



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ
ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΤΟΠΙΟΥ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ
ΑΝΑΛΥΣΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γιώργος Ι. Ρηγόπουλος

Επιβλέπων: Δημήτρης Αργαλάς
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2008



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΤΟΠΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γιώργος Ι. Ρηγόπουλος

Επιβλέπων: Δημήτρης Αργιαλάς
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

.....
Δ. Αργιαλάς
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Α. Σιόλας
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Β. Καραθανάση
Επικ. Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2008

Copyright © Γιώργος Ι. Ρηγόπουλος, 2008

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος . All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για λόγους μη κερδοσκοπικούς, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για οποιαδήποτε άλλη περίπτωση πρέπει να απευθύνονται στον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν αντιπροσωπεύουν απαραίτητα τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Η διαδικασία της ταξινόμησης στην Τηλεπισκόπηση εξελίσσεται συνέχεια. Ενώ οι περισσότερο γνωστοί αλγόριθμοι επεξεργάζονται εικονοστοιχεία (pixel-based) , η αντικειμενοστραφής προσέγγιση (object oriented) δημιουργεί ομοιογενή σύνολα που με τη βοήθεια κανόνων ερμηνεύονται και ταξινομούνται ανάλογα.

Η συμβολή της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης στην Τηλεπισκόπηση δεν περιορίζεται όμως απλά σε νέους τρόπους αναγνώρισης των στοιχείων μιας εικόνας . Με την αξιοποίηση των εξελίξεων στο λογισμικό και τον προγραμματισμό, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν πλατφόρμες αντικειμενοστραφών έμπειρων συστημάτων που χειρίζονται όλο και πιο σύνθετα τηλεπισκοπικά προβλήματα. Η ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων μπορεί να επιταχύνει και να αυτοματοποιήσει πολλές διαδικασίες οι οποίες μέχρι τώρα ήταν όχι μόνο χρονοβόρες , αλλά πολλές φορές απαιτούσαν την ανάλυση σε διαφορετικά συστήματα εφαρμογών.

Χαρακτηριστικό παράδειγμά είναι η δημιουργία δεικτών ποιότητας σε χάρτες, διαδικασία η οποία απαιτεί συνεργασία διαφορετικών Φωτοερμηνευτικών, G.I.S. και Χαρτογραφικών εφαρμογών για την απεικόνιση της τελικής θεματικής πληροφορίας.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία μιας εφαρμογής η οποία θα αναλύει τηλεπισκοπικά δεδομένα , θα εισάγει αυτά τα δεδομένα σε ένα σύστημα κανόνων για να δημιουργήσει ένα δείκτη ποιότητας και τέλος θα απεικονίζει αυτή την πληροφορία.

Ο δείκτης που αναπτύχθηκε αφορά στην ποιότητα του αστικού τοπίου σε επίπεδο οικοδομικού τετραγώνου. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν IKONOS δορυφορικές και LiDAR απεικονίσεις.

Το σύστημα κανόνων για την δημιουργία του δείκτη ποιότητας έχει σαν συντελεστές την ύπαρξη αστικού πρασίνου, την πυκνότητα της δόμησης , το υψόμετρο και τη θέα του κάθε τετραγώνου και βασίζεται εκτός από την σύγχρονη θεωρία Αξιολόγησης Ποιότητας Τοπίου, στην Ευρωπαϊκή Συνεργασία για το Αστικό Τοπίο. Τα δορυφορικά δεδομένα καθώς και τα δεδομένα του αερομεταφερόμενου Σαρωτή Λείζερ (Laserscanner) τα οποία αναλύθηκαν χορηγήθηκαν από το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης του τομέα Τοπογραφίας του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε στο περιβάλλον του λογισμικού eCognition της εταιρίας DEFiNiENS .

Λέξεις κλειδιά:

αντικειμενοστραφής ανάλυση , αντικειμενοστραφής ταξινόμηση, ανάλυση ποιότητας, ποιότητα αστικού τοπίου, αστικό πράσινο, έμπειρα συστήματα, LiDAR, IKONOS.

Abstract

Classification procedures in Remote Sensing are constantly evolving. While most common algorithms process pixels (pixel-based classifications), the object oriented approach processes homogenous areas which are interpreted and classified via a set base of rules.

Object oriented image analysis contributes more to Remote Sensing than its innovative way of classifying an image. Utilizing new aspects in software development and programming, it can lead to the creation of expert systems platforms that can handle complex Remote Sensing problems. Developing such systems can accelerate and render automatic many procedures which were time-consuming, but more importantly demanded the analysis procedure to take place in several different application platforms. Such an example is the creation of a Quality Index in a map, a procedure which requires the utilization of a multitude of G.I.S, Photo Interpretation and Mapping applications in order to portray the final thematic information.

The main goal of this diploma thesis is to create an application that will analyze Remote Sensing data, import the data to expert systems utilizing a knowledge-base of rules, create a Quality Index for a certain feature and finally display the thematic information. The Quality Index that was constructed assesses Urban Landscape Quality on a Building Block basis. The data used is IKONOS Satellite Images and LiDAR data.

The knowledge base and rules describing the Quality Index analyze the existence of Urban Green, the density of built areas, the height and view of every building block. It relies , along with standard Landscape Evaluation theory , on the publications of the European Urban Landscape Partnership (EULP).The Satellite and LiDAR datasets have been contributed by the Remote Sensing Laboratory of the National Technical University of Athens.

The application has been developed using the eCognition object oriented image analysis software, created by DEFiNiENS.

Keywords:

Object oriented image analysis , object oriented classification, quality index, urban landscape quality, urban green, expert systems , LiDAR, IKONOS.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. Γενικά.....	9
1.2. Οργάνωση.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΜΕΘΟΔΟΙ , ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	11
2.1. Γιατί αντικειμενοστραφής ανάλυση ;	11
2.2 Κύριες αρχές αντικειμενοστραφούς ανάλυσης και eCognition.....	12
2.3 Σχεδιασμός και ανάλυση ποιότητας	18
2.4 Σχεδιασμός στο περιβάλλον eCognition.....	21
2.5 Επίλογή κατάλληλων σετ δεδομένων (dataset)	25
2.6 Δεδομένα : περιοχή μελέτης	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ : ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	30
3.1 Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα	30
3.2 Κατάτμηση πρώτου επιπέδου	33
3.3 Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	51
4.1 Κατάτμηση τρίτου επιπέδου	51
4.2 Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου	53
4.3 Κατάτμηση δεύτερου επιπέδου.....	64
4.4 Ταξινόμηση δεύτερου επιπέδου.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83
7.1. Τηλεπισκοπικές Πηγές.....	83
7.2 Πηγές Αξιολόγησης Ποιότητας Τοπίου.....	84

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<u>Εικόνα 2.2.1 : Χαρακτηριστικός πίνακας ελέγχου κατάτμησης</u>	12
<u>Εικόνα 2.2.2 : Κατάτμηση</u>	12
<u>Εικόνα 2.2.3 : Παράδειγμα: περιγραφή κλάσης</u>	13
<u>Εικόνα 2.2.4 : Παράδειγμα : Συνάρτηση συμμετοχής</u>	14
<u>Εικόνα 2.2.5 : Ιεραρχία, ομάδες και απεικόνιση</u>	15
<u>Εικόνα 2.2.6 : Παράδειγμα : Ταξινόμηση με χρήση υπό-αντικειμένων</u>	16
<u>Εικόνα 2.2.7 : Έλεγχος ποιότητας της ταξινόμησης</u>	17
<u>Εικόνα 2.4.1: Διάταξη επιπέδων κατάτμησης/ταξινόμησης και ροή πληροφορίας</u>	21
<u>Εικόνα 2.6.1 : Περιοχή μελέτης - έγχρωμο σύνθετο 4,3,2</u>	27
<u>Εικόνα 2.6.2 : LiDAR εικόνα</u>	28
<u>Εικόνα 2.6.3. : Διανυσματικά (Vector) δεδομένα οικοδομικών τετραγώνων</u>	29
<u>Εικόνα 3.1.1. : Μίξη Επιπέδων (Layer Mixing)</u>	31
<u>Εικόνα 3.1.2 : Μίξη επιπέδων (Layer Mixing): παρουσίαση των δεδομένων</u>	32
<u>Εικόνα 3.2.1 : Κριτήρια κατάτμησης πρώτου επιπέδου</u>	33
<u>Εικόνα 3.2.2 : Κατάτμηση πρώτου επιπέδου</u>	35
<u>Εικόνα 3.3.1 : Ιεραρχία πρώτου επιπέδου</u>	36
<u>Εικόνα 3.3.2 : Επισκόπηση Χαρακτηριστικού (Feature view) : Σκιές</u>	38
<u>Εικόνα 3.3.3 : Κλάση: Σκιές</u>	39
<u>Εικόνα 3.3.4 : Επισκόπηση Χαρακτηριστικού (Feature view): Αστικό Πράσινο</u>	40
<u>Εικόνα 3.3.5 : Κλάση Αστικό Πράσινο (Urban Green)</u>	41
<u>Εικόνα 3.3.6 : Κλάση Κτίριο (Building)</u>	42
<u>Εικόνα 3.3.7 :Κλάση Αστική Μη Διαμορφωμένη (Urban Undeveloped)</u>	43
<u>Εικόνα 3.3.8 : Μέση Διαφορά ως προς σκηνή (Mean diff. to scene) στην κλάση Αστική Μη Διαμορφωμένη (Urban Undeveloped)</u>	44
<u>Εικόνα 3.3.9 : Μέση Διαφορά ως προς σκηνή (Mean diff. to scene) στην κλάση Κτίριο (Building)</u>	45
<u>Εικόνα 3.3.10 : Μέση Διαφορά ως προς γείτονες (Mean diff. to neighbors) στην κλάση Κτίριο (Building)</u>	46
<u>Εικόνα 3.3.11 : Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου</u>	47
<u>Εικόνα 3.3.12 : Επισκόπηση Ταξινόμησης πρώτου επιπέδου</u>	48
<u>Εικόνα 3.3.13 : Ευστάθεια Ταξινόμησης (Classification Stability) πρώτου επιπέδου</u>	49
<u>Εικόνα 3.3.13β : Αξιολόγηση ακρίβειας ταξινόμησης πρώτου επιπέδου με δειγματοληψία</u>	50
<u>Εικόνα 4.1.1 : Κριτήρια κατάτμησης τρίτου επιπέδου</u>	52
<u>Εικόνα 4.1.2 : Κατάτμηση τρίτου επιπέδου</u>	52
<u>Εικόνα 4.2.1 : Εμβαδό (Feature: Area) στην κλάση Οικοδομικό Τετράγωνο</u>	53
<u>Εικόνα 4.2.2 : Πυκνότητα (Feature: Density) στην κλάση Οικοδομικό Τετράγωνο</u>	54
<u>Εικόνα 4.2.3 : Σχεδιασμός χαρακτηριστικού Σχετική Υψομετρική Θέση Οικοδομικού Τετραγώνου (Relative Block Elevation)</u>	55
<u>Εικόνα 4.2.4 : Επισκόπηση χαρακτηριστικού (Feature View) : Σχετική Υψομετρική Θέση Οικοδομικού Τετραγώνου (Relative Block Elevation)</u>	56
<u>Εικόνα 4.2.5 : Ιεραρχία τρίτου επιπέδου: Αρχικές κλάσεις</u>	57
<u>Εικόνα 4.2.6 : Περιγραφή Κλάσης : Οικοδομικό Τετράγωνο (Building Block)</u>	58
<u>Εικόνα 4.2.7 : Περιγραφή Κλάσης : Μηδενική Διανυσματική Πληροφορία (No Vector Data)</u>	58
<u>Εικόνα 4.2.8 : Ιεραρχία τρίτου επιπέδου: Τελικές κλάσεις</u>	59
<u>Εικόνα 4.2.9 : Κλάση Οικοδομικό Τετράγωνο – Χαμηλό Υψόμετρο</u>	59
<u>Εικόνα 4.2.10 : Συνάρτηση Συμμετοχής : Οικοδομικό Τετράγωνο – Χαμηλό Υψόμετρο</u>	60
<u>Εικόνα 4.2.11 : Συνάρτηση Συμμετοχής : Οικοδομικό Τετράγωνο – Μέτριο Υψόμετρο</u>	61
<u>Εικόνα 4.2.12 : Συνάρτηση Συμμετοχής : Οικοδομικό Τετράγωνο – Υψηλό Υψόμετρο</u>	61
<u>Εικόνα 4.2.13 : Ταξινόμηση Τρίτου Επιπέδου</u>	62
<u>Εικόνα 4.2.14 : Επισκόπηση Ταξινόμησης Τρίτου Επιπέδου</u>	63
<u>Εικόνα 4.3.1 : Κατάτμηση Δεύτερου Επιπέδου</u>	64
<u>Εικόνα 4.4.1 : Χαρακτηριστικό: Πυκνότητα Πρασίνου (GreenDensity)</u>	65
<u>Εικόνα 4.4.2 : Επισκόπηση χαρακτηριστικού: Πυκνότητα Πρασίνου (GreenDensity)</u>	66

<u>Εικόνα 4.4.3 : Χαρακτηριστικό: Ακάλυπτοι Χώροι (Unbuilt Areas)</u>	67
<u>Εικόνα 4.4.4 : Επισκόπηση χαρακτηριστικού Ακάλυπτοι Χώροι (Unbuilt Areas)</u>	68
<u>Εικόνα 4.4.5 : Χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού Τοπίου (100) : QualityIndex(100)</u>	69
<u>Εικόνα 4.4.6 : Χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού Τοπίου (80) : QualityIndex(80)</u>	70
<u>Εικόνα 4.4.7 : Χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού Τοπίου (60) : QualityIndex(60)</u>	70
<u>Εικόνα 4.4.8 : Ιεραρχία δεύτερου επιπέδου: αρχικές κλάσεις</u>	71
<u>Εικόνα 4.4.9 : Χαρακτηριστικό Ύπαρξη Υπερ-Αντικειμένων της κλάσης X</u>	71
<u>Εικόνα 4.4.10 : Κλάση Δεν Αξιολογήθηκαν (Not Indexed)</u>	72
<u>Εικόνα 4.4.11 : Κλάση Αξιολογήθηκαν (Indexed)</u>	72
<u>Εικόνα 4.4.12 : Ιεραρχία δεύτερου επιπέδου: τελικές κλάσεις</u>	73
<u>Εικόνα 4.4.13 : Περιγραφή κλάσης Πολύ Χαμηλή Ποιότητα και συνάρτηση συμμετοχής στο χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού τοπίου</u>	74
<u>Εικόνα 4.4.14 : Περιγραφή κλάσης Χαμηλή Ποιότητα και συνάρτηση συμμετοχής στο χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού τοπίου</u>	75
<u>Εικόνα 4.4.15 : Περιγραφή κλάσης Μέτρια Ποιότητα και συνάρτηση συμμετοχής στο χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού τοπίου</u>	76
<u>Εικόνα 4.4.16 : Περιγραφή κλάσης Υψηλή Ποιότητα και συνάρτηση συμμετοχής στο χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού τοπίου</u>	77
<u>Εικόνα 4.4.17 : Ταξινόμηση Δεύτερου Επιπέδου</u>	78
<u>Εικόνα 4.4.18 : Επισκόπηση Ταξινόμησης Δεύτερου Επιπέδου</u>	79
<u>Εικόνα 5.1: Ποιότητα Αστικού Τοπίου</u>	81

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ / ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<u>Πίνακας 1 : Συντελεστές Βαρών στην αξιολόγηση ποιότητας</u>	22
<u>Σχήμα 1 : Λειτουργία Αλγόριθμου Ταξινόμησης Ποιότητας Αστικού Τοπίου</u>	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Σε βασική αρχή του σχεδιασμού και της ανάπτυξης του αστικού χώρου έχει αναδειχθεί η τάση διαφύλαξης των στοιχείων του φυσικού τοπίου. Κυρίαρχο χαρακτηριστικό είναι το αστικό πράσινο, σημαντικό εξίσου είναι το υδάτινο περιβάλλον (Appleton 1975, Arthur et al., 1977).. Η πολεοδομική εμπειρία έχει αποδείξει ότι δεν αρκεί αυστηρά η ύπαρξη αυτών των στοιχείων αλλά απαιτείται και η δυνατότητα των κατοίκων να τα απολαμβάνουν. Σε πόλεις με έντονη πυκνότητα δόμησης ή ψηλά κτίρια, αυτή η δυνατότητα περιορίζεται. Η προσβασιμότητα στους χώρους είναι επίσης καθοριστικός παράγοντας. (Penning-Rowsell, 1982)

Μέχρι τώρα, η τηλεπισκόπηση έχει συμβάλει αρκετά στην διερεύνηση αυτών των θεμάτων, κυρίως όμως με τις δυνατότητές της να χαρτογραφεί τις διάφορες οντότητες στο αστικό τοπίο, δίνοντας τη θέση της σε εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S) για τη διαδικασία της ανάλυσης και του σχεδιασμού.

Οι τελευταίες εξελίξεις τόσο στις μεθόδους συλλογής χωρικών πληροφοριών όσο και στο λογισμικό της τηλεπισκόπησης, οδηγούν σε μια νέα προσέγγιση για τη σχέση της με τη διαδικασία του σχεδιασμού.

Στον τομέα του λογισμικού, οι εφαρμογές της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης κερδίζουν περισσότερο έδαφος. Οι αντικειμενοστραφείς προσεγγίσεις ταξινόμησης εκτός από καθαρά φασματικά κριτήρια, μπορούν να χειρίζονται σχεσιακά μοντέλα, παράγοντας έτσι δεδομένα έτοιμα για χρήση για περίπλοκες μελέτες και όχι απλά χάρτες κάλυψης του εδάφους (σε αντίθεση με την κατα εικονοστοιχείο προσέγγιση της μέχρι τώρα τεχνολογίας). Επίσης, η ταχύτητα και το μεγάλο ποσοστό αυτοματοποίησης αυτής της μεθόδου είναι κλειδί για οικονομία χρόνου στις μελέτες.

Στον τομέα της συλλογής χωρικών πληροφοριών, διατίθενται πλέον δορυφορικά δεδομένα μεγάλης ακρίβειας, ακόμα και στην δύσκολη «τρίτη» - υψομετρική διάσταση με τη χρήση των LiDAR απεικονίσεων. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για αστικά δεδομένα, καθώς η απόδοση των στοιχείων μέσω των τηλεπισκοπικών μεθόδων βελτιώνεται αισθητά.

Συνδυάζοντας λοιπόν την υψηλή ακρίβεια των δορυφορικών εικόνων και των LIDAR υψομετρικών δεδομένων με τις νέες μεθόδους αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης, η τηλεπισκόπηση μπορεί να συνεργαστεί πολύ πιο άμεσα από ποτέ με χωροτάκτες, πολεοδόμους και περιβαλλοντολόγους προσφέροντας ταυτοποίηση των προβληματικών περιοχών αλλά και της ουσίας των προβλημάτων. Σε αυτή την εργασία κύριος σκοπός είναι να αναδειχθεί η συμβολή των νέων μεθόδων και η ανάδειξη του ολοκληρωμένου χαρακτήρα που αποκτούν, μέσα από μια μελέτη σε αστική περιοχή η οποία βρίσκεται στην πόλη της Αθήνας και αφορά στην οπτικοποίηση της ποιότητας του αστικού τοπίου σε κάθε οικοδομικό τετραγώνο της περιοχής.

1.2. Οργάνωση

Το κεφάλαιο 2 περιέχει μία σύντομη περιγραφή – εισαγωγή στο τεχνολογικό και θεωρητικό υπόβαθρο το οποίο θα αξιοποιηθεί στη συνέχεια . Εξηγείται η μέθοδος της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης και ταξινόμησης και ειδικότερα ο τρόπος λειτουργίας του λογισμικού eCognition της εταιρίας DEFiNiENS .

Το κεφάλαιο 3 παρουσιάζει πιο αναλυτικά τους στόχους της εργασίας , τη μεθοδολογία, την περιοχή μελέτης και τα χαρακτηριστικά των δεδομένων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή : δορυφορικές εικόνες και LiDAR απεικονίσεις. Εξηγείται επίσης γιατί η επιλογή των συγκεκριμένων δεδομένων εξυπηρετεί καλύτερα τους στόχους της εργασίας.

Το κεφάλαιο 4 περιγράφει το πρώτο στάδιο ανάπτυξης της εφαρμογής στο περιβάλλον eCognition, την αρχική ταξινόμηση.

Το κεφάλαιο 5 εξηγεί πώς δημιουργήθηκε ο δείκτης ο οποίος οπτικοποιεί την ποιότητα του αστικού τοπίου σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο.

Τα κεφάλαια 6 και 7 περιέχουν τον έλεγχο, τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων και τα συμπεράσματα που προκύπτουν τόσο για την περιοχή μελέτης, όσο και για την ίδια την μέθοδο που ακολουθήθηκε.

Τέλος, το κεφάλαιο 8 σχετίζεται με τη βιβλιογραφία και τις αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει εφικτή η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΜΕΘΟΔΟΙ , ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

2.1. Γιατί αντικειμενοστραφής ανάλυση :

Μέχρι πρόσφατα οι αλγόριθμοι ταξινόμησης λειτουργούσαν σχεδόν αποκλειστικά με στοιχειώδη μονάδα το εικονοστοιχείο (pixel) το οποίο εντασσόταν βάσει των ιδιοτήτων του σε κάποια κατηγορία φυσικής σημασίας. Τα κυριότερα μειονεκτήματα αυτής της προσέγγισης ήταν να υπάρχει έντονο το φαινόμενο θορύβου «αλατοπίπερου» - salt and pepper ταξινομήσεων (απομονωμένες ανακρίβειες σε διάφορα σημεία τους) αλλά και αδυναμία εκμετάλλευσης των σχέσεων του κάθε εικονοστοιχείου με το περιβάλλον του. Αυτό άλλαξε με την είσοδο των αντικειμένων σαν στοιχειώδη μονάδα υπολογισμών, αντικειμένων που γνωρίζουν τους γείτονες τους αλλά και τις ιδιότητες τους που πλέον τους προσδίδονται αναφορικά με ιεραρχίες συνόλων υπερ-αντικειμένων και υπό-αντικειμένων. Αναδείχτηκε με αυτό τον τρόπο ότι οι κατα εικονοστοιχείο ταξινομήσεις είχαν εμποδίσει την δημιουργία οντοτήτων με ουσιαστικό, φυσικό νόημα, και φάνηκε ότι η αντικειμενοστραφής ανάλυση τέτοιων περιοχών έδινε εξίσου φυσικά αποτελέσματα (Blaschke and Schopfer, 2000)

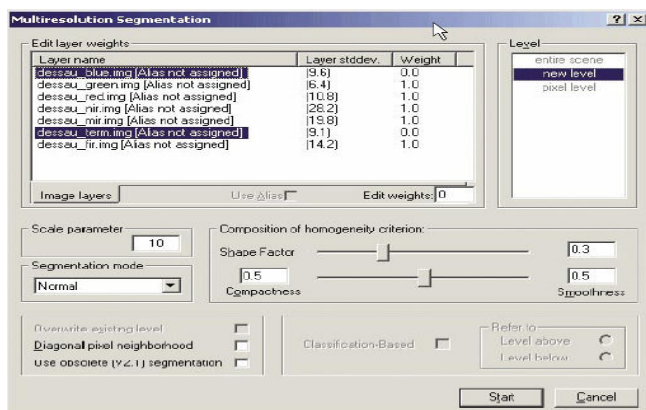
Σε αυτή την έρευνα , καθαρά αστικού χώρου , επιλέχθηκε η μέθοδος της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης για τα προφανή παραπάνω πλεονεκτήματα, αλλά και για κάποια άλλα βασικά σημεία. Η απεικόνιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζεται στο τέλος, μπορούσε να είναι χωρικά ανεξάρτητη (να εφαρμοστεί δηλαδή σαν ένα φίλτρο στο σύνολο της εικόνας) ή να είναι εξαρτημένη σε μια βασική μονάδα φυσικής σημασίας, όπως το οικοδομικό τετράγωνο. Η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση ευνοεί όμως την (σχεδόν πλήρως) αυτοματοποιημένη δημιουργία και ορισμό του οικοδομικού τετραγώνου με τρόπο που καμμία αμιγώς κατα εικονοστοιχείο ταξινόμηση δεν μπορεί (Blaschke et al. , 2004).

Εδώ να τονισθεί ότι , ακολουθώντας τις σύγχρονες θεωρίες της Γεωπληροφορικής , βασικός στόχος ήταν να διατηρηθεί ένα υψηλό επίπεδο αυτοματοποιημένων διαδικασιών , άλλο ένα πεδίο στο οποίο η συγκεκριμένη μέθοδος ανάλυσης αποδεικνύεται ιδανική. Στόχος είναι ταξινομήσεις χωρίς περιοχές εκπαίδευσης, με όσο το δυνατόν ελάχιστα εισαγόμενα στοιχεία από το χρήστη.

2.2 Κύριες αρχές αντικειμενοστραφούς ανάλυσης και eCognition

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

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



Εικόνα 2.2.1 :
Χαρακτηριστικός
πίνακας ελέγχου
κατάτμησης.

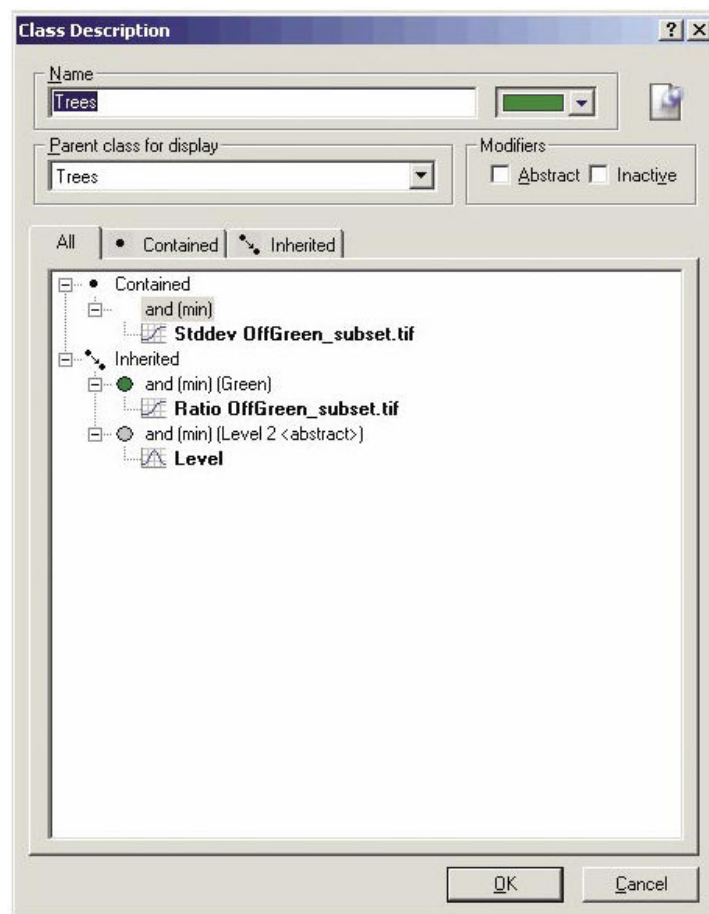
Επιλογή κλίμακας,
ομοιογένειας, μεγέθους
και υφής αντικειμένων

Εικόνα 2.2.2:
Κατάτμηση

Τα περιγράμματα σε αυτή την εικόνα υψηλής ανάλυσης δείχνουν τα όρια των πρωταρχικών αντικειμένων που δημιουργήθηκαν



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

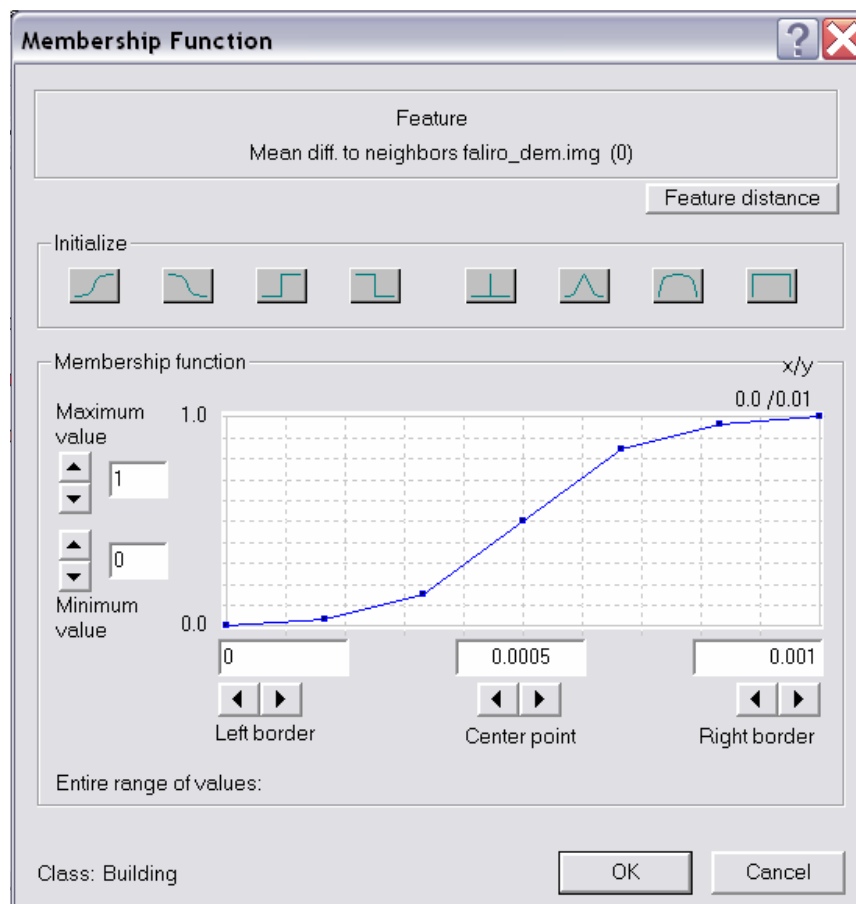


Εικόνα 2.2.3 : Παράδειγμα: περιγραφή κλάσης

Οι σχέσεις που περιγράφονται σε αυτή την κλάση θα οδηγήσουν στην κατάλληλη ταξινόμηση των αντικειμένων «δέντρο». Το παράδειγμα ανήκει σε βοηθητικό υλικό του προγράμματος eCognition.

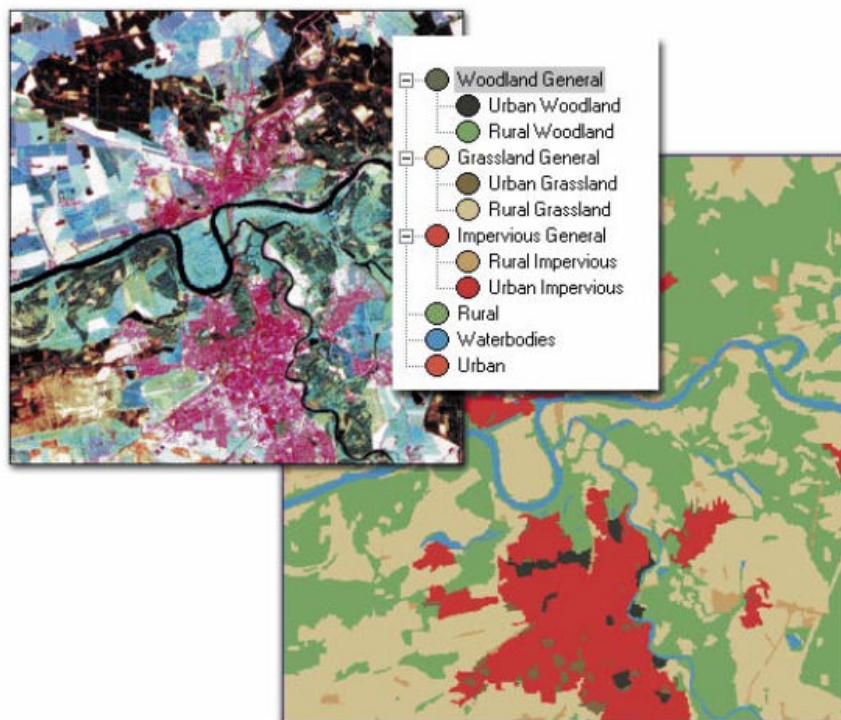
Δίνεται, συνεπώς, η δυνατότητα στο χρήστη να προχωρήσει στη δημιουργία μίας βάσης γνώσης με λεπτομερέστερες και πιο πολύπλοκες περιγραφές για εννοιολογικές (θεματικές) πλέον κατηγορίες εδαφοκάλυψης. Η εισαγωγή, δε, της βάσης γνώσης στο λογισμικό για τον ορισμό των κατηγοριών γίνεται με εύκολο και διαφανή τρόπο, μέσω της ασαφούς λογικής (fuzzy logic), που προσαρμόζεται καλύτερα στη φυσική πραγματικότητα από την ταξινόμηση με απόλυτα όρια.

Ο χειρισμός των σχέσεων ασαφούς λογικής στο eCognition γίνεται από μενού που χειρίζονται συναρτήσεις συμμετοχής (membership functions) σε συγκεκριμένα γνωρίσματα των αντικείμενων .



Εικόνα 2.2.4 : Παράδειγμα : Συνάρτηση συμμετοχής
Πίνακας χειρισμού συνάρτησης ασαφούς λογικής

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



Εικόνα 2.2.5. : Ιεραρχία, ομάδες και απεικόνιση

Αριστερά: η εικόνα σε κατάτμηση.

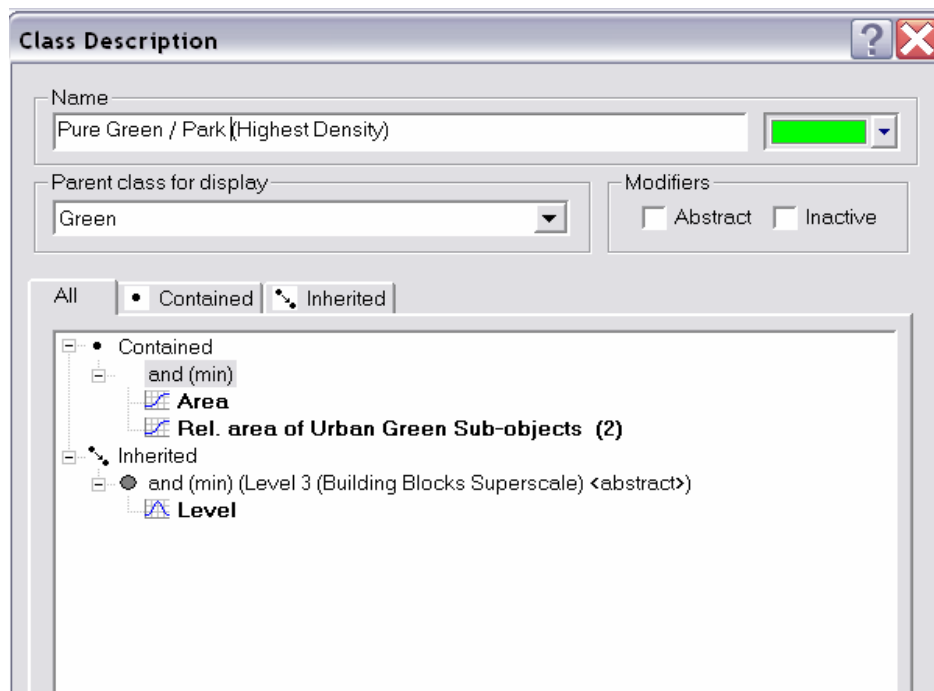
Δεξιά: Εννοιολογικές θεματικές κατηγορίες στο χάρτη.

Η ιεραρχία στο κέντρο περιέχει τις σχεσιακές πληροφορίες για την απεικόνιση.

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στη δυνατότητα συνδυασμού διαφορετικών επιπέδων κατάτμησης και ταξινόμησης. Ένα επίπεδο μπορεί να ταξινομηθεί λαμβάνοντας υπόψη την ταξινόμηση ενός ανώτερου ή κατώτερου ιεραρχικά επιπέδου, δηλαδή με πιο λεπτή ή χοντρή κατάτμηση αντίστοιχα (μέσω των αρχικών

χειρισμών της κλίμακας - scale parameter) , επιτρέποντας τη διαμόρφωση "σχέσεων μέρους - όλου".

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



Εικόνα 2.2.6 : Παράδειγμα :Ταξινόμηση με χρήση υπό-αντικειμένων

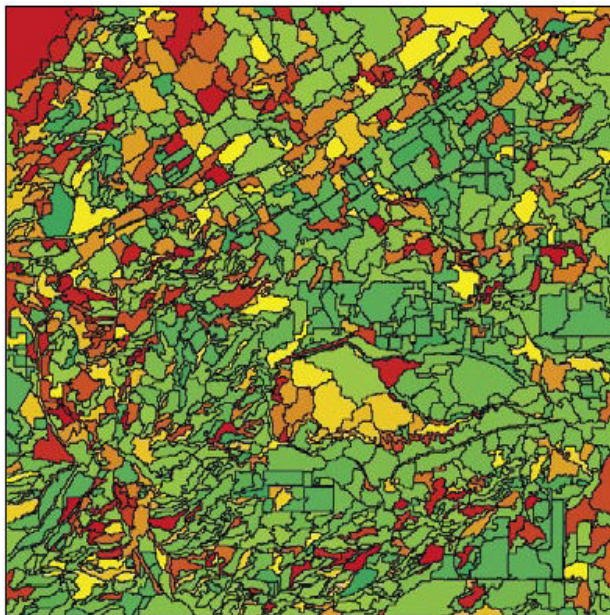
Για βοήθεια στην ταξινόμηση αντικειμένων ως «πάρκο» μέσα στην πόλη , χρησιμοποιούνται τα υπο-αντικείμενα «αστικό πράσινο» ενός διαφορετικού επιπέδου κατάτμησης. Το παράδειγμα ανήκει σε παλαιότερη εργασία.

Τέλος, τα αποτελέσματα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης μπορούν να εξαχθούν υπό μορφή εικόνας ράστερ, αλλά και υπό μορφή πολυγώνων, διευκολύνοντας τη συνεργασία με ΣΠΓ – GIS. Η όλη διαδικασία ανάλυσης μίας εικόνας μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα μικρού μεγέθους ψηφιακό πρωτόκολλο και να

εφαρμοστεί σε άλλες παρόμοιες εικόνες, διατηρώντας σταθερές τις συνθήκες επεξεργασίας και αυτοματοποιώντας την.

Η μεταφορά αυτής της «βάσης γνώσεων» σε οποιοδήποτε άλλο σετ δεδομένων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ανάπτυξη ανεξάρτητων (stand-alone) εφαρμογών.

Στον τομέα του ποιοτικού ελέγχου της ταξινόμησης, το λογισμικό eCognition περιέχει αλγορίθμους όπως ο best classification result αλλά και ο classification stability. Επειδή η ταξινόμηση βασίζεται σε συναρτήσεις ασαφούς λογικής, ο στόχος είναι τα αντικείμενα που προκύπτουν να ανήκουν με όσο μεγαλύτερη πιθανότητα γίνεται στην εκάστοτε επιθυμητή κατηγορία. Οι πιθανότητες αυτές μπορούν να απεικονιστούν σε χάρτες όπου ταυτοποιούνται με κατάλληλο χρώμα οι περιοχές στις οποίες υπάρχει αμφισβήτηση.



Εικόνα 2.2.7 : Έλεγχος ποιότητας της ταξινόμησης

Με τον αλγόριθμο classification stability εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα οι περιοχές που υπάρχει μεγάλη αμφισβήτηση στην ένταξη του αντικειμένου σε κάποια κλάση.

2.3 Σχεδιασμός και ανάλυση ποιότητας

Βασικός στόχος της εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός **δείκτη ποιότητας του αστικού τοπίου**. Στο περιβάλλον του λογισμικού eCognition , αυτός ο δείκτης έχει με τη μορφή σύνθετου χαρακτηριστικού (customized feature) για τα αντικείμενα στα οποία εφαρμόζεται. Η διαδικασία προγραμματισμού περιγράφεται στα επόμενα κεφάλαια.

Την δημιουργία του δείκτη ποιότητας έπρεπε να συνοδεύει και η «τροφοδοσία» του , μέσω των δεδομένων της περιοχής μελέτης , με τις κατάλληλες πληροφορίες μέσα από τις οποίες θα αξιολογούσε το τοπίο. Αυτή η διαδικασία απαιτεί πρώτα να πραγματοποιηθεί :

- 1) Συνδυασμός σετ δεδομένων υψομετρικής , διανυσματικής (vector) και φασματικής πληροφορίας
- 2) Δημιουργία αντικειμένων στην εικόνα και κατάλληλη ταξινόμηση τους
- 3) Ανίχνευση και ταξινόμηση οικοδομικών τετραγώνων στην εικόνα

Την ολοκλήρωση των παραπάνω βημάτων θα ακολουθήσει η ειδική ταξινόμηση (μετα-ταξινόμηση) με στόχο την οπτικοποίηση της ποιότητας η οποία παράγει το τελικό αποτέλεσμα.

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, θεωρήθηκε σωστό τα αντικείμενα στα οποία ο δείκτης αυτός θα εφαρμόζεται να μην είναι το σύνολο των αντικειμένων της εικόνας, αλλά τα οικοδομικά τετράγωνα. Η ποιότητα είναι κάτι που αφορά και επηρεάζει τους κατοίκους μιας περιοχής , οπότε η οπτικοποίηση της αποκτά σημασία μόνο στο εσωτερικό των τετραγώνων τα οποία αυτοί καταλαμβάνουν, και όχι σε περιοχές όπως δρόμοι / γέφυρες / υδάτινο στοιχείο κλπ (Blasheke et. al, 2004).

Η εφαρμογή του δείκτη σε οποιοδήποτε οικοδομικό τετράγωνο της περιοχής μελέτης θα παρήγαγε ,μετά από μια διαδικασία ταξινόμησης, μια κατάλληλη χρωματική διαβάθμιση ανάλογα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του οικοδομικού τετραγώνου αυτού.

Επιλέχθηκε η εκατοστιαία κλίμακα , με αποτέλεσμα η ποιότητα να αξιολογείται με εύρος από

(0% - Καθόλου Ποιοτικό) έως (100% - Υψηλά Ποιοτικό)

Για την οπτικοποίηση του παραπάνω θα δημιουργηθούν τέσσερις χρωματικές διαβάθμισεις οι οποίες θα εφαρμοστούν στην εικόνα.

Στο θέμα της δημιουργίας ενός δείκτη αξιολόγησης της ποιότητας του αστικού τοπίου , παρουσιάζεται η ανάγκη για ορισμό της έννοιας του ποιοτικού και μη ποιοτικού στο χώρο. Σε αυτό βοηθά η σχετική βιβλιογραφία , στην οποία αναλύονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα στον αστικό χώρο , καθώς και ο βαθμός στον οποίο την επηρεάζουν (Shafer *et al.* 1969; ; Land Use Consultants for the Countryside Commission for Scotland, 1971 Penning-Rowse 1973, 1975; Zube 1973a; Appleton 1975; Kane 1976)

Ειδικότερα για το αστικό περιβάλλον, αναγνωρίζεται σαν κύρια πηγή πληροφοριών η Ευρωπαϊκή Συνεργασία για το Αστικό Περιβάλλον (ΕΣΑΠ) – European Urban Landscape Partnership (EULP - <http://www.urban-landscape.net/>) , μια συνεργασία ειδικών στο αστικό περιβάλλον στα πλαίσια προγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης .

Σε συνδυασμό με την υπάρχουσα βιβλιογραφία και τους κύριους άξονες του σχεδιασμού και των βελτιώσεων που προτείνει η ΕΣΑΠ, διακρίθηκαν ως κύρια χαρακτηριστικά συμμετοχής στον δείκτη ποιότητας τα εξής τρία, **με σειρά βαρύτητας:**

A) Αστικό Πράσινο

Η παρουσία πρασίνου θεωρήθηκε ο σημαντικότερος συντελεστής για την ποιότητα στο αστικό τοπίο. Τα οικοδομικά τετράγωνα τα οποία εμφάνιζαν μεγάλη συγκέντρωση πρασίνου βαθμολογούνταν θετικά.

B) Ποσοστό ακάλυπτων χώρων

Η πυκνότητα της δόμησης θεωρήθηκε ως δεύτερος πιο σημαντικός συντελεστής για την ποιότητα στο αστικό τοπίο . Τα οικοδομικά τετράγωνα τα οποία είχαν τη μικρότερη παρουσία κτιρίων , άρα και την μεγαλύτερη παρουσία ακάλυπτων χώρων , βαθμολογούνταν θετικά.

Γ) Θέα

Η θέα στον αστικό χώρο θεωρήθηκε σαν τρίτος σημαντικότερος συντελεστής ποιότητας. Τα οικοδομικά τετράγωνα τα οποία βαθμολογήθηκαν θετικά ήταν αυτά που είχαν περισσότερη θέα από τα άλλα είτε επειδή βρίσκονταν ψηλότερα λόγω αναγλύφου, είτε επειδή τα κτίσματα τους ήταν υψηλότερα από των άλλων οικοδομικών τετραγώνων.

Ο βαθμός συμμετοχής όλων των παραπάνω στον τελικό δείκτη ποιότητας εκφράζεται με βάρη τα οποία διαμορφώνονται αναλογα με τη θέση του αντίστοιχου οικοδομικού τετραγώνου στο χώρο.

Τα βάρη εφαρμόστηκαν σε δύο στάδια. Αρχικά η περιοχή χωρίστηκε σε υπό-περιοχές ανάλογα με το ανάγλυφο. Στη συνέχεια με βάση τον παραπάνω διαχωρισμό , εφαρμόστηκαν τα βάρη για τα άλλα δύο χαρακτηριστικά , Αστικό Πράσινο και Ποσοστό Ακάλυπτων Χώρων, με ενισχυμένους συντελεστές σε όλες τις υπο-περιοχές μεγάλου σχετικού υψομέτρου, άρα και αντίστοιχης θέας.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί ότι η αξιολόγηση της ποιότητας σε δύο στάδια , με ανάλυση πρώτα της υψομετρικής και στη συνέχεια της υπόλοιπης πληροφορίας , έγινε λόγω περιορισμών του λογισμικού eCognition.

Η αδυναμία ενσωμάτωσης σχεσιακών με αριθμητικών χαρακτηριστικών (features) σε ένα ενιαίο χαρακτηριστικό (feature) εμπόδισε τη δημιουργία ενιαίου δείκτη ποιότητας σε ένα και μόνο βήμα. Αρχικά λοιπόν επεξεργάζεται η σχεσιακή πληροφορία (το υψόμετρο ενός οικοδομικού τετραγώνου σε σχέση με τα υπόλοιπα) και στη συνέχεια η αριθμητική (ποσοτικές τιμές εμφάνισης του αστικού πρασίνου και των ακάλυπτων χώρων). Η δημιουργία του συστήματος βαθμολόγησης χρησιμοποιώντας βάρη θα ήταν πολύ ευκολότερη αν ο δείκτης ενσωμάτωνε και τα τρία επίπεδα ανάλυσης σε ένα feature. Εκφράζεται η ελπίδα ότι η επόμενη έκδοση του λογισμικού θα επιτρέπει αυτή την μορφή ανάλυσης.

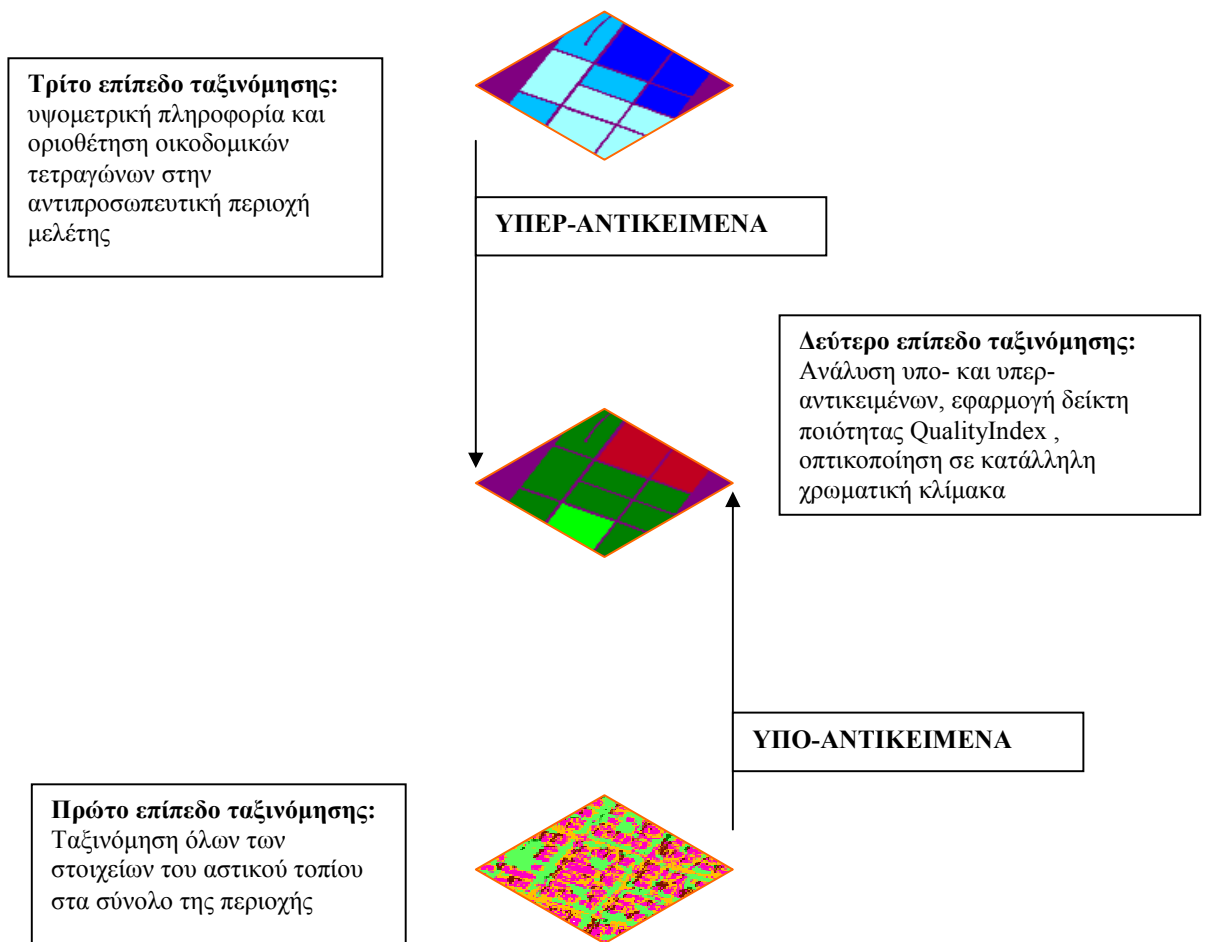
2.4 Σχεδιασμός στο περιβάλλον eCognition

Ο δείκτης ποιότητας αναπτύσσεται στο περιβάλλον eCognition σαν μια «μετα-ταξινόμηση», δηλαδή μια εκ νέου ταξινόμηση των ήδη ταξινομημένων στοιχείων του αστικού τοπίου, βάσει ενός χαρακτηριστικού (customized feature) που περιέχει τα κριτήρια ποιότητας.

Το χαρακτηριστικό αυτό θα ονομαστεί **QualityIndex**.

Η μετα-ταξινόμηση αναλύει τα αντικείμενα του πρώτου επιπέδου, τα οποία καλούνται υπο-αντικείμενα. Επειδή η περιοχή μελέτης ήταν τα έντεκα κεντρικά οικοδομικά τετράγωνα, για να περιοριστεί η μετα-ταξινόμηση σε αυτά και μόνο, δημιουργείται ένα ανώτερο τρίτο επίπεδο το οποίο περιείχε αυτή την πληροφορία. Για λόγους ευκολίας επιλέχθηκε αυτό το τρίτο επίπεδο να περιέχει και την υψομετρική πληροφορία.

Σχηματικά, η ανάλυση των δεδομένων έχει την μορφή:



Εικ. 2.4.1 Διάταξη επιπέδων κατάτμησης/ταξινόμησης και ροή πληροφορίας

Η λειτουργία του δείκτη ποιότητας αναλύεται στα εξής τρία στάδια:

A) Συλλογή δεδομένων από υπο-αντικείμενα (sub-objects)

Σε αυτό το στάδιο ο δείκτης αντλεί τιμές από τα στοιχεία του αστικού τοπίου τα οποία συμβάλλουν στη διαμόρφωσή του. Πηγή των αντικειμένων είναι το πρώτο, κατώτερο επίπεδο ταξινόμησης, γι αυτό και καλούνται υπο-αντικείμενα. Την περισσότερη πληροφορία παρέχουν τα αντικείμενα των κλάσεων αστικό πράσινο, των κτιρίων και των ακάλυπτων χώρων. Αναλύεται επίσης η συνολική χωρική και υψομετρική πληροφορία τόσο από τις κατατημημένες φασματικές εικόνες όσο και από τη LiDAR εικόνα.

Για την επεξήγηση της λειτουργίας του QualityIndex δημιουργούνται τρία νέα χαρακτηριστικά (customized features) ανάλυσης της ποιότητας :

- 1) Η πυκνότητα του αστικού πρασίνου (GreenDensity) η οποία συμμετέχει σαν Συντελεστής Πρασίνου
- 2) Η παρουσία ακάλυπτων χώρων (Unbuilt Area) αντίστοιχα Συντελεστής Ακάλυπτων Χώρων
- 3) Η σχετική υψομετρική θέση των οικοδομικών τετραγώνων (Relative Block Elevation) η οποία εκφράζει τη θέα και διαμορφώνει τον δείκτη ποιότητας στο αρχικό του στάδιο.

B) Αντιστοιχία βαρών ανάλογα με το οικοδομικό τετράγωνο

Όπως περιγράφεται στο θεωρητικό υπόβαθρο και σύμφωνα με τη σημασία καθενός από τους τρεις παραπάνω παράγοντες, επιλέγονται αντίστοιχα βάρη για τη δημιουργία του τελικού δείκτη ποιότητας. Στον πίνακα αναλύονται οι συντελεστές για όλες τις περιπτώσεις. Να τονιστεί ότι οι συγκεκριμένοι αριθμοί που επιλέγονται είναι χρήσιμοι στο να διαχωρίσουν τη διαφορετική βαρύτητα καθενός από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του αστικού τοπίου αλλά αποτελούν εμπειρική και πειραματική διάκριση. Η απόλυτη μετάφραση ποιοτικού χαρακτηριστικού σε ποσοτικό απαιτεί περισσότερη έρευνα και συνδυασμό περισσότερο αναλυτικών μεθοδολογιών. Το θέμα μιας ακριβούς στάθμισης του δείκτη εξετάζεται στο τελευταίο κεφάλαιο.

Θέση Ο.Τ. στο χώρο	Συμμετοχή Συντελεστή Πρασίνου στην αξιολόγηση ποιότητας QualityIndex	Συμμετοχή Συντελεστή Ακάλυπτων Χώρων στην αξιολόγηση ποιότητας QualityIndex	Μέγιστη πιθανή βαθμολογία στην τελική αξιολόγηση ποιότητας QualityIndex
Χαμηλό υψόμετρο	40%	20%	60%
Μέτριο υψόμετρο	50%	30%	80%
Υψηλό υψόμετρο	60 %	40%	100%

Πίνακας 1 : Συντελεστές Βαρών στην αξιολόγηση ποιότητας

Παρατηρούμε λοιπόν ότι το οικοδομικό τετράγωνο που μπορεί να αξιολογηθεί ως ποιοτικότερο θα είναι αυτό που θα συνδυάζει μέγιστη συγκέντρωση πρασίνου, μέγιστη παρουσία ακάλυπτων χώρων και υψηλό υψόμετρο.

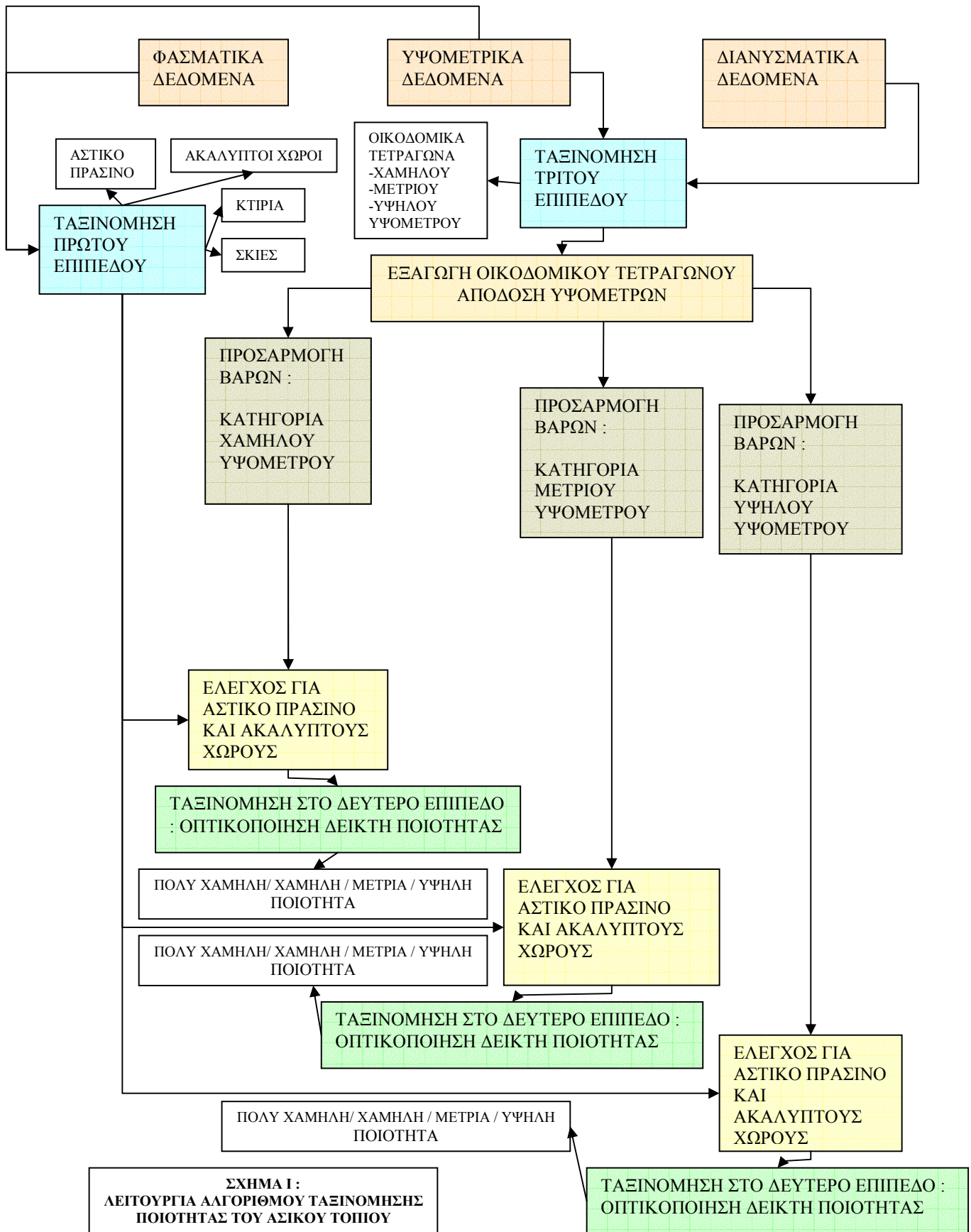
Γ) Εφαρμογή δείκτη QualityIndex και μετα-ταξινόμηση

Με τα αντίστοιχα βάρη των συντελεστών για κάθε περίπτωση, θα εφαρμοστεί η μετα-ταξινόμηση με το δείκτη QualityIndex σε μια κατάλληλα καταταμημένη εικόνα της περιοχής, η οποία θα αποτελεί το δεύτερο επίπεδο κατάτμησης (Level 2) . Η αντιπροσωπευτική περιοχή μελέτης, όπως ορίστηκε και στην εισαγωγή, είναι τα έντεκα κεντρικά οικοδομικά τετράγωνα.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η διάκριση των οικοδομικών τετραγώνων καθώς και το πρώτο βήμα της απόδοσης της υψομετρικής πληροφορίας έγινε για λόγους ευκολίας σε ανώτερο , τρίτο επίπεδο κατάτμησης (Level 3) , όπου όλες οι παραπάνω πληροφορίες αποτελούσαν για το Level 2 υπερ-αντικείμενα (super scale objects) .

Στο κεφάλαιο 3 και 4 περιγράφονται αναλυτικά όλες οι παραπάνω διαδικασίες, αρχίζοντας από την κατάτμηση και ταξινόμηση του πρώτου και τρίτου επιπέδου και καταλήγοντας στην κατάτμηση και ταξινόμηση του δεύτερου επιπέδου . Παρουσιάζονται το σύνολο των κριτηρίων ταξινόμησης : όλες οι συναρτήσεις συμμετοχής και οι ιεραρχίες.

Στο σχήμα I συνοψίζεται η λειτουργία του αλγόριθμου αξιολόγησης της Ποιότητας του Αστικού τοπίου. Σε συνδυασμό με την εικόνα 2.4.1, φαίνονται οι διεργασίες τόσο σε κάθε επίπεδο κατάτμησης ξεχωριστά, όσο και μεταξύ επιπέδων.



2.5 Επίλογή κατάλληλων σετ δεδομένων (dataset)

Η επίτευξη των στόχων της εργασίας απαιτεί το σετ δεδομένων (dataset) που θα χρησιμοποιηθεί να έχει τα εξής χαρακτηριστικά :

- 1) Υψηλή ραδιομετρική ακρίβεια , όπως απαιτείται σε όλες τις τηλεπισκοπικές εργασίες σε αστικό χώρο, και ιδιαίτερα στην ανίχνευση αστικού πρασίνου (Wyczalek, 2004)
- 2) Ευκολία στον προσδιορισμό της τρίτης διάστασης, αφού σημαντικό ρόλο στους υπολογισμούς έχουν τα ύψη των κτιρίων και των περιοχών στο σύνολό τους (Hoffmann, 2001)
- 3) Ευκολία στο διαχωρισμό δρόμων από κτίρια, για την σωστή οριοθέτηση των οικοδομικών τετραγώνων στα οποία θα εφαρμοζόταν ο δείκτης (Blaschke et. al , 2004)
- 4) Ευκολία στο διαχωρισμό των σκιωδών περιοχών, καθώς η σκιώδης βλάστηση θα έπρεπε να υπολογιστεί και αυτή στο σύνολο του αστικού πρασίνου (Blaschke et, al , 2004)

Η επιλογή λοιπόν μιας IKONOS δορυφορικής εικόνας και ενός LiDAR υψομετρικού μοντέλου έγινε για να καλύψει τις παραπάνω απαιτήσεις.

Κατ' αρχήν , η υψηλή διακριτική ικανότητα του IKONOS προσφέρεται για αναλύσεις αστικού χώρου, όπου οι μεταβολές των στοιχείων του χώρου είναι έντονες. Επίσης , η χρησιμότητα του εγγύς υπέρυθρου καναλιού στη χαρτογράφηση συγκεντρώσεων πρασίνου είναι ιδιαίτερα μεγάλη. (Kressler and Steinnocher, 2004)

Τα LiDAR δεδομένα θα χρησιμοποιηθούν για διάκριση κτιρίων από ακάλυπτες / άκτιστες περιοχές, πρόβλημα που είναι εξαιρετικά συνηθισμένο στην Τηλεπισκόπηση. Είναι γνωστό ότι οι παραπάνω κατηγορίες έχουν παρόμοιες φασματικές υπογραφές και συγχέονται πολύ συχνά στις ταξινομήσεις . Επίσης η ύπαρξη σκιάς δεν παίζει ρόλο στην LiDAR εικόνα, με τη χρήση της λοιπόν θα ταξινομηθούν ευκολότερα τα σκιώδη αντικείμενα. (Hoffmann, 2001)

Σε συνδυασμό με τη βοήθεια που προσφέρει η LiDAR εικόνα , τα διανυσματικά (vector) δεδομένα (που εισάγονται με τη μορφή «dwg» σχεδίου), θα χρησιμοποιηθούν για να λύσουν το πρόβλημα της ακριβούς οριοθέτησης των οικοδομικών τετραγώνων (Wilrich, 2003).

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω θα εξυπηρετήσει ακόμα έναν σκοπό, την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αυτοματοποίηση των διαδικασιών ταξινόμησης. Είτε η ταξινόμηση αφορά αντικείμενα όπως κτίρια, πράσινο ή ακόμη και οικοδομικά τετράγωνα, επιδιώκεται να μην γίνει καμμία δειγματοληψία ή ορισμός περιοχής εκπαίδευσης, παρά μόνο χειρισμός των δεδομένων από το έμπειρο σύστημα . Ο τελικός δείκτης επίσης επιδιώκεται να ταξινομεί απολύτως αυτόματα την περιοχή.

2.6 Δεδομένα : περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στο Δήμο Παλαιού Φαλήρου. Πρόκειται για μια τυπική αστική ,οικιστική περιοχή , με έντονη την παρουσία ψηλών κτιρίων. Το πράσινο είναι παρόν κυρίως με τη μορφή δενδροφύτευσης κατα μήκος πεζοδρομίων, σε ιδιοκτησίες εντός ακάλυπτων χώρων , καθώς και σε περιορισμένους αμιγείς χώρους πρασίνου.

Η πολεοδομία και ρυμοτομία είναι επίσης τυπική, με παραλληλίες στους δρόμους και ομοιογένεια στο σχήμα και το μέγεθος των οικοδομικών τετραγώνων. Το ανάλυφο του εδάφους παρουσιάζει ομαλές υψομετρικές μεταβολές. Το σύνολο της έκτασης περιέχει περίπου είκοσι οικοδομικά τετράγωνα.

Η περιοχή μελέτης καλύπτεται από μια δορυφορική απεικόνιση IKONOS (εικόνα 2.6.1) τεσσάρων φασματικών καναλιών (μπλέ, πράσινο , ερυθρό και εγγύς υπέρυθρο) , με χωρική διακριτική ικανότητα 1 m και διαστάσεις 590 x 641 εικονοστοιχεία (pixels). Τα IKONOS δεδομένα έχουν υποστεί κατάλληλη επεξεργασία (pansharpening με χρήση του παγχρωματικού καναλιού).

Για την ίδια περιοχή διατίθεται LiDAR υψομετρικό μοντέλο (εικόνα 2.6.2) ενός παλμού (top response) , προϊόν αερομεταφερόμενου Σαρωτή Λείζερ (Laserscanner) , χωρικής διακριτικής ικανότητας 1 m το οποίο έχει παραχθεί σε μεταγενέστερο χρόνο από την IKONOS απεικόνιση. ώστε να διατίθενται στην προαναφερθείσα ακρίβεια Το συνολικό σετ-δεδομένων dataset με τη διαδικασία της γεωαναφοράς αποκτά συντεταγμένες (geocoding) σύμφωνα με το σύστημα GRS ‘ 80.

Παρ’οτι μπορεί να δοκιμαστεί και αυτοματοποιημένη διαδικασία, για την ευκολότερη διάκριση των οικοδομικών τετραγώνων έχει προστεθεί στο dataset ένα διανυσματικό (vector) αρχείο (Autocad DXF) με οριοθετημένες τις ιδιοκτησίες (εικόνα 2.6.3) για τα κεντρικά **έντεκα οικοδομικά τετράγωνα**. Αυτά είναι και τα τετράγωνα που έχουν την μεγαλύτερη ακρίβεια στο αποτέλεσμα οπότε θεωρούνται ως η **αντιπροσωπευτική περιοχή μελέτης** , πάνω στην οποία θα γίνει ο σχολιασμός και τα συμπεράσματα στα τελευταία κεφάλαια (.

Τα πρώτα φωτοερμηνευτικά συμπεράσματα εξάγονται με παρατήρηση του συνόλου του σετ δεδομένων (dataset) της περιοχής μελέτης. Το αστικό πράσινο φαίνεται με κόκκινο χρώμα στο έγχρωμο σύνθετο 4,3,2 . Οι υψομετρικές διαφορές και τα ψηλά κτίρια στην αντίθεση λευκού και μαύρου στην LiDAR εικόνα, ενώ τα αντιπροσωπευτικά vector οριοθετημένα οικοδομικά τετράγωνα με πράσινο περίγραμμα πάνω στην LiDAR εικόνα.



Εικόνα 2.6.1. : Περιοχή μελέτης - έγχρωμο σύνθετο 4,3,2

Το αστικό πράσινο με χρήση του υπέρυθρου καναλιού απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα. Οι κόκκινες σειρές παράλληλα με τους δρόμους δείχνουν έντονη παρουσία δέντρων στα πεζοδρόμια. Από τα δυτικά προς τα ανατολικά, όσο πλησιάζουμε στον μεγάλο δρόμο της πάνω δεξιά γωνίας της εικόνας , η συγκέντρωση του πρασίνου φθίνει.



Εικόνα 2.6.2. : LiDAR εικόνα

Οι δρόμοι είναι εύκολα διακριτοί ιδιαίτερα στο πάνω δεξιά τμήμα της εικόνας. Προβληματική περιοχή είναι η κάτω αριστερά όπου το ανάλυφο αλλάζει, πράγμα που στις top response εικόνες αντιμετωπίζεται δυσκολότερα από εικόνες που προέρχονται από τη διαφορά των δυο παλμών του laserscanner. Τα ψηλά κτίρια παρ'όλα αυτά είναι διακριτά σε όλη την εικόνα, και φαίνονται με έντονο λευκό χρώμα.



Εικόνα 2.6.3. : Διανυσματικά (Vector) δεδομένα οικοδομικών τετραγώνων

Τα έντεκα κεντρικά οικοδομικά τετράγωνα αλλά και η κάθε μια ιδιοκτησία ξεχωριστά είναι άμεσα διακριτά. Συγκρίνοντας με το σκούρο πράσινο των κτιρίων από τη LiDAR εικόνα βλέπουμε ότι όλα τα όρια ταυτίζονται ικανοποιητικά. Η εικόνα μπορεί να εισαχθεί στο eCognition σαν vector θεματικό επίπεδο, αλλά και σαν raster. Και οι δύο προσεγγίσεις οδηγούν στα ίδια αποτελέσματα στην τελική ταξινόμηση,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ : ΑΡΧΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

3.1 Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα

Κάθε στοιχείο του σετ δεδομένων (dataset) εισάγεται στο λογισμικό eCognition σαν επίπεδο (layer) και μπορεί να απεικονιστεί με χρώμα της επιλογής μας. Την απεικόνιση ελέγχει η λειτουργία Μίξη Επιπέδων (Layer Mixing) ανάλογα με το ποιό στοιχείο θέλουμε να αναδείξουμε κατά τη διαδικασία της φωτοερμηνείας.

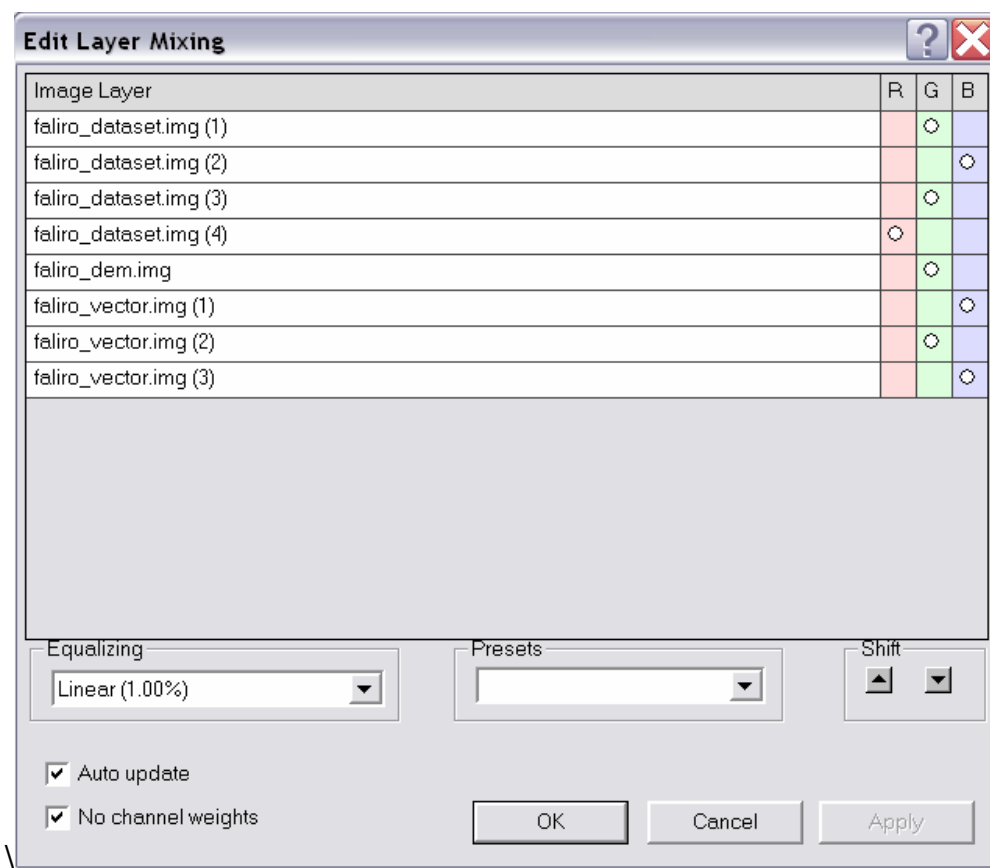
Το IKONOS dataset εισάγεται στο πρόγραμμα με ένα ράστερ επίπεδο (raster layer) για κάθε κανάλι του, δηλαδή 4 raster layers : κόκκινο, πράσινο, μπλέ και υπέρυθρο. Η LiDAR εικόνα εισάγεται σαν ένα raster layer.

Τα διανυσματικά (vector) στοιχεία αν εισαχθούν και αυτά σαν ένα raster layer και όχι σαν θεματικό επίπεδο (όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή τα αποτελέσματα θα είναι ίδια) έχουν προφανώς ίδιες τιμές στο κόκκινο,μπλέ και πράσινο, και τρία αντίστοιχα layers.

Σημαντική είναι και η λειτουργία της μίξης επιπέδων (layer mixing) στο να γίνεται ένας πρώτος έλεγχος της συμβατότητας των δεδομένων μεταξύ τους. Επειδή τα δεδομένα προέρχονται από διαφορετικές πηγές, η ταυτόχρονη εμφάνιση τους στην οθόνη είναι το πρώτο βήμα για ανίχνευση αποκλίσεων όπως π.χ. στροφή κάποιας εικόνας αλλά επίσης και ανίχνευση αλλαγών. Είναι πολύ συχνό φαινόμενο η δορυφορική εικόνα να μην περιέχει κάποιο κτίσμα το οποίο σε μεταγενέστερο χρόνο αποτυπώθηκε από το σαρωτή λέιζερ (Laserscanner). Αυτές οι περιοχές οφείλουν να ταυτοποιούνται και στη συνέχεια να διορθώνονται στην ταξινόμηση. Στην συγκεκριμένη περιοχή δεν παρατηρούνται αποκλίσεις εντός των έντεκα οικοδομικών τετραγώνων της αντιπροσωπευτικής περιοχής μελέτης (εικόνα 3.1.2).

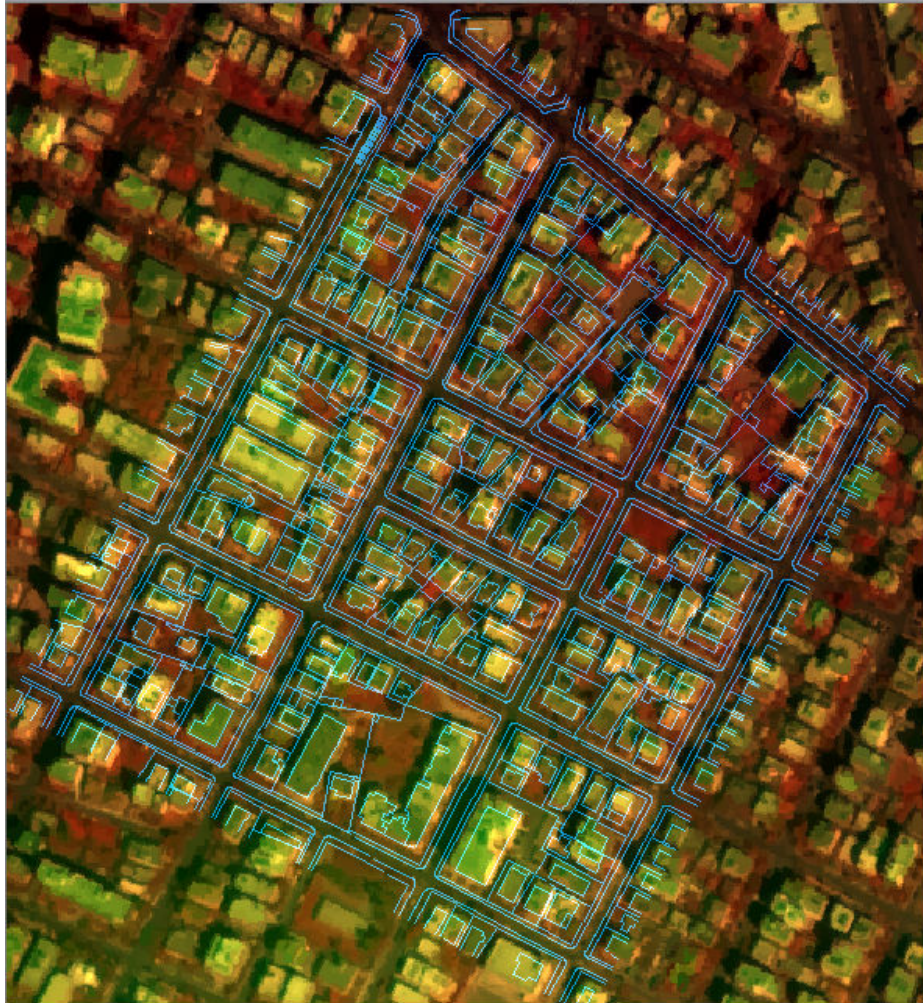
Ο έλεγχος επίσης των ορίων των ιδιοκτησιών, δρόμων, κτισμάτων και οικοδομικών τετραγώνων ξεκινά από την οπτική επιβεβαίωση τους αλλά και από τις συντεταγμένες τις οποίες μπορούμε να εξάγουμε από την σύνθετη εικόνα.

Ο έλεγχος γίνεται από τη λειτουργία Μίξης Επιπέδων (Layer Mixing – εικόνα 3.1.1) . Μία ενδεικτική απεικόνιση όλων των σετ δεδομένων ταυτόχρονα είναι χρήσιμη για την επισκόπηση του συνόλου τους (εικόνα 3.1.2) .



Εικόνα 3.1.1. : Μίξη Επιπέδων (Layer Mixing)

Πέρα από την ενεργοποίηση ή μη κάποιου καναλιού στην οθόνη, μπορούμε να προσθέσουμε και βάρη σε κάποιο κανάλι, τονίζοντας το ακόμα περισσότερο.



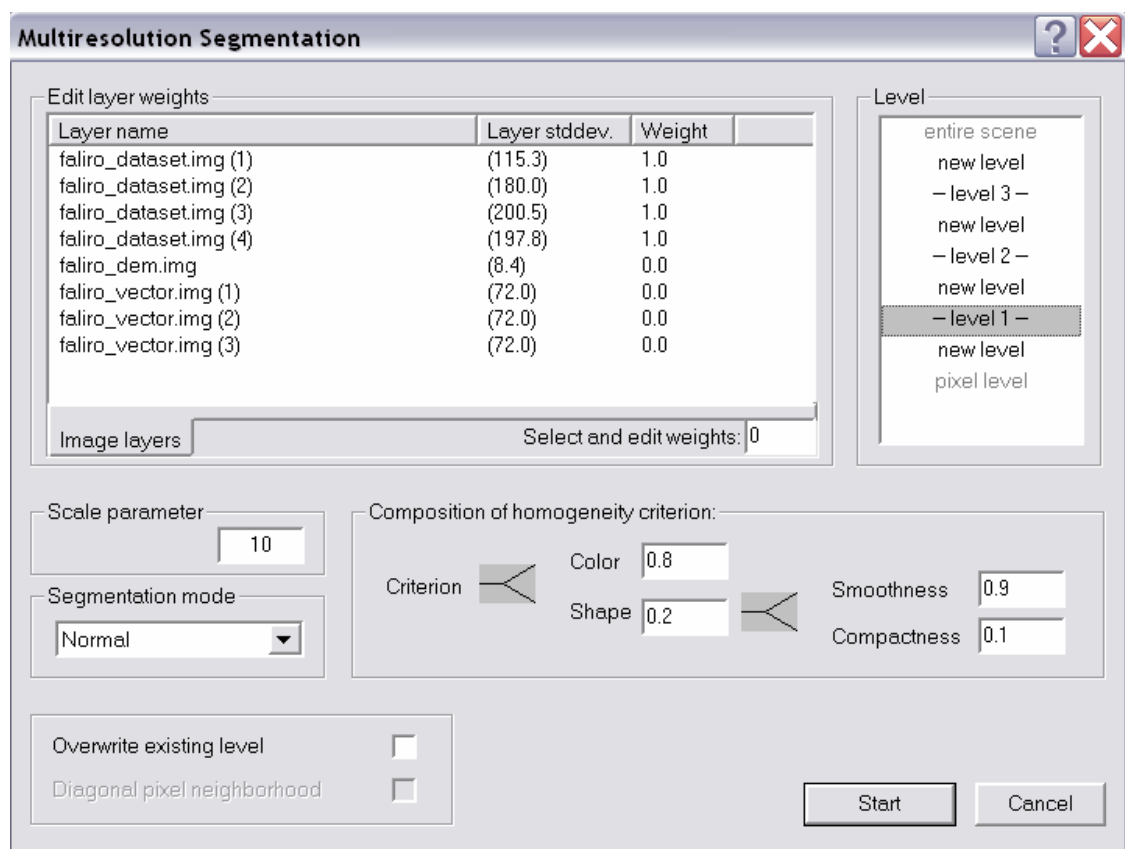
Εικόνα 3.1.2 : Μίξη επιπέδων (Layer Mixing): παρουσίαση των δεδομένων

Σε αυτό το σύνθετο, με κυανό εμφανίζονται τα όρια των ιδιοκτησιών στο κέντρο, με βαθύ πράσινο τα κτίρια, με καφέ οι δρόμοι και οι ακάλυπτοι χώροι και με κόκκινο το αστικό πράσινο.

3.2 Κατάτμηση πρώτου επιπέδου

Για την αρχική κατάτμηση ήταν στόχος ένα επίπεδο το οποίο θα περιείχε μικρά αντικείμενα. Το μικρό μέγεθος των αντικειμένων θα εξυπηρετούσε στο να μετατραπούν αυτά σε sub-objects για την ανάλυσή τους σε κάποιο άλλο ανώτερο επίπεδο κατάτμησης. Επίσης, οι πιθανότητες συγχώνευσης στο ίδιο αντικείμενο δύο διαφορετικών οντοτήτων φυσικής σημασίας (όπως π.χ. κτίριο και δρόμος) είναι αρκετά μικρότερες όταν το μέγεθος του αντικειμένου που δημιουργείται είναι μικρό.

Για να ξεκινήσει η διαδικασία της κατάτμησης, επιλέγονται τα κριτήρια από τη λειτουργία Multiresolution Segmentation (εικόνα 3.2.1).



Εικόνα 3.2.1 : Κριτήρια κατάτμησης πρώτου επιπέδου

Τα κριτήρια που επιλέγονται είναι τα βάρη κάθε layer, το κριτήριο χρώματος και σχήματος καθώς και η παράμετρος κλίμακας (scale parameter)

Στο πρώτο επίπεδο κατάτμηση είναι πολύ λεπτή , με **παράμετρο κλίμακας (scale parameter) 10**. Αυτό θα οδηγήσει στη δημιουργία πολύ μικρών αρχικών αντικειμένων. Στην κατάτμηση συμμετέχουν μόνο τα φασματικά κανάλια του IKONOS , καθώς οι vector και LiDAR πληροφορίες χρησιμοποιούνται με άλλο τρόπο ή σε άλλα επίπεδα κατάτμησης.

Έγιναν δοκιμές κατάτμησης με κανονικό βάρος για τις διανυσματικές (vector) πληροφορίες οριοθέτησης των ιδιοκτησιών που βρίσκονται στο κέντρο της εικόνας (έντεκα οικοδομικά τετράγωνα). Παρατηρήθηκε ότι αυτό είχε σαν αποτέλεσμα μια κατάτμηση με ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά , αλλά με ένα ιδιαίτερο στοιχείο. Τα διανύσματα ορίων μετατράπηκαν σε αντικείμενα πολύ μικρού μεγέθους. Ενώ αυτό δεν θα αντιστοιχούσε εύκολα σε κάποιο αντικείμενο φυσικής σημασίας , αποτέλεσε ένα «φανταστικό» όριο, το οποίο περιόρισε την ανάπτυξη αντικειμένων που θα το υπερκάλυπταν. Έτσι, παρατηρείται ότι σε αυτή την περιοχή όλα τα αντικείμενα που θα αντιστοιχιστούν αργότερα π.χ. σε κτίρια, δεν συγχέονται με αντικείμενα δρόμων, ενώ το μέγεθος τους είναι εντός των ορίων της κάθε ιδιοκτησίας. Εκτιμήθηκε ότι αυτή η μέθοδος κατάτμησης είχε πολύ ενδιαφέρον, κυρίως για την ακρίβεια της αναγνώρισης που γίνεται χωρίς καμμία παρέμβαση του χρήστη. Παρουσιάζεται στις εικόνες , αλλά προς το παρόν μόνο σαν ερευνητικό στοιχείο.

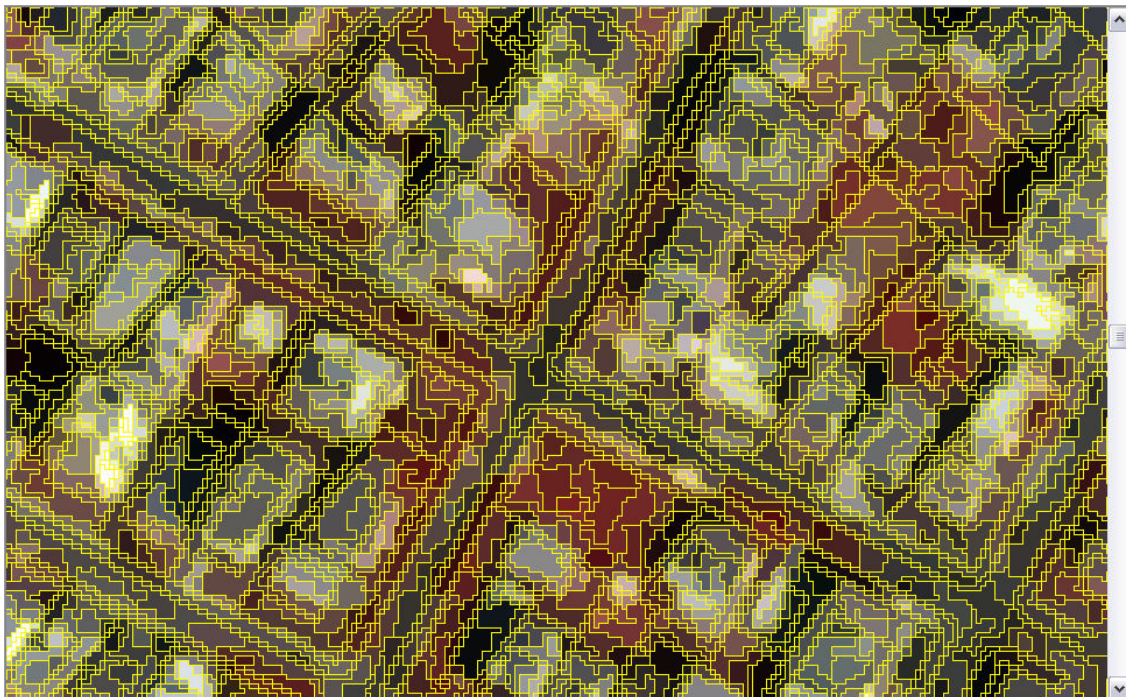
Επιλέγεται λοιπόν αρχικά μηδενικό βάρος συμμετοχής καναλιού (channel weight) για τα επίπεδα faliro_vector και faliro_dem.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω έγινε κατάτμηση με βάση κυρίως τα φασματικά χαρακτηριστικά και όχι ανάλογα με το σχήμα . Αυτό σημαίνει ότι τα αντικείμενα που θα δημιουργηθούν θα παρουσιάζουν ομοιογένεια όσον αφορά τα φασματικά χαρακτηριστικά αλλά θα έχουν οποιοδήποτε σχήμα. Επειδή η ταξινόμηση που θα ακολουθήσει θα γίνει με βάση τα φασματικά χαρακτηριστικά, το σχήμα κρίθηκε μικρότερης σημασίας. Σε μια μελέτη η οποία θα εξήγαγε κατηγορίες βάσει σχημάτων (π.χ. μελέτη αναγνώρισης δρόμων-ποταμών κλπ.) ο παράγοντας σχήμα είναι μεγαλύτερος.

Έτσι **επιλέγεται Color 0.8 και Shape 0.2** , ενώ για την σχηματική ομοιογένεια επιλέγεται να δοθεί βαρύτητα στην ομαλή υφή των αντικειμένων (**smoothness 0.9 , άρα compactness 0.1**) .

Την κατάτμηση θα ακολουθήσει δημιουργία διανυσματικών πολυγώνων (vector) που θα οριοθετούν κάθε αντικείμενο. Αυτά τα πολύγωνα χρησιμεύουν για τους χωρικούς υπολογισμούς που καλείται να κάνει το πρόγραμμα.

Επειδή τα αντικείμενα που δημιουργήθηκαν είναι πολύ μικρά , τα πολύγωνα φαίνονται μόνο όταν γίνει μεγάλη μεγέθυνση στην εικόνα (εικόνα 3.2.2) .



Εικόνα 3.2.2 : Κατάτμηση πρώτου επιπέδου

Πάνω : η εικόνα σε μεγέθυνση

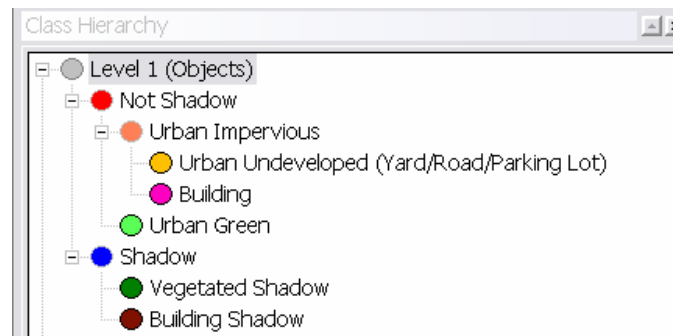
Κάτω : στην ίδια περιοχή, τα πολύγωνα που δημιουργήθηκαν μετά την κατάτμηση

3.3 Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου

Στο λογισμικό eCognition οι κανόνες της ταξινόμησης εισάγονται σε μορφή χαρακτηριστικών (features) κάθε κλάσης. Κάθε feature ελέγχεται από μια συνάρτηση συμμετοχής (membership function). Όλες οι κλάσεις συνδέονται με σχέσεις που περιγράφονται από μια ιεραρχία.

Η ιεραρχία των κλάσεων στο πρώτο επίπεδο ακολουθεί τη μέθοδο Δέντρου Αποφάσεων (εικόνα 3.3.1). Αρχικά διαχωρίζονται τα σκιάδη αντικείμενα από τα μη σκιάδη. Στη συνέχεια τα μη σκιάδη αντικείμενα διαχωρίζονται σε αμιγώς αστικό χώρο και σε αστικό πράσινο. Αντίστοιχα για τις σκιάδεις περιοχές υπάρχουν σκιάδης βλάστηση και σκιές κτιρίων.

Ειδικότερα για τον αμιγώς αστικό χώρο διαχωρίζονται τα κτίρια από τους μη διαμορφωμένους χώρους (ακάλυπτοι χώροι/ πάρκινγκ / δρόμοι κλπ.)



Εικόνα 3.3.1 : Ιεραρχία πρώτου επιπέδου

Οι κανόνες για την ταξινόμηση ακολουθούν βασικές αρχές της φωτοερμηνείας και τηλεπισκόπησης:

Σκιάδεις περιοχές (Shadow- εικόνες 3.3.2 – 3.3.3) : Αναλογία (Ratio) της μέσης τιμής του κόκκινου καναλιού της IKONOS εικόνας ως προς τα υπόλοιπα φασματικά κανάλια της, δηλαδή :

$$r_L = \frac{\bar{C}_{L, Object}}{\bar{C}_{L, SO}}$$

Αστικό πράσινο (Urban Green- εικόνες 3.3.4- 3.3.5) : Για τον εντοπισμό της βλάστησης χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Scaled MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index).

Ο δείκτης βλάστησης MSAVI ορίζεται ως προς τα φασματικά χαρακτηριστικά του κόκκινου και του εγγύς υπέρυθρου καναλιού από την ακόλουθη σχέση:

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

Στην παραπάνω σχέση είναι “NIR” η μέση τιμή για ένα τμήμα στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι και “RED” η αντίστοιχη στο κόκκινο κανάλι. Για να διευκολυνθεί η διαχείριση των τιμών του, έγινε αναγωγή του διαστήματος τιμών του από [-1, +1] σε [0, 200], με μία απλή αντιστοιχία σύμφωνα με τη σχέση:

$$0 \leq ScaledMSAVI = 100 * (MSAVI + 1) \leq 200$$

Για διάφορες τιμές αυτού του δείκτη εντοπίζεται η μηδενική, η μικρή η η μεγάλη συγκέντρωση βλάστησης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση μας ενδιέφερε η οποιαδήποτε παρουσία βλάστησης καθώς η συγκέντρωσή της θα υπολογιζόταν αργότερα.

Συμπληρωματική κατηγορία στην Urban Green είναι η κλάση που περιγράφει όλες τις αστικές περιοχές οι οποίες δεν είναι αρκετά διαπερατές (**Urban Impervious**) .

Σκιώδης βλάστηση (Vegetated Shadow): για τον διαχωρισμό της σκιώδους βλάστησης προσαρμόστηκε ο δείκτης Scaled MSAVI στις σκιώδεις περιοχές (εικόνες 3.3.2 – 3.3.5).

Συμπληρωματική κατηγορία στην σκιώδη βλάστηση είναι η κατηγορία **σκιές κτιρίων (Building Shadow)** που αναφέρεται σε όλες τις σκιώδεις περιοχές που δεν σχετίζονται με αστικό πράσινο.

Κτίρια (Building – εικόνες 3.3.6, 3.3.9, 3.3.10): Για τον διαχωρισμό των κτιρίων από το υπόλοιπο αστικό περιβάλλον χρησιμοποιήθηκε η LiDAR εικόνα. Τα περιγράμματα των κτιρίων ξεχωρίζουν καθαρά από την υψομετρική πληροφορία σε σχέση με το δρόμο στο μεγαλύτερο μέρος της εικόνας. Σαν πρόσθετο κριτήριο , για να επιτευχθεί μείωση του θορύβου – «αλατοπίπερου» (salt and pepper effect) , η απόσταση ενός αντικειμένου «κτίριο» από ένα αντίστοιχο γειτονικό θα έπρεπε να είναι μικρή. Τα χαρακτηριστικά του eCognition που ελέγχουν τα παραπάνω ονομάζονται Μέση Διαφορά ως προς Σκηνή (Mean diff. to scene) και Μέση Διαφορά ως προς Γείτονες (Mean diff. to neighbors) αντίστοιχα.

Συμπληρωματική κλάση στα κτίρια είναι η κλάση που περιέχει όλες τις **αδιαμόρφωτες αστικές περιοχές (Urban undeveloped- εικόνες 3.3.7, 3.3.8)** όπου το υψόμετρο από την LiDAR εικόνα είναι αντίστοιχα χαμηλό.

Όλες οι παραπάνω κλάσεις συνδέονται και μοιράζονται τα χαρακτηριστικά τους σύμφωνα με την ιεραρχία της εικόνας. Το εύρος τιμών της κάθε συνάρτησης συμμετοχής βασίζεται σε συνεχείς δοκιμές και φωτοερμηνεία του αποτελέσματος (τεχνική δοκιμής και σφάλματος – trial and error)

Στο πρόγραμμα eCognition σχηματίζονται οι συναρτήσεις συμμετοχής που ελέγχουν όλα αυτά τα χαρακτηριστικά. Η επισκόπηση του κάθε ενός χαρακτηριστικού ξεχωριστά με τη

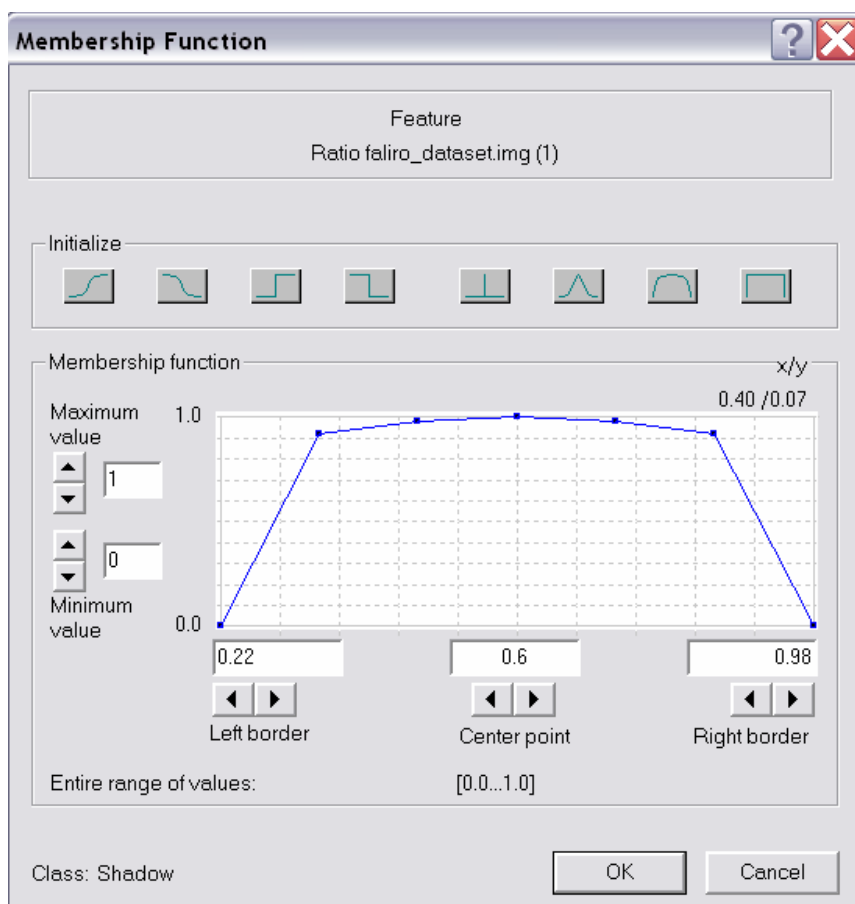
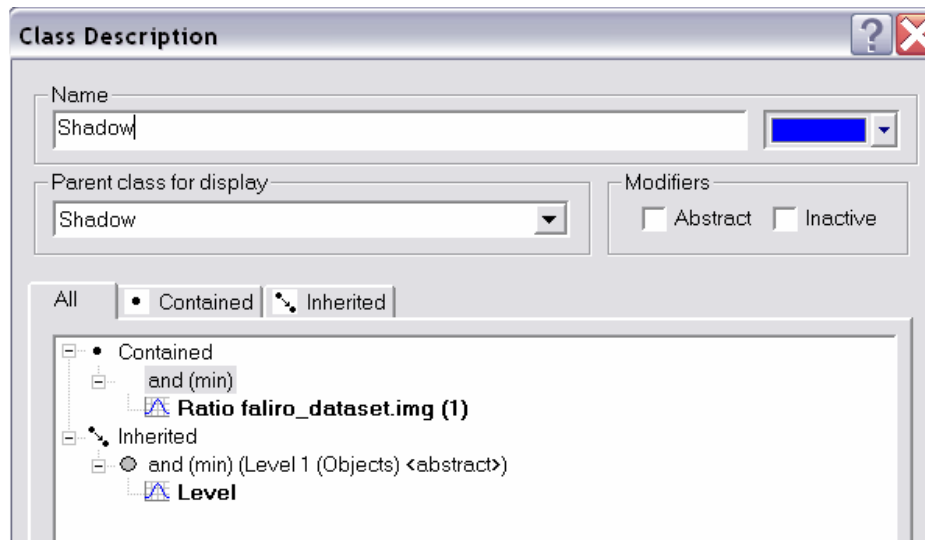
λειτουργία γίνεται από την αντίστοιχη λειτουργία Επισκόπηση Χαρακτηριστικού (feature view)

Η ταξινόμηση ολοκληρώνεται διατηρώντας έναν υψηλού βαθμού αυτόματο, μη επιβλεπόμενο χαρακτήρα (εικόνες 3.3.11 και 3.3.12).

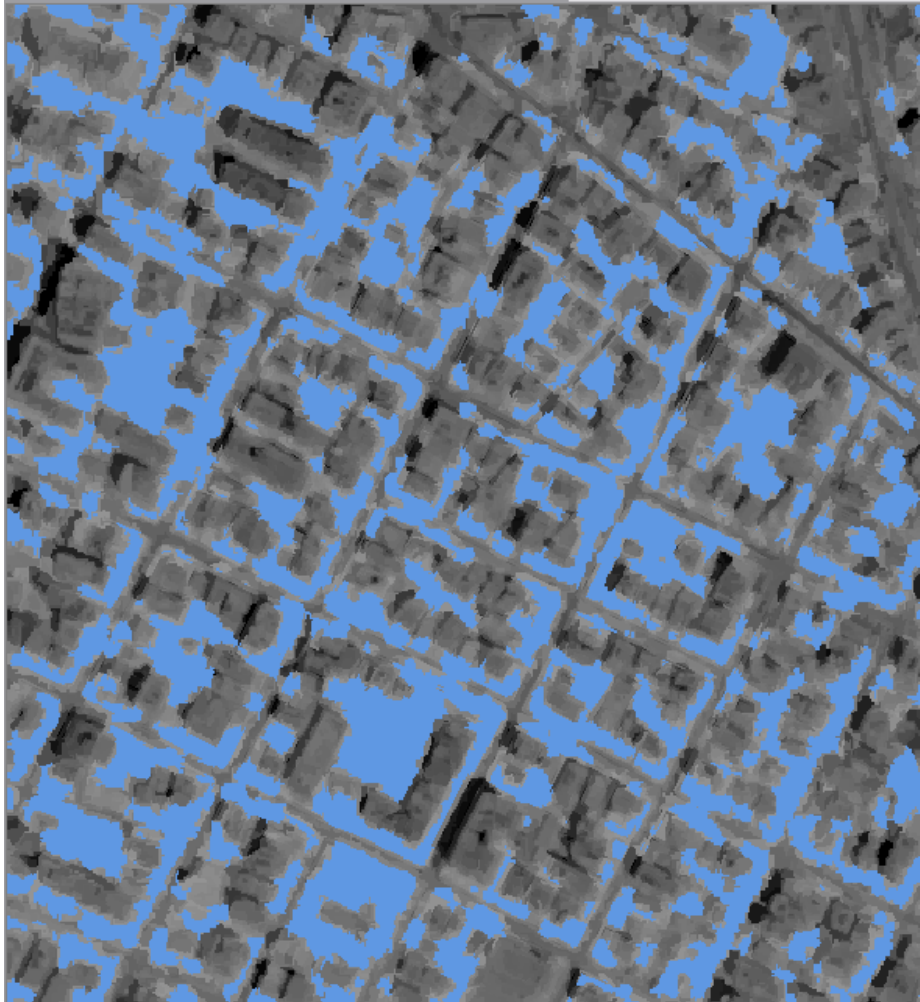


Εικόνα 3.3.2 - Επισκόπηση Χαρακτηριστικού (Feature view) : Σκιές

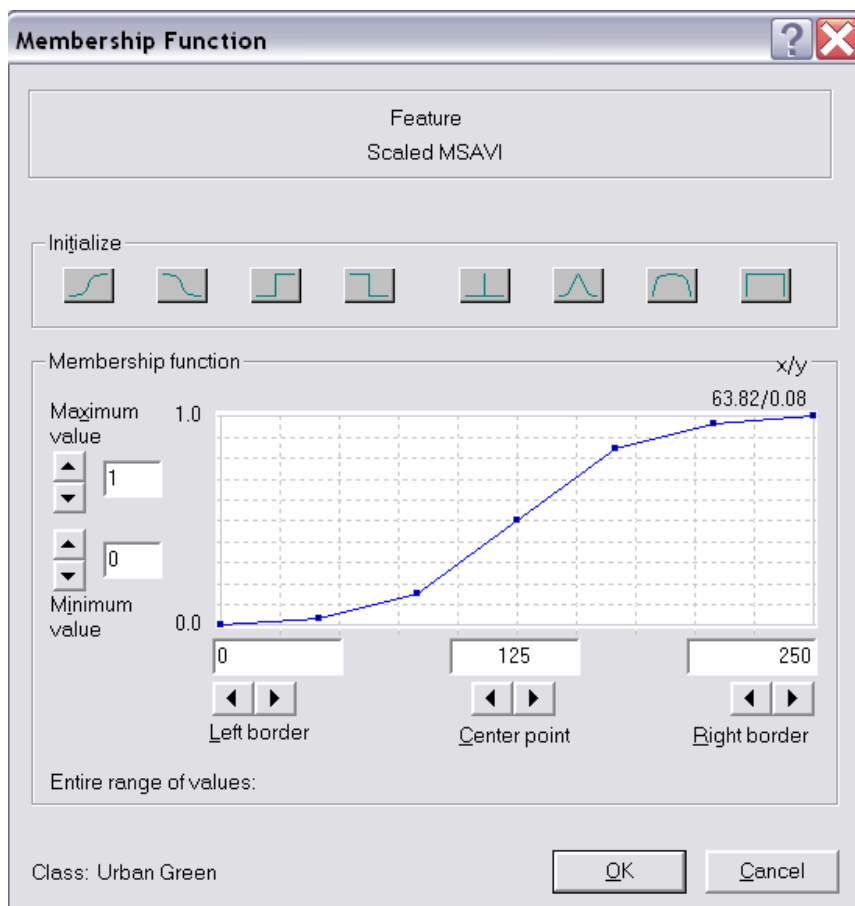
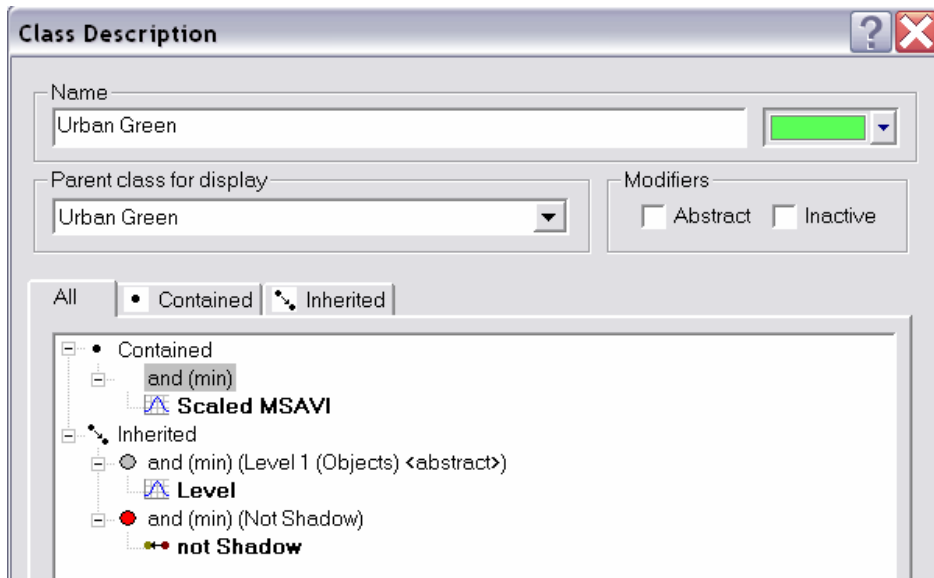
Με γαλάζιο χρώμα εμφανίζονται οι περιοχές που πληρούν τα κριτήρια για να ταξινομηθούν στη συνέχεια στην κατηγορία Σκιές (Shadow) . Η συμπληρωματική τους κλάση Not Shadow θα περιέχει όλη την υπόλοιπη περιοχή.



Εικόνα 3.3.3 - Κλάση: Σκιές
 Πάνω: Περιγραφή Κλάσης
 Κάτω: Συνάρτηση συμμετοχής Ratio



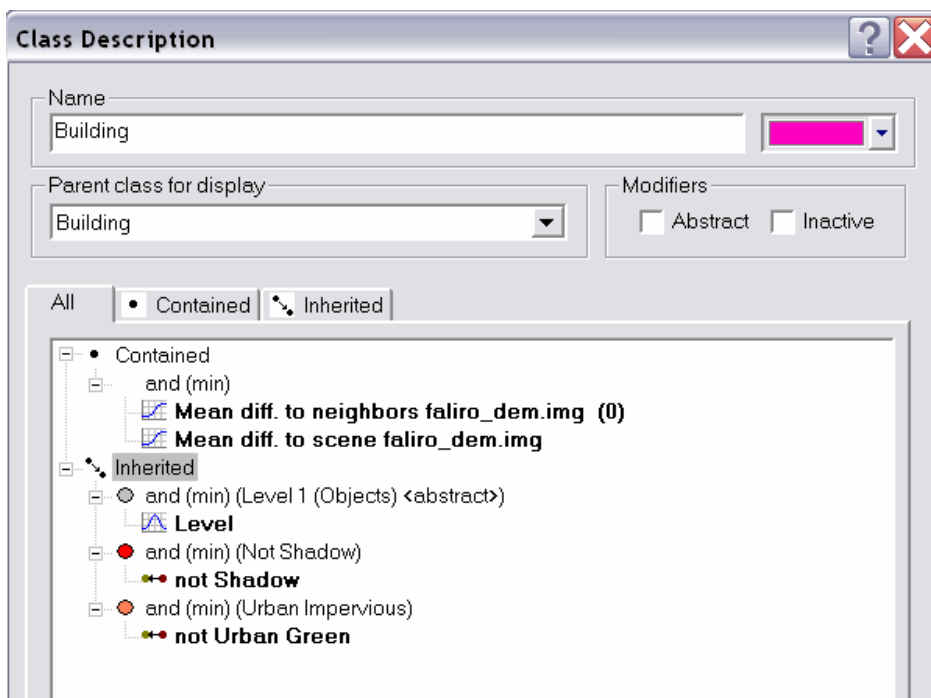
Εικόνα 3.3.4 – Επισκόπηση Χαρακτηριστικού (Feature view): Αστικό Πράσινο
Με γαλάζιο χρώμα εμφανίζονται οι περιοχές που πληρούν τα κριτήρια για να ταξινομηθούν στη συνέχεια στην κατηγορία Αστικό Πράσινο (Urban Green) . Η συμπληρωματική τους κλάση Urban Impervious θα περιέχει όλη την υπόλοιπη περιοχή.



Εικόνα 3.3.5 –Κλάση Αστικό Πράσινο (Urban Green)

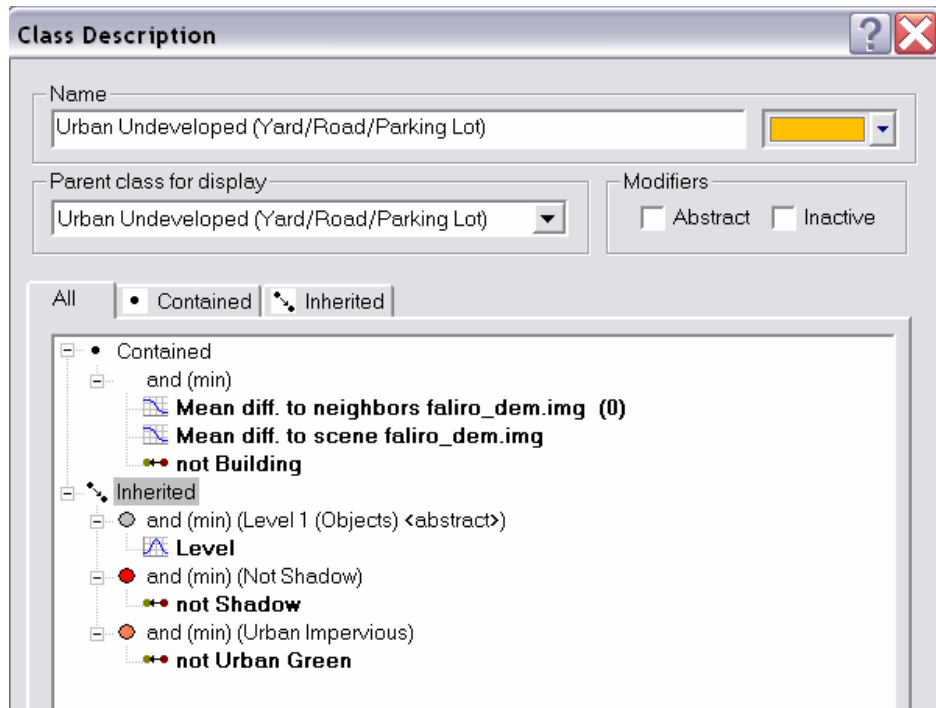
Πάνω: Περιγραφή Κλάσης
Κάτω: Συνάρτηση Συμμετοχής Scaled MSAVI

Στις κλάσεις Building και Urban Undeveloped έχουν χρησιμοποιηθεί παραπάνω από μια ασαφούς λογικής fuzzy συναρτήσεις. Αυτό κάνει δύσκολη την απεικόνιση των χαρακτηριστικών αυτών στην επισκόπηση (feature view). Η λογική των κλάσεων είναι ότι όσο πιο μεγάλη υψομετρική διαφορά έχει ένα αντικείμενο από το σύνολο της LiDAR εικόνας τόσο πιθανότερο είναι να είναι αντικείμενο της κλάσης Building. Επίσης τα αμέσως γειτονικά του αντικείμενα οφείλουν να έχουν μικρή διαφορά από αυτό, για να σχηματίζουν το περίγραμμα του κτιρίου και για να εξαλείφεται ο θόρυβος αλατοπίπερου (salt and pepper effect). Αντίστοιχα, όλα τα αντικείμενα της Αστική Μη Διαμορφωμένη (Urban Undeveloped) θα έχουν μικρή υψομετρική διαφορά από το έδαφος. Να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει υψομετρική αφετηρία στα δεδομένα που δόθηκαν (δεδομένα top response).



Εικόνα 3.3.6 :Κλάση Κτίριο (Building)

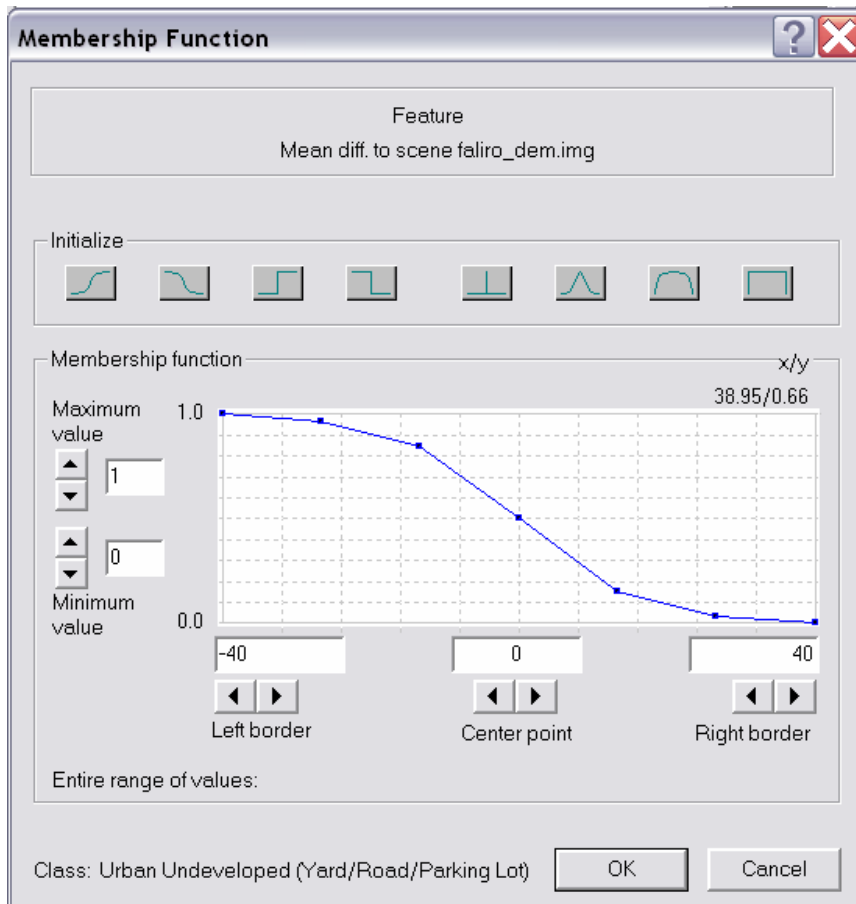
Παρατηρούμε ότι πέρα από τα χαρακτηριστικά που ορίζουμε, η κλάση κληρονομεί όλα τα χαρακτηριστικά των κατηγοριών στις οποίες υπάγεται.



Εικόνα 3.3.7 : Κλάση Αστική Μη Διαμορφωμένη (Urban Undeveloped)

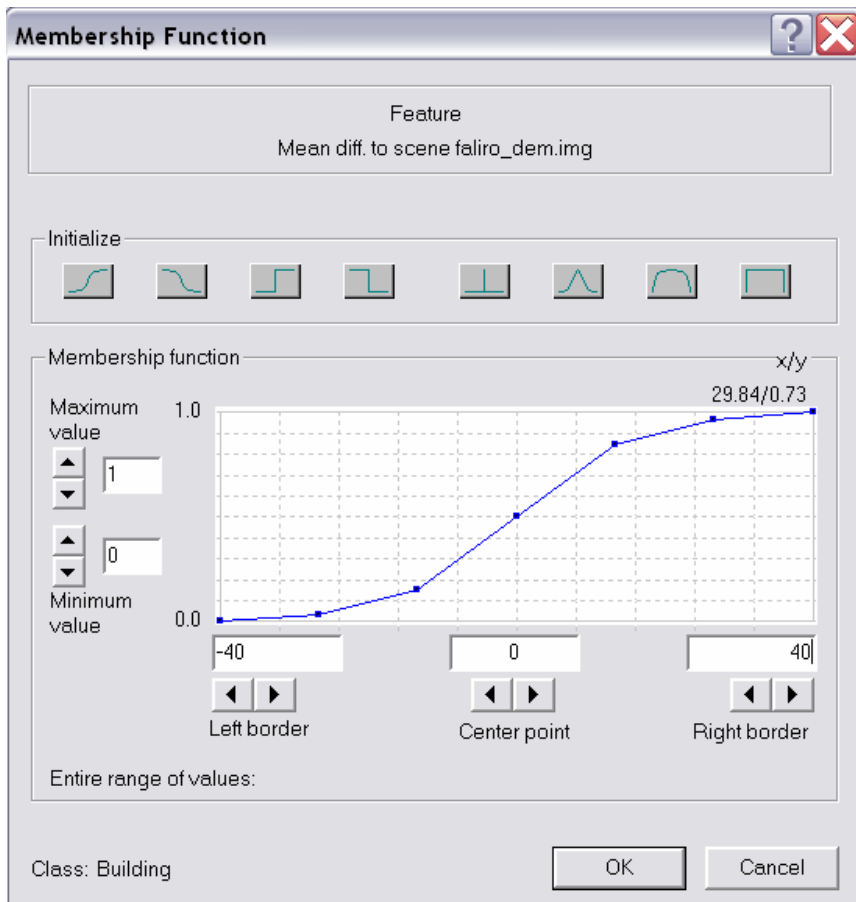
Παρατηρούμε ότι πέρα από τα χαρακτηριστικά που ορίζουμε , η κλάση κληρονομεί όλα τα χαρακτηριστικά των κατηγοριών στις οποίες υπάγεται.

Οι δύο κλάσεις , Κτίρια και Αστική Μη Διαμορφωμένη , συμπληρώνουν η μία την άλλη. Θα έχουν παρόμοιες αλλά με αντίθετη κλίση συναρτήσεις συμμετοχής. Κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης , τα προς ένταξη αντικείμενα θα διαχωριστούν ανάλογα με το βαθμό συμμετοχής τους σε μία από τις δύο κλάσεις. Ο χειρισμός γίνεται από τους αντίστοιχους πίνακες των συναρτήσεων συμμετοχής για τα features mean difference to scene και mean difference to neighbors και για τις δύο κλάσεις.



Εικόνα 3.3.8 – Μέση Διαφορά ως προς σκηνή (Mean diff. to scene) στην κλάση Αστική Μή Διαμορφωμένη (Urban Undeveloped)

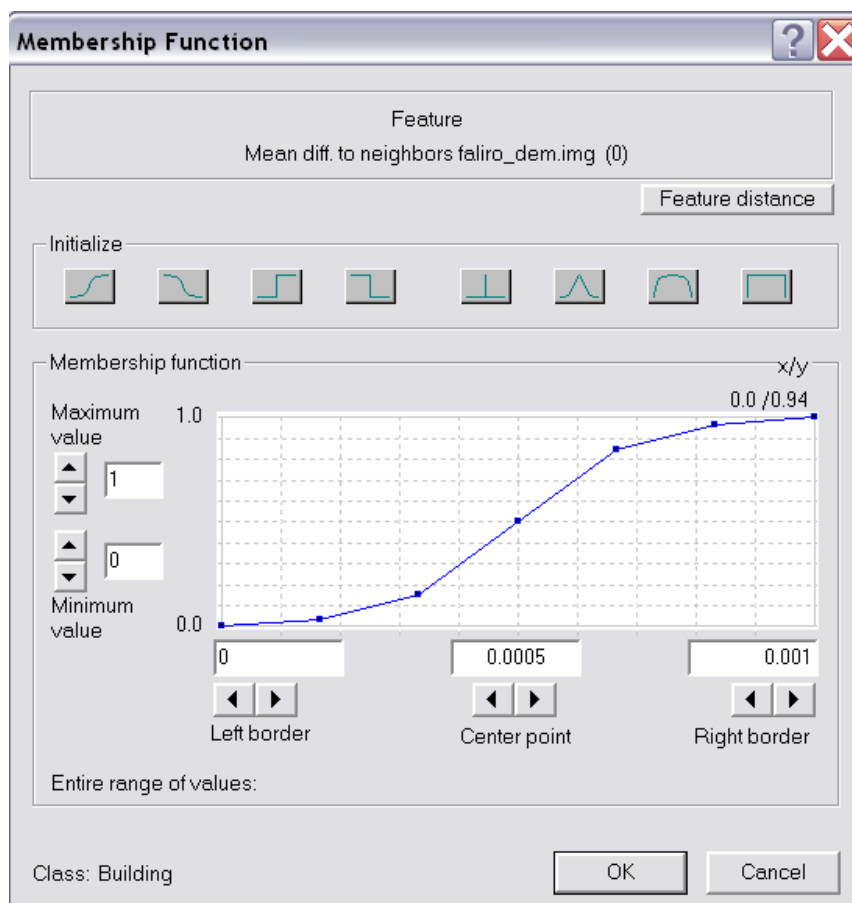
Ο δρόμος και οι περιοχές χαμηλού υψομέτρου θα έχουν αρνητικές διαφορές ως προς το σύνολο της υψομετρικής πληροφορίας



Εικόνα 3.3.9 –Μέση Διαφορά ως προς σκηνή (Mean diff. to scene) στην κλάση Κτίριο (Building)

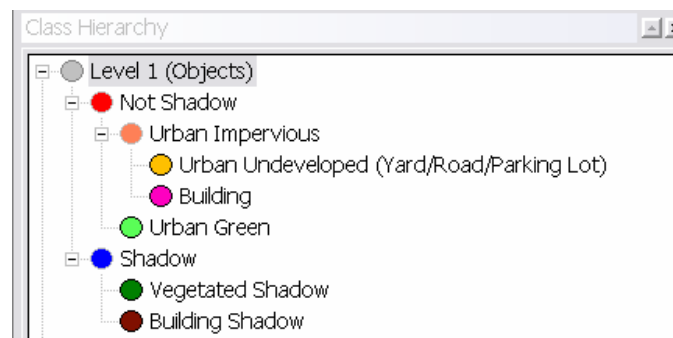
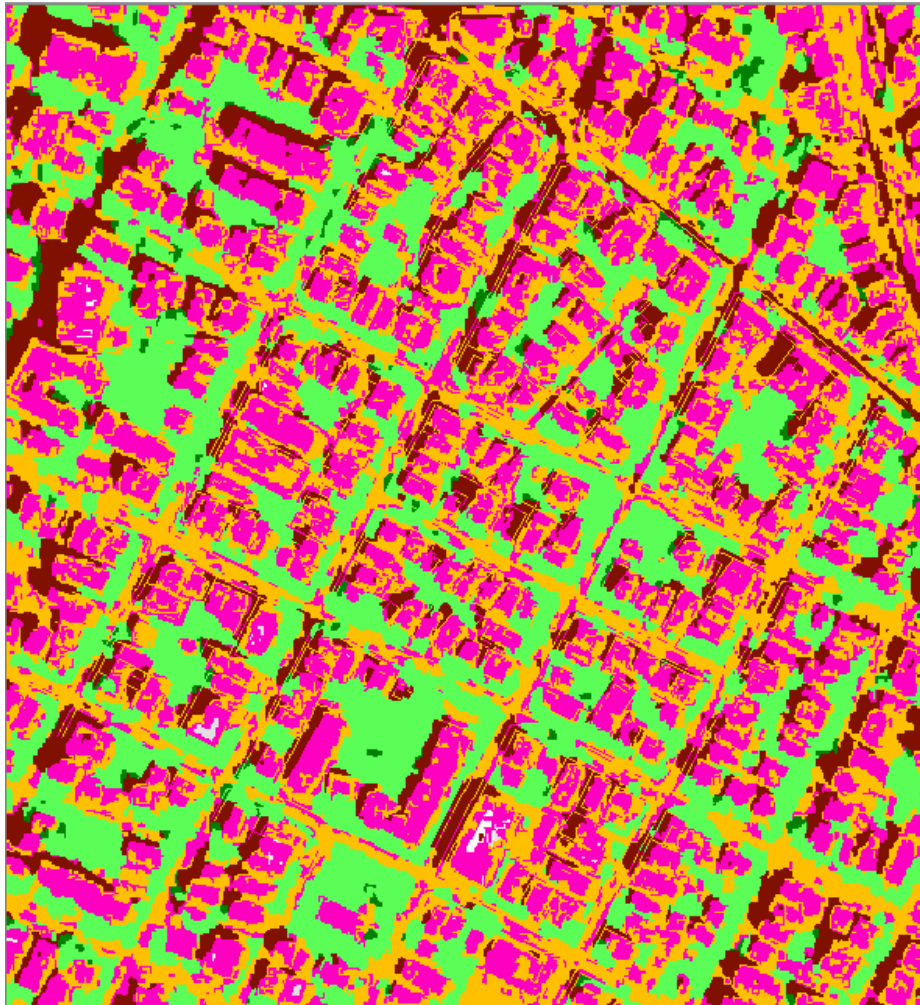
Τα κτίρια θα έχουν θετικές διαφορές ως προς το σύνολο της υψομετρικής πληροφορίας

Με αντίστοιχο τρόπο θα λειτουργούν και οι συναρτήσεις Μέση Διαφορά ως προς Γείτονες (mean difference to neighbors) . Ενδεικτικά παρουσιάζεται η συνάρτηση για την κλάση Κτίριο (Building):



Εικόνα 3.3.10 –Μέση διαφορά ως προς γείτονες (Mean diff. to neighbors) στην κλάση Κτίριο (Building)

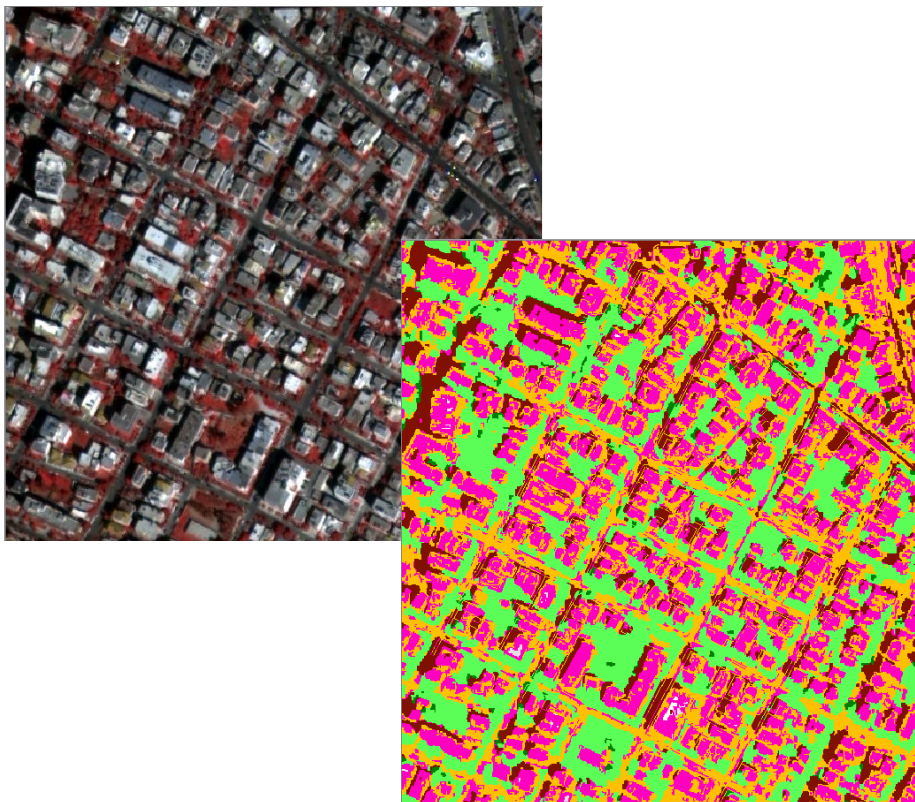
Επιλέγονται τα αντικείμενα που είναι «άμεσοι γείτονες» δηλαδή Απόσταση Δράσης Χαρακτηριστικού (Feature Distance) = 0 εικονοστοιχεία (pixels) , γι' αυτό και ο αριθμός στην παρένθεση δίπλα στο όνομα του χαρακτηριστικού (feature) είναι το μηδέν.



Εικόνα 3.3.11 –Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου

Τα χρώματα αντιστοιχούν σε αυτά της ιεραρχίας. Οι τελικές κλάσεις που οπτικοποιούνται είναι οι πιο αναλυτικές, οι γενικότερες Not Shadow , Shadow και Urban Impervious δεν εμφανίζονται.

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



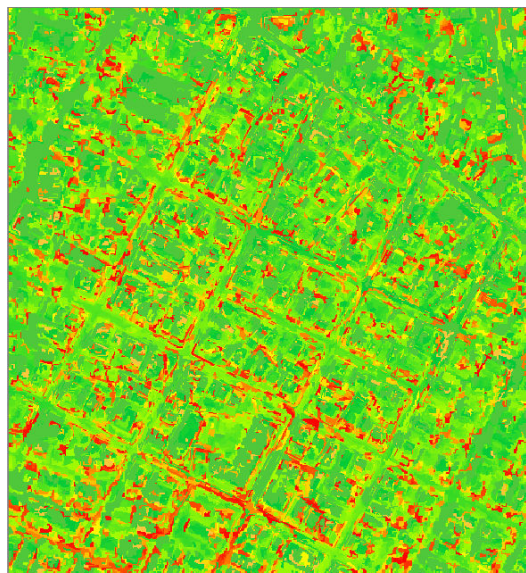
Εικόνα 3.3.12 – Επισκόπηση Ταξινόμησης πρώτου επιπέδου

Παρατηρώντας την ταξινόμηση του πρώτου επιπέδου, βλέπουμε ότι όλα τα στοιχεία του αστικού τοπίου έχουν καθαρό περίγραμμα και διακριτή μορφή. Ελάχιστα στοιχεία του τοπίου δεν ταξινομήθηκαν. Το αστικό πράσινο συγκεντρώνεται στις αναμενόμενες περιοχές και οι δρόμοι έχουν το αναμενόμενο σχήμα, χωρίς ασυνέχειες. Το LiDAR μοντέλο βοήθησε ιδιαίτερα σε αυτό.

Προβληματικό χαρακτηρίζεται το γεγονός ότι επειδή οι γωνίες λήψης των φασματικών και LiDAR δεδομένων διαφέρουν, πολλά αντικείμενα που βρίσκονται κοντά στους δρόμους ταξινομούνται ως κτίρια αλλά στην εικόνα φαίνονται να βρίσκονται μέσα στον δρόμο. Ομοίως, αστικό πράσινο το οποίο ανιχνεύθηκε από φασματικά δεδομένα και βρίσκεται στα πεζοδρόμια, διακόπτει το σταθερό πλάτος των δρόμων οι οποίοι εξάγονται από την LiDAR εικόνα. Μια διόρθωση ως προς αυτή τη γωνία λήψης θα έλυσε αυτά τα προβλήματα. Στην αντιπροσωπευτική περιοχή μελέτης των έντεκα κεντρικών οικοδομικών τετραγώνων το πρόβλημα αυτό περιορίζεται αρκετά.

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

Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
Building Shadow	1772	0.281	0.244	0	0.934
Vegetated Shadow	121	0.145	0.129	0	0.664
Urban Green	7763	0.146	0.115	1.9e-005	0.647
Building	11873	0.327	0.177	2.91e-005	0.926
Urban Undeveloped (Yard/Road/Parking Lot)	15752	0.25	0.157	1.48e-005	0.822

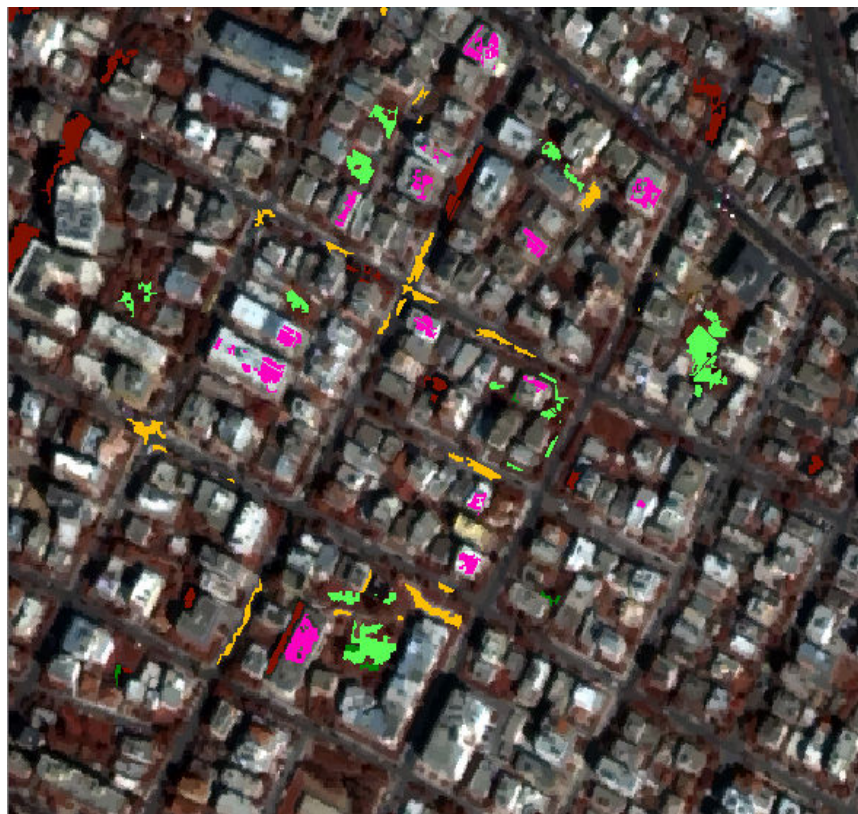


Εικόνα 3.3.13 –Ευστάθεια Ταξινόμησης (Classification Stability) πρώτου επιπέδου

Με πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται οι προβληματικές περιοχές.

Περαιτέρω έλεγχος της ταξινόμησης γίνεται με λήψη κατάλληλων δειγμάτων σε αντιπροσωπευτικές περιοχές εκπαίδευσης για κάθε κλάση. Στη συνέχεια τα χαρακτηριστικά των περιοχών αυτών συγκρίνονται με το σύνολο της ταξινόμησης υπολογίζοντας την ακρίβειά της (εικόνα 3.3.13β).

User Class \ Sample	Building Shadow	Vegetated Shadow	Urban Green	Building	Urban Undev...	Sum
Confusion Matrix						
Building Shadow	26	0	1	0	2	29
Vegetated Shadow	4	2	0	0	0	6
Urban Green	5	3	64	7	2	81
Building	2	0	0	62	12	76
Urban Undeveloped (Yard/Road/Parking Lot)	6	1	9	21	23	60
unclassified	0	0	0	0	0	0
Sum	43	6	74	90	39	
Accuracy						
Producer	0.605	0.333	0.865	0.689	0.59	
User	0.897	0.333	0.79	0.816	0.383	
Hitden	0.722	0.333	0.826	0.747	0.465	
Short	0.565	0.2	0.703	0.596	0.303	
KIA Per Class	0.553	0.317	0.801	0.555	0.462	
Totals						
Overall Accuracy	0.702					
KIA	0.598					



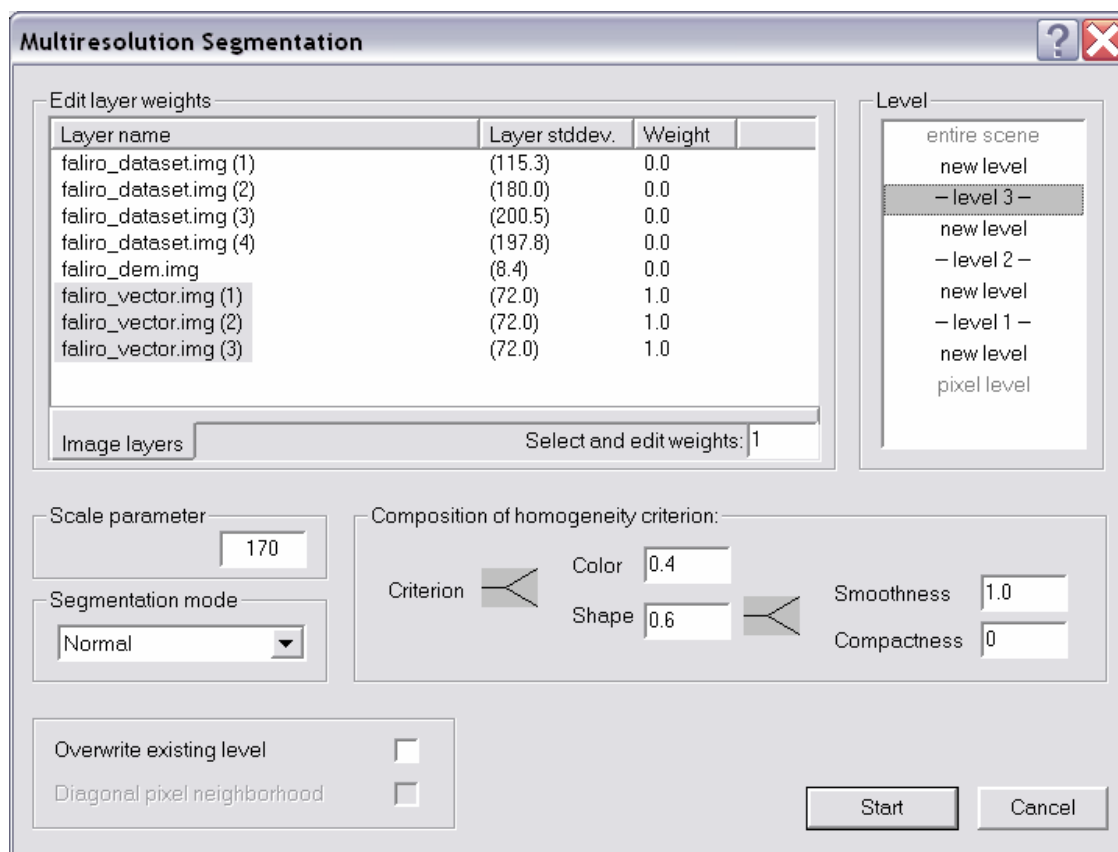
Εικόνα 3.3.13β : Αξιολόγηση ακρίβειας ταξινόμησης πρώτου επιπέδου με δειγματοληψία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

4.1 Κατάτμηση τρίτου επιπέδου

Σκοπός στο τρίτο επίπεδο είναι η διάκριση των οικοδομικών τετραγώνων. Αυτό επιδιώκεται να γίνει διενεργώντας κατάτμηση με υψηλή παράμετρο κλίμακας (scale parameter) και χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα τα διανυσματικά δεδομένα οριοθέτησης των οικοδομικών τετραγώνων, που δίνονται εξ' αρχής (εικόνα 4.1.1) .

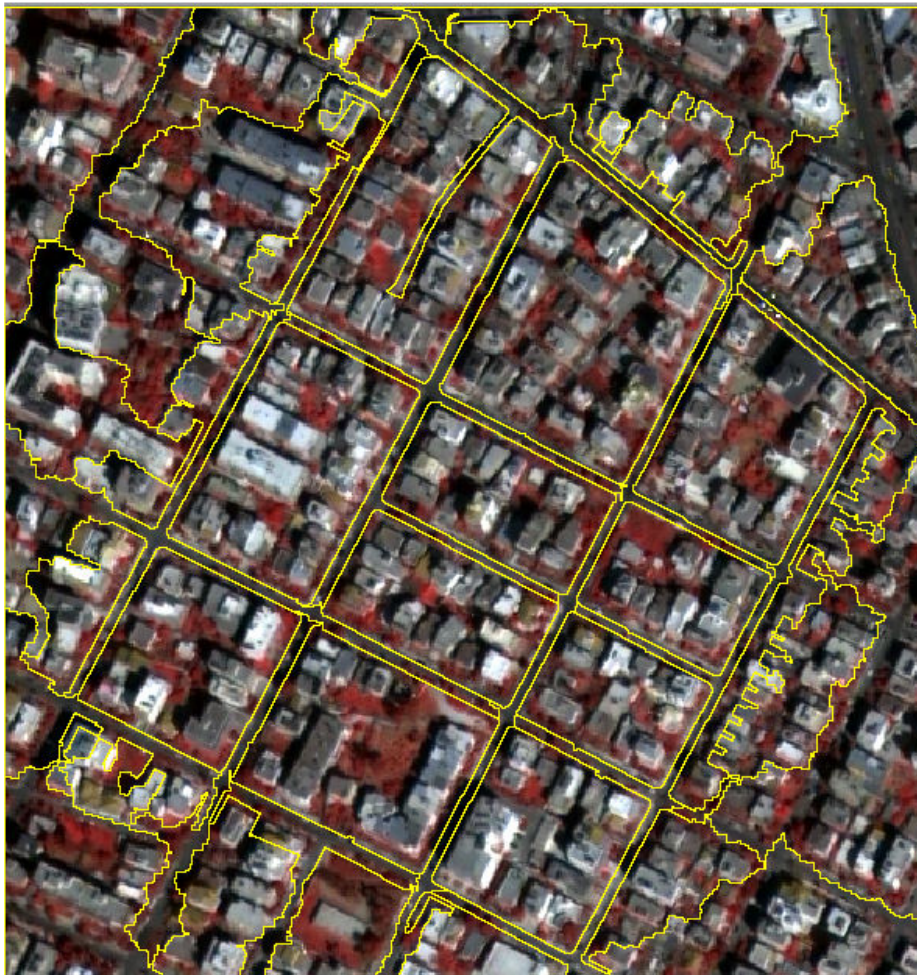
Η διαδικασία της κατάτμησης επιδιώκεται έχει ως αποτέλεσμα αντικείμενα με ομοιόμορφο σχήμα που τα όρια τους να συμπίπτουν με αυτά των οικοδομικών τετραγώνων. Η μετέπειτα ταξινόμηση τους άρα θα είναι πολύ εύκολη.



Εικόνα 4.1.1. Κριτήρια κατάτμησης τρίτου επιπέδου

Βλέπουμε ότι στην κατάτμηση συμμετέχουν μόνο τα επίπεδα της εικόνας που περιέχουν την διανυσματική πληροφορία, δηλαδή τα `faliro_vector.img`. Έτσι τα αντικείμενα που θα προκύψουν θα είναι τα πραγματικά οικοδομικά τετράγωνα. Έχει επίσης δοθεί έμφαση στο κριτήριο σχήματος (shape factor) καθώς είναι επιθυμητά αντικείμενα με αναγνωρίσιμο τετράπλευρο σχήμα.

Παρατηρείται ότι στην κατάτμηση (εικόνα 4.1.2) τα αντικείμενα που αντιστοιχούν στα οικοδομικά τετράγωνα σε αυτή την κατάτμηση είναι εμφανή και τα όρια τους εξαιρετικά ακριβή. Τα υπόλοιπα αντικείμενα που έχουν δημιουργηθεί στο χώρο για τον οποίο δεν υπάρχει διανυσματική πληροφορία θα εξαιρεθούν από την επικείμενη ταξινόμηση και συνεπώς από τη μελέτη. Αν υπήρχε διαθέσιμη διανυσματική πληροφορία για το σύνολο της εικόνας, η κατάτμηση θα ήταν ομοιόμορφη στο σύνολό της.

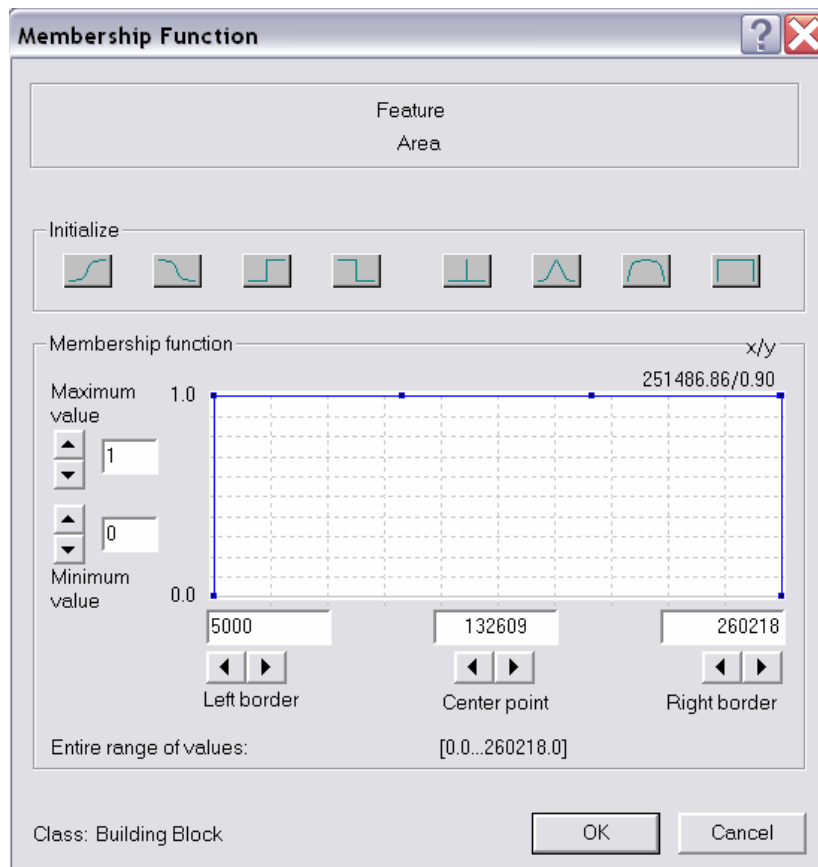


Σχ. 4.1.2 Κατάτμηση τρίτου επιπέδου

4.2 Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου

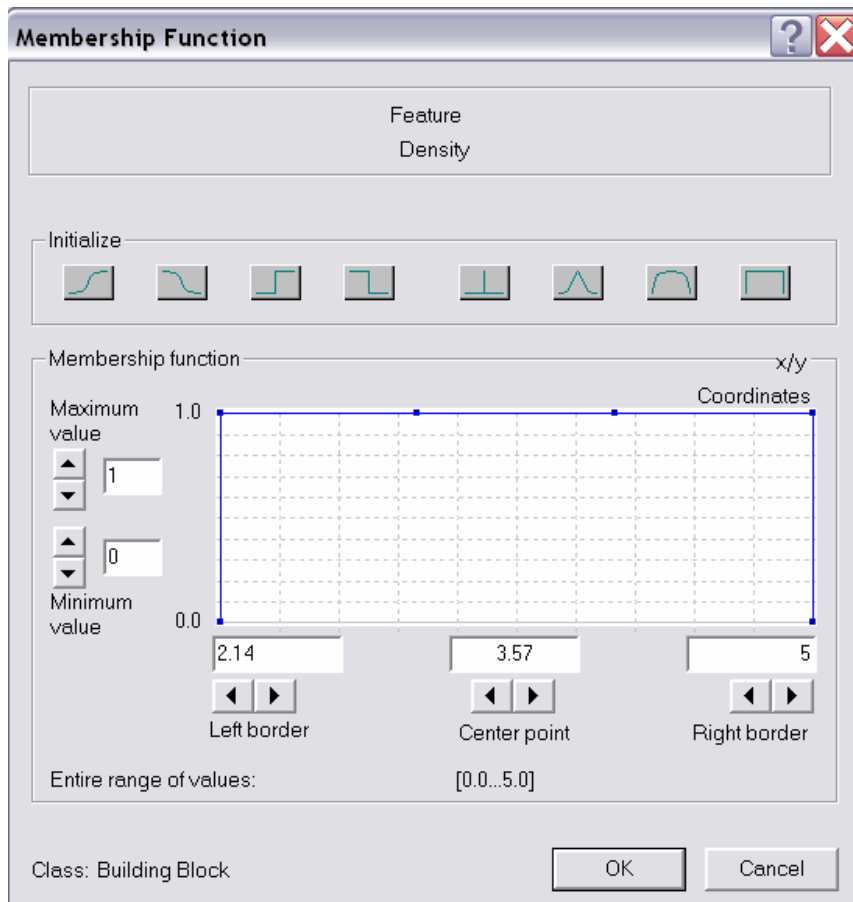
Όπως έχει ήδη αναφερθεί το τρίτο επίπεδο θα χρησιμοποιηθεί σαν «υπερ»-επίπεδο, του οποίου τα αντικείμενα θα χρησιμοποιηθούν για να μεταδώσουν στο κατώτερο δεύτερο επίπεδο την πληροφορία των ορίων των οικοδομικών τετραγώνων καθώς και του σχετικού υψομέτρου των τετραγώνων αυτών. Οι πληροφορίες αυτές θα περιέχονται στα «υπερ»-αντικείμενα της ταξινόμησης αυτού του επιπέδου.

Για να αναγνωριστούν και ταξινομηθούν τα οικοδομικά τετράγωνα, χρησιμοποιούνται κριτήρια αναγνώρισης σχημάτων. Το πρώτο είναι το εμβαδό (Area) όπου πρέπει το αντικείμενο να έχει κάποιο ελάχιστο εμβαδό που αντιστοιχεί σε οικοδομικό τετράγωνο, ενώ το δεύτερο κριτήριο είναι η πυκνότητα του σχήματος (Density) που για τα αντικείμενα που μας ενδιαφέρουν έχει ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών. Οι συναρτήσεις συμμετοχής για τα δύο αυτά κριτήρια ελέγχονται από αντίστοιχα παράθυρα (εικόνες 4.2.1, 4.2.2).



Εικόνα 4.2.1 –Εμβαδό (Feature: Area) στην κλάση Οικοδομικό Τετράγωνο

Το εμβαδό των προς ταξινόμηση αντικειμένων θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από μια συγκεκριμένη τιμή (σε εικονοστοιχεία)



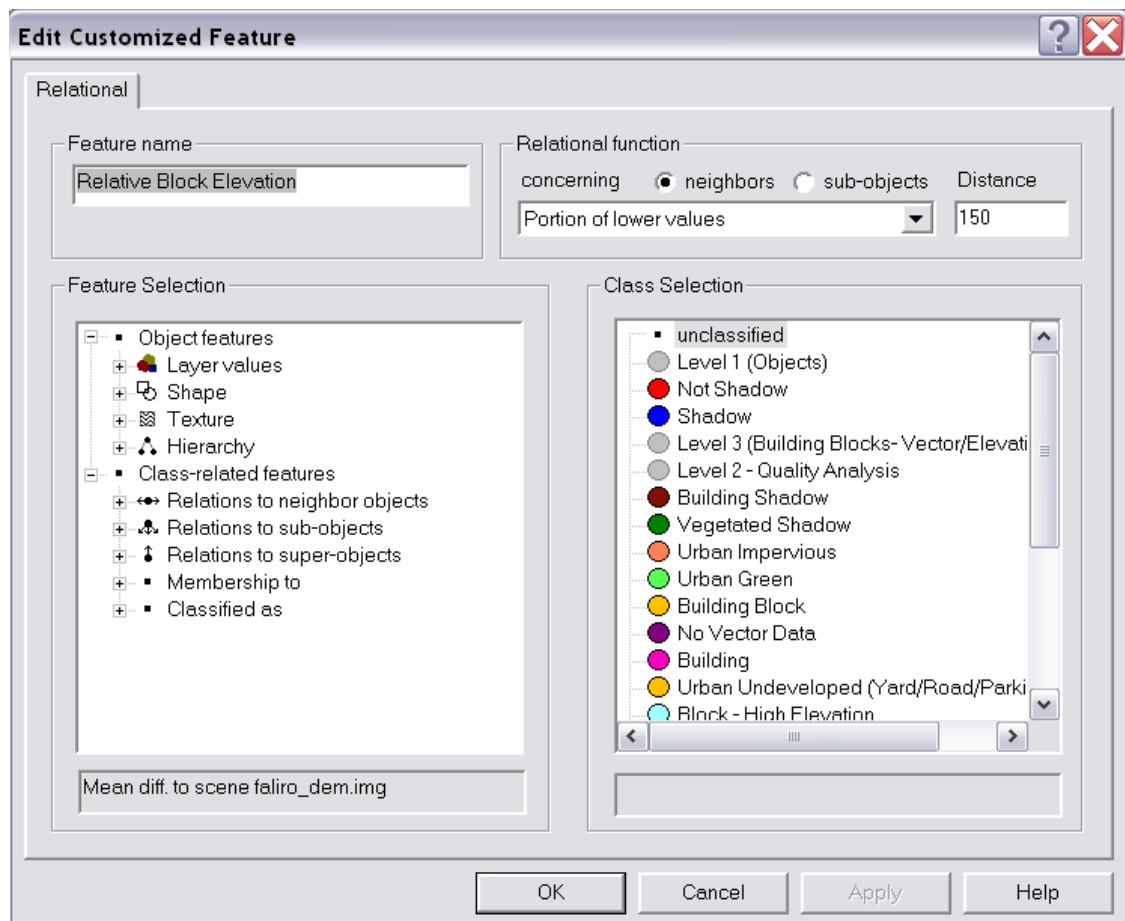
Εικόνα 4.2.2 – Πυκνότητα (Feature: Density) στην κλάση Οικοδομικό Τετράγωνο

Το χαρακτηριστικό πυκνότητα είναι ο λόγος του εμβαδού ως προς την ακτίνα του αντικειμένου. Για τετράπλευρα αντικείμενα έχει ένα εύρος τιμών το οποίο και χρησιμοποιούμε στην συνάρτηση συμμετοχής.

Η ταξινόμηση των οικοδομικών τετραγώνων ολοκληρώνεται με την διάκριση τους σε κλάσεις ανάλογα με την υψομετρική τους διαφορά. Αυτή η πληροφορία θα αξιοποιηθεί στην ανάλυση ποιότητας, καθώς τα ψηλότερα οικοδομικά τετράγωνα θα έχουν καλύτερους συντελεστές ποιότητας από τα χαμηλότερα.

Για να διακριθούν υψομετρικά τα οικοδομικά τετράγωνα δημιουργήθηκε το χαρακτηριστικό (customized feature) Σχετική Υψομετρική Θέση Οικοδομικού Τετραγώνου (Relative Block Elevation- εικόνα 4.2.3) .

Χρησιμοποιώντας την πληροφορία από την LiDAR εικόνα, έγινε σύγκριση της υψομετρικής πληροφορίας του κάθε οικοδομικού τετραγώνου και του συνόλου της εικόνας (συνάρτηση Μέγιστη Διαφορά ως προς τη σκηνή - Mean difference to scene στο LiDAR σετ δεδομένων) . Ο τύπος του χαρακτηριστικού αυτού ονομάζεται σχεσιακός (relational) ακριβώς γιατί γίνεται σύγκριση μεταξύ αντικειμένων και ειδικότερα καταγραφή των σχέσεων μέσω της συνάρτησης Ποσότητα Χαμηλότερων Τιμών (Portion of Lower Values) , που αφορά στα υψόμετρα (εικόνα 4.2.4) .



Εικόνα 4.2.3 – Σχεδιασμός χαρακτηριστικού Σχετική Υψομετρική Θέση Οικοδομικού Τετραγώνου (Relative Block Elevation)

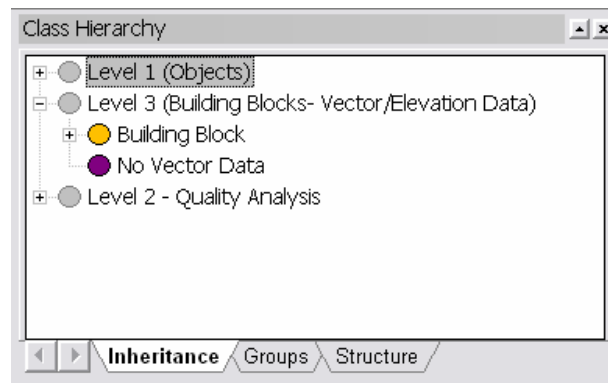


Εικόνα 4.2.4 – Επισκόπηση χαρακτηριστικού (Feature View) : Σχετική Υψομετρική Θέση Οικοδομικού Τετραγώνου (Relative Block Elevation)

Στην επισκόπηση του χαρακτηριστικού αυτού , εμφανίζονται με ανοικτό χρώμα τα αντικείμενα που βρίσκονται ψηλότερα σε σχέση με τα υπόλοιπα αντικείμενα της εικόνας. Το εντελώς λευκό χρώμα υποδηλώνει ότι το αντικείμενο βρίσκεται ψηλότερα από όλα τα υπόλοιπα. Χρησιμοποιώντας αυτό το χαρακτηριστικό , υπολογίζεται η σχετική υψομετρική θέση για τα αντικείμενα που θα ταξινομηθούν στη συνέχεια σαν οικοδομικά τετράγωνα. Το εύρος τιμών του χαρακτηριστικού είναι από 0 (χαμηλότερη σχετική θέση) έως 1 (υψηλότερη σχετική θέση)

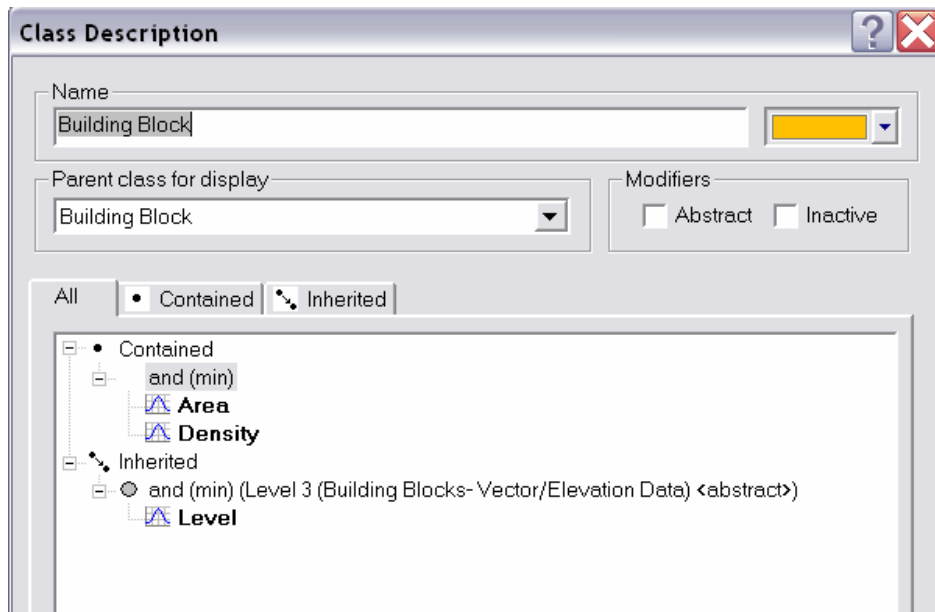
Έχοντας επιλέξει τα χαρακτηριστικά που θα αποτελέσουν κριτήρια για την ταξινόμηση του τρίτου επιπέδου, σειρά έχει η δημιουργία της ιεραρχίας, ακριβώς όπως έγινε και για το πρώτο επίπεδο. Αυτή τη φορά θα ακολουθηθεί τεχνική Δέντρου Αποφάσεων σε δύο στάδια (εικόνα 4.2.5).

Στο πρώτο στάδιο χωρίζεται η αντιπροσωπευτική περιοχή μελέτης από την υπόλοιπη εικόνα. Η διάκριση γίνεται ανάλογα με το ποιο τμήμα της εικόνας έχει και ποιο δεν έχει σχηματισμένα οικοδομικά τετράγωνα. Αναφέρθηκε ότι οικοδομικά τετράγωνα θα έχουμε μόνο στο κέντρο της εικόνας, επειδή εκεί υπάρχει η διανυσματική πληροφορία. Άρα, οι δύο αρχικές κλάσεις θα είναι Οικοδομικά Τετράγωνα (Building Block – εικόνα 4.2.6) και Μηδενική Διανυσματική Πληροφορία (No Vector Data – εικόνα 4.2.7). Προφανώς αν υπήρχε διανυσματική πληροφορία για όλη την εικόνα δεν θα υπήρχε λόγος για αυτή τη διάκριση και η κλάση No Vector Data θα ήταν κενή.

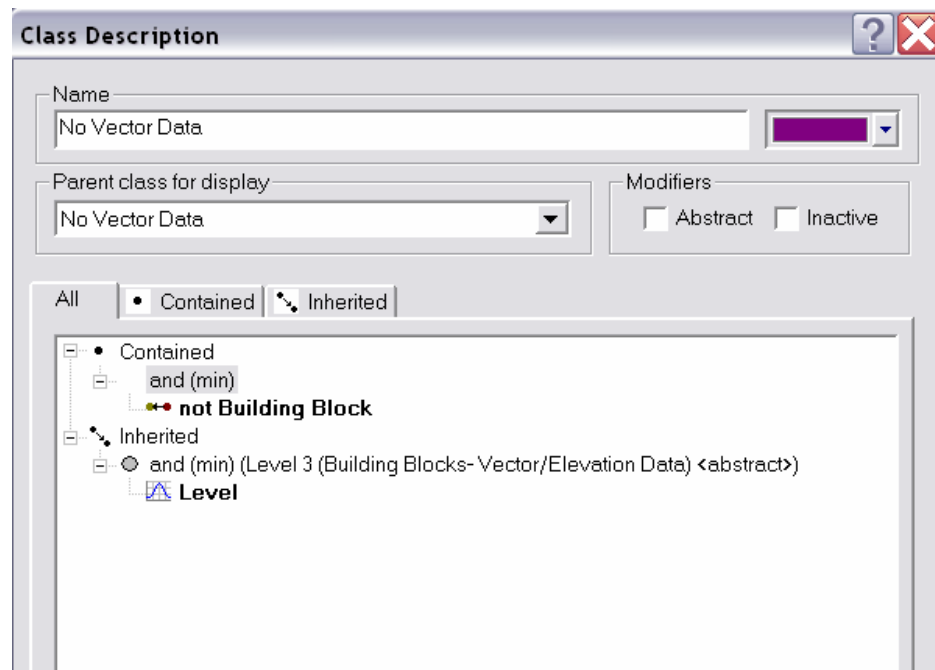


Εικόνα 4.2.5 – Ιεραρχία τρίτου επιπέδου: Αρχικές κλάσεις

Ο τρόπος διαχωρισμού των οικοδομικών τετραγώνων μέσω ανάλυσης σχήματος περιγράφηκε παραπάνω. Η κλάση Μηδενική Διανυσματική Πληροφορία (No Vector Data) θα καταλαμβάνει όλη την υπόλοιπη εικόνα, θα είναι δηλαδή συμπληρωματική της.

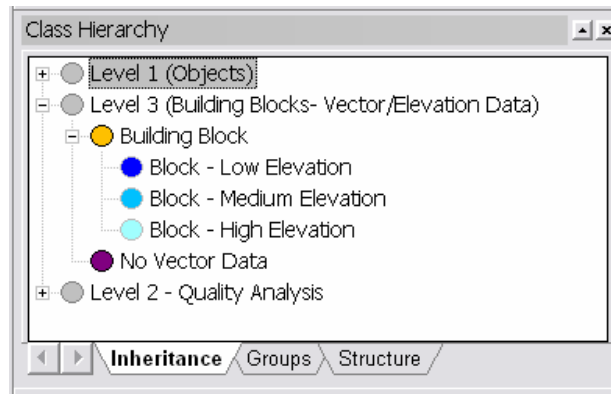


Εικόνα 4.2.6 – Περιγραφή Κλάσης : Οικοδομικό Τετράγωνο (Building Block)



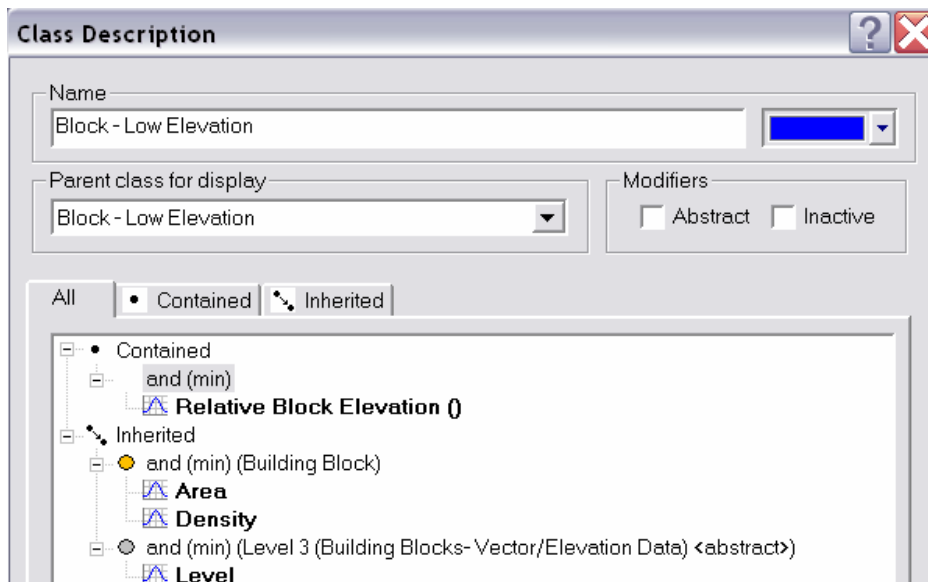
Εικόνα 4.2.7 – Περιγραφή Κλάσης : Μηδενική Διανυσματική Πληροφορία (No Vector Data)

Στη συνέχεια έγινε περαιτέρω διάκριση των κλάσεων όσον αφορά την υψομετρική πληροφορία (εικόνα 4.2.8) . Όπως περιγράφηκε παραπάνω, η αντιπροσωπευτική περιοχή μελέτης χωρίστηκε σε τρεις κατηγορίες που αφορούν τα οικοδομικά τετράγωνα : Υψηλό Υψόμετρο, Μέτριο Υψόμετρο και Χαμηλό Υψόμετρο (εικόνα 4.2.9).



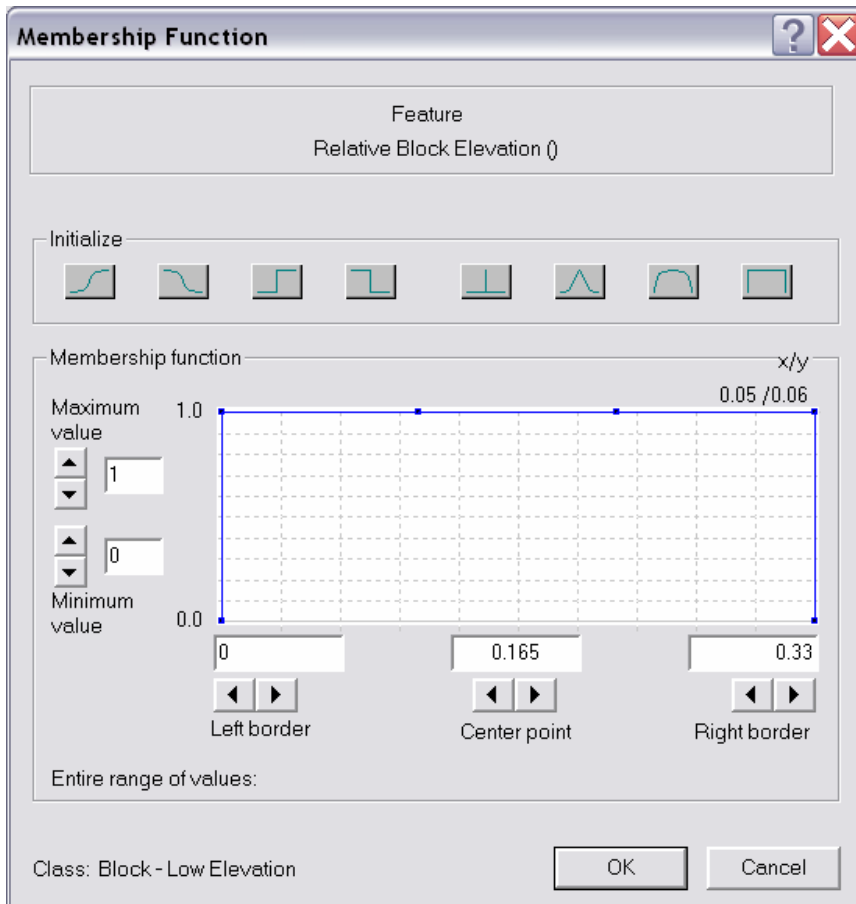
Εικόνα 4.2.8 – Ιεραρχία τρίτου επιπέδου: Τελικές κλάσεις

Οι συναρτήσεις συμμετοχής για τις τρεις νέες κλάσεις χρησιμοποιούν το χαρακτηριστικό Σχετική Υψομετρική Θέση Οικοδομικού Τετραγώνου (Relative Block Elevation) . Λογικό είναι οτι αφού το εύρος τιμών του χαρακτηριστικού είναι από 0 έως 1, οι τρεις κατηγορίες να μοιράζονται ομοιόμορφα αυτό το εύρος, διαμορφώνοντας λοιπόν ένα εύρος 0.33 μονάδων για κάθε συνάρτηση. Η περιγραφή των τριών κλάσεων και η μορφή των τριών συναρτήσεων ελέγχεται από αντίστοιχα παράθυρα (εικόνες 4.2.9 , 4.2.10, 4.2.11, 4.2.12) .



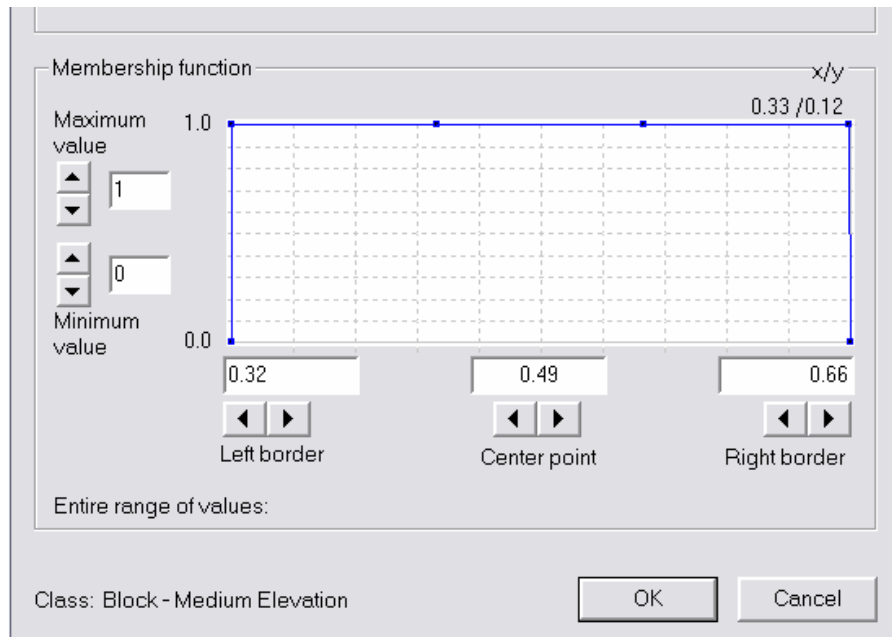
Εικόνα 4.2.9 – Κλάση Οικοδομικό Τετράγωνο – Χαμηλό Υψόμετρο

Η περιγραφή των δύο άλλων κλάσεων είναι παρόμοια, αφού όλες χρησιμοποιούν το ίδιο χαρακτηριστικό απλά με διαφορετικό εύρος τιμών στη συνάρτηση συμμετοχής

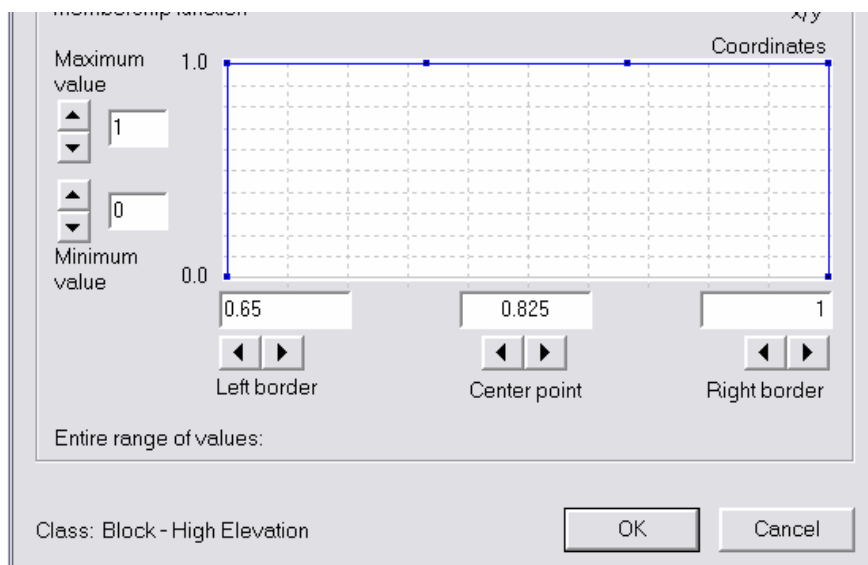


Εικόνα 4.2.10 : Συνάρτηση Συμμετοχής : Οικοδομικό Τετράγωνο – Χαμηλό Υψόμετρο

Οι συναρτήσεις συμμετοχής για τις άλλες δύο κλάσεις , Μέτριου και Υψηλού υψόμετρου είναι αντίστοιχης μορφής και καλύπτουν αντίστοιχο εύρος τιμών, όπως φαίνεται στις εικόνες 4.2.11 και 4.2.12 .

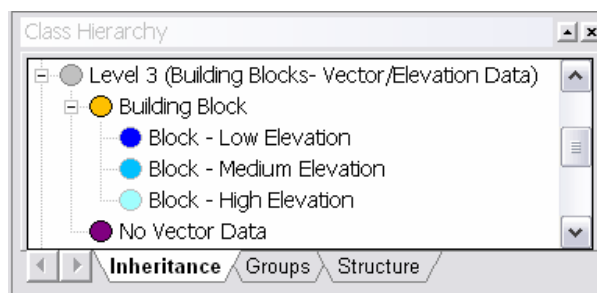
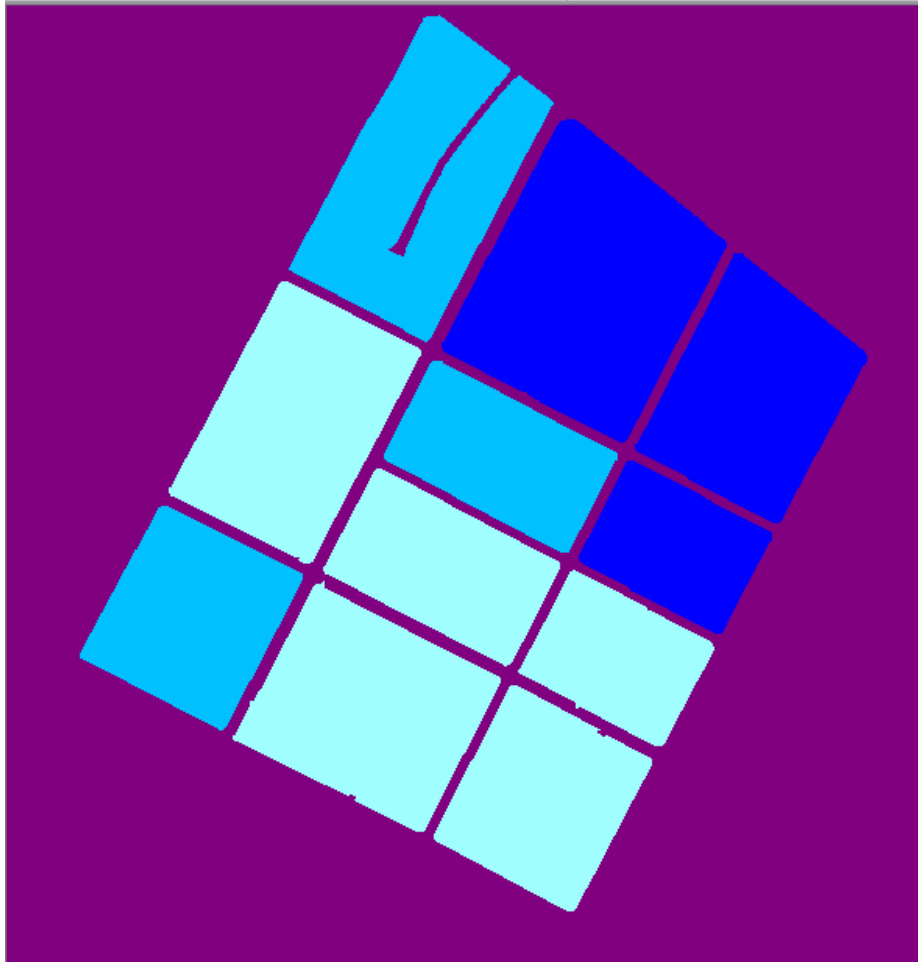


Εικόνα 4.2.11 : Συνάρτηση Συμμετοχής : Οικοδομικό Τετράγωνο – Μέτριο Υψόμετρο



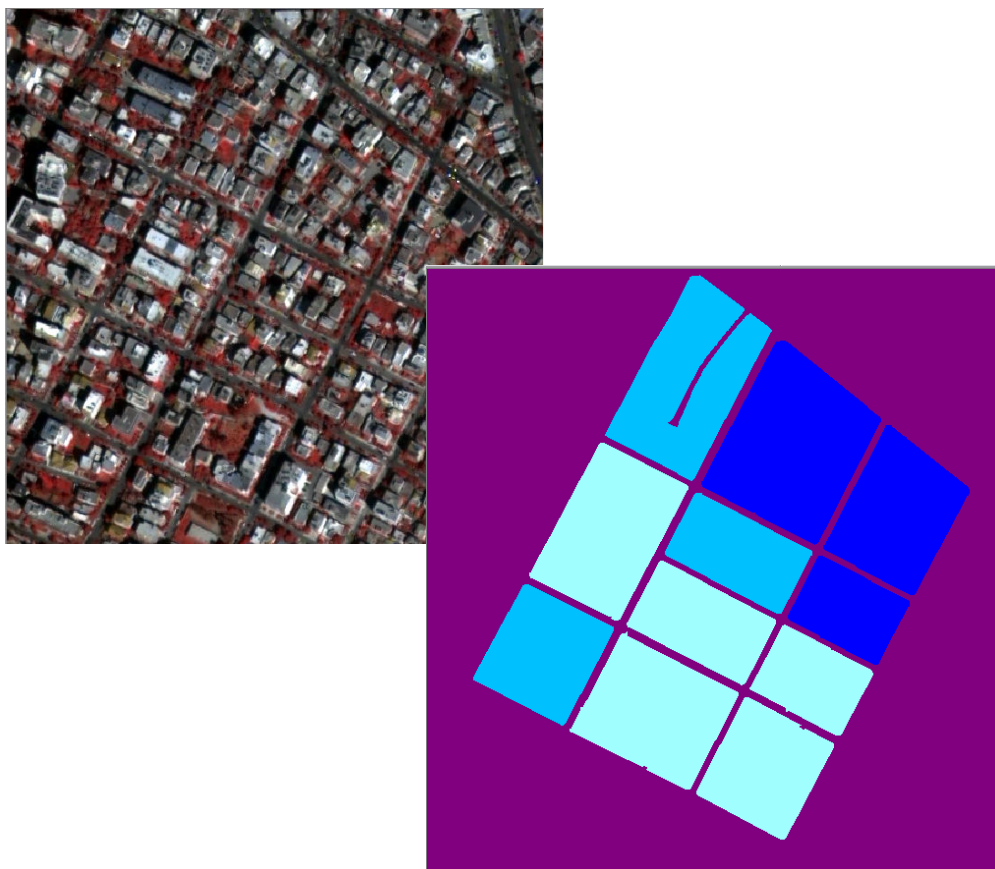
Εικόνα 4.2.12 – Συνάρτηση Συμμετοχής : Οικοδομικό Τετράγωνο – Υψηλό Υψόμετρο

Ακολουθεί η ταξινόμηση της εικόνας με βάση τα παραπάνω κριτήρια (εικόνες 4.2.13, 4.2.14). Επιλέγονται διαβαθμίσεις του γαλάζιου χρώματος για να εκφράζουν την αλλαγή στο υψόμετρο, με ανοικτό χρώμα για τα υψηλά και σκούρο για τα χαμηλότερα υψόμετρα. Το τμήμα της εικόνας που είναι εκτός της αντιπροσωπευτικής περιοχής μελέτης θα εμφανίζεται με μοβ χρώμα.



Εικόνα 4.2.13 : Ταξινόμηση Τρίτου Επιπέδου

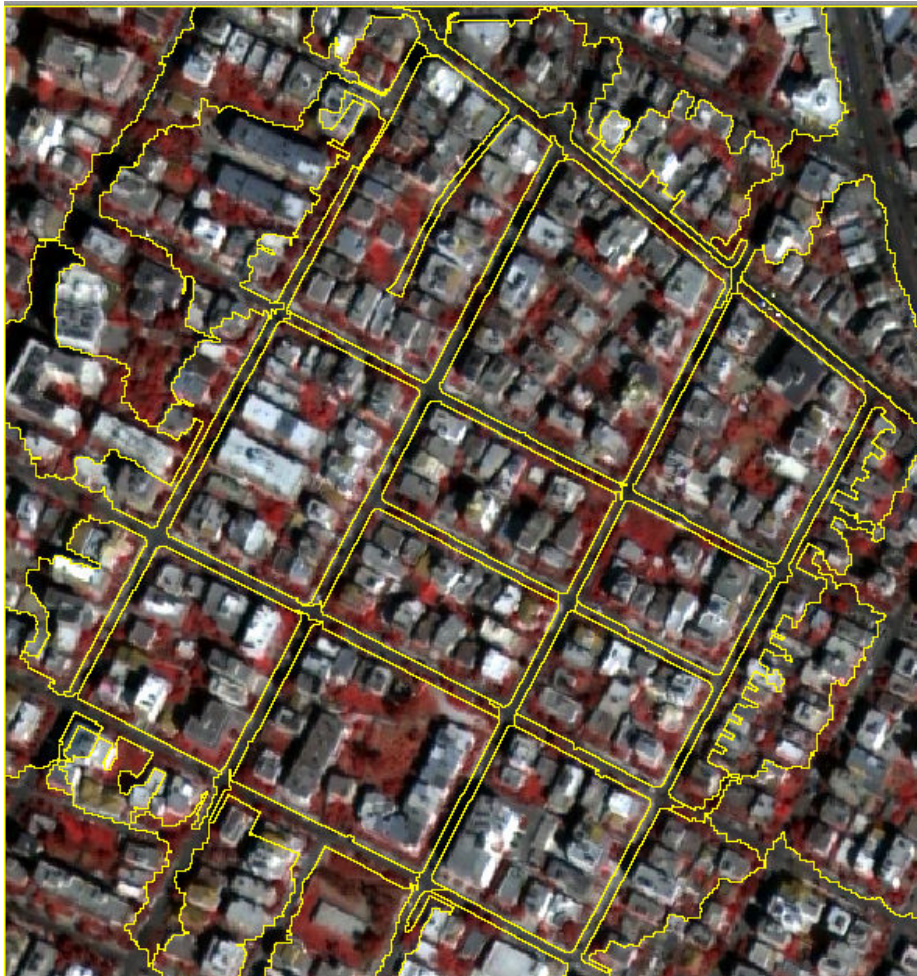
Όνομα Κλάσης	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί Όριο
Οικοδομικό Τετράγωνο: Χαμηλό Υψόμετρο	Area	Π	5000	260218
	Density	Π	2.14	5
	Relative Block Elevation	Π	0	0.33
Οικοδομικό Τετράγωνο: Μέτριο Υψόμετρο	Area	Π	5000	260218
	Density	Π	2.14	5
	Relative Block Elevation	Π	0.33	0.66
Οικοδομικό Τετράγωνο: Μέτριο Υψόμετρο	Area	Π	5000	260218
	Density	Π	2.14	5
	Relative Block Elevation	Π	0.66	1
Μηδενικά Διανυσματικά Δεδομένα	Invert Expression : Similarity to class (Οικοδομικό Τετράγωνο)			



Εικόνα 4.2.14 : Επισκόπηση ταξινόμησης Τρίτου Επιπέδου

4.3 Κατάτμηση δεύτερου επιπέδου

Σκοπός στο δεύτερο επίπεδο είναι η μετα-ταξινόμηση με βάση το δείκτη ποιότητας. Ο δείκτης αυτός θα αφορά μόνο στα οικοδομικά τετράγωνα της αντιπροσωπευτικής περιοχής μελέτης. Η κατάτμηση άρα θα πρέπει και πάλι να ευνοεί την δημιουργία αντικειμένων που να ταξινομηθούν εύκολα σαν οικοδομικά τετράγωνα. Επειδή η αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος έχει ήδη γίνει στην ταξινόμηση του τρίτου επιπέδου, είναι προφανές ότι η κατάτμηση του δεύτερου επιπέδου θα είναι ίδια με του τρίτου. Χρησιμοποιούνται λοιπόν ακριβώς οι ίδιες παράμετροι για την κατάτμηση του δεύτερου επιπέδου. Αποτέλεσμα είναι η εικόνα να παρουσιάζει ταυτόσημα πρωταρχικά αντικείμενα με την εικόνα του τρίτου επιπέδου (εικόνα 4.3.1) .



Εικόνα 4.3.1 – Κατάτμηση Δεύτερου Επιπέδου

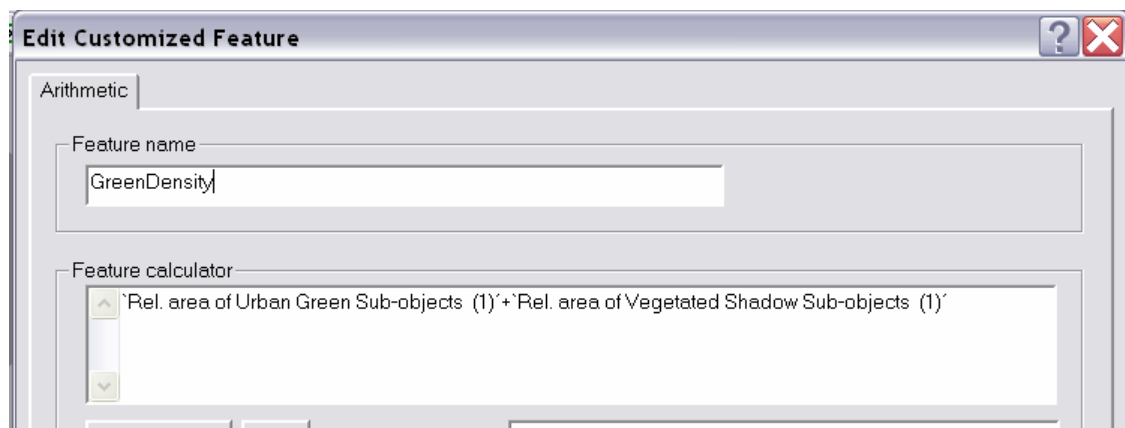
4.4 Ταξινόμηση δεύτερου επιπέδου

Η ταξινόμηση αυτού του επιπέδου θα έχει το χαρακτήρα της μετα-ταξινόμησης όπως εξηγήθηκε στην αρχή αυτού του κεφαλαίου. Θα δημιουργηθούν κλάσεις με κάθε μια από αυτές να αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών του δείκτη ποιότητας του αστικού τοπίου, όπως αυτός ορίστηκε παραπάνω.

Η περιοχή εφαρμογής του δείκτη, δηλαδή η αντιπροσωπευτική περιοχή μελέτης, καθώς και η υψομετρική πληροφορία, περιέχονται στο τρίτο επίπεδο το οποίο ο δείκτης θα εκμεταλλευτεί σαν «υπερ»-επίπεδο.

Το πρώτο επίπεδο θα χρησιμοποιηθεί από τον δείκτη σαν «υπο»-επίπεδο, όπου θα αναλυθούν τα αντικείμενα που το απαρτίζουν.

Τα δύο νέα χαρακτηριστικά (customized features) που αναλύουν τα παραπάνω στοιχεία του πρώτου επιπέδου είναι τα Πυκνότητα Πρασίνου (GreenDensity – εικόνες 4.4.1, 4.4.2) και Ακάλυπτοι Χώροι (Unbuilt Areas – εικόνες 4.4.3, 4.4.4).



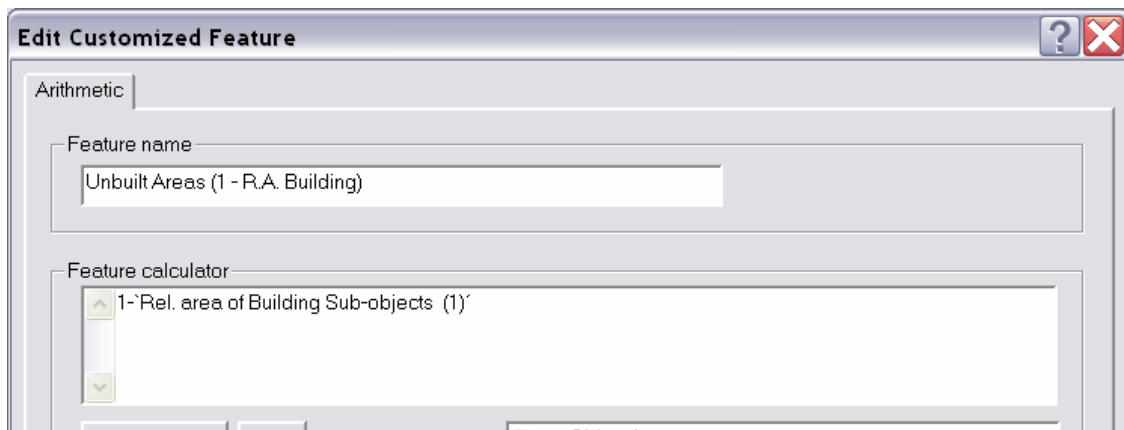
Εικόνα 4.4.1 – Χαρακτηριστικό: Πυκνότητα Πρασίνου (GreenDensity)

Το νέο χαρακτηριστικό Πυκνότητα Πρασίνου χρησιμοποιεί το χαρακτηριστικό Σχετικό Εμβαδό του υπο-αντικειμένου X (feature: Rel.Area of sub-object X) η οποία σε κάθε αντικείμενο του επιλεγμένου επιπέδου υπολογίζει το εμβαδό των υπο-αντικειμένων της κλάσης X και το διαιρεί με το συνολικό εμβαδό του αντικειμένου. Στην περίπτωση αυτή το αντικείμενο είναι το προς ταξινόμηση οικοδομικό τετράγωνο, ενώ τα υποαντικείμενα είναι το σύνολο του Αστικού Πρασίνου και Σκιώδους Πρασίνου που περιέχονται σε αυτό και έχουν ταξινομηθεί στο πρώτο επίπεδο. Ο αριθμός στην παρένθεση δηλώνει ότι το επίπεδο από το οποίο αντλούνται τα υπο-αντικείμενα είναι το πρώτο επίπεδο ταξινόμησης. Με αυτό τον τρόπο χαρτογραφείται η προς ταξινόμηση περιοχή ως προς την πυκνότητα του πρασίνου. Το εύρος τιμών του χαρακτηριστικού θα είναι και πάλι από 0 ως 1, αφού είναι χαρακτηριστικό συσχέτισης, με 0 την μηδενική και 1 την απόλυτη παρουσία υπο-αντικειμένων Πρασίνου.



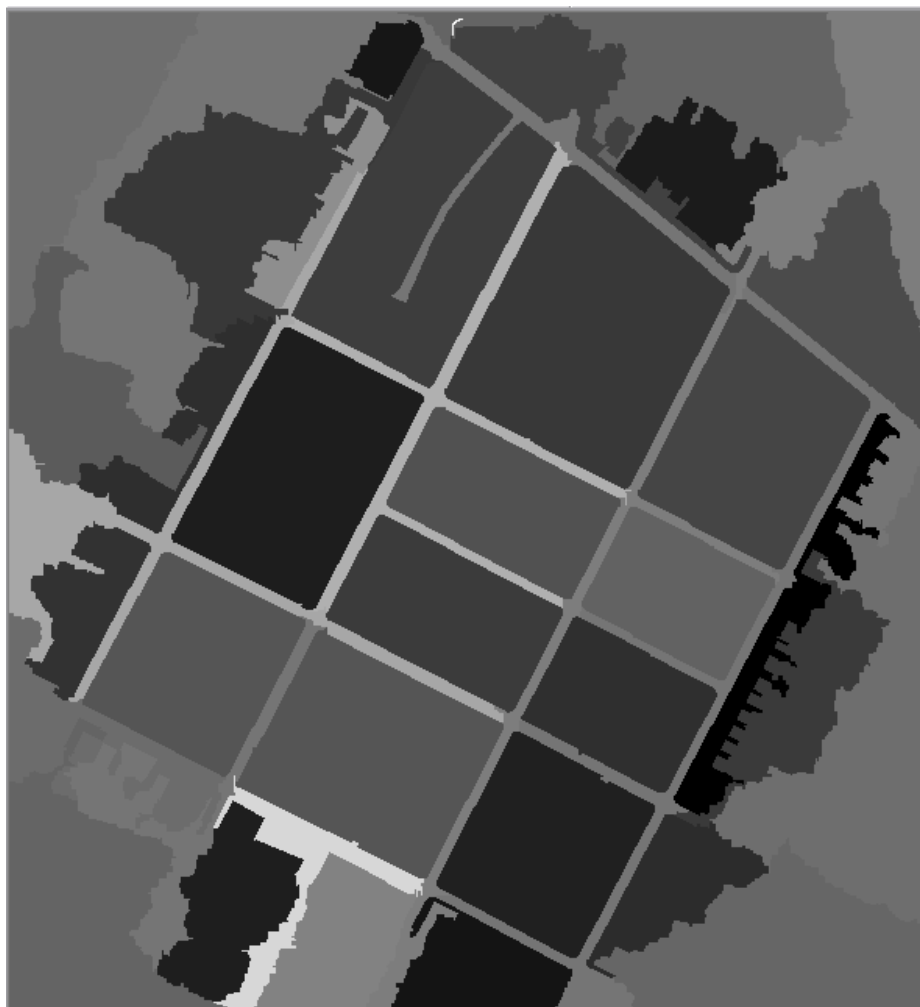
Εικόνα 4.4.2 – Επισκόπηση χαρακτηριστικού: Πυκνότητα Πρασίνου (GreenDensity)

Με ανοικτή απόχρωση φαίνονται οι περιοχές που έχουν μεγαλύτερες τιμές



Εικόνα 4.4.3 – Χαρακτηριστικό: Ακάλυπτοι Χώροι (Unbuilt Areas)

Με παρόμοιο τρόπο δημιουργείται και το νέο χαρακτηριστικό Ακάλυπτοι Χώροι (Unbuilt Areas). Σε κάθε αντικείμενο οι Ακάλυπτοι Χώροι θα εκφράζονται από το συνολικό εμβαδό του αντικειμένου μείον το εμβαδό των κτισμένων χώρων οι οποίοι θα ταυτίζονται με τα υπο-αντικείμενα που στο πρώτο επίπεδο ταξινομήθηκαν στην κλάση «Κτίριο». Επειδή το χαρακτηριστικό χρησιμοποιεί και πάλι το χαρακτηριστικό Σχετικό Εμβαδό του υπο-αντικειμένου X (feature: Rel. Area of sub-object X) θα έχει εύρος τιμών από 0 μέχρι 1. Η έκφραση λοιπόν των ακάλυπτων χώρων θα περιγράφεται μαθηματικά από το **Ακάλυπτοι Χώροι = 1 - Σχετικό Εμβαδό του υπο-αντικειμένου «Κτίριο»**, έκφραση η οποία και πάλι έχει εύρος τιμών από 0 (εντελώς κτισμένος) μέχρι 1 (εντελώς ακάλυπτος χώρος).



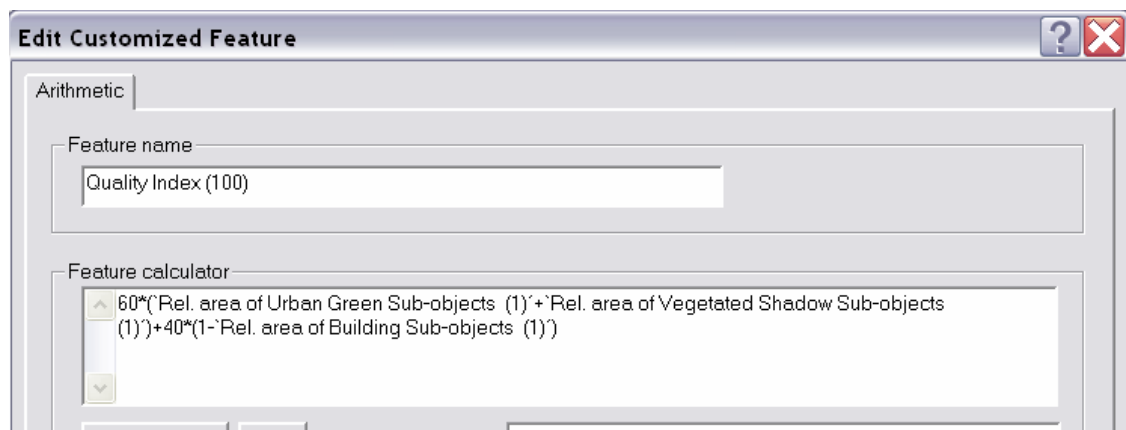
Εικόνα 4.4.4 : Επισκόπηση χαρακτηριστικού Ακάλυπτοι Χώροι (Unbuilt Areas)
Με ανοικτή απόχρωση φαίνονται οι περιοχές που έχουν μεγαλύτερες τιμές. Η απουσία λευκών αποχρώσεων υποδηλώνει περιοχή έντονης δόμησης.

Σειρά έχει η δημιουργία του τελικού Δείκτη Ποιότητας του Αστικού Τοπίου, ενός νέου χαρακτηριστικού δηλαδή, που θα ονομάζεται QualityIndex.

Τα δύο νέα χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν παραπάνω, Πυκνότητα Πρασίνου και Ακάλυπτοι Χώροι οπτικοποιούν τους δύο από τους τρεις συντελεστές του Δείκτη Ποιότητας που περιγράφεται στο θεωρητικό μέρος .

Ο Συντελεστής Πρασίνου και ο Συντελεστής Ακάλυπτων Χώρων λαμβάνουν διαφορετικά βάρη συμμετοχής στην αξιολόγηση ποιότητας ανάλογα με το τρίτο κριτήριο, το οποίο είναι η θέα. Η εικόνα έχει χωριστεί ως προς αυτό το κριτήριο στο τρίτο επίπεδο. Το χαρακτηριστικό Quality Index οφείλει να καλύπτει και τις τρεις περιπτώσεις υψομέτρου με τα αντίστοιχα βάρη που περιγράφηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο.

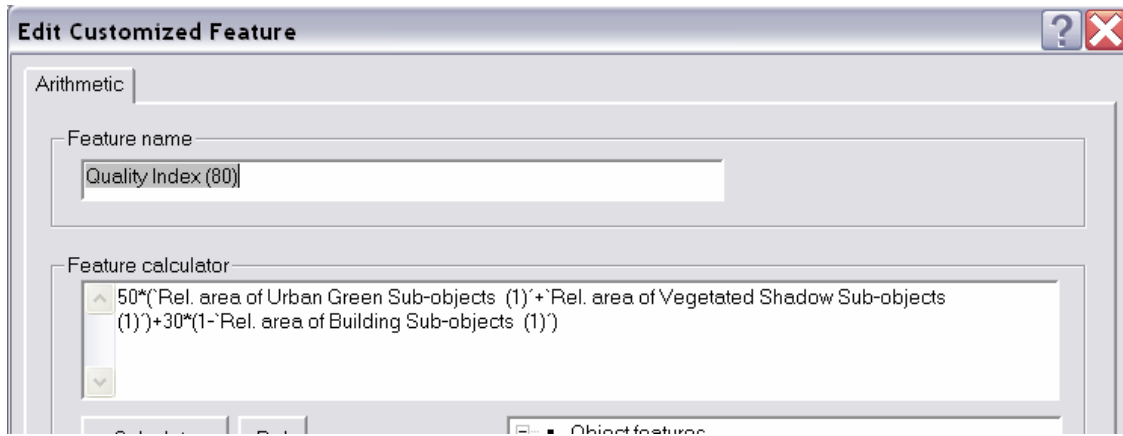
Λόγω του περιορισμού του προγράμματος eCognition ο οποίος απαγορεύει τις πράξεις μεταξύ σχεσιακών και αριθμητικών χαρακτηριστικών , η εφαρμογή των βαρών έγινε με τη δημιουργία τριών διαφορετικών δεικτών ποιότητας QualityIndex, οι οποίοι περιέχουν τα ανάλογα βάρη και αντιστοίχως ονομάζονται QualityIndex(60) , QualityIndex(80) και QualityIndex(100) , ανάλογα με το μέγιστο ποσοστό βαθμολόγησης ποιότητας το οποίο επιτρέπουν, όπως αυτό έχει οριστεί προηγουμένως (εικόνες 4.4.5, 4.4.6, 4.4.7).



Εικόνα 4.4.5 – Χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού Τοπίου (100) : QualityIndex(100)

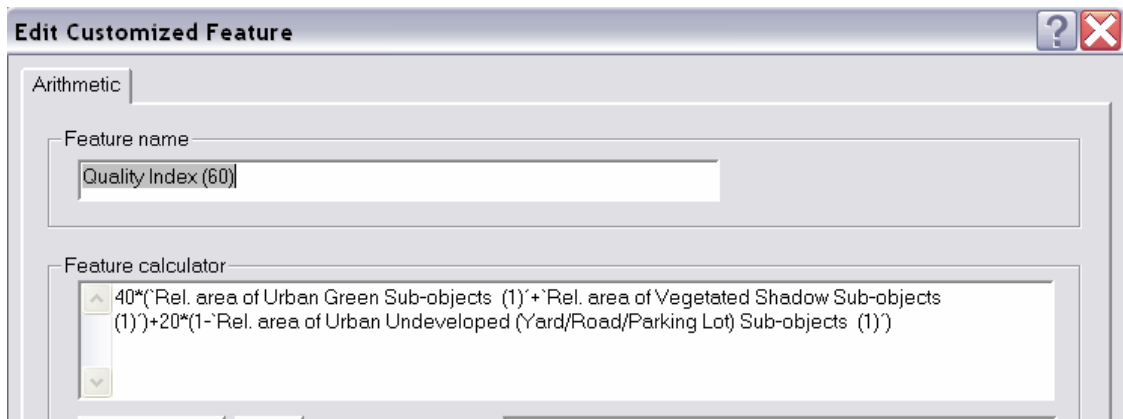
Όπως παρατηρούμε στην παραπάνω εικόνα, ο Δείκτης χρησιμοποιεί τα δύο χαρακτηριστικά Πυκνότητα Πρασίνου και Ακάλυπτοι Χώροι, αφού πρώτα τα πολλαπλασιάζει με τα αντίστοιχα βάρη. Στην περίπτωση του Δείκτη Ποιότητας Αστικού Τοπίου (100) , ο οποίος θα αντιστοιχεί σε περιοχές υψηλού υψομέτρου, τα βάρη είναι 60 για το Πράσινο και 40 για τους ακάλυπτους χώρους. Δεδομένου ότι το χαρακτηριστικό είναι διαφορά χαρακτηριστικών που χρησιμοποιούν το Σχετικό Εμβαδό του υπο-αντικειμένου X (feature: Rel.Area of sub-object X), το οποίο έχει εύρος από 0 μέχρι 1, ο πολλαπλασιασμός με 60 και 40 θα έχει ως αποτέλεσμα οι τελικές τιμές του δείκτη να έχουν εύρος από 0 έως 100, εξάγοντας δηλαδή αποτέλεσμα στην επιθυμητή εκατοστιαία κλίμακα.

Παρόμοια και πάντα σύμφωνα με τη θεωρία διαμορφώνονται τα χαρακτηριστικά του Δείκτη για τις περιπτώσεις Μέτριου και Χαμηλού υψομέτρου . Τα αποτελέσματα θα είναι πάλι στην εκατοστιαία κλίμακα , αλλά το μέγιστο θα είναι διαφορετικό , αφού οι περιοχές στις οποίες αντιστοιχεί αυτός ο δείκτης θα είναι χαμηλού υψομέτρου και δεν θα μπορούν να λάβουν μέγιστη βαθμολογία όταν αξιολογηθούν.



Εικόνα 4.4.6 : Χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού Τοπίου (80) :
QualityIndex(80)

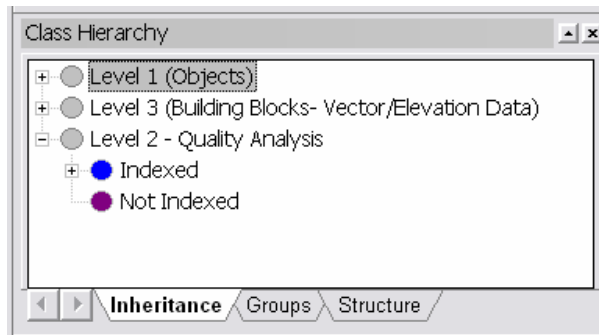
Αυτό το χαρακτηριστικό θα χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση οικοδομικών τετραγώνων μετρίου υψομέτρου. Τα βάρη έχουν μεταβληθεί σε 50 για το πράσινο και 30 για τους ακάλυπτους χώρους αντίστοιχα, επιτρέποντας μέγιστη βαθμολογία ποιότητας 80%



Εικόνα 4.4.7 : Χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού Τοπίου (60) :
QualityIndex(60)

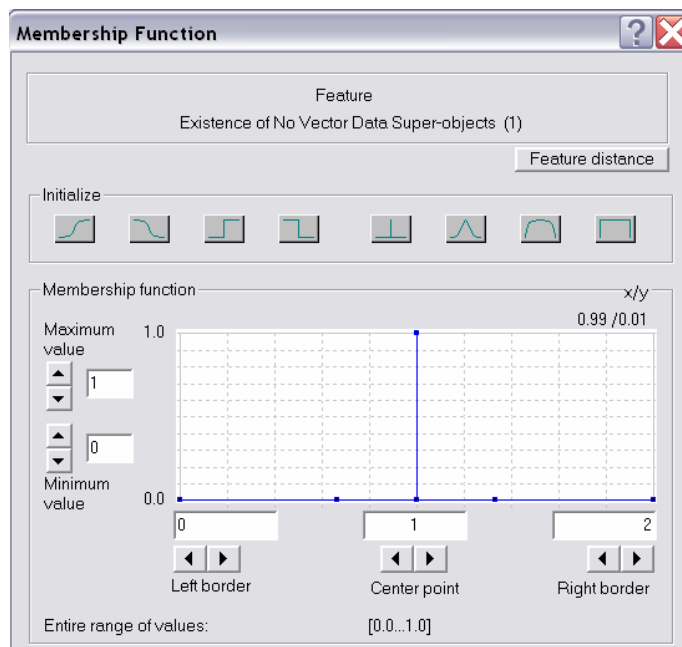
Αυτό το χαρακτηριστικό θα χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση οικοδομικών τετραγώνων χαμηλού υψομέτρου. Τα βάρη έχουν μεταβληθεί σε 40 για το πράσινο και 20 για τους ακάλυπτους χώρους αντίστοιχα, επιτρέποντας μέγιστη βαθμολογία ποιότητας 60%

Έχοντας δημιουργήσει τον Δείκτη Ποιότητας του Αστικού Τοπίου, σειρά έχει η μεταξινόμηση η οποία θα οδηγήσει στην οπτικοποίηση του. Και πάλι στην ιεραρχία των κλάσεων θα χρησιμοποιηθεί τεχνική Δέντρου Αποφάσεων (εικόνα 4.4.8). Οι δύο αρχικές κλάσεις θα είναι παρόμοιες με αυτές του τρίτου επιπέδου, οριοθετώντας την αντιπροσωπευτική περιοχή μελέτης στην εικόνα. Το όνομα των δύο κλάσεων αλλάζει βέβαια, καθώς εδώ περιγράφονται οι περιοχές που Αξιολογήθηκαν (Indexed – εικόνα 4.4.10) και Δέν Αξιολογήθηκαν (Not Indexed – εικόνα 4.4.11) ως προς την ποιότητα του τοπίου.



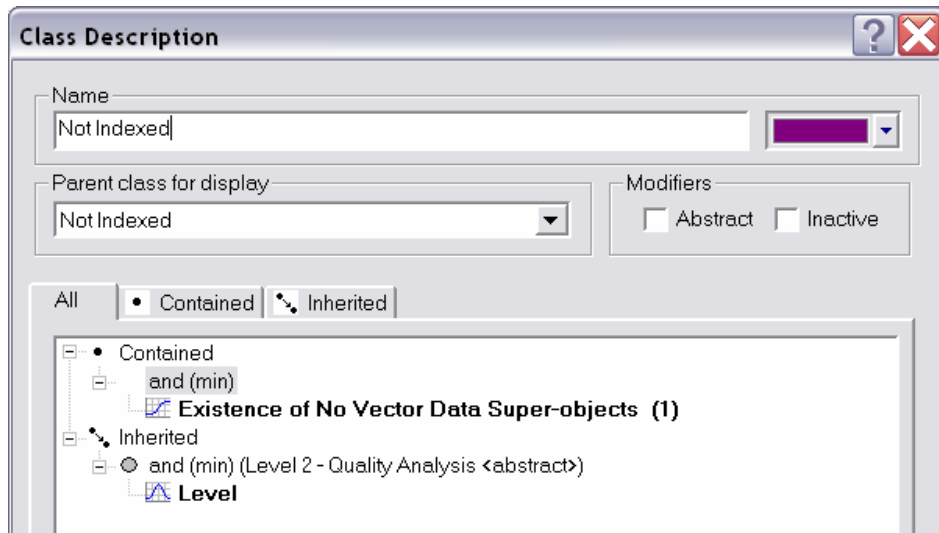
Εικόνα 4.4.8 : Ιεραρχία δεύτερου επιπέδου: αρχικές κλάσεις

Η πληροφορία για την παραπάνω διάκριση γίνεται χρησιμοποιώντας το ανώτερο τρίτο επίπεδο σαν «υπερ»-επίπεδο, χρησιμοποιώντας το χαρακτηριστικό Ύπαρξη Υπερ-Αντικειμένων της κλάσης X (Existence Of X Super Objects), όπου X η κλάση No Vector Data του τρίτου επιπέδου (εικόνα 4.4.9).



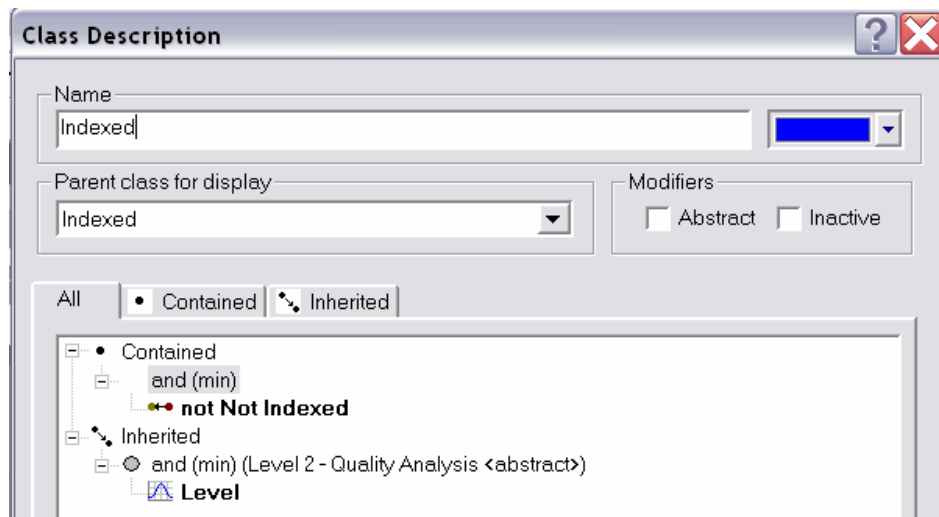
Εικόνα 4.4.9 : Χαρακτηριστικό Ύπαρξη Υπερ-Αντικειμένων της κλάσης X

Η Existence Of X Super Objects μπορεί να έχει μόνο δύο τιμές, τη μηδενική και τη μονάδα. Μηδενική τιμή θα έχει αν το αντικείμενο προς ταξινόμηση δεν ανήκει σε «υπερ»-αντικείμενο της επιλεγμένης κλάσης του τρίτου επιπέδου, ενώ αν ανήκει η τιμή θα είναι μονάδα . Η περιγραφή της κλάσης Δεν Αξιολογήθηκαν θα ακολουθεί αυτό τον κανόνα.



Εικόνα 4.4.10 : Κλάση: Δεν Αξιολογήθηκαν (Not Indexed)

Η κλάση Αξιολογήθηκαν (Indexed) θα είναι συμπληρωματική της , με παρόμοιο τρόπο όπως στο τρίτο επίπεδο.



Εικόνα 4.4.11 : Κλάση: Αξιολογήθηκαν (Indexed)

Έχοντας κάνει την αρχική διάκριση, επεκτείνεται η ιεραρχία εφαρμόζοντας το δείκτη ποιότητας στην αντιπροσωπευτική περιοχή μελέτης η οποία περιορίζεται στην κλάση Αξιολογήθηκαν (Indexed – εικόνα 4.4.12),

Ο Δείκτης, όπως είδαμε, παίρνει τιμές από 0-100. Η οπτικοποίηση μέσω δημιουργίας κατάλληλων κλάσεων θα ακολουθεί χρωματική κλίμακα η οποία θα εκφράζει με κατάλληλες αποχρώσεις τις διαβαθμίσεις της ποιότητας.

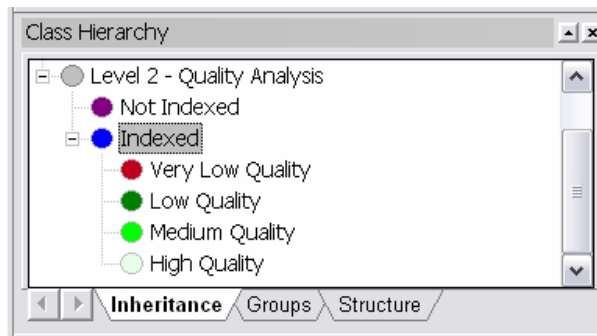
Από 0-25%, κατηγορία πολύ χαμηλής ποιότητας με βαθύ κόκκινο χρώμα.

Από 25-50%, κατηγορία χαμηλής ποιότητας, με βαθύ πράσινο χρώμα.

Από 50-75%, κατηγορία μέτριας ποιότητας, με ανοικτό πράσινο χρώμα.

Από 75-100% κατηγορία υψηλής ποιότητας, με λευκό χρώμα.

Το εύρος τιμών χωρίστηκε σε τέσσερα ίσα διαστήματα και αντιστοιχίστηκε ένα χρώμα σε κάθε ένα από αυτά, όπως περιγράφεται στην αρχή του κεφαλαίου. Οι τέσσερις κλάσεις που δημιουργούνται θα ονομάζονται Πολύ Χαμηλή Ποιότητα (Very Low Quality), Χαμηλή Ποιότητα (Low Quality), Μέτρια Ποιότητα (Medium Quality), Υψηλή Ποιότητα (High Quality).



Εικόνα 4.4.12 : Ιεραρχία δεύτερου επιπέδου: τελικές κλάσεις

Η περιγραφή των τεσσάρων αυτών κλάσεων αποτελεί την βάση της μετα-ταξινόμησης και κατα συνέπεια της αξιολόγησης της ποιότητας του αστικού τοπίου στην επιλεγμένη περιοχή. Οι κανόνες που έχουν περιγραφεί στο θεωρητικό μέρος εκφράζονται με τη μορφή μαθηματικών και λογικών σχέσεων στην περιγραφή αυτών των κλάσεων.

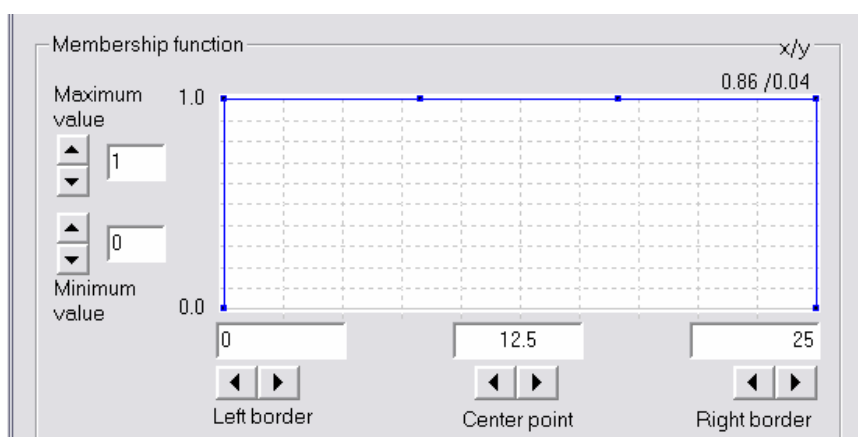
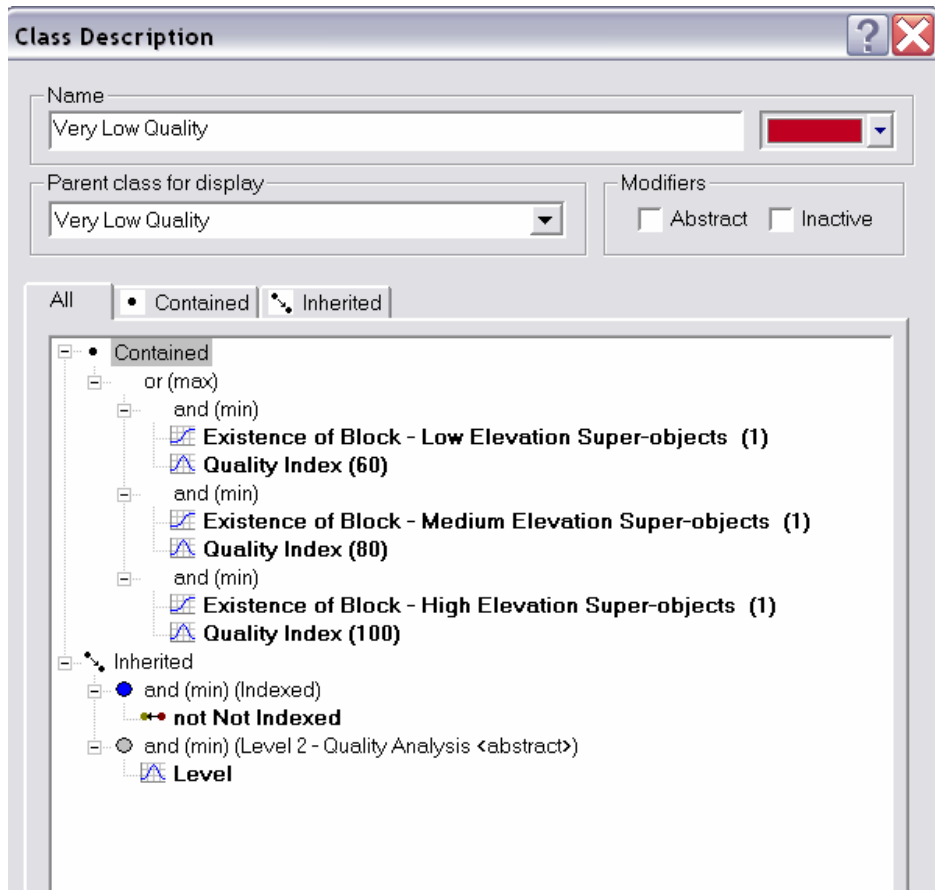
Ειδικότερα, χρησιμοποιούνται λογικές σχέσης της μορφής «ή» - [μεγ] (or[max]) και η ήδη γνωστή σχέση συμμετοχής σε ένα σύνολο « και [ελαχ.] « (and[min]). Περιφραστικά το γενικό κριτήριο της μετα-ταξινόμησης περιγράφεται με της εξής έκφραση :

Αν το αντικείμενο έχει Y υψόμετρο, τότε είναι X ποιότητας αν ο Δείκτης Ποιότητας που αντιστοιχεί στην κατηγορία Y έχει τιμές από (A_X έως B_X).

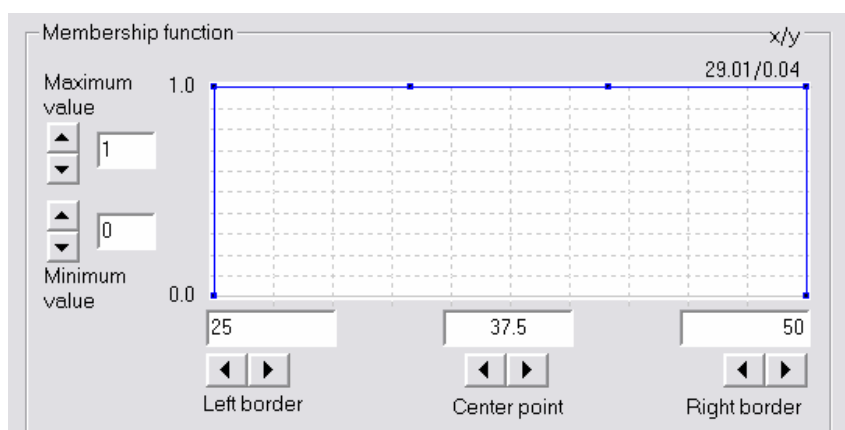
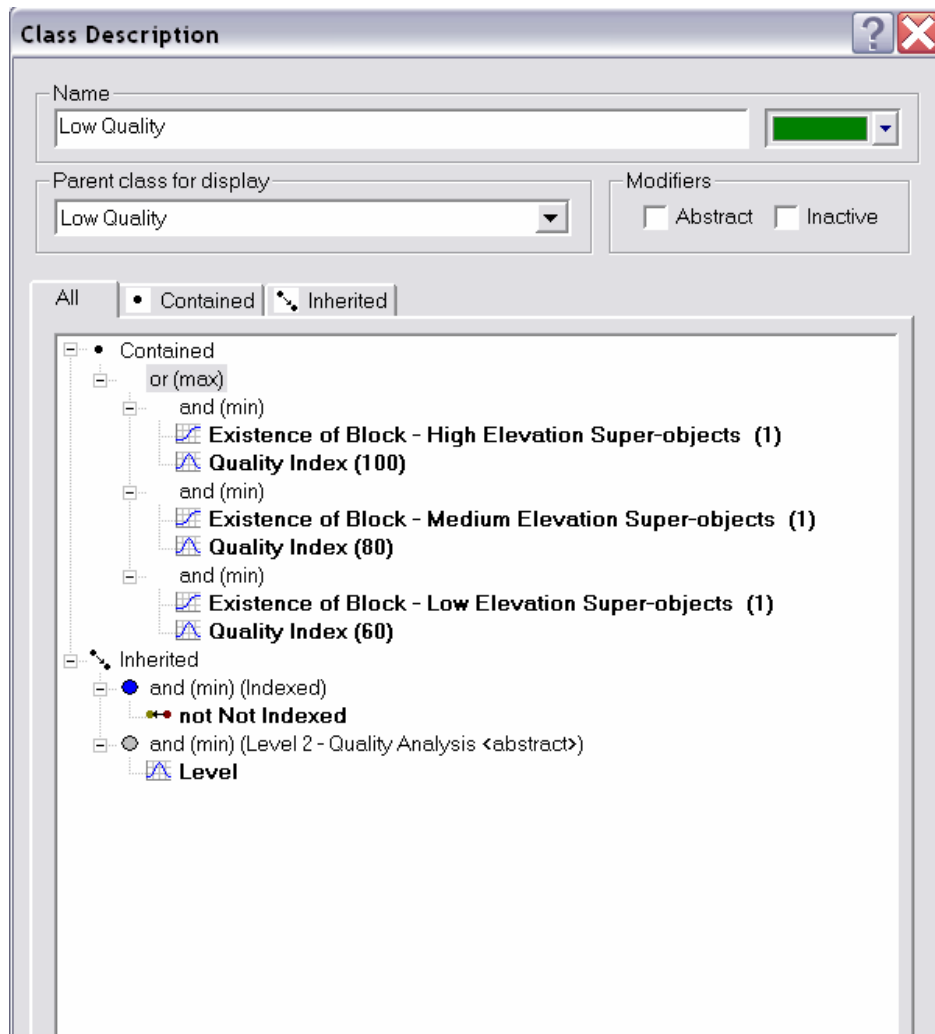
Y είναι οι τρεις κατηγορίες υψομέτρων που διακρίθηκαν στο τρίτο επίπεδο.

X είναι οι τέσσερις κλάσεις που θα δημιουργηθούν μέσω της μετα-ταξινόμησης και αξιολόγησης της ποιότητας.

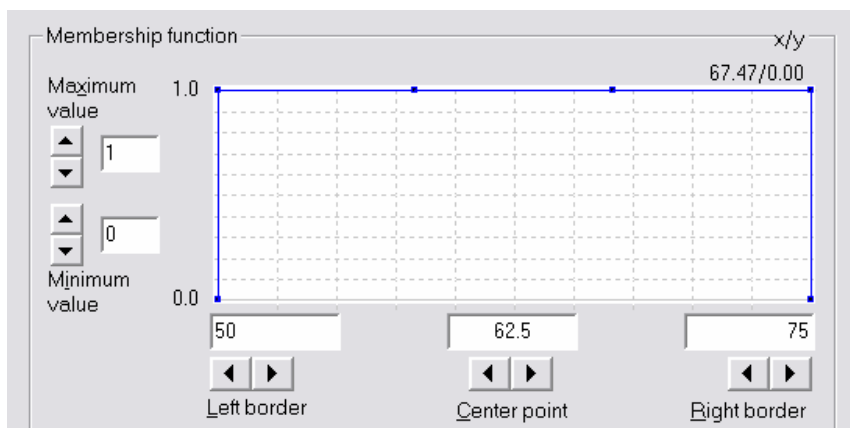
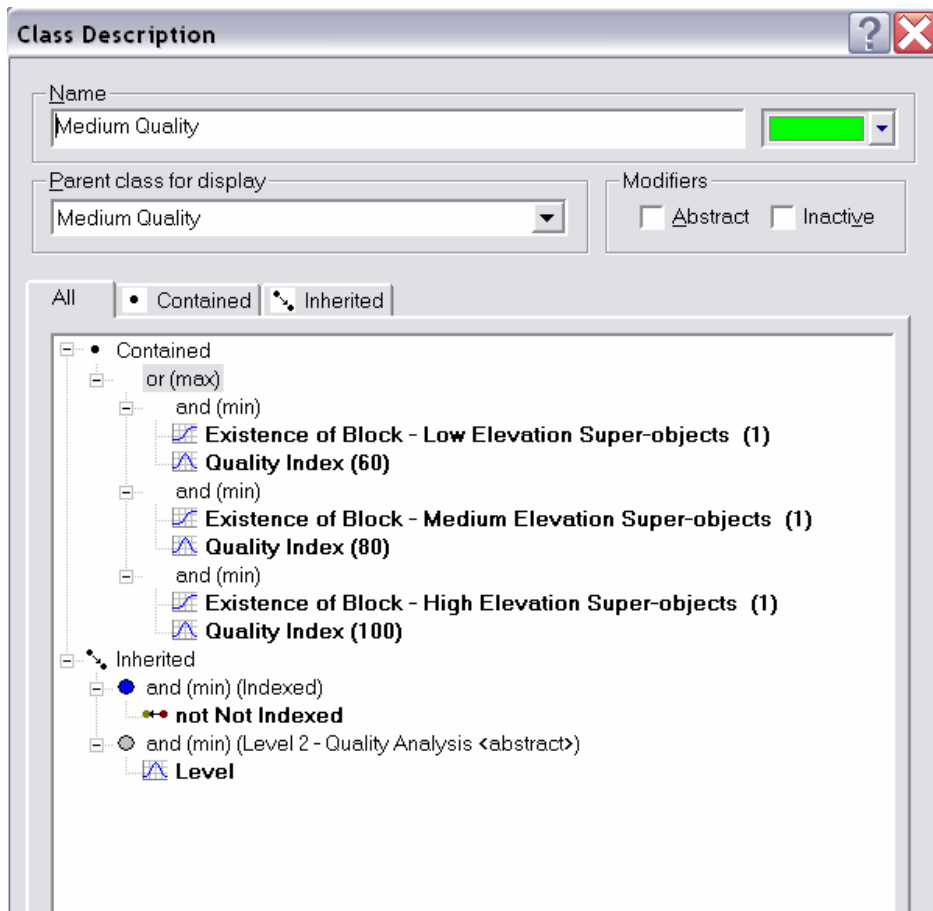
Οι τιμές A_X έως B_X είναι οι τέσσερις υποδιαίρεσεις της εκατοστιαίας κλίμακας. Οι τέσσερις περιγραφές των κλάσεων καθώς και οι αντιστοιχες συναρτήσεις συμμετοχής ελέγχονται από αντίστοιχα παράθυρα (εικόνες 4.4.13, 4.4.14, 4.4.15, 4.4.,16)



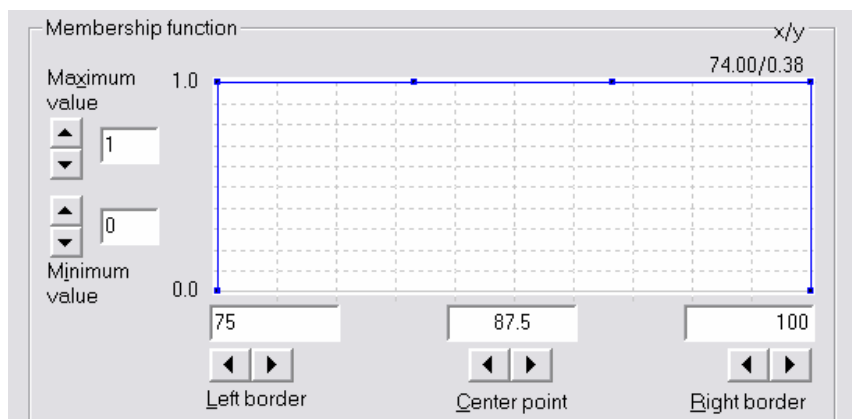
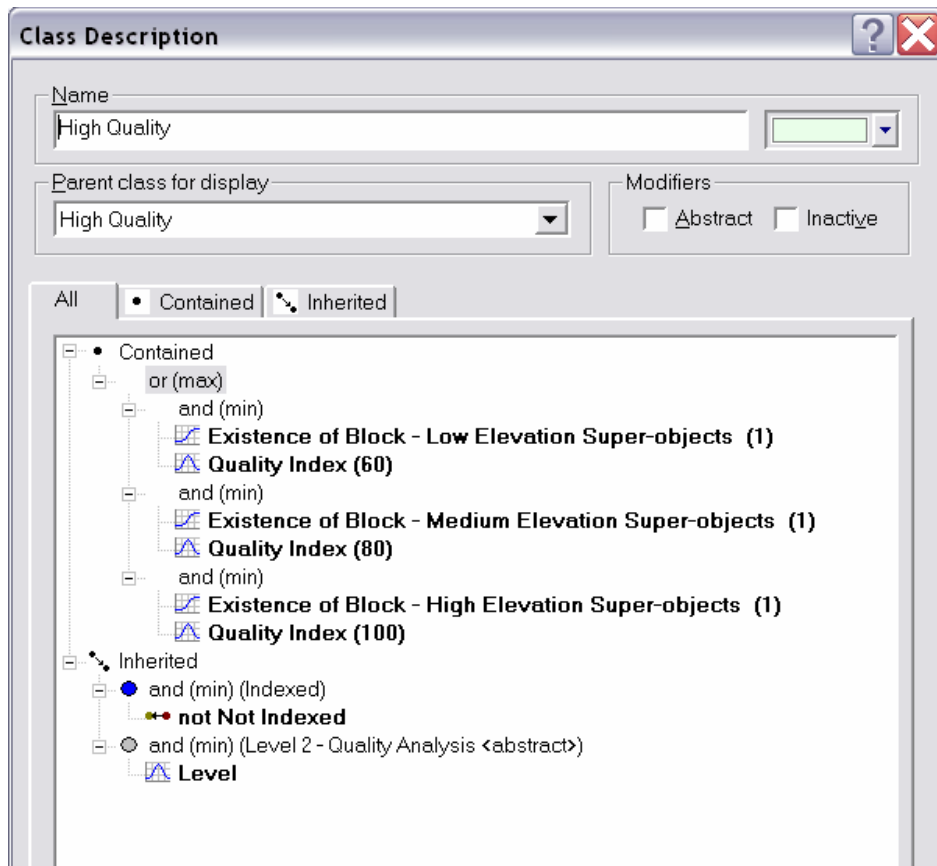
Εικόνα 4.4.13 : Περιγραφή κλάσης Πολύ Χαμηλή Ποιότητα και συνάρτηση συμμετοχής στο χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού τοπίου (customized feature : Quality Index)



Εικόνα 4.4.14 : Περιγραφή κλάσης Χαμηλή Ποιότητα και συνάρτηση συμμετοχής στο χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού τοπίου (customized feature : Quality Index)

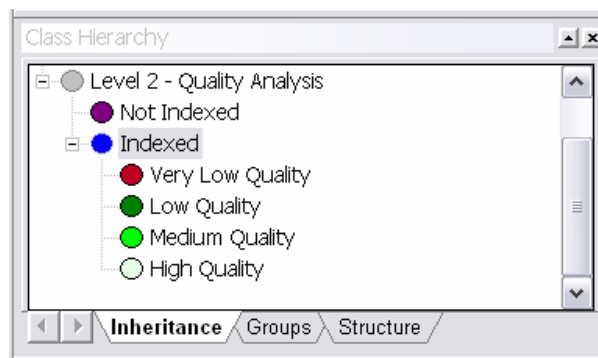
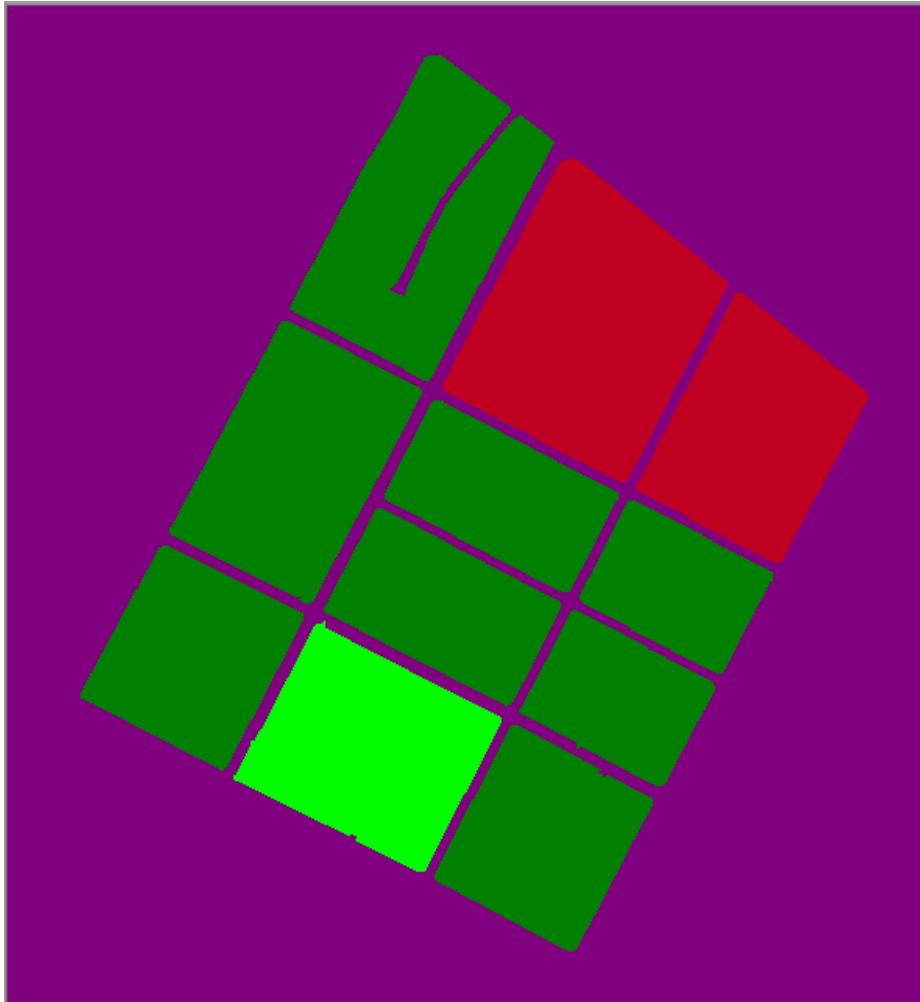


Εικόνα 4.4.15 : Περιγραφή κλάσης Μέτρια Ποιότητα και συνάρτηση συμμετοχής στο χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού τοπίου (customized feature : Quality Index)



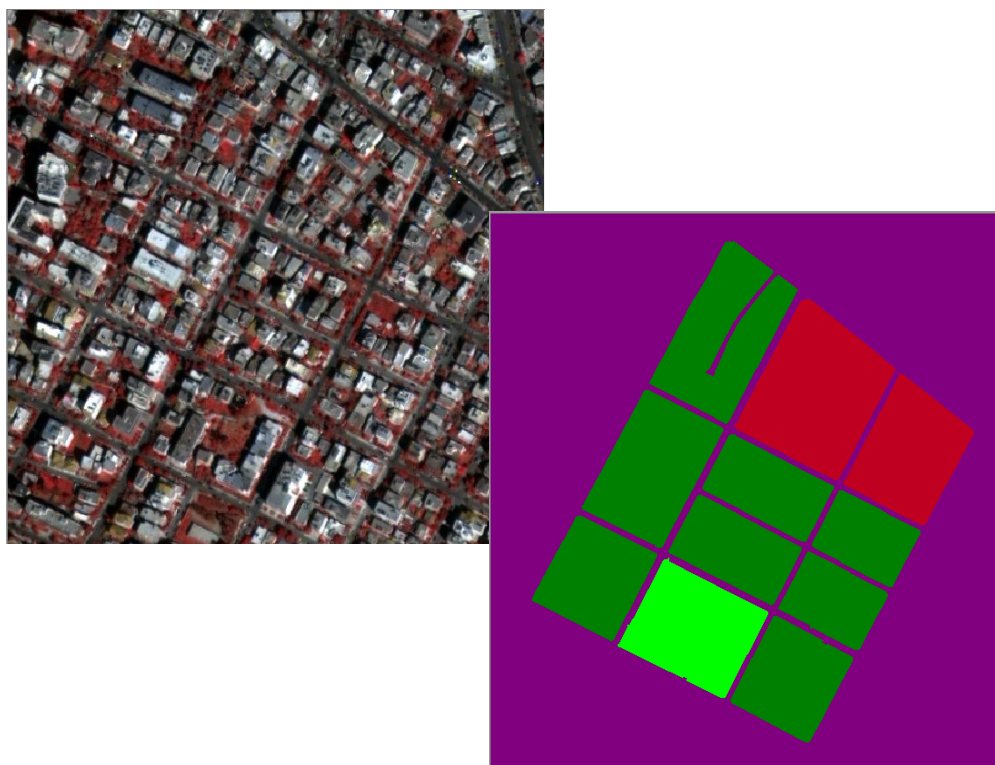
Εικόνα 4.4.16 : Περιγραφή κλάσης Υψηλή Ποιότητα και συνάρτηση συμμετοχής στο χαρακτηριστικό Δείκτης Ποιότητας Αστικού τοπίου (customized feature : Quality Index)

Με βάση όλα τα παραπάνω κριτήρια διενεργείται η μετα-ταξινόμηση και το αποτέλεσμα είναι ο θεματικός χάρτης με οπτικοποιημένη την πληροφορία Ποιότητας του Αστικού Τοπίου σε όλα τα οικοδομικά τετράγωνα της αντιπροσωπευτικής περιοχής μελέτης (εικόνες 4.4.17 και 4.4.18).



Εικόνα 4.4.17 : Ταξινόμηση Δεύτερου Επιπέδου

Όνομα Κλάσης	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί Όριο
Πολύ Χαμηλή Ποιότητα	Invert expression: Similarity to Class Not Indexed			
	Quality Index (60/80/100)	Π	0	25
Χαμηλή Ποιότητα	Invert expression: Similarity to Class Not Indexed			
	Quality Index (60/80/100)		25	50
		Π		
Μέτρια Ποιότητα	Invert expression: Similarity to Class Not Indexed			
	Quality Index (60/80/100)	Π	50	75
Υψηλή Ποιότητα	Invert expression: Similarity to Class Not Indexed			
	Quality Index (60/80/100)	Π	75	100
Δεν Αξιολογήθηκαν	Existence Of : No Vector Data Super Object	Inverted T	0	2



Εικόνα 4.4.18 : Επισκόπηση ταξινόμησης Δεύτερου Επιπέδου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στην τελική εικόνα (εικόνα 5.1) παρουσιάζονται τα έντεκα οικοδομικά τετράγωνα της αντιπροσωπευτικής περιοχής μελέτης ταξινομημένα με βάση τη βαθμολογία τους στο δείκτη ποιότητας.

Όσον αφορά τον αλγόριθμο ταξινόμησης, δεν παρατηρείται καμμία αστάθεια καθώς και τα έντεκα οικοδομικά τετράγωνα της εικόνας είναι ταξινομημένα. Η μορφή των κλάσεων δεν επιτρέπει επικαλύψεις μεταξύ τους (κάθε μια καταλαμβάνει συγκεκριμένες τιμές στην εκατοστιαία κλίμακα) γι' αυτό και η ευστάθεια της ταξινόμησης είναι πολύ υψηλή.

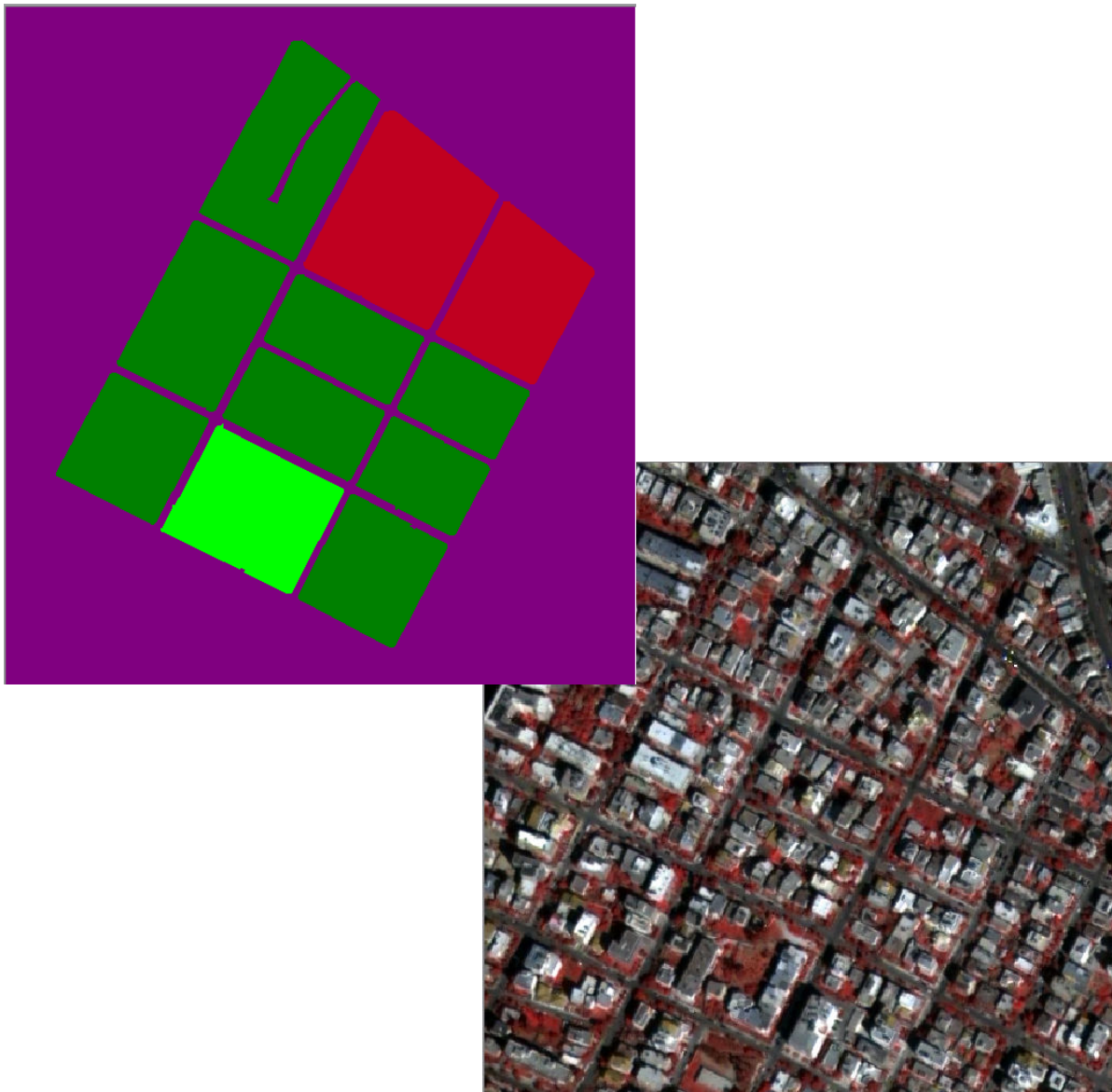
Το βασικό όμως πρόβλημα του Δείκτη Ποιότητας του Αστικού Τοπίου και κάθε παρόμοιου δείκτη είναι η μετάφραση των ποιοτικών εκφράσεων σε αριθμούς και αντίστοιχα οπτικά μεγέθη. Πραγματικός και ολοκληρωμένος έλεγχος για την εγκυρότητα και την ορθότητα της αντιστοίχισης των μεγεθών με τους αριθμούς στις συναρτήσεις συμμετοχής μπορεί να γίνει μόνο με εκτεταμένη έρευνα αξιολόγησης, όπως για παράδειγμα επιτροπές ειδικών ή μελέτες με ερωτηματολόγια.. Το ερώτημα αν είναι εφικτή η στάθμιση του δείκτη και ποιοί χωρικοί οι άλλοι παράγοντες τον μεταβάλλουν παραμένει.

Τα περισσότερα οικοδομικά τετράγωνα έχουν χαρακτηριστεί ως Μέτριας Ποιότητας. Το βορειοανατολικό άκρο της εικόνας, κοντά στον μεγάλο δρόμο (Λεωφ. Αμφιθέας) κρίνεται ιδιαίτερα χαμηλής ποιότητας, με δύο οικοδομικά τετράγωνα στην κατηγορία Πολύ Χαμηλή Ποιότητα. Πλησιάζοντας προς το νοτιοδυτικό άκρο η ποιότητα του Αστικού Τοπίου είναι υψηλότερη. Το οικοδομικό τετράγωνο που συγκεντρώνει τη μεγαλύτερη βαθμολογία εντάσσεται στην κατηγορία Μέτρια Ποιότητα και βρίσκεται στη νοτιότερη σειρά οικοδομικών τετραγώνων. Εμφανής είναι η απουσία της κατηγορίας Υψηλή Ποιότητα (High Quality), καθώς ούτε ένα οικοδομικό τετράγωνο δεν εντάχθηκε σε αυτή.

Φωτοερμηνευτικά το παραπάνω αποτέλεσμα κρίνεται ορθό. Είναι εμφανές ότι στα βορειοανατολικά τα οικοδομικά τετράγωνα παρουσιάζουν πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις πρασίνου από τα άλλα καθώς και ελάχιστους ακάλυπτους χώρους. Παρατηρώντας την εικόνα LiDAR φαίνεται επίσης ότι οι βορειοανατολικές περιοχές είναι αυτές με το χαμηλότερο υψόμετρο, άρα και με τη μικρότερη θέα σχετικά με τις υπόλοιπες περιοχές της εικόνας.

Το οικοδομικό τετράγωνο με τη μεγαλύτερη βαθμολογία βρίσκεται στο νότιο τμήμα της εικόνας και παρατηρούνται όλα τα χαρακτηριστικά που αναζητεί ο δείκτης ποιότητας: υψηλή παρουσία πρασίνου, μεγάλο ποσοστό ακάλυπτων χώρων και κατοχή της υψηλότερης σχετικής υψομετρικής θέσης.

Η απουσία της κατηγορίας Υψηλή Ποιότητα κρίνεται επίσης λογική. Εξετάζοντας τα αρχικά έγχρωμα σύνθετα και την ταξινόμηση του πρώτου επιπέδου παρατηρείται αμέσως η πυκνή δόμηση με ψηλά κτίρια, η γενικότερη απουσία μεγάλων συγκεντρώσεων πρασίνου όπως πάρκα ή πλατείες και η περιορισμένη παρουσία ακάλυπτων χώρων.



Εικόνα 5.1 : Ποιότητα Αστικού Τοπίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Στην εργασία αυτή δημιουργήθηκε ένας τρόπος για αξιολόγηση της ποιότητας του αστικού τοπίου με όσο το δυνατόν περισσότερες αυτοματοποιημένες διαδικασίες. Έγινε προσπάθεια να αναδειχτεί η σημασία μιας ενιαίας βάσης γνώσης η οποία θα απαλάσσει τον χρήστη από την διαδικασία λήψης αποφάσεων για κάθε στοιχείο της εικόνας ξεχωριστά.

Ο Δείκτης Ποιότητας του Αστικού Τοπίου έχει σίγουρα πολλά περιθώρια βελτίωσης και σαφέστερης οριοθέτησης. Ακόμα όμως και στο αρχικό του στάδιο, είναι φανερό ότι μπορεί να δώσει μια γρήγορη πληροφόρηση για την περιοχή. Αυτή η χρήση μπορεί να αποδειχτεί σημαντική σε τομείς που χρειάζονται οικονομία και προγραμματισμό χρόνου, όπως επίσης και σε μελέτες που χειρίζονται τεράστιο όγκο δεδομένων. Τέτοιες περιπτώσεις είναι για παράδειγμα οι μελέτες μαζικής εκτίμησης αξιών ακινήτων. Ακόμα όμως και σε πολεοδόμους ή άλλους σχεδιαστές, η πρώτη εκτίμηση για το επίπεδο ποιότητας μιας γειτονιάς δίνεται εύκολα και γρήγορα.

Δεδομένου ότι ο αλγόριθμος που δημιουργήθηκε εξάγεται σαν πρωτόκολλο και μπορεί να εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε σετ δεδομένων, η εφαρμογή αυτή μπορεί στο μέλλον να αποτελέσει βοήθημα για οποιονδήποτε χρήστη προγράμματος δορυφορικής επισκόπησης (π.χ. Google Earth), δημιουργώντας πρόσθετα θεματικά επίπεδα ποιότητας στη γειτονιά της επιλογής του. Η παραπάνω λειτουργία θα αναδείξει την Τηλεπισκόπηση σαν χρηστικό εργαλείο όχι μόνο για ερευνητικούς, αλλά και για καθημερινούς σκοπούς. Στην αναζήτηση π.χ. του καταλληλότερου για διαμονή σπιτιού από τον ενδιαφερόμενο χρήστη, η ποιότητα της γειτονιάς θα χαρτογραφείται άμεσα, χωρίς απαραίτητες τηλεπισκοπικές γνώσεις από την πλευρά του χρήστη.

Σε αυτή την ταχύτητα και χρηστικότητα και στο διευρυμένο ρόλο των τηλεπισκοπικών εργασιών που προσφέρει η αντικειμενοστραφής ανάλυση επιδιώκεται να προσφέρει η συγκεκριμένη εργασία.

Η ελπίδα είναι ότι στο μέλλον παρόμοιες τηλεπισκοπικές εφαρμογές θα είναι εκτός από απαραίτητες, ενσωματωμένες στη λειτουργία κάθε αναλυτικής διαδικασίας αξιολόγησης, με εύκολη πρόσβαση στο σχεδιαστή, εκτιμητή ή οποιασδήποτε σχετικής ειδικότητας μηχανικό, αλλά κυρίως: στον άνθρωπο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

7.1. Τηλεπισκοπικές Πηγές

Argialas, D., and Harlow C., 1990. : Computational Image Interpretation Models: An Overview and a Perspective. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 56, No 6, pp. 871-886.

Argialas D, Derzekos P., 2004 : Mapping Urban Green from IKONOS Data by an Object-Oriented Knowledge Base and Fuzzy Logic. D. P. Argialas, P. G. Derzekos, National Technical University of Athens, Department of Rural & Surveying Engineering, Laboratory of Remote Sensing

Baatz, M. and Schape A., 2000 : Multiresolution Segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000, Karlsruhe, Herbert Wichmann Verlag: 12–23.

Blaschke, T., C. Burnett, A. Pekkarinen, 2004. : New contextual approaches using image segmentation for object-based classification. In: De Meer, F. and de Jong, S. (eds.): Remote Sensing Image Analysis: Including the spatial domain. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 211-236.

Blaschke, T. , Lang,S, Shopfer E., 2004 : A “GREEN INDEX” INCORPORATING REMOTE SENSING AND CITIZEN’S PERCEPTION OF GREEN SPACE , Project of the Centre for Geoinformatics (Z_GIS), University of Salzburg

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

Hofmann, P., 2001. : Detecting buildings and roads from IKONOS data using additional elevation information. GeoBIT/GIS 6, pp 28-33.

Moller-Jensen L., 1990 : Knowledge Based Classification of an Urban Area Using Texture and Context Information in Landast-TM Imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol 56, No 6, pp 899-904.

Walter V. , 2004 : OBJECT-BASED CLASSIFICATION OF INTEGRATED MULTISPECTRAL AND LIDAR DATA FOR CHANGE DETECTION AND QUALITY CONTROL IN URBAN AREAS Institute for Photogrammetry (ifp), University of Stuttgart

Willrich K., F. (2003): Integration of geodata and imagery for automated refinement and update of spatial databases, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 58(3-4), 129-151.

Wyczalek Elzbieta, Wyczalek Ireneusz , 2004: THE UTILIZATION OF VERY HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY AS A SOURCE OF INFORMATION IN CARTOGRAPHIC ANALYSES OF QUALITY OF URBAN GREEN AREA Project of the agricultural University of Poznan, Department of Land Improvement, Environmental Development and Geodesy
Poznan University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering and Architecture

Zhu Guobin, Fuling Bian, Mu Zhang (2003): A FLEXIBLE METHOD FOR URBAN VEGETATION COVER MEASUREMENT BASED ON REMOTE SENSING IMAGES . Project of *the Research Center of Spatial Information and Digital Engineering, Wuhan University*,

7.2 Πηγές Αξιολόγησης Ποιότητας Τοπίου

Abello, R.P., Bernaldez, F.G. and Galiano, E.F. (1986) Consensus and contrast components in landscape preference. *Environment and Behaviour*, **18**, 155-176.

Amir, S. and Gidalizon, E. (1990) Expert based Method for the Evaluation of Visual Absorption Capacity of the landscape. *Journal of Environmental Management*, **30**, 251-163.

Anderson, L.M., Mulligan, B.E., Goodman, L.S. and Regen, H.Z. (1983) Effects of sounds on preferences for outdoor settings. *Environment and Behaviour*, **15**, 539-566.

Appleton, J. (1975) Landscape evaluation: the theoretical vacuum. *Transactions of the Institute of British Geographers*, no **66**, 120-123.

Arthur, L.M. (1977) Predicting scenic beauty of forest environments: some empirical tests. *Forest Science*, **23**, 151-160.

Arthur, L.M., Daniel, T.C. and Boster, R.S. (1977) Scenic assessment: an overview. *Landscape Planning*, **4**, 109-129.

Bergin, J. and Price, C. (1994) The travel cost method and landscape quality. *Landscape Research*, **19**, 21-23.

Bishop, I.D and Hulse, D.W. (1994) Prediction of scenic beauty using mapped data and geographic information systems. *Landscape and Urban Planning*, **30**, 59-70.

- Brabyn, L. (1996) Landscape Classification using GIS and National Digital Databases. *Landscape Research*, **27**, 277-300.
- Briggs, D.J. and France, J. (1980) Landscape Evaluation: A comparative study. *Journal of Environmental Management*, **10**, 263-275.
- Brush, R.O. and Shafer, E.L. (1975) Application of a Landscape -Preference Model to Land Management. In *Landscape Assessment: Values, Perceptions and Resources* (eds. Zube, E.H., Brush, R.O. and Fabos, J.G.), p168-181, Halstead Press.
- Buhyoff, G.J. and Riesenmann, M.F. (1979) Experimental manipulation of dimensionality in Landscape preference judgements: a quantitative validation. *Leisure Sciences*, **2**, 221-238.
- Buhyoff, G.J. and Wellman, J.D. (1980) The specification of a non-linear psychophysical function for visual Landscape dimensions. *Journal of Leisure Research*, **12**, 257-262.
- Buhyoff, G.J., Miller, P.A., Roach, J.W., Zhou, D. and Fuller, L.G. (1994) An AI Methodology for Landscape Visual Assessments. *AI Applications*, **8**, 1 - 13.
- Buhyoff, G.J., Miller, P.A., Hull, R.B. and Schlagel, D.H. (1995) Another look at expert visual assessment: validity and reliability. *AI Applications*, **9**, 112-120.
- Bureau of Land Management (BLM) (1980) Visual resources management program. U.S. Dept. of Interior, Washington, D.C.
- Carls, E.G. (1974) The effects of people and man-induced conditions on preferences for outdoor recreational landscapes. *Journal of Leisure Research*, **6**, 113-124.
- Cooper, A and Murray, R. (1992) A structured method of Landscape assessment and countryside management. *Applied Geography*, **12**, 319-338.
- Crofts, R.S. (1975) The Landscape component approach to Landscape evaluation. *Transactions of the Institute of British Geographers*, no **66**, 124-129.
- Crofts, R.S. and Cooke, R.U. (1974) *Landscape Evaluation: A comparison of techniques*. Occasional Papers, no 25, Department of Geography, University College London.
- Daniel, T.C. and Vining, J. (1983) Methodological Issues in the Assessment of Landscape Quality. In *Behaviour and the Natural Environment* (eds. Altman, I. and Wohlwill, J.), Chapter 2, 39-83, Plenum Press.
- Dearden, P. (1980) A Statistical Technique for the Evaluation of the Visual Quality of the Landscape for Land-use Planning Purposes. *Journal of Environmental Management*, **10**, 51 - 68.

- Dearden, P. (1985) Philosophy, theory, and method in Landscape evaluation. *Canadian Geographer*, **29**, 263-265.
- Dunn, M.C. (1976) Landscape with photographs: testing the preference approach to Landscape evaluation. *Journal of Environmental Management*, **4**, 15-26.
- Eleftheriadis, N. and Tsalikidis, I. (1990) Coastal pine forest landscapes: modelling scenic beauty for forest management. *Journal of Environmental Management*, **30**, 47-62.
- European Urban Landscape Partnership (2008): Thematic Strategy for the Urban Environment, Green Paper for the Urban Environment: <http://www.urban-landscape.net>
- Hamill, L. (1985) On the persistence of error in scholarly communication: the case of Landscape aesthetics. *Canadian Geographer*, **29**, 270-273.
- Hull, R.B. and Revell, G.R.B. (1989) Issues in sampling landscapes for visual quality assessments. *Landscape and Urban Planning*, **17**, 323-330.
- Hull, R.B. and Stewart, W.P. (1992) Validity of photo-based scenic beauty judgements. *Journal of Environmental Psychology*, **12**, 101-114.
- Jacques, D.L. (1980) Landscape Appraisal: The Case for a Subjective Theory. *Journal of Environmental Management*, **10**, 107-113.
- Kaplan, R. (1985) The analysis of perception via preference: a strategy for studying how the environment is experienced. *Landscape Planning*, **12**, 161-176.
- Land Use Consultants (1971) *A Planning Classification of Scottish Landscape Resources*. Countryside Commission for Scotland, Occasional paper no1, Vol 2.
- Linton, D.L. (1968) The assessment of scenery as a Natural Resource. *Scottish Geographical Magazine*, **84**, 219 - 238. McAulay, 1988
- Orland, B., Weidemann, E., Larsen, L. and Radja, P. (1995) *Exploring the relationship between visual complexity and perceived beauty*. Imaging Systems Laboratory, Department of Landscape Architecture, University of Illinois at Urbana-Champaign. Internet page: <http://imlab9.landarch.uiuc.edu/projects/compleximages/complexity.html>.
- Palmer, J.F. (1983) Visual Quality and Visual Impact Assessment. In *Social Impact Assessment Methods* (eds. Finsterbusch, K., Llewellyn, L.G. and Wolf, C.P.), Chap 13, p268-283, Sage Publications.
- Penning-Rowsell, E.C. (1982) A public preference evaluation of Landscape quality. *Regional Studies*, **16**, 97-112.
- Price, C. (1994) Appendix: Literature Review. *Landscape Research*, **19**, 38-42.

Robinson, D.G. *et al.* (eds) (1976) Landscape evaluation - the Landscape evaluation research project 1970-1975. University of Manchester.

Schroeder, H. and Daniel, T.C. (1981) Progress in Predicting the Perceived Scenic Beauty of Forest Landscapes. *Forest Science*, **27**, 71 - 80.

Shafer, E.L. and Tooby, M. (1973) Landscape preferences: an international replication. *Journal of Leisure Research*, **5**, 60-65.

Shafer, E.L., Hamilton, J.F. and Schmidt, E.A. (1969) Natural Landscape preferences: a predictive model. *Journal of Leisure Research*, **1**, 1-19.

Shuttleworth, S. (1980a) The Use of Photographs as an Environmental Presentation Medium in Landscape Studies. *Journal of Environmental Management*, **11**, 61-76.

Shuttleworth, S. (1980b) The Evaluation of Landscape Quality. *Landscape Research*, **5**, 14 - 20.

Tandy, C. (1971) Landscape evaluation technique. Working Paper, Croydon, Land Use Consultants.

Tips, W.E.J. (1984) A Review of Landscape Evaluation in Belgium and Some Implications for Future Research. *Journal of Environmental Management*, **18**, 57 - 71.

Unwin, K.I. (1975) The relationship of observer and Landscape in Landscape evaluation. In *Transactions of the Institute of British Geographers*, no.66, 130-133.

Wade, G. (1982) The relationship between Landscape preference and looking time: a methodological investigation. *Journal of Leisure Research*, **14**, 217-222.

Willis, K.G. and Garrod, G.D. (1993) Valuing Landscape: a Contingent Valuation Approach. *Journal of Environmental Management*, **37**, 1-22