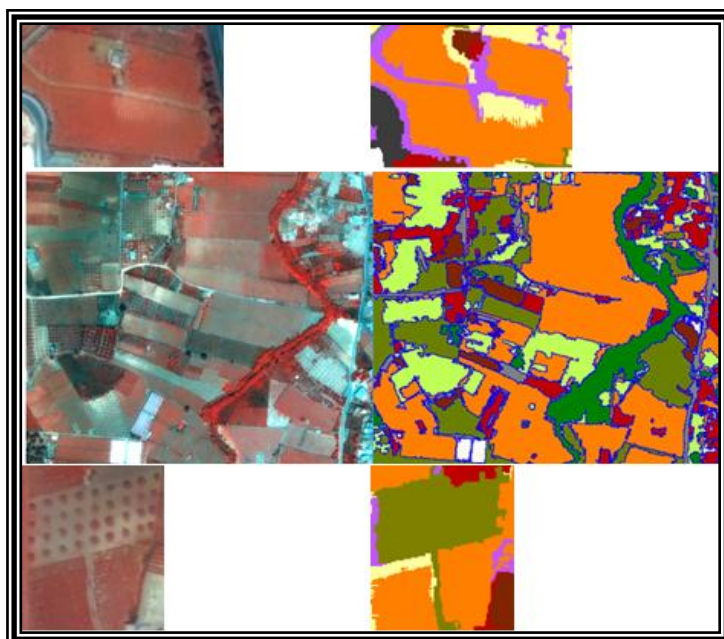




**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

«ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΜΕ
ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΧΡΗΣΕΩΝ / ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ ΣΕ
ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ
ΕΠΙΔΟΤΗΣΕΩΝ»



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΦΩΤΗ ΕΛΕΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΑΡΓΙΑΛΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

«ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΜΕ
ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΧΡΗΣΕΩΝ / ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ ΣΕ
ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ
ΕΠΙΔΟΤΗΣΕΩΝ»

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ : ΦΩΤΗ ΕΛΕΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΑΡΓΙΑΛΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή :

Δ. Αργιαλάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Χ. Ιωαννίδης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Β. Καραθανάση
Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2011

Ελένη Φώτη

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © Ελένη Φώτη, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, η αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής για εμπορικό σκοπό.

Επιτρέπεται η ανατύπωση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική ανατέθηκε από το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου και ως στόχος της τέθηκε η μελέτη και διερεύνηση των δυνατοτήτων της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης για την αυτόματη ανίχνευση των γεωργικών εκτάσεων που επιδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αργιαλά Δημήτρη για την ανάθεση του θέματος αυτού, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, την αμέριστη συμπαράσταση και εύστοχη καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της μελέτης αυτής. Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ Κολοκούση Πολυχρόνη για την καθοδήγηση, την πολύτιμη βοήθειά του στα πρακτικά θέματα της διπλωματικής καθώς και για την υπομονή και το χρόνο που διέθεσε στο να λυθεί κάθε απορία και πρόβλημα που προέκυπτε.

Τέλος, ένα ευχαριστώ στην εξεταστική επιτροπή για την ανάγνωσή της, την υποβολή εύστοχων ερωτήσεων και την παράθεση χρήσιμων παρατηρήσεων επ' αυτής.

Η μελέτη αυτή αφιερώνεται σε όλους τους θετικούς ανθρώπους που βλέπουν μόνο την αισιόδοξη πλευρά της ζωής.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται επεξεργασία μιας δορυφορικής εικόνας Quickbird υψηλής διακριτικής ανάλυσης μιας αγροτικής περιοχής της Κρήτης, συγκεκριμένα του οικισμού της Αμμουδάρας στο νομό Ηρακλείου. 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 αντικειμενοστραφή 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 στοιχήσεων 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 κατωφλίσωσης 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.

Εφαρμόζονται αλγόριθμοι ανακατασκευής σχήματος και ενοποιούνται τα αντικείμενα των ίδιων κατηγοριών μεταξύ τους. Το τελικό στάδιο της αξιολόγησης γίνεται μέσω της χρήσης επιλογών που προσφέρει το λογισμικό πακέτο E Cognition και, συγκεκριμένα, αξιολόγηση βάσει του βαθμού συμμετοχής, της σταθερότητας της ταξινόμησης και βάσει δειγμάτων ελέγχου. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των ταξινομήσεων των δυο εικόνων στο σύνολό τους αλλά και για τις κατηγορίες ενδιαφέροντος είναι ικανοποιητικά. Οι συνολικές ακρίβειες ξεπερνούν σε ποσοστό το 80%.

Λέξεις κλειδιά: Αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνων, αγροτικές επιδοτήσεις, κανόνες ασαφούς λογικής, ελαιώνες, αμπελώνες, Quickbird.

«OBJECT BASED IMAGE ANALYSIS AND AUTOMATIC CLASSIFICATION OF LAND COVER / USE FOCUSING ON AGRICULTURAL REGIONS IN ORDER TO CONTROL THE AGRICULTURAL GRANTS. »

Abstract

The current thesis presents an object based image analysis of a high resolution Quickbird satellite image of an agricultural area in Crete Island. Its purpose is the investigation of the cases of land use/cover that deserve grants from the European Union through the Organization of Payments and Control of the Community Support and the creating of a sequence of processes that can be adaptable to many cases apart from the one that is analyzed by this research.

The processing is conducting using fuzzy logic rules in the latest edition of E Cognition software (version 8). A knowledge base is created that is based on rules containing spectral, topological, shape and texture characteristics.

Image segmentation is conducted in three levels, of which the middle level is the final projection level where the final classes are presented. The procedure gives emphasis to the agricultural parcels of the area, the olives and the vineyards. The classification of those two classes is based on the identification and correct splitting of their individual parts in the lower level, the delineation of vine plots and the isolation of each tree. The objects generated from this step are projected to the higher level in order to form the final shape of the crop parcels, according to the values given to the rules of "Relative area of the subobjects".

The sequence of rules as formed from the first image is performed on a second study area at a Quickbird satellite image of a similar region in Crete Island. Some required changes to the threshold values of some rules take place in this second attempt and, also, the inclusion of two extra rules. One is added to avoid the fusion of the shadows observed in this image with the class of "trees", and the second rule is the "Texture Haralick" characteristic that is applied in cases where the vine plots are indistinguishable and, therefore, cannot be detected.

Reshaping algorithms are applied to the classification result of its study case and the objects of the same class are being merged. The last phase is the evaluation of the results that is conducted through the options given by the software E Cognition and, specifically, the evaluation based on best classification result matrix, classification stability matrix and the confusion matrix derived from control samples. The classification's evaluation of both images show satisfactory results for the total area but also for all classes of interest. The overall accuracies presented are over 80%.

Keywords: Object based image analysis, agricultural grants, fuzzy logic rules, olive groves, vineyards, Quickbird.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή	12
2	Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας	13
2.1.	Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων	14
2.1.1.	Προϋποθέσεις επιλεξιμότητας αγροτικών εκτάσεων	15
2.1.2.	Διαδικασία ελέγχου.....	17
2.1.3.	Προδιαγραφές έργου ILOTS 2008	18
2.2.	Δορυφόρος Quickbird.....	18
2.3.	Βιβλιογραφία Ταξινομήσεων Καλλιεργειών	19
2.4.	Αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνων.....	24
2.5.	Μεθοδολογία λογισμικού E Cognition	28
2.5.1.	Κατηγορίες αλγορίθμων	28
2.5.2.	Κατάτμηση.....	31
2.5.3.	Ταξινόμηση.....	32
2.5.4.	Χαρακτηριστικά αντικειμένων	35
2.6.	Διαδικασία Φωτοερμηνείας	44
2.6.1.	Περιγραφή κατηγοριών.....	44
3	Μεθοδολογία και Υλοποίηση	50
3.1.	Περιοχή Μελέτης και Φωτοερμηνεία Τυπικών καλλιεργειών	50
3.2.	Χαρακτηριστικά Κατηγοριών.....	54
3.3.	Καταμήσεις Επιπέδων.....	63
3.3.1.	Κατάτμηση στο Πρώτο Επίπεδο.....	64
3.3.2.	Κατάτμηση Τρίτου Επιπέδου.....	66
3.3.3.	Κατάτμηση Δεύτερου Επιπέδου	67
3.4.	Ταξινομήσεις επιπέδων.....	68
3.4.1.	Ταξινόμηση Πρώτου Επιπέδου.....	70
3.4.2.	Ταξινόμηση Δεύτερου Επιπέδου	78
3.5.	Αλγόριθμοι ανακατασκευής σχήματος.....	85
3.6.	Περιοχή μελέτης 2 – Φωτοερμηνεία.....	90
3.6.1.	Εφαρμογή Ακολουθίας Διεργασιών	91
3.6.2.	Συμπεράσματα εφαρμογής ακολουθίας διεργασιών στη δεύτερη εικόνα 100	
4	Αξιολόγηση.....	101
4.1.	Βαθμός συμμετοχής / Σταθερότητα ταξινόμησης	101
4.2.	Αξιολόγηση βάσει δειγμάτων ελέγχου (Πίνακας σύγχυσης)	104
5	Συμπεράσματα	110
6	Προοπτικές.....	112
7	Βιβλιογραφία	113

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2-1: Αντιστοίχιση τιμών εικονοστοιχείων σε όλα τα φασματικά κανάλια	19
Εικόνα 2-2: Έγχρωμο σύνθετο RGB (πάνω) και εικόνα δείκτη βλάστησης NDVI (κάτω) ενός οργωμένου χωραφιού (Αριστερά), ενός μη οργωμένου χωραφιού (κέντρο) και ενός παρατημένου χωραφιού με νεκρή βλάστηση (δεξιά). (Πηγή: Helmholtz , Rottensteiner)	20
Εικόνα 2-3: Μοντέλο διαχωρισμού καλλιεργειών και βοσκοτόπων (Πηγή: Helmholtz , Rottensteiner)	21
Εικόνα 2-4: Σχέση πραγματικών αντικειμένων στη γη και αντικειμένων εικόνας (Definiens,2000)	24
Εικόνα 2-5: Εφαρμογή του αλγόριθμου execute child processes.....	28
Εικόνα 2-6: Κριτήρια κατάτμησης	29
Εικόνα 2-7: Ιεραρχικό δίκτυο	32
Εικόνα 2-8: Διαστήματα ασάφειας σε συναρτήσεις συμμετοχής.....	33
Εικόνα 2-9: Συναρτήσεις συμμετοχής	33
Εικόνα 2-10: Διαφοροποίηση κατηγοριοποίησης στις καρτέλες Ιεραρχίας.....	34
Εικόνα 2-11: Σχετική Γειτνίαση μεταξύ γειτονικών αντικειμένων.	38
Εικόνα 2-12: Απόσταση μεταξύ των κέντρων των γειτονικών αντικειμένων.....	39
Εικόνα 2-13: Σχηματικά ο υπολογισμός του μήκους βασισμένο στα κέντρα των υποαντικειμένων	40
Εικόνα 2-14: Σχηματικά ο υπολογισμός του χαρακτηριστικού «καμπυλότητα»	41
Εικόνα 2-15: Αντικείμενο εικόνας σε raster Μορφή και το περίγραμμά του μετά τη διανυσματοποίηση	41
Εικόνα 2-16: Προβληματικό σχήμα αντικειμένου.....	42
Εικόνα 2-17: Υπολογισμός μήκους αντικειμένου βασισμένο στο σκελετό του.....	42
Εικόνα 2-18: Υπολογισμός πλάτους με βάση τον σκελετό του αντικειμένου.....	42
Εικόνα 2-19: Πράξεις καναλιών στο περιβάλλον του E Cognition.....	43
Εικόνα 3-1: Περιοχή μελέτης	50
Εικόνα 3-2: Δημιουργία έγχρωμου σύνθετου NIR-GREEN-BLUE	52
Εικόνα 3-3: Φωτοερμηνεία περιοχής μελέτης	53
Εικόνα 3-4: Αγροτεμάχια ελαιώνων.....	54
Εικόνα 3-5: Αγροτεμάχια αμπελώνων.....	54
Εικόνα 3-6: Αποτέλεσμα του δείκτη NDVI στην εικόνα	55
Εικόνα 3-7: Αποτέλεσμα του δείκτη MSAVI στην εικόνα	55
Εικόνα 3-8: Κατωφλίωση δείκτη MSAVI για την ανάδειξη της πυκνής βλάστησης ..56	
Εικόνα 3-9: Κατωφλίωση δείκτη MSAVI για την ανάδειξη της αραιής βλάστησης..56	
Εικόνα 3-10: Δείκτης σχήματος (Shape Index) με κατάλληλη κατωφλίωση για τον εντοπισμό των ελιών.....	57
Εικόνα 3-11: Εφαρμογή Υφής κατά Haralick προς όλες τις διευθύνσεις, με κίτρινο οι αμπελώνες που δεν συμπεριλήφθηκαν.	58
Εικόνα 3-12: Εφαρμογή δείκτη υφής κατά Haralick στην κάθετη προς την κατακόρυφη διεύθυνση.....	58
Εικόνα 3-13: Εφαρμογή δείκτη υφής κατά Haralick στην οριζόντια διεύθυνση	59
Εικόνα 3-14: Λόγος «Μήκος/Πλάτος» για την ανάδειξη των γραμμικών στοιχήσεων στα αμπέλια.....	59
Εικόνα 3-15: Μέση τιμή στο κανάλι 4 για την ανάδειξη των αμπελιών	59
Εικόνα 3-16: Χαρακτηριστικό “Mean difference to scene” για τη διάκριση των φωτεινών επιφανειών.....	60
Εικόνα 3-17: Λόγος «Μήκος/Πλάτος» για τη διάκριση των δρόμων	60

Εικόνα 3-18: Λόγος «Μέση τιμή στο κόκκινο κανάλι/ μέση τιμή στο μπλέ κανάλι» για την ανάδειξη του γυμνού εδάφους.....	61
Εικόνα 3-19: Λόγος «Εμβαδόν/Μήκος» για την ανάδειξη των χωματόδρομων.....	62
Εικόνα 3-20: Δοκιμή χαρακτηριστικού «Πλάτος» για την ανάδειξη των χωματόδρομων.....	62
Εικόνα 3-21: Ο δείκτης ύπαρξης νερού «Water index»	63
Εικόνα 3-22: Τα διαφορετικά επίπεδα κατάτμησης της εικόνας.....	63
Εικόνα 3-23: Συντελεστές Κατάτμησης 1ου επιπέδου.....	64
Εικόνα 3-24: Επίτευξη στόχου κατάτμησης.....	64
Εικόνα 3-25: Scale 15 shape 0.2 compactness 0.1	65
Εικόνα 3-26: Δοκιμές με διαφορετικό Compactness.....	65
Εικόνα 3-27: Συντελεστές Κατάτμησης 3ου επιπέδου.....	66
Εικόνα 3-28: Κατάτμηση 3ου επιπέδου.....	66
Εικόνα 3-29: Προβληματικές περιοχές που εντοπίστηκαν κατά τις δοκιμές διαφορετικών τιμών των παραμέτρων κατάτμησης	67
Εικόνα 3-30: Συντελεστές Κατάτμησης 2ου επιπέδου.....	67
Εικόνα 3-31: Κατάτμηση 2ου επιπέδου.....	68
Εικόνα 3-32: Η «διαδρομή» ταξινόμησης ελαιώνων σε όλα τα επίπεδα	70
Εικόνα 3-33: Σωστή ταξινόμηση ελιών στο 1ο επίπεδο.....	72
Εικόνα 3-34: Λανθασμένη ταξινόμηση ελαιώνα με πολύ μικρά δέντρα.....	73
Εικόνα 3-35: Ταξινόμηση στοιχήσεων αμπελιών.....	73
Εικόνα 3-36: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 1ου επιπέδου.....	74
Εικόνα 3-37: Ελαιώνας και αμπελώνας χωρίς.....	76
Εικόνα 3-38: Αμπελώνας χωρίς ενιαία φασματική υπογραφή	76
Εικόνα 3-39: Αμπελώνας με πολύ πυκνή φύτευση και αχνά γραμμικά στοιχεία.....	77
Εικόνα 3-40: Δημιουργία της κατηγορίας «Αδιαπέρατα υλικά που θα ταξινομηθούν ως ελιές»	77
Εικόνα 3-41: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 3ου επιπέδου.....	78
Εικόνα 3-42: Ενοποίηση κατηγοριών μέσω της καρτέλας groups	79
Εικόνα 3-43: Κατηγοριοποίηση και Ενοποίηση Αντικειμένων ελαιώνα (Παράδειγμα 1ο).....	80
Εικόνα 3-44: Κατηγοριοποίηση και Ενοποίηση Αντικειμένων ελαιώνα (Παράδειγμα 2ο).....	80
Εικόνα 3-45: Κατηγοριοποίηση και Ενοποίηση Αντικειμένων ελαιώνα (Παράδειγμα 3ο).....	80
Εικόνα 3-46: Κατηγοριοποίηση και Ενοποίηση Αντικειμένων αμπελιών	80
Εικόνα 3-47: Προβληματική περιοχή ελαιώνα με ασβεστόχωμα	81
Εικόνα 3-48: Ταξινόμηση χωματόδρομων	81
Εικόνα 3-49: Ταξινόμηση αμπελώνα με χωματόδρομο	82
Εικόνα 3-50: Παράδειγμα αταξινόμητων αντικειμένων σε ενδιάμεση φάση της ταξινόμησης	84
Εικόνα 3-51: Τελικό αποτέλεσμα ταξινόμησης 2ου επιπέδου	84
Εικόνα 3-52: Παράθυρο παραμέτρων του αλγόριθμου Merge region	85
Εικόνα 3-53: Ενοποιημένα τελικά πολύγωνα κατηγοριών.....	85
Εικόνα 3-54: Διαγραφή χωματόδρομων με εφαρμογή κριτηρίου μήκους	86
Εικόνα 3-55: Παράθυρο παραμέτρων και συνθήκης κατωφλίωσης αλγορίθμου Remove Objects για την κατηγορία Χωματόδρομος.....	86
Εικόνα 3-56: Παράθυρο παραμέτρων και συνθήκης κατωφλίωσης αλγορίθμου Remove Objects για την κατηγορία Γυμνή γη.....	87
Εικόνα 3-57: Απαλοιφή αντικειμένων που περικλείονται από άλλη κατηγορία.....	87

Εικόνα 3-58: Παράθυρα παραμέτρων και συνθηκών κατωφλίωσης αλγορίθμου Remove Objects για την κατηγορία Γυμνή γη και Τεχνητές επιφάνειες.....	87
Εικόνα 3-59: Παράθυρο παραμέτρων και συνθήκης κατωφλίωσης αλγορίθμου Find enclosed by class για την κατηγορία Τεχνητές επιφάνειες και το αποτέλεσμα σε τμήμα της εικόνας.....	88
Εικόνα 3-60: Παράθυρο διεργασιών (Process Tree)	89
Εικόνα 3-61: Τελικό αποτέλεσμα διαχωρισμού των κατηγοριών κάλυψης /χρήσης γης της εικόνας.....	89
Εικόνα 3-62: Φωτοερμηνεία περιοχής μελέτης 2	90
Εικόνα 3-63: Κανόνας Φωτεινότητας στο παράθυρο Feature View	91
Εικόνα 3-64: Παράδειγμα σωστής ταξινόμησης της σκιάς με το χαρακτηριστικό brightness	91
Εικόνα 3-65: Παράδειγμα σκιασμένων επιφανειών με τα δυο κριτήρια. Η μεσαία εικόνα με τη Φωτεινότητα, η δεξιά με το κριτήριο χαμηλής ανακλαστικότητας (σωστότερο αποτέλεσμα).....	92
Εικόνα 3-66: Παράθυρο Feature View για το χαρακτηριστικό Χαμηλής ανακλαστικότητας.....	92
Εικόνα 3-67: Κανόνες για την ανίχνευση της σκιάς.....	92
Εικόνα 3-68: Κριτήριο υψής κατά Haralick εφαρμοσμένο στη δεύτερη περιοχή μελέτης.....	93
Εικόνα 3-69: Κανόνες της κατηγορίας «Αραιή βλάστηση που θα ταξινομηθεί ως αμπέλι» της 2ης περιοχής μελέτης.....	94
Εικόνα 3-70: Διαχωρισμός αμπελιών και αγροναπαύσεων με το κριτήριο υψής κατά Haralick. Δεξιά η σωστή ταξινόμηση.	94
Εικόνα 3-71: Αποτέλεσμα ταξινόμησης της 2ης περιοχής μελέτης, με ενοποιημένα τα πολύγωνα των κατηγοριών.	96
Εικόνα 3-72: Σωστά ταξινομημένα αγροτεμάχια ελαιώνων και αμπελώνων	98
Εικόνα 3-73: Παράδειγμα λανθασμένης ταξινόμησης αμπελιού στη 2η περιοχή μελέτης.....	98
Εικόνα 3-74: Παράδειγμα λανθασμένης ταξινόμησης δρόμου που διασχίζει καλλιέργεια αμπελιού	98
Εικόνα 3-75: Εφαρμογές αλγορίθμου Find enclosed by class.....	99
Εικόνα 3-76: Ταξινόμηση θερμοκηπίων.....	99
Εικόνα 3-77: Τελικό αποτέλεσμα επεξεργασίας 2ης περιοχής μελέτης.....	100
Εικόνα 4-1: Αποτελέσματα ταξινόμησης αμπελώνων	101
Εικόνα 4-2: Αποτελέσματα ταξινόμησης ελαιώνων	101
Εικόνα 4-3: Δείγματα ελέγχου 1ης περιοχής μελέτης	105
Εικόνα 4-4: Πίνακας σύγκρισης κατηγοριών 1ης περιοχής μελέτης.....	105
Εικόνα 4-5: Περιοχές ελέγχου 2ης εικόνας	107
Εικόνα 4-6: Πίνακας σύγκρισης 2ης περιοχής μελέτης.....	108

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1: Διαχρονική εκτίμηση χωρικής περιπλοκότητας κατηγοριών κάλυψης γης (Sarris et al. 2007)	23
Πίνακας 2-2: Πίνακας 2-2. Κατηγορίες κάλυψης / χρήσης γης χρησιμοποιούμενες στο έργο ILOTS 2008.....	45
Πίνακας 3-1: Οι κατηγορίες του 1ου επιπέδου και οι κανόνες τους	71
Πίνακας 3-2: Οι κατηγορίες του 3ου επιπέδου και οι κανόνες τους	75
Πίνακας 3-3: Πίνακας 3-3 Οι κατηγορίες του 2ου επιπέδου και οι κανόνες τους	82
Πίνακας 3-4: Κατηγορίες 2ου και τελικού επιπέδου και οι κανόνες τους για τη 2η περιοχή μελέτης	94
Πίνακας 4-1: Τρόποι αξιολόγησης βάσει του λογισμικού E Cognition και τα αποτελέσματά τους.	102
Πίνακας 4-2: Σφάλματα αποκλεισμού κατηγοριών 1ης περιοχής μελέτης	106
Πίνακας 4-3: Σφάλματα συμπερίληψης κατηγοριών 1ης περιοχής μελέτης.....	107
Πίνακας 4-4: Σφάλματα αποκλεισμού κατηγοριών 2ης περιοχής μελέτης	108
Πίνακας 4-5: Σφάλματα συμπερίληψης κατηγοριών 2ης περιοχής μελέτης.....	108

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2-1: Η διαδικασία της αυτόματης αντικειμενοστραφούς ανάλυσης.....	26
Διάγραμμα 3-1: Ακολουθία διεργασιών από την αρχική εικόνα στο τελικό επίπεδο προβολής των κατηγοριών, παραδείγματα καλλιέργειών	68
Διάγραμμα 3-2: Ολόκληρη η ακολουθία διεργασιών ταξινόμησης των 3 επιπέδων (Εικόνα 1η)	69
Διάγραμμα 3-3: Ιεραρχία κατηγοριών 1ου επιπέδου.....	70
Διάγραμμα 3-4: Ιεραρχία κατηγοριών 3ου επιπέδου.....	74
Διάγραμμα 3-5: Ιεραρχία κατηγοριών 2ου επιπέδου.....	78
Διάγραμμα 3-6: Ολόκληρη η ακολουθία διεργασιών ταξινόμησης των 3 επιπέδων (Εικόνα 2η)	97
Διάγραμμα 4-1: Αποτελέσματα 1ης μεθόδου αξιολόγησης	103
Διάγραμμα 4-2: Αποτελέσματα 2ης μεθόδου αξιολόγησης	104

1 Εισαγωγή

Η μελέτη της γήινης επιφάνειας ικανοποιεί την ανάγκη του ανθρώπου για κατανόηση, καταγραφή και έλεγχο όλων των στοιχείων που την αποτελούν. Η σωστή καταγραφή των στοιχείων αυτών αποφέρει πολλά οφέλη, όχι μόνο σε επιστημονικό και θεωρητικό επίπεδο αλλά, κυρίως, σε οικονομικό. Λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή οικονομική κρίση γίνεται εύκολα κατανοητή η ανάγκη για τη σωστή καταγραφή των χρήσεων γης ώστε να δημιουργηθεί ένα σωστό και αντικειμενικό υπόβαθρο στο οποίο θα βασίζονται πολλές οικονομικές διεργασίες.

Η Τηλεπισκόπηση, ως η επιστήμη παρατήρησης και μελέτης των χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας από απόσταση μέσω δορυφόρων, προσεγγίζει καλύτερα από κάθε άλλη επιστήμη τη λύση του προβλήματος αυτού. Σαν βάση έχει την αλληλεπίδραση των υλικών που βρίσκονται πάνω στη γη με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Για τη διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα eCognition της εταιρίας DEFINIENS Imaging GmbH (www.definiens.com).

Έναυσμα για την πραγματοποίηση αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι ένα μεγάλο έργο που κλήθηκε να πραγματοποιήσει το ελληνικό δημόσιο, το οποίο με τη διαδικασία της φωτοερμηνείας και της χειροκίνητης ψηφιοποίησης κατέγραψε όλες τις χρήσεις και καλύψεις γης του Ελληνικού χώρου. Απώτερος στόχος του έργου είναι ο έλεγχος της αξιοπιστίας των δηλώσεων των αγροτών για τις ετήσιες επιδοτήσεις των καλλιεργειών τους.

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

2 Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Η περιγραφή και αναπαράσταση των προτύπων, η εκπαίδευση του αλγορίθμου ταξινόμησης, η δημιουργία κανόνων απόφασης, η στρατηγική αποφάσεων και ο έλεγχος ακριβειών αποτελούν τα στάδια αναγνώρισης προτύπων. Τα κοινά στάδια αναγνώρισης προτύπων για όλες τις μεθόδους είναι :

- Αναγνώριση των προτύπων ενός φαινομένου και χαρακτηρισμός τους.
- Αναλυτική περιγραφή τους
- Μαθηματική, στατιστική, συντακτική ή δομική αναπαράστασή τους
- Εκπαίδευση ενός αλγορίθμου ταξινόμησης
- Δημιουργία κανόνων απόφασης που κατατάσσουν κάθε άγνωστο αντικείμενο σε μία από τις επιθυμητές κατηγορίες
- Εξαγωγή αποτελεσμάτων ταξινόμησης (θεματικοί χάρτες, πίνακες)
- Έλεγχος ακρίβειας ταξινόμησης

Γενικά, οι ψηφιακές εικόνες χαρακτηρίζονται από τις παρακάτω ιδιότητες :

Χωρική Ανάλυση: είναι η χωρική διακριτική ικανότητα της εικόνας, δηλαδή το μέγεθος του εικονοστοιχείου (pixel) σε πραγματικές διαστάσεις. Στην πράξη η χωρική ανάλυση καθορίζει τις ελάχιστες διαστάσεις των αντικειμένων ικανών να αποτυπωθούν στη ψηφιακή εικόνα.

Φασματική Ανάλυση: είναι το φασματικό εύρος κάθε φασματικού καναλιού. Εικόνες με μικρό φασματικό εύρος είναι εικόνες υψηλής φασματικής ανάλυσης και προσφέρονται για λεπτομερή εξέταση και αναγνώριση των υλικών που αποτυπώνονται.

Ραδιομερική Ανάλυση: είναι η φασματική διακριτική ικανότητα, δηλαδή το πόσο εύκολα ή δύσκολα μπορούν να διακριθούν υλικά γειτονικής φασματικής συμπεριφοράς σε μια εικόνα. (Αργιαλάς, 1999).

2.1. Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων

Ο ΟΠΕΚΕΠΕ (Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων) είναι ο Ελληνικός Οργανισμός πληρωμών των κοινοτικών ενισχύσεων που λειτουργεί από το 2001 υπέρ του δημοσίου συμφέροντος και εποπτεύεται από τον Υπουργό Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Στόχος του ΟΠΕΚΕΠΕ ως Οργανισμού Πληρωμών είναι να καταβάλλει έγκαιρα, σωστά και με διαφάνεια τις αγροτικές ενισχύσεις που χορηγούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση στον γεωργικό τομέα. Συγκεκριμένα, ο ΟΠΕΚΕΠΕ διαχειρίζεται για λογαριασμό της Ελλάδας τις ενισχύσεις των δύο κοινοτικών ταμείων για την χρηματοδότηση των γεωργικών δαπανών του κοινοτικού προϋπολογισμού, δηλαδή το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Εγγυήσεων (ΕΓΤΕ) και το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Αγροτικής Ανάπτυξης (ΕΓΤΑΑ) καθώς και του Ευρωπαϊκού Ταμείου Αλιείας (ΕΤΑ).

Δικαιούχοι των ενισχύσεων είναι, κυρίως, οι αγρότες-κτηνοτρόφοι αλλά και οι επενδυτές του αγροτικού τομέα, μεταποιητικές επιχειρήσεις κ.λπ. Ο ΟΠΕΚΕΠΕ δεν προσδιορίζει ούτε επεμβαίνει στο περιεχόμενο της κοινοτικής πολιτικής για τη γεωργία αλλά καθορίζει τις πρακτικές λεπτομέρειες που σχετίζονται με τη χορήγηση των κοινοτικών ενισχύσεων και φροντίζει ώστε να υλοποιηθούν όλα όσα προβλέπονται από τα θεσμικά κείμενα που αναφέρονται στην Κοινή Αγροτική Πολιτική.

Ο ΟΠΕΚΕΠΕ, συνεπώς, είναι ένας οργανισμός που ελέγχει και ελέγχεται προκειμένου να κατανεμηθούν δίκαια, σωστά και έννομα τα περίπου 3 δισεκατομμύρια ευρώ που διαχειρίζεται ετησίως.

Μερικά ιστορικά στοιχεία:

- Ο ΟΠΕΚΕΠΕ συστήθηκε το 1998 με το Νόμο 2637 (ΦΕΚ 200/Α/1998) και είναι Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου, Δημοσίου Συμφέροντος.
- Συστάθηκε ως επιχειρησιακός οργανισμός και δραστηριοποιείται από τις 1.9.2001 με προσωρινή διαπίστευση μέχρι τις 2 Σεπτεμβρίου 2002 οπότε και έλαβε και οριστική διαπίστευση ως οργανισμός πληρωμών.
- Από το 2005 είναι ο μοναδικός φορέας στην Ελλάδα που έχει την ευθύνη για τις επιδοτήσεις της νέας ΚΑΠ, η οποία εφαρμόστηκε στη χώρα μας από το 2006.
- Το 2006 λόγω της αναδιοργάνωσης του Ευρωπαϊκού Γεωργικού Ταμείου Προσανατολισμού και Εγγυήσεων, έγινε ο υπεύθυνος οργανισμός πληρωμής και των δύο γεωργικών ταμείων, του ΕΓΤΕ (Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Εγγυήσεων) και του ΕΓΤΑΑ (Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Αγροτικής Ανάπτυξης), καθώς επίσης και βάσει του Νόμου 3508 (ΦΕΚ 249/Α/2006 άρθρο 3) του ΕΤΑ (Ευρωπαϊκό Ταμείο Αλιείας).
- Η νέα ΚΑΠ οδήγησε στην πλήρη αναδιάρθρωση του ΟΠΕΚΕΠΕ η οποία θα τεθεί σε εφαρμογή από την Άνοιξη του 2007.

- Εποπτεύεται από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ).
- Έχει Διοικητικό Συμβούλιο το οποίο αποτελείται από 13 μέλη.
- Εδρεύει στην Αθήνα και έχει 11 Περιφερειακές Διευθύνσεις.
- Έχει 36 Νομαρχιακά Γραφεία.
- Ο Οργανισμός πληρώνει κάθε χρόνο περί τα 3 δις ευρώ κοινοτικών επιδοτήσεων σε περίπου 900.000 δικαιούχους, συμπεριλαμβανομένων, αγροτών, αγροτικών συνεταιρισμών, εξαγωγικών επιχειρήσεων κ.λ.π.

2.1.1. Προϋποθέσεις επιλεξιμότητας αγροτικών εκτάσεων

Κάθε γεωργός που λαμβάνει άμεσες ενισχύσεις ή είναι δικαιούχος των μέτρων αγροτικής ανάπτυξης που περιλαμβάνονται στο αρ. 36 παρ. α) i-v και β) i, i-v και v του Καν. (ΕΚ) 1698/2005 οφείλει να τηρεί τις παρακάτω υποχρεώσεις.

- Σε αγροτεμάχια που βρίσκονται σε κλίσεις εδάφους πάνω από 10 % να υπάρχει φυτική κάλυψη κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων μέχρι την προετοιμασία του εδάφους για την επόμενη σπορά.
- Σε αγροτεμάχια με κλίση άνω του 10% που κινδυνεύουν από διάβρωση, η άροση πρέπει να γίνεται κατά τις ισουψείς, ή διαγώνια, ή εναλλακτικά να δημιουργούνται σταθερές ακαλλιέργητες λωρίδες ως ζώνες ανάσχεσης, σε αποστάσεις ανάλογες με τις εδαφικές ιδιότητες και την κλίση. Επίσης, η άρδευση να μη γίνεται με τη μέθοδο κατάκλισης.
- Οι αναβαθμίδες, οι ξερολιθιές, τα αναχώματα και τα φυσικά πρανή στα όρια των γεωτεμαχίων να μην καταστρέφονται.
- Πρέπει να τηρούνται οι τιμές ελάχιστης και μέγιστης πυκνότητας βόσκησης βοσκοτόπων οι οποίες ορίζονται σε 0.2 MMZ/εκτάριο και 3 MMZ/εκτάριο για όλες τις κατηγορίες ζώων. Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η βόσκηση, να κόβεται και να απομακρύνεται η θαμνώδης βλάστηση, εκτός των περιπτώσεων κοινόχρηστων βοσκοτόπων.
- Απαγορεύεται η άροση των μόνιμων βοσκοτόπων εκτός από τις περιπτώσεις που προκύπτει περιβαλλοντική ή αρχαιολογική αναγκαιότητα.
- Σε ακαλλιέργητο αγροτεμάχιο, να γίνονται οι ελάχιστες καλλιεργητικές παρεμβάσεις ώστε να διατηρείται σε καλή κατάσταση και να αποφεύγεται η εισβολή ανεπιθύμητων

ειδών. Ο γεωργός μπορεί να απομακρύνει την ανεπιθύμητη βλάστηση είτε με βόσκηση είτε με μηχανικό κόψιμο και απομάκρυνση.

- Οι δεντρώνες συμπεριλαμβανομένων των ελαιώνων και αμπελώνων θα πρέπει να είναι σε καλή βλαστική κατάσταση όσον αφορά στα δέντρα. Ο υπορόφιος χώρος θα πρέπει να διαχειρίζεται ώστε να μην υπάρχει ανεπιθύμητη βλάστηση μεγαλύτερη του ενός έτους.
- Οι βοσκότοποι να διατηρούνται σε καλή αγρονομική και περιβαλλοντική κατάσταση. Ορίζεται όριο περιεκτικότητας βράχων ή ξυλωδών μη βοσκήσιμων φυτών, ποσοστό 25% της έκτασης του βοσκοτόπου ή 35% για τις ορεινές και μειονεκτικές περιοχές. Σε περίπτωση υπέρβασης του ορίου, τα τμήματα της έκτασης που είναι ακατάλληλα για βόσκηση θεωρούνται μη επιλέξιμα. Σε περίπτωση που το ποσοστό της μη χρησιμοποιούμενης έκτασης είναι μικρότερο του ορίου, υπολογίζεται η πραγματικά χρησιμοποιούμενη έκταση του βοσκοτόπου προκειμένου να υπολογισθεί η πυκνότητα βόσκησης. Η επιλέξιμη για ενεργοποίηση δικαιωμάτων έκταση του βοσκοτόπου παραμένει η συνολική έκταση και η μη βοσκήσιμη έκταση θεωρείται ως στοιχείο του τοπίου.
- Η φυσική αυτοφυής βλάστηση στα όρια των αγροτεμαχίων δεν πρέπει να καταστρέφεται, όπως και εκείνη στις νησίδες εντός των αγροτεμαχίων. Ορίζεται ελάχιστο εύρος ζώνης διατήρησης για θάμνους 0.50 μ. εκατέρωθεν της ρίζας του θάμνου και για δέντρα η κάθετη προβολή της κόμης του δέντρου στο έδαφος.
- Δεν πρέπει να καταστρέφονται οι φυσικές υδατοσυλλογές εντός των αγροτεμαχίων.
- Η βλάστηση εντός των στοιχείων των αρδευτικών και στραγγιστικών δικτύων θα πρέπει να καθαρίζεται για τη διασφάλιση της αναγκαίας παροχτετευτικότητας, με μηχανικά και όχι με χημικά μέσα.
- Για τα αγροτεμάχια εντός των περιοχών του Ευρωπαϊκού δικτύου NATURA 2000 (Οδηγία 92/43/ΕΟΚ) καθώς και στις Ζώνες ειδικής προστασίας (ΖΕΠ) (Οδηγία 79/409 ΕΟΚ) ο γεωργός οφείλει να τηρεί επιπλέον τα παρακάτω:
 - Να μην εισάγει την καλλιέργεια ξενικών ειδών χωρίς την ειδική άδεια από τις αρμόδιες υπηρεσίες του ΥΠΑΑΤ.
 - Στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις όπου υπάρχει συγκέντρωση κοπριάς αυτή να γίνεται σε καλυμμένο χώρο, όπου λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή έκπλυσης ρυπαντών.
 - Η βόσκηση των ζώων να γίνεται και ως μέσο διαχείρισης των ενδαιτημάτων, κάτω από τις κατάλληλες προϋποθέσεις.
 - Να μην καλλιεργεί γενετικά τροποποιημένα φυτά.

2.1.2. Διαδικασία ελέγχου

Το δείγμα επιτοπίων ελέγχων της Πολλαπλής Συμμόρφωσης εξάγεται από τον Ο.Π.Ε.Κ.Π.Ε. Προηγείται πάντα διοικητικός έλεγχος των αιτήσεων. Ο επιτόπιος έλεγχος των αγροτεμαχίων μπορεί να περιορίζεται σε δείγμα που περιλαμβάνει τουλάχιστον το 50% από κάθε είδος αγροτεμαχίων που περιλαμβάνονται στην αίτηση του ελεγχόμενου (αροτραίες εκτάσεις, μόνιμες καλλιέργειες, βοσκότοποι, εκτάσεις υπό παύσεις καλλιέργειας). Σε περίπτωση που στην αίτηση περιλαμβάνονται εκτάσεις του δικτύου NATURA 2000, αγροτεμάχια εντός ζωνών ευπρόσβλητων στη νιτρορύπανση, αγροτεμάχια σε αναβαθμίδες ή ξερολιθιές και αγροτεμάχια σε κλίσεις άνω του 10%, τα αγροτεμάχια αυτά εντάσσονται κατά προτεραιότητα στο δείγμα, κατά τρόπο που να εξασφαλίζεται ότι τουλάχιστον το 50% των αγροτεμαχίων που εμπίπτουν σε μια από τις παραπάνω κατηγορίες θα ελεγχθούν επιτόπια.

Οι έλεγχοι περιλαμβάνουν τους εξής τομείς:

- Έλεγχοι στον τομέα διάβρωσης του εδάφους, σε εδάφη με μεγάλες κλίσεις ελέγχεται ο τρόπος άρωσης και άρδευσης καθώς και η διατήρηση και συντήρηση των αναβαθμίδων, εφόσον αυτές υπάρχουν.
- Έλεγχοι στον τομέα οργανικής ύλης εδάφους, σε αγροτεμάχια που υπάρχουν καλλιέργειες ψυχανθών (σε ποσοστό 20%) συμπληρωματικά με τις κύριες καλλιέργειες, στη διαχείριση των υπολειμάτων των καλλιεργειών και στο κάψιμο της καλαμιάς εφόσον οι καλλιέργειες δεν εντάσσονται στο NATURA 2000.
- Έλεγχος στον τομέα δομής εδάφους, ελέγχεται η μηχανική κατεργασία του εδάφους όταν αυτό είναι καλυμμένο με χιόνι ή πλημμυρισμένο.
- Έλεγχος στον τομέα ελάχιστου επιπέδου συντήρησης, ελέγχεται η κατάσταση του εδάφους των βοσκοτόπων και αν έχει πραγματοποιηθεί ή όχι άρωση, καθώς και αν τηρούνται τα όρια ποσοστών βόσκησης. Επίσης, η διατήρηση χαρακτηριστικών του τοπίου όπως φυτοφράκτες, υδατοσυλλογές και δεντροστοιχίες.
- Έλεγχος στον τομέα άρδευσης.

Πολύ σημαντικός είναι και ο έλεγχος που διενεργείται για τη διατήρηση της φυσικής αυτοφυούς βλάστησης (φυτοφράκτες, δέντρα, συνδενδρίες) που ενδεχομένως υπάρχουν στα φυσικά όρια γεωτεμαχίων που συνορεύουν με ποτάμια, λίμνες, αρδευτικά αυλάκια, ρυάκια, τάφρους κ.τ.λ. Επίσης, ελέγχεται η τήρηση του απαιτούμενου πλάτους διατήρησης. Για τον έλεγχο αυτό μπορεί να γίνει και χρήση ορθοφωτοχαρτών ή άλλων πρόσφατων οπτικών μέσων (δικτυακός τόπος Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε.).

2.1.3. Προδιαγραφές έργου ILOTS 2008

Αντικείμενο του έργου είναι η ανανέωση του συστήματος αναγνώρισης αγροτεμαχίων με προσαρμογή ή και επανασχεδιασμό των ενοτήτων ελέγχου στο τοπογραφικό υπόβαθρο των ορθοφωτοχαρτών, σε συνδιασμό με τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί στα πλαίσια της ενιαίας αίτησης, κατά την περίοδο εμπορίας 2006.

Ο χωρικός προσδιορισμός θα πραγματοποιηθεί με φωτοερμηνευτικές εργασίες, επί του παραπάνω, τοπογραφικού υποβάθρου, για την δημιουργία των Υπο-ενοτήτων των επιλέξιμων εκτάσεων, σε κάθε Ενότητα, σύμφωνα με τις διατάξεις των Ελληνικών και Ευρωπαϊκών Κανονισμών, για όλη τη χώρα. Οι υπηρεσίες που θα παρασχεθούν στο πλαίσιο της σύμβασης, εντάσσονται στην κατηγορία 12 με αριθμό αναφοράς CPV 74274100-1 (ψηφιακή χαρτογράφηση).

Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του άρθρου 2 του Ν. 3316/05, οι συγκεκριμένες υπηρεσίες της σύμβασης εμπίπτουν στην κατηγορία μελέτης 16 (δηλαδή μελέτες τοπογραφίας, γεωδαιτικές, φωτογραμμετρικές, χαρτογραφικές, κτηματογραφικές και τοπογραφικές).

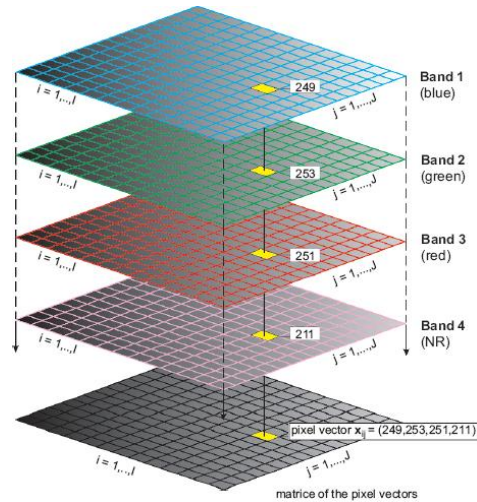
Οι επιλέξιμες εκτάσεις του έργου είναι ταυτόσημες με τις επιδοτούμενες αγροτικές εκτάσεις από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτές είναι οι αρόσιμες εκτάσεις, οι μόνιμες καλλιέργειες δέντρων, οι ελαιώνες, οι αμπελώνες, τα θερμοκήπια και οι βοσκότοποι. Μεγάλη σημασία δίνεται στις αρόσιμες εκτάσεις όπου δε θα πρέπει να συγχέονται με τις αγραναπαύσεις.

2.2. Δορυφόρος Quickbird

Ο QuickBird είναι ένας υψηλής ανάλυσης εμπορικός δορυφόρος που εκτοξεύθηκε στο διάστημα για πρώτη φορά το 2001 και χρησιμοποιεί το σύστημα λήψης εικόνων BGIS 2000 (Ball Aerospace's Global Imaging System 2000) το οποίο αποτελείται από μία σταθερή, ευέλικτη και υψηλής ακρίβειας τηλεπισκοπική πλατφόρμα, η οποία συλλέγει εμπορικά τηλεπισκοπικά δεδομένα. Συλλέγει παγχρωματικά δεδομένα (άσπρο και μαύρο) με ακρίβεια 60-70 cm και πολυφασματικά με ακρίβεια 2.4-2.8 m. Οι δορυφορικές εικόνες Quickbird μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε λογισμικά επεξεργασίας με τηλεπισκοπικές μεθόδους, σε λογισμικά GIS καθώς και ως υπόβαθρο για εφαρμογές χαρτογράφησης, όπως οι Google Earth και Google Maps.

Η ακρίβεια του πανχρωματικού δέκτη είναι 60 εκατοστά ενώ του πολυφασματικού 2.4 μέτρα. Το φασματικό εύρος των καναλιών είναι στο μπλε κανάλι 450-520 nm, στο πράσινο κανάλι 520-600 nm, στο κόκκινο κανάλι 630-690 nm και στο εγγύς υπέρυθρο 760-900 nm (Δικτυακός τύπος δορυφόρου Quickbird). Στην εικόνα 2-1 παρουσιάζονται τα τέσσερα επίπεδα των καναλιών αυτών και η σύμπτυξη της πληροφορίας κάθε εικονοστοιχείου αυτών στο πανχρωματικό επίπεδο (κατώτερο στην εικόνα).

Όσον αφορά στις μελέτες καλλιεργειών, σήμερα, οι πολυφασματικοί δορυφόροι με μεγάλη χωρική ανάλυση και δυνατότητα διάκρισης των άχρηστων δενδρυλλίων (ζιζάνια) των καλλιεργειών είναι ο Quickbird και ο GeoEye. Με δεδομένα από τον Quickbird έχουν δημιουργηθεί χάρτες ακριβείας για εκτάσεις ζαχαροκάλαμου (Lopez, 2010).



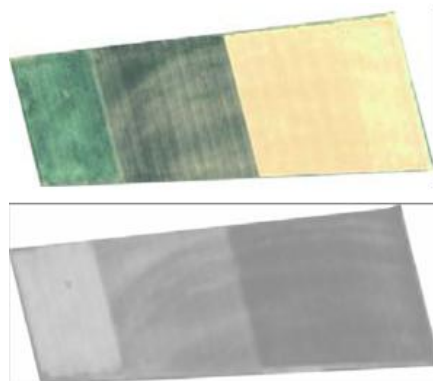
Εικόνα 2-1: Αντιστοίχιση τιμών εικονοστοιχείων σε όλα τα φασματικά κανάλια

2.3. Βιβλιογραφία Ταξινομήσεων Καλλιεργειών

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι ταξινόμησης των αγροτικών εκτάσεων. Μια από αυτές χρησιμοποιεί τον πίνακα Gray-level Co-occurrence (GLCM), ο οποίος είναι ιδανικός για να περιγράψει την υφή περοχών κάλυψης γης με ακανόνιστο σχήμα. Άλλοι συνηθισμένοι δείκτες υφής είναι η ενέργεια, η εντροπία, η αντίθεση, η συσχέτιση, η διακύμανση, η ανομοιογένεια και η ομοιογένεια (Herold et al. 2003).

Τα φασματικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό των ειδών βλάστησης είναι η μέση τιμή στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι (NIR), ένας δείκτης βλάστησης και οι τυπικές αποκλίσεις (standard deviations). Τα χαρακτηριστικά υφής υπολογίζονται από το πανχρωματικό επίπεδο. Μια συνηθισμένη προσέγγιση είναι ο διαχωρισμός του χρώματος από την καλλιέργεια με τη χρήση της φασματικής πληροφορίας και, στη συνέχεια, ο υπολογισμός του προσανατολισμού των γραμμικών στοιχείων, εφόσον η ανάλυση της εικόνας είναι της τάξης των 25 εκατοστών. Όσον αφορά στη διάκριση τυπικών καλλιεργειών και βοσκοτόπων, φαίνεται ότι οι βοσκοτόποι έχουν δείκτη βλάστησης NDVI αρκετά μεγαλύτερο του μηδενός (όλες τις εποχές), ενώ τα οργωμένα χωράφια έχουν πολύ χαμηλό δείκτη βλάστησης (Helmholz, Rottensteiner, 2009). Στην εικόνα 2-2 εμφανίζεται

ένα παράδειγμα των διακυμάνσεων των τιμών του NDVI, με εύρος τιμών [0,255].



Εικόνα 2-2: Έγχρωμο σύνθετο RGB (πάνω) και εικόνα δείκτη βλάστησης NDVI (κάτω) ενός οργωμένου χωραφιού (Αριστερά), ενός μη οργωμένου χωραφιού (κέντρο) και ενός παρατημένου χωραφιού με νεκρή βλάστηση (δεξιά). (Πηγή: Helmholtz , Rottensteiner)

Η διαφοροποίηση των γεωργικών κατηγοριών όπως οι βοσκότοποι με τις καλλιέργειες και τα δάση με τις φυτείες βασιζόμενη μόνο σε χαρακτηριστικά υψής και δομής σε εικόνες μιας μόνο χρονικής περιόδου είναι πολύ δύσκολη. Παρόλα αυτά, αν τα χαρακτηριστικά αυτά χρησιμοποιηθούν ως βοηθητικά σε μια ταξινόμηση, μπορεί να δοθεί ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα ταξινόμησης των τάξεων αυτών.

Η εξαγωγή πληροφοριών διαφορετικών τύπων βλάστησης μπορεί να γίνει με τη χρήση χαρακτηριστικών υψής, ραδιομετρικών χαρακτηριστικών και δομικών χαρακτηριστικών σε δορυφορικά δεδομένα υψηλής ανάλυσης. Αν και οι πιο πολλές μελέτες αφορούν στην εξαγωγή καλλιεργειών όπως οι αμπελώνες, οι οπωρώνες και οι φυτείες, τα δομικά χαρακτηριστικά που ερευνώνται για αυτές τις περιπτώσεις συναντώνται σε όλες τις οργωμένες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τα γραμμικά παράλληλα στοιχεία των οποίων προκύπτουν από την άροση. Οι τεχνικές, οι οποίες εφαρμόζονται στις εικόνες σαν προεπεξεργασία για τις μετέπειτα διαδικασίες ταξινόμησης είναι του Hough, του Fourier, μετασχηματισμοί Radon, φίλτρα Gabor, βαριογράμματα και αυτοσυσχέτιση (Helmholtz, Rottensteiner, 2009).

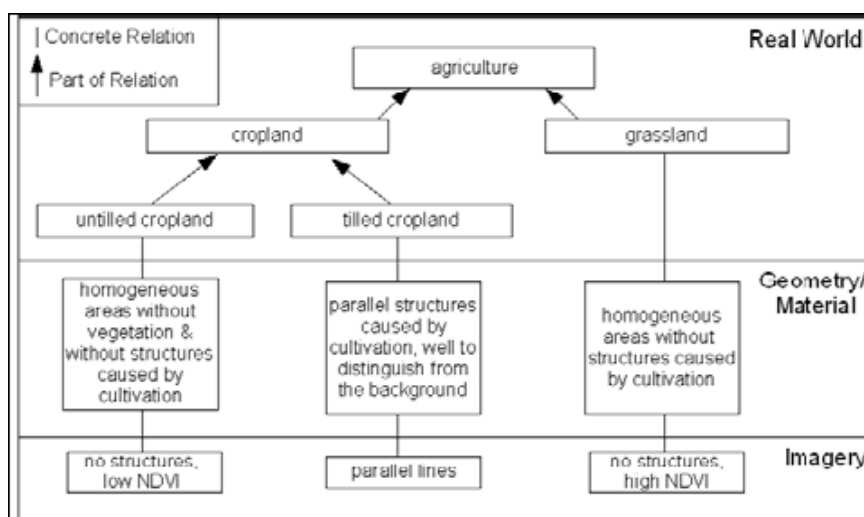
Η τεχνική αυτοσυσχέτισης αναγνωρίζει φυτείες και αμπελώνες σε πανχρωματικές εικόνες IKONOS. Μετά τον καθορισμό ενός τετραγώνου kernel και τη ραδιομετρική ομαλοποίηση κάθε εικονοστοιχείου αυτού, προσδιορίζεται η αυτοσυσχέτιση για την κάθετη και τις δυο διαγώνιες διευθύνσεις. Το αποτέλεσμα είναι ένα διάγραμμα αυτοσυσχέτισης για κάθε διεύθυνση. Ένα εικονοστοιχείο καταχωρείται ως φυτεία εφόσον ανιχνεύεται η ακολουθία της φυτείας σε περισσότερα του ενός κέντρα διαγράμματος αυτοσυσχέτισής του. Για να θεωρηθεί επιτυχημένη αυτή η μέθοδος πρέπει οι γραμμικές στοιχήσεις των καλλιεργειών να ισαπέχουν. Μια παρόμοια έρευνα έγινε και από τον Chanussot, όπου εκτιμάται αυτόματα ο προσανατολισμός των γραμμών των με τη χρήση του φάσματος Fourier και του μετασχηματισμού Radon μιας προεπεξεργασμένης εικόνας. Αυτή η διαδικασία λειτουργεί ικανοποιητικά σε

περιπτώσεις αμπελιών αλλά όχι και σε φυτείες, εξαιτίας των αποστάσεων των γραμμικών στοιχείων τους που ποικίλουν ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας, του μηχανήματος που χρησιμοποιήθηκε για το όργωμα και της ορατότητας των δομικών στοιχείων του χωραφιού (Helmholz, Rottensteiner, 2009).

Μια άλλη μέθοδος από τον Delenne διαχωρίζει τα διάφορα είδη καλλιεργειών με βάση τα χωρικά τους μοτίβα. Με μια ανάλυση συχνότητας εκτιμάται το πλάτος και ο προσανατολισμός κάθε σειράς αμπελιού καθώς και τα όριά του. Μετά από προεπεξεργασία των εικόνων με ένα δείκτη βλάστησης και στη συνέχεια ομαλοποίησή τους, εφαρμόζεται ένα φίλτρο Gabor κι έτσι πετυχαίνεται ο εντοπισμός των παραμέτρων προσανατολισμού. Οι περιορισμοί αυτής της προσέγγισης είναι ο αριθμός των επαναλήψεων που δεν μπορεί να προβλεφθεί εκ των προτέρων και το μέγεθος της εικόνας που δε θα πρέπει να ξεπερνά τα 500 x 500 εικονοστοιχεία (Delenne et al. 2010).

Τα δάση και τα μη οργωμένα χωράφια δεν έχουν κάποια κύρια διεύθυνση δομής, τα οργωμένα χωράφια έχουν μια, ενώ οι φυτείες και οι αμπελώνες έχουν δυο (Trias-Sanz 2006).

Η εικόνα 2-3 παρουσιάζει το μοντέλο ταξινόμησης των αντικειμένων που ανήκουν στις «αγροτικές» κατηγορίες. Το πρώτο επίπεδο του μοντέλου περιγράφει την κατηγορία «Αγροτική γη» στον πραγματικό κόσμο η οποία μπορεί να περιλαμβάνει βοσκότοπους και φυτείες. Οι φυτείες με τη σειρά τους μπορεί να είναι οργωμένες ή όχι. Το δεύτερο επίπεδο, Γεωμετρία/Υλικά, περιγράφει τα γεωμετρικά και ραδιομετρικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων. Τέλος, το «εικονικό» επίπεδο (Imagery level) περιγράφει πώς αυτά τα χαρακτηριστικά επηρεάζουν την εμφάνιση των αντικειμένων της εικόνας.



Εικόνα 2-3: Μοντέλο διαχωρισμού καλλιεργειών και βοσκοτόπων (Πηγή: Helmholz , Rottensteiner)

Η πληροφορία της ημερομηνίας και της ώρας λήψης μιας δορυφορικής εικόνας μπορεί να αποτελέσει μεγάλο πλεονέκτημα για μια μη πετυχημένη μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση. Έτσι, δεν υφίστανται δείγματα αλλά από την άλλη, μια τέτοια προσέγγιση επηρεάζεται από τις διαφοροποιήσεις των καλλιιεργειών κατά την περίοδο ανάπτυξής τους.

Άλλη μέθοδος βασίζεται στη μεγιστοποίηση των παραμέτρων που αναφέρονται στους συντελεστές που ενυπάρχουν στα διαφορετικά κανάλια της αρχικής εικόνας. Συγκεκριμένα, ερευνάται ο προσανατολισμός που συγκεντρώνει καλύτερα την ενέργεια των συντελεστών μιας και μόνο διεύθυνσης. Για κάθε μοτίβο υψής εξαγεται ένας βαθμός ανισοτροπίας και η γωνία της κύριας διεύθυνσης. Ο βαθμός της ανισοτροπίας είναι μια αξιόπιστη πληροφορία και πολύ χρήσιμη για το διαχωρισμό των αμπελώνων από τις άλλες κατηγορίες κάλυψης γης (Lefebvre et al. 2010).

Υπενθυμίζεται ότι για τον υπολογισμό της υψής της βλάστησης σε χωρικά δεδομένα, χρησιμοποιείται οπωσδήποτε το εγγύς υπέρυθρο κανάλι που διαθέτει το μεγαλύτερο ποσοστό της πληροφορίας για τη βλάστηση έναντι των αδιαπέρατων υλικών.

Εστιάζοντας στην περιοχή της Κρήτης, έχει διεξαχθεί μελέτη για τις διαφορές στις χρήσεις γης του εδάφους της μέσα στις τελευταίες δυο δεκαετίες με στόχο τη δημιουργία ενός χάρτη βλάστησης του νησιού. Η πολυπλοκότητα του εδάφους και της γήινης επιφάνειας δημιουργεί δυσκολίες στο διαχωρισμό των διαφόρων καλύψεων γης. Για τον εντοπισμό της χωρικής πολυπλοκότητας των χρήσεων γης εκτός από τις γραμμικές μεθόδους χρησιμοποιούνται και τοπολογικά χαρακτηριστικά, όπως οι διαστάσεις των περιμέτρων των πολυγώνων που δημιουργήθηκαν μετά από μεθόδους ταξινόμησης. Τα όρια των γεωτεμαχίων είναι συχνά δυσνόητα, γεγονός που καθιστά τη μελέτη τους βάσει εικόνων μέσης ανάλυσης δύσκολη. Η πολυπλοκότητα του ορισμού των χρήσεων γης γίνεται μεγαλύτερη καθώς, λόγω του αναγλύφου, δημιουργούνται μικροκλίματα που ευνοούν την ανάπτυξη διαφορετικών βαθμίδων εξέλιξης των αγροτικών ειδών (Sarris et al. 2007). Στον πίνακα 2-1 παρουσιάζονται οι τιμές πολυπλοκότητας ανά κατηγορία, συγκριτικά με τα προηγούμενα έτη.

Πίνακας 2-1: Διαχρονική εκτίμηση χωρικής περιπλοκότητας κατηγοριών κάλυψης γης (Sarris et al. 2007)

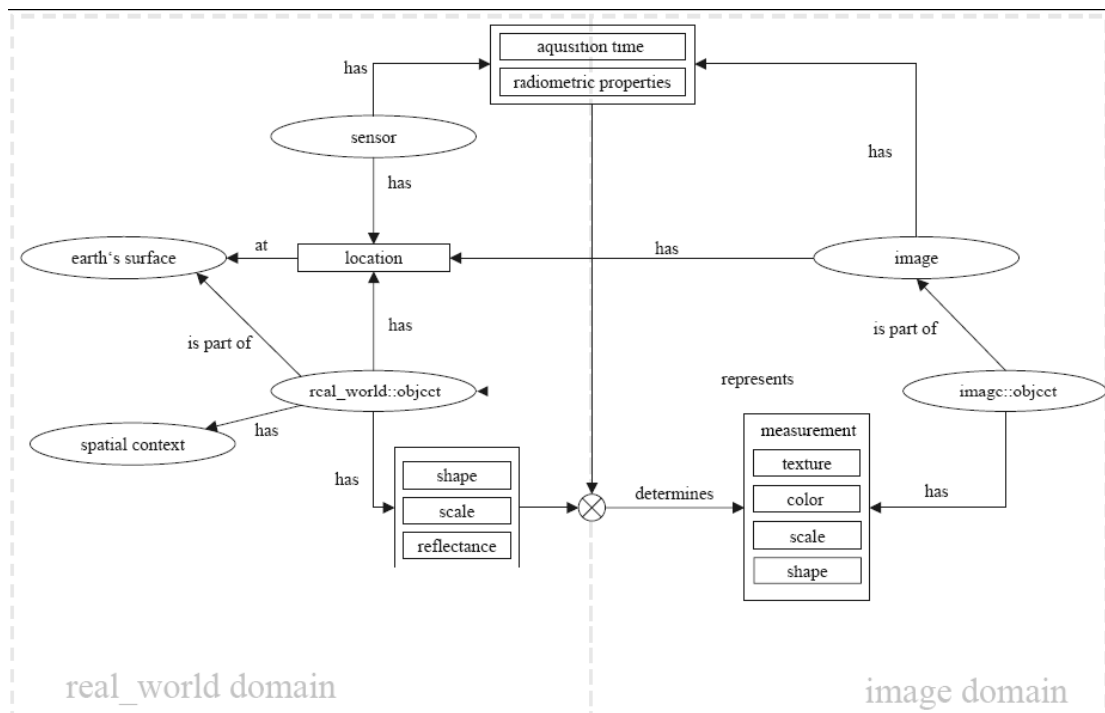
COMPLEXITY PER USE (LINEARLY ESTIMATED)				
classnames	1988	1994	1999	2003
VINEYARD	1,376	1,343	1,348	1,068
URBAN AREAS	1,347	1,344	1,356	1,347
WOLD	1,349	1,352	1,360	1,331
SYLVAN	1,357	1,334	1,343	1,334
OLIVE GROVE	1,342	1,349	1,343	1,348
CITRUS	1,406	1,355	1,366	1,358
CULTIVATION	1,399	1,372	1,361	1,368
MINERAL	1,422	1,339	1,340	1,338
MIXED FLORA	1,352	1,348	1,366	1,362
FAVITY	1,347	1,337	1,337	1,312
ALLOUVIANS	1,342	1,349	1,372	1,369
RIFT	1,344	1,326	1,350	1,342
SHRUBBY	1,410	1,335	1,348	1,357
GARRIGUE (PHRYGANA)	1,444	1,354	1,376	1,373
SNOW	1,379	1,419	1,433	1,384
LANDFILLS	1,454	1,395	1,403	1,395
WATER	1,427	1,429	1,493	1,472

Οι διαχρονικές μεταβολές είναι ενδεικτικές της μεγάλης περιπλοκότητας στις πεδινές και αστικές περιοχές. Οι αλλαγές αυτές δείχνουν να έχουν προκύψει ύστερα από πολιτικές παρεμβολές, όπως το 1988-1994 που άλλαξαν οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα αγροτικά ζητήματα. Αυτές οδήγησαν σε σταδιακή εγκατάλειψη των παραδοσιακών καλλιεργειών (ελιές και αμπέλια) και στην υιοθέτηση νέων καλλιεργειών (Sarris et al. 2007).

2.4. Αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνων

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 αντικειμενοστραφής 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, ενώ οι αντικειμενοστραφείς τεχνικές χρησιμοποιούν, επίσης, το σχήμα και την υφή. Αυτές οι παραπάνω πληροφορίες που παρέχουν τα δημιουργούμενα αντικείμενα βοηθούν την αναγνώριση (και, άρα την κατηγοριοποίηση) των γεωγραφικών περιοχών μιας εικόνας. 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».



Εικόνα 2-4: Σχέση πραγματικών αντικειμένων στη γη και αντικειμένων εικόνας (Definiens,2000)

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 (Blaschke and Strobl 2001).

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 Αντικειμενοστραφούς 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 τραχειά 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 (Lang and Laganke 2006) -μια ομάδα χαρακτηριστικών και σχέσεων που αναδεικνύουν χωρικά πρότυπα παρατηρούμενα σε συγκεκριμένες κλίμακες- και σε συνδιασμό με τη χρήση των φασματικών υπογραφών να ξεχωρίζουν μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών των αντικειμένων.

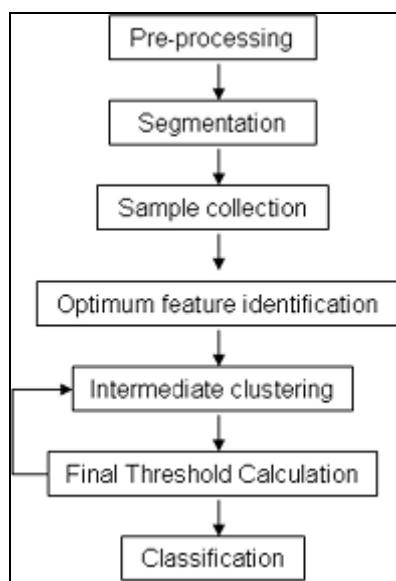
3) Αντίθεση

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 χρώματος 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 (Castilla 2003).

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.



Διάγραμμα 2-1: Η διαδικασία της αυτόματης αντικειμενοστραφούς ανάλυσης

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 κατακερμάτισμά 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 Αντικειμενοστραφή 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 ενοποιοούνται λανθασμένα. Η τάση για ενοποίηση των πρώτων αντικειμένων μιας κατάτμησης συμβαίνει ασυνείδητα, 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. Για παράδειγμα, ο τρόπος που οι άνθρωποι αναγνωρίζουν γράμματα εξαρτάται από το αν αυτά σχηματίζουν γνωστές λέξεις και όχι σκόρπιες συλλαβές. 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. Από αυτές τις εικόνες φαίνεται ότι τα όρια των πρώτων αντικειμένων που έχουν ταυτόχρονα οριοθετημένη ένταση και υφή είναι προσδιορισμένα με ακρίβεια (Blaschke, 2008).

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.

2.5. Μεθοδολογία λογισμικού E Cognition

Το E Cognition είναι το πιο εμπορικό πακέτο λογισμικού που χρησιμοποιεί τη φιλοσοφία της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης για την επεξεργασία δορυφορικών εικόνων. Η καινοτομία δεν είναι η ικανότητα του προγράμματος να ομαδοποιεί τα Pixels μιας εικόνας, αλλά ο συνδιασμός αυτού του χαρακτηριστικού με ταξινόμηση βάσει κανόνων λογικής. Ουσιαστικά, επιχειρείται η αντιγραφή του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί η ανθρώπινη αντίληψη. Το μυαλό «κατασκευάζει» μια εικόνα μέσα από την αντίληψη των επιμέρους αντικειμένων της, τα οποία αναγνωρίζονται βάσει εμπειρικών κανόνων, υπάρχουσας γνώσης και των γειτονικών αντικειμένων. Στην αγορά έχουν κυκλοφορήσει πολλές εκδοχές του λογισμικού, για την παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 8. Υπάρχει πληθώρα αλγορίθμων χωρισμένων σε κατηγορίες, για να διευκολύνεται ο χρήστης.

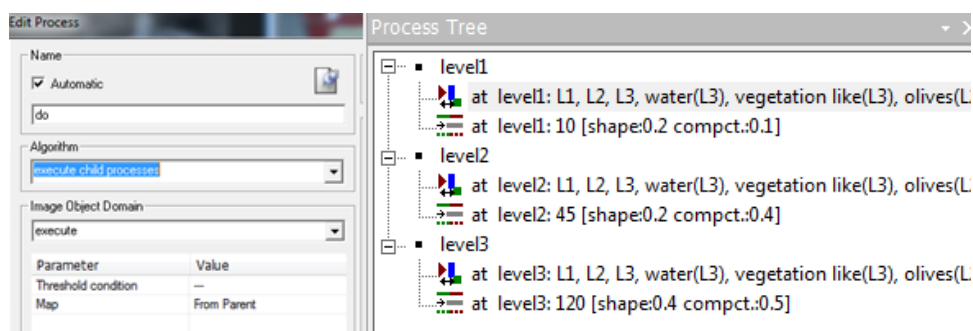
2.5.1. Κατηγορίες αλγορίθμων

- Αλγόριθμοι διαδικασιών
- Αλγόριθμοι Κατάτμησης
- Βασικοί Αλγόριθμοι Ταξινόμησης
- Εξειδικευμένοι Αλγόριθμοι Ταξινόμησης
- Αλγόριθμοι Ανακατασκευής Σχήματος
- Αλγόριθμοι Διαδικασιών Επιπέδων
- Αλγόριθμοι Διαδικασιών Δειγμάτων
- Αλγόριθμοι Διαδικασιών Θεματικών Επιπέδων
- Αλγόριθμοι Εξαγωγής Δεδομένων

Σε αυτό το σημείο θα γίνει αναφορά στους βασικότερους από τους παραπάνω αλγόριθμους.

Αλγόριθμοι διαδικασιών

Όλοι οι αλγόριθμοι με τα δεδομένα και τις παραμέτρους τους καταγράφονται στο παράθυρο Ακολουθίας Διεργασιών (Process tree), με τη σειρά που πραγματοποιούνται. Οι αλγόριθμοι διαδικασιών έχουν στόχο την καλύτερη οργάνωση της αλληλουχίας των αλγορίθμων.



Εικόνα 2-5: Εφαρμογή του αλγόριθμου execute child processes

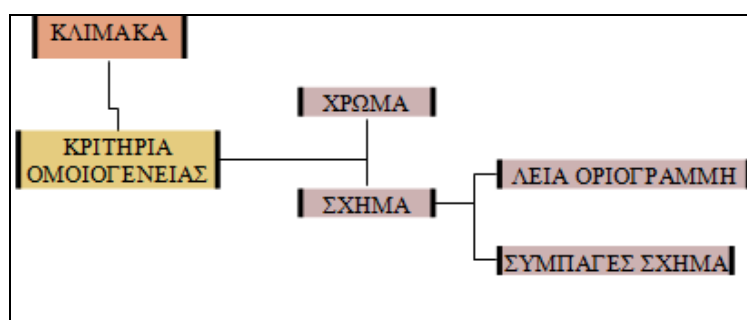
Αλγόριθμοι Κατάτμησης

Αλγόριθμος πολλαπλής κατάτμησης

Τα εικονοστοιχεία συγχωνεύονται για να δημιουργήσουν αντικείμενα με τη βοήθεια ενός αλγορίθμου κατάτμησης πολλαπλών επιπέδων. Συστήνεται η ύπαρξη πολλαπλών επιπέδων διαφορετικής κλίμακας κατάτμησης. Η κλίμακα κατάτμησης είναι ένας όρος χωρίς φυσική σημασία, πολύ σημαντικός, όμως, αφού καθορίζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη ετερογένεια για τα αντικείμενα που θα δημιουργηθούν. Σε περιοχές της εικόνας με μεγάλη ετερογένεια δημιουργούνται μικρότερα αντικείμενα από ό,τι σε μια περιοχή της εικόνας με μικρή ετερογένεια. Ουσιαστικά, η παράμετρος της κλίμακας ελέγχει το μέσο μέγεθος των παραγόμενων από την κατάτμηση αντικειμένων. Μεταβάλλεται ανάλογα με τη χωρική ανάλυση της επεξεργαζόμενης εικόνας.

Υπάρχουν άλλες τρεις παράμετροι που χρειάζεται ο αλγόριθμος για να λειτουργήσει. Αυτές είναι το χρώμα (color), το λείο της οριογραμμής (smoothness) και το συμπαγές σχήματος (compactness) (εικόνα 2-7). Η απόδοση ποσοστού σε κάθε ένα από αυτά τα κριτήρια θα πρέπει να είναι αποτέλεσμα πολλών δοκιμών. Σημαντικό κριτήριο θα πρέπει να αποτελεί και ο τελικός στόχος της επεξεργασίας της εικόνας. Το πιο σημαντικό από όλα αυτά τα κριτήρια, και εκείνο που δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα με τη δημιουργία αντικειμένων που έχουν φυσική σημασία, είναι αυτό του χρώματος. Στο κριτήριο αυτό ενυπάρχει η φασματική πληροφορία.

Παρόλα αυτά, το κριτήριο του σχήματος συμβάλλει στο μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα μιας κατάτμησης, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις δεδομένων με μεγάλες εναλλαγές στην υφή (όπως δεδομένα ραντάρ).



Εικόνα 2-6: Κριτήρια κατάτμησης

Άλλοι χρήσιμοι αλγόριθμοι κατάτμησης είναι ο αλγόριθμος «Κατάτμηση Σκακιέρας» (Chessboard segmentation algorithm) ο οποίος μπορεί να τμήσει την εικόνα σε σχήμα καννάβου, δημιουργώντας τετραγωνισμένα αντικείμενα σε μέγεθος που ορίζει ο χρήστης, ο αλγόριθμος Κατάτμησης βάσει αντίθεσης (Contrast split segmentation) που μπορεί να τμήσει την εικόνα σε φωτεινές και σκοτεινές περιοχές και είναι ιδιαίτερα χρήσιμος αν υπάρχουν υψομετρικά δεδομένα και ο αλγόριθμος Κατάτμησης βάσει φασματικής διαφοροποίησης (Spectral Difference segmentation) που ενώνει γειτονικά αντικείμενα (που προϋπάρχουν από

προηγούμενη κατάτμηση) με μικρή διαφορά μέσω των τιμών έντασης (το κατώφλι ορίζεται από το χρήστη). Ο αλγόριθμος «Κατάτμηση Σκακιέρας» μπορεί να χρησιμοποιήσει και θεματικά δεδομένα.

Βασικοί Αλγόριθμοι Ταξινόμησης

Ο αλγόριθμος *Ανάθεση Κατηγορίας (Assign class)* ταξινομεί τα αντικείμενα της εικόνας σε μια κατηγορία που ορίζεται, σύμφωνα με μια συνθήκη που καθορίζεται από τον χρήστη. Τα αποτελέσματα του αλγόριθμου αυτού μπορεί να είναι 1 ή 0. Τα αντικείμενα που ικανοποιούν τη συνθήκη παίρνουν την τιμή 1 και αυτά που δεν την ικανοποιούν παίρνουν την τιμή 0. Ο αλγόριθμος αυτός δεν χρησιμοποιεί διαστήματα ασάφειας.

Ο αλγόριθμος *Ταξινόμησης (Classification)* αξιολογεί την τιμή της συμμετοχής ενός αντικειμένου για μία λίστα κατηγοριών. Στη συνέχεια κατηγοριοποιεί τα αντικείμενα ανάλογα με το βαθμό συμμετοχής τους σε κάθε μία από αυτές. Οι κατηγορίες που δεν έχουν κάποια περιγραφή θεωρούνται πως έχουν τιμή συμμετοχής ίση με 1.

Ο αλγόριθμος *Ιεραρχικής Ταξινόμησης (Hierarchical Classification)* αξιολογεί την τιμή συμμετοχής ενός αντικειμένου για μια λίστα κατηγοριών. Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης κάθε αντικειμένου ανανεώνεται σύμφωνα με το αποτέλεσμα αξιολόγησης της κατηγορίας. Οι τρεις καλύτερες κατηγορίες καταχωρούνται ως το αποτέλεσμα ταξινόμησης της εικόνας. Οι κατηγορίες χωρίς περιγραφή παίρνουν την τιμή 0.

Ο αλγόριθμος *Διαγραφή Ταξινόμησης (Remove Classification)* διαγράφει συγκεκριμένα αποτελέσματα ταξινόμησης από τα αντικείμενα της εικόνας.

Εξειδικευμένοι Αλγόριθμοι Ταξινόμησης

Ο αλγόριθμος *Εύρεση τοπικού Ακρότατου (Find Domain Extrema)* ταξινομεί τα αντικείμενα που ικανοποιούν μια συγκεκριμένη τοπική συνθήκη ενός χαρακτηριστικού. Δηλαδή, ταξινομούνται τα αντικείμενα με τη μεγαλύτερη ή τη μικρότερη τιμή αυτού του χαρακτηριστικού.

Οι αλγόριθμοι *Εύρεση Αντικειμένων περικλειόμενων από κατηγορία (Find Enclosed by Class)* και *Εύρεση Αντικειμένων περικλειόμενων από αντικείμενο (Find Enclosed by Object)* εντοπίζουν τα αντικείμενα που περικλείονται από αντικείμενα μιας καθορισμένης κατηγορίας, ή από άλλα μεμονωμένα αντικείμενα. Οι αλγόριθμοι αυτοί δεν λειτουργούν σε αντικείμενα που βρίσκονται στα όρια της εικόνας.

Αλγόριθμοι Ανακατασκευής σχήματος

Οι αλγόριθμοι ανακατασκευής σχήματος μεταβάλλουν το σχήμα ήδη υπάρχοντων αντικειμένων εκτελώντας διαδικασίες όπως συγχώνευση και διαχωρισμό αντικειμένων σύμφωνα με τα υπο-αντικείμενά τους. Οι

αλγόριθμοι αυτής της κατηγορίας που χρησιμοποιήθηκαν για την εργασία αναλύονται στην παράγραφο 3.5.

Η λογική σειρά εφαρμογής των διαδικασιών στο λογισμικό είναι, αρχικά, η χρήση ενός αλγόριθμου κατάτμησης και η επιλογή των σωστών παραμέτρων κλίμακας και ετερογένειας, στη συνέχεια ακολουθεί ένας αλγόριθμος ταξινόμησης και, τέλος, αν κρίνεται αναγκαίο, ένας αλγόριθμος ανακατασκευής σχήματος.

2.5.2. Κατάτμηση

Οι περισσότερες μέθοδοι κατάτμησης χωρίζονται σε δυο κατηγορίες. Είτε στηρίζονται στην κατάτμηση για τη δημιουργία ομογενοποιημένων περιοχών – αντικειμένων, είτε στην κατάτμηση για την εξαγωγή των ορίων των ομογενοποιημένων περιοχών.

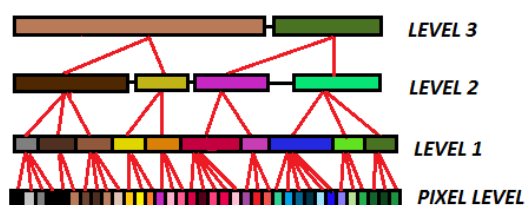
Προτείνεται ένα νέο μοντέλο αντίληψης των τηλεπισκοπικών εικόνων, το οποίο αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα :

1. Αρχικά, εκτελείται μία μόνο κατάτμηση όπου δημιουργούνται τα πρώτα αντικείμενα. Αυτή η διαδικασία έχει πορεία προς τα πάνω. (bottom up).
2. Τα πρώτα αντικείμενα συμπύσσονται και μορφοποιούνται έτσι ώστε να διαμορφωθεί η ιεραρχία των αντικειμένων της εικόνας. Αυτή η διαδικασία έχει πορεία και προς τα πάνω και προς τα κάτω (bottom up και bottom down). Σημαντικό ρόλο σε αυτό το βήμα παίζουν τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων καθώς και οι μεταξύ τους σχέσεις.
3. Τελικά, διεξάγεται μια ταξινόμηση χρήσεων γης της ιεραρχίας των αντικειμένων. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιεί πληροφορίες από όλα τα επίπεδα ταξινόμησης.

Πολλοί θεωρούν ότι τα πρώτα στάδια της ανθρώπινης αντίληψης λειτουργούν από κάτω προς τα πάνω, δηλαδή πρώτα γίνονται αντιληπτές οι λεπτομέρειες μιας εικόνας και μετά οι γενικότερες έννοιες. Όταν τα πολύγωνα που δημιουργούνται από την κατάτμηση είναι ίδιου μεγέθους, δεν μπορούν να διαφοροποιηθούν ως προς το σχήμα, ένα χαρακτηριστικό πολύ σημαντικό για το διαχωρισμό κομματιών με ίδια φασματικά χαρακτηριστικά όπως είναι οι τaráτσες και οι δρόμοι που έχουν παρόμοιες φασματικές υπογραφές. Σε αυτή την περίπτωση, ένα δεύτερο επίπεδο κατάτμησης είναι απαραίτητο, όπου θα γίνει κατάλληλη επιλογή παραμέτρων ώστε το σχήμα να αποτελέσει κριτήριο της κατάτμησης. Δίνοντας πολύ μικρή τιμή στο κριτήριο compactness επιχειρείται η δημιουργία επιμηκών αντικειμένων. Αυτός είναι ένας τρόπος διαχωρισμού των δρόμων από τις τaráτσες. Όταν επιχειρείται η ανάδειξη τετραγωνισμένων αντικειμένων πρέπει να δοθεί έμφαση σε αυτό το κριτήριο, στην προκειμένη περίπτωση δηλαδή που στόχος είναι η καταγραφή των καλλιεργειών.

Το λογισμικό συνδιάζει τις πληροφορίες της φασματικής υπογραφής και των κριτηρίων σχήματος και υπολογίζει την ετερογένεια του αντικειμένου (αριθμητικό αποτέλεσμα). Ο βαθμός φασματικής ομοιογένειας προκύπτει από τη σύγκριση των ελλείψεων (διασπορά) των εικονοστοιχείων. Ουσιαστικά, ελέγχεται κατά πόσο ταιριάζει η φασματική τους υπογραφή. Ο αλγόριθμος κατάτμησης σταματάει να ενώνει εικονοστοιχεία σε ένα αντικείμενο ανάλογα με το συντελεστή κλίμακας που του έχει δοθεί. Τα αντικείμενα που προκύπτουν πρέπει να έχουν βαθμό ετερογένειας μικρότερο από την τιμή του συντελεστή κλίμακας.

Το ιεραρχικό δίκτυο που δημιουργείται αποτελείται από πολλά επίπεδα κατάτμησης (εικόνα 2-7). Όπως έχει προαναφερθεί, προτείνεται η αλληλουχία κατατμήσεων να γίνεται από κάτω προς τα πάνω. Το λογισμικό δεν ξεκινάει τη διαδικασία κατάτμησης του δεύτερου επιπέδου πάλι από την αρχική εικόνα που αποτελείται από εικονοστοιχεία, αλλά ενώνει τα ήδη υπάρχοντα αντικείμενα του πρώτου επιπέδου. Τα αντικείμενα αυτά μπορεί να ενώνονται, αλλά κάποια όριά τους (τα εξωτερικά των νέων αντικειμένων) είναι ίδια με αυτά των αρχικών αντικειμένων. Για αυτό το λόγο είναι προτιμότερο να έχει προηγηθεί η κατάτμηση με το χαμηλότερο συντελεστή κλίμακας, ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη λεπτομέρεια.



Εικόνα 2-7: Ιεραρχικό δίκτυο

2.5.3. Ταξινόμηση

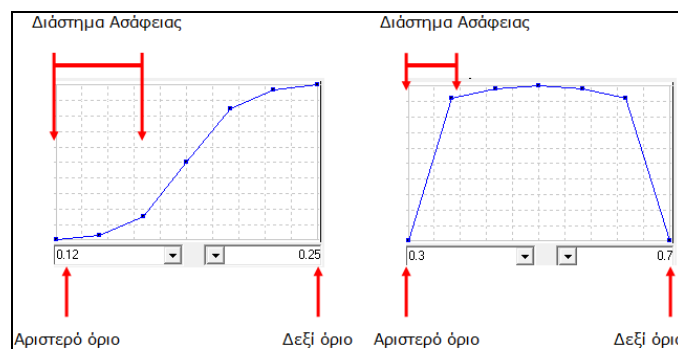
Μετά την κατάτμηση πολλαπλών επιπέδων, καθορίζονται όλα τα χαρακτηριστικά και οι τοπολογικές σχέσεις των αντικειμένων μέσα σε ένα ιεραρχικό δίκτυο. Η διαδικασία, δηλαδή, της ταξινόμησης δίνει νόημα στα αντικείμενα που δημιουργούνται κατά την κατάτμηση. Οι μέθοδοι ταξινόμησης είναι δυο. Η ταξινόμηση βάσει κανόνων ασαφούς λογικής (Fuzzy logic membership functions) και η ταξινόμηση βάσει του εγγύτερου γείτονα (Nearest neighbor).

Στη μέθοδο του *εγγύτερου γείτονα* (η οποία μπορεί να εφαρμοστεί για κάποιες κατηγορίες μόνο) χρειάζεται να οριστούν δείγματα. Τα δείγματα μπορεί να προέρχονται από επίγειους ελέγχους ή από φωτοερμηνεία της εικόνας. Το λογισμικό δεν υπολογίζει μέσο όρο τιμών για τα δείγματα που δίνονται σε κάθε κατηγορία όπως κάνει το ER MAPPER, αλλά αντιμετωπίζει το κάθε δείγμα σαν ξεχωριστή κατηγορία. Έτσι, στο διάγραμμα των καναλιών κατά την καταγραφή των δειγμάτων φαίνονται πολλοί μέσοι όροι, όσοι και τα δείγματα. Επομένως, το καλύτερο αποτέλεσμα προκύπτει εφόσον οι μέσοι όροι των δειγμάτων κάθε κατηγορίας έχουν μεγάλη διαφορά τιμών. Κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης, οι μέσες τιμές των

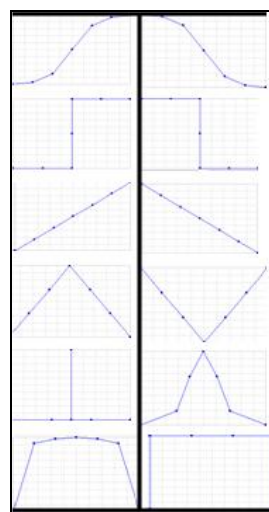
αντικειμένων συγκρίνονται με τις μέσες τιμές των δειγμάτων και ανάλογα ταξινομούνται στις αντίστοιχες κατηγορίες ή όχι.

Η μέθοδος βάσει κανόνων ασαφούς λογικής προσπαθεί να προσδιορίσει τα αντικείμενα που ανήκουν σε κάθε κατηγορία με τη χρήση ασαφών συναρτήσεων (Εικόνα 2-9). Η λογική των ασαφών συναρτήσεων είναι ότι τα φαινόμενα που χαρακτηρίζουν τις κατηγορίες μιας εικόνας μεταλλάσσονται σταδιακά. Οι τιμές συμμετοχής στις συναρτήσεις δεν μπορούν να είναι αυστηρά ανάμεσα σε δυο αριθμούς, πρέπει να υπάρχει ένα διάστημα ασάφειας (Εικόνα 2-8). Στον άξονα των x μπαίνουν οι τιμές ασάφειας που ορίζουν ή δεν ορίζουν το χαρακτηριστικό σε κάποια κατηγορία ενώ στον άξονα των y φαίνεται ο βαθμός συμμετοχής που θα πάρει το χαρακτηριστικό για τη συγκεκριμένη κατηγορία.

Οι κατηγορίες στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν αρκεί να περιγράφονται από έναν μόνο κανόνα, αλλά από συνδυασμούς αυτών. Για το λόγο αυτό υπάρχουν λογικοί τελεστές όπως «and», «or» και «not» έτσι ώστε να ενωθούν οι κανόνες στην περιγραφή της κατηγορίας. Ο τελεστής «and» εισάγεται όταν για να ταξινομηθεί ένα αντικείμενο σε μια συγκεκριμένη κατηγορία πρέπει να πληρεί και τους δύο κανόνες ταυτόχρονα, ενώ ο τελεστής «or» εισάγεται όταν για να ταξινομηθεί ένα αντικείμενο σε μια συγκεκριμένη κατηγορία πρέπει να πληρεί έναν από αυτούς.



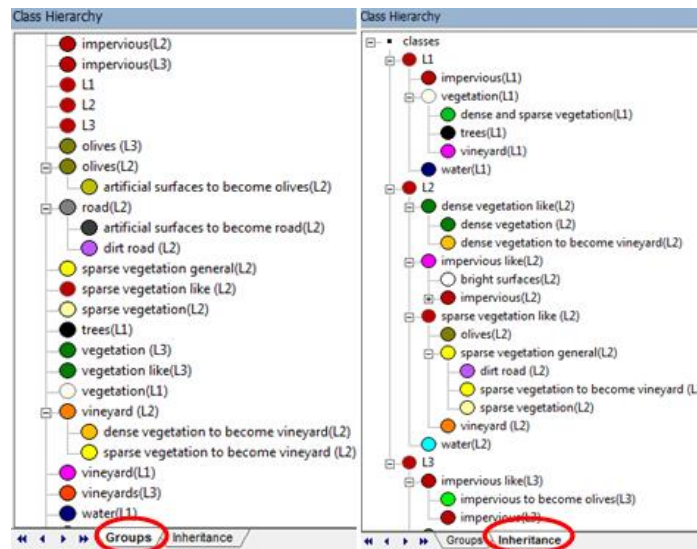
Εικόνα 2-8: Διαστήματα ασάφειας σε συναρτήσεις συμμετοχής



Εικόνα 2-9: Συναρτήσεις συμμετοχής

Υπολογίζονται οι μέσες τιμές των αντικειμένων ανά κανάλι και, επίσης, η τυπική απόκλιση, τα χαρακτηριστικά σχήματος, το εμβαδόν (αν η εικόνα είναι γεωαναφερμένη θα είναι σε τετραγωνικά μέτρα), ο προσανατολισμός του αντικειμένου (main direction), ο λόγος μήκος/πλάτος και πολλά άλλα χαρακτηριστικά όχι μόνο των αντικειμένων αυτών καθαυτών αλλά και οι τοπολογικές σχέσεις με τα γειτονικά αντικείμενα αλλά και με τα υπο-αντικείμενα και υπερ-αντικείμενα των άλλων επιπέδων (class related features).

Στο παράθυρο Ιεραρχίας (Hierarchy) φαίνονται όλες οι κατηγορίες με τους κανόνες τους και τα χρώματα με τα οποία εμφανίζονται. Υπάρχουν δυο καρτέλες σε αυτό το παράθυρο, της Κληρονομικότητας (Inheritance) και της Ομαδοποίησης (Groups) (Εικόνα 2-10). Στην καρτέλα *Κληρονομικότητας* εμφανίζονται οι σχέσεις μεταξύ των κατηγοριών. Υπάρχουν οι «μητρικές κατηγορίες» οι οποίες δεν εμφανίζονται φανερά στην εικόνα αλλά χωρίζονται σε υπο-κατηγορίες στις οποίες «κληροδοτούν» όλα τα χαρακτηριστικά τους. Στην καρτέλα *Ομαδοποίησης* γίνεται άλλη κατηγοριοποίηση των κατηγοριών σχετικά με το πώς θα εμφανίζεται το αποτέλεσμα, άσχετα με την καρτέλα Ιεραρχίας. Εδώ οι κατηγορίες ομαδοποιούνται σύμφωνα με τη φυσική τους σημασία.



Εικόνα 2-10: Διαφοροποίηση κατηγοριοποίησης στις καρτέλες Ιεραρχίας

2.5.4. Χαρακτηριστικά αντικειμένων

Σε αυτό το εδάφιο γίνονται αναφορές σε κάποια χαρακτηριστικά που υπολογίζει το λογισμικό για τα αντικείμενα. Κάποια από αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των εικόνων της διπλωματικής εργασίας, ενώ κάποια, αν και δε χρησιμοποιήθηκαν, στην πράξη αποτελούν ενδιαφέρουσες καινοτομίες του πακέτου E Cognition και μπορούν να φανούν χρήσιμα σε άλλες εφαρμογές.

Φωτεινότητα (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.

Parameters:

w_k^B : brightness weight of layer k

$\bar{c}_k(v)$: mean intensity of layer k of an image object v

c_k^{\min} : darkest possible intensity value of layer k

c_k^{\max} : brightest possible intensity value of layer k

$$w_k^B := \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$

$$w^B := \sum_{k=1}^K w_k^B$$

Formula:

$$\bar{c}(v) := \frac{1}{w^B} \sum_{k=1}^K w_k^B \bar{c}_k(v)$$

Feature value range:

$$[c_k^{\min}, c_k^{\max}]$$

Μέση διαφορετικότητα από το σύνολο της εικόνας (Mean difference to scene)

Η διαφορά της μέσης τιμής ενός αντικειμένου σε ένα επίπεδο με τη μέση τιμή ολόκληρης της εικόνας στο ίδιο επίπεδο.

Parameters:

\bar{c}_k : mean intensity of layer **k**

$\bar{c}_k(\mathbf{v})$: mean intensity of layer **k** of an image object **v**

c_k^{range} : data range of layer **k**

$c_k^{\text{range}} := c_k^{\text{max}} - c_k^{\text{min}}$

Formula:

$$\bar{c}_k(\mathbf{v}) - \bar{c}_k$$

Feature value range:

$$[-c_k^{\text{range}}, c_k^{\text{range}}]$$

Εμβαδόν (Area)

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.

Parameters:

$\#P_v$: total number of pixels contained in **P_v**

Feature value range:

[0; scene size]

Μήκος (Length)

Για τον υπολογισμό του χαρακτηριστικού του μήκους, χρησιμοποιείται ο λόγος Μήκος/πλάτος.

Parameters:

$\#P_v$: total number of pixels contained in **P_v**

γ_v : length/width ratio of an image object **v**

Expression:

$$\sqrt{\#P_v \cdot \gamma_v}$$

Feature value range:

[0; ∞]

Μήκος/Πλάτος (Length/width)

Υπάρχουν δυο τρόποι υπολογισμού του λόγου Μήκος/Πλάτος ενός αντικειμένου :

- ο λόγος αυτός είναι πανομοιότυπος με το λόγο των ιδιοτιμών του πίνακα διακύμανσης, με τη μεγαλύτερη ιδιοτιμή να αποτελεί τον αριθμητή του κλάσματος:

$$\gamma_v^{EV} = \frac{\lambda_1(v)}{\lambda_2(v)}$$

- ο δεύτερος τρόπος προσέγγισης του λόγου αυτού γίνεται με την παρακάτω συνάρτηση :

$$\gamma_v^{BB} = \frac{(k_v^{bb'})^2}{\#P_v}$$

Το Definiens Developer χρησιμοποιεί και τις δυο μεθόδους για τον υπολογισμό του λόγου και σαν τελικό αποτέλεσμα κρατάει τη μικρότερη από τις δυο τιμές που προκύπτουν.

Parameters:

$\#P_v$:Size of a set of pixels of an image object v

λ_1, λ_2 :eigenvalues

γ_v^{EV} :ratio length of v of the eigenvalues

γ_v^{BB} :ratio length of v of the bounding box

γ_v : length/width ratio of an image object v

$k_v^{bb'}$:

$h_v^{bb'}$:

a : Bounding box fill rate

$\#P_{xl}$

h :

w : image layer weight

$$k_v^{bb'} = \sqrt{(k_v^{bb'})^2 + (1-a)(h_v^{bb'})^2}$$

$$a = \frac{\#P_v}{k_v^{bb'} \cdot h_v^{bb'}}$$

$$k \cdot h = \#P_v \Rightarrow k = \frac{\#P_v}{w}, h = \frac{\#P_v}{k} \Rightarrow \frac{k}{w} = \frac{k^2}{\#P_{xl}} = \frac{\#P_{xl}}{w^2}$$

Συνάρτηση :

$$\gamma_v := \min \gamma_v^{EV}, \min \gamma_v^{BB}$$

Εύρος τιμών χαρακτηριστικού:

[0; ∞]

Πλάτος (Width)

Ο υπολογισμός του πλάτους γίνεται, επίσης, με χρήση του λόγου Μήκος/Πλάτος.

Παράμετροι :

#P_v: total number of pixels contained in **P_v**

γ_v : length/width ratio of an image object **v**

Συνάρτηση:

$$\frac{\#P_v}{\gamma_v}$$

Εύρος τιμών χαρακτηριστικού:

[0; ∞]

9) Σχετική γειτνίαση με (Rel. border to)

Το χαρακτηριστικό αυτό αναφέρεται στο μήκος των κοινών ορίων γειτονικών αντικειμένων. Ουσιαστικά, καθορίζει το λόγο του μήκους των κοινών ορίων δυο γειτονικών αντικειμένων προς τη συνολική περίμετρο του ενός. Αν η σχετική γειτνίαση ενός αντικειμένου ως προς αντικείμενα μιας προκαθορισμένης τάξης είναι ίση με μονάδα, το αντικείμενο αυτό περικλείεται εξ ολοκλήρου από τα αντικείμενα της άλλης τάξης. Αν είναι ίση με μισή μονάδα (0.5) τότε το κοινό του όριο με τα άλλα αντικείμενα είναι η μισή του περιμέτρου.

Παράμετροι:

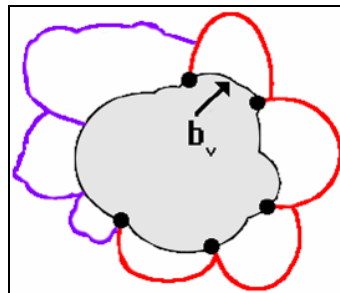
b(v,u) : topological relation border length

N_v(d) : neighbors to an image object **v** at a distance **d**

b_v : image object border length

Συνάρτηση:

$$\frac{\sum_{u \in N_v(d, \mathcal{M})} b(v, u)}{b_v}$$



Εικόνα 2-11: Σχετική Γειτνίαση μεταξύ γειτονικών αντικειμένων.

Εύρος τιμών χαρακτηριστικού:

[0,1]

Σχετικό εμβαδόν (Rel. area of)

Το εμβαδόν ενός αντικειμένου που καλύπτεται από αντικείμενα μιας καθορισμένης τάξης διαιρούμενο με το συνολικό εμβαδόν της τάξης αυτής.

Παράμετροι:

Nv(d) : neighbors to an image object **v** at a distance **d**

#P_u : total number of pixels contained in P_u

Συνάρτηση:

$$\frac{\sum_{u \in N(d, v)} \#P_u}{\sum_{u \in N(d)} \#P_u}$$

Εύρος τιμών χαρακτηριστικού:

[0; 1]

Απόσταση από (Distance to)

Η απόσταση (σε εικονοστοιχεία) του κέντρου του αντικειμένου μιας τάξης με το κέντρο του πλησιέστερου αντικειμένου μιας άλλης προκαθορισμένης τάξης. Τα αντικείμενα που βρίσκονται στη γραμμή που ενώνει τα δυο κέντρα θα πρέπει να ανήκουν στην προκαθορισμένη τάξη.

Παράμετροι:

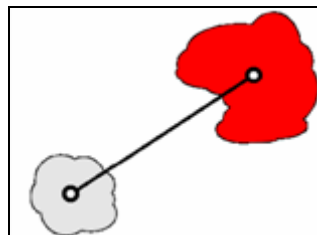
d(v,u) : distance between **v** and **u**

V_i(m) : image object level of a class **m**

b_v : image object border length

Συνάρτηση:

$$\min_{u \in V(m)} d(v, u)$$



Εικόνα 2-12: Απόσταση μεταξύ των κέντρων των γειτονικών αντικειμένων

Εύρος τιμών χαρακτηριστικού:

[0, ∞]

Υπαρξη του (Existence of)

Ελέγχει την ύπαρξη τουλάχιστον ενός υπο-αντικειμένου μιας προκαθορισμένης τάξης. Αν υπάρχει, η τιμή του χαρακτηριστικού είναι ίση με μονάδα, αλλιώς είναι ίση με μηδέν.

Παράμετροι:

v : image object

d : distance between neighbors

m : a class containing image objects

Formula:

0 if $S_v(d,m) = \emptyset$

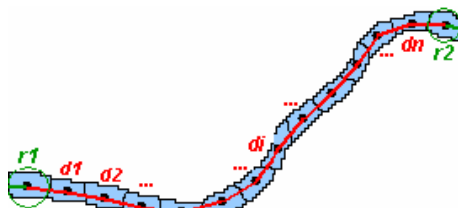
1 if $S_v(d,m) \neq \emptyset$

Εύρος τιμών χαρακτηριστικού:

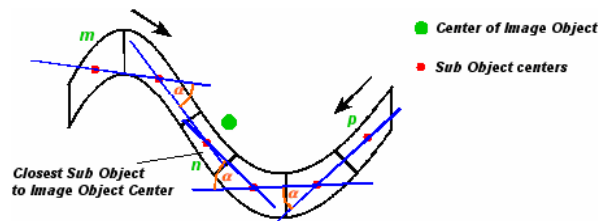
[0,1]

Γραμμικά χαρακτηριστικά βασισμένα στα Υποαντικείμενα

Όταν ένα αντικείμενο ταξινομείται, δεν καταγράφονται μόνο οι πληροφορίες σχήματος και οι τοπολογικές του σχέσεις με τα γειτονικά αντικείμενα, αλλά καταγράφονται, επίσης, οι σχέσεις του με τα υποαντικείμενα και υπεραντικείμενά του. Συγκεκριμένα με τα υποαντικείμενά του, υπάρχει μέθοδος δημιουργίας συμπαγών υποαντικειμένων που εξυπηρετεί την ανάλυση γραμμών. Η βασική ιδέα είναι η παρουσίαση του σχήματος ενός αντικειμένου συμπυκνώνοντας τα υποαντικείμενα και λειτουργεί από το ένα κεντρικό σημείο στο άλλο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία της γραμμικής πληροφορίας. Η μέθοδος αυτή είναι πιο αποτελεσματική όταν στόχος είναι η εξαγωγή χαρακτηριστικών από μακρόστενα και καμπύλα αντικείμενα (π.χ. ποτάμια ή δρόμοι). Έτσι, όλα τα γραμμικά χαρακτηριστικά όπως Πλάτος, μήκος, λόγος Μήκους/Πλάτος και ο λόγος Καμπυλότητα/Μήκος μπορούν να υπολογιστούν και με αυτό τον τρόπο. Με τον όρο «καμπυλότητα» το λογισμικό εννοεί το άθροισμα όλων των αλλαγών διεύθυνσης (σε απόλυτες τιμές) των γραμμών που ενώνουν τα κέντρα των υποαντικειμένων που βρίσκονται πιο κοντά στο κέντρο του αντικειμένου ενδιαφέροντος (Εικόνες 2-13, 2-14).



Εικόνα 2-13: Σχηματικά ο υπολογισμός του μήκους βασισμένο στα κέντρα των υποαντικειμένων



Εικόνα 2-14: Σχηματικά ο υπολογισμός του χαρακτηριστικού «καμπυλότητα»

Ο υπολογισμός των χαρακτηριστικών σχήματος βασίζεται στη διανυσματοποίηση των εικονοστοιχείων που σχηματίζουν ένα αντικείμενο. Στην εικόνα 2-15 εμφανίζεται ένα αντικείμενο στη raster και στη vector μορφή του.

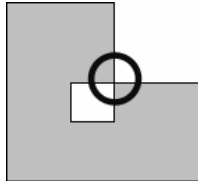


Εικόνα 2-15: Αντικείμενο εικόνας σε raster Μορφή και το περίγραμμά του μετά τη διανυσματοποίηση

Τα χαρακτηριστικά σχήματος μπορούν να υπολογιστούν και με τη βοήθεια των υπεραντικειμένων. Για να προσδιοριστεί ποιο υπεραντικείμενο είναι το πιο κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί πρέπει να ορισθεί η απόσταση επιπέδων. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν κατά την επεξεργασία μιας εικόνας χρησιμοποιούνται και θεματικά επίπεδα.

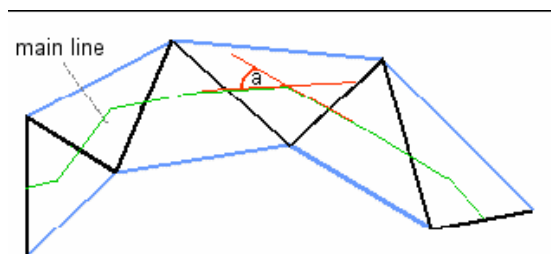
Μέθοδοι βασισμένοι στην εσωτερική δομή των αντικειμένων

Το λογισμικό προσφέρει τη δυνατότητα εύρεσης αντικειμένων που τέμνονται με τον εαυτό τους (Εικόνα 2-16). Το χαρακτηριστικό αυτό είναι πολύ χρήσιμο στην περίπτωση που ο χρήστης θέλει να εξαγάγει το αποτέλεσμα της επεξεργασίας της εικόνας σε διανυσματική μορφή. Τα αντικείμενα που παίρνουν την τιμή 1 είναι εκείνα που όταν μετατραπούν σε πολύγωνα διανυσματικής μορφής θα τέμνονται με τον εαυτό τους. Εφόσον εντοπισθούν αυτά τα αντικείμενα, ο χρήστης μπορεί με μια διαδικασία ανακατασκευής σχήματος να τα διορθώσει.



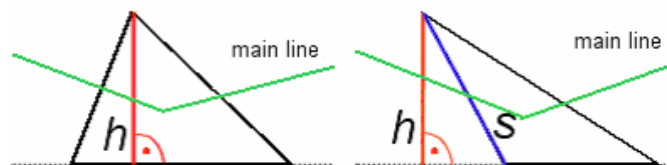
Εικόνα 2-16: Προβληματικό σχήμα αντικειμένου

Οι σκελετοί αποτελούνται από μία βασική *κεντρική γραμμή* και από γραμμές μικρότερου μήκους, τα «κλαδιά» (Εικόνα 2-17). Δημιουργείται ένα δίκτυο από τους κόμβους που προκύπτουν από τα κέντρα των τριγώνων που προκύπτουν με τριγωνισμό κατά Delaunay. Κάποια από τα χαρακτηριστικά που υπολογίζονται με αυτό τον τρόπο είναι ο βαθμός που διακλαδώνεται ένας σκελετός, το μέσο μήκος των διακλαδώσεων, ο αριθμός των διακλαδώσεων προς μια κατεύθυνση, καμπυλότητα/μήκος, μήκος/πλάτος κ.α.



Εικόνα 2-17: Υπολογισμός μήκους αντικειμένου βασισμένο στο σκελετό του.

Συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό του πλάτους των αντικειμένων υπολογίζεται το ύψος h όλων των τριγώνων που τέμνουν την κεντρική γραμμή των αντικειμένων (Εικόνα 2-18). Εξαίρεση αποτελούν τα τρίγωνα στα οποία το διάνυσμα του ύψους βρίσκεται εκτός τους. Σε αυτή την περίπτωση, σαν ύψος θεωρείται η πλησιέστερη πλευρά s του τριγώνου. Το συμπέρασμα είναι ότι το αποτέλεσμα αυτού του τρόπου υπολογισμού του πλάτους εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του σχήματος των αντικειμένων.

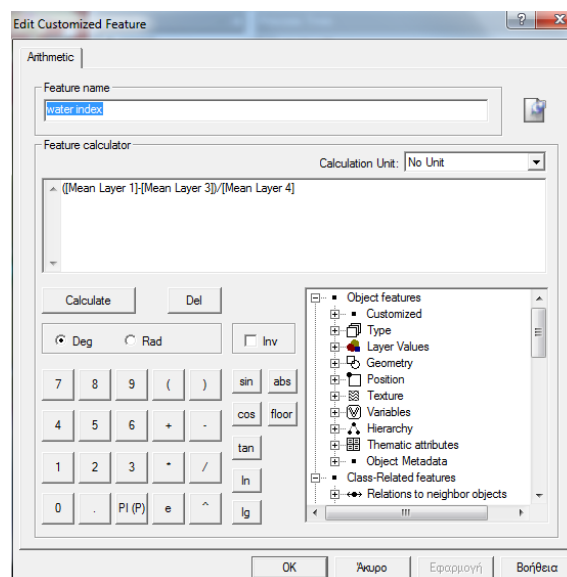


Εικόνα 2-18: Υπολογισμός πλάτους με βάση τον σκελετό του αντικειμένου

Μέθοδοι υπολογισμού της υφής

Όλα τα χαρακτηριστικά που αφορούν στην υφή (Texture) βασίζονται στην ανάλυση των υποαντικειμένων. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι είναι μη υπολογίσιμη για τα αντικείμενα του κατώτερου επιπέδου. Τα χαρακτηριστικά υφής μπορούν να υπολογιστούν είτε από τις φασματικές πληροφορίες των υποαντικειμένων, είτε από τις πληροφορίες σχήματός τους, είτε από τη μέθοδο Haralick. Η μέθοδος Haralick υπολογίζει την υφή ενός αντικειμένου βάσει ενός πίνακα σύμπτωσης που δείχνει πόσο συχνά εμφανίζονται διαφορετικοί συνδιασμοί των τόνων του γκρι στο πανχρωματικό επίπεδο για μια περιοχή της εικόνας. Η μέθοδος αυτή υπολογίζει αυτές τις τιμές για όλα τα εικονοστοιχεία των αντικειμένων ενδιαφέροντος και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για περιοχές με έντονη υφή. Εκτός από την υφή, στον πίνακα σύμπτωσης του Haralick (GLCM) μπορεί να βασιστεί και ο υπολογισμός της ομοιογένειας και της αντίθεσης των υποαντικειμένων ενός αντικειμένου ενδιαφέροντος.

Τέλος, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει δικά του χαρακτηριστικά με δικό του συνδιασμό παραμέτρων μέσα από πράξεις. Στην εικόνα 2-19 παρουσιάζεται το παράθυρο διαλόγου του προγράμματος όπου ο χρήστης συνθέτει το νέο χαρακτηριστικό που θα υπολογίζεται για κάθε αντικείμενο και θα μπορεί να ενταχθεί σαν κανόνας με κατάλληλη κατωφλίωση, ανάλογα με τις ανάγκες της ταξινόμησης.



Εικόνα 2-19: Πράξεις καναλιών στο περιβάλλον του E Cognition

Άλλα καινούρια χαρακτηριστικά της νέας έκδοσης του λογισμικού είναι η σχετική γειτνίαση με τα όρια της εικόνας, ο αριθμός των σκουρότερων και ανοιχτότερων γειτονικών αντικειμένων, κυκλική προσαρμογή (πόσο μοιάζει το σχήμα των αντικειμένων με κύκλο), το πάχος (thickness), ο όγκος (volume) και η επικάλυψη δυο αντικειμένων.

2.6. Διαδικασία Φωτοερμηνείας







Ξεκινώντας οποιαδήποτε διαδικασία επεξεργασίας εικόνων, το πρώτο και σημαντικότερο βήμα είναι η φωτοερμηνεία. Ο σκοπός της Φωτοερμηνείας είναι η ανίχνευση και η ταυτοποίηση των αντικειμένων, φαινομένων και εδαφοκαλύψεων τόσο από φασματικής αλλά και από εννοιολογικής άποψης. Η διαδικασία της Φωτοερμηνείας των εικόνων εμπεριέχει διάφορα στάδια πολυπλοκότητας, από την απευθείας αναγνώριση αντικειμένων μέχρι την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στις τοπικές συνθήκες. Ένα παράδειγμα απευθείας αναγνώρισης θα μπορούσε να θεωρηθεί η αναγνώριση ενός κόμβου. Άλλο ένα πολύ σημαντικό στοιχείο που μας βοηθά στη εύκολη Φωτοερμηνεία των εικόνων είναι η γνώση των σταδίων ανάπτυξης των καλλιεργειών. Δηλαδή με βάση το καλλιεργητικό ημερολόγιο και τις τοπικές συνθήκες ανάπτυξης των φυτών θα μπορούσε να καθορισθεί, εάν ένα είδος καλλιέργειας είναι πιθανό να εμφανίζεται σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (Αργιαλάς, 1999). Αυτά τα φωτοερμηνευτικά κλειδιά μαζί με πολλά άλλα, μέσω της χρήσης τους, και με την ανάλογη πείρα του Φωτοερμηνευτή διευκολύνουν τη διαδικασία της Φωτοερμηνείας.





Ειδικότερα όταν πρόκειται για τη διαδικασία «εκπαίδευσης» ενός έμπειρου συστήματος, ο χρήστης πρέπει να έχει κατανοήσει πλήρως τις κατηγορίες που απεικονίζονται στη δορυφορική εικόνα για να είναι σε θέση να δημιουργήσει τους σωστούς κανόνες για αυτές τις κατηγορίες. Το έμπειρο σύστημα είναι όσο αποτελεσματικό όσο και η γνώση που κατέχει ο χρήστης για να τη μετατρέψει σε αλληλουχία κανόνων και διαδικασιών στη γλώσσα του συστήματος.

2.6.1. Περιγραφή κατηγοριών

Μπορεί ο στόχος της παρούσας εργασίας να είναι η καταγραφή των καλλιεργειών, αλλά αναγκαία είναι και η σωστή ανάδειξη όλων των υπόλοιπων κατηγοριών, αφενός για να αναδειχθούν σωστά οι καλλιέργειες με τη μέθοδο της εις άτοπον απαγωγής, και αφετέρου για τη μελλοντική χρήση της αλληλουχίας διαδικασιών σε άλλες εφαρμογές. Οι θεωρητικές κατηγορίες κάλυψης / χρήσης γης που ενδιαφέρουν τη μελέτη, καθώς και η περιγραφή τους, είναι οι παρακάτω. Αναφέρονται ως «θεωρητικές κατηγορίες» γιατί, σε επόμενο στάδιο, στην πράξη της επεξεργασίας της εικόνας στο λογισμικό διαμορφώνεται η τελική κατηγοριοποίηση.

Πίνακας 2-2: Πίνακας 2-2. Κατηγορίες κάλυψης / χρήσης γης χρησιμοποιούμενες στο έργο PLOTS 2008

A/A	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡ/ΚΑ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ CORINE
1	Αστικό	πυκνή ή αραιή δόμηση, εμφανές οδικό δίκτυο, οικοδομικά τετράγωνα.		Κτήρια, δρόμοι και ζώνες τεχνητής επιφάνειας καλύπτουν σχεδόν όλο το έδαφος. Οι μη γραμμικές ζώνες βλάστησης και το γυμνό έδαφος αποτελούν εξαίρεση.
2	Δασική έκταση	πυκνή βλάστηση, μεγάλη έκταση, πράσινο έντονο χρώμα, μακριά από αστικό ιστό.		Βλάστησης που αποτελείται κυρίως από δέντρα, συμπεριλαμβανομένων υποορόφων με θάμνους και άλλη χαμηλή βλάστηση, όπου τα πλατύφυλλα και τα κωνοφόρα είδη επικρατούν.
3	Αρόσιμη έκταση	σχήμα κανονικό τετράπλευρο, υφή λεία , χρώμα ανοιχτό καφέ, γκρι ή πράσινο.		Καλλιεργήσιμες περιοχές τακτικά αρόσιμες και γενικά υπό ένα σύστημα εναλλαγής καλλιέργειας.
4	Ποτάμι	μπλέ χρώμα, στενόμακρο σχήμα		Φυσικά ή τεχνητά υδάτινα ρεύματα που λειτουργούν ως διάλυοι αποστράγγισης υδάτων. Περιλαμβάνονται οι τάφροι.
5	Δρόμος	υλικό ασφαλτος, μακρόστενο σχήμα		
6	Αγροτικός Δρόμος	χωματόδρομος, μήκος μέτριο, πλάτος έως 5 μέτρα, περιβάλλεται από αγροτεμάχια.		

7	Μόνιμη καλλιέργεια /Θερμοκήπια	Καλλιέργειες δέντρων σε διάταξη που δεν είναι ελαιώνες ή αμπελώνες, όπως οπωροφόρα δέντρα. κανονική γεωμετρική κατανομή. τραχεία υφή. πιο ανοιχτός τόνος του πράσινου από ελαιώνες. Το θερμοκήπιο είναι μια τεχνητή κατασκευή από γυαλί η πλαστικό. Η Υφή είναι λεία , το χρώμα ανοιχτό λευκό και βρίσκεται σε αγροτικές περιοχές.		Καλλιέργειες, χωρίς σύστημα εναλλαγής καλλιέργειας, που παρέχουν επαναλαμβανόμενη συγκομιδή και καταλαμβάνουν το έδαφος για μια μεγάλη περίοδο προτού να οργωθεί και να ξαναφυτευτεί: κυρίως φυτείες των ξυλωδών ειδών. Αποκλείονται τα λιβάδια, τα εδάφη για βοσκή και τα δάση.
8	Αμπελώνας	γραμμική διάταξη αμπελιών, λεία υφή (κατά τη διεύθυνση της γραμμικής διάταξης), ομοιόμορφη εναλλαγή των τόνων γκριζοπράσινου και καφέ (χώμα).		Περιοχές φυτεμένες με αμπέλια.
9	Ελαιώνας	γκριζοπράσινο τόνος των δέντρων, σε διάταξη, τραχεία υφή , Την σχεδόν πάντα σταθερή απόσταση των ελαιόδεντρων (5-7m)		Περιοχές φυτεμένες με ελαιόδεντρα, συμπεριλαμβάνοντας μικτή εμφάνιση ελαιόδεντρων και αμπελώνων στο ίδιο αγροτεμάχιο.
10	Βοσκότοπος (λιβάδι)	μεγάλη επιφάνεια, καφέ χρώμα ή ανοιχτό πράσινο , σκόρπια δέντρα, χαμηλή υπόλοιπη βλάστηση, τραχεία υφή συνήθως (όταν υπάρχουν δέντρα), μακριά από αστική περιοχή.		Πυκνή, κάλυψη κυρίως από ποώδη βλάστηση, όχι στο πλαίσιο ενός συστήματος εναλλαγής καλλιέργειας. Χρησιμοποιείται κυρίως για βοσκή, αλλά η ζωοτροφή μπορεί να συγκομιστεί μηχανικά. Περιλαμβάνει και τις περιοχές με φυτά φράκτες. Επίσης, στην κατηγορία «βοσκότοποι» υπάγονται και οι θάμνοι και χερσότοποι : Βλάστηση με χαμηλή και κλειστή φωτοκάλυψη, όπου κυριαρχούν οι θάμνοι, η έρπουσα και ποώδης βλάστηση

11	Άλλο	Κατηγορίες που δεν αναφέρονται παραπάνω και δεν επιδοτούνται, πχ λίμνες, παράκτια ζώνη, εργοστασιακές εγκαταστάσεις, αεροδρόμια, στρατιωτικές εγκαταστάσεις.		
----	------	--	---	--

Ελαιώνες - Αμπελώνες

Καλλιέργειες όπως οι ελαιώνες και οι αμπελώνες συναντώνται ανεξάρτητα με την κλίση του εδάφους και του τοπογραφικού αναγλύφου μιας περιοχής, αφού μπορούν να καλλιεργηθούν ακόμη και σε εδάφη με κλίση 40% με τη βοήθεια αναβαθμιδών. Συνήθως πάντως, τόσο η άμπελος όσο και η ελιά καλλιεργούνται σε εδάφη που παρουσιάζουν κλίσεις και λιγότερο σε επίπεδα εδάφη, διότι στα κεκλιμένα εδάφη οι παγετοί είναι σπάνιοι και λιγότερο έντονοι (Μιχαηλίδου, 2001). Επίσης, παράγοντες όπως η ύπαρξη νερού (λίμνες, ποτάμια) δεν είναι απαγορευτικοί αρκεί το νερό του υδροφόρου ορίζοντα να μην είναι αλμυρό. Οι καλλιέργειες αυτές συναντώνται παντού, ανεξάρτητα από την ύπαρξη αστικών κέντρων ή οδικών δικτύων.

Η ελιά αν και είναι αειθαλές φυτό ανανεώνει το φύλλωμά της κάθε τρία χρόνια γεγονός που πιθανόν επηρεάζει τις φασματικές υπογραφές. Ποτέ δεν καλλιεργείται δίπλα σε φυτά όπως τομάτα, πατάτα, μελιτζάνα κ.α., επειδή κινδυνεύει από εχθρούς που συναντώνται στο ριζικό σύστημα των φυτών αυτών (Μιχαηλίδου, 2001).

Όσον αφορά στα αμπέλια, ο συνήθης και χαρακτηριστικός τρόπος φύτευσής τους σε γραμμικά σχήματα αποτελεί πολύ χρήσιμη πληροφορία που διευκολύνει τη διάκρισή τους από άλλες κατηγορίες καλλιεργειών. Στην περιοχή μελέτης, πάντως, κάποιοι αμπελώνες έχουν έντονα γραμμικά στοιχεία (Αραιή στοίχιση ή κλαδεμένα δεντρύλλια), ενώ τα γραμμικά στοιχεία άλλων ίσα που διακρίνονται (πυκνή στοίχιση, ή πιο παρατημένα δεντρύλλια). Παρατηρείται ότι τα παρατημένα αμπέλια διαχωρίζονται από τα άλλα, τα οποία ουσιαστικά μας ενδιαφέρουν. Τα παρατημένα αμπέλια έχουν ανάμεσα στη γραμμική τους διάταξη και άλλα φυτά, οπότε διαχωρίζεται η φασματική τους υπογραφή από τα φροντισμένα αμπέλια.

Παρατηρώντας τις καλλιέργειες της εικόνας διακρίνονται διαφορές στις φασματικές τους υπογραφές, ακόμη και ανάμεσα σε αυτές του ίδιου είδους. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα φυτά προσαρμόζονται ανάλογα με το διαθέσιμο νερό και τις θερμοκρασίες. Τα φυτά για παράδειγμα που είναι προσαρμοσμένα σε συνθήκες έλλειψης νερού και ψηλές θερμοκρασίες, συχνά παρουσιάζουν μειωμένη απορρόφηση της ορατής ακτινοβολίας και/ή μείωση του ποσού της ηλιακής ακτινοβολίας που εισχωρεί σε αυτά, με συνέπεια να ανακλούν και λιγότερη

ακτινοβολία. Ο παράγοντας της θερμοκρασίας προφανώς δεν ισχύει στην περίπτωση αυτή γιατί πρόκειται για εικόνα της ίδιας περιοχής την ίδια χρονική στιγμή, αλλά ο παράγοντας της ύπαρξης νερού, κατά πόσο καλά ή πρόσφατα ποτισμένο είναι το χώμα, ακόμη και αν είναι πρόσφατα σκαμένο, έχει επιπτώσεις στις φασματικές υπογραφές. Η έλλειψη βλάστησης στο έδαφος προκαλεί μειωμένη απορρόφηση στα κανάλια 2 και 3 (μεγαλύτερες ψηφιακές τιμές) και μικρότερη ανάκλαση στο κανάλι 4 (μικρότερες ψηφιακές τιμές). Αυτό συμβαίνει γιατί στα μήκη κύματος στα οποία είναι ευαίσθητα τα κανάλια 2 και 3 η απορρόφηση οφείλεται στη χλωροφύλλη που περιέχουν τα φύλλα και στα μήκη κύματος που είναι ευαίσθητο το κανάλι 4 η ανάκλαση εξαρτάται από τη δομή των φύλλων (Μιχαηλίδου, 2001).

Βοσκότοποι

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι βοσκές διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες (βοσκότοποι, λειμώνες κτλ.). Το Υπουργείο Γεωργίας αναγνωρίζει μόνο μία κατηγορία που ονομάζει «εκτάσεις μόνιμα καλυμμένες με χόρτο» και στις οποίες συμπεριλαμβάνει τους μόνιμους λειμώνες, τις βοσκές και τους φτωχούς βοσκότοπους, δηλαδή οποιαδήποτε έκταση χρησιμοποιείται για βόσκηση ζώων. Οι εκτάσεις αυτές μπορεί να είναι ασκεπείς (ποώδης βλάστηση) ή μερικώς ή πλήρως δασοσκεπείς, δηλαδή η βλάστηση να είναι ξυλώδης (δέντρα, θάμνοι, φρύγανα). Στην Ελλάδα κατά κανόνα δεν γίνεται διαχείριση των βοσκοτόπων και η βλάστηση είναι συνήθως ανάμεικτη. Οι βοσκότοποι λόγω της μεγαλύτερης ανομοιογένειας της βλάστησης (διάχυση της ακτινοβολίας άρα μειωμένες τιμές στο κανάλι 4) έχουν διαφορετική φασματική υπογραφή από τις αρόσιμες εκτάσεις (ετήσιες καλλιέργειες), την ίδια φασματική υπογραφή, όμως, με τις αγραναπαύσεις. Αποτελούν ξεχωριστή κατηγορία χρήσης γης αλλά όχι κάλυψης γης, γεγονός που δυσκολεύει πολύ τον εντοπισμό τους. Η μόνη διαφορά είναι ότι συνήθως εντοπίζονται σε πιο υψηλά υψόμετρα από τις αγραναπαύσεις, χωρίς όμως να αποκλείεται και το αντίθετο (Μιχαηλίδου, 2001).

Τα λιβάδια είναι μεγάλες εκτάσεις γης που δεν καλύπτονται από δέντρα αλλά από μικρά φυτά και κυρίως χορτάρι. Τα συναντάμε σε πεδινές περιοχές και έχουν ακανόνιστο σχήμα. Αναγνωρίζονται από μεγάλες εκτάσεις γης που δεν καλύπτονται από δένδρα και από θάμνους και φαίνονται άδειες και ομοιόμορφες. Βρίσκονται κοντά σε ορεινούς όγκους. Καλύπτονται από πολλά είδη μικρών φυτών κυρίως χορταρικών (Σελίδα Wiki Τηλεπισκόπησης). Τα φωτοαναγνωριστικά τους στοιχεία είναι :

- Χρώμα: Ανοιχτό πράσινο σε φυσικά χρώματα RGB (321) και ανοιχτό γκρι σε ασπρόμαυρο.
- Υφή: Λεία.
- Σχήμα: Ακανόνιστο.
- Σχέσεις με το περιβάλλον: Συνήθως περιβάλλονται από ορεινούς όγκους. Μακριά από κατοικίες δρόμους και άλλα τεχνητά έργα.
- Ομοιόμορφα σε όλη τους σχεδόν την έκταση.

Μόνιμες Καλλιέργειες – Αρόσιμες εκτάσεις

Όλες οι μόνιμες καλλιέργειες (καλλιέργειες δέντρων πέραν των ελιών, όπως πορτοκαλιών, μήλων και πολλών άλλων) έχουν παρόμοιες φασματικές υπογραφές και η προσπάθεια διάκρισής τους θα προϋπέθετε πολλά δείγματα από κάθε διαφορετική καλλιέργεια ώστε να διαπιστωθούν οι τυχόν μικροδιαφορές στις ψηφιακές τους τιμές οι οποίες ενδεχομένως να ήταν ικανές να οδηγήσουν στη διάκρισή τους. Στις μόνιμες καλλιέργειες περιλαμβάνονται και τα θερμοκήπια, μιας και δηλώνονται από τους αγρότες και επιδοτούνται. Οι αρόσιμες εκτάσεις είναι γεωτεμάχια καλλιεργειών όπως σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι κ.α. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι επιδοτούνται μόνο τα οργωμένα χωράφια, αυτά δηλαδή που καλλιεργούνται τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή λήψης της δορυφορικής εκόνας (και, άρα τη χρονική στιγμή διεξαγωγής της μελέτης για επιδότηση καλλιεργειών) και όχι τα χωράφια που βρίσκονται στη διαδικασία της αγρανάπαυσης και δεν παράγουν. Στην περιοχή της Κρήτης από που προέρχεται η εικόνα, δυστυχώς, είναι δύσκολο να βρεθούν γεωτεμάχια μόνιμων καλλιεργειών και αρόσιμων εκτάσεων, γιατί επικρατεί η καλλιέργεια ελιών και αμπελιών.

Στις επιδοτούμενες εκτάσεις ανήκουν και τα θερμοκήπια. Η διάκρισή τους σε ξεχωριστή κατηγορία είναι πολύ δύσκολη εφόσον φασματικά ανήκουν στην κατηγορία των αδιαπέρατων υλικών. Από τον 19^ο αιώνα και ύστερα, η κατασκευή των θερμοκηπίων γίνεται από φύλλα ή λωρίδες διαφανούς πλαστικού. Η θέση του θερμοκηπίου και ο προσανατολισμός του αποτελούν σημαντικά στοιχεία εφόσον επηρεάζουν το κόστος θέρμανσης, τη δυνατότητα παραγωγής προϊόντων κατά τους μήνες με τη μικρότερη ηλιοφάνεια, την εξεύρεση εργατικών χεριών, τις δαπάνες μεταφοράς καθώς και τη συχνή εμφάνιση ασθενειών. Η κλίση του εδάφους πρέπει να είναι κατά προτίμηση προς το νότο. Προτιμώμενα εδάφη είναι τα βαθειά, καλά στραγγιζόμενα μέσης σύστασης, γόνιμα και με χαμηλή υπόγεια νερού. Προτιμώνται τα πηλοαμμώδη εδάφη. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι και η ύπαρξη δυνατότητας για πότισμα. Ακόμη, δεν πρέπει να εγκαθίστανται θερμοκήπια κοντά σε δέντρα ή ψηλά κτίρια τα οποία δημιουργούν σκιάσεις (Λάσπα, 2010).

Αστική έκταση

Σε αγροτικές περιοχές η αστική έκταση περιλαμβάνει συνήθως μεμονωμένα κτίσματα κατοικιών και σε κάποιες περιπτώσεις σύνολα κατοικιών που αποτελούν χωριά, με αραιή δόμηση και ενδιάμεσα τμήματα βλάστησης.

3 Μεθοδολογία και Υλοποίηση

3.1. Περιοχή Μελέτης και Φωτοερμηνεία Τυπικών καλλιεργειών

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 Αμμουδάρα είναι ένας ανεπτυγμένος τουριστικός οικισμός στον ανοικτό κόλπο του Ηρακλείου. Βρίσκεται 6 χιλιόμετρα Δυτικά από τη πόλη του Ηρακλείου, έχει λίγους μόνιμους κατοίκους και βρίσκεται πολύ κοντά με τον επίσης τουριστικό οικισμό Λινοπεράματα.



Εικόνα 3-1: Περιοχή μελέτης

Ανήκει στο δήμο Γαζίου (πήρε το όνομά του από το Γαζανό ποταμό, που βρίσκεται στα δυτικά του). Τοποθετείται στα βορειοδυτικά σύνορα του Ηρακλείου με τον Νομό Ρεθύμνης και αποτελεί το 4,5% της συνολικής έκτασης της Κρήτης. Είναι από τους δυναμικότερους και πλέον αναπτυσσόμενους οικισμούς του νομού Ηρακλείου. Η περιοχή του Γαζίου περιλαμβάνει εκτός την Αμμουδάρα και το Καβροχώρι και άλλους οικισμούς. Υπάρχουν ακόμα οι Εργατικές Κατοικίες που αποτελούν ένα νέο οικισμό και στοιχεία για την ιστορία του δεν έχουν γίνει γνωστά. Η Αμμουδάρα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής του έτους 1991, έχει πληθυσμό 1083 κατοίκους. Σύμφωνα με την ίδια απογραφή, ο τριτογενής τομέας κατέχει το 60,2% της απασχόλησης, ο δευτερογενής τα 26,8 και ο πρωτογενής το 12,9.

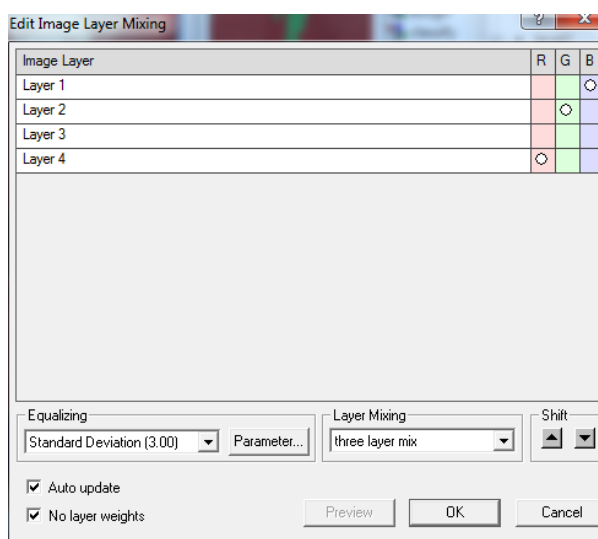
Παρατηρείται το φαινόμενο να απασχολούνται το χειμώνα στη γεωργία οι εποχιακά εργαζόμενοι στον τουρισμό. Η γεωργική γη του δήμου είναι 21000 στρέμματα, από τα οποία τα 6000 αρδεύονται από γεωτρήσεις, πηγάδια και το Γαζανό ποταμό. Οι ανάγκες άρδευσης είναι μεγαλύτερες, λόγω των καλλιεργειών που αναπτύσσονται στην περιοχή, οι οποίες είναι: 11000 στρέμματα αμπέλια, 4500 στρ. ελαιόδεντρα, 200 στρ. λαχανόκηποι και θερμοκήπια (κυρίως στο Καβροχώρι). Τα υπόλοιπα στρέμματα είναι σε αγρανάπαυση. Η γεωργική έκταση του Γαζίου θεωρείται πεδινή και δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στην παραγωγή του πρωτογενούς τομέα. Τα αιγοπρόβατα στην περιοχή φτάνουν τα 2000 κεφάλια, ενώ υπάρχουν και 500 κυψέλες. Στα παράλια αναπτύσσεται αλιευτική δραστηριότητα χαμηλής έντασης (Πολιτιστικός σύλλογος Γαζίου).

Συγκρίνοντας κανείς τα τελευταία στοιχεία που αναφέρονται στην απασχόληση των κατοίκων με την γεωργία και την κτηνοτροφία θα παρατηρήσει ότι μειώθηκε στο μισό φτάνοντας στο 41% σε σχέση με το 82% παλαιότερων χρόνων, πράγμα που σημαίνει ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό των νέων ασχολείται με γεωργικές δουλειές. Αντίθετα, έχει τριπλασιαστεί η απασχόληση στον τριτογενή τομέα (ξενοδοχεία, παροχή υπηρεσιών). Η περιοχή του Γαζίου παρουσιάζει αρχαιολογικό ενδιαφέρον μια και υπάρχουν ευρήματα της Μινωικής περιόδου αλλά και της Ρωμαϊκής εποχής. Τα πρώτα ευρήματα ανάγονται στο τέλος της Νεολιθικής περιόδου και της Πρωτομινωικής. Αυτά δείχνουν οργανωμένη κατοίκηση από την Μινωική εποχή με ευρήματα οικιστικών εγκαταστάσεων, νεκροταφείων και από τον οικιακό ναό στα Μπαϊρία. Ο Α. Evans στο έργο του 'Palace of Minos' αναφέρει ότι στις εκβολές του Γαζανού ποταμού υπάρχουν κατάλοιπα Μινωικού οικισμού που ονομαζόταν Τρίτωνας και λειτουργούσε σαν επίγειο της Τυλίσσου.

Ο αρχαιολόγος Δ. Βαλιάνος αναφέρει ότι στην περιοχή της Αμμουδάρας υπάρχουν ενδείξεις λειτουργίας Μινωικού λιμανιού (Πολιτιστικός σύλλογος Γαζίου).

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

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).



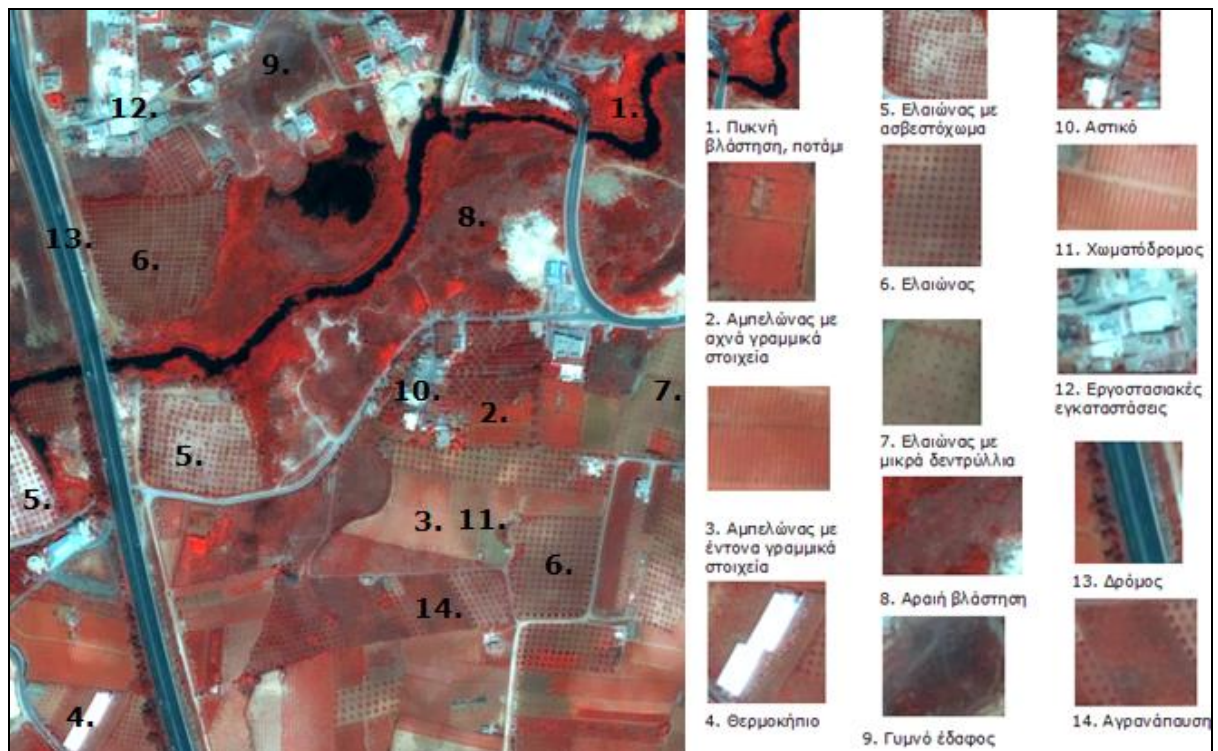
Εικόνα 3-2: Δημιουργία έγχρωμου σύνθετου NIR-GREEN-BLUE

Στο εγγύς υπέρυθρο οι οπτικές ιδιότητες του φύλλου εξαρτώνται από τη δομή του. Οι χρωστικές του φύλλου και η κυτταρίνη είναι διαπερατές στα υπέρυθρα μήκη κύματος και επομένως η απορρόφηση του φύλλου είναι πολύ μικρή (10% το πολύ). Η ανάκλαση του φύλλου φτάνει μέχρι και το 50%. Οι οπτικές ιδιότητες σ' αυτά τα μήκη κύματος εξαρτώνται από την εσωτερική δομή του φύλλου και από το μεσοφυλλικό διάστημα. Η ανάκλαση αυξάνεται όσο πιο ετερογενή είναι τα σχήματα των κυττάρων και των συστατικών τους και όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των κυτταρικών στρωμάτων, ο αριθμός των μεσοκυτταρικών χώρων και το μέγεθος των κυττάρων. Επομένως η ανάκλαση εξαρτάται από το σχετικό πάχος του μεσοφυλλικού διαστήματος (Μιχαηλίδου, 2001).

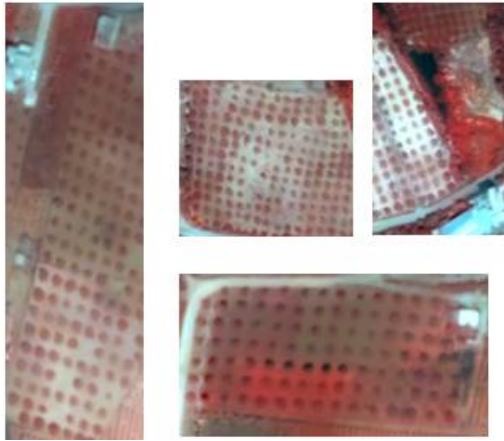
Στο πράσινο κανάλι παρατηρείται ισχυρή ανάκλαση από την πράσινη χρωστική των φύλλων, δηλαδή τη χλωροφύλλη. Έτσι και αυτό το κανάλι μπορεί να βοηθήσει στη διάκριση διαφόρων ειδών βλάστησης. Τέλος, στο μπλε κανάλι οι χαμηλότερες συχνότητες διεισδύουν στις υδάτινες επιφάνειες ενώ χρήσιμες πληροφορίες μπορούν να εξαχθούν και για τα διάφορα είδη φυτοκάλυψης γιατί στις μεγαλύτερες συχνότητες παρουσιάζει αυξημένη απορρόφηση η μπλε χλωροφύλλη (Μιχαηλίδου, 2001).

Η περιοχή που καλύπτει η εικόνα είναι αγροτική, έτσι μεγάλο ποσοστό της καλύπτεται από καλλιέργειες (Εικόνα 3-3). Όπως είναι αναμενόμενο, επειδή η περιοχή βρίσκεται στην Κρήτη, οι καλλιέργειες αυτές είναι

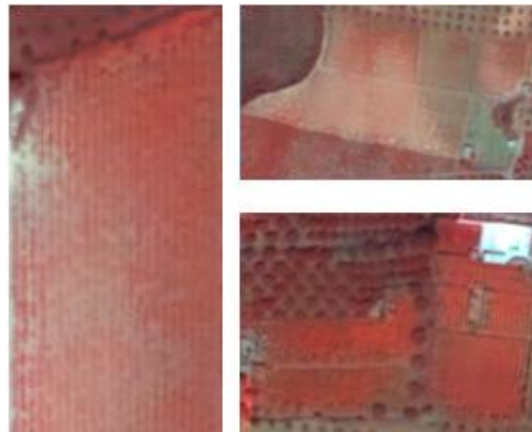
ελαιώνες και αμπελώνες. Διακρίνονται γεωτεμάχια ακαλλιέργητα, προφανώς προερχόμενα από αγρανάπαυση. Η λεπτομερής καταγραφή των γεωτεμαχίων αυτών δεν ενδιαφέρει τη συγκεκριμένη μελέτη επειδή δεν επιδοτούνται από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης. Οι ελαιώνες που διακρίνονται δεν έχουν την ίδια φασματική υπογραφή, γεγονός που θα αποτελέσει πρόβλημα στην ταξινόμηση αργότερα. Κάποιοι ελαιώνες αποτελούνται από πολύ νεαρά δεντρύλλια και κάποιοι άλλοι είναι φυτεμένοι σε πολύ ανοιχτόχρωμο χώμα, ασβεστόχωμα που πιθανώς να είναι και πρόσφατα σκαμμένο (Εικόνα 3-4). Οι αμπελώνες, επίσης, παρουσιάζουν ανομοιογένεια στη φασματική τους υπογραφή (Εικόνα 3-5). Ανάμεσα στις καλλιέργειες υπάρχουν χωματόδρομοι, των οποίων ο προσδιορισμός είναι σημαντικός για να αυξηθεί η ακρίβεια προσδιορισμού των καλλιεργειών, να αποφευχθεί η συμπερίληψή τους, δηλαδή, σε αυτή την κατηγορία. Την περιοχή διασχίζει ο ποταμός Γαζανός με πυκνή βλάστηση στις όχθες του, όπως είναι αναμενόμενο, και μια λίμνη στα δυτικά του. Διακρίνονται κατοικίες και εργοστασιακές εγκαταστάσεις, ένας μεγάλος δρόμος διπλής κυκλοφορίας που περνάει πάνω από το ποτάμι καθώς και άλλοι μικρότεροι, επαρχιακοί δρόμοι ανάμεσα στις κατοικίες και τις καλλιέργειες. Ένα θερμοκήπιο βρίσκεται νότια το οποίο αναμένεται να ενταχθεί φασματικά στην «αστική κατηγορία». Τέλος, κάποιες εκτάσεις δεν καλύπτονται από βλάστηση αλλά απλά από γυμνό έδαφος.



Εικόνα 3-3: Φωτοερμηνεία περιοχής μελέτης



Εικόνα 3-4: Αγροτεμάχια ελαιώνων



Εικόνα 3-5: Αγροτεμάχια αμπελώνων

3.2. Χαρακτηριστικά Κατηγοριών

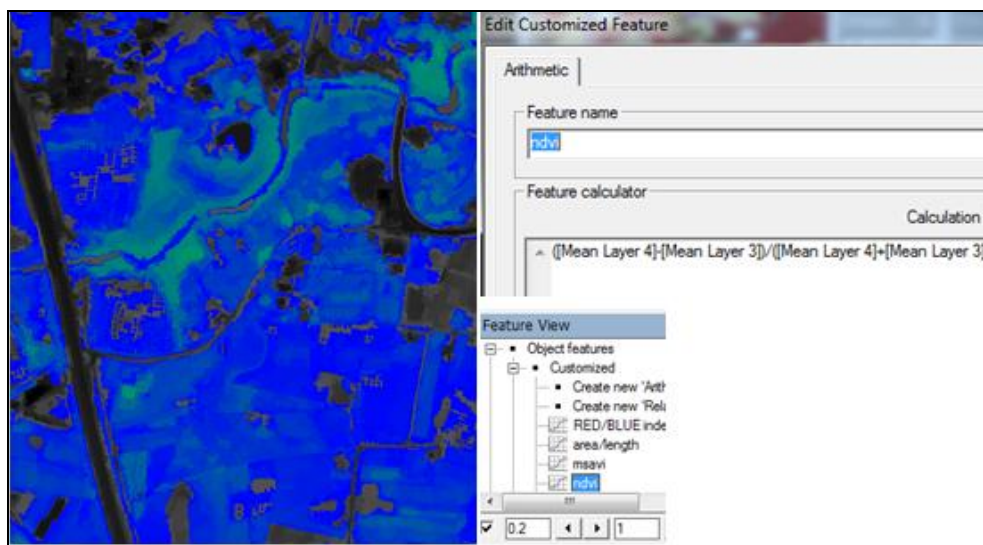
Βλάστηση

Οι δείκτες βλάστησης (Vegetation Indices) χρησιμοποιήθηκαν ήδη από την δεκαετία του 1970 για τη χαρτογράφηση της βλάστησης σε πλανητικό επίπεδο. Σκοπός τους είναι να τονιστούν οι περιοχές με βλάστηση σε σχέση με άλλες κατηγορίες εδαφοκάλυψης σε μια πολυκάναλη εικόνα, διευκολύνοντας έτσι την Φωτοερμηνεία (Μιχαηλίδου, 2001).

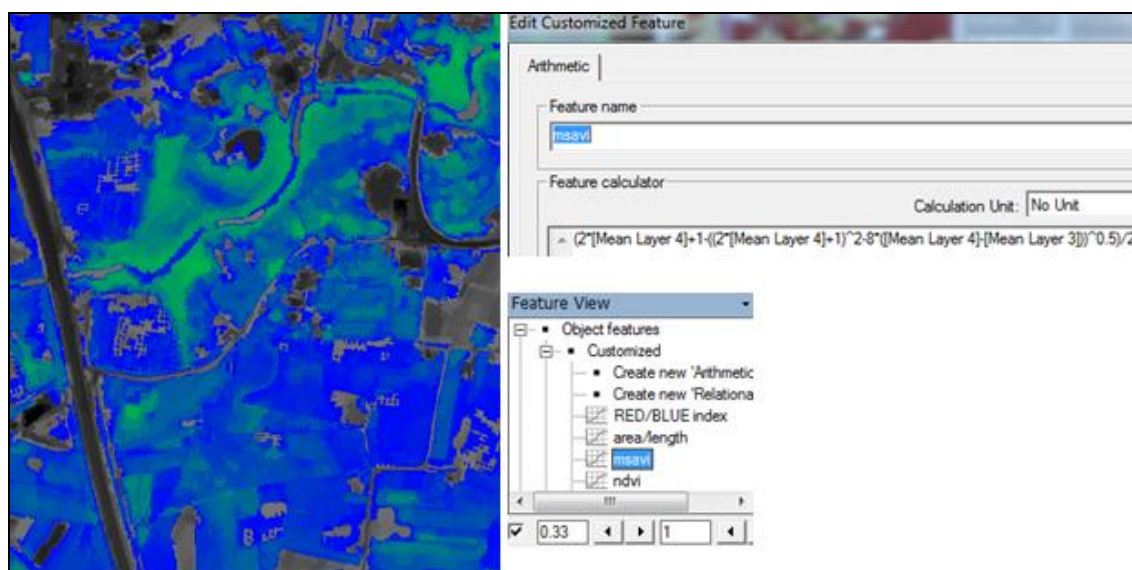
Οι δυο πιο γνωστοί δείκτες βλάστησης είναι ο NDVI και ο MSAVI. Ο NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), αποτελεί ουσιαστικά την αντίθεση (contrast) ανάμεσα στο κόκκινο (Red) και το εγγύς υπέρυθρο (Nir) κανάλι και λαμβάνει τιμές από -1 έως +1. Ο Δείκτης MSAVI (*Modified Soil Adjusted Vegetation Index*) προτάθηκε από τον Qi το 1994, προσδιορίζεται και αυτός σε συνάρτηση με το κόκκινο και το εγγύς υπέρυθρο κανάλι, αλλά με μια πιο περίπλοκη μαθηματική έκφραση, όπου το κόκκινο κανάλι βρίσκεται μόνο στον παρωνομαστή του κλάσματος. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα και των δυο δεικτών στην εικόνα (Εικόνες 3-6 και 3-7), παρατηρείται ότι ο δείκτης 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. Το αποτέλεσμα θεωρείται αναμενόμενο, εφόσον η αξιοπιστία του δείκτη NDVI μειώνεται όταν η βλάστηση είναι αραιή, καθώς η αντανάκλαστικότητα του γυμνού εδάφους είναι υψηλή στα δύο κανάλια που χρησιμοποιούνται και επιπλέον εξαρτάται από την ποιότητα, την υγρασία του και το χρώμα του.

Οι δοκιμές των διαφόρων χαρακτηριστικών στην εικόνα και η εύρεση των σωστών ορίων κατωφλίωσής τους γίνεται με το παράθυρο Feature View όπου με μπλε ή πράσινο διακρίνονται τα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα στο διάστημα τιμών που έχει ορισθεί κάθε φορά (Εικόνα 3-6, 3-7).



Εικόνα 3-6: Αποτέλεσμα του δείκτη NDVI στην εικόνα

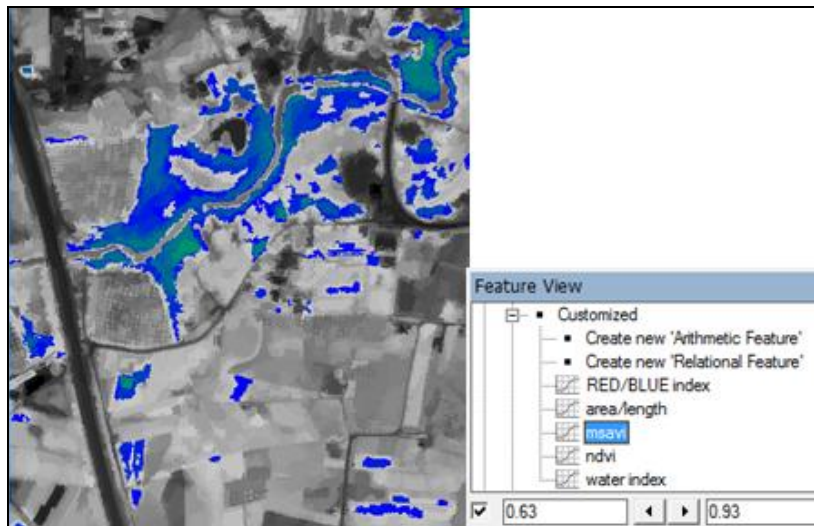


Εικόνα 3-7: Αποτέλεσμα του δείκτη MSAVI στην εικόνα

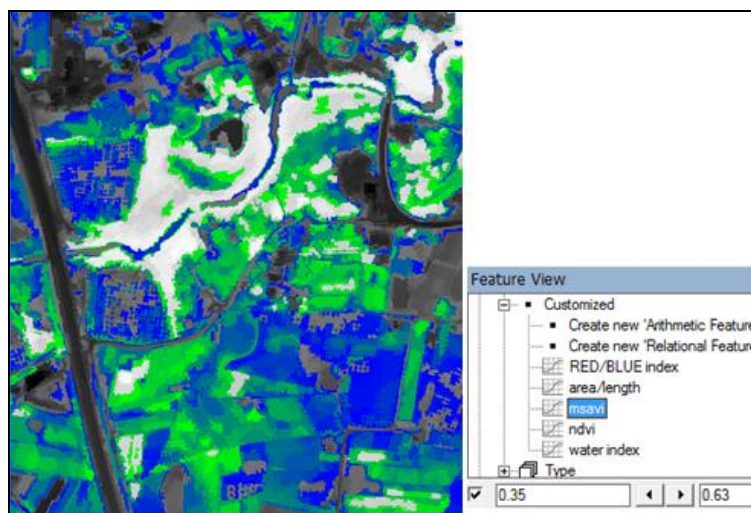
Η συνάρτηση που δίνει τις τιμές του δείκτη MSAVI :

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

Θεωρώντας τον δείκτη MSAVI σαν έναν από τους πιο ακριβείς δείκτες (Gitas et al. 2007) δεν είναι αρκετό για να χρησιμοποιηθεί. Πρέπει να ορισθεί ένα κατώφλι που να εκφράζει καλύτερα τις περιοχές βλάστησης που υπάρχουν. Διαπιστώθηκε ότι τα αντικείμενα με κάλυψη βλάστησης μικρότερη από 20% έχουν δείκτη MSAVI μικρότερο από 0.51, ενώ αυτά με κάλυψη βλάστησης μικρότερη του 20% έχουν δείκτη μεγαλύτερο από 0.51. Καταλήγοντας στη χρησιμοποίηση του δείκτη MSAVI για τη σωστότερη κατηγοριοποίηση των ειδών βλάστησης, ακολουθεί ο διαχωρισμός σε δυο κεντρικές κατηγορίες την πυκνή και την αραιή βλάστηση (Εικόνες 3-8, 3-9).



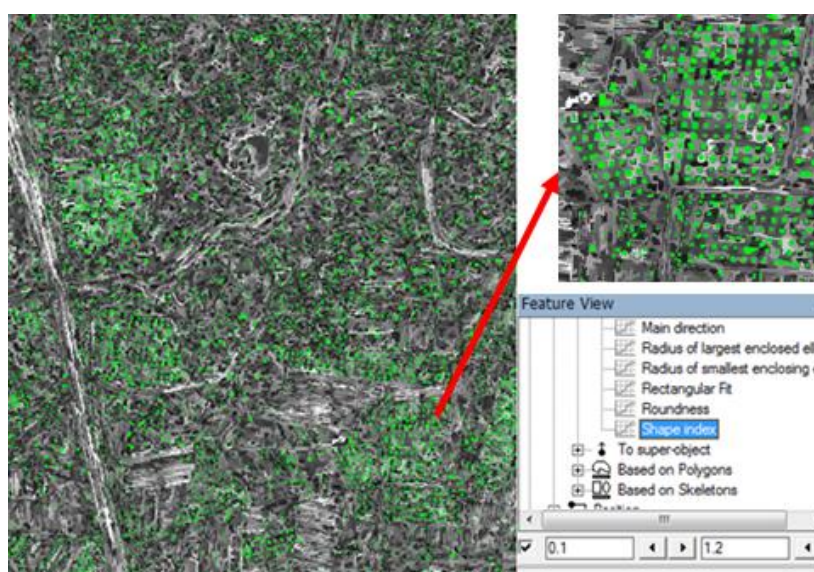
Εικόνα 3-8: Κατωφλίωση δείκτη MSAVI για την ανάδειξη της πυκνής βλάστησης



Εικόνα 3-9: Κατωφλίωση δείκτη MSAVI για την ανάδειξη της αραιής βλάστησης

Ελαιώνες

Η διάκριση των ελαιώνων γίνεται με τη σωστή κατάτμηση (μετά από πολλές δοκιμές) στο χαμηλότερο επίπεδο ώστε οι ελιές να εμφανίζονται ως ξεχωριστά αντικείμενα και να προβληθούν σε μεγαλύτερο επίπεδο κατάτμησης. Η μέθοδος αυτή επεξηγείται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο. Ο βασικός κανόνας που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των μεμονωμένων δέντρων είναι ο δείκτης σχήματος (Shape Index), ο οποίος εξετάζει το εμβαδόν ενός πολυγώνου σε σχέση με την περίμετρο του. Στην εικόνα 3-10 εμφανίζεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής του δείκτη σχήματος σε όλη την εικόνα, με τιμές κατωφλίσωσης [0.1,1.2]. Σε λεπτομέρεια της εικόνας φαίνονται με πράσινο χρώμα τα δέντρα ως ξεχωριστά αντικείμενα.



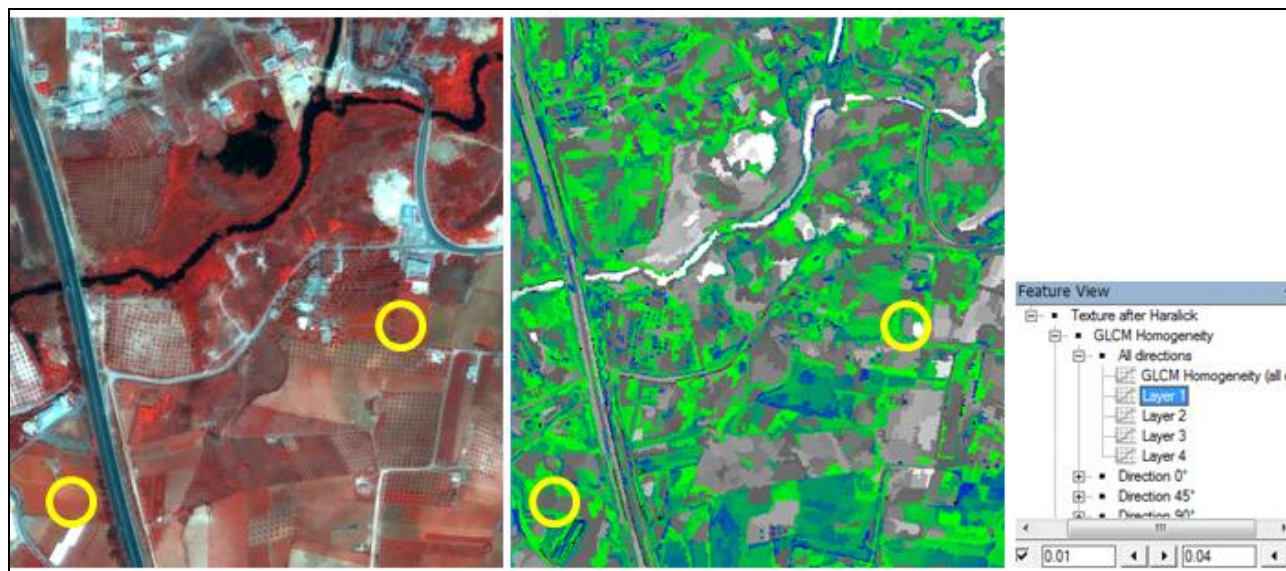
Εικόνα 3-10: Δείκτης σχήματος (Shape Index) με κατάλληλη κατωφλίωση για τον εντοπισμό των ελιών

Αμπελώνες

Υπάρχουν δυο μέθοδοι εντοπισμού των αμπελώνων. Η μια είναι ο εντοπισμός τους βάσει των χαρακτηριστικών γραμμικών τους σχηματισμών, ο οποίος για να αποδώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα θα πρέπει να έχει σωστό υπόβαθρο κατατμημένων αντικειμένων, και η άλλη μέθοδος είναι η χρησιμοποίηση των χαρακτηριστικών της υφής (texture) που προσφέρει η νέα έκδοση του λογισμικού E Cognition.

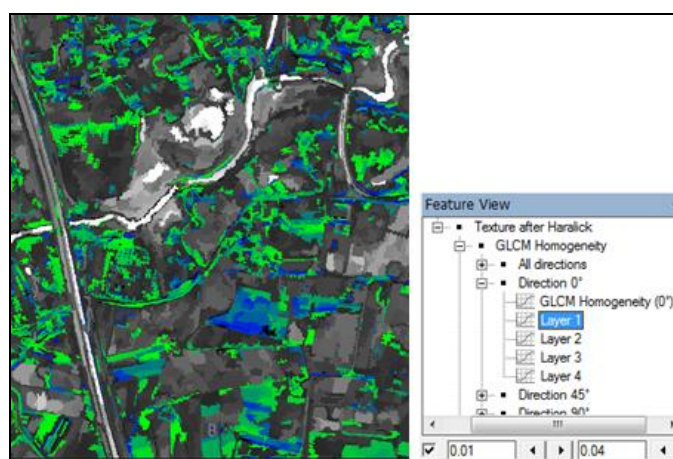
Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές και με τους δυο τρόπους και τα αποτελέσματα ήταν καλύτερα με την πρώτη μέθοδο, η οποία είναι πιο αντικειμενική αφού βασίζεται στη διαδικασία κατάτμησης όπου ο χρήστης ελέγχει καλύτερα τις παραμέτρους από ό,τι σε ένα χαρακτηριστικό που υπολογίζεται αυτόματα από το λογισμικό. Η πρώτη μέθοδος, λοιπόν, θα αναλυθεί εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο.

Η δεύτερη μέθοδος που δοκιμάστηκε είναι το χαρακτηριστικό της υφής και, συγκεκριμένα, η «Υφή κατά Haralick ομοιογένειας» προς όλες τις διευθύνσεις (0° , 45° , 90° , 135°). Η γωνία 0° αντιπροσωπεύει την κάθετη διεύθυνση, η 90° την οριζόντια κλπ. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε η Υφή κατά Haralick προς όλες τις διευθύνσεις, όπου κάποιοι αμπελώνες δεν ανιχνεύονταν (Εικόνα 3-11).

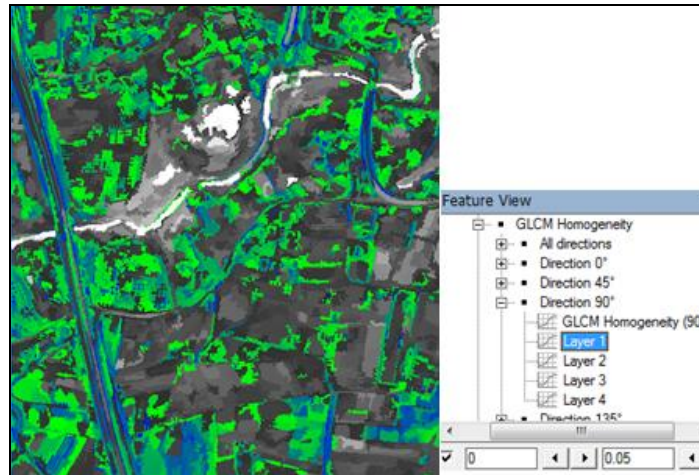


Εικόνα 3-11: Εφαρμογή Υφής κατά Haralick προς όλες τις διευθύνσεις, με κίτρινο οι αμπελώνες που δεν συμπεριλήφθηκαν.

Στη συνέχεια έγιναν εφαρμογές χαρακτηριστικών «Υφής κατά Haralick» και προς τις άλλες διευθύνσεις όπου ανάλογα τη διεύθυνση εντοπιζονταν σωστά μόνο οι αμπελώνες με γραμμική διάταξη προς την αντίστοιχη διεύθυνση (εικόνες 3-12 και 3-13). Έτσι, δεν χρησιμοποιήθηκε αυτή η μέθοδος ως κύρια, για την ταξινόμηση των αμπελώνων, αλλά σα βοηθητικός κανόνας όπως θα αναλυθεί στη δεύτερη εφαρμογή του αλγόριθμου, σε άλλη εικόνα στο κεφάλαιο 3.6.

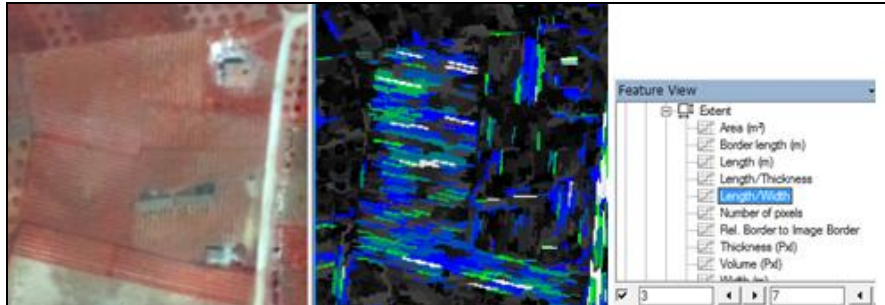


Εικόνα 3-12: Εφαρμογή δείκτη υφής κατά Haralick στην κάθετη προς την κατακόρυφη διεύθυνση

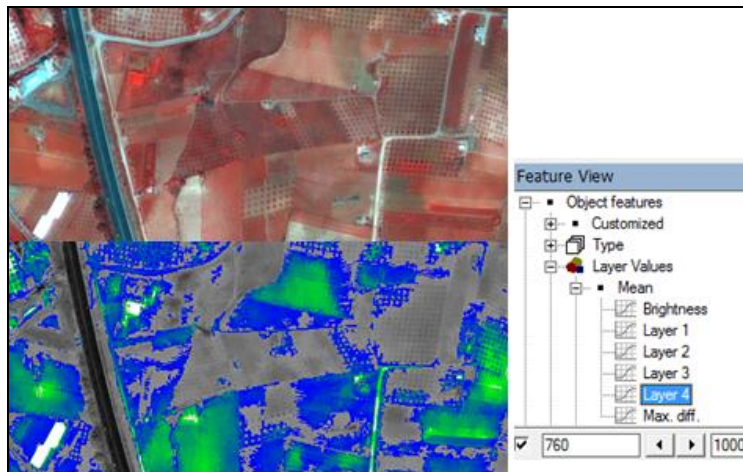


Εικόνα 3-13: Εφαρμογή δείκτη υφής κατά Haralick στην οριζόντια διεύθυνση

Επομένως, η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την ταξινόμηση των αμπελώνων είναι η εύρεση των γραμμικών στοιχήσεων τους στο χαμηλό επίπεδο και η προβολή τους σε ανώτερο επίπεδο. Μαζί με το λόγο «Μήκος / Πλάτος», τέθηκαν κάποιοι κανόνες όπως ο δείκτης βλάστησης και η μέση τιμή στο κανάλι 4 (εικόνα 3-14, 3-15), αφού παρατηρήθηκε ότι τα αμπέλια παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές από όλα τα είδη καλλιέργειας στο κανάλι αυτό.



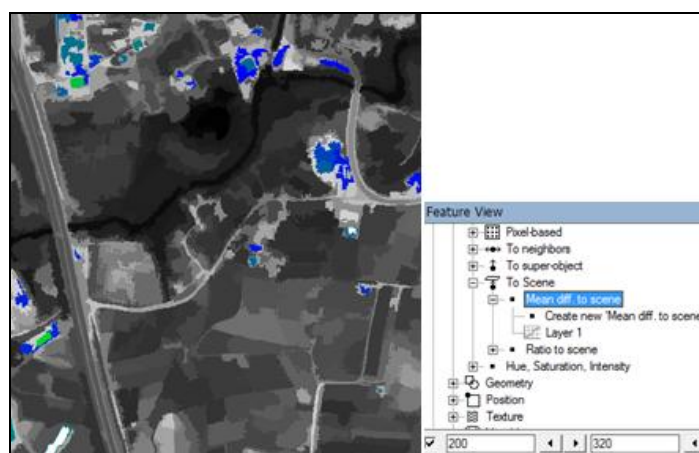
Εικόνα 3-14: Λόγος «Μήκος/Πλάτος» για την ανάδειξη των γραμμικών στοιχήσεων στα αμπέλια



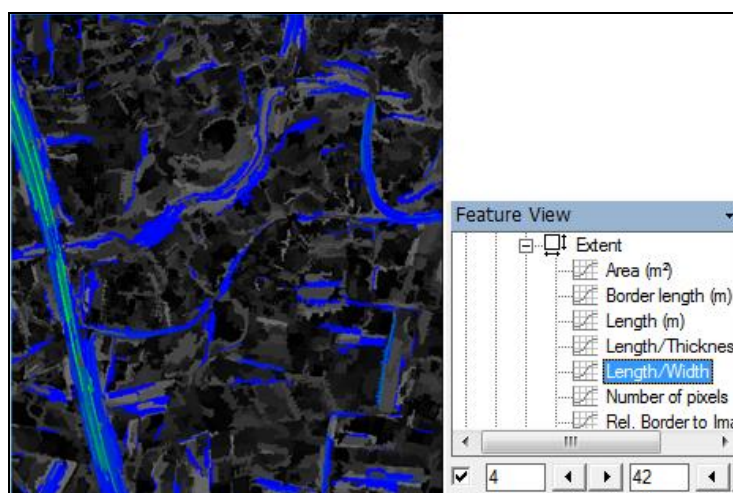
Εικόνα 3-15: Μέση τιμή στο κανάλι 4 για την ανάδειξη των αμπελιών

Αστική γή

Ο όρος «αστικό» είναι γενικός και μπορεί να περιλαμβάνει διάφορες υποκατηγορίες. Στη γενική του μορφή ταυτίζεται με την επιφάνεια της γης που αποτελείται από αδιαπέρατα υλικά όπως το τσιμέντο. Τα αντικείμενα της κατηγορίας αυτής έχουν υψηλές τιμές φωτεινότητας και τιμές κοντά στο μηδέν στον δείκτη βλάστησης MSAVI. Οι φασματικές υπογραφές των πολύ φωτεινών επιφανειών από τα υπόλοιπα αντικείμενα του αστικού χώρου διαφέρουν κατά πολύ κι έτσι κρινεται αναγκαία η διάκρισή τους με τη χρήση του χαρακτηριστικού «Mean difference to scene» στο μπλέ κανάλι (Εικόνα 3-16). Η αστική γή περιλαμβάνει και την κατηγορία «Δρόμοι», όπου ο εντοπισμός τους γίνεται εύκολα με το λόγο «Μήκος/Πλάτος» (Εικόνα 3-17).



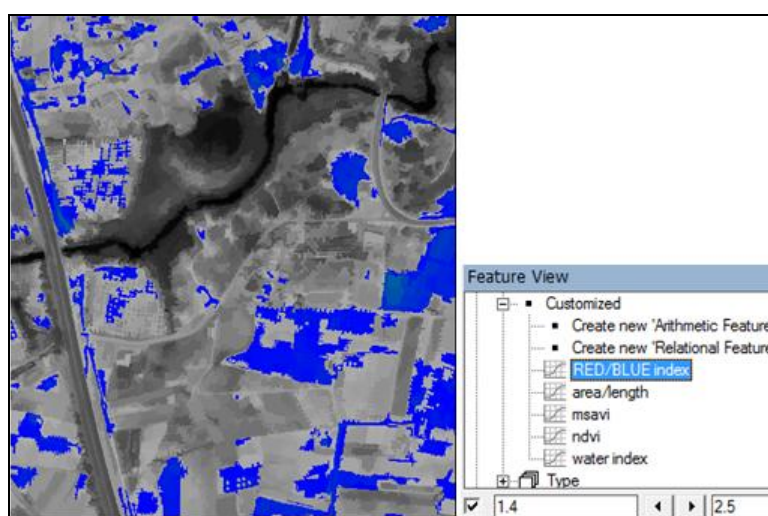
Εικόνα 3-16: Χαρακτηριστικό “Mean difference to scene” για τη διάκριση των φωτεινών επιφανειών



Εικόνα 3-17: Λόγος «Μήκος/Πλάτος» για τη διάκριση των δρόμων

Γυμνό έδαφος

Το χρώμα παρατηρήθηκε ότι παρουσιάζει υψηλή ανακλαστικότητα στο κόκκινο κανάλι και χαμηλή ανακλαστικότητα στο μπλέ κανάλι. Έτσι, θέτοντας στον αριθμητή τις μέσες τιμές στο κόκκινο κανάλι και στον παρανομαστή τις χαμηλές τιμές ανακλαστικότητας στο μπλε, δημιουργείται ένας δείκτης που αναδεικνύει το γυμνό έδαφος. Όπως φαίνεται στο παράθυρο εφαρμογής του δείκτη αυτού στην εικόνα, περιλαμβάνονται περιοχές όπως το χρώμα ανάμεσα στις ελιές, κάποια τμήματα αμπελώνων καθώς και πολύ φωτεινές επιφάνειες (Εικόνα 3-18). Επειδή, όμως η κατηγορία «γυμνό έδαφος» στην ταξινόμηση βρίσκεται κάτω από τη «μητρική κατηγορία» αστική γή, αυτές οι περιοχές αμέσως αποκλείονται από αυτή την κατηγορία.

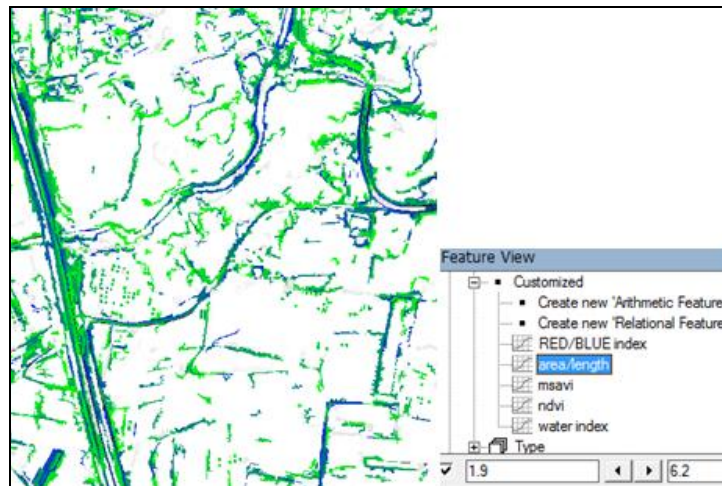


Εικόνα 3-18: Λόγος «Μέση τιμή στο κόκκινο κανάλι/ μέση τιμή στο μπλέ κανάλι» για την ανάδειξη του γυμνού εδάφους

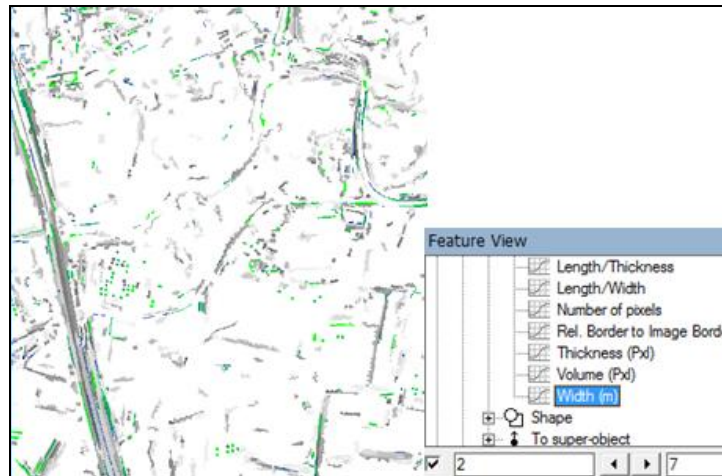
Χωματοδρομος

Οι χωματοδρομοί έχουν παρόμοια φασματική υπογραφή με την αραιή βλάστηση, επειδή βρίσκονται συνήθως ανάμεσα στις καλλιέργειες, έχουν βλάστηση κατά μήκος τους και έχουν μικρό πλάτος. Επομένως, κατηγοριοποιούνται κάτω από τη «μητρική κατηγορία» «αραιή βλάστηση». Για να διακριθούν από αυτή, πρέπει να ενταχθεί ένας κανόνας σχήματος. Έγιναν δοκιμές με το «Μήκος/πλάτος» αλλά τα αποτελέσματα δεν ήταν ικανοποιητικά γιατί οι χωματοδρομοί έχουν μικρό μήκος και πλάτος και συγχέονταν με αντικείμενα της κατηγορίας αραιή βλάστηση. Στη συνέχεια, θεωρήθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί το χαρακτηριστικό «Πλάτος», όμως, πάλι τα αποτελέσματα δεν ήταν τα αναμενόμενα (εικόνα 3-20). Μετά από πολλές δοκιμές με σχηματικά κριτήρια, βρέθηκε ότι ο λόγος «Εμβαδόν/Μήκος» αναδεικνύει σωστά τους χωματοδρομούς (Εικόνα 3-19). Με λογική μαθηματική σκέψη, μπορεί να θεωρηθεί ότι ο λόγος εμβαδόν/μήκος είναι ίδιος με το πλάτος ενός αντικειμένου. Το πλάτος,

όμως, στο λογισμικό υπολογίζεται έμμεσα με τη χρήση του λόγου μήκος/πλάτος. Έτσι, έχει κάποια απόκλιση από το πραγματικό πλάτος. Στην πράξη, ο λόγος Εμβαδόν/μήκος δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα για αυτή την κατηγορία.



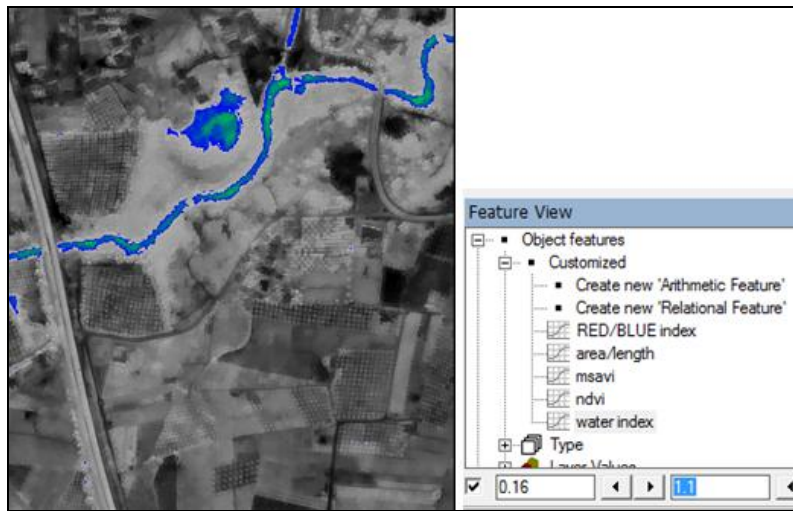
Εικόνα 3-19: Λόγος «Εμβαδόν/Μήκος» για την ανάδειξη των χωματόδρομων.



Εικόνα 3-20: Δοκιμή χαρακτηριστικού «Πλάτος» για την ανάδειξη των χωματόδρομων.

Υδάτινες επιφάνειες

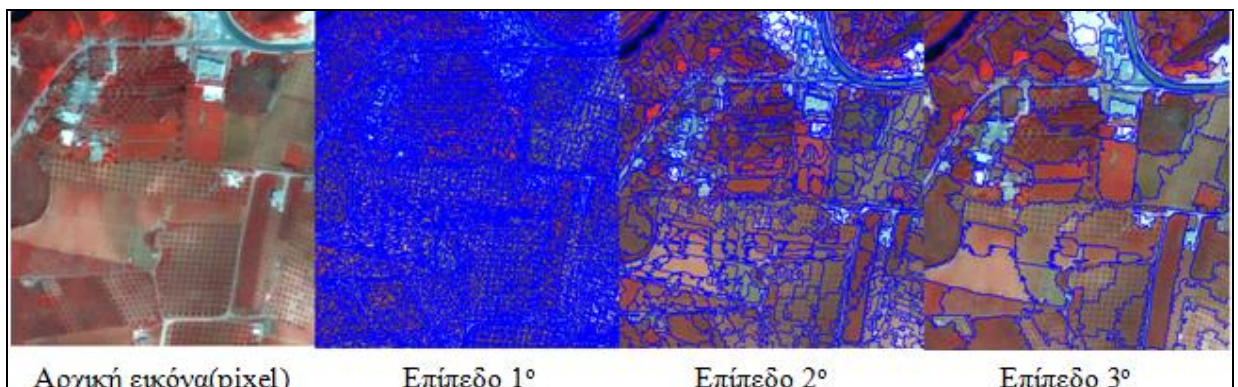
Ο δείκτης $\text{water index} = (\text{Blue} - \text{Red}) / \text{Nir}$ χρησιμοποιείται για τη σωστή ταξινόμηση των υδατινών επιφανειών. Με το συνδιασμό των καναλιών μπλε, κόκκινο και υπέρυθρο (με το υπέρυθρο στον παρωνομαστή λόγω χαμηλών τιμών ανακλαστικότητας), ο δείκτης νερού εξαλείφει την παρουσία του γυμνού εδάφους και της βλάστησης. Χρησιμοποιείται συχνά για εκτιμήσεις καθαρότητας του νερού (Εικόνα 3-21).



Εικόνα 3-21: Ο δείκτης ύπαρξης νερού «Water index»

3.3. Κατατμήσεις Επιπέδων

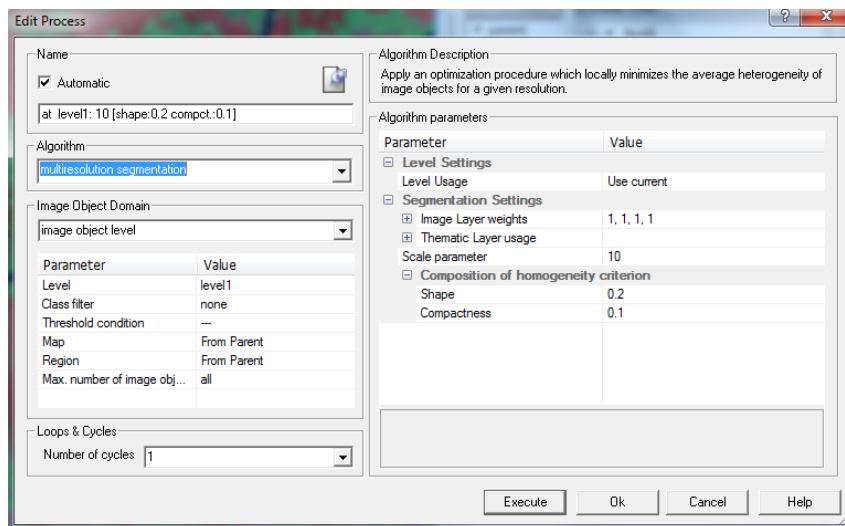
Στην αντικειμενοστραφή ανάλυση, η κατάτμηση της εικόνας σε αντικείμενα είναι το πρώτο και βασικό βήμα της επεξεργασίας της. Η ύπαρξη πολλών επιπέδων είναι βασική προϋπόθεση, γιατί οι σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων διαφορετικών επιπέδων αποτελούν τη βάση για πολλούς κανόνες που είναι απαραίτητοι για τον ορισμό των κατηγοριών. Στην εικόνα 3-22 παρουσιάζονται τα διαφορετικά επίπεδα κατάτμησης με τα σχηματισμένα πολύγωνα των αντικειμένων.



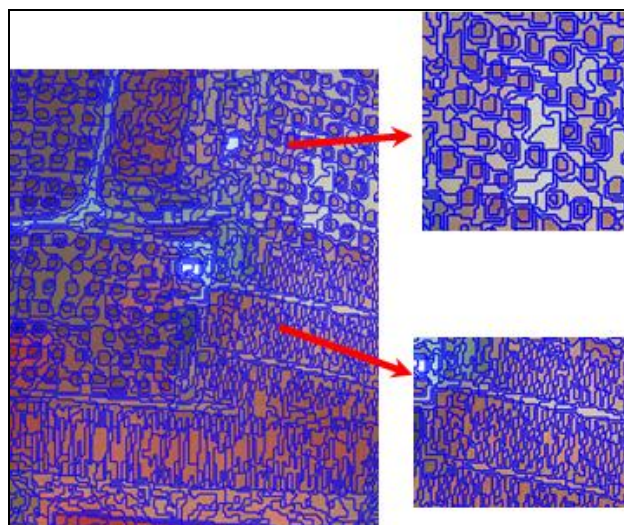
Εικόνα 3-22: Τα διαφορετικά επίπεδα κατάτμησης της εικόνας

3.3.1. Κατάτμηση στο Πρώτο Επίπεδο

Στόχος της κατάτμησης του πρώτου και χαμηλότερου επιπέδου είναι η ανάδειξη των δέντρων και των γραμμικών στοιχήσεων 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 (Εικόνα 3-23). Στην εικόνα 3-24 εμφανίζονται οι λεπτομέρειες της κατατμημένης εικόνας επαληθεύοντας την ορθότητα επιλογής των παραμέτρων.

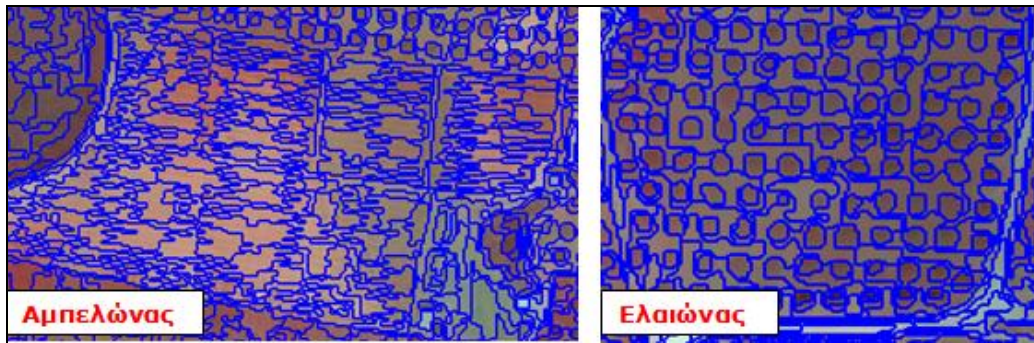


Εικόνα 3-23: Συντελεστές Κατάτμησης 1ου επιπέδου

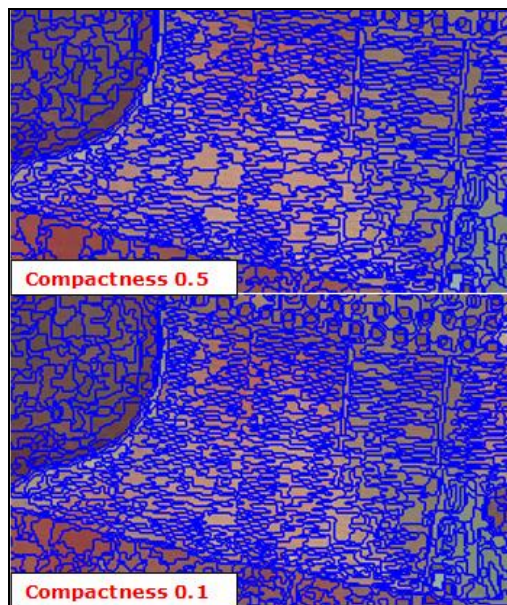


Εικόνα 3-24: Επίτευξη στόχου κατάτμησης

Κάποιες από τις δοκιμές που έγιναν για την εύρεση του σωστού συντελεστή κλίμακας εμφανίζονται παρακάτω. Η κατάτμηση με συντελεστή κλίμακας 15 ξεχώριζε τα δέντρα ένα προς ένα, όμως, τα γραμμικά στοιχεία του αμπελιού χάνονταν (Εικόνα 3-25). Το ίδιο συνέβαινε και στην περίπτωση που δινόταν έμφαση στο συμπαγές του σχήματος (Εικόνα 3-26).



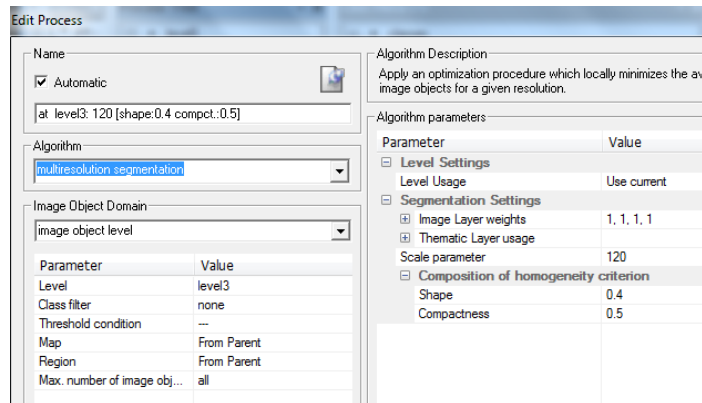
Εικόνα 3-25: Scale 15 shape 0.2 compactness 0.1



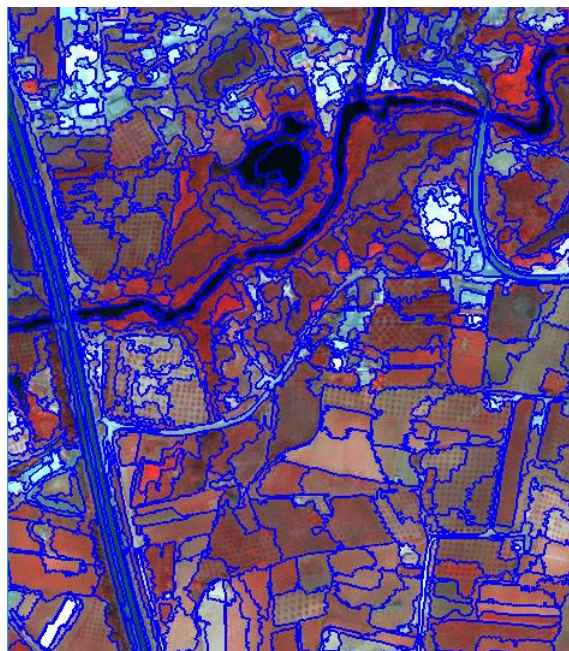
Εικόνα 3-26: Δοκιμές με διαφορετικό Compactness

3.3.2. Κατάτμηση Τρίτου Επιπέδου

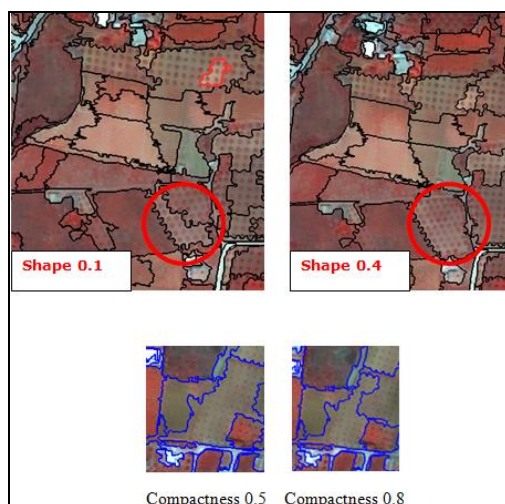
Στόχος του τρίτου επιπέδου είναι η σωστή κατάτμηση των αγροτεμαχίων των διαφόρων καλλιεργειών (ελαιώνες, αμπελώνες), η εμφάνισή τους δηλαδή σε ξεχωριστά αντικείμενα. Έτσι, δόθηκε λίγο μεγαλύτερη έμφαση στο κριτήριο σχήματος με το σκεπτικό ότι τα αντικείμενα που θα προκύψουν πρέπει να είναι όσο το δυνατόν 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 (Εικόνα 3-27). Στην εικόνα 3-28 εμφανίζεται ολόκληρη η εικόνα κατατμημένη στο τρίτο επίπεδο, με τα περιγράμματα των πολυγώνων να σχηματίζουν μεγαλύτερα αντικείμενα από αυτά του πρώτου επιπέδου, ενώ στην εικόνα 3-29 φαίνονται οι προβληματικές περιοχές της εικόνας μετά από εφαρμογή δοκιμών στα διάφορα κριτήρια κατάτμησης.



Εικόνα 3-27: Συντελεστές Κατάτμησης 3ου επιπέδου



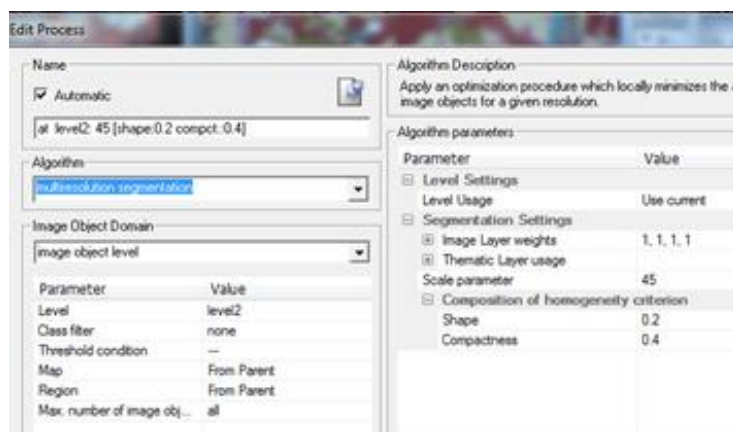
Εικόνα 3-28: Κατάτμηση 3ου επιπέδου



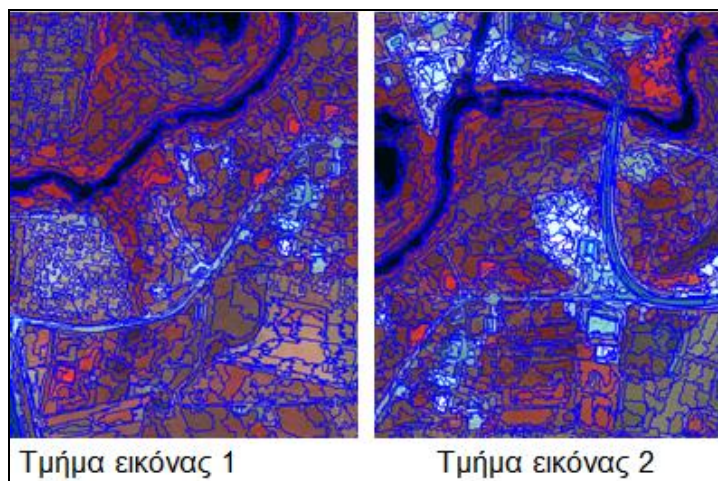
Εικόνα 3-29: Προβληματικές περιοχές που εντοπίστηκαν κατά τις δοκιμές διαφορετικών τιμών των παραμέτρων κατάτμησης

3.3.3. 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 χωματοδρόμοι 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 συνδιασμός παραμέτρων κατάτμησης. Το σκεπτικό είναι να προβληθούν εδώ οι κατηγορίες καλλιεργειών 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 (Εικόνα 3-30). Στην εικόνα 3-31 απεικονίζονται χαρακτηριστικά τμήματα της εικόνας με τα περιγράμματα των πολυγώνων όπως προέκυψαν από τους συντελεστές κατάτμησης του δεύτερου επιπέδου.



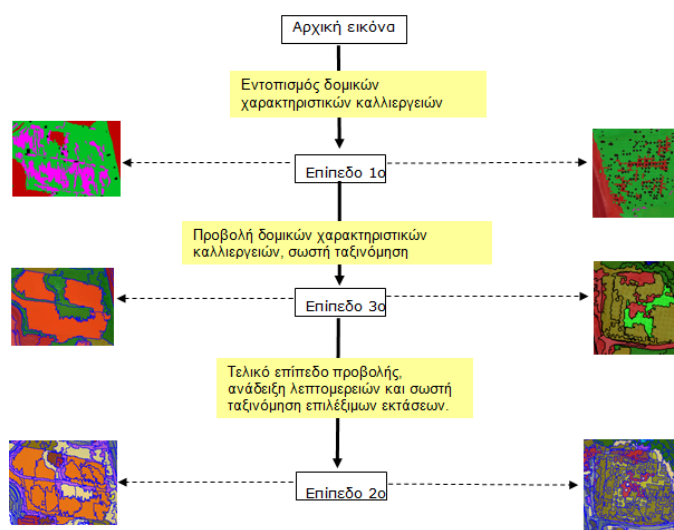
Εικόνα 3-30: Συντελεστές Κατάτμησης 2ου επιπέδου



Εικόνα 3-31: Κατάτμηση 2ου επιπέδου

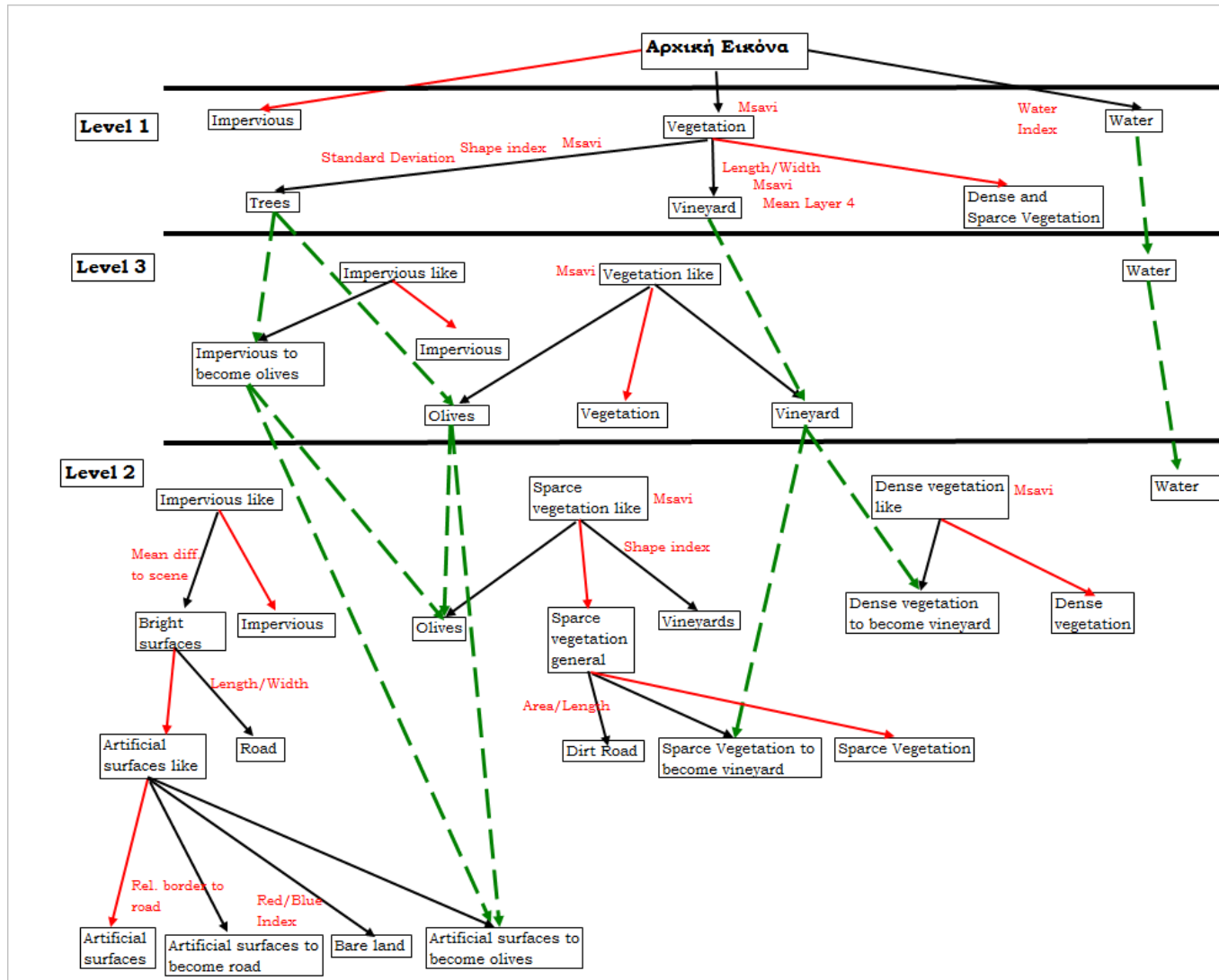
3.4. Ταξινομήσεις επιπέδων

Η βασική ιδέα στην οποία στηρίχτηκε η διαδικασία των ταξινομήσεων των 3 επιπέδων είναι ότι το σχήμα των αντικειμένων ενδιαφέροντος μπορεί να διορθωθεί (βελτιστοποίηση ορίων) με βάση κατάλληλη εκ νέου ομαδοποίηση υπό-αντικειμένων. Σε αυτήν την περίπτωση η ακολουθία σύμφωνα με την οποία συνδέονται τα επίπεδα κατάτμησης είναι από το επίπεδο του υπέρ-αντικείμενου προς αυτό του υπό-αντικείμενου. Η ανάδειξη των χαρακτηριστικών στοιχείων των ελαιώνων και των αμπελιών (δέντρα, γραμμικά στοιχεία) γίνεται στο 1^ο επίπεδο, η προβολή τους στο 3^ο επίπεδο όπου δίνεται λίγο μεγαλύτερη έμφαση στο σχήμα των αντικειμένων ώστε να εμφανίζονται τα αγροτεμάχια ως ενιαία αντικείμενα και, τέλος, η προβολή από το 3^ο στο 2^ο επίπεδο ώστε, λόγω πιο λεπτομερούς κατάτμησης, οι τελικές κατηγορίες των καλλιεργειών αυτών να μην είναι αναμειγμένες με άλλες όπως χωματόδρομοι ή σπίτια (Διάγραμμα 3-1).



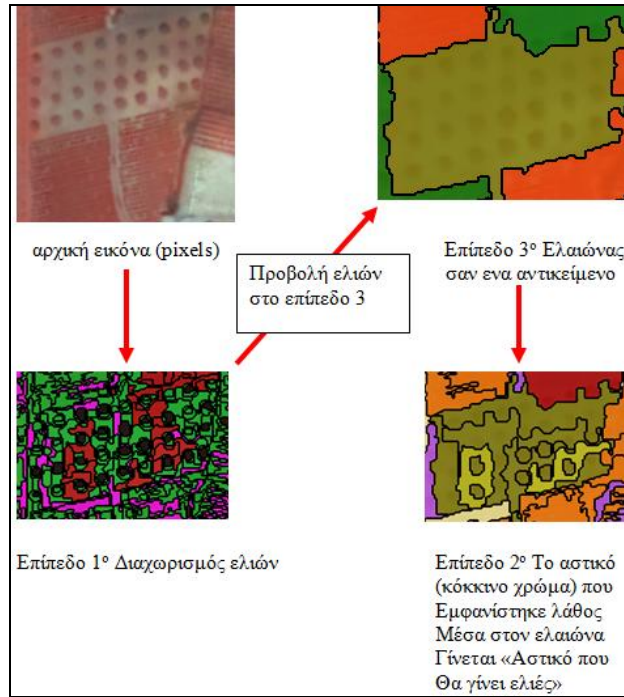
Διάγραμμα 3-1: Ακολουθία διεργασιών από την αρχική εικόνα στο τελικό επίπεδο προβολής των κατηγοριών, παραδείγματα καλλιεργειών

Ολόκληρη η ιεραρχία των κατηγοριών που δημιουργήθηκαν, οι κανόνες τους και οι σχέσεις μεταξύ τους αποτυπώνονται στο διάγραμμα 3-2. Στην εικόνα 3-32 παρουσιάζεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αγροτεμαχίου ελαιώνα, όπως προέκυψε από τα διαφορετικά επίπεδα.



Διάγραμμα 3-2: Ολόκληρη η ακολουθία διεργασιών ταξινόμησης των 3 επιπέδων (Εικόνα 1η)

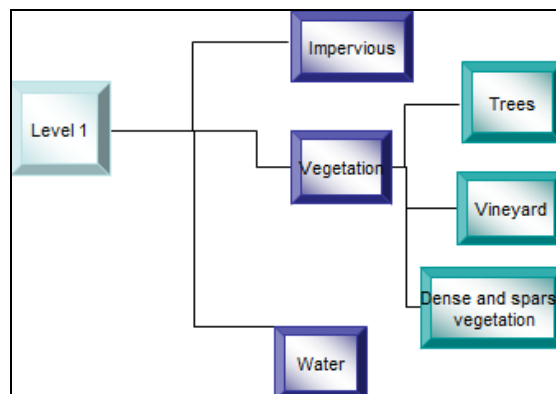
- Δήλωση υποκατηγορίας
- Προβολή κατηγορίας (Rel. Area of)
- Κατηγορία χωρίς κανόνες, ένταξη αντικειμένων που δεν ανήκουν στις άλλες κατηγορίες



Εικόνα 3-32: Η «διαδρομή» ταξινόμησης ελαιώνων σε όλα τα επίπεδα

3.4.1. Ταξινόμηση Πρώτου Επιπέδου

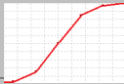





Η ιεραρχία των κατηγοριών του πρώτου επιπέδου εμφανίζεται στο διάγραμμα 3-3. η εικόνα χωρίζεται σε τρεις «χοντρικές κατηγορίες», ενώ οι κατηγορίες ενδιαφέροντος (δέντρα και στοιχήσεις αμπελιού) προκύπτουν από τη «μητρική κατηγορία» «Βλάστηση».


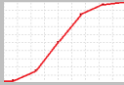


Διάγραμμα 3-3: Ιεραρχία κατηγοριών 1ου επιπέδου

Αρχικά, προσδιορίζονται με κανόνες οι «χοντρικές» κατηγορίες διαχωρισμού της εικόνας, τα «Αδιαπέρατα υλικά», η «βλάστηση» και το «νερό». Η προτεραιότητα δόθηκε στην κατηγορία «νερό», η οποία προσδιορίζεται με τον δείκτη νερού (Water Index). Το αποτέλεσμα είναι άκρως ικανοποιητικό, οπότε η κατηγορία αυτή θα προβάλεται αυτούσια και στα άλλα επίπεδα. Στη συνέχεια, η κατηγορία βλάστηση προσδιορίζεται με τη βοήθεια του δείκτη βλάστησης MSAVI. Η κατηγορία αυτή είναι «μητρική» κατηγορία των κατηγοριών «πυκνή και αραιή βλάστηση», «δέντρα» και «αμπέλια». «Μητρική» κατηγορία αποκαλείται εκείνη που δε συμμετέχει φανερά την ταξινόμηση, απλά «κληροδοτεί» τους κανόνες της στις υπο-κατηγορίες της. Τα «δέντρα» εμφανίζονται ως ξεχωριστά αντικείμενα θέτοντας κανόνες όπως τον δείκτη σχήματος (shape index), τον δείκτη βλάστησης (MSAVI) και την τυπική απόκλιση στο κόκκινο κανάλι (standard deviation layer 3) (εικόνα 3-33). Για τη διάκριση των γραμμικών στοιχείων των αμπελιών χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες «μέση τιμή στο υπέρυθρο κανάλι» (Mean Layer 4), ο λόγος «Μήκος/Πλάτος» (Length/Width) και ο δείκτης βλάστησης (MSAVI). Στην κατηγορία «Αδιαπέρατα υλικά» δε χρειάζεται να ενταχθεί κάποιος κανόνας σε αυτό το επίπεδο, γι αυτό το λόγο αρκεί να θεωρηθεί απλά ως «μη ύπαρξη» των άλλων κατηγοριών.

Πίνακας 3-1: Οι κατηγορίες του 1ου επιπέδου και οι κανόνες τους

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

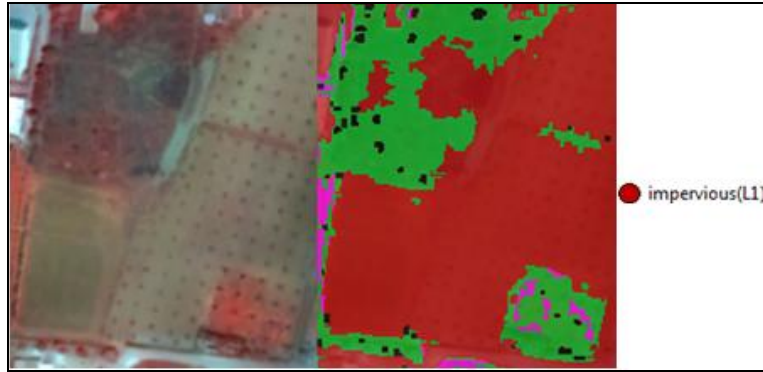
	Msavi		0.3-0.7
	Invert expression "trees"		
Water(L1)	Water index		0.12-0.25

Το αποτέλεσμα ταξινόμησης των δέντρων είναι γενικά ικανοποιητικό εκτός από την περίπτωση όπου τα δέντρα είναι ακόμη πολύ νεαρά. Τα νεαρά ελαιόδεντρα παρουσιάζουν υψηλότερες ψηφιακές τιμές στο υπέρυθρο απ' ότι τα μεγαλύτερα. Αυτό οφείλεται στο ότι σε αυτά τα μήκη κύματος η απορρόφηση οφείλεται στη δομή του φύλλου. Η μορφολογία του νεαρού φύλλου είναι διαφορετική και η δομή του πυκνότερη από τη δομή του πλήρως αναπτυγμένου φύλλου με αποτέλεσμα να παρατηρείται μειωμένη απορρόφηση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Επιπλέον, στα μεγαλύτερα δέντρα υπάρχουν περισσότερες στρώσεις φύλλων άρα σχηματίζονται περισσότερες σκιές οι οποίες επηρεάζουν το βαθμό ανάκλασης.

Έτσι, σε αυτό το επίπεδο ταξινομούνται ως «Αδιαπέρατα υλικά» ενώ στο τελικό επίπεδο ως «Γυμνό έδαφος» λόγω του χώματος που βρίσκεται ανάμεσα στα δεντρύλλια. Επιπλέον, όταν στο έδαφος υπάρχει χαμηλή βλάστηση οι τυπικές αποκλίσεις των ψηφιακών τιμών ολόκληρων των ελαιώνων είναι σαφώς μικρότερες από αυτές των ελαιώνων με οργωμένο έδαφος (Εικόνα 3-34).



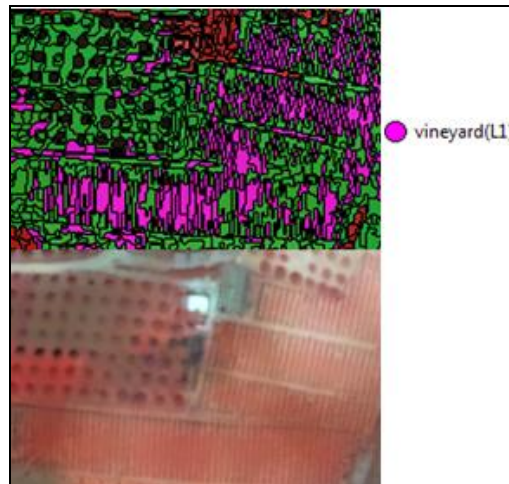
Εικόνα 3-33: Σωστή ταξινόμηση ελιών στο 1ο επίπεδο



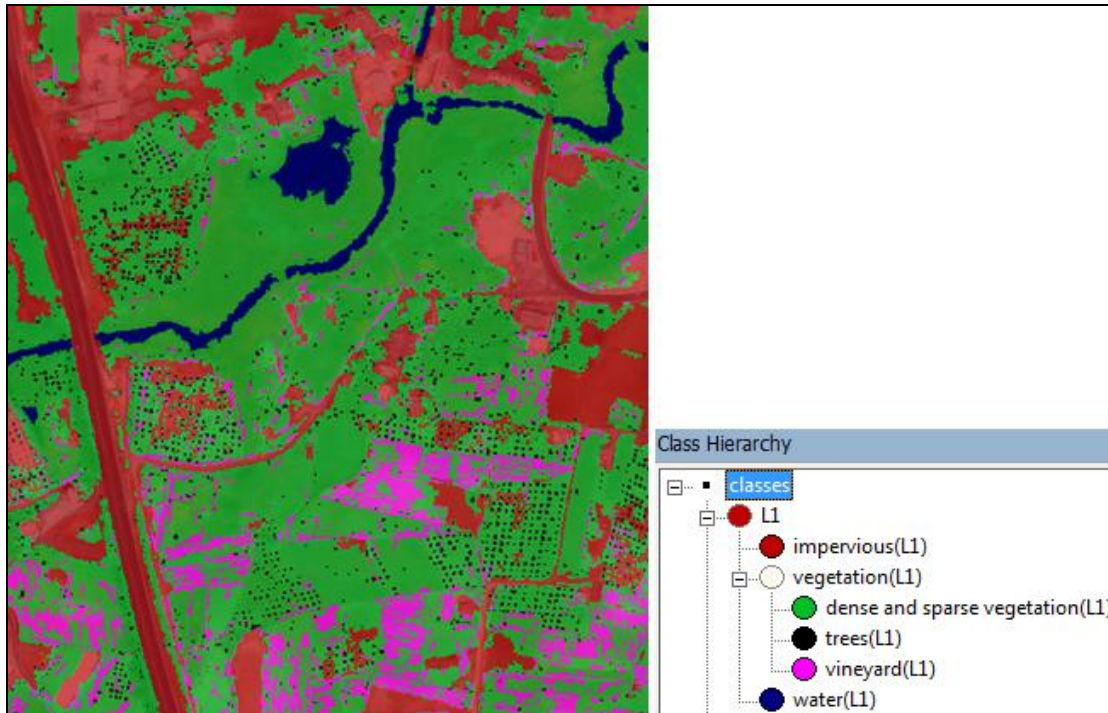
Εικόνα 3-34: Λανθασμένη ταξινόμηση ελαιώνα με πολύ μικρά δέντρα

Τα γραμμικά στοιχεία των αμπελώνων ταξινομούνται αρκετά καλά (Εικόνα 3-35), με κάποιες προβληματικές περιοχές όπου ουσιαστικά είναι αγραναπαύσεις. Φυσικά, δεν ανιχνεύονται όλα τα γραμμικά τμήματα ενός αμπελιού, αλλά το πρόβλημα αυτό δεν απασχολεί στην προκειμένη περίπτωση εφόσον το ποσοστό τους είναι μεγάλο ώστε να κατηγοριοποιηθούν στο 3^ο επίπεδο ως «Αμπέλια». Το γεγονός ότι στην κατηγορία αυτή ταξινομούνται και μεμονωμένα αντικείμενα που δεν είναι αμπέλια, θα διορθωθεί και αυτό στο 3^ο επίπεδο όπου θα τεθούν ποσοστά ύπαρξης αντικειμένων που βρίσκονται στην κατηγορία «Αμπέλια(1)» κι αν το ποσοστό τους είναι μικρό δεν θα κατηγοριοποιηθούν ως «Αμπέλια(3)».

Η εικόνα 3-35 εμφανίζει το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του πρώτου επιπέδου.



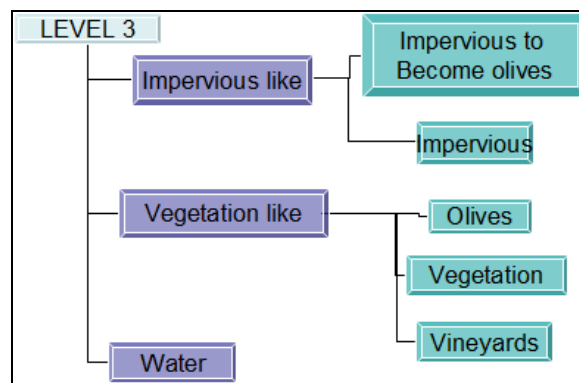
Εικόνα 3-35: Ταξινόμηση στοιχήσεων αμπελιών



Εικόνα 3-36: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 1ου επιπέδου

3.4.2. Ταξινόμηση Τρίτου Επιπέδου








Μετά τη δημιουργία του 1^{ου} επιπέδου κατάτμησης, στόχος είναι η εκμετάλλευση των αντικειμένων του σε νέο μεγαλύτερο επίπεδο ώστε να σχηματιστούν σωστά τα αντικείμενα που θα αντιπροσωπεύουν τις καλλιέργειες ενδιαφέροντος, τις ελιές και τα αμπέλια. Έτσι, στο 3^ο επίπεδο θα στηριχθεί η σωστή ταξινόμησή τους. Οι τρεις χοντρικές κατηγορίες στις οποίες χωρίζεται πρώτα η εικόνα είναι η «Impervious like», «vegetation like» και «water» (Διάγραμμα 3-4). Ο διαχωρισμός της βλάστησης και του νερού γίνεται με τη βοήθεια των δεικτών που έχουν προαναφερθεί. Στην κατηγορία «Impervious like» ανήκουν όλα τα υπόλοιπα αντικείμενα της εικόνας.



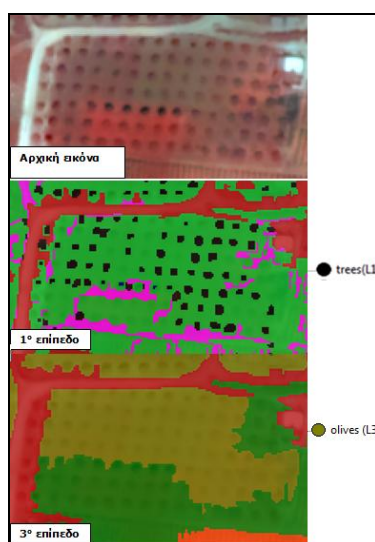
Διάγραμμα 3-4: Ιεραρχία κατηγοριών 3ου επιπέδου

Η ταξινόμηση των κατηγοριών «Ελιές» και «Αμπέλια» στηρίζεται στην ταξινόμηση των υπο-αντικειμένων των αντίστοιχων κατηγοριών του 1^{ου} επιπέδου. Έτσι, μετά από δοκιμές ορίζονται τα όρια των συναρτήσεων «Relative area of subobjects» και για τις δυο κατηγορίες. Στα «Αμπέλια» τέθηκαν και άλλοι δυο κανόνες «Relative area of subobjects Trees(L1)» και «Shape Index». Ο πρώτος προστέθηκε στην κατηγορία γιατί ταξινομούνταν και κάποια τμήματα χώματος ανάμεσα στα δέντρα. Έτσι ορίστηκε τα αμπέλια του επιπέδου 3 να μην έχουν υπο αντικείμενα δέντρα. Ο δεύτερος κανόνας ορίστηκε γιατί το σχήμα των αντικειμένων που θα αποτελέσουν τους αμπελώνες πρέπει να είναι κανονικό, τετραγωνισμένο. Ένα πρόβλημα που εντοπίστηκε στην ταξινόμηση των ελαιώνων είναι ότι κάποια αγροτεμάχια με αραιή δεντροφύτευση και ανοιχτόχρωμο χρώμα ταξινομούνταν ως «Αδιαπέρατα υλικά». Η λύση δόθηκε με τη δημιουργία μιας κατηγορίας, «Αδιαπέρατα υλικά που θα ταξινομηθούν ως ελιές», η οποία «κληρονομεί» όλους τους κανόνες από τη «μητρική» κατηγορία έχοντας, όμως, έναν επιπλέον, την ύπαρξη υποαντικειμένων της κατηγορίας «δέντρων» του επιπέδου 1.

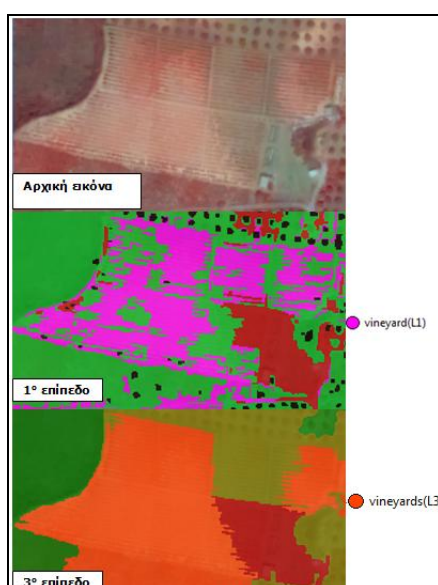
Πίνακας 3-2: Οι κατηγορίες του 3ου επιπέδου και οι κανόνες τους

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

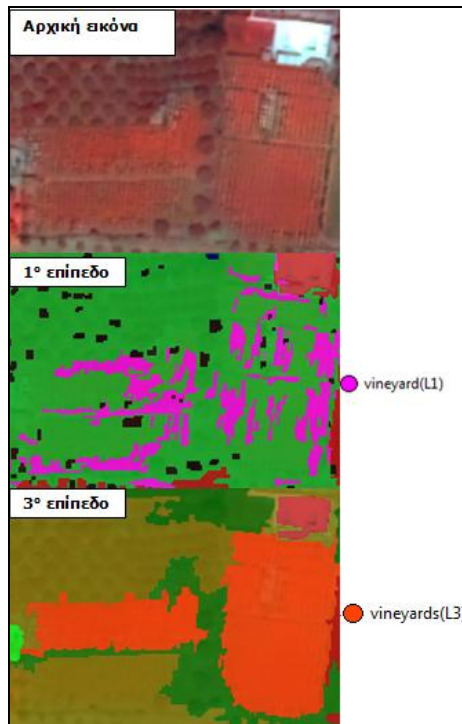
Το πρόβλημα σε κάποιες περιπτώσεις είναι ότι υπάρχουν καλλιέργειες που δεν έχουν την ίδια φασματική υπογραφή σε όλα τα τμήματά τους. Το χρώμα ανάμεσα στα δέντρα, όπως και η βλάστηση που μπορεί να υπάρχει δεν είναι τα ίδια σε όλη την έκταση του αγροτεμαχίου, έτσι ταξινομούνται λανθασμένα. Στην εικόνα 3-37 το νότιο τμήμα του ελαιώνα παρουσιάζει έντονο κόκκινο χρώμα, που στο έγχρωμο σύνθετο που χρησιμοποιείται σημαίνει πιο πυκνή βλάστηση. Σε εκείνο το τμήμα τα δέντρα δεν έχουν ταξινομηθεί επιτυχώς στο 1^ο επίπεδο και κατά συνέπεια στο 3^ο. Στην εικόνα 3-38 το δεξιό τμήμα του αμπελώνα παρουσιάζεται με γκρι ανοιχτόχρωμη απόχρωση και έτσι το πρόγραμμα κατά την κατάρτιση το ενοποίησε με το γειτονικό αντικείμενο που είναι ελαιώνας. Τέλος, παρόμοιο πρόβλημα ταξινόμησης αντιμετωπίστηκε με τους αμπελώνες με πυκνή φύτευση (έντονο κόκκινο χρώμα) και αραιά γραμμικά στοιχεία που δεν ανιχνεύθηκαν σωστά κατά την κατάρτιση του 1^{ου} επιπέδου (εικόνα 3-39).



Εικόνα 3-37: Ελαιώνας και αμπελώνας χωρίς

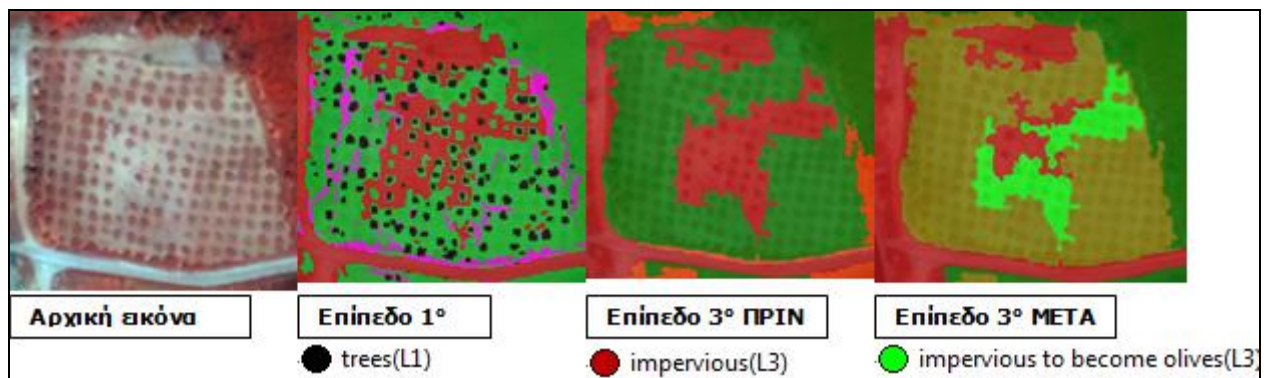


Εικόνα 3-38: Αμπελώνας χωρίς ενιαία φασματική υπογραφή

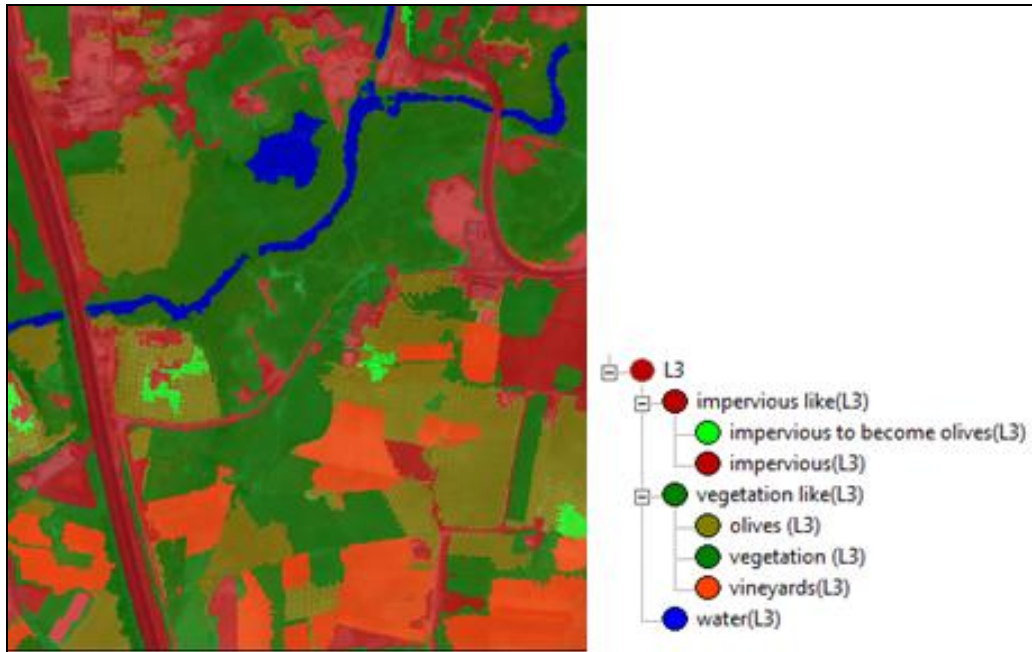


Εικόνα 3-39: Αμπελώνας με πολύ πυκνή φύτευση και αγνά γραμμικά στοιχεία

Οι ελαιώνες με ασβεστόχωμα, σαν ενιαία αντικείμενα στο επίπεδο 3 ταξινομούνται ως αδιαπέρατα υλικά, γιατί έχουν υψηλότερη ανακλαστικότητα και χαμηλότερο δείκτη βλάστησης. Στο πρώτο επίπεδο, όμως, έχουν διαχωριστεί σωστά τα επιμέρους δέντρα που βρίσκονται σε αυτούς. Έτσι, η λύση του προβλήματος είναι στη δημιουργία μιας υποκατηγορίας των αδιαπέρατων υλικών, τα «Αδιαπέρατα υλικά που θα ταξινομηθούν ως ελιές» που «κληρονομεί» τους κανόνες της «μητρικής» κατηγορίας, αλλά έχει υποαντικείμενα στο 1^ο επίπεδο τα μεμονωμένα δέντρα (Εικόνα 3-40). Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του τρίτου επιπέδου εμφανίζεται στην εικόνα 3-41.



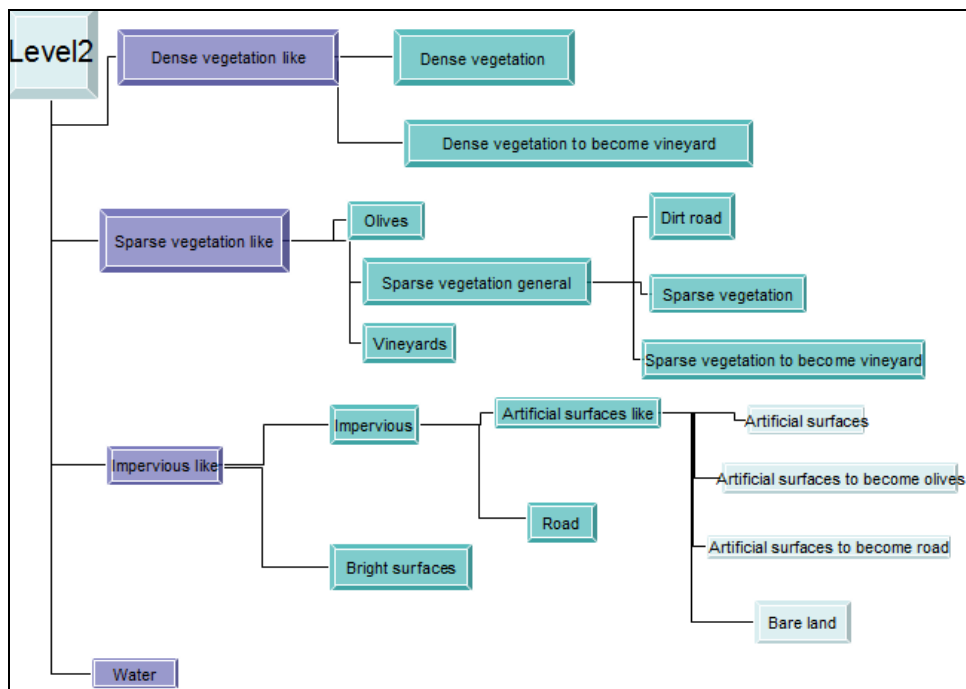
Εικόνα 3-40: Δημιουργία της κατηγορίας «Αδιαπέρατα υλικά που θα ταξινομηθούν ως ελιές»



Εικόνα 3-41: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 3ου επιπέδου

3.4.2. Ταξινόμηση Δεύτερου Επιπέδου

Το μεσαίο επίπεδο είναι και το τελικό επίπεδο όπου όλες οι κατηγορίες θα προβληθούν σωστά και το αποτέλεσμά του θα αποτελεί την τελική εικόνα, το τελικό αποτέλεσμα της μελέτης αυτής. Το διάγραμμα 3-5 παρουσιάζει την ιεραρχία των κατηγοριών αυτού του επιπέδου.

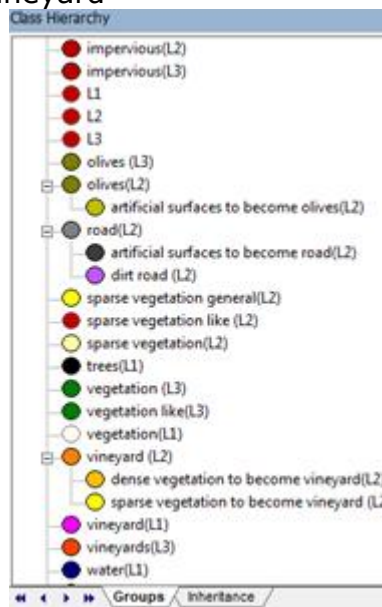


Διάγραμμα 3-5: Ιεραρχία κατηγοριών 2ου επιπέδου

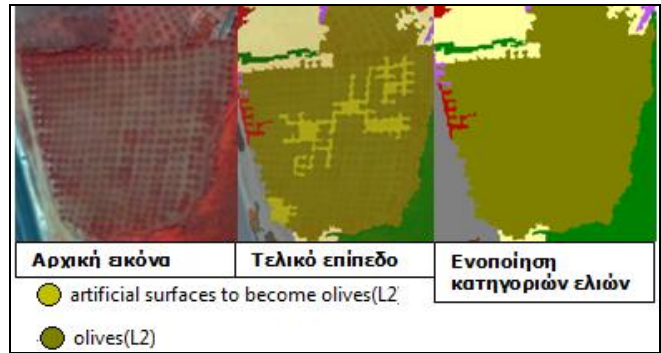
Οι ελαιώνες και οι αμπελώνες προβάλλονται από το 3^ο επίπεδο με τον κανόνα «Existence of super-objects». Το τελικό επίπεδο έχει μεγαλύτερη διάκριση κατηγοριών από το 3^ο, έτσι τα αντικείμενα του 3^{ου} που ανήκουν στην κατηγορία «ελιές» έχουν στο τελικό επίπεδο υπο αντικείμενα που ανήκουν σε διάφορες κατηγορίες. Σαν αποτέλεσμα, η πληροφορία του 3^{ου} επιπέδου πρέπει να προβληθεί σε όλες τις κατηγορίες που μπορεί να έχουν τα υποαντικείμενα αυτά και παρουσιάζεται σαν διαφορετική κατηγορία κάθε φορά. Το ίδιο ισχύει και για το άλλος είδος καλλιέργειας που συναντάται στην εικόνα, τους αμπελώνες. Έτσι, δημιουργείται η «Πυκνή βλάστηση που θα ταξινομηθεί ως αμπέλι», τα «Τεχνητές επιφάνειες που θα ταξινομηθούν ως ελιές» και η «Αραιή βλάστηση που θα ταξινομηθεί ως αμπέλι». Παραδείγματα της χρησιμότητας των κατηγοριών αυτών είναι κάποια τμήματα ανάμεσα στις ελιές που ταξινομούνται αρχικά σαν τεχνητές επιφάνειες λόγω του πολύ ανοιχτόχρωμου εδάφους, στη συνέχεια όμως ταξινομούνται στην κατηγορία «Τεχνητές επιφάνειες που θα γίνουν ελιές». Σε τελικό στάδιο η κατηγορία αυτή με την κατηγορία «ελιές» ενώνονται (εικόνες 3-43, 3-44, 3-45). Επίσης, κάποια τμήματα αμπελιών ταξινομούνται αρχικά ως αραιή βλάστηση, όμως, με τη χρήση χαρακτηριστικών συνδεδεμένων με κατηγορίες (Class related features) και συγκεκριμένα με υπερ-αντικείμενα από το επίπεδο 3, ταξινομούνται ως «Αραιή βλάστηση που θα ταξινομηθεί ως αμπέλι» (εικόνα 3-46).

Οι κατηγορίες που ενώνονται εννοιολογικά για να εμφανιστούν ως ενιαία κατηγορία μέσω της καρτέλας groups είναι οι παρακάτω

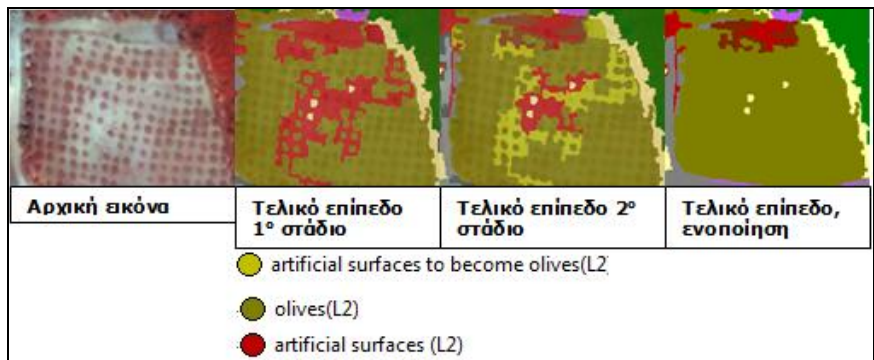
“Olives” + “artificial surfaces to become olives”
 “road” + “artificial surfaces to become road”
 “vineyards” + “sparse vegetation to become vineyard” + “dense vegetation to become vineyard”



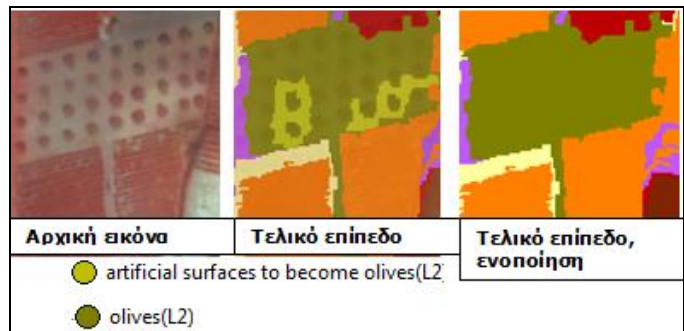
Εικόνα 3-42: Ενοποίηση κατηγοριών μέσω της καρτέλας groups



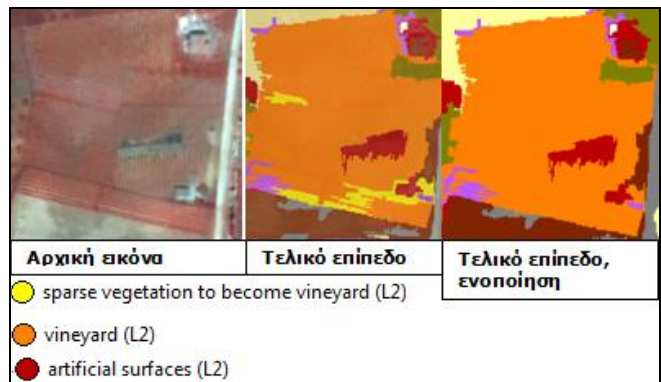
Εικόνα 3-43: Κατηγοριοποίηση και Ενοποίηση Αντικειμένων ελαιώνα (Παράδειγμα 1ο)



Εικόνα 3-44: Κατηγοριοποίηση και Ενοποίηση Αντικειμένων ελαιώνα (Παράδειγμα 2ο)

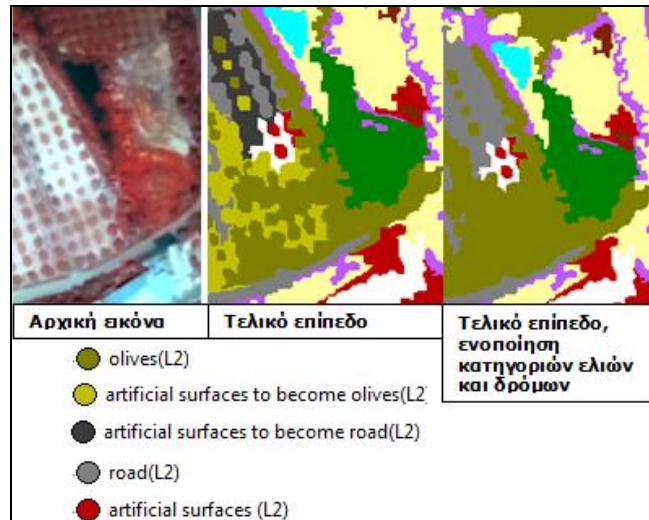


Εικόνα 3-45: Κατηγοριοποίηση και Ενοποίηση Αντικειμένων ελαιώνα (Παράδειγμα 3ο)



Εικόνα 3-46: Κατηγοριοποίηση και Ενοποίηση Αντικειμένων αμπελιών

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 (εικόνα 3-47).



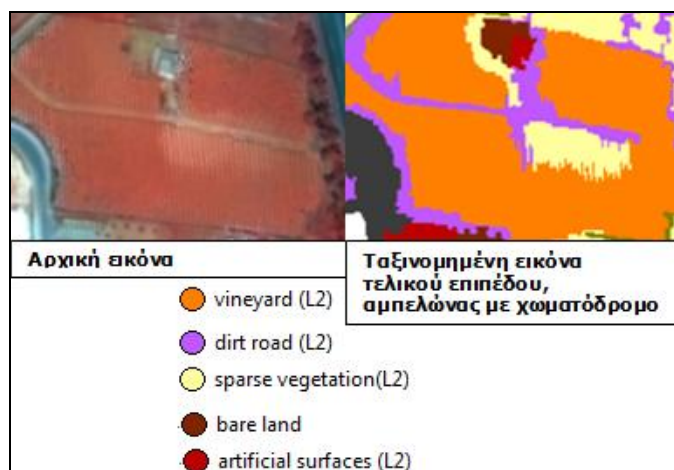
Εικόνα 3-47: Προβληματική περιοχή ελαιώνα με ασβεστόχωμα

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 στοιχήσεις των αμπελιών (εικόνα 3-48).



Εικόνα 3-48: Ταξινόμηση χωματόδρομων

Τμήματα αμπελώνων με διαφορετική απόχρωση από το υπόλοιπο χωράφι ταξινομούνται διαφορετικά, στην περίπτωση της εικόνας 3-46 ως αραιή βλάστηση. Σε αυτό το παράδειγμα (εικόνα 3-49) φαίνεται και η ταξινόμηση χωματόδρομου που διασχίζει την καλλιέργεια.



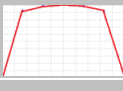







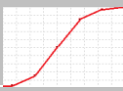


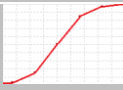


Εικόνα 3-49: Ταξινόμηση αμπελώνα με χωματόδρομο

Ο πίνακας 3-3 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τους κανόνες, τις συναρτήσεις και τις τιμές κατωφλίσωσης που χρησιμοποιήθηκαν για όλες τις κατηγορίες του τελικού επιπέδου 2.

Πίνακας 3-3: Πίνακας 3-3 Οι κατηγορίες του 2ου επιπέδου και οι κανόνες τους

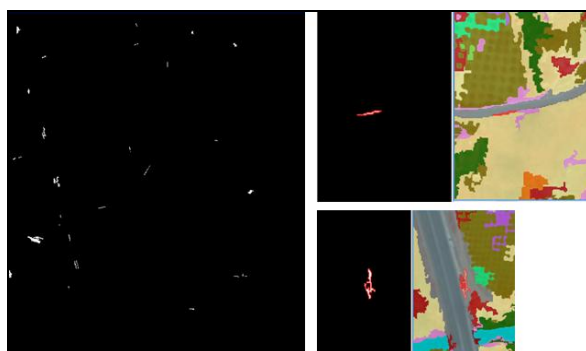
Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση	Όρια
Dense vegetation like(L2)	Msavi		0.63-0.65
	Invert expression "Water(L2)"		
Dense vegetation to become vineyard(L2)	Existence of superobjects "Vineyard(L3)" (1)		0-2
Dense vegetation(L2)	Invert expression "Dense vegetation to become vineyard"		
Impervious like(L2)	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

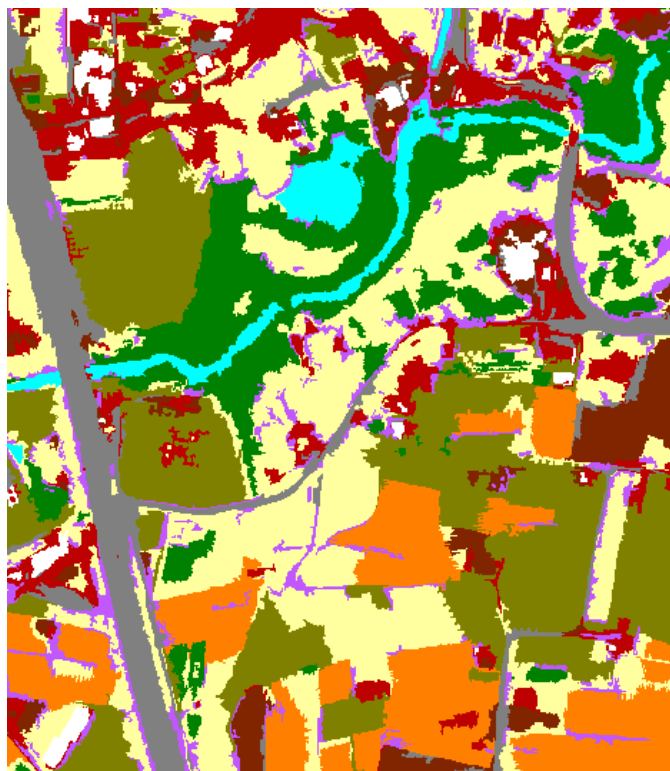
Πολύ σημαντικό σε μια πρώτη αξιολόγηση των κανόνων είναι ο έλεγχος των αταξινόμητων αντικειμένων. Με τον έλεγχο αυτό εντοπίζονται τα αντικείμενα που δεν ικανοποιούν καμία από τις συνθήκες που αναφέρονται στους κανόνες, και οι λύσεις είναι δύο. Είτε πρέπει να δημιουργηθεί μια καινούρια κατηγορία, είτε να διορθωθούν οι υπάρχοντες κανόνες ώστε να μην υπάρχουν ασάφειες, επικαλύψεις ή παραλείψεις.

Στο παρακάτω παράδειγμα (Εικόνα 3-50) διαπιστώνεται με φωτοερμηνευτική παρατήρηση των αταξινόμητων αντικειμένων, ότι ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία «Impervious». Επομένως, ο έλεγχος των κανόνων εστιάζεται σε αυτή την κατηγορία και τις υποκατηγορίες της. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέγεται η μεταβολή των τιμών των συναρτήσεων κάποιων κανόνων, μετά από πολλές δοκιμές.

Τέλος, η εικόνα 3-51 είναι το τελικό αποτέλεσμα ταξινόμησης των κατηγοριών της εικόνας στο δεύτερο επίπεδο.



Εικόνα 3-50: Παράδειγμα αταξινόμητων αντικειμένων σε ενδιάμεση φάση της ταξινόμησης



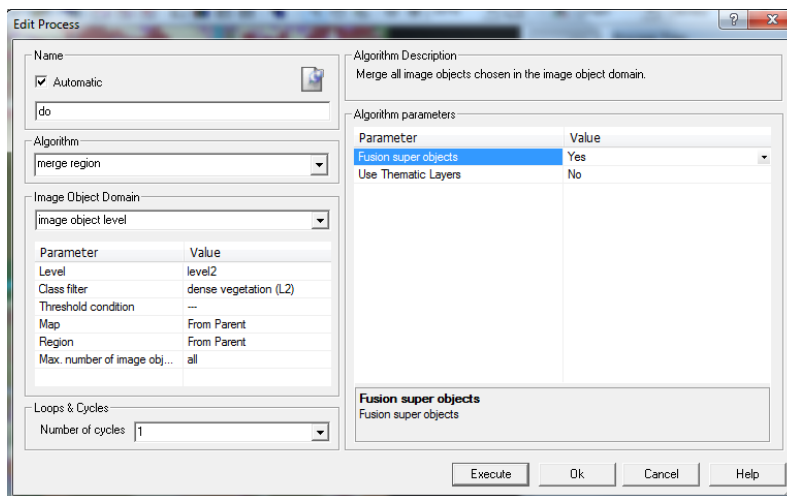
Εικόνα 3-51: Τελικό αποτέλεσμα ταξινόμησης 2ου επιπέδου

3.5. Αλγόριθμοι ανακατασκευής σχήματος

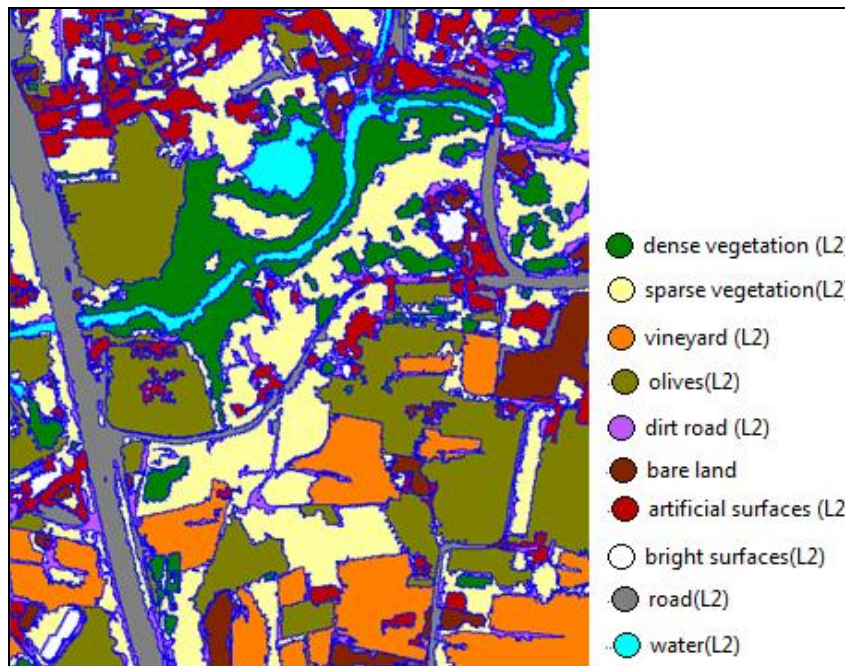
Merge region

Πρώτα ενοποιούνται όλες οι τελικές κατηγορίες με τον αλγόριθμο Merge region του λογισμικού. Ο αλγόριθμος αυτός ενώνει όλα τα πολύγωνα που ανήκουν στην ίδια κατηγορία και γειτνιάζουν. Ενοποιούνται οι κατηγορίες νερό, αμπέλι, ελιές, αραιή βλάστηση, πυκνή βλάστηση, τεχνητές επιφάνειες, δρόμος, άσπρες επιφάνειες, χρώμα.

Στην εικόνα 3-52 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ενοποίησης της κατηγορίας «Πυκνή βλάστηση» στο παράθυρο διαλόγου του λογισμικού. Ενοποιώντας τα αντικείμενα όλων των κατηγοριών, τα πολύγωνα των αντικειμένων μεταβάλλονται και παίρνουν τη μορφή που φαίνεται στην εικόνα 3-53.



Εικόνα 3-52: Παράθυρο παραμέτρων του αλγόριθμου Merge region



Εικόνα 3-53: Ενοποιημένα τελικά πολύγωνα κατηγοριών

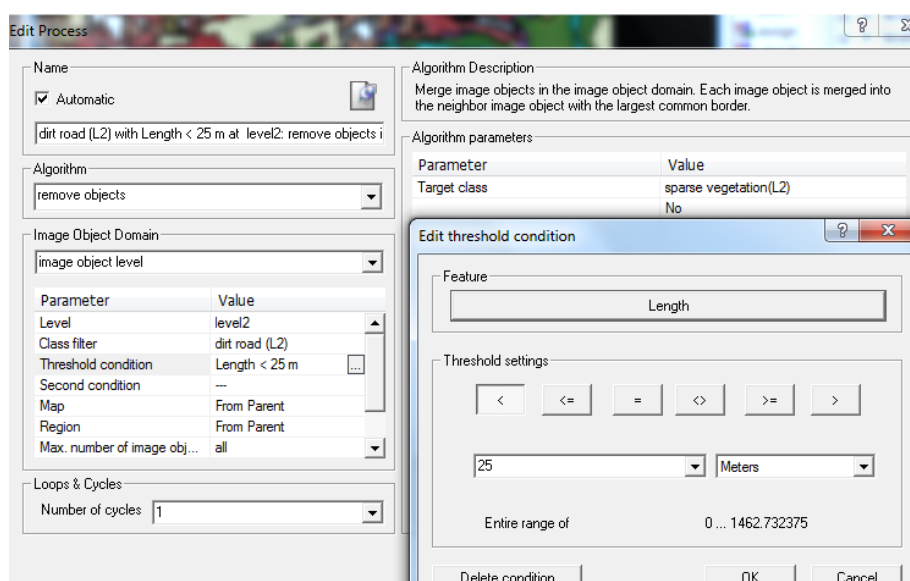
Remove objects

Με τον αλγόριθμο «Διαγραφή αντικειμένων», επιλέγεται μια κατηγορία της οποίας τα πολύγωνα που πληρούν κάποια συγκεκριμένα κριτήρια διαγράφονται από αυτή την κατηγορία και ενσωματώνονται σε μια άλλη κατηγορία που επιλέγεται από τον χρήστη.

Μετά την ενοποίηση, παρατηρείται ότι κάποια τμήματα αραιής βλάστησης ταξινομήθηκαν εσφαλμένα ως χωματόδρομοι. Έτσι, με τη βοήθεια του αλγορίθμου «Διαγραφής αντικειμένων» οι χωματόδρομοι αυτοί ταξινομήθηκαν ως «Αραιή βλάστηση». Το κριτήριο που τέθηκε για την εφαρμογή του αλγορίθμου είναι το μήκος των χωματόδρομων να είναι μικρότερο των 25 μέτρων (εικόνα 3-55).

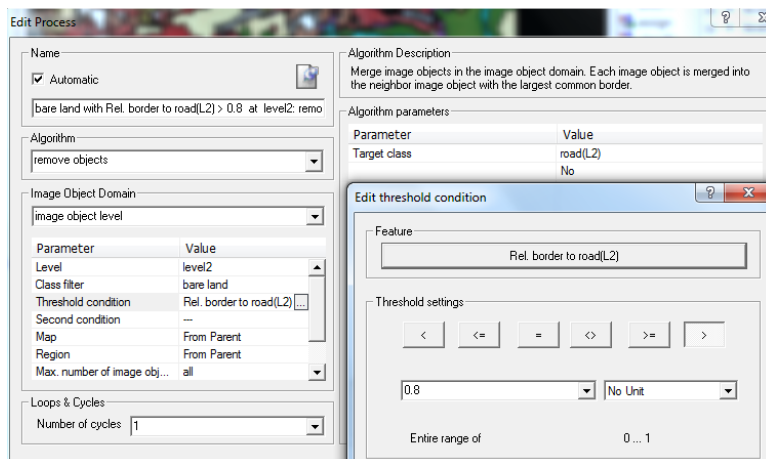


Εικόνα 3-54: Διαγραφή χωματόδρομων με εφαρμογή κριτηρίου μήκους



Εικόνα 3-55: Παράθυρο παραμέτρων και συνθήκης κατωφλίωσης αλγορίθμου Remove Objects για την κατηγορία Χωματόδρομος

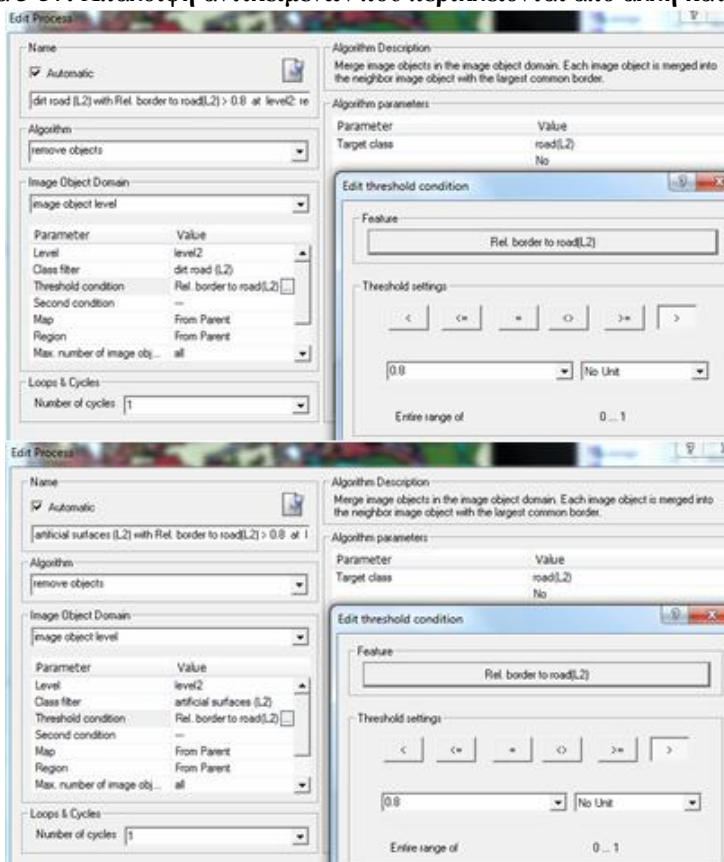
Ο αλγόριθμος χρησιμοποιήθηκε, επίσης, για τη διαγραφή κάποιων τμημάτων ταξινομημένων στην κατηγορία «χώμα» που βρίσκονταν μέσα στην κατηγορία «δρόμος». Το κριτήριο που επιλέχθηκε είναι η συνάρτηση "Relative border to road" να έχει τιμή μεγαλύτερη από 0.8 (Εικόνα 3-56). Με το ίδιο σκεπτικό διορθώθηκαν τα τμήματα των τεχνητών επιφανειών που περικλείονταν από την κατηγορία «δρόμος».



Εικόνα 3-56: Παράθυρο παραμέτρων και συνθήκης κατοφλίωσης αλγορίθμου Remove Objects για την κατηγορία Γυμνή γη



Εικόνα 3-57: Απαλοιφή αντικειμένων που περικλείονται από άλλη κατηγορία.

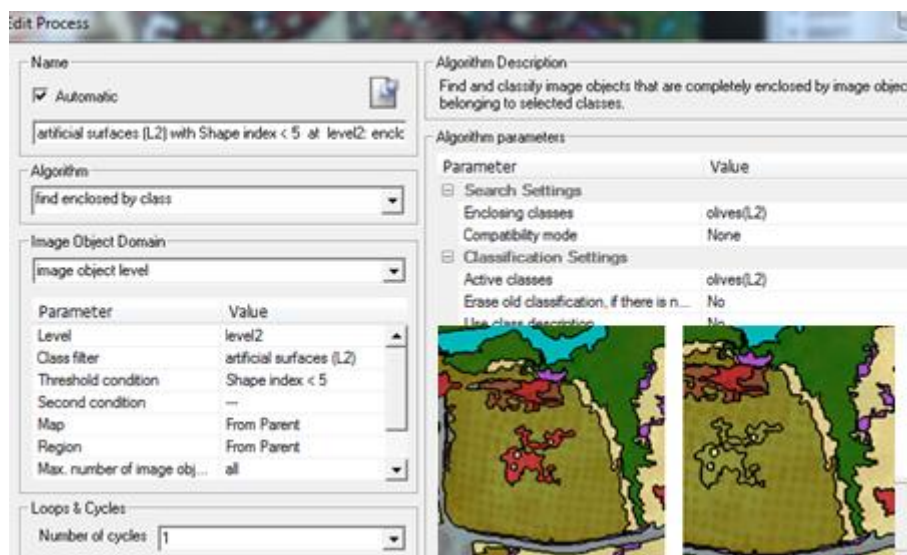


Εικόνα 3-58: Παράθυρα παραμέτρων και συνθηκών κατοφλίωσης αλγορίθμου Remove Objects για την κατηγορία Γυμνή γη και Τεχνητές επιφάνειες

Τα ίδια αποτελέσματα στη διόρθωση του σχήματος των συγκεκριμένων αντικειμένων θα είχε και ο αλγόριθμος Find enclosed by class που αναφέρεται παρακάτω.

Find enclosed by class

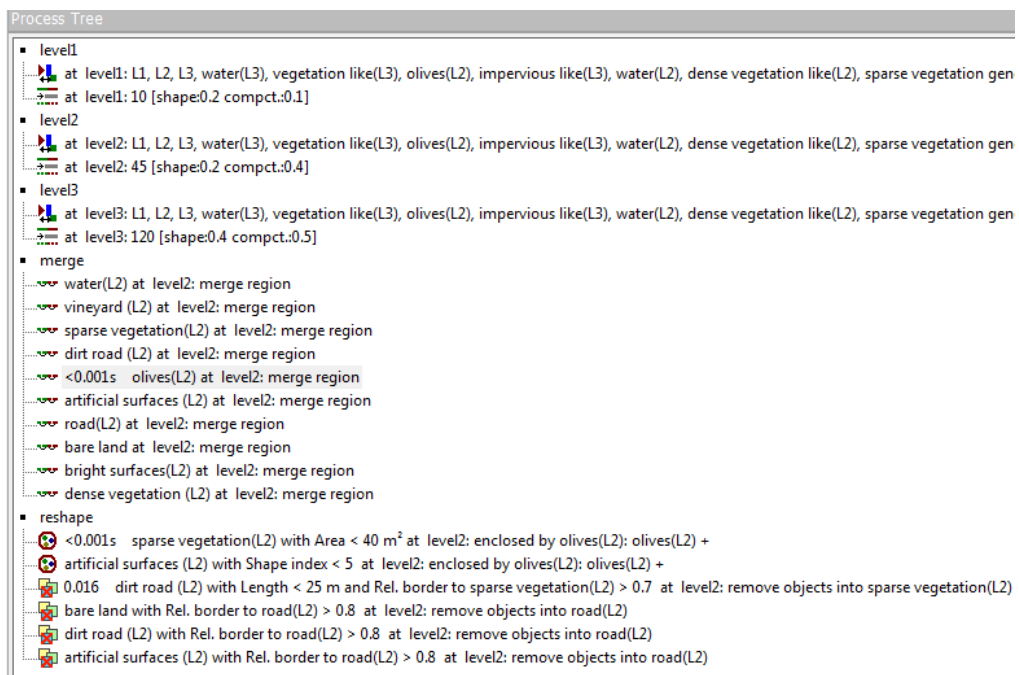
Ο αλγόριθμος αυτός αποδεικνύεται πολύ χρήσιμος στην περίπτωση των ελαιώνων των οποίων η διάταξη είναι αραιή και το έδαφος ανάμεσα στα δέντρα έχει ίδια φασματική υπογραφή με την κατηγορία «Τεχνητές επιφάνειες». Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχουν μέσα στους ελαιώνες κάποια πολύγωνα που είναι ταξινομημένα ως «Τεχνητές επιφάνειες». Για τη λύση αυτού του προβλήματος εφαρμόζεται ο αλγόριθμος αντικαθιστώντας την κατηγορία «Τεχνητές επιφάνειες» που περικλείεται από την κατηγορία «Ελιές» με κριτήριο ο δείκτης σχήματος να είναι μικρότερος της τιμής 5. Η σημασία του κριτηρίου αυτού είναι μεγάλη και στοχεύει στην αντικειμενικότητα και την γενίκευση των κανόνων και των διαδικασιών, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες περιπτώσεις με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Εννοιολογικά, δεν είναι απίθανο να υπάρχει η κατηγορία «Τεχνητές επιφάνειες» μέσα σε έναν ελαιώνα, όπως στην περίπτωση που υπάρχει ένα σπίτι, ή μια αποθήκη. Όμως, σε αυτή την περίπτωση το κριτήριο σχήματος θα είναι σίγουρα μεγαλύτερο της τιμής 5 και δε θα χαθεί αυτή η πληροφορία. Στην περίπτωση αυτού του τμήματος της εικόνας, το σχήμα του περικλειόμενου αντικειμένου είναι ακανόνιστο και δεν αποτελεί τεχνητή επιφάνεια.



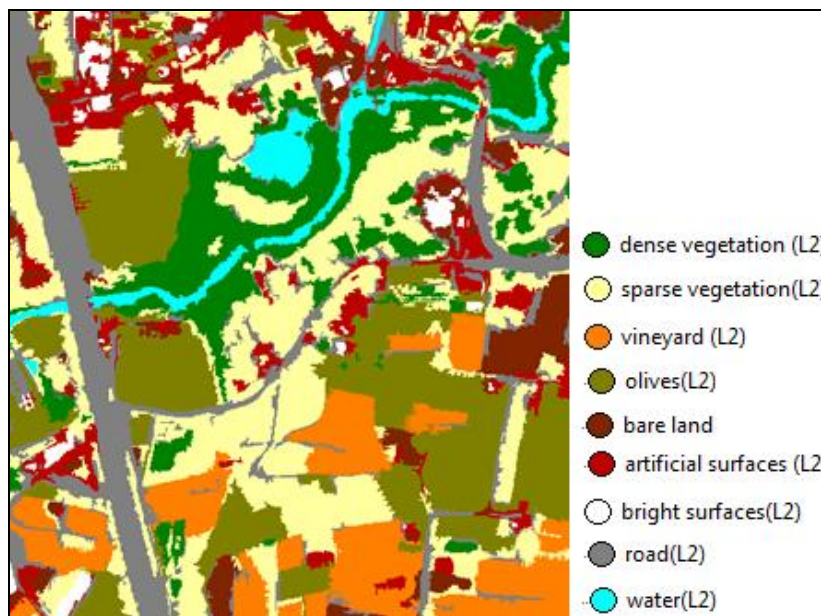
Εικόνα 3-59: Παράθυρο παραμέτρων και συνθήκης κατοφλίωσης αλγορίθμου Find enclosed by class για την κατηγορία Τεχνητές επιφάνειες και το αποτέλεσμα σε τμήμα της εικόνας

Με την εφαρμογή των αλγορίθμων ανακατασκευής σχήματος τελειώνει η επεξεργασία της δορυφορικής εικόνας. Η διαδικασία αυτή αποτελεί το τελικό στάδιο των εργασιών, αλλά η αλληλουχία των αλγορίθμων αυτών όπως και οι κανόνες που εφαρμόζονται σε αυτούς

διαφέρουν από εικόνα σε εικόνα και δε μπορούν να αντιγραφούν αυτούσιοι σε άλλη εφαρμογή.



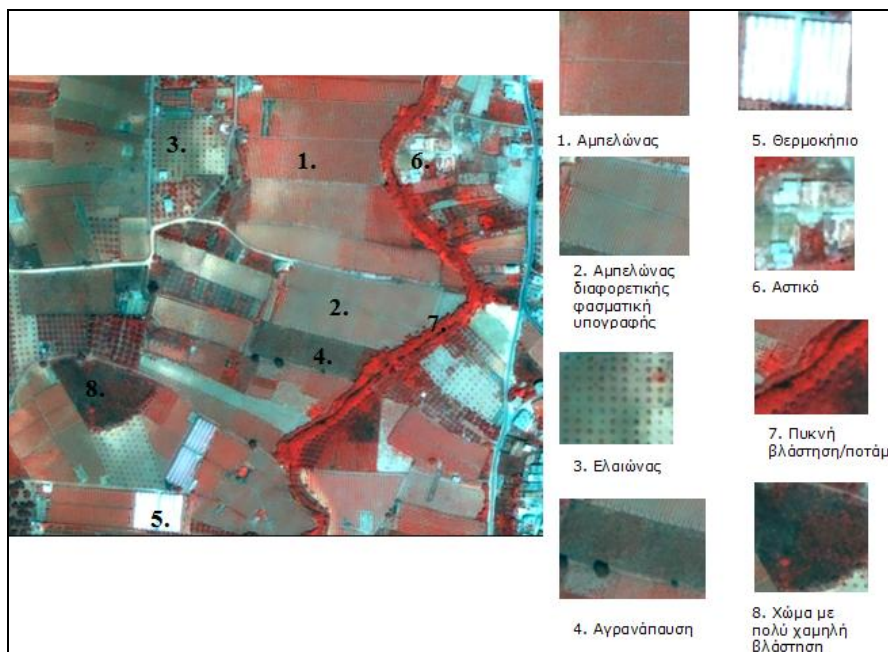
Εικόνα 3-60: Παράθυρο διεργασιών (Process Tree)



Εικόνα 3-61: Τελικό αποτέλεσμα διαχωρισμού των κατηγοριών κάλυψης /χρήσης γης της εικόνας

3.6. Περιοχή μελέτης 2 – Φωτοερμηνεία

Ο έλεγχος της αντικειμενικότητας και της ευελιξίας του δέντρου των κανόνων που δημιουργήθηκε για την ταξινόμηση της πρώτης περιοχής μελέτης γίνεται με την εφαρμογή του σε μια δεύτερη περιοχή της Κρήτης. Επικρατούν και εδώ οι αμπελώνες σε μεγάλο ποσοστό, ενώ ακολουθεί η ύπαρξη ελαιώνων. Και στις δυο κατηγορίες καλλιεργειών παρατηρούνται διαφορές στις φασματικές υπογραφές, γεγονός αναμενόμενο όπως έχει ήδη αναφερθεί. Στην εικόνα 3-62 παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα των σημαντικότερων κατηγοριών που φωτοερμηνεύθηκαν στην εικόνα.



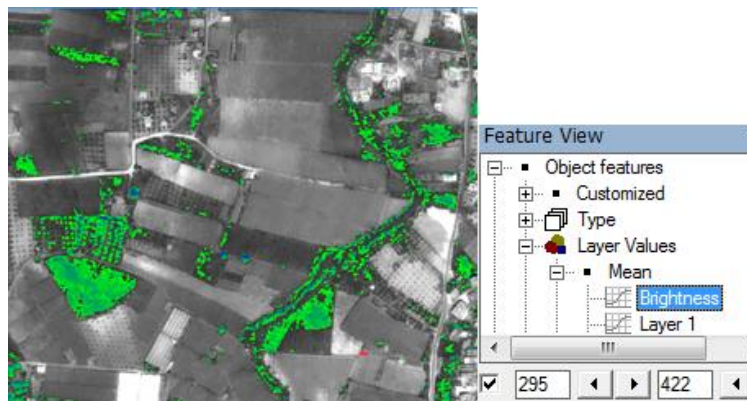
Εικόνα 3-62: Φωτοερμηνεία περιοχής μελέτης 2

3.6.1. Εφαρμογή Ακολουθίας Διεργασιών

Βασική (αν και μικρή) διαφορά αυτής της δορυφορικής εικόνας από την προηγούμενη είναι ότι σε αυτή προστίθεται άλλη μια κατηγορία κάλυψης γης, οι σκιασμένες επιφάνειες που παρατηρούνται κυρίως από ψηλά δέντρα μιας και η περιοχή είναι αγροτική και δεν υπάρχουν ψηλά κτίσματα.

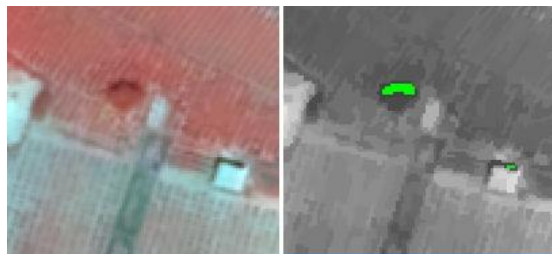
Έτσι, στο πρώτο επίπεδο δημιουργήθηκε η κατηγορία «Σκιές βλάστησης» (shadow vegetation). Οι σκιές των ψηλών δέντρων είναι λίγες, αλλά θεωρήθηκε σημαντικό να ταξινομηθούν στο πρώτο επίπεδο, ώστε να μην ενσωματωθούν λανθασμένα στις κατηγορίες ενδιαφέροντος (δέντρα και αμπέλια). Επιπρόσθετα, η μέθοδος ανίχνευσης των σκιών μπορεί να φανεί χρήσιμη σε μελέτη άλλης εικόνας όπου το πλήθος των ψηλών δέντρων με σκιά θα είναι μεγαλύτερο, οπότε εδώ παρουσιάζεται για εκπαιδευτικούς λόγους.

Έγιναν δυο δοκιμές λύσεις του προβλήματος. Η πρώτη με τον κανόνα Μέση Φωτεινότητα (Mean Brightness) (εικόνα 3-63).



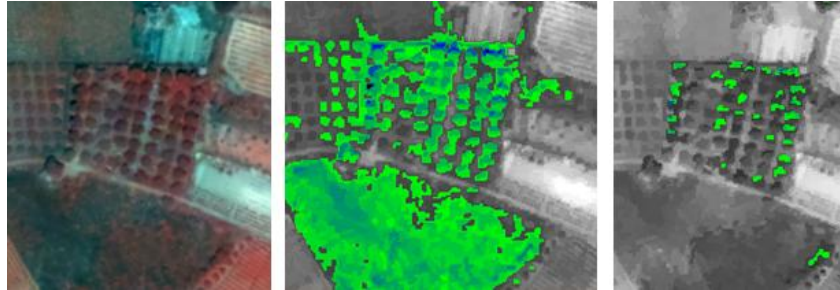
Εικόνα 3-63: Κανόνας Φωτεινότητας στο παράθυρο Feature View

Μετά από δοκιμές, βρέθηκε ότι για τις τιμές (295-422) του χαρακτηριστικού αυτού εμφανίζονται σωστά οι σκιές που αναμέναμε. Όπως στο παρακάτω τμήμα της εικόνας (Εικόνα 3-64).

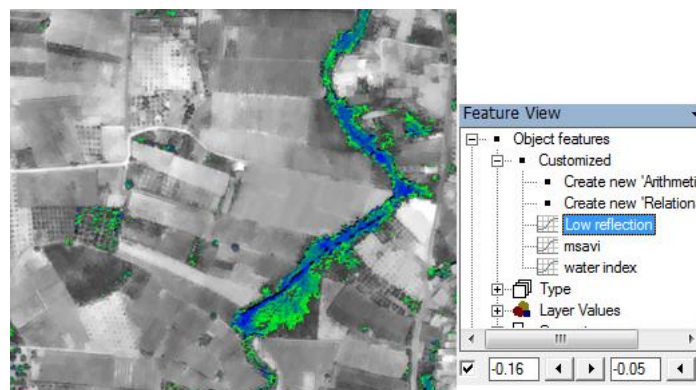


Εικόνα 3-64: Παράδειγμα σωστής ταξινόμησης της σκιάς με το χαρακτηριστικό brightness

Ταυτόχρονα, όμως, εμφανίζονται και πολλά παραπάνω πολύγωνα από όσα θα έπρεπε σαν σκιές. Έτσι, έγινε μια δεύτερη δοκιμή με κριτήριο ένα δείκτη «Χαμηλής ανακλαστικότητας» (Low reflection) (Παπαγεωργίου, 2007). Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το ίδιο τμήμα της εικόνας που με το κριτήριο Brightness παρουσίαζε πρόβλημα.

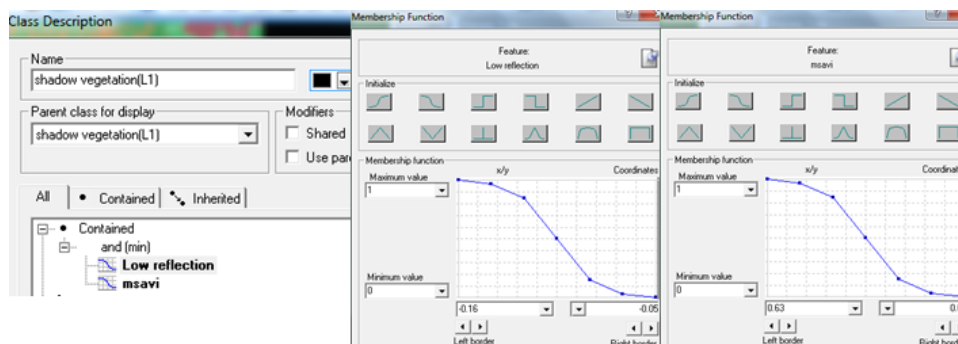


Εικόνα 3-65: Παράδειγμα σκιασμένων επιφανειών με τα δυο κριτήρια. Η μεσαία εικόνα με τη Φωτεινότητα, η δεξιά με το κριτήριο χαμηλής ανακλαστικότητας (σωστότερο αποτέλεσμα)



Εικόνα 3-66: Παράθυρο Feature View για το χαρακτηριστικό Χαμηλής ανακλαστικότητας

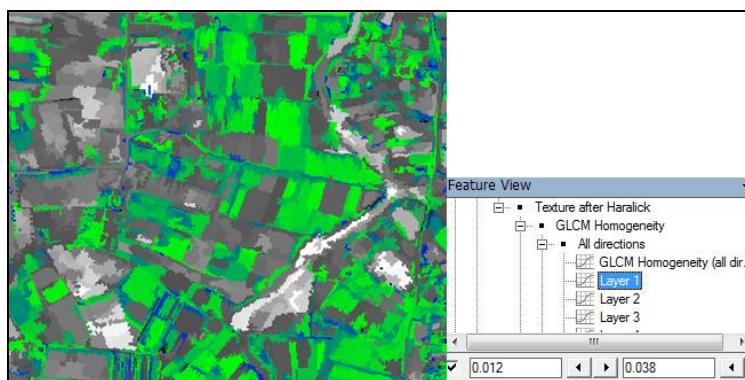
Όπως είναι αναμενόμενο, λόγω της χαμηλής ανακλαστικότητάς της, η πυκνή βλάστηση αναμειγνύεται στην κατηγορία των σκιών της βλάστησης. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την εφαρμογή ενός κατωφλίου για το δείκτη βλάστησης MSAVI.



Εικόνα 3-67: Κανόνες για την αντίγνωση της σιάς

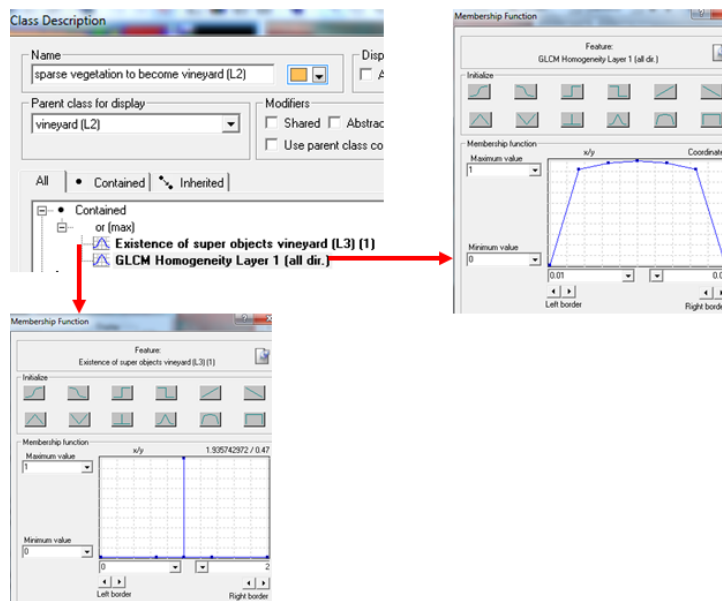
Παρατηρείται ότι η αναθεώρηση των τιμών κατωφλίσωσης κάποιων κανόνων είναι απαραίτητη για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Οι αλλαγές αυτές αφορούν κυρίως στα ποσοστά ύπαρξης υποαντικειμένων δέντρων και στοιχήσεων αμπελιού του επιπέδου 1 στο επίπεδο 3. Οι διαφορές στις φασματικές υπογραφές των αμπελιών και των ελαιώνων έχουν σαν αποτέλεσμα διαφορές στο αποτέλεσμα της κατάτμησης, άρα στα αντικείμενα που σχηματίζονται και αντιπροσωπεύουν τα δέντρα και τα γραμμικά στοιχεία των αμπελιών.

Μια άλλη σημαντική προσθήκη στους κανόνες που απαρτίζουν τις κατηγορίες στη δεύτερη περιοχή μελέτης, είναι και η υφή κατά Haralick. Στην περιοχή, μετά το πέρας της διαδικασίας ταξινόμησης με τους ήδη υπάρχοντες κανόνες από την πρώτη εικόνα, διαπιστώθηκε ότι κάποια αμπέλια δεν ταξινομήθηκαν σωστά και εμφανίζονταν σαν «Αραιή βλάστηση», μαζί με τις αγροναπαύσεις. Για τον περαιτέρω διαχωρισμό των αγροτεμαχίων αυτών, προστέθηκε στην κατηγορία «Αραιή βλάστηση που θα ταξινομηθεί ως Αμπέλι», με αλλαγή του τελεστή από AND σε OR, ο κανόνας υφής κατά Haralick για όλες τις διευθύνσεις στο Layer 1 (εικόνα 3-68). Ο κανόνας αυτός διαχωρίζει τις αγροναπαύσεις από τα αμπέλια, λόγω της διαφοροποίησής τους στην υφή. Τα αγροτεμάχια των αγροναπαύσεων εμφανίζουν τραχεία υφή, ενιαία σε όλο το εμβαδόν τους, ενώ τα αμπέλια έχουν χαρακτηριστικό γραμμικό σχηματισμό με συγκεκριμένο προσανατολισμό.

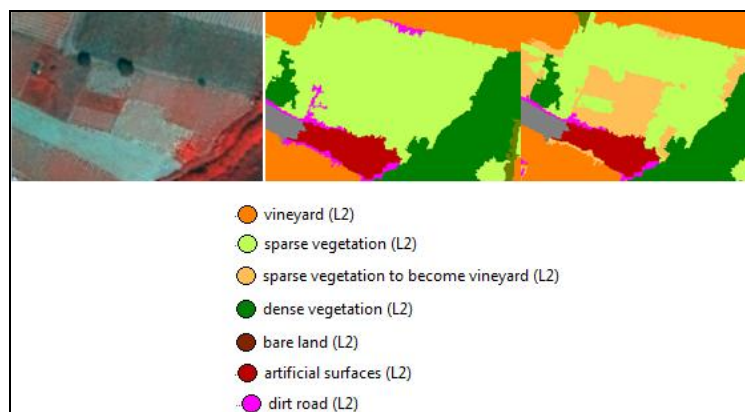


Εικόνα 3-68: Κριτήριο υφής κατά Haralick εφαρμοσμένο στη δεύτερη περιοχή μελέτης

Οι κανόνες της κατηγορίας «Αραιή βλάστηση που θα ταξινομηθεί ως Αμπέλι» διαμορφώνονται όπως φαίνεται στην εικόνα 3-68 και ενδεικτικό παράδειγμα του αποτελέσματος αυτής της αλλαγής αποτελεί η εικόνα 3-69.



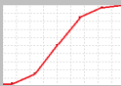

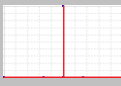

Εικόνα 3-69: Κανόνες της κατηγορίας «Αραιή βλάστηση που θα ταξινομηθεί ως αμπέλι» της 2ης περιοχής μελέτης

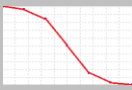






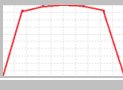

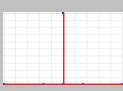
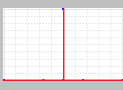

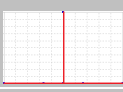
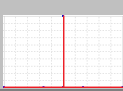


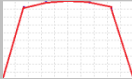
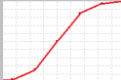


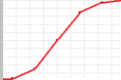
Εικόνα 3-70: Διαχωρισμός αμπελιών και αγραναπαύσεων με το κριτήριο υψής κατά Haralick. Δεξιά η σωστή ταξινόμηση.

Οι αλλαγές που ήταν αναγκαίες να γίνουν στον αλγόριθμο της δεύτερης εικόνας φαίνονται με έντονη γραφή (bold) στον πίνακα 3-4.

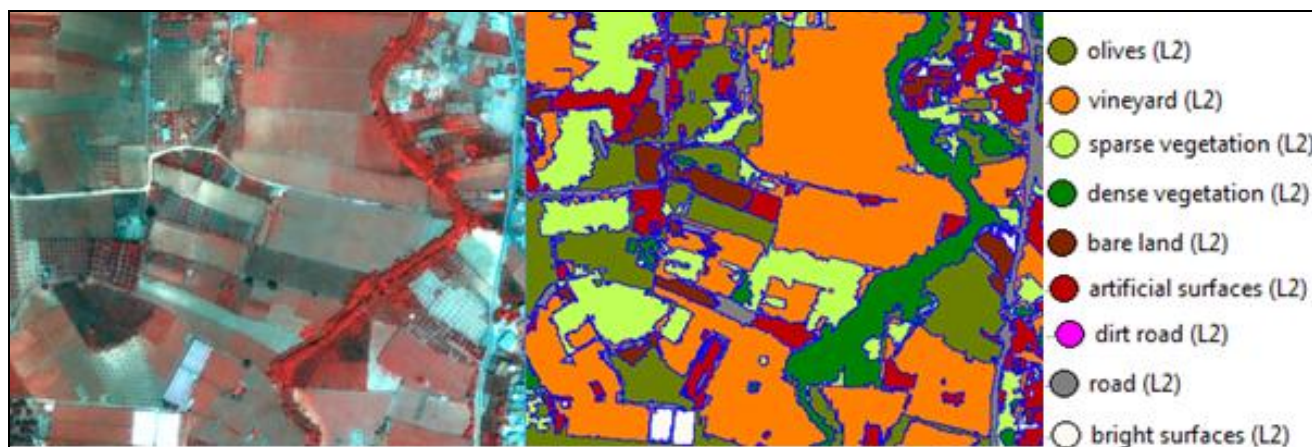
Πίνακας 3-4: Κατηγορίες 2ου και τελικού επιπέδου και οι κανόνες τους για τη 2η περιοχή μελέτης

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"		

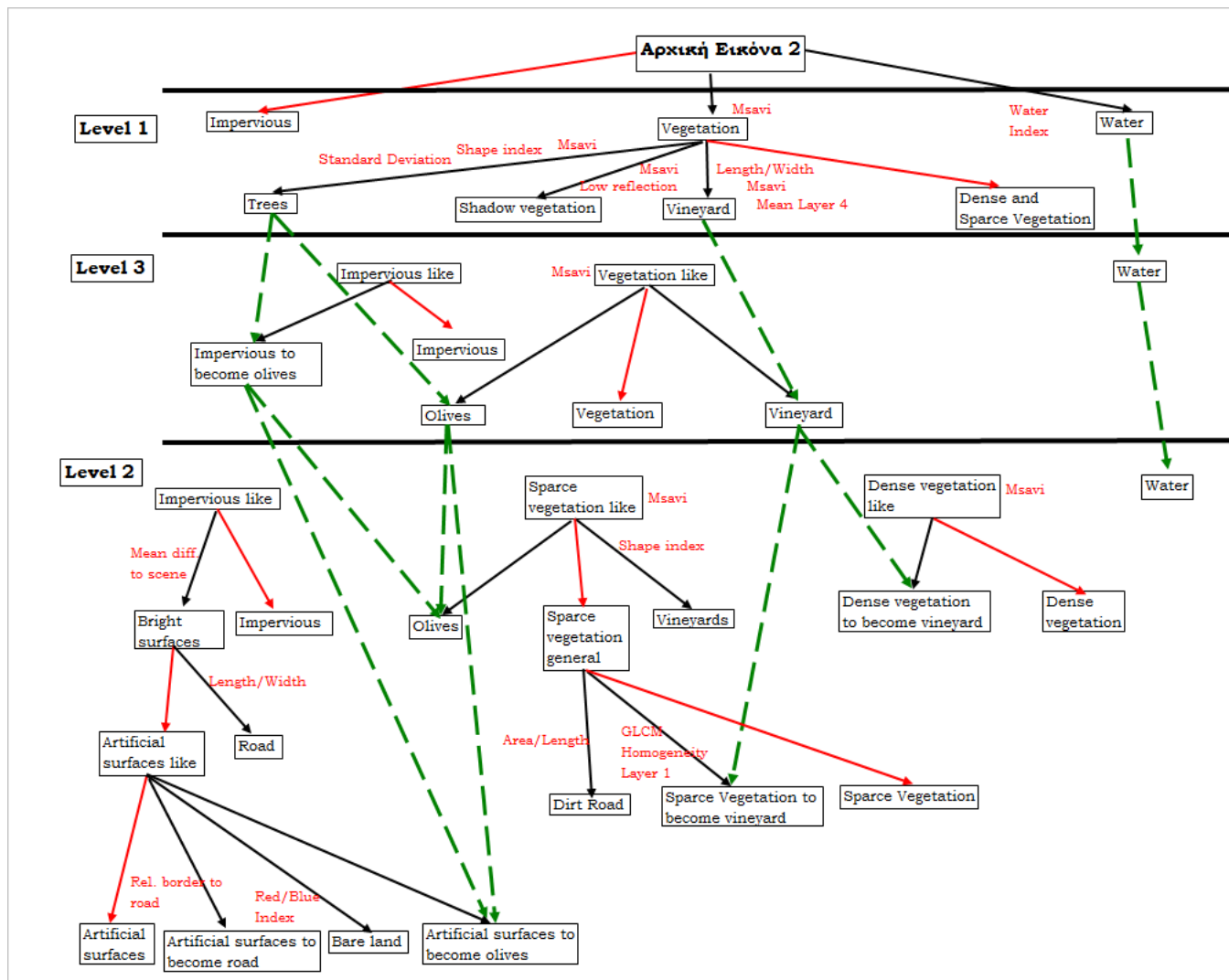
Impervious like(L2)	Msavi		0.35-0.37
	Invert expression "Dense vegetation", "Dense vegetation to become vineyard", "Dirt road", "olives", "Sparse vegetation to become vineyard", "Sparse vegetation", "Water"		
Bright surfaces(L2)	Mean difference to scene Layer 1		200-250
Impervious(L2)	Invert expression "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)"		0.28-0.6
Bare Land(L2)	Red/Blue Index		1.4-1.6
	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)	Msavi		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		2-5
	Invert Expression Relative border to "Artificial surfaces"		0.7-0.9
Sparse vegetation to become vineyard(L2)	Existence of superobject "Vineyard(L3)" (1)		0-2
	GLCM homogeneity layer 1 (all dir.)		0.01-0.04
Sparse vegetation(L2)	Invert Expression "Dirt road", "Sparse vegetation to become vineyard"		
Water(L2)	Rel. Area of subobjects "Water(L1)" (1)		0-1

Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης της δεύτερης περιοχής μελέτης φαίνονται στην εικόνα 3-71, ενώ κάποια παραδείγματα επιτυχημένων ταξινομήσεων αγροτεμαχίων στην εικόνα 3-72. Το διάγραμμα 3-6 παρουσιάζει ολόκληρη την ιεραρχία των επιπέδων και των κανόνων για τη δεύτερη εικόνα.

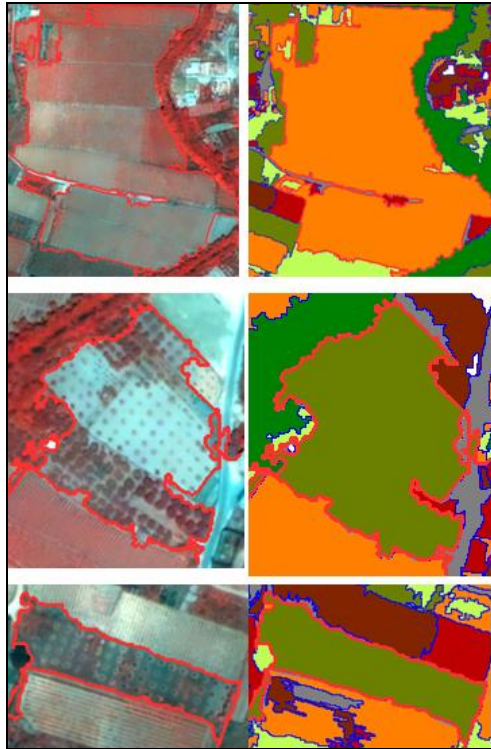


Εικόνα 3-71: Αποτέλεσμα ταξινόμησης της 2ης περιοχής μελέτης, με ενοποιημένα τα πολύγωνα των κατηγοριών.



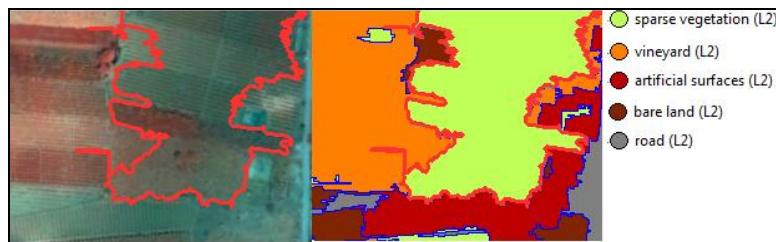
Διάγραμμα 3-6: Ολόκληρη η ακολουθία διεργασιών ταξινόμησης των 3 επιπέδων (Εικόνα 2η)

- Δήλωση υποκατηγορίας
- Προβολή κατηγορίας (Rel. Area of)
- Κατηγορία χωρίς κανόνες, ένταξη αντικειμένων που δεν ανήκουν στις άλλες κατηγορίες

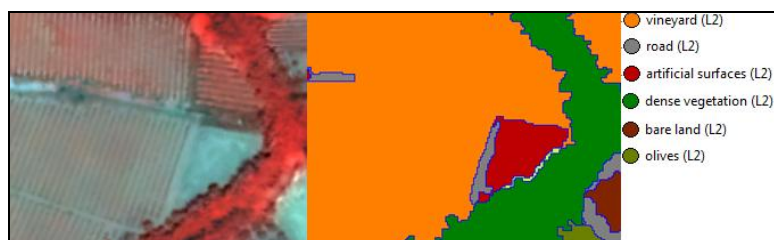


Εικόνα 3-72: Σωστά ταξινομημένα αγροτεμάχια ελαιώνων και αμπελώνων

Τα περισσότερα προβλήματα εντοπίζονται στην ταξινόμηση των δρόμων, όπου βρίσκονται πολύ κοντά στη βλάστηση και σε κάποιες περιπτώσεις δε διαχωρίζονται σωστά από αυτήν (εικόνα 3-74). Οι ελαιώνες ταξινομούνται σωστά, όπως και οι αγραναπαύσεις. Τα αμπέλια ταξινομούνται αρκετά ικανοποιητικά, με κάποιες προβληματικές περιοχές λόγω διαφορών στις φασματικές υπογραφές. Στην εικόνα 3-73 τα αμπέλια διακρίνονται σε αυτά με το έντονο κόκκινο χρώμα και σε εκείνα με το γκρι χρώμα που μοιάζουν φασματικά με αδιαπέρατα υλικά ή με περιοχή αραιής βλάστησης. Έτσι, η ταξινόμησή τους είναι λανθασμένη.

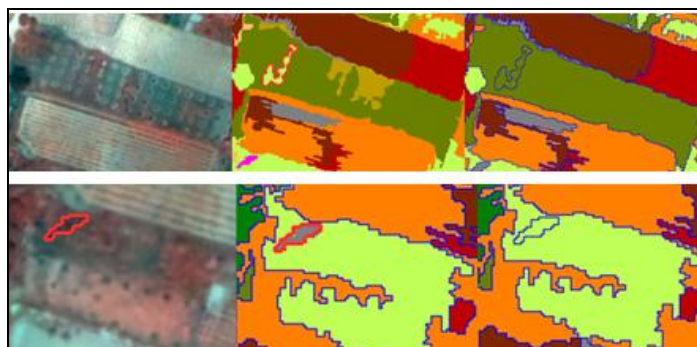


Εικόνα 3-73: Παράδειγμα λανθασμένης ταξινόμησης αμπελιού στη 2η περιοχή μελέτης



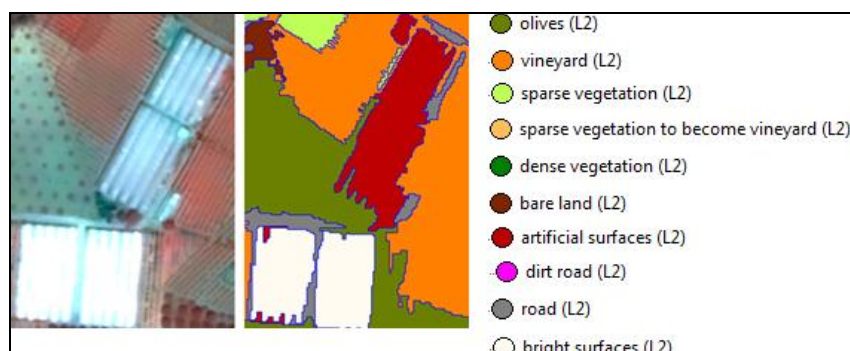
Εικόνα 3-74: Παράδειγμα λανθασμένης ταξινόμησης δρόμου που διασχίζει καλλιέργεια αμπελιού

Οι αλγόριθμοι ανακατασκευής σχήματος «Διαγραφή αντικειμένων» και «Αντικείμενα που περικλείονται από άλλη κατηγορία» αποτελούν το τελικό στάδιο για την ολοκλήρωση της επεξεργασίας της δεύτερης εικόνας.



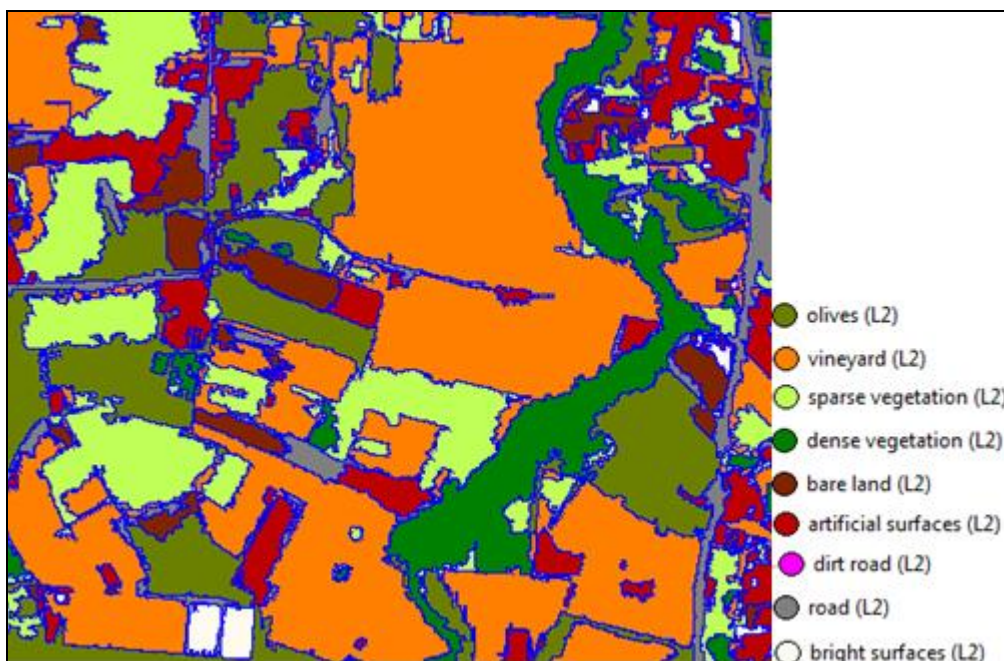
Εικόνα 3-75: Εφαρμογές αλγόριθμου Find enclosed by class

Στην περιοχή υπάρχουν και δυο εγκαταστάσεις θερμοκηπίων οι οποίες ταξινομούνται σε διαφορετικές κατηγορίες, λόγω της διαφοράς υλικού οροφής. Το ένα ταξινομείται στις «Φωτεινές επιφάνειες» και το δεύτερο στις «Τεχνητές επιφάνειες» (εικόνα 3-76).



Εικόνα 3-76: Ταξινόμηση θερμοκηπίων

Το τελικό αποτέλεσμα της επεξεργασίας της δεύτερης δορυφορικής εικόνας παρουσιάζεται στην εικόνα 3-77.



Εικόνα 3-77: Τελικό αποτέλεσμα επεξεργασίας 2ης περιοχής μελέτης

3.6.2. Συμπεράσματα εφαρμογής ακολουθίας διεργασιών στη δεύτερη εικόνα

Οι καλλιέργειες στον πραγματικό κόσμο, ακόμη και του ίδιου είδους, ποτέ δεν είναι πανομοιότυπες. Μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους σε πολλά σημεία. Από την ηλικία και το μέγεθος των φυτών μέχρι την υγρασία και την κάλυξη του εδάφους. Ακόμη και κάποια φυτά της καλλιέργειας να έχουν προσβληθεί από ασθένεια, αυτό έχει επίπτωση στη φασματική τους υπογραφή η οποία θα διαφέρει από αυτή των «υγιών» φυτών. Έτσι, κάποιες αλλαγές στις τιμές των παραμέτρων των κανόνων του αλγόριθμου είναι αναμενόμενες και αναγκαίες για τη σωστή ταξινόμηση των καλλιεργειών.

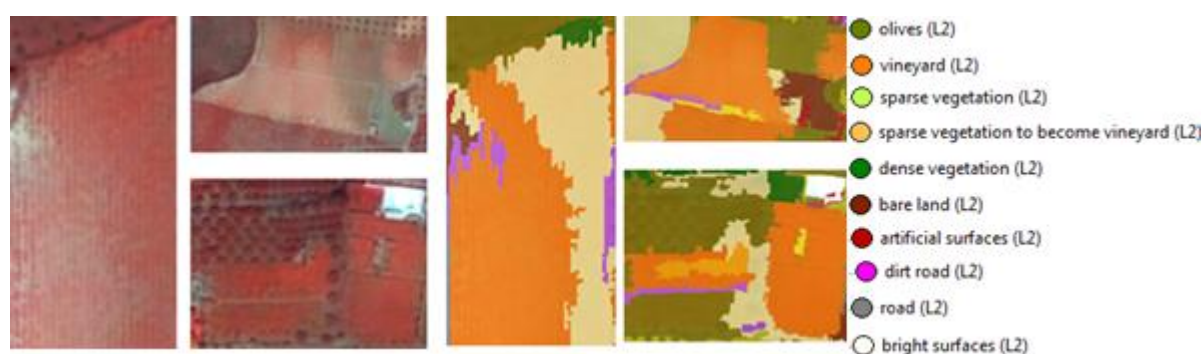
Η πιο σημαντική προσθήκη στους κανόνες του δεύτερου αλγόριθμου είναι ο κανόνας υψής κατά Haralick, ο οποίος μπορεί να εφαρμοστεί σε εικόνες όπου τα γραμμικά στοιχεία των αμπελιών δεν ανιχνεύονται στην κατάτμηση του 1^{ου} επιπέδου. Τα αμπέλια με μη «εμφανή» γραμμικά στοιχεία (είτε λόγω πυκνής φύτευσης είτε λόγω ασθενειών όπως προαναφέρθηκε) ταξινομούνται αρχικά στην κατηγορία «Αραιή βλάστηση». Η διαφοροποίηση επιτυγχάνεται με το κριτήριο υψής, τη μόνη ουσιαστική διαφορά των αμπελιών με τις αγραναπαύσεις.

Το κριτήριο για τον εντοπισμό των σκιών δεν είναι τόσο αναγκαίο στην περίπτωση αυτή, λόγω του μικρού αριθμού των ψηλών δέντρων και κτιρίων, αλλά θεωρήθηκε ότι θα είναι χρήσιμο να εξετασθεί και να εφαρμοστεί ώστε να αποτελέσει υπόδειγμα άλλης μελέτης εικόνας με περισσότερες σκιές.

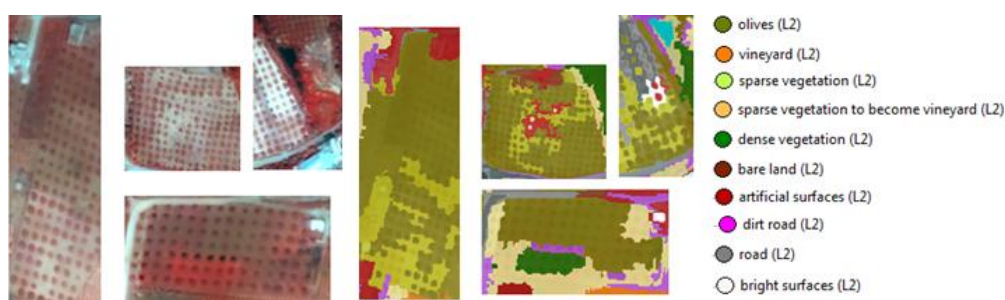
4 Αξιολόγηση

Καμία επιστημονική μελέτη και διεργασία δεν έχει αξία αν δεν γίνει η διαδικασία της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων ώστε να κριθούν, με όσο πιο αντικειμενικό τρόπο γίνεται, τα τελικά παράγωγα. Μέσα από την αξιολόγηση βγαίνουν χρήσιμα συμπεράσματα για την ορθότητα της μελέτης, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν αφορμή για περαιτέρω ενασχόληση με τον τομέα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνων προς την κατεύθυνση της βελτιστοποίησης της ταξινόμησης των αγροτικών και εκμεταλλεύσιμων εκτάσεων.

Τα αγροτεμάχια ελαιώνων και αμπελώνων που παρουσίαζαν διαφορές στις φασματικές τους υπογραφές ταξινομούνται με μερική επιτυχία. Με οπτική εποπτεία του αποτελέσματος της ταξινόμησης, οι ελαιώνες ταξινομούνται σωστότερα από τους αμπελώνες (εικόνες 4-1, 4-2).



Εικόνα 4-1: Αποτελέσματα ταξινόμησης αμπελώνων



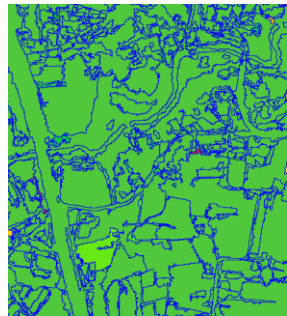
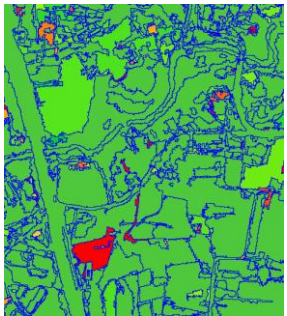
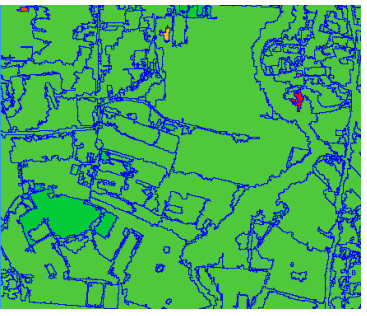
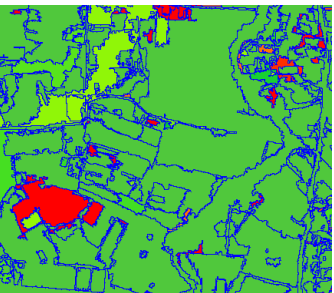
Εικόνα 4-2: Αποτελέσματα ταξινόμησης ελαιώνων

4.1. Βαθμός συμμετοχής / Σταθερότητα ταξινόμησης

Η αξιολόγηση μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους όσον αφορά στο λογισμικό και στις δυνατότητες που προσφέρει στο χρήστη. Ο πρώτος είναι βάσει του βαθμού συμμετοχής. Όπως έχει διατυπωθεί στο εδάφιο 2.5.3, η αντικειμενοστραφής ανάλυση μέσω κανόνων ασαφούς λογικής υπολογίζει για κάθε αντικείμενο τις τιμές που του αντιστοιχούν για όλες τις κατηγορίες που παίρνουν μέρος στην ταξινόμηση. Η κατηγορία με τη μεγαλύτερη τιμή είναι εκείνη στην οποία θα συμπεριληφθεί το αντικείμενο. Όπως είναι λογικό, όσο μεγαλύτερη τιμή έχει για την επικρατούσα κατηγορία το

αντικείμενο, τόσο σωστότερη θεωρείται η ταξινόμησή του. Ο δεύτερος τρόπος είναι η αξιολόγηση βάσει της σταθερότητας της ταξινόμησης. Γίνεται σύγκριση η οποία στηρίζεται στη διαφορά των τιμών που έχει ένα αντικείμενο στις δυο επικρατέστερες υποψήφιες κατηγορίες προς ταξινόμηση. Τα αποτελέσματα και των δυο τρόπων παρουσιάζονται στον πίνακα 4-1. Για το οπτικό αποτέλεσμα των τρόπων αξιολόγησης, αναφέρεται ότι τα αντικείμενα που απεικονίζονται με πράσινο χρώμα είναι αυτά που ταξινομήθηκαν με τη μικρότερη αμφισβήτηση, ενώ αυτά που απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα, ακριβώς το αντίθετο.

Πίνακας 4-1: Τρόποι αξιολόγησης βάσει του λογισμικού E Cognition και τα αποτελέσματά τους.

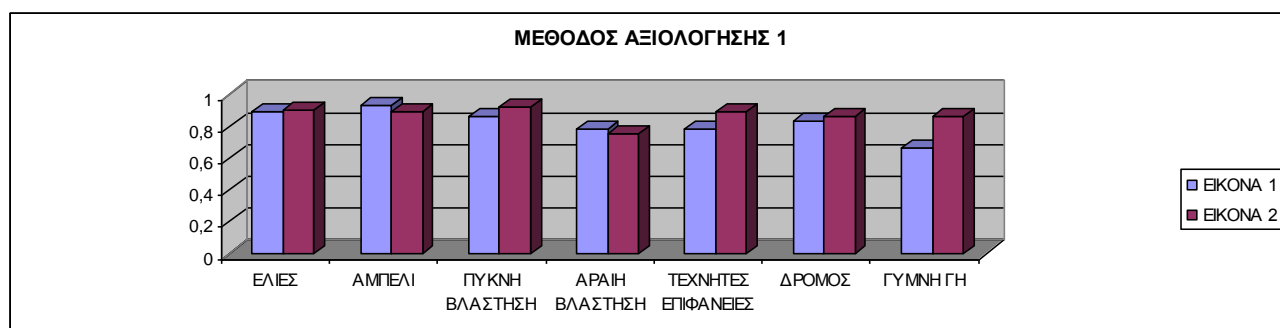
	Best classification result (1 ^η μέθοδος)	Classification stability (2 ^η μέθοδος)																																																																																																																								
Εικόνα 1 ^η	 <p>Best Classification Result</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>olives(L2)</td> <td>31</td> <td>0.8902234</td> <td>0.1608263</td> <td>0.4725662</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>water(L2)</td> <td>9</td> <td>0.9782323</td> <td>0.04169708634</td> <td>0.8684615</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>bright surfaces(L2)</td> <td>43</td> <td>0.861</td> <td>0.163</td> <td>0.5005969</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>road(L2)</td> <td>160</td> <td>0.8385898</td> <td>0.1911441</td> <td>0.1441926</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>vineyard (L2)</td> <td>14</td> <td>0.9328139</td> <td>0.1894080</td> <td>0.2531507</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>sparse vegetation(...)</td> <td>104</td> <td>0.7818770</td> <td>0.2538233</td> <td>0.1124849</td> <td>0.9995067</td> </tr> <tr> <td>dense vegetation [...]</td> <td>46</td> <td>0.8686175</td> <td>0.253</td> <td>0.1173735</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>artificial surfaces (...)</td> <td>83</td> <td>0.7856423</td> <td>0.1695730</td> <td>0.3972285</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>bare land</td> <td>53</td> <td>0.6633677</td> <td>0.1323142</td> <td>0.3976423</td> <td>0.9831561</td> </tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	olives(L2)	31	0.8902234	0.1608263	0.4725662	1	water(L2)	9	0.9782323	0.04169708634	0.8684615	1	bright surfaces(L2)	43	0.861	0.163	0.5005969	1	road(L2)	160	0.8385898	0.1911441	0.1441926	1	vineyard (L2)	14	0.9328139	0.1894080	0.2531507	1	sparse vegetation(...)	104	0.7818770	0.2538233	0.1124849	0.9995067	dense vegetation [...]	46	0.8686175	0.253	0.1173735	1	artificial surfaces (...)	83	0.7856423	0.1695730	0.3972285	1	bare land	53	0.6633677	0.1323142	0.3976423	0.9831561	 <p>Classification Stability</p> <table border="1"> <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>olives(L2)</td> <td>31</td> <td>0.8592256</td> <td>0.2322720</td> <td>0.04581940174</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>water(L2)</td> <td>9</td> <td>0.9636169</td> <td>0.08158557933</td> <td>0.737</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>bright surfaces(L2)</td> <td>43</td> <td>0.7298221</td> <td>0.3296802</td> <td>0.001193761826</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>road(L2)</td> <td>160</td> <td>0.7084503</td> <td>0.3553687</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>vineyard (L2)</td> <td>14</td> <td>0.9147318</td> <td>0.2543728</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>sparse vegetation(...)</td> <td>104</td> <td>0.7322003</td> <td>0.3331883</td> <td>0</td> <td>0.9995067</td> </tr> <tr> <td>dense vegetation [...]</td> <td>46</td> <td>0.8686175</td> <td>0.253</td> <td>0.1173735</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>artificial surfaces [...]</td> <td>83</td> <td>0.5966431</td> <td>0.3247711</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>bare land</td> <td>53</td> <td>0.335</td> <td>0.2675654</td> <td>0</td> <td>0.9831561</td> </tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	olives(L2)	31	0.8592256	0.2322720	0.04581940174	1	water(L2)	9	0.9636169	0.08158557933	0.737	1	bright surfaces(L2)	43	0.7298221	0.3296802	0.001193761826	1	road(L2)	160	0.7084503	0.3553687	0	1	vineyard (L2)	14	0.9147318	0.2543728	0	1	sparse vegetation(...)	104	0.7322003	0.3331883	0	0.9995067	dense vegetation [...]	46	0.8686175	0.253	0.1173735	1	artificial surfaces [...]	83	0.5966431	0.3247711	0	1	bare land	53	0.335	0.2675654	0	0.9831561
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
olives(L2)	31	0.8902234	0.1608263	0.4725662	1																																																																																																																					
water(L2)	9	0.9782323	0.04169708634	0.8684615	1																																																																																																																					
bright surfaces(L2)	43	0.861	0.163	0.5005969	1																																																																																																																					
road(L2)	160	0.8385898	0.1911441	0.1441926	1																																																																																																																					
vineyard (L2)	14	0.9328139	0.1894080	0.2531507	1																																																																																																																					
sparse vegetation(...)	104	0.7818770	0.2538233	0.1124849	0.9995067																																																																																																																					
dense vegetation [...]	46	0.8686175	0.253	0.1173735	1																																																																																																																					
artificial surfaces (...)	83	0.7856423	0.1695730	0.3972285	1																																																																																																																					
bare land	53	0.6633677	0.1323142	0.3976423	0.9831561																																																																																																																					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
olives(L2)	31	0.8592256	0.2322720	0.04581940174	1																																																																																																																					
water(L2)	9	0.9636169	0.08158557933	0.737	1																																																																																																																					
bright surfaces(L2)	43	0.7298221	0.3296802	0.001193761826	1																																																																																																																					
road(L2)	160	0.7084503	0.3553687	0	1																																																																																																																					
vineyard (L2)	14	0.9147318	0.2543728	0	1																																																																																																																					
sparse vegetation(...)	104	0.7322003	0.3331883	0	0.9995067																																																																																																																					
dense vegetation [...]	46	0.8686175	0.253	0.1173735	1																																																																																																																					
artificial surfaces [...]	83	0.5966431	0.3247711	0	1																																																																																																																					
bare land	53	0.335	0.2675654	0	0.9831561																																																																																																																					
Εικόνα 2 ^η	 <p>Best Classification Result</p> <table border="1"> <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>dense vegetation (L2)</td> <td>22</td> <td>0.9214407</td> <td>0.2182809</td> <td>0.135</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>bright surfaces (L2)</td> <td>21</td> <td>0.9763639</td> <td>0.05502416405</td> <td>0.7743127</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>road (L2)</td> <td>54</td> <td>0.8663400</td> <td>0.177</td> <td>0.3441044</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>artificial surfaces (L2)</td> <td>55</td> <td>0.8924184</td> <td>0.17</td> <td>0.3415498</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>bare land (L2)</td> <td>32</td> <td>0.8691412</td> <td>0.145</td> <td>0.4654042</td> <td>0.9991190</td> </tr> <tr> <td>olives (L2)</td> <td>19</td> <td>0.906</td> <td>0.147</td> <td>0.4875394</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>vineyard (L2)</td> <td>49</td> <td>0.8995939</td> <td>0.1234899</td> <td>0.4682723</td> <td>0.9973854</td> </tr> <tr> <td>sparse vegetation (L2)</td> <td>49</td> <td>0.7581887</td> <td>0.2598142</td> <td>0.101</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	dense vegetation (L2)	22	0.9214407	0.2182809	0.135	1	bright surfaces (L2)	21	0.9763639	0.05502416405	0.7743127	1	road (L2)	54	0.8663400	0.177	0.3441044	1	artificial surfaces (L2)	55	0.8924184	0.17	0.3415498	1	bare land (L2)	32	0.8691412	0.145	0.4654042	0.9991190	olives (L2)	19	0.906	0.147	0.4875394	1	vineyard (L2)	49	0.8995939	0.1234899	0.4682723	0.9973854	sparse vegetation (L2)	49	0.7581887	0.2598142	0.101	1	 <p>Classification Stability</p> <table border="1"> <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>dense vegetation (L2)</td> <td>22</td> <td>0.9214407</td> <td>0.2182809</td> <td>0.135</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>bright surfaces (L2)</td> <td>21</td> <td>0.959</td> <td>0.1094523</td> <td>0.5486255</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>road (L2)</td> <td>54</td> <td>0.6133161</td> <td>0.4151042</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>artificial surfaces (L2)</td> <td>55</td> <td>0.8282252</td> <td>0.2804534</td> <td>0.04644262791</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>bare land (L2)</td> <td>32</td> <td>0.7684360</td> <td>0.3</td> <td>0</td> <td>0.9991190</td> </tr> <tr> <td>olives (L2)</td> <td>19</td> <td>0.8404713</td> <td>0.299</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>vineyard (L2)</td> <td>49</td> <td>0.664</td> <td>0.387</td> <td>0</td> <td>0.9973854</td> </tr> <tr> <td>sparse vegetation (L2)</td> <td>49</td> <td>0.6341873</td> <td>0.402</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	dense vegetation (L2)	22	0.9214407	0.2182809	0.135	1	bright surfaces (L2)	21	0.959	0.1094523	0.5486255	1	road (L2)	54	0.6133161	0.4151042	0	1	artificial surfaces (L2)	55	0.8282252	0.2804534	0.04644262791	1	bare land (L2)	32	0.7684360	0.3	0	0.9991190	olives (L2)	19	0.8404713	0.299	0	1	vineyard (L2)	49	0.664	0.387	0	0.9973854	sparse vegetation (L2)	49	0.6341873	0.402	0	1												
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
dense vegetation (L2)	22	0.9214407	0.2182809	0.135	1																																																																																																																					
bright surfaces (L2)	21	0.9763639	0.05502416405	0.7743127	1																																																																																																																					
road (L2)	54	0.8663400	0.177	0.3441044	1																																																																																																																					
artificial surfaces (L2)	55	0.8924184	0.17	0.3415498	1																																																																																																																					
bare land (L2)	32	0.8691412	0.145	0.4654042	0.9991190																																																																																																																					
olives (L2)	19	0.906	0.147	0.4875394	1																																																																																																																					
vineyard (L2)	49	0.8995939	0.1234899	0.4682723	0.9973854																																																																																																																					
sparse vegetation (L2)	49	0.7581887	0.2598142	0.101	1																																																																																																																					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
dense vegetation (L2)	22	0.9214407	0.2182809	0.135	1																																																																																																																					
bright surfaces (L2)	21	0.959	0.1094523	0.5486255	1																																																																																																																					
road (L2)	54	0.6133161	0.4151042	0	1																																																																																																																					
artificial surfaces (L2)	55	0.8282252	0.2804534	0.04644262791	1																																																																																																																					
bare land (L2)	32	0.7684360	0.3	0	0.9991190																																																																																																																					
olives (L2)	19	0.8404713	0.299	0	1																																																																																																																					
vineyard (L2)	49	0.664	0.387	0	0.9973854																																																																																																																					
sparse vegetation (L2)	49	0.6341873	0.402	0	1																																																																																																																					

Αναλύοντας τα αποτελέσματα των κατηγοριών ενδιαφέροντος, παρατηρείται ότι με την μέθοδο βάσει των βαθμών συμμετοχής οι αμπελώνες παρουσιάζουν μέσες τιμές στις δυο εικόνες 0.93 στην πρώτη και 0.89 στη δεύτερη, ενώ οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές συμμετοχής αντικειμένων στην κατηγορία 1 και 0.25 για την πρώτη εικόνα και 0.99 και 0.46 για τη δεύτερη. Η ελάχιστη τιμή της πρώτης 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 πρώτη εικόνα η σταθερότητα είναι 0.91 ενώ στη δεύτερη 0.66.

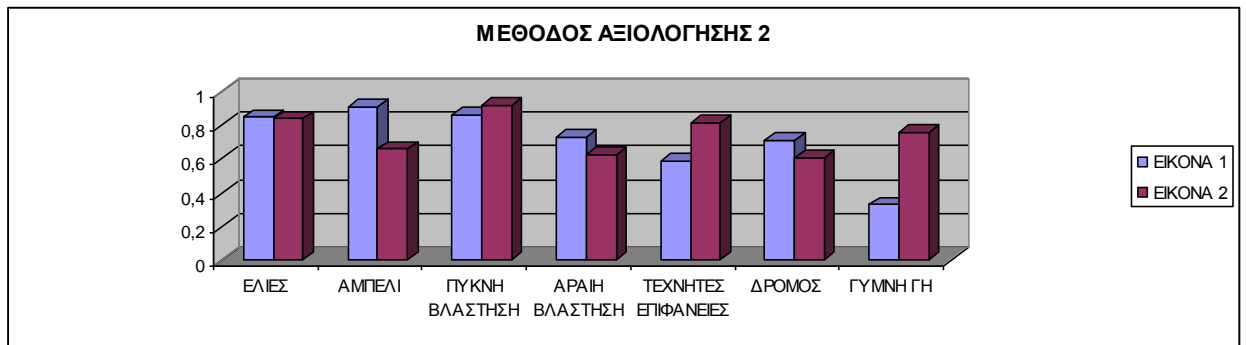
Οι ελαιώνες στην πρώτη μέθοδο παρουσιάζουν μέσες τιμές 0.899 στην 1^η εικόνα και 0.906 στη 2^η, με μέγιστες και ελάχιστες τιμές συμμετοχής στην κατηγορία «Ελιές» 1 και 0.47 αντίστοιχα. Με τη δεύτερη μέθοδο αξιολόγησης η μέση τιμή σταθερότητας για την 1^η εικόνα είναι 0.85 ενώ για τη 2^η 0.84. Σύμφωνα με τις παραπάνω μεθόδους, λοιπόν, η ταξινόμηση των ελαιώνων είναι πιο επιτυχημένη από εκείνη των αμπελώνων.

Επίσης, η αραιή βλάστηση παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα στην πρώτη εικόνα (0.78 μέση τιμή 1^{ης} μεθόδου και 0.75 μέση τιμή σταθερότητας ταξινόμησης). Στη δεύτερη εικόνα η μέση τιμή συμμετοχής των αντικειμένων της κατηγορίας είναι 0.75 ενώ η μέση τιμή σταθερότητας είναι 0.63. Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο, εφόσον φωτοερμηνευτικά είχε διαπιστωθεί ότι κάποια αγροτεμάχια αμπελώνων της 2^{ης} περιοχής μελέτης συγχέονταν με την αραιή βλάστηση. Αυτό ήταν και το κίνητρο για τη χρησιμοποίηση του κανόνα υφής κατά Haralick.

Σε πολλές κατηγορίες οι τιμές είναι οριακές και σε άλλες αρκετά χαμηλές για να θεωρηθεί με ασφάλεια το αποτέλεσμα ικανοποιητικό. Οι κατηγορίες με το πιο αμφισβητούμενο αποτέλεσμα από άποψη σταθερότητας είναι για την 1^η εικόνα το «αστικό» και η «γυμνή γη» και για τη 2^η εικόνα η «αραιή βλάστηση» και οι «αμπελώνες». Το αποτέλεσμα αποδεικνύει πόσο δύσκολα ταξινομείται μια εικόνα στο σύνολό της όταν περιλαμβάνει τόσες κατηγορίες με παρόμοιες φασματικές υπογραφές και πόσο προσεκτικά πρέπει να γίνεται η επιλογή των τιμών κατωφλίωσης όταν οι ισορροπίες είναι τόσο ευμετάβλητες και η διάκριση των κατηγοριών κρίνεται από τις λεπτομέρειες.



Διάγραμμα 4-1: Αποτελέσματα 1ης μεθόδου αξιολόγησης



Διάγραμμα 4-2: Αποτελέσματα 2ης μεθόδου αξιολόγησης

4.2. Αξιολόγηση βάσει δειγμάτων ελέγχου (Πίνακας σύγχυσης)

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. Πιο συγκεκριμένα, ένας πίνακας σύγχυσης προκύπτει από τον καθορισμό ενός αντιπροσωπευτικού υποσυνόλου εικονοστοιχείων ή πολυγώνων, που συχνά ονομάζονται *περιοχές ελέγχου*, ενώ διαφέρουν από τις *περιοχές εκπαίδευσης* και είναι σημαντικά πιο εκτεταμένες από τις τελευταίες. Επίσης, μπορεί να ληφθεί υπόψη η σχετική σημασία της κάθε κατηγορίας για την εκάστοτε εφαρμογή και ο αριθμός των δειγμάτων για κάθε κατηγορία να προσαρμόζεται βάση των παραπάνω, δηλαδή περισσότερα δείγματα θα λαμβάνονται για τις σημαντικές κατηγορίες.

Πρωταρχικό στάδιο είναι η δημιουργία ενός TTA Mask. Η «μάσκα» αυτή δημιουργείται με την υπόδειξη δειγμάτων για κάθε προβαλλόμενη τελική κατηγορία. Τα δείγματα ελέγχου επιλέγονται από το τελικό επίπεδο προβολής όπου όλες οι κατηγορίες έχουν προβληθεί σωστά (εικόνα 4-3).



Εικόνα 4-3: Δείγματα ελέγχου 1ης περιοχής μελέτης

Από το μενού του λογισμικού επιλέγεται ο πίνακας Accuracy Assessment και συγκεκριμένα Error Matrix based on TTA mask (εικόνα 4-4), ο οποίος αναφέρεται πλέον σε εικονοστοιχεία κι όχι σε αντικείμενα.

User \ Reference ...	water (L2)	dense v...	olives(L2)	vineyard...	sparc v...	bright su...	road(L2)	artificial ...	bare lan...	Sum
Confusion Matrix										
water (L2)	13610	0	0	0	0	0	0	0	0	13610
dense vegetation(L2)	0	28899	1132	0	430	0	0	0	0	30461
olives(L2)	0	0	68673	3024	2191	0	0	0	0	73888
vineyards(L2)	0	0	0	52741	4698	0	597	0	0	58036
sparc vegetation(L2)	406	984	5921	0	57004	0	1118	1424	2647	69504
bright surfaces(L2)	0	0	0	0	0	5071	0	83	0	5154
road(L2)	0	0	0	0	0	7	23658	1793	1024	26482
artificial surfaces(L2)	161	0	6679	112	939	809	5579	23606	4676	42561
bare land(L2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
unclassified	208	123	855	592	2227	0	697	765	332	5799
Sum	14385	30006	83260	56469	67489	5887	31649	27671	8679	
Accuracy										
Producer	0.9461244	0.9631074	0.8248018	0.934	0.8446413	0.8613895	0.7475118	0.853	0	
User	1	0.9487213	0.9294202	0.9087635	0.8201542	0.9838960	0.8933615	0.5546392	undefined	
Hellden	0.9723165	0.9658602	0.874	0.9211999	0.8322177	0.9185762	0.814	0.6722292	0	
Short	0.9461244	0.9154524	0.7761854	0.854	0.7126480	0.8494137	0.6862762	0.5062840	0	
KIA Per Class	0.9437734	0.9592984	0.7733524	0.9196561	0.8024600	0.8591594	0.7251502	0.831	0	
Totals										
Overall Accuracy	0.8395275									
KIA	0.8082625									

Εικόνα 4-4: Πίνακας σύγχυσης κατηγοριών 1ης περιοχής μελέτης

Τα τμήματα που επιλέχτηκαν 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.

Τα *σφάλματα αποκλεισμού* αφορούν στις ακρίβειες του παραγωγού (Producer) οι οποίες είναι ενδεικτικές του πόσο καλά ταξινομούνται τα τμήματα του δείγματος ελέγχου της δεδομένης κατηγορίας.

Συγκεκριμένα, 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).

Συνοψίζοντας, τα σφάλματα αποκλεισμού κάθε κατηγορίας είναι:

Πίνακας 4-2: Σφάλματα αποκλεισμού κατηγοριών 1ης περιοχής μελέτης

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΣΦΑΛΜΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ
Νερό	0.946
Πυκνή βλάστηση	0.963
Ελιές	0.824
Αμπέλια	0.93
Αραιή βλάστηση	0.84
Φωτεινές επιφάνειες	0.86
Δρόμος	0.74
Τεχνητές επιφάνειες	0.85
Γυμνή γη	0

Τα *σφάλματα συμπερίληψης* (User) αφορούν στις ακρίβειες ταξινόμησης του χρήστη, που προκύπτει από την διαίρεση του πλήθους των σωστά ταξινομημένων τμημάτων κάθε κατηγορίας (πάνω στη κύρια διαγώνιο), με τον συνολικό αριθμό των τμημάτων που ταξινομήθηκαν στην κατηγορία αυτή (σύνολο της γραμμής, Sum).

Στον πίνακα 4-3, λοιπόν, εμφανίζονται τα σφάλματα συμπερίληψης για τις κατηγορίες, τα οποία αναλυτικά είναι :

Πίνακας 4-3: Σφάλματα συμπερίληψης κατηγοριών 1ης περιοχής μελέτης

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΣΦΑΛΜΑ ΣΥΜΠΕΡΙΛΗΨΗΣ
Νερό	1
Πυκνή βλάστηση	0.948
Ελιές	0.929
Αμπέλια	0.908
Αραιή βλάστηση	0.82
Φωτεινές επιφάνειες	0.98
Δρόμος	0.89
Τεχνητές επιφάνειες	0.55
Γυμνή γη	-

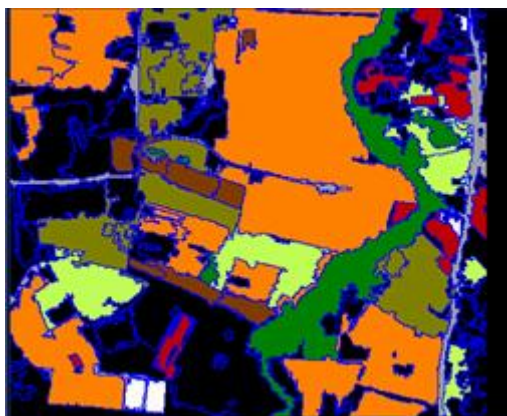
Τέλος, η *συνολική ακρίβεια* της ταξινόμησης της πρώτης περιοχής μελέτης (Overall Accuracy) είναι 0,839 και κρίνεται άκρως ικανοποιητική. Φυσικά, είναι σημαντικό το συνολικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης να είναι καλό, όμως, μεγαλύτερη βαρύτητα πρέπει να δίνεται στις ακρίβειες παραγωγού (Producer) των κατηγοριών ενδιαφέροντος, ανάλογα με το στόχο που τίθεται για την εκάστοτε μελέτη.

Ο δείκτης KIA (Kappa index of agreement) (Rosenfield and Fitzpatrick-Lins 1986, Congalton 1991, Silva 1999) υπολογίζεται ως το κλάσμα της συμφωνίας αφού αφαιρεθεί η τυχαία συμφωνία.

$$KIA = \frac{P(A) - P(E)}{1 - P(E)}$$

Όπου P(A) είναι η αναλογική συμφωνία μεταξύ των εικονοστοιχείων και ο όρος P(E) αναφέρεται στην αναλογική συμφωνία που είναι τυχαία. Οι τιμές του δείκτη αυτού κυμαίνονται από το 0 έως το 1, με το 1 να είναι η μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια (Silva et al. 2000). Ο δείκτης KIA στη μελέτη αυτή υπολογίζεται 0.808.

Όσον αφορά στη δεύτερη περιοχή μελέτης, ακολουθήθηκε ακριβώς η ίδια διαδικασία επιλογής περιοχών ελέγχου από το μεσαίο επίπεδο, το επίπεδο προβολής όλων των κατηγοριών (εικόνα 4-5).



Εικόνα 4-5: Περιοχές ελέγχου 2ης εικόνας

Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης φαίνονται στον πίνακα σύγχυσης (εικόνα 4-6) και αναλυτικά τα σφάλματα συμπερίληψης και αποκλεισμού στους πίνακες 4-4 και 4-5.

User \ Reference ...	dense v...	olives(L2)	vineyard...	sparce v...	bright su...	road(L2)	artificial ...	bare lan...	Sum
Confusion Matrix									
dense vegetation(L2)	51166	1588	0	0	0	0	0	0	52754
olives(L2)	0	60920	0	3788	0	0	882	722	66312
vineyards(L2)	667	0	203099	8615	0	0	0	0	212381
sparce vegetation(L2)	0	0	17325	34360	0	0	219	0	51904
bright surfaces(L2)	0	0	0	0	5167	0	0	0	5167
road(L2)	0	0	2152	0	0	19593	549	5239	27533
artificial surfaces(L2)	0	2412	919	0	2144	990	14308	5387	26160
bare land(L2)	0	5424	1316	0	288	454	6150	8320	21952
unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	51833	70344	224811	46763	7599	21037	22108	19668	
Accuracy									
Producer	0.9871318	0.866	0.9034211	0.7347689	0.68	0.9313590	0.6471865	0.423	
User	0.9698980	0.9186874	0.9562955	0.662	1	0.7116188	0.547	0.379	
Heiden	0.9784390	0.8915818	0.9291067	0.6964841	0.8094940	0.8067943	0.5928566	0.3998078	
Short	0.9577881	0.8043731	0.8675996	0.5343120	0.68	0.6761570	0.4213192	0.2498498	
KIA Per Class	0.9854817	0.8437003	0.822	0.7013760	0.6763551	0.927	0.6261145	0.3943801	
Totals									
Overall Accuracy	0.8551586								
KIA	0.8002797								

Εικόνα 4-6: Πίνακας σύγχυσης 2ης περιοχής μελέτης

Πίνακας 4-4: Σφάλματα αποκλεισμού κατηγοριών 2ης περιοχής μελέτης

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΣΦΑΛΜΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ
Νερό	0
Πυκνή βλάστηση	0.987
Ελιές	0.866
Αμπέλια	0.903
Αραιή βλάστηση	0.734
Φωτεινές επιφάνειες	0.68
Δρόμος	0.93
Τεχνητές επιφάνειες	0.647
Γυμνή γη	0.423

Πίνακας 4-5: Σφάλματα συμπερίληψης κατηγοριών 2ης περιοχής μελέτης

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΣΦΑΛΜΑ ΣΥΜΠΕΡΙΛΗΨΗΣ
Νερό	-
Πυκνή βλάστηση	0.969
Ελιές	0.918
Αμπέλια	0.956
Αραιή βλάστηση	0.662
Φωτεινές επιφάνειες	1
Δρόμος	0.711
Τεχνητές επιφάνειες	0.547
Γυμνή γη	0.379

Η συνολική ακρίβεια της ταξινόμησης είναι 0.855 και ο δείκτης ΚΙΑ έχει τιμή 0.800.

Τα αποτελέσματα ταξινόμησης των κατηγοριών ενδιαφέροντος είναι ικανοποιητικά και στις δυο εικόνες και, μάλιστα, αριθμητικά δε διαφέρουν πολύ. Αναλυτικά, οι ελαιώνες δείχνουν να ταξινομούνται σωστότερα στη 2^η εικόνα, ενώ οι αμπελώνες στην 1^η. Αυτή η μικρή διαφορά μπορεί να θεωρηθεί αναμενόμενη, εφόσον η έκταση που καταλαμβάνουν οι κατηγορίες αυτές στις εικόνες διαφέρει. Οι ελαιώνες έχουν μεγαλύτερη έκταση στην 1^η εικόνα και μεγαλύτερη διαφοροποίηση ως προς τις περιπτώσεις μεγέθους των δέντρων και φυτοκάλυψης εδάφους. Οι αμπελώνες, από την άλλη, κυριαρχούν ως είδος καλλιέργειας στη 2^η εικόνα. Έτσι, όσο περισσότερα αντικείμενα ταξινομούνται σε κάθε περίπτωση, τόσο μεγαλύτερες πιθανότητες έχουν κάποια να ταξινομηθούν λανθασμένα.

Η κατηγορία «Αραιή βλάστηση» παρουσιάζει μεγάλη διαφοροποίηση ως προς τα αποτελέσματα ταξινόμησης στις δυο εικόνες (0.82 στην πρώτη έναντι 0.73 στη δεύτερη). Εξετάζοντας τον πίνακα σύγχυσης της δεύτερης εικόνας φαίνεται ότι κάποια αντικείμενα της κατηγορίας αυτής περιλαμβάνονται λανθασμένα στα «Αμπέλια». Η δυσκολία διαχωρισμού των δυο κατηγοριών ήταν γνωστή από το αρχικό στάδιο της φωτοερμηνείας της περιοχής. Για αυτό το λόγο έγινε χρήση του χαρακτηριστικού υψής κατά Haralick. Όπως φαίνεται, αυτή η προσθήκη στους κανόνες της 2^{ης} εικόνας ήταν σωστή γιατί τα αμπέλια ταξινομήθηκαν σωστότερα, όμως, η ταξινόμηση της αραιής βλάστησης επηρεάστηκε αρνητικά.

Η ταξινόμηση των κατηγοριών «Τεχνητές επιφάνειες», «Γυμνή γη» και «Δρόμοι» είναι αποδεκτή για την 1^η εικόνα, όχι όμως και για τη 2^η, και πολύ λιγότερο ικανοποιητική από αυτή των κατηγοριών βλάστησης / καλλιεργειών. Δηλαδή, τα αντικείμενα που ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες σε πολλές περιπτώσεις συγχέονται μεταξύ τους. Η αιτία που οδήγησε στο αποτέλεσμα αυτό είναι η εμβάθυνση της μελέτης στις κατηγορίες χρήσης/κάλυψης γης που σχετίζονται με επιλέξιμες εκτάσεις για τις Ευρωπαϊκές επιδοτήσεις, κι όχι σε όλες τις κατηγορίες που συναντώνται σε μια αγροτική περιοχή. Ο στόχος, δηλαδή της διπλωματικής εργασίας επετεύχθη, αλλά για επόμενες μελέτες θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και αυτή η παράμετρος και, ίσως, να πρέπει να χωριστούν περαιτέρω οι υπόλοιπες κατηγορίες αδιαπέρατων υλικών.

5 Συμπεράσματα

Η ταξινόμηση μιας δορυφορικής εικόνας γίνεται δυσκολότερη όσο οι κατηγορίες που ενυπάρχουν σε αυτή πληθαίνουν, γιατί οι ισορροπίες είναι πιο ευαίσθητες και κάθε αντικείμενο πρέπει να «φιλτράρεται» από πολλούς κανόνες και όρια κατωφλίωσης για να ενταχθεί στην τελική κατηγορία στην οποία θα ανήκει. Ο στόχος της αλληλουχίας κανόνων που δημιουργήθηκε στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι η ανάδειξη των επιλέξιμων αγροτικών περιοχών βάσει των οποίων θα γίνονται οι πληρωμές των αγροτών και κτηνοτρόφων από τον ΟΠΕΚΕΠΕ.

Οι τελικές κατηγορίες της ταξινόμησης, όμως, δεν μπορεί να είναι αυστηρά και μόνο οι επιλέξιμες εκτάσεις, γιατί είναι σημαντικός ο προσδιορισμός όλων των κατηγοριών χρήσης/κάλυψης γης της περιοχής μελέτης για δυο λόγους. Πρώτον, η σωστή ταξινόμηση των κατηγοριών που δεν αφορούν άμεσα τις επιδοτήσεις είναι απαραίτητη για τον αποκλεισμό τους από τις επιλέξιμες εκτάσεις. Δεύτερον, θα μπορούν μελλοντικοί τηλεπισκοπικοί έλεγχοι να βασίζονται στο παραχθέν προϊόν αυτής τη μελέτης, στα ίδια δηλαδή αντικείμενα, γλιτώνοντας σημαντικό χρόνο. Οι επιδοτήσεις είναι ετήσιες, αλλά οι χρήσεις γης μπορεί να μεταβάλλονται. Ένα αγροτεμάχιο που στην παρούσα μελέτη είναι υπό αγρανάπαυση και δεν επιδοτείται, μπορεί στον επόμενο έλεγχο να καλλιεργείται και να είναι επιλέξιμη έκταση.

Οι κατηγορίες που ανιχνεύτηκαν με επιτυχία είναι οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις ελαιώνων και αμπελώνων της περιοχής. Στη εφαρμογή της αλληλουχίας των κανόνων στη δεύτερη εικόνα μελέτης, χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία ο κανόνας υψής κατά Haralick, ένα χαρακτηριστικό που εμπεριέχεται στη νέα έκδοση του λογισμικού E Cognition και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματικός κανόνας για τον επιτυχή διαχωρισμό των αμπελιών ή των αρόσιμων εκτάσεων από τις αγραναπαύσεις. Επίσης, έγινε εφαρμογή ενός δείκτη «Χαμηλής ανακλαστικότητας», περισσότερο για να αποτελέσει παράδειγμα για επόμενες μελέτες κι όχι γιατί ήταν απαραίτητο για τη δεύτερη εικόνα, μιας και οι σκιές που παρουσιάζονται είναι ελάχιστες.

Οι ελαιώνες και οι αμπελώνες ταξινομούνται ικανοποιητικά στις περισσότερες περιπτώσεις. Οι δυσκολίες συναντώνται όταν τα αγροτεμάχια παρουσιάζουν διαφορές στις φασματικές τους υπογραφές, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε πληθώρα παραγόντων που δεν είναι δυνατό να προβλεφθούν και να κατηγοριοποιηθούν σε κανόνες. Τέτοιοι παράγοντες είναι η υγρασία του εδάφους (όπου ακόμη κι αν το χωράφι δεν είναι ομοιόμορφα ποτισμένο έχει επίπτωση), η ύπαρξη ασθενειών σε φυτά κάποιου τμήματος του χωραφιού, η ηλικία των φυτών (χωράφι με ενήλικα δέντρα και νεαρά δεντρύλλια) και, τέλος, η διαφορετική φυτοκάλυψη του εδάφους ανάμεσα στις καλλιέργειες.

Η ταξινόμηση των χωματόδρομων δε θεωρείται ιδιαίτερα ικανοποιητική λόγω της κοντινής φασματικής τους υπογραφής με την

αραιή βλάστηση κι επειδή στην κατάτμηση δόθηκε έμφαση στο συμπαγές του σχήματος (για να κατατμηθούν σωστά τα αγροτεμάχια) κι έτσι κάποιοι δεν ανιχνεύθηκαν. Το γεγονός αυτό δεν επηρεάζει άμεσα την ακρίβεια ανίχνευσης των κατηγοριών ενδιαφέροντος (ελαιώνες, αμπελώνες) γιατί οι χωματόδρομοι που δεν ταξινομούνται σωστά, εντάσσονται στην κατηγορία αραιής βλάστησης. Σε άλλη μελέτη, όμως, θα πρέπει να διερευνηθεί αν όντως το πρόβλημα αυτό δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα των επιλέξιμων εκτάσεων.

Οι επιλέξιμες χρήσεις/καλύψεις γης που δεν έγινε εφικτό να κατηγοριοποιηθούν σαν ξεχωριστές κατηγορίες είναι οι βοσκότοποι και τα θερμοκήπια. Οι βοσκότοποι δεν αποτελούν ξεχωριστή κατηγορία κάλυψης γης, ενυπάρχουν στην αραιή βλάστηση και δεν βρέθηκαν κανόνες που να τους εντάσσουν σε ξεχωριστή κατηγορία. Τα θερμοκήπια και αυτά, φασματικά ανήκουν είτε στα τεχνητά υλικά είτε στις φωτεινές επιφάνειες, ανάλογα με το υλικό κατασκευής της οροφής τους. Οποιαδήποτε προσπάθεια κατηγοριοποίησής τους θα ήταν εσφαλμένη γιατί δεν είναι σπάνια η ύπαρξη οικήματος άλλης χρήσης (κατοικία, αποθήκη) ανάμεσα σε καλλιέργειες, οπότε δεν μπορεί να βγει ασφαλές συμπέρασμα ότι κάθε αντικείμενο κατηγορίας τεχνητών υλικών που βρίσκεται σε αγροτεμάχιο είναι θερμοκήπιο.

Συμπεράσματα για τη νέα έκδοση του λογισμικού

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της νέας έκδοσης σε σχέση με της παλαιότερες, είναι η δυνατότητα ομαδοποίησης των διαδικασιών στο παράθυρο του «Δέντρου διεργασιών». Ο χρήστης μπορεί να ομαδοποιεί τα βήματα της μελέτης με βάση τα επίπεδα, τη σειρά εφαρμογής των αλγορίθμων κ.τ.λ.

Η χρησιμοποίηση των αλγόριθμων ανακατασκευής σχήματος αποτέλεσε σημαντική βοήθεια για την αποφυγή ανάμειξης μη επιλέξιμων κατηγοριών με τις επιλέξιμες αγροτικές εκτάσεις. Πολύ χρήσιμη είναι και η δυνατότητα χρησιμοποίησης κανόνων και κατωφλίων στους αλγόριθμους αυτούς, γιατί έτσι γίνονται πιο αντικειμενικοί.

Ένα μειονέκτημα που πρέπει να έχει υπόψη του κάθε χρήστης είναι ότι η περιπλοκότητα των κανόνων μπορεί να οδηγήσει σε μικροαλλαγές του αποτελέσματος αν η ίδια αλληλουχία κανόνων εφαρμοστεί σε άλλη εικόνα, ακόμη και στην ίδια εικόνα αλλά σε διαφορετικό λογισμικό εγκατεστημένο σε άλλο υπολογιστή. Έτσι, μπορεί να χρειαστεί να εφαρμοστούν κάποιες αλλαγές στις τιμές κατωφλίωσης των κανόνων, ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε εφαρμογής.

6 Προοπτικές

Η αντικεινοστραφής ανάλυση εικόνων είναι η μέθοδος που προσεγγίζει με τα καλύτερα αποτελέσματα προβλήματα εντοπισμού χρήσεων/καλύψεων γης λόγω των απεριόριστων δυνατοτήτων που προσφέρει στη δημιουργία βάσης γνώσης που να εξειδικεύεται ανάλογα με το στόχο της εκάστοτε μελέτης.

Στην περίπτωση του αυτόματου καθορισμού των επιλέξιμων εκτάσεων για την καταβολή επιδοτήσεων, τα αποτελέσματα είναι θετικά αν και υπάρχουν σαφέστατα περιθώρια βελτίωσης. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των κανόνων ασαφούς λογικής, χωρίς τη χρήση δειγμάτων (μέθοδος εγγύτερου γείτονα) ώστε να βγει το αποτέλεσμα με όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικά κριτήρια.

Η μελέτη, όπως έχει αναφερθεί και στο εδάφιο 2.1.3., προήλθε από την ανάγκη βελτίωσης των τεχνικών υλοποίησης του έργου ILOTS 2008 στο οποίο είχε γίνει η όλη διαδικασία χειροκίνητα και με μεγάλο κόστος. Στο έργο αυτό χρησιμοποιήθηκαν και βοηθητικά στοιχεία, όπως ελαιοκομικοί χάρτες και πολύγωνα βοσκοτόπων βάσει των δηλώσεων των αγροτών της προηγούμενης χρονικής περιόδου. Οι χάρτες αυτοί (ειδικά στην περίπτωση των βοσκοτόπων) θα ήταν πολύ χρήσιμοι στο να ελαχιστοποιηθούν τα εσφαλμένα αποτελέσματα της μελέτης αυτής. Η σωστότερη αντιμετώπιση θα ήταν η δημιουργία χαρτών στηριζόμενων σε επιτόπιους ελέγχους. Στο λογισμικό E Cognition υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής θεματικών επιπέδων, και θα μπορούσε να γίνει η κατάτμηση των εικόνων λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα επίπεδα. Επίσης, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και δεδομένα υψομέτρων (Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους) με σκοπό την ένταξη κανόνων βάσει αυτών, όπως π.χ. ότι οι αραιή βλάστηση σε μεγάλο υψόμετρο το πιο πιθανό είναι να αποτελεί βοσκότοπο. Επίσης, μπορεί να ενταχθεί στους κανόνες κατηγοριών καλλιεργειών περιορισμοί υψομέτρου.

Όπως στις περισσότερες εφαρμογές της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης, έτσι και εδώ τα αποτελέσματα μπορούν να συνδυαστούν με Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και δεδομένα Κτηματολογίου. Με την χρησιμοποίηση χαρτών του δικτύου NATURA 2000 καθώς και Ζωνών Ειδικής Προστασίας θα μπορούσαν αμέσως να αποκλειστούν μη επιλέξιμες εκτάσεις επιδοτήσεων. Δεδομένου ότι οι επιδοτήσεις είναι ετήσιες, η ύπαρξη ενός σωστού χάρτη-υπόβαθρου είναι πολύ σημαντική και μπορεί να εξοικονομήσει πολλά χρήματα, αφού θα ελέγχονται οι ήδη υπάρχουσες επιλέξιμες εκτάσεις και θα γίνονται μόνο οι απαραίτητες αλλαγές όπου χρειάζεται.

7 Βιβλιογραφία

Αργιαλάς Δ., 1999. Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση. Διδακτικές Σημειώσεις ΣΑΤΜ, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1999.

Herold M., Liu X., and Clarke K. 2003: «Spatial Metrics and Image Texture for Mapping Urban Land Use», Journal of the American society for photogrammetry and remote sensing.

Delenne C., Rabatel G., Agurto V., Deshayes M. 2010: «Vine plot detection in aerial images using Fourier Analysis», Department of Viticulture and Oenology, Stellenbosch University.

Helmholz P. and Rottensteiner F. 2009: «Automatic verification of agricultural areas using IKONOS satellite images». ISPRS HighResolution Earth Imaging for Geospatial Information Hannover.

Lefebvre A., Corpetti T., Bonnardot V., Qu' enol H., Hubert-Moy L., 2010: «Vineyard identification and characterization based on texture analysis in the Helderberg Basin(South Africa)». Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International.

Blaschke Th., Lang S., Hay G J., 2008: «Object Based Image Analysis. Spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications.» Series: XVII Lecture Notes in Geoinformation and Cartography.

Definiens, 2000 και 2001: eCognition User Guide, Munchen.

Gitas I., Mouflis G., Mitri G., Minakou H., Iliadou S., Tsakalidis S., 2007: «Assessment of the impact of forest fires and marble quarries on the environment of Thasos island». Laboratory of Forest Management and Remote Sensing, Faculty of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki.

Silva A., Franca W., Neto A. 2000: «Managing errors in a geological digital database»

Trias-Sanz, 2010: «Texture Orientation and Period Estimator for Discriminating Between Forests, Orchards, Vineyards, and Tilled Fields»

Lopez F. and Granados, 2009: «Weed detection for site-specific weed management: mapping and real-time approaches». Institute for Sustainable Agriculture / CSIC, Cordoba, Spain.

Blaschke T. and Strobl J. 2001: «What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS».

Διπλωματικές Εργασίες

Sarris A., Maniadakis M., Lazaridou O., Kalogrias V., Bariotakis M., Pirintsos S., 2007: «Studying Land Use Patterns in Crete Island, Greece, Through a Time Sequence of Landsat Images and Mapping Vegetation Patterns».

Λάσπα Β. 2010: «Κόστος παραγωγής και εμπορίας αγροτικών προϊόντων θερμοκηπίου Τρικάλων».

Μιχαηλίδου Ε. 2001: «Χρήση Τηλεπισκοπικών μεθόδων και ανάπτυξη βάσης γνώσης για εφαρμογή στη Γεωργία. Μελέτη περίπτωσης πεδιάδας της Μεσσαράς».

Παπαγεωργίου Μ. 2007: «Χαρτογράφηση Χρήσης και κάλυψης γης αγροτικής περιοχής της Πάφου με μεθόδους και τεχνικές αντικειμενοστραφούς ανάλυσης τηλεπισκοπικών δεδομένων Quickbird».

Δικτυακοί τόποι

Πολιτιστικός σύλλογος Γαζίου-Αμμουδάρας :
(http://www.silogosgaziou.gr/per_gazi.html)

Λογισμικό E Cognition:
Community→ Case studies (www.definiens.com)

Δορυφόρος Quickbird:
Resources→ Documents and tutorials→ Sattelite information
(www.digitalglobe.com)

Δικτυακός τόπος Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε (Οργανισμός πληρωμών και ελέγχου κοινοτικών ενισχύσεων προσανατολισμού και εγγυήσεων):
(<http://www.opekepe.gr/>)

Σελίδα wiki της τηλεπισκόπησης:
Φωτοερμηνευτικά κλειδιά→ Γεωργικές περιοχές
(<http://www.topografoi.com/rs/wiki/>)