

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**
Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ



**NATIONAL TECHNICAL
UNIVERSITY OF ATHENS**
School of Rural & Surveying Engineering
GEONFORMATICS
POST-GRADUATE PROGRAMME

Αυτόματη Αναγνώριση Χώρων Καταφυγής με Αντικειμενοστραφή Ανάλυση Εικόνων

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Αικατερίνη Φαρμακάκη

Επιβλέπων Καθηγητής: Αργιαλάς Δημήτριος
Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2015



Αυτόματη Αναγνώριση Χώρων Καταφυγής με Αντικειμενοστραφή Ανάλυση Εικόνων

Επιμέλεια: Αικατερίνη Φαρμακάκη, Αγρονόμος και
Τοπογράφος Μηχανικός

Επιβλέπων: Δημήτριος Αργιαλάς, Καθηγητής ΕΜΠ

Τριμελή εξεταστική επιτροπή:

.....
Δ. Αργιαλάς
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Β. Καραθανάση
Αναπλ. Καθηγήτρια ΕΜΠ

.....
Κ. Καρατζάλος
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2015

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία μου ανατέθηκε από το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης του Τομέα Τοπογραφίας της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στο πλαίσιο του Διεπιστημονικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Γεωπληροφορική.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Δημήτριο Αργιαλά για την ανάθεση της μεταπτυχιακής εργασίας καθώς επίσης και για την καθοδήγηση και τις συμβουλές που μου προσέφερε στο πλαίσιο της εκπόνησής της.

Επίσης, ευχαριστώ τον Δρ. Πολυχρόνη Κολοκούση για την πολύτιμη και αμέριστη βοήθεια που μου προσέφερε στο πλαίσιο μιας άψογης συνεργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένεια και τους φίλους μου που μου συμπαραστάθηκαν και σε αυτό το εγχείρημά μου.

Περίληψη

«Αυτόματη Αναγνώριση Χώρων Καταφυγής με Αντικειμενοστραφή Ανάλυση Εικόνων»

Η διαχείριση φυσικών καταστροφών όπως οι σεισμοί απαιτούν σχεδιασμό και προγραμματισμό για την αποφυγή τραυματισμών και ανθρώπινων απωλειών. Σημαντικό μέρος του σχεδιασμού είναι η ορθή επιλογή των χώρων καταφυγής του πληθυσμού μετά την εκδήλωση ενός σεισμικού γεγονότος σε περιοχή με πυκνή δόμηση.

Η ανάπτυξη των εφαρμογών της Τηλεπισκόπησης δίνουν τη δυνατότητα χρήσης εικόνων υψηλής ανάλυσης ώστε να προκύψουν τα κατάλληλα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, με τη χρήση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνων επιδιώκεται η δημιουργία μιας βάσης γνώσης με την οποία θα μπορεί να γίνει αυτόματη εξαγωγή των χώρων καταφυγής με τη χρήση των κατάλληλων κανόνων σε οποιαδήποτε αστική περιοχή. Οι κανόνες προσδιορίζονται βάσει των παραγόντων επιλογής των χώρων καταφυγής.

Στην παρούσα μελέτη, επιλέχθηκαν τρεις πυκνά δομημένες πόλεις της Ελλάδας, η Αθήνα, το Ηράκλειο και τα Χανιά. Επίσης, οι δορυφορικές εικόνες που επιλέχθηκαν ήταν από δύο δορυφόρους με διαφορετική χωρική διακριτική ικανότητα. Οι εικόνες των Χανίων και του Ηρακλείου ήταν από τον δορυφόρο Quickbird ενώ της περιοχής των Αθηνών από το δορυφόρο IKONOS.

Οι δορυφορικές εικόνες εισήχθησαν στο περιβάλλον του λογισμικού eCognition για την εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης. Δημιουργήθηκαν αρχικά τα κατάλληλα επίπεδα κατάτμησης για κάθε εικόνα ώστε να γίνει μία σωστή ταξινόμηση των χρήσεων γης για κάθε περιοχή. Στη συνέχεια, σε ένα επίπεδο μεγαλύτερο από εκείνο της τελικής ταξινόμησης των χρήσεων γης της περιοχής γίνεται συνένωση των κατάλληλων περιοχών και η τελική επιλογή των χώρων καταφυγής βάση των κριτηρίων που έχουν τεθεί.

Για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της παραπάνω διαδικασίας χρησιμοποιήθηκαν χάρτες χώρων καταφυγής για τις περιοχές μελέτης που έχουν δημιουργηθεί από την υπηρεσία πολιτικής προστασίας. Τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν στο λογισμικό του eCognition έπειτα από ψηφιοποίηση και προέκυψαν τα ποσοστά ακρίβειας της μεθόδου.

Η συνολική ακρίβεια που προέκυψε ήταν κατά μέσω όρο 55% που κρίνεται ικανοποιητική καθώς δεν μπόρεσε να καταστεί δυνατή η συμπερίληψη να συμπεριληφθεί με μεγάλο σφάλμα συμπερίληψης λόγω της ύπαρξης πολλών περιοχών που δεν είχαν χαρακτηριστεί ως χώροι καταφυγής από τις αρμόδιες αρχές.

Λέξεις κλειδιά: χώροι καταφυγής, αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας, eCognition, IKONOS, Quickbird, βάση γνώσης, ασαφής λογική

Abstract

“Automatic identification of emergency shelters using Object Based Image Analysis”

The management of natural disasters such as earthquakes requires planning and scheduling in order to avoid injuries and human losses. An important part of the design is the right choice emergency shelters of the population after the occurrence of a seismic event in the region with dense layout.

The development of applications of Remote Sensing enables the use of high resolution images in order to obtain the appropriate results. Specifically, the use of object-oriented image analysis seeks to establish a knowledge base to automatically extract emergency shelters using the appropriate criteria in any urban area. These criteria are determined by the selection factors of the emergency shelters.

In this study, three densely built cities in Greece were selected, Athens, Heraklion and Chania. The satellite images of these areas were from two satellites with different spatial resolution. Quickbird images were available for Chania and Heraklion regions and IKONOS images for Athens.

The satellite images were imported in eCognition for the implementation of object-oriented analysis. After creating the segmentation levels for each image and a number of classifications, the last classification took place providing the results of a land use map. The final classification was used to extract emergency shelters based on the land use map created and a combination of criteria for selection of emergency shelters.

Evaluating the classifications results was a necessary step and it was performed using tools integrated in the software. The evaluation was performed by creating confusion matrices and the results indicated overall accuracy of 55% mostly due to regions that were not characterized as emergency shelters by the authorities.

Keywords: emergency shelters, object based image analysis, eCognition, IKONOS, Quickbird, knowledge base, fuzzy logic.

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	5
2.	Ανασκόπηση επιστημονικού πεδίου.....	6
2.1.	Χώροι καταφυγής.....	6
2.2.	Τηλεπισκόπηση	6
2.3.	Δεδομένα Quickbird	8
2.3.1.	Γενικά.....	8
2.3.2.	Τεχνικά χαρακτηριστικά	8
2.4.	Δεδομένα IKONOS	9
2.4.1.	Γενικά.....	9
2.4.2.	Τεχνικά χαρακτηριστικά	10
2.5.	Αντικειμενοστραφής Ανάλυση.....	11
2.6.	Λογισμικό E-cognition	12
2.6.1.	Γενικά.....	12
2.6.2.	Αλγόριθμος πολλαπλής κατάτμησης (multi-resolution segmentation).....	13
2.6.3.	Ιεραρχία αντικειμένων και κλάσεων	15
2.6.4.	Ασαφής λογική	16
2.6.5.	Χαρακτηριστικά γνωρίσματα στο λογισμικό eCognition	17
2.6.6.	Ταξινόμηση.....	19
2.6.7.	Αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	20
3.	Μεθοδολογία	22
3.1.	Δεδομένα.....	22
3.2.	Διαδικασία ανάλυσης.....	22
4.	Υλοποίηση	24
4.1.	Περιοχές μελέτης.....	24
4.2.	Περιοχή μελέτης Ηρακλείου (ΠΜ1)	24
4.2.1.	Φωτοερμηνείο ΠΜ1- εικόνα Quickbird	24
4.2.2.	Κατάτμηση πολλαπλών επιπέδων ΠΜ1	25
4.2.3.	Ταξινόμηση ΠΜ1	30
4.3.	Περιοχή μελέτης Χανίων (ΠΜ2).....	46
4.3.1.	Φωτοερμηνεία εικόνας ΠΜ2	46
4.3.2.	Κατάτμηση πολλαπλών επιπέδων ΠΜ2	47
4.3.3.	Ταξινόμηση ΠΜ2	49

4.4.	Περιοχή μελέτης Αθηνών (ΠΜ3).....	57
4.4.1.	Φωτοερμηνεία εικόνας ΠΜ3 - IKONOS	57
4.4.2.	Κατάτμηση πολλαπλών επιπέδων ΠΜ3	58
4.4.3.	Ταξινόμηση ΠΜ3	60
5.	Αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	75
5.1.	Ψηφιοποίηση χαρτών χώρων καταφυγής σε περιβάλλον GIS	75
5.2.	Έλεγχος αποτελεσμάτων ΠΜ1	76
5.3.	Έλεγχος αποτελεσμάτων ΠΜ3	77
6.	Συμπεράσματα - Προτάσεις.....	79
7.	Βιβλιογραφία	81

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 3.1:	Δορυφόρος Quickbird	8
Εικόνα 3.2:	Δορυφόρος Ikonos	10
Εικόνα 3.3:	Παράθυρο καθορισμού κριτηρίων κατάτμησης.....	15
Εικόνα 3.4:	Ιεραρχικό δίκτυο αντικειμένων	15
Εικόνα 3.5:	Παράθυρο επιλογής χαρακτηριστικών (Feature View)	17
Εικόνα 3.6:	Παράθυρο δημιουργίας αριθμητικών χαρακτηριστικών- Δείκτης βλάστησης (NDVI)	18
Εικόνα 3.7:	Απεικόνιση NDVI με διαβάθμιση του γκρι.....	19
Εικόνα 3.8:	Συναρτήσεις συμμετοχής eCognition.....	20
Εικόνα 5.1:	Περιοχή μελέτης 1-Ηράκλειο (έγχρωμο σύνθετο 4-3-2/ εικόνα Quickbird).....	24
Εικόνα 5.2:	Επίπεδα κατάτμησης ΠΜ1	26
Εικόνα 5.3:	Κατάτμηση 1 ^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1	27
Εικόνα 5.4:	Κατάτμηση 2 ^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1	27
Εικόνα 5.5:	Κατάτμηση 3 ^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1	28
Εικόνα 5.6:	Κατάτμηση 4 ^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1	28
Εικόνα 5.7:	Κατάτμηση 5 ^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1	29
Εικόνα 5.8:	Κατάτμηση 6 ^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1	29
Εικόνα 5.9:	Κατάτμηση 7 ^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1	30
Εικόνα 5.10:	Περιγραφή χαρακτηριστικού NDVI στην κλάση vegetation 1	31
Εικόνα 5.11:	Απεικόνιση δείκτη βλάστησης NDVI και κριτήρια συμμετοχής.....	31
Εικόνα 5.12:	Χαρακτηριστικά κατηγορίας μη βλάστηση (not vegetation 1)	32
Εικόνα 5.13:	Αποτελέσματα ταξινόμησης 1 ^{ου} επιπέδου κατάτμησης, ΠΜ1 –εικόνα Quickbird	32
Εικόνα 5.14:	Χαρακτηριστικά κατηγορίας δρόμων (roads 4) ΠΜ1	33
Εικόνα 5.15:	Απεικόνιση δείκτη ασυμμετρίας και κριτήρια συμμετοχής	33
Εικόνα 5.16:	Χαρακτηριστικά κατηγορίας «άλλο» (other 4)	33
Εικόνα 5.17:	Αποτελέσματα ταξινόμησης 1 ^{ου} επιπέδου, ΠΜ1, εικόνα Quickbird	34

Εικόνα 5.18: Απεικόνιση δείκτη Mean diff. to scene Layer 1 και κριτήρια συμμετοχής.....	34
Εικόνα 5.19: Σφάλματα κριτηρίου Mean diff. to scene layer 1	35
Εικόνα 5.20: Απεικόνιση δείκτη Mean diff. to scene Layer 1 και κριτήρια συμμετοχής.....	35
Εικόνα 5.21: Χαρακτηριστικά κατηγορίας κτιρίων (buildings 2)	36
Εικόνα 5.22: Απεικόνιση δείκτη water index και κριτήρια συμμετοχής.....	36
Εικόνα 5.23: Χαρακτηριστικά κατηγορίας βλάστησης (vegetation 2) – Κριτήρια συμμετοχής vegetation 2.....	37
Εικόνα 5.24: Χαρακτηριστικά κατηγορίας βλάστησης (vegetation 2) – Κριτήρια συμμετοχής vegetation 2.....	37
Εικόνα 5.25: : Χαρακτηριστικά κατηγορίας άλλο (other 2)	38
Εικόνα 5.26 Αποτελέσματα ταξινόμησης 2 ^{ου} επιπέδου, ΠΜ1, εικόνας Quickbird.....	38
Εικόνα 5.27: Χαρακτηριστικά κατηγορίας high std-dev – Κριτήρια συμμετοχής high std-dev ΠΜ1	39
Εικόνα 5.28: Αποτελέσματα ταξινόμησης 7 ^{ου} επιπέδου, ΠΜ1, εικόνας Quickbird.....	39
Εικόνα 5.29: Κριτήρια συμμετοχής κανόνων κατηγορίας flooded vegetation ΠΜ1.....	40
Εικόνα 5.30: Χαρακτηριστικά κατηγορίας flooded vegetation ΠΜ1	40
Εικόνα 5.31: Χαρακτηριστικά κατηγορία έδαφος (soil)- Κριτήρια συμμετοχής λόγου red/blue ΠΜ1	41
Εικόνα 5.32: χαρακτηριστικά κατηγορίας κτιρίων 5 (buildings 5) ΠΜ1	41
Εικόνα 5.33: Κριτήρια συμμετοχής κανόνων κατηγορίας κτίρια 5 ΠΜ1	41
Εικόνα 5.34: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 5 ^{ου} επιπέδου ΠΜ1.....	42
Εικόνα 5.35: Κριτήρια συμμετοχής χώρων καταφυγής ΠΜ1	43
Εικόνα 5.36: Κριτήρια συμμετοχής χώρων καταφυγής (περιοχή νεκροταφείου) ΠΜ1	43
Εικόνα 5.37: Χαρακτηριστικά περιοχών καταφυγής ΠΜ1.....	44
Εικόνα 5.38: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 6 ^{ου} επιπέδου ΠΜ1.....	44
Εικόνα 5.39: Περιοχή μελέτης 2 - Χανιά (έγχρωμο σύνθετο 4-3-2/ εικόνα Quickbird).....	46
Εικόνα 5.40: Επίπεδα κατάτμησης ΠΜ2	48
Εικόνα 5.41: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 1 ^{ου} επιπέδου ΠΜ2.....	50
Εικόνα 5.42: Χαρακτηριστικά κατηγορία δρόμων	50
Εικόνα 5.43: Κριτήρια συμμετοχής κατηγορίας δρόμων ΠΜ2	51
Εικόνα 5.44: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 3 ^{ου} επιπέδου ΠΜ2.....	51
Εικόνα 5.45: Χαρακτηριστικά κατηγορίας σκιά	52
Εικόνα 5.46: Κριτήρια συμμετοχής κατηγορίας σκιά ΠΜ2.....	52
Εικόνα 5.47: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 2 ^{ου} επιπέδου ΠΜ2.....	53
Εικόνα 5.48: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 7 ^{ου} επιπέδου ΠΜ2.....	53
Εικόνα 5.49: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 5 ^{ου} επιπέδου ΠΜ2.....	54
Εικόνα 5.50: Χαρακτηριστικά χώρων καταφυγής ΠΜ2	55
Εικόνα 5.51: Χώροι καταφυγής ΠΜ2	55
Εικόνα 5.52: Περιοχή μελέτης 3 - Αθήνα (έγχρωμο σύνθετο 4-3-2/ εικόνα IKONOS).....	58
Εικόνα 5.53: Αποτελέσματα κατατμήσεων ΠΜ3	60
Εικόνα 5.54: : Κατάτμηση 7 ^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ3	60
Εικόνα 5.55: Απεικόνιση δείκτη βλάστησης NDVI και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3.....	62
Εικόνα 5.56: Αποτελέσματα ταξινόμησης 1 ^{ου} επιπέδου κατάτμησης ΠΜ3	62
Εικόνα 5.57: Περιγραφή χαρακτηριστικών κλάσης ΠΜ3	63
Εικόνα 5.58: Απεικόνιση δείκτη Mean diff. to scene Layer 4 και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3.....	63

Εικόνα 5.59: Αποτελέσματα ταξινόμησης 1 ^{ου} επιπέδου κατάτμησης ΠΜ3	64
Εικόνα 5.60: Περιγραφή χαρακτηριστικών κλάσης ΠΜ3	64
Εικόνα 5.61: Απεικόνιση δείκτη Mean diff. to scene Layer 1 και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3	65
Εικόνα 5.62: Απεικόνιση δείκτη red/green και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3.....	65
Εικόνα 5.63: Περιγραφή χαρακτηριστικών κλάσης σκιά ΠΜ3	66
Εικόνα 5.64: Αποτελέσματα ταξινόμησης 2 ^{ου} επιπέδου.....	66
Εικόνα 5.65: Απεικόνιση δείκτη ryknodomimenei και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3.....	67
Εικόνα 5.66: Αποτελέσματα ταξινόμησης 7 ^{ου} επιπέδου ΠΜ3.....	67
Εικόνα 5.67: Περιγραφή χαρακτηριστικών κλάσης vegetation 6 ΠΜ3	68
Εικόνα 5.68: Αποτελέσματα ταξινόμησης 6 ^{ου} επιπέδου ΠΜ3.....	68
Εικόνα 5.69: Αποτελέσματα ταξινόμησης 8 ^{ου} επιπέδου ΠΜ3.....	69
Εικόνα 5.70: Χαρακτηριστικά κατηγορίας δρόμων (roads 3) και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3	69
Εικόνα 5.71: Χαρακτηριστικά κατηγορίας σκιά (shade 3) και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3	70
Εικόνα 5.72: Χαρακτηριστικά κατηγορίας κτιρίων και βλάστησης ΠΜ3.....	70
Εικόνα 5.73: Χαρακτηριστικά κατηγορίας γυμνό έδαφος και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3....	70
Εικόνα 5.74: Χαρακτηριστικά κατηγορίας other impervious or roads ΠΜ3	71
Εικόνα 5.75: Αποτελέσματα ταξινόμησης 3 ^{ου} επιπέδου ΠΜ3.....	71
Εικόνα 5.76: Κριτήρια συμμετοχής δείκτη κλίσεων ΠΜ3.....	72
Εικόνα 5.77: Χαρακτηριστικά κατηγορίας χώροι καταφυγής ΠΜ3.....	72
Εικόνα 5.78: Αποτελέσματα ταξινόμησης 4 ^{ου} επιπέδου ΠΜ3.....	72
Εικόνα 6.1: Χάρτες χώρων καταφυγής Ηρακλείου, Αθηνών και Χανίων.....	75
Εικόνα 6.2: Μάσκα ελέγχου ΠΜ1	76
Εικόνα 6.3: Μάσκα ελέγχου ΠΜ1	77
Εικόνα 6.4: Πίνακας σύγχυσης ΠΜ3	78

Πίνακας πινάκων

Πίνακας 5.1: Κατηγορίες ταξινόμησης με χαρακτηριστικά, συναρτήσεις συμμετοχής και όρια ασάφειας για τις ταξινομήσεις της ΠΜ1	46
Πίνακας 5.2: Κριτήρια κατατμήσεων ΠΜ2	47
Πίνακας 5.3: Κατηγορίες ταξινόμησης με χαρακτηριστικά, συναρτήσεις συμμετοχής και όρια ασάφειας για τις ταξινομήσεις της ΠΜ2	57
Πίνακας 5.4: Κριτήρια κατατμήσεων ΠΜ3	59
Πίνακας 5.5: Κατηγορίες ταξινόμησης με χαρακτηριστικά, συναρτήσεις συμμετοχής και όρια ασάφειας για τις ταξινομήσεις της ΠΜ3	74
Πίνακας 6.1: Πίνακας σύγχυσης ΠΜ1.....	77

Πίνακας διαγραμμάτων

Διάγραμμα 5.1: Ιεραρχία κατηγοριών ταξινόμησης ΠΜ1	25
Διάγραμμα 5.2: Διάγραμμα ροής ταξινόμησης ΠΜ1 σε εικόνα Quickbird	30
Διάγραμμα 5.3: Ιεραρχία κατηγοριών ταξινόμησης ΠΜ2	47
Διάγραμμα 5.4: Διάγραμμα ροής ταξινόμησης ΠΜ2, εικόνα Quickbird.....	49
Διάγραμμα 5.5: Ιεραρχία κατηγοριών ΠΜ3	58
Διάγραμμα 5.6: Διάγραμμα ροής ταξινόμησης ΠΜ3	61

1. Εισαγωγή

Οι σεισμοί όπως και άλλα βίαια και ξαφνικά φαινόμενα που μπορούν να αποβούν μοιραία και να στοιχίσουν ανθρώπινες ζωές χρήζουν μελέτης τόσο για την δυνατότητα πρόβλεψης όσο και για την άμεση και έγκαιρη αντιμετώπισή τους. Για την αντιμετώπιση σεισμικών φαινομένων απαιτείται από την πολιτεία ο ορθός σχεδιασμός για την ασφαλή διαφυγή του πληθυσμού σε ασφαλής περιοχές.

Ως χώροι καταφυγής προσδιορίζονται ως οι περιοχές όπου ενδείκνυται να καταφύγουν οι κάτοικοι μιας περιοχής αμέσως μετά την εκδήλωση ενός σεισμού. Τέτοιες περιοχές είναι μεγάλοι μη δομημένοι χώροι που μπορούν να φιλοξενήσουν μεγάλο αριθμό ατόμων ενώ εξασφαλίζει την ακεραιότητα των κατοίκων σε περίπτωση εκδήλωσης μετασεισμικών δονήσεων όπως συνήθως συμβαίνει. Για τον καλύτερο προγραμματισμό και σχεδιασμό κάθε αστική περιοχή οφείλει να έχει τους επιλεγμένους χώρους καταφυγής και εν συνεχεία να κοινοποιούνται στους κατοίκους.

Η εξέλιξη στον τομέα της Τηλεπισκόπησης με την χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης, όπως ο δορυφόρος IKONOS και ο δορυφόρος Quickbird, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της αντικειμενοστραφούς ανάλυσής τους μπορεί να προσφέρει καλύτερη ταξινόμηση αστικών και πυκνοδομημένων περιοχών όπως είναι τα αστικά κέντρα των μεγαλουπόλεων.

Επίσης, ο οργανισμός αντισεισμικού σχεδιασμού και προστασίας ορίζει με μεγάλη ακρίβεια τα κριτήρια επιλογής των χώρων καταφυγής, κριτήρια τα οποία μπορούν να δομήσουν τη βάση γνώσης για την εφαρμογή αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνων.

Στόχος της παρούσας μελέτης αποτέλεσε η δημιουργία μιας βάσης γνώσης ώστε με την χρήση εικόνων υψηλής ανάλυσης να γίνεται αυτόματη ανίχνευση των χώρων καταφυγής σε πυκνοδομημένες αστικές περιοχές.

2. Ανασκόπηση επιστημονικού πεδίου

2.1. Χώροι καταφυγής

Φυσικές καταστροφές όπως σεισμοί, πλημμύρες, κατολισθήσεις αποτελούν βίαια και ξαφνικά φαινόμενα, η αντιμετώπιση των οποίων απαιτεί οργάνωση και σχεδιασμό πριν την εκδήλωσή τους. Η Ελλάδα αποτελεί μία από τις πιο σεισμογενείς χώρες της Ευρώπης με πληθώρα σεισμικών δονήσεων. Για την αντιμετώπιση τέτοιων έκτακτων συνθηκών απαιτείται σχεδιασμός για τη ορθή διαχείρισή τους.

Η ασφαλής μετάβαση του πληθυσμού από κλειστούς χώρους σε ανοικτούς χώρους καταφυγής αποτελεί μείζον θέμα στο σχεδιασμό αντιμετώπισης ενός ισχυρού σεισμού. Σε πυκνά δομημένες αστικές περιοχές όπου οι ανοικτοί χώροι σπανίζουν και η πρόσβαση του πληθυσμού δυσχεραίνεται η επιλογή των χώρων καταφυγής αποτελεί μία μελέτη πολλών παραγόντων.

Το βασικότερο κριτήριο επιλογής είναι η μεγάλη αδόμητη έκταση έτσι ώστε να φιλοξενηθεί όσο το δυνατόν περισσότερος πληθυσμός. Τέτοιες περιοχές είναι οι πλατείες, κενά οικοπέδα, περιοχές αστικού πράσινου (άλση, πάρκα, παιδικές χαρές), ανοιχτές αθλητικές εγκαταστάσεις και προαύλια εκκλησιών ή κοινόχρηστων εγκαταστάσεων.

Η απόσταση καθώς και η δυναμικότητα αυτών των χώρων αποτελούν δύο ακόμα κριτήρια επιλογής. Όσον αφορά την απόσταση αυτή δε θα πρέπει να ξεπερνά τα 400μ με πεζή προσέγγιση καθώς σε πυκνοδομημένες αστικές περιοχές δεν ενδείκνυται η χρήση μεταφορικών μέσων. Η δυναμικότητα επίσης των χώρων θα πρέπει να είναι ανάλογη της πληθυσμιακής πυκνότητας της περιοχής που εξυπηρετεί καθώς θα πρέπει να αναλογούν 2τ.μ. / άτομο.

Ωστόσο, υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί στον χαρακτηρισμό των περιοχών ως χώροι καταφυγής. Οι χώροι που θα φιλοξενήσουν τον πληθυσμό για κάποιες ώρες μετά από μία σεισμική δόνηση δε θα πρέπει να βρίσκονται κοντά σε γεωλογικά επικίνδυνα εδάφη όπως υπόγειες στοές και εδάφη με έντονες κλίσεις για την αποφυγή ενδεχόμενων κατολισθήσεων. Θα πρέπει επίσης να βρίσκονται σε απόσταση από παράλιες περιοχές για την αποφυγή πιθανών παλιρροϊκών κυμάτων που μπορεί να δημιουργηθούν από την σεισμική δόνηση.

Επίσης, θα πρέπει να είναι μακριά από τεχνικά έργα όπως γέφυρες, φράγματα κ.λπ., σε απόσταση από δεξαμενές καυσίμων ενώ δε θα πρέπει να περιβάλλονται από καλώδια, ηλεκτροφόρους στύλους, κιγκλιδώματα, τζαμαρίες κ.α.

Τέλος, οι χώροι καταφυγής θα πρέπει να έχουν κάποιες βασικές υποδομές όπως είναι η ηλεκτροδότηση, η υδροδότηση, χώρους υγιεινής, κάδους απορριμμάτων κλπ.

2.2. Τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη που εξετάζει τις αρχές, τις μεθόδους, τα όργανα και τα συστήματα με τα οποία επιτυγχάνεται η από απόσταση συλλογή, επεξεργασία, ανάλυση και ερμηνεία πληροφοριών που σχετίζονται με συγκεκριμένες ιδιότητες αντικειμένων και φαινομένων. Η τηλεπισκόπηση βρίσκει εφαρμογή σε διάφορους τομείς όπως η γεωργία, η δασολογία, η γεωλογία, η γεωμορφολογία, η ωκεανογραφία, η κλιματολογία, η γεωγραφία, η περιφερειακή ανάπτυξη και η καταγραφή και παρακολούθηση φυσικών και ανθρωπίνων διαθεσίμων. (Αργιαλάς 1998)

Για την εφαρμογή των μεθόδων και των τεχνικών της τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται ψηφιακοί σαρωτές οι οποίοι ανιχνεύουν την αντανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην γήινη επιφάνεια και την αποδίδουν σε ψηφιακές εικόνες. Η λήψη των ψηφιακών εικόνων γίνεται με δορυφόρους, με αερομεταφερόμενους σαρωτές, καθώς και με τη σάρωση αναλογικών εικόνων.

Οι ψηφιακές εικόνες χωρίζονται σε εικονοστοιχεία διατεταγμένα σε μορφή τετραγωνικού καννάβου n γραμμών και m στηλών και σε κάθε εικονοστοιχείο αποδίδεται η τιμή της αντανάκλασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Οι κύριες ιδιότητες των τηλεπισκοπικών δεδομένων βάσει των οποίων επιδιώκεται η επεξεργασία τους είναι:

- Η χωρική ανάλυση είναι η χωρική διακριτική ικανότητα της εικόνας που καθορίζει το μέγεθος των αντικειμένων που θα είναι ικανά να αποτυπωθούν σε μια εικόνα. Ουσιαστικά ορίζεται το μέγεθος του εικονοστοιχείου σε πραγματικές διαστάσεις.
- Η φασματική ανάλυση είναι το εύρος κάθε φασματικού καναλιού. Όσο μικρότερο είναι το φασματικό εύρος της εικόνας τόσο μεγαλύτερη είναι η φασματική ανάλυση προσφέροντας περισσότερες λεπτομέρειες.
- Τέλος, η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα αφορά στην ευαισθησία του δέκτη στην καταγραφή της έντασης της ανακλώμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας καθορίζοντας έτσι τον αριθμό των διακριτών διαβαθμίσεων της.

Στόχος της ανάλυσης των εικόνων είναι η δημιουργία ενιαίων και ομοιόμορφων κατηγοριών που αντιπροσωπεύουν κατηγορίες αντικειμένων του φυσικού και του τεχνητού περιβάλλοντος. Περιλαμβάνει μία σειρά διαδικασιών διόρθωσης, αποκατάστασης, ενίσχυσης και τέλος ταξινόμησης όπου και θα προκύψουν οι τελικές κατηγορίες κατάλληλες για κάθε μελέτη.

Πρώτο βήμα κατά την επεξεργασία τηλεπισκοπικών δεδομένων είναι η διόρθωσή τους. Αυτό περιλαμβάνει γεωμετρικές διορθώσεις που αφορούν την εξάλειψη σφαλμάτων που προέρχονται από την επιφάνεια του ελλειψοειδούς, την κίνηση της γης και του δορυφόρου. Μία ακόμη σειρά διορθώσεων που απαιτούνται πριν τη χρήση των αεροφωτογραφιών είναι οι ραδιομετρικές διορθώσεις. Τα σφάλματα αυτά οφείλονται κυρίως στην διαδικασία καταγραφής και μετάδοσης των δεδομένων. Τέλος, πραγματοποιούνται οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις που οφείλονται στην επίδραση των συστατικών της ατμόσφαιρας.

Οι διαδικασίες ενίσχυσης των εικόνων περιλαμβάνουν την ενίσχυση ακμών, την καταφλίωση τόνων του γκρι, την επέκταση ιστογράμματος κ.α. Με τις διαδικασίες αυτές επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση της φωτοερμηνείας ενισχύοντας τις συμπληρωματικές ικανότητες του ανθρώπου και του υπολογιστή.

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αντιλαμβάνεται μία εικόνα ως ένα σύνολο αντικειμένων και όχι ως ένα συνδυασμό εικονοστοιχείων για το σκοπό αυτό κατά την διαδικασία της ταξινόμησης των ψηφιακών εικόνων επιδιώκεται η ομαδοποίηση των εικονοστοιχείων που την αποτελούν σε ομοιογενείς κατηγορίες. Το τελικό αποτέλεσμα της που προκύπτει είναι ένας θεματικός χάρτης όπου κάθε εικονοστοιχείο ανήκει σε μία κλάση εδαφικής κάλυψης αποτελώντας ένα διακριτό αντικείμενο.

2.3. Δεδομένα Quickbird

2.3.1. Γενικά

Ο δορυφόρος Quickbird ήταν ένας εμπορικός δορυφόρος της εταιρείας DigitalGlobe και χρησιμοποιήθηκε για την παρατήρηση της γήινης επιφάνειας. Εκτοξεύτηκε στις 18/10/2001 από την αεροπορική βάση Βάντενμπεργκ της Καλιφόρνια οπότε και αποτελούσε τον εμπορικό δορυφόρο με την υψηλότερη ευκρίνεια.

Χρησιμοποιούσε το σύστημα εικόνων BGIS 2000 (Ball Aerospace's Imaging System 2000) το οποίο αποτελείτο από μια σταθερή, ευέλικτη και υψηλής ακρίβειας τηλεπισκοπική πλατφόρμα. Παρείχε το μεγαλύτερο μέγεθος εικόνων και τη μεγαλύτερη χωρητικότητα από κάθε άλλο δορυφόρο. Τα παγχρωματικά δεδομένα (άσπρο και μαύρο) που συνέλεγε ήταν ακρίβεια 60-70 εκ. και τα πολυφασματικά 2,4-2,8 μ.

Τα δεδομένα έχουν τέτοια χωρική διακριτική ικανότητα ώστε να είναι εύκολα αντιληπτές λεπτομέρειες όπως κτίρια και άλλα έργα υποδομής. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε λογισμικά επεξεργασίας με τηλεπισκοπικές μεθόδους καθώς και σε πακέτα ανάλυσης GIS. Οι εικόνες επίσης χρησιμεύουν ως υπόβαθρο και σε εφαρμογές χαρτογράφησης.

Στις 27 Ιανουαρίου 2015 ο Quickbird, ένας από τους παλαιότερους και πιο ιστορικούς δορυφόρους της DigitalGlobe, μπήκε στην ατμόσφαιρα της Γης έχοντας ολοκληρώσει 13 χρόνια σε τροχιά. Ο Quickbird έκανε περισσότερα από 70.000 ταξίδια γύρω από τον πλανήτη, απαθανατίζοντας λίγο περισσότερα από 636 εκατομμύρια km² υψηλής ανάλυσης εικόνων που συνέβαλαν στην κατανόηση του μεταβαλλόμενου πλανήτη.



Εικόνα 2.1: Δορυφόρος Quickbird

(Πηγή <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/quickbird/>)

2.3.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά

Δέκτες-Δεδομένα

- Ακρίβεια 60 cm στον παγχρωματικό στο ναδίρ
- Ακρίβεια 2,4 m στον πολυφασματικό στο ναδίρ
- Μέγεθος δεδομένων 8Gbits στον παγχρωματικό

- Μέγεθος δεδομένων 2Gbits στον πολυφασματικό
- Φασματικό εύρος: Κανάλι 1 (450-520 nm), Κανάλι 2 (520-600nm), Κανάλι 3 (630-690 nm), Κανάλι 4 (760-900 nm)
- Χωρητικότητα δεδομένων: 128 Gigabit (περίπου 57 εικόνες μονή λήψης)

Μέγεθος εικονοστοιχείου

- Ονομαστικό πλάτος λωρίδας σάρωσης: 16,5 km στο ναδίρ
- Πλάτος λωρίδας σάρωσης : 544 km
- Εμβαδόν μίας λήψης στο έδαφος: 18 km x 18 km
- Εμβαδό μιας λωρίδας σάρωσης στο έδαφος: 18 km x 360 km

Τροχιά

- Ύψος : 482 km με σύγχρονη κλίση προς τον ήλιο 97,2°
- Συχνότητα επίσκεψης ίδιας περιοχής : 1 με 3.5 ημέρες ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος σε ανάλυση 60 cm
- Γωνία λήψης: Ευέλικτη πλατφόρμα με εστίαση in-track και cross-track
- Συχνότητα λήψης: 93,4 λεπτά
- Ταχύτητα: 7,1 km/sec

Αεροσκάφος

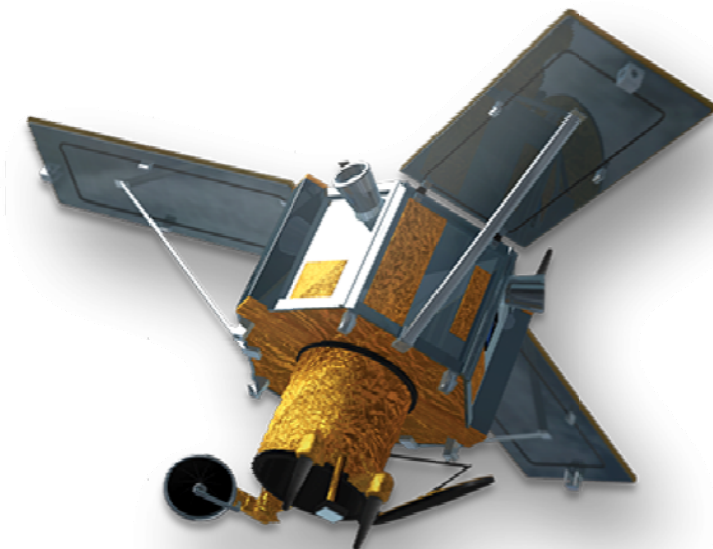
- Καύσιμα για 7 χρόνια
- Βάρος 950 kg , μήκος 3.04 μ

2.4. Δεδομένα IKONOS

2.4.1. Γενικά

Ο δορυφόρος IKONOS αποτέλεσε τον πρώτο δορυφόρο υψηλής ανάλυσης εμπορικά διαθέσιμο και εκτοξεύτηκε από την αεροπορική βάση Βαντενμπεργκ της Καλιφόρνιας στις 24 Σεπτεμβρίου το 1999. Η DigitalGlobe διαχειρίζεται τον δορυφόρο IKONOS που έχει τη δυνατότητα να συλλέγει παγχρωματικές εικόνες διακριτικής ικανότητας 82cm και πολυφασματικά δεδομένα με διακριτική ικανότητα 4 μέτρων.

Τα δεδομένα του IKONOS χρησιμοποιούνται τόσο σε αστικές όσο και σε αγροτικές εφαρμογές χαρτογράφησης των φυσικών πόρων και των φυσικών καταστροφών, την ανάλυση της γεωργίας, της δασοκομίας, της εξόρυξης, της μηχανικής, των τεχνικών έργων και την ανίχνευση μεταβολών. Μπορεί να αποδώσει δεδομένα σχετικά με σχεδόν όλες τις πτυχές των περιβαλλοντικών μελετών. Επίσης, χρησιμοποιούνται για την δημιουργία ψηφιακών μοντέλων εδάφους (Digital Elevation Models) και ψηφιακών μοντέλων επιφάνειας (Digital Terrain Models).



Εικόνα 2.2: Δορυφόρος Ikonos

(Πηγή <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/ikonos/>)

2.4.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά

Δέκτες-Δεδομένα

- Ακρίβεια 82 cm στον παγχρωματικό στο ναδίρ
- Ακρίβεια 3.2 m στον πολυφασματικό στο ναδίρ
- Ακρίβεια 1 m στον παγχρωματικό στις 26°
- Ακρίβεια 4 m στον πολυφασματικό στις 26°
- Φασματικό εύρος: Κανάλι 1 (450-520 nm), Κανάλι 2 (520-600nm), Κανάλι 3 (630-690 nm), Κανάλι 4 (760-900 nm)

Λωρίδα σάρωσης

- Ονομαστικό πλάτος λωρίδας σάρωσης: 11,3 km στο ναδίρ
- Εμβαδόν μίας λήψης στο έδαφος: 11 km x 11 km

Τροχιά

- Ύψος : 681 km με σύγχρονη κλίση προς τον ήλιο 98,1°
- Συχνότητα επίσκεψης ίδιας περιοχής : περίπου 3 ημέρες σε γεωγραφικό πλάτος 40°
- Περιστροφές γύρω από τη Γη: 14,7 κάθε 24ωρο
- Ταχύτητα 7,5 km/sec

2.5. Αντικειμενοστραφής Ανάλυση

Οι κλασσικές μέθοδοι στατιστικής και αναγνώρισης προτύπων που χρησιμοποιούνται για την διαδικασία της ταξινόμησης έχουν ως βάση τα εικονοστοιχεία ενώ δεν λαμβάνονται υπόψη το σχήμα, η κλίμακα καθώς και οι χωρικές σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων. Επίσης, η πολυπλοκότητα και η ετερογένεια των σύγχρονων δεδομένων δυσχεραίνουν την ορθή ταξινόμηση με τις κλασσικές μεθόδους.

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας είναι μία πιο σύγχρονη προσέγγιση στο πρόβλημα της ταξινόμησης τηλεπισκοπικών δεδομένων η οποία θεωρεί ότι η εικόνα αποτελείται από ένα σύνολο ομοιογενών περιοχών-αντικειμένων. Τα πρωτογενή αντικείμενα δημιουργούνται εφαρμόζοντας διαδικασίες κατάτμησης στην αρχική εικόνα. Οι διαδικασίες κατάτμησης είναι χαμηλού ή μέσου επιπέδου και δεν χρησιμοποιούν γνώση καθώς δεν αποσκοπούν στην οριοθέτηση και τον εντοπισμό σημασιολογικών αντικειμένων αλλά στη δημιουργία πρωτογενών αντικειμένων στα οποία θα εφαρμοστούν διαδικασίες ταξινόμησης. (Αργιαλάς-Γζώτζος 2007)

Η βασική μονάδα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνων είναι το αντικείμενο. Το αντικείμενο αποτελείται από ένα σύνολο εικονοστοιχείων και δημιουργείται βάσει μίας σειράς κριτηρίων που ορίζονται σύμφωνα με τις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης. Η δημιουργία των ομοιογενών αντικειμένων επιτυγχάνεται μέσω μιας διαδικασίας κατάτμησης πολλαπλών επιπέδων. Με την δημιουργία των αντικειμένων δίνεται η δυνατότητα ανάλυσης τοπολογικών και ιεραρχικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων, χαρακτηριστικών σχήματος και σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων. Με άλλα λόγια, η ανάλυση αυτή επιτρέπει στο χρήστη να διαχειριστεί την εικόνα ως μία ομάδα αντικειμένων όπως ακριβώς το αντιλαμβάνεται και ο ανθρώπινος εγκέφαλος. Βασική λοιπόν προϋπόθεση για την επίτευξη μίας ορθής αντικειμενοστραφούς ανάλυσης είναι η δημιουργία ομοιογενών αντικειμένων καθώς αποτελούν τα πρωτογενή δεδομένα της ανάλυσης.

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την κατάτμηση μιας εικόνας είναι αρχικά το μέγεθος των αντικειμένων, η φασματική τους υπογραφή σε αντιδιαστολή με το σχήμα και το συμπαγές του σχήματος σε αντιδιαστολή με το λείο της οριογραμμής των αντικειμένων. Ανάλογα με το στόχο της εκάστοτε μελέτης και τα αντικείμενα που επιδιώκεται να δημιουργηθούν επιλέγονται και οι κατάλληλες παράμετροι.

Στη συνέχεια, δημιουργείται η βάση γνώσης με την προσθήκη κανόνων στις κατηγορίες με στόχο την ταξινόμηση των πρωτογενών αντικειμένων σε εννοιολογικά αντικείμενα. Κάθε αντικείμενο διαθέτει τη φασματική του και την μορφολογική του ταυτότητα. Τέλος, μετά την ταξινόμηση ακολουθεί μετα-κατάτμηση και μετα-ταξινόμηση για την βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων.

Τα πρωτογενή αντικείμενα φέρουν κάποια χαρακτηριστικά (φασματικά, τοπολογικά, μορφολογικά κ.α.) τα οποία μεταφράζονται σε κανόνες υλοποιώντας έτσι βάση γνώσης ώστε να γίνει η ταξινόμησή τους.

Τα αποτελέσματα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εξάγονται σε μορφή raster ή σε μορφή πολυγώνων ώστε να διευκολύνεται η συνεργασία με Συστήματα Πληροφοριών Γης (ΣΓΠ- GIS).

2.6. Λογισμικό E-cognition

2.6.1. Γενικά

Το λογισμικό eCognition διατίθεται από την εταιρία Trimble Germany GmbH και είναι ένα πακέτο που δίνει τη δυνατότητα αντικειμενοστραφούς ανάλυσης ψηφιακών εικόνων. Το βασικότερο χαρακτηριστικό αυτής της προσέγγισης είναι ότι θεμέλιος λίθος της ανάλυσης των τηλεπισκοπικών δεδομένων δεν είναι το εικονοστοιχείο αλλά ένα σύνολο εννοιολογικών αντικειμένων.

Οι κλασικές διαδικασίες ανάλυσης εικόνων που έχουν ως βάση τα μεμονωμένα εικονοστοιχεία και δεν μπορούν να συμπεριλάβουν πληροφορίες και χαρακτηριστικά που είναι αντιληπτά κατά την ανθρώπινη παρατήρηση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι χρησιμοποιείται μόνο η φασματική πληροφορία που αποδίδεται σε κάθε εικονοστοιχείο σε ένα ή περισσότερα κανάλια ταξινομώντας βάση φασματικών χαρακτηριστικών. Αντιθέτως, η αντικειμενοστραφής ανάλυση του λογισμικού eCognition ερμηνεύει μια εικόνα ως ένα σύνολο σημασιολογικών αντικειμένων όπως ακριβώς την αντιλαμβάνεται ο ανθρώπινος εγκέφαλος.

Στο λογισμικό eCognition με την διαδικασία της κατάτμησης δημιουργούνται ομογενή αντικείμενα τα οποία εμπεριέχουν πληροφορία πέραν της φασματικής όπως είναι το σχήμα, η υφή καθώς και σχέσεις γειννίας. Τα αντικείμενα αυτά αποτελούν τη βάση για την ανάλυση της εικόνας και την ταξινόμηση.

Η διαδικασία της κατάτμησης της εικόνας, όπως είναι σαφές, αποτελεί βασικό βήμα στην αντικειμενοστραφή ανάλυση καθώς τα αντικείμενα που προκύπτουν αποτελούν το θεμέλιο λίθο της, στον οποίο θα χτιστεί μία βάση γνώσης για την περαιτέρω ταξινόμηση τους. Το λογισμικό eCognition παρέχει διάφορους αλγόριθμους κατατμήσεων με σημαντικότερο εκείνο της κατάτμησης πολλαπλών επιπέδων (mylти-resolution segmentation).

Ο αλγόριθμος κατάτμησης πολλαπλών επιπέδων παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να ορίσει το μέγεθος των αντικειμένων σύμφωνα με τις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης. Εκτός από το μέγεθος των αντικειμένων που ορίζεται με παράμετρο την κλίμακα, η οποία κατ' ουσία δεσμεύει στο πρόγραμμα τον βαθμό της ανομοιογένειας μεταξύ των εικονοστοιχείων που θα περιλαμβάνονται σε ένα αντικείμενο, δίνεται η δυνατότητα καθορισμού της βαρύτητας που θα δοθεί στις φασματικές υπογραφές, το σχήμα, το λείο της οριογραμμής και το συμπαγές του σχήματος. Οι παραπάνω παράμετροι δρουν σε αντιδιαστολή καθώς όσο μεγαλύτερη βαρύτητα δίνεται στην φασματική υπογραφή των αντικειμένων τόσο μικρότερη είναι η βαρύτητα που δίνεται στο σχήμα τους και αντιστρόφως. Ομοίως ισχύει με τις παραμέτρους που αφορούν στο λείο της οριογραμμής σε αντιδιαστολή με το συμπαγές του σχήματος.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα της κατάτμησης είναι η δυνατότητα ιεράρχησης των αντικειμένων. Έτσι μπορούν να αξιοποιηθούν ιεραρχικές σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων διαφορετικών επιπέδων κατάτμησης καθώς και σχέσεις γειννίας μεταξύ αντικειμένων του ίδιου επιπέδου.

Με βάση τις σχέσεις γειννίας και ιεραρχίας καθώς και των χαρακτηριστικών των αντικειμένων πραγματοποιείται η ανάπτυξη βάσης γνώσης για την αναγνώριση και την ταξινόμηση τους. Για την ανάπτυξη της βάσης γνώσης αξιοποιούνται κανόνες και χαρακτηριστικά με βάση τους οποίους θα γίνει η ταξινόμηση των αντικειμένων σε κάθε

κατηγορία. Το λογισμικό eCognition παρέχει μία πληθώρα κανόνων οι οποίοι αξιοποιούνται έπειτα από προσεκτική φωτοερμηνεία έτσι ώστε κάθε αντικείμενο να ταξινομηθεί στην σωστή κατηγορία.

Η κατηγοριοποίηση των αντικειμένων γίνεται με βάση την ασαφή λογική, έναν αλγόριθμο που υπολογίζει το ποσοστό συμμετοχής του αντικειμένου σε κάθε κατηγορία. Έτσι, ένα αντικείμενο μπορεί να ανήκει σε δυο ή και περισσότερες κατηγορίες αλλά τελικά να εντάσσεται στην κατηγορία όπου έχει το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής. Η ασαφής λογική προκύπτει από τη χρήση των συναρτήσεων συμμετοχής καθώς περιγράφουν την σχέση μεταξύ των τιμών ενός χαρακτηριστικού και του βαθμού συμμετοχής ενός αντικειμένου σε μια κατηγορία. Η χρήση της ασαφούς λογικής στη δημιουργία των κανόνων δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής της γνώσης και τον καθορισμό ενός είδους στρατηγικής στη διαδικασία της ταξινόμησης (Definiens 2002).

Τα αποτελέσματα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης μπορούν να εξαχθούν σε μορφή raster καθώς και σε μορφή πολυγώνων τα οποία μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω σε Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Το σύνολο της παραπάνω διαδικασίας μπορεί να αποτελέσει ένα πρωτόκολλο και να εφαρμοστεί και σε άλλες εικόνες αυτοματοποιώντας ουσιαστικά την διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων για την εκάστοτε μελέτη.

2.6.2. Αλγόριθμος πολλαπλής κατάτμησης (multi-resolution segmentation)

Τελικός στόχος της κατάτμησης είναι η δημιουργία αντικειμένων τα οποία να αντιπροσωπεύουν όσο το δυνατόν καλύτερα τα χαρακτηριστικά μιας κλάσης για την βέλτιστη ταξινόμησή τους. Τα αντικείμενα αυτά θα πρέπει να έχουν το μεγαλύτερο δυνατό μέγεθος και το πιο λείο περίγραμμα. Για την τελική ταξινόμηση των αντικειμένων απαιτείται μία επαναλαμβανόμενη διαδικασία μεταξύ της κατάτμησης, της ταξινόμησης και της επόμενης κατάτμησης. Ο φωτοερμηνευτής επιλέγει τα κριτήρια της κατάτμησης με βάση την επιδιωκόμενη ταξινόμηση, αξιολογεί τα αποτελέσματά της και στη συνέχεια προχωρά σε επόμενη κατάτμηση κ.ο.κ.

Η διαδικασία κατατμήσεων απαιτεί μια σειρά δοκιμών για την επίτευξη της βέλτιστης κατά περίπτωση κατάτμησης. Έτσι, ο χρήστης πειραματίζεται με τα κριτήρια που του παρέχει το λογισμικό ώστε να δημιουργήσει μία σειρά κατατμήσεων ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη ταξινόμηση.

Η κατάτμηση πολλών επιπέδων αναπτύχθηκε με στόχο την εξαγωγή ομογενών αντικειμένων με κριτήριο διάφορα χαρακτηριστικά των αντικειμένων σε επίπεδο εικονοστοιχείου καθώς και του σχήματος τους σε οποιοδήποτε επίπεδο. Αποτελεί, ουσιαστικά, μια διαδικασία συνένωσης εικονοστοιχείων καθώς ξεκινώντας από αντικείμενα ενός εικονοστοιχείου γίνονται συνενώσεις δημιουργώντας έτσι μεγαλύτερα αντικείμενα με κριτήριο τον βαθμό ετερογένειας που έχει ορίσει ο χρήστης. Ο βαθμός ετερογένειας των αντικειμένων που θα προκύψουν από την διαδικασία της κατάτμησης ορίζεται με την παράμετρο της κλίμακας.

Όσο μεγαλύτερη κλίμακα ορίζεται τόσο μεγαλύτερη ανοχή στην ετερογένεια επιτρέπεται και κατ' επέκταση τόσο μεγαλύτερα αντικείμενα θα προκύψουν και αντιστρόφως. Ο γενικός κανόνας όσον αφορά την επιλογή της κατάλληλης κλίμακας για την κάθε εφαρμογή είναι η δημιουργία όσο το δυνατόν μεγαλύτερων αντικειμένων που να αποδίδουν ωστόσο ικανοποιητικά τα χαρακτηριστικά για την εκάστοτε μελέτη.

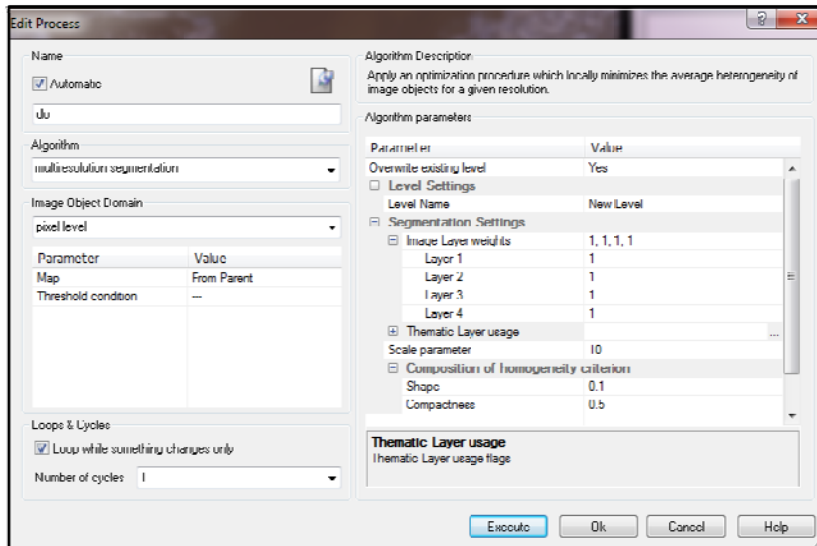
Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για την κατάτμηση των εικόνων είναι το βάρος με το οποίο θα συμμετέχει το κάθε κανάλι καθώς και τα βάρη που θα δοθούν στα κριτήρια κατάτμησης. Τα κριτήρια κατάτμησης είναι το φασματικό κριτήριο, το κριτήριο σχήματος και η παράμετρος της κλίμακας. Αυτά μπορούν να τροποποιηθούν ανάλογα με την εφαρμογή και από επίπεδο σε επίπεδο ώστε να προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Η παράμετρος κλίμακας, όπως έχει αναφερθεί, ορίζει τον βαθμό ετερογένειας των αντικειμένων και κατ' επέκταση το μέγεθος τους. Στην περίπτωση των πολλών κατατμήσεων τα όρια των αντικειμένων κάθε επιπέδου κατάτμησης δεν μπορούν να μεταβάλλουν τα προϋπάρχοντα όρια των αντικειμένων ανώτερου ή κατώτερου επιπέδου. Δηλαδή, αντικείμενα μικρότερου επιπέδου αποτελούν τμήματα αντικειμένων μεγαλύτερου επιπέδου. Για το σκοπό αυτό επιλέγεται η δημιουργία επιπέδων κατάτμησης είτε από το επίπεδο με το μεγαλύτερο συντελεστή κλίμακας προς τον μικρότερο (top-down) είτε αντιστρόφως από το μικρότερο επίπεδο κατάτμησης προς το μεγαλύτερο (bottom-up). Στην πρώτη περίπτωση τα αντικείμενα μεγαλύτερων επιπέδων διαιρούνται ώστε να προκύψουν τα αντικείμενα των μικρότερων επιπέδων. Αντίστοιχα, στην δεύτερη περίπτωση τα αντικείμενα μικρότερων επιπέδων συγχωνεύονται ώστε να προκύψουν τα αντικείμενα μεγαλύτερων επιπέδων.

Το φασματικό κριτήριο της κατάτμησης ορίζει το βάρος που θα δοθεί κατά την κατάτμηση στα φασματικά χαρακτηριστικά των εικονοστοιχείων. Το βάρος του φασματικού κριτηρίου είναι μεγαλύτερο της μονάδας και συνήθως παίρνει μεγάλες τιμές καθώς αποτελεί την σημαντικότερη και ακριβέστερη πληροφορία των ψηφιακών εικόνων.

Τέλος, το κριτήριο του σχήματος προσδιορίζει την βαρύτητα που θα δίνεται στο τελικό σχήμα των αντικειμένων της κατάτμησης. Το κριτήριο του σχήματος είναι ανταγωνιστικό του φασματικού κριτηρίου. Επίσης, σε περιπτώσεις που επιλέγεται υψηλό βάρος στο κριτήριο του σχήματος το λογισμικό δίνει την δυνατότητα επιλογής μεταξύ ομαλότητας των ορίων των παραγόμενων αντικειμένων (smoothness) και κανονικότητας των σχημάτων τους (compactness).

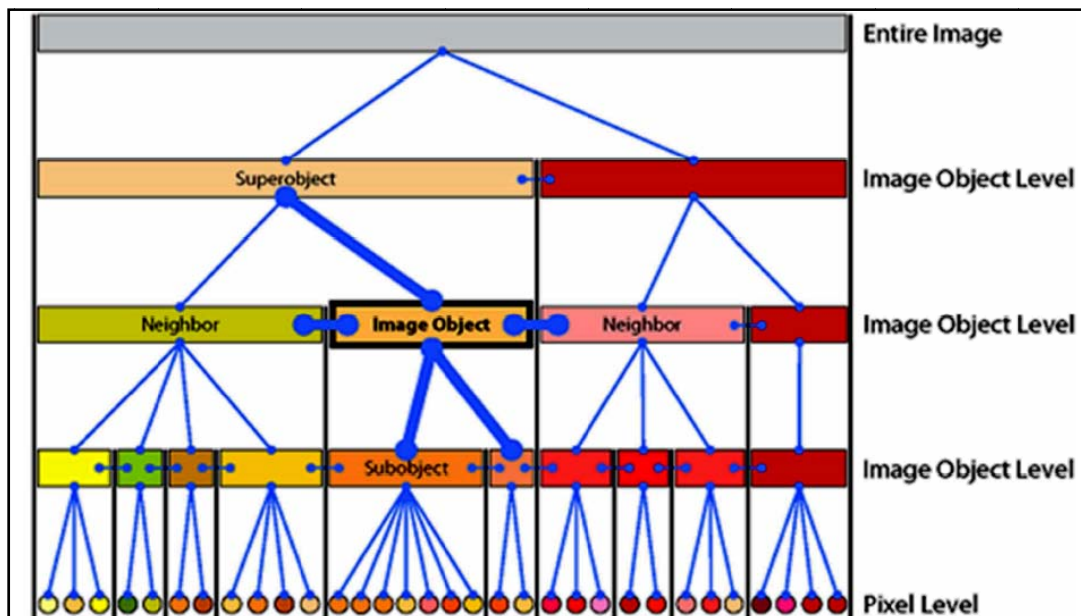
Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται το παράθυρο διαλόγου του λογισμικού με το οποίο επιτρέπεται η επιλογή των κριτηρίων κατάτμησης. Στο τμήμα Segmentation Settings επιλέγεται ο βαθμός συμμετοχής των καναλιών και στο scale parameter ορίζεται η παράμετρος της κλίμακα. Τα κριτήρια σχήματος και κανονικότητας σχήματος (shape, compactness) εμπεριέχουν ακόμη δύο κριτήρια, το φασματικό και του λείου της οριογραμμής, καθώς δρουν ανταγωνιστικά.



Εικόνα 2.3: Παράθυρο καθορισμού κριτηρίων κατάτμησης

2.6.3. Ιεραρχία αντικειμένων και κλάσεων

Η διαδικασία των κατατμήσεων στο λογισμικό eCognition επιτρέπει τη δημιουργία ενός ιεραρχικού δικτύου αντικειμένων το οποίο αναπαριστά τις πληροφορίες που εξάγονται από αυτή σε διάφορες χωρικές αναλύσεις. Έτσι για κάθε αντικείμενο οποιοδήποτε επιπέδου είναι γνωστά τα υπερ-αντικείμενά του, τα υπο-αντικείμενά του καθώς και τα γειτονικά του αντικείμενα καθορίζοντας έτσι τις σχέσεις μεταξύ τους. Όπως φαίνεται και στη εικόνα που ακολουθεί το εμβαδόν κάθε υπερ-αντικείμενου προκύπτει από το άθροισμα των εμβαδών των υπό-αντικειμένων. Επίσης, είναι εμφανές ότι τα όρια των υπο-αντικειμένων περιορίζονται από εκείνα των υπερ-αντικειμένων.



Εικόνα 2.4: Ιεραρχικό δίκτυο αντικειμένων

Επειδή η διαδικασία των κατατμήσεων είναι μια διαδικασία που δρα σε αυθαίρετο επίπεδο βασικός κανόνας που ακολουθείται ώστε να διατηρείται η ιεραρχία των αντικειμένων στο χώρο είναι ότι τα όρια των αντικειμένων πρέπει να ακολουθούν τα όρια των

αντικειμένων στο αμέσως επόμενο κατώτερο επίπεδο κατάτμησης ενώ η κατάτμηση περιορίζεται από τα όρια του αντικειμένου στο αμέσως ανώτερο επίπεδο.

Το λογισμικό eCognition παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας μιας ιεραρχίας πολλαπλών επιπέδων στα οποία γίνεται η ενσωμάτωση των αντικειμένων με βάση την ομοιογένειά τους. Με την ενσωμάτωσή τους τα αντικείμενα αποκτούν γνώση για τα γειτονικά τους αντικείμενα καθώς και τα αντικείμενα που βρίσκονται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο επίπεδο.

Στη συνέχεια, με βάση τα φασματικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων και των ιδιοτήτων σχήματος, πραγματοποιείται η ταξινόμηση των αντικειμένων σε κλάσεις με ασαφή λογική.

Οι κλάσεις αποτελούν τον πυρήνα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης. Οι ιδιότητες και οι σχέσεις κληρονομικότητας των κλάσεων ορίζουν την ιεραρχία τους. Μεταξύ των κλάσεων μπορεί να υπάρχουν συσχετίσεις μονόδρομες ή αμφίδρομες καθώς και σχέσεις κληρονομικότητας όπου η γενική περιγραφή μιας κλάσης επεκτείνεται σε μία ειδικότερη. Τέλος, μεταξύ των κλάσεων διαφορετικών επιπέδων μπορεί να υπάρχουν συσχετίσεις δηλαδή μία κλάση ενός επιπέδου να εμπεριέχει το σύνολο της πληροφορίας ενός κατώτερου επιπέδου ή τμήμα της πληροφορίας ενός ανώτερου επιπέδου.

Η ιεραρχία των κλάσεων (class hierarchy) χρησιμοποιείται ως πλαίσιο για την ανάπτυξη της γνωσιακής βάσης για την επίτευξη της ταξινόμησης των αντικειμένων. Η τελική ταξινόμηση αποτελείται από τις κατηγορίες (κλάσεις) δομημένες ιεραρχικά.

2.6.4. Ασαφής λογική

Οι κλασικοί αλγόριθμοι ταξινόμησης όπως (μέγιστης πιθανοφάνειας, ελάχιστης απόστασης, παραλληλεπίπεδου κ.α.) απαιτούν ένα τμήμα της εικόνας να ανήκει αποκλειστικά ή καθόλου σε μία κατηγορία. Ωστόσο, η γεωγραφική πληροφορία είναι συνεχής και περιλαμβάνει φαινόμενα τα οποία δεν έχουν σαφή και απόλυτα διακριτά όρια μεταξύ τους.

Οι κλασικές μέθοδοι ταξινόμησης δημιουργούν απόλυτες θεματικές κατηγορίες κατακερματίζοντας τη συνέχεια του φάσματος, όμως τα πολύπλοκα φαινόμενα που απαντώνται στη φύση τα οποία διαθέτουν μεγάλη ετερογένεια δεν μπορούν να ακολουθήσουν αυτή τη λογική έχοντας ως συνέπεια την εξαγωγή εσφαλμένων αποτελεσμάτων. Η δυσκολία ταξινόμησης με τους κλασικούς αλγόριθμους εντείνεται στις παρυφές κάθε ενότητας καθώς δεν μπορεί να ακολουθηθεί μια σταδιακή μετάβαση από την μία κατηγορία στην άλλη.

Για τους παραπάνω λόγους στο λογισμικό eCognition επιλέγεται η χρήση του ταξινομητή ασαφούς λογικής καθώς προσαρμόζεται καλύτερα στην πολυπλοκότητα της γεωγραφικής πληροφορίας και στην σταδιακή μεταβολή των φαινομένων της.

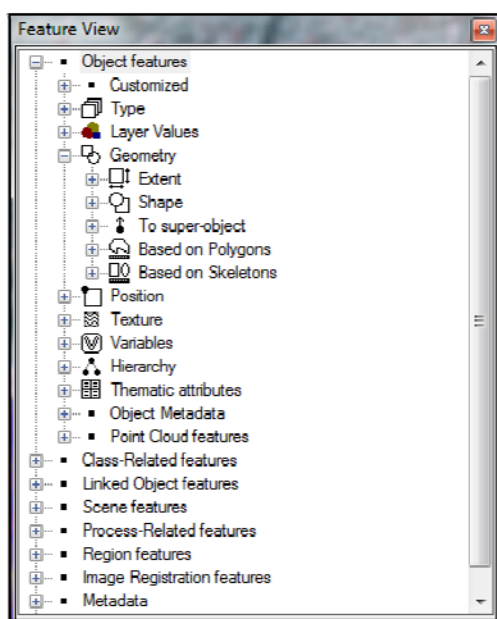
Η ασαφής λογική είναι μια μαθηματική προσέγγιση προβλημάτων πέραν της απόλυτης λογικής των δύο ενδεχομένων (true=1, false=0), όπου 0 το αντικείμενο δεν ανήκει στην κατηγορία ή αντίστοιχα όπου παίρνει την τιμή 1 το αντικείμενο ταξινομείται στην κατηγορία. Ποσοτικοποιεί αβέβια δεδομένα και προσαρμόζεται καλύτερα σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου μετατρέποντας τις τιμές των χαρακτηριστικών σε ένα αυθαίρετο διάστημα από 0 έως 1 και στη συνέχεια αποδίδεται ένας βαθμός συμμετοχής σε κάθε μία κατηγορία.

Για να γίνει η ταξινόμηση των αντικειμένων προσδιορίζεται ο βαθμός συμμετοχής τους σε κάθε κατηγορία και τελικά ταξινομείται σε αυτή με το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής. Ωστόσο, επειδή κάποιο αντικείμενο μπορεί να αποτελεί χαρακτηριστική ιδιότητα ενός άλλου η διαδικασία της ταξινόμηση είναι επαναληπτική με τον χρήστη να καθορίζει τον αριθμό των επαναλήψεων.

Οι κατηγορίες κάθε ταξινόμησης ορίζονται μέσα από μία σειρά ασαφών μαθηματικών εκφράσεων των ιδιοτήτων και των χαρακτηριστικών τους. Το λογισμικό του eCognition παρέχει μια πληθώρα χαρακτηριστικών ενώ δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας επιπρόσθετων χαρακτηριστικών που προκύπτουν από τα ήδη υπάρχοντα είτε μέσω αριθμητικών σχέσεων (Arithmetic Feature) είτε μέσω συγγενικών σχέσεων (Relational Feature).

2.6.5. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα στο λογισμικό eCognition

Τα χαρακτηριστικά που απαντώνται στο λογισμικό eCognition είναι είτε δείκτες σχήματος όπως είναι η έκταση (area), το μήκος (length), ο λόγος μήκος/πλάτος (length/width), η ασυμμετρία (asymmetry) αλλά και φασματικοί δείκτες όπως οι μέσες τιμές των καναλιών της εικόνας (mean values), οι τυπικές αποκλίσεις καναλιών (standard deviation) κ.α. Όλα τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά καθώς και η δυνατότητα δημιουργίας νέων παρέχονται στο παράθυρο διαλόγου Feature View όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 2.5: Παράθυρο επιλογής χαρακτηριστικών (Feature View)

Ενδεικτικά παρουσιάζονται κάποια από τα κύρια χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης.

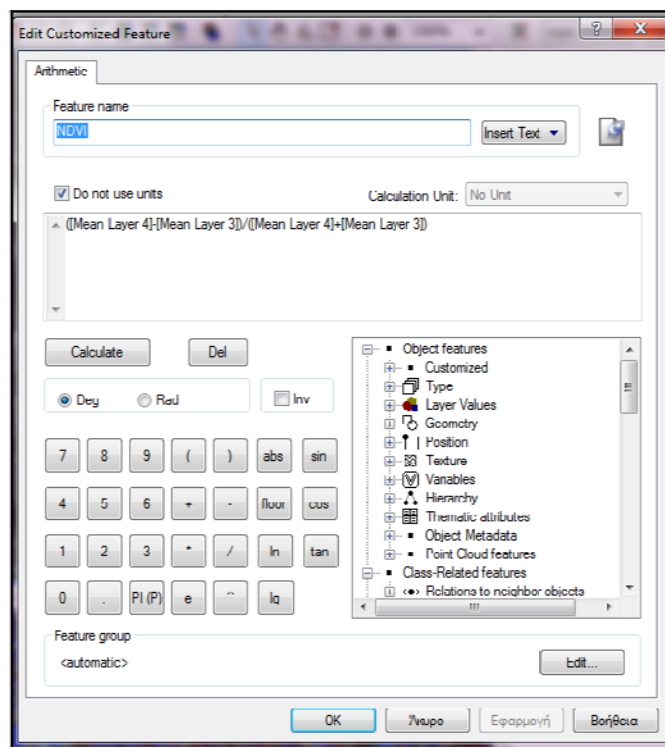
- ✓ Area (Έκταση): Σε εικόνες χωρίς γεωαναφορά η έκταση υπολογίζεται ως το πλήθος των εικονοστοιχείων θεωρώντας ότι κάθε εικονοστοιχείο έχει έκταση ίση με τη μονάδα. Σε περίπτωση γεωαναφοράς δίνεται η δυνατότητα μετάτrophής των εικονοστοιχείων σε μετρήσιμη μονάδα έκτασης.
- ✓ Length/Width (Μήκος/ Πλάτος): Το χαρακτηριστικό αυτό υπολογίζεται από το μέγιστο μήκος και πλάτος κάθε αντικειμένου. Ο λόγος αυτός είναι ιδιαίτερα χρήσιμος στην αναγνώριση μακρόστενων αντικειμένων όπως είναι οι δρόμοι.
- ✓ Asymmetry (Ασυμμετρία): Το χαρακτηριστικό της ασυμμετρίας περιγράφει το σχετικό μήκος ενός αντικειμένου σε σύγκριση με ένα κανονικό σχήμα. Κάθε

αντικείμενο προσεγγίζεται από μία έλλειψη. Από το λόγο των μηκών του μεγάλου και του μικρού άξονα προκύπτει η ασυμμετρία του αντικειμένου.

- ✓ Mean difference to scene: Το χαρακτηριστικό αυτό προσδιορίζεται από τη διαφορά της μέση τιμής ενός αντικειμένου σε ένα επιλεγμένο κανάλι προς την μέση του συνόλου της εικόνας. Επιλέγεται κυρίως για την ανίχνευση σκιών στο υπέρυθρο κανάλι και για την ανάδειξη κτιρίων και τσιμεντένιων επιφανειών στο μπλε κανάλι.
- ✓ Standard deviation (Μέση τιμή): Υπολογίζει τη μέση τιμή κάθε αντικειμένου στο εκάστοτε επιλεγμένο κανάλι.
- ✓ Real area of sub object: Υπολογίζεται η έκταση μιας κατηγορίας σε κάθε υπό-αντικείμενο σε ένα επίπεδο κατάτμησης. Η έκταση αυτή αθροίζεται και προσδιορίζεται η αναλογία σε κάθε υπέρ-αντικείμενο.
- ✓ Existence of super object: Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό αναγνωρίζει αν σε ανώτερο επίπεδο υπάρχει μία κατηγορία.

Εκτός από τα χαρακτηριστικά που παρέχει το λογισμικό ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει επιπλέον χαρακτηριστικά ανάλογα με της ανάγκες της εκάστοτε μελέτης. Αριθμητικά χαρακτηριστικά όπως ο δείκτης βλάστησης (NDVI) που χρησιμοποιείται για την ανάδειξη και τον διαχωρισμό της βλάστησης είναι ευρέως διαδεδομένοι στην διεθνή βιβλιογραφία. Επίσης, μπορούν να δημιουργηθούν επιπλέον λόγοι καναλιών με στόχο την ανάδειξη κατηγοριών όπως ο λόγος red/blue (κανάλι 3/κανάλι 1) όπου αναδεικνύονται οι κεραμοσκεπές και το γυμνό έδαφος ή ο λόγος blue/NIR (κανάλι 1/κανάλι 4) που χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των υδάτινων επιφανειών.

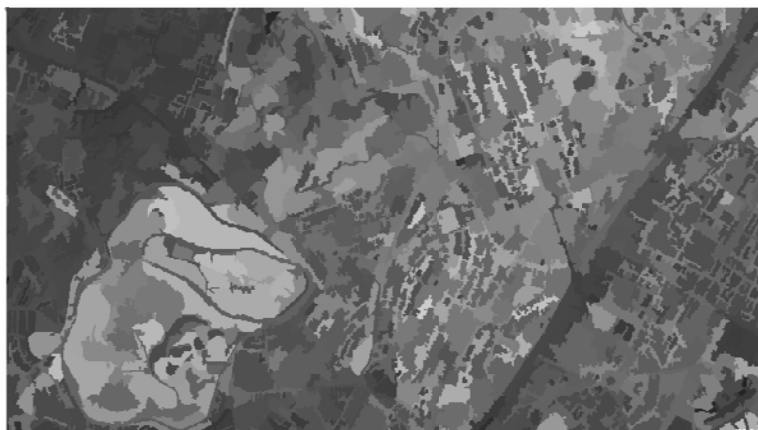
Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται το παράθυρο διαλόγου Edit Customized Feature όπου δημιουργείται το χαρακτηριστικό του δείκτη βλάστησης. Ο δείκτης βλάστησης προκύπτει από το λόγο της διαφοράς του εγγύς υπέρυθρου από το υπέρυθρο προς το αντίστοιχο άθροισμα.



Εικόνα 2.6: Παράθυρο δημιουργίας αριθμητικών χαρακτηριστικών- Δείκτης βλάστησης (NDVI)

Για την καλύτερη αντίληψη και αξιολόγηση των χαρακτηριστικών το λογισμικό του eCognition δίνει τη δυνατότητα οπτικοποίησης τους. Με την επιλογή Feature View το

επιλεγμένο χαρακτηριστικό αποτυπώνεται με διαβαθμίσεις του γκρι κάνοντας ευκολότερο τον διαχωρισμό των κλάσεων.



Εικόνα 2.7: Απεικόνιση NDVI με διαβάθμιση του γκρι

2.6.6. Ταξινόμηση

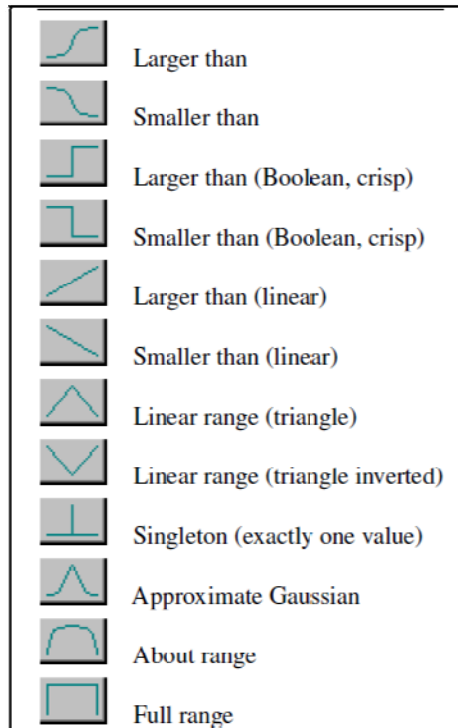
Μετά την κατάτμηση των πολλαπλών επιπέδων και τη δημιουργία ενός ιεραρχικού δικτύου καθορίζονται τα χαρακτηριστικά και οι τοπολογικές σχέσεις των αντικειμένων. Με την διαδικασία της ταξινόμησης αποδίδονται τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων δημιουργώντας έτσι εννοιολογικά αντικείμενα. Οι μέθοδοι ταξινόμησης που χρησιμοποιούνται στο λογισμικό του eCognition είναι η μέθοδος ταξινόμησης βάσει κανόνων ασαφούς λογικής και η μέθοδος εγγύτερου γείτονα. Το λογισμικό παρέχει την δυνατότητα συνδυασμού των δύο μεθόδων για την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων.

Η ασαφής λογική όπως έχει αναφερθεί απαιτεί την αναγωγή ενός χαρακτηριστικού σε ένα διάστημα (0-1) με χρήση συναρτήσεων συμμετοχής. Το λογισμικό του eCognition παρέχει μία πληθώρα συναρτήσεων συμμετοχής που επιτρέπουν το καθορισμό της σχέσης μεταξύ των τιμών του χαρακτηριστικού και τον βαθμό συμμετοχής σε μία κλάση βάσει ασαφούς λογικής.

Μεταξύ αυτών οι κυριότερες είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Larger than- συνάρτηση μορφής S: η συνάρτηση αυτή εκφράζει την έννοια «τιμή χαρακτηριστικού x μεγαλύτερη από α »
- ✓ Smaller than- συνάρτηση μορφής Z: Η συνάρτηση αυτή εκφράζει την αντίστροφη έννοια της συνάρτησης S, δηλαδή «τιμή χαρακτηριστικού x μικρότερη από β »
- ✓ Linear range, τριγωνική συνάρτηση: εκφράζει την έννοια «τιμή χαρακτηριστικού x κοντά στην τιμή α »
- ✓ Approximate Gaussian, συνάρτηση με μορφή καμπάνας: εκφράζει την ίδια έννοια με την τριγωνική συνάρτηση
- ✓ Full range, τραπεζοειδής συνάρτηση: εκφράζει την έννοια «τιμή χαρακτηριστικού x από α έως β »

Στην εικόνα 3.8 παρουσιάζονται οι δώδεκα συναρτήσεις συμμετοχής που διαθέτει το λογισμικό eCognition.



Εικόνα 2.8: Συναρτήσεις συμμετοχής eCognition

Οι συναρτήσεις συμμετοχής αποτελούν έναν απλό τρόπο ταξινόμησης των αντικειμένων. Έτσι για κάθε χαρακτηριστικό των αντικειμένων ορίζεται ο βαθμός συμμετοχής του, εάν για το αντικείμενο το εξεταζόμενο χαρακτηριστικό εντάσσεται στο εύρος της συνάρτησης συμμετοχής τότε του ανατίθεται η αντίστοιχη κατηγορία.

Ωστόσο, επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις μία κατηγορία ορίζεται με περισσότερα από ένα χαρακτηριστικά η ταξινόμηση οφείλει να συμπεριλάβει όλα τα κριτήρια. Για το σκοπό αυτό γίνεται συνδυασμός των επιμέρους βαθμών συμμετοχής και προσδιορίζεται μια τελική τιμή. Οι τελεστές $\text{and}(\min)$, $\text{or}(\max)$ κ.α. χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του τελικού βαθμού συμμετοχής. Ο τελεστής AND υποδηλώνει ότι οι κανόνες που εισάγονται για να ταξινομήσουν ένα αντικείμενο σε μία κατηγορία πρέπει να ισχύουν ταυτόχρονα, ενώ ο τελεστής OR ότι πρέπει να ισχύει τουλάχιστον ένας από τους κανόνες.

Εκτός από την ταξινόμηση βάσει ασαφούς λογικής με χρήση κατάλληλων κανόνων το λογισμικό του eCognition επιτρέπει την ταξινόμηση με τη μέθοδο του εγγύτερου γείτονα. Η μέθοδος αυτή καθορίζεται κυρίως από την ικανότητα του φωτοερμηνευτή και την γνώση της περιοχής μελέτης. Για την ταξινόμηση με αυτή τη μέθοδο επιλέγονται χαρακτηριστικά δείγματα κάθε κατηγορίας (περιοχές εκπαίδευσης) και με βάση τις φασματικές υπογραφές αυτών ταξινομείται το σύνολο των αντικειμένων της εικόνας στις αντίστοιχες κατηγορίες.

Έτσι, η διαδικασία της ταξινόμησης χρειάζεται πολλές περιοχές εκπαίδευσης με τον παράγοντα μεγέθους των αντικειμένων και τον αριθμό των δειγμάτων κάθε κλάσης να επηρεάζει σημαντικά το τελικό αποτέλεσμα. Η χρήση ιεραρχικών επιπέδων και η κατηγοριοποίηση των κλάσεων βελτιώνει το αποτέλεσμα της ταξινόμησης.

2.6.7. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Αφού γίνει η ταξινόμηση ακολουθεί η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της. Το στάδιο της αξιολόγησης είναι εξίσου σημαντικό καθώς προσδιορίζει το κατά πόσο λειτουργούν σωστά οι κανόνες και οι αλγόριθμοι που εφαρμόστηκαν στην διαδικασία της ταξινόμησης.

Ο χρήστης κάνει μία πρώτη εκτίμηση των αποτελεσμάτων κάνοντας φωτορμηνεία της εικόνας σε σχέση με την πραγματικότητα. Ωστόσο, αυτή η διαδικασία είναι εντελώς υποκειμενική και ενέχει την πιθανότητα λάθους εκτίμησης. Το λογισμικό του eCognition παρέχει τη δυνατότητα αξιολόγησης των αποτελεσμάτων με στατιστικά στοιχεία που προσδιορίζονται με σύγκριση της συμπεριφοράς των κλάσεων μεταξύ τους και σε σχέση με δειγματοληπτικά αντικείμενα.

Μία από της μεθόδους αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης είναι η δημιουργία πίνακα σύγκυσης σφάλματος βασισμένη σε μάσκα επίγειου ελέγχου (Error Matrix Based on TTA Mask). Στη συγκεκριμένη μέθοδο συλλέγονται δειγματοληπτικά αντικείμενα από κάθε κατηγορία, τα οποία θα αποτελέσουν δείγματα ελέγχου, για να γίνει αξιολόγηση του αποτελέσματος της ταξινόμησης. Βασική προϋπόθεση του ορθού ελέγχου είναι ο χρήστης να γνωρίζει ότι τα δείγματα ανήκουν σε συγκεκριμένη κατηγορία.

Αφού γίνει η συλλογή των δειγμάτων το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας μάσκας επίγειου ελέγχου ώστε να γίνει σύγκριση της ταξινόμησης με τα αληθή δεδομένα. Έτσι, οι κατηγορίες της μάσκας αντιστοιχούνται με εκείνες της ταξινόμησης και δημιουργείται ένας πίνακας σύγκυσης. Ο πίνακας αυτός παρουσιάζει στατιστικά το πλήθος των εικονοστοιχείων της ταξινόμησης που καλύπτονται από το πλήθος των εικονοστοιχείων της μάσκας. Επίσης, συμπεριλαμβάνει τα σφάλματα παράλειψης και τα σφάλματα συμπερίληψης μεταξύ των κατηγοριών.

3. Μεθοδολογία

Σκοπός της παρούσας μελέτης αποτέλεσε η αυτόματη εξαγωγή των χώρων καταφυγής αστικών περιοχών σε περίπτωση σεισμού. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν ψηφιακές δορυφορικές εικόνες υψηλής ακρίβειας και έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία στο λογισμικό eCognition προέκυψαν οι χώροι καταφυγής. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω της διαδικασίας ελέγχονται με χάρτες χώρων καταφυγής της πολιτικής προστασίας.

3.1. Δεδομένα

Για το σκοπό της παρούσας διπλωματικής εργασίας επιλέχθηκαν τρεις γεωαναφερμένες εικόνες υψηλής ανάλυσης των αστικών περιοχών Ηρακλείου, Χανίων και Αθηνών καθώς και ένα Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) του Κτηματολογίου με ανάλυση 5μ. Οι εικόνες του Ηρακλείου είναι εικόνες Quickbird ενώ των Αθηνών IKONOS.

Η εικόνα του Ηρακλείου είναι Quickbird pansharpned και η λήψη της έγινε στις 28 Μαΐου του 2002. Διαθέτει 4 κανάλια, κόκκινο (630nm-690nm), πράσινο (520nm-600nm), μπλε (450nm-520nm) και εγγύς υπέρυθρο (760nm-900nm) με ανάλυση 0,7 m καθώς στα τέσσερα πολυφασματικά κανάλια έχει συγχωνευτεί το παγχρωματικό κανάλι του δορυφόρου.

Ομοίως, η εικόνα για την περιοχή των Χανίων είναι Quickbird pansharpned με ημερομηνία λήψης 3 Οκτωβρίου 2004. Διαθέτει επίσης 4 πολυφασματικά κανάλια (κόκκινο, πράσινο, μπλε, εγγύς υπέρυθρο) και διαχωριστική ικανότητα 0,7 m. Όπως είναι σαφές η μεγάλη διαχωριστική ικανότητα των εικόνων Quickbird δίνει τη δυνατότητα διαχωρισμού των κατηγοριών σε ένα τόσο σύνθετο περιβάλλον όπως είναι το αστικό.

Για την περιοχή των Αθηνών, ωστόσο, επιλέχθηκε μία εικόνα από τον δορυφόρο IKONOS με ημερομηνία λήψης 23 Μαρτίου 2000. Η εικόνα διαθέτει 4 πολυφασματικά κανάλια (κόκκινο, πράσινο, μπλε, εγγύς υπέρυθρο) με ανάλυση 4m. Η μικρότερη διαχωριστική ικανότητα της εικόνας IKONOS απαιτεί την διαφοροποίηση σε ένα βαθμό της διαδικασίας της ταξινόμησης. Στην εικόνα αυτή προστέθηκαν δύο επιπλέον επίπεδα με πληροφορία για τα υψόμετρα και τις κλίσεις στην περιοχή που προήλθαν από το ΨΜΕ.

3.2. Διαδικασία ανάλυσης

Πρώτο βήμα της μεθοδολογίας που ακολουθείται είναι η διαδικασία της φωτοερμηνείας της εκάστοτε εικόνας. Σε αυτό το στάδιο επιλέγονται οι κατάλληλες κατηγορίες που αποτελούν τη βάση για την δημιουργία μιας ορθής ταξινόμησης. Καθώς οι περιοχές που επεξεργάστηκαν είναι αμιγώς αστικές περιοχές οι περισσότερες κατηγορίες είναι ίδιες όπως οι περιοχές βλάστησης, τα κτίρια, οι δρόμοι, οι υδάτινες επιφάνειες, το γυμνό έδαφος κ.α. Αναλυτικότερα περιγράφονται οι κατηγορίες σε κάθε εικόνα ξεχωριστά.

Αφού γίνει η επιλογή των κατηγοριών μέσω της διαδικασίας της φωτοερμηνείας επόμενο βήμα της επεξεργασίας αποτελεί η κατάτμηση των εικόνων. Όπως έχει αναφερθεί οι κατατμήσεις αποτελούν ένα σημαντικό βήμα στη διαδικασία της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης αφού καθορίζουν τα πρωταρχικά δεδομένα. Η διαδικασία των πολλαπλών κατατμήσεων είναι μία επαναλαμβανόμενη διαδικασία έως ότου τα αντικείμενα που προκύπτουν είναι κατάλληλα για το σκοπό της ταξινόμησης ενώ εκτός από τα αντικείμενα καθορίζουν και το ιεραρχικό δίκτυο πάνω στο οποίο θα δομηθεί η βάση γνώσης για την ταξινόμηση των αντικειμένων.

Μετά την ολοκλήρωση των κατατιμήσεων και τη δημιουργία επιπέδων πραγματοποιείται η ταξινόμηση σε κάθε επίπεδο. Για το σκοπό αυτό διαμορφώνονται οι κατάλληλοι κανόνες ώστε μέσω ασαφούς λογικής κάθε αντικείμενο να ταξινομηθεί στην σωστή κατηγορία. Η διαδικασία αυτή είναι επαναλαμβανόμενη καθώς ανάλογα με τα αποτελέσματα γίνονται διορθώσεις τόσο στο στάδιο των κατατιμήσεων όσο και της διαμόρφωσης των κανόνων. Μέσα από αυτή τη κυκλική διαδικασία επιδιώκεται η βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης στόχος είναι η εξαγωγή των χώρων καταφυγής, έτσι με βάσει τα κριτήρια της πολιτικής προστασία που ορίζουν τους χώρους καταφυγής τα οποία μεταφράζονται σε κανόνες προκύπτουν τα τελικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, αφού γίνει συνένωση των κατηγοριών της αρχικής ταξινόμησης που μπορεί να αποτελέσουν χώρους καταφυγής θέτονται νέοι κανόνες ως προς το κατάλληλο μέγεθος των χώρων αυτών και μέσω της ασαφώς λογικής τα νέα αντικείμενα ταξινομούνται ως χώροι καταφυγής.

Αφού προκύψουν οι τελικοί χώροι καταφυγής πραγματοποιείται έλεγχος των αποτελεσμάτων με βάση μάσκα επίγειου ελέγχου. Τα δείγματα ελέγχου έχουν προκύψει μετά από ψηφιοποίηση των χαρτών χώρων καταφυγής της πολιτικής προστασίας. Τέλος, γίνεται εκτίμηση των αποτελεσμάτων και διορθώσεις επί της διαδικασίας για την βελτιστοποίησή τους.

4. Υλοποίηση

4.1. Περιοχές μελέτης

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης επιλέχθηκαν τρεις αστικές περιοχές της Ελλάδας καθώς εκεί παρατηρείται η μεγαλύτερη έλλειψη χώρων καταφυγής. Η Αθήνα, το Ηράκλειο της Κρήτης και τα Χανιά είναι τρεις πόλεις όπου η δόμηση είναι συνεχής και πυκνή με αποτέλεσμα σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης να μην υπάρχει δυνατότητα εύρεσης ελεύθερων χώρων από το σύνολο των κατοίκων.

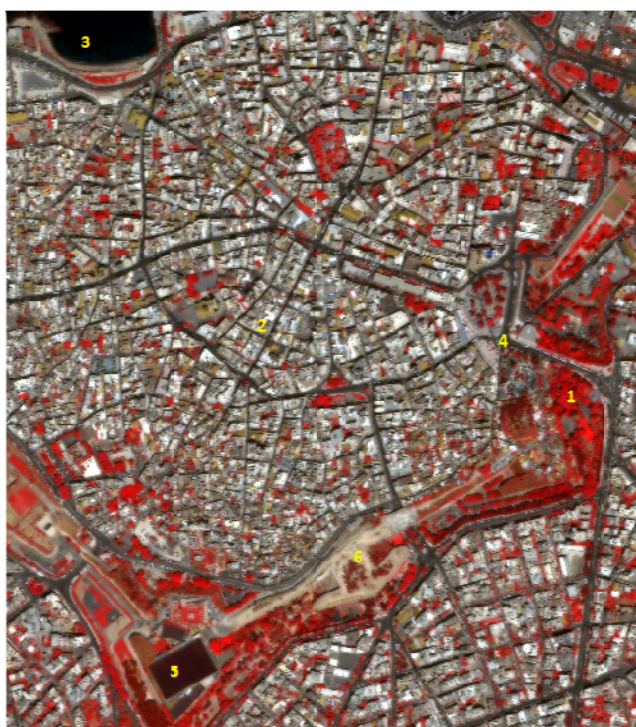
Άλλος ένας λόγος που επιλέχθηκαν αυτές οι τρεις περιοχές είναι το γεγονός ότι η Πολιτική Προστασία, ο Δήμος ή και άλλες δημόσιες αρχές σε αυτές τις περιοχές έχουν δημιουργήσει λίστες και χάρτες με προτεινόμενους χώρους καταφυγής σε περίπτωση σεισμού. Τα δεδομένα αυτά θα αξιοποιηθούν για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων.

4.2. Περιοχή μελέτης Ηρακλείου (ΠΜ1)

4.2.1. Φωτοερμηνείο ΠΜ1- εικόνα Quickbird

Το πρώτο στάδιο για την υλοποίηση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης των τηλεπισκοπικών δεδομένων αποτελεί η φωτοερμηνεία της εικόνας σύμφωνα με την οποία επιλέγονται οι κατηγορίες ταξινόμησης.

Στην εικόνα 5.1 παρουσιάζονται οι έξι κατηγορίες που επιλέχθηκαν για την ταξινόμηση της εικόνας της περιοχής του Ηρακλείου.



1. Βλάστηση
2. Κτίρια
3. Νερό
4. Δρόμοι
5. Ποτισμένη βλάστηση
6. Έδαφος

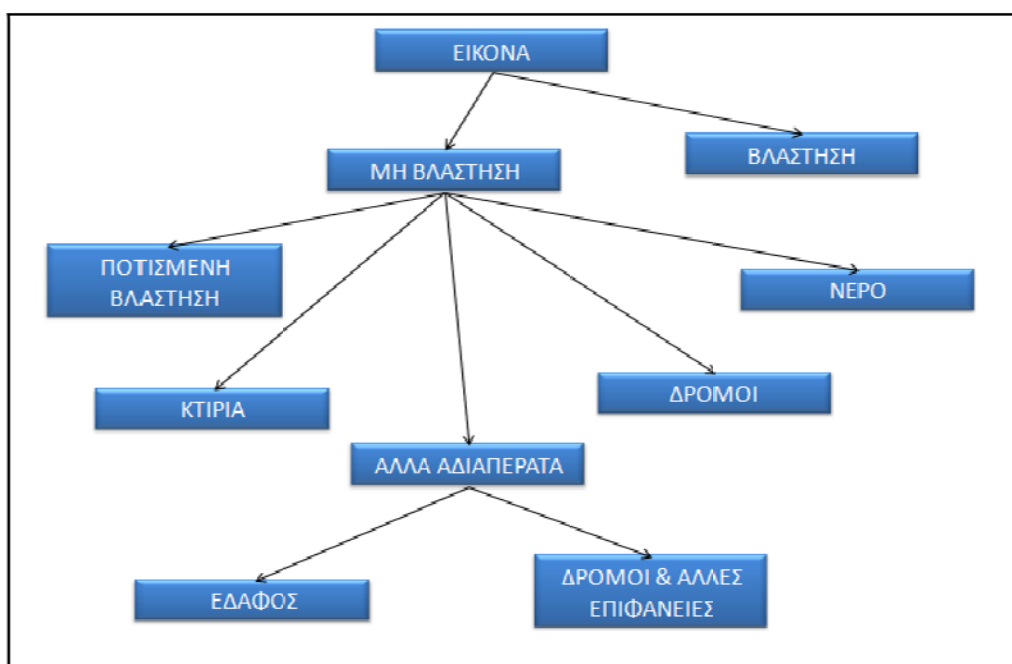
Εικόνα 4.1: Περιοχή μελέτης 1-Ηράκλειο (έγχρωμο σύνθετο 4-3-2/ εικόνα Quickbird)

Για τον καλύτερο διαχωρισμό των κατηγοριών χρησιμοποιείται το έγχρωμο σύνθετο 4-3-2, το οποίο ενδείκνυται για την παρουσίαση των χρήσεων γης. Έτσι, όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.1 με κόκκινο χρώμα αποτυπώνεται η βλάστηση (η οποία έχει μεγάλη ανακλαστικότητα στο εγγύς υπέρυθρο), με μαύρο χρώμα το νερό και οι ποτισμένες

επιφάνειες ενώ δρόμοι και κτίρια διακρίνονται κυρίως βάσει της υψής τους και του σχήματός τους.

Η παραπάνω διαδικασία αποτελεί το πρώτο στάδιο της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης ενώ τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τον διαχωρισμό τους μπορούν να μεταφραστούν σε κανόνες ώστε να γίνει μία επιτυχημένη ταξινόμηση.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ιεραρχία των επιλεγμένων κατηγοριών για την εικόνα του Ηρακλείου. Σε πρώτο επίπεδο διαχωρίζεται η βλάστηση από τις υπόλοιπες κατηγορίες. Στη συνέχεια προσδιορίζονται οι υπόλοιπες κατηγορίες όπως νερό, κτίρια, δρόμοι και αδιαπέραστες επιφάνειες και τέλος αυτές σε έδαφος και λοιπές τεχνητές επιφάνειες.



Διάγραμμα 4.1: Ιεραρχία κατηγοριών ταξινόμησης ΠΜ1

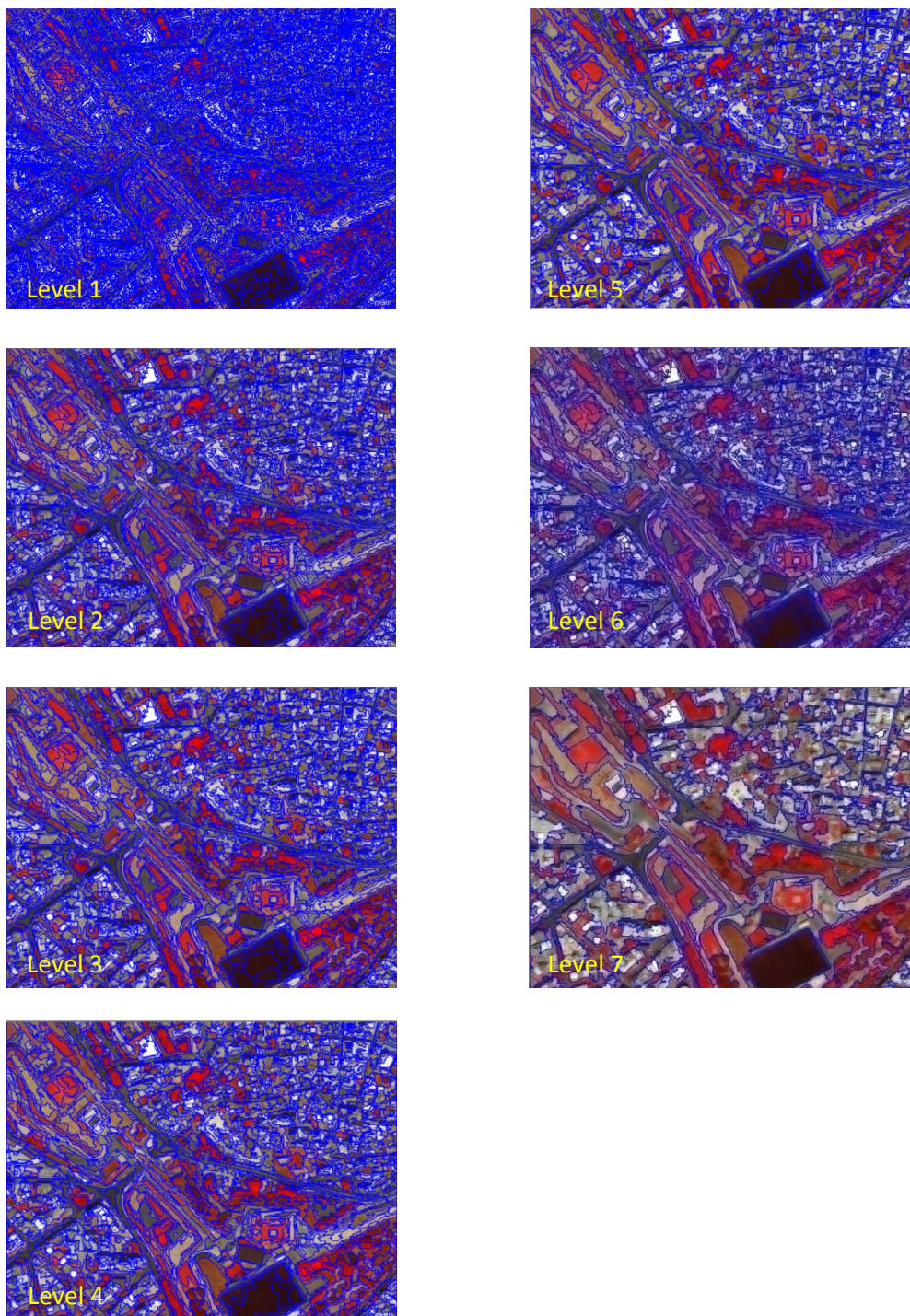
4.2.2. Κατάτμηση πολλαπλών επιπέδων ΠΜ1

Αφού γίνει η επιλογή των κατηγοριών που απαιτούνται για την συγκεκριμένη εφαρμογή με βάση την φωτοερμηνεία της εικόνας ξεκινά η διαδικασία της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης.

Όπως έχει αναφερθεί, πρώτο βήμα της διαδικασίας αυτής αποτελεί η κατάτμηση πολλαπλών επιπέδων όπου θα δημιουργηθούν τα αντικείμενα τα οποία εν συνεχεία θα ταξινομηθούν σύμφωνα με τους κανόνες που θα εφαρμοστούν.

Η κατάτμηση των εικόνων είναι μία διαδικασία που περιλαμβάνει πολλές δοκιμές και ελέγχους έτσι ώστε να προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα, δηλαδή μία σειρά κατατμήσεων όπου τα αντικείμενα θα μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης.

Για την περιοχή του Ηρακλείου δημιουργήθηκαν επτά επίπεδα κατάτμησης όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 5.2. Τα κριτήρια κατάτμησης επιλέχθηκαν ώστε το κάθε επίπεδο να εξυπηρετεί τις ανάγκες για τις οποίες δημιουργήθηκε.

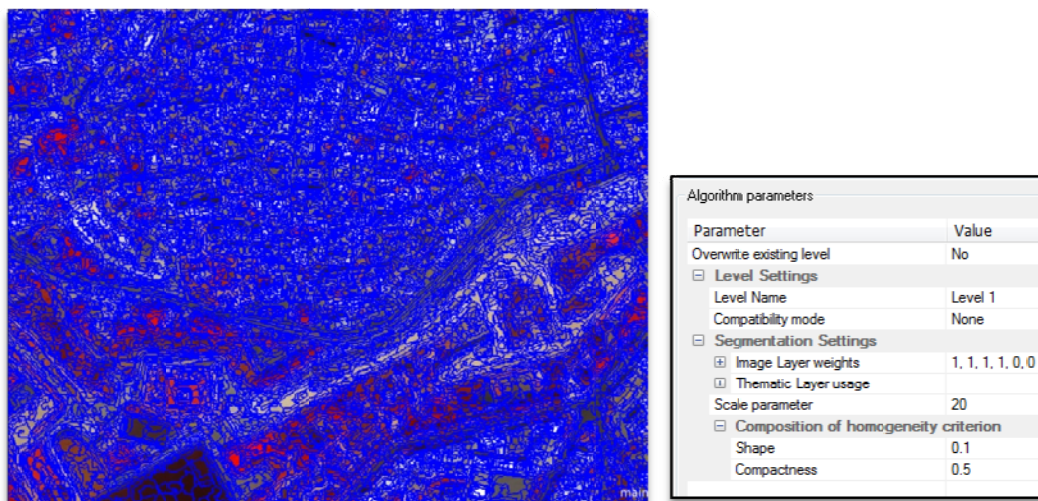


Εικόνα 4.2: Επίπεδα κατάτμησης ΠΜ1

Κατάτμηση 1^{ου} επιπέδου ΠΜ1

Η κατάτμηση 1^{ου} επιπέδου έχει ως στόχο τον διαχωρισμό της βλάστησης από τις υπόλοιπες κατηγορίες. Για το σκοπό αυτό έγιναν διάφορες δοκιμές ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Από τις δοκιμές προέκυψε ότι η βλάστηση αναδεικνύεται καλύτερα σε μικρές κλίμακες όπου τα αντικείμενα είναι πιο ομοιογενή ενώ βάρος δίνεται στο φασματικό κριτήριο.

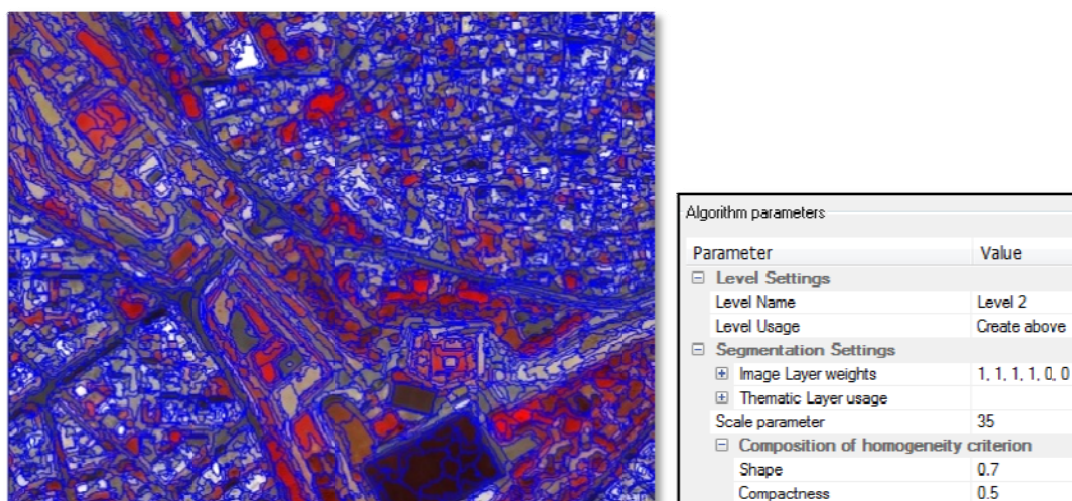
Στην εικόνα 5.3 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κριτήρια της κατάτμησης του πρώτου επιπέδου μαζί με το αποτέλεσμα που προέκυψε. Η κατάτμηση του πρώτου επιπέδου εφαρμόζεται σε επίπεδο εικονοστοιχείου ενώ τα επόμενα επίπεδα παίρνουν ως στοιχεία εισόδου τα αντικείμενα που αμέσως μικρότερου επιπέδου. Η διαδικασία αυτή εξυπηρετεί τόσο τη διατήρηση των ορίων των αντικειμένων σε οποιοδήποτε επίπεδο όσο και την ελαχιστοποίηση του χρόνου εκτέλεση της κατάτμησης.



Εικόνα 4.3: Κατάτμηση 1^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1

Κατάτμηση 2^{ου} επιπέδου ΠΜ1

Το δεύτερο επίπεδο κατάτμησης αποσκοπεί στον διαχωρισμό των κτιρίων. Έτσι δόθηκε μεγαλύτερο βάρος στο σχήμα των αντικειμένων σε σχέση με το φασματικό κριτήριο ώστε να δημιουργηθούν αντικείμενα κανονικού σχήματος όπως είναι και το σχήμα των κτιρίων. Η κλίμακα που χρησιμοποιείται είναι μεγαλύτερη του πρώτου επιπέδου (35) δημιουργώντας μεγαλύτερα αντικείμενα διατηρώντας τα όρια των αντικειμένων του πρώτου επιπέδου.

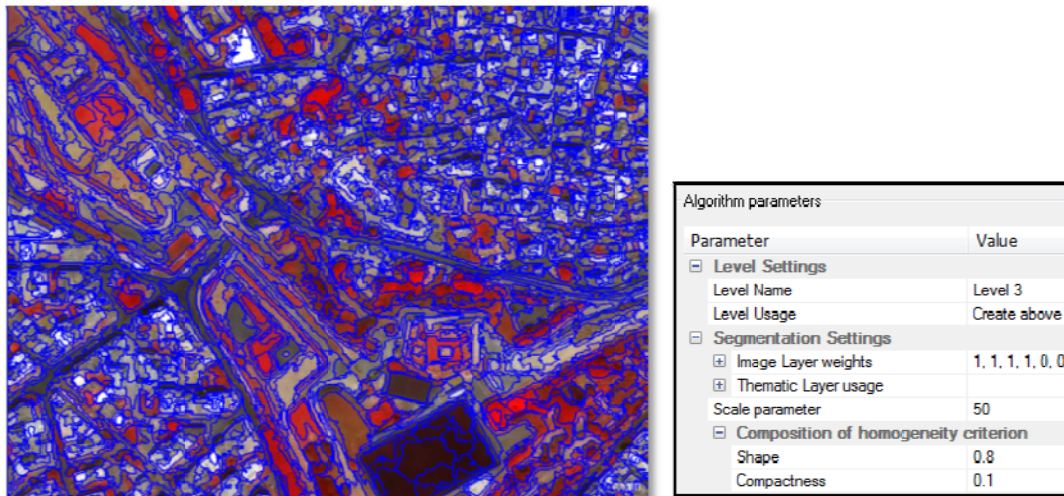


Εικόνα 4.4: Κατάτμηση 2^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1

Κατάτμηση 3^{ου} επιπέδου ΠΜ1

Το τρίτο επίπεδο κατάτμησης δημιουργείται για εποπτικούς σκοπούς. Με κλίμακα 50 και με μεγαλύτερο βάρος στο κριτήριο του σχήματος και στο λείο της οριογραμμής τα αντικείμενα που προκύπτουν έχουν ανάλογη ομοιογένεια με του 2^{ου} επιπέδου με τη διαφορά ότι επιδιόκονται αντικείμενα με πιο λεία οριογραμμή.

Ένα τέτοιο επίπεδο κατάτμησης θα μπορούσε επίσης να αξιοποιηθεί για την μελέτη των κτιρίων της αστικής περιοχής όπως και το δεύτερο επίπεδο.

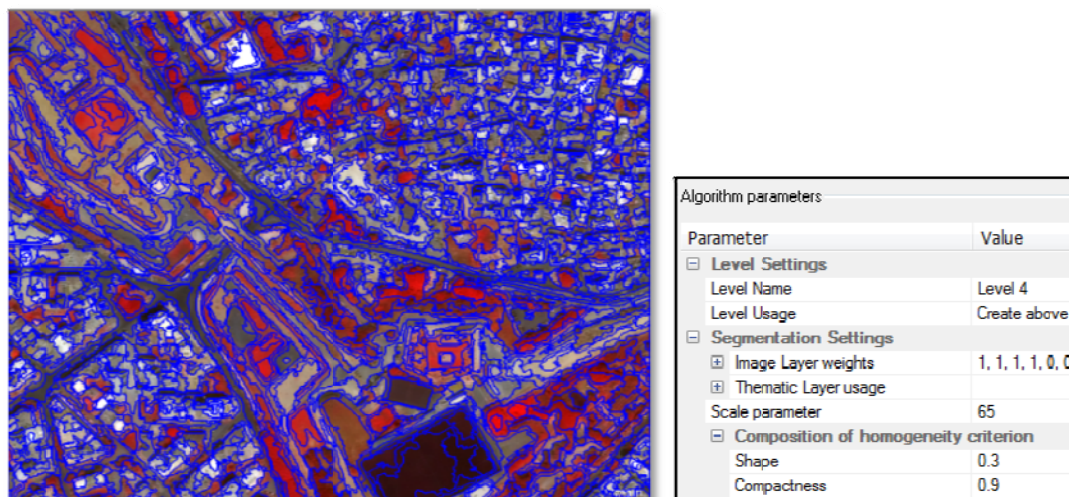


Εικόνα 4.5: Κατάτμηση 3^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1

Κατάτμηση 4^{ου} επιπέδου

Το τέταρτο κριτήριο κατάτμησης αποσκοπεί στη δημιουργία μεγαλύτερων αντικειμένων δίνοντας παράλληλα μεγαλύτερο βάρος στο σχήμα των αντικειμένων από ότι στο φασματικό κριτήριο. Επιλέγεται επίσης μεγάλο βάρος στο λείο της οριογραμμής των αντικειμένων που θα δημιουργηθούν. Στόχος της κατάτμησης είναι ο διαχωρισμός των δρόμων καθώς με τα κριτήρια που τίθενται δημιουργούνται μεγάλα επιμήκη αντικείμενα όπως οι δρόμοι και με τη χρήση κατάλληλων κανόνων ταξινομούνται τα αντικείμενα που ανήκουν στην κατηγορία των δρόμων.

Στην εικόνα 5.6 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 4^{ου} επιπέδου και τα κριτήρια που επιλέγονται για αυτή την κατάτμησης. Η κλίμακα της κατάτμησης του επιπέδου αυτού είναι 65 και δημιουργούνται μεγάλα και επιμήκη αντικείμενα.

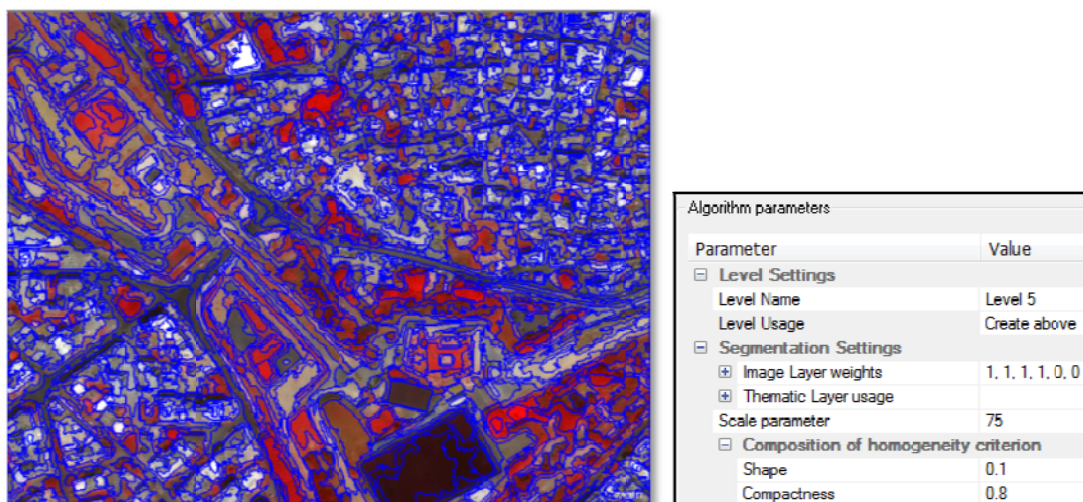


Εικόνα 4.6: Κατάτμηση 4^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1

Κατάτμηση 5^{ου} επιπέδου

Για την τελική ταξινόμηση δημιουργείται το πέμπτο επίπεδο κατάτμησης όπου συγκεντρώνονται οι κατηγορίες ώστε να δημιουργηθεί ένας χάρτης χρήσεων γης για την

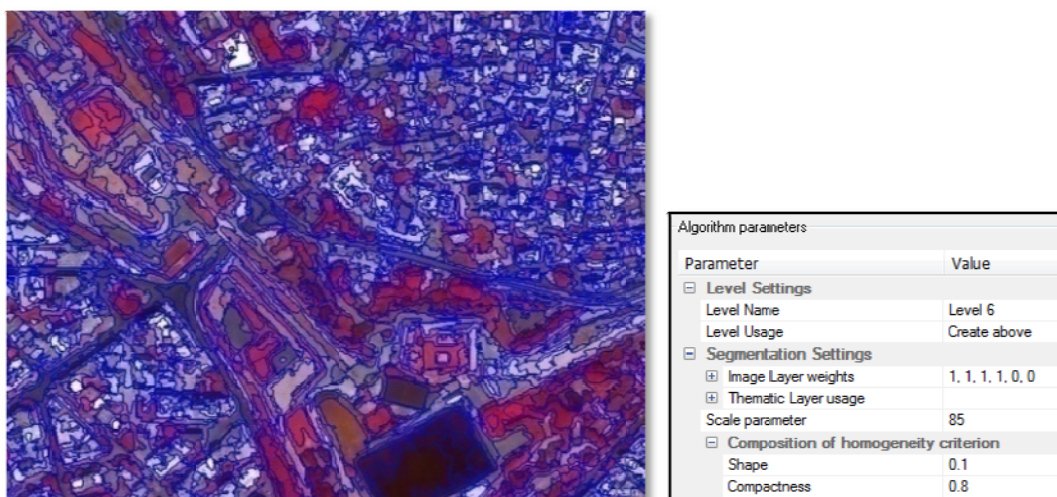
περιοχή του Ηρακλείου. Στην εικόνα 5.7 παρατηρείται το αποτέλεσμα της εν λόγω κατάτμησης καθώς και τα κριτήρια. Όπως φαίνεται τα κριτήρια που επιλέγονται είναι μεγάλο βάρος στο φασματικό κριτήριο και στο συμπαγές του σχήματος ενώ η κλίμακα του είναι 75.



Εικόνα 4.7: Κατάτμηση 5^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1

Κατάτμηση 6^{ου} επιπέδου

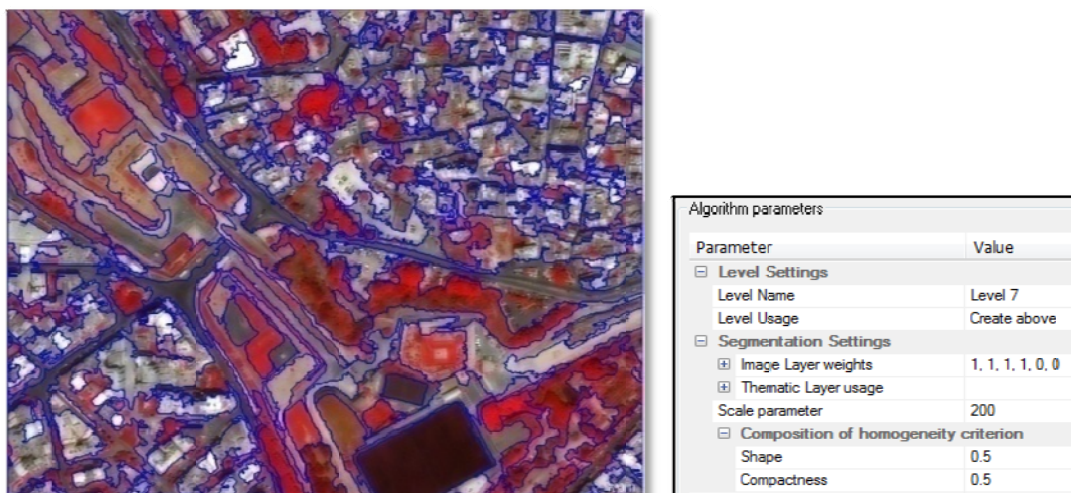
Το έκτο επίπεδο κατάτμησης δημιουργείται ώστε εκεί να γίνει η ταξινόμηση των χώρων καταφυγής. Επιλέγεται να είναι παρόμοιας κλίμακας με το προηγούμενο επίπεδο όπου έχει γίνει η ταξινόμηση των κατηγοριών χρήσεων γης και με ίδια φασματικά κριτήρια και κριτήρια σχήματος ώστε να δημιουργηθούν παρόμοια αντικείμενα. Αυτή η επιλογή γίνεται ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβής ο καθορισμός των τάξεων μεταξύ των δύο επιπέδων και να μην υπάρξουν μεγάλες διαφοροποιήσεις.



Εικόνα 4.8: Κατάτμηση 6^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1

Κατάτμηση 7^{ου} επιπέδου

Τελευταίο επίπεδο κατάτμησης για την εικόνα Quickbird της περιοχής του Ηρακλείου είναι το 7^ο επίπεδο όπου δημιουργούνται μεγάλα αντικείμενα καθώς η κλίμακα που επιλέγεται είναι 200. Το επίπεδο αυτό είναι βοηθητικό για τον καλύτερο διαχωρισμό των κτιρίων όπως θα δούμε και στη συνέχεια. Στην εικόνα 5.9 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 7^{ου} επιπέδου και τα κριτήρια κατάτμησης.



Εικόνα 4.9: Κατάτμηση 7^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης ΠΜ1

4.2.3. Ταξινόμηση ΠΜ1

Αφού πραγματοποιείται η κατάτμηση πολλών επιπέδων με τα κριτήρια που παρουσιάζονται εκτενώς παραπάνω και δημιουργηθούν όλα τα επίπεδα κατάτμησης ορίζεται η βάση γνώσης για την ταξινόμηση των αντικειμένων κάθε επιπέδου. Οι κανόνες που δημιουργούνται βάσει των χαρακτηριστικών των αντικειμένων ορίζουν την ταξινόμησή τους στην αντίστοιχη κατηγορία χρήσης γης.

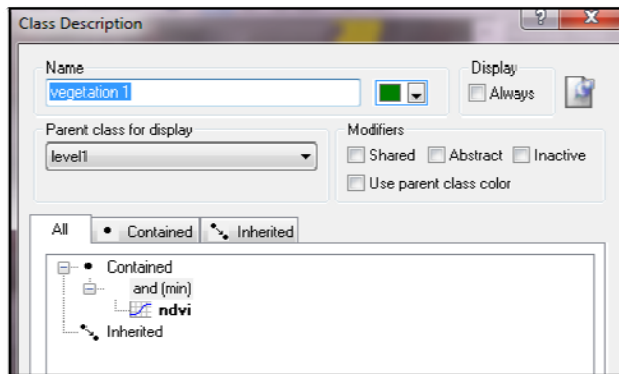
Στο διάγραμμα 5.2 παρουσιάζεται η ροή της ταξινόμησης που προέκυψε έπειτα από σειρά δοκιμών και επαναλήψεων. Για την εφαρμογή της ταξινόμησης επιλέγεται η Ιεραρχική Ταξινόμηση (Hierarchical Classification)

Διάγραμμα 4.2: Διάγραμμα ροής ταξινόμησης ΠΜ1 σε εικόνα Quickbird

Ταξινόμηση 1^{ου} επιπέδου

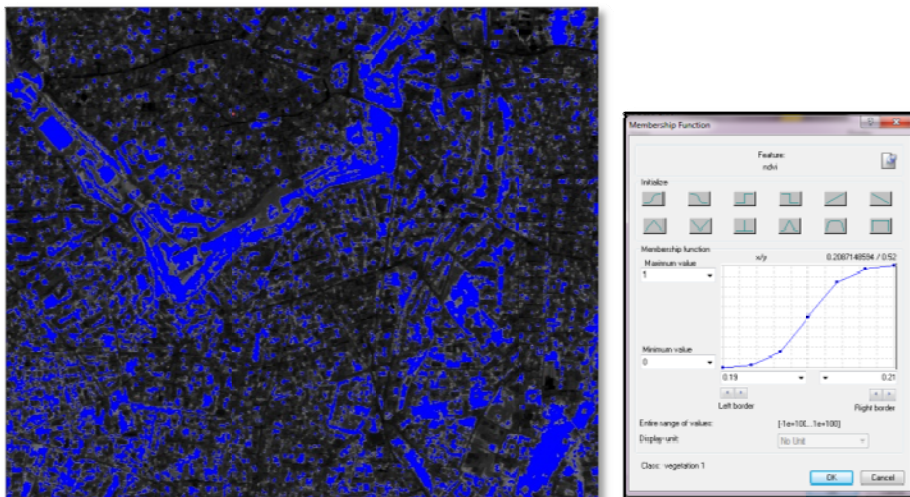
Το πρώτο επίπεδο κατάτμησης θεωρείται κατάλληλο για την ταξινόμηση των περιοχών βλάστησης και τον διαχωρισμό τους από τις υπόλοιπες χρήσεις γης. Για το σκοπό αυτό επιλέγεται ο κατάλληλος κανόνας και με ασαφή λογική αποδίδονται τα χαρακτηριστικά της κλάσης στα αντίστοιχα αντικείμενα.

Ο κανόνας που επιλέγεται για τον διαχωρισμό της βλάστησης είναι ο δείκτης NDVI ο οποίος περιγράφεται αναλυτικά σε προηγούμενο εδάφιο και αποτελεί τον καταλληλότερο δείκτη για την αναγνώριση της βλάστησης. Στην εικόνα 5.10 που ακολουθεί παρουσιάζεται η κλάση της βλάστησης που δημιουργείται για την ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου (vegetation 1) και το χαρακτηριστικό βάση του οποίου θα ταξινομηθεί.



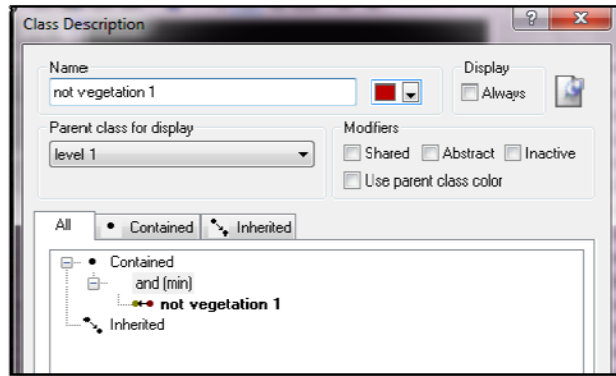
Εικόνα 4.10: Περιγραφή χαρακτηριστικού NDVI στην κλάση vegetation 1

Για την εφαρμογή του δείκτη NDVI επιλέγονται τιμές ασάφειας από 0,19 έως 0,21 και συνάρτηση της μορφής S θετικής κλίσης όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.11.



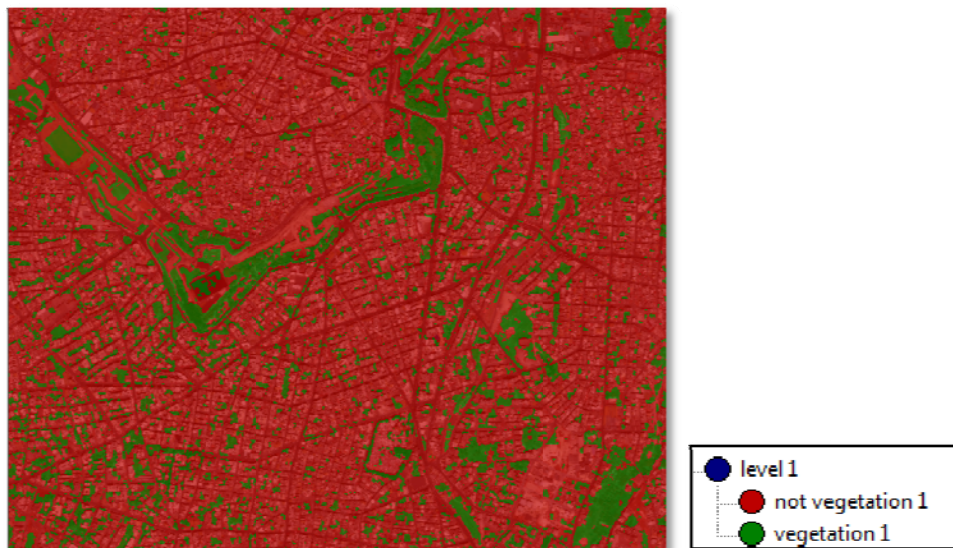
Εικόνα 4.11: Απεικόνιση δείκτη βλάστησης NDVI και κριτήρια συμμετοχής

Στην ταξινόμηση αυτού του επιπέδου επιλέγεται μόνο μία ακόμη κατηγορία μη βλάστησης (not vegetation) για να απομονωθούν τα αντικείμενα της βλάστησης. Το κριτήριο που επιλέγεται για αυτή την κατηγορία είναι σε σχέση με την κατηγορία της βλάστησης αντιστρέφοντας το κριτήριο ομοιότητας με την κλάση (similarity to classes).



Εικόνα 4.12: Χαρακτηριστικά κατηγορίας μη βλάστηση (not vegetation 1)

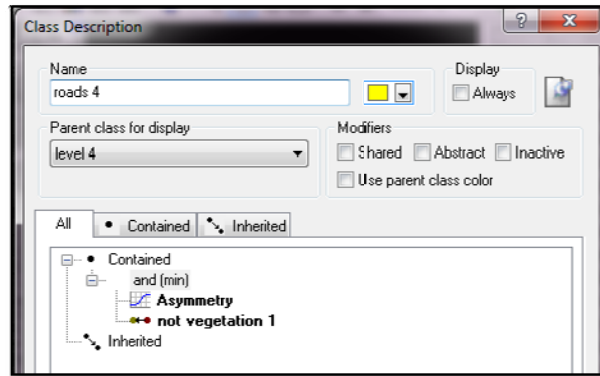
Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του πρώτου επιπέδου κατάτμησης παρουσιάζεται στην εικόνα 5.13. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι περιοχές βλάστησης και με κόκκινο οι υπόλοιπες περιοχές της εικόνας



Εικόνα 4.13: Αποτελέσματα ταξινόμησης 1^{ου} επιπέδου κατάτμησης, PM1 –εικόνα Quickbird

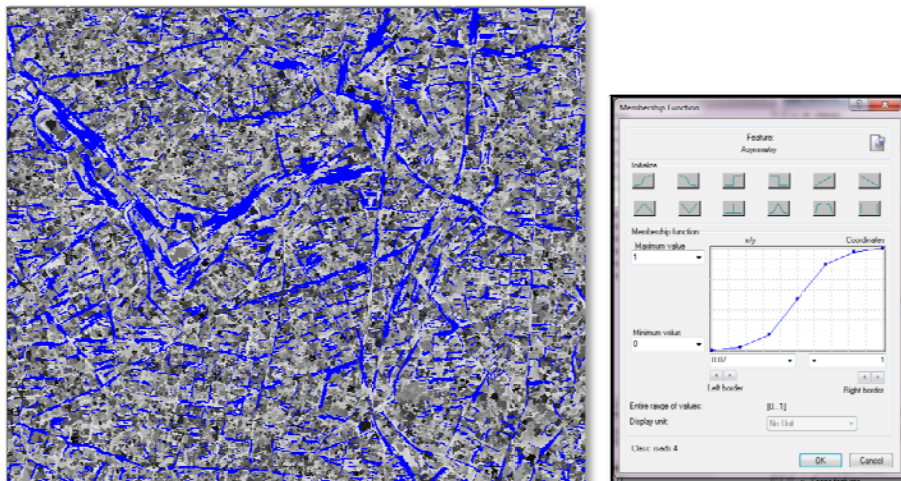
Ταξινόμηση 4^{ου} επιπέδου

Στο 4^ο επίπεδο κατάτμησης επιλέγεται οι δημιουργία 2 κλάσεων ώστε να διαχωριστούν κυρίως βάσει σχήματος τα γραμμικά αντικείμενα των δρόμων. Έγιναν αρκετές δοκιμές ώστε να προκύψει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα το οποίο να αναδεικνύει τους δρόμους της περιοχής μελέτης. Χαρακτηριστικά γεωμετρίας όπως το μήκος, η ασυμμετρία, ο λόγος μήκος προς πλάτος κ.α. αποτελούν χαρακτηριστικά που αναδεικνύουν επιμήκη αντικείμενα ωστόσο στην περιοχή του Ηρακλείου επιλέγεται το χαρακτηριστικό της ασυμμετρίας ως ιδανικό. Επίσης, για να αποφευχθούν αστοχίες επιλέγεται μαζί με το κριτήριο ασυμμετρία να ισχύει ταυτόχρονα (τελεστής AND) και το αντίστροφο της ομοιότητας με την κατηγορία της βλάστησης του προηγούμενου επιπέδου. Τα χαρακτηριστικά που επιλέγονται για την ταξινόμηση των δρόμων παρουσιάζονται στην εικόνα 5.14.



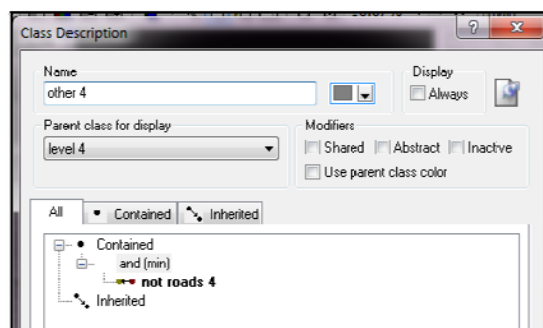
Εικόνα 4.14: Χαρακτηριστικά κατηγορίας δρόμων (roads 4) ΠΜ1

Οι τιμές ασάφειας που επιλέγονται για την εφαρμογή του δείκτη ασυμμετρίας είναι από 0,87 έως 1 με συνάρτηση της μορφής S θετικής κλίσης όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 5.15.



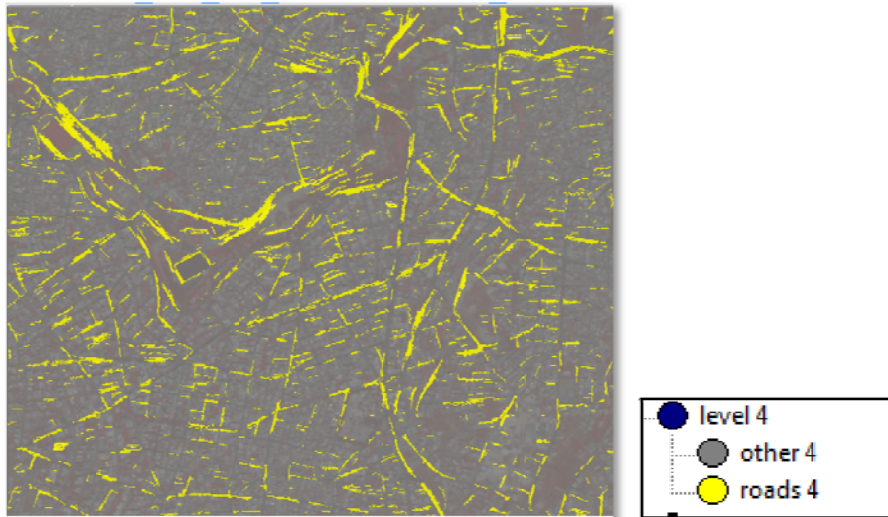
Εικόνα 4.15: Απεικόνιση δείκτη ασυμμετρίας και κριτήρια συμμετοχής

Για τον καλύτερο διαχωρισμό των δρόμων επιλέγεται η δημιουργία μιας κλάσης που θα συμπεριλαμβάνει τα υπόλοιπα αντικείμενα, δηλαδή όσα αντικείμενα δεν ταξινομούνται ως δρόμοι. Η κλάση αυτή ονομάζεται «άλλο» (other 4) και ορίζεται με το αντίστροφο κριτήριο ομοιότητας με την κλάση των δρόμων.



Εικόνα 4.16: Χαρακτηριστικά κατηγορίας «άλλο» (other 4)

Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου παρουσιάζεται στην εικόνα 5.17 που ακολουθεί. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται η κατηγορία των δρόμων και με γκρι τα υπόλοιπα αντικείμενα.



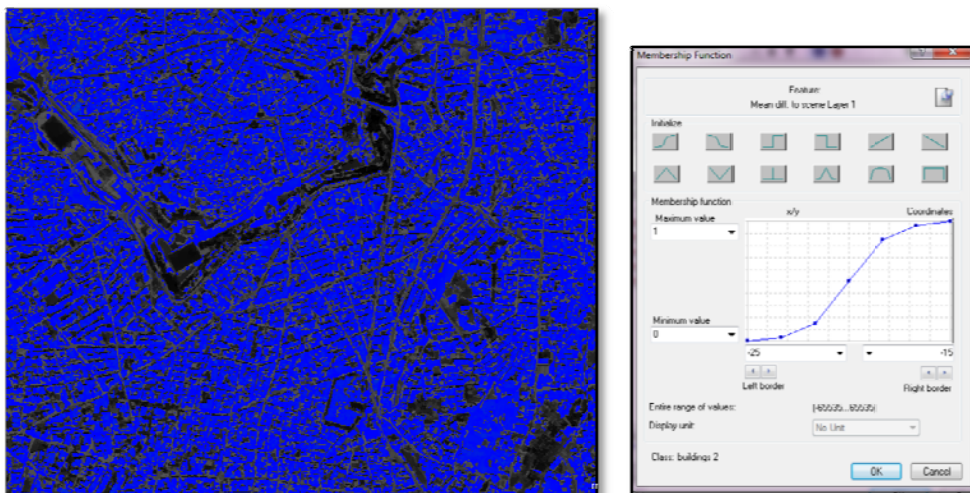
Εικόνα 4.17: Αποτελέσματα ταξινόμησης 1^{ου} επιπέδου, ΠΜ1, εικόνα Quickbird

Ταξινόμηση 2^{ου} επιπέδου

Στο δεύτερο επίπεδο κατάτμησης δημιουργούνται πέντε κλάσεις τα κτίρια, οι υδάτινες επιφάνειες, η βλάστηση, οι δρόμοι και η κατηγορία άλλο. Για την ταξινόμηση των κλάσεων επιλέγονται τα κατάλληλα χαρακτηριστικά.

Συγκεκριμένα, για την κατηγορία των κτιρίων δημιουργούνται δύο δείκτες. Ο πρώτος δείκτης είναι ο λόγος κόκκινο καναλιού προς πράσινο με τον οποίο αναδεικνύονται τα κτίρια με κεραμοσκεπές ενώ για τα κτίρια με τσιμεντένιες στέγες επιλέγεται το χαρακτηριστικό Mean diff. to scene για το μπλε κανάλι.

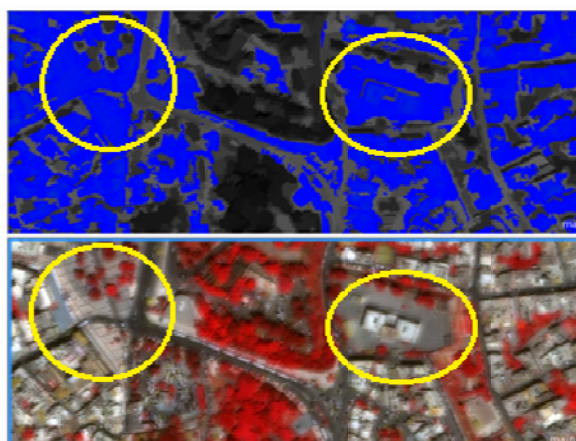
Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται το αποτέλεσμα του δείκτη Mean diff. to scene Layer 1 με τιμές ασάφειας από -25 έως -15 και συνάρτηση μορφής S θετικής κλίσης.



Εικόνα 4.18: Απεικόνιση δείκτη Mean diff. to scene Layer 1 και κριτήρια συμμετοχής

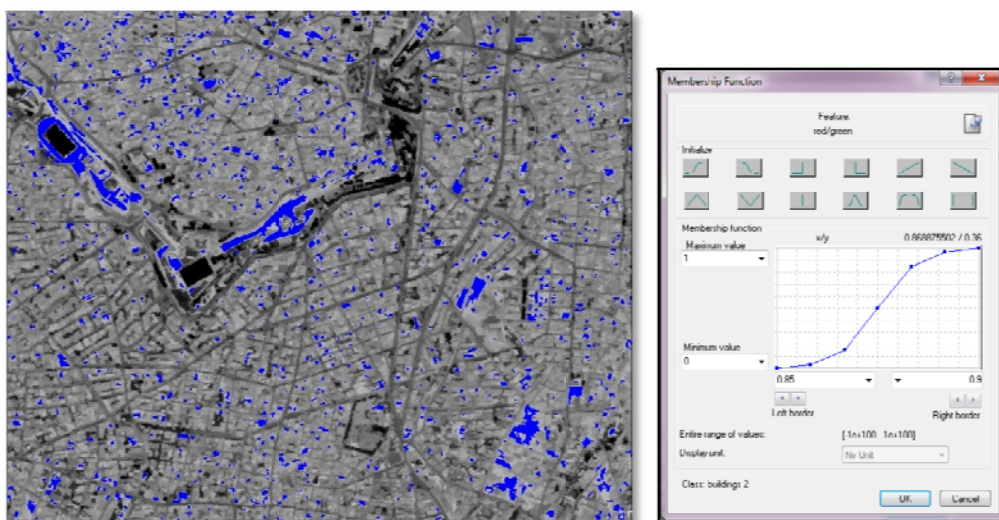
Όπως παρατηρείται στην εικόνα 5.19 με το κριτήριο αυτό επιλέγονται και κάποια αντικείμενα που δεν είναι κτίρια όπως πλατείες, χώροι στάθμευσης κ.α. Η αστοχία αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι αυτές οι περιοχές έχουν ίδια φασματικά χαρακτηριστικά με εκείνα των κτιρίων με ταράτσες καθώς αποτελούνται από το ίδιο υλικό, το τσιμέντο. Για την διόρθωση αυτή της αστοχίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα Lidar όπου με βάση την υψομετρική διαφορά μπορούν να διαχωριστούν τα κτίρια από τις τσιμεντένιες επιφάνειες.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης δεν ήταν δυνατή η χρήση των συγκεκριμένων δεδομένων και έτσι δεν μπόρεσε να καταστεί δυνατός ο διαχωρισμός τους.



Εικόνα 4.19: Σφάλματα κριτηρίου Mean diff. to scene layer 1

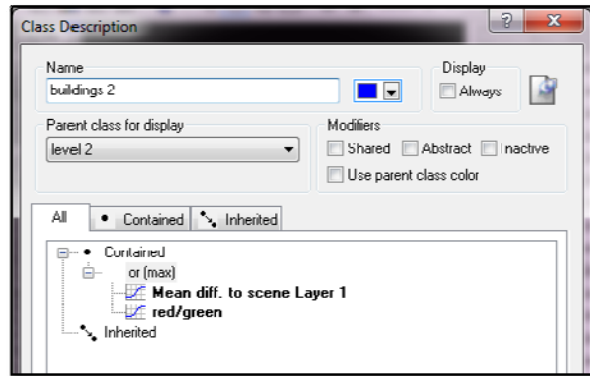
Επόμενο κριτήριο που χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των κτιρίων είναι ο λόγος κόκκινο προς πράσινο που αναδεικνύει τις κεραμοσκεπές. Εφαρμόζεται με τιμές ασάφειας από 0,85 έως 0,9 και συνάρτηση συμμετοχής μορφής S θετικής κλίσης όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 5.20.



Εικόνα 4.20: Απεικόνιση δείκτη Mean diff. to scene Layer 1 και κριτήρια συμμετοχής

Από τα αποτελέσματα των δύο παραπάνω χαρακτηριστικών παρατηρείται μία ακόμη αστοχία όσον αφορά το γυμνό έδαφος. Φασματικά το γυμνό έδαφος μοιάζει με τα κεραμοσκεπή κτίριο ή με το ανοικτό άσπρο χρώμα των τσιμεντένιων επιφανειών. Για την εξάλειψη αυτής της αστοχίας δημιουργείται ένα επιπλέον επίπεδο κατάτμησης με μεγάλη κλίμακα για να διαχωριστούν οι πυκνοδομημένες περιοχές που αποτελούνται κυρίως από κτίρια με τις πιο αραιοκατοικημένες περιοχές. Στην προκειμένη περίπτωση το επίπεδο που δημιουργείται είναι το 7^ο επίπεδο κατάτμησης.

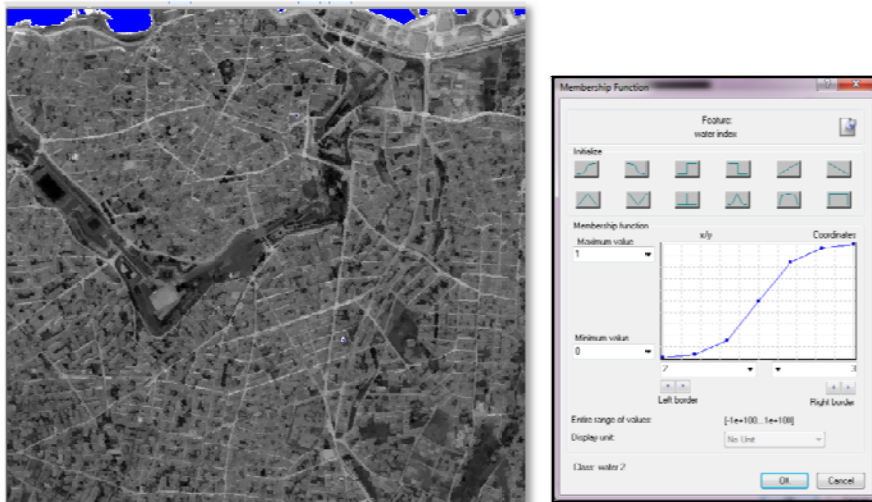
Τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας των κτιρίων παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στην εικόνα 5.21.



Εικόνα 4.21: Χαρακτηριστικά κατηγορίας κτιρίων (buildings 2)

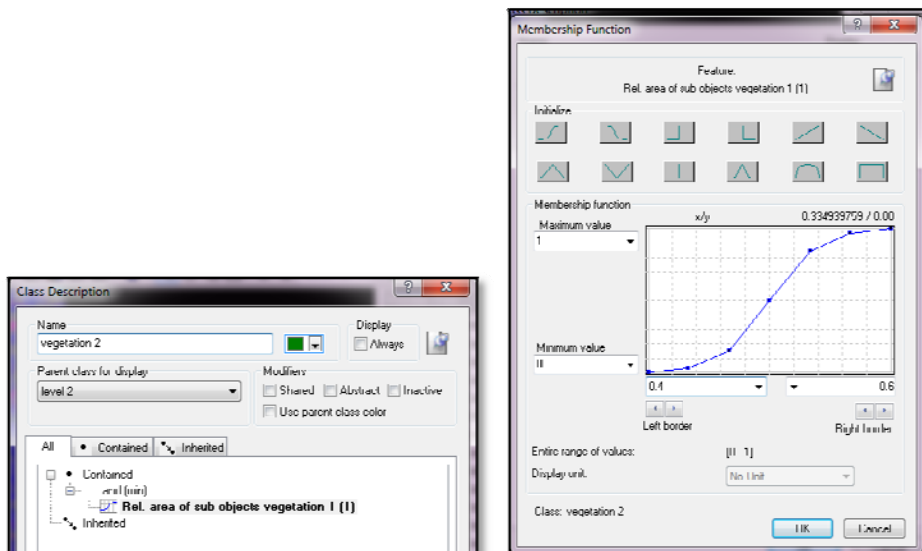
Επόμενη κατηγορία του δεύτερου επιπέδου είναι εκείνη των υδάτινων επιφανειών που προκύπτουν από τη δημιουργία ενός κατάλληλου λόγου. Ο δείκτης water index είναι ο λόγος του μπλε προς εγγύς υπέρυθρο όπου αναδεικνύονται οι υδάτινες επιφάνειες.

Στην εικόνα 5.22 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του λόγου με τιμές ασάφειας από 2 έως 3 και συνάρτηση συμμετοχής μορφής S θετικής κλίσης.



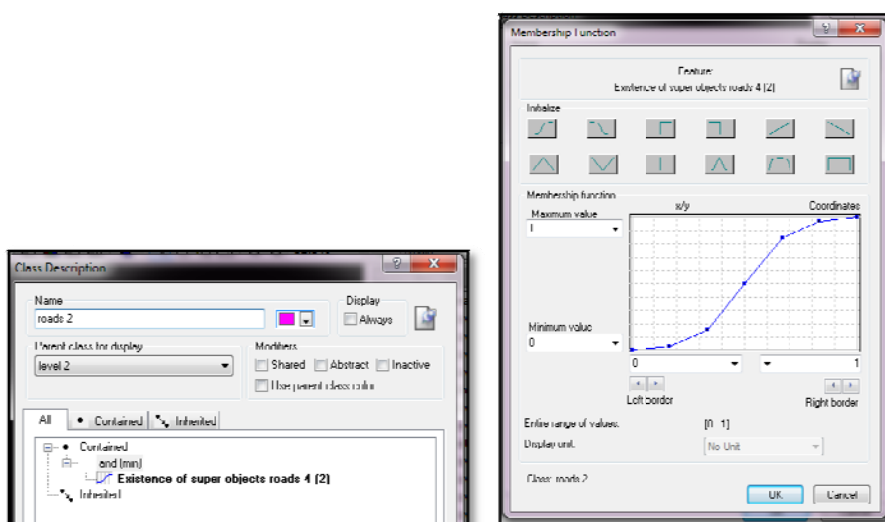
Εικόνα 4.22: Απεικόνιση δείκτη water index και κριτήρια συμμετοχής

Εκτός από τις κατηγορίες κτιρίων και υδάτινων επιφανειών στο 2^ο επίπεδο ταξινόμησης υπάρχουν οι κατηγορίες βλάστησης και δρόμοι. Και οι δύο αυτές κατηγορίες έχουν προκύψει με προβολή αντικειμένων άλλων επιπέδων. Συγκεκριμένα, η κατηγορία της βλάστησης για το 2^ο επίπεδο ταξινόμησης προκύπτει με την εφαρμογή του αλγορίθμου της σχέσης των χαρακτηριστικών με υπό-αντικείμενα “Relations to sub-objects”. Η σχέση αυτή προσδιορίζεται με τον κανόνα πραγματικής επιφάνειας του υπό-αντικειμένου (*Real area of sub-object vegetation 1 (I)*) με τιμές ασάφειας από 0,4 έως 0,6 και συνάρτηση μορφής S θετικής συμμετοχής. Δηλαδή κάθε αντικείμενο που αποτελείται πάνω από 50% από υπο-αντικείμενα που ανήκουν στην κατηγορία vegetation 1 ταξινομούνται ως vegetation 2. Ο αριθμός (1) του κανόνα αφορά στην απόσταση των επιπέδων μεταξύ του επιπέδου που προβάλλεται και του τελικού επιπέδου.



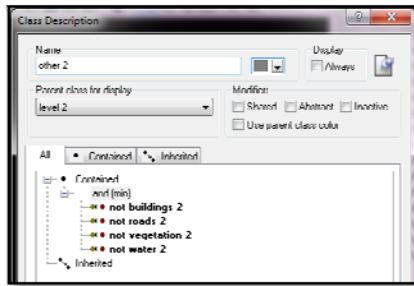
Εικόνα 4.23: Χαρακτηριστικά κατηγορίας βλάστησης (vegetation 2) – Κριτήρια συμμετοχής vegetation 2

Η κατηγορία των δρόμων (roads 2) προβάλλεται από μεγαλύτερο επίπεδο, το 4^ο επίπεδο κατάταξης που χρησιμοποιήθηκε για τον διαχωρισμό των δρόμων. Χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος σχέσης των χαρακτηριστικών με υπέρ-αντικείμενα “*Relations to super-objects*”. Ο κανόνας της ύπαρξης (*Existence of super-object Roads 4(2)*) είναι αυτός που προσδιορίζει αν για κάθε υπό-αντικείμενο έχει στο μεγαλύτερο από αυτό επίπεδο αντικείμενο χαρακτηρισμένο ως δρόμος. Οι τιμές συμμετοχής είναι από 0 έως 1 και συνάρτηση συμμετοχής της μορφής S θετικής κλίσης. Τα αντικείμενα κάθε επιπέδου τηρούν τα όρια τόσο των μεγαλύτερων όσο και των μικρότερων επιπέδων έτσι ένα αντικείμενο ενός μικρότερου επιπέδου ανήκει εξ ολοκλήρου σε ένα αντικείμενο μεγαλύτερου επιπέδου, οπότε εάν αυτό έχει χαρακτηριστεί ως δρόμος το χαρακτηριστικό μεταφέρεται και στο μικρότερο αντικείμενο.



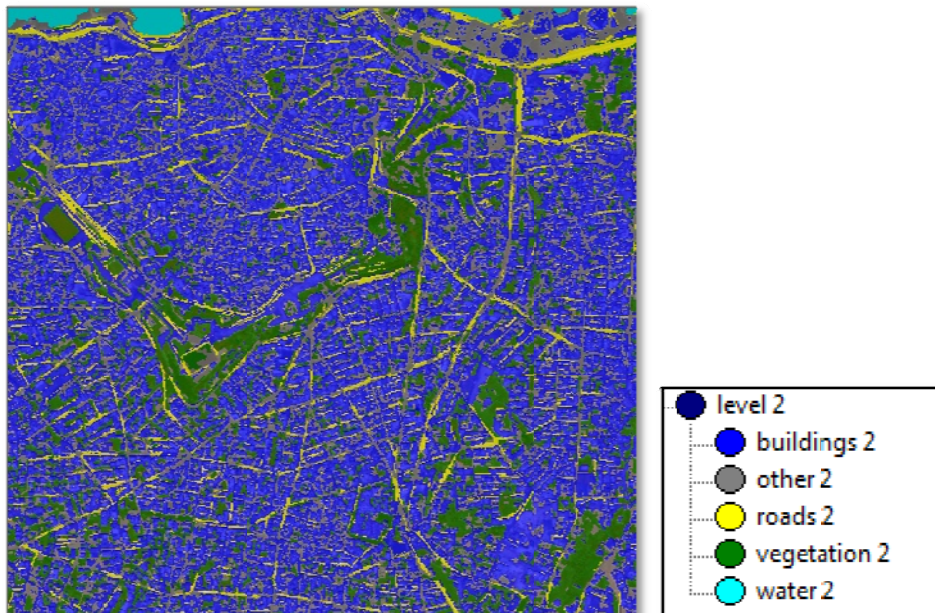
Εικόνα 4.24: Χαρακτηριστικά κατηγορίας βλάστησης (vegetation 2) – Κριτήρια συμμετοχής vegetation 2

Τέλος, δημιουργείται η κατηγορία other 2 η οποία συμπεριλαμβάνει τα αντικείμενα που δεν ταξινομούνται σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες.



Εικόνα 4.25: : Χαρακτηριστικά κατηγορίας άλλο (other 2)

Στην εικόνα 5.26 παρουσιάζεται η ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου όπως προέκυψε με την εφαρμογή ιεραρχικής ταξινόμησης (Hierarchical Classification).

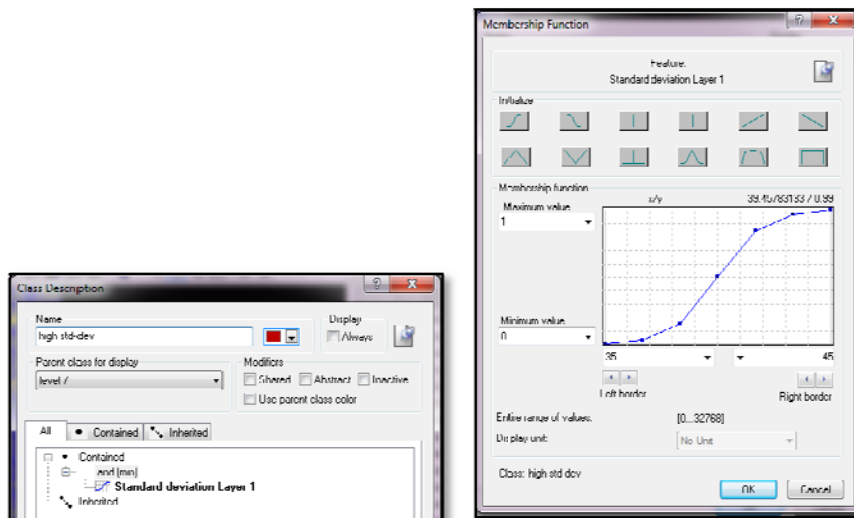


Εικόνα 4.26 Αποτελέσματα ταξινόμησης 2^{ου} επιπέδου, ΠΜ1, εικόνας Quickbird

Ταξινόμηση 7^{ου} επιπέδου

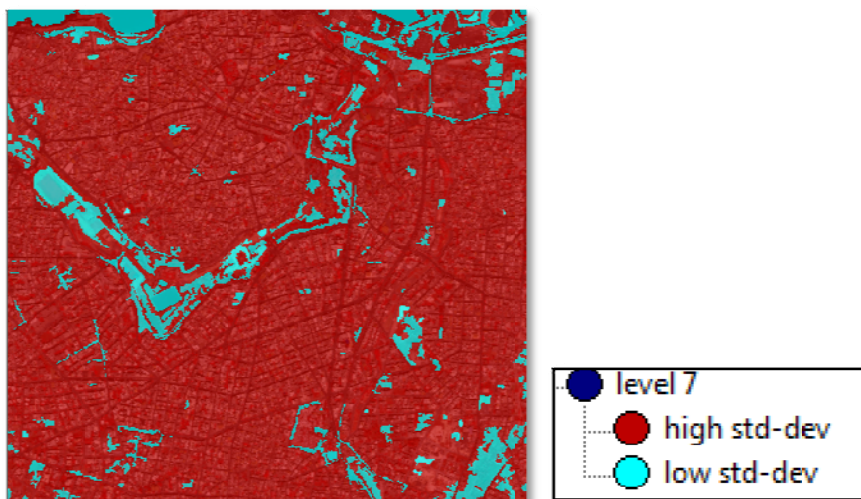
Το 7^ο επίπεδο είναι ένα βοηθητικό επίπεδο για την καλύτερη ταξινόμηση της κατηγορίας των κτιρίων. Αποτελείται από μεγάλα αντικείμενα τα οποία διαχωρίζονται με βάση ένα κανόνα. Ο κανόνας αυτός χωρίζει τα αντικείμενα με βάση την τιμή της τυπικής απόκλισης σε αντικείμενα με μεγάλη τυπική απόκλιση και σε αντικείμενα με μικρή τυπική απόκλιση. Γενικά η αστική περιοχή εμφανίζει πολύ υψηλή τυπική απόκλιση ειδικά στο μπλε κανάλι. Όσο πιο έντονες είναι οι εναλλαγές των τόνων (π.χ. εναλλαγές σπιτιών με βλάστηση) μέσα σε ένα αντικείμενο τόσο πιο πολύ αυξάνει η τυπική απόκλιση.

Για την κατηγορία high std-dev δημιουργείται ο κανόνας “Standard Deviation Layer 1” με τιμές ασάφειας είναι από 25 έως 35 και με συνάρτηση συμμετοχής μορφής S θετικής κλίσης. Για την κατηγορία low std-dev χρησιμοποιείται το αντίστροφο του κριτηρίου ομοιότητας.



Εικόνα 4.27: Χαρακτηριστικά κατηγορίας high std-dev – Κριτήρια συμμετοχής high std-dev ΠΜ1

Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης παρουσιάζεται στην εικόνα 5.28 και παρατηρείται ότι χαμηλή τυπική απόκλιση στο κανάλι 1 έχουν οι περιοχές που δεν παρουσιάζουν έντονες εναλλαγές όπως οι υδάτινες επιφάνειες ή οι περιοχές με συνεχή βλάστηση όπως πάρκα, γήπεδα κλπ. Αντίστοιχα, μεγάλη τυπική απόκλιση παρατηρείται στις περιοχές όπου παρουσιάζονται έντονες εναλλαγές μεταξύ βλάστησης και κτιρίων.



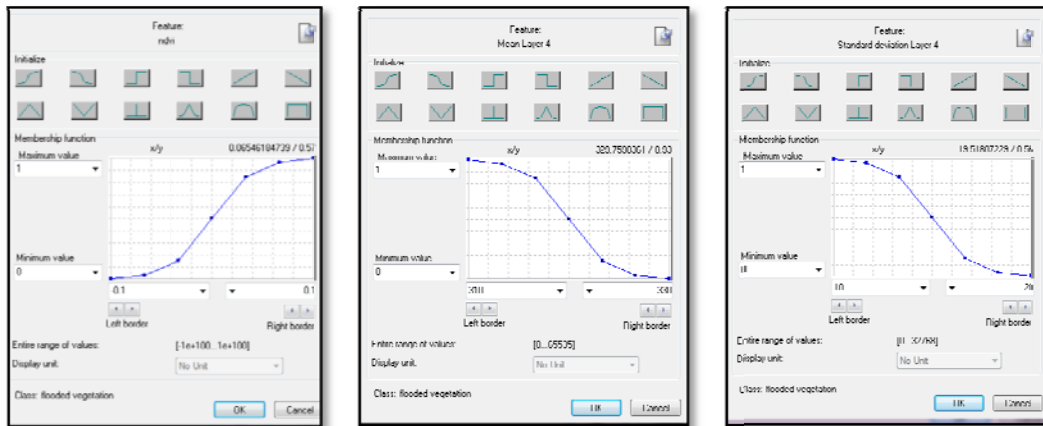
Εικόνα 4.28: Αποτελέσματα ταξινόμησης 7^{ου} επιπέδου, ΠΜ1, εικόνας Quickbird

Ταξινόμηση 5^{ου} επιπέδου

Το 5^ο επίπεδο αποτελεί την τελική ταξινόμηση των χρήσεων γης για την περιοχή του Ηρακλείου. Στο επίπεδο αυτό δημιουργούνται δύο νέες κατηγορίες αυτή του εδάφους και της πλημμυρισμένης βλάστησης καθώς παρατηρείται αστοχία στις ταξινομήσεις των προηγούμενων επιπέδων. Επίσης, διορθώνεται με τη χρήση επιπλέον κανόνα η ταξινόμηση του γυμνού εδάφους ως κτίρια.

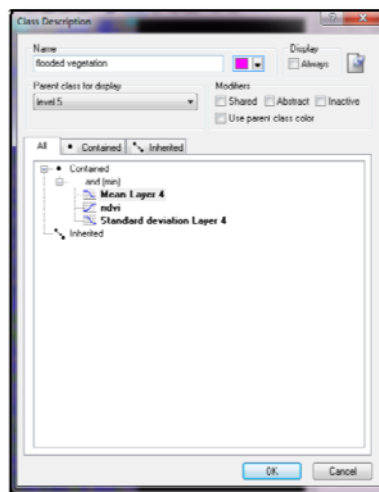
Η κατηγορία της πλημμυρισμένης βλάστησης κρίνεται απαραίτητη καθώς στην εικόνα μελέτης υπάρχει γήπεδο το οποίο υπάρχοντος νερού δεν αναγνωρίζεται ως βλάστηση. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τρεις κατάλληλοι κανόνες οι οποίοι πρέπει να ισχύουν ταυτόχρονα για να ταξινομηθεί το αντικείμενο στην συγκεκριμένη κατηγορία.

Ο πρώτος κανόνας αφορά στον δείκτη βλάστησης NDVI με τιμές ασάφειας από -0,1 έως 0,1 και συνάρτηση συμμετοχής μορφής S θετικής κλίσης. Ο δεύτερος δείκτης αφορά στη μέση τιμή του υπέρυθρου καναλιού με τιμές ασάφειας 310 με 330 ενώ η συνάρτηση συμμετοχής είναι της μορφής Z αρνητικής κλίσης. Τέλος ο τρίτος κανόνας αφορά στην τιμή της τυπικής απόκλισης για το υπέρυθρο κανάλι με τιμές ασάφεια από 10 έως 20 και συνάρτηση μορφής Z αρνητικής κλίσης.



Εικόνα 4.29: Κριτήρια συμμετοχής κανόνων κατηγορίας flooded vegetation ΠΜ1

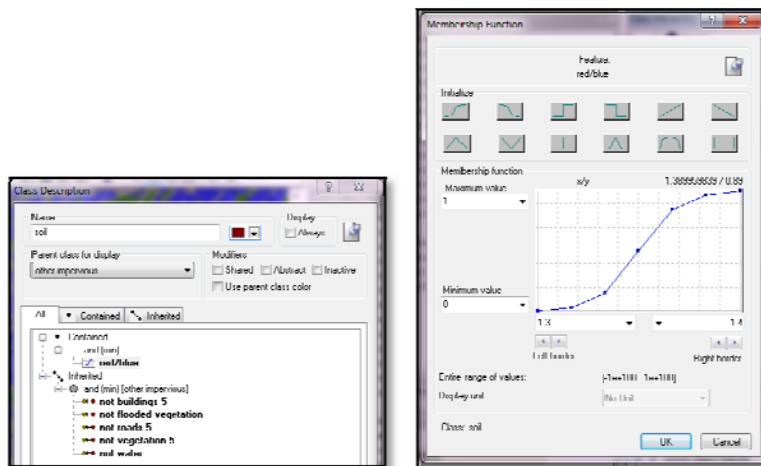
Στην εικόνα 5.30 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας flooded vegetation βάσει των οποίων θα γίνει ο διαχωρισμός του ποτισμένου γηπέδου.



Εικόνα 4.30: Χαρακτηριστικά κατηγορίας flooded vegetation ΠΜ1

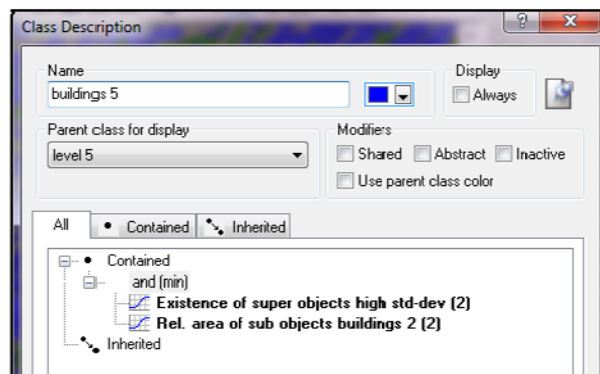
Επόμενη κατηγορία που δημιουργήθηκε σε αυτό το επίπεδο είναι εκείνη του εδάφους. Η κατηγορία αυτή προκύπτει ως «παιδί» της κατηγορίας other όπου δηλαδή εντάσσονται τα αντικείμενα που δεν εμπίπτουν στα χαρακτηριστικά των υπόλοιπων κατηγοριών. Για την ταξινόμηση του εδάφους χρησιμοποιείται ο λόγος κόκκινο προς μπλε διαχωρίζοντας έτσι το γυμνό έδαφος από τις υπόλοιπες τεχνητές επιφάνειες και δρόμους που εντάσσονται στην κατηγορία other.

Στην εικόνα 5.31 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της κλάσης έδαφος και τα κριτήρια συμμετοχής του λόγου κόκκινο προς μπλε. Οι τιμές ασάφειας του λόγου είναι από 1,3 έως 1,4 ενώ η συνάρτηση συμμετοχής είναι θετικής κλίσης.



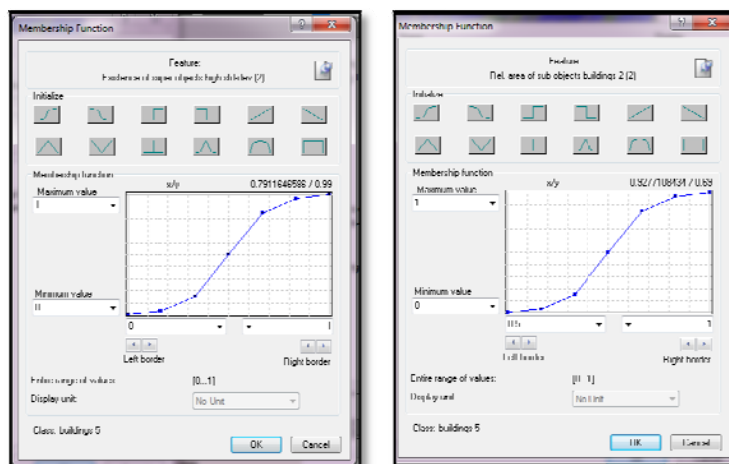
Εικόνα 4.31: Χαρακτηριστικά κατηγορία έδαφος (soil)- Κριτήρια συμμετοχής λόγου red/blue ΠΜ1

Η κατηγορία κτίρια που προέκυψε από προηγούμενο επίπεδο είχε κάποιες αστοχίες έτσι δημιουργήθηκε το 7^ο επίπεδο για να γίνει βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης. Στην εικόνα 5.32 απεικονίζονται τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας των κτιρίων για αυτό το επίπεδο. Έτσι κάθε αντικείμενο που κληρονομεί τον χαρακτηρισμό κτίριο 2 από το επίπεδο 2 θα πρέπει ταυτόχρονα να ανήκει εξ ολοκλήρου στην υπέρ-κατηγορία high std-dev.



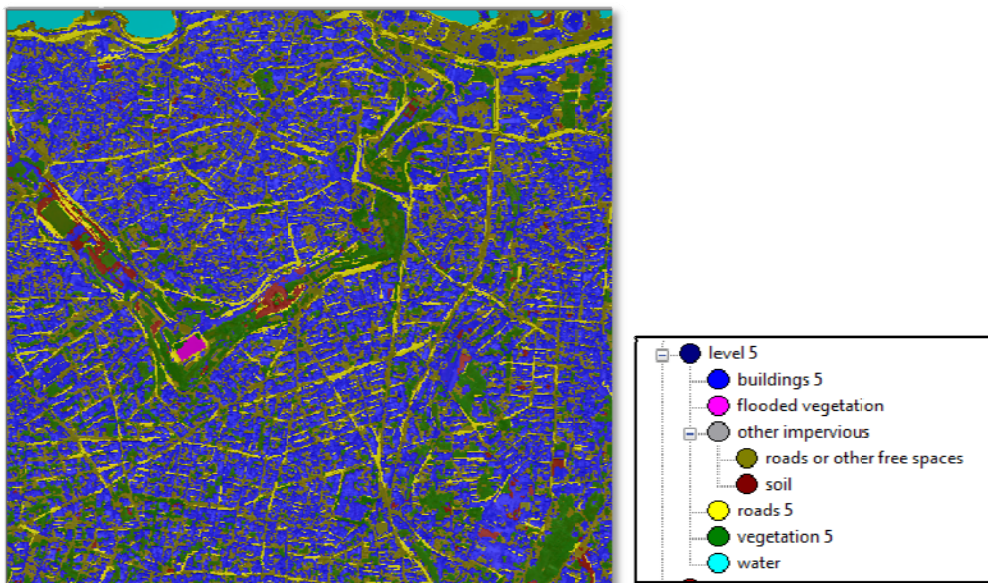
Εικόνα 4.32: χαρακτηριστικά κατηγορίας κτιρίων 5 (buildings 5) ΠΜ1

Τα κριτήρια των παραπάνω κανόνων παρουσιάζονται στην εικόνα 5.33.



Εικόνα 4.33: Κριτήρια συμμετοχής κανόνων κατηγορίας κτίρια 5 ΠΜ1

Για τις υπόλοιπες κατηγορίες (νερό, βλάστηση, δρόμοι) γίνεται προβολή τους από άλλα επίπεδα. Τέλος, τα αντικείμενα που δεν κατάφεραν να ταξινομηθούν σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες βάσει φωτοερμηνείας αποτελούν μικρούς δρόμους και ελεύθερους χώρους. Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του 5^{ου} επιπέδου είναι ουσιαστικά ο τελικός χάρτης χρήσεων γης της περιοχής μελέτης.



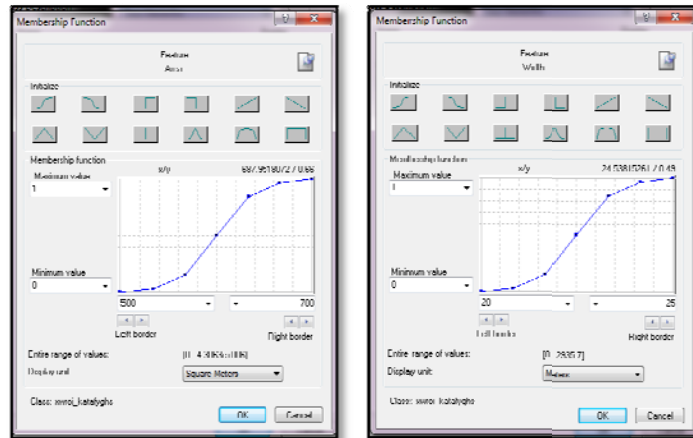
Εικόνα 4.34: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 5^{ου} επιπέδου ΠΜ1

Ένωση περιοχών-Τελική ταξινόμηση

Αφού γίνει η ταξινόμηση του 5^{ου} επιπέδου και προκύψουν οι χρήσεις γης γίνεται συνένωση των αντικειμένων ώστε να δημιουργηθούν ομοιογενής περιοχές και αξιοποιώντας τα κριτήρια καθορισμού των χώρων καταφυγής να προκύψουν τα τελικά αποτελέσματα της μεθόδου.

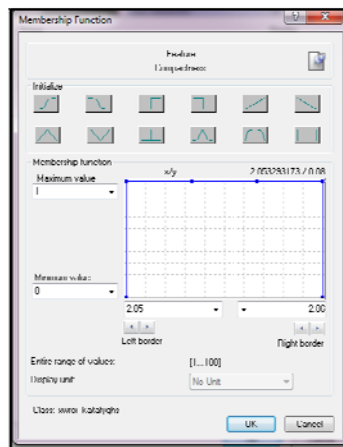
Οι κατηγορίες που μπορούν να χαρακτηριστούν ως χώροι καταφυγής βάσει των αντίστοιχων προδιαγραφών είναι οι περιοχές βλάστησης, το γυμνό έδαφος και η πλημμυρισμένη βλάστηση (ποτισμένο γήπεδο). Έτσι γίνεται ένωση των περιοχών αυτών και στη συνέχεια τίθενται τα κριτήρια συμμετοχής τα οποία αφορούν στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων.

Στην εικόνα 5.35 παρουσιάζονται τα κριτήρια συμμετοχής για τα χαρακτηριστικά της επιφάνεια και του πλάτους με τιμές ασάφειας από 500 έως 700 και από 20 έως 25 αντίστοιχα με θετική κλίση της συνάρτησης συμμετοχής.



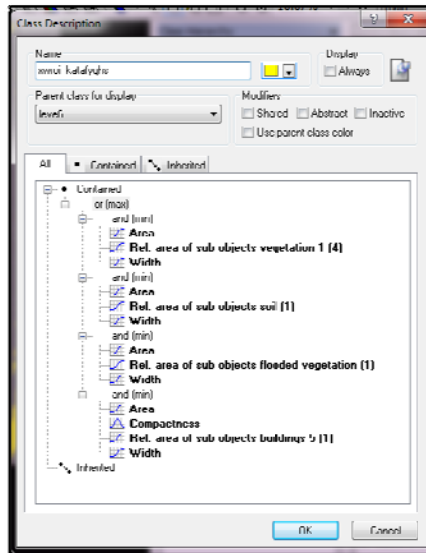
Εικόνα 4.35: Κριτήρια συμμετοχής χώρων καταφυγής ΠΜ1

Στην περιοχή μελέτης υπάρχει και ένα νεκροταφείο το οποίο μπορεί να αποτελέσει χώρο καταφυγής βάσει των προδιαγραφών αλλά ταξινομείται ως κτίριο λόγω των φασματικών του χαρακτηριστικών. Έτσι, ειδικά για την συμπερίληψη του νεκροταφείου επιλέγεται και η ένωση της κατηγορίας των κτιρίων προσθέτοντας ένα ακόμα γεωμετρικό κριτήριο στην περιγραφή των χαρακτηριστικών. Το κριτήριο αυτό είναι το συμπαγές του σχήματος με τιμές ασάφειας από 2,05 έως 2,06 και τραπεζοειδή συνάρτηση συμμετοχής όπως φαίνεται στην εικόνα 5.36.



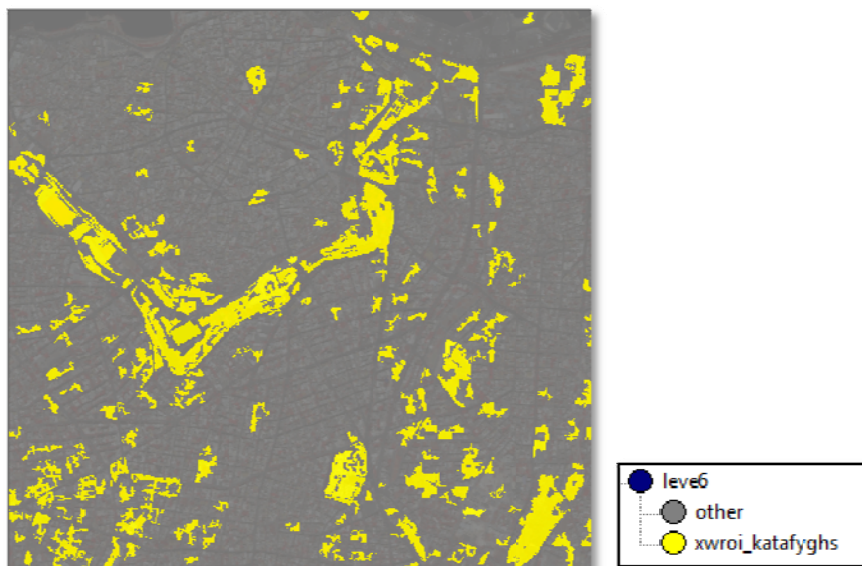
Εικόνα 4.36: Κριτήρια συμμετοχής χώρων καταφυγής (περιοχή νεκροταφείου) ΠΜ1

Έτσι τα συνολικά χαρακτηριστικά για τον προσδιορισμό των χώρων καταφυγής είναι τα ακόλουθα.



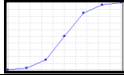
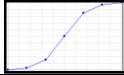
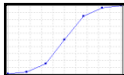
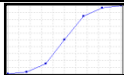
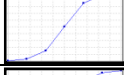
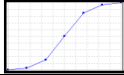
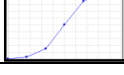
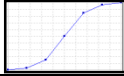
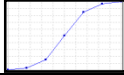
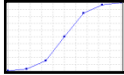
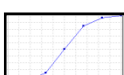
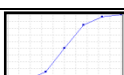
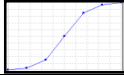
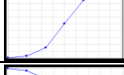
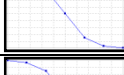
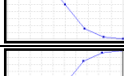
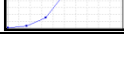
Εικόνα 4.37: Χαρακτηριστικά περιοχών καταφυγής ΠΜ1

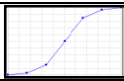
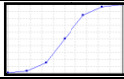
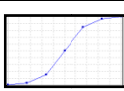
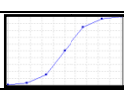
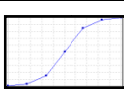
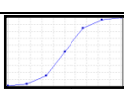

Αφού προσδιορίστηκαν τα χαρακτηριστικά των χώρων καταφυγής έγινε η ταξινόμηση του 6^{ου} επιπέδου με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην εικόνα 5.38.



Εικόνα 4.38: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 6^{ου} επιπέδου ΠΜ1

Το σύνολο των χαρακτηριστικών που επιλέχθηκαν για κάθε κατηγορία σε κάθε επίπεδο παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 5.1.

Επίπεδο	Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξί όριο
Level 1	vegetation 1	NDVI		0.19	0.21
	not vegetation 1	not vegetation 1			
Level 4	roads 4	Asymmetry		0.87	1
		not vegetation 1			
	other 4	not roads 4			
Level 2	vegetation 2	Real area of sub. object vegetation 1 (1)		0.4	0.6
	roads 2	Existence of super objects roads 4(2)		0	1
	water 2	water index		2	3
	buildings 2	Mean diff. to scene Layer 1		-25	-15
		red/green		0.85	0.9
other 2	not vegetation 2 not roads 2 not water 2 not buildings 2				
Level 7	high std-dev	Standard deviation Layer 1		35	45
	low std-dev	not high std-dev			
Level 5	buildings 5	existence of high std-dev (2)		0	1
		real area of sub. objects buildings 2 (2)		0.5	1
	vegetation 5	Rel. area of sub. object vegetation 1 (1)		0.4	0.6
	roads 5	Existence of super objects roads 4(2)		0	1
	water 5	water index		2	3
	flooded vegetation	NDVI		-0.1	0.1
		Mean Layer 4		310	330
		Standard deviation Layer 4		10	20
	soil	red/blue		1.3	1.4
roads or other free spaces	not soil not vegetation				

		not flooded vegetation not vegetation not roads not water			
Level 6	xwroi katafyghs	Area		500	700
		Width		20	25
		Rel. area of sub. object flooded vegetation (1)		0.64	0.65
		Rel. area of sub. object vegetation (1)		0	1
		Rel. area of sub. object soil (1)		0.64	0.65
		Rel. area of sub. object buildings 5 (1)		0.75	0.8
	compactness		2.05	2.06	
other	not xwroi katafyghs				

Πίνακας 4.1: Κατηγορίες ταξινόμησης με χαρακτηριστικά, συναρτήσεις συμμετοχής και όρια ασάφειας για τις ταξινομήσεις της ΠΜ1

4.3. Περιοχή μελέτης Χανίων (ΠΜ2)

4.3.1. Φωτοερμηνεία εικόνας ΠΜ2

Επόμενη περιοχή προς μελέτη είναι η περιοχή των Χανίων η οποία είναι επίσης μία πυκνοκατοικημένη περιοχή της Κρήτης. Για την ανάλυση της εικόνας των Χανίων πραγματοποιείται φωτοερμηνεία για την αρχική επιλογή των κατηγοριών της ταξινόμησης.

Εικόνα 4.39: Περιοχή μελέτης 2 - Χανιά (έγχρωμο σύνθετο 4-3-2/ εικόνα Quickbird)

Στην εικόνα 5.39 παρουσιάζονται με έγχρωμο σύνθετο 4-3-2 οι κατηγορίες που επιλέγονται για την εικόνα των Χανίων. Οι κατηγορίες που επιλέγονται είναι η βλάστηση, τα κτίρια, οι δρόμοι, το γυμνό έδαφος, οι υδάτινες επιφάνειες και οι σκιές. Οι αρχικές κατηγορίες που επιλέγονται κατά τη διαδικασία της φωτοερμηνείας μπορούν να μεταβληθούν και να προσαρμοστούν στις ανάγκες της ταξινόμησης.

Παρατηρείται ότι σε σχέση με την ανάλυση της εικόνας του Ηρακλείου εδώ κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη της κατηγορίας σκιά. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι στην προκειμένη εικόνα παρατηρούνται έντονες και θα βοηθήσει στην ορθή ταξινόμηση και των υπόλοιπων κατηγοριών.

Οι παραπάνω κατηγορίες που επιλέγονται για την περιοχή των Χανίων ιεραρχούνται σύμφωνα με το διάγραμμα 5.3. Αρχικά γίνεται διαχωρισμός της βλάστησης από τις υπόλοιπες κατηγορίες και στη συνέχεια διαχωρίζονται οι υπόλοιπες κατηγορίες.

Διάγραμμα 4.3: Ιεραρχία κατηγοριών ταξινόμησης ΠΜ2

4.3.2. Κατάτμηση πολλαπλών επιπέδων ΠΜ2

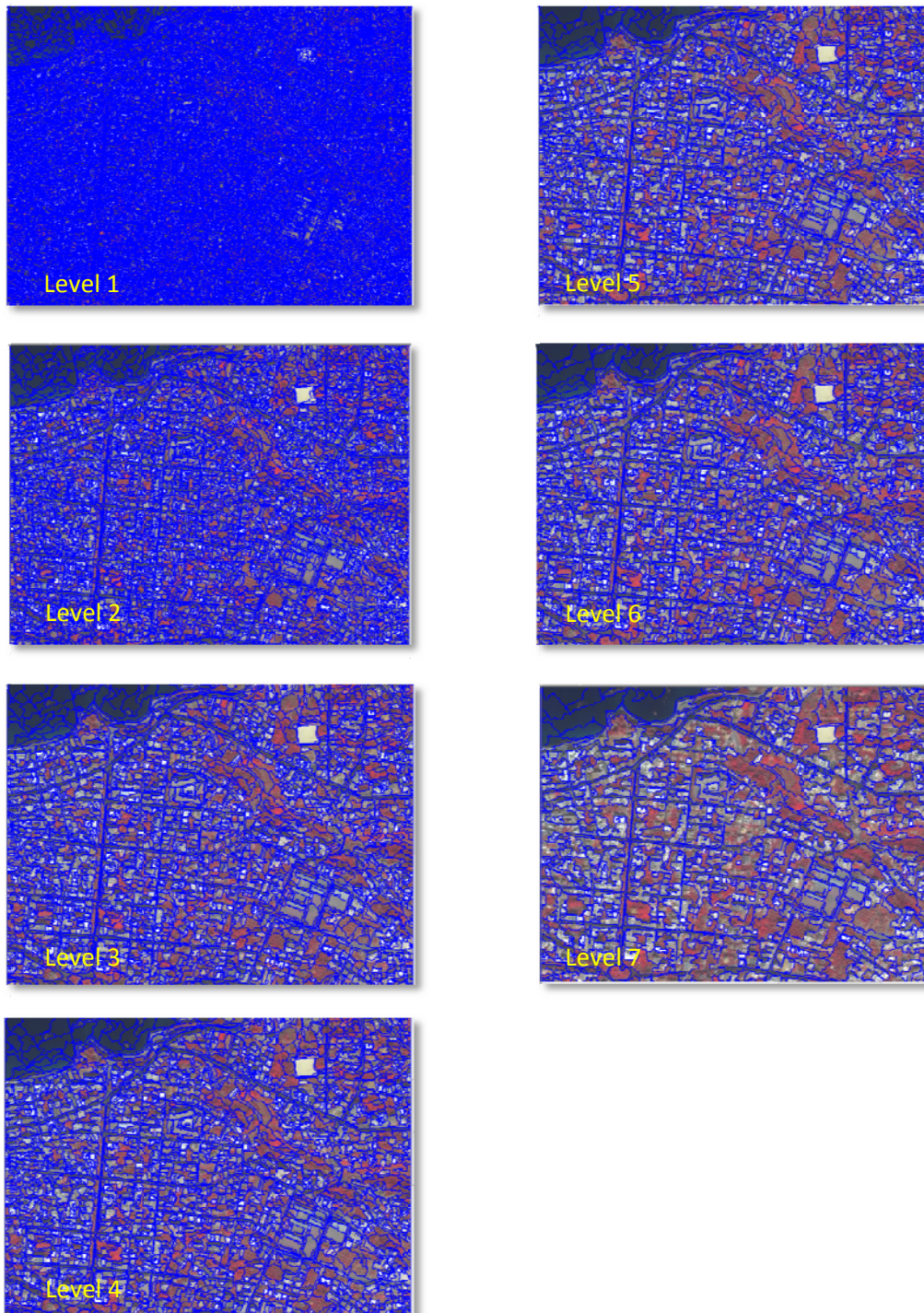
Αφού γίνει η επιλογή των κατάλληλων κατηγοριών για την ορθή ταξινόμηση της εικόνας επιλέγονται οι κατατμήσεις για την δημιουργία των αντικειμένων. Οι κατατμήσεις που πραγματοποιούνται στην εικόνα των Χανίων είναι αντίστοιχες με εκείνες της εικόνας του Ηρακλείου.

Έτσι δημιουργούνται 7 επίπεδα κατάτμησης όπως και στην εικόνα του Ηρακλείου. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα κριτήρια κάθε επιπέδου κατάτμησης.

Επίπεδα κατάτμησης	Παράμετροι κατάτμησης		
	Scale	Shape	Compactness
1	20	0.1	0.5
2	35	0.7	0.5
3	50	0.8	0.3
4	65	0.3	0.9
5	75	0.1	0.8
6	85	0.1	0.8
7	200	0.5	0.5

Πίνακας 4.2: Κριτήρια κατατμήσεων ΠΜ2

Τα αποτελέσματα των κατατμήσεων της εικόνας των Χανίων παρουσιάζονται στην εικόνα 5.40.



Εικόνα 4.40: Επίπεδα κατάτμησης PM2

Όπως και στην εικόνα του Ηρακλείου τα επίπεδα κατάτμησης δημιουργούνται ώστε τα αντικείμενα που θα προκύψουν να μπορούν με κατάλληλους κανόνες να ταξινομηθούν ορθά. Το πρώτο επίπεδο κατάτμησης έχει μικρά αντικείμενα για την σωστή ταξινόμηση της βλάστησης ενώ στο δεύτερο και το τρίτο χρησιμοποιούνται για την ανάδειξη των κτιρίων και των δρόμων αντίστοιχα. Το τέταρτο επίπεδο δημιουργείται για εποπτικούς σκοπούς ενώ το έβδομο είναι βοηθητικό επίπεδο. Τέλος, στο πέμπτο επίπεδο θα γίνει η τελική ταξινόμηση

των χρήσεων γης της εικόνας ενώ στο έκτο επίπεδο θα γίνει ο τελικός διαχωρισμός των χώρων ταξινόμησης.

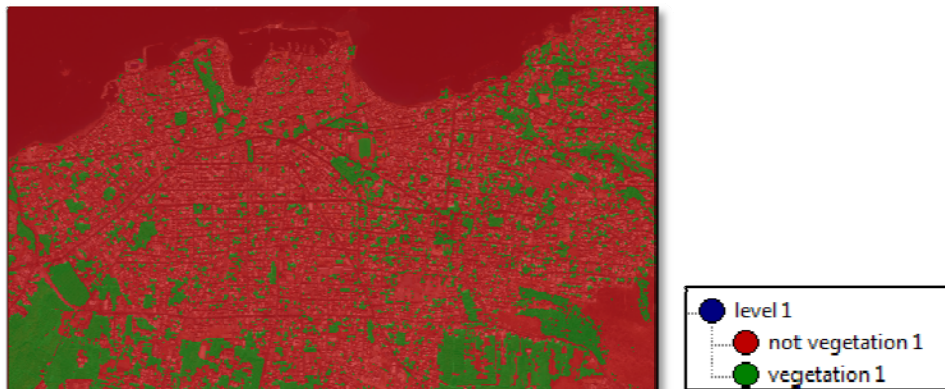
4.3.3. Ταξινόμηση ΠΜ2

Με την κατάτμηση των πολλαπλών επιπέδων δημιουργούνται τα αντικείμενα τα οποία με χρήση κατάλληλων κανόνων θα ταξινομηθούν ώστε να προκύψει η ταξινόμηση της εικόνας. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ιεραρχία των αντικειμένων των επιπέδων κατάτμησης και τα απαραίτητα χαρακτηριστικά για την ταξινόμησή τους. Σε γενικές γραμμές η ιεραρχία που ακολουθείται είναι ανάλογη με την εικόνα του Ηρακλείου, ωστόσο κατά την διαδικασία εφαρμογής της έγιναν οι απαραίτητες αλλαγές ώστε να προκύψει το βέλτιστο αποτέλεσμα για την συγκεκριμένη περιοχή.

Διάγραμμα 4.4: Διάγραμμα ροής ταξινόμησης ΠΜ2, εικόνα Quickbird

Ταξινόμηση 1^{ου} επιπέδου

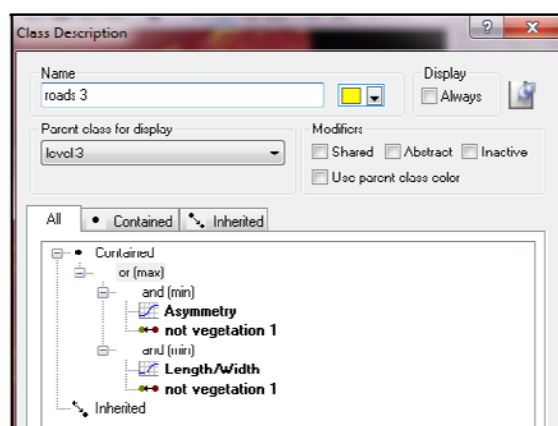
Στο πρώτο επίπεδο διαχωρίζονται οι περιοχές με βλάστηση από τις υπόλοιπες περιοχές. Για τον διαχωρισμό αυτό εφαρμόζεται ο δείκτης βλάστησης NDVI με όρια ασάφειας 0,19 έως 0,21 και συνάρτηση συμμετοχής μορφής S θετικής κλίσης όπως και στην εικόνα του Ηρακλείου. Στην εικόνα 5.41 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του πρώτου επιπέδου όπου με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι περιοχές βλάστησης και με κόκκινο οι υπόλοιπες περιοχές (*not vegetation I*).



Εικόνα 4.41: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 1^{ου} επιπέδου ΠΜ2

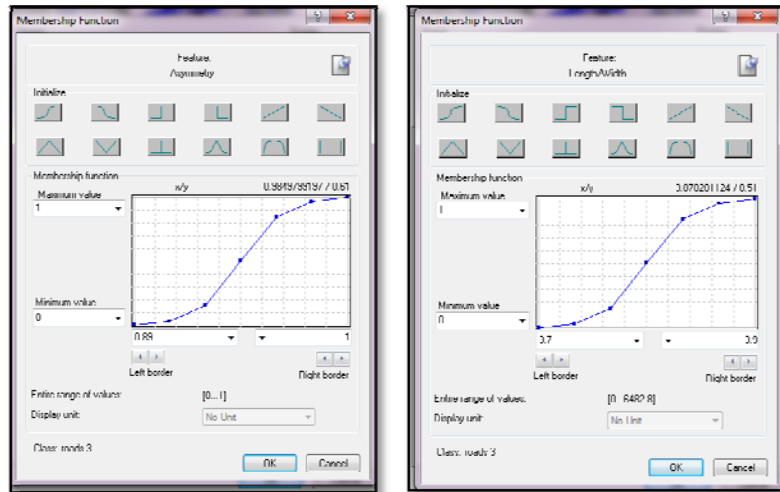
Ταξινόμηση 3^{ου} επιπέδου

Στο τρίτο επίπεδο επιλέγεται να γίνει ο διαχωρισμός των δρόμων της περιοχής μελέτης. Τα χαρακτηριστικά που αναδεικνύουν τους δρόμους είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ασυμμετρίας (*Asymmetry*) και του λόγου μήκος προς πλάτος (*Length/Width*). Επίσης, κρίνεται απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί και το αντίστροφο χαρακτηριστικό της ομοιότητας με την κατηγορία της βλάστησης καθώς τα γεωμετρικά κριτήρια της κατηγορίας ενδέχεται να συμπεριλάβουν και περιοχές βλάστησης. Στην εικόνα 5.42 παρουσιάζονται οι κανόνες που χρησιμοποιούνται για την κατηγορία των δρόμων.



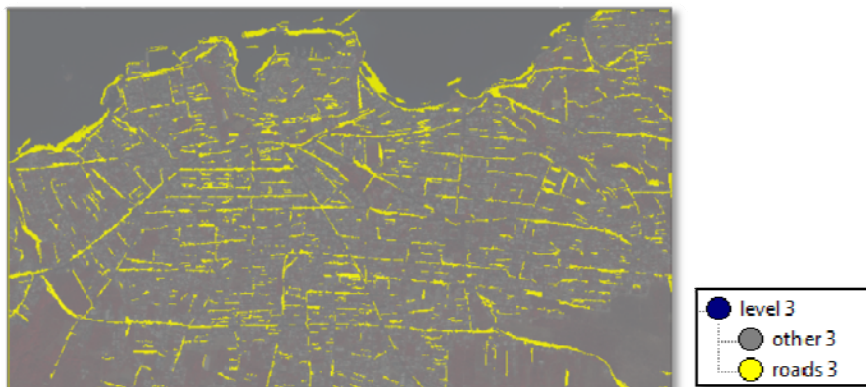
Εικόνα 4.42: Χαρακτηριστικά κατηγορία δρόμων

Για το κριτήριο της ασυμμετρίας τα όρια ασάφειας 0,89 έως 1 ενώ του λόγου Length/Width από 3,5 έως 3,7. Και στους δύο κανόνες χρησιμοποιείται η συνάρτηση συμμετοχής μορφής S, θετικής κλίσης όπως φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 4.43: Κριτήρια συμμετοχής κατηγορίας δρόμων ΠΜ2

Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του τρίτου επιπέδου παρουσιάζεται στην εικόνα 5.44. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζονται οι δρόμοι ενώ με γκρι η κατηγορία άλλο (*other 3*) που προσδιορίζεται από τον αντίστροφο κανόνα της ομοιότητας με την κατηγορία των δρόμων.



Εικόνα 4.44: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 3^{ου} επιπέδου ΠΜ2

Ταξινόμηση 2^{ου} επιπέδου

Για την ταξινόμηση του δεύτερου επιπέδου επιλέγεται η δημιουργία των κατηγοριών κτίρια, βλάστηση, σκιά, υδάτινες επιφάνειες, δρόμοι και άλλο. Οι κατηγορίες που έχουν ήδη προσδιορισθεί από ταξινομήσεις προηγούμενων επιπέδων όπως η βλάστηση προβάλλονται από τις αντίστοιχες υπό-κατηγορίες ή υπερ-κατηγορίες.

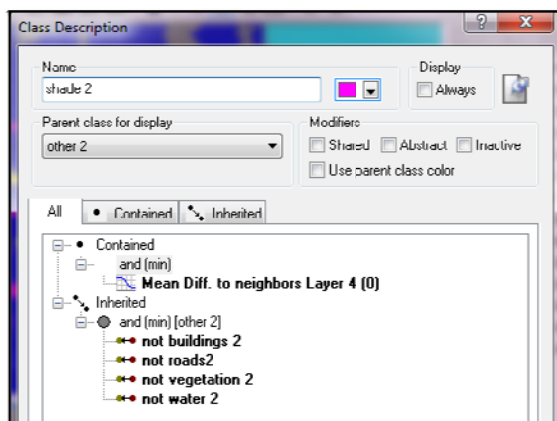
Η κατηγορία των υδάτινων επιφανειών όπως και στην περιοχή του Ηρακλείου προκύπτει με τη χρήση του λόγου του μπλε καναλιού προς το εγγύς υπέρυθρο. Οι τιμές ασάφειας ορίζονται από 1,2 έως 1,31 με συνάρτηση συμμετοχής μορφής S, θετικής κλίσης.

Για την κατηγορία των κτιρίων χρησιμοποιείται ο δείκτης *Mean diff. to neighbors* για το μπλε κανάλι με τιμές ασάφειας από -25 έως -15 με συνάρτηση συμμετοχής θετικής κλίσης και ο λόγος κόκκινο προς πράσινο με τιμές από 0,85 έως 0,9 και συνάρτηση συμμετοχής θετικής κλίσης.

Ωστόσο, στις κατηγορίες δρόμοι και κτίρια παρατηρείται μία αστοχία καθώς επιλέγονται και περιοχές υδάτινων επιφανειών. Για να αποφευχθεί αυτή η αστοχία αφού έγινε ο ορθός προσδιορισμός των υδάτινων επιφανειών προστίθεται ένα επιπλέον κριτήριο για τις

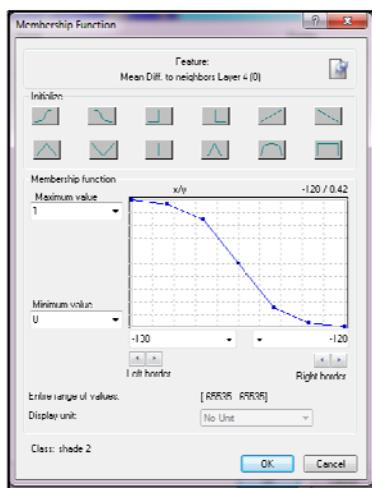
κατηγορίες των κτιρίων και των δρόμων ώστε να μην ταξινομούνται οι υδάτινες επιφάνειες ως δρόμοι ή ως κτίρια.

Τέλος, στην εικόνα των Χανίων παρατηρούνται αρκετές σκιές από κτίρια και δέντρα έτσι επιλέγεται η δημιουργία μιας ακόμα κατηγορίας ώστε να διαχωριστούν οι σκιές από τις υπόλοιπες κατηγορίες χρήσεων γης. Η κατηγορία σκιά ιεραρχείται ως παιδί της κατηγορίας άλλο όπου εντάσσονται τα αντικείμενα που δεν ταξινομούνται σε καμία από τις άλλες κατηγορίες. Έτσι κληρονομεί τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας άλλο ενώ προστίθεται το κριτήριο *Mean Diff. to neighbors* για το εγγύς υπέρυθρο κανάλι όπως φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 4.45: Χαρακτηριστικά κατηγορίας σκιά

Οι τιμές ασάφειας του δείκτη *Mean Diff. to neighbors Layer 4* είναι από -130 έως -120 και η συνάρτηση συμμετοχής είναι αρνητικής κλίσης.



Εικόνα 4.46: Κριτήρια συμμετοχής κατηγορίας σκιά PM2

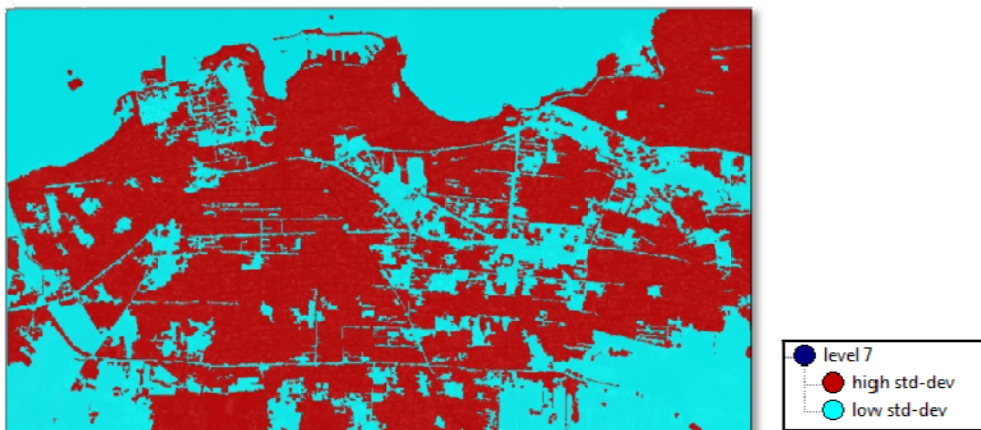
Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 2^{ου} επιπέδου παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 4.47: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 2^{ου} επιπέδου ΠΜ2

Ταξινόμηση 7^{ου} επιπέδου

Το 7^ο επίπεδο κατάτμησης όπως και στην περιοχή μελέτης του Ηρακλείου έτσι και εδώ χρησιμεύει για την καλύτερη ταξινόμηση των κτιρίων της περιοχής των Χανίων. Συγκεκριμένα, με τη χρήση του κανόνα “*Standard Deviation Layer 1*” και με τιμές ασάφειας από 32 έως 33 και με συνάρτηση συμμετοχής μορφής S θετικής κλίσης ταξινομούνται τα αντικείμενα της κατηγορίας high std-dev όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 4.48: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 7^{ου} επιπέδου ΠΜ2

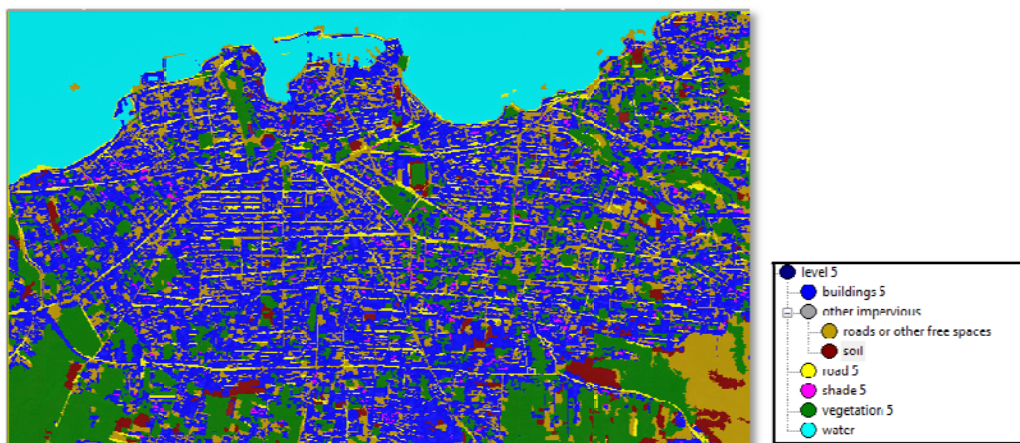
Ταξινόμηση 5^{ου} επιπέδου

Το 5^ο επίπεδο ταξινόμησης αποτελεί και την τελική ταξινόμηση των χρήσεων γης. Όπως και στην εικόνα του Ηρακλείου επιλέγονται οι κατηγορίες κτίρια, βλάστηση, υδάτινες επιφάνειες, δρόμοι, γυμνό έδαφος ενώ εδώ προστίθεται η κατηγορία σκιά που έχει προσδιοριστεί σε προηγούμενο επίπεδο.

Οι κατηγορίες βλάστηση, υδάτινες επιφάνειες, δρόμοι και σκιά προκύπτουν μέσω προβολής από τις αντίστοιχες κατηγορίες του δεύτερου επιπέδου. Η κατηγορία των κτιρίων προσδιορίζεται με από την κατηγορία των κτιρίων του δεύτερου επιπέδου και την σχέση με τα υπερ-αντικείμενα της κατηγορίας high sdt-dev. Τέλος, η κατηγορία έδαφος προκύπτει από το λόγο του κόκκινου καναλιού προς το μπλε ενώ τα αντικείμενα που δεν κατηγοριοποιούνται σε καμία από τις παραπάνω κλάσεις ταξινομούνται ως δρόμοι ή άλλοι ελεύθεροι χώροι.

Τα κριτήρια και οι τιμές που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή των παραπάνω κανόνων παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 5.3.

Στην εικόνα 5.49 παρουσιάζεται ο χάρτης χρήσεων γης που προκύπτει για την περιοχή των Χανίων. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα προσδιορίζονται οι χώροι καταφυγής των Χανίων.



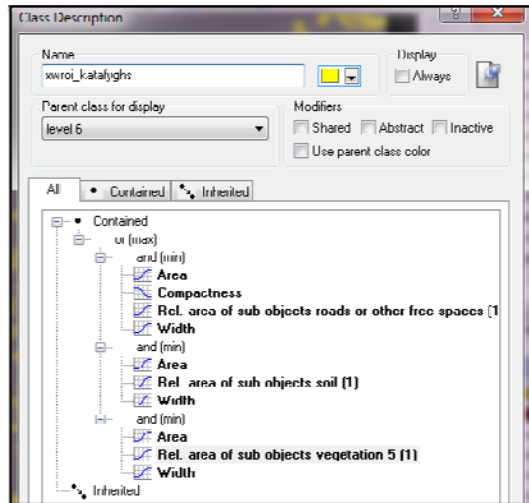
Εικόνα 4.49: Αποτέλεσμα ταξινόμησης 5^{ου} επιπέδου ΠΜ2

Ένωση κατηγοριών - Τελική ταξινόμηση ΠΜ2

Αφού προσδιοριστούν οι χρήσεις γης για την περιοχή των Χανίων ακολουθεί η τελική ταξινόμηση βάσει της οποίας προκύπτουν οι χώροι καταφυγής. Για το σκοπό αυτό επιλέγονται εκείνες οι κατηγορίες που αποτελούν πιθανούς χώρους καταφυγής και γίνεται συνένωσή τους. Στην περίπτωση των Χανίων οι κατηγορίες που επιλέγονται είναι η βλάστηση, το γυμνό έδαφος και η κατηγορία που περιλαμβάνει δρόμους και άλλους ελεύθερους χώρους.

Με την συνένωση των κατηγοριών δημιουργούνται μεγαλύτερα αντικείμενα τα οποία βάσει των κατάλληλων κανόνων θα ταξινομηθούν ως χώροι καταφυγής. Για τις κατηγορίες βλάστηση και γυμνό έδαφος τα κριτήρια είναι αντίστοιχα με εκείνα της περιοχής του Ηρακλείου. Έτσι επιλέγεται ο κανόνας *Rel. area of sub objects* για τις κατηγορίες βλάστηση και γυμνό έδαφος με τιμές ασάφειας από 0,4 έως 0,5 και από 0,4 έως 0,6 αντίστοιχα και θετική συνάρτηση συμμετοχής. Ταυτόχρονα, για κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες θα πρέπει να ισχύουν και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως είναι η επιφάνεια με τιμές από 500 έως 700 τ.μ. και το πλάτος με τιμές 20 έως 25 μ. με συνάρτηση συμμετοχής θετικής κλίσης και για τους δύο κανόνες.

Όσον αφορά την κατηγορία roads and other free spaces επιλέγεται η επιφάνεια να έχει τιμές από 1500 έως 1700 τ.μ. και ο κανόνας *Rel. area of sub objects* τιμές από 0,5 έως 0,6 με θετική συνάρτηση συμμετοχής. Για να αποφευχθούν οι αστοχίες καθώς στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται και αρκετοί δρόμοι επιλέγεται ένας επιπλέον κανόνας. Ο κανόνας *compactness* ο οποίος παίρνει τιμές ασάφειας από 2,5 έως 2,6 με αρνητική συνάρτηση συμμετοχής.



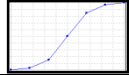
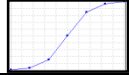
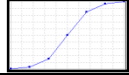
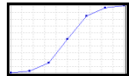
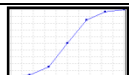
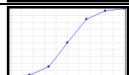
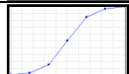
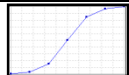
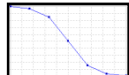
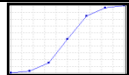
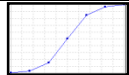
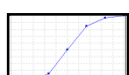
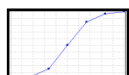
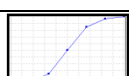
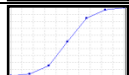
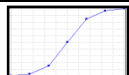
Εικόνα 4.50: Χαρακτηριστικά χώρων καταφυγής PM2

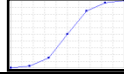
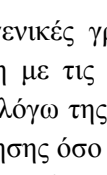
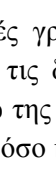
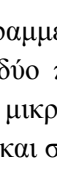
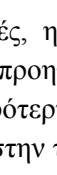
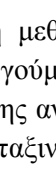
Στην εικόνα 5.51 παρουσιάζονται οι τελικοί χώροι καταφυγής για την δεύτερη περιοχή μελέτης. Όπως παρατηρείται υπάρχουν αρκετοί χώροι και στον αμιγώς αστικό ιστό της πόλης και προφανώς μεγαλύτεροι χώροι στα προάστια.



Εικόνα 4.51: Χώροι καταφυγής PM2

Στον πίνακα 5.3 παρουσιάζονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των κλάσεων κάθε ταξινόμησης για την περιοχή μελέτης των Χανίων. Παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των χαρακτηριστικών είναι ανάλογη με της εικόνας του Ηρακλείου. Εξάιρεση αποτελεί η κατηγορία των σκιών που δεν υπάρχει στην εικόνα του Ηρακλείου και μικρές διαφοροποίησης σε κάποια χαρακτηριστικά και στα κριτήρια συμμετοχής τους.

Επίπεδο	Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξί όριο
Level 1	vegetation 1	NDVI		0.19	0.21
	not vegetation 1	not vegetation 1			
Level 3	roads 3	Asymmetry		0.87	1
		Length/Width		3.7	3.9
		not vegetation 1			
		not water 2			
	other 3	not roads 3			
Level 2	vegetation 2	Real area of sub. object vegetation 1 (1)		0.2	0.6
	roads 2	Existence of super objects roads 3 (1)		0	1
	water 2	water index		1.2	1.31
	buildings 2	Mean diff. to scene Layer 1		-25	-15
		red/green		0.85	0.9
		not water 2			
	Shade 2	Mean diff. to neighbors Layer 4 (0)		-130	-120
	other 2	not vegetation 2 not roads 2 not water 2 not buildings 2 not shade 2			
Level 7	high std-dev	Standard deviation Layer 1		32	33
	low std-dev	not high std-dev			
Level 5	buildings 5	Existence of high std-dev (2)		0	1
		real area of sub. objects buildings 2 (3)		0.5	1
	vegetation 5	Rel. area of sub. object vegetation 1 (4)		0.4	0.6
	roads 5	Existence of super objects roads 3(2)		0	1
	water 5	Real area of sub object shade 2 (3)		0	1
	Shade 5	Real area of sub object shade 2 (3)		0	1

	soil	Red/blue		1	1.15
	roads or other free spaces	not soil not vegetation 5 not shade 5 not roads 5 not water 5 not buildings 5			
Level 6	xwroi katafyghs	Area		500 1500	700 1700
		Width		20	25
		Rel. area of sub. object vegetation (1)		0.64	0.65
		Rel. area of sub. object soil (1)		0.64	0.65
		Rel. area of sub. object roads and other free spaces		0.75	0.8
		Compactness		2.05	2.06
	other	not xwroi katafyghs			

Πίνακας 4.3: Κατηγορίες ταξινόμησης με χαρακτηριστικά, συναρτήσεις συμμετοχής και όρια ασάφειας για τις ταξινομήσεις της ΠΜ2

4.4. Περιοχή μελέτης Αθηνών (ΠΜ3)

4.4.1. Φωτοερμηνεία εικόνας ΠΜ3 - ΙΚΟΝΟΣ

Η τρίτη περιοχή που επιλέγεται είναι ένα μέρος των Αθηνών όπου περιλαμβάνονται πυκνοδομημένες περιοχές όπως η Κυψέλη, το Γαλάτσι και οι Αμπελόκηποι καθώς και περιοχές πιο αραιοδομημένες όπως το Ψυχικό και η Φιλοθέη.

Σε γενικές γραμμές, η μεθοδολογία που ακολουθείται και σε αυτή την εικόνα είναι ανάλογη με τις δύο προηγούμενες ωστόσο παρουσιάζονται κάποιες σημαντικές διαφορές κυρίως λόγω της μικρότερης ανάλυσης της εικόνας των Αθηνών. Έτσι, τόσο στο στάδιο της κατάτμησης όσο και στην ταξινόμηση διαφοροποιούνται τα κριτήρια κυρίως όσον αφορά την κλίμακα καθώς και τις κατηγορίες αφού δεν υπάρχει δυνατότητα ανάλογης λεπτομέρειας στην παρατήρηση.

Επίσης, το γεγονός ότι οι περιοχές που επιλέγονται δεν είναι ομοιογενείς ως προς την πυκνότητα δόμησης δημιουργεί επιπλέον προβλήματα τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν στο στάδιο της κατάτμησης αλλά και της ταξινόμησης για να προκύψουν αξιόπιστα αποτελέσματα.

Στην εικόνα 5.52 παρουσιάζονται οι κατηγορίες που επιλέγονται για την ταξινόμηση της εικόνας των Αθηνών. Η βλάστηση, τα κτίρια, οι δρόμοι, το γυμνό έδαφος και οι σκιές είναι οι κατηγορίες που απαιτούνται σε αυτή την εικόνα για την ορθή ταξινόμηση.

1. Βλάστηση
2. Κτίρια
3. Δρόμοι
4. Σκιά
5. Γυμνό έδαφος

Εικόνα 4.52: Περιοχή μελέτης 3 - Αθήνα (έγχρωμο σύνθετο 4-3-2/ εικόνα IKONOS)

Η ιεραρχία των κλάσεων που επιλέγονται είναι αντίστοιχη με εκείνες των προηγούμενων περιοχών μελέτης όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 5.5.

Διάγραμμα 4.5: Ιεραρχία κατηγοριών ΠΜ3

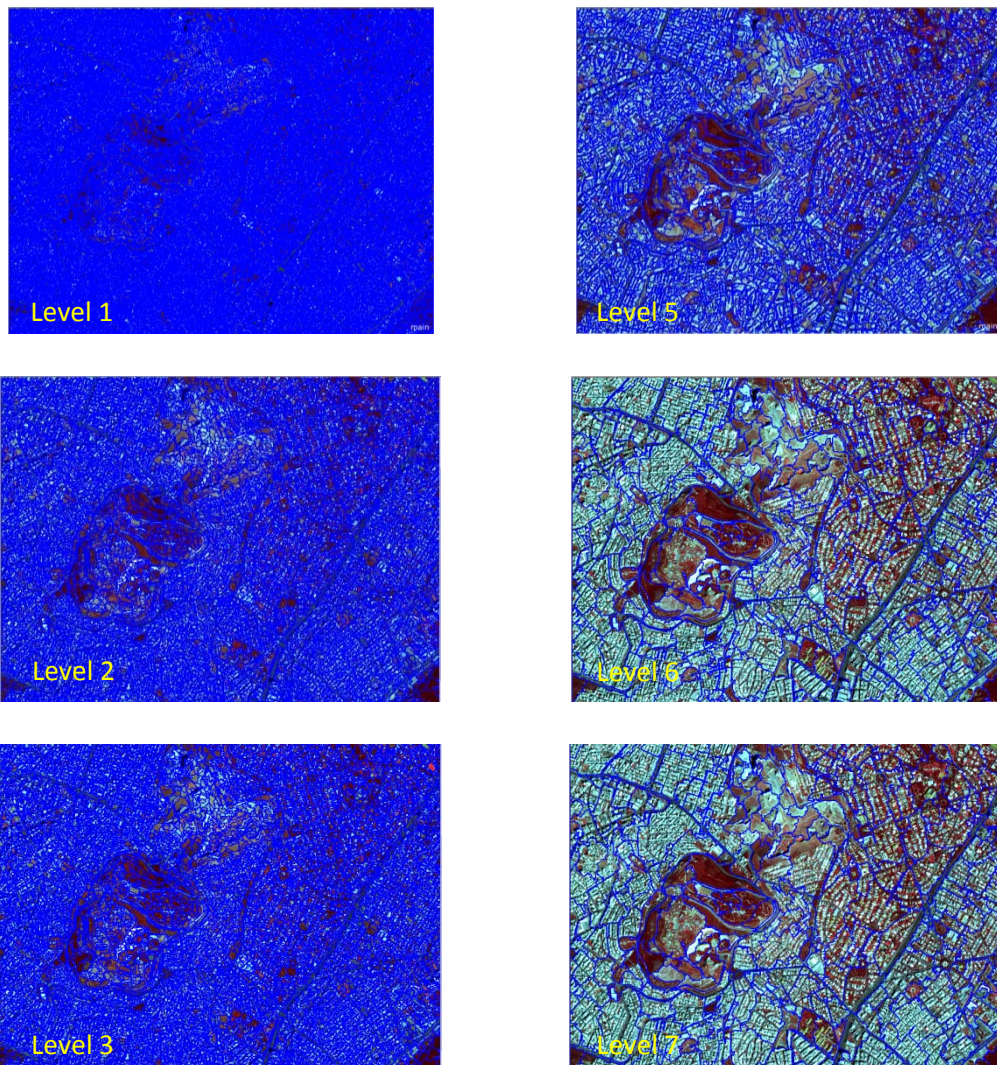
4.4.2. Κατάτμηση πολλαπλών επιπέδων ΠΜ3

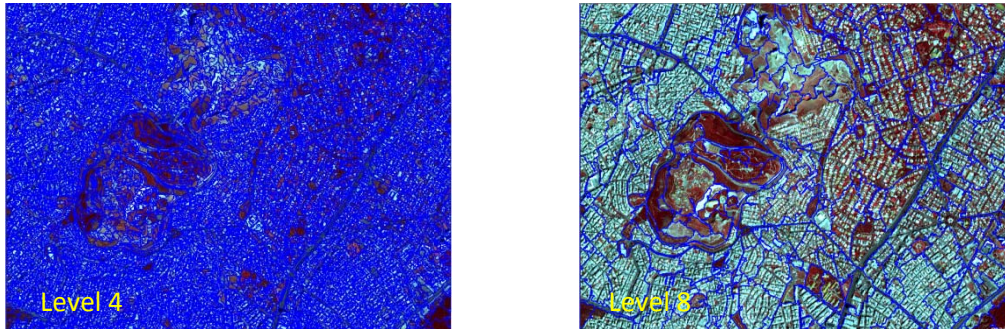
Για την κατάτμηση πολλαπλών επιπέδων της εικόνας IKONOS της περιοχής των Αθηνών επιλέγονται τα κατάλληλα κριτήρια όπως αυτά φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί. Όπως παρατηρείται, για την εικόνα των Αθηνών δημιουργούνται επιπλέον επίπεδα από εκείνα των προηγούμενων περιοχών ενώ έχουν μεγάλες αποκλίσεις οι κλίμακες που επιλέγονται.

Επίπεδα κατάτμησης	Παράμετροι κατάτμησης		
	Scale	Shape	Compactness
1	10	0.1	0.5
2	13	0.7	0.6
3	15	0.2	0.7
4	20	0.1	0.8
5	30	0.7	0.2
6	45	0.9	0.9
7	50	0.9	0.9
8	55	0.5	0.5

Πίνακας 4.4: Κριτήρια κατατμήσεων ΠΜ3

Τα αποτελέσματα των κατατμήσεων που προκύπτουν από την εφαρμογή των παραπάνω κριτηρίων παρουσιάζονται στην εικόνα 5.53.



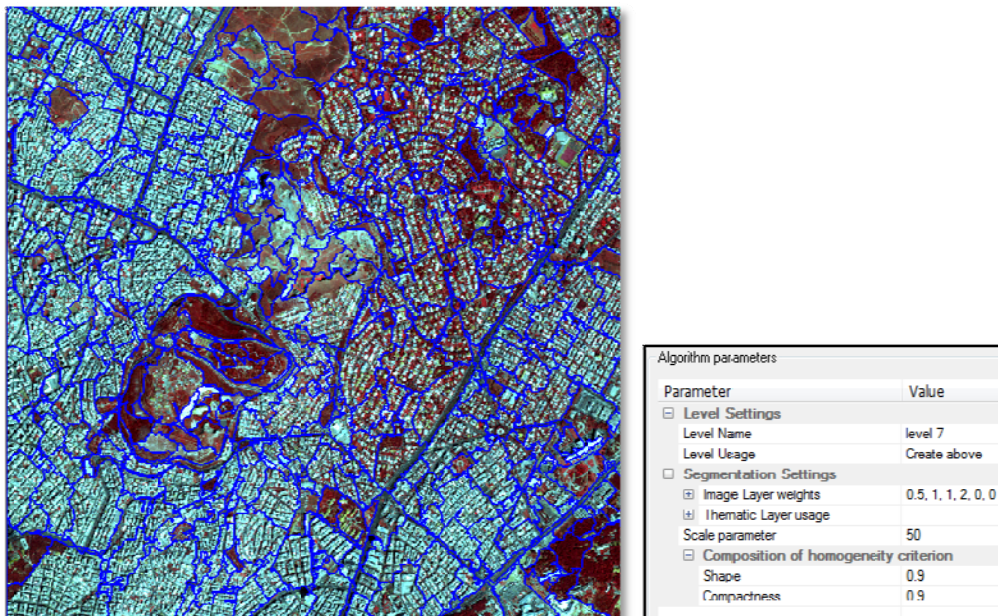


Εικόνα 4.53: Αποτελέσματα κατατμήσεων PM3

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι σε όλα τα επίπεδα κατάτμησης επιλέγονται και τα τέσσερα διαθέσιμα κανάλια (μπλε, πράσινο, κόκκινο, εγγύς υπέρυθρο). Η βαρύτητα που δίνεται και στα τέσσερα κανάλια είναι ίση με τη μονάδα σε όλα τα επίπεδα με εξαίρεση το 7^ο επίπεδο κατάτμησης.

Το 7^ο επίπεδο κατάτμησης είναι ένα βοηθητικό επίπεδο που δημιουργείται για το διαχωρισμό της πυκνοδομημένης αστικής περιοχής (π.χ. Κυψέλη) από την αραιοδομημένη αστική περιοχή (π.χ. Ψυχικό). Για το σκοπό αυτό δόθηκε μεγαλύτερη βαρύτητα στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι και μικρότερη στο μπλε κανάλι.

Στην εικόνα 5.54 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 7^{ου} επιπέδου καθώς και τα αντίστοιχα κριτήρια.



Εικόνα 4.54: Κατάτμηση 7^{ου} επιπέδου και κριτήρια κατάτμησης PM3

4.4.3. Ταξινόμηση PM3

Επόμενο βήμα μετά την κατάτμηση πολλαπλών επιπέδων με βάσει τα κατάλληλα κριτήρια κατάτμησης είναι η ταξινόμηση των αντικειμένων κάθε επιπέδου στις αντίστοιχες κατηγορίες όπως και παραπάνω.

Το διάγραμμα ροής που δημιουργείται και σε αυτή την περίπτωση προκύπτει ύστερα από μία σειρά επαναληπτικών διαδικασιών καταταμίσεων και ταξινομήσεων ώστε να προκύψει το ιδανικό αποτέλεσμα για την συγκεκριμένη εικόνα.

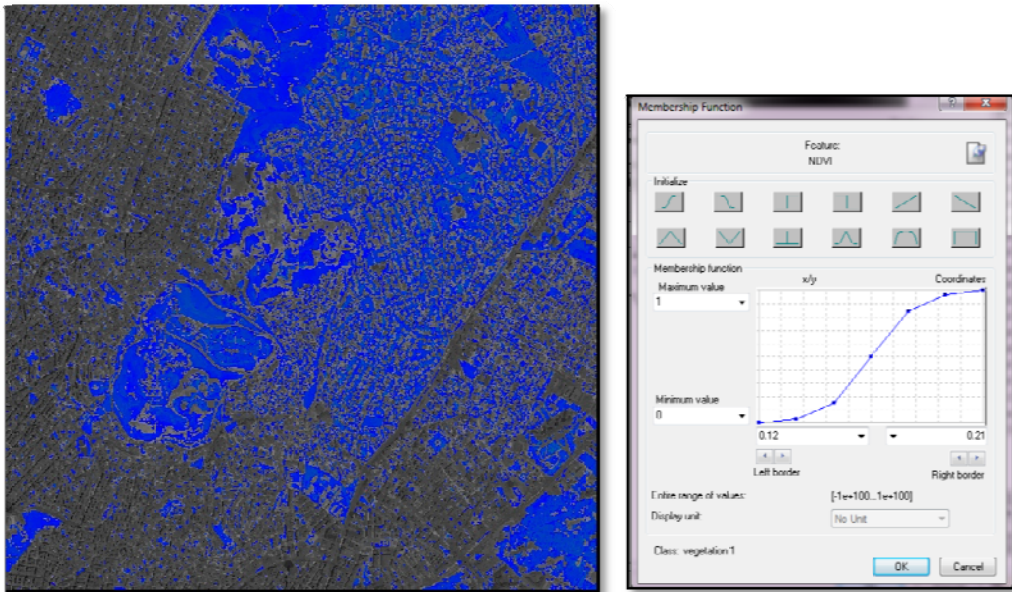
Διάγραμμα 4.6: Διάγραμμα ροής ταξινόμησης ΠΜ3

Στην περιοχή των Αθηνών εκτός από τα κανάλια μπλε, πράσινο, κόκκινο και εγγύς υπέρυθρο προστίθεται μία επιπλέον πληροφορία σχετικά με τα υψόμετρα και τις κλίσεις των πρανών της περιοχής. Συγκεκριμένα, προστίθεται το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της περιοχής μελέτης (DEM) και οι κλίσεις των πρανών σε ποσοστιαία μονάδα.

Όπως έχει αναφερθεί, ο κίνδυνος κατολισθητικών φαινομένων μετά από σεισμική δραστηριότητα είναι μεγάλος για το λόγο αυτό απαιτείται να αποφεύγονται χώροι καταφυγής με έντονες κλίσεις. Με τη χρήση λοιπόν των κλίσεων των πρανών μπορούν να εξαιρεθούν οι περιοχές με μεγάλες κλίσεις.

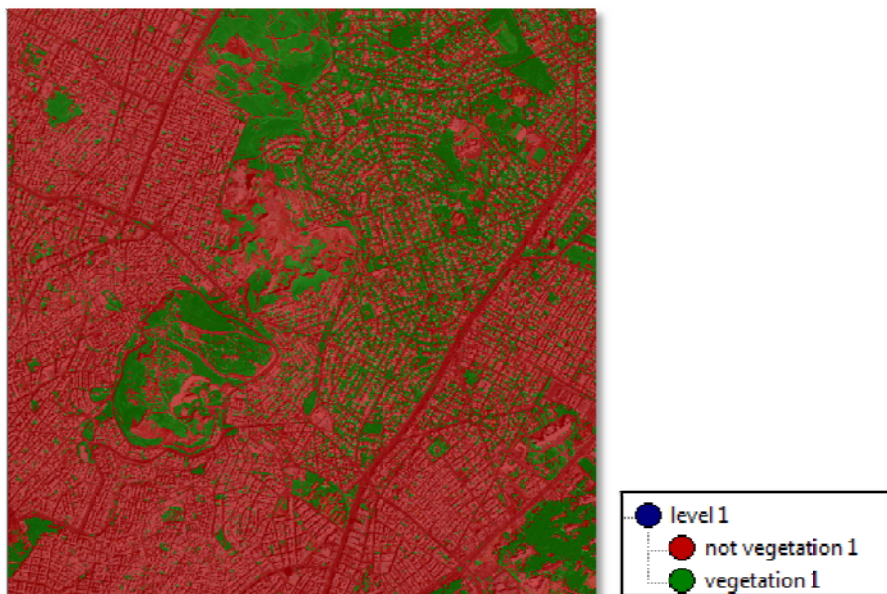
Ταξινόμηση 1^{ου} επιπέδου ΠΜ3

Το πρώτο επίπεδο χρησιμοποιείται όπως και στις προηγούμενες περιοχές μελέτης για τον διαχωρισμό των περιοχών βλάστησης διαφοροποιώντας ωστόσο τις τιμές ασάφειας σε σχέση με τις προηγούμενες περιοχές μελέτης. Έτσι εφαρμόζεται ο δείκτης NDVI με τιμές ασάφειας από 0,12 έως 0,21 και συνάρτηση συμμετοχής της μορφής S θετικής κλίσης. Στην εικόνα 5.55 παρουσιάζονται τα κριτήρια εφαρμογής του δείκτη NDVI για την εικόνα IKONOS της περιοχής των Αθηνών και τα αποτελέσματα που προκύπτουν.



Εικόνα 4.55: Απεικόνιση δείκτη βλάστησης NDVI και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3

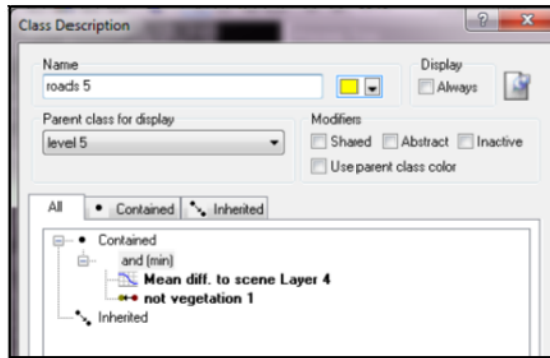
Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του πρώτου επιπέδου παρουσιάζονται στην εικόνα 5.56.



Εικόνα 4.56: Αποτελέσματα ταξινόμησης 1^{ου} επιπέδου κατάτμησης ΠΜ3

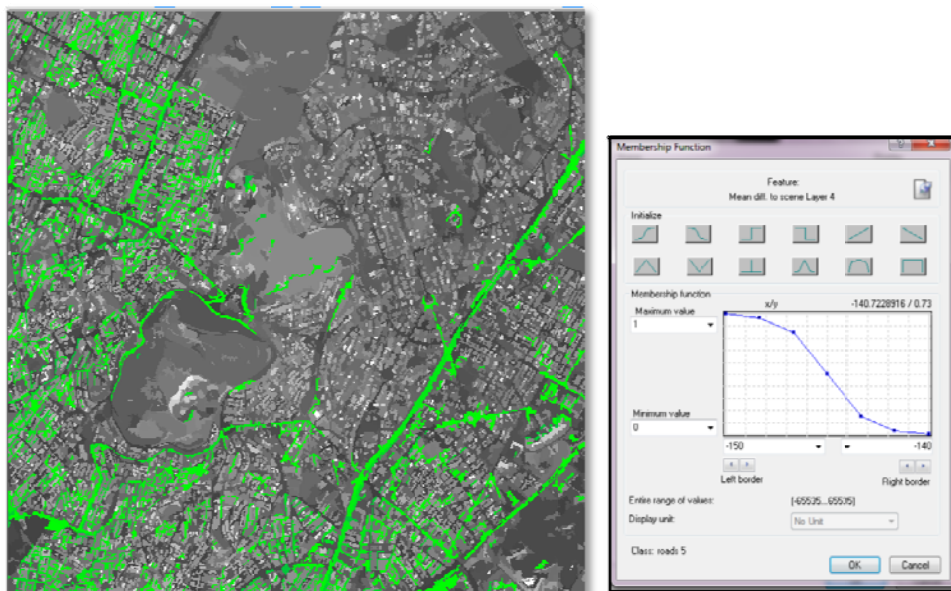
Ταξινόμηση 5^{ου} επιπέδου ΠΜ3

Στο πέμπτο επίπεδο επιλέγεται να γίνει ο διαχωρισμός των δρόμων από τις υπόλοιπες περιοχές. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ο κανόνας *Mean diff. to scene Layer 4* και ο αντίστροφος κανόνας ομοιότητας με την κατηγορία βλάστηση ώστε να μην υπάρχει σύγχυση μεταξύ των δύο κατηγοριών. Τα χαρακτηριστικά αυτά πρέπει να ισχύουν ταυτόχρονα για αυτό επιλέγεται ο τελεστής AND.



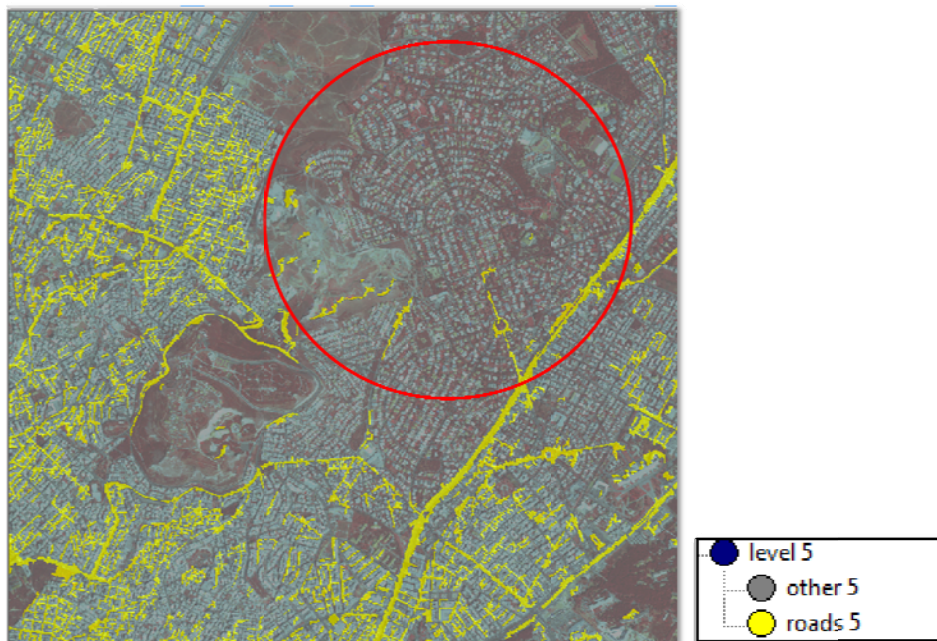
Εικόνα 4.57: Περιγραφή χαρακτηριστικών κλάσης ΠΜ3

Για την εφαρμογή του κανόνα Mean diff. to scene Layer 4 επιλέγονται τιμές ασάφειας από -150 έως -140 με συνάρτηση συμμετοχής αρνητικής κλίσης όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.58.



Εικόνα 4.58: Απεικόνιση δείκτη Mean diff. to scene Layer 4 και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3

Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης παρουσιάζεται στην εικόνα 5.59 όπου με κίτρινο χρώμα απεικονίζονται οι δρόμοι. Παρατηρείται μία αστοχία αναφορικά με τους δρόμους κυρίως στην περιοχή του Ψυχικού καθώς μεγάλο μέρος του οδικού δικτύου είναι δεντρόφυτο με αποτέλεσμα να ταξινομείται ως βλάστηση.

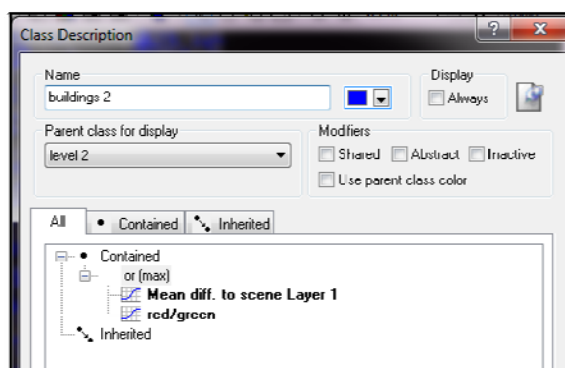


Εικόνα 4.59: Αποτελέσματα ταξινόμησης 1^{ου} επιπέδου κατάτμησης ΠΜ3

Ταξινόμηση 2^{ου} επιπέδου ΠΜ3

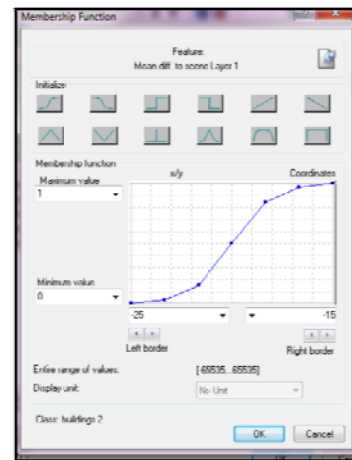
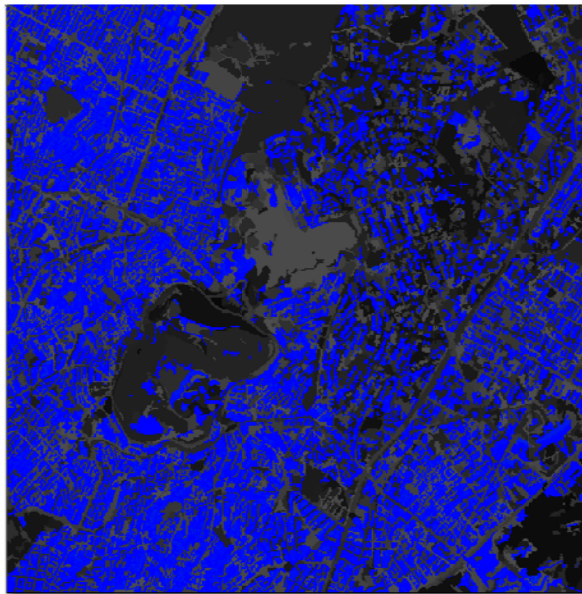
Στο δεύτερο επίπεδο κατάτμησης δημιουργούνται οι κατηγορίες βλάστηση, δρόμοι, κτίρια και σκιά. Για τις κατηγορίες βλάστηση και δρόμοι γίνεται προβολή από τα επίπεδα ένα και πέντε αντίστοιχα.

Για την κατηγορία κτίρια χρησιμοποιούνται οι δείκτες *Mean diff. to scene Layer 1* και ο λόγος *red/green* για τον διαχωρισμό των τσιμεντένιων ταρατσών και των κεραμοσκεπών αντίστοιχα. Τα χαρακτηριστικά που επιλέγονται για την κατηγορία αυτή παρουσιάζονται στην εικόνα 5.60.



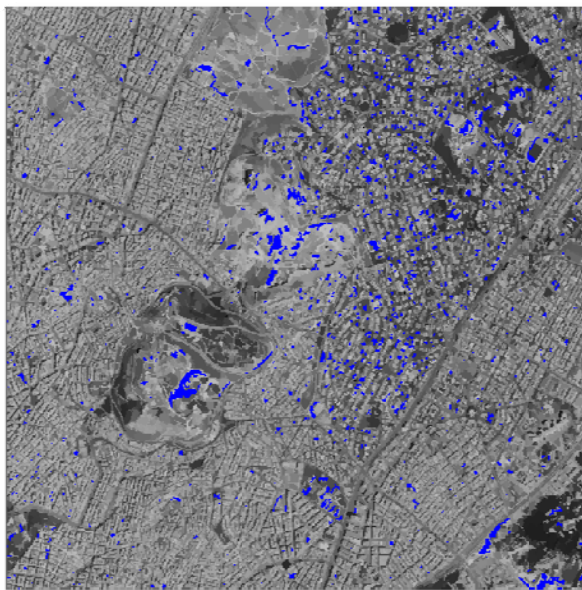
Εικόνα 4.60: Περιγραφή χαρακτηριστικών κλάσης ΠΜ3

Στην εικόνα 5.61 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα του δείκτη *Mean diff. to scene Layer 1* με τιμές ασάφειας από 0 έως 10 και συνάρτηση μορφής S θετικής κλίσης.



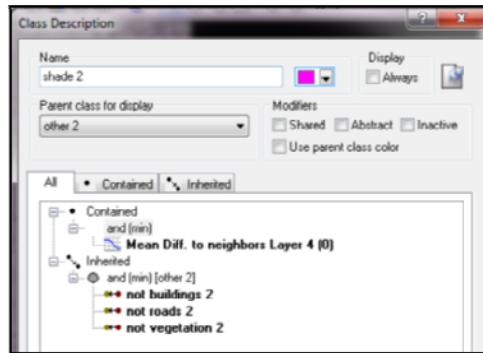
Εικόνα 4.61: Απεικόνιση δείκτη Mean diff. to scene Layer 1 και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3

Επόμενο κριτήριο που χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των κτιρίων είναι ο λόγος κόκκινο προς πράσινο που αναδεικνύει τις κεραμοσκεπές. Στην προκειμένη περίπτωση εφαρμόζεται με τιμές ασάφειας από 0,99 έως 1,01 και συνάρτηση συμμετοχής μορφής S θετικής κλίσης όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 5.62.



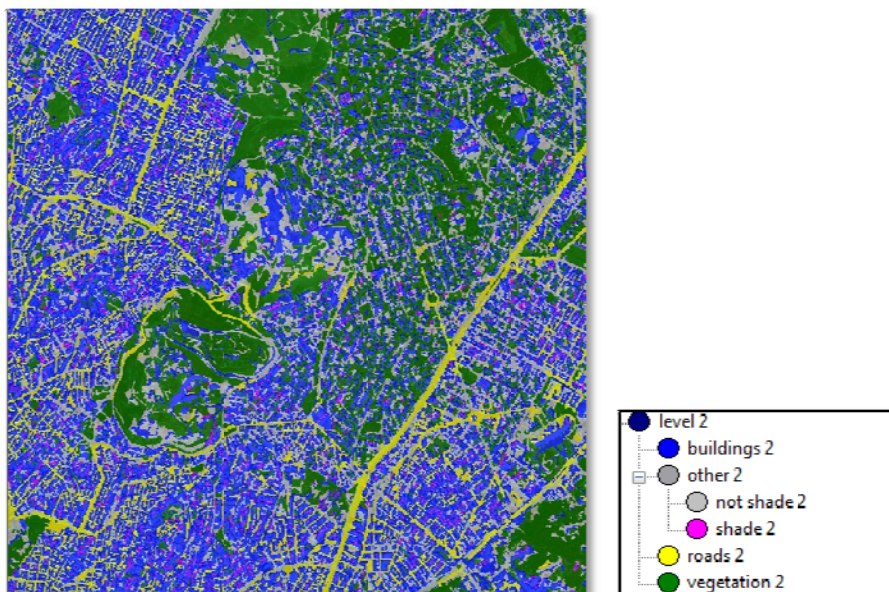
Εικόνα 4.62: Απεικόνιση δείκτη red/green και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3

Τέλος, για την κατηγορία σκιά χρησιμοποιείται ο δείκτης *Mean diff. to neighbors Layer 4 (0)*. Οι τιμές ασάφειας είναι από -250 έως -200 με συνάρτηση συμμετοχής αρνητικής κλίσης. Τα χαρακτηριστικά που επιλέγονται για το διαχωρισμό της κατηγορίας σκιά απεικονίζονται στην εικόνα 5.63.



Εικόνα 4.63: Περιγραφή χαρακτηριστικών κλάσης σκιά ΠΜ3

Με τη χρήση των παραπάνω κανόνων προκύπτει η ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου όπως αυτή παρουσιάζεται στην εικόνα 5.64.

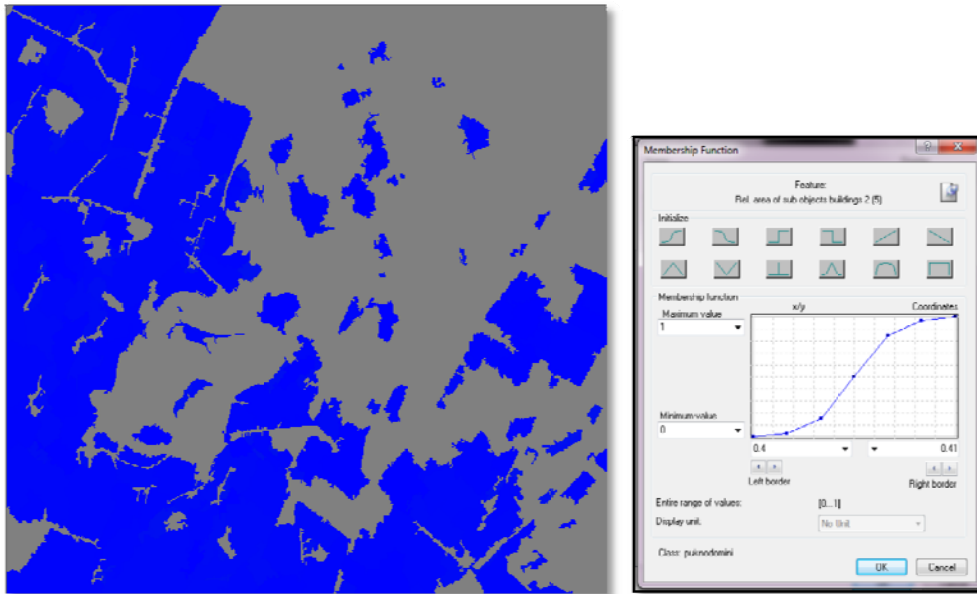


Εικόνα 4.64: Αποτελέσματα ταξινόμησης 2^{ου} επιπέδου

Ταξινόμηση 7^{ου} επιπέδου ΠΜ3

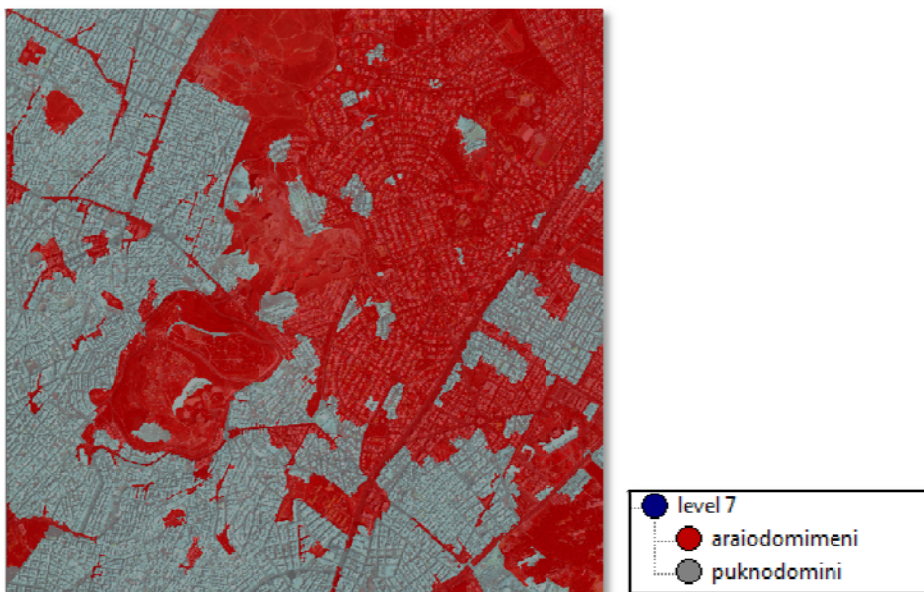
Κατά τη διαδικασία των ταξινομήσεων παρατηρήθηκαν σφάλματα καθώς υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ των πυκνοδομημένων περιοχών όπως η Κυψέλη και των αραιοδομημένων περιοχών όπως το Ψυχικό. Ως αποτέλεσμα ήταν η αδυναμία χρήσης ενιαίων κανόνων για την ταξινόμηση των περιοχών αυτών και έτσι επιλέχθηκε να γίνει διαχωρισμός τους και ξεχωριστή αντιμετώπιση για κάθε περιοχή.

Ο διαχωρισμός αυτός επιλέγεται να γίνει σε ένα επίπεδο με μεγάλα αντικείμενα όπου ανάλογα με το ποσοστό κτιρίων που περιλαμβάνουν να διαχωρίζονται σε πυκνοδομημένα ή αραιοδομημένα. Συγκεκριμένα, επιλέγεται στην κατηγορία πυκνοδομημένα να ανήκουν τα αντικείμενα που αποτελούνται από κτίρια κατά 40% και πάνω.



Εικόνα 4.65: Απεικόνιση δείκτη ργκνοδομιμενι και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3

Τα αποτελέσματα του 7^{ου} επιπέδου παρουσιάζονται στην εικόνα 5.66. Όπως παρατηρείται στις πυκνοδομημένες περιοχές ανήκουν η Κυψέλη ενώ στις αραιοδομημένες το Ψυχικό, το Πεδίο του Άρεως, τα Τουρκοβούνια κ.α.

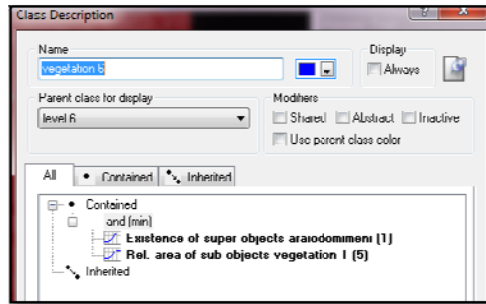


Εικόνα 4.66: Αποτελέσματα ταξινόμησης 7^{ου} επιπέδου ΠΜ3

Ταξινόμηση 6^{ου} επιπέδου ΠΜ3

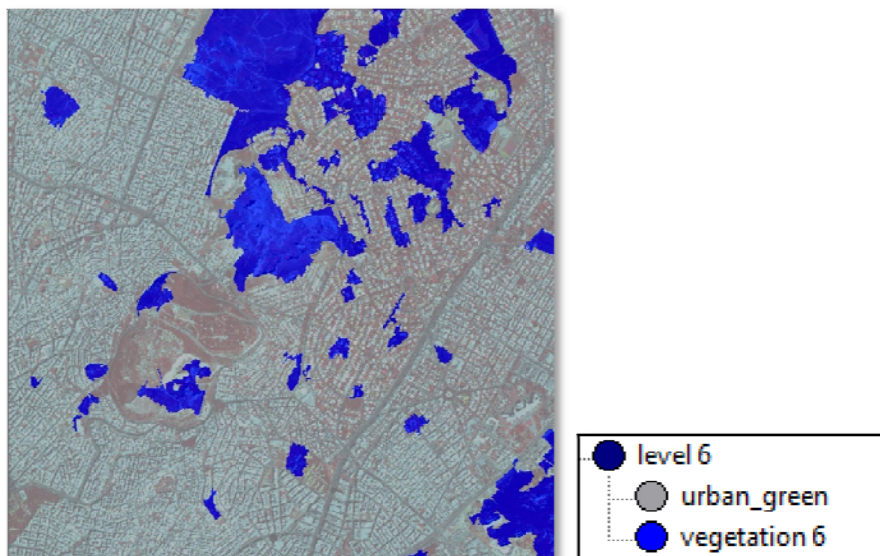
Στο επόμενο επίπεδο κρίθηκε αναγκαίο να γίνει διαχωρισμός των μεγάλων περιοχών βλάστησης όπως άλση κλπ με το αστικό πράσινο που περιλαμβάνει κυρίως τη βλάστηση σε αυλές κτιρίων καθώς και τη δενδροφύτευση καταμήκος των δρόμων. Για το σκοπό αυτό στο 6^ο επίπεδο δημιουργήθηκε η κατηγορία *urban_green* και η κατηγορία *vegetation 6*.

Τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας βλάστηση 6 παρουσιάζονται στην εικόνα 5.67.



Εικόνα 4.67: Περιγραφή χαρακτηριστικών κλάσης vegetation 6 ΠΜ3

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά προκύπτουν οι περιοχές αστικού πρασίνου όπως φαίνεται στην εικόνα 5.68.

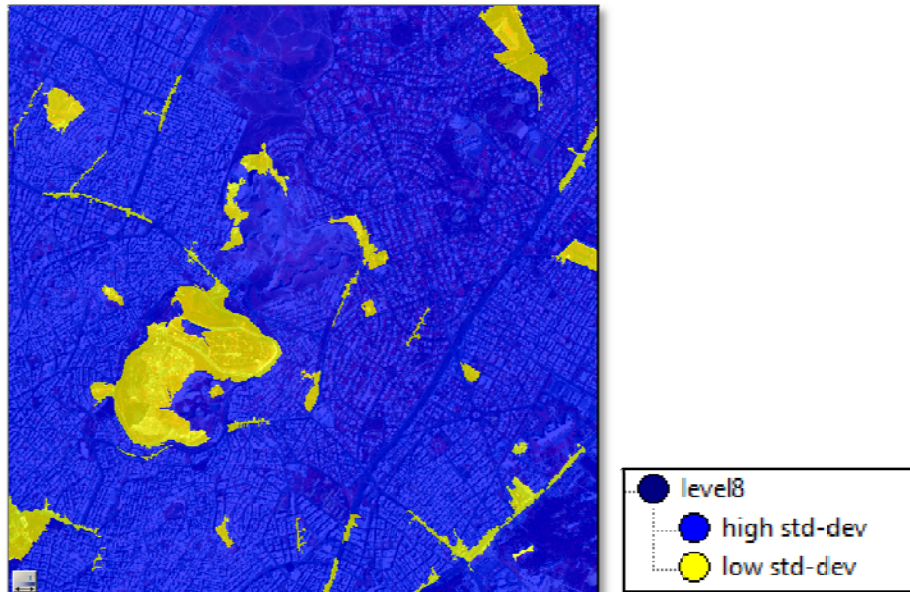


Εικόνα 4.68: Αποτελέσματα ταξινόμησης 6^{ου} επιπέδου ΠΜ3

Ταξινόμηση 8^{ου} επιπέδου ΠΜ3

Ένα ακόμη βοηθητικό επίπεδο είναι αυτό του 8^{ου} επιπέδου όπου με τη χρήση του κανόνα *Standard Deviation Layer 4* με τιμές ασάφειας είναι από 101 έως 104 και με συνάρτηση συμμετοχής μορφής S θετικής κλίσης.

Το επίπεδο αυτό χρησιμοποιείται για την βελτίωση της ταξινόμησης των κτιρίων και της βλάστησης. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν παρουσιάζονται στην εικόνα 5.69.

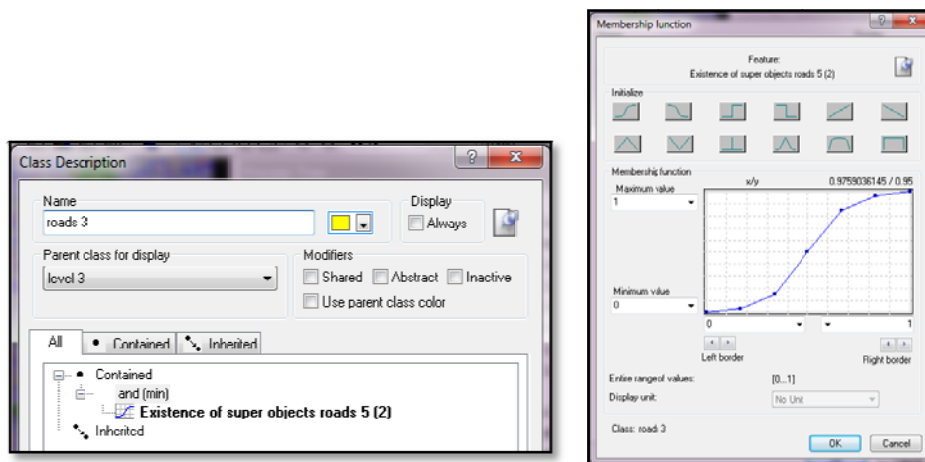


Εικόνα 4.69: Αποτελέσματα ταξινόμησης 8^{ου} επιπέδου ΠΜ3

Ταξινόμηση 3^{ου} επιπέδου ΠΜ3

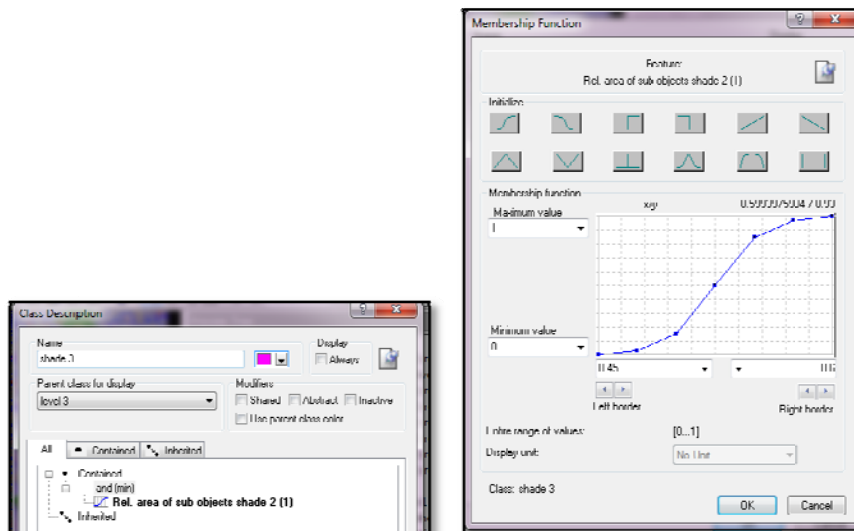
Το τρίτο επίπεδο επιλέγεται ως το επίπεδο της τελικής ταξινόμησης των χρήσεων γης για την περιοχή των Αθηνών. Οι τελικές κατηγορίες που δημιουργούνται στο επίπεδο αυτό είναι τα κτίρια, οι δρόμοι, η σκιά, η βλάστηση, το γυμνό έδαφος και η κατηγορία άλλα αδιαπέραστα ή δρόμοι.

Για την κατηγορία δρόμοι επιλέγεται ο δείκτης *Existence of super object roads 5 (2)* με τιμές ασάφειας από 0 έως 1 και θετική κλίση της συνάρτησης συμμετοχής όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.70.



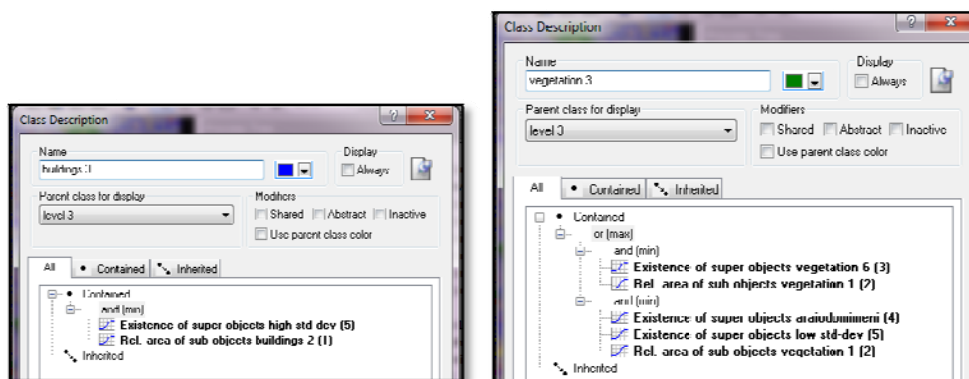
Εικόνα 4.70: Χαρακτηριστικά κατηγορίας δρόμων (roads 3) και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3

Αντίστοιχα, για την κατηγορία σκιά επιλέγεται ο δείκτης *Rel. area of sub object shade 2 (1)* με τιμές ασάφειας από 0,45 έως 0,60 με συνάρτηση συμμετοχής θετικής κλίσης.



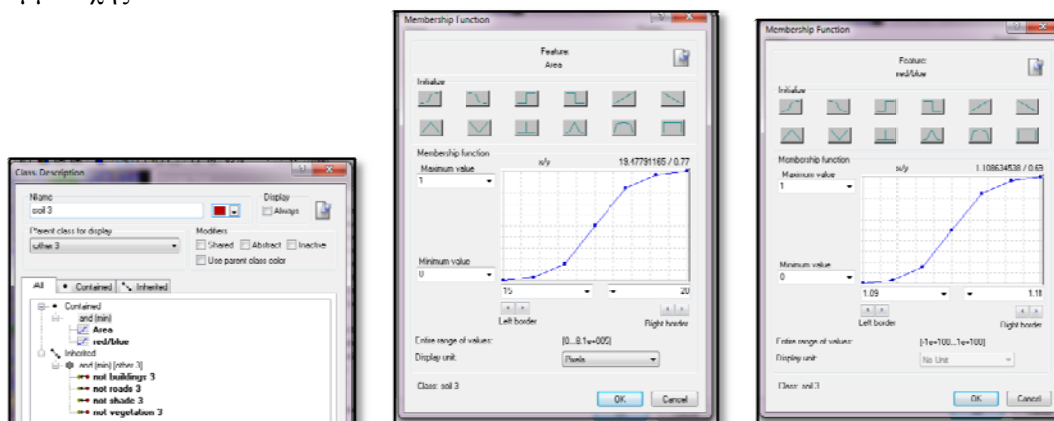
Εικόνα 4.71: Χαρακτηριστικά κατηγορίας σκιά (shade 3) και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3

Όπως και στις προηγούμενες περιοχές έτσι και στην περιοχή των Αθηνών για την καλύτερη ταξινόμηση της κατηγορίας των κτιρίων χρησιμοποιείται ως βοηθητική η κατηγορία *high std-dev* ενώ για την κατηγορία βλάστηση χρησιμοποιούνται οι κατηγορίες *low std-dev* και *araiodomineni* όπως φαίνεται στην εικόνα 5.72.



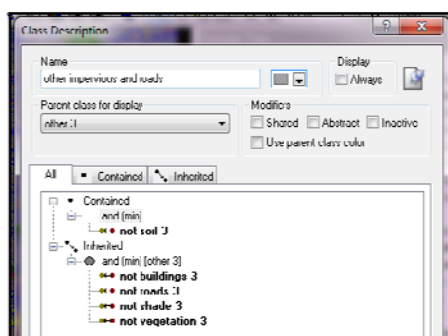
Εικόνα 4.72: Χαρακτηριστικά κατηγορίας κτιρίων και βλάστησης ΠΜ3

Η κατηγορία γυμνό έδαφος προσδιορίζεται από το δείκτης *Area* και το λόγο *red/blue* με τιμές ασάφειας από 15 έως 20 και από 1,09 έως 1,11 αντίστοιχα και θετική συνάρτηση συμμετοχής.



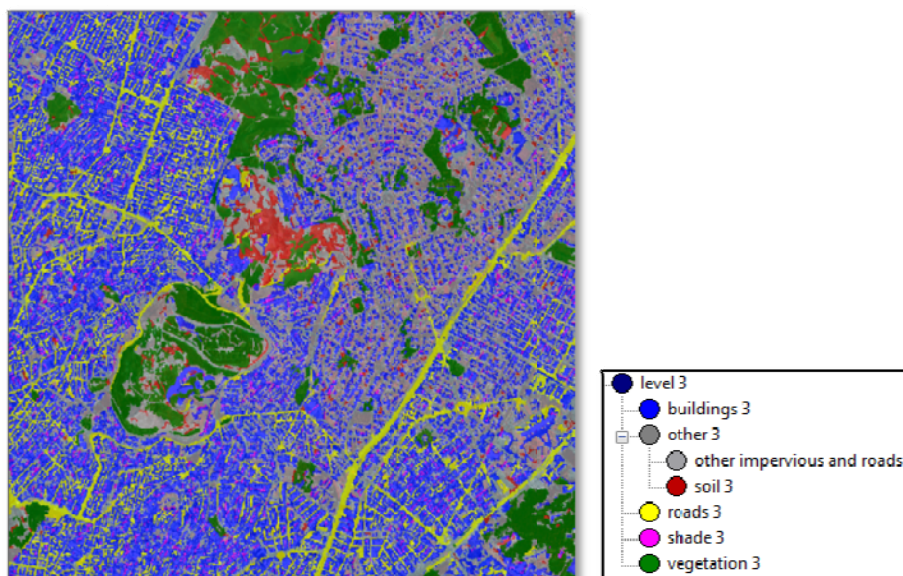
Εικόνα 4.73: Χαρακτηριστικά κατηγορίας γυμνό έδαφος και κριτήρια συμμετοχής ΠΜ3

Τέλος, στην κατηγορία *other impervious or roads* ταξινομούνται τα αντικείμενα που δεν πληρούν κανένα από τα παραπάνω κριτήρια. Για τον προσδιορισμό τους χρησιμοποιείται το αντίστροφο της ομοιότητας με τις υπόλοιπες κατηγορίες της ταξινόμησης.



Εικόνα 4.74: Χαρακτηριστικά κατηγορίας *other impervious or roads* ΠΜ3

Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του 3^{ου} επιπέδου παρουσιάζονται στην εικόνα που 5.75.



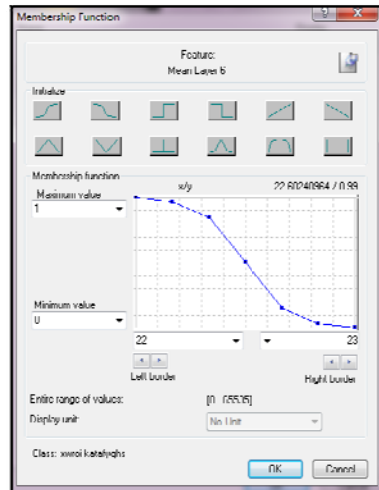
Εικόνα 4.75: Αποτελέσματα ταξινόμησης 3^{ου} επιπέδου ΠΜ3

Ένωση κατηγοριών - Τελική ταξινόμηση

Στο τέταρτο επίπεδο πραγματοποιείται η ταξινόμηση με στόχο τον προσδιορισμό των περιοχών καταφυγής. Όπως και στις προηγούμενες περιοχές τα κριτήρια που επιλέγονται είναι γεωμετρικά όπως το πλάτος και η έκταση των αντικειμένων και να ανήκουν στις κατηγορίες βλάστηση και γυμνό έδαφος αφού πρώτα γίνει ένωση των αντικειμένων των κατηγοριών αυτών.

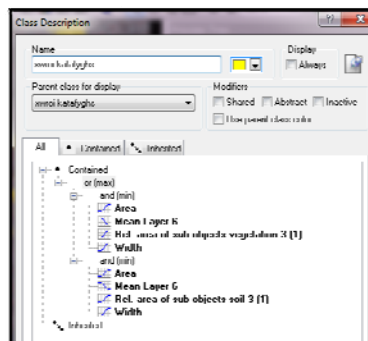
Στο σημείο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η προσθήκη ενός ακόμα κριτηρίου σχετικά με την κλίση των πρανών καθώς δεν επιτρέπεται οι χώροι καταφυγής να έχουν έντονες κλίσεις λόγω κίνδυνου κατολισθήσεων.

Το Layer 6 που προστέθηκε από το DEM της περιοχής μας δίνει τη δυνατότητα αποκλεισμού περιοχών με μεγάλη κλίση. Οι τιμές ασάφειας για το κριτήριο της κλίσης είναι από 22 έως 23 με αρνητική συνάρτηση συμμετοχής όπως φαίνεται στην εικόνα 5.76.



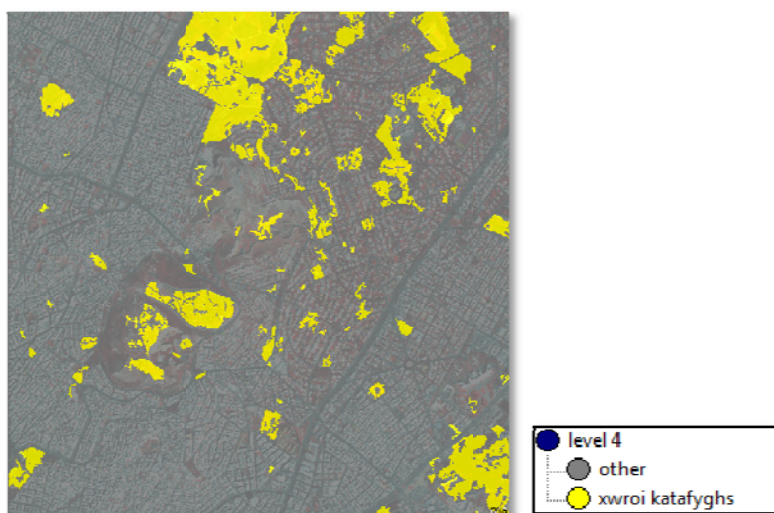
Εικόνα 4.76: Κριτήρια συμμετοχής δείκτη κλίσεων ΠΜ3

Το σύνολο των χαρακτηριστικών που επιλέγονται για τον διαχωρισμό των περιοχών καταφυγής της περιοχής των Αθηνών παρουσιάζονται στην εικόνα 5.77.



Εικόνα 4.77: Χαρακτηριστικά κατηγορίας χώροι καταφυγής ΠΜ3

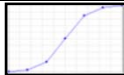
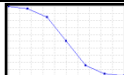

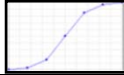
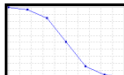
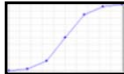
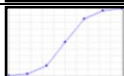
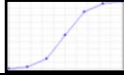
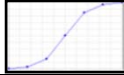
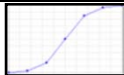
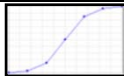
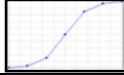
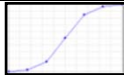

Στην εικόνα 5.78 παρουσιάζεται το τελικό αποτέλεσμα της μεθοδολογίας που περιγράφεται παραπάνω.




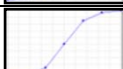






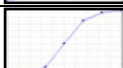
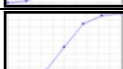



Εικόνα 4.78: Αποτελέσματα ταξινόμησης 4^{ου} επιπέδου ΠΜ3

Για την εφαρμογή των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων στην εικόνα IKONOS της περιοχής των Αθηνών χρησιμοποιήθηκαν οι κλάσεις με χαρακτηριστικά όπως αυτά

παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 5.5. Όπως έχει αναφερθεί για την εικόνα IKONOS των Αθηνών έγιναν διάφορες διαφοροποιήσεις τόσο στο στάδιο των κατατμήσεων όσο και στο στάδιο της επιλογής των χαρακτηριστικών και κατ' επέκταση στην ταξινόμηση των αντικειμένων.

Επίπεδο	Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξί όριο
Level 1	vegetation 1	NDVI		0.12	0.21
	not vegetation 1	not vegetation 1			
Level 5	roads 5	Mean diff. to scene Layer 4		-150	-140
		not vegetation 1			
	other 5	not roads 5			
Level 2	vegetation 2	Real area of sub. object vegetation 1 (1)		0.45	0.55
	roads 2	Existence of super objects roads 5 (3)		0	1
	shade 2	Mean diff. to neighbors Layer 4 (0)		-250	-200
		not vegetation 2 not roads 2 not buildings 2			
	not shade 2	not vegetation 2 not roads 2 not shade 2 not buildings 2			
	buildings 2	Mean diff. to scene Layer 1		0	10
red/green			0.99	1.01	
Level 7	puknodomimeni	Real area of sub objects buildings 2 (5)		0.4	0.41
	araiodomimeni	not puknodomimeni			
Level 6	vegetation 6	Existence of super objects araiodomimeni (1)		0	1
		Real area of sub objects vegetation 1(5)		0.55	0.6
	urban green	not vegetation 6			
Level 8	high std-dev	Standard deviation Layer 4		101	104
	low std-dev	not high std-dev			
Level 3	buildings 3	Existence of super objects high std-dev (5)		0	1
		real area of sub. objects buildings 2 (1)		0.5	1
	vegetation 3	Existence of super objects vegetation 6 (3)		0.4	0.6

		Real area of sub objects vegetation 1(2)		0.7	0.8
		Existence of super objects araiodomimeni (4)		0	1
		Existence of super objects low std-dev (5)		0	1
		Real area of sub objects vegetation 1(2)		0.5	0.6
	roads 3	Existence of super objects roads 5 (2)		0	1
	shade	Real area of sub objects shade 2 (1)		0.45	0.6
	soil 3	red/blue		1.09	1.11
		Area		15	20
	roads or other free spaces	not soil not vegetation not roads not shade			
Level 4	xwroi katafyghs	Area		500	700
		Width		20	25
		Rel. area of sub. object vegetation 3 (1)		0.4	0.6
		Rel. area of sub. object soil 3 (1)		0.4	0.6
		Mean Layer 6		22	23
	other	not xwroi katafyghs			

Πίνακας 4.5: Κατηγορίες ταξινόμησης με χαρακτηριστικά, συναρτήσεις συμμετοχής και όρια ασάφειας για τις ταξινομήσεις της ΠΜ3

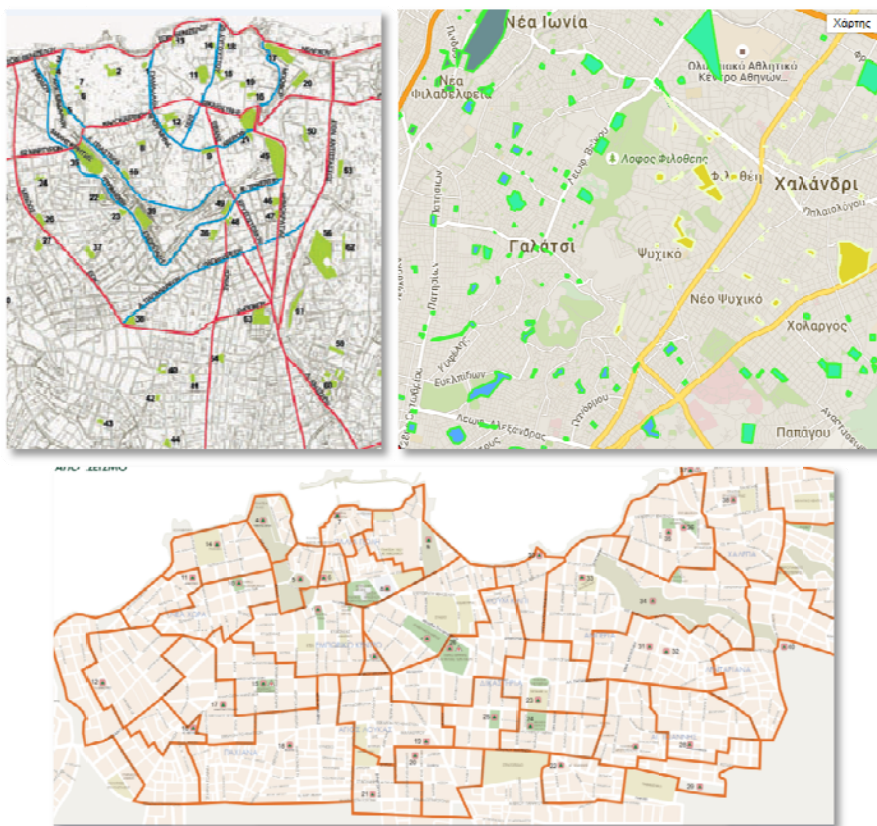
5. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία των ταξινομήσεων πραγματοποιείται ο έλεγχος των αποτελεσμάτων τους για κάθε περιοχή μελέτης. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων γίνεται με χρήση μίας μάσκας επίγειου ελέγχου (TTA mask) δημιουργώντας έναν πίνακα σύγκυσης σφάλματος μεταξύ των αληθών δεδομένων της μάσκας και των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης.

Για το σκοπό αυτό αξιοποιούνται οι χάρτες χώρων καταφυγής που παρέχονται από τις δημόσιες αρχές των περιοχών μελέτης. Έτσι με ψηφιοποίηση των χαρτών δημιουργούνται δείγματα ελέγχου για την κατηγορία των χώρων καταφυγής για την αντιστοίχισή τους με τα αληθή δεδομένα.

5.1. Ψηφιοποίηση χαρτών χώρων καταφυγής σε περιβάλλον GIS

Η ψηφιοποίηση των χαρτών που αποτελούν τα δείγματα ελέγχου γίνεται με τη χρήση του λογισμικού QGIS. Αφού εισαχθεί η εικόνα κάθε περιοχής μελέτης δημιουργείται ένα αρχείο τύπου *shapefile* και ψηφιοποιούνται τα πολύγωνα που χαρακτηρίζονται ως χώροι καταφυγής. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι χάρτες χώρων καταφυγής για τις τρεις περιοχές μελέτης.



Εικόνα 5.1: Χάρτες χώρων καταφυγής Ηρακλείου, Αθηνών και Χανίων

Τα δεδομένα αυτά αποτελούν την μάσκα επίγειου ελέγχου βάσει της οποίας δημιουργείται ο πίνακας σύγκυσης σφάλματος (*Error Matrix based on TTA Mask*) για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων των ταξινομήσεων.

Ωστόσο, παρατηρείται ότι για την περιοχή των Χανίων οι επιλεγμένοι χώροι ως χώροι καταφυγής δεν ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές που ορίζονται από τον ΟΑΣΠ με αποτέλεσμα να συμπεριλαμβάνονται κλειστοί χώροι καταυλισμού (π.χ. κλειστό γυμναστήριο) και να αποκλείονται πληθώρα κατάλληλων περιοχών. Για το λόγο αυτό επιλέγεται να αποκλειστεί από τον έλεγχο ο χάρτης των Χανίων καθώς δεν υπάρχουν κατάλληλα διαθέσιμα αληθή δεδομένα.

5.2. Έλεγχος αποτελεσμάτων ΠΜ1

Ο έλεγχος των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης της περιοχής του Ηρακλείου γίνεται με χρήση αληθών δεδομένων τα οποία προκύπτουν από την ψηφιοποίηση του χάρτη χώρων καταφυγής. Από τα δεδομένα αυτά δημιουργείται μία μάσκα ελέγχου (*TTA Mask*) και κατόπιν εξάγεται ο πίνακας σύγκρισης (*Error Matrix based on TTA Mask*).

Ο έλεγχος γίνεται μόνο για την θεματική κατηγορία χώροι καταφυγής (*xwroi_katafyghs*) που είναι και το τελικό αποτέλεσμα των ταξινομήσεων. Η μάσκα ελέγχου που εισάγεται στο λογισμικό για την περιοχή του Ηρακλείου παρουσιάζεται στην εικόνα 6.2.



Εικόνα 5.2: Μάσκα ελέγχου ΠΜ1

Το επίπεδο που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της περιοχής μελέτης του Ηρακλείου είναι το 4^ο επίπεδο εκεί όπου προσδιορίζονται οι χώροι καταφυγής. Στον πίνακα 6.1 παρουσιάζεται ο πίνακας σύγκρισης για τις κατηγορίες χώροι καταφυγής και άλλο (*xwroi_katafyghs, other*).

User \ Referenc...	xwroi_katafyghs	other	Sum
Confusion Matrix			
xwroi_katafyghs	148679	635685	784364
other	112166	5072440	5184606
unclassified	0	0	0
Sum	260845	5708125	
Accuracy			
Producer	0.57	0.8886351	
User	0.1895536	0.9783656	
Hellden	0.2844962	0.9313440	
Short	0.1658383	0.8715097	
KIA Per Class	0.505	0.1525185	
Totals			
Overall Accuracy	0.8747102		
KIA	0.2342734		

Πίνακας 5.1: Πίνακας σύγχυσης ΠΜ1

Η συνολική ακρίβεια για την κατηγορία χώροι καταφυγής είναι 0,57. Το μεγαλύτερο μέρος της αστοχίας της μεθόδου εντοπίζεται στην ανικανότητα εντοπισμού προαύλιων χώρων και πλατειών που είναι κατασκευασμένες τσιμέντο καθώς χωρίς δεδομένα Lidar δεν μπορούν να διαχωριστούν από τα κτίρια. Η μικρή ακρίβεια χρήστη για την κατηγορία xwroi_katafyghs σημαίνει σφάλμα συμπερίληψης στην κατηγορία αυτή ενώ η μικρή ακρίβεια παραγωγού σημαίνει σφάλμα αποκλεισμού.

5.3. Έλεγχος αποτελεσμάτων ΠΜ3

Για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της περιοχής των Αθηνών δημιουργείται επίσης μία μάσκα ελέγχου που προκύπτει από την ψηφιοποίηση των χώροι καταφυγής που δίνονται από την υπηρεσία πολιτικής προστασίας. Στην εικόνα 6.3 παρουσιάζονται οι χώροι καταφυγής όπως αυτοί προέκυψαν από την ψηφιοποίηση.



Εικόνα 5.3: Μάσκα ελέγχου ΠΜ1

Αφού γίνει εισαγωγή της μάσκας ελέγχου στο λογισμικό του eCognition παράγεται ο πίνακας σύγχυσης για τις κατηγορίες χώροι καταφυγής και άλλο του 4^{ου} επιπέδου ταξινόμησης που αποτελεί και την τελική ταξινόμηση.

Τα αποτελέσματα της διαδικασίας παρουσιάζονται στον εικόνα 6.4. Όπως παρατηρείται η συνολική ακρίβεια προσδιορισμού των χώρων καταφυγής για την περιοχή των Αθηνών είναι ίση με 0,53. Η χαμηλή αυτή ακρίβεια πιθανόν να οφείλεται στην αδυναμία εντοπισμού μικρών περιοχών καθώς υπάρχει περιορισμός από την ανάλυση της εικόνας IKONOS. Επίσης, στην εικόνα των Αθηνών όπως έχει αναφερθεί συμπεριλαμβάνονται περιοχές με μεγάλη διαφοροποίηση στην πυκνότητα δόμησης με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η ορθή ταξινόμηση όλων των περιοχών.

User \ Referenc...	xwroi_katalyghs	other	Sum
Confusion Matrix			
xwroi_katalyghs	14537	73416	87953
other	13035	676920	689955
unclassified	0	0	0
Sum	27572	750336	
Accuracy			
Producer	0.5272378	0.9021588	
User	0.1652815	0.9811075	
Hellden	0.2516685	0.94	
Short	0.144	0.8867510	
KIA Per Class	0.467	0.1346087	
Totals			
Overall Accuracy 0.8888673			

Εικόνα 5.4: Πίνακας σύγκρισης ΠΜ3

6. Συμπεράσματα - Προτάσεις

Στόχος της παρούσας μελέτης αποτέλεσε η εξαγωγή των χώρων καταφυγής σε αστικές περιοχές με χρήση δορυφορικών δεδομένων με τη μέθοδο της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας όπως περιγράφεται αναλυτικά στα προηγούμενα κεφάλαια προκύπτουν κάποια ασφαλή συμπεράσματα.

1. Για την εφαρμογή της μεθοδολογίας επιλέχθηκαν δεδομένα δύο δορυφόρων με διαφορετικές χωρικές διακριτικές ικανότητες. Για τις περιοχές Ηράκλειο και Χανιά οι δορυφορικές εικόνες ήταν Quickbird pansharpen ενώ για την Αθήνα ήταν του δορυφόρου IKONOS. Όπως προέκυψε από την επεξεργασία οι εικόνες Quickbird έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα από εκείνα της εικόνας IKONOS.
2. Μία από τις αστοχίες που παρατηρείται και στις τρεις περιοχές μελέτης είναι η αδυναμία εντοπισμού τεχνητών επιφανειών από τσιμέντο όπως προαύλια, χώροι στάθμευσης, πλατείες κ.α. καθώς δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός τους από τα κτίρια. Για το σκοπό αυτό απαιτείται η χρήση δεδομένων Lidar.
3. Η ταξινόμηση των αντικειμένων σε όλες τις περιοχές μελέτης και για όλες τις κατηγορίες έγινε με τη χρήση κανόνων. Ωστόσο, υπήρξαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των τριών εικόνων καθώς η μεθοδολογία έπρεπε να προσαρμόστηκε κατάλληλα σε κάθε εικόνα για την εξαγωγή των βέλτιστων αποτελεσμάτων.
4. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε δίνει αρκετά αξιόπιστα αποτελέσματα για τις περιοχές με βλάστηση και γυμνό έδαφος καθώς ταξινομούνται ορθά και με τη χρήση των κανόνων για την επιλογή των χώρων καταφυγής προσδιορίζονται μεγάλοι χώροι πρασίνου και γυμνού εδάφους ιδανικοί για την καταφυγή του πληθυσμού των αστικών περιοχών μετά την εκδήλωση ενός σεισμού.
5. Από τον έλεγχο των αποτελέσματα παρατηρείται ότι και στις δύο εικόνες παρουσιάζονται μεγάλα σφάλματα συμπερίληψης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι με την χρήση της παραπάνω μεθοδολογίας επιλέγονται επιπλέον περιοχές από εκείνες των χαρτών της πολιτικής προστασίας χωρίς ωστόσο να είναι λανθασμένες επιλογές αφού πληρούν τα κριτήρια που τέθηκαν.
6. Τα δεδομένα των χάρτες χώρων καταφυγής που δίνονται από την υπηρεσία πολιτικής προστασίας δεν δίνουν τα κριτήρια επιλογής δυσχεραίνοντας έτσι τον έλεγχο των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, στην περιοχή των Χανίων δεν χρησιμοποιήθηκε ο υπάρχων χάρτης καθώς οι περιοχές που όριζε ως καταφυγής δεν ανταποκρίνονταν στα κριτήρια επιλογής με αποτέλεσμα να συμπεριλαμβάνονται και περιοχές καταυλισμού, δηλαδή στεγαζόμενοι χώροι που χρησιμοποιούνται μετά από τους χώρους καταφυγής.
7. Η χρήση Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DEM) στην περιοχή των Αθηνών βοηθά στον εντοπισμό χώρων καταφυγής χωρίς έντονες κλίσεις συμπεριλαμβάνοντας έτσι ένα ακόμη κριτήριο ορισμού των χώρων καταφυγής. Όπως αναφέρεται απαιτεί οι χώροι καταφυγής να μην έχουν έντονες κλίσεις καθώς μετά τον σεισμό υπάρχει μεγάλη πιθανότητα εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων. Έτσι με την εξαίρεση

των περιοχών με έντονες κλίσεις αποφεύγονται πιθανές περαιτέρω απώλειες ή τραυματισμοί.

8. Η χρήση δορυφορικών εικόνων για την εξαγωγή των περιοχών καταφυγής με τη μέθοδο της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα που μπορούν να αξιοποιηθούν από τις δημόσιες αρχές για την οργάνωση της διαχείρισης καταστροφών.

Ολοκληρώνοντας την παρούσα μελέτη τίθενται οι βάσεις για μια περαιτέρω έρευνα γύρω από τον εντοπισμό χώρων καταφυγής με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων και την μετέπειτα αξιοποίηση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την παραπάνω μεθοδολογία μπορούν να εισαχθούν σε περιβάλλον GIS με τη μορφή shapefile αρχείου για περαιτέρω επεξεργασία.

1. Με την εισαγωγή των πληθυσμιακών δεδομένων στη βάση μπορεί να προσδιοριστεί ο καταμερισμός των κατοίκων στους επιλεγμένους χώρους καταφυγής και ο σχεδιασμός των διαδρομών διαφυγής. Επίσης, μπορεί να υπολογιστεί και η δυναμικότητα κάθε χώρου αφού μπορεί να προσδιοριστεί η έκτασή τους. Έτσι μπορεί να γίνει μία μελέτη για την ορθή διαχείριση καταστροφών ενημερώνοντας παράλληλα τους κατοίκους για τις διαδρομές διαφυγής και τους χώρους καταφυγής σε περίπτωση σεισμού.
2. Ένα ακόμη στοιχείο που μπορεί να αξιοποιηθεί για την ορθότερη επιλογή των χώρων καταφυγής είναι η προσθήκη επικίνδυνων περιοχών και ο αποκλεισμός χώρων που βρίσκονται κοντά σε τέτοιες περιοχές. Ως επικίνδυνες περιοχές θεωρούνται περιοχές με τεχνικά έργα όπως φράγματα, γέφυρες ή δεξαμενές καυσίμων καθώς με την εκδήλωση ενός σεισμού μπορούν να υποστούν ζημιές καθιστώντας τα επίφοβα.

7. Βιβλιογραφία

Βιβλία

- Αργιαλάς Δ., «Φωτοερμηνεία – Τηλεπισκόπηση», ΕΜΠ, 2000.
- Αργιαλάς Δ., «Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση», ΕΜΠ, 1999.
- Ρόκος Δ., «Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση», ΕΜΠ, 1996.
- Ρόκος Δ., «Κτηματολόγιο, φυσικά διαθέσιμα και ολοκληρωμένες αποδόσεις», ΕΜΠ, 1996.

Επιστημονικά άρθρα

- Baatz M. and Schäpe A., 2000. “*Multiresolution Segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation*”
- M. S. Moeller, T. Blaschke. «*Urban Change Extraction from high resolution satellite image*»

Αναζήτηση στο διαδίκτυο

- <http://www.heraklion.gr/municipality/policy-protection>
- http://e-skipppers.gr/main/index.php?option=com_gmapfp&view=gmapfp&layout=categorie&catid=321&id_perso=0&Itemid=354&lang=el
- <http://img66.imageshack.us/img66/8059/126mappolitikiprostasia.jpg>
- http://www.chania.eu/nax/index.php?option=com_content&view=section&id=12&Itemid=232&lang=el
- <http://www.digitalglobe.com/about-us/content-collection#ikonos>
- <http://www.satimagingcorp.com/>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Remote_sensing
-

Διπλωματικές εργασίες

- Αϊναλή Αικατερίνη, 2012. Σύγκριση δεδομένων πολύ υψηλής ανάλυσης IKONOS και WorldView2 στην ταξινόμηση τύπων βλάστησης με την ανάπτυξη αντικειμενοστραφούς ανάλυσης: Εφαρμογή στην περιοχή Άνω Καλαμά του Δήμου Πωγωνίου. Μεταπτυχιακό πρόγραμμα Γεωπληροφορικής, Αθήνα Οκτώβριος 2012.
- Μαραγκουδάκης Αριστόδημος, 2014. Ανίχνευση και Εξαγωγή των Αδιαπέραστων Επιφανειών με Ανάπτυξη Βάσης Γνώσης σε Περιβάλλον Αντικειμενοστραφούς Ανάλυσης Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Δεδομένων.
- Παναγιωτίδης Γεώργιος, 2013. Αποδελτίωση και συστηματοποίηση κανόνων αντικειμενοστραφούς ανάλυσης δορυφορικών εικόνων πολύ υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας για τυπικές κατηγορίες χρήσεων/καλύψεως γης. ΕΜΠ, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων μηχανικών, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα Ιούλιος 2013.
- Παπαγεωργίου Μάριος, 2007. Χαρτογράφηση χρήσης και κάλυψης γης αγροτικής περιοχής της Πάφου με μεθόδους και τεχνικές αντικειμενοστραφούς ανάλυσης τηλεπισκοπικών δεδομένων Quickbird.

Άλλες πηγές

- Αργιαλάς Δ. και Τζώτσος Α., 2007. Αντικειμενοστραφής Ανάλυση Εικόνας στην Τηλεπισκόπηση. Θεωρία και Εφαρμογές. ΕΜΠ, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 22 και 23 Φεβρουαρίου 2007.
- User Guide eCognition Developer 8.7
- Reference Book eCognition Developer 8.7
- Εκκένωση κτιρίων και καταφυγή πληθυσμού σε ασφαλείς χώρους μετά το σεισμό, Εγχειρίδιο 3, ΟΑΣΠ