δύσκολος ο διαχωρισμός των χωματόδρομων από τους άλλους δρόμους γι' αυτό προστέθηκε ο κανόνας mean ώστε να γίνει πιο εύκολα ο διαχωρισμός.
- Στην κατηγορία **στέγες** χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες density και mean difference to scene (στο κανάλι 1) με όρια 1.5-1.7, -50-70 αντίστοιχα. Στην εικόνα Ikonos χρειάστηκε η προσθήκη επιπλέον κανόνων έτσι ώστε να βελτιωθεί το αποτέλεσμα της ταξινόμησης. Οι κανόνες αυτοί είναι οι area και length/width με όρια 1500-1600, και 10-12 αντίστοιχα.
- Στην κατηγορία **ελαιόδεντρα** χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες brightness και NDVI, με όρια 200-450, και 0,15-0,37 αντίστοιχα. Στην εικόνα Ikonos και πάλι χρειάστηκε να προστεθούν επιπλέον κανόνες έτσι ώστε να βελτιωθεί το αποτέλεσμα της ταξινόμησης. Ο κανόνας ο οποίος προστέθηκε ήταν ο mean difference to neighbors στο κανάλι 4 με όρια -45-(-35).

Αφού πραγματοποιήθηκαν οι ταξινομήσεις, χρησιμοποιώντας φωτοερμηνευτικές μεθόδους διαπιστώθηκε ότι τα αποτελέσματα ήταν πολύ καλά κάτι που επιβεβαιώθηκε στην συνέχεια μετά από αξιολόγηση των ταξινομήσεων με χρήση περιοχών ελέγχου και πίνακα σύγχυσης. Για τον έλεγχο επιλέχθηκαν δείγματα ελέγχου για κάθε κατηγορία ξεχωριστά προσπαθώντας ο αριθμός τους να είναι ανάλογος με το εμβαδόν που καλύπτουν. Ο δείκτης ακρίβειας **K** παρουσίασε ακρίβεια μεγαλύτερη από **74%** και στις τρεις εικόνες.

Τα αποτελέσματα αυτά είναι εξαιρετικά ενθαρρυντικά αφού επιτεύχθηκε η συστηματοποίηση κανόνων των αντικειμενοστρεφών ταξινομήσεων εικόνων πολύ υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας για βασικές κατηγορίες χρήσεων/καλύψεων γης καθώς και η αυτοματοποίηση των ταξινομήσεων αυτών σε πολύ μεγάλο βαθμό.

Μελλοντικά θα μπορούσε να επεκταθεί αυτή η συστηματοποίηση χρησιμοποιώντας επιπλέον δεδομένα όπως ψηφιακά μοντέλα εδάφους. Για παράδειγμα με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να επιτευχθεί πολύ ακριβής ταξινόμηση στη βλάστηση και πιο συγκεκριμένα στα είδη βλάστησης, αφού με την βοήθεια του υψομετρικού μοντέλου εδάφους, θα είναι εύκολο να αναγνωριστεί σε τι υψόμετρο, προσανατολισμό, κλίση κλπ συναντάται το κάθε είδος βλάστησης.

4 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Αργιαλάς Δ., «Φωτοερμηνεία – Τηλεπισκόπηση», ΕΜΠ, 2000,1-220.

Αργιαλάς Δ., «Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση», ΕΜΠ, 1999.

Λήδα Φαναρά, «Αυτόματη ανίχνευση ελαιόδεντρων από δορυφορικές απεικονίσεις υψηλής διακριτικής ικανότητας με αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνας», ΕΜΠ, 2011,1-117.

Μιχαηλίδου Έσα Γ., «Χρήση Τηλεπισκοπικών Μεθόδων και Ανάπτυξη Βάσης Γνώσης για Εφαρμογή στη Γεωργία. Μελέτη Περίπτωσης Πεδιάδας της Μεσσαράς», ΕΜΠ, 2001,1-170.

Παπαγεωργίου Μάριος, «Χαρτογράφηση Χρήσης & Κάλυψης Γης Αγροτικής Περιοχής της Πάφου με Μεθόδους & Τεχνικές Αντικειμενοστρεφούς Ανάλυσης Τηλεπισκοπικών Δεδομένων Quickbird», ΕΜΠ, 2007, 1-117.

Πατεράκης Ι. Περικλής, «Ανίχνευση και Εξαγωγή του Οδικού Δικτύου με Αντικειμενοστρεφή Ανάλυση Πολυφασματικών Απεικονίσεων Quickbird», ΕΜΠ, 2010, 1-117.

Ρηγόπουλος Γιώργος Ι., «Αξιολόγηση Χαρακτηριστικών Ποιότητας του Αστικού Τοπίου με Χρήση Αντικειμενοστρεφούς Ανάλυσης», ΕΜΠ, 2008, 1-87.

Σταματάκης Ε. Ιωάννης, «Ανίχνευση και Εξαγωγή του Οδικού Δικτύου με Αντικειμενοστρεφή Ανάλυση Υπερφασματικών–Δεδομένων Αερομεταφερόμενου Σαρωτή», ΕΜΠ, 2009,1-80.

Φώτη Ελένη, «Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Δορυφορικών Εικόνων με Σκοπό την Αυτόματη Ταξινόμηση Χρήσεων / Καλύψεων Γης σε Αγροτικές Περιοχές για τον Έλεγχο των Αγροτικών Επιδοτήσεων», ΕΜΠ, 2011, 1-114.

Kevin Tansey, Ian Chambers, Andrew Anstee, Anthony Denniss, Alistair Lamb, «Object-oriented classification of very high resolution airborne imagery for the extraction of hedgerows and field margin cover in agricultural areas», Department of Geography, University of Leicester, 2008, 1-118.

DEFiNiENS, eCognition User Guide, Germany,2000