



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΣΧΟΛΗ
ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ
ΔΠΜΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**

Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Εικόνας σε Τηλεπισκοπικά Δεδομένα για την Εκτίμηση του Δυναμικού Παραγωγής Ενέργειας από Φωτοβολταϊκά σε μία πόλη

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
Ιωάννης Βλαχούλης
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών

Επιβλέπων: **Δ. Αργιαλάς, Καθηγητής Ε.Μ.Π.**
Αθήνα, Ιούλιος 2017



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΣΧΟΛΗ
ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ
ΔΠΜΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**

Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Εικόνας σε Τηλεπισκοπικά Δεδομένα για την Εκτίμηση του Δυναμικού Παραγωγής Ενέργειας από Φωτοβολταϊκά σε μία πόλη

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
Ιωάννης Βλαχούλης
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών

Επιβλέπων: **Δ. Αργιαλάς, Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

Εγκρίθηκε από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή την 20^η Ιουλίου 2018:

Δ.Αργιαλάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.
(Επιβλέπων)

Β.Καραθανάση
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.
(Μέλος)

Π.Κολοκούσης
Ε.Δι.Π.
(Μέλος)

.....
.....
.....

Αθήνα, Ιούλιος 2017

Ιωάννης Δ. Βλαχούλης
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών

Copyright © Ιωάννης Δ. Βλαχούλης, 2018
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 σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

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

Ευχαριστίες

Πρώτα από όλους, θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Δ.Αργιαλά, ο οποίος μου έδειξε μεγάλη εμπιστοσύνη, με στήριξε αδιάλειπτα και ήταν διαθέσιμος σε όλες τις στιγμές που χρειάστηκε, όχι μόνο για να με καθοδηγήσει αλλά και για να αφιερώσει χρόνο ώστε, να προχωρήσουν όλες οι διαδικασίες που απαιτούνταν. Επιπλέον, εκτιμώ βαθύτατα την πραγματική του διάθεση να βοηθήσει τους φοιτητές του, γενικότερα στην ζωή και τον σεβασμό που δείχνει στις επιλογές κάθε φοιτητή, δίνοντάς μας την δυνατότητα να αναπτύξουμε τις κλίσεις μας!

Ταυτόχρονα, θέλω να ευχαριστήσω τον Π.Κολοκούση, που με το φιλικό του χαρακτήρα διαμόρφωσε ένα ωραίο πλαίσιο συνεργασίας και που όποτε τον χρειάστηκα με βοήθησε, προσφέροντάς μου, πάντα, πολύ έξυπνες ιδέες και σωστές παρατηρήσεις. Ακολουθώντας, αργά ή γρήγορα, τις συμβουλές του καταλάβαινα ότι αντιλαμβάνεται κάθε φορά και πολύ καλά το πρόβλημα!

Πιο πολύ από όλους, θέλω να ευχαριστήσω την Ελεάννα που αντιμετωπίσαμε μαζί κάθε δυσκολία και κάθε άγχος αυτής της περιόδου. Δεν μπορεί να υπάρξει καλύτερος συνοδοιπόρος. Δεν μπορεί να υπάρξει καλύτερη παρέα στις χαρές. Κι ελπίζω με αυτή την εργασία να την κάνω υπερήφανη!

Με βοήθησαν πολύ ο αδερφός μου και κάθε φίλος που με ρώτησε για την διπλωματική και μοιράστηκα μαζί του, τους προβληματισμούς μου. Ευχαριστώ για την υποστήριξη τους “χαλανδραίους” και τους “ηλεκτρολόγους” και ιδιαίτερα την Χλόη, τον Κωστή και τον Νίκο με τους οποίους συζητήσαμε και τεχνικά θέματα.

Αναγνωρίζω ότι χωρίς την στήριξη των γονιών μου και όλων των παιδιών από το φυτώριο “ΦΥΣΗ”, καθώς και χωρίς τις συστατικές επιστολές των καθηγητών από το τμήμα ΗΜΜΥ, δεν θα είχα την δυνατότητα να συνεχίσω τις σπουδές μου.

Τέλος, ευχαριστώ τον Κώστα Σ., ο οποίος στέκεται ως μέντορας για πάνω από 10 χρόνια και κάθε του λέξη, μου έχει φανεί εξαιρετικά χρήσιμη σε όλη μου τη ζωή!

Περίληψη

Η υπερθέρμανση του πλανήτη και οι συνέπειές της επιβάλουν την αλλαγή του τρόπου παραγωγής ενέργειας και την μεγαλύτερη χρησιμοποίηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Σε αυτό το πλαίσιο, η εργασία αφορά στην χρήση τηλεπισκόπησης για την εκτίμηση του συνολικού δυναμικού παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στις οροφές μίας πόλης και για τον προσδιορισμό της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να προκύψει από κάθε τμήμα οροφής ξεχωριστά. Δηλαδή, πρόκειται για μία μελέτη που έμμεσα διευκολύνει την αποτελεσματικότερη και μαζικότερη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων σε επίπεδο πόλης.

Για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός, αξιοποιούνται δεδομένα LIDAR, πολυφασματικά και δορυφορικά. Οι κύριες μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι η Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Εικόνας, η Αναγνώριση Προτύπου και η ταξινόμηση που στηρίζεται σε κανόνες. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση είναι λογισμικό αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας (eCognition), Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GRASS GIS – r.sun) και προγραμματισμός (Python). Πέρα από την προεργασία επιτελούνται 4 βασικές διαδικασίες που είναι η αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν από την 2,5D περιγραφή του χώρου, ο εντοπισμός των οροφών των κτηρίων, ο προσδιορισμός των τμημάτων των οροφών κτηρίων και η ταξινόμησή τους σε επίπεδα-επικλινή, η εκτίμηση της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας και της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά σε κάθε τμήμα οροφής.

Η εργασία επιχειρεί να βελτιώσει τα αποτελέσματα της εκτίμησης του δυναμικού ενέργειας από φωτοβολταϊκά, όταν τα διαθέσιμα δεδομένα είναι 2,5D. Πετυχαίνοντας, στους στόχους που θέτει ακρίβεια κοντά στο 96% (overall accuracy). Προσπαθεί να εξάγει μία περιγραφή των κτηρίων από τα διαθέσιμα δεδομένα και εντοπίζει τα κτήρια σε ποσοστό περίπου 95% (overall accuracy). Εισάγει μία νέα μέθοδο αξιολόγησης για την διαδικασία εύρεσης τμημάτων οροφών, όταν έχουν έχουν προσδιοριστεί τα όρια των κτηρίων. Κατανέμει τα τμήματα οροφών σε επίπεδα και επικλινή με ακρίβεια κοντά στο 88%. Προσομοιώνει την ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιώντας το r.sun σε συνδυασμό με δορυφορικά μετεωρολογικά δεδομένα (Meteosat) και παραθέτει ένα καινούργιο πρόγραμμα, το οποίο κατασκευάστηκε σε Python και τρέχει στο περιβάλλον του GRASS GIS, για την εκτίμηση του αριθμού των φωτοβολταϊκών πάνελ που μπορούν να μπου σε μία στέγη.

Λέξεις κλειδιά: Τηλεπισκόπηση, Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, φωτοβολταϊκά, LIDAR, CCD πολυφασματικά, δορυφορικά δεδομένα, Meteosat, Python, eCognition, GRASS GIS, r.sun, ανάλυση εικόνας, αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας, OBIA, αναγνώριση προτύπου, ταξινόμηση με κανόνες (Rule based classification), βάση γνώσεων, Multiresolution Segmentation (MSEG), οροφές, στέγες, κτήρια, τμήματα οροφών, εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε οροφές, 2.5D, καλώδια, γερανοί, δέντρα, εύρεση ακμών, επίπεδη οροφή, επικλινής οροφή, αξιολόγηση σχήματος, ηλιακή ενέργεια, ηλιακή ακτινοβολία, ηλεκτρική ενέργεια, δυναμικό, open source, κλιματική αλλαγή, υπερθέρμανση πλανήτη, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).

Abstract

Due to Global Warming and its impacts, societies have to change the way of power production. One alternative is to use more Renewable Energy Resources. In that direction, this paper is about Remote Sensing and the Estimation of PV (photovoltaics) Potential in Municipality Scale. The first aim was to determine the electric energy production in the whole city and the goal was to compute PV output for each roof part. Hence, this project assists to the better installation and to the increase of PV usage in a city.

The dataset consists from LIDAR, CCD (multispectral – RGB/NIR) and satellite data. The main methods that have been used are Object Based Image Analysis (OBIA), Pattern Recognition and Rule-Based Classification. This and other techniques were implemented through eCognition, GRASS GIS (r.sun) and Python programming. After pre-processing, the analysis continues with 4 main procedures: elimination of problems that correspond to 2.5D presentation of elevation, extraction of buildings, delineation of roof parts and distinction of roof parts in flat and inclined, estimation of sun energy and PV power output for each roof part.

One contribution of this study is the manipulation of 2.5D problems for more accurate results of sun radiation models. The overall accuracy for the goals that have been set in this section is almost 96%. Furthermore, very good overall accuracy (95%) is achieved in buildings extraction and also, in the separation of roof parts in to flat and inclined(88%). Moreover, a new approach for the accuracy assessment of roof parts is presented. The paper has a step by step description of r.sun application in corporation with satellite meteorological data (Meteosat). At last, a new program in Python, which runs and uses GRASS GIS modules, is created for the estimation of PV panels number in a roof.

Keywords: Remote sensing, Geographical Information Systems (GIS), photovoltaics (PV), LIDAR, CCD, multispectral, satellite data, Meteosat, Python, eCognition, GRASS GIS, r.sun, image processing, object oriented image analysis (OBIA), pattern recognition, rule based classification, knowledge base, Multiresolution Segmentation (MSEG), roofs, buildings, roof parts, pv installation, 2.5D, powerlines, cranes, trees, edges detection, inclined roofs, sloped roofs, flat roofs, shape accuracy assessment, solar energy, solar radiation, pv potential, electric energy, open source, global warming, climate change, renewable energy resources

Πίνακας Περιεχομένων

| | | |
|-----------|---|----|
| 1 | ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Προσδιορισμός Προβλήματος και Οργάνωση Εργασίας..... | 1 |
| 1.1 | Λίγα λόγια για την Ανάπτυξη..... | 1 |
| 1.2 | Κλιματική Αλλαγή..... | 1 |
| 1.3 | Το θέμα της Εργασίας..... | 4 |
| 1.4 | Οργάνωση Κειμένου..... | 4 |
| 2 | ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας και Θεωρία..... | 5 |
| 2.1 | Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας..... | 5 |
| 2.2 | Θεωρητικό Υπόβαθρο..... | 6 |
| 2.2.1 | Τηλεπισκόπηση..... | 6 |
| 2.2.2 | Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Εικόνας..... | 7 |
| 2.2.3 | Φωτοβολταϊκά..... | 9 |
| 2.2.4 | Ηλιακή Ακτινοβολία στην Επιφάνεια της Γης..... | 11 |
| 2.2.5 | Η Θέση Ήλιου, Γης, ΦΒ πλαισίου..... | 12 |
| 2.2.6 | Το μοντέλο r.sun..... | 14 |
| 3 | ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Τεχνολογίες και Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν..... | 16 |
| 3.1 | Τεχνολογία LIDAR..... | 16 |
| 3.2 | Τεχνολογία CCD..... | 20 |
| 3.3 | Meteosat και Δεδομένα για την Ηλιακή Ακτινοβολία..... | 21 |
| 3.4 | Λογισμικό eCognition..... | 23 |
| 3.5 | Λογισμικό GRASS GIS..... | 26 |
| 4 | ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Μεθοδολογία και Υλοποίηση..... | 27 |
| 4.1 | Εισαγωγή Κεφαλαίου..... | 27 |
| 4.2 | Περιοχή Μελέτης..... | 28 |
| 4.3 | Περιγραφή Δεδομένων:..... | 30 |
| 4.4 | Φωτοερμηνεία:..... | 31 |
| 4.5 | Προ-επεξεργασία Δεδομένων:..... | 33 |
| 4.5.1 | Επιλογή Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς και Αποκοπή τμήματος των εικόνων | 33 |
| 4.5.2 | Διαχείριση των No Data pixels..... | 35 |
| 4.6 | Μεθοδολογία:..... | 39 |
| 4.6.1 | Αντιμετώπιση προβλημάτων που προκύπτουν από την 2,5D περιγραφή του χώρου | 40 |
| 4.6.1.1 | Εισαγωγή..... | 40 |
| 4.6.1.2 | Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν (layers) και η Χωρική Ανάλυση που επιλέχτηκε..... | 43 |
| 4.6.1.3 | Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση των Δεδομένων..... | 46 |
| 4.6.1.3.1 | Κατάτμηση Επιπέδου L1:..... | 49 |
| 4.6.1.3.2 | Ταξινόμηση Επιπέδου L1..... | 50 |
| 4.6.1.3.3 | Κατάτμηση Επιπέδου L2:..... | 54 |
| 4.6.1.3.4 | Ταξινόμηση Επιπέδου L2..... | 55 |
| 4.6.1.3.5 | Κατάτμηση Επιπέδου L4..... | 65 |
| 4.6.1.3.6 | Ταξινόμηση Επιπέδου L4..... | 66 |
| 4.6.1.3.7 | Κατάτμηση Επιπέδου L3..... | 75 |
| 4.6.1.3.8 | Ταξινόμηση Επιπέδου L3..... | 76 |
| 4.6.1.3.9 | Αντιγραφή Επιπέδου και Κατάτμηση Επιπέδου L0..... | 82 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| 4.6.1.3.10 | Ταξινόμηση Επιπέδου L0..... | 82 |
| 4.6.1.3.11 | Πράξεις μετά την δημιουργία του L0..... | 88 |
| 4.6.1.3.11.1 | Συγχώνευση (Merge Region) More Possibly to Change dfeh L0 και Less Possibly to Change dfeh L0..... | 88 |
| 4.6.1.3.11.2 | Επέκταση (Grow Region) των To change dfeh L0 στα More Possibly to Change dfeh L0 και Less Possibly to Change dfeh L0..... | 88 |
| 4.6.1.3.11.3 | Επιπλέον Κατατμήσεις-Ταξινομήσεις στο Επίπεδο L0..... | 88 |
| 4.6.1.3.12 | Αντιγραφή Επιπέδου και Ταξινόμηση Level For Accuracy..... | 90 |
| 4.6.1.3.13 | Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Ταξινόμησης..... | 91 |
| 4.6.1.4 | Αποτελέσματα-Παραγόμενα Raster Αρχεία..... | 95 |
| 4.6.2 | Εντοπισμός Οροφών Κτηρίων..... | 97 |
| 4.6.2.1 | Εισαγωγή..... | 97 |
| 4.6.2.2 | Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν (layers) και η Χωρική Ανάλυση που επιλέχτηκε..... | 99 |
| 4.6.2.3 | Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Δεδομένων..... | 104 |
| 4.6.2.3.1 | Κατάτμηση Επιπέδου L0..... | 105 |
| 4.6.2.3.2 | Ταξινόμηση Επιπέδου L0..... | 106 |
| 4.6.2.3.3 | Πράξεις στο Επίπεδο L0..... | 113 |
| 4.6.2.3.3.1 | Συγχώνευση (Merge Region) πρώτα της Gardens and Low Vegetation L0 κι ύστερα της Shadows Low Objects L0..... | 113 |
| 4.6.2.3.3.2 | Εύρεση μικρών και χαμηλών αντικειμένων που περικλείονται από την Roads-Bare Soil and Parking Lots L0 και μετατροπή τους σε αυτή (Find Enclosed By Class)..... | 114 |
| 4.6.2.3.3.3 | Επέκταση (Grow Region) της Gardens and Low Vegetation L0 στην Shadows Low Objects L0..... | 114 |
| 4.6.2.3.3.4 | Επέκταση (Grow Region) της Roads-Bare Soil and Parking Lots L0 στην Shadows Low Objects L0..... | 114 |
| 4.6.2.3.3.5 | Συγχώνευση (Merge Region) σειριακά των Gardens and Low Vegetation L0, Roads-Bare Soil and Parking Lots L0, Outer Edges and Tall Objects L0, Inner Edges L0..... | 114 |
| 4.6.2.3.4 | 2 ^η Κατάτμηση Επιπέδου L0..... | 114 |
| 4.6.2.3.5 | Κατάτμηση Επιπέδου U..... | 115 |
| 4.6.2.3.6 | Ταξινόμηση Επιπέδου U..... | 117 |
| 4.6.2.3.7 | Πράξεις στο Επίπεδο U..... | 126 |
| 4.6.2.3.7.1 | Απόδοση (Assign Class) Possibly Buildings U στην Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U..... | 126 |
| 4.6.2.3.7.2 | Συγχώνευση (Merge Region) της Possibly Buildings U..... | 126 |
| 4.6.2.3.7.3 | Απόδοση (Assign Class) Shadows U στην Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U..... | 126 |
| 4.6.2.3.7.4 | Συγχώνευση (Merge Region) της Shadows U..... | 126 |
| 4.6.2.3.7.5 | Απόδοση (Assign Class) Shadows U στην Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U..... | 127 |
| 4.6.2.3.7.6 | Συγχώνευση (Merge Region) σειριακά των Possibly Trains U και Possibly Bridges U..... | 127 |
| 4.6.2.3.7.7 | Επέκταση (Grow Region) της Possibly Trains U στην Possibly Buildings U..... | 127 |

| | | |
|----------------|---|-----|
| 4.6.2.3.7.8 | Επέκταση (Grow Region) της Possibly Bridges U στην Possibly Buildings U..... | 127 |
| 4.6.2.3.7.9 | Δημιουργία κλάσεων To Allow Core of Buildings Under This Objects U, To Supress Core of Buildings Under This Objects U..... | 127 |
| 4.6.2.3.7.10 | Συγχώνευση (Merge Region) σειριακά των To Allow Core of Buildings Under This Objects U και To Supress Core of Buildings Under This Objects U..... | 127 |
| 4.6.2.3.7.11 | Πράξεις μετά την δημιουργία των To Allow Core of Buildings Under This Objects U και To Supress Core of Buildings Under This Objects U..... | 127 |
| 4.6.2.3.7.11.1 | Απόδοση (Assign Class) Possibly Bridges U και Possibly Trains U στην To Supress Core of Buildings Under This Objects U..... | 128 |
| 4.6.2.3.8 | Κατάτμηση Επιπέδου L1..... | 129 |
| 4.6.2.3.9 | Ταξινόμηση Επιπέδου L1..... | 131 |
| 4.6.2.3.10 | 2 ^η Κατάτμηση Επιπέδου L1..... | 140 |
| 4.6.2.3.11 | 2 ^η Ταξινόμηση Επιπέδου L1..... | 141 |
| 4.6.2.3.12 | Πράξεις στο Επίπεδο L1..... | 146 |
| 4.6.2.3.12.1 | Επέκταση (Grow Region) της Trains L1 στα Core of Buildings L1, More Possibly Buildings L1, Less Possibly Buildings L1, Shadows Like Core of Buildings L1, Shadows More Possibly Buildings L1, Shadows Less Possibly Buildings L1..... | 146 |
| 4.6.2.3.13 | Διαγραφή Επιπέδου U και Κατάτμηση Επιπέδου L2..... | 147 |
| 4.6.2.3.14 | Ταξινόμηση Επιπέδου L2..... | 148 |
| 4.6.2.3.15 | 2 ^η Κατάτμηση Επιπέδου L2..... | 156 |
| 4.6.2.3.16 | 2 ^η Ταξινόμηση Επιπέδου L2..... | 157 |
| 4.6.2.3.17 | Πράξεις στο Επίπεδο L2..... | 159 |
| 4.6.2.3.17.1 | Απόδοση (assign class) των More Possibly Buildings L2 στα Buildings L2..... | 159 |
| 4.6.2.3.17.2 | Απόδοση (assign class) των Shadows More Possibly Buildings L2 στα Shadows Like Core of Buildings L2..... | 159 |
| 4.6.2.3.17.3 | Απόδοση (assign class) των Shadows More Possibly Buildings L2 στα Buildings L2..... | 159 |
| 4.6.2.3.17.4 | 3 ^η Κατάτμηση Επιπέδου L2..... | 159 |
| 4.6.2.3.17.5 | Πράξεις μετά την 3 ^η Κατάτμηση στο Επίπεδο L2..... | 160 |
| 4.6.2.3.17.5.1 | Απόδοση (assign class) των Less Possibly Buildings L2 στα Shadows Less Possibly Buildings L2 και Αντίστροφα..... | 160 |
| 4.6.2.3.17.5.2 | Απόδοση (assign class) των Less Possibly Buildings L2 στα Mostly Deciduous L2..... | 160 |
| 4.6.2.3.17.5.3 | Απόδοση (assign class) των Less Possibly Buildings L2 και Shadows Less Possibly Buildings L2 στα Inner Edges L2..... | 160 |
| 4.6.2.3.17.5.4 | Συγχώνευση (Merge Region) πρώτα των Buildings L2 και μετά των Shadows Like Core of Buildings L2..... | 161 |
| 4.6.2.3.17.5.5 | Επέκταση (Grow Region) των Buildings L2 στα Less Possibly Buildings L2, 3 φορές..... | 161 |
| 4.6.2.3.17.5.6 | Επέκταση (Grow Region) των Shadows Like Core of Buildings L2 στα Shadows Less Possibly Buildings L2..... | 161 |
| 4.6.2.3.17.5.7 | Απόδοση (assign class) των Shadows Like Core of Buildings L2 στα Buildings L2..... | 163 |

| | | |
|----------------|--|-----|
| 4.6.2.3.17.6 | 4 ^η Κατάτμηση Επιπέδου L2..... | 163 |
| 4.6.2.3.17.7 | Πράξεις μετά την 4 ^η Κατάτμηση στο Επίπεδο L2..... | 164 |
| 4.6.2.3.17.7.1 | Επέκταση (Grow Region) των Buildings L2 στα Inner Edges L2 και Shadows Not Like Buildings L2..... | 164 |
| 4.6.2.3.17.7.2 | Επέκταση (Grow Region) των Evergreen L2 στα Shadows More Possibly Buildings L2, Shadows Less Possibly Buildings L2, Shadows Not Like Buildings L2..... | 164 |
| 4.6.2.3.17.7.3 | Εύρεση αντικειμένων που περικλείονται από την Buildings L2 και μετατροπή τους σε αυτή (Find Enclosed By Class)..... | 164 |
| 4.6.2.3.17.7.4 | Συγχώνευση (Merge Region) των Evergreen L2..... | 165 |
| 4.6.2.3.17.7.5 | Εύρεση των Evergreen L2 που περικλείονται από την Buildings L2 και μετατροπή τους σε αυτή (Find Enclosed By Class)..... | 165 |
| 4.6.2.3.17.7.6 | 3 Επιπλέον Κατατμήσεις και Πράξεις μαζί με αυτές στο Επίπεδο L2..... | 165 |
| 4.6.2.3.18 | Αντιγραφή Επιπέδου (Copy Image Object Level) L2 στο L3..... | 168 |
| 4.6.2.3.19 | Συγχώνευση (Merge Region) των Buildings στο L3..... | 168 |
| 4.6.2.3.20 | Ταξινόμηση Επιπέδου L3..... | 168 |
| 4.6.2.3.21 | Πράξεις στο Επίπεδο L3..... | 174 |
| 4.6.2.3.21.1 | Απόδοση (Assign Class) όλων των κλάσεων, εκτός της Buildings L3, στην Other L3..... | 174 |
| 4.6.2.3.22 | Αντιγραφή Επιπέδου L3 και Ταξινόμηση Επιπέδου Level For Accuracy | 174 |
| 4.6.2.3.23 | Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Ταξινόμησης..... | 175 |
| 4.6.2.4 | Αποτελέσματα-Παραγόμενα Raster Αρχεία..... | 180 |
| 4.6.3 | Αναγνώριση Τύπου Οροφών και Τμημάτων των Οροφών..... | 181 |
| 4.6.3.1 | Εισαγωγή..... | 181 |
| 4.6.3.2 | Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν (layers) και η Χωρική Ανάλυση που επιλέχτηκε..... | 182 |
| 4.6.3.3 | Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Δεδομένων..... | 186 |
| 4.6.3.3.1 | Κατάτμηση Επιπέδου L0..... | 187 |
| 4.6.3.3.2 | Ταξινόμηση Επιπέδου L0..... | 188 |
| 4.6.3.3.3 | Πράξεις στο Επίπεδο L0..... | 191 |
| 4.6.3.3.3.1 | Συγχώνευση (Merge Region) των Not Buildings L0..... | 191 |
| 4.6.3.3.4 | Αντιγραφή Επιπέδου L0 και Ταξινόμηση Επιπέδου L-1..... | 191 |
| 4.6.3.3.5 | Πράξεις στο Επίπεδο L-1..... | 194 |
| 4.6.3.3.5.1 | 5 Αποδόσεις (assign class) Pixels στην Possibly Edges by LIDAR L-1. | 194 |
| 4.6.3.3.5.2 | Hierarchical Classification των Possibly Edges by LIDAR L-1..... | 195 |
| 4.6.3.3.5.3 | Hierarchical Classification των Not Edges by LIDAR L-1..... | 196 |
| 4.6.3.3.5.4 | 5 Αποδόσεις (assign class) των Edges by LIDAR L-1 σε προσανατολισμούς..... | 196 |
| 4.6.3.3.5.5 | 5 Αποδόσεις (assign class) των Edges by CCD L-1 σε Προσανατολισμούς..... | 197 |
| 4.6.3.3.6 | 2 ^η Ταξινόμηση Επιπέδου L0..... | 198 |
| 4.6.3.3.7 | Κατάτμηση Επιπέδου L1..... | 201 |
| 4.6.3.3.8 | Ταξινόμηση Επιπέδου L1..... | 201 |
| 4.6.3.3.9 | Κατάτμηση Επιπέδου L2..... | 207 |
| 4.6.3.3.10 | Ταξινόμηση Επιπέδου L2..... | 208 |
| 4.6.3.3.11 | Πράξεις στο Επίπεδο L2..... | 210 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| 4.6.3.3.11.1 | Συγχώνευση (Merge Region) των Flat L2..... | 210 |
| 4.6.3.3.11.2 | 3 Αποδόσεις (assign class) των Flat L2 στην Buffer 1 L2..... | 211 |
| 4.6.3.3.11.3 | Απόδοση (assign class) των Buffer 1 L2 στην Other Sloping L2..... | 211 |
| 4.6.3.3.11.4 | Hierarchical classification στα Sloping L2..... | 211 |
| 4.6.3.3.11.5 | Απόδοση (assign class) των Buffer 1 L2 στα Flat L2..... | 213 |
| 4.6.3.3.11.6 | hierarchical classification στα Buffer 2 L2, ώστε να ενταχθούν στα Sloping L2..... | 213 |
| 4.6.3.3.12 | Κατάτμηση Επιπέδου L3..... | 214 |
| 4.6.3.3.13 | Ταξινόμηση Επιπέδου L3..... | 215 |
| 4.6.3.3.14 | Κατάτμηση Επιπέδου L4..... | 217 |
| 4.6.3.3.15 | Ταξινόμηση Επιπέδου L4..... | 218 |
| 4.6.3.3.16 | Πράξεις για Αναδιαμόρφωση Επιπέδου L1..... | 220 |
| 4.6.3.3.16.1 | Απόδοση (assign class) των Sloping 1 L1 στα Flat L1..... | 220 |
| 4.6.3.3.16.2 | Απόδοση (assign class) των Flat L1 στα Buffer L1..... | 220 |
| 4.6.3.3.16.3 | Απόδοση (assign class) των Sloping 1 L1 στα Buffer L1..... | 221 |
| 4.6.3.3.16.4 | Hierarchical classification των Buffer L1 στα Sloping 2 L1..... | 221 |
| 4.6.3.3.16.5 | Hierarchical classification των Other Sloping 2 L1 στα Sloping 1 L1..... | 222 |
| 4.6.3.3.16.6 | 5 Αποδόσεις (assign class) των “Προσανατολισμός” 1 L1 στα αντίστοιχα “Προσανατολισμός” 2 L1..... | 223 |
| 4.6.3.3.16.7 | Απόδοση (assign class) των unclassified στα Edges L1..... | 223 |
| 4.6.3.3.16.8 | Διαγραφή L4, L3, L2 και Επέκταση (grow region) των Flat L1 και Sloping 2 L1 στα Edges L1..... | 223 |
| 4.6.3.3.17 | Αντιγραφή Επιπέδου L1 και Ταξινόμηση Επιπέδου L5..... | 224 |
| 4.6.3.3.18 | Πράξεις στο Επίπεδο L5..... | 224 |
| 4.6.3.3.18.1 | 5 Τριάδες πράξεων (merge region, merge region, grow region).... | 225 |
| 4.6.3.3.19 | Κατάτμηση Επιπέδου L6..... | 228 |
| 4.6.3.3.20 | Ταξινόμηση Επιπέδου L6..... | 230 |
| 4.6.3.3.21 | Πράξεις στο Επίπεδο L6..... | 231 |
| 4.6.3.3.21.1 | Hierarchical Classification στα Sloping L6..... | 231 |
| 4.6.3.3.21.2 | 2 Αποδόσεις (assign class) στην S Positive Not To Change L6 και 4 Αποδόσεις (assign class) στην S Negative Not To Change L6..... | 233 |
| 4.6.3.3.21.3 | hierarchical classification στα Medium-Large Roofs L6..... | 235 |
| 4.6.3.3.22 | Κατάτμηση Επιπέδου L7..... | 237 |
| 4.6.3.3.23 | Ταξινόμηση Επιπέδου L7..... | 238 |
| 4.6.3.3.24 | Αναδιαμόρφωση Επιπέδου L6..... | 241 |
| 4.6.3.3.25 | Αναδιαμόρφωση Επιπέδου L5..... | 241 |
| 4.6.3.3.25.1 | Αποδόσεις (assign class) των Sloping 2 L1 στις Positive L5, Negative L5, Neutral L5..... | 242 |
| 4.6.3.3.25.2 | Συγχώνευση (merge region) των East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1 με “οδηγό” το L6..... | 242 |
| 4.6.3.3.25.3 | Συγχώνευση (merge region) των Positive L5, Negative L5..... | 242 |
| 4.6.3.3.25.4 | Απόδοση (assign class) των Sloping 2 L1 στα Neutral L5..... | 242 |
| 4.6.3.3.25.5 | Διαγραφή Επιπέδου L6..... | 242 |
| 4.6.3.3.25.6 | Συγχώνευση (merge region) των East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1 με “οδηγό” το L7 και Διαγραφή L7..... | 242 |
| 4.6.3.3.26 | Κατάτμηση Επιπέδου L8..... | 243 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| 4.6.3.3.27 | Ταξινόμηση Επιπέδου L8..... | 244 |
| 4.6.3.3.28 | Αναδιαμόρφωση Επιπέδου L8..... | 245 |
| 4.6.3.3.28.1 | 2 Αποδόσεις (assign class) στην Flat Big or/and High 1 L8..... | 245 |
| 4.6.3.3.28.2 | Απόδοση (assign class) στην Flat Neighbors of Flat BH L8..... | 245 |
| 4.6.3.3.28.3 | 2 Αποδόσεις (assign class) στην Flat Big with Discontinuities L8.... | 246 |
| 4.6.3.3.28.4 | 2 ^η Κατάτμηση Επιπέδου L8, μόνο στα Flat Big or/and High 1 L8.... | 247 |
| 4.6.3.3.29 | Κατάτμηση Επιπέδου L9..... | 248 |
| 4.6.3.3.30 | Ταξινόμηση Επιπέδου L9..... | 249 |
| 4.6.3.3.31 | Πράξεις στο Επίπεδο L9..... | 250 |
| 4.6.3.3.31.1 | Κατάτμηση για τα Big Flat L9, Flat Neighbors of Big Flat L9..... | 250 |
| 4.6.3.3.31.2 | Κατάτμηση για τα Big Flat with Discontinuities L9, Flat Neighbors of Big Flat L9..... | 251 |
| 4.6.3.3.31.3 | Κατάτμηση για τα Big Flat L9, Big Flat with Discontinuities L9..... | 252 |
| 4.6.3.3.32 | Αναδιαμόρφωση Επιπέδου L9..... | 253 |
| 4.6.3.3.33 | Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων..... | 254 |
| 4.6.3.3.33.1 | Αξιολόγηση Ταξινόμησης..... | 255 |
| 4.6.3.3.33.2 | Αξιολόγηση Σχήματος και Πληροφορίας Παραγόμενων Objects. . | 257 |
| 4.6.3.4 | Αποτελέσματα – Παραγόμενα Raster και Vector Αρχεία..... | 276 |
| 4.6.4 | Προσδιορισμός Ηλιακής Ενέργειας και Παραγόμενης Ενέργειας από Φωτοβολταϊκά στα Τμήματα Οροφών..... | 277 |
| 4.6.4.1 | Εισαγωγή..... | 277 |
| 4.6.4.2 | Προσδιορισμός Οριζόντιας Συνολικής Ηλιακής Ενέργειας (global-GHI) και Οριζόντιας Άμεσης Ηλιακής Ενέργειας (beam) σε Καθαρό Ουρανό (clear-sky)..... | 278 |
| 4.6.4.2.1 | Διαμόρφωση Ψηφιακού Μοντέλου Επιφανείας..... | 278 |
| 4.6.4.2.2 | Διαμόρφωση Χαρτών με τον Linke Turbidity Factor..... | 279 |
| 4.6.4.2.3 | Ορισμός Τιμής για την Ανάκλαση της Επιφάνειας (albedo)..... | 281 |
| 4.6.4.2.4 | Καθορισμός Χρονικού Βήματος και Δημιουργία Χαρτών Ορίζοντα..... | 282 |
| 4.6.4.2.5 | Δημιουργία Χαρτών Ηλιακής Ενέργειας σε Καθαρό Ουρανό..... | 282 |
| 4.6.4.3 | Προσδιορισμός Προσπίπτουσας Συνολικής Ηλιακής Ενέργειας σε Κάθε Επιφάνεια για Πραγματικό Ουρανό (real-sky)..... | 284 |
| 4.6.4.3.1 | Δημιουργία Χαρτών με τους Συντελεστές Διαμόρφωσης της Άμεσης και της Διάχυτης Ακτινοβολίας σε Πραγματικό Ουρανό..... | 284 |
| 4.6.4.3.2 | Δημιουργία Χαρτών με τις Κλίσεις και τους Προσανατολισμούς (Slope-Aspect) των ΦΒ πλαισίων..... | 285 |
| 4.6.4.3.3 | Δημιουργία Χαρτών Ηλιακής Ενέργειας σε Πραγματικό Ουρανό..... | 289 |
| 4.6.4.3.4 | Προσέγγιση Εμβαδού Pixel..... | 292 |
| 4.6.4.4 | Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων μοντέλου r.sun..... | 294 |
| 4.6.4.5 | Εκτίμηση Παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΦΒ σε κάθε Τμήμα Οροφής..... | 296 |
| 4.6.4.5.1 | Επιλογή Συγκεκριμένου ΦΒ πλαισίου..... | 297 |
| 4.6.4.5.2 | Απώλειες Ενέργειας σε Συστήματα ΦΒ..... | 298 |
| 4.6.4.5.3 | Δημιουργία Χάρτη με Παραγόμενη Ετήσια Ηλεκτρική Ενέργεια από ΦΒ σε κάθε τμήμα οροφής..... | 300 |
| 4.6.4.5.4 | Αναζήτηση των ΦΒ πλαισίων που μπορούν να εγκατασταθούν σε κάθε Τμήμα Οροφής..... | 302 |
| 4.6.4.6 | Αποτελέσματα – Παραγόμενα Vector αρχεία..... | 316 |
| 5 | Συμπεράσματα - Προοπτικές..... | 316 |

| | | |
|-----|---------------------------------------|-----|
| 5.1 | Συμπεράσματα..... | 316 |
| 5.2 | Θέματα για περαιτέρω μελέτη..... | 319 |
| 6 | Αναφορές – Βιβλιογραφία..... | 321 |
| 6.1 | Δημοσιεύσεις – Βιβλία – Εργασίες..... | 321 |
| 6.2 | Ιστοσελίδες..... | 325 |

Ευρετήριο Εικόνων

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1: Διάγραμμα ποσότητας CO ₂ στην ατμόσφαιρα από http://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/ | 2 |
| Εικόνα 2: Η διαδικασία της Τηλεπισκόπησης(πηγή: https://byjus.com/physics/remote-sensing/)..... | 7 |
| Εικόνα 3: Φωτοβολταϊκό Στοιχείο (πηγή: https://courses.edx.org/courses/course-v1:DelftX+ET3034x+2T2016/course/)..... | 10 |
| Εικόνα 4: Σχέδιο Φωτοβολταϊκού Στοιχείου σε απλοποιημένη μορφή, το οποίο δείχνει την φορά του παραγόμενου ρεύματος. Με κόκκινο φαίνονται τα ελεύθερα ηλεκτρόνια και με μπλε οι οπές. (πηγή: https://courses.edx.org/courses/course-v1:DelftX+ET3034x+2T2016/course/). 10 | 10 |
| Εικόνα 5: Κατανομή ΦΒ πλαισίων με κριτήριο το υλικό κατασκευής τους και παρουσίαση της απόδοσης κάθε τεχνολογίας (πηγή: https://courses.edx.org/courses/course-v1:DelftX+ET3034x+2T2016/course/)..... | 11 |
| Εικόνα 6: Γενικά στοιχεία για την αλληλεπίδραση της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας της Γης στην Ηλιακή Ακτινοβολία (αριστερά). Ηλιακή Ακτινοβολία (Άμεση, Διάχυτη, Ανακλώμενη) που προσπίπτει σε ένα σημείο στην επιφάνεια της Γης (δεξιά) (πηγή: https://courses.edx.org/courses/course-v1:DelftX+ET3034x+2T2016/course/)..... | 12 |
| Εικόνα 7: Γωνίες προσδιορισμού της θέσης του Ήλιου ως προς την Γη (πηγή: https://www.slideshare.net/Bhargav5508/earth-sun-angle)..... | 13 |
| Εικόνα 8: Γωνίες που προσδιορίζουν την θέση του Ήλιου ως προς ΦΒ πλαίσιο (πηγή: https://www.e-education.psu.edu/eme810/node/576)..... | 14 |
| Εικόνα 9: Τηλεπισκοπικό Σύστημα λήψης δεδομένων LIDAR (πηγή: https://www.gim-international.com/content/article/the-fierce-rise-of-airborne-lidar)..... | 17 |
| Εικόνα 10: Καταγραφή Παλμού LIDAR σε διαπερατό στόχο (πηγή: https://www.youtube.com/watch?v=GbJ9xPf0gwg)..... | 18 |
| Εικόνα 11: Σχέδιο Λειτουργίας Σαρωτή Falcon II (πηγή: Σ.Σαμοΐλη)..... | 19 |
| Εικόνα 12: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Σαρωτή LIDAR στο σύστημα Falcon II (πηγή: Σ.Σαμοΐλη)..... | 20 |
| Εικόνα 13: Σχέδιο Περιγραφής Κυκλώματος CCD δέκτη (πηγή: http://ainvnrnathanstrang.blogspot.com/2014/11/lecture-digital-image-processing.html)..... | 21 |
| Εικόνα 14: Τεχνικά Χαρακτηριστικά CCD δέκτη στο σύστημα Falcon II (πηγή: Σ.Σαμοΐλη)..... | 21 |
| Εικόνα 15: Αναζήτηση των δυάδων, όπου υπάρχει αμοιβαία μέγιστη ομοιογένεια, κατά την εκτέλεση του Multiresolution Segmentation στο eCognition (Trimble Germany GmbH [25])..... | 23 |
| Εικόνα 16: Παράμετροι λειτουργίας του Multiresolution Segmentation στο eCognition (Trimble Germany GmbH [25])...... | 24 |
| Εικόνα 17: Διαφορετικά επίπεδα, όπου τα μεγαλύτερα επίπεδα περιέχουν τα αντικείμενα των μικρότερων, με διαφορετικές κλίμακες κατάτμησης, για τον εντοπισμό διαφορετικών εννοιολογικών αντικειμένων στο eCognition (Trimble Germany GmbH [25])...... | 25 |
| Εικόνα 18: Η θέση του Μέμμινγκεν στην Γερμανία (πηγή: https://www.google.gr/maps/place/87700+%CE%9C%CE%AD%CE%BC%CE%B9%CE%BD%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CE%BD,+%CE%93%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CE%B1/@50.3316004,8.0031752,5.75z/data=!4m5!3m4!1s0x479bf257cf20fa3f:0xcf8048c85d9627d8!8m2!3d47.9837999!4d10.1801883?dcr=0)..... | 29 |
| Εικόνα 19: Η πόλη του Μέμμινγκεν σύμφωνα με το Google Satellite και τα αρχικά δεδομένα CIR (έγχρωμο σύνθετο 432) μέσω του QGIS. Τα δεδομένα, όπως φαίνεται, αφορούν στο νότιο μέρος της πόλης..... | 29 |

| | |
|--|----|
| Εικόνα 20: Παρατηρήσεις από Φωτοερμηνεία των δεδομένων (έγχρωμο σύνθετο 321) και DSM_FE high..... | 32 |
| Εικόνα 21: Συνάρτηση σε Ρυθμον για την γεωαναφορά και την αποκοπή τμήματος των δεδομένων..... | 34 |
| Εικόνα 22: Η αποκομμένη περιοχή, που χρησιμοποιείται στην εργασία, στο έγχρωμο σύνθετο 432..... | 35 |
| Εικόνα 23: Συνάρτηση σε Ρυθμον που μετρά τα No Data pixels και το ποσοστό τους σε σχέση με τα συνολικά pixels της εικόνας..... | 36 |
| Εικόνα 24: Διαχείριση No Data Values με gdal.FillNoData()..... | 38 |
| Εικόνα 25: Οι προεπιλεγμένες παράμετροι της εντολής r.fillnulls με την μέθοδο rst στο Grass GIS..... | 39 |
| Εικόνα 26: Αντικείμενα (σε αφαιρετική μορφή) που απεικονίζονται με παρόμοιο τρόπο ως προς το ύψος, στην 2,5D απεικόνιση του χώρου..... | 41 |
| Εικόνα 27: Αριστερά, κλαδιά κοντά σε κτήρια στο έγχρωμο σύνθετο 432 και δεξιά, η ίδια εικόνα με την διαφορά dfeh=feh-dtm_i να έχει εισαχθεί στο πράσινο κανάλι με ίδια βαρύτητα όπως το G. Φαίνεται ότι στα δεδομένα LIDAR τα δέντρα εμφανίζονται πιο ογκώδη από ότι στα δεδομένα CCD..... | 42 |
| Εικόνα 28: Οι αρχικές ρυθμίσεις που επιλέχτηκαν στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 46 |
| Εικόνα 29: Κτήριο όπως φαίνεται στα δεδομένα CCD και ασυμφωνία με τα LIDAR δεδομένα. Η εικόνα είναι ποιοτική..... | 47 |
| Εικόνα 30: Δέντρο όπως φαίνεται στα δεδομένα CCD και LIDAR. Η εικόνα είναι ποιοτική..... | 48 |
| Εικόνα 31: Ιεραρχία κλάσεων στο L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 50 |
| Εικόνα 32: Περιγραφή κλάσης Edges and Noise L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 51 |
| Εικόνα 33: Περιγραφή κλάσης Definition 1 L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 52 |
| Εικόνα 34: Περιγραφή κλάσης Definition 2 L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 53 |
| Εικόνα 35: Περιγραφή κλάσης Definition 3 L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου. Η συνάρτηση συμμετοχής είναι η ίδια σε όλα τα features..... | 54 |
| Εικόνα 36: Ιεραρχία κλάσεων στο L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 56 |
| Εικόνα 37: Περιγραφή κλάσης Definition 3 L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 57 |
| Εικόνα 38: Περιγραφή κλάσης Edges of Buildings and Trees - or Power Lines - or Cranes L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 58 |
| Εικόνα 39: Περιγραφή κλάσης Noise Like Birds L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 60 |
| Εικόνα 40: Περιγραφή κλάσης Possibly Chimneys or Antennas L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 61 |
| Εικόνα 41: Περιγραφή κλάσης Possibly Edges of Clusters of Trees L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 62 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 42: Περιγραφή κλάσης Possibly Single Trees or Cars or Small Constructions L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 63 |
| Εικόνα 43: Το σχήμα που χρησιμοποιείται για την περιγραφή του Compactness στο Trimble Germany GmbH [25]..... | 64 |
| Εικόνα 44: Περιγραφή κλάσης Other Edges L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 64 |
| Εικόνα 45: Περιγραφή κλάσης Other L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 65 |
| Εικόνα 46: Ιεραρχία κλάσεων στο L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 66 |
| Εικόνα 47: Περιγραφή κλάσης Cranes L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 68 |
| Εικόνα 48: Με μπλε χρώμα παρουσιάζονται 2 γειτονικοί γερανοί της περιοχής μελέτης στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 69 |
| Εικόνα 49: Περιγραφή κλάσης Big Parts of Power Lines L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 70 |
| Εικόνα 50: Μεγάλα καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Με κόκκινο εμφανίζονται συνεχόμενα τμήματα στο dfch και με γαλάζιο διάσπαρτα τμήματα στο dfch. Project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 71 |
| Εικόνα 51: Περιγραφή κλάσης Smaller Parts of Big Power Lines L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 72 |
| Εικόνα 52: Περιγραφή κλάσης Not Big Parts of Power Lines or Cranes L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 73 |
| Εικόνα 53: Περιγραφή κλάσης Possibly Trees L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 74 |
| Εικόνα 54: Περιγραφή κλάσης Other L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 75 |
| Εικόνα 55: Ιεραρχία κλάσεων στο L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 77 |
| Εικόνα 56: Περιγραφή κλάσης Big Parts of Power Lines L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 77 |
| Εικόνα 57: Περιγραφή κλάσης Cranes L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 78 |
| Εικόνα 58: Περιγραφή κλάσης Not Objects from L4 L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 78 |
| Εικόνα 59: Περιγραφή κλάσης Edges L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 79 |
| Εικόνα 60: Περιγραφή κλάσης Possibly Edges of Trees L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 80 |
| Εικόνα 61: Περιγραφή κλάσης Small and Medium Parts of Power Lines or Edges of Buildings L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 80 |
| Εικόνα 62: Περιγραφή κλάσης Other L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 81 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 63: Περιγραφή κλάσης Objects that Possibly should Not Change dfelh in Last Classification L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 81 |
| Εικόνα 64: Ιεραρχία κλάσεων στο L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 82 |
| Εικόνα 65: Περιγραφή κλάσης Chimneys or Antennas L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 83 |
| Εικόνα 66: Περιγραφή κλάσης Not to Change dfelh except Chimneys-Antennas L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 84 |
| Εικόνα 67: Περιγραφή κλάσης Possibly to Change dfelh L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 84 |
| Εικόνα 68: Περιγραφή κλάσης To Change dfelh L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 85 |
| Εικόνα 69: Περιγραφή κλάσης Not Sure to Change dfelh L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 86 |
| Εικόνα 70: Περιγραφή κλάσης More Possibly to Change dfelh L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 86 |
| Εικόνα 71: Περιγραφή κλάσης Less Possibly to Change dfelh L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 87 |
| Εικόνα 72: Περιγραφή κλάσης Other L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 87 |
| Εικόνα 73: Απόδοση ενός pixel των More Possibly to Change dfelh L0 και Less Possibly to Change dfelh L0 στην To change dfelh L0, εφόσον συνορεύουν με objects που τα dfelh, feh μινουν σταθερά και αυτά τα object δεν είναι καπνοδόχοι ή κεραίες. Project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 89 |
| Εικόνα 74: Απόδοση ενός pixel των More Possibly to Change dfelh L0 και Less Possibly to Change dfelh L0 στην To change dfelh L0, εφόσον συνορεύουν. Project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 90 |
| Εικόνα 75: Περιγραφή κλάσης To Change dfelh LFA στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 91 |
| Εικόνα 76: Περιγραφή κλάσης Not to Change dfelh LFA στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 91 |
| Εικόνα 77: Λήψη δειγμάτων για την Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 92 |
| Εικόνα 78: Πίνακας Σύγχυσης και Δείκτες Αξιολόγησης της Τελικής Ταξινόμησης στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 93 |
| Εικόνα 79: Διαφορές feh, feh_m: Στα κόκκινα τετράγωνα φαίνεται η εξάλειψη ντων μεγάλων καλωδίων ηλεκτρισμού, στα πορτοκαλί τετράγωνα φαίνεται η διαχείριση των γερανών, στα πράσινα τετράγωνα φαίνεται η απαλοιφή των μικρών καλωδίων ηλεκτρισμού. Στην εστίαση σε ένα τμήμα της εικόνας μπορεί να φανεί η διαφορά στα ακριανά κλαδιά των δέντρων..... | 96 |
| Εικόνα 80: Επικλινής οροφή όπως αποτυπώνεται από έναν παλμό LIDAR. Η εικόνα είναι ποιοτική..... | 99 |
| Εικόνα 81: Φασματική υπογραφή πράσινου τμήματος βλάστησης σε σχέση με το χώμα και το νερό (http://www.seos-project.eu/modules/classification/classification-c01-p05.html , τελευταία επίσκεψη 06/02/2018)..... | 102 |
| Εικόνα 82: Ο τρόπος που δέχεται ακτινοβολία το σημείο A (a) και ο τρόπος που δέχεται ακτινοβολία ο δέκτης λήψης για το σημείο A (b) (K.R.M. Adeline et al. [52])..... | 103 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 83: Ταξινόμηση Επιπέδου L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 107 |
| Εικόνα 84: Περιγραφή κλάσης Low Objects L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων. Οι συναρτήσεις συμμετοχής και τα όρια είναι ίδια για όλους τους παλμούς. | 107 |
| Εικόνα 85: Περιγραφή κλάσης High Objects L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 108 |
| Εικόνα 86: Περιγραφή κλάσεων Shadows Low Objects L0 και Not Shadows Low Objects L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 108 |
| Εικόνα 87: Feature Space Optimization για διαχωρισμό Gardens and Low Vegetation L0 και Roads-Bare Soil and Parking Lots L0. στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 109 |
| Εικόνα 88: Περιγραφή κλάσης Outer Edges and Tall Objects L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 111 |
| Εικόνα 89: Περιγραφή κλάσης Inner Edges L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 112 |
| Εικόνα 90: Περιγραφή κλάσεων Not Edges and Tall Objects L0, Shadows High Objects L0 και Not Shadows High Objects L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 113 |
| Εικόνα 91: Τελική μορφή κλάσεων στο L0 (αριστερά) και έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά) στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 115 |
| Εικόνα 92: Ιεραρχία κλάσεων στο U και στο κόκκινο πλαίσιο φαίνονται οι κλάσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην 1 ^η Ταξινόμηση του επιπέδου U. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 118 |
| Εικόνα 93: Περιγραφή κλάσεων From L0 U, Not From L0 U στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 118 |
| Εικόνα 94: Περιγραφή κλάσης Possibly Trains U στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 119 |
| Εικόνα 95: Περιγραφή κλάσης Possibly Bridges U στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 120 |
| Εικόνα 96: Κανόνες περιγραφής κλάσης Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 121 |
| Εικόνα 97: Τμήμα περιγραφής κλάσης Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 122 |
| Εικόνα 98: Τμήμα περιγραφής κλάσης Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 122 |
| Εικόνα 99: Τμήμα περιγραφής κλάσης Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 122 |
| Εικόνα 100: Τμήμα περιγραφής κλάσης Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 123 |
| Εικόνα 101: Τμήμα περιγραφής κλάσης Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 123 |
| Εικόνα 102: Περιγραφή κλάσεων Shadows U, Not Shadows U στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 124 |
| Εικόνα 103: Περιγραφή κλάσης Possibly Evergreen U στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 125 |
| Εικόνα 104: Περιγραφή κλάσης Possibly Buildings U στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 126 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 105: Τελική Ταξινόμηση στο επίπεδο U, στην περιοχή με την γέφυρα (πάνω) και στην περιοχή με τα τραίνα (κάτω). Αριστερά παρουσιάζεται η ταξινόμηση και δεξιά το έγχρωμο σύνθετο 432. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 129 |
| Εικόνα 106: Ιεραρχία κλάσεων στο L1 και κλάσεις που συμμετέχουν στην 1 ^η Ταξινόμηση του Επιπέδου L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 131 |
| Εικόνα 107: Περιγραφή κλάσης Interesting Objects L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 132 |
| Εικόνα 108: Περιγραφή κλάσης Shadows 1 L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 133 |
| Εικόνα 109: Περιγραφή κλάσης Evergreen L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 133 |
| Εικόνα 110: Περιγραφή κανόνων κλάσης Core of Buildings L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 134 |
| Εικόνα 111: Περιγραφή τμήματος της κλάσης Core of Buildings L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 135 |
| Εικόνα 112: Περιγραφή τμήματος της κλάσης Core of Buildings L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 135 |
| Εικόνα 113: Περιγραφή τμήματος της κλάσης Core of Buildings L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 136 |
| Εικόνα 114: Περιγραφή τμήματος της κλάσης Core of Buildings L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 136 |
| Εικόνα 115: Περιγραφή τμήματος της κλάσης Core of Buildings L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 137 |
| Εικόνα 116: Περιγραφή της κλάσης More Possibly Buildings L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 138 |
| Εικόνα 117: Περιγραφή της κλάσης Less Possibly Buildings L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 139 |
| Εικόνα 118: Περιγραφή της κλάσης Mostly Deciduous L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 140 |
| Εικόνα 119: Περιγραφή της κλάσης Shadows 2 L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 142 |
| Εικόνα 120: Περιγραφή κανόνων της κλάσης Shadows Like Core of Buildings L1. Στο κόκκινο πλαίσιο εντάσσονται οι περιγραφές που είναι ίδιες με την Core of Buildings L1. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 143 |
| Εικόνα 121: Περιγραφή του τμήματος της κλάσης Shadows Like Core of Buildings L1, που διαφέρει από την Core of Buildings L1. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 144 |
| Εικόνα 122: Περιγραφή κανόνων και τμήματος της κλάσης Shadows More Possibly Buildings L1. Στο πράσινο πλαίσιο εντάσσονται οι περιγραφές που είναι ίδιες με την More Possibly Buildings L1. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 145 |
| Εικόνα 123: Περιγραφή κανόνων και τμήματος της κλάσης Shadows Less Possibly Buildings L1. Στο πράσινο πλαίσιο εντάσσονται οι περιγραφές που είναι ίδιες με την Less Possibly Buildings L1. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 146 |
| Εικόνα 124: Τελική Ταξινόμηση στο επίπεδο L1 (αριστερά) και το έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά) στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 147 |
| Εικόνα 125: Ιεραρχία κλάσεων στο L2 και κλάσεις που συμμετέχουν στην 1 ^η ταξινόμηση στο Επίπεδο L2. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 149 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 126: Περιγραφή κλάσης Shadows 1 L2 (Όλα τα Existence of sub objects έχουν την ίδια συνάρτηση συμμετοχής). Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 150 |
| Εικόνα 127: Περιγραφή κλάσης Buildings L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 150 |
| Εικόνα 128: Περιγραφή κανόνων κλάσης More Possibly Buildings L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 151 |
| Εικόνα 129: Περιγραφή τμήματος της κλάσης More Possibly Buildings L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 152 |
| Εικόνα 130: Περιγραφή τμήματος της κλάσης More Possibly Buildings L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 153 |
| Εικόνα 131: Περιγραφή τμήματος της κλάσης More Possibly Buildings L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 154 |
| Εικόνα 132: Περιγραφή τμήματος της κλάσης More Possibly Buildings L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 155 |
| Εικόνα 133: Περιγραφή κλάσης Less Possibly Buildings L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 156 |
| Εικόνα 134: Περιγραφή κλάσης Shadows Like Core of Buildings L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 157 |
| Εικόνα 135: Περιγραφή κλάσης Shadows More Possibly Buildings L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 158 |
| Εικόνα 136: Περιγραφή κλάσης Shadows Less Possibly Buildings L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 158 |
| Εικόνα 137: Κατηγορίες στο επίπεδο L2 (αριστερά) και το έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά), μετά και την 2 ^η Ταξινόμηση στο Επίπεδο L2. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 159 |
| Εικόνα 138: Επέκταση (Grow Region) των Buildings L2 στα Less Possibly Buildings L2 κατά 3pixels, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 161 |
| Εικόνα 139: 1 ^η Επέκταση (Grow Region) Shadows Like Core of Buildings L2 στα Shadows Less Possibly Buildings L2, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 162 |
| Εικόνα 140: 2 ^η Επέκταση (Grow Region) Shadows Like Core of Buildings L2 στα Shadows Less Possibly Buildings L2, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 163 |
| Εικόνα 141: Εύρεση αντικειμένων που περικλείονται από την Buildings L2 και μετατροπή τους σε αυτή (Find Enclosed By Class), στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 165 |
| Εικόνα 142: 2 περιπτώσεις αντικειμένων που εισβάλουν σε κτήρια, χωρίς να περικυκλώνονται από αυτά. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 166 |
| Εικόνα 143: Τελική Ταξινόμηση στο Επίπεδο L2 (αριστερά) και το έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Μπορεί να γίνει σύγκριση με την Εικόνα 107 (τελική ταξινόμηση επιπέδου L1). Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 168 |
| Εικόνα 144: Ιεραρχία κλάσεων στο L3 και στην 1η ταξινόμηση στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 169 |
| Εικόνα 145: Περιγραφή κλάσης Roads-Bare Soil and Parking Lots L3 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 169 |
| Εικόνα 146: Περιγραφή κλάσης Buildings To Other or Buildings L3 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 170 |
| Εικόνα 147: Περιγραφή κλάσης Buildings to Cars L3 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 171 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 148: Περιγραφή κλάσης Buildings to Not Interesting Because LW L3 στο project του eCognition για τον εντοπισμό..... | 172 |
| Εικόνα 149: Περιγραφή κλάσης Buildings to Not Interesting Because Echos L3 στο project του eCognition για τον εντοπισμό..... | 172 |
| Εικόνα 150: Περιγραφή κλάσης Buildings to Not Interesting Because of Area L3 στο project του eCognition για τον εντοπισμό..... | 173 |
| Εικόνα 151: Περιγραφή κλάσης Buildings to Trains L3 στο project του eCognition για τον εντοπισμό..... | 173 |
| Εικόνα 152: Τελική Ταξινόμηση στο επίπεδο L3 (αριστερά) και το έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά) στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 174 |
| Εικόνα 153: Ιεραρχία κλάσεων στο Level For Accuracy και στην 29η ταξινόμηση στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 175 |
| Εικόνα 154: Δείγματα για Buildings LFA, στο Level For Accuracy (έγχρωμο σύνθετο 432 και με μπλε τα δείγματα) . Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 176 |
| Εικόνα 155: Δείγματα για την Buildings LFA από κτήρια που γειτνιάζουν με δέντρα, στο Level For Accuracy (έγχρωμο σύνθετο 432, δεξιά, και με μπλε, αριστερά, τα δείγματα). Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 177 |
| Εικόνα 156: Δείγμα για την Buildings LFA από κτήριο που γειτνιάζει με δέντρα και έχει ταρατσόκηπο, στο Level For Accuracy (έγχρωμο σύνθετο 432, δεξιά, και με μπλε, αριστερά, τα δείγματα). Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 178 |
| Εικόνα 157: Δείγματα για την Buildings LFA περίπλοκων συμπλεγμάτων κτηρίων, στο Level For Accuracy (έγχρωμο σύνθετο 432, δεξιά, και με μπλε, αριστερά, τα δείγματα). Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 178 |
| Εικόνα 158: Δείγματα για την Not Buildings LFA, στο Level For Accuracy (έγχρωμο σύνθετο 432, δεξιά, και με κίτρινο, αριστερά, τα δείγματα). Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 179 |
| Εικόνα 159: Πίνακας Σύγχυσης και Δείκτες Αξιολόγησης της Τελικής Ταξινόμησης στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων | 180 |
| Εικόνα 160: Τμήμα Προγράμματος για την παραγωγή των outer_edges και edges_skeleton. . | 184 |
| Εικόνα 161: Τμήμα Προγράμματος για την παραγωγή των outer_edges και edges_skeleton. . | 185 |
| Εικόνα 162: Τμήμα Προγράμματος για την παραγωγή των outer_edges και edges_skeleton. . | 186 |
| Εικόνα 163: Αναντιστοιχία δεδομένων LIDAR και CCD στην απεικόνιση μίας επίπεδης οροφής ανάμεσα σε επικλινείς. Η εικόνα είναι ποιοτική..... | 187 |
| Εικόνα 164: Ιεραρχία όλων των κλάσεων στο Επίπεδο L0 και με “τικ” οι κλάσεις που συμμετέχουν στην 1 ^η Ταξινόμηση. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 188 |
| Εικόνα 165: Περιγραφή κλάσεων Buildings L0, Not Buildings L0. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 189 |
| Εικόνα 166: Περιγραφή κλάσης Edges by CCD 1 L0. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 189 |
| Εικόνα 167: Περιγραφή κλάσης Edges Not Similar to Neighbors 1 L0. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 190 |
| Εικόνα 168: Περιγραφή κλάσης Edges Similar to Neighbors 1 L0. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 190 |
| Εικόνα 169: Περιγραφή κλάσης Main Buildings 1 L0. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 191 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 170: Ιεραρχία όλων των κλάσεων στο Επίπεδο L-1. Με "τικ" σημειώνονται οι κλάσεις που συμμετέχουν στην 1η ταξινόμηση του επιπέδου. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 192 |
| Εικόνα 171: Περιγραφή κλάσης Edges by CCD L-1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 192 |
| Εικόνα 172: Περιγραφή κλάσης Flat L-1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 193 |
| Εικόνα 173: Περιγραφή κλάσεων East L-1, North L-1, South L-1, West L-1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 194 |
| Εικόνα 174: Περιγραφή RelBor[All Orientations except EastL-1 + NotBuildingsL-1]. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 195 |
| Εικόνα 175: Περιγραφή κλάσεων Edges by LIDAR L-1 και Not Edges by LIDAR L-1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 196 |
| Εικόνα 176: hierarchical classification στα Not Edges by LIDAR L-1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 196 |
| Εικόνα 177: Διαφορές πριν και μετά τις αποδόσεις των Edges by LIDAR L-1 (κίτρινο χρώμα) στον κάθε προσανατολισμό. Τα σημεία που μπορούν να παρατηρηθούν τονίζονται με άσπρα βέλη. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 197 |
| Εικόνα 178: Διαφορές πριν και μετά τις αποδόσεις των Edges by CCD L-1 (μωβ χρώμα) στον κάθε προσανατολισμό. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 198 |
| Εικόνα 179: Τελική Ταξινόμηση στο Επίπεδο L-1 (αριστερά) και έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 198 |
| Εικόνα 180: hierarchical classification για την 2 ^η Ταξινόμηση του Επιπέδου L0 με βάση ορισμένα μόνο αποτελέσματα του L-1..... | 199 |
| Εικόνα 181: Περιγραφή κλάσης Edges by CCD 2 L0. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 199 |
| Εικόνα 182: Περιγραφή κλάσης Not Edges by CCD 2 L0. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 200 |
| Εικόνα 183: Τελική Ταξινόμηση στο Επίπεδο L0 (αριστερά) και έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 200 |
| Εικόνα 184: Ιεραρχία όλων των κλάσεων στο Επίπεδο L1. Με "τικ" σημειώνονται όσες κλάσεις συμμετέχουν στην 1 ^η Ταξινόμηση του Επιπέδου L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 202 |
| Εικόνα 185: Περιγραφή κλάσης Edges L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 203 |
| Εικόνα 186: Περιγραφή κλάσης Flat L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 203 |
| Εικόνα 187: Περιγραφή του feature S-E L-1 (2). Ομοίως, ορίστηκαν και τα υπόλοιπα. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 204 |
| Εικόνα 188: Περιγραφή κλάσεων East 1 L1, North 1 L1, South 1 L1, West 1 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 205 |
| Εικόνα 189: Περιγραφή κλάσης Other Sloping 1 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 205 |
| Εικόνα 190: Περιγραφή κλάσης Other L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 206 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 191: 1 ^η διαμόρφωση Επιπέδου L1. Ταξινόμηση (αριστερά), έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών... | 206 |
| Εικόνα 192: Κτήριο στο Επίπεδο L1 μετά την 1 ^η Ταξινόμηση του επιπέδου. Έγχρωμο σύνθετο 432 (αριστερά πάνω), Ταξινόμηση (δεξιά πάνω), ο Σχηματισμός objects κάτω. Φαίνεται ότι τα περισσότερα ξεχωριστά τμήματα της οροφής απαρτίζονται από 2 ή περισσότερα objects. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 207 |
| Εικόνα 193: Ιεραρχία όλων των κλάσεων στο Επίπεδο L2. Με "τικ" σημειώνονται οι κλάσεις που συμμετέχουν στην 1η Ταξινόμηση αυτού του επιπέδου. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 209 |
| Εικόνα 194: Περιγραφή κλάσης Flat L2. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 210 |
| Εικόνα 195: Περιγραφή κλάσεων Slopping L2, East L2, North L2, South L2, West L2, Other Slopping L2. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών. | 210 |
| Εικόνα 196: Περιγραφή feature abs(MD)[dfeh_m]. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 211 |
| Εικόνα 197: hierarchical classification στο Επίπεδο L2 για την μεταφορά Slopping L2 στην Flat L2. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 212 |
| Εικόνα 198: Περιγραφή κλάσης Buffer 1 L2. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 213 |
| Εικόνα 199: hierarchical classification για την μετατροπή των Buffer 2 L2 στα Slopping L2. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 214 |
| Εικόνα 200: Τελική Ταξινόμηση στο L2 (αριστερά), έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 214 |
| Εικόνα 201: Ιεραρχία κλάσεων στο Επίπεδο L3. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 216 |
| Εικόνα 202: Περιγραφή κλάσεων Flat L3, Slopping L3. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 216 |
| Εικόνα 203: Καλύτερη προσέγγιση των επίπεδων οροφών (γαλάζιο χρώμα και στα 2 Επίπεδα) από το L2 στο L3, σε μεγάλο κτήριο (δεξιά στην εικόνα). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 217 |
| Εικόνα 204: Ιεραρχία κλάσεων στο Επίπεδο L4. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 218 |
| Εικόνα 205: Περιγραφή κλάσεων Slopping L4, East L4, North L4, South L4, West L4, Other Slopping L4. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 219 |
| Εικόνα 206: Τελική Ταξινόμηση στο Επίπεδο L4 (αριστερά), έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Είναι εμφανής η ύπαρξη πολλών αδιευκρίνιστων προσανατολισμών κυρίως στα μικρά κτήρια. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 219 |
| Εικόνα 207: hierachical classification στο Επίπεδο L1 για την μετατροπή των Buffer L1 σε Slopping 2 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 221 |
| Εικόνα 208: Περιγραφή κλάσης East 2 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 222 |
| Εικόνα 209: hierarchical classification για μετατροπή των Other Slopping 2 L1 σε Slopping 1 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 223 |
| Εικόνα 210: Ταξινόμηση μετά την αναδιαμόρφωση του Επιπέδου L1 (αριστερά), έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 224 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 211: 1 ^η πράξη στην τριάδα για την διαχείριση των επικλινών οροφών στο Επίπεδο L5. Δίνεται η αλληλουχία μόνο για την East 2 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 225 |
| Εικόνα 212: 2 ^η πράξη στην τριάδα για την διαχείριση των επικλινών οροφών στο Επίπεδο L5. Δίνεται η αλληλουχία μόνο για την East 2 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 226 |
| Εικόνα 213: 3 ^η πράξη στην τριάδα για την διαχείριση των επικλινών οροφών στο Επίπεδο L5. Δίνεται η αλληλουχία μόνο για την East 2 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 227 |
| Εικόνα 214: Τριάδα πράξεων μόνο για τα East 2 L1 (πορτοκαλί χρώμα). Με μαύρα βελάκια σημειώνονται τα σημεία που φαίνεται ότι για την East 2 L1 διατηρούνται τα μικρά τμήματα οροφών. Ενώ, ενώνονται τα τμήματα, που πρέπει να ενωθούν σε μεγαλύτερα, στο σύνολο του κτηρίου που παρουσιάζεται στην εικόνα, όσον αφορά στην East 2 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 228 |
| Εικόνα 215: Παραδείγματα μικρών τμημάτων επικλινών οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 229 |
| Εικόνα 216: Ιεραρχία όλων των κλάσεων στο Επίπεδο L6. Με "τικ" σημειώνονται οι κλάσεις που συμμετέχουν στην 1 ^η ταξινόμηση αυτού του επιπέδου. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 231 |
| Εικόνα 217: hierarchical classification στα Slopping L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 232 |
| Εικόνα 218: Περιγραφή κλάσεων Small Roofs L6, Medium-Large Roofs L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 232 |
| Εικόνα 219: Περιγραφή κλάσεων ML Negative Nagao L6, ML Positive Nagao L6, S Roofs Negative Nagao L6, S Roofs Positive Nagao L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 233 |
| Εικόνα 220: Οι 2 αποδόσεις (assign class) στην S Positive Not To Change L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 234 |
| Εικόνα 221: Οι 4 αποδόσεις (assign class) στην S Negative Not To Change L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 234 |
| Εικόνα 222: Ορισμένα κτήρια μετά τις αποδόσεις (assign class) objects στις S Positive Not to Change L6 (μαύρο χρώμα) και S Negative Not to Change L6 (μπλε χρώμα) στα αριστερά. Στα δεξιά το έγχρωμο σύνθετο 432 με τα σχηματισμένα objects. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 235 |
| Εικόνα 223: Παράδειγμα "άχρηστου" μεσαίου-μεγάλου αντικειμένου στο επίπεδο L6 που εισάγεται στην κλάση ML Useless L6 (καφέ χρώμα). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 236 |
| Εικόνα 224: Περιγραφή κλάσεων ML Useless L6, ML Useful L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 237 |
| Εικόνα 225: Ιεραρχία όλων των κλάσεων στο Επίπεδο L7. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 239 |
| Εικόνα 226: Περιγραφή κλάσης Useless L7. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 240 |
| Εικόνα 227: Περιγραφή κλάσεων Useful L7, Other Slopping L7, East L7. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 241 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 228: Ιεραρχία κλάσεων στο Επίπεδο L5. Οι κλάσεις αυτές δημιουργούνται μετά τις κλάσεις του L1 που έχουν μεταβιβαστεί στο L5 και συνυπάρχουν με αυτές. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 241 |
| Εικόνα 229: Ροή Πληροφοριών για των καλύτερο προσδιορισμό του σχήματος των επικλινών οροφών. Η αρίθμηση στα βέλη δηλώνει την χρονική σειρά μεταφοράς δεδομένων. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 243 |
| Εικόνα 230: Ιεραρχία όλων των κλάσεων του Επιπέδου L8. Με "τικ" σημειώνονται οι κλάσεις που συμμετέχουν στην 1 ^η Ταξινόμηση του επιπέδου. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 245 |
| Εικόνα 231: Assign class για την εισαγωγή αντικειμένων στην Flat Neighbors of Flat BH L8. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 246 |
| Εικόνα 232: 2 assign class στην Flat Big with Discontinuities L8. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 246 |
| Εικόνα 233: Παράδειγμα objects που εισάγονται στην Flat Big with Discontinuities L8. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 247 |
| Εικόνα 234: Ιεραρχία όλων των κλάσεων του Επιπέδου L9. Με "τικ" σημειώνονται οι κλάσεις που συμμετέχουν στην 1 ^η Ταξινόμηση του επιπέδου. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 249 |
| Εικόνα 235: Περιγραφή κλάσεων Big Flat L9, Big Flat with Discontinuities L9, Flat Neighbors of Big Flat L9, Sloping L9, Small Flat L9. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 250 |
| Εικόνα 236: Τελική Ταξινόμηση στο Επίπεδο L9 (αριστερά) και Έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 254 |
| Εικόνα 237: Παραδείγματα των objects που δημιουργήθηκαν, για να περιγράψουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών, μετά την τελική διαμόρφωση του Επιπέδου L9. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 254 |
| Εικόνα 238: Ιεραρχία κλάσεων στο Level For Accuracy (LFA). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 255 |
| Εικόνα 239: Παραδείγματα κάποιων κτηρίων (μαύρα βέλη) που χρησιμοποιήθηκαν για να ληφθούν δείγματα των Flat LFA(πορτοκαλί χρώμα) και Sloping LFA(μπλε χρώμα). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 256 |
| Εικόνα 240: Πίνακας Σύγχυσης (Error ή Confusion Matrix) για την ταξινόμηση στο επίπεδο Level For Accuracy. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών. | 257 |
| Εικόνα 241: Για Περιγραφή Προβλήματος Αξιολόγησης του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 258 |
| Εικόνα 242: Ιεραρχία κλάσεων στο project για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 260 |
| Εικόνα 243: Παράδειγμα περιγραφής μίας κλάσης στο project για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 261 |
| Εικόνα 244: Παράδειγμα σχεδιασμού διαφορετικών τμημάτων οροφών στο eCognition για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 261 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 245: Εισαγωγή βιβλιοθηκών και συναρτήσεις διαβάσματος, αποθήκευσης εικόνων με γεωαναφορά στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 263 |
| Εικόνα 246: Διάβασμα των objects από την διαδικασία και των objects από φωτοερμηνεία στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 264 |
| Εικόνα 247: Συνάρτηση υπολογισμού ποσοστού δειγμάτων στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 264 |
| Εικόνα 248: Συνάρτηση προσδιορισμού των objects της διαδικασίας που έχουν κοινά εξωτερικά όρια με τα δείγματα στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 265 |
| Εικόνα 249: Συνάρτηση απομόνωσης αντικειμένων στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 265 |
| Εικόνα 250: Συνάρτηση προσδιορισμού των πραγματικών αντικειμένων που “ανιχνεύονται” στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 266 |
| Εικόνα 251: Συνάρτηση που δίνει το ποσοστό των πραγματικών αντικειμένων που “ανιχνεύονται” στο σύνολο των δειγμάτων στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 266 |
| Εικόνα 252: Συνάρτηση κατασκευής ndarray των πραγματικών αντικειμένων που “ανιχνεύονται” στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 267 |
| Εικόνα 253: Συνάρτηση προσδιορισμού “σωστά” εκτιμώμενου εμβαδού στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 268 |
| Εικόνα 254: Συνάρτηση προσδιορισμού εμβαδού “διαστρεβλώσεων” στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.. | 269 |
| Εικόνα 255: Συνάρτηση προσδιορισμού “χαμένου” εμβαδού στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 270 |
| Εικόνα 256: Εξαγωγή αποτελεσμάτων για “ανιχνευμένο”, “σωστό”, “διαστρεβλωμένο”, “χαμένο” εμβαδό και ποσοστό δειγμάτων στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 270 |
| Εικόνα 257: Εξαγωγή αποτελεσμάτων για “ανιχνευμένο”, “σωστό”, “διαστρεβλωμένο”, “χαμένο” εμβαδό σε εικόνες με γεωαναφορά στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του | |

| | |
|---|-----|
| Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 271 |
| Εικόνα 258: Συνάρτηση σύγκρισης σχήματος πραγματικών αντικειμένων και μεγαλύτερων objects της διαδικασίας, που τους αντιστοιχούν στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 273 |
| Εικόνα 259: Παράδειγμα ελέγχου αποτελεσμάτων του προγράμματος Python στο QGIS για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 274 |
| Εικόνα 260: Script Python για εξαγωγή αρχείων σε format ".tif" από ένα Location του GRASS GIS..... | 280 |
| Εικόνα 261: Script Python για εισαγωγή αρχείων με format ".tif" σε ένα Location του GRASS GIS με μέθοδο παρεμβολής "bilinear"..... | 280 |
| Εικόνα 262: Script Python για τον υπολογισμό του Linke Turbidity Factor, ανάλογα με το υψόμετρο, στην περιοχή εφαρμογής του r.sun..... | 281 |
| Εικόνα 263: Πρόγραμμα Python για τον υπολογισμό της οριζόντιας ηλιακής ενέργειας (global, beam) σε καθαρό ουρανό..... | 283 |
| Εικόνα 264: Πρόγραμμα Python για τον υπολογισμό των coeff_bh, coeff_dh..... | 285 |
| Εικόνα 265: Διάγραμμα Ροής για το πρόγραμμα υπολογισμού των κλίσεων και των προσανατολισμών ΦΒ..... | 287 |
| Εικόνα 266: 1 ^ο μέρος Προγράμματος Python για υπολογισμό των κλίσεων και των προσανατολισμών ΦΒ..... | 288 |
| Εικόνα 267: 2 ^ο μέρος Προγράμματος Python για υπολογισμό των κλίσεων και των προσανατολισμών ΦΒ..... | 289 |
| Εικόνα 268: Χάρτες μέσω των όρων Συνολικής Ηλιακής Ακτινοβολίας (global) σε Πραγματικό Ουρανό, στις κλίσεις και στους προσανατολισμούς των ΦΒ πλαισίων για τους μήνες Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος. (Εικόνες από GRASS GIS)..... | 291 |
| Εικόνα 269: Χάρτης Ετήσιας Συνολικής Ηλιακής Ενέργειας σε Πραγματικό Ουρανό..... | 292 |
| Εικόνα 270: Χάρτης με την ηλιακή ενέργεια (Wh/year) σε κάθε pixel κτηρίου..... | 294 |
| Εικόνα 271: Χάρτης Ετήσιας Ενέργειας στην Γερμανία από SOLARGIS..... | 295 |
| Εικόνα 272: Χάρτης Ετήσιας Ενέργειας στην Γερμανία από PVGIS..... | 296 |
| Εικόνα 273: Τα χαρακτηριστικά του ΦΒ πλαισίου που χρησιμοποιήθηκε ως παράδειγμα (LX-280M)..... | 298 |
| Εικόνα 274: Χάρτης PVGIS για συντελεστή μείωσης παραγόμενης ενέργειας από ΦΒ, η οποία οφείλεται σε ανακλάσεις, μεταβολή ηλιακού φάσματος, θερμοκρασία πάνελ (ακτινοβολία, θερμοκρασία περιβάλλοντος, ταχύτητες ανέμων), χαμηλή ηλιακή ακτινοβολία..... | 299 |
| Εικόνα 275: Διανυσματικός Χάρτης (PV_output_vector) Τμημάτων Κτηρίων και ετήσιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΦΒ ανά m ² (Wh/ m ² year)..... | 301 |
| Εικόνα 276: Τμήμα από το Attribute Table του PV_output_vector..... | 302 |
| Εικόνα 277: 1 ^ο μέρος – 1 ^η εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού Αριθμού ΦΒ σε Τμήματα Οροφών..... | 305 |
| Εικόνα 278: 2 ^ο μέρος – 1 ^η εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού Αριθμού ΦΒ σε Τμήματα Οροφών..... | 306 |
| Εικόνα 279: 3 ^ο μέρος – 1 ^η εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού Αριθμού ΦΒ σε Τμήματα Οροφών..... | 307 |
| Εικόνα 280: Πίνακας Χαρακτηριστικών για τα 10 Τμήματα Οροφών που προσδιορίστηκε ο αριθμός ΦΒ πλαισίων..... | 308 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 281: 1 ^ο μέρος – 2 ^{ης} εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού (και σχεδιασμού) Αριθμού ΦΒ σε Τμήματα Οροφών..... | 309 |
| Εικόνα 282: 2 ^ο μέρος – 2 ^{ης} εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού (και σχεδιασμού) Αριθμού ΦΒ σε Τμήματα Οροφών..... | 310 |
| Εικόνα 283: 3 ^ο μέρος – 2 ^{ης} εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού (και σχεδιασμού) Αριθμού ΦΒ σε Τμήματα Οροφών..... | 311 |
| Εικόνα 284: 4 ^ο μέρος – 2 ^{ης} εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού (και σχεδιασμού) Αριθμού ΦΒ σε Τμήματα Οροφών..... | 312 |
| Εικόνα 285: Κάποια από τα βήματα πάνω-κάτω για την 2 ^η σειρά ΦΒ, με βήμα αριστερά-δεξιά 0 στο Τμήμα Οροφής 1988..... | 313 |
| Εικόνα 286: Κάποια από τα βήματα αριστερά-δεξιά για την 2 ^η σειρά ΦΒ, με βήμα πάνω-κάτω 0 στο Τμήμα Οροφής 1988..... | 314 |
| Εικόνα 287: Τομές σειρών ΦΒ με το Τμήμα Οροφής Κτηρίου 1988 με βήμα πάνω-κάτω 2 και βήμα αριστερά-δεξιά 3. Οι γραμμές αυτές δημιουργούνται για να εξεταστεί πόσα ΦΒ χωράνε (ακέραια) σε κάθε γραμμή..... | 315 |
| Εικόνα 288: Βέλτιστη Διάταξη των LX-280M στο Τμήμα Οροφής 1988..... | 316 |

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

| | |
|--|------------|
| Διάγραμμα 1: Συνοπτικό Διάγραμμα Ροής Πληροφορίας στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου. (Ο αριθμός κάθε βέλους δηλώνει την χρονική σειρά, αναφέρονται μόνο οι βασικοί στόχοι σε κάθε επίπεδο και δίνονται μόνο τα κύρια χαρακτηριστικά του eCognition, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν)..... | 97 |
| Διάγραμμα 2: Γενικό μοντέλο ανάλυσης για στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 105 |
| Διάγραμμα 3: Συνοπτικό Διάγραμμα Ροής Πληροφορίας στο project του eCognition για τον Εντοπισμό Οροφών Κτηρίων. (Ο αριθμός κάθε βέλους δηλώνει την χρονική σειρά, αναφέρονται μόνο οι βασικές πληροφορίες σε κάθε επίπεδο)..... | 181 |
| Διάγραμμα 4: Ροή Πληροφορίας μεταξύ των Επιπέδων μέχρι αυτό το σημείο του Project. Οι αριθμοί στα βέλη υποδηλώνουν την χρονική σειρά της μεταφοράς δεδομένων. Project eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 220 |
| Διάγραμμα 5: Συνοπτικό Διάγραμμα Ροής Πληροφορίας μεταξύ Επιπέδων. Η αρίθμηση στα βέλη δηλώνει την χρονική σειρά μεταφοράς των δεδομένων και αναφέρονται οι βασικοί στόχοι των επιπέδων. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 277 |

Ευρετήριο Πινάκων

| | |
|---|-----|
| Πίνακας 1: Τα δεδομένα που παραχωρήθηκαν από την εταιρεία TopoSys GmbH για την εργασία..... | 31 |
| Πίνακας 2: No Data pixels σε κάθε εικόνα τα ποσοστά τους % με 7 δεκαδικά ψηφία ακρίβεια. | 37 |
| Πίνακας 3: Layers που εισήχθησαν στο eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D απεικόνισης..... | 44 |
| Πίνακας 4: Κατάτμηση Επιπέδου L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 49 |
| Πίνακας 5: Ταξινόμηση Επιπέδου L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 50 |
| Πίνακας 6: Κατάτμηση Επιπέδου L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 55 |
| Πίνακας 7: Ταξινόμηση Επιπέδου L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 56 |
| Πίνακας 8: Κατάτμηση Επιπέδου L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 66 |
| Πίνακας 9: Ταξινόμηση Επιπέδου L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 67 |
| Πίνακας 10: Κατάτμηση Επιπέδου L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 76 |
| Πίνακας 11: Ταξινόμηση Επιπέδου L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 76 |
| Πίνακας 12: Κατάτμηση Επιπέδου L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 82 |
| Πίνακας 13: Ταξινόμηση Επιπέδου L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 83 |
| Πίνακας 14: 6 ^η κατάτμηση στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 88 |
| Πίνακας 15: Ταξινόμηση Επιπέδου Level For Accuracy στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου..... | 90 |
| Πίνακας 16: Layers που εισήχθησαν στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 100 |
| Πίνακας 17: 1η κατάτμηση στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων... | 106 |
| Πίνακας 18: 2 ^η Κατάτμηση Επιπέδου L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 115 |
| Πίνακας 19: Κατάτμηση Επιπέδου U στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 117 |
| Πίνακας 20: Κατάτμηση Επιπέδου L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 130 |
| Πίνακας 21: 1 ^η ταξινόμηση στο Επίπεδο L1. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 131 |
| Πίνακας 22: 2 ^η Κατάτμηση Επιπέδου L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 141 |
| Πίνακας 23: 2 ^η Ταξινόμηση στο Επίπεδο L1. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 142 |

| | |
|--|------------|
| Πίνακας 24: Κατάτμηση Επιπέδου L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 148 |
| Πίνακας 25: 7η κατάτμηση στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.... | 156 |
| Πίνακας 26: 2 ^η Ταξινόμηση στο Επίπεδο L2. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 157 |
| <i>Πίνακας 27: 3^η Κατάτμηση Επιπέδου L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.....</i> | <i>160</i> |
| Πίνακας 28: 4 ^η Κατάτμηση Επιπέδου L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων..... | 164 |
| Πίνακας 29: 1 ^η Κατάτμηση για τον εντοπισμό αντικειμένων που εισβάλουν σε κτήρια, χωρίς να περικυκλώνονται από αυτά..... | 166 |
| <i>Πίνακας 30: 2η κατάτμηση στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων....</i> | <i>167</i> |
| Πίνακας 31: Τα layers που χρησιμοποιήθηκαν στο project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων των οροφών..... | 183 |
| Πίνακας 32: Κατάτμηση Επιπέδου L0 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 187 |
| Πίνακας 33: Κατάτμηση Επιπέδου L1 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 201 |
| Πίνακας 34: Κατάτμηση Επιπέδου L2 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 208 |
| Πίνακας 35: Κατάτμηση Επιπέδου L3 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 215 |
| Πίνακας 36: Κατάτμηση Επιπέδου L4 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 218 |
| Πίνακας 37: Κατάτμηση Επιπέδου L6 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 230 |
| Πίνακας 38: 7η κατάτμηση στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 238 |
| Πίνακας 39: Κατάτμηση Επιπέδου L8 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 244 |
| Πίνακας 40: 2 ^η Κατάτμηση στο Επίπεδο L8. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 248 |
| Πίνακας 41: Κατάτμηση Επιπέδου L9 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 249 |
| Πίνακας 42: 1 ^η κατάτμηση για αναδιαμόρφωση L9. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 251 |
| Πίνακας 43: 2 ^η κατάτμηση για αναδιαμόρφωση L9. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 252 |
| Πίνακας 44: 3 ^η κατάτμηση για αναδιαμόρφωση L9. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 253 |
| Πίνακας 45: Αποτελέσματα σε σχέση με το εμβαδό για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 275 |
| Πίνακας 46: Συνοπτικά αποτελέσματα σε σχέση με 4 γεωμετρικά χαρακτηριστικά για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών..... | 275 |
| Πίνακας 47: Τιμές albedo για κάθε μήνα στο σημείο 47.972, 10.178 από δεδομένα NASA..... | 282 |

| | |
|---|-----|
| Πίνακας 48: Βέλτιστη Διάταξη ΦΒ πλαισίων στο Τμήμα Οροφής 1988..... | 315 |
|---|-----|

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Προσδιορισμός Προβλήματος και Οργάνωση Εργασίας

1.1 Λίγα λόγια για την Ανάπτυξη

Κάθε έμβιο ον, αλληλεπιδρώντας με το “εξωτερικό” του περιβάλλον παρουσιάζει την φυσική τάση να αναζητά τις καλύτερες συνθήκες επιβίωσής του, κάθε χρονική στιγμή. Στην περίπλοκη και διαρκώς μεταβαλλόμενη πραγματικότητα που έχει δημιουργήσει, που αντιμετωπίζει γύρω του και κατά την εξέλιξή του, ο άνθρωπος:

Η συνεχής διαδικασία αναζήτησης “καλύτερης” θέσης ισορροπίας μεταξύ της περιβαλλοντικής, οικονομικής, τεχνολογικής, κοινωνικής, πολιτικής και πολιτισμικής κατάστασης μπορεί να περιγράψει τον όρο και την διαδικασία της “ανάπτυξης”.

Οι άνθρωποι σε μεγάλο βαθμό καλύπτουν τις ανάγκες τους, μέσα από την κοινωνία και δεν μπορούν να πράξουν διαφορετικά. Επομένως, το ατομικό συμφέρον δεν νοείται να εξεταστεί αποκομμένο από την κοινωνική κατάσταση και η ατομική ευτυχία όλων μας περνά μέσα από τους σχεδιασμούς των κοινωνιών για την ανάπτυξη. Ο προσδιορισμός της σημασίας που αποδίδεται στην λέξη καλύτερη είναι αποτέλεσμα κοινωνικών ζυμώσεων και συγκρούσεων στο πολιτικό επίπεδο, που επηρεάζει και επηρεάζεται από την επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο.

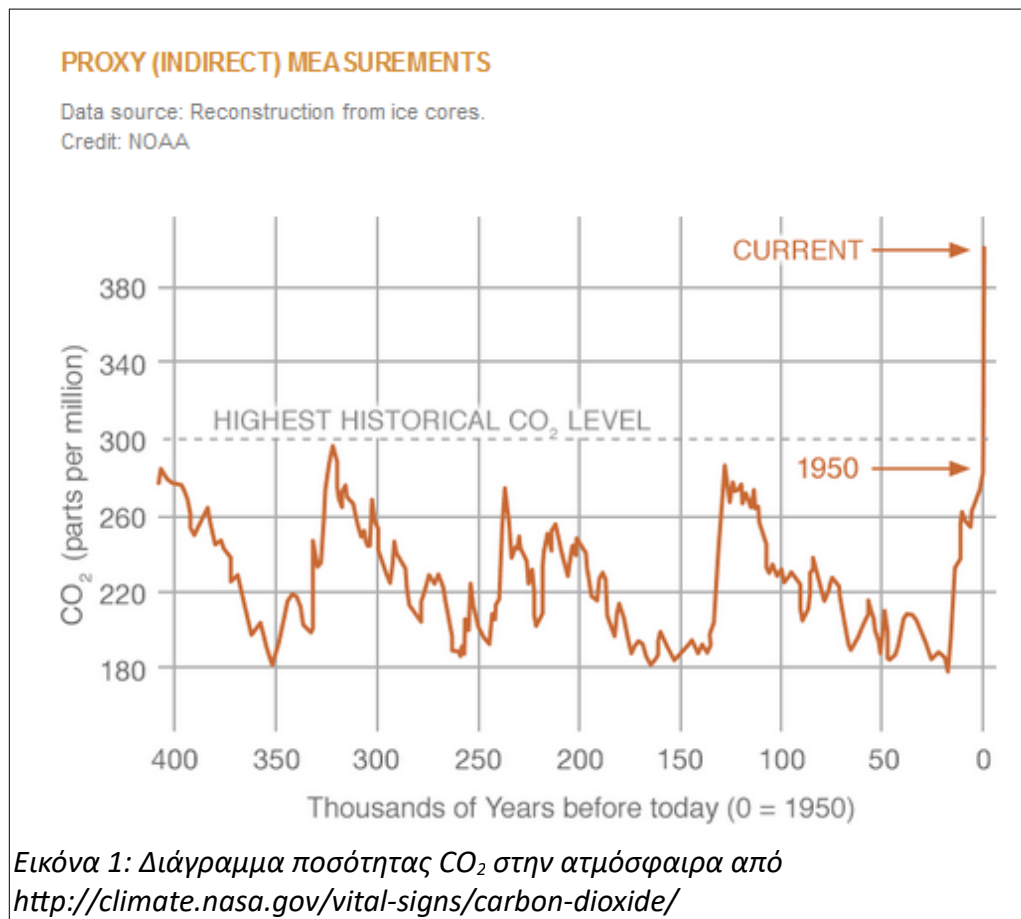
Στην σημερινή κατάσταση, παγκοσμίως, η περιβαλλοντική διάσταση αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα και τα περιβαλλοντικά ζητήματα έρχονται στο προσκήνιο των κοινωνικών αναζητήσεων. Η ιλιγγιώδης ανάπτυξη των παραγωγικών δυνάμεων που έφερε η Βιομηχανική Επανάσταση ανάγει την προστασία του περιβάλλοντος και την προσαρμογή στις αλλαγές του, ως διεργασίες απαραίτητες για την διασφάλιση της επιβίωσης του ανθρώπινου είδους. Συνεπώς, κάθε επιστημονική και τεχνολογική προσπάθεια πρέπει να στοχεύει στην παραγωγή της υπάρχουσας ή καλύτερης ποιότητας και ποσότητας αγαθών, σε λιγότερο χρόνο και ταυτόχρονα, να επιχειρεί να λύσει τον δύσκολο γρίφο της αρμονίας με το φυσικό περιβάλλον. Η επιστημονική κοινότητα είναι αναγκασμένη να μπει σε αυτό το παιχνίδι και αναγκασμένη να δώσει λύσεις! (Βλαχούλης κ.α. [8])

1.2 Κλιματική Αλλαγή

Ένα από τα μεγαλύτερα, αν όχι το μεγαλύτερο, περιβαλλοντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει, αυτή την στιγμή η ανθρωπότητα είναι η κλιματική αλλαγή. Ο όρος κλιματική αλλαγή αναφέρεται

κυρίως στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, αλλά και στο λιώσιμο των πάγων, στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας, στις αλλαγές στα οικοσυστήματα και στις συνέπειες που έχουν όλα αυτά. Το βασικό φαινόμενο στο οποίο οφείλεται η κλιματική αλλαγή είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου που αδιαμφισβήτητα, πλέον, σχετίζεται με την ανθρώπινη δραστηριότητα και ειδικότερα με την εκπομπή CO₂ κατά την παραγωγή ενέργειας.

Στην καλύτερη κατανόηση των μηχανισμών του περιβάλλοντος και της συσχέτισής τους με τον ανθρώπινο παράγοντα, κομβικό ρόλο έπαιξε και παίζει τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη των δορυφορικών τεχνολογιών και η επιστήμη της τηλεπισκόπησης.



Οι μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον που συνοδεύουν την κλιματική αλλαγή είναι:

- το λιώσιμο των πάγων
- η μείωση του pH των ωκεανών
- η αύξηση του όγκου των υδάτων, που καλύπτουν περίπου τα 2/3 του πλανήτη
- η υποβάθμιση της ποιότητας και η μείωση του πόσιμου νερού
- η συχνότερη εμφάνιση καυσώνων
- ο μεγαλύτερος κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιών
- η ερημοποίηση περιοχών ταυτόχρονα με την όξυνση των φαινομένων έντονων

- βροχοπτώσεων, που θα αυξήσουν τις κατολισθήσεις
- η αύξηση των δυνατών ανέμων και των κυκλώνων
- η αλλαγή στις συνθήκες διαβίωσης της χλωρίδας
- η αλλαγή στην ανάπτυξη και στην επιβίωση της πανίδας, με άμεσο αποτέλεσμα την μετανάστευση ή την εξαφάνιση ειδών
- η απότομη ανισορροπία στις συνθήκες ανάπτυξης μικροοργανισμών που θα επηρεάσει την ισορροπία και την υγεία των οικοσυστημάτων

Εξετάζοντας την σύνδεση αυτών των γενικών προβλημάτων με την ανθρώπινη ύπαρξη συμπεραίνουμε ότι η κλιματική αλλαγή συνεπάγεται ένα πρόβλημα μείωσης διαθέσιμων ζωτικών πόρων, αύξησης των δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών και απειλής της ανθρώπινης υγείας:

- μειώνεται το πόσιμο νερό
- μειώνονται οι εκτάσεις γης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον άνθρωπο για να ζήσει
- καταστρέφονται οι υποδομές σε κάποια σημεία του πλανήτη που ήδη ζει ο άνθρωπος. Κι εδώ υπογραμμίζεται ότι ο μεγαλύτερος πληθυσμός ζει γύρω από την θάλασσα και οι μεγαλύτερες πόλεις έχουν χτιστεί παραθαλάσσια
- η υπερθέρμανση δημιουργεί δυσκολίες επιβίωσης στις πόλεις και στην ύπαιθρο κατά τους θερινού μήνες
- αυξάνονται τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι φυσικές καταστροφές
- μειώνονται οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις και άρα η ποσότητα τροφίμων που παράγεται
- οι νέες κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν την χλωρίδα και την πανίδα από τις οποίες εξαρτάται η ανθρωπότητα και επομένως πάλι προκύπτει πρόβλημα μείωσης τροφής
- ανακύπτει όξυνση των προβλημάτων υγείας

Για να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή, οι κοινωνίες καλούνται να μειώσουν την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και να αναπτύξουν μεθόδους καθαρισμού της ατμόσφαιρας. Αυτά για να επιτευχθούν, απαιτούν:

1. να μειωθεί η ενέργεια που καταναλώνεται
2. να αλλάξει ο τρόπος παραγωγής ενέργειας
3. να γίνεται αποτελεσματικότερη διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας
4. να αλλάξει το μέρος που διοχετεύονται τα αέρια του θερμοκηπίου
5. να ενισχυθούν οι φυσικοί μηχανισμοί απορρόφησης του CO₂ από την ατμόσφαιρα, όπως π.χ. προστατεύοντας τα δάση και επεκτείνοντας το αστικό πράσινο
6. να προχωρήσει η έρευνα και να αναπτυχθούν καινοτόμες διεργασίες για την εξυγίανση της ατμόσφαιρας

Επομένως, για την επαναφορά ή τον μετριασμό ή την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή χρειάζεται ένας επιστημονικός άθλος, όλων των επιστημών και με διεπιστημονικό τρόπο. Τόσο θετικών, όσο και θεωρητικών κλάδων. **Σε αυτό το εγχείρημα η τηλεπισκόπηση και η πληροφορική φαίνεται να έχουν πρωταγωνιστική θέση!** (Ι.Βλαχούλης [6])

1.3 Το θέμα της Εργασίας

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στην προσπάθεια αλλαγής του τρόπου παραγωγής ενέργειας. Δηλαδή, στην μεταπήδηση από την καύση ορυκτών καυσίμων, στην αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Δεν πρόκειται για μία μέθοδο που ασχολείται άμεσα με την εγκατάσταση ΑΠΕ, αλλά για μία έμμεση και προγενέστερη δουλειά που παρέχει πληροφορίες ώστε, να γίνει πιο μαζική και πιο εύκολη η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Άρα, η μελέτη που παρουσιάζεται αποτελεί ένα προστάδιο που σε μεγάλη έκταση του χώρου προσπαθεί να οργανώσει και να επιτρέψει την αποδοτικότερη και αποτελεσματικότερη χρήση των ΑΠΕ.

Στόχος, ήταν να εκτιμηθεί το δυναμικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά (ΦΒ), στις οροφές των κτηρίων μίας πόλης και να εξαχθούν τα καταλληλότερα κτήρια για την τοποθέτηση ΦΒ.

Παράλληλα, εκτός από τον περιβαλλοντικό και κοινωνικό σκοπό της εργασίας, που ήταν ο κυριότερος και το έναυσμα για να γίνει - η μελέτη αποτελεί κι ένα εργαλείο για την διεύρυνση της αγοράς των ΦΒ πλαισίων. Καθώς, παρέχει πληροφορίες σε επενδυτές, ιδιώτες, κατασκευαστές πάνελς και κατασκευαστές εγκαταστάσεων για τις πόλεις και τα κτήρια σε κάθε πόλη, τα οποία είναι πιο σημαντικά. Συνιστά, δηλαδή, ένα εργαλείο μείωσης του ρίσκου και πιθανής αύξησης των κερδών για τους ενδιαφερόμενους.

1.4 Οργάνωση Κειμένου

Το 1^ο κεφάλαιο σε αυτή την εργασία προσδιορίζει το πρόβλημα στο οποίο αναζητούνται λύσεις. Τα επόμενα δύο κεφάλαια (2^ο-3^ο) παρουσιάζουν την θεωρία, τις γνώσεις και τα εργαλεία πάνω στα οποία στηρίχτηκε η μελέτη για να παράξει τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα. Το 4^ο κεφάλαιο αποτελεί την καρδιά του κειμένου και παρουσιάζει όλη την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε και τα αποτελέσματα κάθε υλοποίησης:

- η ενότητα 4.2 παρουσιάζει την περιοχή μελέτης
- η ενότητα 4.3 περιέχει τα δεδομένα που ήταν διαθέσιμα
- η ενότητα 4.4 δίνει τα βασικά συμπεράσματα από φωτοερμηνεία
- η ενότητα 4.5 αναλύει την προεπεξεργασία

Από εκεί και κάτω, η ενότητα 4.6 συμπεριλαμβάνει 4 κύριες διεργασίες που πραγματοποιήθηκαν:

- στην 4.6.1 την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου
- στην 4.6.2 τον εντοπισμό των οροφών κτηρίων
- στην 4.6.3 την εξαγωγή των τμημάτων των οροφών κτηρίων και τον διαχωρισμό τους σε επίπεδα και επικλινή
- στην 4.6.4 την εκτίμηση της ηλιακής ενέργειας σε κάθε τμήμα οροφής και τον προσδιορισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Τέλος, στο 5^ο κεφάλαιο συμπυκνώνονται τα συμπεράσματα από την εργασία και δίνονται ερεθίσματα για την εκπόνηση άλλων εργασιών. Οι προτάσεις που αναφέρονται αφορούν είτε σε αναγκαίες μελέτες που πρέπει να πλαισιώσουν την υπάρχουσα, είτε σε προοπτικές βελτιστοποίησης της υπάρχουσας.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας και Θεωρία

2.1 Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Υπάρχουν αρκετές δημοσιεύσεις που έχουν παρόμοιους στόχους με την παρούσα εργασία. Όλες όσες εξετάστηκαν παρατίθενται στην βιβλιογραφία. Ενδεικτικά, παρουσιάζονται οι πιο ενδιαφέρουσες από αυτές κι αυτές που έχουν την μεγαλύτερη συνάφεια με το θέμα, στο σύνολο τους ή σε κάποια σημεία τους.

Αρχικά, είναι οι εργασίες των Jaroslav Hofierka, Marcel Súri οι οποίοι δημιούργησαν το module r.sun στο GRASS GIS και περιέγραψαν την πρώτη μεθοδολογία για την χρησιμοποίησή του ώστε, να προσδιοριστεί το δυναμικό ηλιακής ενέργειας σε μεγάλες εκτάσεις. Συγκεκριμένα, υπολόγισαν την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε ΦΒ για όλη την Κεντρική-Ανατολική Ευρώπη και για την Σλοβακία (J. Hofierka, M. Súri [67] και [15]). Σε αυτές τις μελέτες, οι συνθήκες σε πραγματικό ουρανό προσδιορίζονται από επίγειους σταθμούς μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Έπειτα, οι Hofierka, Kanuk, έδειξαν τις δυνατότητες προσαρμογής του r.sun σε πολλές διαφορετικές χωρικές αναλύσεις και την ικανότητα του να εφαρμοσθεί στο χωρικό επίπεδο μίας πόλης (Hofierka, Kanuk [21]). Αντίστοιχη, σε χωρικές αναλύσεις με την παρούσα εργασία είναι και η Camargo et al [62] στην οποία εξετάζεται και το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο για την εύρεση των καταλληλότερων θέσεων εγκατάστασης ΦΒ. Οι Teves et al [56] ερεύνησαν αν το r.sun μπορεί να εφαρμοσθεί και σε άλλες περιοχές πέρα από την Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη, για τις οποίες είναι σχεδιασμένο, και έδειξαν ότι αποτελέσματα για τις Φιλιππίνες είναι ικανοποιητικά.

Οι J. Álvarez et al [29] παρουσίασαν έναν τρόπο υπολογισμού των συντελεστών μείωσης την ηλιακής ακτινοβολίας σε πραγματικό ουρανό, όταν η συννεφιά μετρείται σε oktas. Από την άλλη ο Thomas Huld [53] και [45] έδωσε την περιγραφή της διαδικασίας που μπορεί να εφαρμοσθεί,

όταν για την εκτίμηση της επίδρασης της ατμόσφαιρας χρησιμοποιούνται δορυφορικά δεδομένα. Σε αυτές τις δημοσιεύσεις δίνεται κι ένας αρκετά επεξηγηματικός τρόπος χρήσης του r.sun.

Συνεχίζοντας την ανασκόπηση για το r.sun οι J. Hofierka, M. Zlocha [14], παρατήρησαν ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα μπορεί να προσομοιώσει αξιόπιστα την ηλιακή ενέργεια σε οροφές κτηρίων, αλλά για την εκτίμηση σε πλάγιες επιφάνειες κτηρίων απαιτείται ένα νέο πρόγραμμα που θα χρησιμοποιεί 3D δεδομένα.

Οι A. K. Adeleke, J. L. Smit [36] έκαναν μία παραπλήσια εργασία με αυτή που παρουσιάζεται σε αυτό το κείμενο. Χρησιμοποίησαν LIDAR και πολυφασματικά δεδομένα, εντόπισαν, τις οροφές των κτηρίων με χρήση κανόνων και αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας, προσομοίωσαν την ηλιακή ενέργεια μόνο σε καθαρό ουρανό με την βοήθεια του r.sun και υπολόγισαν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΦΒ για τα κτήρια του Cape Town. Ακόμα, οι Z. Li et al [28], στο πρώτο μέρος της μελέτης τους, εξήγαγαν τα κτήρια, μόνο από LIDAR δεδομένα, με αξιοποίηση κανόνων και αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας και χρησιμοποίησαν και πάλι το r.sun για καθαρό ουρανό.

Επιπρόσθετα, οι K. Mainzer et al [22], αν και δεν χρησιμοποιούν το r.sun, παρουσιάζουν μεθόδους για την εξαγωγή των τμημάτων των οροφών κτηρίων, μόνο από δεδομένα στο οπτικό φάσμα και χρησιμοποιούν ένα αλγόριθμο για την εύρεση του αριθμού των ΦΒ πλαισίων σε κάθε οροφή. Προχωρώντας, ταυτόχρονα, την ανάλυση από το ενεργειακό και στο οικονομικό επίπεδο.

2.2 Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.2.1 Τηλεπισκόπηση

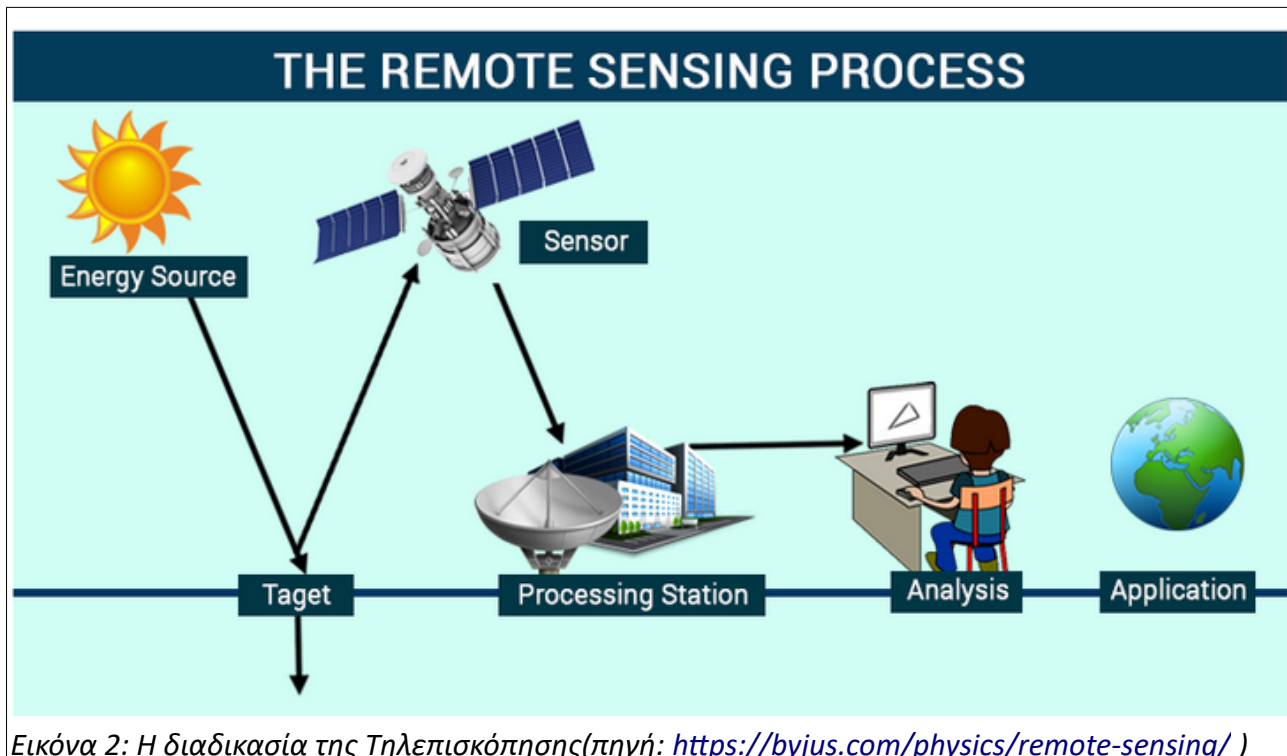
Η τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη και η τέχνη της απόκτησης πληροφοριών για ένα αντικείμενο, μία περιοχή ή ένα φαινόμενο δια μέσου της ανάλυσης δεδομένων, τα οποία έχουν αποκτηθεί από μία συσκευή, η οποία δεν είναι σε επαφή με το υπό έρευνα αντικείμενο, περιοχή ή φαινόμενο (Δ. Αργιαλάς [10]).

Οι περισσότερες εφαρμογές τηλεπισκόπησης, συμπεριλαμβανομένης και της παρούσας, χρησιμοποιούν δέκτες, οι οποίοι αξιοποιούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Για να πραγματοποιηθεί μία μελέτη τηλεπισκόπησης απαιτούνται:

- μία πηγή ενέργειας
- η διάδοση της ενέργειας σε ένα μέσο, μέχρι τον στόχο
- η αλληλεπίδραση της μεταφερόμενης ενέργειας με τον στόχο
- η αναμετάδοση της παραγόμενης ενέργειας
- η λήψη της ενέργειας από δέκτες (π.χ. αερομεταφερόμενους ή δορυφορικούς)
- η παραγωγή, από τους δέκτες, δεδομένων σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή

- ένα σύστημα ανάλυσης των δεδομένων (το οποίο μπορεί να συνδυάζει και βοηθητικά δεδομένα)
- ένας τρόπος παρουσίασης των εξαγόμενων πληροφοριών στους ενδιαφερόμενους χρήστες, για το αντικείμενο, την περιοχή ή το φαινόμενο



2.2.2 Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Εικόνας

Η Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Εικόνας είναι μία μεθοδολογία ανάλυσης που βασίζεται στην αντίληψη ότι σε κάθε εικόνα υπάρχουν μέρη-τμήματα, κυρίως γειτονικά, που παρουσιάζουν ομοιογένεια. Η διαδικασία αυτή σχετίζεται, γενικότερα, με τον τρόπο αντίληψης του ανθρώπου που δεν “βλέπει” απλά σημεία στο οπτικό του πεδίο, αλλά τα συσχετίζει και, ανάλογα με το επίπεδο αφαιρετικής σκέψης που επιλέγει για κάθε πρόβλημα, σχηματίζει ξεχωριστά σημασιολογικά αντικείμενα. Επίσης, και πάλι πιο κοντά στον ανθρώπινο τρόπο σκέψης, η Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Εικόνας ξετυλίγεται πάνω στις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των εννοιολογικών αντικειμένων, θεωρώντας ότι αυτές έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα έναντι των σχέσεων μεταξύ των σημείων της εικόνας.

Στην ψηφιακή ανάλυση εικόνας, η μεθοδολογία της διαχείρισης σημείων έγκειται στην ανάλυση σε επίπεδο pixel, με όποια διακριτική ικανότητα αυτό φέρει. Η ανάλυση σε επίπεδο pixel, λοιπόν, παρουσιάζει προβλήματα, όπως ότι:

- δεν μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα μέθοδοι στατιστικής και αναγνώρισης προτύπων

- λόγω της ετερογένειας των σύγχρονων δεδομένων υπάρχει δυσκολία στην απόδοση ικανοποιητικών αποτελεσμάτων ταξινόμησης.
- δεν λαμβάνεται υπόψη το σχήμα και η κλίμακα των σημασιολογικών αντικειμένων της εικόνας
- δεν χρησιμοποιείται η πληροφορία των χωρικών σχέσεων μεταξύ των σημασιολογικών αντικειμένων της εικόνας

(Αργιαλάς και Τζώτσος [2])

Προφανώς, η χρήση της Αντικειμενοστρεφούς Ανάλυσης Εικόνας δεν έχει νόημα, κατά την επίλυση ενός προβλήματος, όταν η χωρική ανάλυση των pixels, περιέχει μεγαλύτερη έκταση από τα σημασιολογικά αντικείμενα που απαιτούνται για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος. Σήμερα όμως,

- όσο αυξάνεται η διακριτική ικανότητα των δεκτών λήψεις τηλεπισκοπικών δεδομένων
- όσο αυξάνεται η υπολογιστική ισχύς και γίνεται εφικτή η διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων, με αποτέλεσμα να ζητούνται εφαρμογές πιο ειδικές, σε μεγαλύτερο βάθος και πιο λεπτομερείς

ο ρόλος της Αντικειμενοστρεφούς Ανάλυσης Εικόνας γίνεται πρωταγωνιστικός!

Η διαδικασία της Αντικειμενοστρεφούς Ανάλυσης Εικόνας περνά μέσα από 4 κύρια βήματα:

1. την Κατάτμηση της εικόνας για την δημιουργία πρωτογενών αντικειμένων
2. την ανάπτυξη Βάσης Γνώσης, την δόμηση Κανόνων, την χρήση “έξυπνων” Στατιστικών Μεθόδων για την ομαδοποίηση των πρωτογενών αντικειμένων
3. τη Ταξινόμηση των πρωτογενών αντικειμένων σε εννοιολογικά-σημασιολογικά αντικείμενα
4. την εκτέλεση πράξεων Αλλαγής Σχήματος στα σημασιολογικά αντικείμενα για την βελτίωση της ταξινόμησης

(Αργιαλάς και Τζώτσος [2])

Στην διαδρομή υλοποίησης όλων αυτών των σταδίων είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν αλγόριθμοι σε επίπεδο pixel ή πρωτογενούς αντικειμένου για την κατάτμηση της εικόνας, η Τεχνητή Νοημοσύνη, η Ασαφής Λογική (fuzzy logic), η Λογική Άλγεβρα, η αντικειμενοστρεφής αντίληψη του κόσμου, ευρύτερα, με την δόμηση ιεραρχίας (κληρονομικότητα) για τον καθορισμό κανόνων. Ακόμα, πρέπει να χρησιμοποιηθούν αποδοτικοί αλγόριθμοι ταξινόμησης και μπορεί να εφαρμοστούν μέθοδοι Μηχανικής Μάθησης (machine learning) σε Επιβλεπόμενες ή μη-Επιβλεπόμενες μεθόδους. Ταυτόχρονα, όλες οι δυνατότητες της ανάλυσης εικόνας σε επίπεδο pixel δεν χάνονται, αλλά μπορούν να εφαρμοστούν πριν, κατά την διάρκεια ή μετά την Αντικειμενοστρεφή Ανάλυση Εικόνας ως βοηθητικά στοιχεία.

Η απόφαση για μεταπήδηση σε αυτή την θεώρηση ανοίγει μία πληθώρα περισσότερων δεδομένων από την ανάλυση σε επίπεδο ρικελ ή ακριβέστερα αξιοποιεί πολύ μεγαλύτερο μέρος της διαθέσιμης πληροφορίας από την ίδια εικόνα. Έτσι, Οι ιδιότητες σε ένα αντικειμενοστρεφές σύστημα ανάλυσης εικόνας μπορούν να αφορούν στο χρώμα, στο σχήμα, στην υφή, στην σχέση του αντικειμένου με το περιβάλλον του, στην τοπολογία του με άλλες κατηγορίες, στην αλληλοκάλυψη με άλλα επίπεδα ανάλυσης κ.α. (Αργιαλάς και Τζώτσος [2]).

2.2.3 Φωτοβολταϊκά

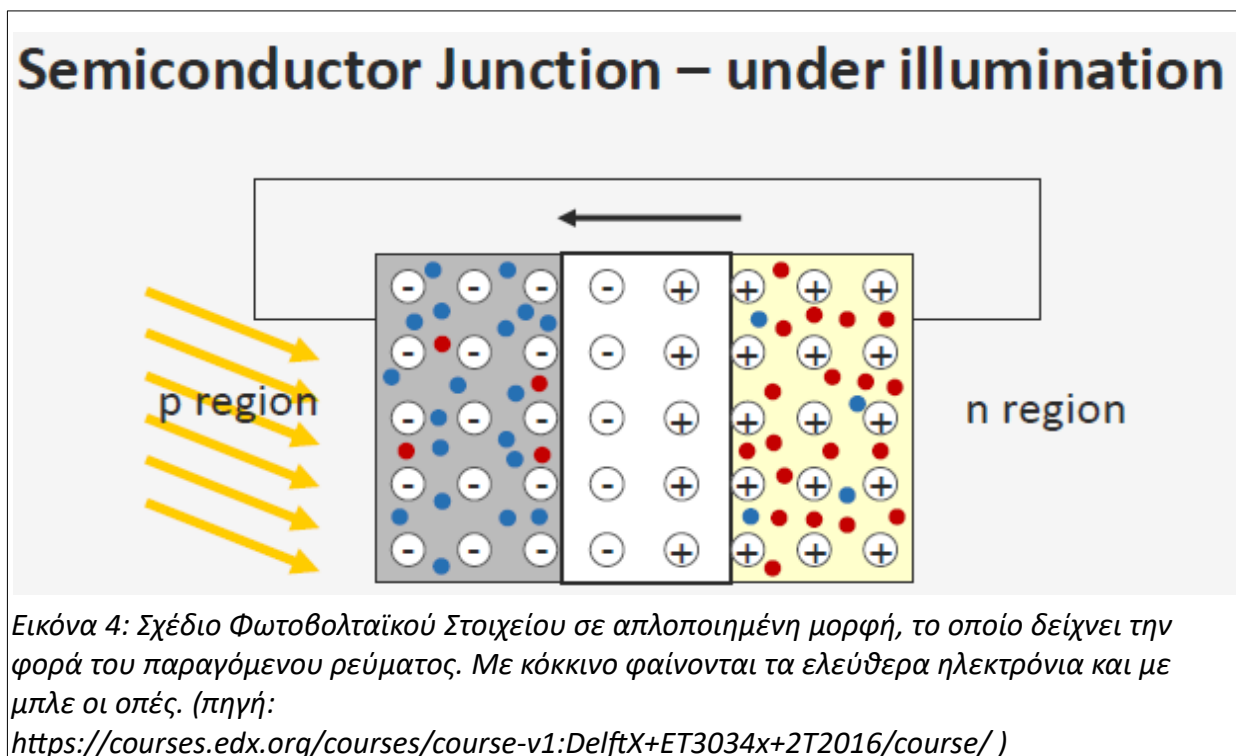
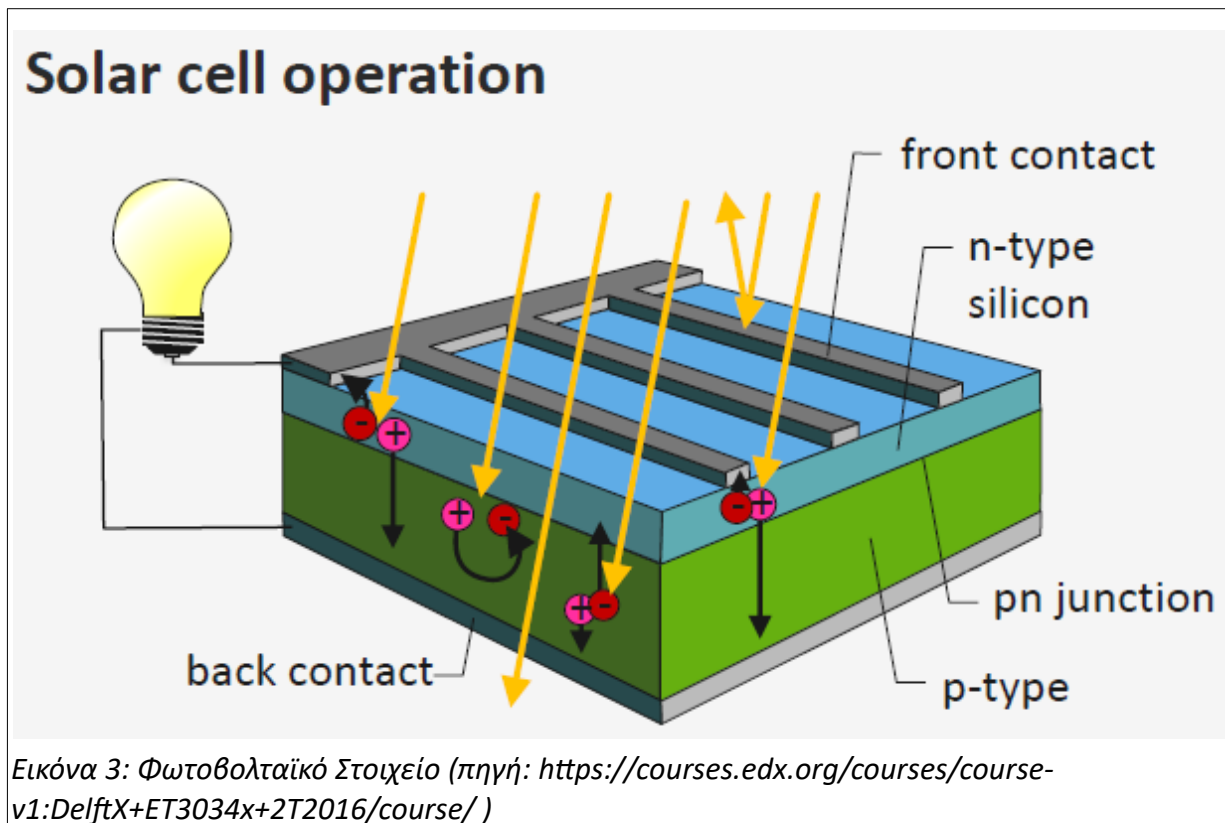
Τα φωτοβολταϊκά είναι συσκευές που μετατρέπουν την ενέργεια ορισμένης φωτεινής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Δηλαδή, είναι γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος με πηγή την ηλιακή ακτινοβολία. Η λειτουργία τους βασίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο και κατασκευάζονται από ημιαγωγούς οι οποίοι σχηματίζουν μία δίοδο. Το επικρατέστερο υλικό δημιουργίας ΦΒ είναι το πυρίτιο.

Οι ημιαγωγοί είναι υλικά που υπό κάποιες συνθήκες συμπεριφέρονται ως αγωγοί ηλεκτρικού ρεύματος και υπό άλλες συνθήκες συμπεριφέρονται ως μονωτές. Η διαφορά των ημιαγωγών σε σχέση με τους αγωγούς είναι ότι συνήθως δεν έχουν επαρκή ποσότητα ελεύθερων ηλεκτρονίων. Από την άλλη, σε σχέση με τους μονωτές οι ημιαγωγοί απαιτούν μικρή παροχή ενέργειας για να μετατραπεί ένας σημαντικός αριθμός ηλεκτρονίων, σε ελεύθερα ηλεκτρόνια. Αυτή η ποσότητα ενέργειας, η οποία απαιτείται, ονομάζεται ενεργειακό διάκενο. Όταν ένα ηλεκτρόνιο απελευθερώνεται για κάποιο χρονικό διάστημα υπό την μεταφορά ενέργειας σε έναν ημιαγωγό, ταυτόχρονα, δημιουργείται μία οπή, δηλαδή, μία θέση που προσελκύει πιο έντονα, από ότι στους αγωγούς, ηλεκτρόνια.

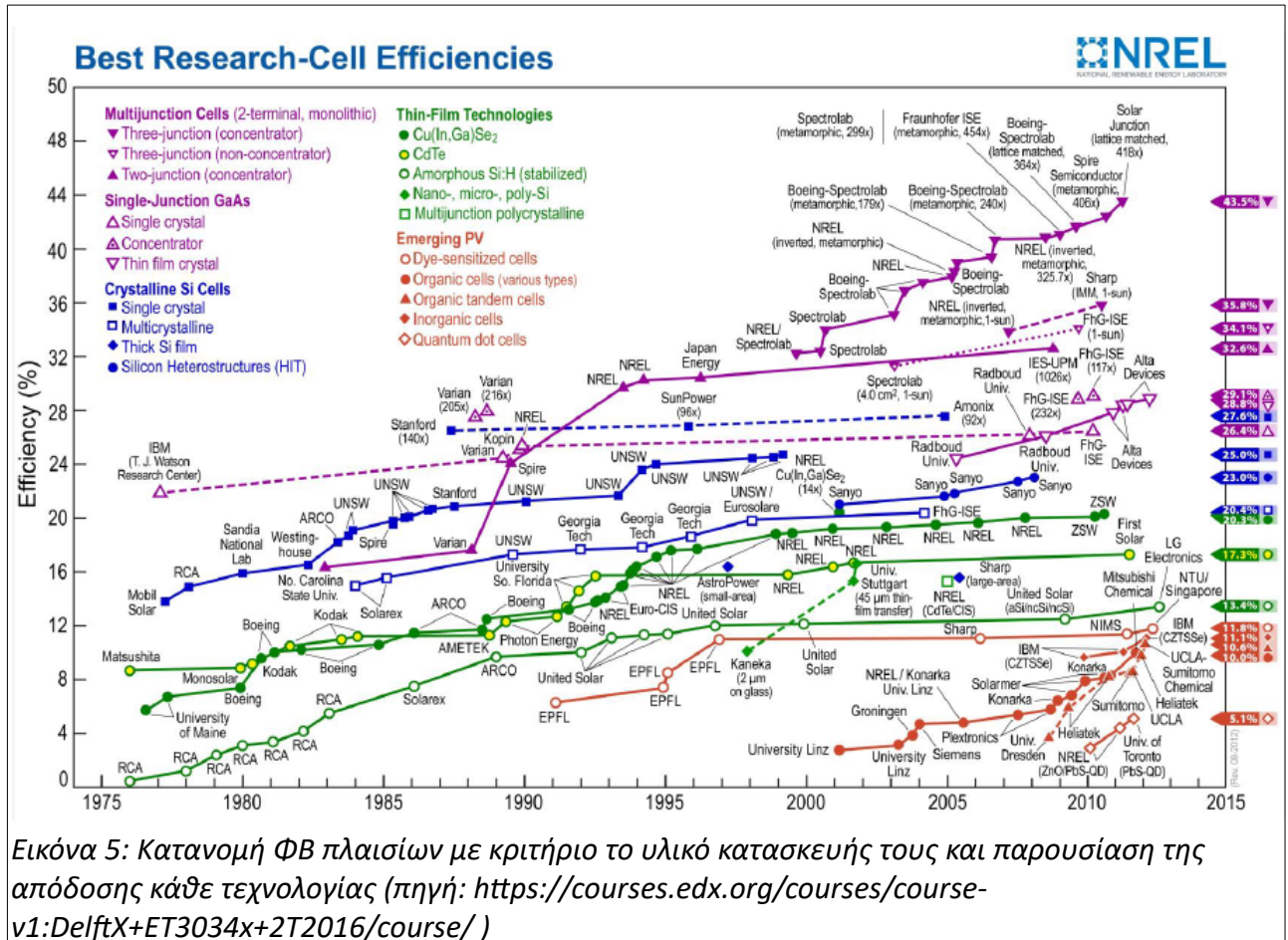
Με προσμίξεις στοιχείων σε έναν ημιαγωγό, τα οποία έχουν περισσότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στοιβάδα ή λιγότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στοιβάδα, ο ημιαγωγός μπορεί να μετατραπεί σε ένα υλικό που διαθέτει μεγαλύτερη δυναμική στην παραγωγή ελεύθερων ηλεκτρονίων (n-τύπος) και πλειοψηφία ελεύθερων ηλεκτρονίων σε σχέση με οπές, ή αντίστροφα (p-τύπος). Η σύνδεση των υλικών p-n δημιουργεί μία δίοδο, όπου το αποτέλεσμα είναι στην επαφή τους, με τις αντιθετικές δυνάμεις που ασκούνται, να μεταφέρονται ορισμένα ηλεκτρόνια από τον n-τύπο (φορτίζοντάς τον θετικά) στον p-τύπο (φορτίζοντάς τον αρνητικά). Έτσι, δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο.

Κατά το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, μέρος του φωτός που προσπίπτει στην p πλευρά της διόδου απορροφάται και διεγείρει τα ηλεκτρόνια του υλικού. Τα ηλεκτρόνια που αποκτούν την ενέργεια να ξεπεράσουν το ενεργειακό διάκενο και να υπερβούν το ηλεκτροστατικό φράγμα δυναμικού (από το ηλεκτρικό πεδίο), στην συνέχεια ωθούνται από το ηλεκτρικό πεδίο. Συνεπώς, με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Επομένως, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, ουσιαστικά είναι δίοδοι που εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία και έχουν τέτοια χαρακτηριστικά, ώστε τα φωτόνια της ηλιακής ακτινοβολίας να μπορούν να απορροφηθούν και να παράξουν ηλεκτρική ενέργεια.

Ένα ΦΒ πλαίσιο κατασκευάζεται από πολλά ΦΒ στοιχεία που ηλεκτρολογικά συνδέονται σε σειρά. Για να γίνει αυτή σύνδεση χρησιμοποιούνται και επιπλέον υλικά, όπως καλώδια για τις συνδέσεις, πλαίσια αλουμινίου, ενισχυμένο γυαλί, διάφανες ρυτίνες, υμένες προστασίας κ.α.



Τα ΦΒ πλαίσια, συνήθως, κατηγοριοποιούνται με δύο τρόπους. Πρώτον, με κριτήριο την ενεργειακή τους απόδοση σε συνάρτηση με το κόστος παραγωγής ταξινομούνται σε 1^{ης}, 2^{ης} ή 3^{ης} γενιάς. Δεύτερον, με κριτήριο το υλικό του ημιαγωγού που χρησιμοποιούν για την απορρόφηση των φωτονίων του ηλιακού φάσματος, κατανέμονται σε αρκετές ομάδες που δίνονται στην Εικόνα 4. Σήμερα, τα ΦΒ πυριτίου επικρατούν και τα μονοκρυσταλλικά θεωρούνται αρκετά αποδοτικά.



Εικόνα 5: Κατανομή ΦΒ πλαισίων με κριτήριο το υλικό κατασκευής τους και παρουσίαση της απόδοσης κάθε τεχνολογίας (πηγή: <https://courses.edx.org/courses/course-v1:DelftX+ET3034x+2T2016/course/>)

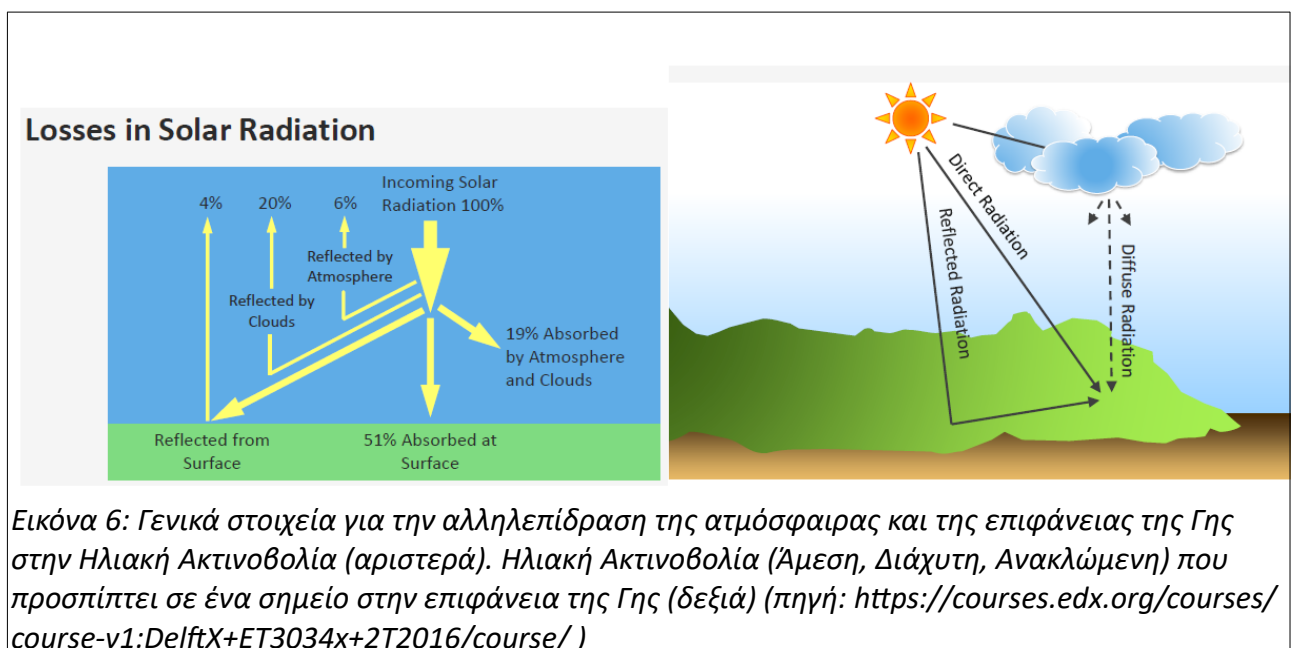
2.2.4 Ηλιακή Ακτινοβολία στην Επιφάνεια της Γης

Η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο, στο εκλειπτικό επίπεδο, σε ελλειπτική τροχιά και μία περιστροφή της Γης ολοκληρώνεται στην διάρκεια ενός έτους. Αυτό σημαίνει ότι η απόσταση Γης-Ήλιου μεταβάλλεται μέσα σε ένα έτος με την μικρότερη απόσταση να αναφέρεται ως περιήλιο και την μεγαλύτερη ως αφήλιο. Αυτή η μεταβολή της απόστασης μεταξύ του πλανήτη μας και του Ήλιου, συνεπάγεται ότι η ακτινοβολία που φτάνει στην περίμετρο της Γης αλλάζει.

Ακόμα, ο άξονας της Γης (πολικός άξονας) δεν είναι κάθετος στο εκλειπτικό επίπεδο, αλλά σχηματίζει μία γωνία περίπου 23,45°. Γεγονός, που συνεπάγεται ότι κάθε σημείο στην επιφάνεια της Γης δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία υπό διαφορετική γωνία πρόσπτωσης.

Από την στιγμή που οι ακτίνες του Ήλιου φτάνουν στις εξωτερικές στοιβάδες της γήινης ατμόσφαιρας, επηρεάζονται από αυτήν, με αποτέλεσμα να αλλάζει το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Η διαμόρφωση της ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα, εξαρτάται από την σύσταση της ατμόσφαιρας και από την διαδρομή (πάχος ατμόσφαιρας) που διανύουν οι ακτίνες φωτός μέχρι να φτάσουν στην επιφάνεια. Στην ατμόσφαιρα η ακτινοβολία ανακλάται, απορροφάται και διαχέεται. Στην συνέχεια, στην επιφάνεια του πλανήτη, επίσης, ένα τμήμα της ακτινοβολίας απορροφάται ή ανακλάτε.

Επομένως, η ηλιακή ενέργεια που καταλήγει σε κάθε σημείο της επιφάνειας της Γης καθορίζεται από την κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο, από την γεωγραφική θέση του σημείο, από την σύσταση της ατμόσφαιρας κατά την διαδρομή της ακτινοβολίας και από τους μηχανισμούς αλληλεπίδρασης του φωτός στην ατμόσφαιρα και την επιφάνεια της Γης.

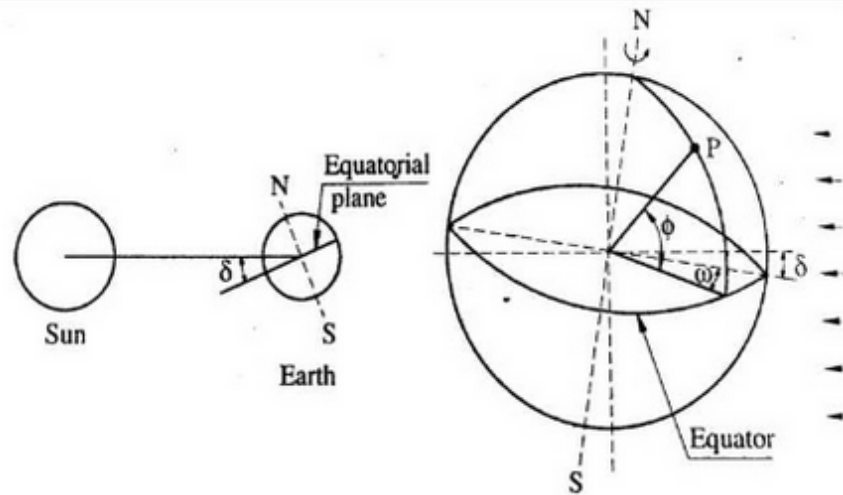


2.2.5 Η Θέση Ήλιου, Γης, ΦΒ πλαισίου

Στις μελέτες που σχετίζονται την Ήλιο είναι προτιμότερο, το σημείο αναφοράς να ορίζεται στην Γη. Δηλαδή, να εξετάζεται η σχετική θέση του Ήλιου ως προς την Γη.

Για τον προσδιορισμό του σημείου που βρίσκεται ο Ήλιος σε σχέση με μία τοποθεσία της Γης, κάθε χρονική στιγμή, χρησιμοποιούνται οι γωνίες της ηλιακής απόκλισης, της ωριαίας γωνίας και του γεωγραφικού πλάτους. Η ηλιακή απόκλιση μετρά την θέση του Ήλιου στην Ουράνια Σφαίρα από το επίπεδο του Ουράνιου Ισημερινού. Η ωριαία γωνία μετρά την γωνία ανάμεσα στο ημιεπίπεδο που ορίζεται από τον πολικό άξονα και το ζενίθ της περιοχής και στο ημιεπίπεδο που ορίζεται από τον πολικό άξονα και την θέση του Ήλιου στην Ουράνια Σφαίρα. Το γεωγραφικό πλάτος μετρά την γωνία της τοποθεσίας από επίπεδο του Ισημερινού (ίδιο με τον Ουράνιο Ισημερινό).

Earth Angle



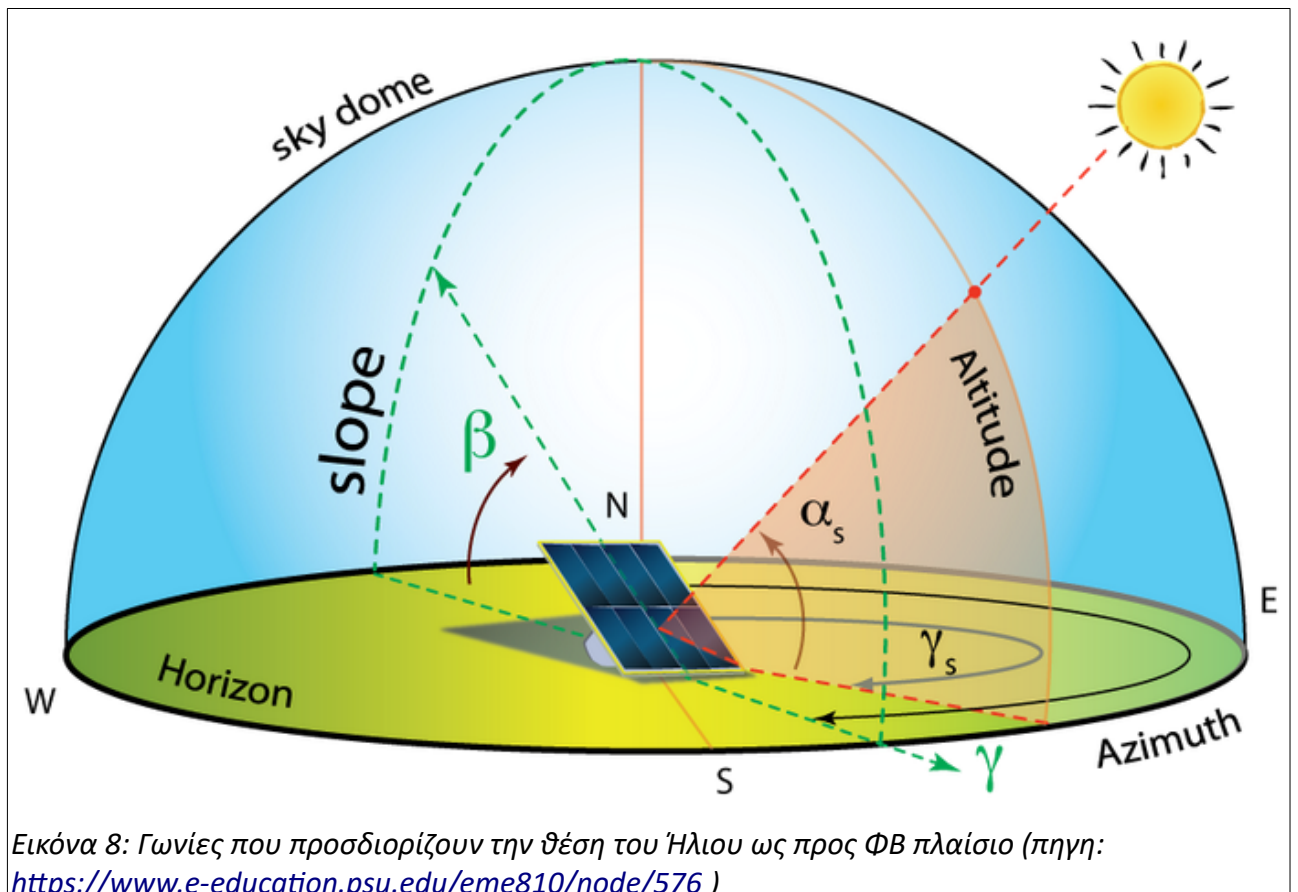
1. Angle of Latitude (Φ)

2. Declination (δ)

3. Hour Angle (ω)

Εικόνα 7: Γωνίες προσδιορισμού της θέσης του Ήλιου ως προς την Γη
(πηγή: <https://www.slideshare.net/Bhargav5508/earth-sun-angle>)

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια εγκαθίστανται σε ένα σημείο της Γης με κάποια κλίση, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη αξιοποίηση της Άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Συνεπώς, η θέση του Ήλιου ως προς ένα ΦΒ πλαίσιο περιγράφεται από τις προηγούμενες γωνίες, σε συνδυασμό με την κλίση του πλαισίου. Η διαφορά του γεωγραφικού πλάτους με την ηλιακή απόκλιση, συχνά αναφέρεται ως ύψος και ανάλογα με το σημείο αναφοράς η ωριαία γωνία καθορίζεται από το αζιμούθιο.



2.2.6 Το μοντέλο r.sun

Το r.sun είναι ένα πρόγραμμα που δημιουργήθηκε από τους J. Hofierka, M. Súrì [67] για την προσομοίωση την κίνησης του Ήλιου ως προς την Γη και την εκτίμηση της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε κάθε σημείο του πλανήτη μας, κάθε χρονική στιγμή. Το πρόγραμμα αυτό είναι ανοιχτό (open source) και τρέχει στο περιβάλλον του GRASS GIS. Ο πηγαίος κώδικας είναι γραμμένος σε γλώσσα C.

Στο r.sun θεωρείται ότι η ηλιακή ακτινοβολία επιδρά με την ατμόσφαιρα και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά ενός τόπου με 3 ομάδες παραγόντων:

1. Την γεωμετρία της Γης, την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο, την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της, την τοποθεσία που είναι ζητούμενο να προσδιοριστεί η ηλιακή ενέργεια (ηλιακή απόκλιση, ωριαία γωνία, γεωγραφικό πλάτος)
2. Το ανάγλυφο. Δηλαδή, από τα υψομετρικά δεδομένα, τις κλίσεις, τους προσανατολισμούς, τις σκιάσεις.
3. Την απορρόφηση και την διάχυση στην ατμόσφαιρα που οφείλεται:
 - i. σε αέρια
 - ii. σε στερεά και υγρά
 - iii. στα σύννεφα

Όσον αφορά στην ατμόσφαιρα, η επίδραση των αερίων προσδιορίζεται από την αέρια μάζα (optical air mass), η οποία περιγράφει το μήκος της διαδρομής που διανύουν οι ακτίνες μέχρι την επιφάνεια της Γης και από τον συντελεστή απορρόφησης-σκέδασης της ατμόσφαιρας (optical thickness). Η συμμετοχή των στερεών και υγρών στοιχείων καθορίζεται από τον Linke Turbidity Factor που εκφράζει το πόσο ομιχλώδης, λόγω σωματιδίων και πόσο υγρή είναι η ατμόσφαιρα. Η μειώσεις που οφείλονται στα σύννεφα εκτιμώνται από επίγεια ή δορυφορικά μετεωρολογικά δεδομένα και συμπεριλαμβάνονται μόνο αν το r_{sun} τρέξει 2 φορές για το ίδιο σημείο.

Η σημαντικότερη διαφορά των μοντέλων προσομοίωσης της ηλιακής ενέργειας έγκειται στον τρόπο που αντιμετωπίζουν την διάχυτη ακτινοβολία. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα έχουν προκύψει από την έρευνα για το Solar Radiation Atlas (ESRA), (Scharmer and Greif [66], Rigollier et al. 2000) και απαντούν καλύτερα στις περιοχές της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης.

Το r_{sun} μπορεί να εφαρμοσθεί με 2 τρόπους (modes). Στον πρώτο, παρέχει την στιγμιαία ηλιακή ακτινοβολία, για κάποια ημέρα και ώρα. Στον δεύτερο, δίνει την συνολική ενέργεια για μία συγκεκριμένη ημέρα του χρόνου, αφού οριστεί αρχικά ένα χρονικό βήμα εξέτασης. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε μπορεί να εκτιμήσει την ηλιακή ενέργεια για καθαρό ουρανό και στην συνέχεια με αυτό το δεδομένο, να προσδιορίσει την ηλιακή ενέργεια για πραγματικό ουρανό (επιρροή συννεφιάς).

Το πρόγραμμα αρχικά προσδιορίζει την ηλιακή ενέργεια που φτάνει στα εξωτερικά όρια της Γης, ανάλογα με την απόσταση Γης-Ήλιου κάθε ημέρα του χρόνου. Στην συνέχεια με χρήση των optical air mass, optical thickness, Linke Factor κι από τις γωνίες που προσδιορίζουν την θέση του Ήλιου ως προς ένα ΦΒ πλαίσιο (ή επιφάνεια γενικότερα) υπολογίζει την Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία. Περνώντας στην Διάχυτη Ηλιακή Ακτινοβολία, βρίσκει την επίδραση της ατμόσφαιρας χρησιμοποιώντας μόνο τον Linke Factor και ύστερα διαχωρίζει τις επιφάνειες σε:

- ηλιόλουστες για καθαρό ουρανό
- σκιασμένες για καθαρό ουρανό

χρησιμοποιώντας διαφορετικές συναρτήσεις σε κάθε περίπτωση. Έπειτα, χρησιμοποιώντας και δεδομένα για την ανάκλαση της επιφάνειας της Γης, προσδιορίζει την Ανακλώμενη Ηλιακή Ακτινοβολία.

Μετά από αυτό τον πρώτο κύκλο κι εάν υπάρχουν διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα για τα σύννεφα, γίνεται εκτίμηση της Ηλιακής Ακτινοβολίας σε πραγματικό ουρανό. Εδώ, χρησιμοποιούνται διαφορετικοί συντελεστές μείωσης για την Άμεση και την Διάχυτη Ηλιακή Ακτινοβολία, στην περίπτωση των επικλινών επιφανειών, καθώς γίνεται η θεώρηση ότι σε επικλινείς επιφάνειες η αναλογία Άμεσης-Διάχυτης επηρεάζεται από τα σύννεφα.

Το r_{sun} έχει εφαρμοσθεί ευρύτατα σε αρκετές μελέτες και είναι το εργαλείο που χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση του PVGIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>). Όσο προχωρά η χρήση του πλαισιώνεται και από άλλα προγράμματα που το χρησιμοποιούν, προσθέτοντας δυνατότητες (π.χ. $r_{sunyear}$, $r_{suntrack}$, r_{pv})

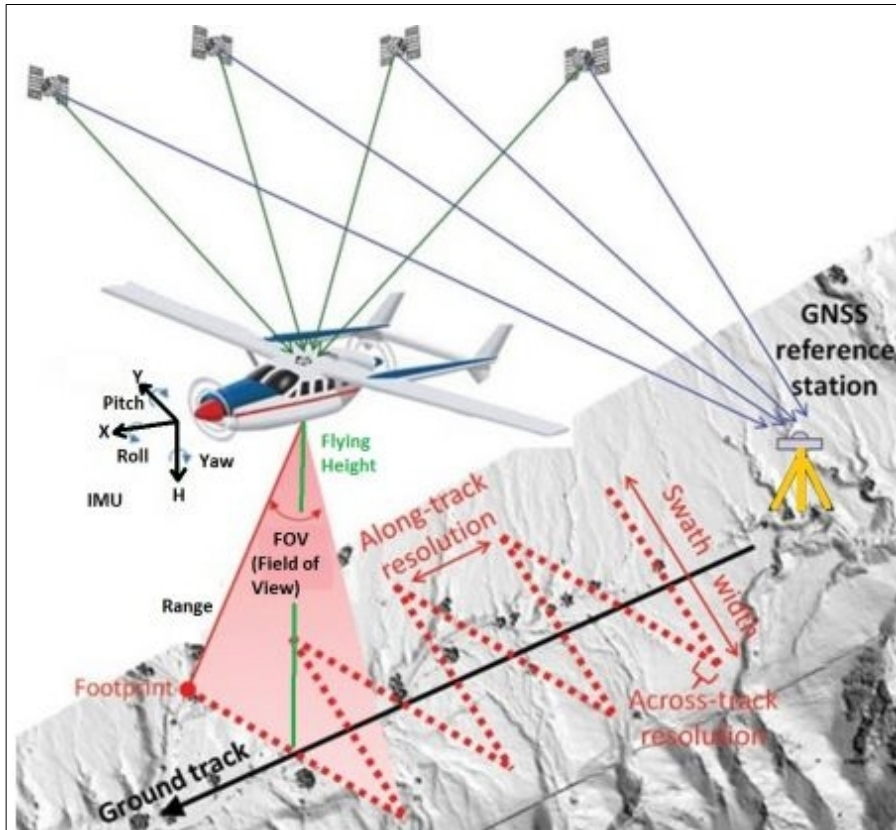
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Τεχνολογίες και Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν

3.1 Τεχνολογία LIDAR

Οι συσκευές LIDAR (Light Detection And Ranging) είναι ενεργοί δέκτες τηλεπισκόπησης, οι οποίες παράγουν παλμική ακτινοβολία laser προς έναν στόχο και στην συνέχεια καταγράφουν τους ανακλώμενους παλμούς. Η χρονική διαφορά μεταξύ της μετάδοσης και της λήψη των παλμών, σε συνδυασμό με άλλες διατάξεις προσδιορισμού θέσης στο χώρο (στην πλατφόρμα μεταφοράς της συσκευής LIDAR) και η αλλαγή της έντασης της ακτινοβολίας των παλμών παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για το σχήμα και τις κινήσεις του στόχου και κάποια δεδομένα για το υλικό από το οποίο συνίσταται ο στόχος.

Το μέσο μεταφοράς των οργάνων LIDAR, συνήθως, είναι αεροπλάνα ή ελικόπτερα. Τα LIDAR διακρίνονται, γενικά, σε τοπογραφικά και βαθυμετρικά. Τα τοπογραφικά λειτουργούν στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου και περιγράφουν το ανάγλυφο της στεριάς σε μία τοποθεσία, δημιουργώντας Ψηφιακά Μοντέλα Επιφανείας (DSM ή DEM). Τα βαθυμετρικά χρησιμοποιούν παλμούς στην περιοχή του πράσινου και εφαρμόζονται στις μετρήσεις υγρών στοιχείων, όπως για την περιγραφή της θαλάσσιας επιφάνειας, των ακτών, ή των εκβολών ποταμών.

Πιο αναλυτικά για την λειτουργία των δεκτών LIDAR, οι παλμοί που παράγονται σαρώνουν μία περιοχή σχηματίζοντας γραμμές αριστερά και δεξιά από την πορεία της πλατφόρμας μεταφοράς (ζικ-ζακ). Οι χρόνοι μέτρησης από την δημιουργία μέχρι την επιστροφή των παλμών, αξιοποιώντας δεδομένα GPS (Global Positioning System) και IMU (Inertial Measurement Unit), τις γωνίες σάρωσης και με τις απαραίτητες διορθώσεις σχηματίζουν ένα σύννεφο πάρα πολλών σημείων στον τρισδιάστατο χώρο, που αποτυπώνουν τα υψόμετρα. Από αυτά τα υψομετρικά δεδομένα και με την χρήση μεθόδων μαθηματικής παρεμβολής μπορεί να προσδιοριστεί η μορφολογία της περιοχής μελέτης. Η αναζήτηση της ισορροπίας μεταξύ της μικρότερης απόστασης αναζήτησης σημείων από τα δεδομένα του σύννεφου υψομέτρων και της ύπαρξης σημείων που δεν μπορούν να συμπληρωθούν με μαθηματική παρεμβολή καθορίζει την χωρική ανάλυση κάθε δέκτη LIDAR (<https://oceanservice.noaa.gov/geodesy/gps/>).

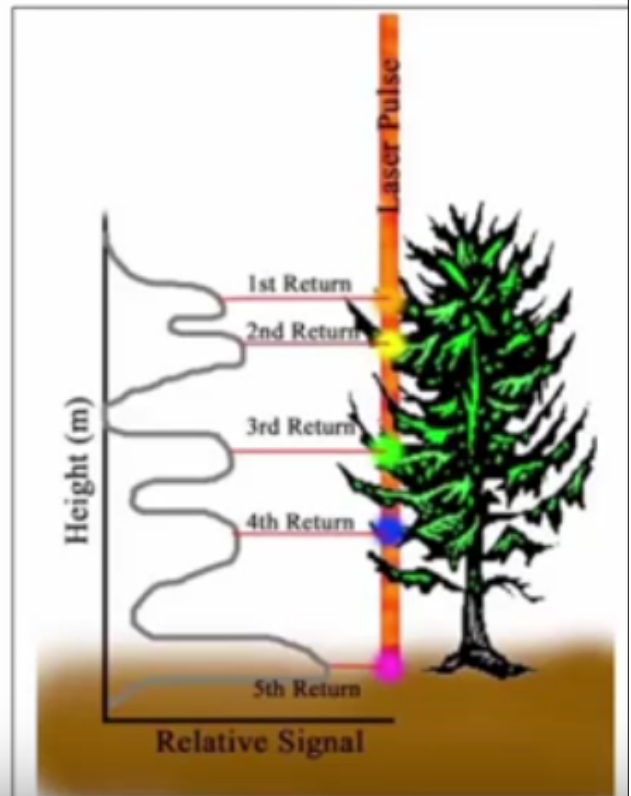


Εικόνα 9: Τηλεπισκοπικό Σύστημα λήψεις δεδομένων LIDAR (πηγή: <https://www.gim-international.com/content/article/the-fierce-rise-of-airborne-lidar>)

Ανάλογα με το μήκος κύματος των παραγόμενων παλμών και το υλικό του στόχου, η ακτινοβολία των οργάνων LIDAR μπορεί να ανακλάται αμέσως από το υλικό του στόχου, να διαπερνά σε ένα βάθος το υλικό ή να απορροφάται από το υλικό. Συνήθως, για κάθε παλμό καταγράφονται πολλές διαφορετικές αναμεταδόσεις της ακτινοβολίας από τον στόχο. Αυτό, το γεγονός επιτρέπει την αναγνώριση κάποιων αντικειμένων στο πεδίο μελέτης και την ικανότητα, πέρα από την ανίχνευση του υψηλότερου σημείου σε μία θέση και του εντοπισμού χαμηλότερων. Ως αποτέλεσμα, από τα συστήματα LIDAR, μπορούν να δημιουργηθούν τόσο Ψηφιακά Μοντέλα Επιφανείας (DSM ή DEM), όσο και Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (DTM).

Each laser pulse yields multiple returns

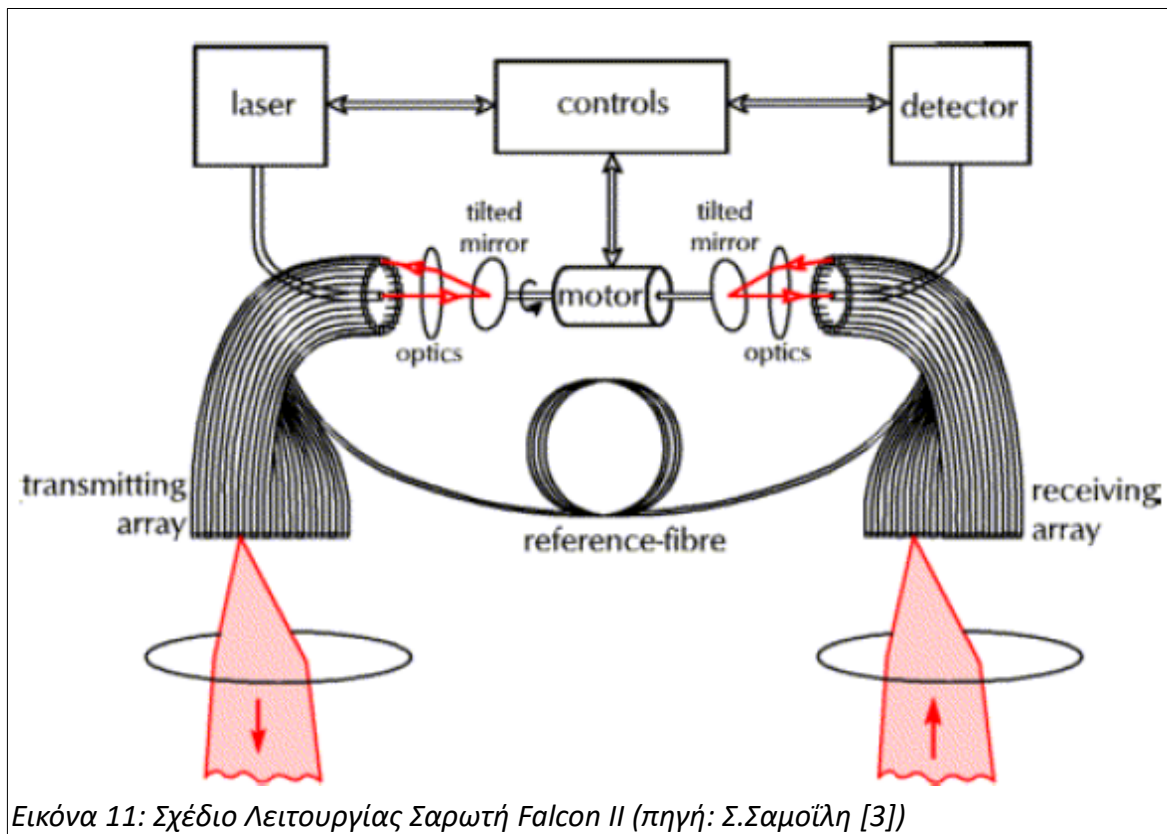
- Single pulse includes billions of photons
- Creates many **returns** (usually 5 recorded)
- Detector records intensity of incoming photons
- “Return” defined when intensity exceeds some threshold
- Last return is from ground (hopefully)



Εικόνα 10: Καταγραφή Παλμού LIDAR σε διαπερατό στόχο (πηγή: <https://www.youtube.com/watch?v=Gbj9xPf0qwg>)

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από το σύστημα σαρωτών Falcon II, της εταιρείας TopoSys (Topographische Systemdaten) GmbH, με έδρα την Γερμανία, η οποία στις 13/11/2008 αποκτήθηκε από την Trimble Navigation Limited.

Για να παράγει ένα γεωμετρικά σταθερό πρότυπο σάρωσης, η TopoSys χρησιμοποιεί σαρωτή ινών γυαλιού. Επειδή έχει ανευρεθεί ότι εναλλακτικοί μηχανισμοί εκτροπής, όπως ο περιστρεφόμενος καθρέπτης ή το περιστρεφόμενο πολύγωνο, δεν εγγυώνται την μηχανική σταθερότητα και τη συνεχή ευθυγράμμιση των ακτίνων μετρήσεων κατά τη διάρκεια αναταράξεων των πτήσεων, στο συγκεκριμένο είδος σαρωτή υιοθετήθηκε γραμμικά διατιθέμενη δέσμη ινών γυαλιού για να εκτρέπει και άρα να εκπέμπει το φως του laser στο έδαφος, ενώ η ηχώ των ακτίνων παραλαμβάνεται από πρόσθετη δέσμη ινών γυαλιού πανομοιότυπου προτύπου.



Εικόνα 11: Σχέδιο Λειτουργίας Σαρωτή Falcon II (πηγή: Σ.Σαμοΐλη [3])

Κατά την εμπρόσθια κίνηση του αεροσκάφους, και άρα του αισθητήρα, συλλέγεται πλήθος σημείων, που διαμορφώνει κανονικό γεωμετρικά πρότυπο προσανατολισμένο ως προς την κατεύθυνση της πτήσης, το οποίο παράγει εκτεταμένο χωρικά υψομετρικό μοντέλο. Η υψηλή, αποδοτική συχνότητα μέτρησης, πλέον των 83,000 μετρήσεων αποστάσεων ανά δευτερόλεπτο, και η αποτελεσματική κάλυψη των συλλεγμένων σημείων, επιτρέπουν έναν εύλογο έλεγχο μετρολογικής σημασίας για τις μετρημένες αποστάσεις. Ως προκύπτων αποτέλεσμα, το επίπεδο εμπιστοσύνης των αποτελεσμάτων έχει σημαντικά αυξημένη αριθμητική τιμή. Για να επιτευχθεί υψηλότερη ανάλυση των υψομετρικών μοντέλων και βελτίωση στην κάλυψη γης, η Torosys εισήγαγε την «ταλαντευόμενη μέθοδο» στη σάρωση, στα μέσα του 2003.

Επιπρόσθετα, λόγω του συνδυασμού της οπτικομηχανικής συσκευής του Falcon II, όπου εκτρέπεται πλευρικά η ακτίνα laser που διαβιβάζεται στο στόχο σε μια διεύθυνση διαφορετική για κάθε μέτρηση, και της εμπρόσθιας κίνησης του αεροσκάφους, προκύπτει σάρωση πλατιάς λωρίδας εδάφους. Για την κάλυψη μεγαλύτερων περιοχών σαρώνονται πολλαπλές, παράλληλες, αλληλοεπικαλυπτόμενες λωρίδες.

Το σύστημα LiDAR που χρησιμοποιεί η Torosys διαχωρίζει τις ανακλάσεις σε πρώτου και τελευταίου παλμού. Ο πρώτος παλμός συγκροτεί το πρώτο αντικείμενο που στοχεύθηκε από τον παλμό laser, το οποίο ενδέχεται να ανήκει σε κορυφή δέντρου, στέγη κτηρίου ή σημείο στο έδαφος. Από τις καταγραφές των σημείων πρώτου παλμού προκύπτει το Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας (DSM). Η τελευταία επιστροφή αναπαριστά το γυμνό έδαφος, με εξαίρεση τις περιοχές πυκνής και ψηλής βλάστησης, καθώς εξαιτίας της γωνίας σάρωσης κανένα τμήμα του παλμού δεν διεισδύει έως το έδαφος. Από τις καταγραφές των σημείων τελευταίου παλμού δημιουργείται το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (DTM) (πηγή: Σ.Σαμοΐλη [3]).

| FALCON II ΣΑΡΩΤΗΣ LIDAR | |
|------------------------------------|--|
| Εμβέλεια | 1600 m |
| Ανάλυση απόστασης | 1.95 cm |
| Πλάτος σάρωσης | 14.3° |
| Ρυθμός σάρωσης | 653 Hz |
| Ρυθμός παλμού laser | 83 000 Hz |
| Πραγματικός ρυθμός μέτρησης | 83 000 ανά sec |
| Μήκος κύματος παλμού laser | 1560 nm |
| Απόσταση ασφαλείας ματιού | 0.5 m |
| Καταγραφή δεδομένων | Πρώτος Παλμός Τελευταίος Παλμός Ένταση |

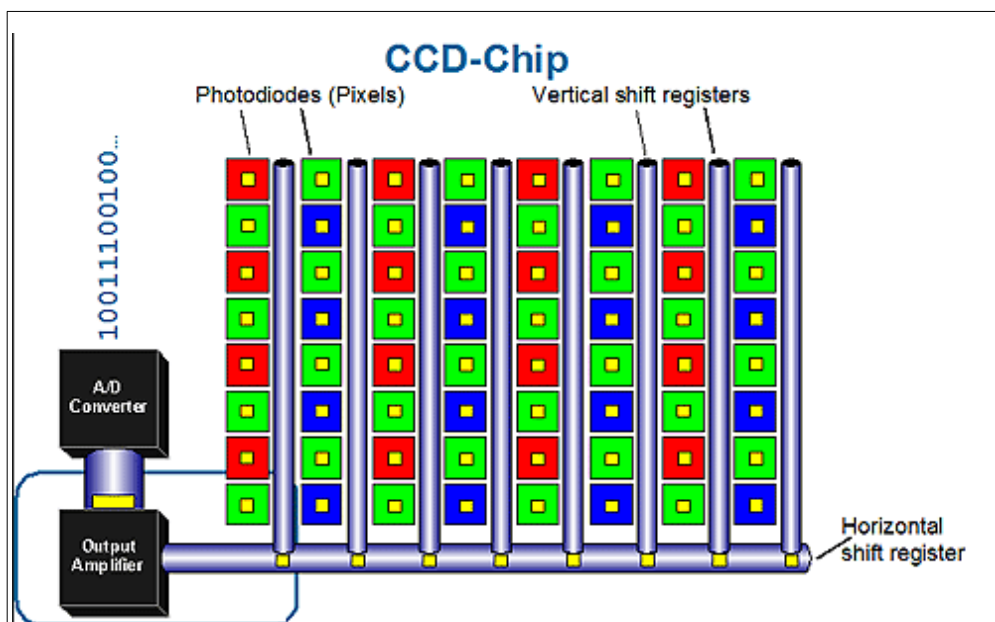
Εικόνα 12: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Σαρωτή LIDAR στο σύστημα Falcon II (πηγή: Σ.Σαμοΐλη [3])

3.2 Τεχνολογία CCD

Ένας αισθητήρας CCD (charge-coupled device) αποτελείται από σειρές φωτοδίοδων που μπορούν να καταγράψουν πληροφορίες για την ένταση του φωτός και το χρώμα σε μια εικόνα. Κάθε φωτοδίοδος είναι ευαίσθητη στο φως, έτσι όταν τα φωτόνια αλληλεπιδράσουν με το πυρίτιό της, παράγεται ηλεκτρική ενέργεια και εμφανίζεται τάση στα άκρα της φωτοδίοδου. Η ηλεκτρική τάση είναι ανάλογη με την ποσότητα των φωτονίων που δέχεται η φωτοδίοδος. Όσο μεγαλύτερο το πλήθος των φωτονίων, τόσο μεγαλύτερη τάση παράγεται και τόσο φωτεινότερη η ένταση του αντίστοιχου εικονοστοιχείου, το οποίο αποτυπώνεται. Η φόρτιση που καταγράφεται ως αναλογικό σήμα, περνά από έναν ενισχυτή κι ύστερα από έναν μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Analogue to Digital Converter-ADC).

Στους αισθητήρες της διάταξης οι φωτοδίοδοι που χρησιμοποιούνται, είναι μονοαπορροφητικές. Αυτό σημαίνει ότι κάθε φωτοδίοδος απορροφά, μόνο φωτόνια συγκεκριμένης συχνότητας, ενώ παραμένει ανεπηρέαστη από τα φωτόνια διαφορετικών συχνοτήτων που προσπίπτουν στην επιφάνεια της. Έτσι, στους αισθητήρες αυτούς, υπάρχουν φωτοδίοδοι που απορροφούν, μόνο φωτόνια που η συχνότητά τους αντιστοιχεί στο κόκκινο χρώμα του ορατού φάσματος, και αντίστοιχα για το πράσινο και μπλε χρώμα. Όλα τα χρώματα σχηματίζονται από το συνδυασμό αυτών των τριών χρωμάτων, μέσω της διαδικασίας παρεμβολής χρώματος.

Εκτός του laser σαρωτή ινών, το Falcon II είναι εξοπλισμένο με γραμμικό σαρωτή RGB/NIR, ο οποίος καταγράφει την φασματική πληροφορία σε τέσσερα κανάλια μέσω CCD αισθητήρων (πηγή: Σ.Σαμοΐλη [3]).



Εικόνα 13: Σχέδιο Περιγραφής Κυκλώματος CCD δέκτη (πηγή: <http://aivpnathanstrang.blogspot.com/2014/11/lecture-digital-image-processing.html>)

| FALCON II RGB/NIR ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΣΑΡΩΤΗΣ | | |
|--|----------------|-----------------|
| Φασματικά κανάλια | Μπλε | 450 nm - 490 nm |
| | Πράσινο | 500 nm - 580 nm |
| | Κόκκινο | 580 nm - 660 nm |
| | Εγγύς Υπέρυθρο | 770 nm - 890 nm |
| Εικονοστοιχεία (pixels) ανά κανάλι | 682 | |
| Ανάλυση κατά μήκος πορείας πτήσης | 0.5 mrad | |
| Ρυθμός γραμμής | έως 330 Hz | |
| Οπτικό πεδίο | 21.6° | |
| Άνοιγμα διαφράγματος φακού | 1 : 1.4 | |

Εικόνα 14: Τεχνικά Χαρακτηριστικά CCD δέκτη στο σύστημα Falcon II (πηγή: Σ.Σαμοίλη [3])

3.3 Meteosat και Δεδομένα για την Ηλιακή Ακτινοβολία

Η σειρά των δορυφόρων Meteosat, 2^{ης} γενιάς (MSG), βρίσκεται σε γεωστατική τροχιά και σε απόσταση 36.000 km από τον ισημερινό. Παρέχοντας πληροφορίες για την Ευρώπη, την Αφρική και τον Ινδικό Ωκεανό.

Ο Meteosat 11 είναι ο βασικός δορυφόρος της σειράς και βρίσκεται σε γεωστατική τροχιά στις 0°, προσφέροντας κάλυψη όλης της περιοχής μελέτης (δίσκος) κάθε 15 minutes. Ο Meteosat 10 κάνει γρήγορες σαρώσεις κάθε 5 minutes για την Ευρώπη, την Αφρική και τις γειτονικές θαλάσσιες περιοχές. Ο Meteosat 9 λειτουργεί ως αναπληρωματικός του 11 και συμπληρωματικός στα δεδομένα του 10. Ενώ ο Meteosat 8 καλύπτει τον Ινδικό Ωκεανό.

Κάθε δορυφόρος της σειράς MSG, περιλαμβάνει ένα ζεύγος οργάνων (<https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/MeteosatDesign/index.html>):

- Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager (SEVIRI), το οποίο καταγράφει 12 φασματικά κανάλια
- Geostationary Earth Radiation Budget (GERB), το οποίο είναι ένα ραδιόμετρο στο ορατό και υπέρυθρο φάσμα

Ο βασικός στόχος του προγράμματος είναι η άμεση ανίχνευση ακραίων καιρικών φαινομένων, ώστε να διασφαλιστούν άνθρωποι και υποδομές. Παράλληλα, τα δεδομένα των Meteosat, χρησιμοποιούνται σε μετεωρολογικές προβλέψεις και μελέτες. Η διαχείριση των δορυφόρων γίνεται από την EUMETSAT και την ESA (European Space Agency). (<https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/index.html>).

Η χρήση, δορυφόρων για την εκτίμηση της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης, γίνεται όλο και πιο συχνή, παρά τις δυσκολίες στις υπολογιστικές μεθόδους, τα προβλήματα διάκρισης σύννεφων από το χιόνι και την ομίχλη και την ελλιπή κάλυψη των πόλων του πλανήτη. Αυτό συμβαίνει γιατί, οι δορυφόροι μπορούν να καλύψουν μία εξαιρετικά μεγαλύτερη επιφάνεια, από τους κατάλληλους μετεωρολογικούς σταθμούς και γιατί, πλέον παρέχουν χρονοσειρές μεγάλης διάρκειας.

Ο προσδιορισμός της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης, από τους δορυφόρους Meteosat, που χρησιμοποιείται σε αυτή την εργασία, γίνεται περιληπτικά σε 2 βήματα:

Πρώτον, για να εκτιμηθεί η ανακλαστικότητα των σύννεφων, λαμβάνονται για κάθε ώρα της ημέρας μέσα σε έναν μήνα και για ένα συγκεκριμένο σημείο, οι τιμές της ακτινοβολίας από την Γη προς τον δορυφόρο. Στην συνέχεια οι χαμηλότερες τιμές θεωρούνται ως αυτές που ανταποκρίνονται σε συνθήκες καθαρού ουρανού και για τις υπόλοιπες υπολογίζεται η ανακλαστική επίδραση της συννεφιάς. Η μελέτη γίνεται για κάθε pixel καθώς, η ακτινοβολία που λαμβάνει ο δορυφόρος είναι συνάρτηση τόσο της επιρροής των σύννεφων, όσο και της ανακλαστικότητας της συγκεκριμένης περιοχής και η ανακλαστικότητα μπορεί να προσδιοριστεί αναλογικά μόνο για τις καταγραφές σε κάθε pixel.

Δεύτερον, εφαρμόζονται μοντέλα για την μεταφορά της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω της ατμόσφαιρας, σε συνδυασμό με δεδομένα για τα επίπεδα σκόνης, σωματιδίων και για τις συγκεντρώσεις υδρατμών και όζοντος.

Από την ακτινοβολία σε καθαρό ουρανό (η οποία προκύπτει κι από την εκτίμηση των ατμοσφαιρικών παραγόντων) και από τα δεδομένα για την ανακλαστικότητα των σύννεφων, παράγεται το αποτέλεσμα που αφορά στην προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια (http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_static/methods.html).

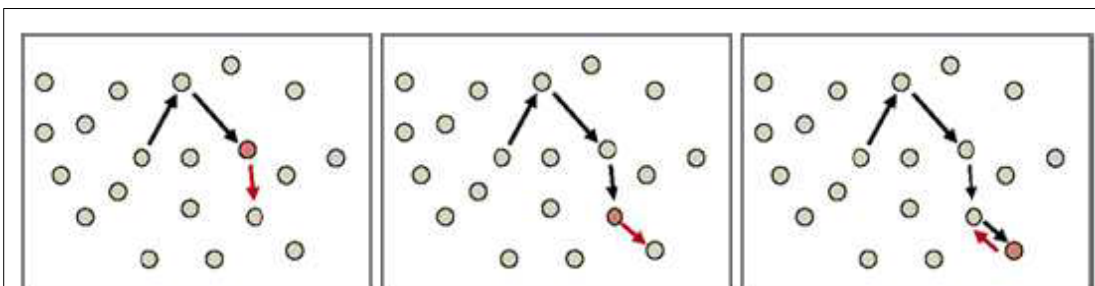
Για να είναι πιο αξιόπιστα τα δεδομένα, σε περιπτώσεις που η επιφάνεια της Γης καλύπτεται από χιόνι ή στις εξαιρέσεις που εμφανίζονται θύελλες από σκόνη ή υπάρχουν ηφαιστειακές εκρήξεις, είναι σημαντικό να υπάρχουν στοιχεία πολλών ετών και να χρησιμοποιούνται στατιστικές μέθοδοι.

Πιο συγκεκριμένα, στην υπάρχουσα εργασία, λήφθηκαν από το EUMETSAT Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CM SAF) τα προϊόντα Surface Incoming Shortwave radiation (SIS) και Surface Incoming Direct radiation (SID). Το πρώτο αφορά στην συνολική ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει σε οριζόντια επιφάνεια σε ένα σημείο της Γης και το δεύτερο στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει σε οριζόντια επιφάνεια σε ένα σημείο της Γης. Αναλυτικά, η μεθοδολογία εξαγωγής αυτών των μεγεθών, από τις μετρήσεις των Meteosat δίνεται στο CM SAF, Product User Manual [42], καθώς και σε άλλα κείμενα από το http://www.cmsaf.eu/EN/Documentation/Documentation_node.html.

3.4 Λογισμικό eCognition

Το eCognition είναι ένα κλειστό λογισμικό που χρησιμοποιείται για την αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνας. Παρέχει ένα αρκετά φιλικό περιβάλλον προς το χρήστη, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα από μη προγραμματιστές, δηλαδή, από επιστήμονες και τεχνικούς διαφόρων ιδιοτήτων που βρίσκονται αντιμέτωποι με ένα πρόβλημα ανάλυσης εικόνας.

Περιέχει, αρκετά αποδοτικούς αλγόριθμους κατάτμησης. Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει στον Multiresolution Segmentation. Πρόκειται για έναν αλγόριθμο από κάτω προς τα επάνω (bottom-up) που συνενώνει γειτονικά αντικείμενα (ή pixels αν εφαρμόζεται σε αυτά) όταν αυτά καλύπτουν ένα κριτήριο ομοιογένειας. Η ομοιογένεια εξαρτάται, τόσο από τις φασματικές ιδιότητες των αντικειμένων, όσο κι από το σχήμα που προκύπτει. Ενώ, ο βαθμός της ομοιογένειας, για να συμπτυχθούν τα αντικείμενα σε μεγαλύτερα αντικείμενα, εξαρτάται από την κλίμακα που επιλέγεται. Σε αυτό τον αλγόριθμο δύο γειτονικά αντικείμενα συνενώνονται μόνο όταν αμοιβαία, ο πιο ομοιογενής γείτονας του ενός είναι ο άλλος, στην δυάδα. Επιπλέον, αυτή η μέθοδος κατάτμησης επιτρέπει την δημιουργία διαφορετικών επιπέδων κατατμήσεων της εικόνας, με τα αντικείμενα της μεγαλύτερης κλίμακας, να περιέχουν πάντα τα αντικείμενα της μικρότερης κλίμακας. Δηλαδή, από την ίδια εικόνα το eCognition μπορεί να σχηματίσει επίπεδα με διαφορετική κλίμακα κατάτμησης, τα οποία σχετίζονται μεταξύ τους.



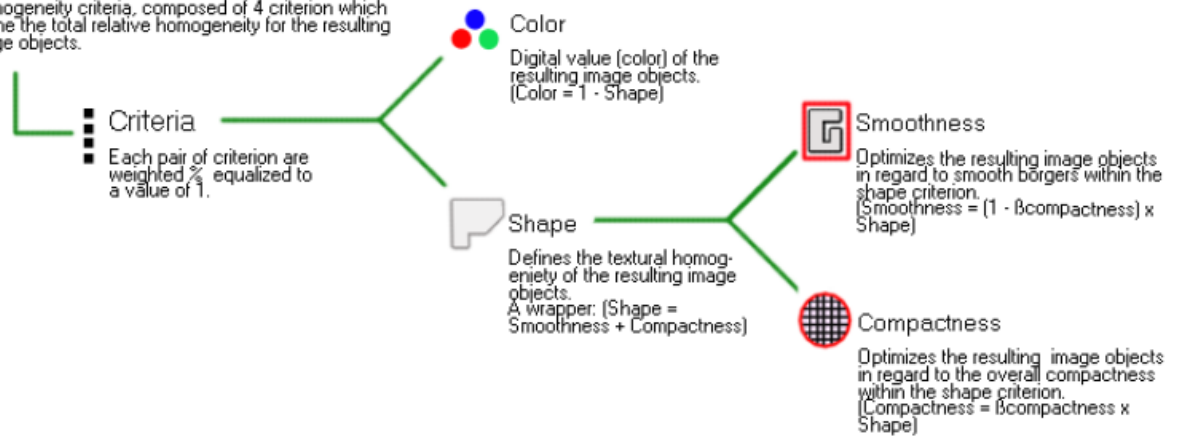
Εικόνα 15: Αναζήτηση των δυάδων, όπου υπάρχει αμοιβαία μέγιστη ομοιογένεια, κατά την εκτέλεση του Multiresolution Segmentation στο eCognition (Trimble Germany GmbH [25])

● Scale Parameter

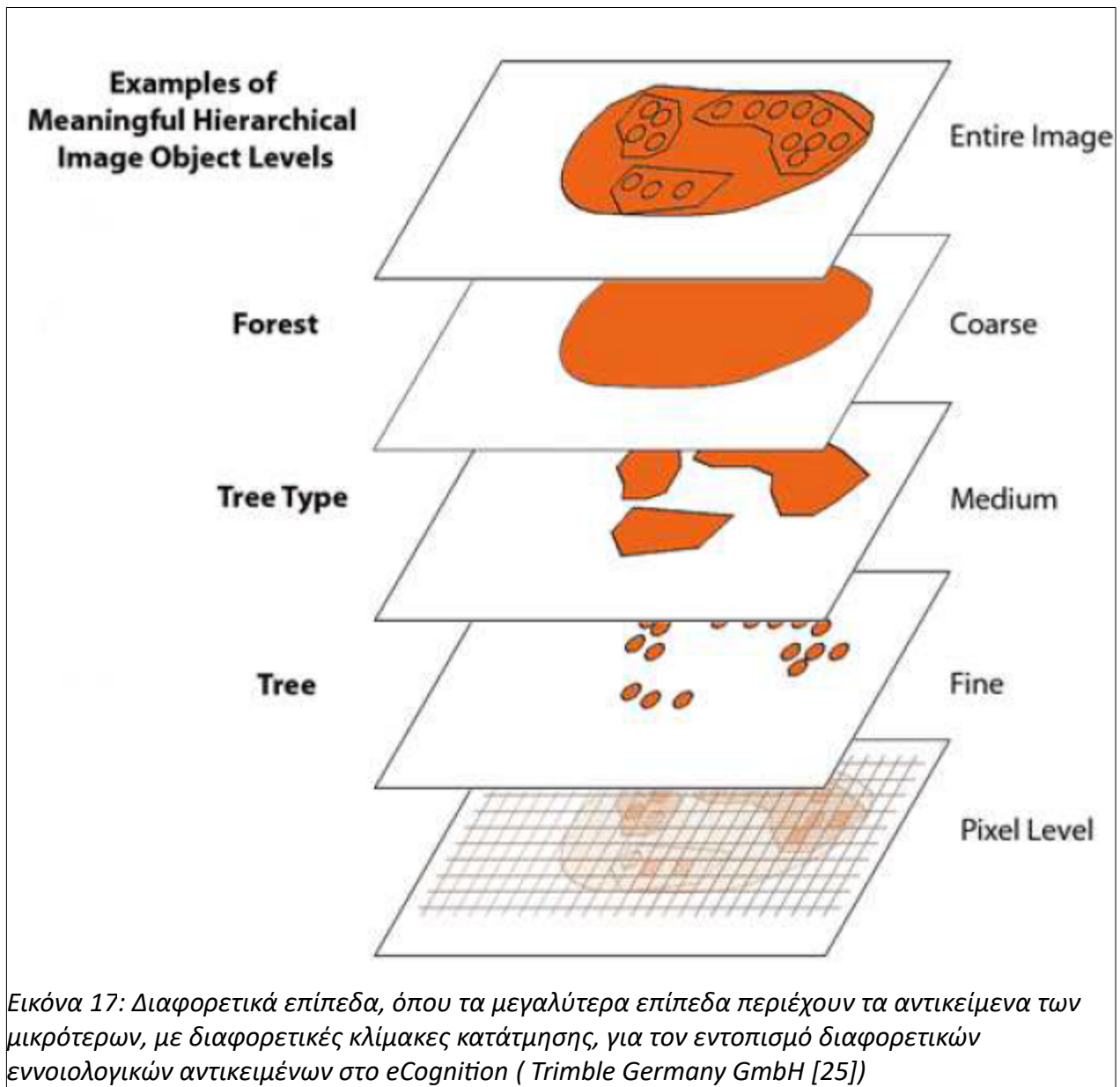
↓ Defines the maximum standard deviation of the homogeneity criteria in regard to the weighted image layers for resulting image objects. The higher the value, the larger the resulting image objects.

● Composition of Homogeneity

Homogeneity criteria, composed of 4 criterion which define the total relative homogeneity for the resulting image objects.



Εικόνα 16: Παράμετροι λειτουργίας του Multiresolution Segmentation στο eCognition (Trimble Germany GmbH [25])



Επιπλέον, το eCognition περιλαμβάνει αποτελεσματικές μεθόδους ταξινόμησης που επιτρέπουν την εφαρμογή κανόνων κατά την ταξινόμηση (rule-based classification), την συσχέτιση κλάσεων σε μητρικές και θυγατρικές, την χρήση ασαφούς λογικής (fuzzy logic) και την εκμετάλλευση μεθόδων μηχανικής μάθησης (machine learning). Μαζί, υπάρχουν και εργαλεία που συνδράμουν στην ευκολότερη εφαρμογή των ταξινομήσεων και στην αποδοτικότερη χρήση τους. Όπως, τα εργαλεία για την λήψη δειγμάτων ή οι εφαρμογές για την μείωση μεταβλητών κατά την χρήση της μεθόδου Nearest Neighbors (NN).

Οι αλγόριθμοι κατάτμησης και ταξινόμησης συνδυάζονται με την ύπαρξη πολλών δυνατοτήτων εξαγωγής των χαρακτηριστικών των αντικειμένων και ανάπτυξης χωρικών και εννοιολογικών σχέσεων μεταξύ τους ή με όλη την εικόνα.

Συνεχίζοντας, περιέχει σημαντικές διαδικασίες αλλαγής του σχήματος των αντικειμένων μετά την ολοκλήρωση ταξινομήσεων, με την χρήση κανόνων. Καθώς και κάποιες μεθόδους αλλαγής σχήματος σε επίπεδο pixel.

Ταυτόχρονα, το λογισμικό διαθέτει εξαιρετικά εύχρηστα εργαλεία για την παρατήρηση των αντικειμένων, την παρακολούθηση των κλάσεων, την εύρεση χαρακτηριστικών που είναι κομβικά για την βελτίωση της τελικής ταξινόμησης. Τέτοια εργαλεία είναι για παράδειγμα το Feature View και το Image Objects Table.

Όλες οι κινήσεις που εκτελούνται σε ένα project, καταγράφονται και τοποθετούνται σε χρονική σειρά στο δέντρο διεργασιών (Process Tree). Με δυνατότητα να αλλάξει η σειρά και να γίνουν συσχετίσεις των κινήσεων.

Τα projects μπορούν να υπάρχουν αυτόνομα ή να ενσωματώνονται σε μεγαλύτερες δομές δεδομένων (workspace)

Ακόμα, για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων το πρόγραμμα eCognition έχει μία γκάμα μεθόδων αξιολόγησης.

Τέλος, παρέχει εύκολους τρόπους εξαγωγής των αποτελεσμάτων σε αρχεία raster, vector, csv κλπ γεφυρώνοντας την Ανάλυση Εικόνας με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Σύνδεση, η οποία είναι πολλές φορές απαραίτητη κατά την διενέργεια τηλεπισκοπικών αναλύσεων.

3.5 Λογισμικό GRASS GIS

Το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών- Geographic Information System (GIS), είναι σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων και ιδιοτήτων των αντικειμένων που παρουσιάζονται σε κάθε περιοχή. Στην πιο αυστηρή μορφή του είναι ένα ψηφιακό σύστημα, ικανό να ενσωματώσει, αποθηκεύσει, προσαρμόσει, αναλύσει και παρουσιάσει γεωγραφικά συσχετισμένες πληροφορίες. Σε πιο γενική μορφή, ένα GIS είναι ένα εργαλείο "έξυπνου χάρτη", το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του να αποτυπώσουν μία περίληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικά ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις δημιουργούμενες από τον χρήστη), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά μέσα (εκτυπώσεις χαρτών και διαγραμμάτων) ή σε ψηφιακά μέσα (αρχεία χωρικών δεδομένων, διαδραστικοί χάρτες στο Διαδίκτυο) (https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1_%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD_%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%8E%CE%BD).

Το GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) GIS είναι ένα λογισμικό που διατίθεται ελεύθερα και είναι ανοιχτού κώδικα (open source). Προσφέρει, πάρα πολλές δυνατότητες και πέρα από την διαχείριση γεωγραφικά συσχετισμένων πληροφοριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την Ανάλυση Εικόνας. Χρησιμοποιείται σε πληθώρα εφαρμογών σε ακαδημαϊκό, κυβερνητικό επίπεδο κι από πολλούς οργανισμούς (NASA, NOAA, USDA, DLR, CSIRO,

the National Park Service, the U.S. Census Bureau, USGS) και πολλές επιχειρήσεις (<https://grass.osgeo.org/>). Το GRASS GIS, αρχικά αναπτύχθηκε από τον στρατό των Η.Π.Α (U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories, αλλά μετέπειτα η εξέλιξή του, μεταφέρθηκε εκτός στρατού (<https://grasswiki.osgeo.org/wiki/Team>)).

Το πρόγραμμα οργανώνει με τέτοιο τρόπο τις εργασίες που διεξάγονται σε αυτό (Locations/Mapsets), ώστε να επιτρέπεται η συνεργασία πολλών χρηστών, ακόμα και ταυτόχρονα. Μπορεί να χειριστεί πολλούς τύπους αρχείων και να υλοποιήσει πολλές εργασίες:

- ανάλυση raster
- ανάλυση 3D raster
- ανάλυση vector
- επεξεργασία point cloud
- διαδικασίες Ανάλυση Εικόνας (Image Processing)
- διεργασίες ανάλυσης Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους (DTM-analysis)
- Geocoding
- οπτικοποίηση και παρουσίαση αποτελεσμάτων (Visualization)
- δημιουργία χαρτών (Map-creation)
- χρήση SQL-support
- χρήση στατιστικών μεθόδων (Geostatistics)
- διαχείριση χρονικών σειρών (Temporal framework)

Με αυτή την γκάμα ικανοτήτων είναι δυνατό να γίνουν αναλύσεις αναγλύφου, μελέτες ηλιακής ακτινοβολίας και σκιάσεων, υδρολογικές προσομοιώσεις, μοντελοποίηση πυρκαγιών κ.α.

Το GRASS GIS τρέχει σε πολλά λειτουργικά συστήματα, αν και είναι φτιαγμένο για την οικογένεια λειτουργικών που βασίζονται στο Unix, όπως τα Linux. Δίνει την δυνατότητα χρήσης προγραμματισμού μέσω ενσωματωμένης κονσόλας Python ή μέσω του kernel.

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Μεθοδολογία και Υλοποίηση

4.1 Εισαγωγή Κεφαλαίου

Η επιδίωξη αυτής της εργασίας είναι ο προσδιορισμός την ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από ΦΒ, σε μία πόλη και σε κάθε κτήριο αυτής της πόλης, ξεχωριστά. Η μελέτη διεξάγεται με κύριο γνώμονα της επίλυση περιβαλλοντικών ζητημάτων και την αλλαγή του μοντέλου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η εργασία είναι τηλεπισκοπική, αφού τα δεδομένα προέρχονται κυρίως από αερομεταφερόμενους δέκτες και λιγότερα από δορυφορικά όργανα. Η επεξεργασία γίνεται κυρίως με αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνας στο eCognition, με ανάλυση

raster-vector στο GRASS GIS και με εκτεταμένη χρήση Python. Τα τελικά αποτελέσματα προσφέρονται ως vector χάρτες σε περιβάλλον GIS. Για να υλοποιηθεί ο τελικός στόχος, πραγματοποιήθηκε προ-επεξεργασία των δεδομένων και στην συνέχεια 4 βασικά βήματα:

1. Αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου
2. Εντοπισμός Οροφών Κτηρίων
3. Αναγνώριση Τύπου και Τμημάτων Οροφών
4. Προσδιορισμός της Παραγόμενης Ενέργειας από ΦΒ σε κάθε Τμήμα Οροφής

4.2 Περιοχή Μελέτης

Το πεδίο μελέτης της εργασίας είναι το νότιο τμήμα της πόλης Μέμμινγκεν (Memmingen) στην Γερμανία. Το Μέμμινγκεν είναι η 5^η μεγαλύτερη πόλη της διοικητικής περιφέρειας της Σουηβίας (Swabia) στην Βαυαρία (Bavaria). Έχει περίπου 42.000 κατοίκους και έχει αναδειχθεί σε διοικητικό, οικονομικό και εκπαιδευτικό κέντρο της ευρύτερης περιοχής του. Διαθέτει αρκετά καλό οδικό, σιδηροδρομικό δίκτυο, αεροδρόμιο και θεωρείται συγκοινωνιακός κόμβος για την Άνω και Κεντρική Σουηβία, και το Αλγκάου (Allgau). Έχει μακρόχρονη ιστορία που φτάνει ως την Ρωμαϊκή Εποχή, έντονη πολιτιστική δραστηριότητα και τουριστική αξία καθώς, είναι από τις λίγες γερμανικές πόλεις στις οποίες έχει διατηρηθεί η παλιά τους αρχιτεκτονική, μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Στο πεδίο της οικονομίας οι περισσότερες επιχειρήσεις είναι Μικρο-Μεσαίες. Το 2007 η πόλη είχε προϋπολογισμό κοντά στα 95.000.000 ευρώ και αποθεματικά περίπου 19.500.000 ευρώ. Το “μότο” της πόλης, που εκφράζει και την ιδεολογία η οποία κυριαρχεί, είναι “Μία πόλη με Προοπτικές”! (https://en.wikipedia.org/wiki/Memmingen#Trade_and_Economy και <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%AD%CE%BC%CE%B9%CE%BD%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CE%BD>, τελευταία επίσκεψη 01/02/2018)



Εικόνα 18: Η θέση του Μέμμινγκεν στην Γερμανία (πηγή:

<https://www.google.gr/maps/place/87700+%CE%9C%CE%AD%CE%BC%CE%B9%CE%BD%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CE%BD,+%CE%93%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CE%B1/@50.3316004,8.0031752,5.75z/data=!4m5!3m4!1s0x479bf257cf20fa3f:0xc8f8048c85d9627d8!8m2!3d47.9837999!4d10.1801883?dcr=0>)



Εικόνα 19: Η πόλη του Μέμμινγκεν σύμφωνα με το Google Satellite και τα αρχικά δεδομένα CIR (έγχρωμο σύνθετο 432) μέσω του QGIS. Τα δεδομένα, όπως φαίνεται, αφορούν στο νότιο μέρος της πόλης.

4.3 Περιγραφή Δεδομένων:

Τα δεδομένα της μελέτης προέρχονται από την εταιρεία TopoSys (Topographische Systemdaten) GmbH, με έδρα την Γερμανία, η οποία στις 13/11/2008 αποκτήθηκε από την Trimble Navigation Limited. Αυτά αποτελούνται από raster αρχεία που προέκυψαν μετά από πτήση με αεροπλάνο, λήψη της περιοχής με κάμερα CCD και ταυτόχρονα σάρωση με συσκευή LIDAR. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για:

1. Εικόνα CIR, 8-bit, με 3 κανάλια, χωρική ανάλυση 0,5m x 0,5m και κωδικοποίηση αρχείων (format) TIF-TFW
2. Εικόνα RGB, 8-bit, με 3 κανάλια, χωρική ανάλυση 0,5m x 0,5m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
3. Εικόνα με μεμονωμένο το μπλε κανάλι, 8-bit, χωρική ανάλυση 0,5m x 0,5m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
4. Εικόνα με μεμονωμένο το κόκκινο κανάλι, 8-bit, χωρική ανάλυση 0,5m x 0,5m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
5. Εικόνα με μεμονωμένο το πράσινο κανάλι, 8-bit, χωρική ανάλυση 0,5m x 0,5m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
6. Εικόνα με μεμονωμένο το κανάλι εγγύς υπέρυθρου, 8-bit, χωρική ανάλυση 0,5m x 0,5m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
7. Εικόνα με την ένταση (Intensity) από τα δεδομένα LIDAR, 8-bit, χωρική ανάλυση 1m x 1m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
8. Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας 1^{ου}, υψηλού παλμού (DSM_FE high), 16-bit, με χωρική ανάλυση 1m x 1m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
9. Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας 1^{ου}, χαμηλού παλμού (DSM_FE low), 16-bit, με χωρική ανάλυση 1m x 1m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
10. Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας τελευταίου, υψηλού παλμού (DSM_LE high), 16-bit, με χωρική ανάλυση 1m x 1m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
11. Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας τελευταίου, χαμηλού παλμού (DSM_LE low), 16-bit, με χωρική ανάλυση 1m x 1m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
12. Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους τελευταίου, χαμηλού παλμού, που έχει προκύψει από μαθηματική διαδικασία παρεμβολής για τα σημεία όπου οι παλμοί ήταν υψηλότερα από τους γειτονικούς τους (DTM_LE interpolated), 16-bit, με χωρική ανάλυση 1m x 1m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
13. Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους τελευταίου, χαμηλού παλμού, που έχει διατηρήσει κενή τιμή για τα σημεία όπου οι παλμοί ήταν υψηλότερα από τους γειτονικούς τους (DTM_LE holes), 16-bit, με χωρική ανάλυση 1m x 1m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
14. Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους τελευταίου, χαμηλού παλμού, που περιέχει μόνο τα σημεία όπου οι παλμοί ήταν υψηλότερα από τους γειτονικούς τους, δηλαδή την βλάστηση και τα κτήρια (DTM_LE only houses and vegetation), 16-bit, με χωρική ανάλυση 1m x 1m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
15. Διαφορά Ψηφιακού Μοντέλου Επιφανείας 1^{ου} και υψηλού παλμού μείον το Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας τελευταίου και χαμηλού παλμού (DIFF DSM_FE high – DSM_LE low), 16-bit, με χωρική ανάλυση 1m x 1m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW
16. Διαφορά Ψηφιακού Μοντέλου Επιφανείας 1^{ου} και υψηλού παλμού μείον το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους τελευταίου και χαμηλού παλμού που έχει γίνει παρεμβολή (DIFF

DSM_FE high – DTM_LE interpolated), 16-bit, με χωρική ανάλυση 1m x 1m και κωδικοποίηση αρχείων TIF-TFW

| A/A | Είδος | Ονομασία | Μέγεθος | Χωρική Ανάλυση | Τύπος αρχείου |
|-----|-------------------------------|-----------------|---------|----------------|---------------|
| 1 | Εικόνα | CIR | 8 bit | 0,5m x 0,5m | tif-tfw |
| 2 | | RGB | 8 bit | 0,5m x 0,5m | tif-tfw |
| 3 | | B | 8 bit | 0,5m x 0,5m | tif-tfw |
| 4 | | R | 8 bit | 0,5m x 0,5m | tif-tfw |
| 5 | | G | 8 bit | 0,5m x 0,5m | tif-tfw |
| 6 | | NIR | 8 bit | 0,5m x 0,5m | tif-tfw |
| 7 | | Intensity | 8 bit | 0,5m x 0,5m | tif-tfw |
| 8 | Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας | DSM_FE high | 16 bit | 1m x 1m | tif-tfw |
| 9 | | DSM_FE low | 16 bit | 1m x 1m | tif-tfw |
| 10 | | DSM_LE high | 16 bit | 1m x 1m | tif-tfw |
| 11 | | DSM_LE low | 16 bit | 1m x 1m | tif-tfw |
| 12 | Ψηφιακό Μοντέλο Έδαφους | DTM_LE i | 16 bit | 1m x 1m | tif-tfw |
| 13 | | DTM_LE l | 16 bit | 1m x 1m | tif-tfw |
| 14 | | DTM_LE v | 16 bit | 1m x 1m | tif-tfw |
| 15 | Διαφορές Ψηφιακών Μοντελων | DSM_FE-DSM_LE | 16 bit | 1m x 1m | tif-tfw |
| 16 | | DSM_FE-DTM_LE i | 16 bit | 1m x 1m | tif-tfw |

Πίνακας 1: Τα δεδομένα που παραχωρήθηκαν από την εταιρεία TopoSys GmbH για την εργασία

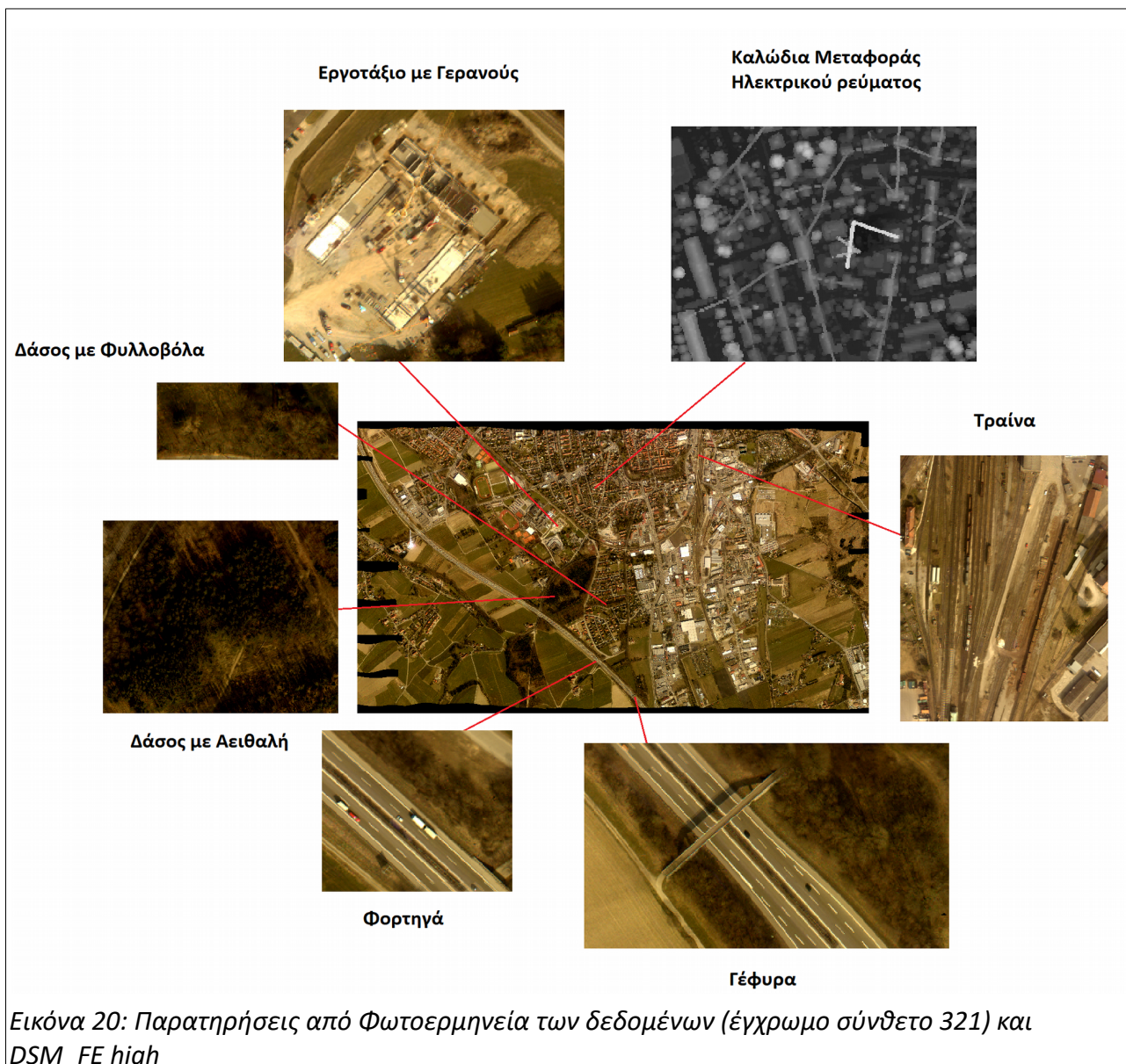
Οι εικόνες από τα δύο όργανα λήψης συμπίπτουν η μία με την άλλη. Αλλά, οι εικόνες από την CCD κάμερα εκτείνονται λίγο περισσότερο στα άκρα από τα Ψηφιακά Μοντέλα. Ειδικότερα, σε κάθε κατεύθυνση (Βορράς, Νότος, Ανατολή, Δύση) τα δεδομένα της CCD καλύπτουν 20 pixels περισσότερα, δηλαδή περίπου 10m με 14,14m περισσότερη επιφάνεια.

4.4 Φωτοερμηνεία:

Παρατηρώντας τα δεδομένα της κάμερας CCD, προκύπτει ότι το πεδίο μελέτης αποτελείται από:

- Δρόμους
- Γέφυρες
- Γραμμές τραίνων
- Χώρους στάθμευσης
- Αυτοκίνητα-Φορτηγά
- Τραίνα
- Γυμνό έδαφος
- Έδαφος με πυκνή βλάστηση
- Έδαφος με αραιή βλάστηση

- Καλλιεργήσιμες εκτάσεις-χωράφια
- Δάσος με αειθαλή δέντρα
- Δάσος με φυλλοβόλα δέντρα
- Διάσπαρτα αειθαλή δέντρα
- Διάσπαρτα φυλλοβόλα δέντρα
- Κτήρια πολύ διαφορετικού μεγέθους και σχήματος
- Εργοτάξια
- Ογκώδη μηχανήματα, όπως γερανοί
- Θόρυβο στα δεδομένα CCD, όπως ανακλάσεις
- Εικονοστοιχεία χωρίς τιμή (No Data Pixels)



Από τις συνηθισμένες οντότητες που μπορεί να υπάρχουν σε μία κατοικημένη περιοχή, αξίζει να σημειωθεί ότι δεν εμφανίζεται κάπου νερό με την μορφή λιμνών, ποταμών κλπ.

Εξετάζοντας τα δεδομένα από το LIDAR και σε συνδυασμό με τα δεδομένα CCD, αποκαλύπτεται ότι οι γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος αποτυπώνονται μόνο στο Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας 1^{ου} και υψηλού παλμού. Επίσης, και στα raster αρχεία που προκύπτουν από το μηχάνημα LIDAR φαίνεται να υπάρχουν εικονοστοιχεία χωρίς τιμή (No Data Pixels).

4.5 Προ-επεξεργασία Δεδομένων:

Τα αρχικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την μελέτη απαιτούσαν προ-επεξεργασία ώστε, να χρησιμοποιηθούν μετέπειτα για να προσδιοριστεί η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε κάθε επιφάνεια ενδιαφέροντος (επίπεδες οροφές και επικλινές οροφές κτηρίων). Τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν ήταν:

1. Η απουσία γεωαναφοράς στις εικόνες και τα ψηφιακά μοντέλα (DSM, DTM)
2. Η ανάγκη επιλογής ενός τμήματος των εικόνων, με στόχο να επικεντρωθεί η ανάλυση στο πιο ενδιαφέρον κομμάτι και να χρειάζεται λιγότερη υπολογιστική ισχύ και άρα μικρότερος χρόνος κατά την επεξεργασία
3. Η απόδοση τιμών στα pixels που δεν διέθεταν δεδομένα (Null pixels ή No Data pixels)

4.5.1 Επιλογή Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς και Αποκοπή τμήματος των εικόνων

Η ύπαρξη γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς ήταν αναγκαία για να μπορέσουν να λειτουργήσουν τα προγράμματα που προσομοιώνουν την ηλιακή ακτινοβολία σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία. Επειδή, η εξεταζόμενη περιοχή είναι η πόλη Μέμμινγκεν (Memmingen), στην Βαυαρία της Γερμανίας και τα δεδομένα έχουν ληφθεί το 2003, επιλέχτηκε ένα από τα επίσημα και πιο συνηθισμένα μέχρι το 2016 σύστημα συντεταγμένων αναφοράς που χρησιμοποιείται στην συγκεκριμένη περιοχή (<https://gis.stackexchange.com/questions/37219/german-coordinate-system-from-lat-long> , 22/10/2012, τελευταία επίσκεψη στην ιστοσελίδα 6/11/2017). Αυτό ήταν το σύστημα με

μονάδες μέτρησης: **μέτρα (meters)**

προβολή: **PD/83 / 3-degree Gauss-Kruger zone 4**

datum: **Potsdam Datum/83**

ελλειψοειδές: **Bessel 1841**

αρχικός Μεσημβρινός: **Γκρίνουιτς (Greenwich)**

κωδικός στο European Petroleum Survey Group (EPSG): **3397**

Ο περιορισμός των δεδομένων σε ένα μικρότερο τμήμα ώστε, να απαιτείται μικρότερη υπολογιστική ισχύ για την επεξεργασία των εικόνων, έγινε με κριτήρια

- να παρουσιάζεται όλη η ποικιλομορφία των διαφορετικών κτηρίων που εμφανίζονται στο σύνολο της εικόνας
- να μην περιέχει πολλά pixels με κενά δεδομένα (No Data pixels)

Παρότι, οι διαδικασίες απόδοσης συστήματος αναφοράς και αποκοπής ενός μέρους της εικόνας θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν εύκολα σε κάποιο πρόγραμμα GIS, προτιμήθηκε για εκπαιδευτικούς λόγους να υλοποιηθούν με κώδικα στην γλώσσα Python και με χρήση της βιβλιοθήκης GDAL. Ο κώδικας δίνεται στην **Εικόνα 21**.

```

# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Fri Oct 20 17:58:21 2017
@author: john
"""

def Georef_Crop_Img(fname, newname, epsg):
    #read an image with origin uses gdal
    #Georeference image with EPSG code
    #Crop image if needed
    #fname = path of input file
    #newname = path for output file
    #epsg = EPSG code for georeference

    #import libraries
    import numpy as np
    from osgeo import gdal
    from osgeo import ogr
    gdal.UseExceptions() #Python bindings do not raise exceptions unless you
    #explicitly call UseExceptions()

    #display GDAL version
    print ("GDAL's version is {}".format(gdal.__version__))

    #read each band of image and whole image with gdal
    try:
        ds_in=gdal.Open(fname)
    except:
        print ("Unable to open {}".format(fname))
        return None

    bandsAsArrays=[]
    for i in range(ds_in.RasterCount):
        b=ds_in.GetRasterBand(i+1)
        #preserve No Data Values
        nd=b.GetNoDataValue()
        arr=b.ReadAsArray()
        if (nd==None):
            bandsAsArrays.append(arr)
        elif not (np.isnan(nd)):
            arr[arr==nd]=np.nan
            bandsAsArrays.append(arr)
        else:
            bandsAsArrays.append(arr)
    #create image as ndarray with nan for No Data Values
    img=np.stack(bandsAsArrays)
    #display image informations
    print("Input image has: {} columns(xsize), {} rows(ysize) and {} bands")
    print("ds_in.RasterSize, ds_in.RasterYSize, ds_in.RasterCount")
    print("Projection is: {}".format(ds_in.GetProjection()))
    gt = ds_in.GetGeoTransform()
    if gt:
        print("origin = ({} , {})".format(gt[0], gt[3]))
        print("Pixel Size in x and y, respectively = ({} , {})".format(gt[1], gt[5]))
    else:
        print "No informations about Geotransform"

    #ask if needed
    control1=False
    while (not control1):
        mode=tr(raw_input("Do you want to crop image (Y/N): "))
        if (mode=="y" or mode=="n" or mode=="N" or mode=="n"):
            control1=True
        else:
            print "Not valid input"

    d,y,x= img.shape
    if (mode=="y" or mode=="y"):
        control2=False
        while (not control2):
            try:
                x_lu =int(raw_input("Enter the column(x) for left-up corner "+
                    "(first column is 0): "))
            except ValueError:
                print "Not valid input"
                continue
            try:
                x_rd =int(raw_input("Enter the column(x) for right-down "+
                    "corner (last column is "+str(x-1)+"): "))
            except ValueError:
                print "Not valid input"
                continue
            try:
                y_lu =int(raw_input("Enter the row(y) for left-up corner "+
                    "(first row is 0): "))
            except ValueError:
                print "Not valid input"
                continue
            try:
                y_rd =int(raw_input("Enter the row(y) for left-up corner "+
                    "(last row is "+str(y-1)+"): "))
            except ValueError:
                print "Not valid input"
                continue
            if (x_lu>=0)and(x_lu<=(x-1))and(x_lu<x_rd):
                control21=True
            else:
                control21=False
            if (y_lu>=0)and(y_lu<=(y-1))and(y_lu<y_rd):
                control22=True
            else:
                control22=False
            control2=control21 and control22
            if (control2 == False):
                print "Wrong values for left-up corner or/and "+
                    "right-down corner"

        else:
            x_lu=0
            x_rd=x-1
            y_lu=0
            y_rd=y-1

    crop = img[:, y_lu:(y_rd+1), x_lu:(x_rd+1)]
    fileformat="GTiff"
    driver = gdal.GetDriverByName(fileformat)
    metadata = driver.GetMetadata()
    if (metadata.get(gdal.DCAP_CREATE) == "YES"):
        print("Driver {} supports Create() method.".format(fileformat))
    else:
        print("Driver {} doesn't support Create() method.".format(fileformat))
    return
    ds_out = driver.Create(newname, xsize=(x_rd-x_lu+1), ysize=(y_rd-y_lu+1),
    ds_out.SetGeoTransform((gt[0]+x_lu*gt[1], gt[1], gt[2], gt[3]+y_lu*gt[5],
    gt[4], gt[5]))
    for b in range(d):
        ds_outband = ds_out.GetRasterBand(b+1)
        ds_outband.WriteArray(crop[b])
    #create and set project
    ds_outSRS = ogr.SpatialReference()
    ds_outSRS.ImportFromEPSG(epsg)
    ds_out.SetProjection(ds_outSRS.ExportToWkt())
    #This call will recover memory used to cache data blocks for this raster
    #band, and ensure that new requests are referred to the underlying driver.
    ds_outband.FlushCache()
    #close streams
    ds_out=None
    ds_in=None
    return None

```

Εικόνα 21: Συνάρτηση σε Python για την γεωαναφορά και την αποκοπή τμήματος των δεδομένων

Το πρόγραμμα που φαίνεται στην [Εικόνα 21](#), αλληλεπιδρά με τον χρήστη. Αρχικά δίνει πληροφορίες για το μέγεθος, την θέση, τις μονάδες μέτρησης που αντιστοιχούν σε κάθε εικόνα. Ύστερα ρωτά τον χρήστη σε ποια σημεία θέλει να κόψει την εικόνα. Αυτό γίνεται γιατί τα δεδομένα της εργασίας είχαν διαφορετική χωρική ανάλυση και διαφορετική έκταση την οποία κάλυπταν, ανάλογα με το όργανο λήψης, όπως αναφέρθηκε στην [ενότητα 4.3](#).

Επιπλέον, επειδή κατά το διάβασμα των δεδομένων και την μετατροπή τους σε ndarrays τοποθετείται στα No Data pixels η τιμή μηδέν και στην συνέχεια κατά την δημιουργία raster εικόνων από πίνακες ndarray, τα No Data pixels εμφανίζονται λανθασμένα με τιμή μηδέν, υπάρχει ένα τμήμα κώδικα που προστατεύει και διατηρεί αυτά τα pixels ως No Data.



Εικόνα 22: Η αποκομμένη περιοχή, που χρησιμοποιείται στην εργασία, στο έγχρωμο σύνθετο 432

4.5.2 Διαχείριση των No Data pixels

Για να διερευνηθεί αν υπάρχουν και πόσα είναι τα No Data pixels στις εικόνες που σχηματίστηκαν μετά την αποκοπή γράφτηκε μία συνάρτηση σε Python.

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Fri Oct 20 17:58:21 2017
@author: john
"""
def Existence_of_No_Data (fname):
    #count the number of no data values pixels
    #fname= path of input file

    #import libraries
    import numpy as np
    from osgeo import gdal
    gdal.UseExceptions() #Python bindings do not raise exceptions unless you
    #explicitly call UseExceptions()

    #display GDAL version
    print ("GDAL's version is {}".format(gdal.__version__))

    #read raster
    try:
        ds_in=gdal.Open(fname)
    except:
        print ("Unable to open {}".format(fname))
        return None

    #read bands as arrays
    for i in range(ds_in.RasterCount):
        b=ds_in.GetRasterBand(i+1)
        arr=b.ReadAsArray()
        y,x=arr.shape
        pixels=x*y
        nd=b.GetNoDataValue()
        if (nd != None):
            print "No-Data-Value is: {}".format(nd)
            if (nd==None):
                if (np.isnan(arr.min())):
                    c1=(arr==0).sum()
                    arr=np.nan_to_num(arr)
                    c2=(arr==0).sum()
                    number_of_ND=c2-c1
                    print "Band {} has {} No-Data-Pixels!".format(i+1,
                    number_of_ND)
                    print "This is the {:.08.7f}%".format(1.0*number_of_ND/pixels)
                else:
                    number_of_ND=0
                    print "Band {} has Zero No-Data-Pixels!".format(i+1,)
            else:
                number_of_ND=(arr==nd).sum()
                print "Band {} has {} No-Data-Pixels!".format(i+1, number_of_ND)
                print "This is the {:.08.7f}%".format(1.0*number_of_ND/pixels)

    return (number_of_ND, 1.0*number_of_ND/pixels)

#Examine if there is No-Data-Values and Count No-Data-Values
#Export to screen and as CSV file
l=["E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_cir.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_diff_feh_ledtm.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_diff_feh_ledtmi.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_samm_feh.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_samm_fel.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_samm_leh.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_tamm_led.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_tamm_ledtm.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_tamm_ledtm_i.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_tamm_ledtm_l.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_tamm_ledtm_v.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_iamm_int_8bit.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_imagearea_8bit_rgb.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_mm_blue.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_mm_green.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCIN_mm_red.tif",
"E:\\DIPLOMATIKI\\Toposys_Georeferenced_with_nulls\\GCNI_mm_ir.tif"]

with open("No Data Pixels.csv", 'wb') as csv_file:
    writer = csv.writer(csv_file)
    writer.writerow(["File", "No Data Pixels", "%"])
    for i in l:
        nd,per = Existence_of_No_Data(i)
        writer.writerow([i, nd,per])
```

Εικόνα 23: Συνάρτηση σε Python που μετρά τα No Data pixels και το ποσοστό τους σε σχέση με τα συνολικά pixels της εικόνας

Ο κώδικας που φαίνεται στην προηγούμενη εικόνα προσδιορίζει των αριθμό των No Data pixels σε μία raster εικόνα και υπολογίζει το ποσοστό τους, σε σχέση με τα συνολικά pixels της εικόνας. Αυτά τα στοιχεία αποτυπώνονται στην οθόνη του υπολογιστή, όσο και σε ένα αρχείο CSV. Από την εκτέλεση αυτής της συνάρτησης προέκυψε ο [Πίνακας 2](#):

| Πίνακας με No Data pixels σε κάθε εικόνα των δεδομένων | | |
|--|----------------|-----------|
| File | No Data Pixels | % |
| cir | 0 | 0,0000000 |
| diff_feh_lcl | 1346 | 0,0005982 |
| diff_feh_ledtmi | 114 | 0,0000507 |
| feh | 0 | 0,0000000 |
| fel | 0 | 0,0000000 |
| leh | 289 | 0,0001284 |
| lel | 289 | 0,0001284 |
| ledtm_i | 1967 | 0,0008742 |
| ledtm_l | 521692 | 0,2318631 |
| ledtm_v | 1741362 | 0,7739387 |
| intensity | 0 | 0,0000000 |
| rgb | 0 | 0,0000000 |
| blue | 0 | 0,0000000 |
| green | 0 | 0,0000000 |
| red | 0 | 0,0000000 |
| infrared | 0 | 0,0000000 |

Πίνακας 2: No Data pixels σε κάθε εικόνα τα ποσοστά τους % με 7 δεκαδικά ψηφία ακρίβεια

Όπως παρατηρείται, κάποιες αποκομμένες εικόνες έχουν εικονοστοιχεία που δεν διαθέτουν τιμή. Στις περισσότερες εικόνες το ποσοστό των No Data pixels είναι πολύ μικρό. Η συμπλήρωση αυτών των pixels, σε όσες εικόνες κρίθηκε αναγκαίο, έγινε με δύο μεθόδους.

Πρώτον, με την εντολή **gdal.FillNodata()** στην γλώσσα προγραμματισμού Python. Αυτός ο αλγόριθμος υπολογίζει τις τιμές των κενών σε δεδομένα pixels χρησιμοποιώντας ένα “κωνικό” (σταυρός) δομικό στοιχείο σε 4 κατευθύνσεις και εφαρμόζοντας παρεμβολή, δίνοντας αντίστροφα βάρη στις τιμές, ανάλογα με την απόστασή τους από το κεντρικό No Data pixel, στο οποίο θα αποδοθεί τιμή. Σε περίπτωση που δεν βρίσκει τιμές επεκτείνει το μέγεθος του δομικού στοιχείου μέχρι να βρει. Ακόμα δίνει την δυνατότητα να εξομαλυνθούν (smoothing) οι τιμές που προκύπτουν στα No Data pixels με επαναλαμβανόμενες εφαρμογές φίλτρου μέσου όρου 3x3 (http://www.gdal.org/gdal_fillnodata.html και http://www.gdal.org/gdal__alg_8h.html#a0a079afef61968f224b159d48423d1c6, τελευταία επίσκεψη στην ιστοσελίδα 6/11/2017).

```

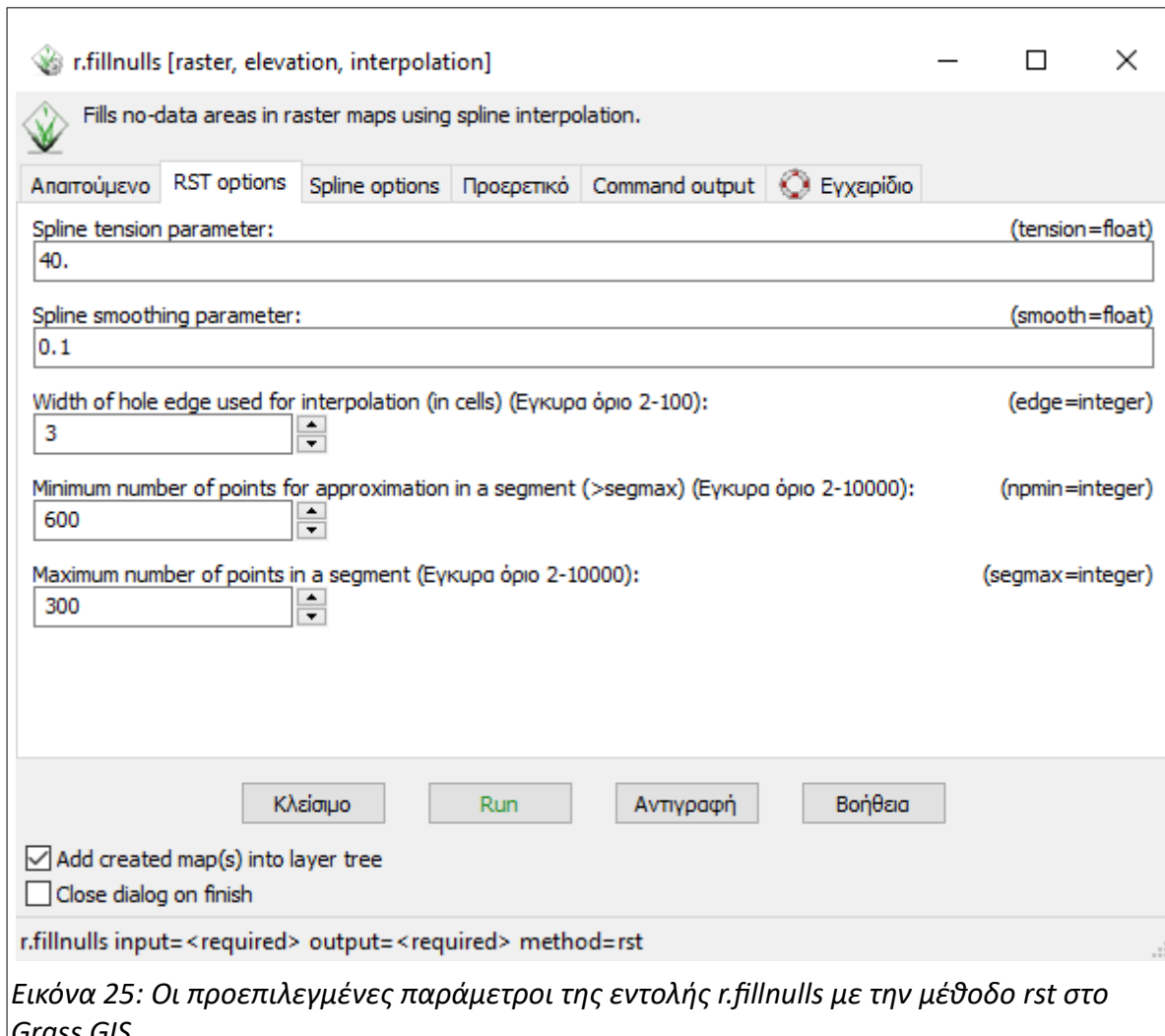
8 from osgeo import gdal, osr
9 from os import listdir
10 import numpy as np
11
12 #copy from gdal_fillnodata.py
13 def CopyBand( srcband, dstband ):
14     for line in range(srcband.YSize):
15         line_data = srcband.ReadRaster( 0, line, srcband.XSize, 1 )
16         dstband.WriteRaster( 0, line, srcband.XSize, 1, line_data,
17                             buf_type = srcband.DataType )
18
19 def fill_No_Data (fname_src):
20     max_distance = 100
21     smoothing_iterations = 0
22     options = []
23     quiet_flag = 0
24     src_filename = fname_src
25     src_band = 1
26     index=fname_src.rfind("\\")
27     dst_filename="E:\DIPLOMATIKI\Toposys_No_Nulls_After_GDAL\GDAL_"+fname_src[index+1:]
28     format = 'GTiff'
29     creation_options = []
30     try:
31         gdal.FillNodata
32     except:
33         print('.')
34         print('gdal.FillNodata() not available. ' +
35               'You are likely using "old gen"' +
36               'bindings or an older version of the next gen bindings.')
37         print('.')
38         return None
39
40     src_ds = gdal.Open( src_filename, gdal.GA_ReadOnly )
41
42     if src_ds is None:
43         print('Unable to open %s' % src_filename)
44         return None
45
46     srcband = src_ds.GetRasterBand(src_band)
47
48     if dst_filename is not None:
49         drv = gdal.GetDriverByName(format)
50         dst_ds = drv.Create( dst_filename, src_ds.RasterXSize,
51                             src_ds.RasterYSize,1, srcband.DataType,
52                             creation_options )
53
54         wkt = src_ds.GetProjection()
55         if wkt != '':
56             dst_ds.SetProjection( wkt )
57             dst_ds.SetGeoTransform( src_ds.GetGeoTransform() )
58
59         dstband = dst_ds.GetRasterBand(1)
60         CopyBand( srcband, dstband )
61
62     else:
63         print "problem"
64         return None
65
66     if quiet_flag:
67         prog_func = None
68     else:
69         prog_func = gdal.TermProgress
70
71     #creation of mask
72     #####
73     as=srcband.ReadAsArray()
74     maskband=as.copy()
75     maskband=np.nan_to_num(maskband)
76
77     maskband[maskband != 0]=1
78     fileformat="GTiff"
79     driver = gdal.GetDriverByName(fileformat)
80     metadata = driver.GetMetadata()
81     if (metadata.get(gdal.DCAP_CREATE) == "YES"):
82         print("Driver {} supports Create() method.".format(fileformat))
83     else:
84         print("Driver {} doesn't support Create() method.".format(fileformat))
85     maskfile="E:\DIPLOMATIKI\Toposys_No_Nulls_After_GDAL\mask_of"+fname_src[index+1:]
86     ds_out = driver.Create(maskfile, xsize=src_ds.RasterXSize,
87                             ysize=src_ds.RasterYSize, bands=1,
88                             etype=gdal.GDT_Float32)
89     ds_out.SetGeoTransform(src_ds.GetGeoTransform())
90     ds_outband = ds_out.GetRasterBand(1)
91     ds_outband.WriteArray(maskband)
92     ds_outSRS = osr.SpatialReference()
93     ds_outSRS.ImportFromWkt(src_ds.GetProjectionRef())
94     ds_out.SetProjection(ds_outSRS.ExportToWkt())
95     ds_outband.FlushCache()
96     ds_out=None
97     #####
98     mask=maskfile
99     mask_ds = gdal.Open( mask )
100     maskband = mask_ds.GetRasterBand(1)
101     #####
102
103     #again copy from gdal_fillnodata.py
104     gdal.FillNodata( dstband, maskband,max_distance, smoothing_iterations,
105                     options, callback = prog_func )
106
107
108     src_ds = None
109     dst_ds = None
110     mask_ds = None
111     return None
112
113
114 #create files
115 ltif=[]
116 for f in listdir("E:\DIPLOMATIKI\Toposys_Georeferenced_with_nulls"):
117     if (f.endswith(".tif")) and ((f.find("diff") != -1) or
118     (f.find("tamm") != -1)):
119         ltif.append(f)
120 l=[]
121 for f in ltif:
122     if ((f.find("dtm_l") == -1) and (f.find("dtm_v") == -1)):
123         l.append(f)
124
125 for s in l:
126     fill_No_Data ("E:\DIPLOMATIKI\Toposys_Georeferenced with nulls\\"+s)

```

Εικόνα 24: Διαχείριση No Data Values με gdal.FillNoData()

Στον κώδικα που γράφτηκε δεν χρησιμοποιείται η δυνατότητα για εξομάλυνση (smoothing) των τιμών που εξάγονται.

Δεύτερον, με την εντολή **r.fillnulls**, την μέθοδο **rst** και με χωρική ανάλυση, την χωρική ανάλυση της κάθε εικόνας στο λογισμικό GRASS GIS. Η μέθοδος παρεμβολής που χρησιμοποιείται σε αυτή την περίπτωση είναι επιλεγμένη ειδικά για την ανάλυση επιφανειών εδάφους και την μετέπειτα χρησιμοποίηση των παραγώγων τους, όταν αυτό είναι αναγκαίο. Σε αυτήν υπάρχουν προεπιλεγμένες μεταβλητές για την εξομάλυνση των τιμών που συμπληρώνουν τα No Data pixels. (Mitasova, Mitas [37] και Mitasova, Hofierka [38])



Τα αποτελέσματα των δύο διαδικασιών ελέγχθηκαν με scripts σε Python για τον μέσο όρο της διαφοράς τους, την μέγιστη και την ελάχιστη τιμή διαφοράς και οι αποκλίσεις ήταν μικρές. Από τις δύο μεθόδους επιλέχτηκε να συνεχιστεί η ανάλυση με τα εξαγόμενα από το GRASS GIS, αφού ο αλγόριθμός του έχει σχεδιαστεί ειδικά για την διαχείριση ψηφιακών μοντέλων επιφανείας και εδάφους.

4.6 Μεθοδολογία:

Οι βασικοί στόχοι της παρούσας εργασίας είναι να εκτιμηθεί η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στις οροφές κτηρίων, να υπολογιστεί η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από ΦΒ σε και κάθε οροφή και, ως αποτέλεσμα των προηγούμενων, να προσδιοριστούν οι καλύτερες οροφές κτηρίων για την τοποθέτηση ΦΒ (φωτοβολταϊκών) πλαισίων στην περιοχή μελέτης. Προφανώς, η υλοποίηση αυτών των επιδιώξεων περνά μέσα και περιορίζεται από τα διαθέσιμα δεδομένα, οριοθετείται από την επιλογή των εργαλείων που χρησιμοποιούνται, εξαρτάται από την χρήση υπαρκτών και από την ανάπτυξη νέων μεθόδων. Επίσης, καθορίζεται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ΦΒ και τους κανόνες που ισχύουν στην διαδικασία εγκατάστασής τους.

Σε αυτό το πλαίσιο και μετά την **φωτοερμηνεία** των αποκομμένων εικόνων και των αποκομμένων ψηφιακών μοντέλων αποφασίστηκε να ακολουθηθούν 4 κύριες διαδικασίες:

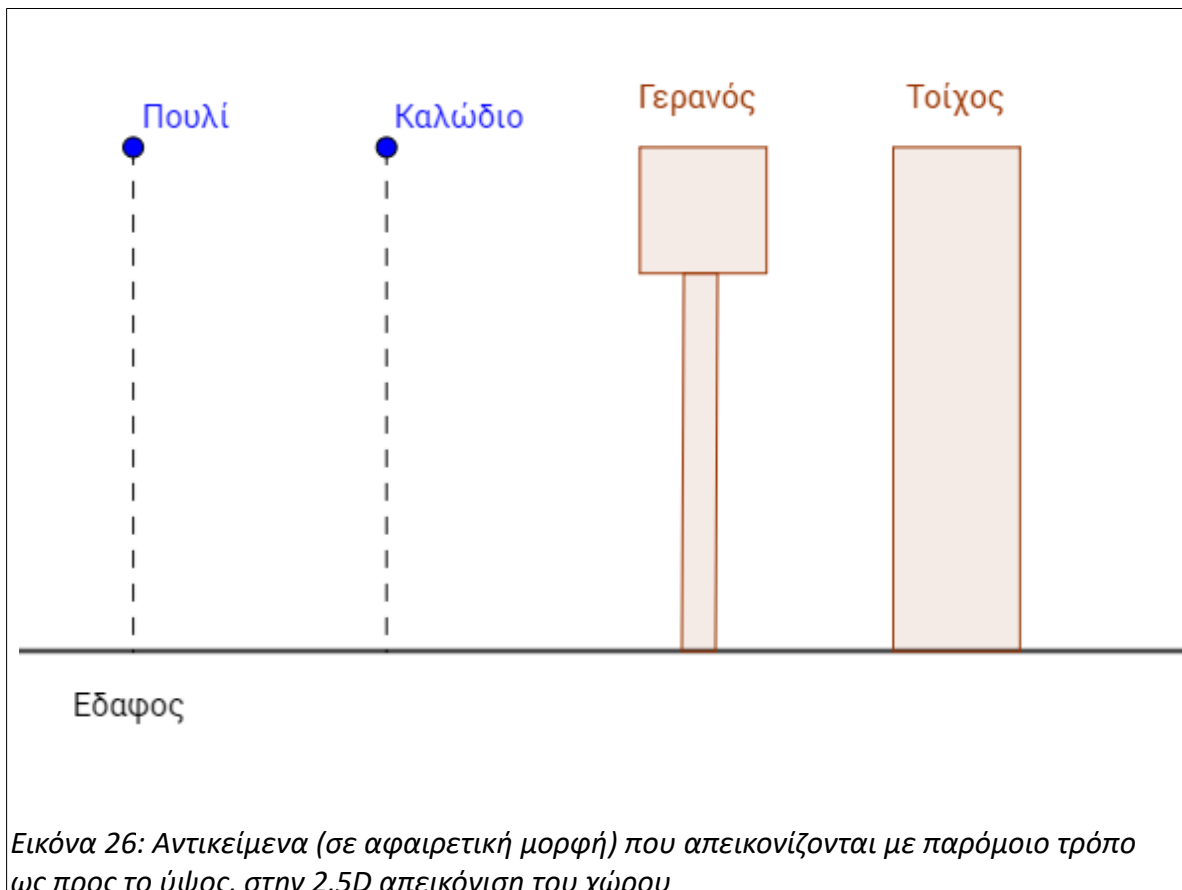
1. Η αντιμετώπιση προβλημάτων που προκύπτουν από την 2,5D περιγραφή του χώρου μέσω των δεδομένων LIDAR
2. Η εξαγωγή των οροφών των κτηρίων
3. Ο διαχωρισμός των τμημάτων των οροφών
4. Ο προσδιορισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας στις οροφές κτηρίων, μέσα από μοντέλα προσομοίωσης της ηλιακής ακτινοβολίας σε μία συγκεκριμένη περιοχή

4.6.1 Αντιμετώπιση προβλημάτων που προκύπτουν από την 2,5D περιγραφή του χώρου

4.6.1.1 Εισαγωγή

Τα όργανα LIDAR έχουν την ικανότητα να ανιχνεύουν αντικείμενα αρκετά μικρού μεγέθους όπως πουλιά, καλώδια, κλαδιά κ.α. Σε πολλές περιπτώσεις αυτά τα αντικείμενα μπορεί να είναι εμφανή στα δεδομένα LIDAR και αδύνατο να εντοπιστούν στις εικόνες RGB, CIR ακόμα και μικρότερης χωρικής ανάλυσης. Όταν το ύψος των αντικειμένων μίας περιοχής περιγράφεται με raster εικόνες που σε κάθε θέση του επιπέδου x,y μπορεί να αντιστοιχεί μία τιμή ύψους (2,5D απεικόνιση), δημιουργούνται κάποια προβλήματα. Τα αντικείμενα τα οποία έχουν ύψος μεγαλύτερο από το έδαφος, αλλά δεν ξεκινούν από το έδαφος για να φτάσουν ως το μέγιστο ύψος τους, δεν μπορούν να περιγραφούν με επαρκή τρόπο. Τέτοια αντικείμενα για παράδειγμα είναι

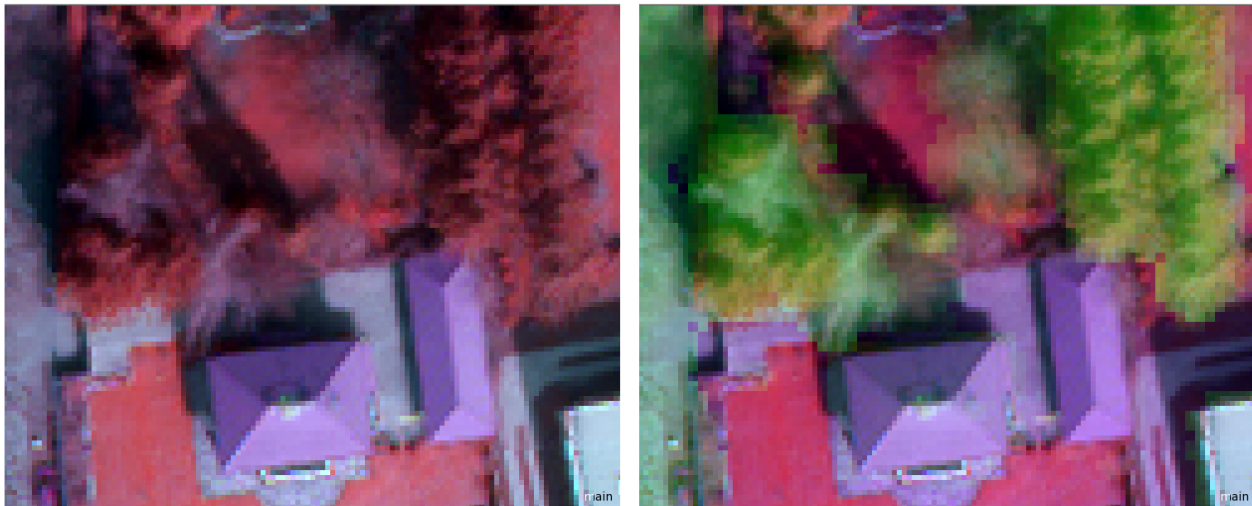
- καλώδια του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, που ενώ ο χώρος από κάτω τους είναι κενός αυτά απεικονίζονται ακριβώς όπως οι τοίχοι αντίστοιχου ύψους
- μηχανήματα, όπως γερανοί
- τα ακριανά κλαδιά των δέντρων που από κάτω τους δεν υπάρχει πυκνό φύλλωμα
- τα πουλιά που εμφανίζονται όπως και οι στύλοι



Στην προσπάθεια εκτίμησης της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει πάνω σε μία επιφάνεια ενδιαφέροντος, αυτές οι ελλείψεις είναι αναγκαίο να αντιμετωπιστούν. Αναλυτικότερα, αν και τα φωτοβολταϊκά επηρεάζονται σημαντικά, ακόμα κι από σκιάσεις πολύ μικρού εμβαδού σε σχέση με το συνολικό τους εμβαδό και πάντα στις επιτόπιες μελέτες εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών πρέπει π.χ. να συμπεριλαμβάνεται ο παράγοντας των σκιάσεων από καλώδια (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης ενέργειας (ΚΑΠΕ) [7] και Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών [5]), η αντιμετώπιση των προαναφερόμενων αντικειμένων ως ενιαίων από την γη μέχρι το μέγιστο ύψος τους μπορεί να οδηγήσει σε αρκετά λανθασμένα αποτελέσματα.

Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό στην περίπτωση των πουλιών που περνούν στιγμιαία την ώρα της λήψης των δεδομένων. Αλλά και στην περίπτωση των καλωδίων ανάλογα με το ύψος τους, τον προσανατολισμό τους, την γεωγραφική θέση της επιφάνειας ενδιαφέροντος και την θέση του ήλιου σε κάθε χρονική στιγμή μπορεί να κριθεί ότι η σκίαση που προκαλούν, κατά τις πιο σημαντικές ώρες και κατά τις πιο σημαντικές ημέρες για την συλλογή της ηλιακής ενέργειας, είναι αμελητέα.

Αντίθετα, τα κλαδιά των δέντρων μπορούν να επεκταθούν προς διάφορες κατευθύνσεις και να γεμίσουν με φύλλωμα. Επομένως, τα κλαδιά είναι προτιμότερο να αντιμετωπιστούν ως ενιαία αντικείμενα από κάτω μέχρι πάνω, σε έναν “συντηρητικό” υπολογισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. **Επιπρόσθετα, ένα, μάλλον, ειδικό ζήτημα που προκύπτει στην συγκεκριμένη εφαρμογή είναι ότι τα δεδομένα του LIDAR κι αυτά της CCD έχουν διαφορετική χωρική ανάλυση. Αυτό δημιουργεί μία αντίθεση μεταξύ των δεδομένων, αφού το LIDAR μπορεί να εντοπίσει κλαδιά που δύσκολα γίνονται αντιληπτά στα κανάλια R, G, B, NIR, αλλά τα αποτελέσματά του είναι πιο χονδροειδή. Συνεπώς, δουλεύοντας στην καλύτερη, δηλαδή στην μικρότερη χωρική ανάλυση των 0,5mx0,5m αυτό θα πρέπει με κάποιο τρόπο να συνεκτιμηθεί.**



Εικόνα 27: Αριστερά, κλαδιά κοντά σε κτήρια στο έγχρωμο σύνθετο 432 και δεξιά, η ίδια εικόνα με την διαφορά $dfeh=feh-dtm_i$ να έχει εισαχθεί στο πράσινο κανάλι με ίδια βαρύτητα όπως το G. Φαίνεται ότι στα δεδομένα LIDAR τα δέντρα εμφανίζονται πιο ογκώδη από ότι στα δεδομένα CCD

Στην συνέχεια, τα μηχανήματα όπως αρκετά ψηλοί και ογκώδης γερανοί που χρησιμοποιούνται σε εργοτάξια εμπίπτουν στην κρίση του μελετητή για το τρόπο που θα αντιμετωπιστούν. Καθώς, αυτά τα αντικείμενα δημιουργούν μεγάλες σκιάσεις και ο χρόνος παραμονής τους εξαρτάται από το έργο στο οποίο συμμετέχουν. Τέτοια αντικείμενα που μπορεί να εμφανίζονται σε διαφορετικά σημεία και για διαφορετικό χρονικό διάστημα, σε συνδυασμό με εργοτάξια από τα οποία μπορεί να προκύψουν ψηλά και μεγάλα κτήρια αναδεικνύουν την ανάγκη για επαναληπτικές εκτιμήσεις των καταλληλότερων χώρων εγκατάστασης ΦΒ σε βάθος χρόνου.

Όλοι αυτοί οι προβληματισμοί συμπυκνώνονται στα ερωτήματα:

- ποιο είναι το καταλληλότερο ψηφιακό μοντέλο επιφανείας για την προσομοίωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε μία περιοχή;
- ποιο είναι το καταλληλότερο ψηφιακό μοντέλο επιφανείας για τον εντοπισμό των οροφών των κτηρίων

Με το σκεπτικό που περιγράφηκε κρίθηκε ως καταλληλότερο DSM, αυτό που παράγεται από τον πρώτο και υψηλότερο παλμό feh (first echo high) στα περισσότερα σημεία, αλλά στα σημεία που υπάρχουν τα παραπάνω αντικείμενα, εκτός από τα κλαδιά και τους γεραμούς, παίρνει την μέγιστη τιμή μεταξύ των άλλων παλμών fel (first echo low), leh (last echo high), lel (last echo low). Τα ακριανά κλαδιά των δέντρων αποφασίστηκε, με φωτοερμηνεία των δεδομένων, να ακολουθήσουν το ίδιο μοντέλο μόνο κατά 2pixels το πολύ, από την περίμετρο του δέντρου και προς τα μέσα. Οι γερανοί αποφασίστηκε να διατηρηθούν ως έχουν στην εικόνα.

Η σημασία της χρήσης ενός τέτοιου DSM δεν είναι μεγάλη όταν η τοποθεσία που μελετάται με στόχο τον εντοπισμό των καταλληλότερων οροφών για την τοποθέτηση ΦΒ αποτελείται από

ψηλά κτήρια. Τέτοιες περιοχές είναι οι πόλεις με πολυκατοικίες, ουρανοξύστες, μεγάλα εμπορικά κέντρα κλπ και οι βιομηχανικές περιοχές. Σε αυτά τα πεδία μελέτης, τα καλώδια και τα μηχανήματα εργοταξίων μπορούν να βρίσκονται πιο χαμηλά από τις οροφές και μόνο τα πουλιά δημιουργούν κάποια λίγα προβλήματα. **Ωστόσο, σε “σύνθετες” αστικές ή αγροτικές περιοχές με χαμηλά κτήρια, όπου τα προαναφερόμενα αντικείμενα υπερβαίνουν τις επιφάνειες ενδιαφέροντος, η βαρύτητα της χρήσης ενός DSM που δεν θα είναι απλά το μοντέλου του πρώτου και υψηλότερου παλμού γίνεται αρκετά μεγαλύτερη!**

4.6.1.2 Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν (layers) και η Χωρική Ανάλυση που επιλέχτηκε

Για την δημιουργία του παραπάνω DSM κατασκευάστηκε ένα project στο λογισμικό eCognition. Τα layers που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν αξιοποιώντας κάποια από τα 16 αρχικά raster και δημιουργώντας νέα, στο GRASS GIS, με χρήση των modules r.mapcalc και r.slope.aspect. Έτσι, εισήχθησαν στο project τα παρακάτω δεδομένα:

| A/A | Ονομασία | Περιγραφή |
|-----|--------------------|---|
| 1 | dfeh | Η διαφορά του DSM πρώτου και υψηλού παλμού με το DTM από παρεμβολή, στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 2 | dfel | Η διαφορά του DSM πρώτου και χαμηλού παλμού με το DTM από παρεμβολή, στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 3 | dleh | Η διαφορά του DSM τελευταίου και υψηλού παλμού με το DTM από παρεμβολή, στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 4 | dlel | Η διαφορά του DSM τελευταίου και χαμηλού παλμού με το DTM από παρεμβολή, στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 5 | B | Το μπλε κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 6 | G | Το πράσινο κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 7 | R | Το κόκκινο κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 8 | NIR | Το εγγυς υπέρυθρο κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 9 | slope_dfeh_classes | Ομαδοποίηση των τιμών κλίσης (slope) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect στο dfeh σε 4 ομάδες |

Πίνακας 3: Layers που εισήχθησαν στο eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D απεικόνισης

Τα κανάλια της CCD κάμερας χρειάστηκαν μόνο για την φωτοερμηνεία του πεδίου εξέτασης.

Οι διαφορές μεταξύ των παλμών και του DTM σχηματίστηκαν για να μειωθούν κατά μία οι μεταβλητές που περιγράφουν το ύψος των αντικειμένων και να προσδιοριστεί το ύψος σε σχέση με το έδαφος.

Τα δεδομένα κλίσης (slope) που προέκυψαν από το dfeh με χρήση του r.slope.aspect μπορούσαν να εκμεταλλευτούν πολύ καλύτερα, αν αντιμετωπίζονταν με μία αφαιρετική οπτική που θα ξεπερνούσε τις πολλές διαφορετικές τιμές, ακόμα και μεταξύ γειτονικών pixels. Στόχος μίας τέτοιας διαχείρισης ήταν να διαχωριστούν οι επιφάνειες σε επίπεδες, ελαφρώς επικλινείς, επικλινείς και κάθετες. Αντίστοιχες απλοποιήσεις στις κλίσεις και στον προσανατολισμό

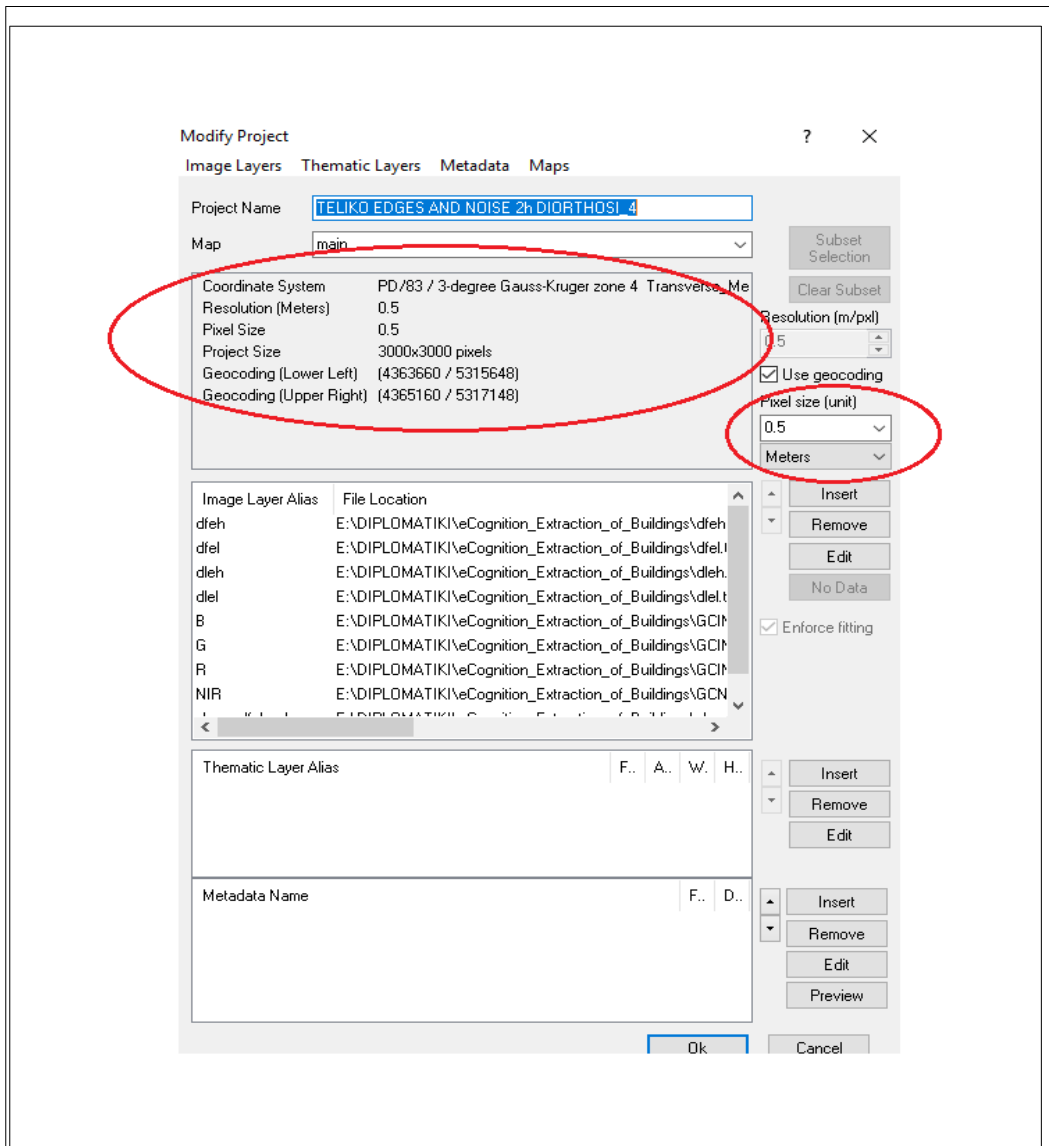
υιοθετούνται και σε άλλες εργασίες με διαφορετική σκοπιμότητα (π.χ. P. Redweik et al. [54] και G.Forlani et al. [24]). Έτσι, με χρήση του `r.mapcalc` και την παρακάτω σχέση:

```
if( slope_dfeh@mapset >= 0 && slope_dfeh@mapset <= 5, 0)+  
if( slope_dfeh@mapset > 5 && slope_dfeh@mapset <= 15, 1)+  
if( slope_dfeh@mapset > 15 && slope_dfeh@mapset <= 70, 2)+  
if( slope_dfeh@mapset > 70, 3)
```

με `dfeh` την διαφορά του 1° και υψηλού παλμού από το `DTM` και `@mapset` την ενότητα εργασίας στο `project` του `GRASS GIS`

- όσες επιφάνειες είχαν κλίση μικρότερη ή ίση με 5° έλαβαν τιμή 0 και θεωρήθηκαν επίπεδες
- όσες επιφάνειες είχαν κλίση μεγαλύτερη από 5° και μικρότερη ή ίση με 15° έλαβαν τιμή 1 και θεωρήθηκαν ελαφρώς επικλινείς
- όσες επιφάνειες είχαν κλίση μεγαλύτερη από 15° και μικρότερη ή ίση με 70° έλαβαν τιμή 2 και θεωρήθηκαν επικλινείς
- όσες επιφάνειες είχαν κλίση μεγαλύτερη από 70° έλαβαν τιμή 3 και θεωρήθηκαν κάθετες

Η χωρική ανάλυση που επιλέχτηκε ήταν η υψηλότερη από αυτές των αρχικών δεδομένων, δηλαδή $0,5\text{m} \times 0,5\text{m}$.

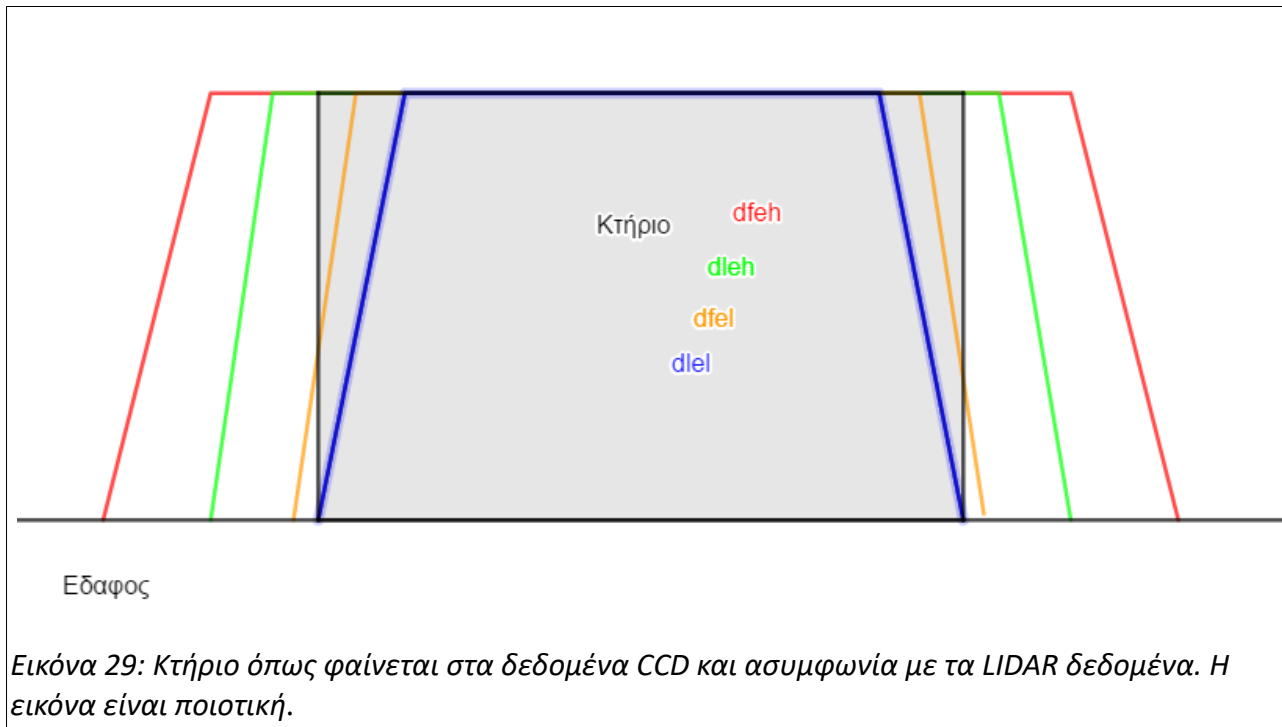


Εικόνα 28: Οι αρχικές ρυθμίσεις που επιλέχθηκαν στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου

4.6.1.3 Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση των Δεδομένων

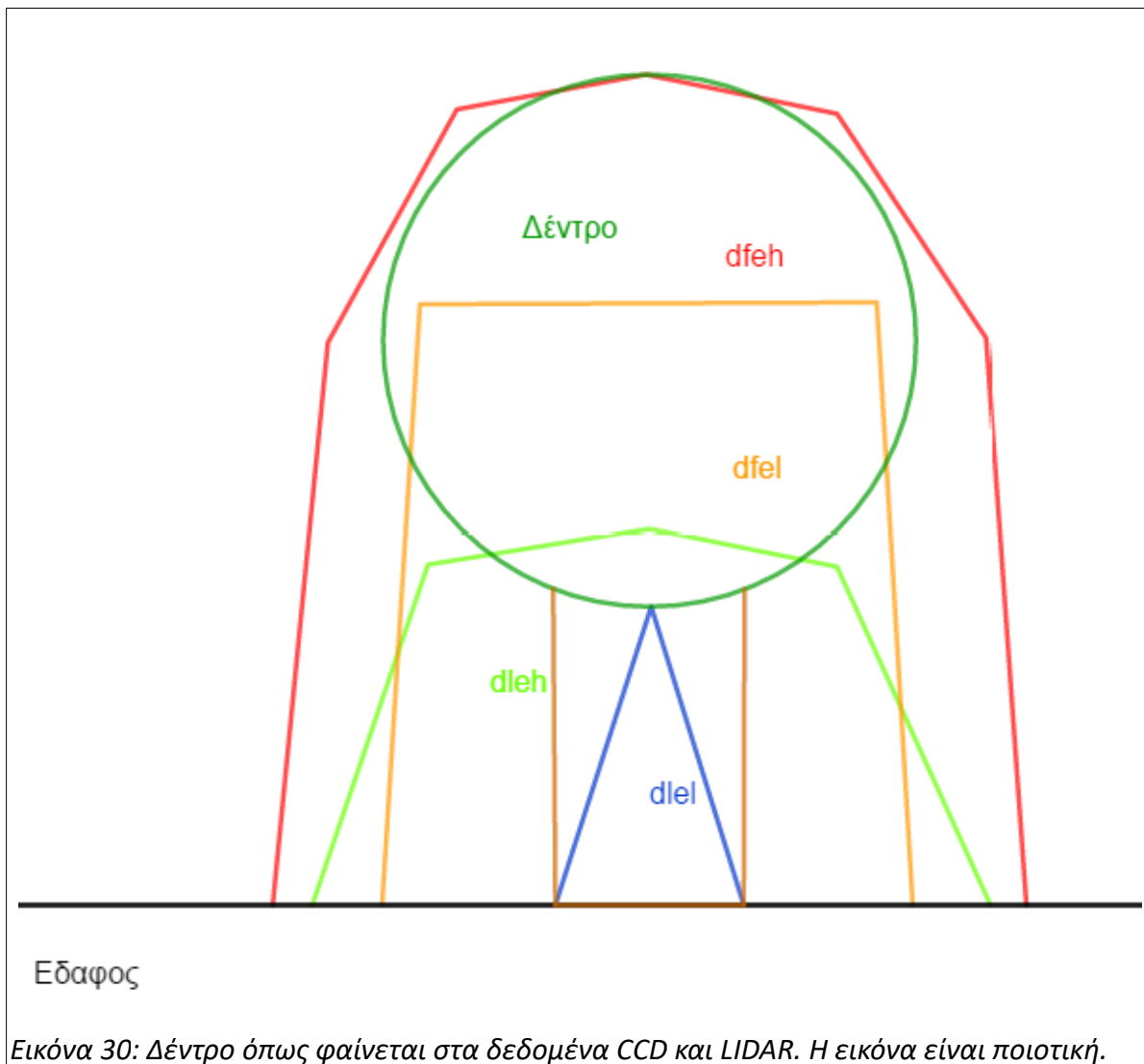
Αυτό το κομμάτι της μεθοδολογίας δεν αντιμετωπίστηκε ως ανεξάρτητο από τα επόμενα τμήματα, αλλά σε διαλεκτική σχέση μαζί τους. Αυτό σημαίνει ότι κατά την πραγματοποίησή του, είχε σχεδιαστεί σε ένα βαθμό κι ο τρόπος που θα γίνει ο εντοπισμός των κτηρίων και τα μετέπειτα βήματα προσομοίωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, που είναι τα δύο σημαντικότερα ζητήματα της εργασίας. Έτσι, αυτός ο σχετικός προ-σχεδιασμός επηρέαζε την μεθοδολογία σε αυτό το στάδιο. Κομβικό σημείο, αυτού του μέρος αλλά και παρακάτω, είναι η εικόνα που φαίνεται να έχουν τα κτήρια και τα δέντρα σε σχέση με τα διαθέσιμα δεδομένα.

Μάλλον, εξαιτίας της διαφορετικής χωρικής ανάλυσης, τα κτήρια παρουσίαζαν μία ασυμφωνία μεταξύ των δεδομένων LIDAR και CCD. Αυτή απεικονίζεται ποιοτικά στην [Εικόνα 29](#):



Όπως φαίνεται, οι επιφάνειες των κτηρίων είναι αδιαπέραστες από την ακτινοβολία laser της συσκευής LIDAR. Επιπλέον, ο παλμός feh αρχίζει να παίρνει υψηλότερες τιμές πριν την εμφάνιση του κτηρίου στην κάμερα και αντίστοιχα το ίδιο ισχύει αλλά, σε μικτότερο βαθμό για τον leh. Από την άλλη, οι fel και lel ανεβάζουν τιμές, ενώ ήδη έχει παρουσιαστεί στην κάμερα το κτήριο. Το σημείο συμφωνίας, ανάμεσα στις διαφορετικές διαδικασίες λήψης, μοιάζει να βρίσκεται στις περισσότερες περιπτώσεις μεταξύ των leh και fel. Από αυτή την αντίληψη προκύπτει, κι άρα υπάρχει συμφωνία με την παρατήρηση των Σ.Σαμοϊλη[3] και Σ.Μπέκα[1], πως τα κτήρια εμφανίζουν μεγαλύτερο εμβαδό στα ψηφιακά μοντέλα επιφανείας των παλμών feh, leh και μικρότερο για τους παλμούς fel, lel.

Αντίστοιχη είναι κι η εικόνα των δέντρων, αν και σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν διαφορετικά δέντρα με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά (π.χ. φυλλοβόλα-αειθαλή) και οι παλμοί laser διαπερνούν την επιφάνεια τους.



Σε αυτό το τμήμα επεξεργασίας και αξιοποίησης των δεδομένων, που αποσκοπεί στην καλύτερη μεταχείριση των ελλείψεων της 2,5D απεικόνισης κι ουσιαστικά αποτελεί μεταβατικό στάδιο για την πιο αξιόπιστη εξαγωγή των οροφών των κτηρίων και την ακριβέστερη εκτίμηση της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε αυτές, προκύπτουν από τις [Εικόνα 29](#), [Εικόνα 30](#) χρήσιμα στοιχεία:

- Η αντικατάσταση των df_{eh} , feh από την μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των άλλων παλμών, δεν αλλάζει δραματικά το αντικείμενο ενδιαφέροντος, δηλαδή τα κτήρια.
- Οι αλλαγές στο DSM που μπορεί να έχει η αντικατάσταση των df_{eh} , feh από την μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των άλλων παλμών, σε διαπερατές επιφάνειες από τους παλμούς laser, είναι σημαντική όταν αυτές οι επιφάνειες βρίσκονται “κοντά” σε κτήρια. Αλλιώς, η επίδραση τους στα προσδοκώμενα αποτελέσματα είναι ανύπαρκτη έως αμελητέα.

Οι θέσεις αυτές προσφέρουν μία ευελιξία στην διαδικασία απαλοιφής των καλωδίων μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος, απαλοιφής του θορύβου λόγω πουλιών, μερικής απαλοιφής των ακραίων κλαδιών των δέντρων και διατήρησης κάποιων άλλων αντικειμένων που φτάνουν σε

ένα ύψος, χωρίς να ξεκινούν από την επιφάνεια του εδάφους.

Τελικά, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε

- χρησιμοποίησε τα περιθώρια ευελιξίας που υπήρχαν,
- προσπάθησε να ορίσει τα αντικείμενα που η απεικόνισή τους σε 2,5D είναι ελλιπής και συγχρόνως δημιουργούν προβλήματα στην συγκεκριμένη μελέτη,
- να τα διαχωρίσει όσο είναι δυνατόν σε κατηγορίες που απαιτούν διαφορετική μεταχείριση
- κι όπου χρειάζεται ή δεν δημιουργεί σημαντικές στρεβλώσεις να αντικαταστήσει την τιμή του dfch.

Για αυτό, οι κλάσεις που συμμετέχουν στις ταξινομήσεις πολλές φορές δεν ορίζουν με αυστηρότητα μία εννοιολογική κατηγορία (π.χ. ακριανά κλαδιά δέντρων) αλλά, συνιστούν μία πιο αφηρημένη περιγραφή που σε κάθε περίπτωση τα αντικείμενα, που συνιστούν κάθε κλάση, στην πλειοψηφία τους, είναι αυτά που απαιτούνταν.

4.6.1.3.1 Κατάτμηση Επιπέδου L1:

Στην 1^η κατάτμηση (segmentation) χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος multiresolution segmentation του eCognition.

| | |
|--------------------------------|------------------------------|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | None |
| Layers x weight | dfch x 1 |
| Scale | 3 |
| Shape | 0,2 |
| Compactness | 0,1 |
| Level που εφαρμόστηκε | pixels |
| Level που δημιουργήθηκε | L1 |
| Θέση Level | above |

Πίνακας 4: Κατάτμηση Επιπέδου L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

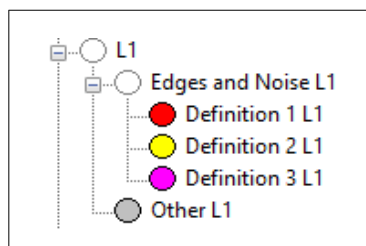
Σκοπός ήταν να δημιουργηθούν όσο το δυνατόν μεγαλύτερα αντικείμενα (segments) που να μην χάνουν καθόλου πληροφορία σχετικά με τις περιοχές που θα μπορούσαν να έχουν ενδιαφέρον για την αλλαγή του dfch και του feh.

Το μόνο layer στο οποίο εντοπίζονταν τα αντικείμενα ενδιαφέροντος σε αυτό το project ήταν το dfch κι έτσι, είναι αυτό που αποκλειστικά χρησιμοποιήθηκε. Η πλειοψηφία των αντικειμένων

ενδιαφέροντος είναι γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος, άκρες δέντρων και συστοιχιών δέντρων, οπότε το compactness έπρεπε να είναι μικρό. Το πολύπλοκο σχήμα των αντικειμένων απαιτούσε μία μικρή βαρύτητα στο shape. Οι ακριβείς τιμές κάθε παραμέτρου προσδιορίστηκαν μέσα από δοκιμές και φωτοερμηνεία.

4.6.1.3.2 Ταξινόμηση Επιπέδου L1

Η 1^η Ταξινόμηση (Classification) στο επίπεδο L1 στόχευε στον ορισμό των αντικειμένων που έπρεπε να εξεταστούν για πιθανή αλλαγή των dfch, feh ώστε, να δημιουργηθεί το απαιτούμενο Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας για την συνέχεια της εργασίας. Δόθηκαν 3 ορισμοί και τα υπόλοιπα αντικείμενα που δεν παρουσίαζαν ενδιαφέρον χαρακτηρίστηκαν ως Other.



Εικόνα 31: Ιεραρχία κλάσεων στο L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο hierarchical classification

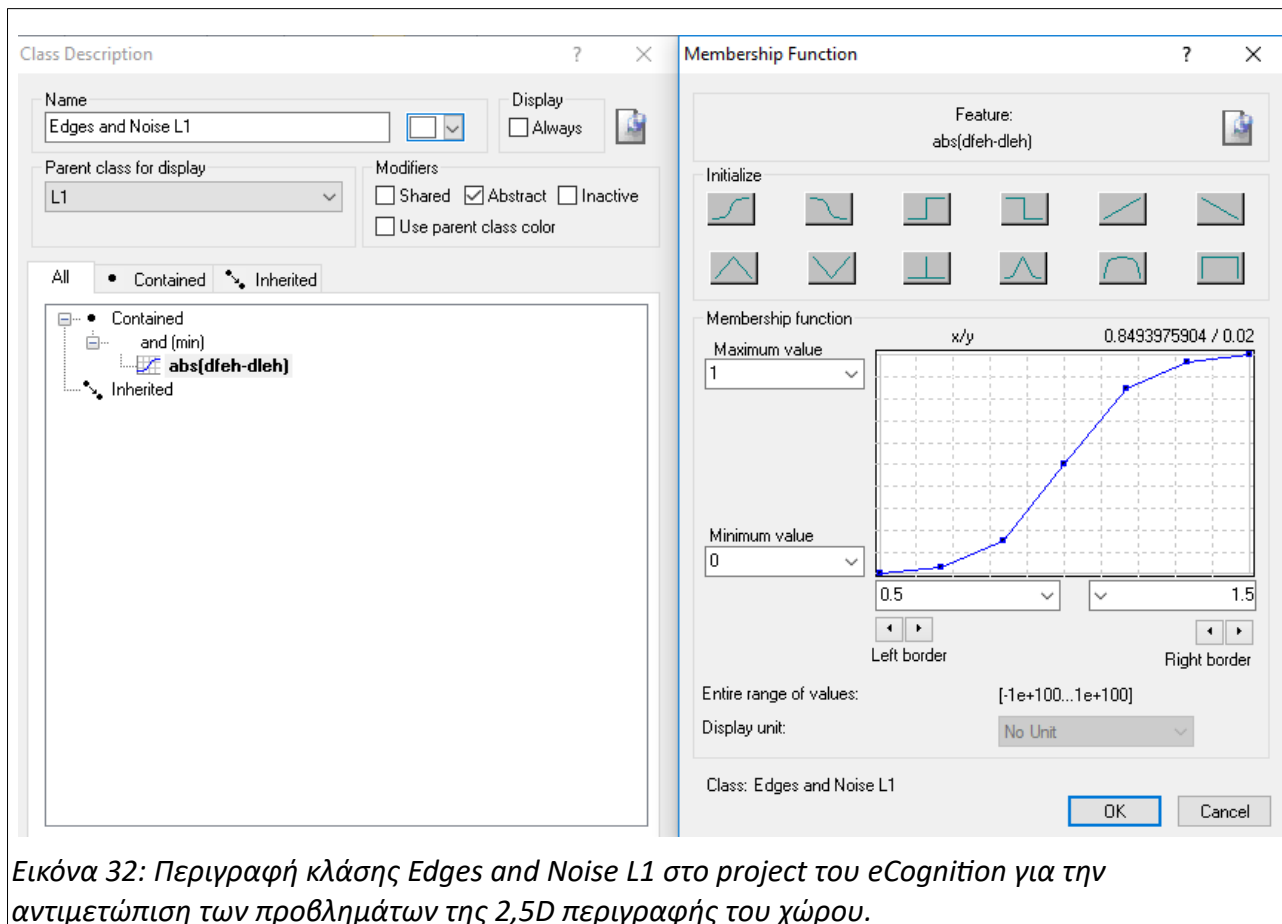
| | |
|-------------------|---|
| Αλγόριθμος | Hierarchical Classification |
| Classes | L1, Edges and Noise L1, Definition 1 L1, Definition 2 L1, Definition 2 L1, Other L1 |

Πίνακας 5: Ταξινόμηση Επιπέδου L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Η κλάση L1 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

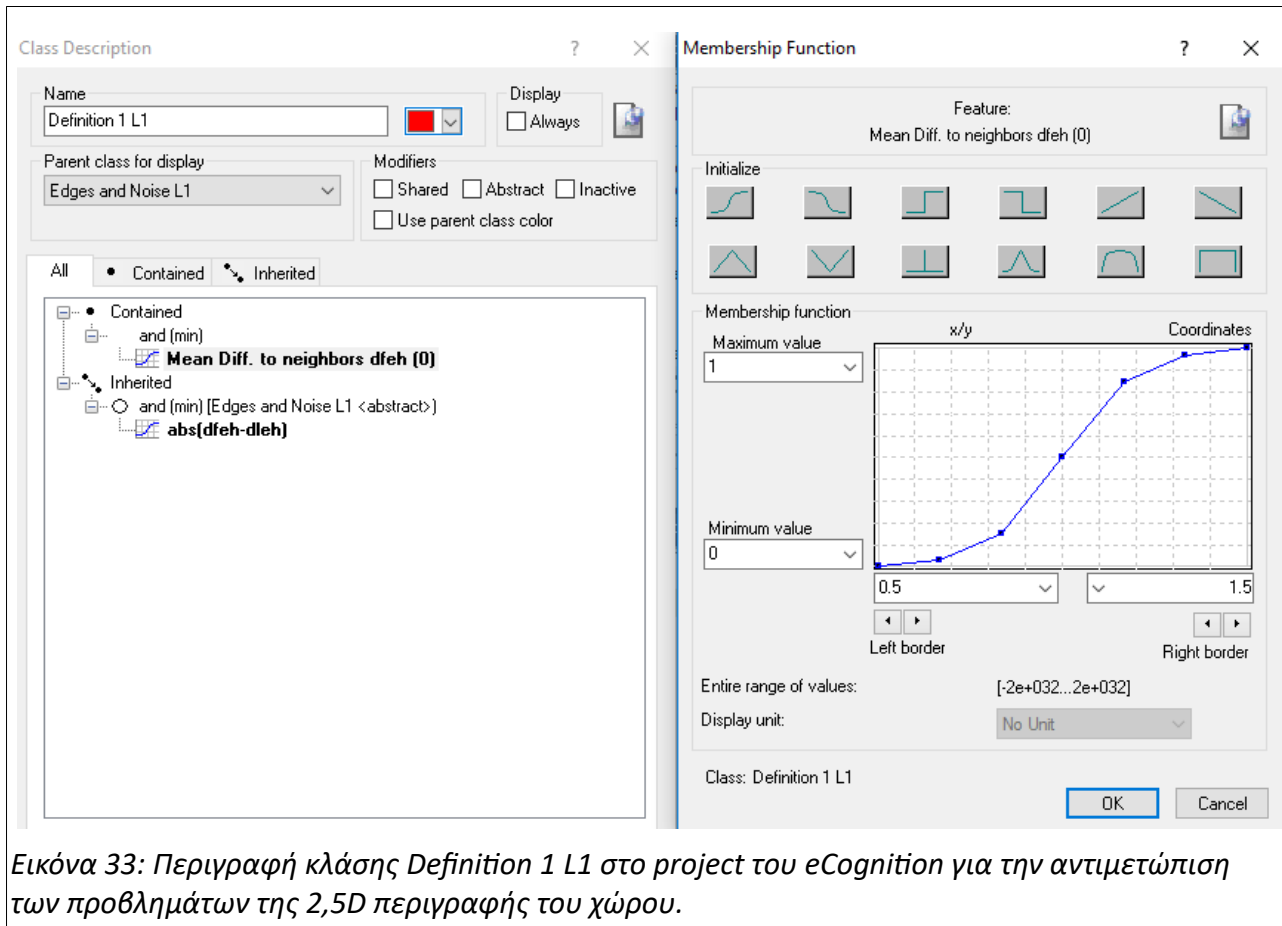
Με εκτίμηση της χωρικής ανάλυσης της εικόνας και μετά από παρατήρηση, ως αξιολογικό μέτρο για τα αντικείμενα ενδιαφέροντος προσδιορίστηκε το feature $abs(dfch-dleh)$, το οποίο κατασκευάστηκε. Το κατώφλι επιλέχτηκε στο 1m διαφορά μεταξύ των 2 παλμών. Έτσι, η κλάση

Edges and Noise L1 ορίστηκε:

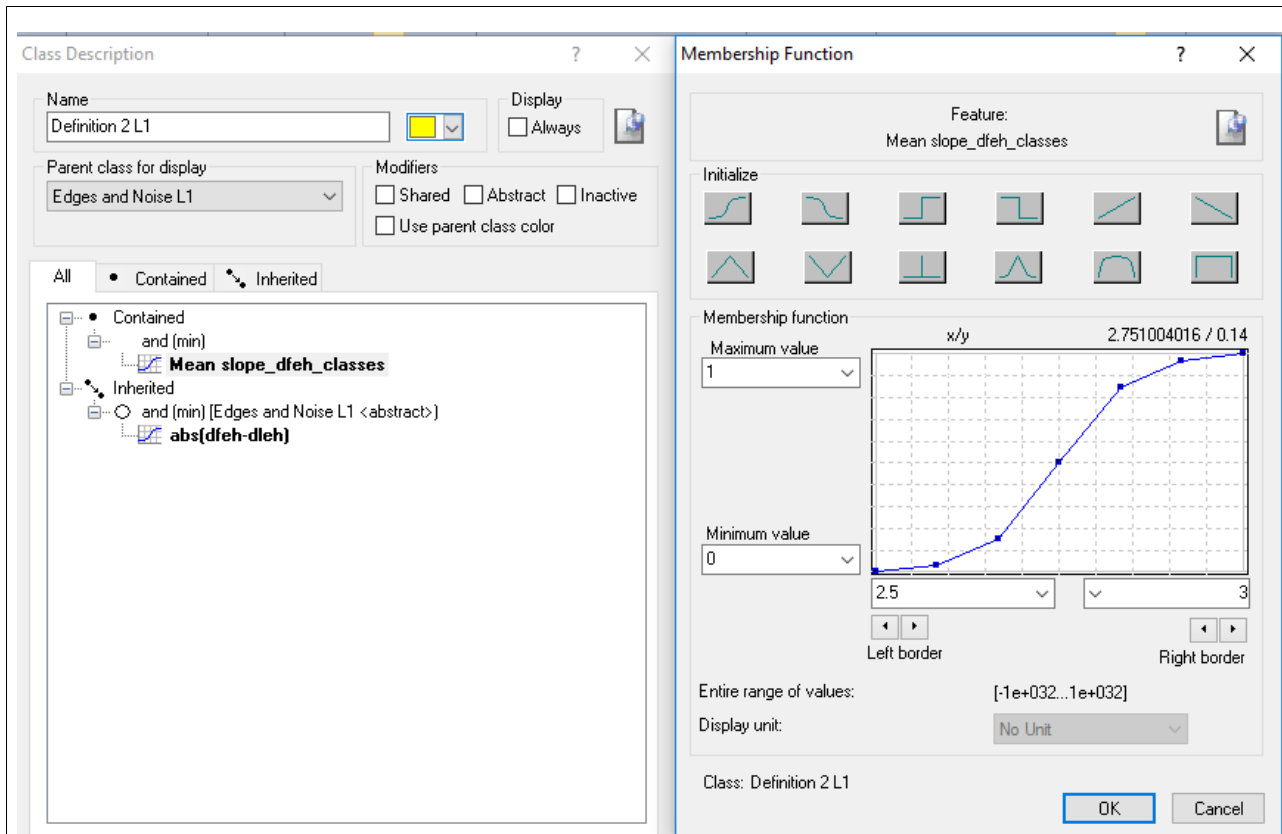


Εικόνα 32: Περιγραφή κλάσης Edges and Noise L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

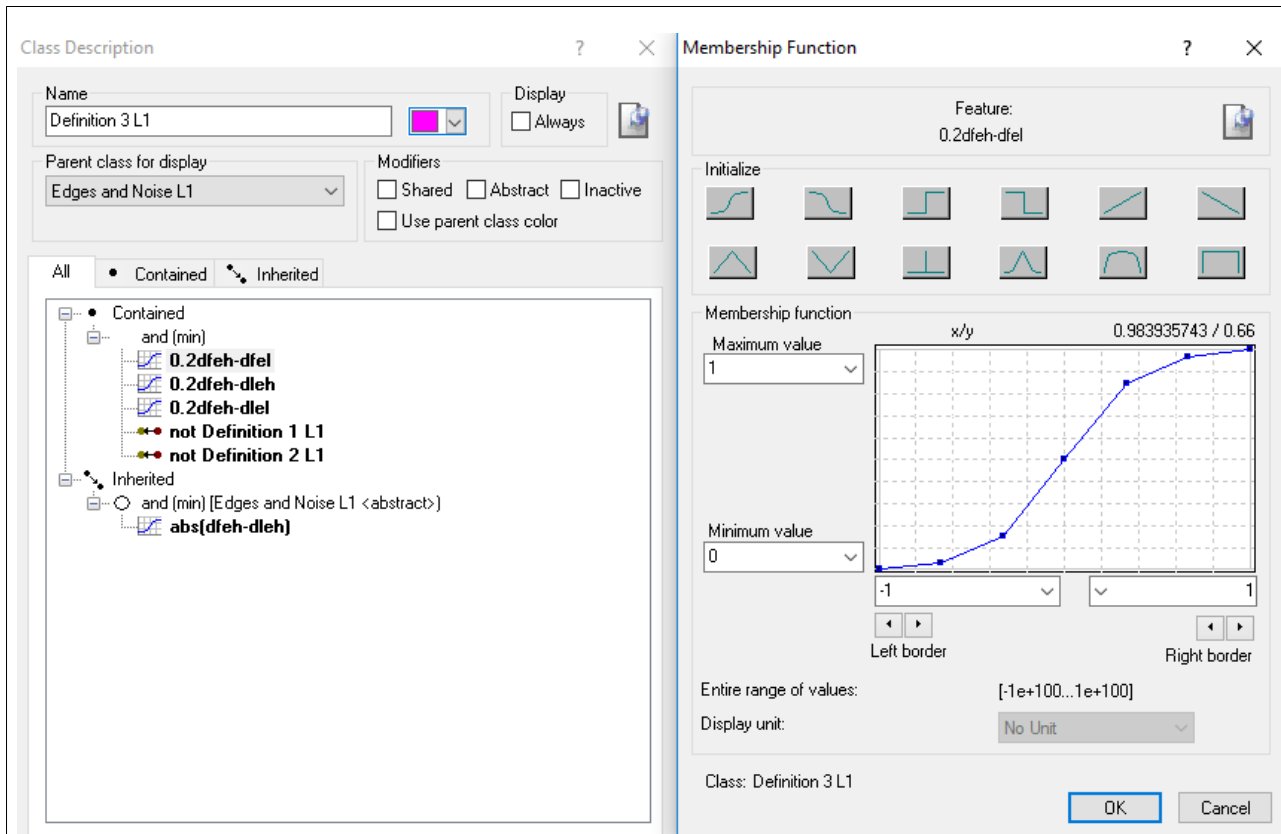
Στην συνέχεια, οι 2 πρώτοι ορισμοί που δόθηκαν αξιοποίησαν το feature του eCognition, Mean Diff to Neighbors dfef(0) στην κατηγορία Object features-Layer values-To neighbors και την απλοποίηση που έγινε στην περιγραφή των κλίσεων με το layer, slope_dfef_classes. **Αυτοί οι ορισμοί περικλείουν objects που βρίσκονται στις άκρες των αντικείμενων ενδιαφέροντος. Συνεπώς, χρειαζόταν κι ένας ορισμός για αντικείμενα ενδιαφέροντος που περικλείονται από αντικείμενα ενδιαφέροντος!** Αυτός ο ορισμός πήρε την περιγραφή στην οποία τα dfel, dleh, dllel βρίσκονται όλα κάτω από το 20% της τιμής του dfef. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε, μόνο αφού είχαν προσδιοριστεί τα objects των προηγούμενων κλάσεων, για να μην υπάρχουν συγχύσεις, καθώς είναι πιο γενικός από τους 2 προηγούμενους.



Εικόνα 33: Περιγραφή κλάσης Definition 1 L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.



Εικόνα 34: Περιγραφή κλάσης Definition 2 L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.



Εικόνα 35: Περιγραφή κλάσης Definition 3 L1 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου. Η συνάρτηση συμμετοχής είναι η ίδια σε όλα τα features.

4.6.1.3.3 Κατάτμηση Επιπέδου L2:

Ο multiresolution segmentation, όπως χρησιμοποιείται στο eCognition με τα διάφορα επίπεδα ανάλυσης της εικόνας, αποτελεί ουσιαστικά έναν αποτελεσματικό αλγόριθμο region growing που επιτρέπει στα αντικείμενα ενός επιπέδου να εγκολπώσουν σε μεγαλύτερη κλίμακα περισσότερα γειτονικά και “συγγενικά” τους objects. Με αυτό το σκεπτικό χρησιμοποιείται σε όλη την μελέτη. Έτσι, η 2^η κατάτμηση είχε στόχο να διευρύνει την κλίμακα, για να συνενωθούν τα objects από τις κλάσεις Definition 1 L1, Definition 2 L1 σχηματίζοντας objects που μπορεί να έχουν εννοιολογική ερμηνεία.

| | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Definition 1 L1, Definition 2 L1 |
| Layers x weight | dfeh x 1 |
| Scale | 8 |
| Shape | 0,2 |
| Compactness | 0,1 |
| Level που εφαρμόστηκε | L1 |
| Level που δημιουργήθηκε | L2 |
| Θέση Level | above |

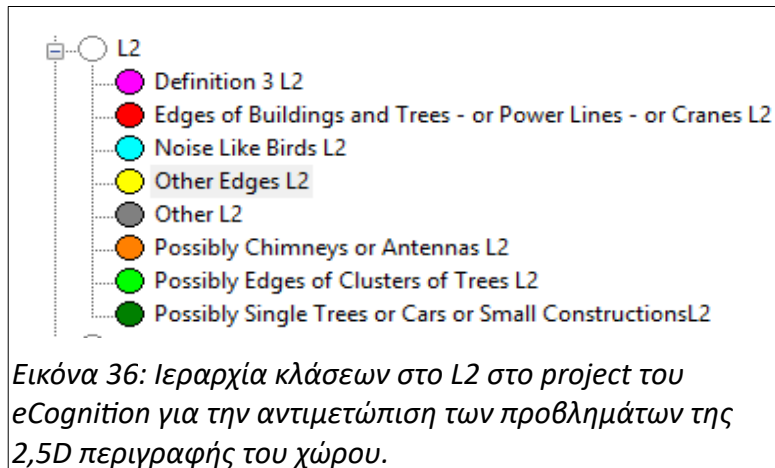
Πίνακας 6: Κατάτμηση Επιπέδου L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Πέρα από την κλίμακα οι παράμετροι παρέμειναν ίδιες, στη λογική που περιγράφηκε προηγουμένως.

4.6.1.3.4 Ταξινόμηση Επιπέδου L2

Στο επίπεδο L2 κατορθώθηκε να περιγραφούν, χωρίς να προκύπτουν στρεβλώσεις από τις αστοχίες:

- Ο θόρυβος από πουλιά για να αλλάξουν τα dfeh, feh
- Οι καμινάδες και οι κεραιές κτηρίων για να μην αλλάξουν τα dfeh, feh
- Μικρές συστάδες δέντρων, μεμονωμένα δέντρα, αυτοκίνητα και μικρές κατασκευές για να αλλάξουν τα dfeh, feh περιορισμένα (χωρίς να χαθούν τελείως αυτά τα μικρά αντικείμενα)

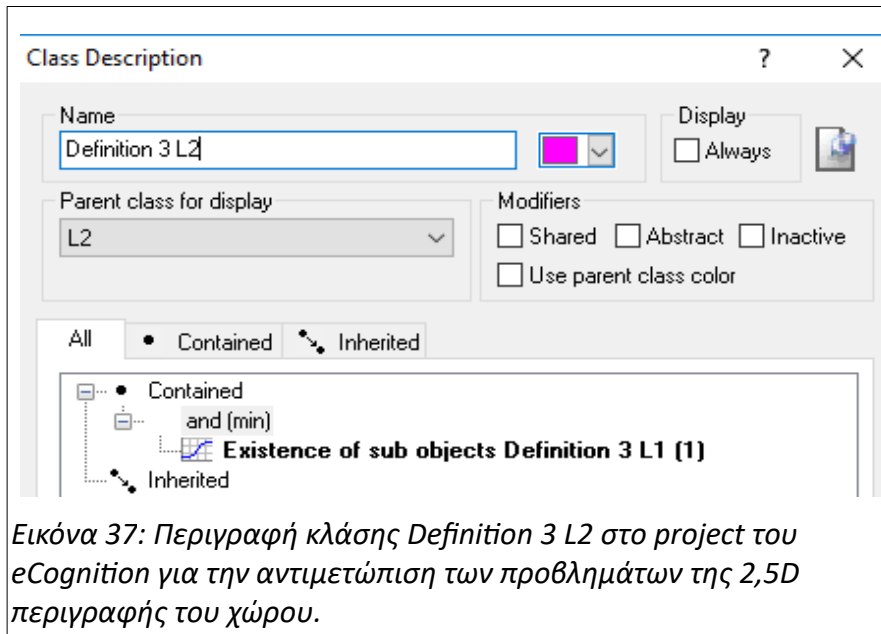


| Αλγόριθμος | Hierarchical Classification |
|------------|--|
| Classes | L2, Definition 3 L2, Edges of Buildings and Trees - or Power Lines - or Cranes L2, Noise Like Birds L2, Other Edges L2, Other L2, Possibly Chimneys or Antennas L2, Possibly Edges of Clusters of Trees L2, Possibly Single Trees or Cars or Small ConstructionsL2 |

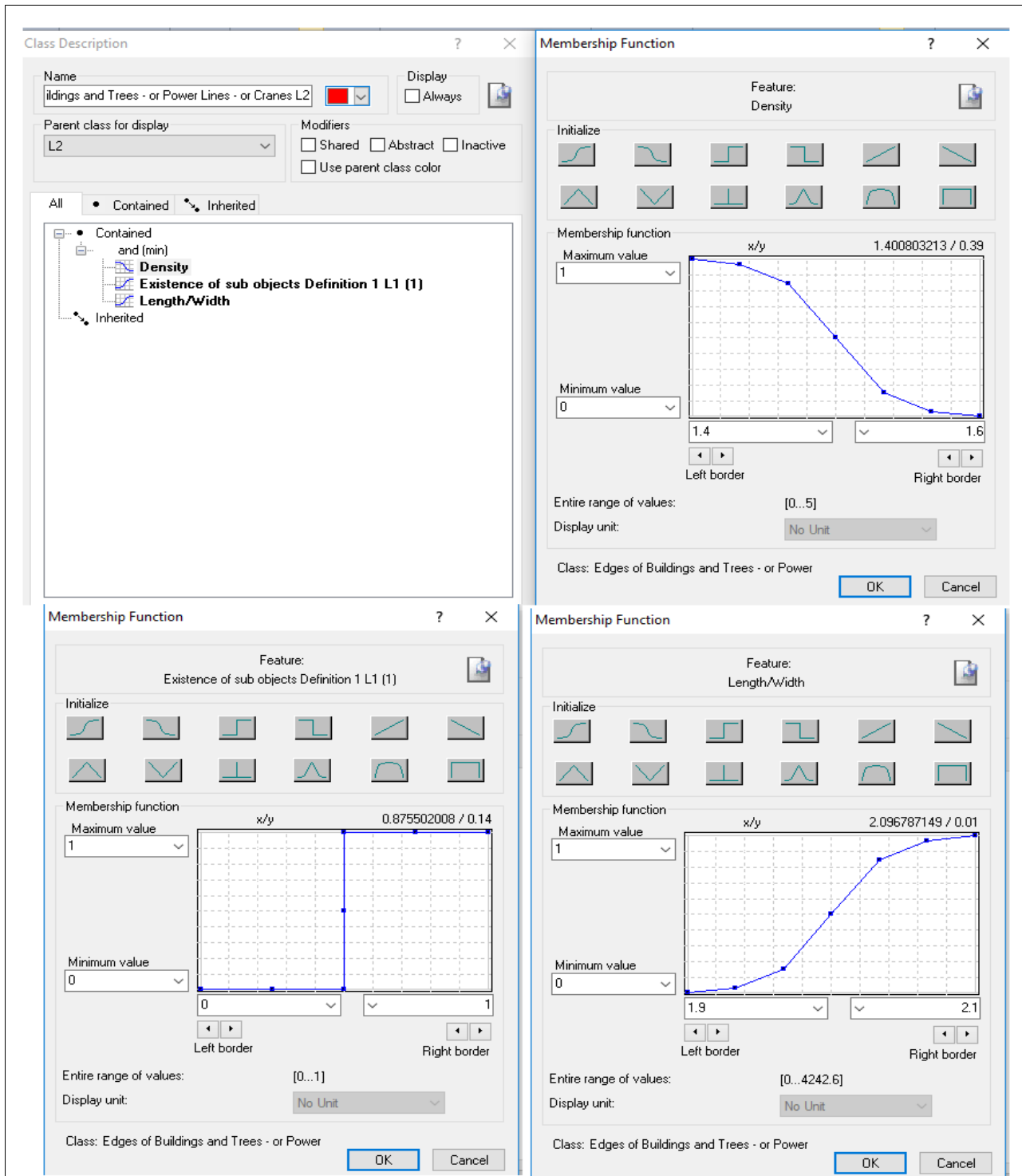
Πίνακας 7: Ταξινόμηση Επιπέδου L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Η κλάση L2 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Η Definition 3 L2 μεταφέρει τα αποτελέσματα του Definition 3 L1 στο L2.



Η κλάση Edges of Buildings and Trees - or Power Lines - or Cranes L2 χρησιμοποιεί τον Definition 1 L1 με την χωρική επέκτασή του στον Definition 2 L1 εξαιτίας της 2^{ης} κατάτμησης και θέτει όρια στα features Density, Length/Width που ανήκουν στο Object features-Geometry-Shape και στο Object features-Geometry-Extent, αντίστοιχα.



Εικόνα 38: Περιγραφή κλάσης *Edges of Buildings and Trees - or Power Lines - or Cranes L2* στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

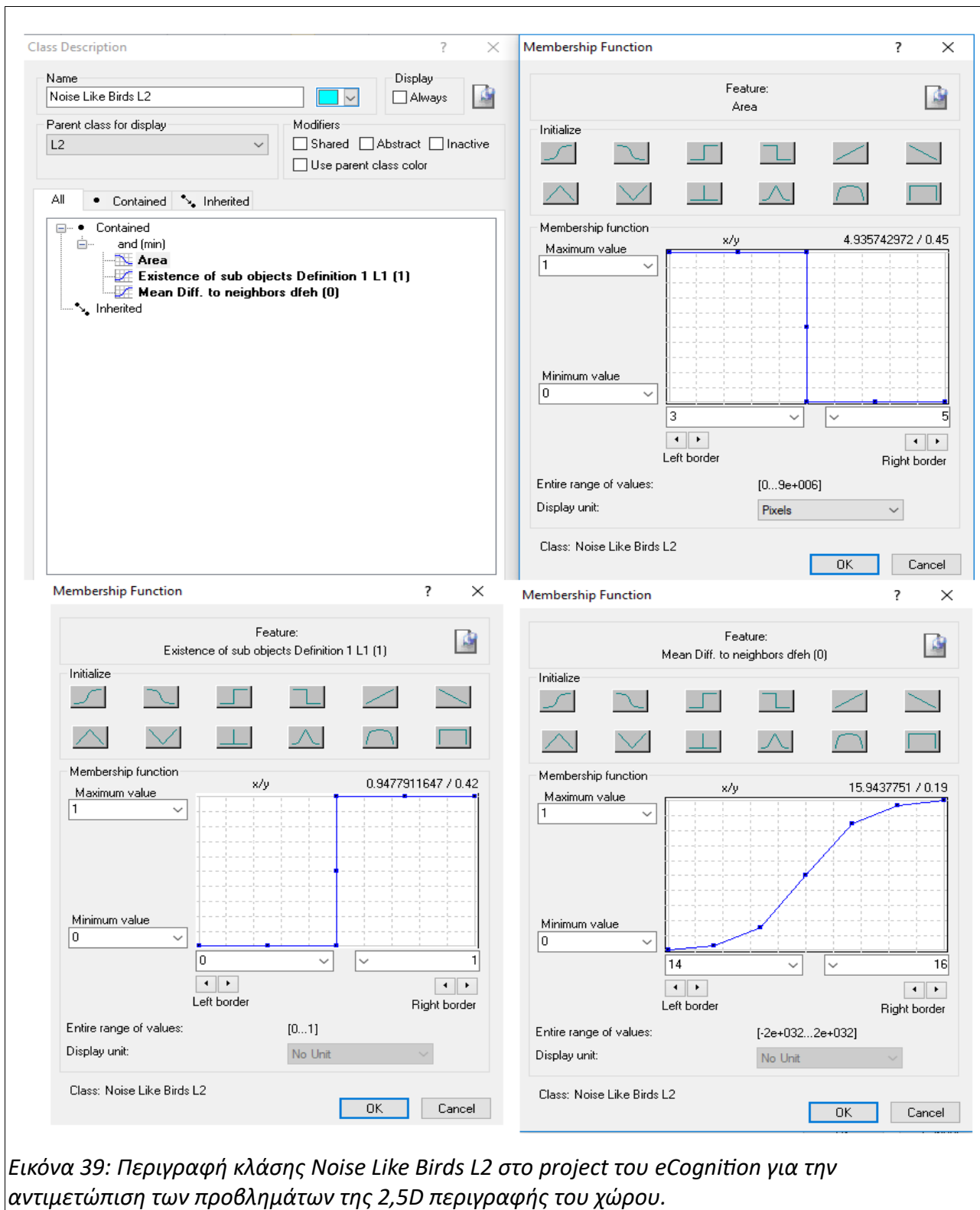
Σύμφωνα με την περιγραφή του feature Density (Trimble Germany GmbH [25]), όσο περισσότερο ένα αντικείμενο (object) μοιάζει με καλώδιο, τόσο μικρότερη τιμή παίρνει, σε αυτό το χαρακτηριστικό. Υπολογίζεται το τετράγωνο με εμβαδό ίσο με τον αριθμό των pixels του αντικειμένου (object) και μετά η διαγώνιος του. Στην συνέχεια περιγράφεται το αντικείμενο (object) από μία έλλειψη και υπολογίζεται η μέση ακτίνα της έλλειψης. Τέλος, διαιρείται η

διαγώνιος του τετραγώνου προς την μέση ακτίνα της έλλειψης.

Από την περιγραφή του Length/Width, όσο ένα αντικείμενο (object) μοιάζει με καλώδιο, τόσο μεγαλύτερη τιμή παίρνει σε αυτό το χαρακτηριστικό. Το μήκος προσδιορίζεται από το μέτρο (eigenvalues) του μεγαλύτερου ιδιοδιανύσματος (eigenvector) και το πλάτος από το μέτρο του 2^{ου} μεγαλύτερου ιδιοδιανύσματος που είναι κάθετο στο πρώτο (Trimble Germany GmbH [25]). Η προσέγγιση αυτή, αντιλαμβάνεται τα σχήματα των αντικειμένων (objects) ως γραμμικούς μετασχηματισμούς αντικειμένων με διακύμανση (variance) 1 στις μεταβλητές x,y και συνδιακύμανση (covariance) 0 (<http://www.visiondummy.com/2014/04/geometric-interpretation-covariance-matrix/>, τελευταία επίσκεψη 04/02/2018).

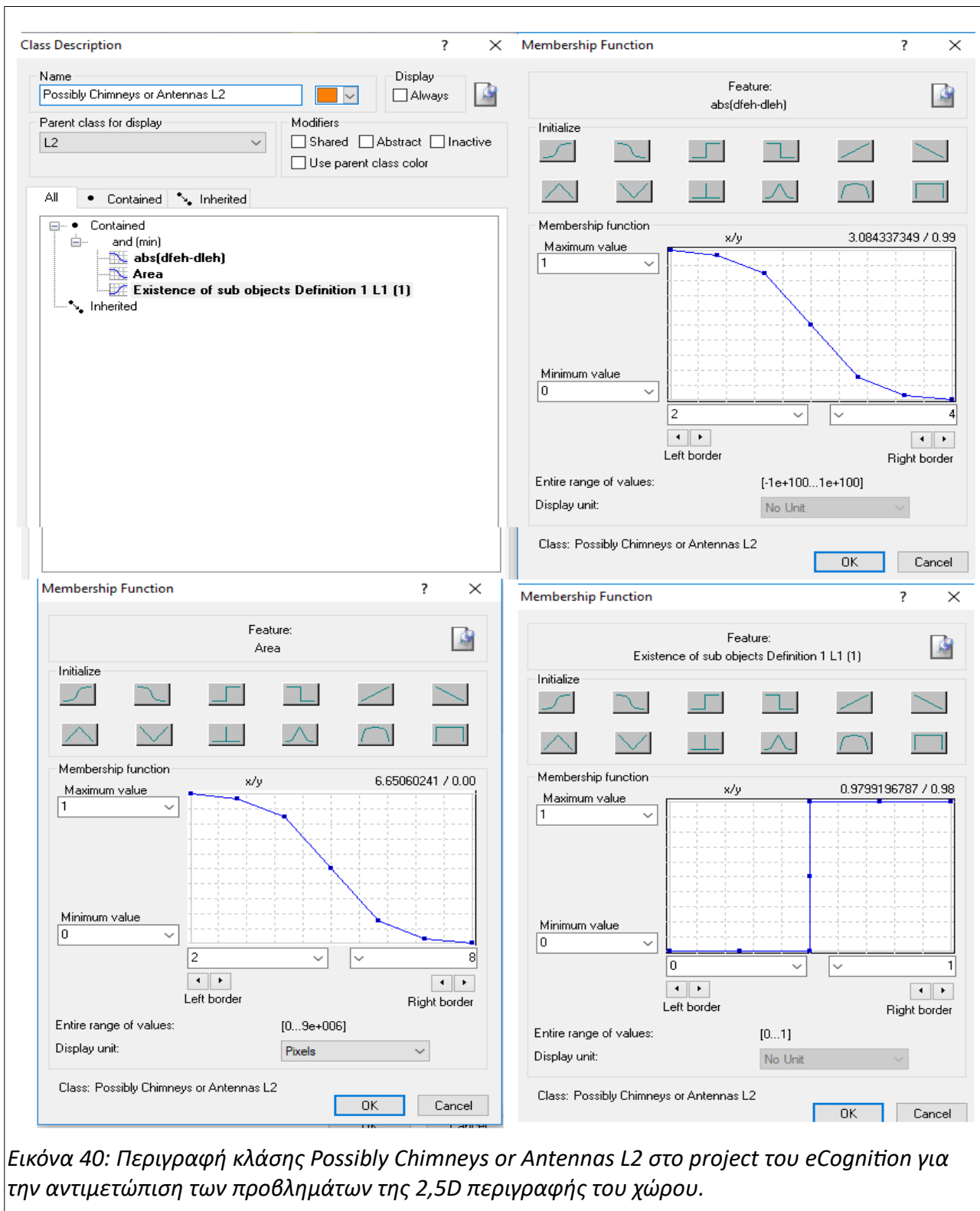
Επομένως, επειδή τα περισσότερα αντικείμενα (objects) σε αυτή την κλάση είναι μακρόστενα αυτά τα features θεωρήθηκαν κατάλληλα. Αντίστοιχου τύπου, είναι και τα objects που ανήκουν στους γεραμούς κάτι που προέκυψε από την παρατήρηση των δεδομένων.

Η κλάση Noise Like Birds L2 περιγράφηκε χωρίς να παρατηρείται από την αρχή κάποια ένδειξη στην εικόνα, με τα αποτελέσματά της να ελέγχονται με την βοήθεια του Image Objects-Image Objects Table στο eCognition. Μετά από πολλές δοκιμές η καλύτερη περιγραφή φαίνεται στην [Εικόνα 39](#).



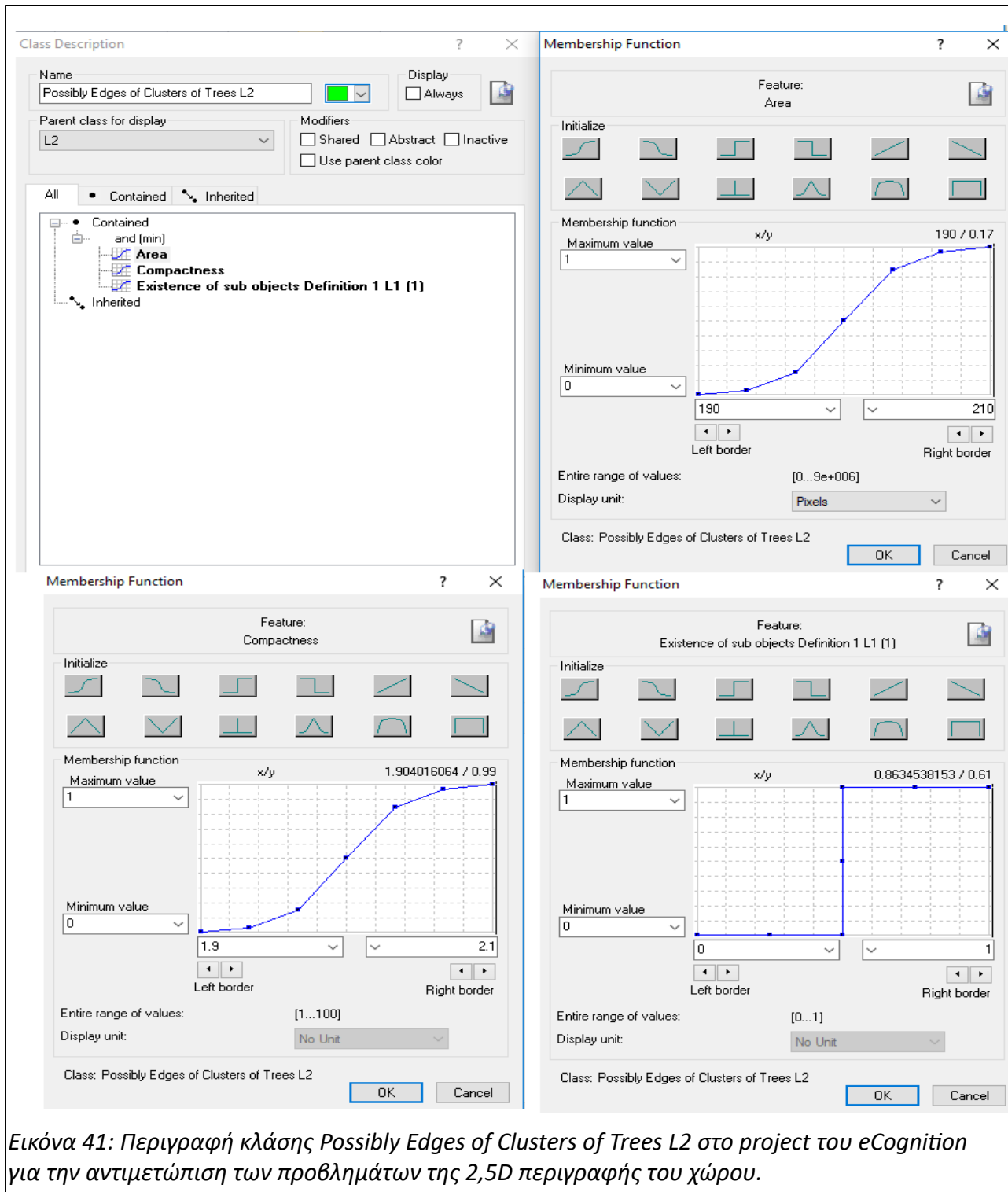
Εικόνα 39: Περιγραφή κλάσης Noise Like Birds L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για την κλάση Possibly Chimneys or Antennas L2. Δηλαδή, πρώτα προβλέφθηκε ότι μπορεί να υπάρχουν τα εννοιολογικά αντικείμενα αυτής της κλάσης και υπήρξε μία λογική περιγραφή. Αυτή η περιγραφή άλλαξε σε συνδυασμό με τα δεδομένα από το εργαλείο Objects-Image Objects Table.

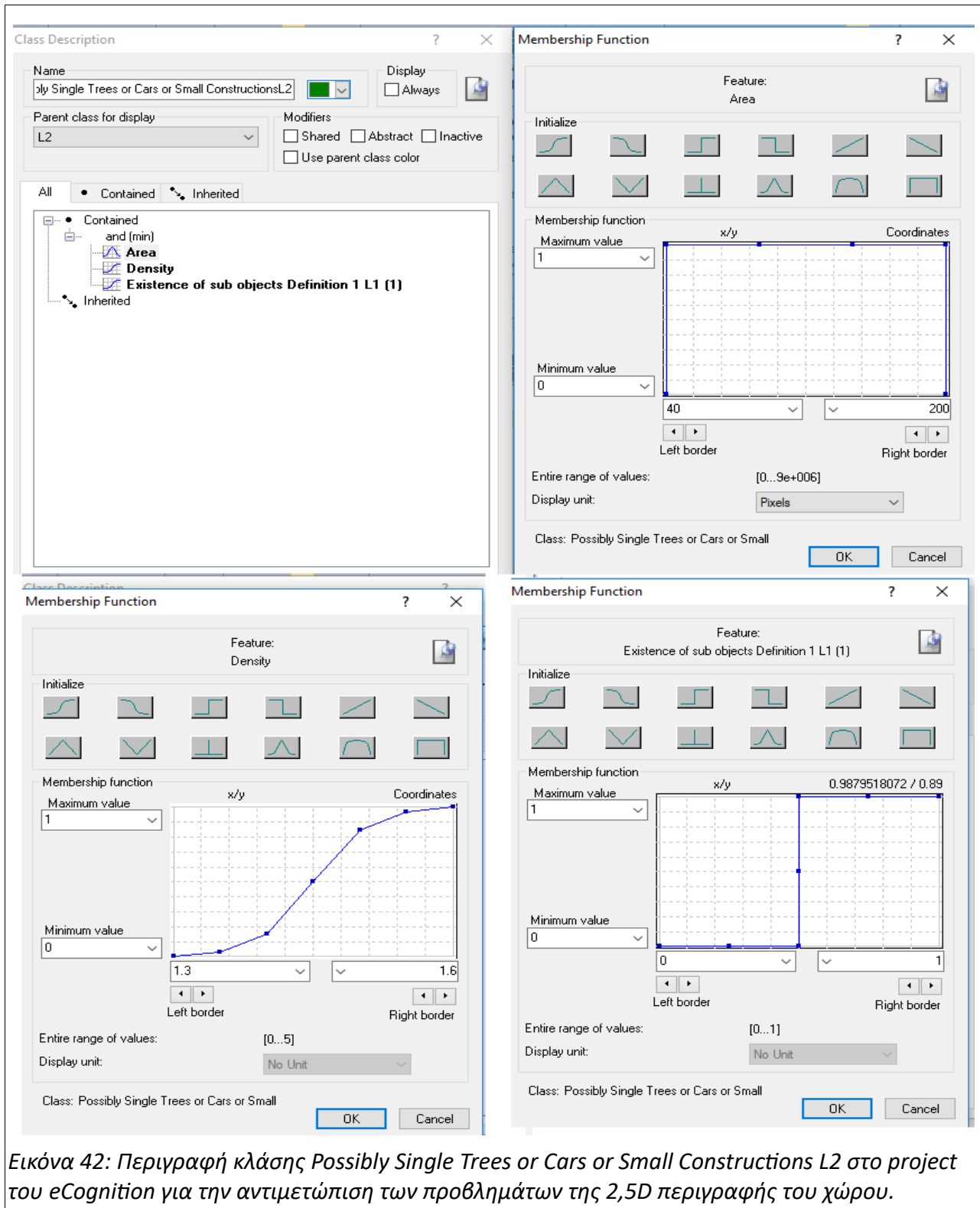


Εικόνα 40: Περιγραφή κλάσης *Possibly Chimneys or Antennas L2* στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Οι κλάσεις *Possibly Edges of Clusters of Trees L2* και *Possibly Single Trees or Cars or Small Constructions L2* προήλθαν κι αυτές από τον *Definition 1 L1* και την επέκτασή του στην *Definition 2 L1* μέσω της 2^{ης} κατάτμησης.



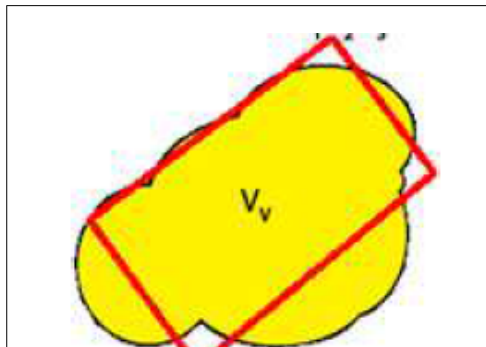
Εικόνα 41: Περιγραφή κλάσης *Possibly Edges of Clusters of Trees L2* στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.



Εικόνα 42: Περιγραφή κλάσης *Possibly Single Trees or Cars or Small Constructions L2* στο project του *eCognition* για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

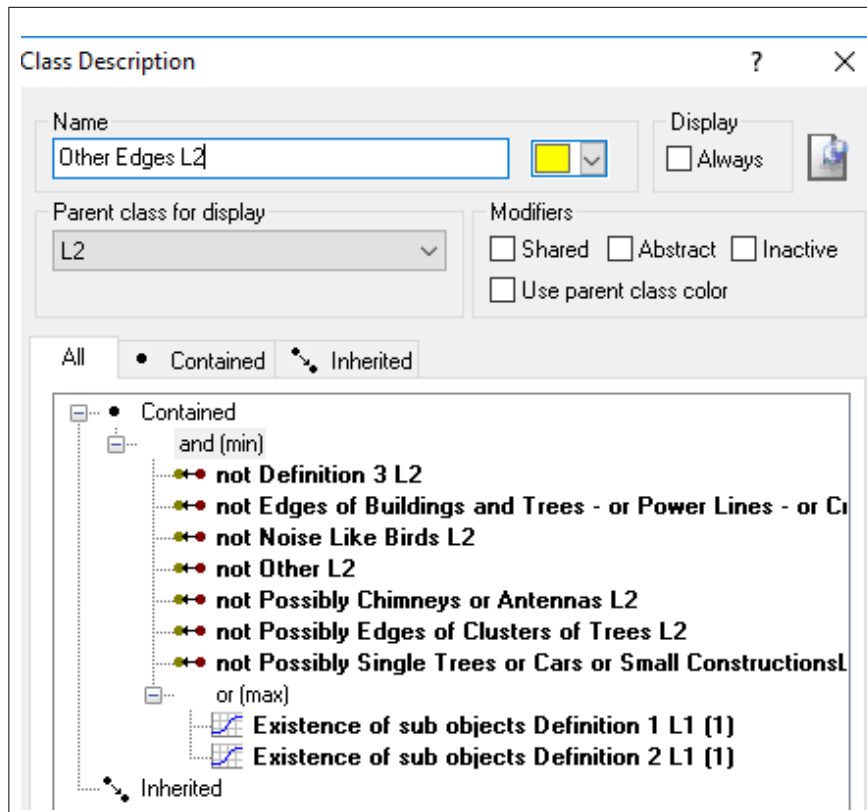
Το feature Compactness, από την ενότητα Object features-Geometry-Shape βρίσκει τα Length, Width, τα πολλαπλασιάζει υπολογίζοντας το εμβαδό ενός θεωρητικού ορθογώνιου και το διαιρεί με τον αριθμό των pixels(εμβαδό) του αντικειμένου (Trimble Germany GmbH [25]). Άρα, η μικρή τιμή Compactness δηλώνει ότι το object ξεφεύγει πολύ από το θεωρητικό ορθογώνιο. Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό είναι αρκετά σημαντικό για την περιγραφή δέντρων που έχουν ένα συμπαγή όγκο

και τα ακριανά κλαδιά ξεφεύγουν από το κυρίως σχήμα.



Εικόνα 43: Το σχήμα που χρησιμοποιείται για την περιγραφή του Compactness στο Trimble Germany GmbH [25]

Η κατηγορία Other Edges L2 ενσωματώνει όλα τα objects από την Definition 2 L1 που δεν ενώθηκαν με αυτά της Definition 1 L1, μετά την κατάτμηση. Καθώς κι όποιο άλλο αντικείμενο από τις δύο κλάσεις Definition 1 L1, Definition 2 L1 μπορεί να μην περιγράφηκε σε μία από τις παραπάνω κατηγορίες.



Class Description

Name: Other Edges L2

Parent class for display: L2

Display: Always

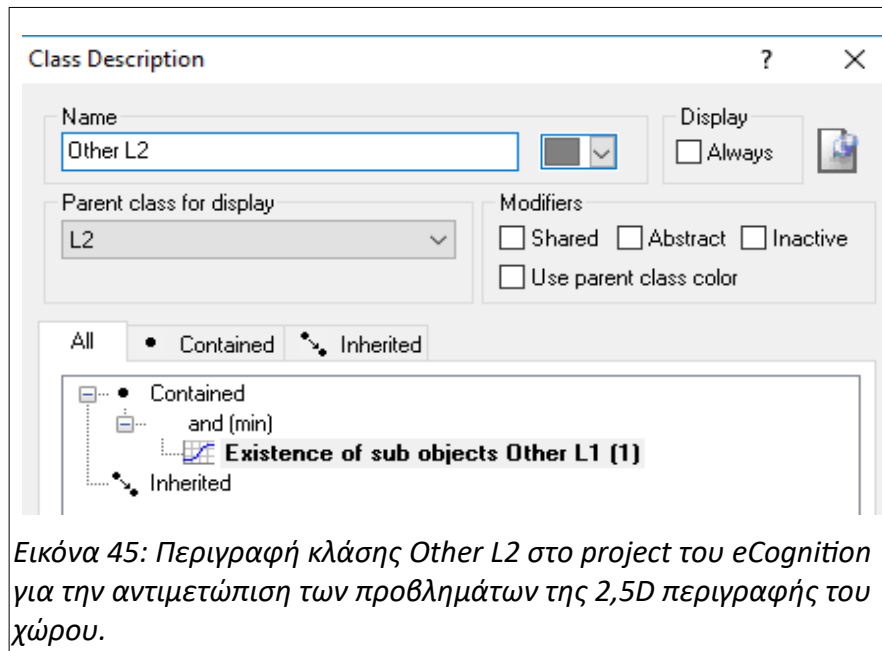
Modifiers: Shared Abstract Inactive Use parent class color

All Contained Inherited

- Contained
 - and (min)
 - not Definition 3 L2
 - not Edges of Buildings and Trees - or Power Lines - or Ci
 - not Noise Like Birds L2
 - not Other L2
 - not Possibly Chimneys or Antennas L2
 - not Possibly Edges of Clusters of Trees L2
 - not Possibly Single Trees or Cars or Small Constructionsl
 - or (max)
 - Existence of sub objects Definition 1 L1 (1)
 - Existence of sub objects Definition 2 L1 (1)
- Inherited

Εικόνα 44: Περιγραφή κλάσης Other Edges L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Τέλος για αυτό το επίπεδο, η Other L2 απλώς μεταφέρει τα objects της Other L1 στο L2.



Εικόνα 45: Περιγραφή κλάσης Other L2 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

4.6.1.3.5 Κατάτμηση Επιπέδου L4

Η 3^η κατάτμηση χρησιμοποίησε τον ίδιο αλγόριθμο και δημιούργησε το επίπεδο L4. Αναζητήθηκε η κλίμακα που να μπορεί με τα λιγότερα δυνατά segments να περιγράψει καλά τους γεραμούς. Η ίδια κλίμακα φάνηκε χρήσιμη και για τον εντοπισμό του μεγαλύτερου μέρους, των μεγάλων γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος.

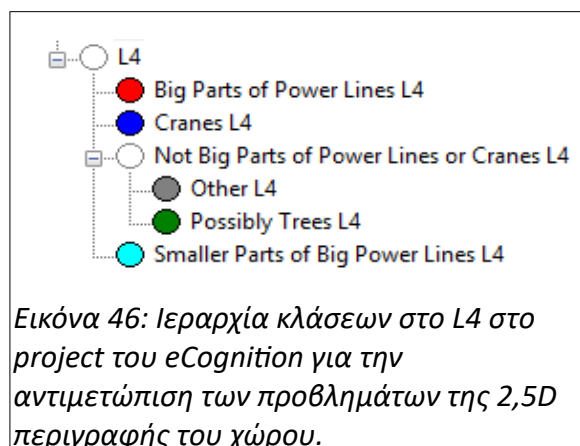
| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Όλες οι κλάσεις του L2, χωρίς την Other L2 |
| Layers x weight | dfeh x 1 |
| Scale | 50 |
| Shape | 0,2 |
| Compactness | 0,1 |
| Level που εφαρμόστηκε | L2 |
| Level που δημιουργήθηκε | L4 |
| Θέση Level | above |

Πίνακας 8: Κατάτμηση Επιπέδου L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες παράμετροι, που όπως έχει περιγραφεί μπορούν να δημιουργήσουν μακρόστενα segments. Οι κλάσεις στις οποίες εφαρμόστηκε ο multiresolution segmentation είναι όλες οι κλάσεις του L2, εκτός από την Other L2, που συμπίπτει με την Other L1.

4.6.1.3.6 Ταξινόμηση Επιπέδου L4

Οι κλάσεις που τέθηκαν στο L4 και η ιεραρχία τους φαίνονται στην [Εικόνα 46](#):



| | |
|-------------------|---|
| Αλγόριθμος | Hierarchical Classification |
| Classes | L4, Cranes L4, Big Parts of Power Lines L4, Smaller Parts of Big Power Lines L4, Not Big Parts of Power Lines or Cranes L4, Possibly Trees L4, Other L4 |

Πίνακας 9: Ταξινόμηση Επιπέδου L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Η κλάση L4 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

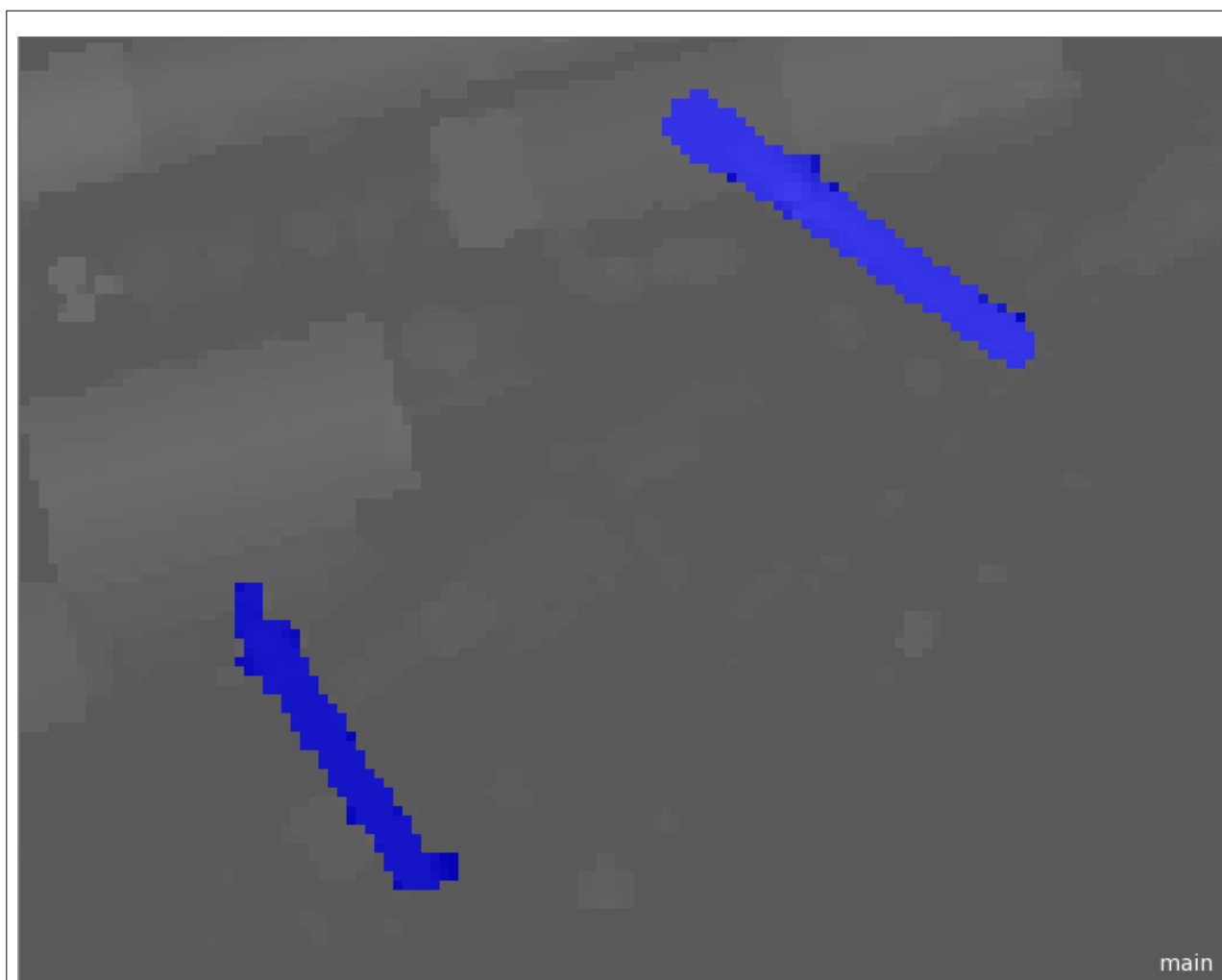
Η κλάση Cranes L4 χρησιμοποίησε πολλά features ώστε, να προσδιορίσει όλους τους μεγάλους γεραμούς που εμφανίζονται στην εικόνα.



Εικόνα 47: Περιγραφή κλάσης *Cranes L4* στο project του *eCognition* για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

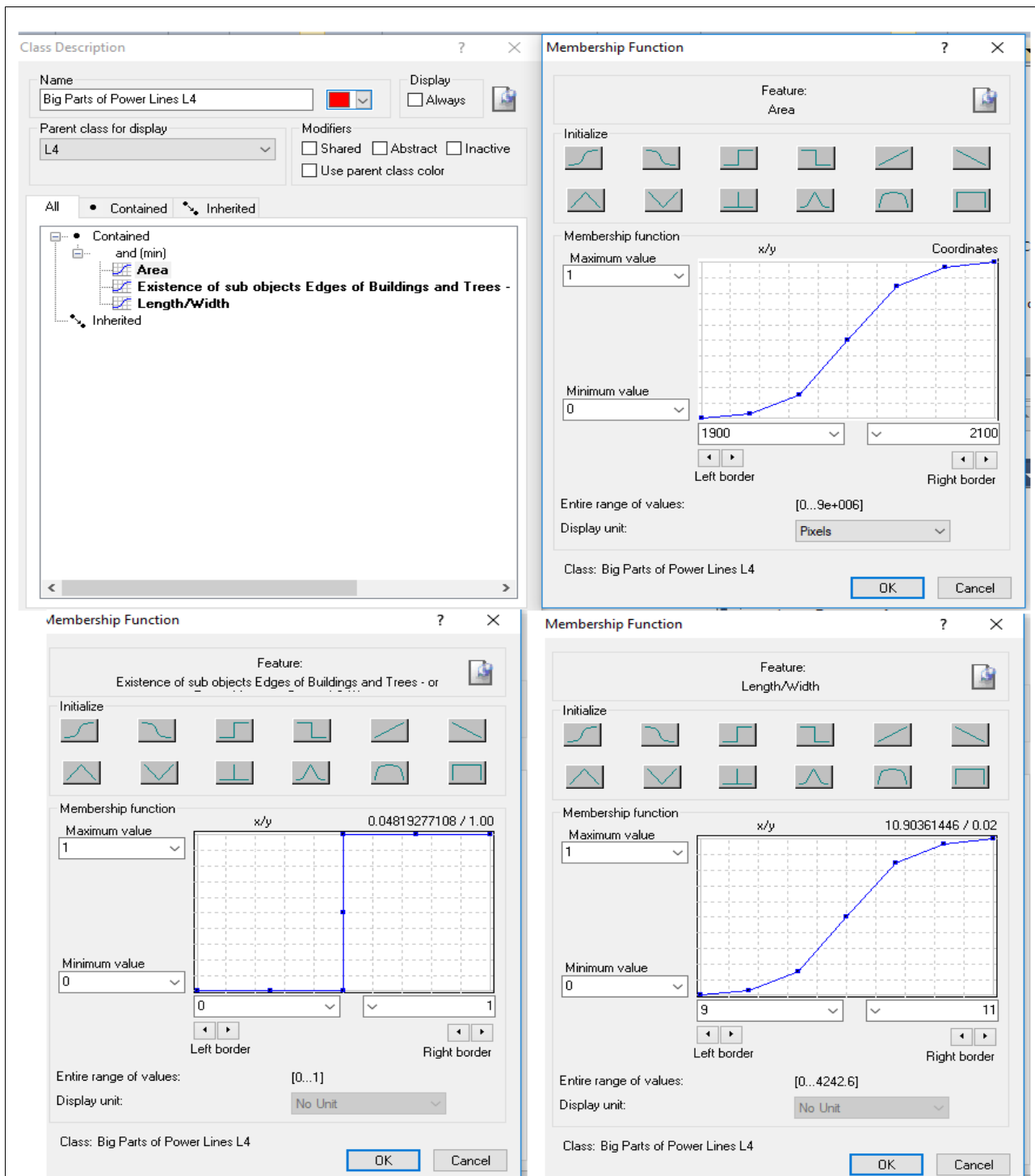
Τα χαρακτηριστικά *Area*, *Mean dfel*, *Mean dleh*, *Mean dlh*, *Mean dlw* περιγράφουν τους γερανούς σε εμβαδό και ύψος. Τα *Density*, *Length/Width*, όπως αναλύθηκε προηγουμένως, προσδιορίζουν το μακρόστενο σχήμα τους. Το *Rectangular Fit* είναι πολύ χρήσιμο για τον προσδιορισμό ανθρώπινων κατασκευών που παρουσιάζουν ορθογώνιο σχήμα, στοιχείο που

απαντάτε στους γεραμούς. Αυτό το feature, προκύπτει βρίσκοντας τα Length, Width ενός object, δημιουργώντας με αυτά ένα θεωρητικό ορθογώνιο με κέντρο, το κέντρο του object και διαιρώντας το εμβαδό του object που βρίσκεται εντός του θεωρητικού ορθογωνίου προς το συνολικό εμβαδό (Trimble Germany GmbH [25]). Το Roundness έχει παρόμοια χρησιμότητα με το Rectangular Fit. Πρόκειται για έναν “οριακό” δείκτη που χρησιμοποιεί 2 ελλείψεις. Ειδικότερα, βρίσκει την μικρότερη έλλειψη που περιέχει ένα object και την μεγαλύτερη έλλειψη που περιέχεται από το ίδιο object. Στην συνέχεια αφαιρεί την μέση ακτίνα της πρώτης με την μέση ακτίνα της δεύτερης (Trimble Germany GmbH [25]). Συνεπώς, όσο μικρότερο είναι το Roundness, τόσο πιο πολύ το object έχει σχήμα έλλειψης, αφού για το ίδιο object οι 2 ελλείψεις έχουν σχεδόν ίδιο προσανατολισμό στον χώρο. Τα Class-Related features προέκυψαν από την εξέλιξη της διαδικασίας που περιγράφεται. Για να γίνει κατανοητή η χρήση των παραπάνω μεγεθών δίνεται το σχήμα 2 γειτονικών γεραμών από την περιοχή μελέτης:



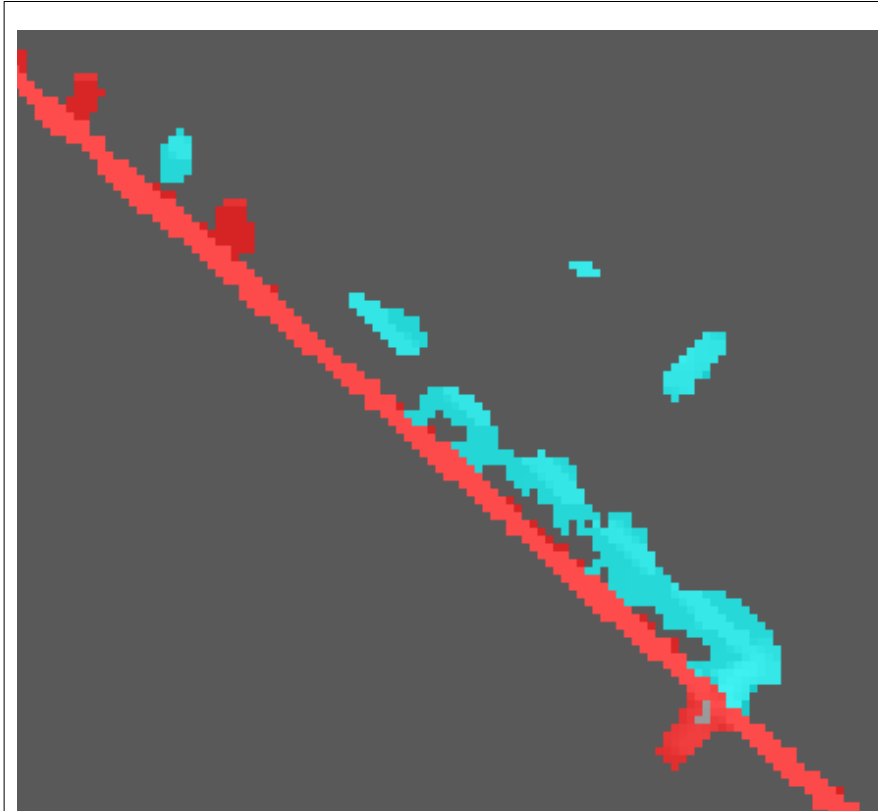
Εικόνα 48: Με μπλε χρώμα παρουσιάζονται 2 γειτονικοί γεραμοί της περιοχής μελέτης στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Η κατηγορία Big Parts of Power Lines L4, που στόχευε στην εξαγωγή των μεγάλων καλωδίων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, προέκυψε, απλά, στην κλίμακα 50 της 3^{ης} κατάτμησης, από την χρήση του Length/Width και του Area.



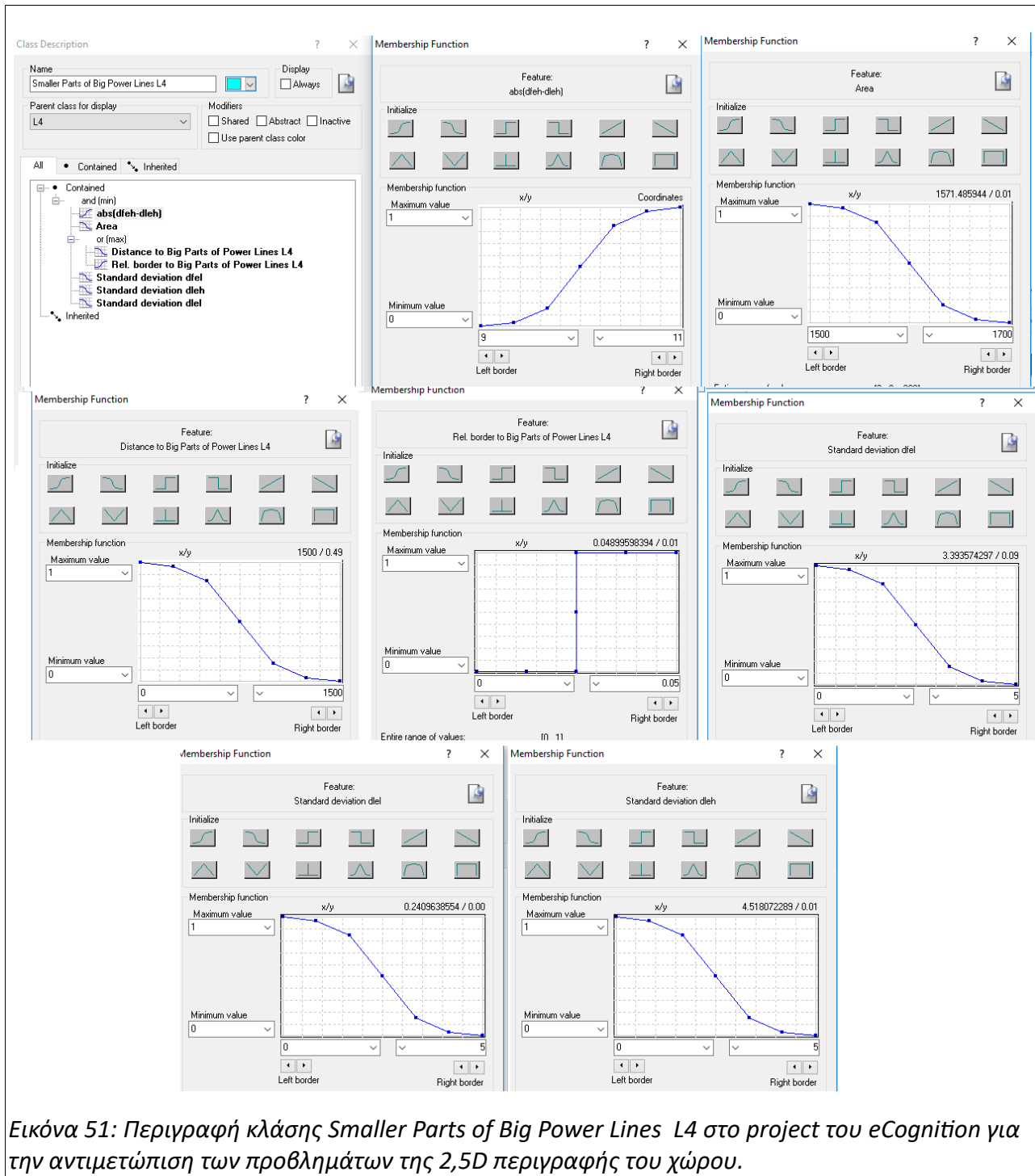
Εικόνα 49: Περιγραφή κλάσης Big Parts of Power Lines L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Μετά την περιγραφή της Big Parts of Power Lines L4, η κλάση Smaller Parts of Big Power Lines L4 προσπάθησε να συλλάβει τα τμήματα των μεγάλων καλωδίων που βρίσκονταν κοντά στα άλλα και δεν παρουσίαζαν συνεχόμενη καταγραφή στο dfeh.



Εικόνα 50: Μεγάλα καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Με κόκκινο εμφανίζονται συνεχόμενα τμήματα στο dfch και με γαλάζιο διάσπαρτα τμήματα στο dfch. Project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Η βασική ιδέα σε αυτή την κατηγορία ήταν η γεινίαση αυτών των αντικειμένων με την Big Parts of Power Lines L4 που εκφράστηκε μέσω του Distance To και του Relative Border. Το Distance To μετρά την απόσταση σε pixels μεταξύ των κέντρων των συγκρινόμενων objects.

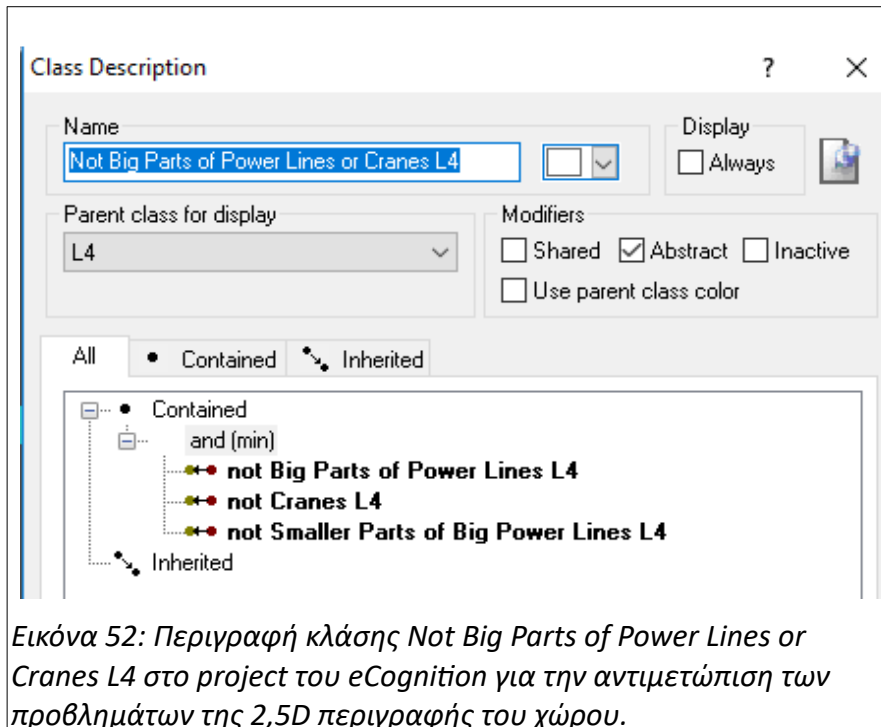


Εικόνα 51: Περιγραφή κλάσης *Smaller Parts of Big Power Lines L4* στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

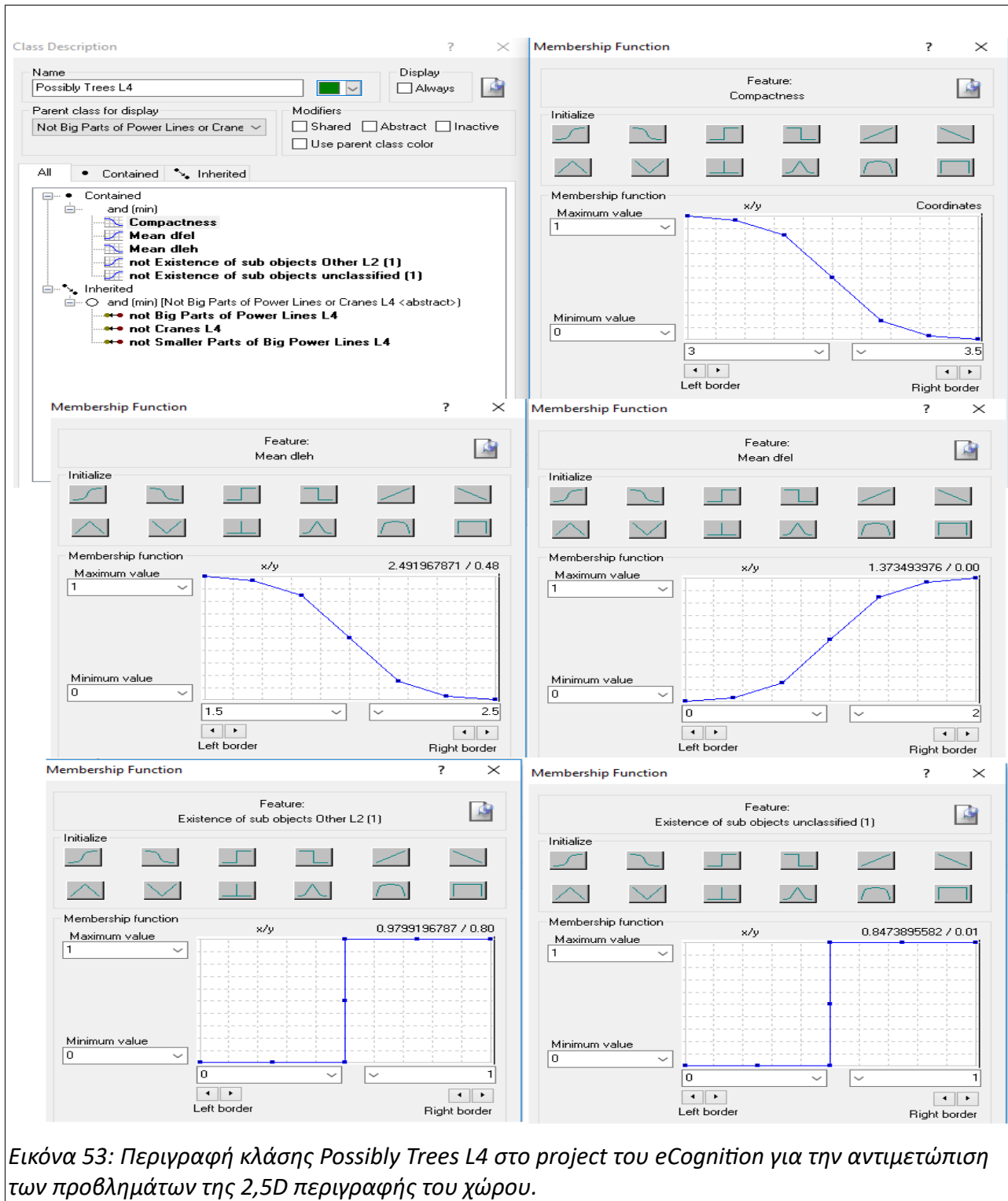
Η χρήση των *abs(dfeh-dleh)* και *Area* ήταν πολύ ειδική για την συγκεκριμένη περίπτωση. Οι τυπικές αποκλίσεις (*standard deviation*) των παλμών απαιτήθηκαν γιατί, στην απόσταση που ορίστηκε στο *Distance To* και με παρόμοια χαρακτηριστικά, εισάγονταν στην κλάση και πολλά δέντρα. Αξιοποιώντας τις απεικονίσεις των δέντρων και των κτηρίων [Εικόνα 29](#), [Εικόνα 30](#) γίνεται εμφανές ότι οι συστάδες δέντρων έχουν μεγαλύτερες αποκλίσεις στους παλμούς τους. Ασκώντας τις δυνατότητες “ευελιξίας” που αναφέρθηκαν, τα δέντρα δεν απομακρύνθηκαν τελείως από αυτή την κλάση αλλά, περιορίστηκαν ώστε, στην συγκεκριμένη εφαρμογή η αντικατάσταση των *dfeh*, *feh*, από τα δεδομένα “βαθύτερων παλμών”, να μην δημιουργεί σημαντικές στρεβλώσεις

στα δέντρα!

Έπειτα, επιχειρώντας την μεγαλύτερη δυνατή εκμετάλλευση της κλίμακας του L4 ορίστηκε η “μητρική” κλάση Not Big Parts of Power Lines or Cranes L4 και το “παιδί” της Possibly Trees L4, ενώ όλα τα υπόλοιπα segments αποδόθηκαν στην Other L4.



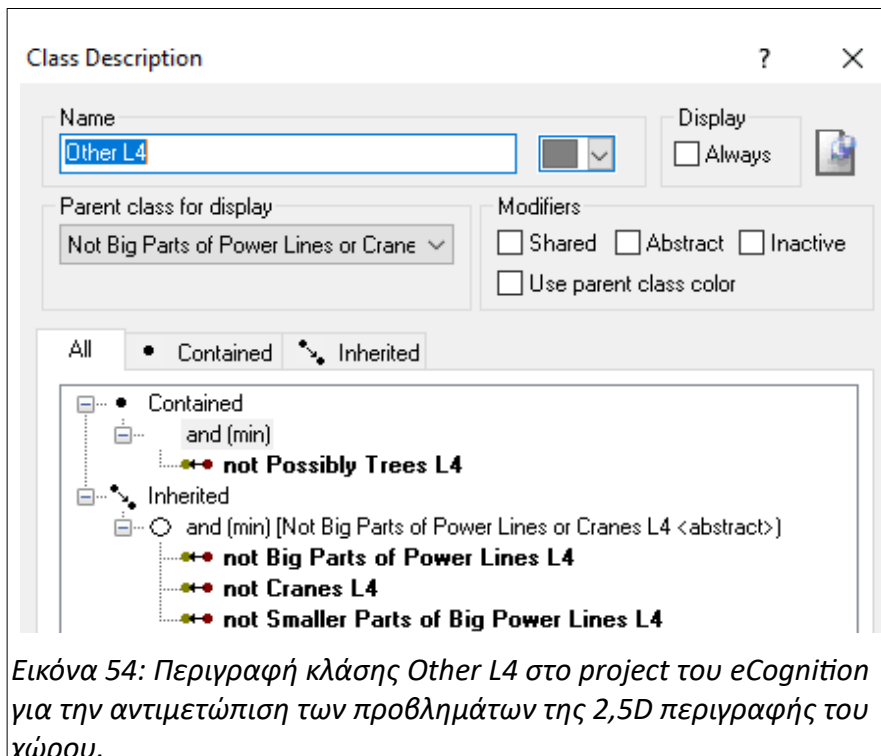
Εικόνα 52: Περιγραφή κλάσης Not Big Parts of Power Lines or Cranes L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.



Εικόνα 53: Περιγραφή κλάσης Possibly Trees L4 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Πάλι από τις Εικόνα 29, Εικόνα 30 συμπεραίνεται πως, σε αντίθεση με τις περιοχές που περιέχουν κτήρια, οι περιοχές που περιέχουν δέντρα εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές dfeh σε σχέση με το dfeh και ειδικά όταν έχουμε επικλινείς οροφές. Η σημασία του Compactness για τα δέντρα έχει ερμηνευτεί νωρίτερα.

Η τελευταία κλάση Other L4 περιέχει όσα objects απομένουν.



4.6.1.3.7 Κατάτμηση Επιπέδου L3

Αυτή η κατάτμηση έγινε με κύριο σκοπό να προσδιοριστούν τα μικρότερα καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος. Εφαρμόστηκε, στο L2 δημιουργώντας το L3 και ταυτόχρονα αξιοποιήθηκε ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του eCognition: Το γεγονός ότι το συγκεκριμένο λογισμικό δομεί τα επίπεδα (Levels) με τέτοιο τρόπο ώστε, τα μεγαλύτερα objects να περιέχουν τα μικρότερα objects στα χαμηλότερα επίπεδα, έδωσε την δυνατότητα να μεταφερθούν τα αποτελέσματα του επιπέδου L4 πιο κάτω.

Πιθανότατα, επειδή όσο μικραίνει το μέγεθος των αντικειμένων αλλά δεν μεταβάλλεται η χωρική ανάλυση του δέκτη LIDAR, τόσο τα μικρά καλώδια που ανιχνεύονται εμφανίζονται ως συμπαγή segments και όχι ως γραμμικά, οι παράμετροι του multiresolution segmentation άλλαξαν. Η επιδίωξη ήταν κάθε τμήμα μικρού καλωδίου να περιγράφεται επαρκώς από όσο το δυνατό λιγότερα segments.

| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Όλες οι κλάσεις του L2, χωρίς την Other L2 |
| Layers x weight | dfeh x 1 |
| Scale | 15 |
| Shape | 0.3 |
| Compactness | 0.7 |
| Level που εφαρμόστηκε | L2 |
| Level που δημιουργήθηκε | L3 |
| Θέση Level | above |

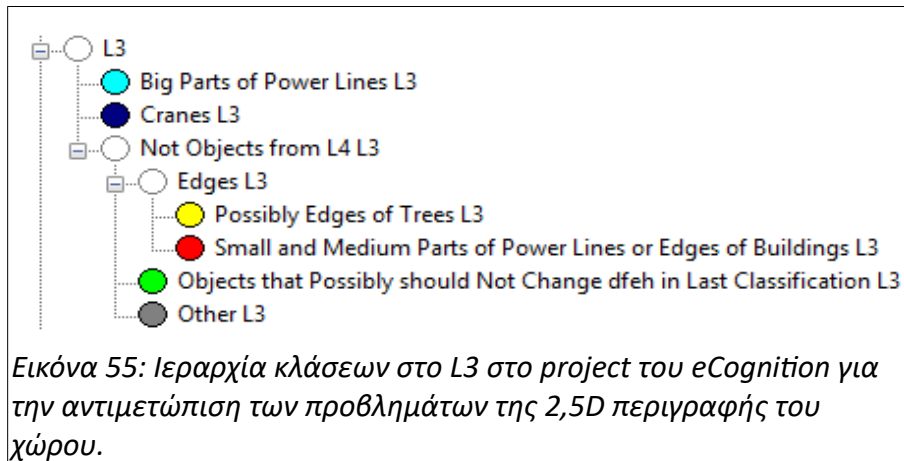
Πίνακας 10: Κατάτμηση Επιπέδου L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

4.6.1.3.8 Ταξινόμηση Επιπέδου L3

Οι κλάσεις που σχηματίστηκαν στο L3 και η ιεραρχία τους δίνονται στον Πίνακα 11 και στην Εικόνα 55:

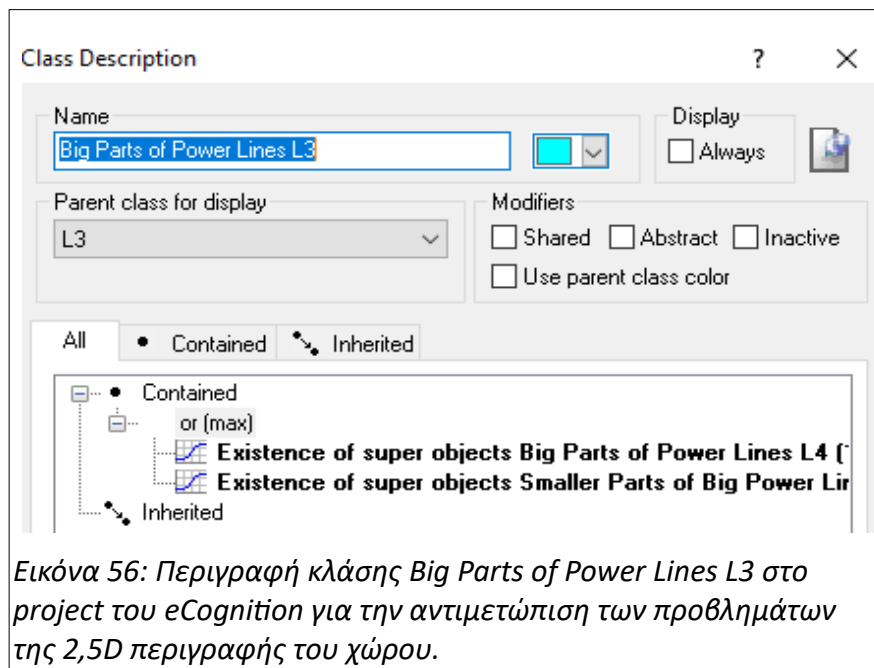
| | |
|-------------------|--|
| Αλγόριθμος | Hierarchical Classification |
| Classes | L3, Big Parts of Power Lines L3, Cranes L3, Not Objects from L4 L3, Edges L3, Objects that Possibly should Not Change dfch in Last Classification L3, Possibly Edges of Trees L3, Small and Medium Parts of Power Lines or Edges of Buildings L3, Other L3 |

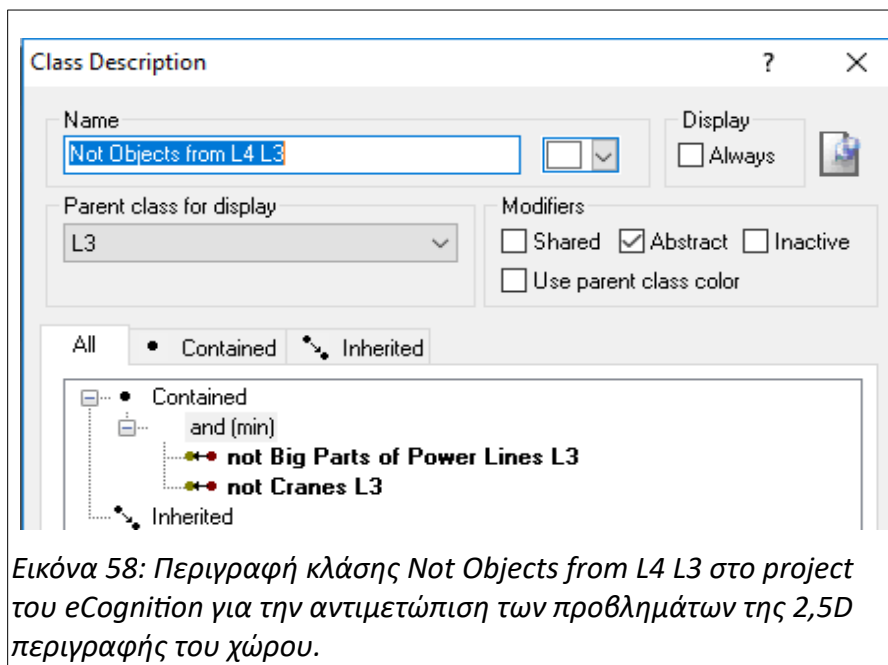
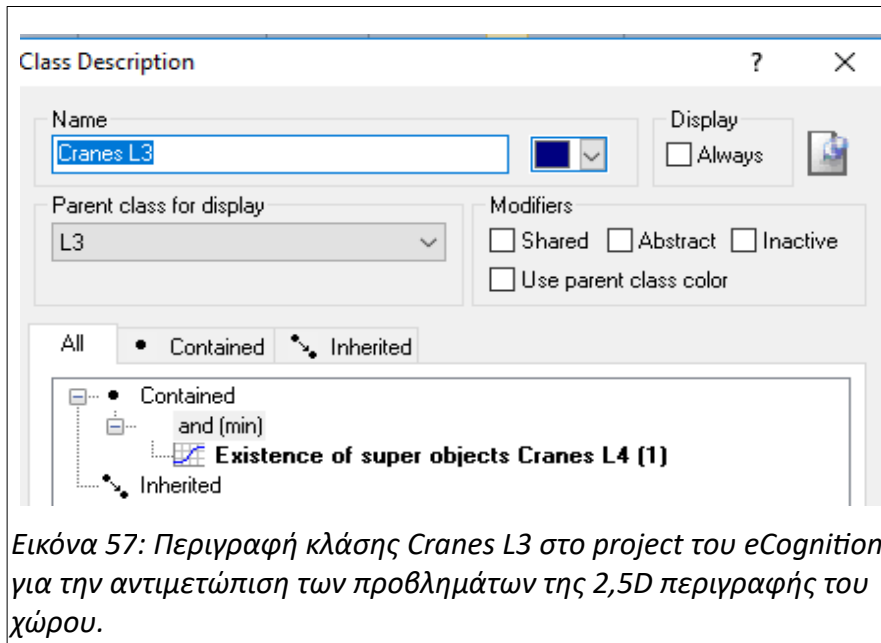
Πίνακας 11: Ταξινόμηση Επιπέδου L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.



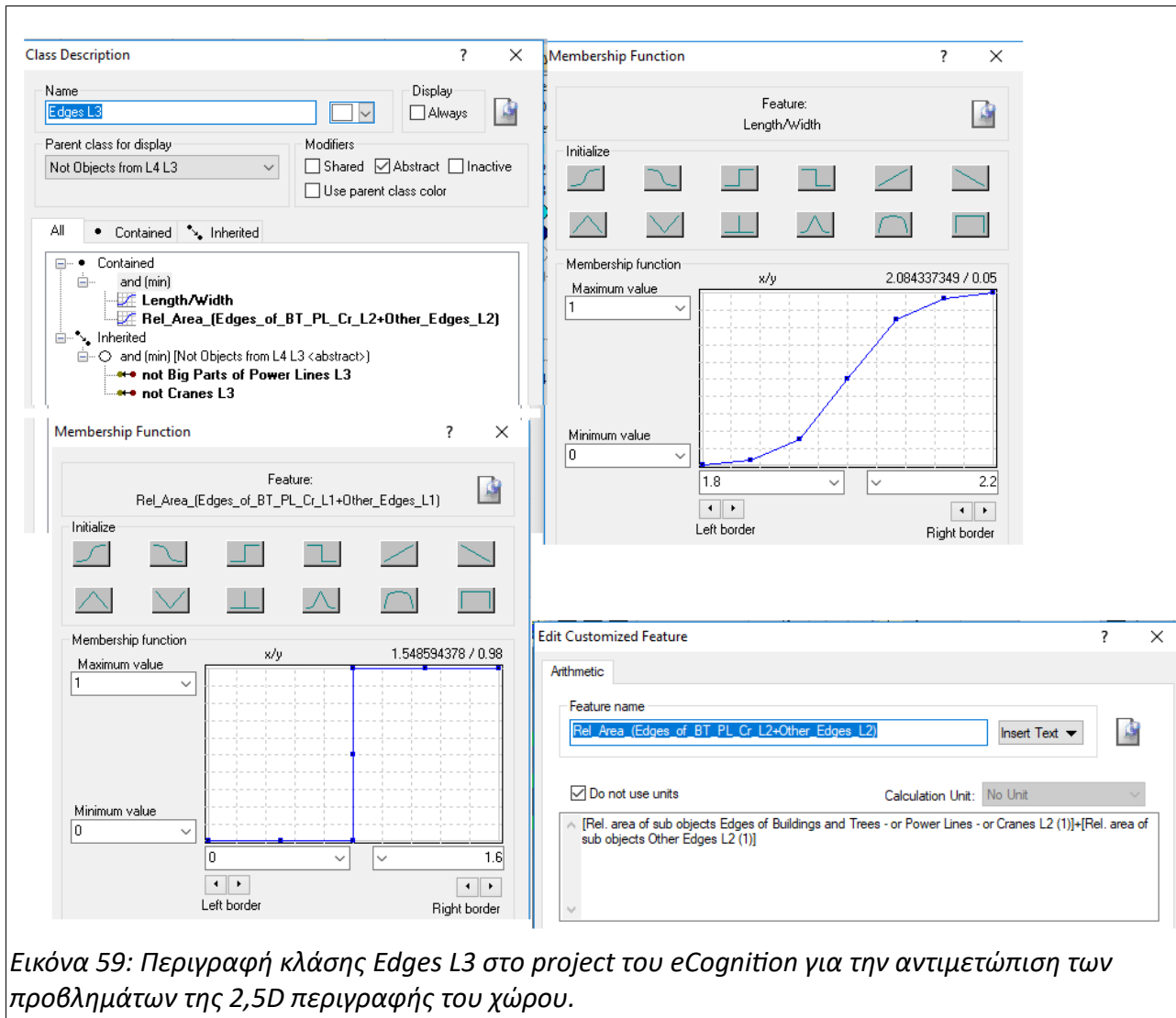
Η L3 ακολουθεί την ίδια λογική με προηγουμένως.

Οι κατηγορίες Big Parts of Power Lines L3, Cranes L3, Not Objects from L4 L3 αποτελούν μεταφορά των αποτελεσμάτων του L4 στο L3.

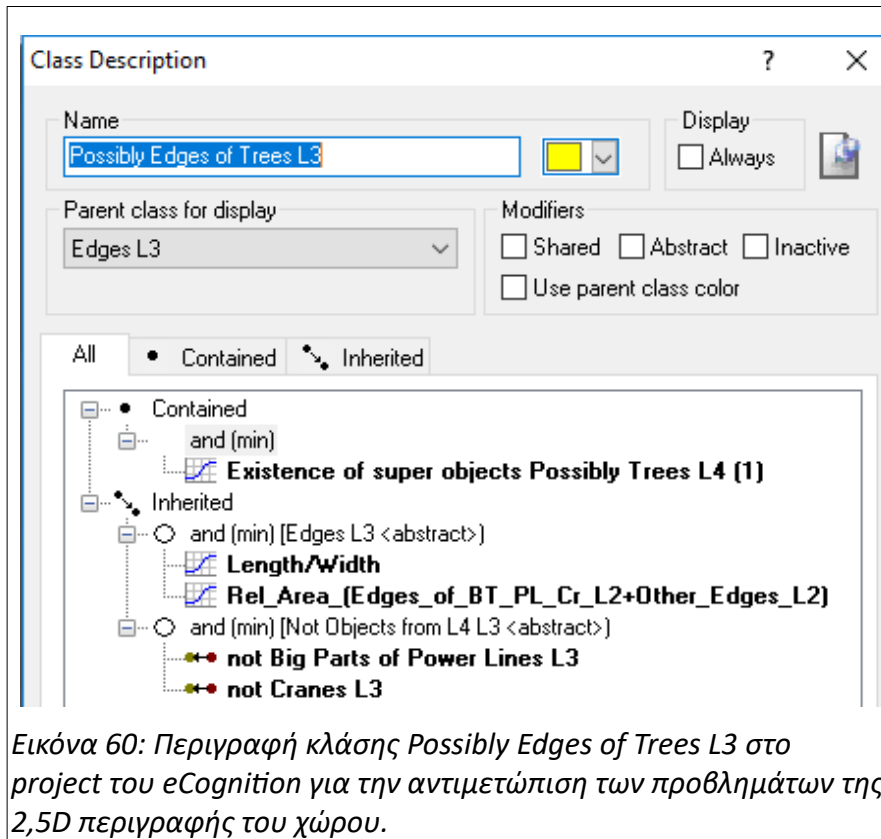




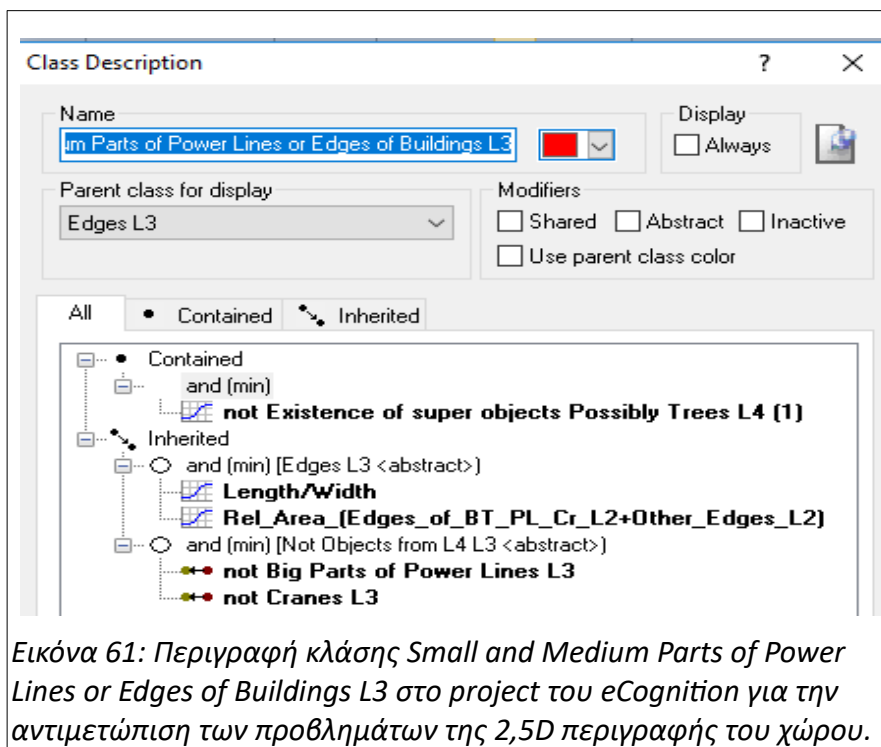
Η Edges L3 μεταφέρει τα αποτελέσματα της L2 για τον εντοπισμό ακμών μέσω *dfeh*, στο L3. Σε αυτή την διαδικασία ενσωματώνονται επιπλέον γειτονικά και συγγενικά objects στις ακμές του L2 μέσω του *multiresolution segmentation* με μεγαλύτερη κλίμακα. Ή αντιστρόφως, απομακρύνονται κάποια objects που εμφανίζουν μεγαλύτερη συγγένεια με άλλες περιοχές σε ευρύτερο τμήμα της εικόνας. Μέσω της αριθμητικής πρόσθεσης, το κριτήριο για την εισαγωγή στην Edges L3 ήταν στην λογική άλγεβρα: Η Edges of Buildings and Trees - or Power Lines - or Cranes L2 ή η Other Edges L2 να αποτελούν το 80% του εμβαδού του object.



Η Possibly Edges of Trees L3 προβλέπει ότι όταν το object ανήκει στην Edges L3 και, ταυτόχρονα, βρίσκεται κάτω από Possibly Trees L4 είναι μάλλον ακριανά κλαδιά δέντρων.

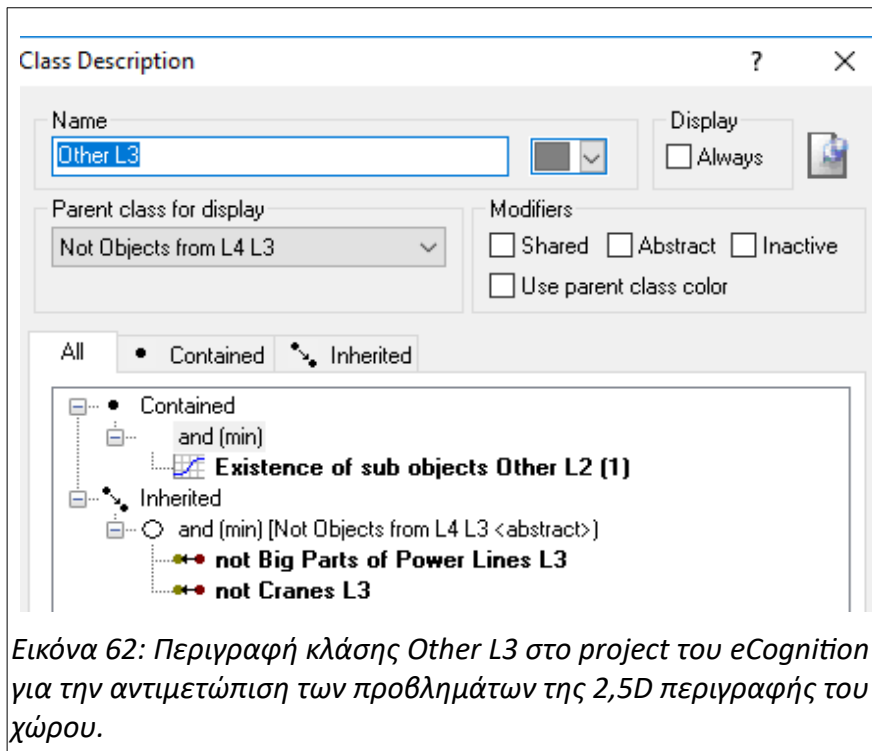


Όλα τα άλλα objects που ανήκουν στην Edges L3 εισάγονται στην Small and Medium Parts of Power Lines or Edges of Buildings L3.

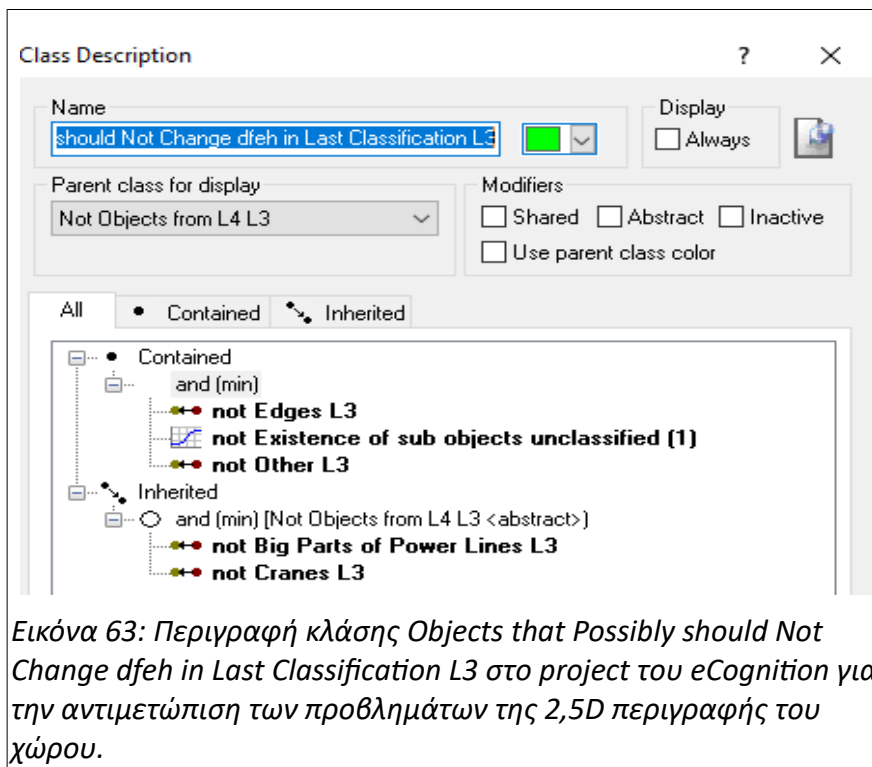


Μετά, κατασκευάζεται η κλάση Other L3 που αποτελεί μεταφορά των αδιάφορων τμημάτων

της εικόνας, στην ουσία από το L1. Έπειτα, ορίζεται η Objects that Possibly should Not Change dfch in Last Classification L3 που αποτελεί μία **εκτίμηση** για τον τρόπο αντιμετώπισης των αντικειμένων που μένουν.



Εικόνα 62: Περιγραφή κλάσης Other L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.



Εικόνα 63: Περιγραφή κλάσης Objects that Possibly should Not Change dfch in Last Classification L3 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

4.6.1.3.9 Αντιγραφή Επιπέδου και Κατάτμηση Επιπέδου L0

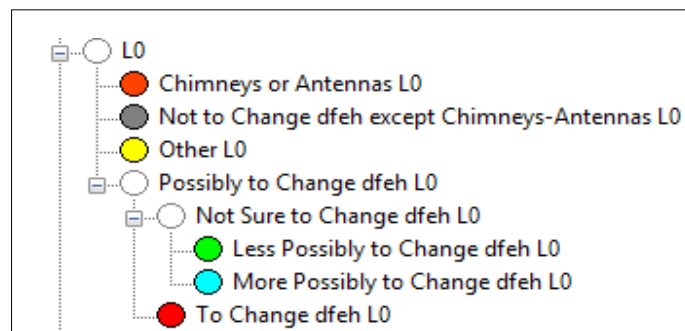
Σε αυτό το σημείο το L1 αντιγράφηκε ώστε, να σχηματιστεί από κάτω του, το επίπεδο L0. Στην συνέχεια έγινε Chessboard Segmentation στο L0, ώστε να γίνει επεξεργασία σε επίπεδο pixel.

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| Αλγόριθμος | Chessboard Segmentation |
| Class Filter | None |
| Object size | 1 |
| Level που εφαρμόστηκε | L1 |
| Level που δημιουργήθηκε | L0 |
| Θέση Level | below |

Πίνακας 12: Κατάτμηση Επιπέδου L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

4.6.1.3.10 Ταξινόμηση Επιπέδου L0

Στο επίπεδο L0 πραγματοποιήθηκαν τα τελικά στάδια της διαδικασίας Αντιμετώπισης των προβλημάτων της 2,5D απεικόνισης του χώρου.



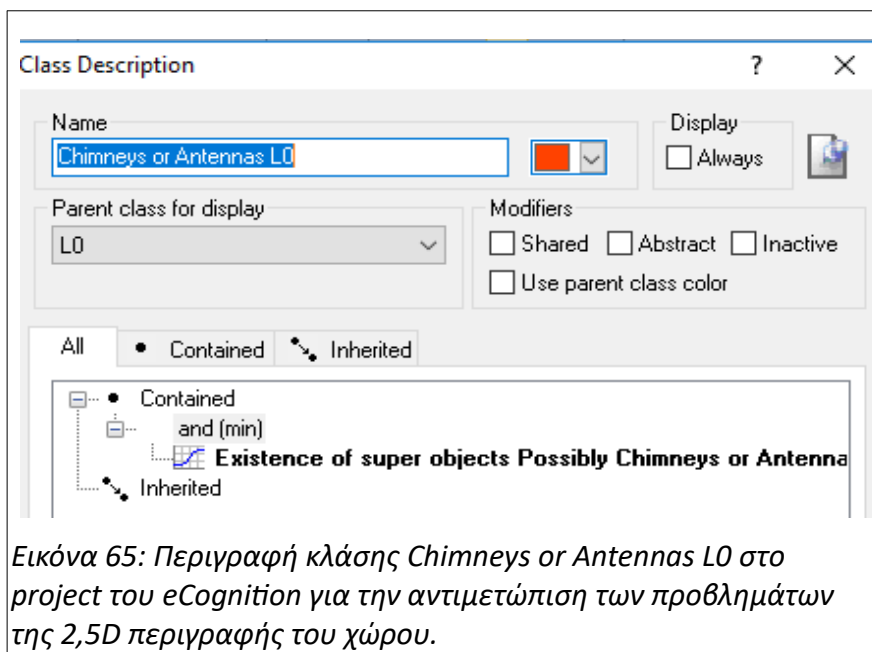
Εικόνα 64: Ιεραρχία κλάσεων στο L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

| | |
|-------------------|--|
| Αλγόριθμος | Hierarchical Classification |
| Classes | L0, Chimneys or Antennas L0, Not to Change dfch except Chimneys-Antennas L0, Other L0, Possibly to Change dfch L0, Not Sure to Change dfch L0, More Possibly to Change dfch L0, Less Possibly to Change dfch L0, To Change dfch L0 |

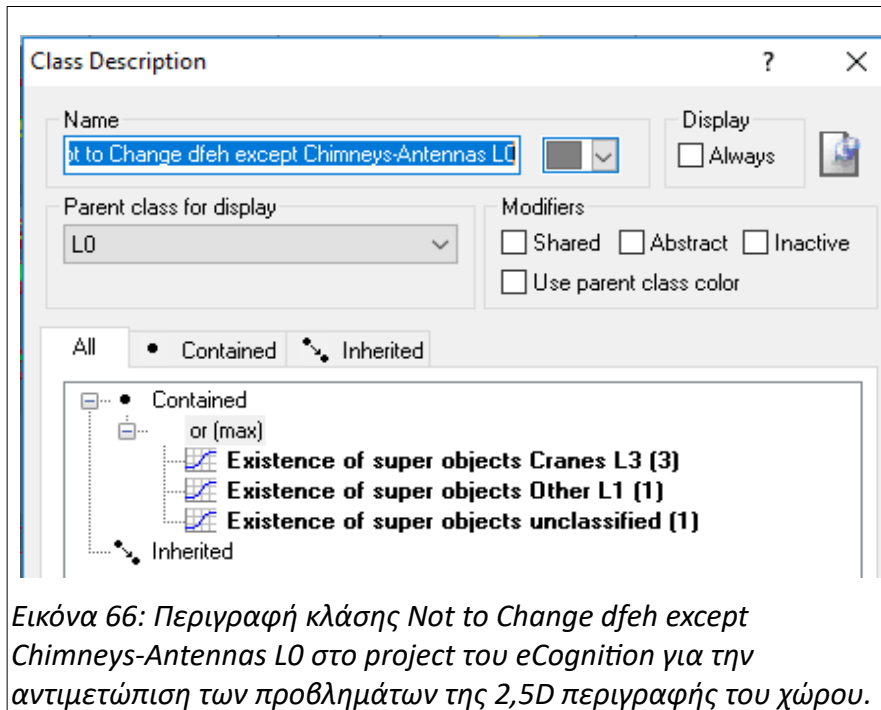
Πίνακας 13: Ταξινόμηση Επιπέδου L0 στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Η L0 ακολουθεί την προηγούμενη λογική.

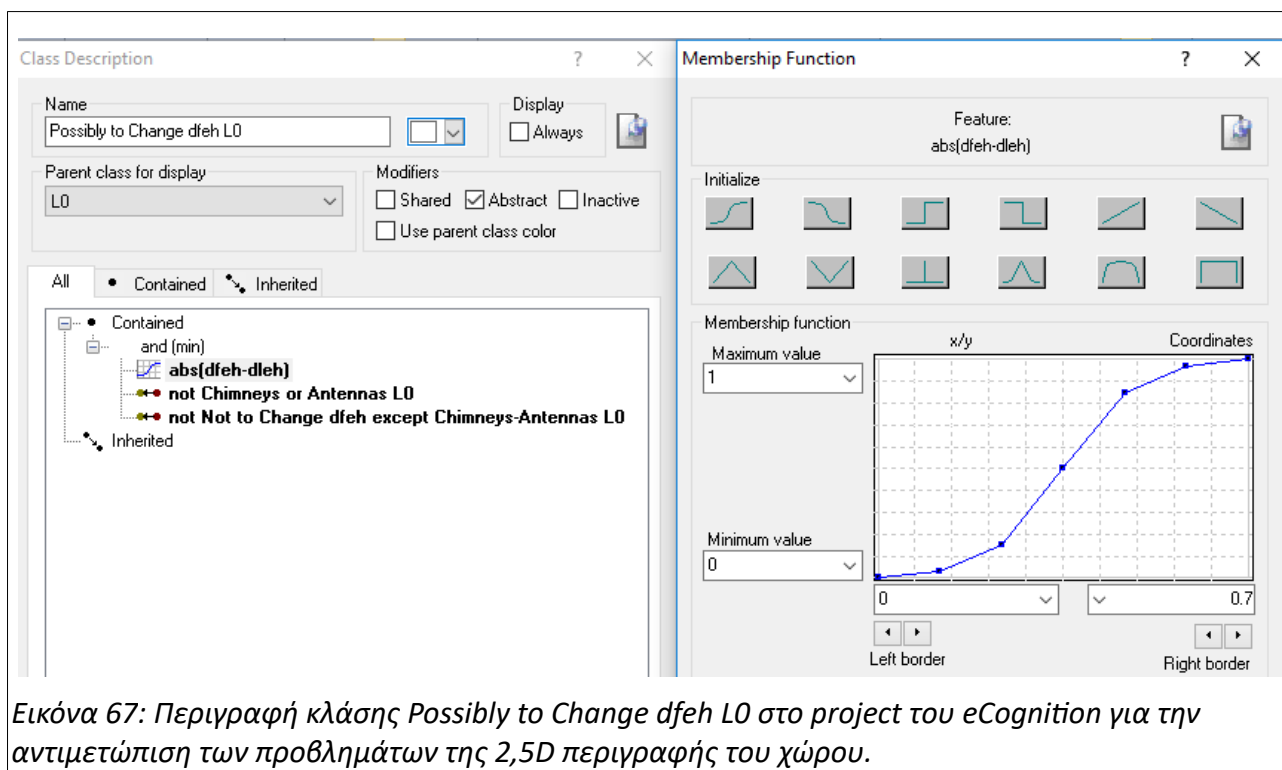
Η κλάση Chimneys or Antennas L0 αποτελεί μεταφορά των αποτελεσμάτων του L2 για καπνοδόχους και κεραίες που **σίγουρα δεν πρέπει να αλλάξουν τα dfch, feh**.



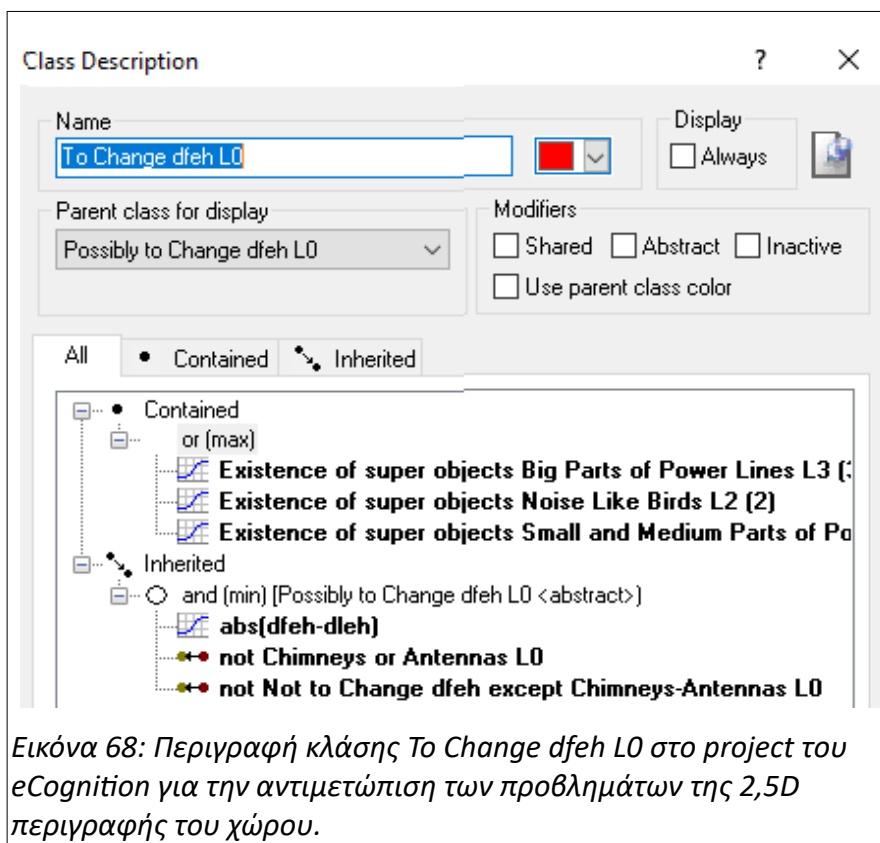
Η Not to Change dfch except Chimneys-Antennas L0 περιλαμβάνει τα υπόλοιπα αντικείμενα που **σίγουρα δεν πρέπει να αλλάξουν τα dfch, feh**. Δηλαδή, τους γεραμούς από το επίπεδο L3, τα Other και τα unclassified (αν υπάρχουν!) από το επίπεδο L1.



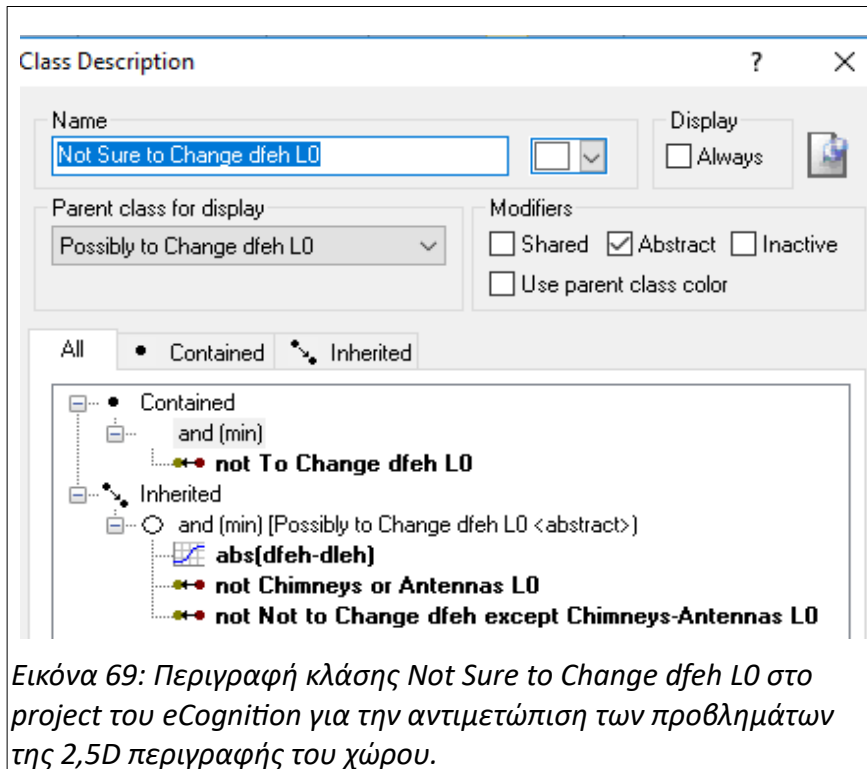
Η *Possibly to Change df eh L0* περιέχει τα αντικείμενα που πιθανόν να πρέπει να αλλάξουν τα *df eh, feh* επαναφέροντας το κριτήριο σημαντικής διαφοράς μεταξύ των 2 συνηθέστερα υψηλότερων παλμών, αυτή την φορά σε επίπεδο pixel.



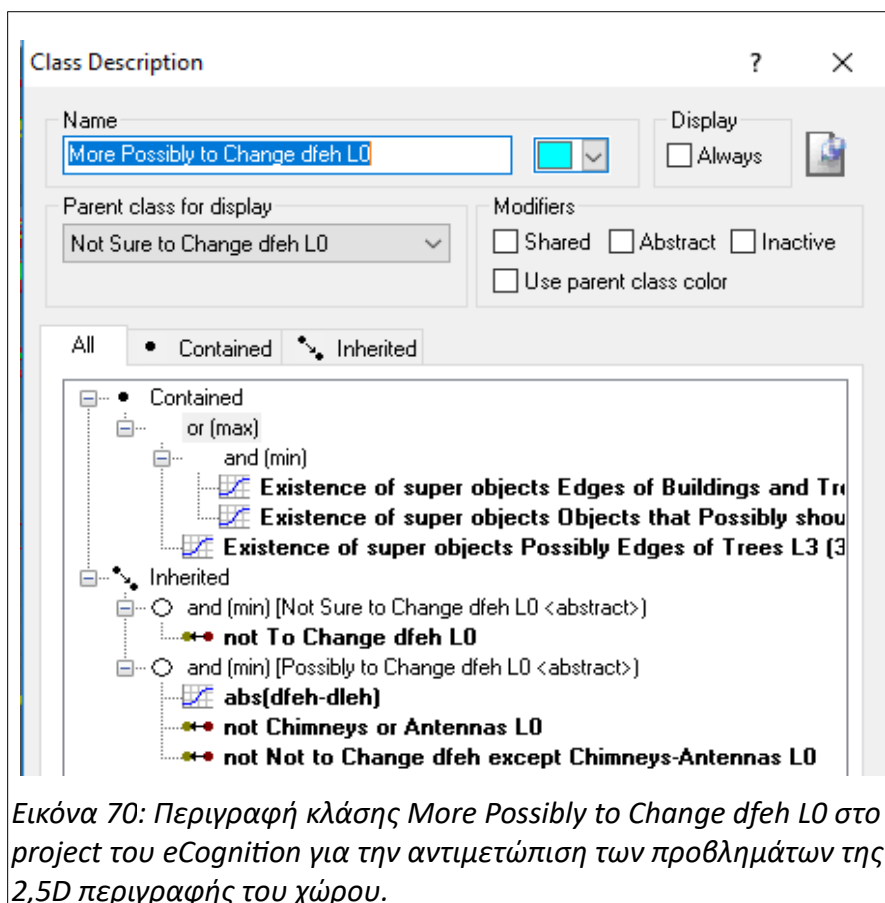
Η κλάση *To Change df eh L0* περιέχει όλα τα αντικείμενα που **σίγουρα πρέπει να αλλάξει το *df eh, feh***, δηλαδή τα *Noise Like Birds L2*, *Big Parts of Power Lines L3*, *Small and Medium Parts of Power Lines or Edges of Buildings L3*.



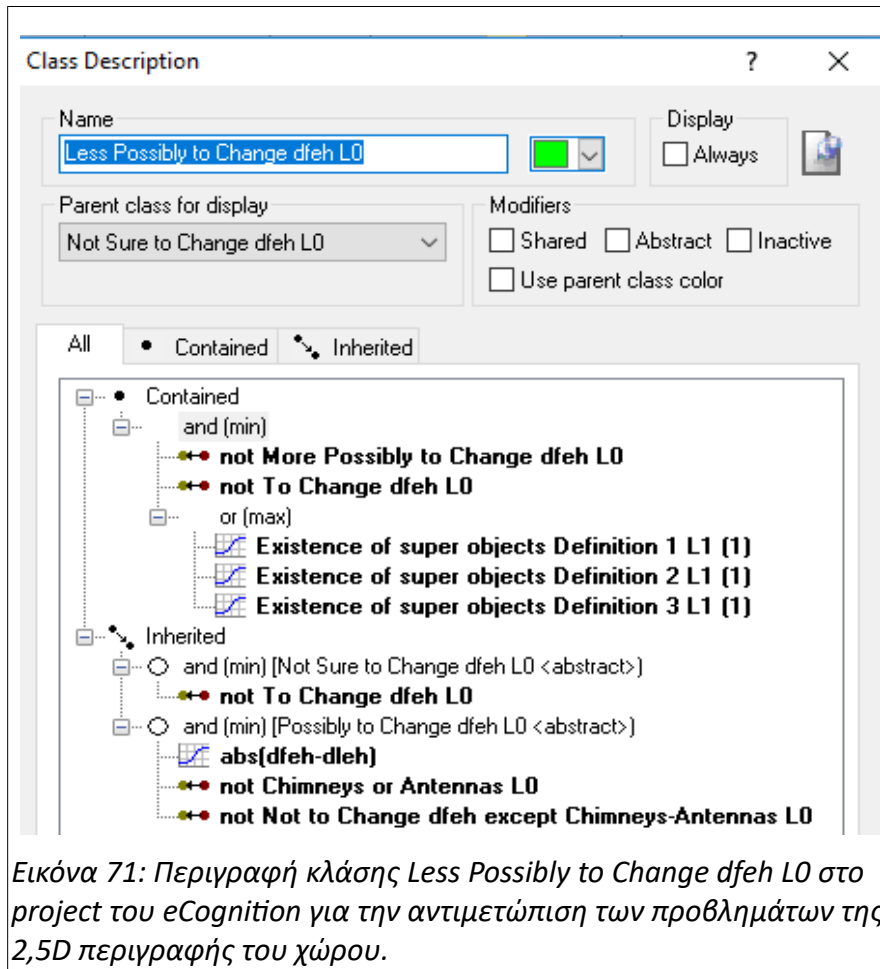
Οι κλάσεις Not Sure to Change df eh L0, More Possibly to Change df eh L0, Less Possibly to Change df eh L0 περιέχουν όλα τα objects που πιθανόν πρέπει να αλλάξουν περιορισμένα τα **df eh, feh**. (Ο λόγος που δεν συγκροτείται 1 κλάση αντί για 1 μητρική και 2 υπο-κλάσεις είναι ότι από την μεθοδολογία μέχρι εδώ και πιο κάτω, όπου γίνεται συγνώνευση-merge, αυτά τα αντικείμενα συνιστούν μάλλον άλλες οντότητες ως προς το df eh)



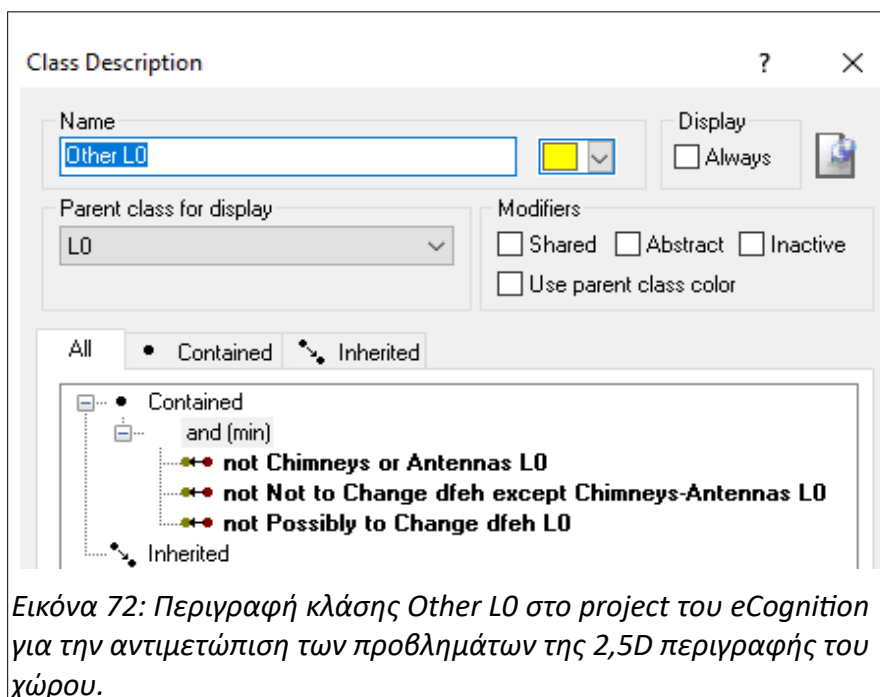
Εικόνα 69: Περιγραφή κλάσης *Not Sure to Change df eh L0* στο project του *eCognition* για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.



Εικόνα 70: Περιγραφή κλάσης *More Possibly to Change df eh L0* στο project του *eCognition* για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.



Η τελευταία κλάση *Other L0* περιέχει όσα objects απομένουν.



4.6.1.3.11 Πράξεις μετά την δημιουργία του L0

4.6.1.3.11.1 Συγχώνευση (Merge Region) More Possibly to Change dfch L0 και Less Possibly to Change dfch L0

Τα γειτονικά objects των 2 κλάσεων συγχωνεύθηκαν σχηματίζοντας μεγαλύτερα objects

4.6.1.3.11.2 Επέκταση (Grow Region) των To change dfch L0 στα More Possibly to Change dfch L0 και Less Possibly to Change dfch L0

Τα objects της κλάσης To change dfch L0, προφανώς όπου γειτόνευαν, εγκόλπωσαν τα συγχωνευμένα objects των More Possibly to Change dfch L0 και Less Possibly to Change dfch L0 που είχαν **Area<=50pixels**, δηλαδή 12,5m², γιατί τα δεύτερα θεωρήθηκαν θόρυβος ή εσωτερικά τμήματα ακμών με μεγάλο πάχος.

4.6.1.3.11.3 Επιπλέον Κατατμήσεις-Ταξινομήσεις στο Επίπεδο L0

Έπειτα, έγινε πάλι μεταφορά σε επίπεδο pixel με μία Chessboard Segmentation.

| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Αλγόριθμος | Chessboard Segmentation |
| Class Filter | None |
| Object size | 1 |
| Level που εφαρμόστηκε | L0 |
| Level που δημιουργήθηκε | L0 |
| Θέση Level | Current |

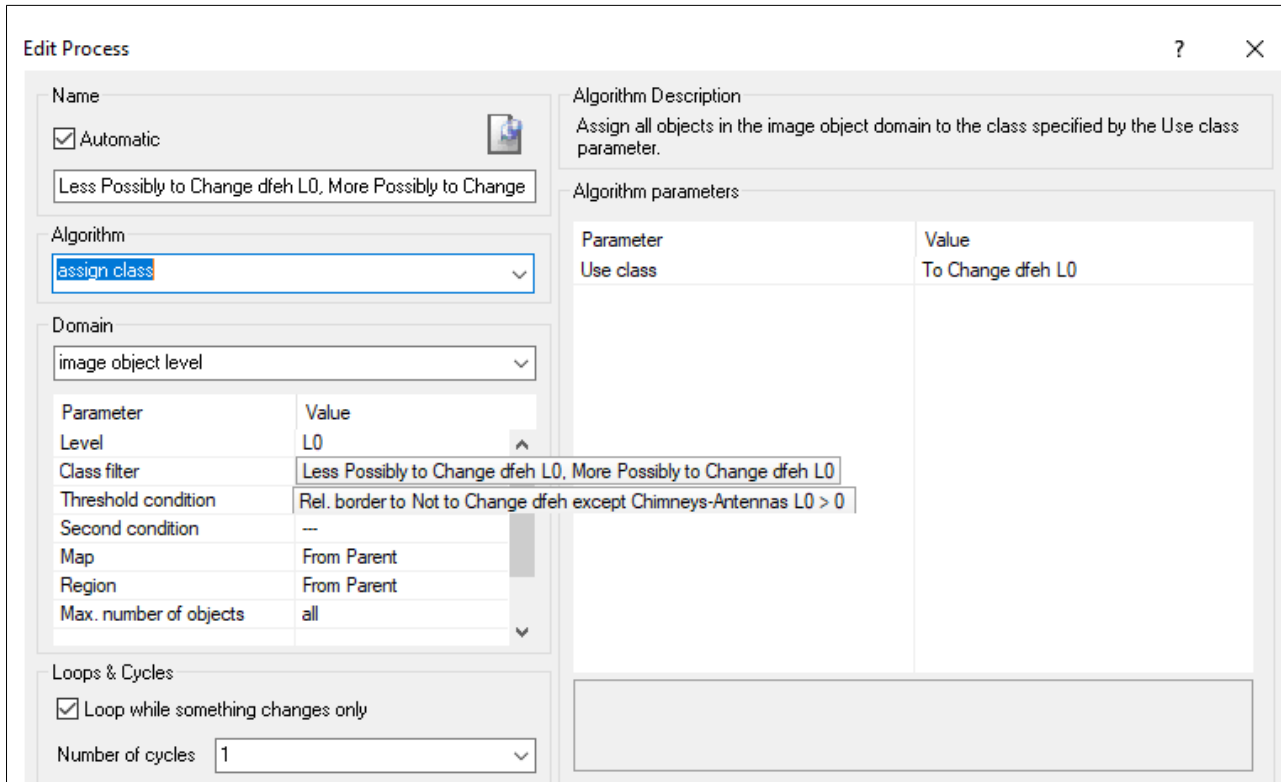
Πίνακας 14: 6^η κατάτμηση στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2.5D περιγραφής του χώρου.

Για να αντιμετωπιστεί η αντίθεση μεταξύ LIDAR και CCD δεδομένων, όπως αναφέρθηκε, έγιναν 2 συνεχόμενα assign class.

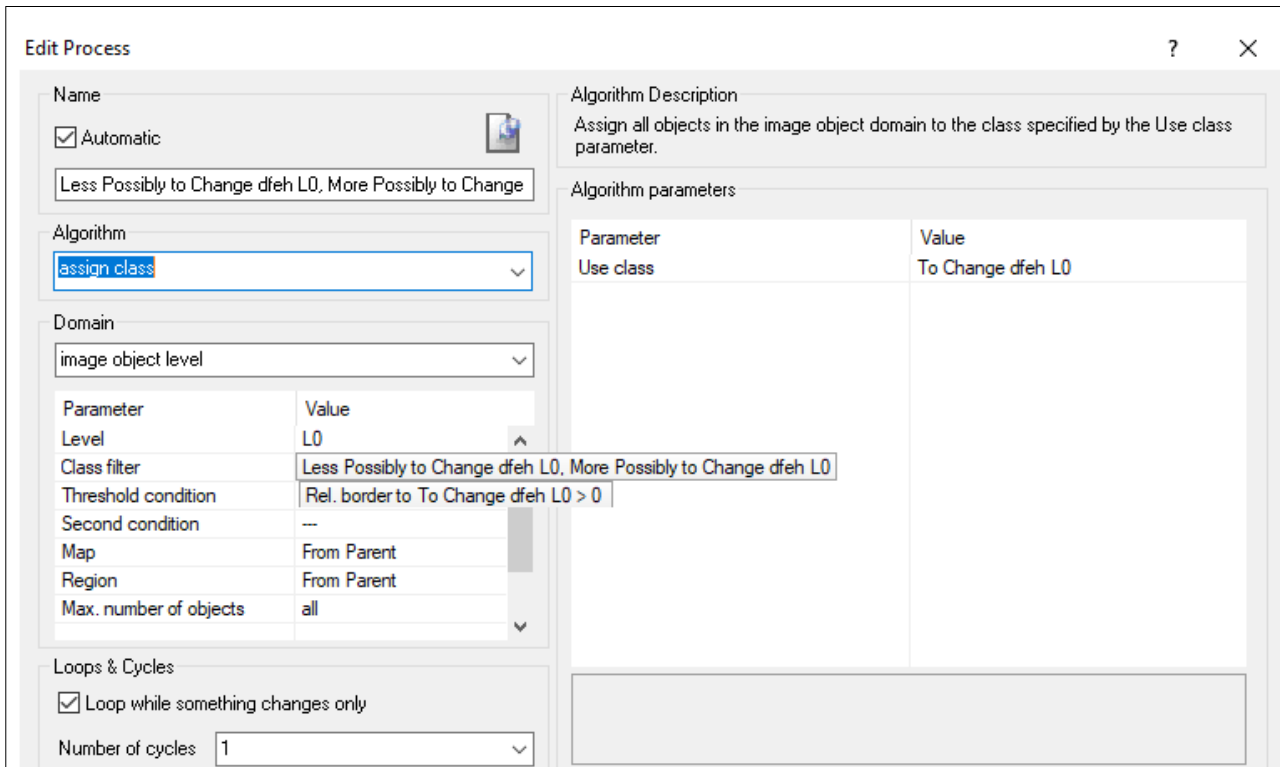
- Στο πρώτο, μόνο 1 pixel, δηλαδή 0,5m x 0,5m, των More Possibly to Change dfch L0 και Less Possibly to Change dfch L0 αποδόθηκε στην To change dfch L0, εφόσον αυτό το pixel συνόρευε με objects στα οποία, σίγουρα, δεν μεταβαλλόταν το dfch κι αυτά τα objects δεν ήταν καμινάδες ή κεραίες. Έτσι, δεν αυξανόταν το εμβαδό των καμινάδων και των κεραιών και σχηματίζονταν τα ακραία κλαδιά των δέντρων που έπρεπε να μεταβληθεί το DSM.
- Στην δεύτερη, επίσης, μόνο 1 pixel των More Possibly to Change dfch L0 και Less Possibly to Change dfch L0 αποδόθηκε στην To change dfch L0, εφόσον οι πρώτες κλάσεις

συνόρευαν με την δεύτερη

Η γειτνίαση στο eCognition κατά βάση είναι σε σχήμα σταυρού, άρα οι άκρες δέντρων στις οποίες είχε ενδιαφέρον να μεταβληθούν τα dfeh, feh τους, περιορίστηκαν περίπου 0,7m με 1m. Με αυτό τον τρόπο δεν χάθηκαν και αντικείμενα, όπως μεμονωμένα μικρά δέντρα και μικρά κτήρια.



Εικόνα 73: Απόδοση ενός pixel των More Possibly to Change dfeh L0 και Less Possibly to Change dfeh L0 στην To change dfeh L0, εφόσον συνορεύουν με objects που τα dfeh, feh μενουν σταθερά και αυτά τα object δεν είναι καπνοδόχοι ή κεραίες. Project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.



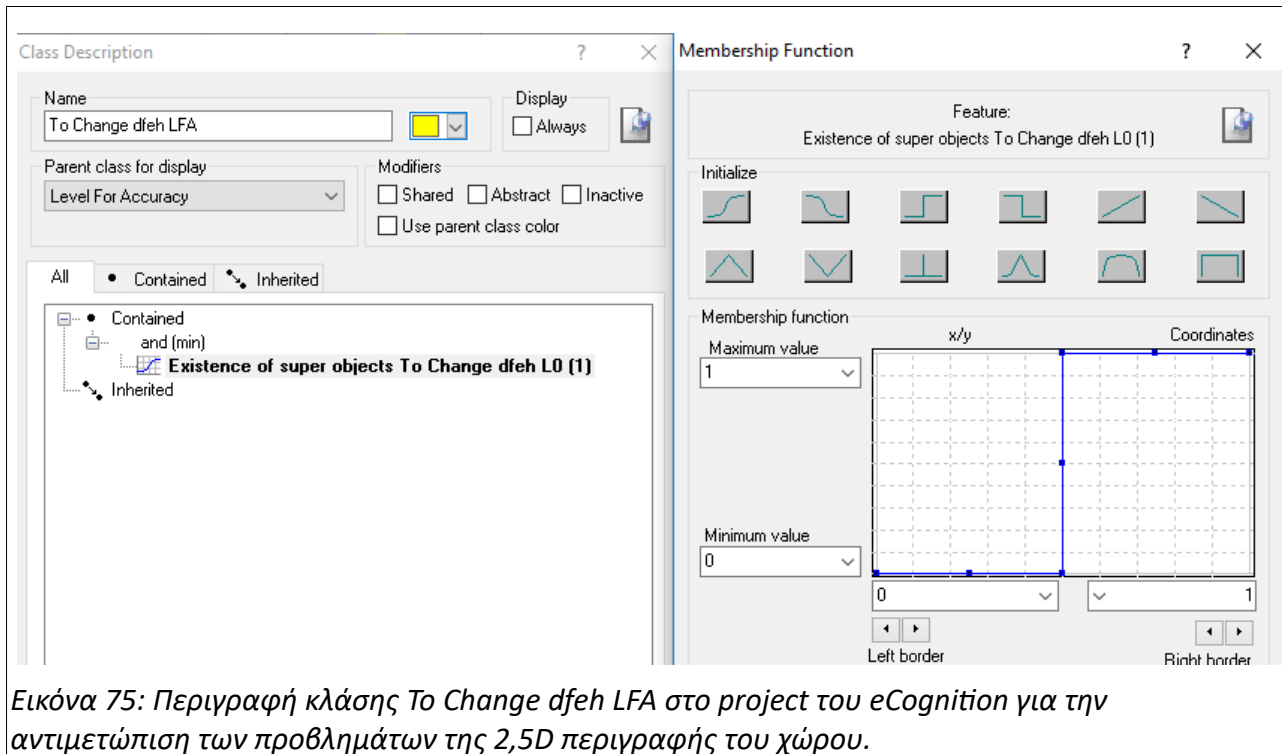
Εικόνα 74: Απόδοση ενός pixel των More Possibly to Change dfch L0 και Less Possibly to Change dfch L0 στην To change dfch L0, εφόσον συνορεύουν. Project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

4.6.1.3.12 Αντιγραφή Επιπέδου και Ταξινόμηση Level For Accuracy

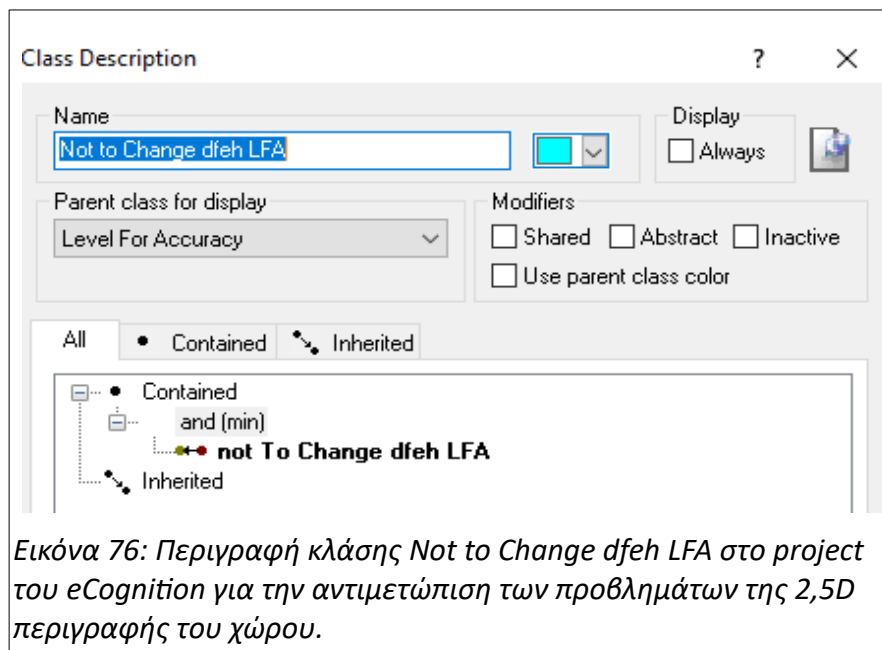
Τέλος, με αντιγραφή επιπέδου (copy image object level) σχηματίστηκε κάτω από το L0 το Level For Accuracy, στο οποίο έγινε Hierarchical Classification με 2 κλάσεις. Οι κλάσεις αυτές ήταν οι To Change dfch LFA, Not to Change dfch LFA, οι οποίες περιείχαν όλα τα objects που έπρεπε να αλλάξει το dfch-feh για τον σχηματισμό του αναγκαίου Μοντέλου Επιφανείας και όλα τα objects που δεν έπρεπε να αλλάξει το dfch-feh, αντίστοιχα.

| | |
|------------|--|
| Αλγόριθμος | Hierarchical Classification |
| Classes | Not to Change dfch LFA, To Change dfch LFA |

Πίνακας 15: Ταξινόμηση Επιπέδου Level For Accuracy στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.



Εικόνα 75: Περιγραφή κλάσης To Change dfeh LFA στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.



Εικόνα 76: Περιγραφή κλάσης Not to Change dfeh LFA στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

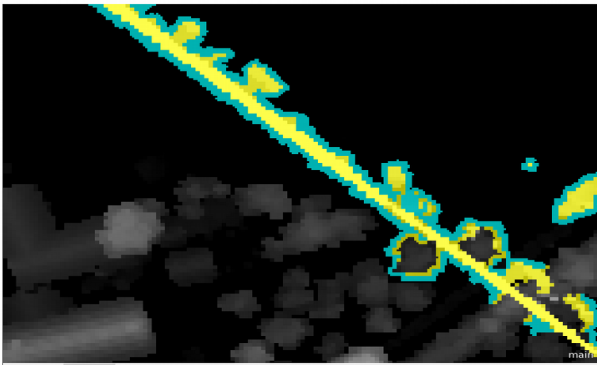
4.6.1.3.13 Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Ταξινόμησης

Η αξιολόγηση των 2 τελικών εξαγόμενων κλάσεων πραγματοποιήθηκε στο Level For Accuracy. Επομένως, έγινε σε επίπεδο pixel. Η μέθοδος που εφαρμόστηκε ήταν αυτή της λήψης δειγμάτων (samples) με φωτοερμηνεία και της δημιουργίας του Πίνακα Σύγχυσης (Error Matrix ή Confusion Matrix) στο λογισμικό eCognition με χρήση του Tools-Accuracy Assessment...- Error Matrix based on samples. Επαρκές δείγμα θεωρήθηκε το 2% του συνόλου των pixels. Έτσι, στα 3000x3000pixels της εικόνα λήφθηκαν περίπου 180.000 pixels ως δείγματα.

Τα σημεία που επιλέχθηκαν περιλάμβαναν:

- το μεγαλύτερο μέρος καλωδίων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, σε διάφορα μεγέθη
- άκρες συστοιχιών δέντρων
- μεμονωμένα δέντρα
- μικρά ανθρωπογενή αντικείμενα (π.χ. αυτοκίνητα)
- περιοχές γύρω από τα όρια όλων των παραπάνω αντικειμένων
- γεραμούς
- άκρες κτηρίων
- ολόκληρα κτήρια

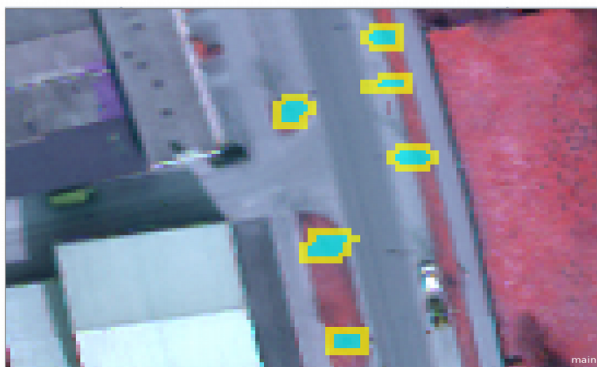
Μεγάλα καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος (dfeh)



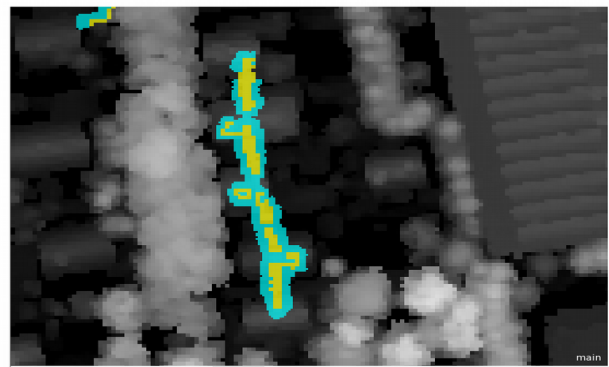
Άκρες συστοιχιών δέντρων, άκρες κτηρίων και κτήρια (έγχρωμο σύνθετο 432)



Μεμονωμένα δέντρα (έγχρωμο σύνθετο 432)



Μικρά καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος (dfeh)



Εικόνα 77: Λήψη δειγμάτων για την Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

| User Class \ Sample | To Change df eh LFA | Not to Change df eh LFA | Sum |
|-------------------------|---------------------|-------------------------|--------|
| Confusion Matrix | | | |
| To Change df eh LFA | 79748 | 1564 | 81312 |
| Not to Change df eh LFA | 6225 | 95220 | 101445 |
| unclassified | 0 | 0 | 0 |
| Sum | 85973 | 96784 | |
| Accuracy | | | |
| Producer | 0.9275935 | 0.9838403 | |
| User | 0.9807654 | 0.9386367 | |
| Hellden | 0.9534387 | 0.9607071 | |
| Short | 0.911 | 0.9243852 | |
| KIA Per Class | 0.8695570 | 0.9636794 | |
| Totals | | | |
| Overall Accuracy | 0.9573806 | | |
| KIA | 0.9142020 | | |

Εικόνα 78: Πίνακας Σύγχυσης και Δείκτες Αξιολόγησης της Τελικής Ταξινόμησης στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου.

Από τον Πίνακα Σύγχυσης φαίνεται ότι λήφθηκαν 85.973 δείγματα για την κλάση To Change df eh LFA και 96.784 δείγματα για την Not to Change df eh LFA, οπότε συνολικά 182.757 (2,03%). Όλοι οι δείκτες αξιοπιστίας φαίνεται να έχουν αρκετά υψηλές τιμές.

Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης Producer ορίζεται μαθηματικά ως

$$PRODUCER = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Negative}$$

Σχέση 1

και εκφράζει το ποσοστό των αντικειμένων που βρέθηκαν σωστά προς τον συνολικό αριθμό των αντικειμένων που στην πραγματικότητα ήταν σωστά. Παίρνει τιμές περίπου 0,93 για την To Change df eh LFA, 0,98 για την Not to Change df eh LFA και 0,96 για το σύνολο της ταξινόμησης.

Ο δείκτης User ορίζεται μαθηματικά ως

$$USER = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive}$$

Σχέση 2

και δηλώνει το ποσοστό των σωστά εντοπισμένων αντικειμένων από αυτά που εμφανίζονται να ανήκουν σε μία κλάση. Λαμβάνει τιμές περίπου 0,98 για την To Change df eh LFA και 0,94 για την Not to Change df eh LFA (https://en.wikipedia.org/wiki/Confusion_matrix, τελευταία επίσκεψη 05/02/2018)

Ο δείκτης HellDen ορίζεται μαθηματικά ως

$$HELLDEN = 2 * \left(\left(\frac{TruePositive}{TruePositive + FalsePositive} \right) * \left(\frac{TruePositive}{TruePositive + FalseNegative} \right) \right) + \left(\frac{TruePositive}{TruePositive + FalsePositive} \right) + \left(\frac{TruePositive}{TruePositive + FalseNegative} \right)$$

Σχέση 3

και αποτελεί τον αρμονικό μέσο (V.Labatut, H.Cherifi [17]) των δύο ξεχωριστών διαδικασιών που περιγράφονται από τους προηγούμενους δείκτες. Πρώτον, της διεργασίας εξαγωγής των σωστών σε σχέση με την πραγματικότητα και δεύτερον, της διεργασίας εξαγωγής του ποσοστού των σωστών επί αυτών που φαίνονται σωστά. Επειδή αυτές οι δύο διαδικασίες, ουσιαστικά, εκτελούνται ταυτόχρονα, ο αρμονικός μέσος είναι καταλληλότερος από ότι ο αριθμητικός μέσος (όπως σε προβλήματα μηχανικής, (https://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic_mean, τελευταία επίσκεψη 05/02/2018)). Αυτός ο δείκτης παίρνει τιμές 0,95 για την To Change dfch LFA και 0,96 για την Not to Change dfch LFA.

Ο δείκτης short ορίζεται μαθηματικά ως

$$SHORT = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive + False\ Negative}$$

Σχέση 4

και εκφράζει το ποσοστό των σωστών προβλέψεων της διαδικασίας προς την ένωση των συνόλων, των πραγματικά σωστών και των προβλεπόμενων σωστών (V.Labatut, H.Cherifi [17]). Άρα, έχει και την χαμηλότερη τιμή από τους προηγούμενους δείκτες. Για την To Change dfch LFA λαμβάνει τιμή περίπου 0,91 και για την Not to Change dfch LFA περίπου 0,92.

Ο Kappa Index συνδυάζει την πιθανότητα που υπάρχει από την σύνθεση των κλάσεων σε μία εικόνα, να προκύψουν συγκεκριμένα αποτελέσματα για μία ταξινόμηση - με τα αποτελέσματα μίας ταξινόμησης. Επομένως, επιτρέπει την αξιολόγηση μεταξύ διαφορετικών μεθόδων ταξινόμησης (ταξινομητών). Ορίζεται μαθηματικά ως

$$Kappa = \frac{Observed\ Accuracy - Expected\ Accuracy}{1 - Expected\ Accuracy}$$

Σχέση 5

και εκφράζει, κατά κάποιο τρόπο, το μέγεθος της παρατηρούμενης ακρίβειας προς την “τέλεια” ακρίβεια με βάση την δεδομένα της περιοχής που εξετάζεται. Οι τιμές του Kappa Index πάνω από 0,81 αναφέρονται σε πολύ “καλές” ταξινομήσεις (<https://stats.stackexchange.com/questions/82162/cohens-kappa-in-plain-english>, τελευταία επίσκεψη 05/02/2018). Στην εφαρμογή μας το Kappa Index είναι περίπου 0,87 για την To Change dfch LFA, 0,96 για την Not to Change dfch LFA και 0,91 για όλη την εικόνα.

4.6.1.4 Αποτελέσματα-Παραγόμενα Raster Αρχεία

Από το project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου, εξάχθηκε σε μορφή raster αρχείου η κλάση To Change dfch LFA. Στην συνέχεια, το αρχείο αυτό εισήχθη στο GRASS GIS με χωρική ανάλυση 0,5mx0,5m, μαζί με τα dfch, dfel, dlch, dlcl, feh, fel, leh, lel, αφού όπως αναφέρθηκε στην προ-επεξεργασία είχαν δοθεί τιμές στα No Data pixels, με παρεμβολή.

Από αυτά τα layers παράχθηκαν 2 νέα. Το πρώτο για να διευκολύνει τον εντοπισμό των κτηρίων και το δεύτερο για να χρησιμοποιηθεί στην προσομοίωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή του Μέμμιγκεν:

1) Με εφαρμογή της σχέσης

```
if( To_Change_dfch_LFA@mapset == 0, dfch@mapset, max( dfel@mapset, dlch@mapset , dlcl@mapset ) )
```

κατασκευάστηκε το dfch_m (m από την λέξη modified)

2) Με εφαρμογή της σχέσης

```
if( To_Change_dfch_LFA@mapset == 0, feh@mapset, max( fel@mapset, leh@mapset , lel@mapset ) )
```

κατασκευάστηκε το feh_m



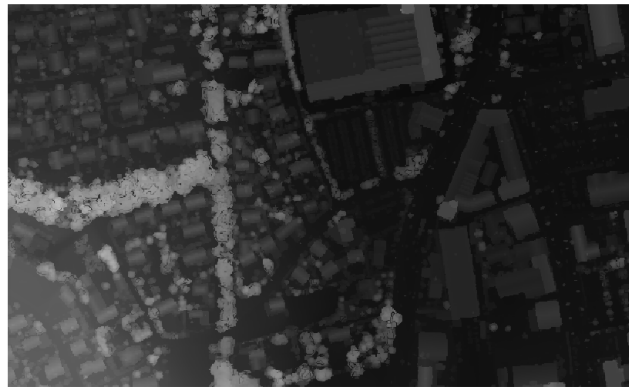
feh σε όλη την περιοχή μελέτης



feh_m σε όλη την περιοχή μελέτης

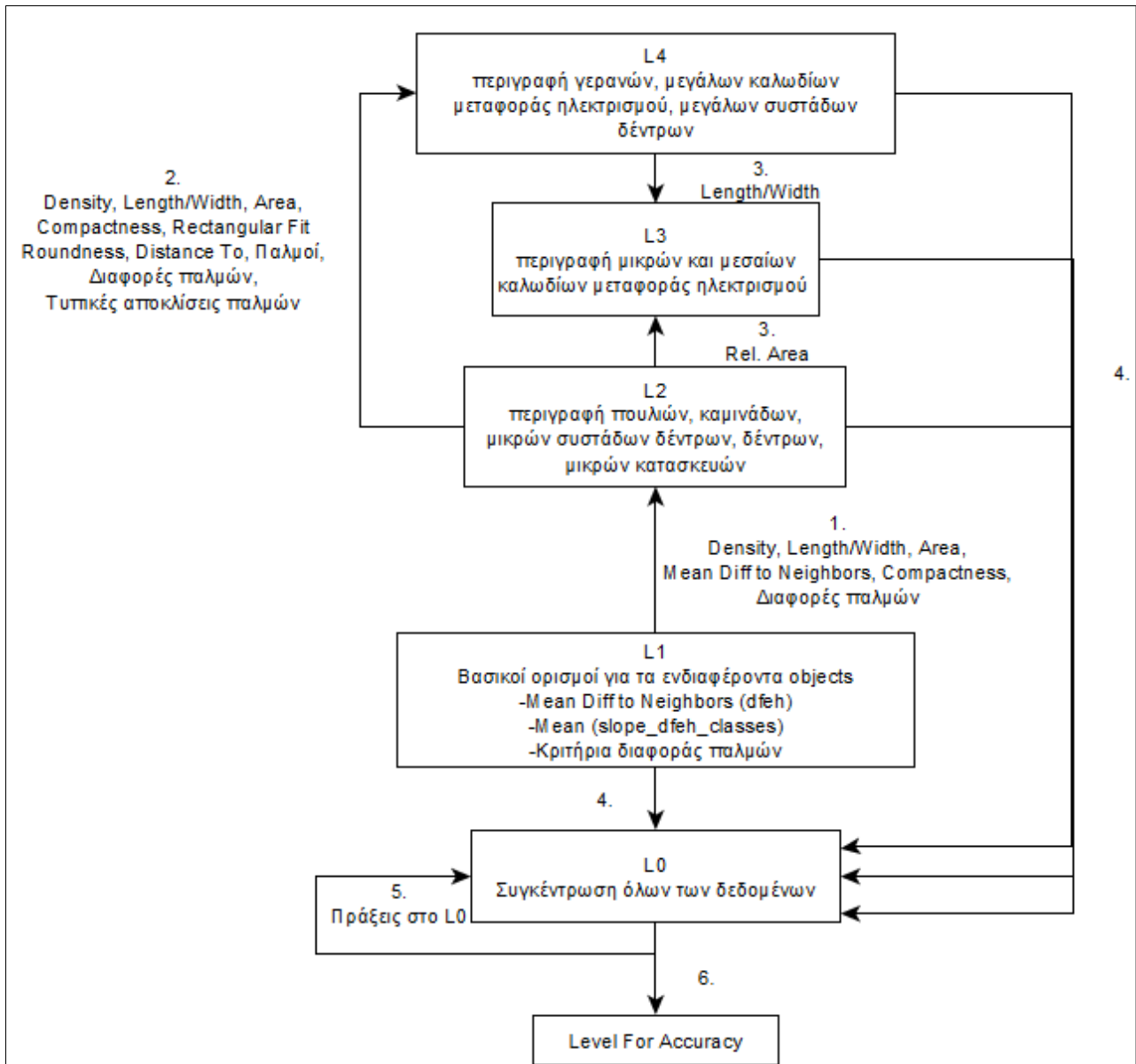


feh σε ένα τμήμα της εικόνας



feh_m σε ένα τμήμα της εικόνας

Εικόνα 79: Διαφορές feh, feh_m: Στα κόκκινα τετράγωνα φαίνεται η εξάλειψη ντων μεγάλων καλωδίων ηλεκτρισμού, στα πορτοκαλί τετράγωνα φαίνεται η διαχείριση των γερανών, στα πράσινα τετράγωνα φαίνεται η απαλοιφή των μικρών καλωδίων ηλεκτρισμού. Στην εστίαση σε ένα τμήμα της εικόνας μπορεί να φανεί η διαφορά στα ακριανά κλαδιά των δέντρων.



Διάγραμμα 1: Συνοπτικό Διάγραμμα Ροής Πληροφορίας στο project του eCognition για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου. (Ο αριθμός κάθε βέλους δηλώνει την χρονική σειρά, αναφέρονται μόνο οι βασικοί στόχοι σε κάθε επίπεδο και δίνονται μόνο τα κύρια χαρακτηριστικά του eCognition, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν)

4.6.2 Εντοπισμός Οροφών Κτηρίων

4.6.2.1 Εισαγωγή

Όπως και στο προηγούμενο project, οι δεξαμενές από τις οποίες μπορούσαν να αντληθούν στοιχεία για την εξαγωγή των απαιτούμενων αποτελεσμάτων ήταν:

- Τα δεδομένα LIDAR

- Τα δεδομένα CCD
- Η διαισθητική ανθρώπινη αντίληψη, για τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων ενδιαφέροντος και των υπόλοιπων αντικειμένων του πεδίου μελέτης

Σύμφωνα και με την ανάλυση στην [Ενότητα 4.6.1.1](#), παρουσιάζεται μία αντίθεση μεταξύ των πληροφοριών από τους δύο διαφορετικούς δέκτες λήψεις δεδομένων. Το ερώτημα που προκύπτει είναι: **ποια πηγή δεδομένων είναι η καταλληλότερη για τον σκοπό αυτού του τμήματος της μελέτης;**

Τα δεδομένα LIDAR είναι απαλλαγμένα από σκιές και ατμοσφαιρικές παρεμβολές. Μπορούν να καταγράψουν μικρά αντικείμενα, όπως καλώδια, καμινάδες, πουλιά, που δεν διακρίνονται εύκολα στα δεδομένα CCD. Όμως είναι πιο χονδροειδή και πιο ασαφή από τα δεδομένα της CCD κάμερας καθώς, έχουν μικρότερη χωρική ανάλυση κι έχουν προκύψει από μεθόδους μαθηματικής παρεμβολής (interpolation), μετά την ρίψη και την λήψη πολλών διάσπαρτων παλμών laser και σε μεγάλη πυκνότητα.

Τα κανάλια R, G, B, NIR της CCD κάμερας είναι, τις περισσότερες φορές, πιο αξιόπιστα στην εξαγωγή των ορίων των διαφόρων αντικειμένων λόγω της μεγαλύτερης χωρικής ανάλυσης και της διαφοράς στο τρόπο λειτουργίας των δύο οργάνων λήψεις, αλλά έχουν ως βασικό πρόβλημα την ύπαρξη σκιών.

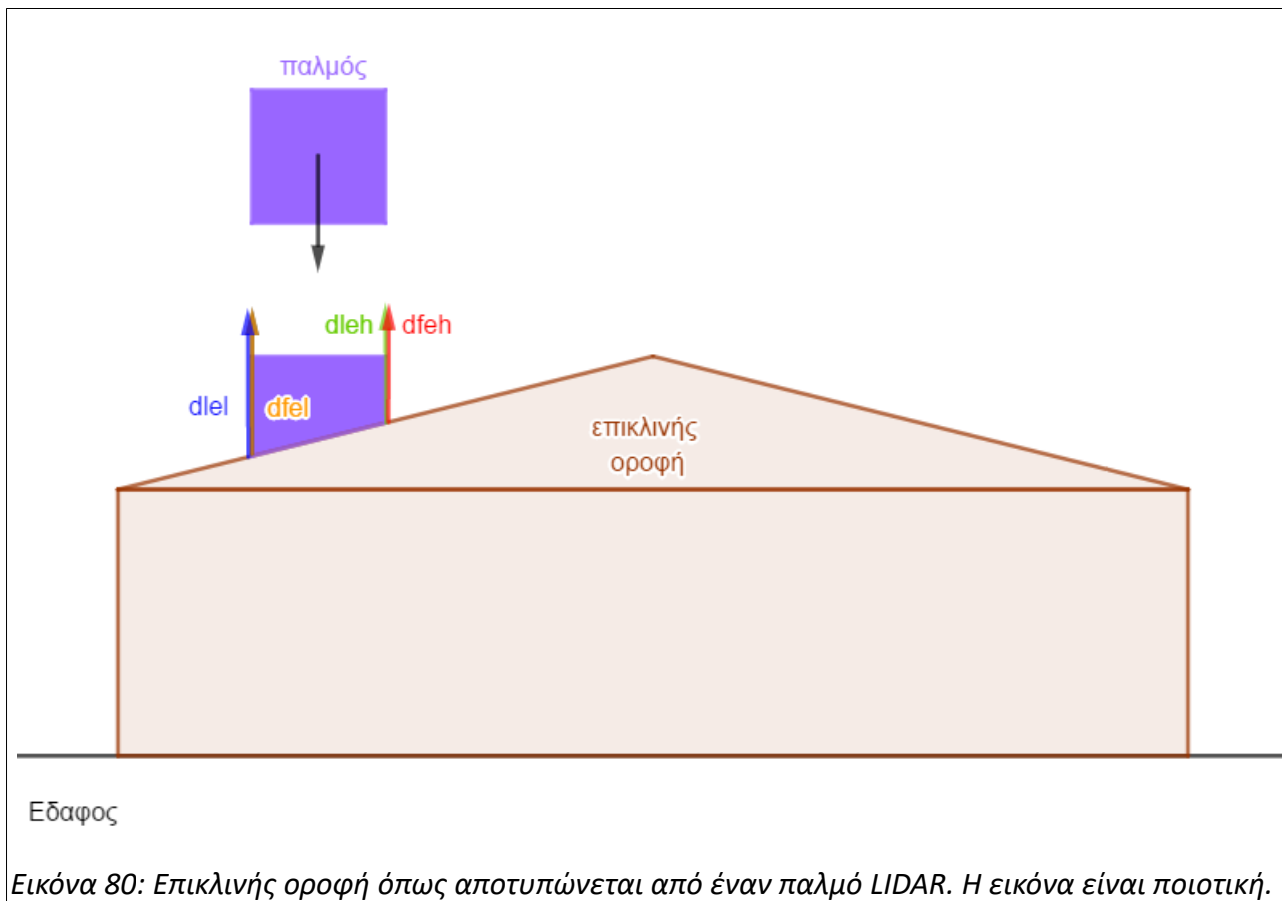
Από την άλλη πλευρά, κάποιες φορές, ειδικά όταν πρόκειται για αντικείμενα που έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο, η αντίληψη του αναλυτή μπορεί να είναι σημαντικότερη, στην συγκεκριμένη εφαρμογή, από τα καταγεγραμμένα δεδομένα.

Σε αυτό το πλαίσιο:

1. **Επιχειρήθηκε, όπου υπήρχε ασάφεια, τα δεδομένα να συνδυάζονται με την ανθρώπινη αντίληψη.**
2. **Τα δεδομένα CCD θεωρήθηκαν πιο αξιόπιστα για τον εντοπισμό των κτηρίων, στα σημεία που δεν υπήρχαν σκιές και δεν υπήρχαν δέντρα που εφάπτονται με κτήρια**
3. **Τα δεδομένα LIDAR αντιμετωπίστηκαν ως κυρίαρχα,**
 - i. όπου υπήρχαν σκιές
 - ii. και όπου τα κτήρια εφάπτονταν με αντικείμενα των οποίων οι άκρες ήταν απροσδιόριστες (από τον ερευνητή) και μπορούσαν πιο εύκολα να ανιχνευθούν από την συσκευή LIDAR σε σχέση με την CCD (π.χ. ακριανά κλαδιά δέντρων).

Στην δεύτερη περίπτωση, τα άκρα αυτών των αντικειμένων, στα σημεία που είχαν σημαντικές διαφορές ύψους με τα κτήρια, είχαν ήδη περιοριστεί το πολύ κατά 1 m από την διεργασία “Αντιμετώπισης των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου”

Κομβικός, και σε αυτό το σημείο, ήταν ο τρόπος αποτύπωσης των κτηρίων στα 2 είδη δεδομένων. Συμπληρωματικά με τις [Εικόνα 29](#), [Εικόνα 30](#) δίνεται και η επόμενη [Εικόνα 80](#) που δείχνει πως συμπεριφέρονται οι παλμοί του LIDAR σε μία επικλινή και αδιαπέραστη επιφάνεια.



Αυτό που είναι αξιοσημείωτο είναι πως στον πυρήνα των κτηρίων, όταν οι παλμοί έχουν αποκτήσει υψηλότερες τιμές, οι $dfeh-dleh$ έχουν περίπου ίδια τιμή και το ίδιο ισχύει και για τους $dfel-dlel$. Αυτή παρατήρηση ισχύει, είτε πρόκειται για επίπεδη οροφή, που και οι 4 παλμοί έχουν κοντινές τιμές ύψους, είτε πρόκειται για επικλινή οροφή, όπου οι $dfel-dlel$, καταγράφουν χαμηλότερες τιμές από τους $dfeh-dleh$. Επιπρόσθετα, παρόμοια καταγραφή δεν παρουσιάζεται, γενικά, στις διαπερατές επιφάνειες των δέντρων, εκτός αν πρόκειται για εξαιρετικά πυκνά σε κλαδιά ή/και φύλλωμα δέντρα. Συνεπώς, προσδιορίζεται μία “υπογραφή” του πυρήνα των κτηρίων στα LIDAR δεδομένα με 3 χαρακτηριστικά:

- Όλοι οι παλμοί έχουν τιμές από ένα ύψος και πάνω
- $dfeh-dleh$ έχουν περίπου ίδια τιμή
- $dfel-dlel$ έχουν περίπου ίδια τιμή

4.6.2.2 Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν (layers) και η Χωρική Ανάλυση που επιλέχτηκε

Τα δεδομένα που εισήχθησαν στο eCognition για το συγκεκριμένο project ήταν:

| A/A | Όνομασία | Περιγραφή |
|-----|----------------------|---|
| 1 | dfeh_m | Το αποτέλεσμα της διαδικασίας Αντιμετώπισης των προβλημάτων της 2,5D απεικόνισης του χώρου |
| 2 | dfel | Η διαφορά του DSM πρώτου και χαμηλού παλμού με το DTM από παρεμβολή, στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 3 | dleh | Η διαφορά του DSM τελευταίου και υψηλού παλμού με το DTM από παρεμβολή, στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 4 | dlel | Η διαφορά του DSM τελευταίου και χαμηλού παλμού με το DTM από παρεμβολή, στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 5 | Intensity | Η ένταση που κατέγραψε το LIDAR στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 6 | B | Το μπλε κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 7 | G | Το πράσινο κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 8 | R | Το κόκκινο κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 9 | NIR | Το εγγυς υπέρυθρο κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 10 | slope_dfeh_m_classes | Ομαδοποίηση των τιμών κλίσης (slope) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect στο dfeh_m σε 4 ομάδες |
| 11 | slope_dfel_classes | Ομαδοποίηση των τιμών κλίσης (slope) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect στο dfel σε 4 ομάδες |
| 12 | slope_dleh_classes | Ομαδοποίηση των τιμών κλίσης (slope) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect στο dleh σε 4 ομάδες |
| 13 | slope_dlel_classes | Ομαδοποίηση των τιμών κλίσης (slope) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect στο dlel σε 4 ομάδες |
| 14 | aspect_dleh | Ο προσανατολισμός (aspect) από εφαρμογή του r.slope.aspect στο dleh |
| 15 | slope_dfel | Οι κλίσεις (slope) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect στο dfel |
| 16 | slope_dleh | Οι κλίσεις (slope) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect στο dleh |
| 17 | NDVI | Ο δείκτης NDVI που κατασκευάστηκε στο Grass GIS |
| 18 | BNDVI | Ο δείκτης Blue NDVI που κατασκευάστηκε στο Grass GIS |
| 19 | Nagao_Int | Δείκτης για τον εντοπισμό των σκιών που κατασκευάστηκε στο Grass GIS |

Πίνακας 16: Layers που εισήχθησαν στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

Το dfeh_m είναι το layer που παράχθηκε από την διεργασία της προηγούμενης ενότητας.

To `slope_dfeh_m_classes` προέκυψε ακριβώς με τον ίδιο τρόπο, όπως και στην προηγούμενη ενότητα, για τον διαμορφωμένο παλμό `dfeh_m`. Δηλαδή, στο GRASS GIS με χρήση των `r.slope.aspect` και `r.mapcalc`.

To `Intensity` είναι η καταγραφή της έντασης των παλμών από το LIDAR, που είναι συνάρτηση της φύσης του υλικού πάνω στο οποίο προσπίπτει ο παλμός και του μήκους κύματος του παλμού.

Όλα τα υπόλοιπα `layers` μέχρι το 13 είναι τα ίδια με το `project` Αντιμετώπισης των προβλημάτων της 2,5D απεικόνισης του χώρου.

To `aspect_dleh` `layer` είναι ο προσανατολισμός με χρήση του `r.slope.aspect` στο GRASS GIS για το `dleh` και χρησιμοποιήθηκε σε ένα συγκεκριμένο σημείο του `project` ώστε, να βελτιστοποιηθεί η εξαγωγή των οροφών κτηρίων.

Τα `slope_dfel` και `slope_dleh` είναι οι κλίσεις των `dfel`, `dleh` για σημεία της εικόνας που απαιτούνταν να εξεταστούν χωρίς απλοποιήσεις στις τιμές των κλίσεων. Κι αυτά προέκυψαν από το `r.slope.aspect` στο GRASS GIS.

To NDVI είναι ο δείκτης Normalized Difference Vegetation Index που ορίζεται ως

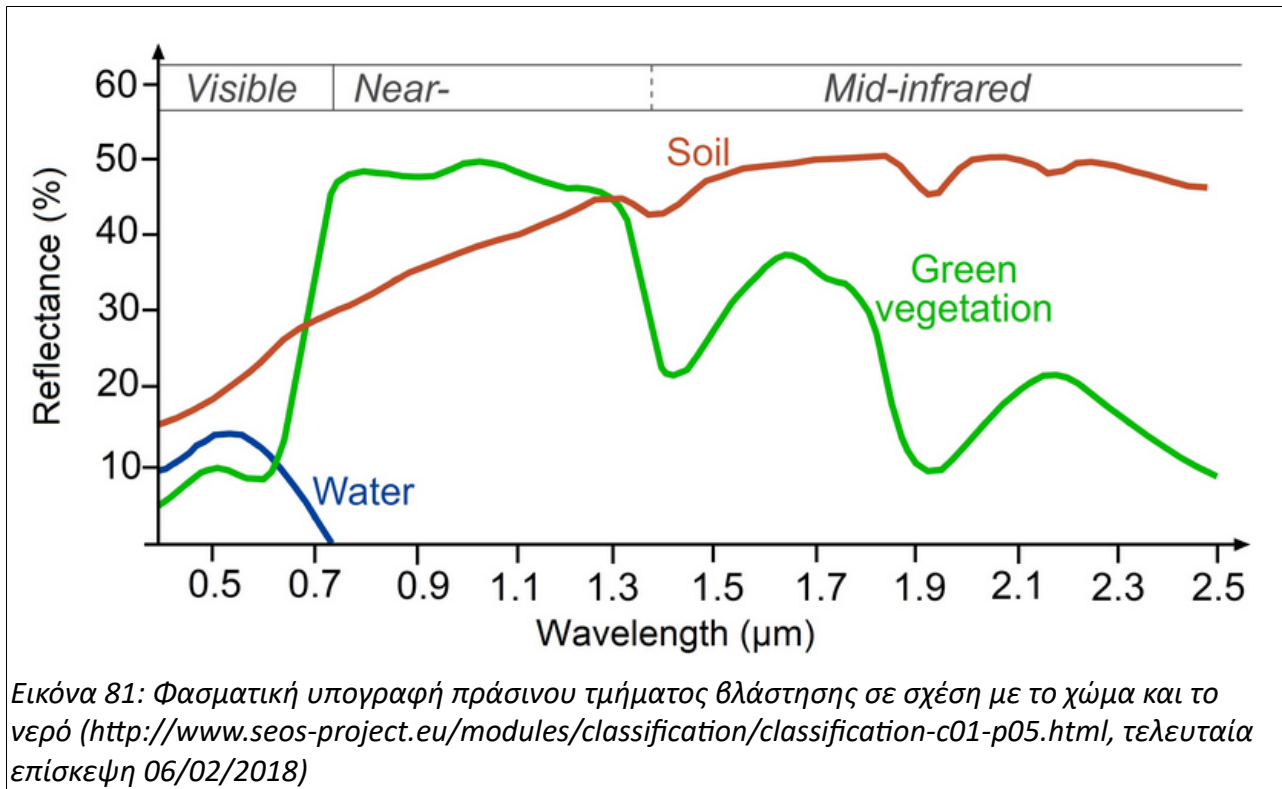
$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Σχέση 6

Επειδή, ως λόγος, δεν ορίζεται για `NIR=0` και `R=0`, εφαρμόσθηκε η σχέση:

```
if( R@mapset == 0 && NIR@mapset ==0, 0, (NIR@mapset- R@mapset) / (NIR@mapset+ R@mapset) )
```

στο `r.mapcalc` του GRASS GIS. Ο NDVI εκμεταλλεύεται την γενική φασματική υπογραφή των φύλλων της βλάστησης, που εμφανίζουν χαμηλές τιμές στο κόκκινο κανάλι και υψηλές στο εγγύς υπέρυθρο. Η μορφή της φασματικής υπογραφής σε αυτά τα 2 εύρη μήκους κύματος είναι τέτοια που μπορεί να διαχωρίσει την βλάστηση από άλλες κατηγορίες αντικειμένων.



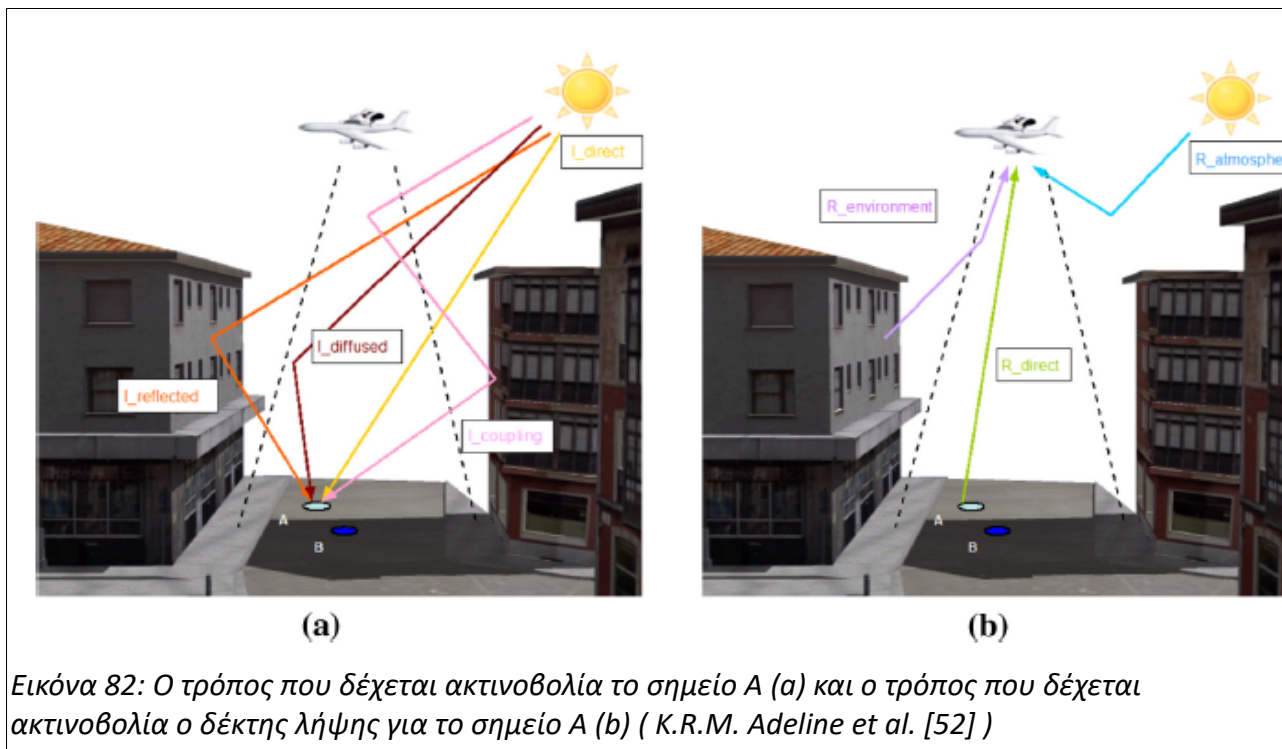
Ομοίως, δημιουργήθηκε και το layer BNDVI (Blue Normalized Difference Vegetation Index) που δίνεται από τον τύπο:

$$BNDVI = \frac{NIR - B}{NIR + B}$$

Σχέση 7

Ο BNDVI, συνήθως, είναι λιγότερο αξιόπιστος από τον NDVI για την ανίχνευση βλάστησης και χρησιμοποιείται μόνο όταν η κάμερα λήψης έχει ένα φίλτρο. Παρά αυτό το γεγονός, μετά από δοκιμές κι αναζήτηση μεταξύ δεικτών βλάστησης, ο BNDVI, φάνηκε χρήσιμος στον διαχωρισμό των δέντρων από τα κτήρια στη συγκεκριμένη εργασία. Τον ίδιο δείκτη είχε εφαρμόσει και η Σ.Μπέκα[1]. Ίσως βοηθά γιατί, το μπλε κανάλι B, απορροφάται κι από ουσίες της βλάστησης που δεν συμμετέχουν στην φωτοσύνθεση, όπως οι ανθοκυκλίνες και έτσι προσφέρει επιπλέον πληροφορία (<http://www.senteksystems.com/2015/11/23/ndvi-definitions-red-blue-enhanced/>, τελευταία επίσκεψη 06/02/2018 και <http://blog.analystgroup.com/en/ndvi-red-and-blue-indexes-which-to-choose/>, τελευταία επίσκεψη 06/02/2018).

Το Nagao_Int είναι ένα όνομα που δόθηκε σε αυτή την εργασία, σε έναν δείκτη που βοηθάει στην ανίχνευση σκιών. Αρχικά, μελετήθηκαν ορισμένες δημοσιεύσεις που συγκεντρώνουν και συγκρίνουν διάφορες μεθόδους προσδιορισμού της σκιάς (K.R.M.Adeline et al. [52] - Victor J. D. Tsai [11] – K.K.Singh et al. [51] – D.S.Kumar, N.Wilson [16]).



Οι σημαντικότερες παρατηρήσεις από αυτές ήταν ότι:

- η ακτινοβολία ενός σκιασμένου αντικειμένου εξαρτάται από το υλικό του
- τα αντικείμενα που σκιάζονται εμφανίζουν μικρότερη ένταση ακτινοβολίας
- σε περίπλοκα αστικά περιβάλλοντα ο φωτισμός των αντικειμένων από ανάκλαση δεν είναι αμελητέος
- εξαιτίας της σκέδασης Rayleigh στην ατμόσφαιρα, που επηρεάζει πιο πολύ τα μικρότερα μήκη κύματος στο ορατό φάσμα, η ανίχνευση των σκιών γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια στο NIR και οι σκιές εμφανίζουν υψηλότερες τιμές κορεσμού από τα μη σκιασμένα όμοια αντικείμενα, κατά την μετατροπή του RGB σε “Ανεξάρτητο Χρωματικό Μοντέλο”-Invariant Color Models (π.χ. HSV, HSI, YIQ κ.α.)
- Οι τιμές χροιάς (HUE) στα σκιασμένα αντικείμενα, κατά την μετατροπή του RGB σε “Ανεξάρτητο Χρωματικό Μοντέλο”-Invariant Color Models, είναι υψηλές.

Από αυτές τις δημοσιεύσεις επιλέχθηκαν για να εξεταστούν η μετατροπή RGB σε HSV όπως περιγράφεται στο K.K.Singh et al. [51] κι ένας δείκτης που να περιλαμβάνει το κανάλι NIR και έχει αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα M.Nagao et al [47] (από την τελευταία δημοσίευση δεν χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος υπολογισμού σκιών αλλά, μόνο ο δείκτης έντασης για την ανίχνευση σκιών). Το δεύτερο μέτρο, ύστερα από δοκιμές και φωτοερμηνεία, φάνηκε καλύτερο και “βαπτίστηκε” Nagao_Int από το όνομα του 1^{ου} συγγραφέα της δημοσίευσης και την λέξη Intensity. Μαθηματικά, δίνεται από τον τύπο:

$$NagaoInt = \frac{1}{6}(2R + G + B + 2NIR)$$

Σχέση 8

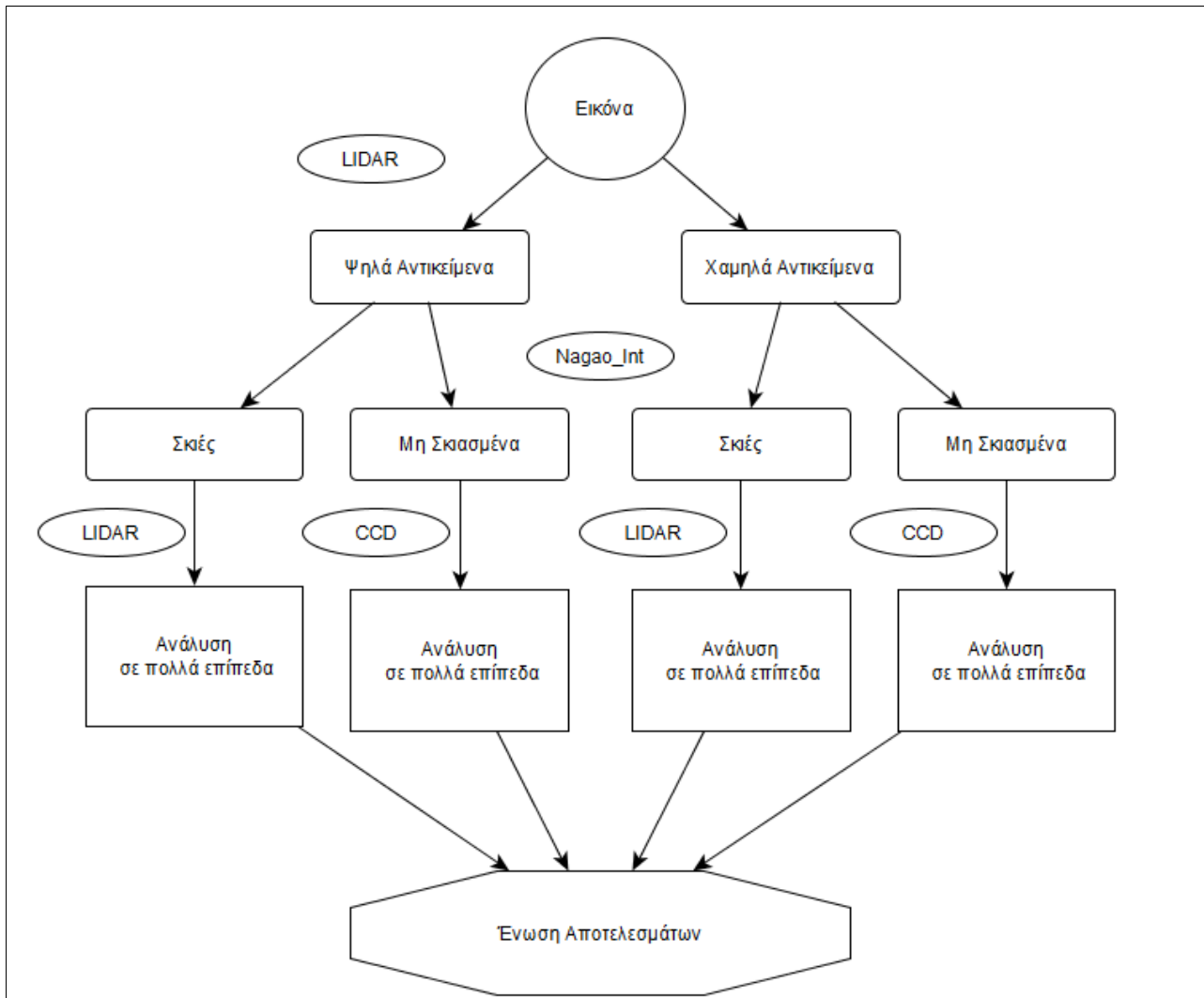
και πρόκειται για έναν σταθμισμένο μέσο με μεγαλύτερο βάρος στα κανάλια NIR, R.
Η χωρική ανάλυση που επιλέχτηκε και σε αυτό το project ήταν 0,5mx0,5m.

4.6.2.3 Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Δεδομένων

Με βάση την ανάλυση για τα σημεία που υπερέχει κάθε τύπος δεδομένων και την απεικόνιση των αντικειμένων σε LIDAR και CCD (Εικόνα 29, Εικόνα 30, Εικόνα 80), το γενικό μοντέλο που ακολουθήθηκε ήταν:

- Να διακριθούν τα ψηλά από τα χαμηλά αντικείμενα
- Να επεξεργαστούν με διαφορετικές μεθόδους τα υψηλά και τα χαμηλά αντικείμενα
- Να διαχωριστούν τα σκιασμένα από τα μη σκιασμένα αντικείμενα
- Να μεταχειριστούν με διαφορετική κλίμακα και περιγραφές τα σκιασμένα και τα μη σκιασμένα
- Να ενωθούν τα αποτελέσματα στο τέλος

Σε σχέση με την δυνατότητα προσαρμογής της διαδικασίας σε άλλες περιοχές-δεδομένα (σε αυτό το στάδιο κι σε όλα τα επίπεδα του), οι κλάσεις αποτελούνται κυρίως από γενικές περιγραφές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες εργασίες, με παρόμοια δεδομένα. Καθώς, όμως κι από κάποιες πιο ειδικές περιγραφές που αναφέρονται σε συγκεκριμένες εκφάνσεις που εμφανίζονται στις εικόνες και βοήθησαν στην καλύτερη εξαγωγή αποτελεσμάτων. Οι ειδικές περιγραφές, προφανώς, δεν έχουν ευρύτερη αξία, παρά μόνο ότι δίνουν ιδέες για την αντιμετώπιση παρόμοιων προβλημάτων. Γενικά, εκτιμάται ότι η μεθοδολογία έχει προοπτικές εφαρμογής και σε άλλες εικόνες.



Διάγραμμα 2: Γενικό μοντέλο ανάλυσης για στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

4.6.2.3.1 Κατάτμηση Επιπέδου L0

Σε πρώτη φάση, επιδιώχθηκε να δημιουργηθούν τα μεγαλύτερα δυνατά segments που δεν θα περιλαμβάνουν διαφορετικές εννοιολογικές κατηγορίες, σε όλα τα δεδομένα. Επομένως, η κλίμακα ήταν πολύ μικρή. Στο επίπεδο αυτό, ο κύριος στόχος ήταν να εξαχθούν πολύ μικρά αντικείμενα, όπως οι ακμές των κτηρίων.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο multiresolution segmentation.

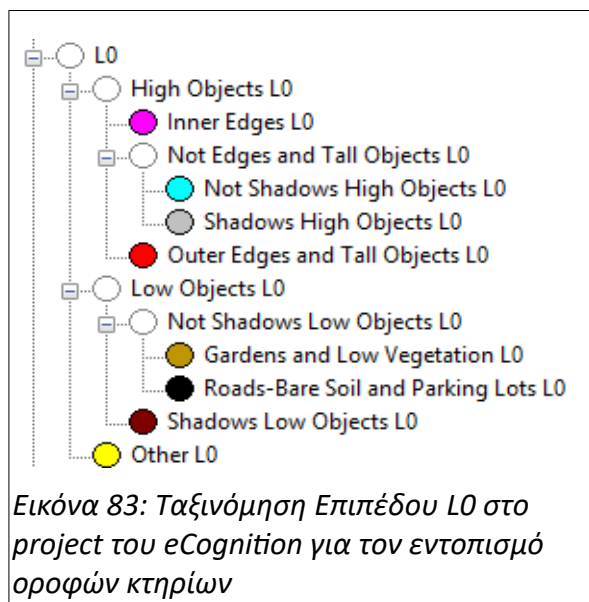
| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | None |
| Layers x weight | B x1, G x1, R x1, NIR x1, dfeh_m x1, dfel x1, dleh x1, dlel x1, Intensity x1 |
| Scale | 3 |
| Shape | 0.1 |
| Compactness | 0.5 |
| Level που εφαρμόστηκε | pixels |
| Level που δημιουργήθηκε | L0 |
| Θέση Level | above |

Πίνακας 17: 1η κατάτμηση στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

Χρησιμοποιήθηκαν όλα τα layers από τα CCD και LIDAR δεδομένα με την ίδια βαρύτητα. Το Intensity σε πολλές περιπτώσεις ξεχωρίζει αντικείμενα που συνίστανται από διαφορετικό υλικό. Η κλίμακα που επιλέχθηκε μετά από δοκιμές ήταν ίση με 3. Σε τόσο μικρή κλίμακα, το σχήμα δεν είχε μεγάλη σημασία, οπότε το shape τέθηκε στο 0,1. Για τον ίδιο λόγο το compactness πήρε τιμή 0,5.

4.6.2.3.2 Ταξινόμηση Επιπέδου L0

Η ιεραρχία των κλάσεων που ορίστηκαν στο επίπεδο L0 φαίνεται στην [Εικόνα 83](#)



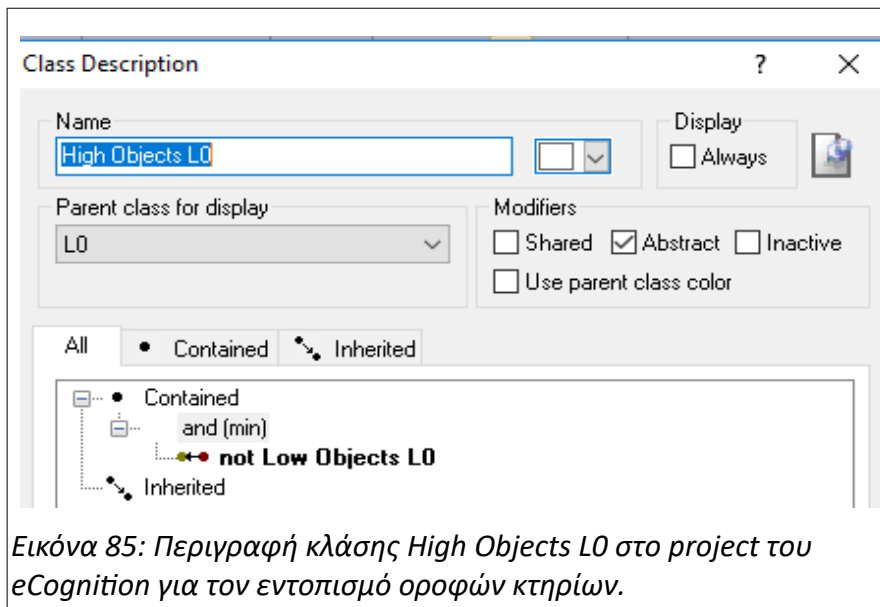
Η L0 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Πρώτα, διαχωρίστηκαν τα High Objects και τα Low Objects. Ως Low Objects L0, τέθηκαν όλα τα αντικείμενα (objects), στα οποία όλοι οι παλμοί τους είναι μικρότεροι από 2m. Το όριο αυτό προσδιορίστηκε με την εκτίμηση ότι, ένα αντικείμενο κάτω από αυτό το ύψος δεν αποτελεί οροφή κτηρίου, θεωρείται χαμηλό σε όλη την περιοχή μελέτης που έχει ποικίλα δομημένα περιβάλλοντα (αστικό, αγροτικό, βιομηχανικό) και είναι αδιάφορο να εξεταστεί για την εγκατάσταση ΦΒ.

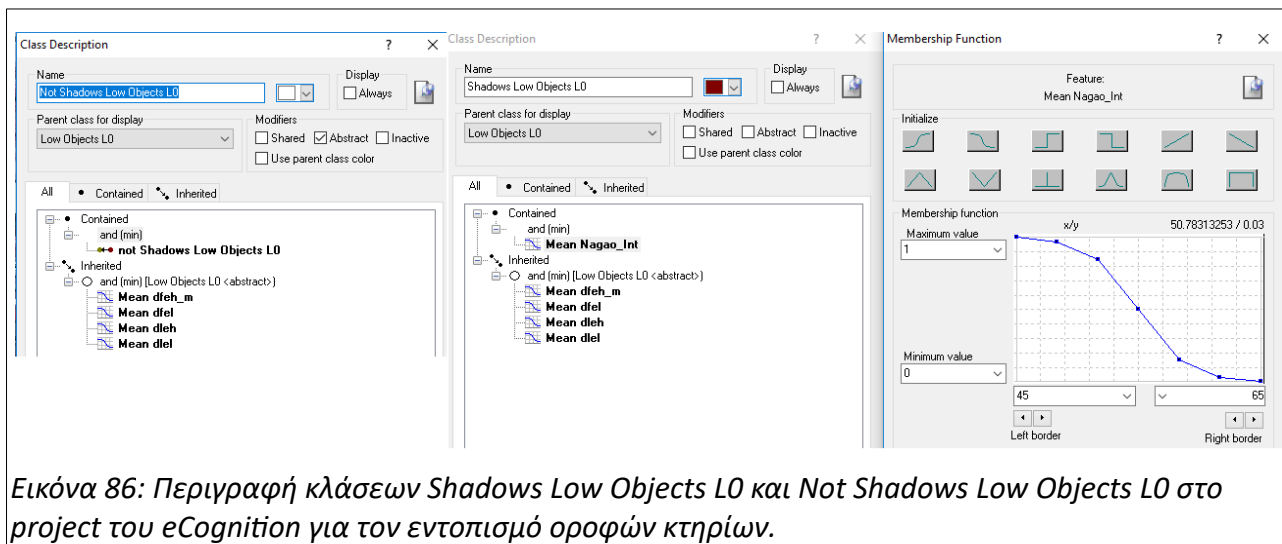
Εικόνα 84: Περιγραφή κλάσης Low Objects L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων. Οι συναρτήσεις συμμετοχής και τα όρια είναι ίδια για όλους τους παλμούς.

Η High Objects L0 ορίζεται αντιθετικά με την Low Objects L0 και αποτελείται από τα

αντικείμενα που τουλάχιστον 1 παλμός τους είναι μεγαλύτερος από 2m.



Όσον αφορά στην ανάλυση των Low Objects L0, αυτά χωρίστηκαν σε Shadows Low Objects L0 που σκιάζονται και σε Not Shadows Low Objects L0 που δεν σκιάζονται.



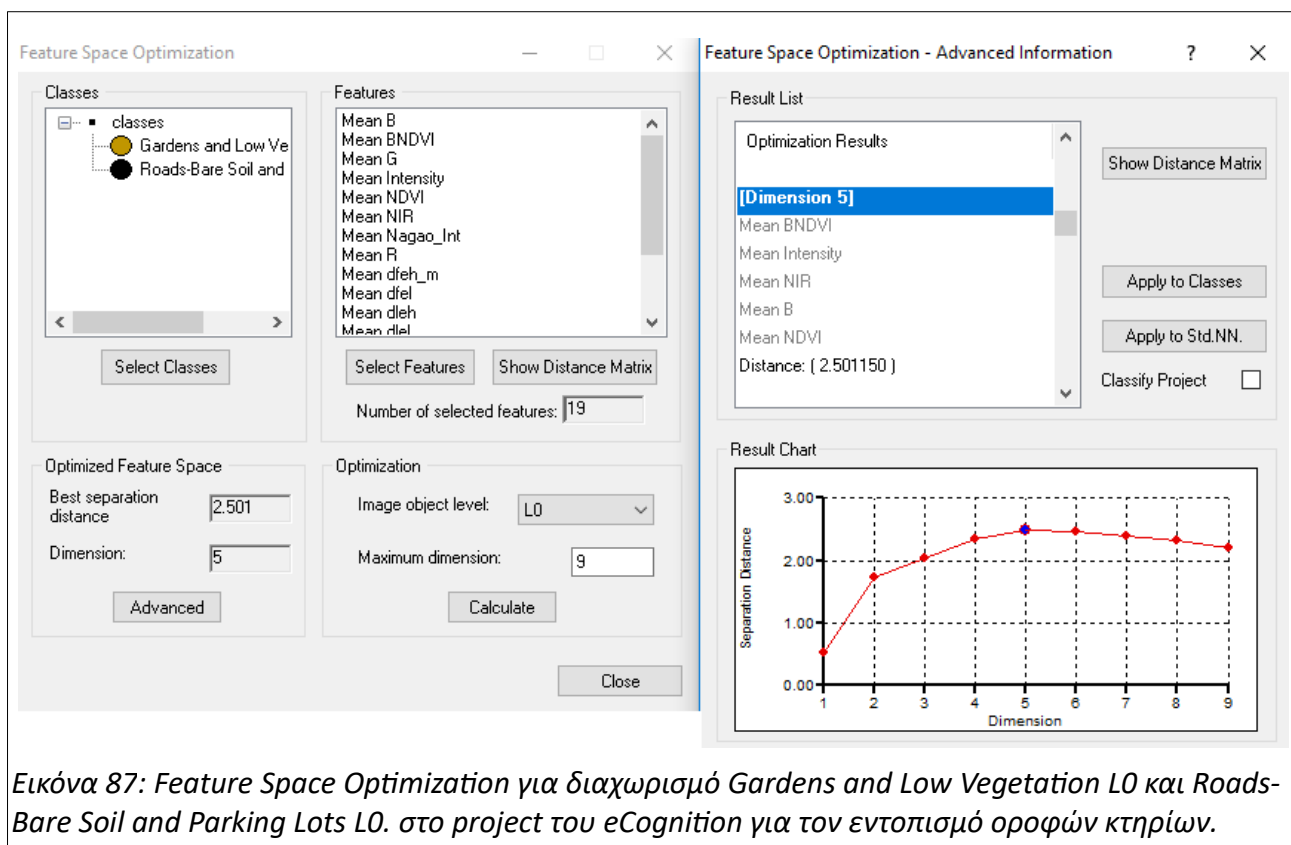
Στην συνέχεια τα φωτισμένα αντικείμενα χωρίστηκαν σε Gardens and Low Vegetation L0 και Roads-Bare Soil and Parking Lots L0. Με ζητούμενο να απομακρυνθούν, στο τελικό στάδιο, από την κλάση των κτηρίων, τα μεγάλα φορτηγά και οι αλληλουχίες παρκαρισμένων οχημάτων, που μοιάζουν με κτήρια και βρίσκονται εντός δρόμων ή θέσεων παρκαρίσματος.

Ο σχηματισμός αυτών των 2 κλάσεων έγινε αποκλειστικά με την λήψη δειγμάτων και τον ταξινομητή(classifier) NN (Nearest Neighbor). Η NN είναι μία απλή μέθοδος μηχανικής μάθησης (machine learning) που τοποθετεί τα δείγματα στο χώρο των εξεταζόμενων μεταβλητών και για κάθε segment βρίσκει το κοντινότερο σε απόσταση (συνήθως ευκλείδεια απόσταση) δείγμα (object-sample). Ύστερα, το segment μετατρέπεται σε object και εντάσσεται στην ίδια κλάση με το κοντινότερο δείγμα.

Για την εισαγωγή δειγμάτων επιλέχθηκαν segments που να έχουν διαφορετικές απεικονίσεις, ώστε, να περιγράφεται επαρκώς η κάθε κλάση. Τα LIDAR δεδομένα χρειάστηκαν για να διαπιστωθεί ότι το segment έχει όλους τους παλμούς κάτω από 2m (με χρήση του εργαλείου Image Object Information στο eCognition) και η προσπάθεια επιλογής διαφορετικών segment έγινε στο έγχρωμο σύνθετο 432.

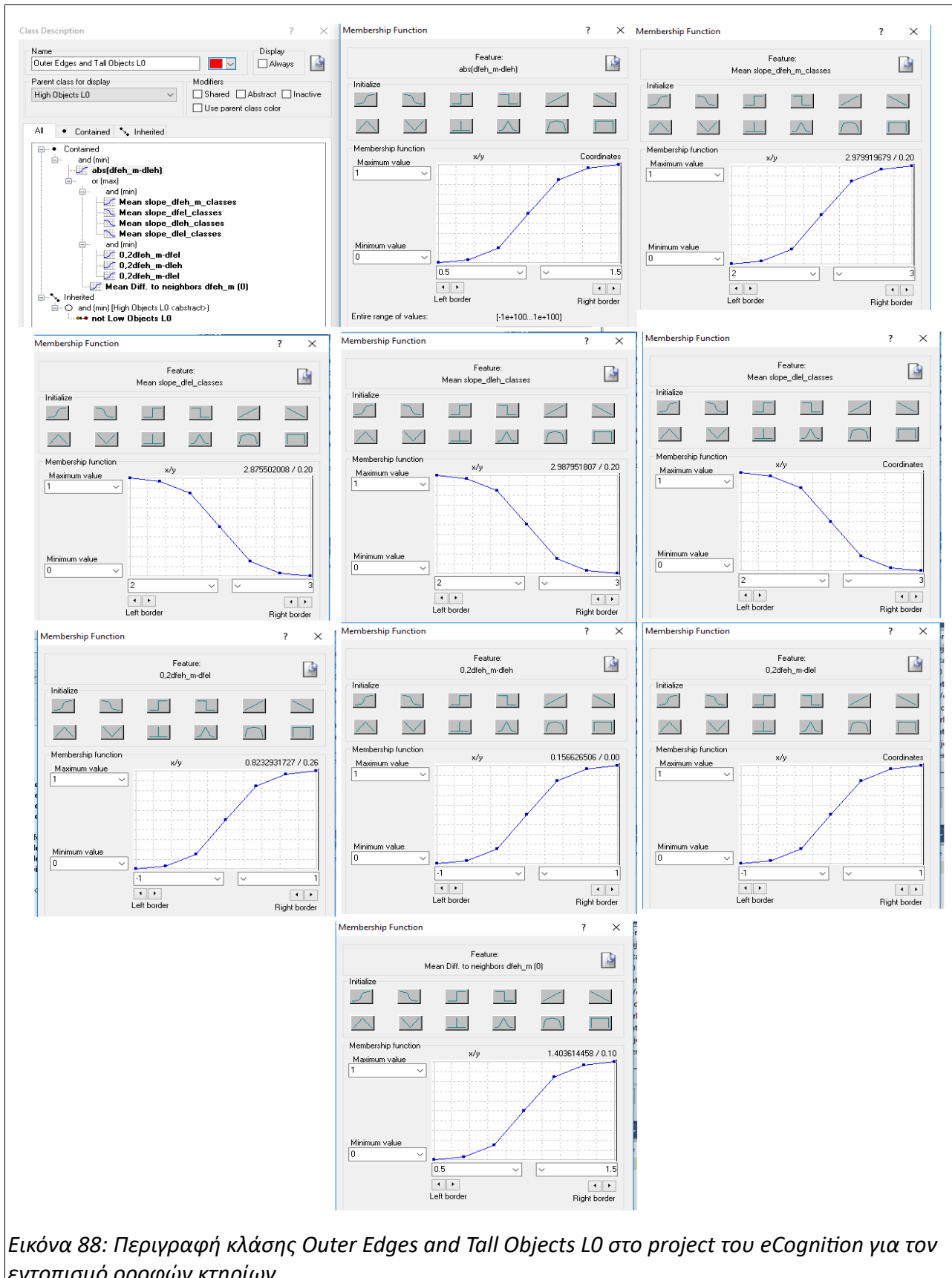
Λήφθηκαν 13 δείγματα για την Gardens and Low Vegetation L0 και 19 δείγματα για την Roads-Bare Soil and Parking Lots L0. Στην πρώτη κλάση επιλέχθηκαν χώροι με γκαζόν, χωράφια, περιοχές με αραιή βλάστηση. Στην δεύτερη κλάση επιλέχθηκαν δρόμοι ανοιχτόχρωμοι, δρόμοι σκουρόχρωμοι, οι λευκές γραμμές στους δρόμους, θέσεις παρκαρίσματος, γυμνό έδαφος, γραμμές τραίνων.

Για να προσδιοριστεί ο καλύτερος χώρος μεταβλητών ώστε, να διαχωριστούν οι κλάσεις χρησιμοποιήθηκε το Tools-Feature Space Optimization. Εξετάστηκαν τα mean των 19 layers, που μπήκαν αρχικά στο project και για 9 διαστάσεις το πολύ. Σε αυτή την διαδικασία μείωσης μεταβλητών, εξετάζεται ο χώρος που διαχωρίζει με την μεγαλύτερη δυνατή απόσταση τις κλάσεις που έχουν ορισθεί για τα δείγματα που έχουν ληφθεί. Δηλαδή, στην συγκεκριμένη εφαρμογή τα 32 δείγματα, για τις 2 κλάσεις που ορίστηκαν, τοποθετήθηκαν στους χώρους που δημιουργούνται από όλους τους δυνατούς συνδυασμούς 1 έως 9 διαστάσεων, των 19 μεταβλητών. Στην συνέχεια βρέθηκε η ελάχιστη μέση (για 2 κλάσης υπήρχε μόνο μία απόσταση) απόσταση των κλάσεων, μεταξύ τους, για κάθε συνδυασμό και προσδιορίστηκε ο συνδυασμός με την μεγαλύτερη-ελάχιστη-μέση απόσταση σε διαστάσεις από 1 έως 9. Τέλος, από τους καλύτερους συνδυασμούς σε κάθε αριθμό διαστάσεων βρέθηκε ο καλύτερος συνδυασμός για ένα συγκεκριμένο αριθμό διαστάσεων (Trimble Germany GmbH [26]). Ως καλύτερος χώρος, προσδιορίστηκε αυτός των 5 διαστάσεων: BNDVI, NDVI, Intensity, B, NIR.



Επιστρέφοντας στα High Objects L0, μία πρώτη εκτίμηση των ακμών έγινε, σε αυτό επίπεδο, με δεδομένα LIDAR που δεν επηρεάζονται από ατμοσφαιρικές συνθήκες και σκιές. Έτσι, οι ακμές ορίστηκαν πρώτες. Κοιτώντας την [Εικόνα 29](#) γίνεται κατανοητό ότι από πιο έξω προς τον πυρήνα των κτηρίων, αυξάνεται πρώτα το `dfeh_m`, ακολουθεί το `dleh`, μετά το `dfel` και τέλος το `dlel`. Ενώ, τα RGB, NIR κανάλια εμφανίζουν τις ακμές των κτηρίων, συνήθως, κάπου μεταξύ `dleh` και `dfel`. Επομένως, δημιουργήθηκε μία κλάση για τις εξωτερικές και μία κλάση για τις εσωτερικές ακμές (Inner Edges L0). Όσον αφορά στις εξωτερικές ακμές, πρόκειται για αυτές που έμειναν μετά το `project` για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου (`dfeh_m`). Μαζί με την κλάση για τις εξωτερικές ακμές ορίστηκαν και τα ψηλά αντικείμενα, όπως γερανοί, που κι αυτά προέκυψαν μετά το προηγούμενο `project` (Outer Edges and Tall Objects L0). Αυτό έγινε γιατί, όλα αυτά τα `objects` θα μεταχειριστούν παρόμοια, δηλαδή, όπου είναι μικρά, δεν έχουν μεγάλη διαφορά ύψους και περικυκλώνονται από κτήρια, θα θεωρηθούν τμήματα των κτηρίων. Αλλιώς, δεν θα ενταχθούν στην κατηγορία των κτηρίων.

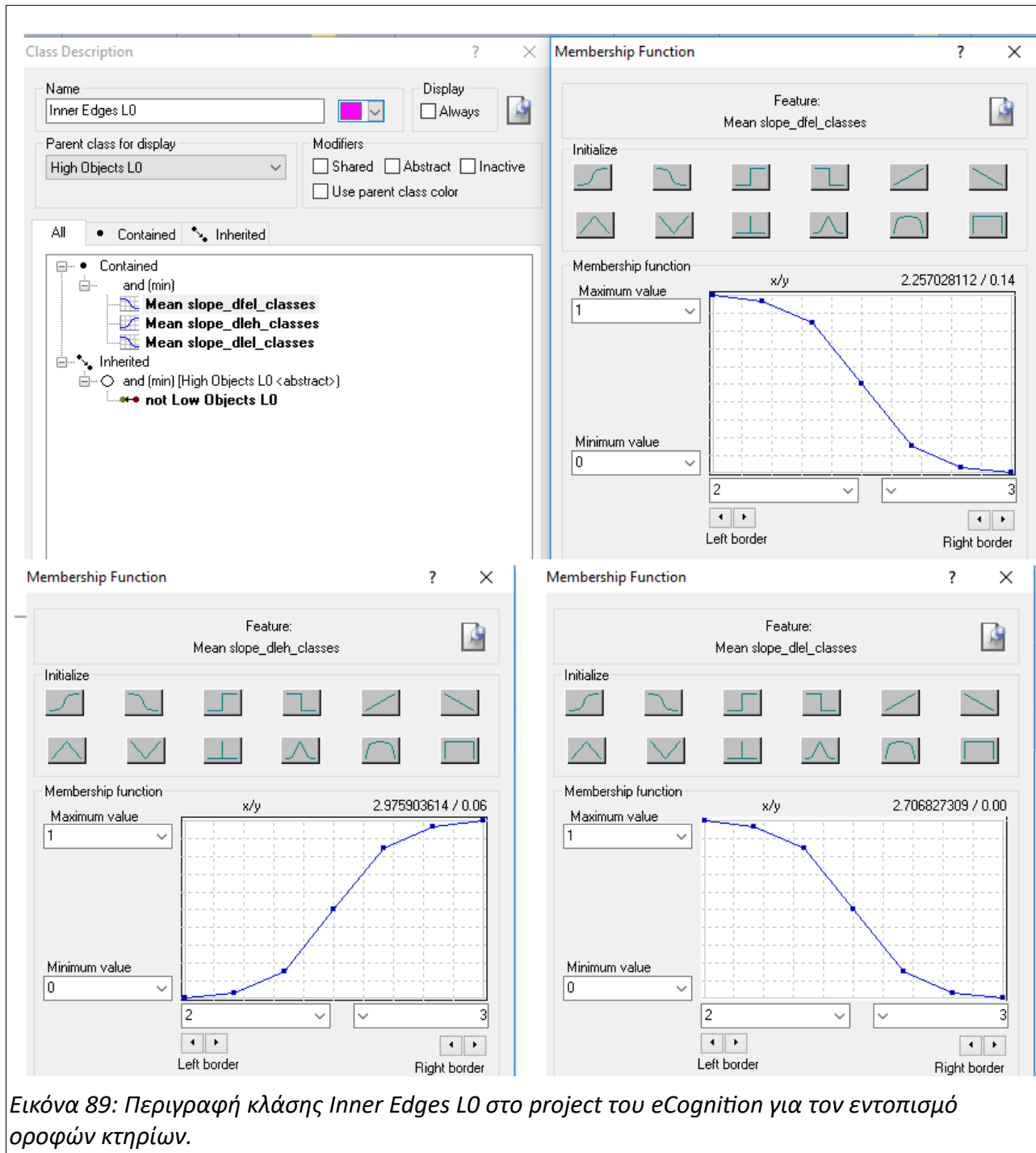
Οι περιγραφές για την Outer Edges and Tall Objects L0 είναι όλες γενικές και ίδιες με αυτές του προηγούμενου `project`, εκτός από την διαφοροποίηση στην χρήση των `slope_“παλμός”_classes`, που ανιχνεύονται οι εξωτερικές άκρες κτηρίων με την απαίτηση το `slope_dfeh_m_classes >= 2,5` και τα υπόλοιπα `slope` για τους άλλους παλμούς να είναι μικρότερα από 2,5.



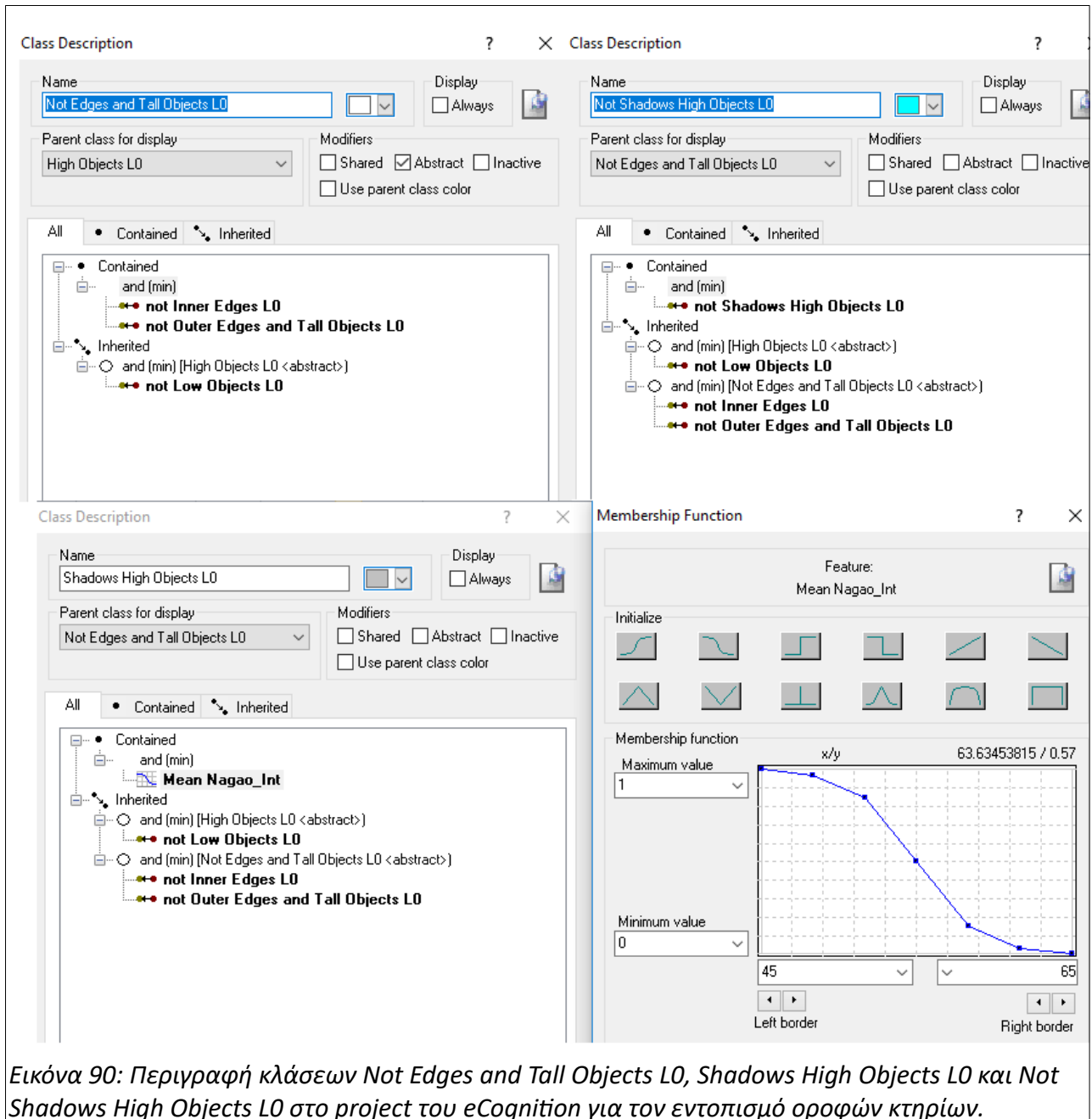
Εικόνα 88: Περιγραφή κλάσης Outer Edges and Tall Objects L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Για την Inner Edges L0 προσδιορίζονται τα αντικείμενα, όπου ανεξάρτητα από το τί κάνει το

slope_dfel_m_classes, αυξάνεται το slope_dleh_classes και δεν αυξάνονται τα slope_dfel_classes και slope_dlel_classes, με κατώφλι το 2,5.



Μετά τον εντοπισμό των ακμών, τα εναπομείναντα High Objects L0, απαρτίζουν την Not Edges and Tall Objects L0, η οποία χωρίζεται με το Nagao_Int ≤ 55 σε Shadows High Objects L0 και με Nagao_Int > 55 σε Not Shadows High Objects L0.



Εικόνα 90: Περιγραφή κλάσεων Not Edges and Tall Objects L0, Shadows High Objects L0 και Not Shadows High Objects L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

4.6.2.3.3 Πράξεις στο Επίπεδο L0

Μετά την 1^η ταξινόμηση εκτελέστηκαν κάποιες πράξεις μεταξύ των κλάσεων με σκοπό

- να βελτιωθεί η κλάση των δρόμων, γυμνού εδάφους και θέσεων στάθμευσης
- να μειωθούν τα objects, σε όποιες κλάσεις αυτό είναι επιτρεπτό ώστε, να απαιτείται μικρότερη υπολογιστική ισχύ και λιγότερος χρόνος επεξεργασίας των δεδομένων

4.6.2.3.3.1 Συγχώνευση (Merge Region) πρώτα της Gardens and Low Vegetation L0 κι ύστερα της Shadows Low Objects L0

Τα objects των δύο κλάσεων, που συνορεύουν ενώνονται για να ακολουθήσει η επόμενη κίνηση.

4.6.2.3.3.2 Εύρεση μικρών και χαμηλών αντικειμένων που περικλείονται από την Roads-Bare Soil and Parking Lots L0 και μετατροπή τους σε αυτή (Find Enclosed By Class)

Όσα objects των Gardens and Low Vegetation L0 και Shadows Low Objects L0 έχουν Area μικρότερη από 40px ή 10m² και περικλείονται από την Roads-Bare Soil and Parking Lots L0, θεωρήθηκαν ως θόρυβος εντός της κλάσης αυτής και αποδόθηκαν στην Roads-Bare Soil and Parking Lots L0.

4.6.2.3.3.3 Επέκταση (Grow Region) της Gardens and Low Vegetation L0 στην Shadows Low Objects L0

Με στόχο να μην υπάρχουν απροσδιόριστες περιοχές στα χαμηλά αντικείμενα και με την προφύλαξη να μην χαρακτηριστούν “εύκολα” περιοχές ως δρόμοι (με τον κίνδυνο μετά να χαθούν μικρά κτήρια): Έγινε, πρώτα επέκταση της Gardens and Low Vegetation L0 στην Shadows Low Objects L0.

4.6.2.3.3.4 Επέκταση (Grow Region) της Roads-Bare Soil and Parking Lots L0 στην Shadows Low Objects L0

Έπειτα, τα εναπομείναντα objects της Shadows Low Objects L0 που ακουμπούσαν με την Roads-Bare Soil and Parking Lots L0, μεταφέρθηκαν στην δεύτερη.

Με τις προηγούμενες 4 κινήσεις παρέμειναν σχετικά λίγα και κυρίως μικρά objects στην Shadows Low Objects L0, που δεν δημιουργούσαν πρόβλημα στον βασικό στόχο της εξαγωγής κτηρίων. Ταυτόχρονα, βελτιώθηκε σε ικανοποιητικό επίπεδο για την συγκεκριμένη εφαρμογή, η εξαγωγή των δρόμων, των θέσεων στάθμευσης και του γυμνού εδάφους που χρειάζεται σε επόμενα βήματα.

4.6.2.3.3.5 Συγχώνευση (Merge Region) σειριακά των Gardens and Low Vegetation L0, Roads-Bare Soil and Parking Lots L0, Outer Edges and Tall Objects L0, Inner Edges L0

Από αυτές τις 4 κινήσεις μειώθηκε, όπου ήταν δυνατό, ο όγκος των συνολικών objects, για να απαιτείται λιγότερη μνήμη και λιγότερος χρόνος κατά την υπολογιστική διαδικασία στο project.

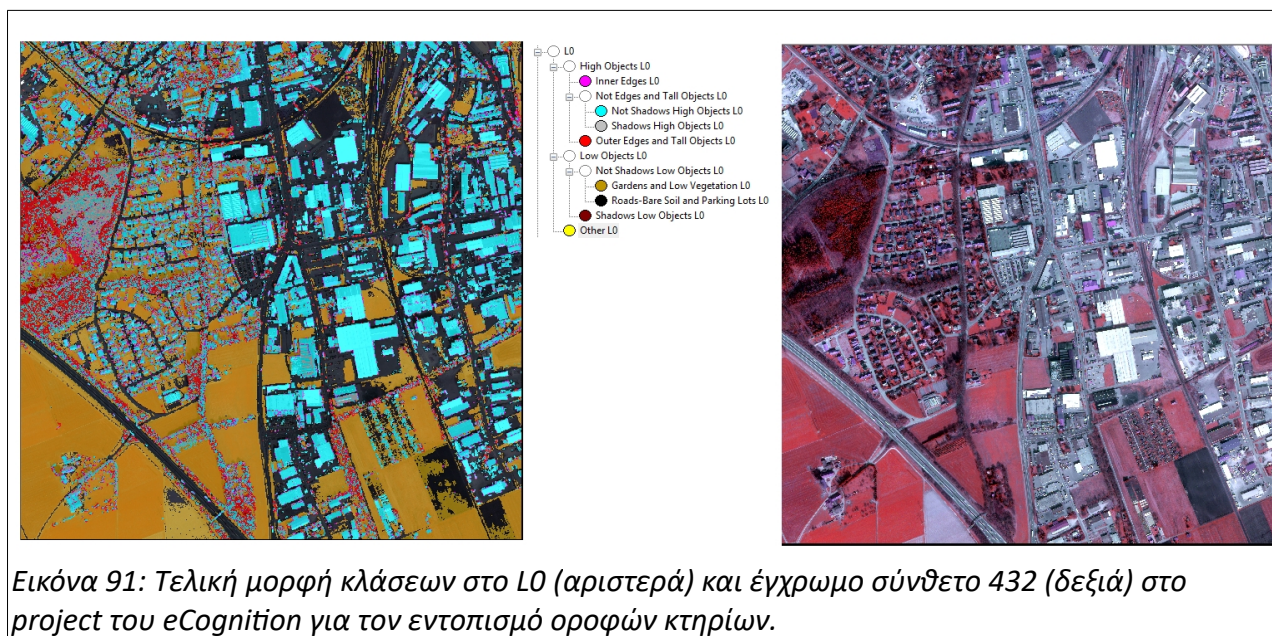
4.6.2.3.4 2^η Κατάτμηση Επιπέδου L0

Η επόμενη κατάτμηση έγινε στο ίδιο επίπεδο L0 και σε όλα τα ψηλά αντικείμενα, εκτός των ακμών. Ουσιαστικά, με μία Chessboard Segmentation έγινε επιστροφή σε επίπεδο pixel για τα ψηλά αντικείμενα, ώστε να μην υπάρχει καμία απώλεια πληροφορίας από τον σχηματισμό segments σε μικρότερο επίπεδο και να ακολουθηθεί διαφορετική ανάλυση για τα σκιασμένα και τα φωτισμένα αντικείμενα, όπως φαίνεται στο [Διάγραμμα 2](#).

| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Chessboard Segmentation |
| Class Filter | Not Shadows High Objects L0, Shadows High Objects L0, Other L0 (για προληπτικούς λόγους) |
| Object size | 1 |
| Level που εφαρμόστηκε | L0 |
| Level που δημιουργήθηκε | L0 |
| Θέση Level | Current |

Πίνακας 18: 2^η Κατάτμηση Επιπέδου L0 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

Η τελική ταξινόμηση στο L0 μαζί με το έγχρωμο σύνθετο 432 δίνονται στην Εικόνα 91:



Εικόνα 91: Τελική μορφή κλάσεων στο L0 (αριστερά) και έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά) στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

4.6.2.3.5 Κατάτμηση Επιπέδου U

Από αυτή την κατάτμηση δημιουργήθηκε το επίπεδο U. Το διαφορετικό σκεπτικό στην επιλογή του ονόματος του έγινε γιατί, πρόκειται για ένα “αναλώσιμο επίπεδο” που μετά τον σχηματισμό του L1, διαγράφεται για να μην χαθεί πληροφορία κατά τον σχηματισμό του L2 (αυτή η μέθοδος περιγράφεται παρακάτω)

Πρωταγωνιστικό ρόλο σε αυτό το επίπεδο είχε η σύλληψη μεγάλων συστοιχιών δέντρων.

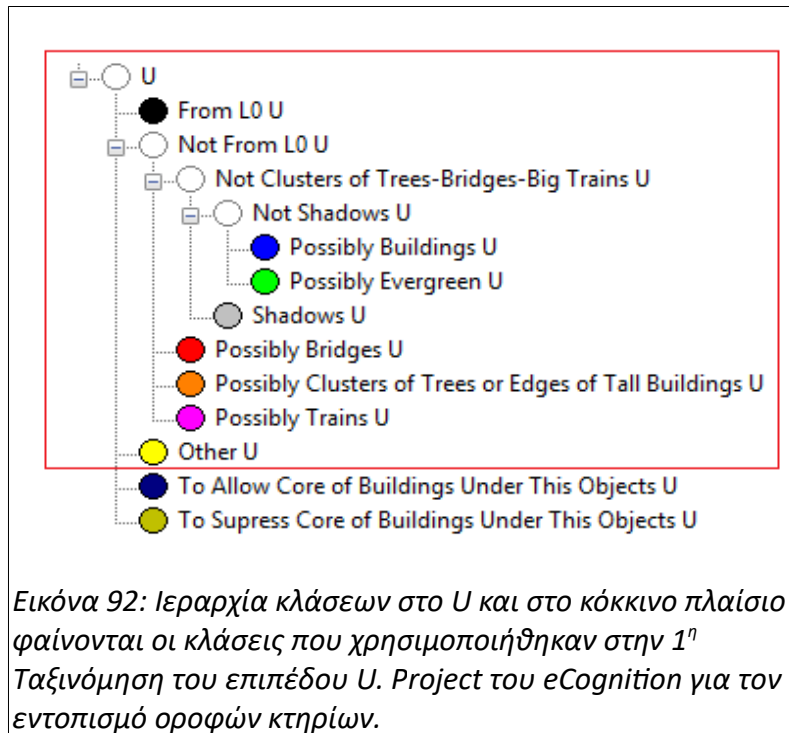
Επειδή, σε κάποιες συστοιχίες δέντρων με πυκνό φύλλωμα ή/και πυκνά κλαδιά εμφανίζονται εσωτερικά τμήματα, με περιγραφή στα LIDAR, αντίστοιχη με την “υπογραφή” των κτηρίων (Εικόνα 29, Εικόνα 80). Οπότε, επιδιώχθηκε να εντοπιστούν οι μεγάλες συστοιχίες δέντρων για απαλειφθούν τα τμήματά τους που μοιάζουν με κτήρια.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο Multiresolution Segmentation. Οι κλάσεις που εφαρμόσθηκε αφορούσαν σε όλα τα ψηλά αντικείμενα, μαζί με τις ακμές τους (η αιτία χρησιμοποίησης των ακμών εξηγείται στην επόμενη ταξινόμηση). Τα layers που αξιοποιήθηκαν ήταν όλα τα κανάλια CCD, όλες οι διαφορές παλμών, το Intensity και τα Nagao_Int, slope_dleh_classes. Το Intensity, όπως σημειώθηκε εκφράζει, πολλές φορές, σε μία κατάτμηση τύπου region growing (bottom-up), την αλλαγή από ένα υλικό σε άλλο, άρα, γενικεύοντας, την αλλαγή εννοιολογικών αντικειμένων. Επίσης, η σκιά πέρα από το ότι αλλάζει με την ανάκλαση διαφορετικών υλικών, δίνει και μία γεωμετρική ένδειξη-πληροφορία. Όταν, αλλάζει το Nagao_Int, σε μία περιοχή της εικόνας, ακόμα κι αν πρόκειται για το ίδιο υλικό, υπάρχει, (αν δεν παρεμβάλλεται μεταξύ ήλιου και αντικειμένου, κάποιο εμπόδιο) μία διαφορά ύψους, ή κλίσης ή προσανατολισμού. Αυτό το γεγονός διευκολύνει στον διαχωρισμό διαφορετικών αντικειμένων. Ο παλμός dleh, όπως παρατηρήθηκε βρίσκεται πολύ κοντά στην συμφωνία των δεδομένων LIDAR και CCD. Επίσης, σε αντίθεση με τον dfeh_m, όταν ένα δέντρο βρίσκεται δίπλα σε κτήριο κι έχουν παρόμοιο ύψος, ο dleh θα μεταβληθεί από το κτήριο στο δέντρο και αντίστροφα, ενώ ο dfeh_m θα μείνει ίδιος. Έτσι, το slope_dleh_classes είναι ένα layer που επιτρέπει στον Multiresolution Segmentation να εφαρμοσθεί σε μεγαλύτερη κλίμακα, χωρίς να υπάρξει σύγχυση δέντρων-κτηρίων. Η μεγαλύτερη κλίμακα στην οποία δεν εισάγονταν στις συστοιχίες δέντρων και κτήρια, ήταν η 25. Καθώς, θεωρητικά δεν υπήρχε κάποια πρόβλεψη για το σχήμα των συστοιχιών, το shape τέθηκε στο 0,1 και το compactness στο 0,5.

| | |
|---|---|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Shadows High Objects L0, Other L0, Outer Edges and Tall Objects L0, Inner Edges L0 |
| Layers x weight | B x1, G x1, R x1, NIR x1, dfel_m x1, dfel x1, dleh x1, dlel x1, Intensity x1, Nagao_Int x1, slope_dleh_classes x1 |
| Scale | 25 |
| Shape | 0.1 |
| Compactness | 0.5 |
| Level που εφαρμόστηκε | L0 |
| Level που δημιουργήθηκε | U |
| Θέση Level | above |
| <i>Πίνακας 19: Κατάτμηση Επιπέδου U στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων</i> | |

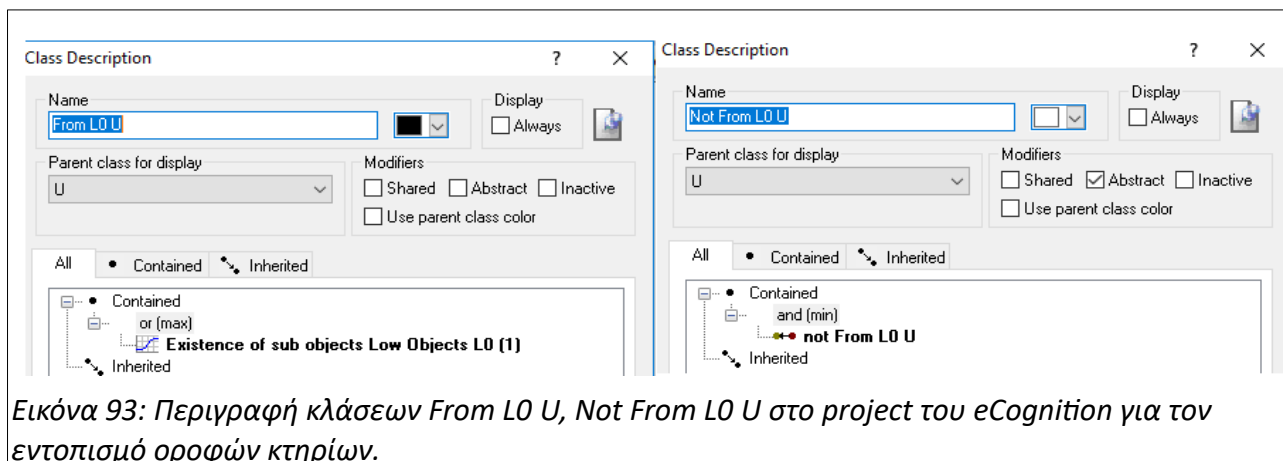
4.6.2.3.6 Ταξινόμηση Επιπέδου U

Παράλληλα με τον προσδιορισμό συστοιχιών δέντρων που μπορεί να περιέχουν απεικονίσεις σαν των κτηρίων, στο επίπεδο U, δόθηκε η ευκαιρία να ανιχνευθούν η γέφυρα της εικόνας και τα τραίνα. Και οι δύο αυτές οντότητες συγχέονταν με κτήρια, οπότε έπρεπε να προσδιοριστούν και να μην εισαχθούν στην κλάση των κτηρίων στην τελική ταξινόμηση.



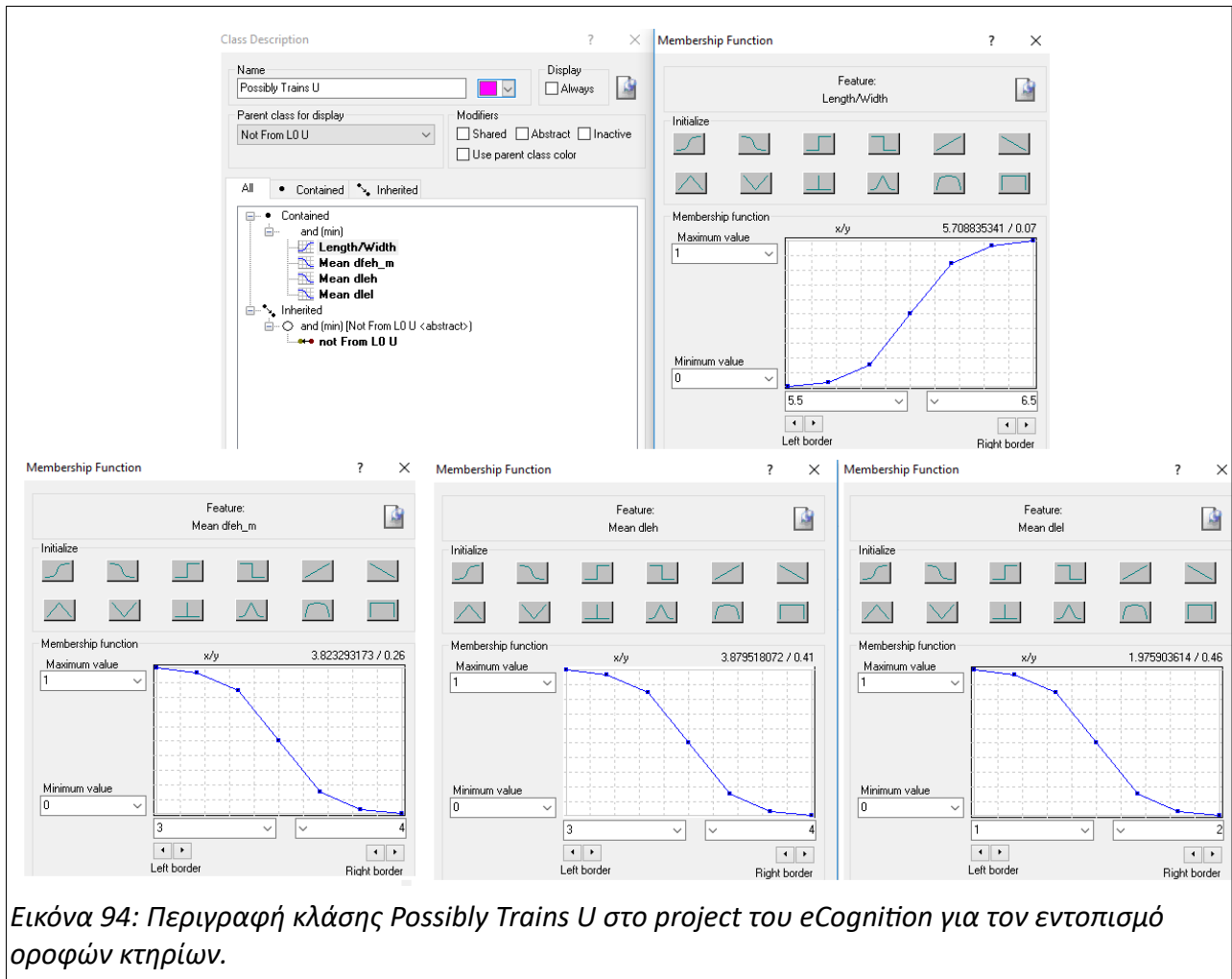
Η κλάση U είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Αρχικά, μεταφέρθηκαν τα χαμηλά αντικείμενα από το L0 με την κλάση From L0 U και τα υπόλοιπα εισήχθησαν στην Not From L0 U.

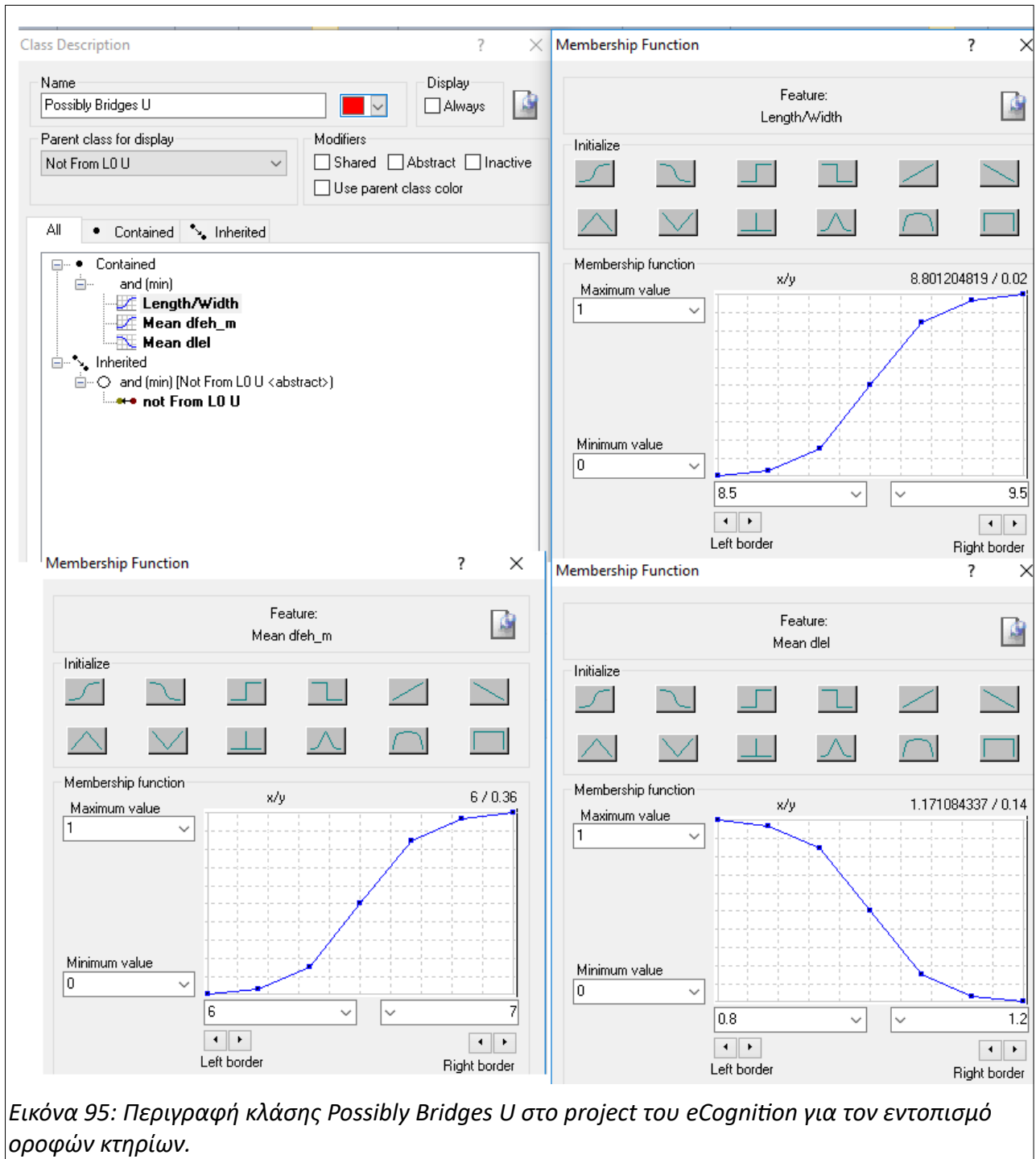


Στην συνέχεια κατασκευάστηκαν οι Possibly Trains U, Possibly Bridges U και Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U.

Για τα τρέινα, χρησιμοποιήθηκε το feature Length/Width (επειδή, πρόκειται για μακρόστενα αντικείμενα) και τα ύψη των παλμών df_{eh}_m, dl_{eh}, dl_{el}. Όλα τα χαρακτηριστικά είναι σχετικά γενικά. Σε αυτή την εκτίμηση, συνδράμει το γεγονός ότι στην εικόνα υπήρχαν τρέινα διαφορετικού αριθμού βαγονιών και μεμονωμένα βαγόνια.

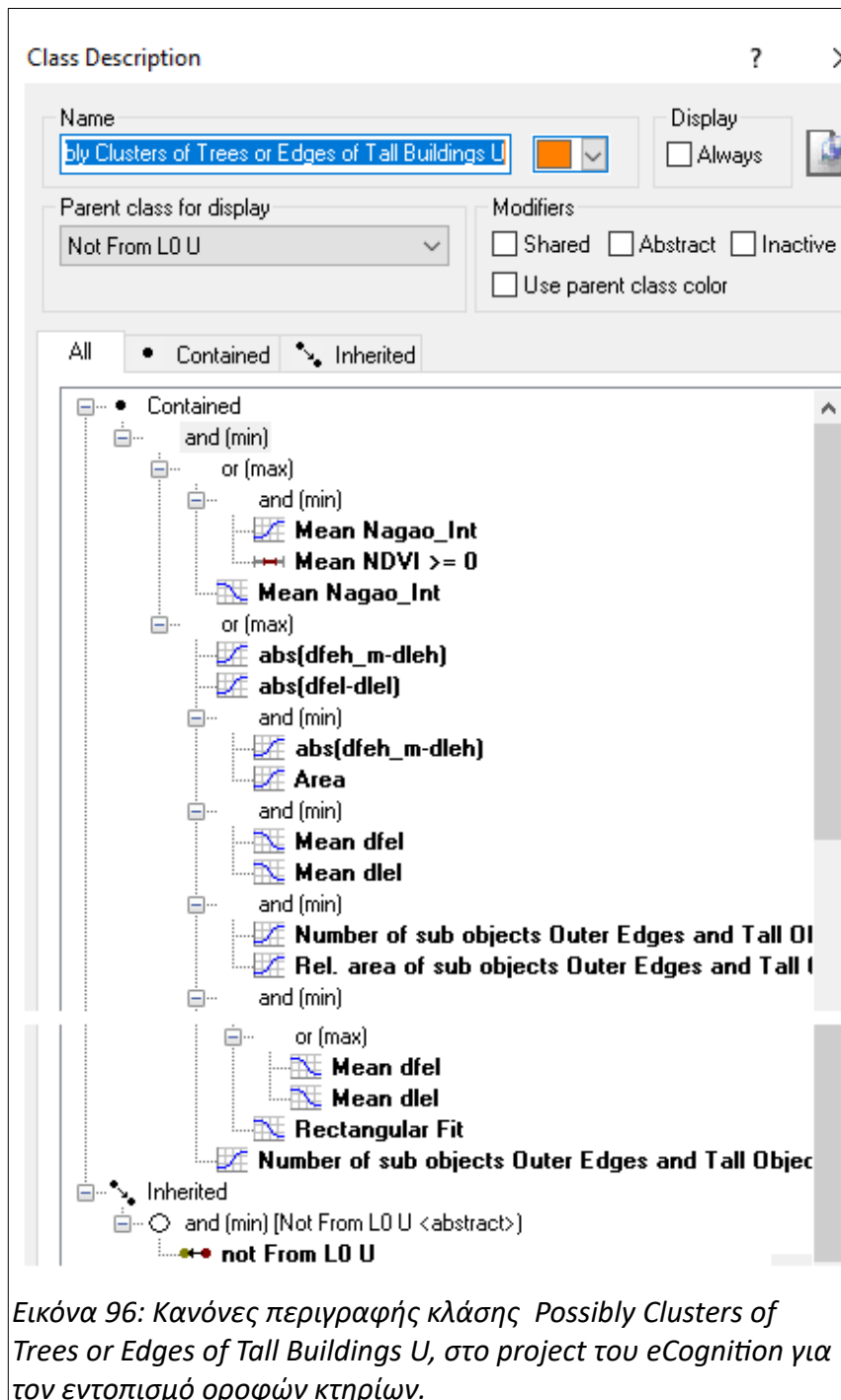


Για την γέφυρα αξιοποιήθηκε και πάλι το Length/Width. Επιπλέον, ένα χαρακτηριστικό των γεφυρών στα LIDAR δεδομένα, που προκύπτουν από παρεμβολή είναι πως διακρίνονται στους υψηλούς παλμούς, αλλά όχι στους χαμηλούς.



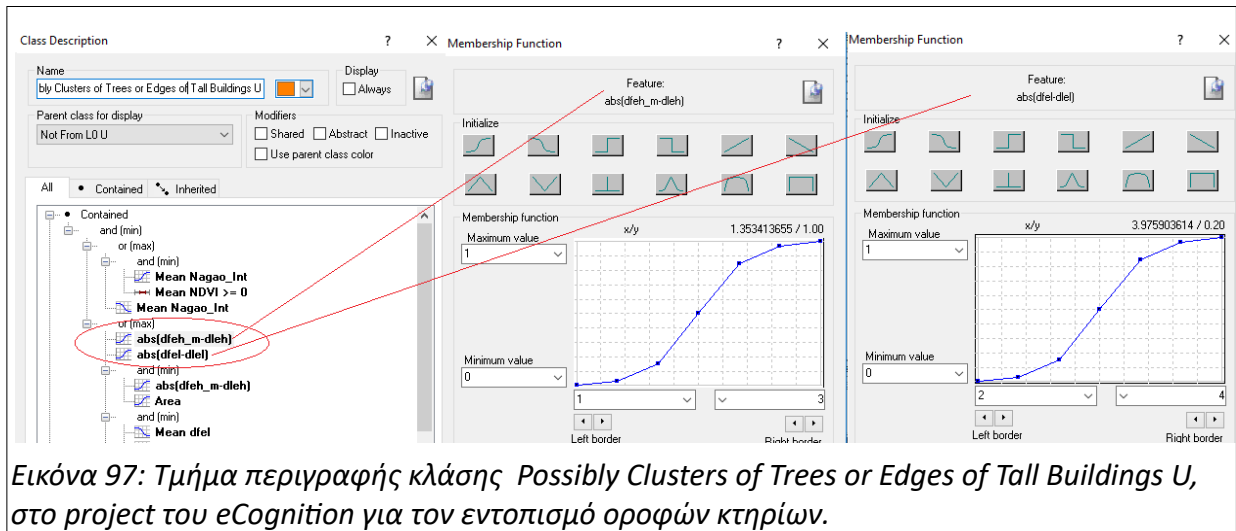
Εικόνα 95: Περιγραφή κλάσης *Possibly Bridges U* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Οι κανόνες περιγραφής της *Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U*, φαίνονται στην Εικόνα 98.

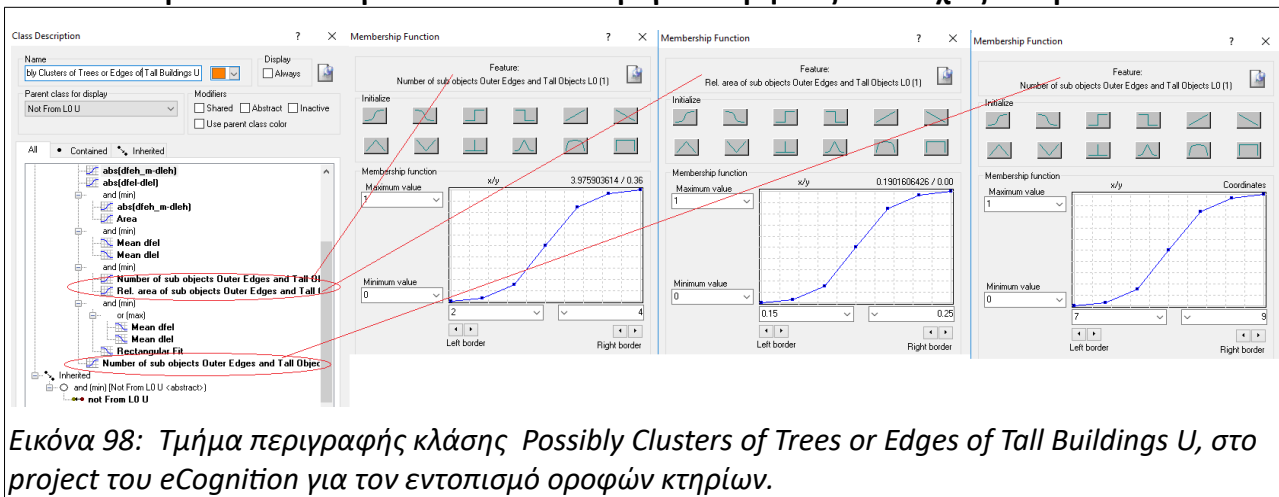


Οι κεντρικές ιδέες για αυτή την κλάση ήταν ότι σε μεγάλα segments:

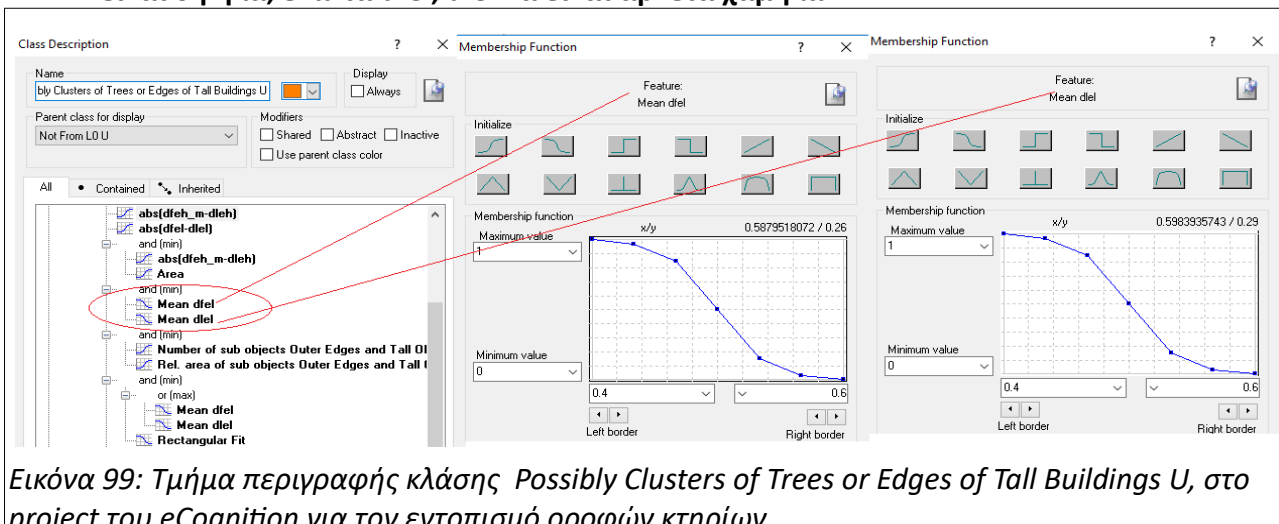
- οι συστοιχίες δέντρων δεν θα εμφανίζουν την μορφή της **Εικόνας 80**, που έχουν τα κτήρια.



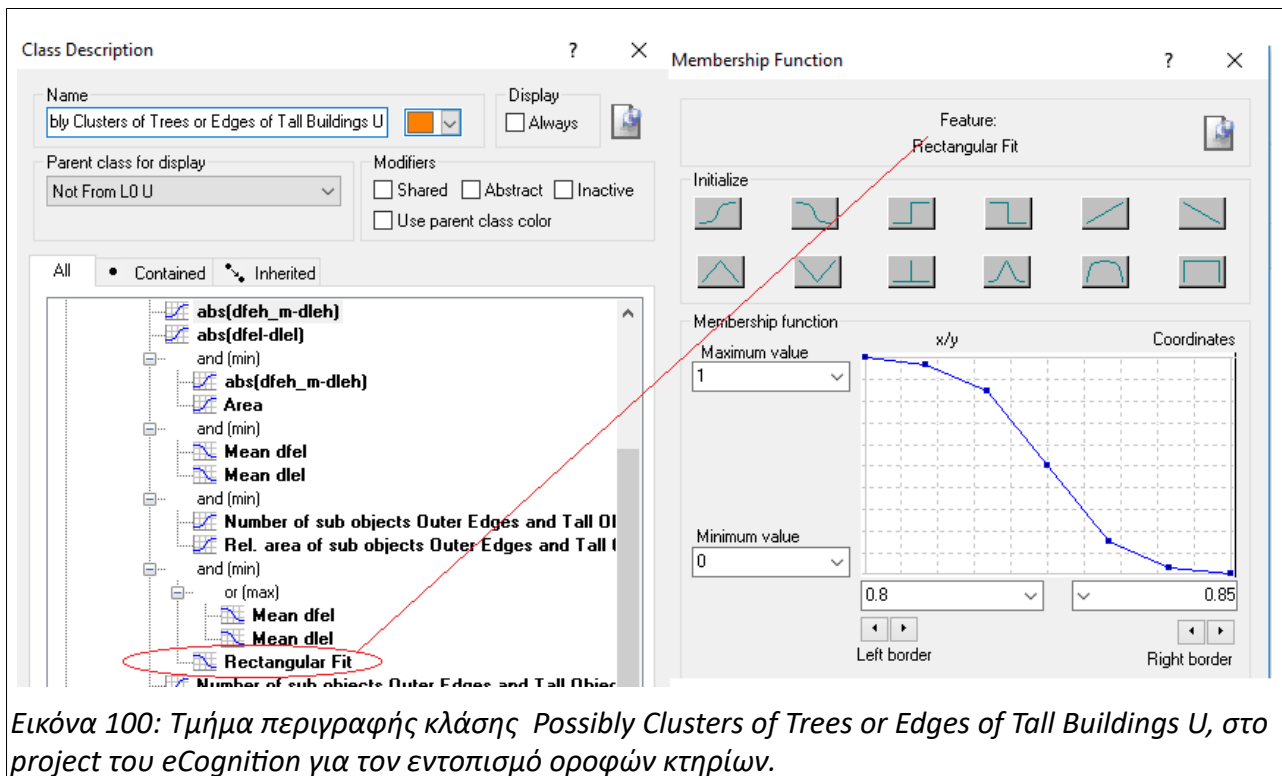
- Η παρουσία των ακμών θα είναι πολύ μεγαλύτερη στις συστοιχίες δέντρων



- Μόνο σε συστοιχίες δέντρων και όχι σε όγκους κτηρίων, μπορεί τα dfeh_m και dleh, να είναι υψηλά, ενώ τα dfel, dlel να είναι αρκετά χαμηλά

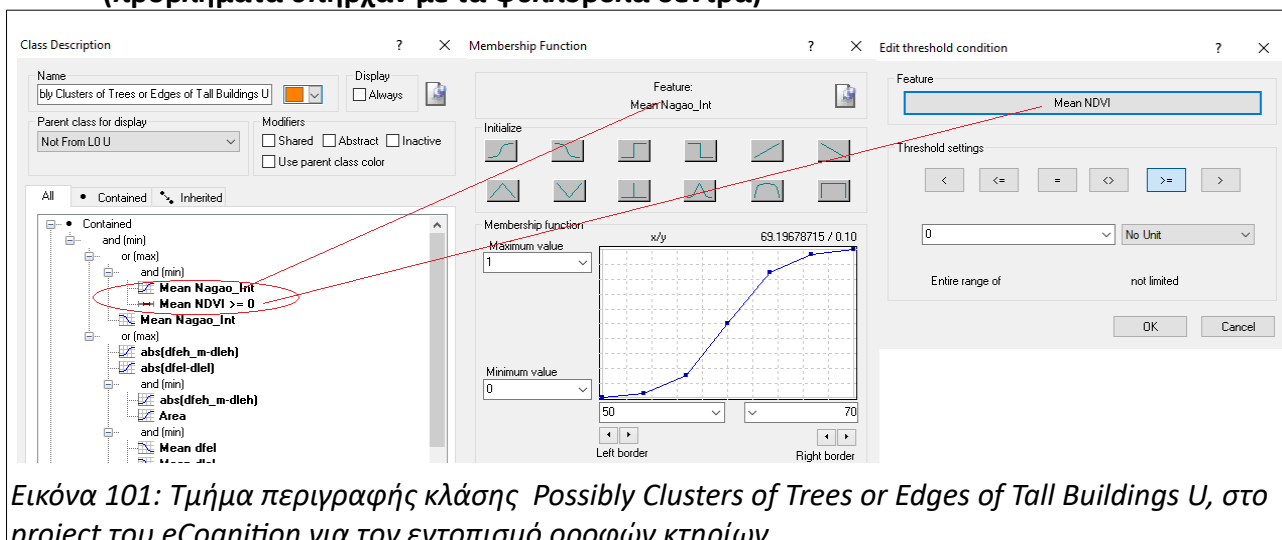


- Ο δείκτης Rectangular Fit δεν μπορεί να έχει πολύ υψηλές τιμές



Εικόνα 100: Τμήμα περιγραφής κλάσης *Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U*, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

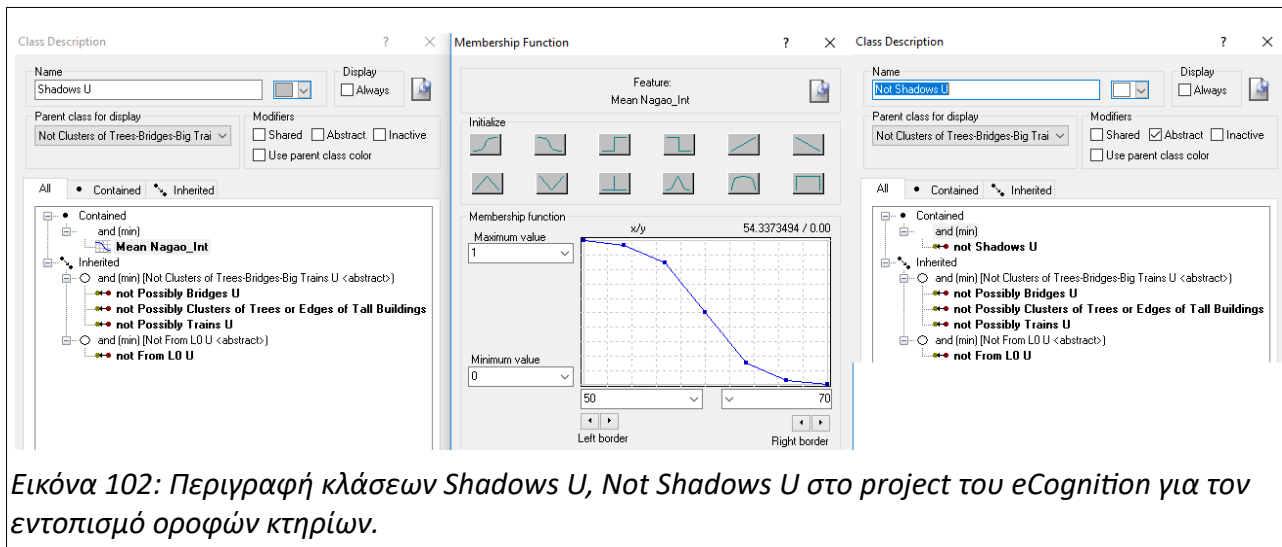
- Σε περιοχές που φωτίζονται ο NDVI των συστοιχιών θα είναι μεγαλύτερος από μηδέν (προβλήματα υπήρχαν με τα φυλλοβόλα δέντρα)



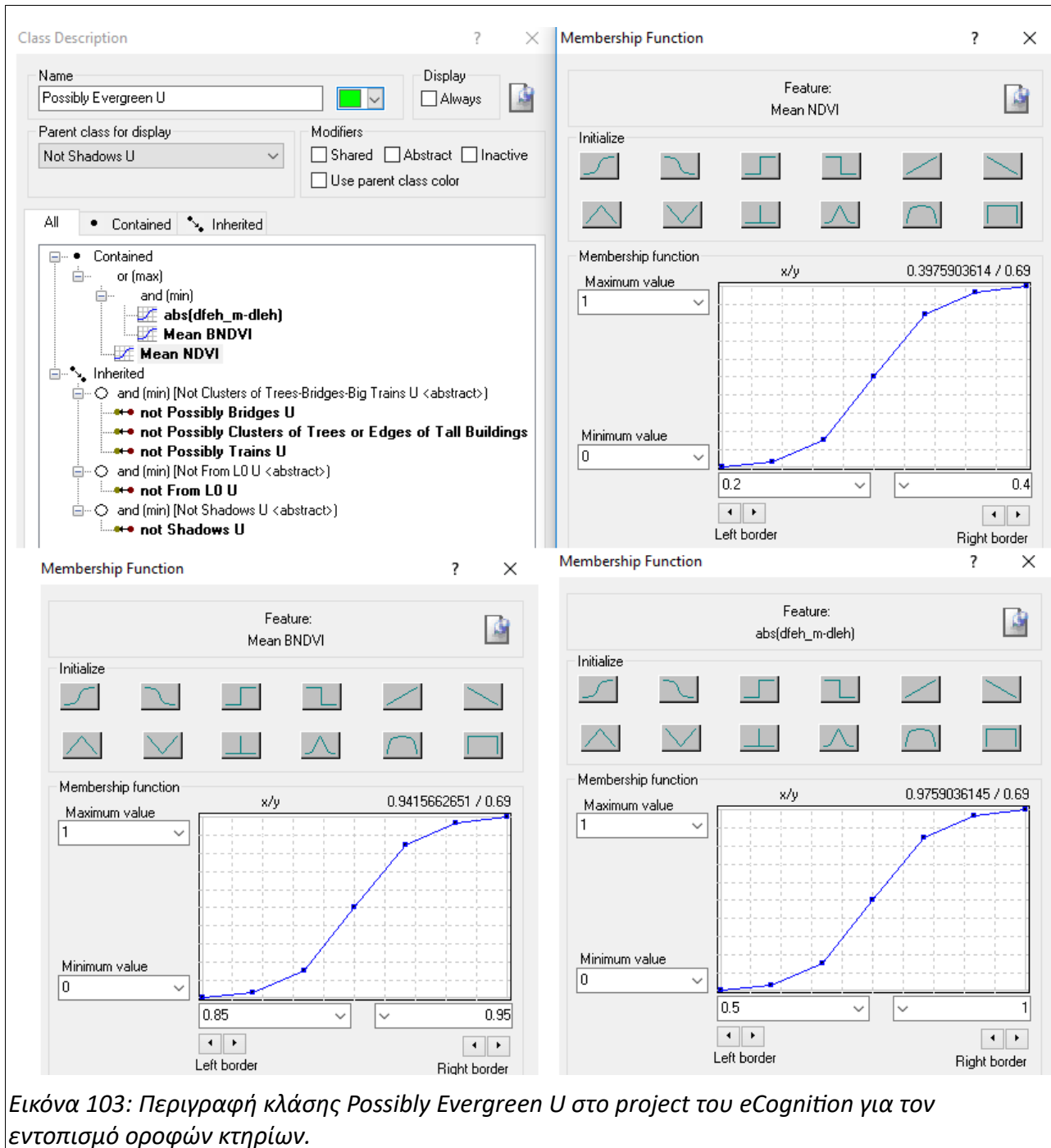
Εικόνα 101: Τμήμα περιγραφής κλάσης *Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U*, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

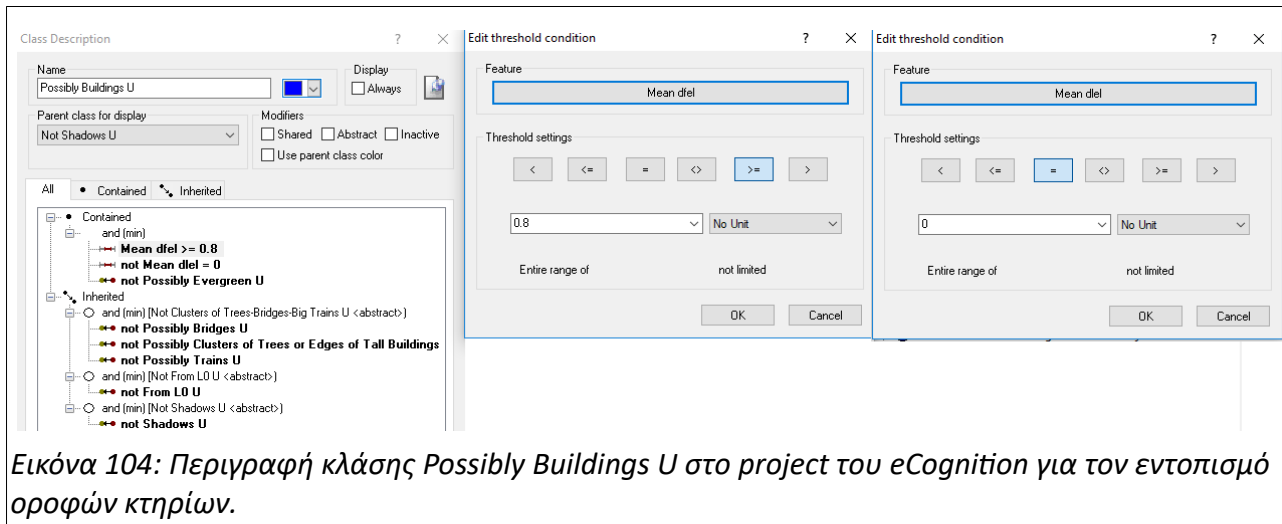
Οι υπόλοιπες περιγραφές ήταν ειδικές για συγκεκριμένες εκφάνσεις των συστοιχιών που εμφανίζονταν στην εικόνα.

Στην συνέχεια της ταξινόμησης του επιπέδου U, έγινε διάκριση των υπόλοιπων αντικειμένων σε σκιές και φωτισμένα με χρήση του Nagao_Int. Επιπλέον, τα φωτισμένα αντικείμενα, χωρίστηκαν σε πιθανόν αιθαλή δέντρα με κριτήριο τον NDVI ή τον BNDVI σε συνδυασμό με την διαφορά των dfeh_m, dleh και μετά σε πιθανόν κτήρια. Η προσέγγιση των εννοιολογικών αντικειμένων με την φράση “πιθανόν”, σημαίνει ότι η συντριπτική πλειοψηφία των objects ανήκει σε αυτή την κατηγορία και θεωρήθηκε επαρκής μέχρι αυτό το σημείο ανάλυσης.



Εικόνα 102: Περιγραφή κλάσεων *Shadows U*, *Not Shadows U* στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.





Εικόνα 104: Περιγραφή κλάσης *Possibly Buildings U* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Τέλος, η *Other U* ήταν μία κλάση που ορίστηκε αντιθετικά για να συμπεριλάβει όσο *objects* έμειναν αταξινομήτα.

4.6.2.3.7 Πράξεις στο Επίπεδο U

Σε αυτό το στάδιο έγιναν διορθωτικές παρεμβάσεις για να βελτιωθεί η τελική ταξινόμηση του επιπέδου U.

4.6.2.3.7.1 Απόδοση (Assign Class) *Possibly Buildings U* στην *Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U*

Με *assign class*, όλα τα *Possibly Buildings U* με $NDVI \geq 0,24$ και $dlel < 0,4$ αποδόθηκαν στην *Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U*, με αξιοποίηση του εργαλείου *Feature View* και με το σκεπτικό ότι ο *dlel* δεν μπορεί να έχει πολύ χαμηλές τιμές σε κτήρια.

4.6.2.3.7.2 Συγχώνευση (Merge Region) της *Possibly Buildings U*

4.6.2.3.7.3 Απόδοση (Assign Class) *Shadows U* στην *Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U*

Με *assign class* τα *objects* της *Shadows U*:

- με $dlel < 0,4$
- με $Area \geq 140$ και $Relative\ Border\ to\ Possibly\ Buildings\ U \leq 0,05$

αποδόθηκαν στην *Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U*. Η κίνηση αυτή έγινε με την παρατήρηση ότι, συνήθως, οι σκιές ανήκουν στην ίδια κλάση με αυτή που μοιράζονται το μεγαλύτερο ποσοστό κοινού περιγράμματος.

4.6.2.3.7.4 Συγχώνευση (Merge Region) της *Shadows U*

4.6.2.3.7.5 Απόδοση (Assign Class) Shadows U στην Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U

Με assign class τα objects της Shadows U:

- με Distance to Possibly Buildings U ≥ 120 pixels

αποδόθηκαν στην Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U. Αυτή η πράξη είναι σχετικά ειδική αλλά, πολλές φορές τα κτήρια και οι σκιές των κτηρίων βρίσκονται κοντά, τόσο σε αστικά, όσο και σε αγροτικά περιβάλλοντα.

4.6.2.3.7.6 Συγχώνευση (Merge Region) σειριακά των Possibly Trains U και Possibly Bridges U

4.6.2.3.7.7 Επέκταση (Grow Region) της Possibly Trains U στην Possibly Buildings U

Με την αντίληψη πως τα τραίνα δεν εφάπτονται με κτήρια και κάποια βαγόνια μπορεί να παρουσιάζονται σαν κτήρια, τα objects της Possibly Trains U με Area ≥ 20 pixels εξαπλώθηκαν στα γειτονικά objects της Possibly Buildings U με Area ≤ 250 pixels.

4.6.2.3.7.8 Επέκταση (Grow Region) της Possibly Bridges U στην Possibly Buildings U

Ομοίως, επειδή, οι γέφυρες δεν εφάπτονται με κτήρια και κάποια τμήματά τους μπορεί να παρουσιάζονται σαν κτήρια, τα objects της Possibly Bridges U εξαπλώθηκαν στα γειτονικά objects της Possibly Buildings U με Length/Width ≥ 8 .

4.6.2.3.7.9 Δημιουργία κλάσεων To Allow Core of Buildings Under This Objects U, To Suppress Core of Buildings Under This Objects U

Οι κλάσεις αυτές δεν έχουν περιγραφή. Με assign class εισήχθησαν στην Allow Core of Buildings Under This Objects U τα Possibly Buildings U και τα Shadows U που δεν μετατράπηκαν σε Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U. Παρόμοια, στην To Suppress Core of Buildings Under This Objects U ενσωματώθηκαν οι Possibly Clusters of Trees or Edges of Tall Buildings U, Possibly Evergreen U, Other U, From LO U.

4.6.2.3.7.10 Συγχώνευση (Merge Region) σειριακά των To Allow Core of Buildings Under This Objects U και To Suppress Core of Buildings Under This Objects U

4.6.2.3.7.11 Πράξεις μετά την δημιουργία των To Allow Core of Buildings Under This Objects U και To Suppress Core of Buildings Under This Objects U

Κοιτώντας τα αποτελέσματα στο U, μέχρι αυτό το σημείο χρειάστηκαν και επιπλέον διορθώσεις.

4.6.2.3.7.11.1 Απόδοση (Assign Class) Possibly Bridges U και Possibly Trains U στην To Suppress Core of Buildings Under This Objects U

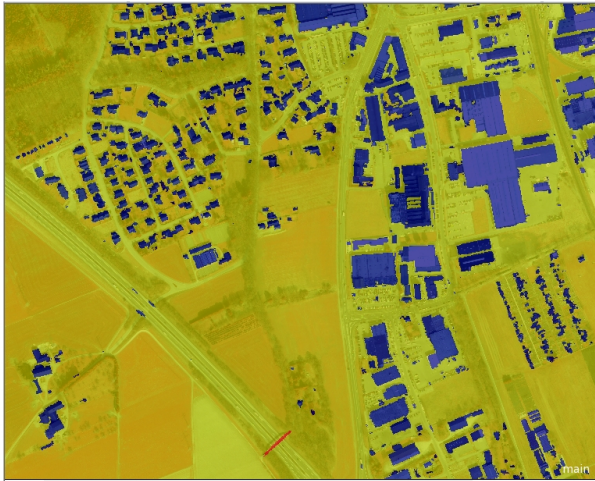
Αντίστροφα με την λογική που περιγράφηκε προηγουμένα, τα Possibly Bridges U και Possibly Trains U που ακουμπούν με τα To Allow Core of Buildings Under This Objects U, δεν μπορεί να είναι κτήρια. Καθώς, πρόκειται κυρίως για μακρόστενα αντικείμενα που βρίσκονται στις άκρες κάποιου άλλου πραγματικού αντικειμένου, το πιο ασφαλές (σύμφωνα με τον τρόπο που συνεχίζεται το project – επέκταση πυρήνων κτηρίων για την εύρεση των κτηρίων) ήταν να αποδοθούν με assign class στην To Suppress Core of Buildings Under This Objects U.

Επιπλέον, τα Possibly Bridges U και Possibly Trains U με NDVI $\geq 0,1$ που απαντώνται σε άκρες συστοιχιών δέντρων αποδίδονται στην To Suppress Core of Buildings Under This Objects U.

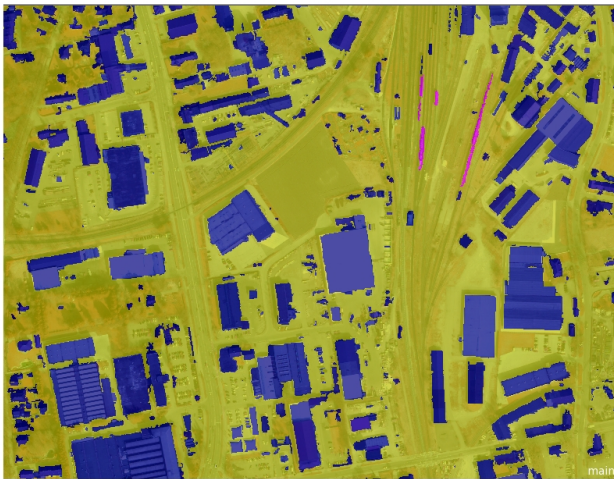
Ακόμα, από τα χαρακτηριστικά των Possibly Trains U στα δεδομένα LIDAR, τα objects με dfel $\leq 0,3$ μεταφέρονται (assign class) στην To Suppress Core of Buildings Under This Objects U.





Τέλος, αφού τα τραίνα και η γέφυρα ήταν λίγα στην εικόνα, επιτράπηκε μία ειδική κίνηση για την βελτιστοποίηση της ταξινόμησης, χωρίς κάποιο ιδιαίτερο σκεπτικό αλλά, απλά, παρατηρώντας τα objects. Τα Possibly Bridges U και Possibly Trains U με Area < 150 pixels αποδόθηκαν κι αυτά στην To Suppress Core of Buildings Under This Objects U!

Περιοχή με Γέφυρα



Περιοχή με Τραίνα



-  To Allow Core of Buildings Under This Objects U
-  To Supress Core of Buildings Under This Objects U
-  Possibly Bridges U
-  Possibly Trains U

Εικόνα 105: Τελική Ταξινόμηση στο επίπεδο U, στην περιοχή με την γέφυρα (πάνω) και στην περιοχή με τα τραίνα (κάτω). Αριστερά παρουσιάζεται η ταξινόμηση και δεξιά το έγχρωμο σύνθετο 432. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

4.6.2.3.8 Κατάτμηση Επιπέδου L1

Από αυτή την κατάτμηση και μετά, η μεθοδολογία επικεντρώνεται στην εξαγωγή των κτηρίων. Δουλεύοντας, ξεχωριστά, στις σκιές και στα φωτισμένα αντικείμενα. Επειδή, η περιοχή μελέτης είναι αρκετά περίπλοκη με αστικό, αγροτικό και βιομηχανικό περιβάλλον, τα κτήρια είναι αρκετά

ανομοιογενή σε σχήμα και διαστάσεις: Εκκινώντας από το μικρό προς το μεγάλο, δηλαδή από την μικρότερη κλίμακα προς την μεγαλύτερη, βασικός στόχος του επιπέδου L1 που δημιουργείται είναι τα segments να είναι τα μεγαλύτερα δυνατά για τον εντοπισμό των μικρότερων κτηρίων, χωρίς να εισάγονται άλλες κατηγορίες σε αυτά. Σε πρώτη φάση, η κατάτμηση γίνεται στα φωτισμένα αντικείμενα και έπεται η κατάτμηση στα σκιασμένα και στο ίδιο επίπεδο ώστε, να μην απαιτείται μεγάλη υπολογιστική ισχύ (μνήμη) στο συγκεκριμένο project. Τα φωτισμένα αντικείμενα προηγήθηκαν γιατί παρατηρήθηκε ότι απαιτείται μεγαλύτερη κλίμακα κατά την διαχείρισή τους!

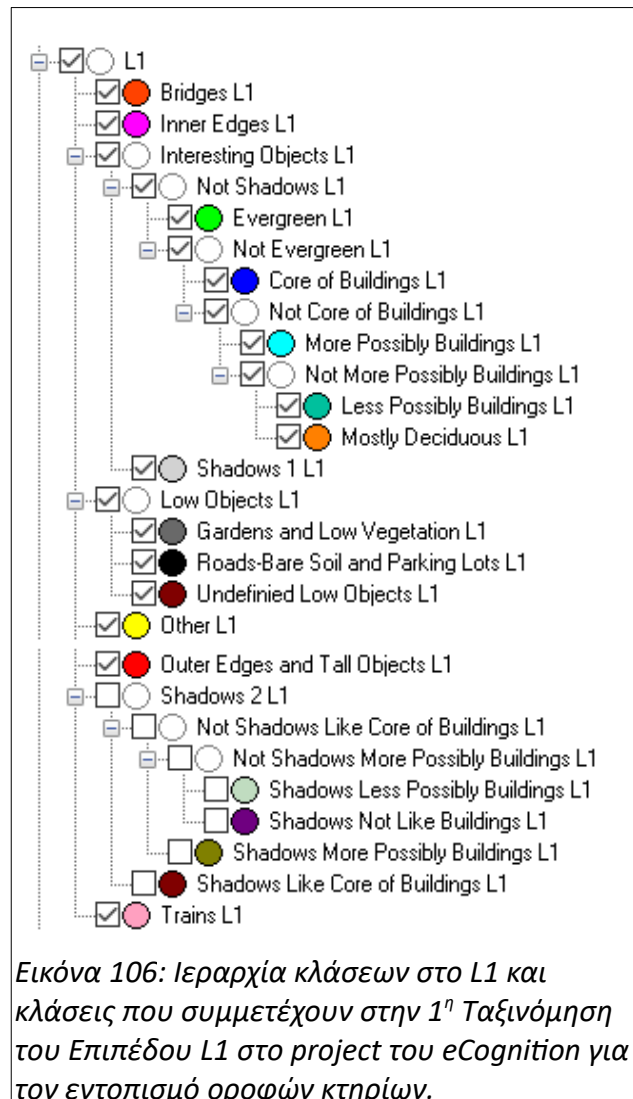
| | |
|--------------------------------|---|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Not Shadows High Objects L0, Other L0 |
| Layers x weight | B x1, G x1, R x1, NIR x1, dfch_m x1, dleh x1, slope_dleh_classes x1 |
| Scale | 8 |
| Shape | 0.3 |
| Compactness | 0.9 |
| Level που εφαρμόστηκε | L0 |
| Level που δημιουργήθηκε | L1 |
| Θέση Level | above L0, below U |

Πίνακας 20: Κατάτμηση Επιπέδου L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

Ο multiresolution segmentation εφαρμόστηκε στα φωτισμένα αντικείμενα του L0 και υπό το U. Για προληπτικούς λόγους εισήχθησαν και τα Other L0. Χρησιμοποιήθηκαν, όλα τα κανάλια της CCD και τα dfch_m, dleh, slope_dleh_classes. Το dfch_m μπορεί να διαχωρίσει αντικείμενα διαφορετικού ύψους κι ειδικότερα, αντικείμενα που δεν φαίνονται στην CCD αλλά, βρίσκονται κοντά σε κτήρια και είναι υψηλότερα, όπως τα κλαδιά δέντρων που επεκτείνονται πάνω από κτήρια. Το slope_dleh_classes προσεγγίζει αρκετά τα όρια των κτηρίων στα CCD δεδομένα και μπορεί να διαχωρίσει αντικείμενα που έχουν παρόμοιο dfch_m. Ο συνδυασμός dfch_m, dleh ως μεταβλητών του αλγορίθμου κατάτμησης, ομαδοποιεί τα pixels σε segments που μπορεί να αποτελούν πυρήνες κτηρίων ή και άκρες κτηρίων σύμφωνα με τις [Εικόνα 29](#), [Εικόνα 80](#). Σε αυτό τα επίπεδο τα segments έχουν ευθεία αναλογία με εννοιολογικά αντικείμενα κι αφού τα κτήρια έχουν συμπαγές σχήμα επιλέχθηκε, μετά από δοκιμές, να δοθεί βαρύτητα 0,3 στο shape και 0,9 στο compactness.

4.6.2.3.9 Ταξινόμηση Επιπέδου L1

Η ιεραρχία όλων των κλάσεων του L1 δίνεται στην Εικόνα 106. Οι κλάσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την ταξινόμηση σημειώνονται με “τικ”:



Εικόνα 106: Ιεραρχία κλάσεων στο L1 και κλάσεις που συμμετέχουν στην 1^η Ταξινόμηση του Επιπέδου L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

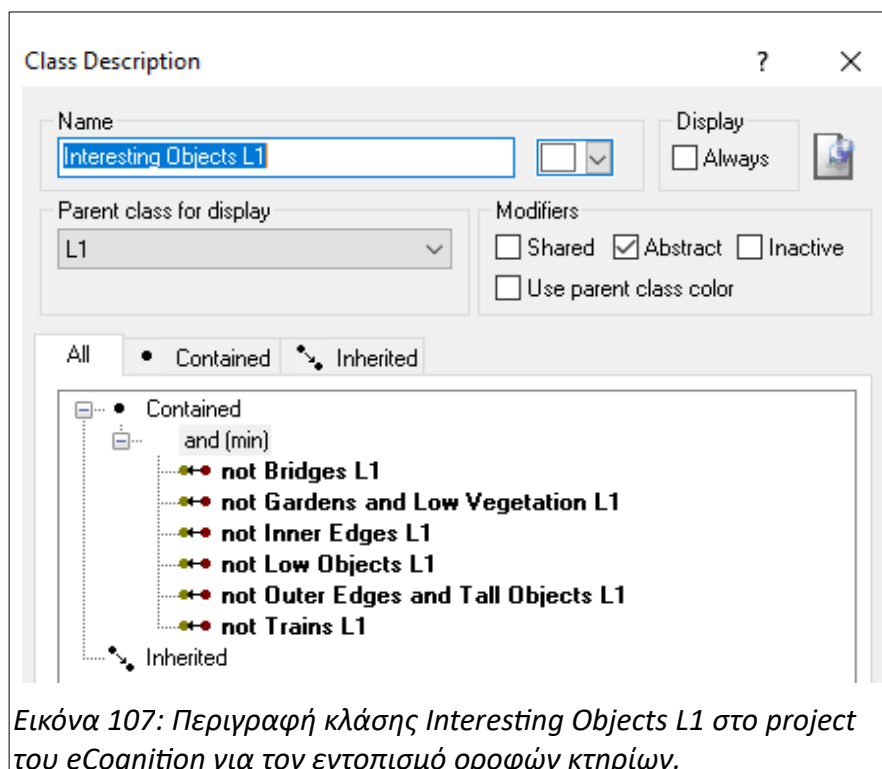
| | |
|---|---|
| Αλγόριθμος | Hierarchical Classification |
| Classes | L1, Inner Edges L1, Outer Edges and Tall Objects L1, Low Objects L1, Gardens and Low Vegetation L1, Roads-Bare Soil and Parking Lots L1, Undefined Low Objects L1, Bridges L1, Trains L1, Interesting Objects L1, Shadows 1 L1, Not Shadows L1, Evergreen L1, Not Evergreen L1, Core of Buildings L1, Not Core of Buildings L1, More Possibly Buildings L1, Not More Possibly Buildings L1, Less Possibly Buildings L1, Mostly Deciduous L1, Other L1 |
| Πίνακας 21: 1 ^η ταξινόμηση στο Επίπεδο L1. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων | |

Οι κλάσεις L1, Low Objects L1 και είναι κενές abstract κλάσεις που χρησιμοποιούνται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Οι Inner Edges L1, Outer Edges and Tall Objects L1, Gardens and Low Vegetation L1, Roads-Bare Soil and Parking Lots L1, Undefined Low Objects L1 αποτελούν απλή μεταφορά κάποιων αποτελεσμάτων του L0 στο L1, με Class Related features. Με την τελευταία να αφορά στα εναπομείναντα Shadows Low Objects L0.

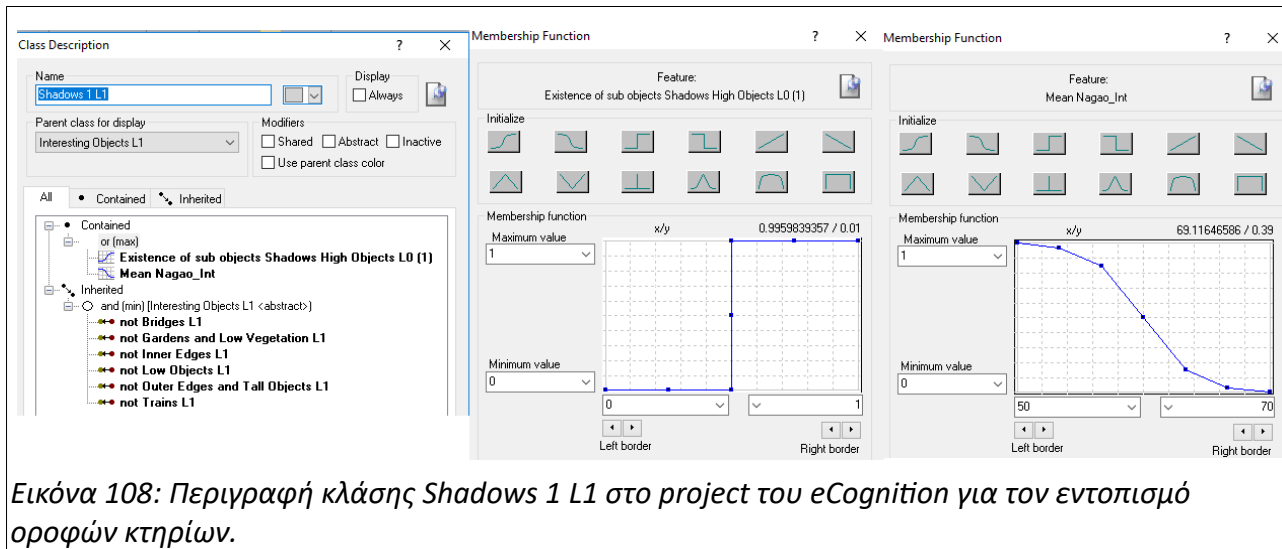
Ομοίως οι Bridges L1, Trains L1 αποτελούν απλή μεταφορά κάποιων αποτελεσμάτων του U στο L1.

Μετά τον ορισμό των προηγούμενων κλάσεων έρχεται, με αρνητικό ορισμό, η εισαγωγή όλων των υπόλοιπων στην Interesting Objects L1.



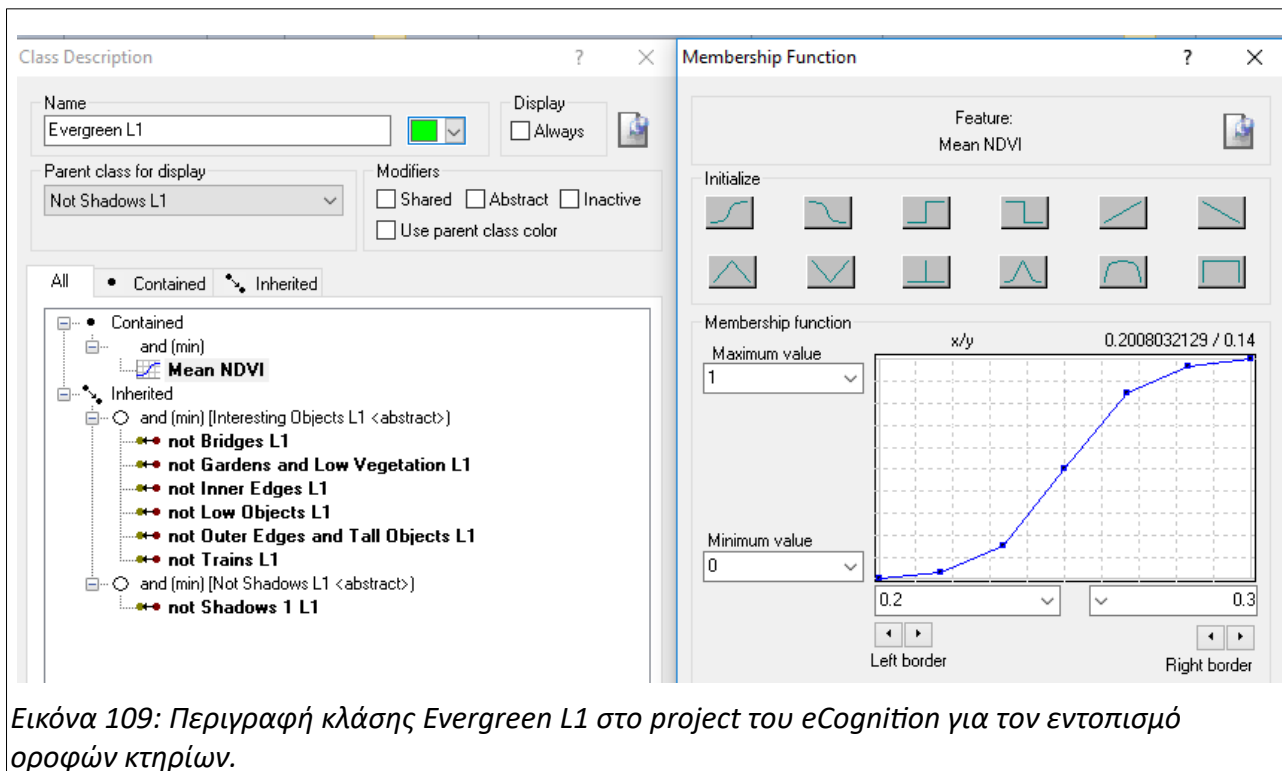
Εικόνα 107: Περιγραφή κλάσης Interesting Objects L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Αμέσως μετά, διαχωρίζονται οι σκιές και τα φωτισμένα αντικείμενα με εκμετάλλευση της μικρότερης κλίμακας (μεγαλύτερης ακρίβειας) του L0 και του Nagao_Int, μέσω της λογική πράξης OR.



Εικόνα 108: Περιγραφή κλάσης Shadows 1 L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Τα φωτισμένα αντικείμενα Not Shadows L1, διακρίνονται αρχικά σε Evergreen L1 και Not Evergreen L1. Αυτή η κίνηση γίνεται πρώτη γιατί, από την στιγμή που πρόκειται για φωτισμένα και τα δεδομένα CCD είναι αξιόπιστα, μπορούν πολύ εύκολα να διαχωριστούν τα αειθαλή δέντρα με πυκνό φύλλωμα από τα κτήρια, με εφαρμογή του NDVI $\geq 0,25$.

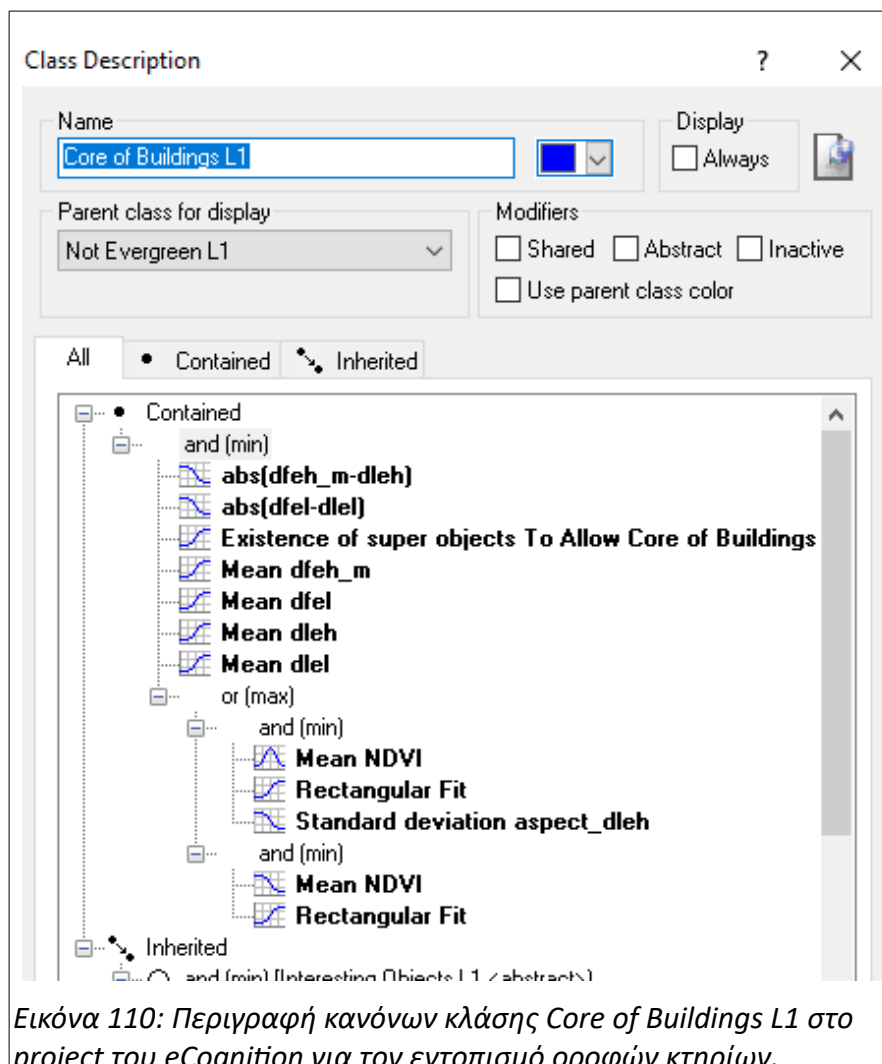


Εικόνα 109: Περιγραφή κλάσης Evergreen L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Τα υπόλοιπα objects της Not Shadows L1 κατανέμονται με την σειρά στις Core of Buildings L1, Not Core of Buildings L1, More Possibly Buildings L1, Not More Possibly Buildings L1, Less Possibly Buildings L1. Αυτή η σειρά επιβάλλεται γιατί, οι ορισμοί των ύστερων είναι πιο γενικοί από των πρωτύτερων και θα υπήρχε σύγχυση που δεν θα οδηγούσε σε αποτελέσματα.

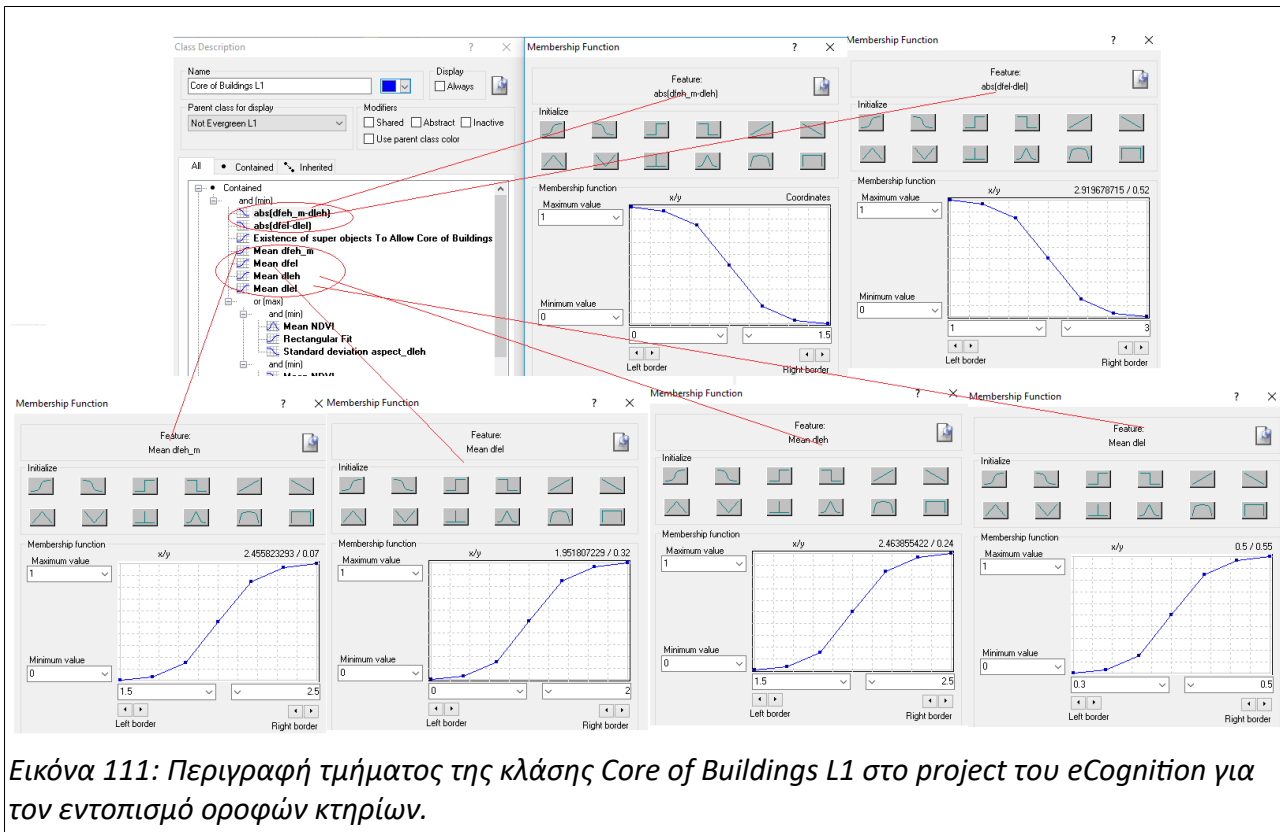
Η Core of Buildings L1 είναι ο “πυρήνας” της ταξινόμησης που αποκρυσταλλώνει κι όλη την ιδέα της διεργασίας και του project, συνολικά. Η εξαγωγή των κτηρίων είναι πολύ εύκολη από

την “υπογραφή” τους στα LIDAR, σύμφωνα με την **Εικόνα 80** και την ανάλυση στην αντίστοιχη ενότητα. Ωστόσο, η **Εικόνα 29** και η απάντηση στο ερώτημα: Ποια δεδομένα είναι πιο αξιόπιστα σε κάθε σημείο; Κάνουν την ανίχνευση των κτηρίων πιο περίπλοκη. Η κεντρική ιδέα είναι ότι μπορεί να ανιχνευθεί ο πυρήνας κάθε κτηρίου και οι πιθανές άκρες των κτηρίων. Στην συνέχεια, οι πυρήνες να επεκταθούν στις άκρες με ειδική διαχείριση ανάλογα με την κυριαρχία κάθε τύπου δεδομένων, σε κάθε συγκεκριμένο σημείο. Για την αποφυγή της παράβλεψης “περιέργων” κτηρίων που δεν εμφανίζουν ακριβώς την υπογραφή της **Εικόνας 80**, οι άκρες **More Possibly Buildings L1**, **Less Possibly Buildings L1** δεν ορίζονται σε συνάφεια με την **Core of Buildings L1** (δηλαδή, να εφάπτονται), αλλά ανεξάρτητα κι έτσι εξετάζονται οι εξαιρέσεις του κανόνα που τέθηκε από αυτή την μελέτη.

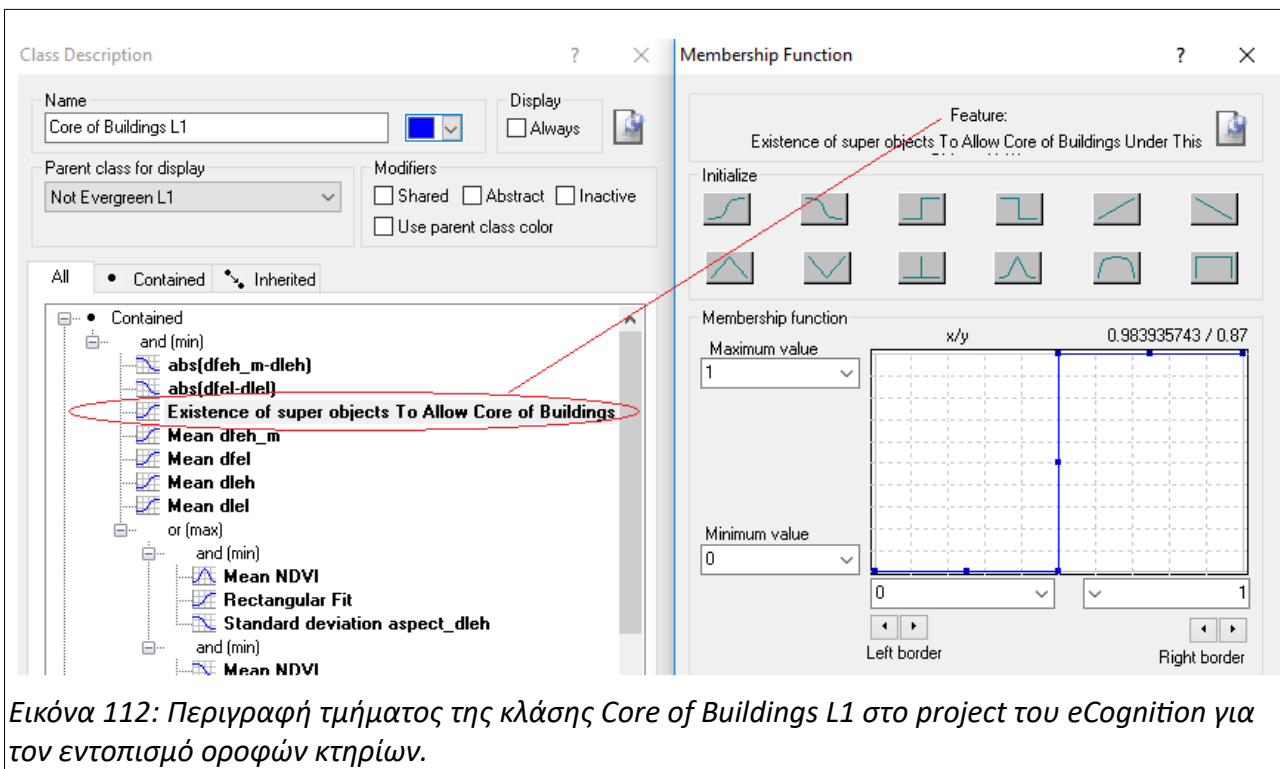


Η Core of Buildings L1, περιέχει τα στοιχεία από τα LIDAR δεδομένα:

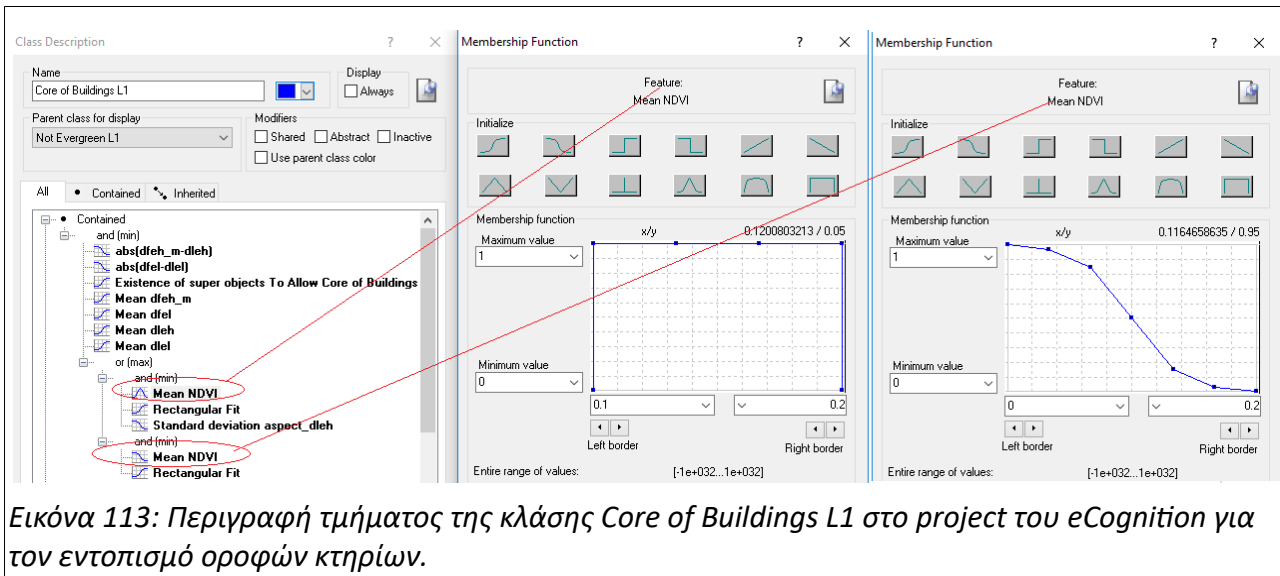
- Όλοι οι παλμοί έχουν υψηλή τιμή
- Τα dfel_m, dleh έχουν σχεδόν ίδια τιμή
- Τα dfel, dlel έχουν σχεδόν ίδια τιμή



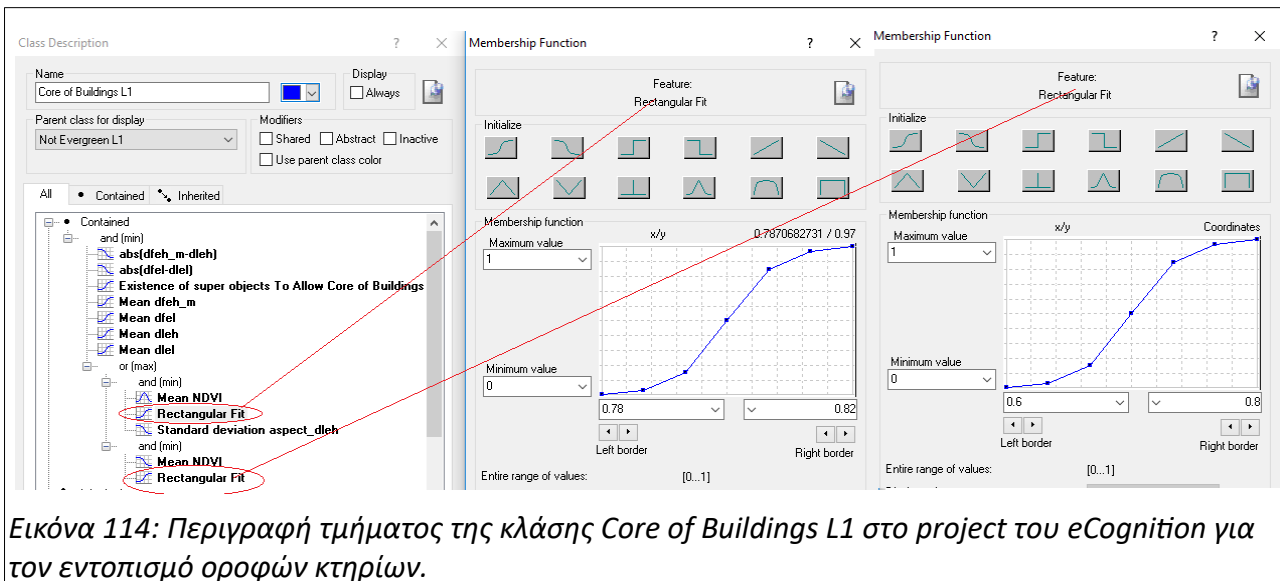
Χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο επίπεδο U:



Εκμεταλλεύεται τα CCD δεδομένα μέσω του NDVI:

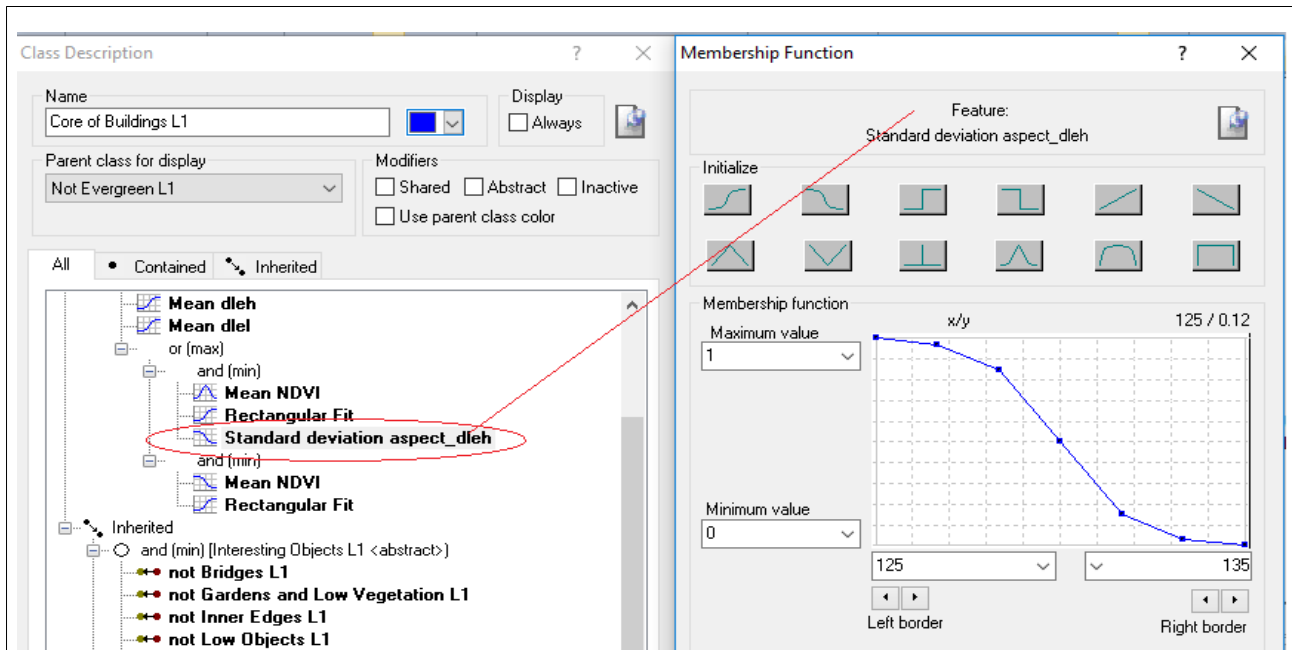


Αξιοποιεί την ανθρώπινη διαίσθηση ότι τα μικρά-μεσαία κτήρια έχουν σχεδόν ορθογώνιο σχήμα:



Και πέρα από τις γενικές κατευθύνσεις, χρησιμοποιεί και πιο ειδικές προσεγγίσεις στους κανόνες και τα όρια του Fuzzy Logic, για να βελτιωθεί η ταξινόμηση στην συγκεκριμένη εφαρμογή.

Το *aspect_dleh* είναι ο προσανατολισμός με βάση τον παλμό *dleh*. Η λογική εφαρμογής του ήταν πως οι επίπεδες ή επικλινείς επιφάνειες των κτηρίων (στην κλίμακα 8 της κατάτμησης μόνο μικρά κτήρια απαρτίζονται από 1 segment), εξαιτίας της συμμετρίας έχουν μικρή τυπική απόκλιση στις τιμές του προσανατολισμούς τους, σε σχέση με το ακανόνιστο σχήμα των δέντρων. Εξετάστηκαν και τα *slope_dfeh_m*, *slope_dfel*, *slope_dleh*, *slope_dlel*, *aspect_dfeh_m*, *aspect_dfel*, *aspect_dlel* αλλά η διάκριση ήταν πιο δύσκολη.

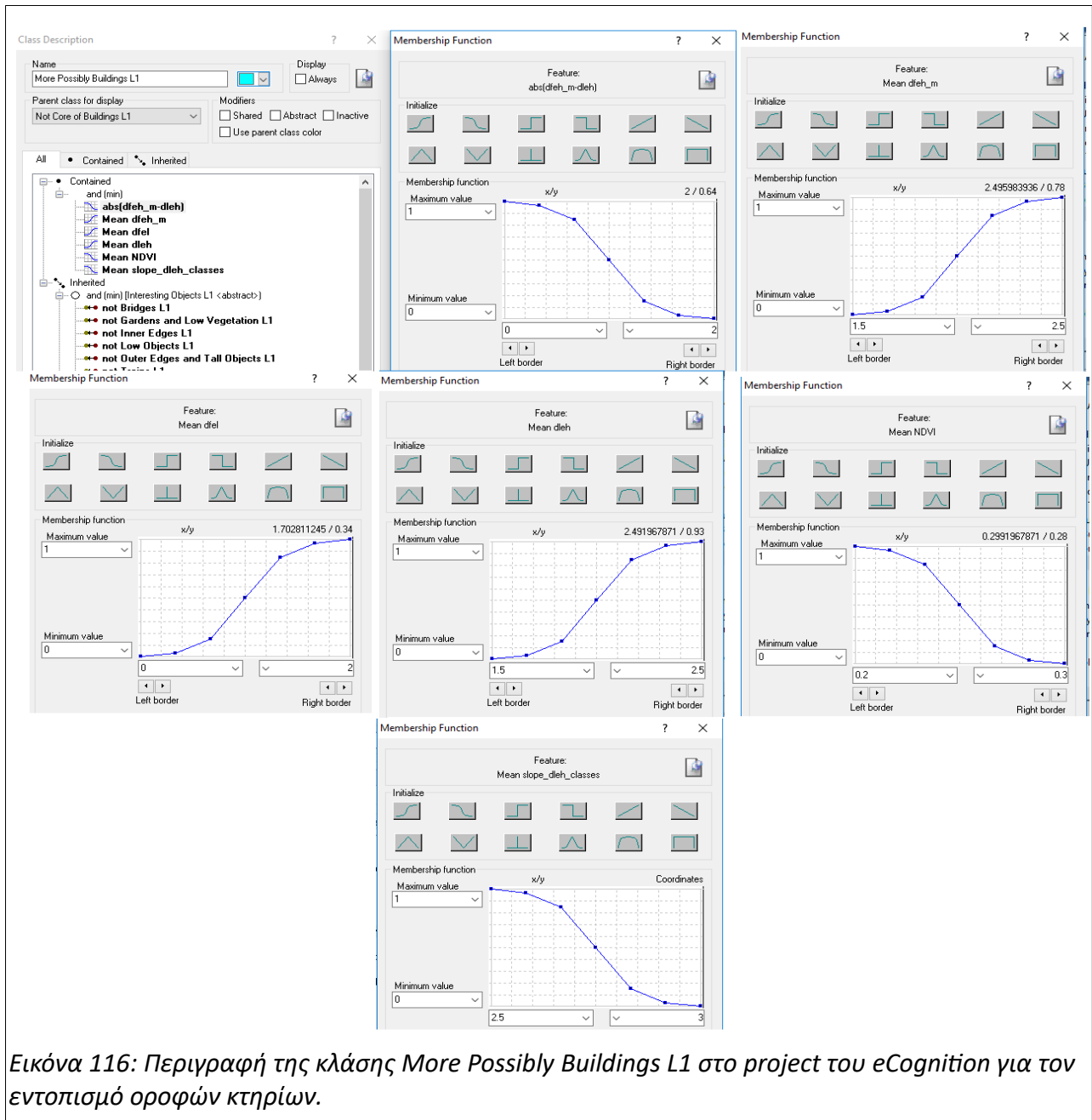


Εικόνα 115: Περιγραφή τμήματος της κλάσης *Core of Buildings L1* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Στην ίδια λογική ορίστηκε και η *More Possibly Buildings L1*. Με την διαφορά ότι, επειδή αναζητούνταν ακραία τμήματα κτηρίων:

- εξετάστηκε μόνο η σχέση *dfeh_m*, *dleh*
- δεν εξετάστηκε το ύψος του *dlel*
- εξετάστηκε το *slope_dleh_classes* ώστε, να μην είναι πολύ υψηλό

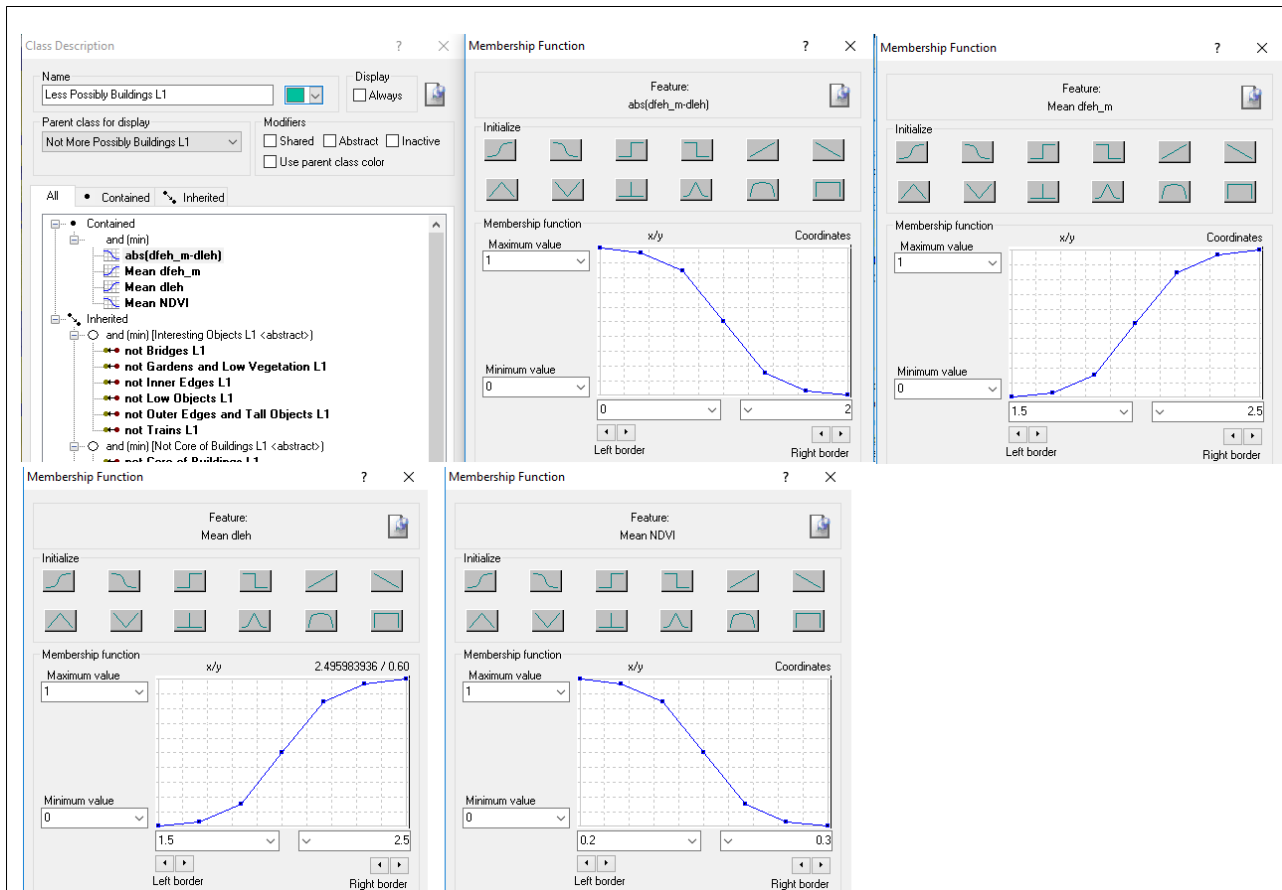
Επιπλέον, τα όρια στις συναρτήσεις συμμετοχής ήταν πιο χαλαρά.



Εικόνα 116: Περιγραφή της κλάσης More Possibly Buildings L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

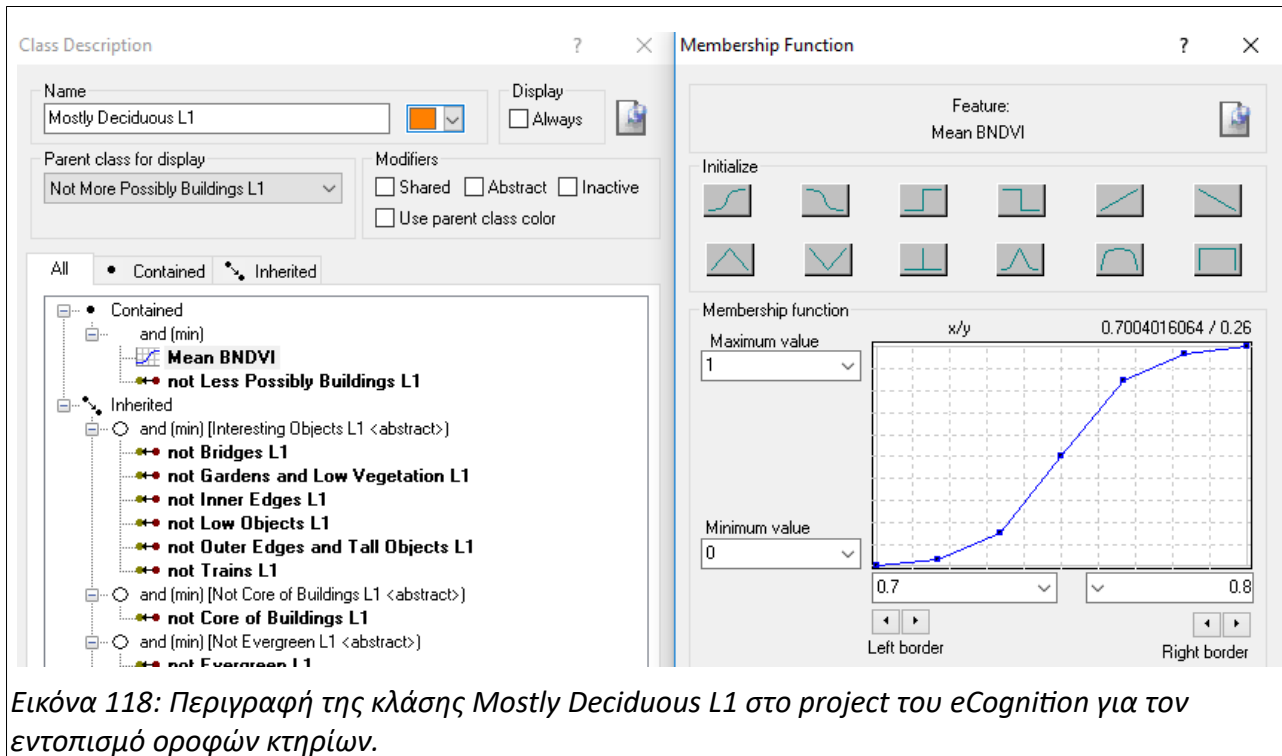
H Less Possibly Buildings L1

- δεν εξέταζε ούτε το dfel
- δεν είχε περιορισμό στο slope_dleh_classes



Εικόνα 117: Περιγραφή της κλάσης *Less Possibly Buildings L1* στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Μετά τον προσδιορισμό των objects που πιθανόν αποτελούν κτήρια, φτιάχτηκε μία κλάση για objects, τα οποία ως επί το πλείστον, αποτελούν φυλλοβόλα δέντρα. Ένα προβληματικό στοιχείο των δεδομένων ήταν ότι λήφθηκαν σε εποχή που τα φυλλοβόλα ρίχνουν τα φύλλα τους, γεγονός που δυσχέρανε σημαντικά την προσπάθεια εξαγωγής των κτηρίων. Στην *Mostly Deciduous L1* χρησιμοποιήθηκε μόνο ένα κριτήριο, αυτό του BNDVI.



Εικόνα 118: Περιγραφή της κλάσης *Mostly Deciduous L1* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Τέλος, ορίστηκε η κλάση *Other L1* για να συμπεριλάβει όσα φωτισμένα αντικείμενα έμειναν αταξινόμητα.

4.6.2.3.10 2^η Κατάτμηση Επιπέδου L1

Περνώντας από τα φωτισμένα αντικείμενα, στην ανάλυση των σκιών και παραμένοντας στο επίπεδο L1, έγινε μία επιπλέον κατάτμηση.

| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Shadows 1 L1 |
| Layers x weight | dfeh_m x1, dfel x1, dleh x1, dlel x1, Intensity x2, Nagao_Int x2, slope_dfel x1, slope_dfel x1 |
| Scale | 4 |
| Shape | 0.3 |
| Compactness | 0.9 |
| Level που εφαρμόστηκε | L1 |
| Level που δημιουργήθηκε | L1 |
| Θέση Level | Use Current (merge only) |

Πίνακας 22: 2^η Κατάτμηση Επιπέδου L1 στο project του eCoanition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

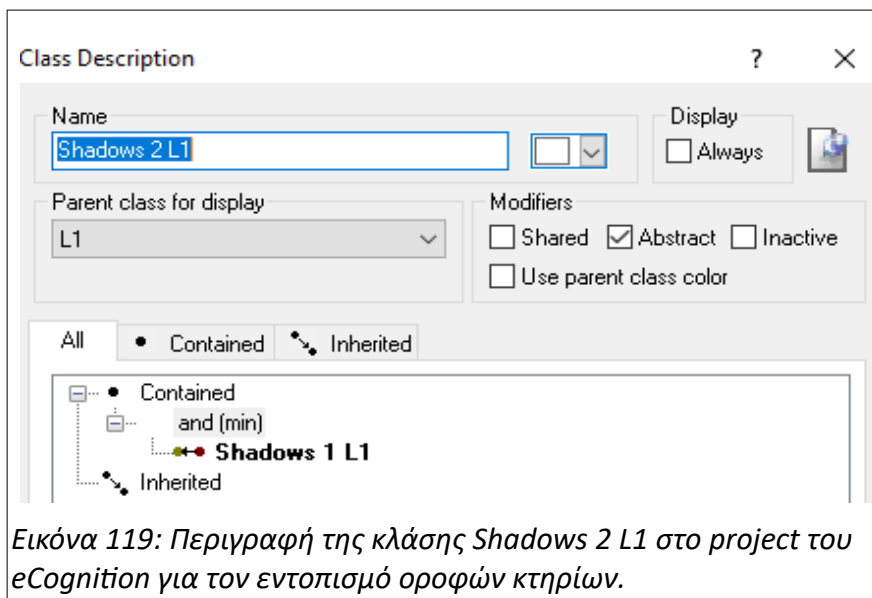
Ο multiresolution segmentation εφαρμόστηκε στην Shadows 1 L1, η οποία είχε objects του ενός pixel. Χρησιμοποιήθηκαν όλοι οι παλμοί με βαρύτητα x1 για να σχηματιστούν segments με παρόμοια χαρακτηριστικά ύψους. Τα Intensity, Nagao_Int χρησιμοποιήθηκαν με βαρύτητα x2 για να διαχωριστούν, όσο γίνεται καλύτερα, οι άκρες κτηρίων, όπου μπορεί να αλλάζει το υλικό μεταξύ διπλανών επιφανειών (Intensity) ή το επίπεδο σκίασης όταν αλλάζει το ύψος μεταξύ γειτονικών αντικειμένων (Nagao_Int). Ακόμα, για να προσδιοριστούν με μεγαλύτερη ευαισθησία τα ακραία τμήματα των κτηρίων, χρειάστηκαν τα slope_dleh και slope_dfel με βαρός x1, χωρίς ομαδοποίηση των τιμών κι άρα περιέχοντας περισσότερη πληροφορία. Τα shape και compact πήραν και στις σκιές τιμές 0,3 και 0,9, αντίστοιχα.

4.6.2.3.11 2^η Ταξινόμηση Επιπέδου L1

| | |
|---------------------|---|
| Αλγόριθμος | Hierarchical Classification |
| Class Filter | Shadows 1 L1 |
| Classes | Shadows 2 L1, Shadows Like Core of Buildings L1, Not Shadows Like Core of Buildings L1, Shadows More Possibly Buildings L1, Not Shadows More Possibly Buildings L1, Shadows Less Possibly Buildings L1, Shadows Not Like Buildings L1 |

Πίνακας 23: 2^η Ταξινόμηση στο Επίπεδο L1. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

Για να γίνει η ταξινόμηση των σκιών κατασκευάστηκε μία abstract κλάση Shadows 2 L1, που, ουσιαστικά, ενσωμάτωσε την Shadows 1 L1



Εικόνα 119: Περιγραφή της κλάσης Shadows 2 L1 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Σε αναλογία με την ανάλυση των φωτισμένων αντικειμένων κατασκευάστηκαν με την σειρά οι κλάσεις Shadows Like Core of Buildings L1, Not Shadows Like Core of Buildings L1, Shadows More Possibly Buildings L1, Not Shadows More Possibly Buildings L1, Shadows Less Possibly Buildings L1, Shadows Not Like Buildings L1.

Η Shadows Like Core of Buildings L1 περιέχει ακριβώς τις ίδιες περιγραφές, όσον αφορά στις διαφορές παλμών και τα ύψη παλμών, με την Core of Buildings L1. Επιπρόσθετα, αξιοποιεί τα slope_dleh_classes, slope_dfel_classes για να προσδιορίσει τον πυρήνα των κτηρίων και όχι τις άκρες. Ακόμα, καθώς δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο NDVI, με την διαισθητική παρατήρηση ότι οι σκιές συνήθως συνιστούν το ίδιο αντικείμενο με το κοντινότερο φωτισμένο, απαιτείται τα Shadows Like Core of Buildings L1 να μην έχουν κοινό όριο με δέντρα.

Class Description

Name: Shadows Like Core of Buildings L1

Parent class for display: Shadows 2 L1

Modifiers: Shared Abstract Inactive Use parent class color

Display: Always

All Contained Inherited

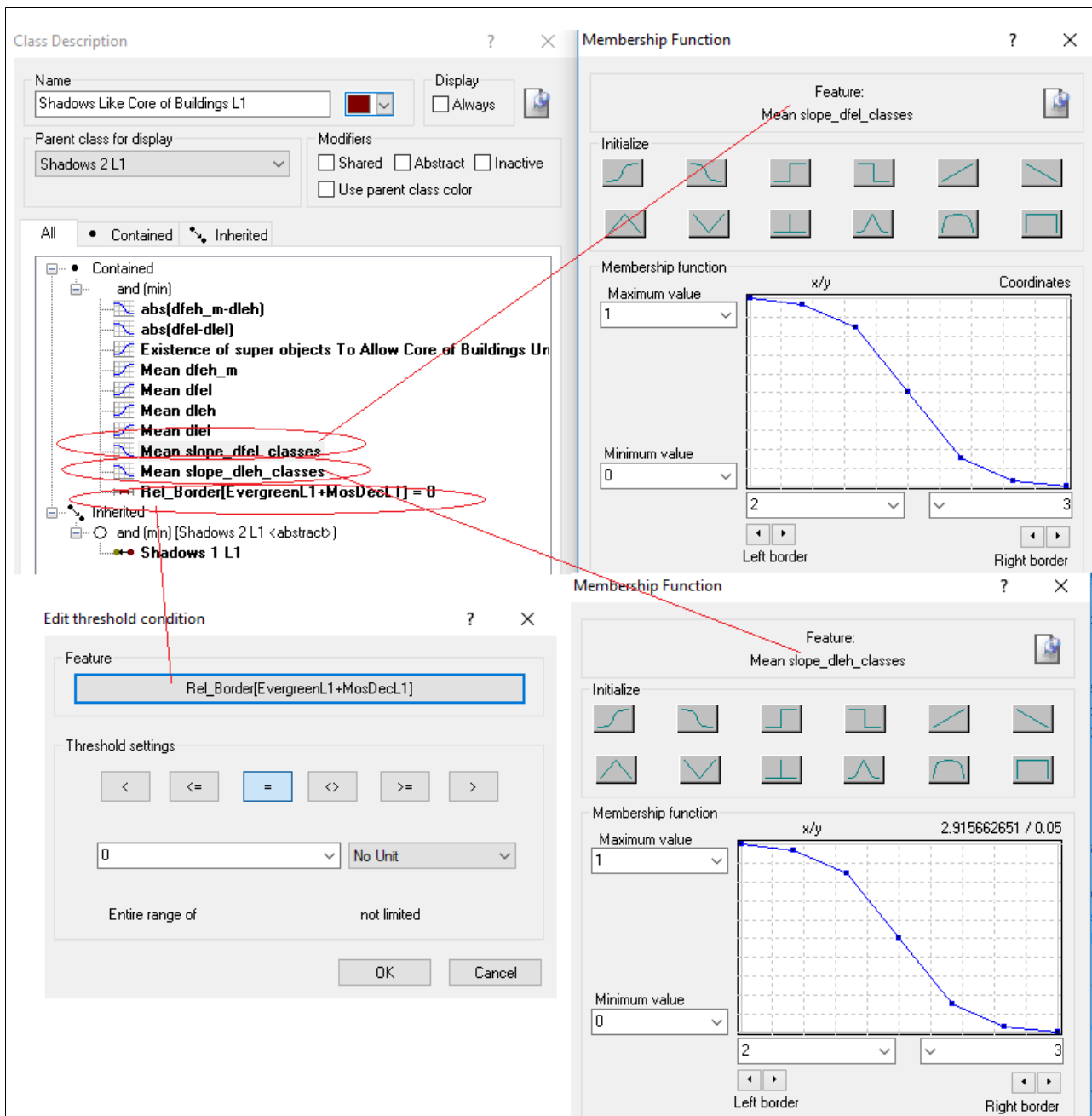
Contained

- and (min)
 - abs(dfeh_m-dleh)**
 - abs(dfel-dlel)**
 - Existence of super objects To Allow Core of Buildings Un**
 - Mean dfeh_m**
 - Mean dfel**
 - Mean dleh**
 - Mean dlel**
 - Mean slope_dfel_classes
 - Mean slope_dleh_classes
 - Rel_Border[E vergreenL1+MosDecL1] = 0

Inherited

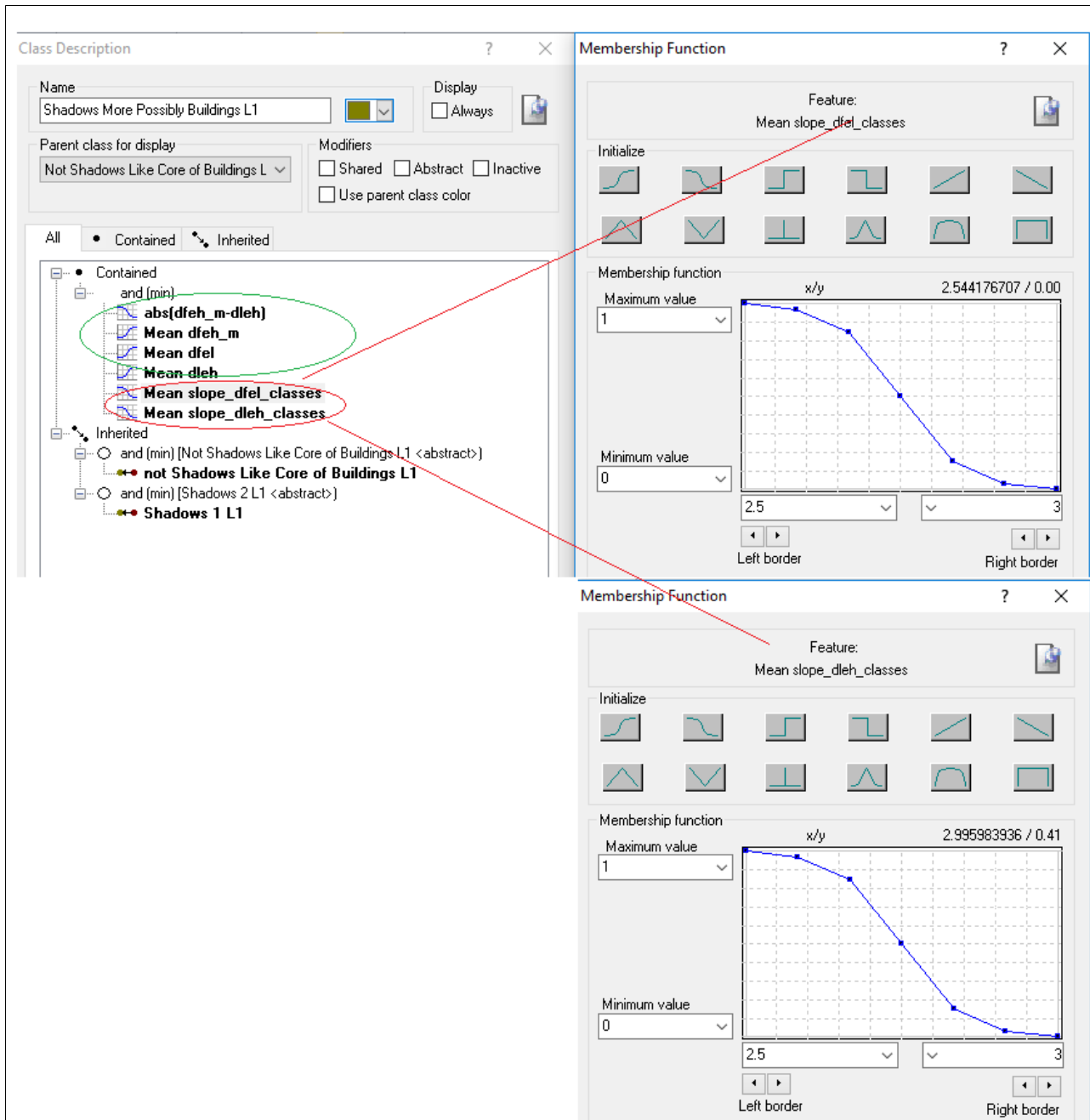
- and (min) [Shadows 2 L1 <abstract>]
 - Shadows 1 L1

Εικόνα 120: Περιγραφή κανόνων της κλάσης *Shadows Like Core of Buildings L1*. Στο κόκκινο πλαίσιο εντάσσονται οι περιγραφές που είναι ίδιες με την *Core of Buildings L1*. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.



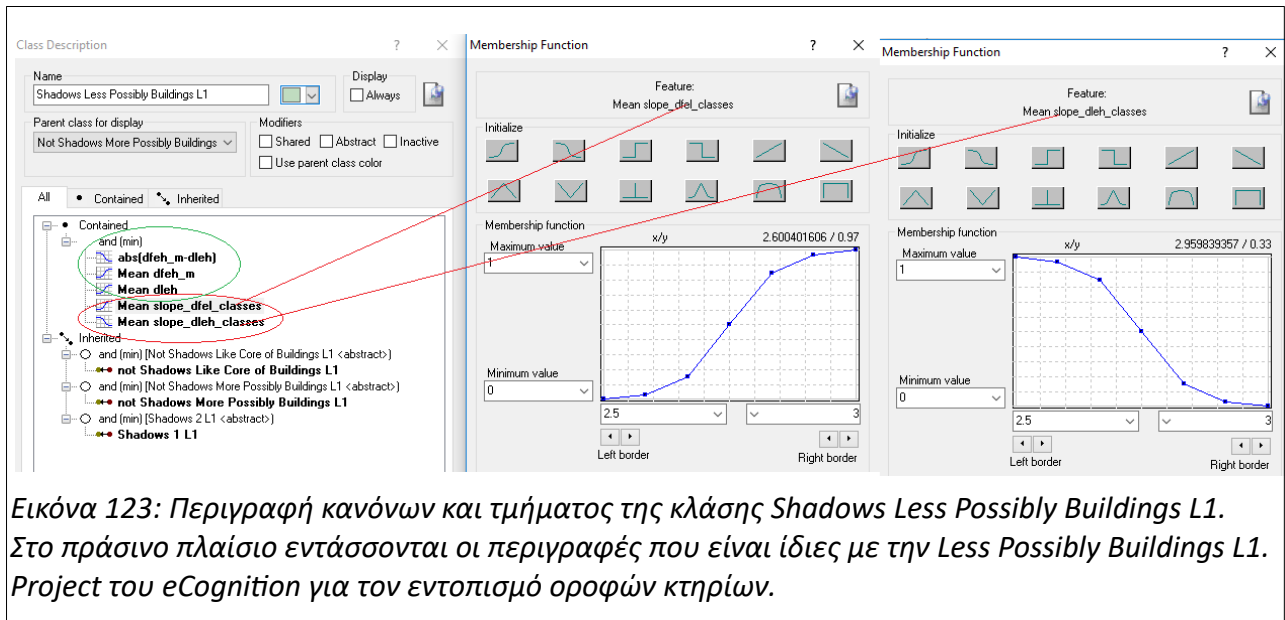
Εικόνα 121: Περιγραφή του τμήματος της κλάσης *Shadows Like Core of Buildings L1*, που διαφέρει από την *Core of Buildings L1*. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Η *Shadows More Possibly Buildings L1* σε αναλογία με την *More Possibly Buildings L1*, έχει πιο χαλαρά όρια από την *Shadows Like Core of Buildings L1*, εξετάζει την σχέση μεταξύ *dfeh_m*, *dleh*, μόνο, και δεν εξετάζει το ύψος του *dlel*.



Εικόνα 122: Περιγραφή κανόνων και τμήματος της κλάσης *Shadows More Possibly Buildings L1*. Στο πράσινο πλαίσιο εντάσσονται οι περιγραφές που είναι ίδιες με την *More Possibly Buildings L1*. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Η *Shadows Less Possibly Buildings L1* έχει πανομοιότυπες περιγραφές με την *Less Possibly Buildings L1* και σε σχέση με τα *slope_dfel_classes*, *slope_dleh_classes*, επιχειρείται να συλλάβει μόνο τα πιο ακραία τμήματα των κτηρίων, οπότε η πρώτη κλίση πρέπει να έχει υψηλή τιμή και η δεύτερη κλίση να έχει χαμηλή τιμή.



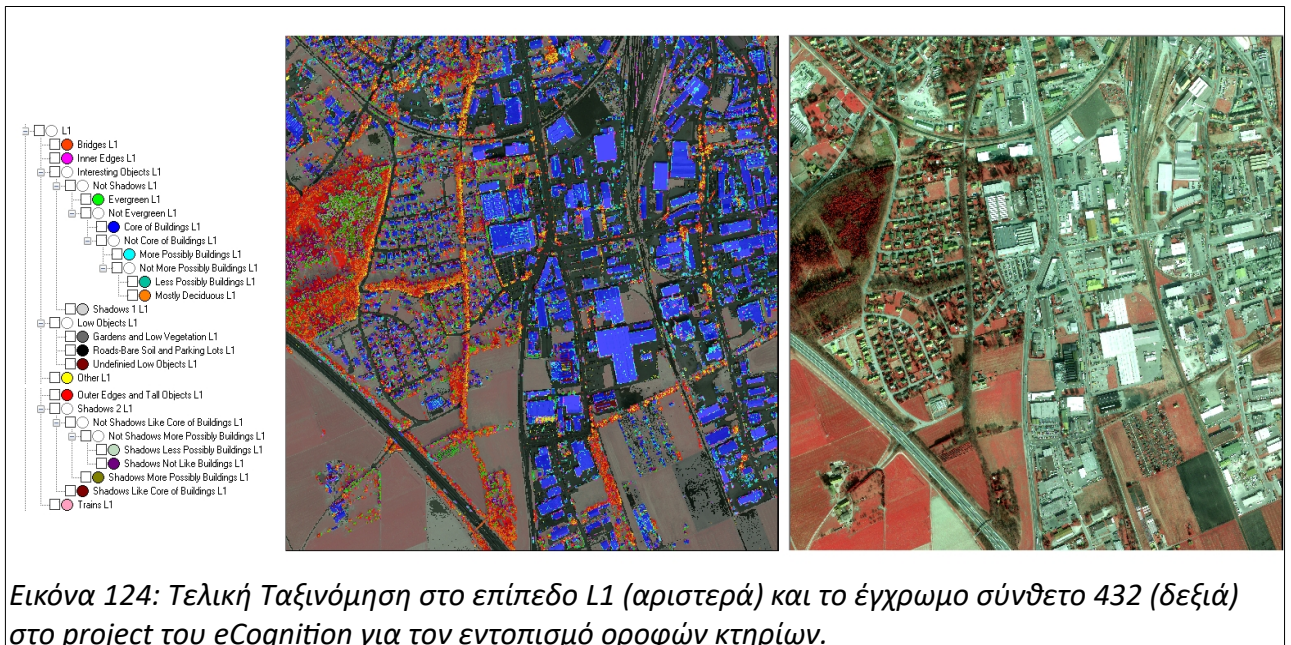
Εικόνα 123: Περιγραφή κανόνων και τμήματος της κλάσης *Shadows Less Possibly Buildings L1*. Στο πράσινο πλαίσιο εντάσσονται οι περιγραφές που είναι ίδιες με την *Less Possibly Buildings L1*. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Τέλος, όσα αντικείμενα έμμειναν αταξινόμητα εντάσσονται στην *Shadows Not Like Buildings L1*.

4.6.2.3.12 Πράξεις στο Επίπεδο L1

4.6.2.3.12.1 Επέκταση (Grow Region) της *Trains L1* στα *Core of Buildings L1*, *More Possibly Buildings L1*, *Less Possibly Buildings L1*, *Shadows Like Core of Buildings L1*, *Shadows More Possibly Buildings L1*, *Shadows Less Possibly Buildings L1*

Η μόνη κίνηση που απαιτήθηκε σε αυτό το επίπεδο ήταν η επέκταση των *Trains L1* σε όλα τα objects που πιθανόν είναι κτήρια, καθώς δεν μπορεί να εφάπτονται κτήρια ή δέντρα με τα τρέινα. Η ίδια κίνηση θα μπορούσε να γίνει και για τα *Bridges L1*, αλλά από φωτοερμηνεία της εικόνας δεν υπήρχε λόγος για κάτι τέτοιο!



4.6.2.3.13 Διαγραφή Επιπέδου U και Κατάτμηση Επιπέδου L2

Στην συνέχεια η ανάλυση προχώρησε στο επίπεδο L2 για τα φωτισμένα αντικείμενα. Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, ο multiresolution segmentation, ανεβαίνοντας επίπεδο και ανεβαίνοντας κλίμακα, κάνει μία διεργασία region growing από τα μικρά segments σε μεγαλύτερα, ομαδοποιώντας τα γειτονικά και συγγενικά. Οπότε, στην στρατηγική επέκτασης των Core of Buildings L1 στα More Possibly Buildings L1 και Less Possibly Buildings L1 απαιτούνταν μία κατάτμηση σε μεγαλύτερο επίπεδο. Ακόμα, έτσι κι αλλιώς, απαιτούνταν μία μεγαλύτερη κλίμακα που να περιγράφει καλύτερα τα μεσαία και μεγάλα κτήρια.

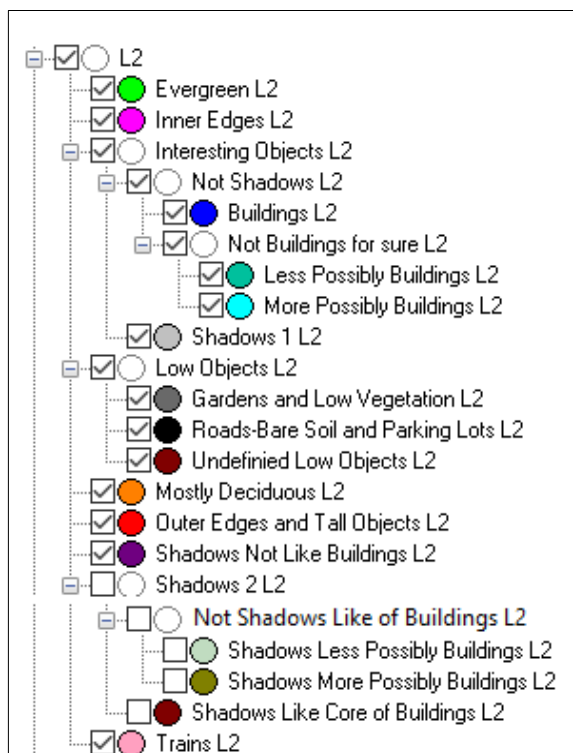
Για να μην υπάρξουν παραμορφώσεις στις άκρες των κτηρίων από το σχετικά ασαφές επίπεδο U, το οποίο εξάντλησε την χρησιμότητά του στην διαμόρφωση του L1, αυτό σβήστηκε πριν τον σχηματισμό του L2.

| | |
|--|---|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Core of Buildings L1, More Possibly Buildings L1, Less Possibly Buildings L1, Other L1 (προληπτικά) |
| Layers x weight | B x1, G x1, R x1, NIR x1, dfeh_m x1, dleh x1, slope_dleh_classes x1 |
| Scale | 12 |
| Shape | 0.3 |
| Compactness | 0.9 |
| Level που εφαρμόστηκε | L1 |
| Level που δημιουργήθηκε | L2 |
| Θέση Level | above |
| <i>Πίνακας 24: Κατάτμηση Επιπέδου L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων</i> | |

Η λογική για τον καθορισμό των παραμέτρων είναι η ίδια με την 1^η κατάτμηση του επιπέδου L1 . Η κλίμακα που επιλέχτηκε μετά από δοκιμές είναι η 12.

4.6.2.3.14 Ταξινόμηση Επιπέδου L2

Η ιεραρχία όλων των κλάσεων του L2 δίνεται στην Εικόνα 125. Οι κλάσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την ταξινόμηση σημειώνονται με “τικ”.



Εικόνα 125: Ιεραρχία κλάσεων στο L2 και κλάσεις που συμμετέχουν στην 1^η ταξινόμηση στο Επίπεδο L2. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

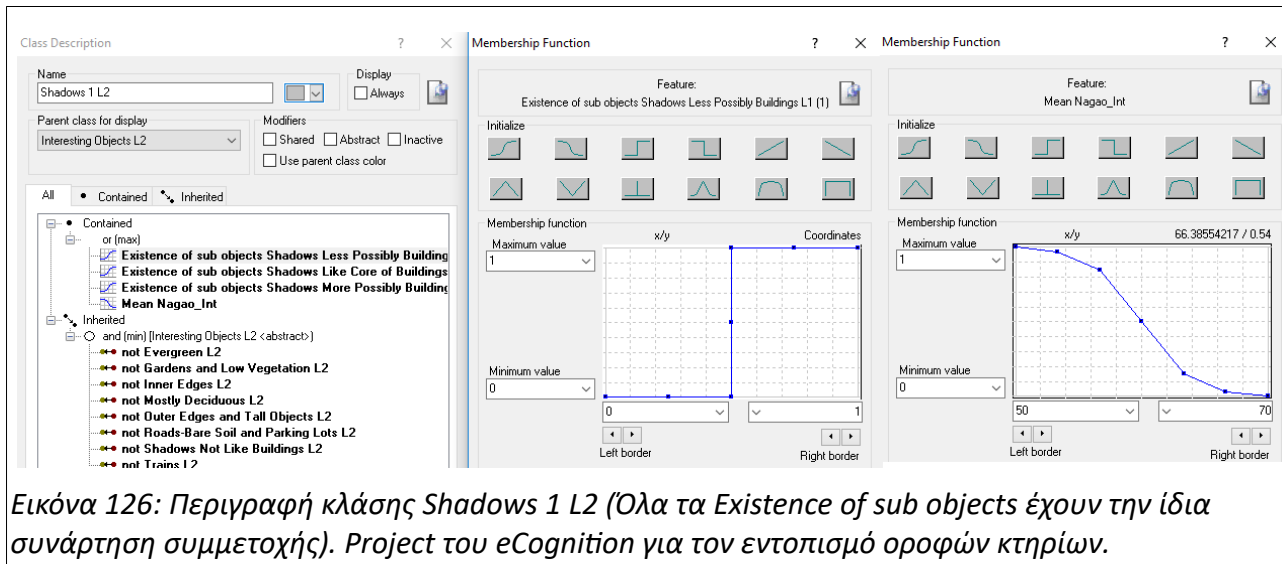
Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν και πάλι η hierarchical classification.

Το σκεπτικό των συσχετίσεων των κλάσεων στην ιεραρχία του L2 είναι αντίστοιχο με αυτό στο L1.

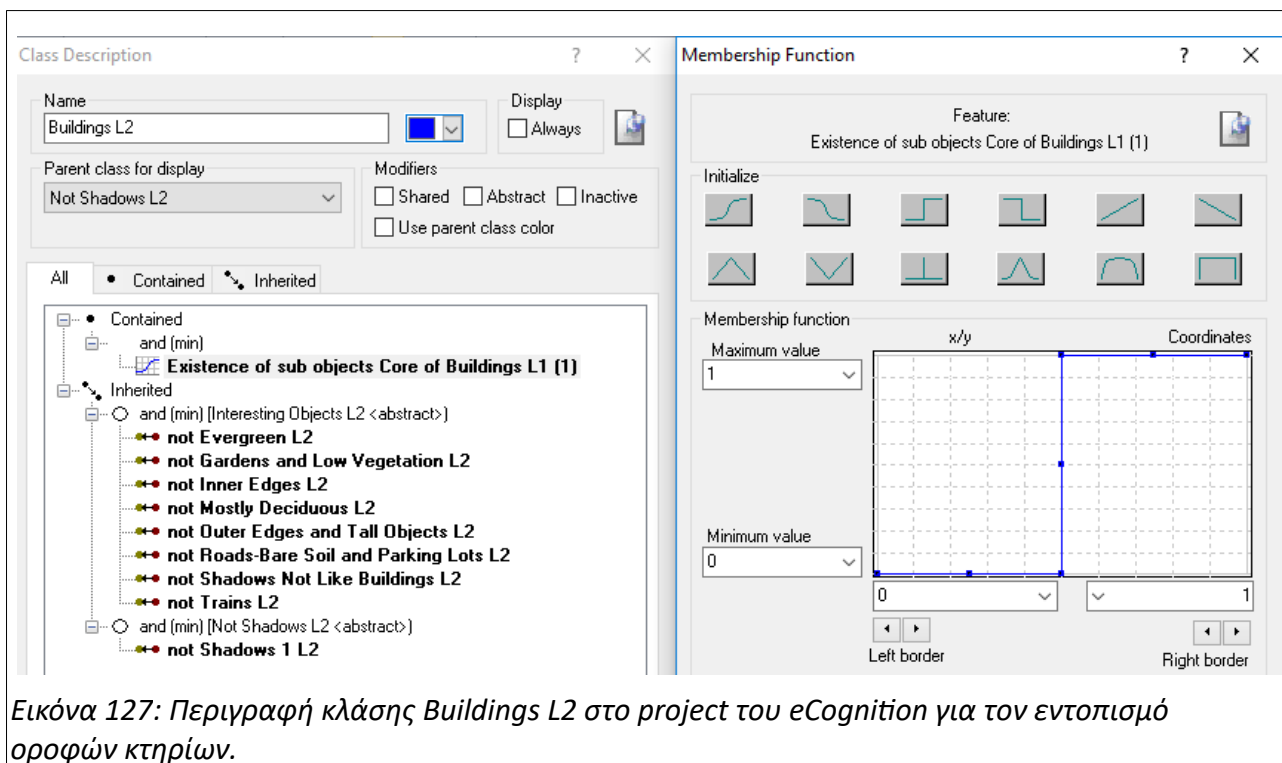
Οι κλάσεις L2, Low Objects L2 είναι κενές abstract κλάσεις που χρησιμοποιούνται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Οι Inner Edges L2, Outer Edges and Tall Objects L2, Gardens and Low Vegetation L2, Roads-Bare Soil and Parking Lots L2, Undefined Low Objects L2, Evergreen L2, Mostly Deciduous L2, Shadows Not Like Buildings L2, Trains L2 αποτελούν απλή μεταφορά κάποιων αποτελεσμάτων του L1 στο L2, με το Class Related feature, Existence of sub objects. Η Bridges L1 από την στιγμή που εμποδίστηκε η εμφάνιση πυρήνων κτηρίων στην γέφυρα μέσω του U, δεν είχε νόημα να μεταφερθεί στο L2, οπότε για να είναι μικρότερο το αρχείο δεν κατασκευάστηκε αντίστοιχη κλάση.

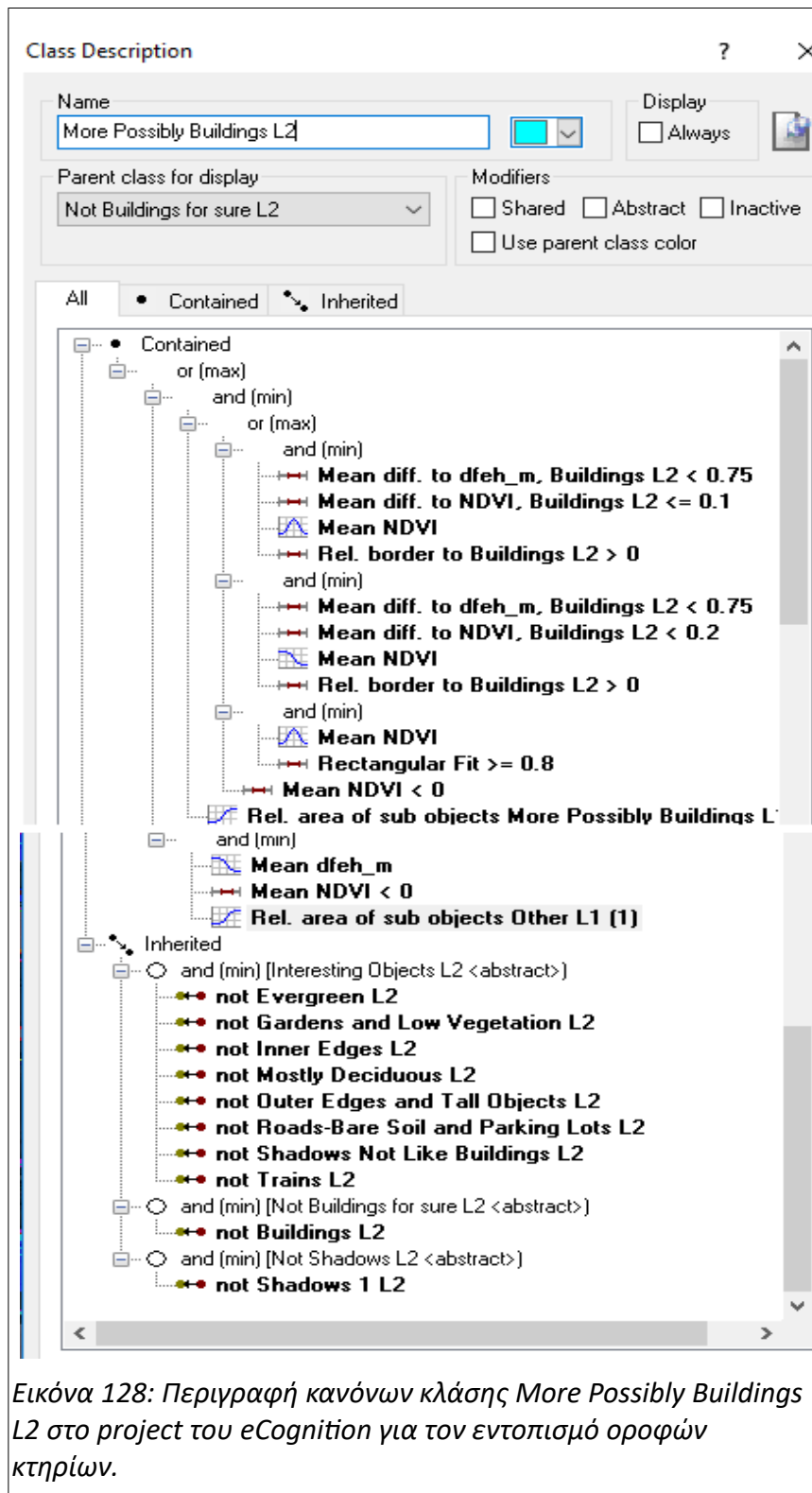
Τα αντικείμενα που απέμειναν καταχωρήθηκαν στην Interesting Objects L2. Αμέσως μετά, η πρώτη κίνηση ήταν να οριστεί η Shadows 1 L2 που με το feature Existence of sub objects μεταφέρει τις σκιές από το L1, αλλά και με το Nagao_Int εντοπίζει νέες σκιές αν υπάρχουν.



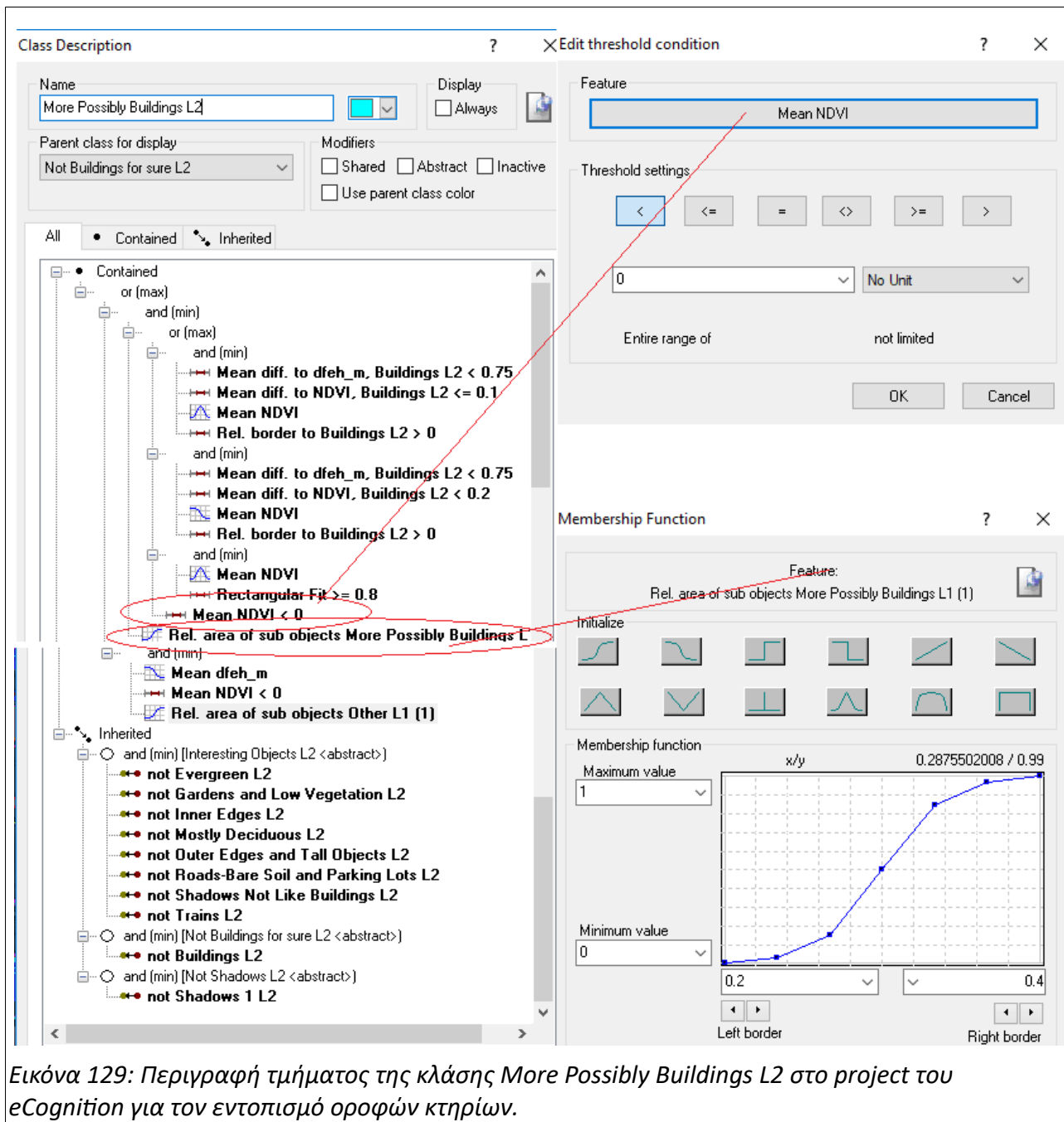
Η *Buildings L2* απαρτίζεται από μεγαλύτερα objects σε σχέση με το *L1* και όπου στο *L1* υπάρχει *Core of Buildings L1*.



Το επίπεδο *L2* εκτιμήθηκε πως έχει επαρκή κλίμακα στα φωτισμένα αντικείμενα, για ξεδιπλωθεί η διαδικασία επέκτασης των πυρήνων κτηρίων, που έχουν εντοπιστεί με σιγουριά, - στα γειτονικά αντικείμενα που πιθανόν είναι κτήρια. Οπότε, δεν πραγματοποιήθηκε άλλη επέκταση των πυρήνων των κτηρίων μέσω του *multiresolution segmentation* και η περισσότερη δουλειά σε αυτό το επίπεδο έγινε με την κλάση *More Possibly Buildings L2* για να ξεχωρίσουν τα objects (αυτής της κλάσης) που μπορούν να ενταχθούν στα κτήρια.

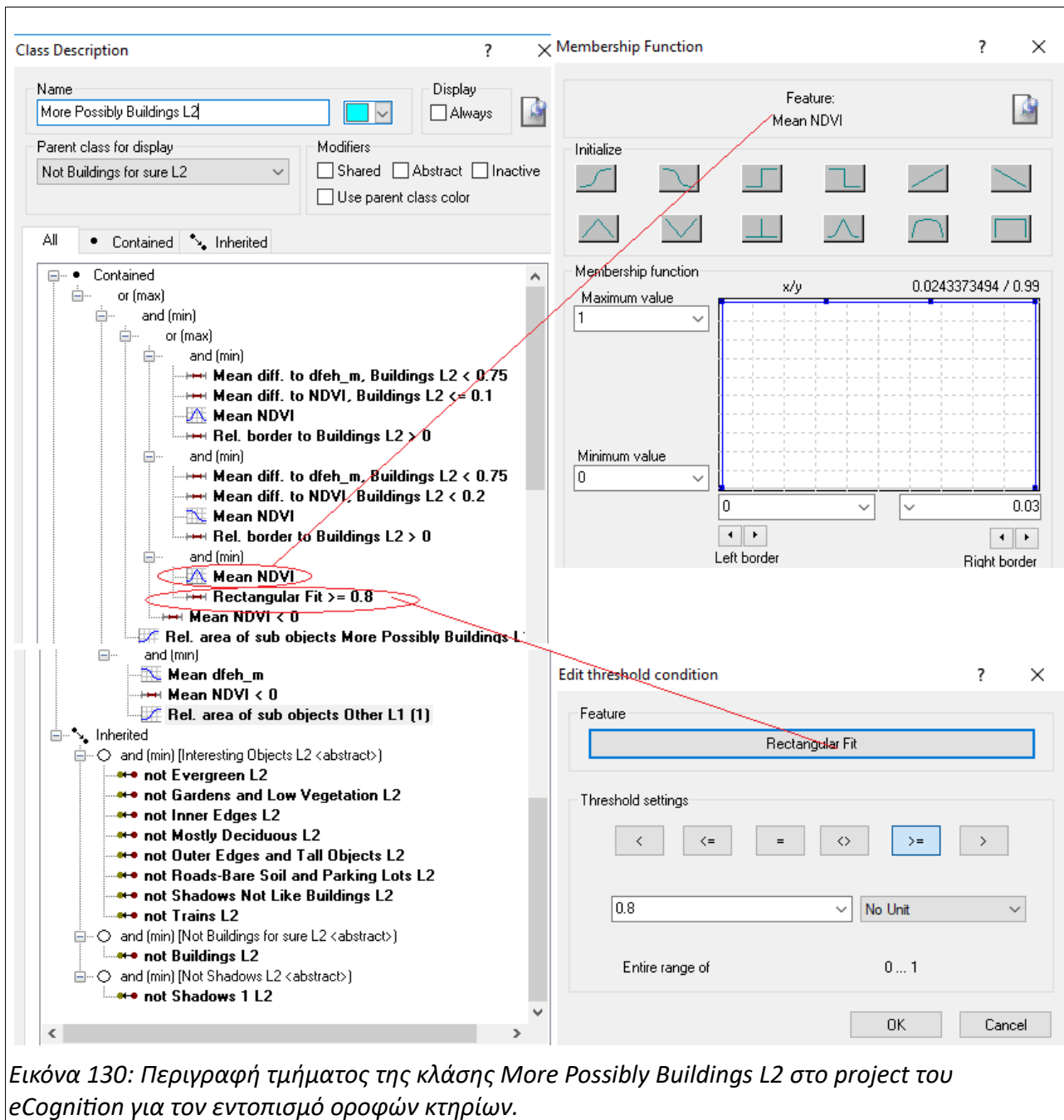


Η γενική ιδέα ήταν ότι: Αν τα objects έχουν από κάτω στο L1, ένα ποσοστό επιφάνειας καλυμμένο από More Possibly Buildings L1 και ταυτόχρονα ο NDVI είναι μικρός, τότε θα είναι κτήρια. Αυτή η προσέγγιση επέτρεπε να εντοπιστούν και τα “ιδιότροπα” κτήρια που δεν εμφανίζουν καθόλου την “υπογραφή” που περιγράφεται στην [Εικόνα 80](#).



Εικόνα 129: Περιγραφή τμήματος της κλάσης *More Possibly Buildings L2* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Όσο ο NDVI μεγάλωνε, αξιοποιήθηκε το σχήμα των objects μέσω του Rectangular Fit.



Εικόνα 130: Περιγραφή τμήματος της κλάσης *More Possibly Buildings L2* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Όταν ο NDVI άρχισε να παίρνει ανησυχητικά υψηλές τιμές, τότε εισήχθη το κριτήριο: τα **More Possibly Buildings L2** να γειτνιάζουν με τα **Buildings L2**. Με αυτό ως δεδομένο τα objects θα ήταν κτήρια (και πιο συγκεκριμένα τμήματα κτηρίων γύρω από έναν πυρήνα)

- εάν το ύψος τους δεν αύξανε από τον πυρήνα (αυτό ισχύει και σε επίπεδες και σε επικλινείς οροφές, από την ανθρώπινη αντίληψη, δηλαδή, οι άκρες έχουν μικρότερο ύψος)
- κι εάν ο NDVI δεν άλλαζε σημαντικά.

Έτσι, χρησιμοποιήθηκε το feature Class-Related features – Relations to neighbor objects – Mean diff to για τα dfch_m και NDVI ως προς την Buildings L2. Έγινε, δηλαδή, μία ανάλυση ανά

περιοχή (γειτονιά).

The image displays the eCognition software interface, specifically the 'Class Description' and 'Membership Function' windows. The 'Class Description' window shows the class 'More Possibly Buildings L2' with its parent class 'Not Buildings for sure L2'. The class is defined by a complex logical expression involving several membership functions and conditions, such as 'Mean diff. to dfch_m, Buildings L2 < 0.75', 'Mean diff. to NDVI, Buildings L2 <= 0.1', and 'Mean NDVI'. The 'Membership Function' window shows the function for 'Mean NDVI' with a maximum value of 1 and a minimum value of 0. The function is defined by a curve that starts at 1 for x=0.1 and decreases to 0 for x=0.2. The current value of the function is 0.19437751 at x=0.72.

Class Description

Name: More Possibly Buildings L2

Parent class for display: Not Buildings for sure L2

Modifiers: Shared Abstract Inactive Use parent class color

Membership Function

Feature: Mean NDVI

Initialize: [Icons]

Membership function: x/y 0.19437751 / 0.72

Maximum value: 1

Minimum value: 0

Left border: 0.1 Right border: 0.2

Membership Function

Feature: Mean NDVI

Initialize: [Icons]

Membership function: x/y 0.1630522088 / 0.01

Maximum value: 1

Minimum value: 0

Left border: 0.1 Right border: 0.2

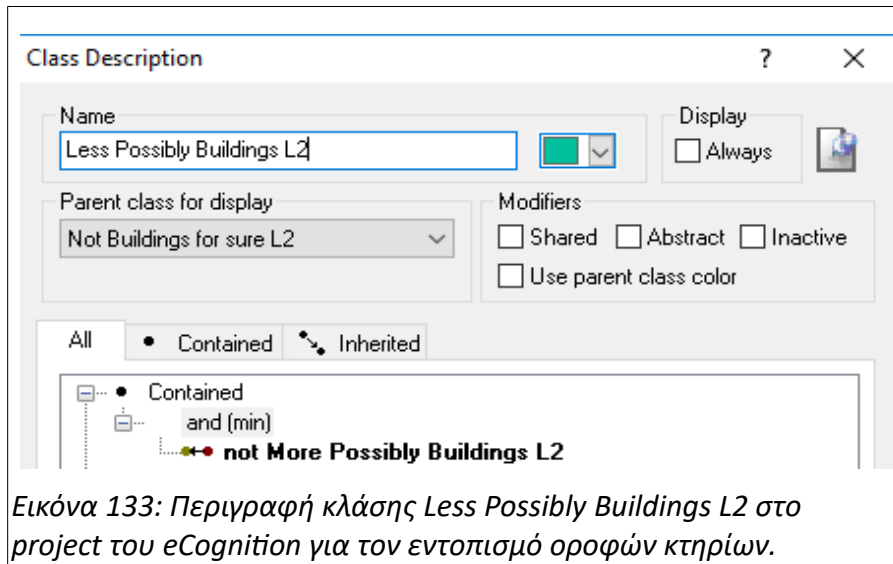
Εικόνα 131: Περιγραφή τμήματος της κλάσης *More Possibly Buildings L2* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Τέλος, εξετάστηκαν εξαιρέσεις που προέκυψαν μετά από φωτοερμηνεία των αποτελεσμάτων ταξινόμησης.

The image displays a software interface for defining fuzzy logic rules. On the left, a class hierarchy is shown under 'Class Description'. The class 'More Possibly Buildings L2' is highlighted with a red oval. It is defined by several rules, including 'Mean dfeh_m' and 'Rel. area of sub objects Other L1 (1)'. On the right, two 'Membership Function' windows are open. The top window shows a graph for the feature 'Mean dfeh_m' with a maximum value of 1 and a minimum value of 0. The bottom window shows a graph for the feature 'Rel. area of sub objects Other L1 (1)' with a maximum value of 1 and a minimum value of 0. Both graphs show a blue curve representing the membership function.

Εικόνα 132: Περιγραφή τμήματος της κλάσης *More Possibly Buildings L2* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Η κλάση *Less Possibly Buildings L2* εγκόλπωσε, απλώς, όλα τα εναπομείναντα αντικείμενα.



4.6.2.3.15 2^η Κατάτμηση Επιπέδου L2

Η επόμενη κατάτμηση αφορούσε στις σκιές του L2.

| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Shadows 1 L2 |
| Layers x weight | dfeh_m x1, dfel x1, dleh x1, dlel x1, Intensity x2, Nagao_Int x2, slope_dfel x1, slope_dfel x1 |
| Scale | 10 |
| Shape | 0.3 |
| Compactness | 0.9 |
| Level που εφαρμόστηκε | L2 |
| Level που δημιουργήθηκε | L2 |
| Θέση Level | Use Current (merge only) |

Πίνακας 25: 7η κατάτμηση στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

Η λογική είναι ακριβώς η ίδια με την 2^η κατάτμηση του επιπέδου L1, αλλά σε μεγαλύτερη κλίμακα.

4.6.2.3.16 2^η Ταξινόμηση Επιπέδου L2

Η ταξινόμηση αυτή εφαρμόστηκε μόνο στην Shadows 1 L2.

| | |
|---------------------|--|
| Αλγόριθμος | Hierarchical Classification |
| Class Filter | Shadows 1 L2 |
| Classes | Shadows 2 L2, Shadows Like Core of Buildings L2, Not Shadows Like Core of Buildings L2, Shadows More Possibly Buildings L2, Shadows Less Possibly Buildings L2 |

Πίνακας 26: 2^η Ταξινόμηση στο Επίπεδο L2. Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

Η Shadows 2 L2 ήταν απλά μία αντιγραφή της Shadows 1 L1.

Η Shadows Like Core of Buildings L2 απαιτούσε να υπάρχει στο L1, Shadows Like Core of Buildings L1 και ταυτόχρονα να μην έχουν τα αντικείμενα πολύ μεγάλη επαφή με τα Evergreen L2.

The screenshot displays two windows from the eCognition software. The 'Class Description' window on the left shows the class name 'Shadows Like Core of Buildings L2', its parent class 'Shadows 2 L2', and a list of contained and inherited classes. The 'Membership Function' window on the right shows the feature 'Existence of sub objects Shadows Like Core of Buildings L1 (1)' and a membership function graph with a maximum value of 1 and a minimum value of 0. The graph shows a step function that is 1 for x < 0 and 0 for x > 0.

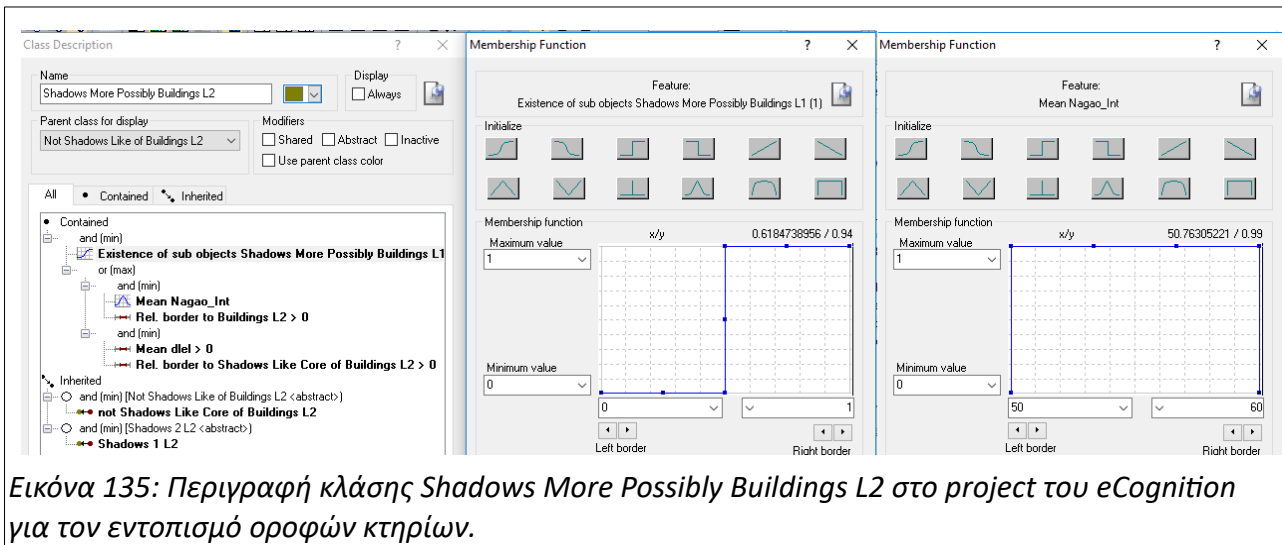
Εικόνα 134: Περιγραφή κλάσης Shadows Like Core of Buildings L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Και για τις σκιές, αυτό το επίπεδο θεωρήθηκε επαρκές, ώστε να μην χρησιμοποιηθεί ξανά ο multiresolution segmentation με πιο μεγάλη κλίμακα. Επομένως, στην Shadows More Possibly Buildings L2 επιδιώχθηκε να ενταχθούν όλα τα πιθανά τμήματα κτηρίων στα οποία μπορούσαν να επεκταθούν οι σκιασμένοι πυρήνες κτηρίων. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιήθηκε το Existence of sub objects σε σχέση με την Shadows More Possibly Buildings L1, καθώς και

- το Relative Border to Shadows Like Core of Buildings L2, με $d_{rel} > 0$, το οποίο είναι άμεσο

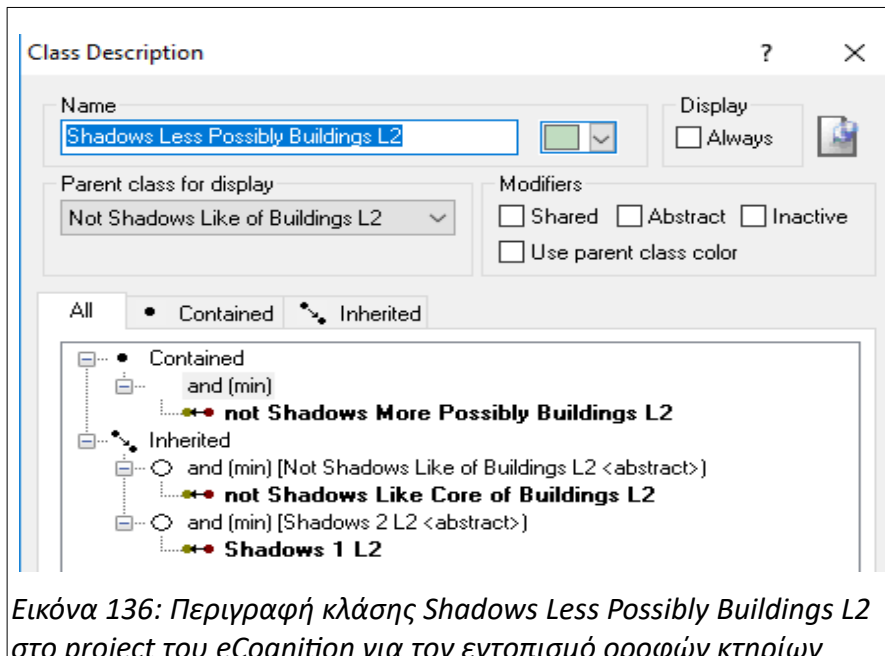
εξαγόμενο της προσέγγισης που έχει ακολουθηθεί

- το Relative Border to Buildings L2 με $50 \leq \text{Nagao_Int} \leq 60$, κάνοντας μία πρώτη σύνδεση των σκιών με τα φωτισμένα αντικείμενα κι αξιοποιώντας την γεωμετρική ερμηνεία του δείκτη σκίασης και την ανθρώπινη εμπειρία. Δηλαδή, ότι επιφάνειες που σκιάζονται και μάλιστα ελαφρώς τείνουν να είναι συνέχεια του γειτονικού αντικειμένου.



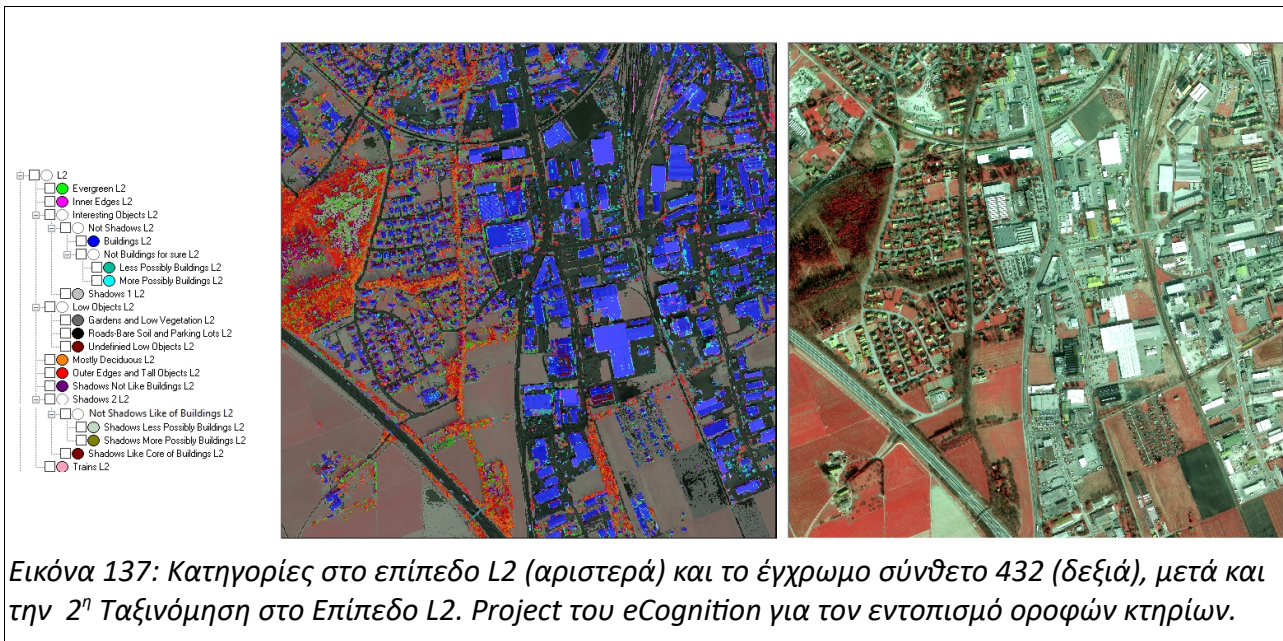
Εικόνα 135: Περιγραφή κλάσης *Shadows More Possibly Buildings L2* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Η *Shadows Less Possibly Buildings L2* ενσωμάτωσε όλες τις υπόλοιπες σκιές που δεν εντάχθηκαν στην *Shadows More Possibly Buildings L2*.



Εικόνα 136: Περιγραφή κλάσης *Shadows Less Possibly Buildings L2* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

Η ταξινόμηση στο L2 μέχρι αυτό το σημείο δίνεται στην Εικόνα 137.



4.6.2.3.17 Πράξεις στο Επίπεδο L2

4.6.2.3.17.1 Απόδοση (assign class) των More Possibly Buildings L2 στα Buildings L2

Στην πορεία επέκτασης των πυρήνων των κτηρίων και διαχείρισης των εξαιρέσεων, ύστερα από την 2^η ταξινόμηση στο Επίπεδο L2, με μία ταξινόμηση assign class τα More Possibly Buildings L2 μετατράπηκαν σε Buildings L2.

4.6.2.3.17.2 Απόδοση (assign class) των Shadows More Possibly Buildings L2 στα Shadows Like Core of Buildings L2

Ομίως, τα Shadows More Possibly Buildings L2 μεταφέρθηκαν στα Shadows Like Core of Buildings L2.

4.6.2.3.17.3 Απόδοση (assign class) των Shadows More Possibly Buildings L2 στα Buildings L2

Συνδέοντας τις σκιές με τα φωτισμένα αντικείμενα τα Shadows More Possibly Buildings L2, που βρίσκονταν σε επαφή με τα Buildings L2 αποδόθηκαν στην Buildings L2

4.6.2.3.17.4 3^η Κατάτμηση Επιπέδου L2

Με την ολοκλήρωση της διαχείρισης των αντικειμένων που πιο πιθανά ήταν κτήρια (More Possibly), η διαχείριση των λιγότερο πιθανόν (Less Possibly) και πιο ακραίων τμημάτων των κτηρίων επιλέχθηκε να γίνει σε επίπεδο pixel, δηλαδή 0,5mx0,5m. Συνεπώς, εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος chessboard segmentation.

| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Chessboard Segmentation |
| Class Filter | Less Possibly Buildings L2, Shadows Less Possibly Buildings L2 |
| Object size | 1 |
| Level που εφαρμόστηκε | L2 |
| Level που δημιουργήθηκε | L2 |
| Θέση Level | Current |

Πίνακας 27: 3^η Κατάτμηση Επιπέδου L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

4.6.2.3.17.5 Πράξεις μετά την 3^η Κατάτμηση στο Επίπεδο L2

4.6.2.3.17.5.1 Απόδοση (assign class) των Less Possibly Buildings L2 στα Shadows Less Possibly Buildings L2 και Αντίστροφα

Επειδή, η ανάλυση σε επίπεδο pixel περιέχει μεγαλύτερη πληροφορία από τη μικρότερη κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε για σκιές και φωτισμένα αντικείμενα: Τα objects (pixels) της Less Possibly Buildings L2 με Nagao_Int < 60 μεταφέρονται στην Shadows Less Possibly Buildings L2 και αμφίδρομα τα objects της Shadows Less Possibly Buildings L2 με Nagao_Int >= 60 οδηγούνται στην Less Possibly Buildings L2.

4.6.2.3.17.5.2 Απόδοση (assign class) των Less Possibly Buildings L2 στα Mostly Deciduous L2

Όλα τα objects της Less Possibly Buildings L2 με NDVI >= 0,2 μεταφέρονται στην Mostly Deciduous L2.

4.6.2.3.17.5.3 Απόδοση (assign class) των Less Possibly Buildings L2 και Shadows Less Possibly Buildings L2 στα Inner Edges L2

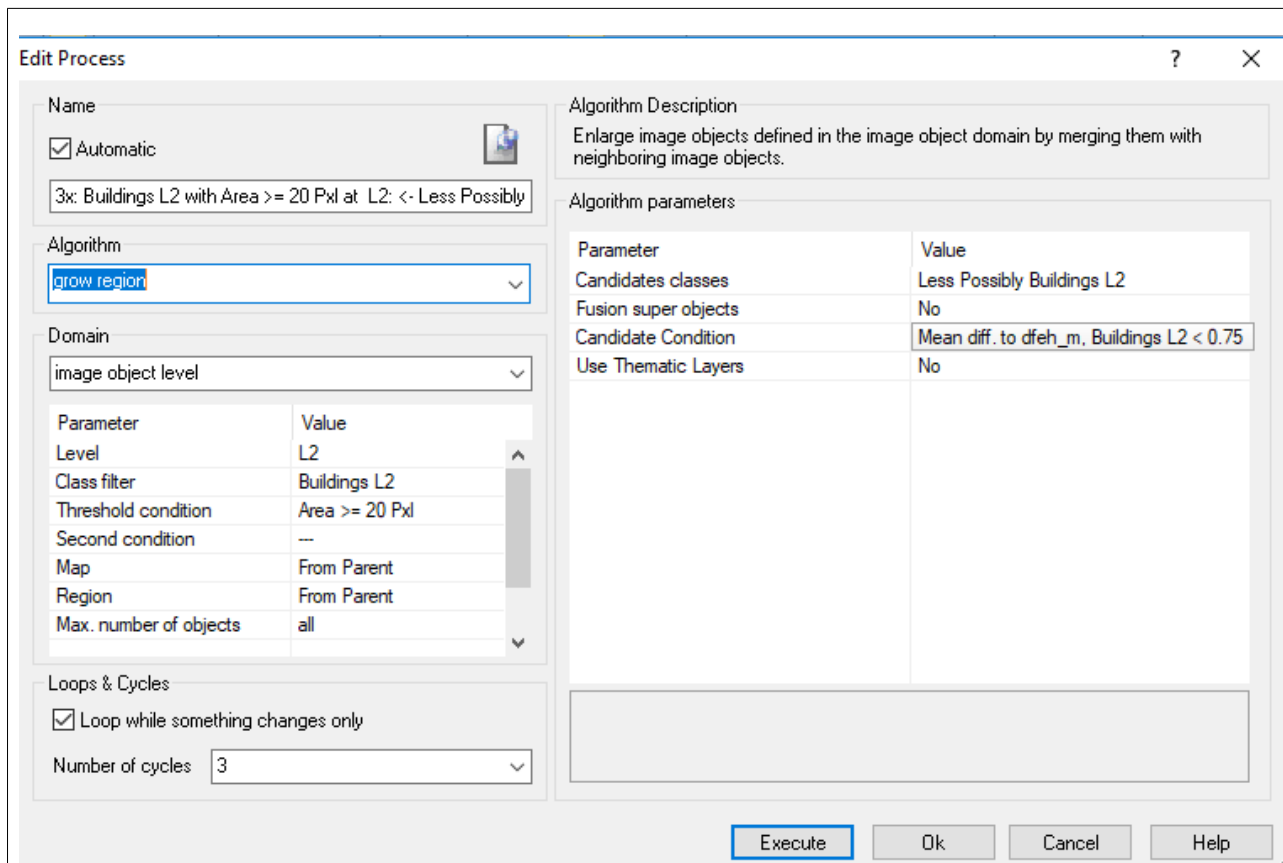
Όλα τα objects των Less Possibly Buildings L2 και Shadows Less Possibly Buildings L2 με slope_dleh_classes = 3 μεταφέρονται στην Inner Edges L2. Αφού αποτελούν ουσιαστικά άκρες κτηρίων, σύμφωνα με την [Εικόνα 29](#).

Μετάπειτα, όλα τα objects των ίδιων κλάσεων με dfel <= 0 μεταφέρονται και πάλι στην Inner Edges L2 ακριβώς για τον ίδιο λόγο.

4.6.2.3.17.5.4 Συγχώνευση (Merge Region) πρώτα των Buildings L2 και μετά των Shadows Like Core of Buildings L2

4.6.2.3.17.5.5 Επέκταση (Grow Region) των Buildings L2 στα Less Possibly Buildings L2, 3 φορές

Μετά από παρατήρηση του πεδίου μελέτης φάνηκε ότι μία καλή εκτίμηση, στην πλειοψηφία, για το πόσο πρέπει να επεκταθούν τα κτήρια στα Less Possibly Buildings L2, που είναι ουσιαστικά άκρες κτηρίων, ήταν τα 3pixels ή το πολύ 1,5m.



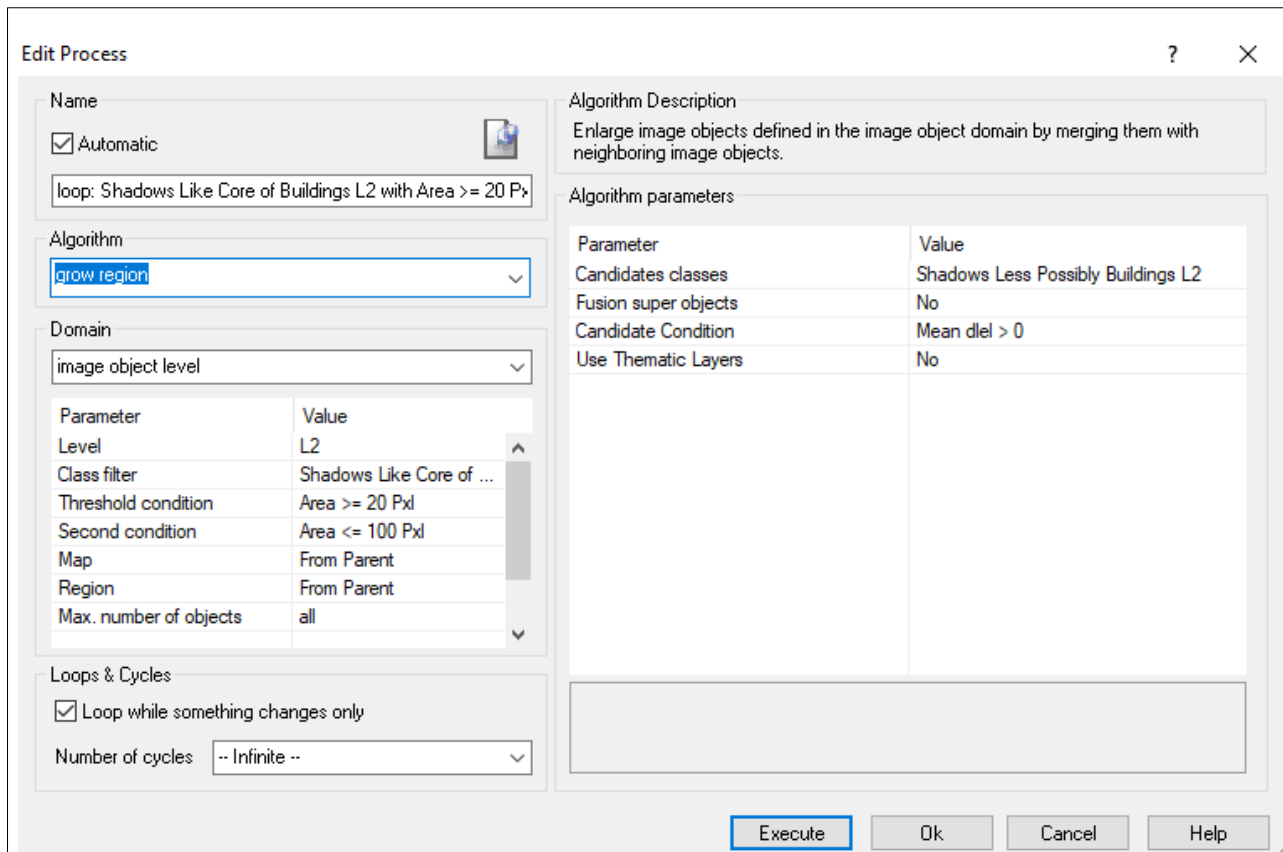
Εικόνα 138: Επέκταση (Grow Region) των Buildings L2 στα Less Possibly Buildings L2 κατά 3pixels, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Οι περιορισμοί που τέθηκαν ήταν:

- τα Buildings L2 να έχουν Area >= 20pixels, δηλαδή 5m², γιατί αλλιώς θεωρήθηκαν ως αντικείμενα που κατά λάθος έχουν ενταχθεί στα κτήρια και το λάθος θα διογκωνόταν αν επεκτείνονταν
- τα Less Possibly Buildings L2 ως ακριανά μέρη κτηρίων να μην έχουν μεγαλύτερο ύψος από τον κύριο όγκο του κτηρίου

4.6.2.3.17.5.6 Επέκταση (Grow Region) των Shadows Like Core of Buildings L2 στα Shadows Less Possibly Buildings L2

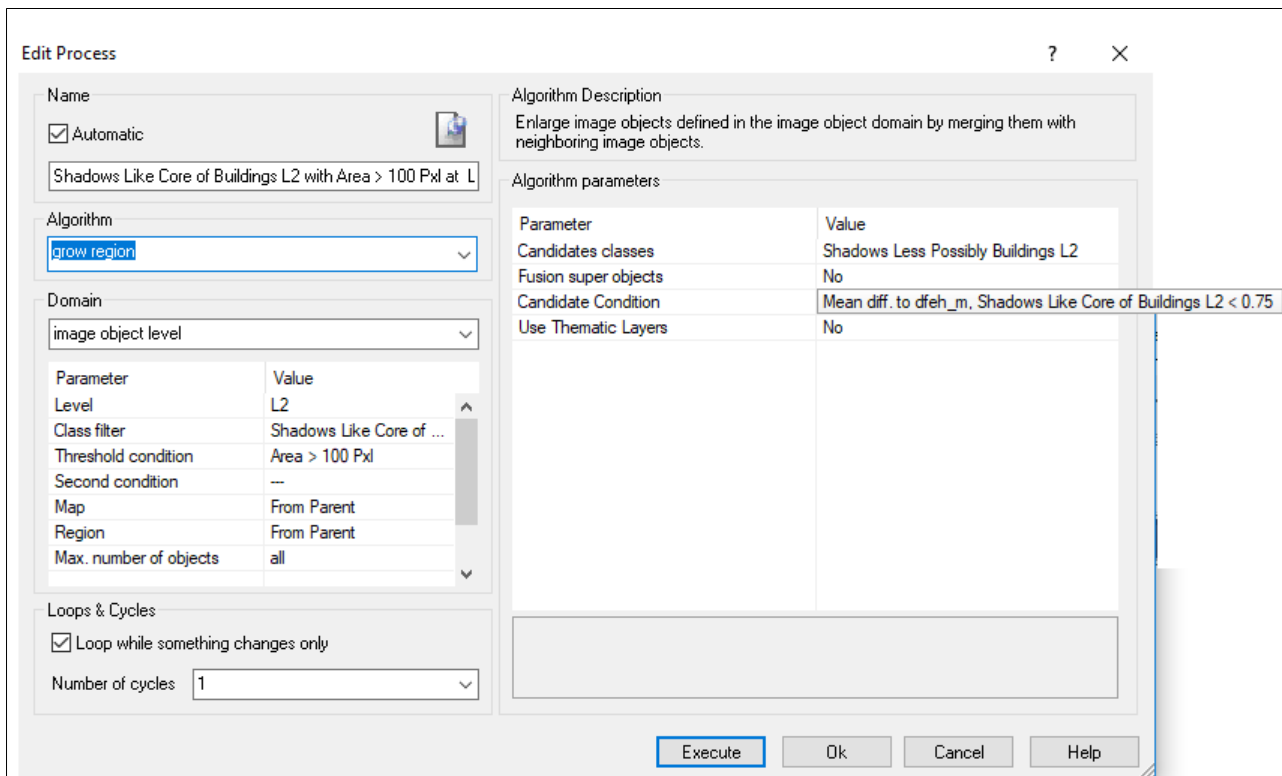
Παρόμοια, οι σκιές, που μάλλον, είναι κτήρια επεκτάθηκαν στα Shadows Less Possibly Buildings L2. Η διαδικασία αυτή έγινε και πάλι μετά από παρατήρηση (στα LIDAR δεδομένα) σε 2 βήματα διαχωρίζοντας τα κτήρια σε μικρά και μεγάλα.



Εικόνα 139: 1^η Επέκταση (Grow Region) Shadows Like Core of Buildings L2 στα Shadows Less Possibly Buildings L2, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Στην 1^η Επέκταση, οι περιορισμοί που τέθηκαν ήταν:

- τα Shadows Like Core of Buildings L2 να έχουν 20pixels <= Area <= 100pixels
- τα Shadows Less Possibly Buildings να έχουν dlel > 0



Εικόνα 140: 2^η Επέκταση (Grow Region) Shadows Like Core of Buildings L2 στα Shadows Less Possibly Buildings L2, στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Η 2^η Επέκταση έγινε μόνο κατά 1pixel και οι περιορισμοί που τέθηκαν ήταν:

- τα Shadows Like Core of Buildings L2 να έχουν Area ≥ 100 pixels
- τα Shadows Less Possibly Buildings να μην εμφανίζουν μεγαλύτερο ύψος από το κύριο σώμα του κτηρίου

Στην διαχείριση των αντικειμένων που είναι λιγότερο πιθανά να είναι κτήρια (Less) δεν έγινε επέκταση από τα φωτισμένα στα σκιασμένα ή αντίστροφα

4.6.2.3.17.5.7 Απόδοση (assign class) των Shadows Like Core of Buildings L2 στα Buildings L2

Σε αυτό το σημείο ενώθηκαν τα αποτελέσματα της ανάλυσης στις σκιές και στα φωτισμένα αντικείμενα. Έτσι, τα Shadows Like Core of Buildings L2 μεταφέρθηκαν στα Buildings L2.

4.6.2.3.17.6 4^η Κατάτμηση Επιπέδου L2

Με την κεντρική ιδέα για την εξαγωγή κτηρίων να έχει υλοποιηθεί, ακολούθως από τον πυρήνα των κτηρίων και προς τα έξω, ερχόταν η διαχείριση των Inner Edges L2 και Shadows Not Like Buildings L2. Κι αυτή η διαδικασία ήταν “λεπτή” δουλειά κι έγινε σε επίπεδο pixel.

| | |
|--------------------------------|---|
| Αλγόριθμος | Chessboard Segmentation |
| Class Filter | Inner Edges L2, Shadows Not Like Buildings L2 |
| Object size | 1 |
| Level που εφαρμόστηκε | L2 |
| Level που δημιουργήθηκε | L2 |
| Θέση Level | Current |

Πίνακας 28: 4^η Κατάτμηση Επιπέδου L2 στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

4.6.2.3.17.7 Πράξεις μετά την 4^η Κατάτμηση στο Επίπεδο L2

4.6.2.3.17.7.1 Επέκταση (Grow Region) των Buildings L2 στα Inner Edges L2 και Shadows Not Like Buildings L2

Σύμφωνα με την [Εικόνα 29](#), για τον τρόπο που αποτυπώνονται τα δεδομένα CCD και τα δεδομένα LIDAR και από τις χωρικές αναλύσεις των 2 οργάνων, κρίθηκε σκόπιμο να επεκταθούν κατά 1pixel τα κτήρια προς τις άκρες Inner Edges L2 και Shadows Not Like Buildings L2.

Από εδώ και πέρα, ολοκληρώνεται η ανίχνευση των ορίων των κτηρίων και ξεκινά η διαχείριση στο εσωτερικό τους.

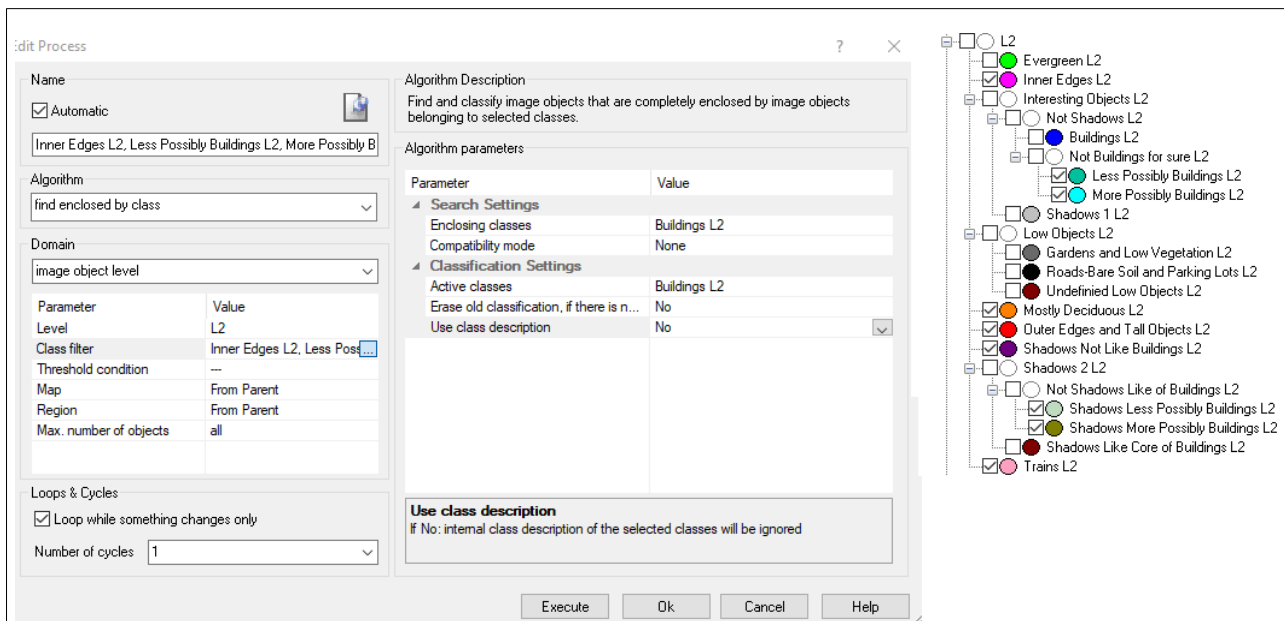
4.6.2.3.17.7.2 Επέκταση (Grow Region) των Evergreen L2 στα Shadows More Possibly Buildings L2, Shadows Less Possibly Buildings L2, Shadows Not Like Buildings L2

Η κίνηση αυτή γίνεται γιατί, στο εσωτερικό λίγων κτηρίων εμφανίζονται κομμάτια βλάστησης (πιθανόν ταρατσόκηποι) κι έτσι τα Evergreen L2 θα εξεταστούν με διαφορετικό τρόπο. Για αυτό το λόγο, οι σκιές που ακουμπούν στα Evergreen L2 αποδίδονται σε αυτή την κατηγορία. **Γνώμονας είναι ότι ο μόνος στόχος είναι ο ακριβέστερος εντοπισμός των κτηρίων και δεν ενδιαφέρει η ακριβής αποτύπωση της βλάστησης.** Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο τα Evergreen L2 θα τύχουν ειδικής μεταχείρισης κι όχι τα Mostly Deciduous L2 που περιέχουν τμήματα οροφών που εμφανίζεται ήπια βλάστηση (χαμηλά NDVI), ώστε να αποδοθούν όσο γίνεται καλύτερα τα αντικείμενα ενδιαφέροντος.

4.6.2.3.17.7.3 Εύρεση αντικειμένων που περικλείονται από την Buildings L2 και μετατροπή τους σε αυτή (Find Enclosed By Class)

Όλα τα objects που βρίσκονται εντός κτηρίων και δεν είναι Evergreen L2 αποδίδονται στην Buildings L2. Αυτά τα αντικείμενα δεν αλλάζουν χαρακτηριστικά ύψους, όσον αφορά στην μετέπειτα προσομοίωση της ηλιακής ακτινοβολίας και δεν μπορούν εφόσον, είναι εντός του

σώματος ενός κτηρίου να είναι κάτι άλλο, από τμήμα των κτηρίων.



Εικόνα 141: Εύρεση αντικειμένων που περικλείονται από την Buildings L2 και μετατροπή τους σε αυτή (Find Enclosed By Class), στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

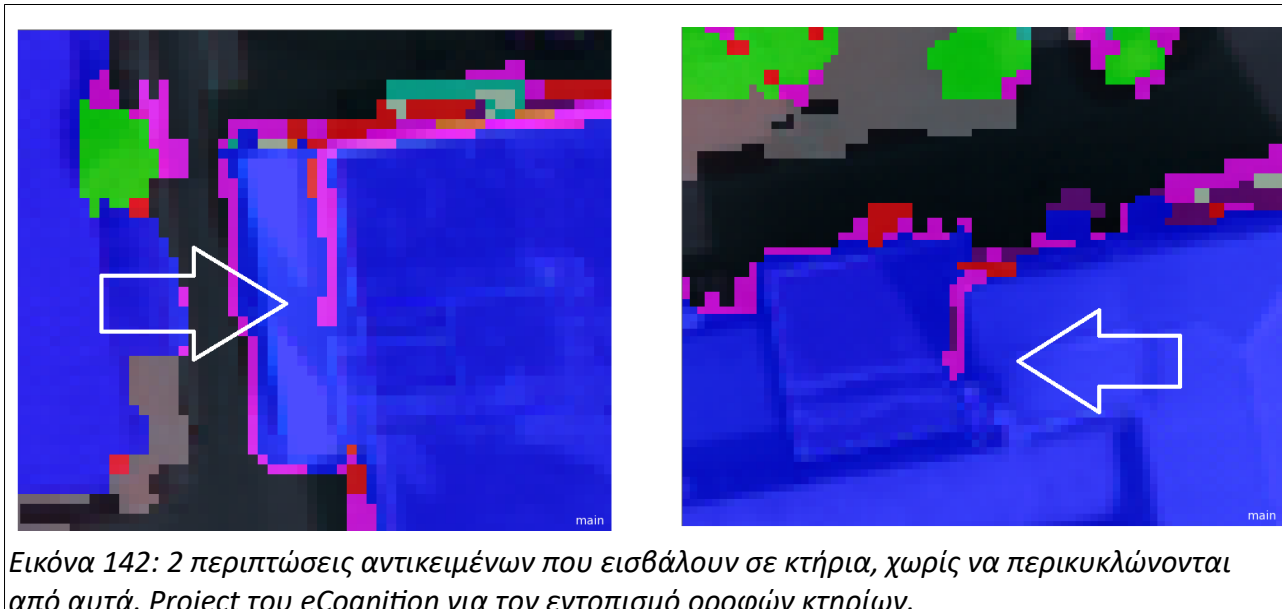
4.6.2.3.17.7.4 Συγχώνευση (Merge Region) των Evergreen L2

4.6.2.3.17.7.5 Εύρεση των Evergreen L2 που περικλείονται από την Buildings L2 και μετατροπή τους σε αυτή (Find Enclosed By Class)

Μόνο τα Evergreen L2 με Area ≤ 50 pixels, δηλαδή $12,5m^2$, που περικλείονται από κτήρια μεταφέρθηκαν στην Buildings L2.

4.6.2.3.17.7.6 3 Επιπλέον Κατατμήσεις και Πράξεις μαζί με αυτές στο Επίπεδο L2

Αφού πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των αντικειμένων στο εσωτερικό των Buildings L2, απέμεινε η διαχείριση των αντικειμένων που εισβάλουν στα κτήρια, αλλά δεν περικυκλώνονται από αυτά.



Εικόνα 142: 2 περιπτώσεις αντικειμένων που εισβάλλουν σε κτήρια, χωρίς να περικυκλώνονται από αυτά. Project του eCoanition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Για να υλοποιηθεί αυτή η διεργασία έγιναν 3 κατατμήσεις και επεκτάσεις των Buildings L2 μαζί με αυτές.

Αρχικά, τα Inner Edges L2, Less Possibly Buildings L2, Outer Edges and Tall Objects L2, Shadows Not Like Buildings L2, Shadows Less Possibly Buildings L2, που είχαν μείνει στην ταξινόμηση της εικόνας, αποδομήθηκαν σε pixels με μία chessboard segmentation. Τα Mostly Deciduous L2 και Evergreen L2 που εισάγονταν στα κτήρια επιλέχτηκε να μην πειραχτούν, καθώς μπορεί να μην αποτελούν τμήματα κτηρίων.

Ύστερα, έγινε μία κατάτμηση με τον multiresolution segmentation

| | |
|-------------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter Layers x weight | Inner Edges L2, Less Possibly Buildings L2, Outer Edges and Tall Objects L2, Shadows Not Like Buildings L2, Shadows Less Possibly Buildings L2 |
| Scale | 5 |
| Shape | 0.1 |
| Compactness | 0.5 |
| εφαρμοστή κε | L2 |
| Level που δημιουργήθηκε | L2 |
| Θέση Level | Use Current (merge only) |

Πίνακας 29: 1^η Κατάτμηση για τον εντοπισμό αντικειμένων που εισβάλλουν σε κτήρια, χωρίς να περικυκλώνονται από αυτά.

Τα layers που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το dfel, για να ανήκουν τα segments στο ίδιο κτήριο και το Intensity για να ανήκουν τα segments στο ίδιο υλικό, άρα και πάλι στο ίδιο κτήριο. Η κλίμακα που επιλέχτηκε για τα μικρά σε πάχος αντικείμενα ήταν 5. Σε αυτά τα μεγέθη το shape έπαιζε μικρό ρόλο και ορίστηκε στο 0,1 και το compactness στο 0,5.

Επέκταση (Grow Region) των Buildings L2 στα Inner Edges L2, Less Possibly Buildings L2, Outer Edges and Tall Objects L2, Shadows Not Like Buildings L2, Shadows Less Possibly Buildings L2

Τα Outer Edges and Tall Objects L2 μεταφέρθηκαν στα Buildings L2, όταν είχαν Rel. Border to Buildings L2 $\geq 0,7$.

Τα υπόλοιπα μετατράπηκαν σε Buildings L2, όταν είχαν Rel. Border to Buildings L2 $\geq 0,6$.

Στην συνέχεια για τα μεγαλύτερα αντικείμενα που εισάγονται στα objects έγινε, πάνω στην προηγούμενη κατάτμηση, μία ακόμα:

| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Inner Edges L2, Less Possibly Buildings L2, Outer Edges and Tall Objects L2, Shadows Not Like Buildings L2, Shadows Less Possibly Buildings L2 |
| Layers x weight | dfel x1, Intensity x1 |
| Scale | 10 |
| Shape | 0.1 |
| Compactness | 0.5 |
| εφαρμοστή κε | L2 |
| Level που δημιουργήθηκε | L2 |
| Θέση Level | Use Current (merge only) |

Πίνακας 30: 2η κατάτμηση στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων

Επέκταση (Grow Region) των Buildings L2 στα Inner Edges L2, Less Possibly Buildings L2, Outer Edges and Tall Objects L2, Shadows Not Like Buildings L2, Shadows Less Possibly Buildings L2

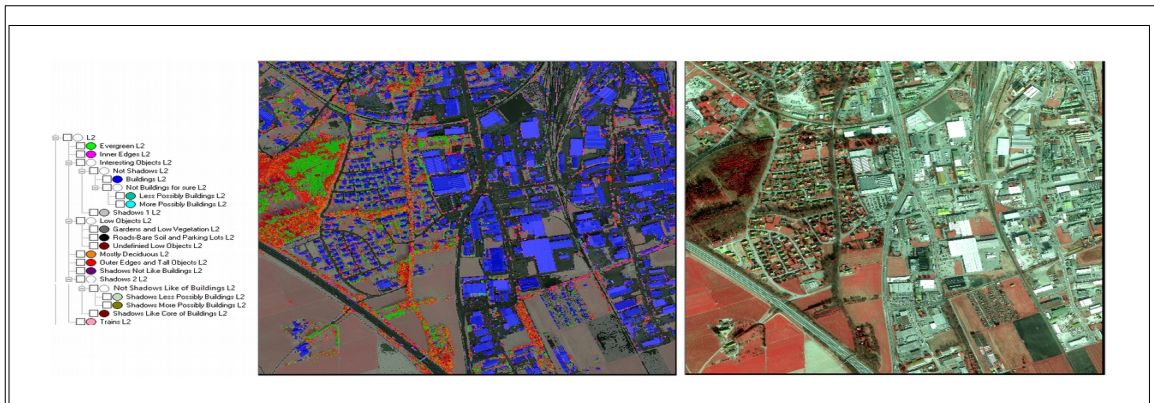
Όπως και πριν, τα Outer Edges and Tall Objects L2 μεταφέρθηκαν στα Buildings L2, όταν είχαν Rel. Border to Buildings L2 $\geq 0,7$.

Τα υπόλοιπα μετατράπηκαν σε Buildings L2, όταν είχαν Rel. Border to Buildings L2 $\geq 0,6$.

Εύρεση των Evergreen L2, Mostly Deciduous L2, Low Objects L2, Shadows More Possibly Buildings L2 που περικλείονται από την Buildings L2 και μετατροπή τους σε αυτή (Find Enclosed By Class)

Τέλος για το επίπεδο L2, μετά τις αναδιατάξεις που έγιναν στις τελευταίες πράξεις εκτελέστηκε

και μία εντολή find enclosed by class για τα Evergreen L2, Mostly Deciduous L2, Low Objects L2, Shadows More Possibly Buildings L2 που έχουν Area ≤ 10 pixels (2,5m²) και θεωρήθηκαν ως θόρυβος. Κι αυτά μετατράπηκαν σε Buildings L2.



Εικόνα 143: Τελική Ταξινόμηση στο Επίπεδο L2 (αριστερά) και το έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Μπορεί να γίνει σύγκριση με την Εικόνα 107 (τελική ταξινόμηση επιπέδου L1). Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

4.6.2.3.18 Αντιγραφή Επιπέδου (Copy Image Object Level) L2 στο L3

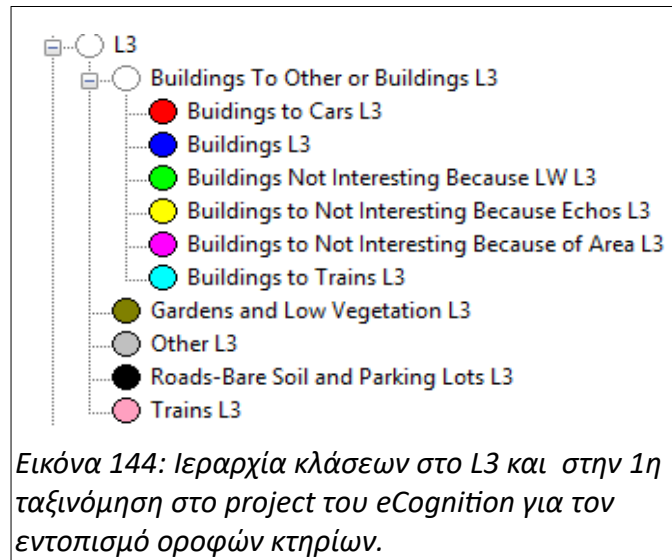
Η τελική ταξινόμηση του επιπέδου L2 χρειαζόταν κάποιες διορθώσεις. Αυτές έγιναν στο επίπεδο L3 που προέκυψε από αντιγραφή του L2.

4.6.2.3.19 Συγχώνευση (Merge Region) των Buildings στο L3

Η πρώτη κίνηση που πραγματοποιήθηκε ήταν η συγχώνευση των κτηρίων στο L3, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά.

4.6.2.3.20 Ταξινόμηση Επιπέδου L3

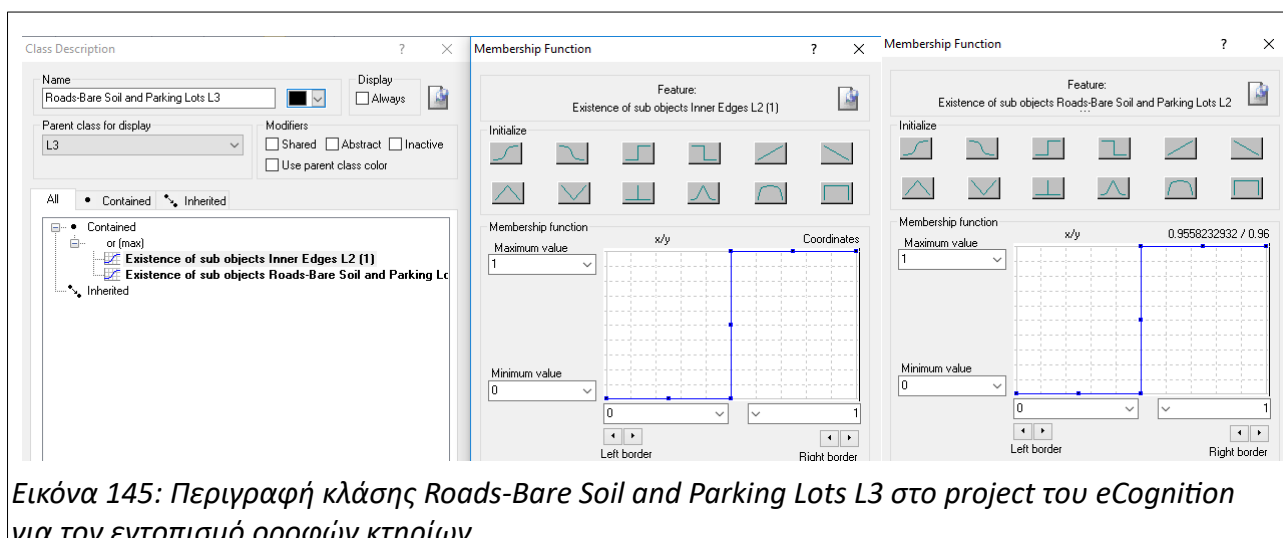
Η ιεραρχία των κλάσεων του επιπέδου L3 δίνεται στην παρακάτω Εικόνα 144:



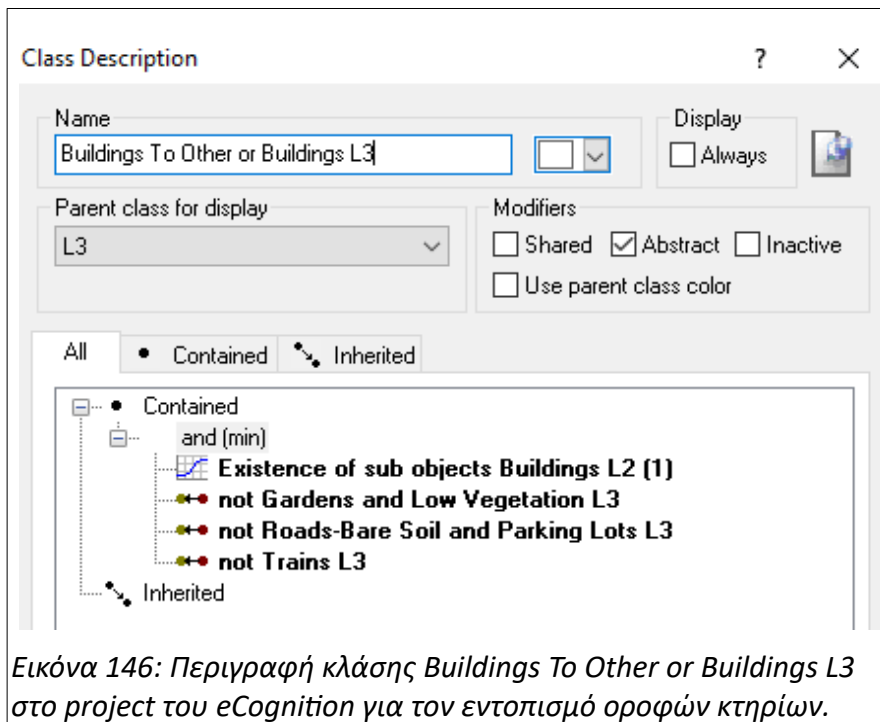
Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο hierarchical classification.

Η κλάση L3 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Σε πρώτη φάση, δημιουργήθηκαν οι κλάσεις Gardens and Low Vegetation L3, Roads-Bare Soil and Parking Lots L3, Trains L3. Οι Gardens and Low Vegetation L3, Trains L3, οι οποίες απλώς μετέφεραν από τις ταξινομήσεις των προηγούμενων επιπέδων τα αποτελέσματα που μπορεί να φαίνονταν χρήσιμα. Το ίδιο ισχύει και για την Roads-Bare Soil and Parking Lots L3, με την διαφορά ότι εδώ και οι εσωτερικές ακμές των χαμηλότερων επιπέδων (Inner Edges L2) μετατρέπονται σε Roads-Bare Soil and Parking Lots L3.



Η Buildings To Other or Buildings L3 περιέχει όλα τα αντικείμενα που έχουν εξαχθεί ως κτήρια στο L2 και από τα οποία, κάποια πρέπει να απομακρυνθούν.



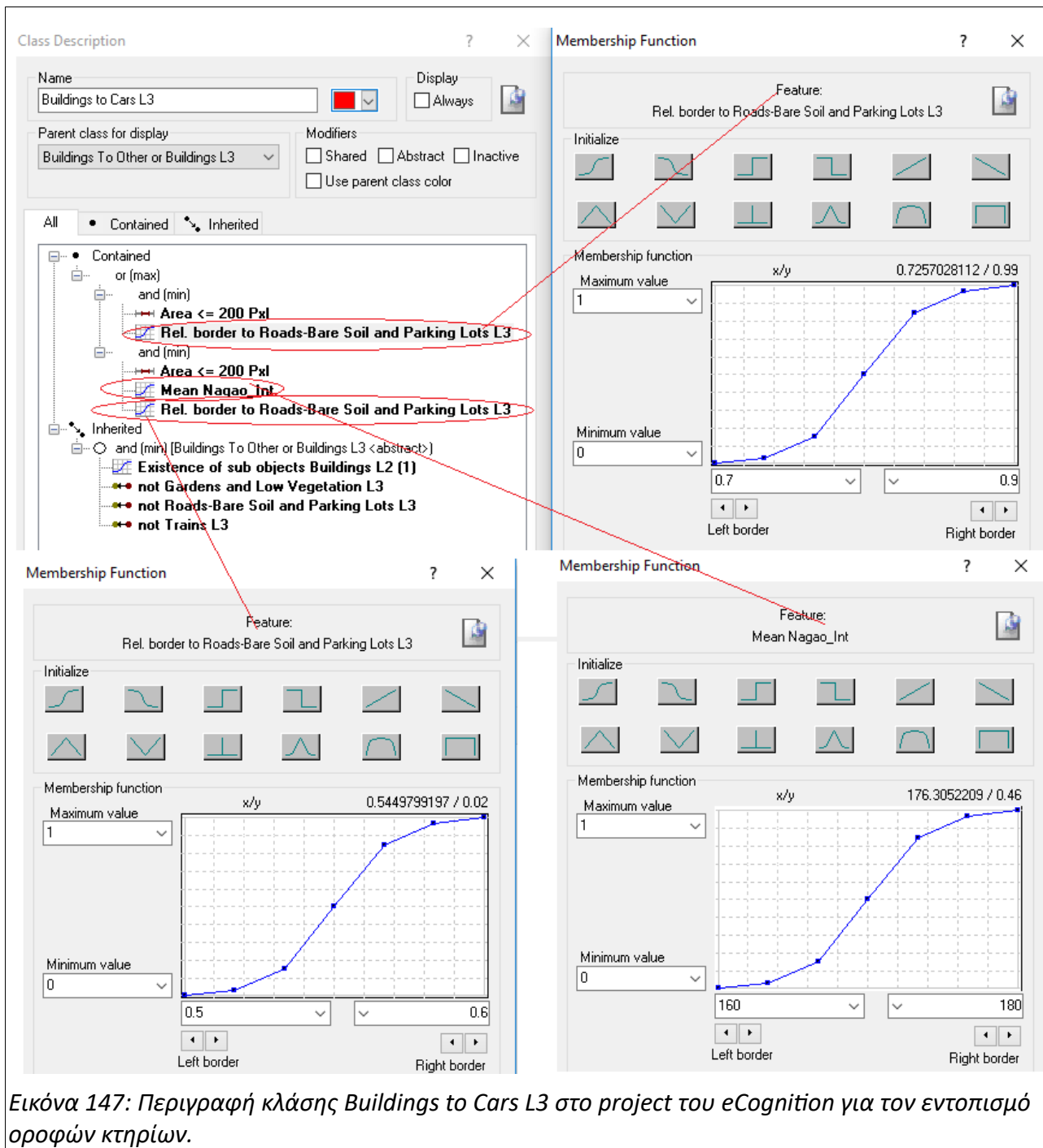
Εικόνα 146: Περιγραφή κλάσης *Buildings To Other or Buildings L3* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της ταξινόμησης κρίθηκε αναγκαίο

- να διορθωθούν τα σχήματα που παρουσιάζονταν ως κτήρια
- να μην ενταχθούν στα κτήρια κάποια εξαιρετικά μακρόστενα objects που αφορούσαν σειρές σταθμευμένων αυτοκινήτων ή γραμμικές συστοιχίες πυκνών φυλλοβόλων δέντρων
- να απομακρυνθούν από τα κτήρια κάποια λίγα objects που εμφάνιζαν μεγάλη διαφορά μεταξύ *dfeh_m* και *dleh*
- να θεωρηθούν ως αδιάφορα κτήρια για την εγκατάσταση ΦΒ, τα πολύ μικρά κτήρια
- να ενσωματωθούν με τα τρέινα τα βαγόνια που ξεχώριζαν από τον κύριο κορμό ενός τρέινου, εξαιτίας της ασυνέχειας των δεδομένων.

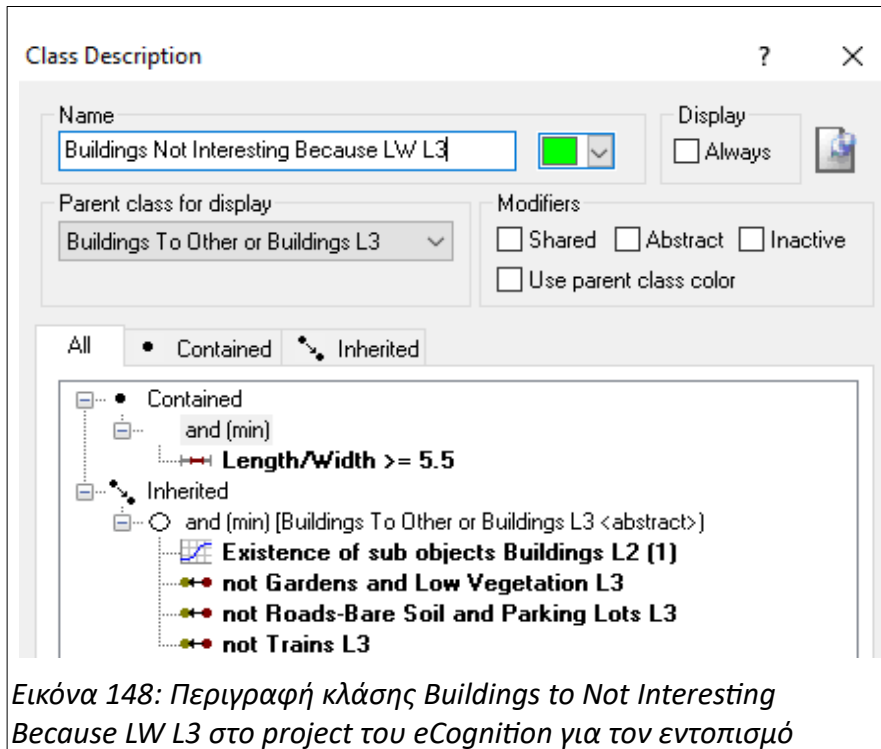
Σε αυτό πλαίσιο δημιουργήθηκαν οι κατηγορίες *Buildings to Cars L3*, *Buildings to Not Interesting Because LW L3*, *Buildings to Not Interesting Because Echos L3*, *Buildings to Not Interesting Because of Area L3*, *Buildings to Trains L3*.

Πιο αναλυτικά, η *Buildings to Cars L3* εκμεταλλεύτηκε τα στοιχεία πως: Τα αυτοκίνητα θα περικυκλώνονται από τους δρόμους ή τους χώρους στάθμευσης και θα έχουν μεγάλες τιμές έντασης φωτεινότητας (*Nagao_Int*), καθώς είναι μεταλλικές επιφάνειες.



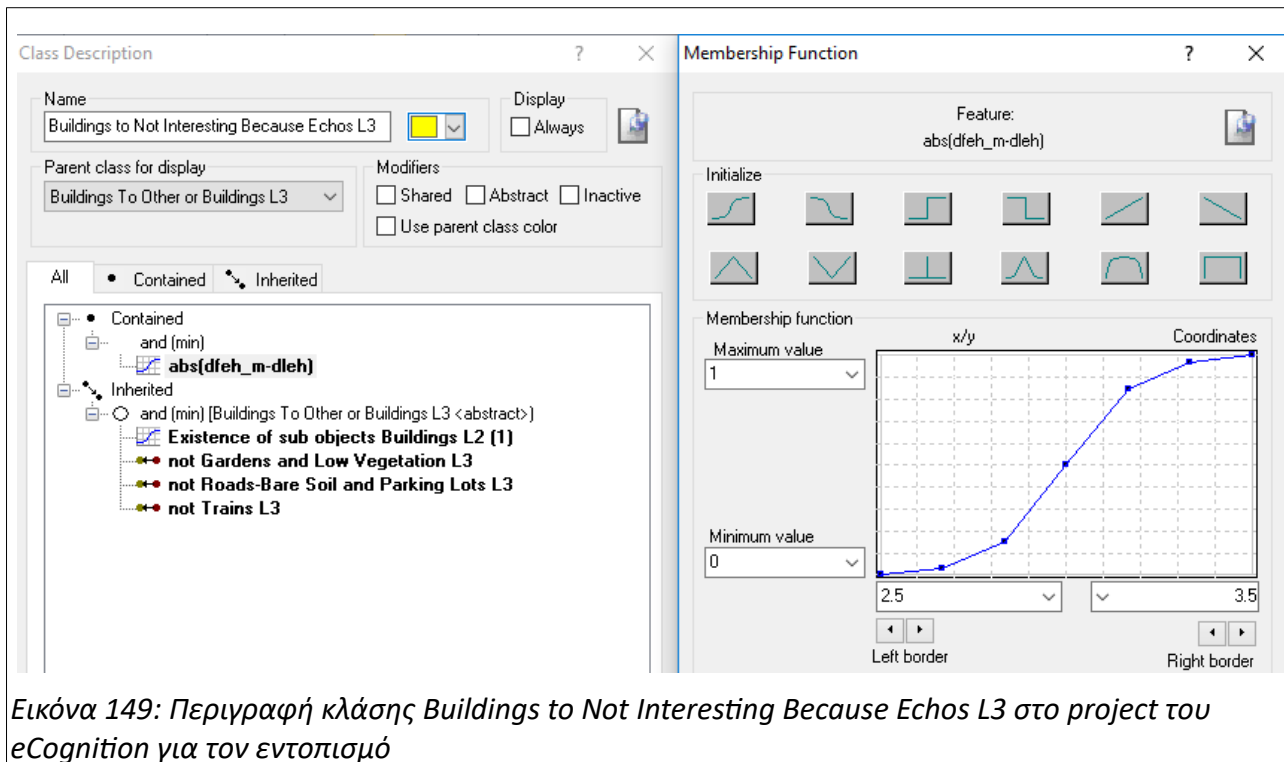
Εικόνα 147: Περιγραφή κλάσης *Buildings to Cars L3* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

H Buildings to Not Interesting Because LW L3 χρησιμοποίησε το Length/Width



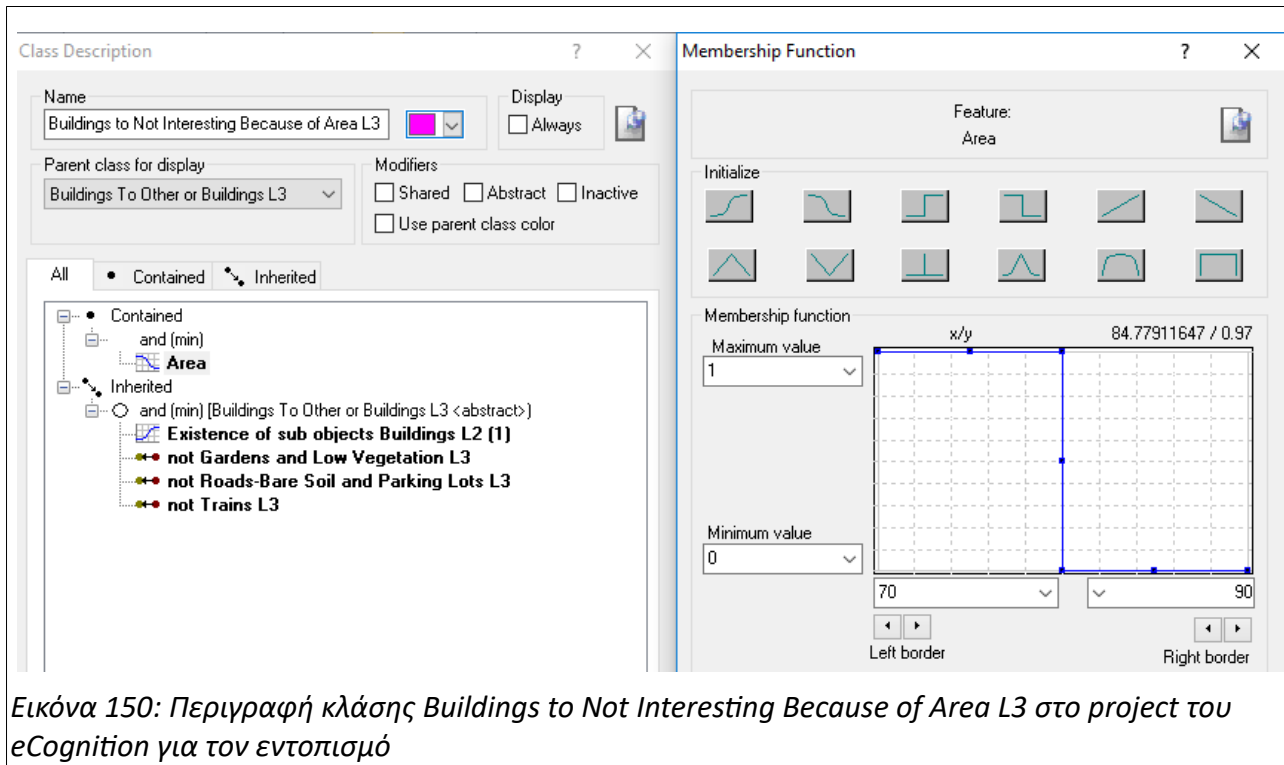
Εικόνα 148: Περιγραφή κλάσης Buildings to Not Interesting Because LW L3 στο project του eCognition για τον εντοπισμό

Η Buildings to Not Interesting Because Echos L3 αξιοποίησε το $\text{abs}(\text{dfeh}_m - \text{dleh})$



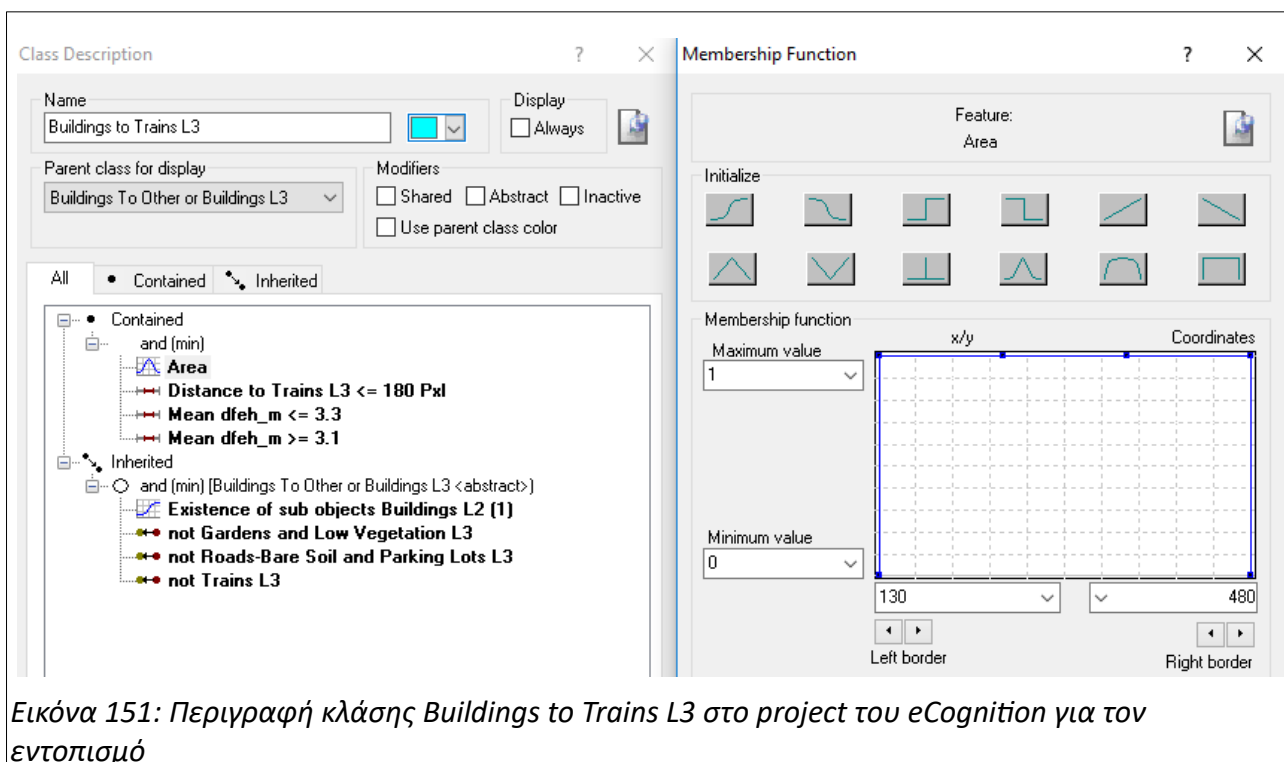
Εικόνα 149: Περιγραφή κλάσης Buildings to Not Interesting Because Echos L3 στο project του eCognition για τον εντοπισμό

Η Buildings to Not Interesting Because of Area L3, προφανώς, εξέτασε το Area, θέτοντας όριο τα 20m^2 .



Εικόνα 150: Περιγραφή κλάσης *Buildings to Not Interesting Because of Area L3* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό

Η *Buildings to Trains L3* αξιοποίησε τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των βαγονιών, όπως επισημάνθηκε και κατά την εξαγωγή των τραινών, κι επιπλέον το μέγεθος-εμβαδό των αντικειμένων, σε συνάρτηση με την απόστασή τους από το κύριο σώμα ενός εντοπισμένου τράινου.



Εικόνα 151: Περιγραφή κλάσης *Buildings to Trains L3* στο project του *eCognition* για τον εντοπισμό

Η *Buildings L3* εγκόλπωσε όλα τα objects που εντάχθηκαν στην *Buildings To Other or Buildings*

L3 και δεν εντάχθηκαν σε κάποια από τις προηγούμενες κατηγορίες.

Τέλος, ορίστηκε η Other L3 που περιλάμβανε όλα τα αντικείμενα που δεν ταξινομήθηκαν σε κάποια από τις παραπάνω κλάσεις του L3.

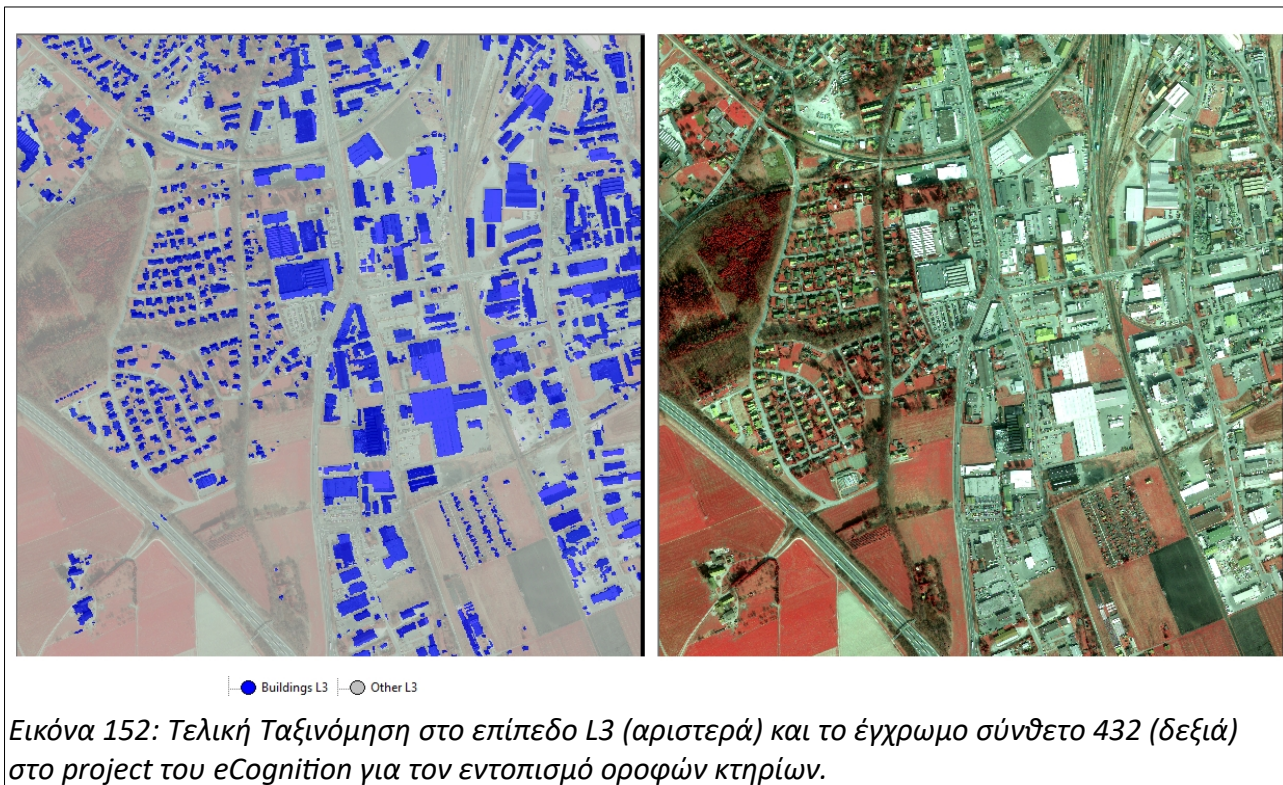
4.6.2.3.21 Πράξεις στο Επίπεδο L3

4.6.2.3.21.1 Απόδοση (Assign Class) όλων των κλάσεων, εκτός της Buildings L3, στην Other L3

Το τελικό βήμα ήταν να παραμείνουν 2 κλάσεις στην ταξινόμηση:

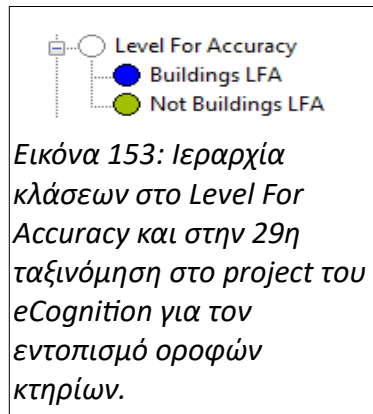
1. Buildings L3
2. Other L3

Αυτό υλοποιήθηκε με μία ταξινόμηση assign class. Η ολοκλήρωση της διαδικασίας φαίνεται στην Εικόνα 135:



4.6.2.3.22 Αντιγραφή Επιπέδου L3 και Ταξινόμηση Επιπέδου Level For Accuracy

Για να ελεγχθούν τα αποτελέσματα της ταξινόμησης δημιουργήθηκε με αντιγραφή του επιπέδου L3 το Level For Accuracy, σχηματίστηκαν 2 κλάσεις, με 2 assign class αποδόθηκαν τα Buildings L3 στην Buildings LFA και τα Other L3 στην Not Buildings LFA και έγινε μία κατάτμηση με chessboard segmentation, ώστε να εξεταστεί η ακρίβεια σε επίπεδο pixel.

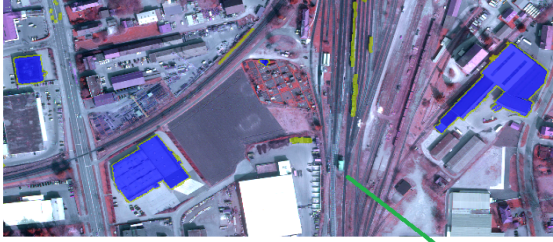


4.6.2.3.23 Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Ταξινόμησης

Η μέθοδος που εφαρμόστηκε και σε αυτό το project ήταν αυτή της λήψης δειγμάτων (samples) με φωτοερμηνεία και της δημιουργίας του Πίνακα Σύγχυσης (Error Matrix ή Confusion Matrix) στο λογισμικό eCognition με χρήση του Tools-Accuracy Assessment...- Error Matrix based on samples. Επαρκές δείγμα θεωρήθηκε το 2% του συνόλου των pixels.

Τα σημεία που επιλέχθηκαν για την Buildings LFA περιλάμβαναν:

- κτήρια διαφορετικού μεγέθους
- κτήρια που γειτνιάζαν με δέντρα
- κτήρια που περιείχαν ταρατσόκηπους ή χαμηλή βλάστηση που δεν έπρεπε να θεωρηθεί ταρατσόκηπος
- κτήρια φωτισμένα και σκιασμένα
- περίπλοκα συμπλέγματα κτηρίων



Μεγάλα κτήρια



Μεσαία κτήρια

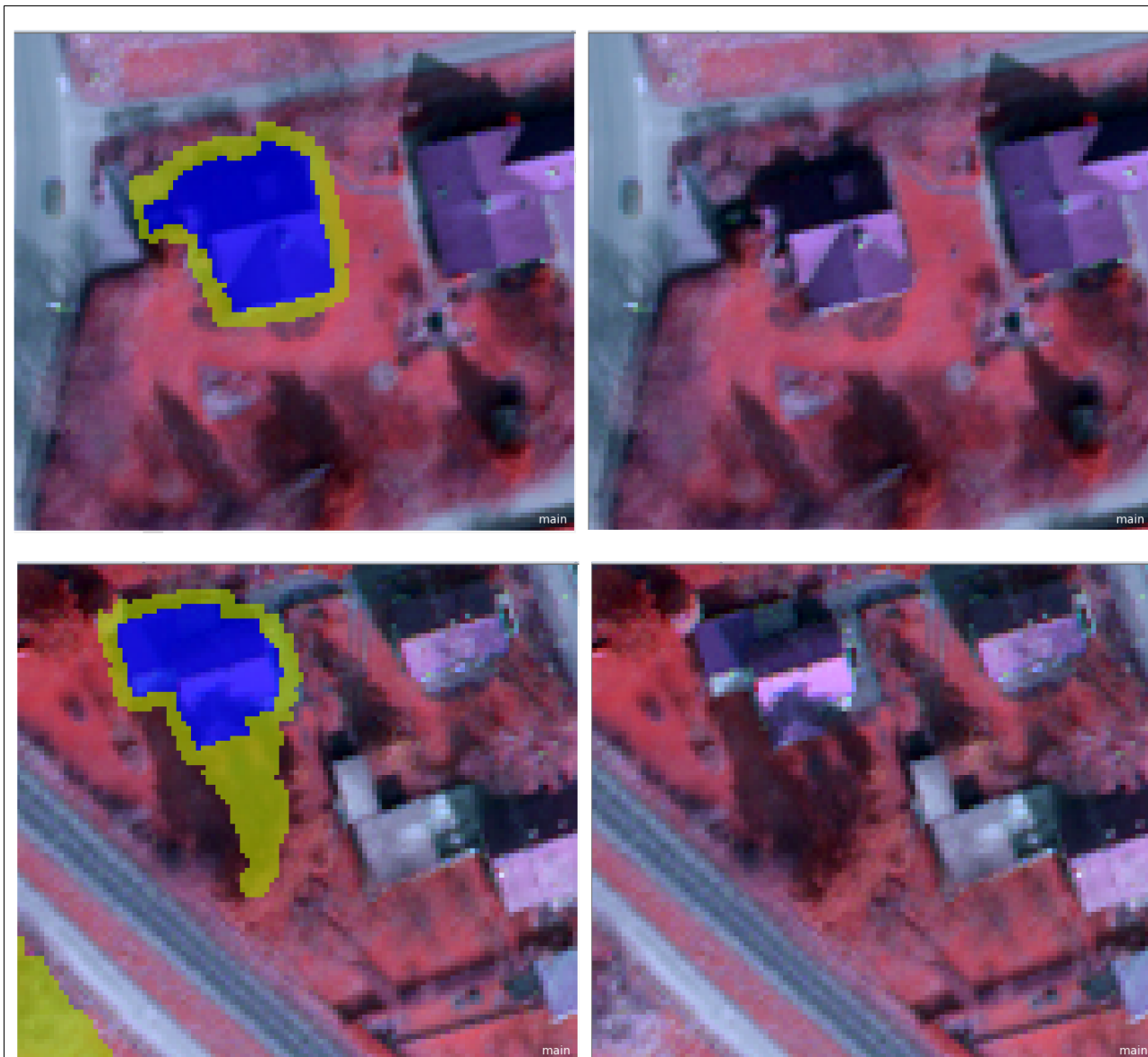


Περιοχή Μελέτης

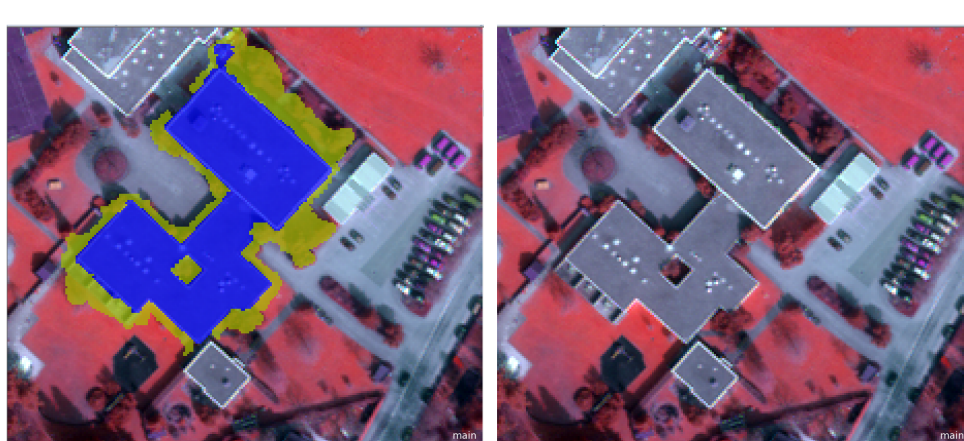
Μικρά κτήρια



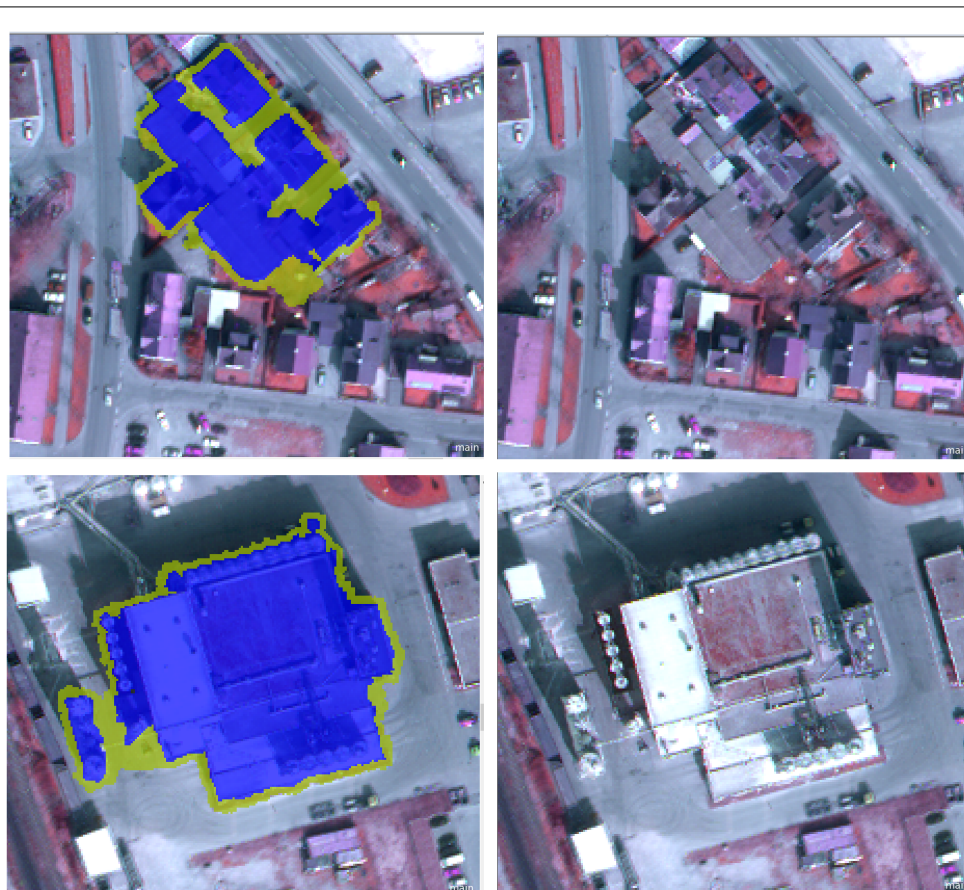
Εικόνα 154: Δείγματα για Buildings LFA, στο Level For Accuracy (έγχρωμο σύνθετο 432 και με μπλε τα δείγματα) . Project του eCoanition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.



Εικόνα 155: Δείγματα για την Buildings LFA από κτήρια που γεινιάζουν με δέντρα, στο Level For Accuracy (έγχρωμο σύνθετο 432, δεξιά, και με μπλε, αριστερά, τα δείγματα). Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.



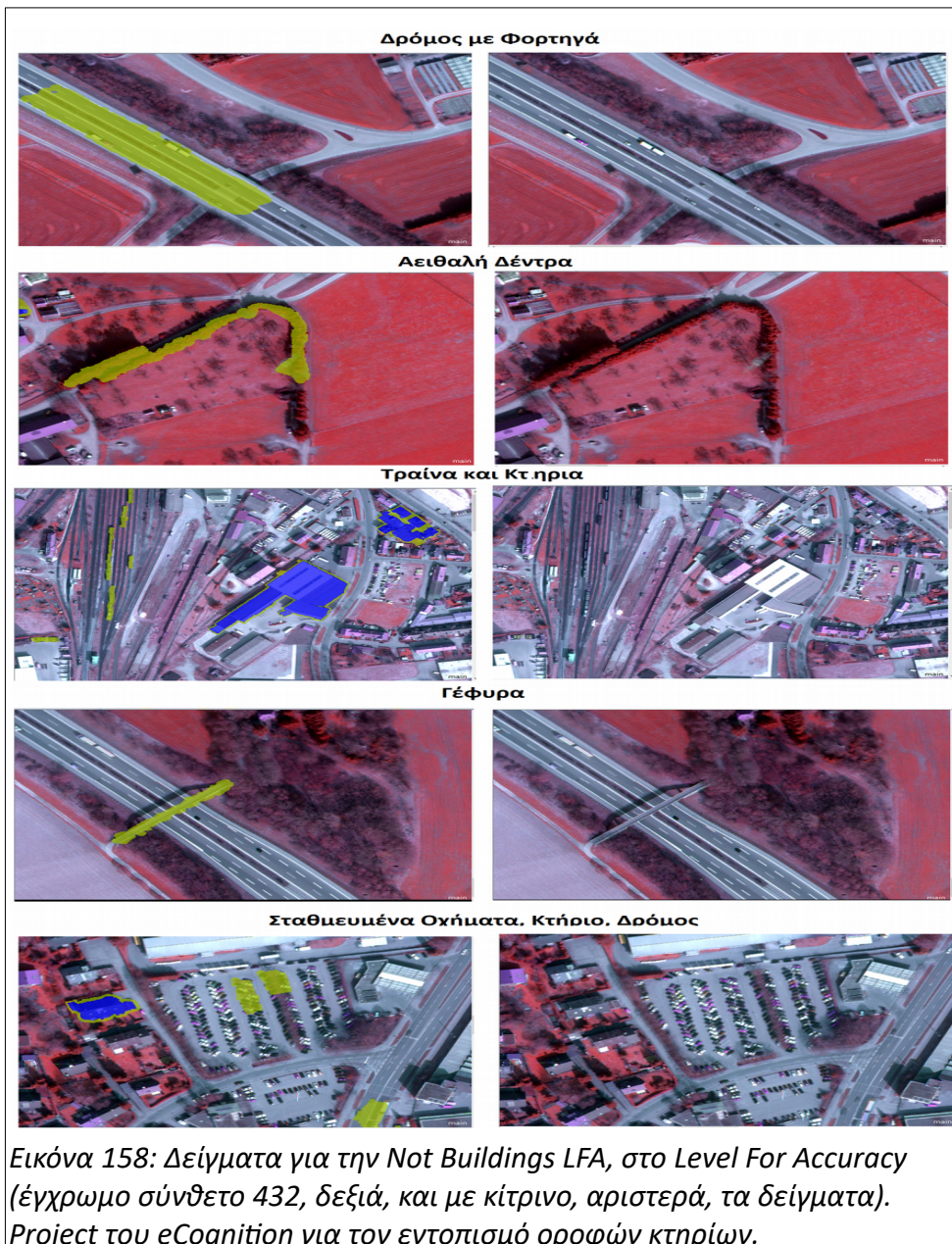
Εικόνα 156: Δείγμα για την Buildings LFA από κτήριο που γειτνιάζει με δέντρα και έχει ταρασόκηπο, στο Level For Accuracy (έγχρωμο σύνθετο 432, δεξιά, και με μπλε, αριστερά, τα δείγματα). Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.



Εικόνα 157: Δείγματα για την Buildings LFA περίπλοκων συμπλεγμάτων κτηρίων, στο Level For Accuracy (έγχρωμο σύνθετο 432, δεξιά, και με μπλε, αριστερά, τα δείγματα). Project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων.

Τα σημεία που επιλέχθηκαν για την Not Buildings LFA περιλάμβαναν:

- Τα περιγράμματα των κτηρίων της Buildings LFA, καθώς και
- συστοιχίες αειθαλών δέντρων με σκιές και φωτισμένες
- συστοιχίες φυλλοβόλων δέντρων με σκιές και φωτισμένες
- δρόμους
- την γέφυρα
- αυτοκίνητα
- τα τραίνα



Για 111.247 δείγματα στην Buildings LFA και 105.820 δείγματα στην Not Buildings LFA, δηλαδή συνολικά 217.067 δείγματα (2,41%), τα αποτελέσματα των δεικτών αξιοπιστίας τα οποία προκύπτουν από τον Πίνακα Σύγκυσης για την τελική ταξινόμηση είναι αρκετά καλά. (Η ανάλυση κάθε δείκτη γίνεται σε προηγούμενη ενότητα, στο project για την αντιμετώπιση

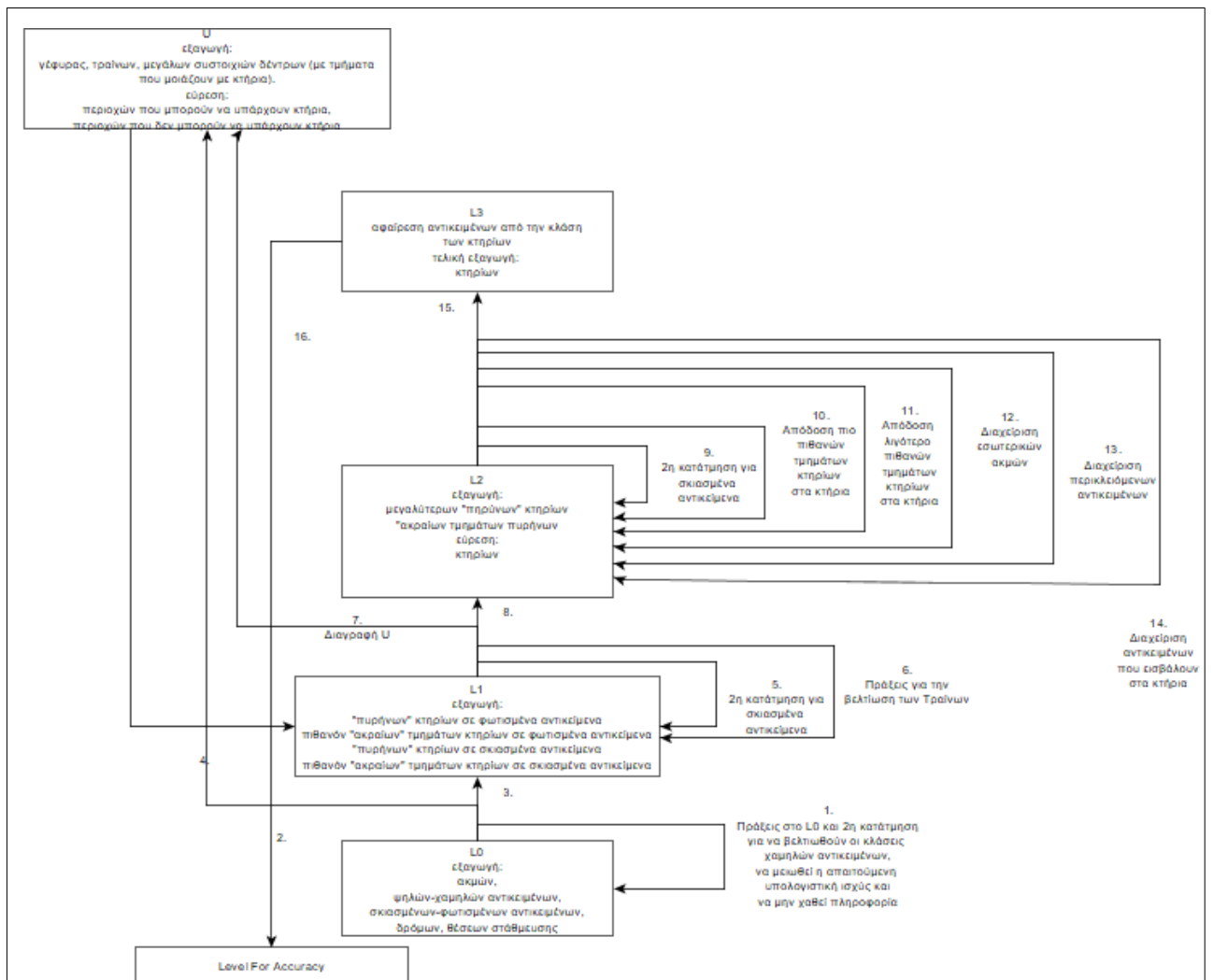
των προβλημάτων της 2,5D απεικόνισης). Η συνολική ακρίβεια και για τις 2 κλάσεις ανέρχεται στο 95% και ο Kappa Index έχει τιμή περίπου 0,91.

| User Class \ Sample | Buildings LFA | Not Buildings LFA | Sum |
|-------------------------|---------------|-------------------|--------|
| Confusion Matrix | | | |
| Buildings LFA | 106306 | 5345 | 111651 |
| Not Buildings LFA | 4941 | 100475 | 105416 |
| unclassified | 0 | 0 | 0 |
| Sum | 111247 | 105820 | |
| Accuracy | | | |
| Producer | 0.9555853 | 0.9494897 | |
| User | 0.9521276 | 0.9531286 | |
| Hellden | 0.9538533 | 0.9513056 | |
| Short | 0.9117778 | 0.9071334 | |
| KIA Per Class | 0.9085437 | 0.9018001 | |
| Totals | | | |
| Overall Accuracy | 0.9526137 | | |
| KIA | 0.9051593 | | |

Εικόνα 159: Πίνακας Σύγχυσης και Δείκτες Αξιολόγησης της Τελικής Ταξινόμησης στο project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων .

4.6.2.4 Αποτελέσματα-Παραγόμενα Raster Αρχεία

Από το project του eCognition για τον εντοπισμό οροφών κτηρίων, το αποτέλεσμα ήταν να ληφθεί ένα raster αρχείο με όλα τα εντοπισμένα κτήρια (οροφές) ως ξεχωριστά objects. Υπογραμμίζεται, ότι κάθε object συγκροτείται από κτήρια που εφάπτονται μεταξύ τους και άρα στην ουσία πρόκειται για συμπλέγματα κτηρίων.



Διάγραμμα 3: Συνοπτικό Διάγραμμα Ροής Πληροφορίας στο project του eCognition για τον Εντοπισμό Οροφών Κτηρίων. (Ο αριθμός κάθε βέλους δηλώνει την χρονική σειρά, αναφέρονται μόνο οι βασικές πληροφορίες σε κάθε επίπεδο)

4.6.3 Αναγνώριση Τύπου Οροφών και Τμημάτων των Οροφών

4.6.3.1 Εισαγωγή

Οι εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών έχουν διαφορετική τεχνοτροπία υλοποίησης σε επικλινείς και επίπεδες οροφές. Πιο συγκεκριμένα, σε στέγες με κλίση τα ΦΒ πλαίσια τοποθετούνται πάνω στην στέγη, με όλη την πίσω πλευρά τους να εφάπτεται με το κτήριο, δηλαδή ακολουθώντας την κλίση της οροφής. Αντιθέτως, σε επίπεδες οροφές είναι δυνατό να κατασκευαστούν βάσεις στήριξης των πάνελ, με στόχο να επιτευχθεί η βέλτιστη κλίση που αποφέρει την μέγιστη συγκέντρωση ηλιακής ακτινοβολίας, παράλληλα με την δυνατότητα αυτο-καθαρισμού των πάνελ από την σκόνη, το χιόνι κλπ.

Επιπλέον, ανάλογα με τον τύπο της φωτοβολταϊκής συσκευής (πλαίσια ή ειδικές κατασκευές όπως π.χ. κεραμίδια) και τις διαστάσεις της, καθώς κι από τα γεωμετρικά και γεωγραφικά

χαρακτηριστικά ενός κτηρίου, δεν είναι αξιοποιήσιμες όλες οι επιφάνειες του. Δηλαδή, η επιφάνεια της οροφής ενός κτηρίου δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ενιαία και αδιαίρετη στην διαδικασία εγκατάστασης ΦΒ.

Αυτά τα δυο δεδομένα οδηγούν:

- **στην ανάγκη αναγνώρισης του τύπου κάθε οροφής (επίπεδες-επικλινείς)**
- **στην απαίτηση προσδιορισμού των διαφορετικών τμημάτων των οροφών κτηρίων που θα μπορούσαν να φιλοξενήσουν ΦΒ**

Στην προσπάθεια κάλυψης αυτών των κενών, πριν την εκτίμηση της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας στα κτήρια του πεδίου μελέτης, δημιουργήθηκε ένα επιπλέον project στο eCognition.

4.6.3.2 Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν (layers) και η Χωρική Ανάλυση που επιλέχτηκε

Για να επιτευχθεί ο διπλός στόχος που τέθηκε, τα layers που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

| A/A | Όνομασία | Περιγραφή |
|-----|----------------|---|
| 1 | dfeh | Η διαφορά του DSM πρώτου και υψηλού παλμού με το DTM από παρεμβολή, στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 2 | dfel | Η διαφορά του DSM πρώτου και χαμηλού παλμού με το DTM από παρεμβολή, στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 3 | dleh | Η διαφορά του DSM τελευταίου και υψηλού παλμού με το DTM από παρεμβολή, στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 4 | dlel | Η διαφορά του DSM τελευταίου και χαμηλού παλμού με το DTM από παρεμβολή, στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 5 | Nagao_Int | Δείκτης για τον εντοπισμό σκιών που κατασκευάστηκε στο Grass GIS |
| 6 | B | Το μπλε κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 7 | G | Το πράσινο κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 8 | R | Το κόκκινο κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 9 | NIR | Το εγγυς υπέρυθρο κανάλι που κατέγραψε η CCD στην αποκομμένη περιοχή και χωρίς No Data pixels |
| 10 | slope_df eh_m | Οι κλίσεις (slope) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect (Grass GIS) στο df eh_m |
| 11 | slope_df el | Οι κλίσεις (slope) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect (Grass GIS) στο df el |
| 12 | slope_dle h | Οι κλίσεις (slope) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect (Grass GIS) στο dle h |
| 13 | slope_dle l | Οι κλίσεις (slope) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect (Grass GIS) στο dle l |
| 14 | aspect_df eh_m | Οι προσανατολισμοί (aspect) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect (Grass GIS) στο df eh_m |
| 15 | aspect_df el | Οι προσανατολισμοί (aspect) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect (Grass GIS) στο df el |
| 16 | aspect_dle h | Οι προσανατολισμοί (aspect) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect (Grass GIS) στο dle h |
| 17 | aspect_dle l | Οι προσανατολισμοί (aspect) που προέκυψαν από εφαρμογή του r.slope.aspect (Grass GIS) στο dle l |
| 18 | buildings | Το raster αρχείο που προέκυψε από το Project του eCognition Εντοπισμός Οροφών Κτηρίων |
| 19 | outer_edges | Layer που παράχθηκε από script σε Python με χρήση Μορφολογίας |
| 20 | edges_skeleton | Layer που παράχθηκε από script σε Python με χρήση Μορφολογίας |

Πίνακας 31: Τα layers που χρησιμοποιήθηκαν στο project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων των οροφών

Τα πρώτα 9 layers αναφέρονται στα Ψηφιακά Μοντέλα Επιφανείας, στα κανάλια της CCD κάμερας και στον δείκτη Nagao_Int. Είναι ακριβώς τα ίδια, όπως προηγούμενα.

Τα slope_“παλμός” είναι οι κλίσεις των διαφορών που προέκυψαν από τους παλμούς LIDAR μείον το DTM, από το module r.slope.aspect του GRASS GIS.

Ομοίως, τα aspect_“παλμός” είναι οι προσανατολισμοί που προέκυψαν από τους παλμούς LIDAR μείον το DTM, από το module r.slope.aspect του GRASS GIS. Πρέπει να σημειωθεί ότι το GRASS GIS, σε αντίθεση με τα περισσότερα GIS, δίνει την τιμή 0 στον επίπεδο προσανατολισμό και ξεκινάει να μετρά μοίρες από την Ανατολή! (<https://grass.osgeo.org/grass74/manuals/r.slope.aspect.html>, τελευταία επίσκεψη 21/03/2018)

Το layer buildings είναι το raster αρχείο που προέκυψε από την [Ενότητα 4.6.2](#).

Τα outer_edges και edges_skeleton είναι δύο layers που παράχθηκαν από ένα πρόγραμμα σε γλώσσα Python, με χρήση της Μαθηματικής Μορφολογίας και των Φίλτρων στην Επεξεργασία Εικόνας. Πιο αναλυτικά, σε αυτό το πρόγραμμα στην αρχή γίνονται οι εισαγωγές βιβλιοθηκών και

στην συνέχεια ορίζονται δύο συναρτήσεις για το διάβασμα και την αποθήκευση εικόνων με γεωαναφορά, μέσω της gdal

```
5 @author: john
6 """
7
8 import numpy as np
9 from osgeo import gdal
10 from osgeo import osr
11 from scipy import ndimage as ndi
12 from skimage import feature
13 from skimage.morphology import skeletonize
14
15 #
16 gdal.UseExceptions() #Python bindings do not raise exceptions unless you
17 #explicitly call UseExceptions()
18 print ("GDAL's version is {}".format(gdal.__version__))
19 #display GDAL version
20
21 def Read_geoimage_Bands_AsArrays(fname):
22     #read each band of image and whole image with gdal
23     #return a list with bands as arrays
24     try:
25         ds_in=gdal.Open(fname)
26     except:
27         print ("Unable to open {}".format(fname))
28         return None
29     #get geotransform
30     gT=ds_in.GetGeoTransform()
31     #get projection as wkt
32     prj=ds_in.GetProjection()
33     #read each band
34     bandsAsArrays=[]
35     for i in range(ds_in.RasterCount):
36         b=ds_in.GetRasterBand(i+1)
37         arr=b.ReadAsArray()
38         bandsAsArrays.append(arr)
39     return (bandsAsArrays, gT, prj)
40
41 def Save_geoimage(fname, img, gT, prj):
42     #save a ndarray as georeferenced ".tif" image
43
44     fileformat="GTiff"
45     driver = gdal.GetDriverByName(fileformat)
46     metadata = driver.GetMetadata()
47     if metadata.get(gdal.DCAP_CREATE) == "YES":
48         print("Driver {} supports Create() method.".format(fileformat))
49     else:
50         print("Driver {} doesn't support Create() method.".format(fileformat))
51         return None
52     #read image dimensions
53     if (len(img.shape)==2):
54         d=1
55         ysize, xsize= img.shape
56     else:
57         d, ysize, xsize= img.shape
58     #
59     ds_out = driver.Create(fname, xsize, ysize, bands=d, eType=gdal.GDT_Float32)
60     ds_out.SetGeoTransform((gT[0], gT[1], gT[2], gT[3], gT[4], gT[5]))
61     if (not(d==1)):
62         for b in range(d):
63             ds_outband = ds_out.GetRasterBand(b+1)
64             ds_outband.WriteArray(img[b])
65     else:
66         ds_outband = ds_out.GetRasterBand(1)
67         ds_outband.WriteArray(img)
68     #create and set projection
69     ds_outSRS = osr.SpatialReference()
70     ds_outSRS.ImportFromWkt(prj)
71     ds_out.SetProjection(ds_outSRS.ExportToWkt())
72     #This call will recover memory used to cache data blocks for this raster
73     #band, and ensure that new requests are referred to the underlying driver.
74     ds_outband.FlushCache()
75     #close streams
76     ds_out=None
77     print "ok!"
78     return None
```

Εικόνα 160: Τμήμα Προγράμματος για την παραγωγή των *outer_edges* και *edges_skeleton*

Στην συνέχεια διαβάζονται οι εικόνες του *Nagao_Int* και των *buildings*. Το *outer_edges* αναφέρεται στα pixels που αποτελούν το περίγραμμα των objects των κτηρίων. Επομένως, για να σχηματιστεί γίνεται μία διάβρωση (erosion) των *buildings* και αυτή αφαιρείται από την αρχική εικόνα των *buildings*.

```

80 #read Nagao_int
81 bands, gT, prj = Read_geotiff_Bands_AsArrays("E:\DIPLOMATIKI\ecognition"+
82                                             "_Extraction_of_Buildings\Assessment_"+
83                                             "of_Roof_Types\Nagao_Intensity_shadows.tif")
84 nagao=bands[0]
85
86 #read Buildings image as ndarray and convert it to binary
87 BuildingsAsArrays, gT, prj = Read_geotiff_Bands_AsArrays("E:\DIPLOMATIKI\ecognition"+
88                                                         "_Extraction_of_Buildings\Assessment_"+
89                                                         "of_Roof_Types\Buildings.tif")
90 buildings=BuildingsAsArrays[0]
91 buildings[buildings>0]=1
92 ds_in=None
93
94 #structuring element and creation of outer_edges
95 s=np.array([[0,1,0],
96            [1,1,1],
97            [0,1,0]])
98 outer_edges=buildings - ndi.binary_erosion(buildings,s)
99 Save_geotiff("E:\DIPLOMATIKI\ecognition_Extraction_of_Buildings\Assessment_"+
100            "of_Roof_Types\outer_edges.tif",outer_edges, gT, prj)

```

Εικόνα 161: Τμήμα Προγράμματος για την παραγωγή των *outer_edges* και *edges_skeleton*

Το *edges_skeleton* είναι ένα layer που προσπαθεί να ανιχνεύσει τις ακμές που σχηματίζονται από την διαφορά σκιάσεων στα κτήρια, ώστε να διαχωριστούν οι διαφορετικές επιφάνειες ενός κτηρίου. Μετά από δοκιμές διαφόρων τύπων, επιλέχτηκε να χρησιμοποιηθούν οι αλγόριθμοι ανίχνευσης ακμών:

- του Canny με $\sigma=1$
- του Canny με $\sigma=2$
- του Sobel με κατωφλίωση σε μία τιμή μετά από φωτοερμηνεία

Ιδανικό θα ήταν, με έναν από αυτούς ή με συνδυασμό όλων να σχηματίζονται διαχωριστικές γραμμές που είναι συνεχείς, χωρίς κενά, μέσα στα πλαίσια των κτηρίων ώστε, να μορφοποιούνται κατευθείαν οι ξεχωριστές επιφάνειες. Κάτι τέτοιο όμως δεν συμβαίνει. Ο λόγος που χρησιμοποιούνται και οι 3 μέθοδοι είναι ότι: Μετά από φωτοερμηνεία, ο κάθε ένας φαίνεται (σε κάποιες περιπτώσεις) να σχηματίζει διαφορετικά τμήματα, σε κάθε νοητή γραμμή, η οποία κατά εκτίμηση, χωρίζει διαφορετικές επιφάνειες. Συνεπώς, ο συνδυασμός τους αντλεί μεγαλύτερη πληροφορία από τα CCD δεδομένα. Η σύνδεση των 3 αποτελεσμάτων γίνεται με πρόσθεση και στην συνέχεια γίνεται μορφολογική σκελετοποίηση για να μειωθεί το πάχος των εξαγόμενων διαχωριστικών γραμμών στο 1 pixel.

```

110 #function for thresholding sobel image
111 def Thres (img_to_thres, thres):
112     img=img_to_thres.copy()
113     img[img==1]=0
114     img[img>thres]=1
115     img[img<((-1)*thres)]=1
116     img[img!=1]=0
117     return img
118 #
119 #Big values of sobel filter
120 sobel_50=Thres(sobel, 50)
121 #
122 #use buildings as a mask to reduce data
123 sobel_50= sobel_50*buildings
124 cannys1=cannys1*buildings
125 cannys2=cannys2*buildings
126 #
127 #skeletonization in sobel thresholded image to detect edges
128 sobel_skeleton_50 = skeletonize(sobel_50)
129 #
130 #combine all edges for more information
131 l=[sobel_skeleton_50, cannys1, cannys2]
132 edges=outer_edges
133 for i in l:
134     edges=edges+i
135 edges[edges>0]=1
136 #
137 #skeletonization of edges
138 edges_skeleton = skeletonize(edges)
139 Save_geoimage("E:\DIPLOMATIKI\ecognition_Extraction_of_Buildings\Assessment_"+
140              "of_Roof_Types\edges_skeleton.tif",edges_skeleton, gT, prj)
141

```

Εικόνα 162: Τμήμα Προγράμματος για την παραγωγή των *outer_edges* και *edges_skeleton*

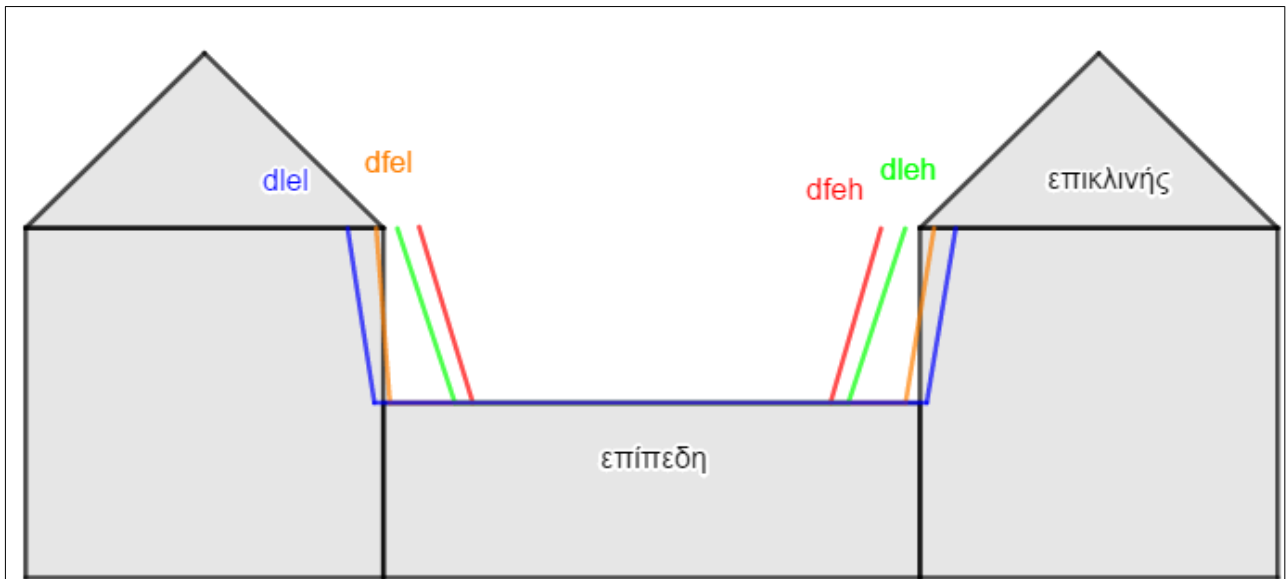
Στο ερώτημα αν μπορούν να σχηματιστούν συνεχείς διαχωριστικές γραμμές και με έμπνευση από το H. Fan et al [49] δοκιμάστηκαν σε λίγα objects του buildings, η εφαρμογή του Hough Transformation και του RANSAC. Ωστόσο, **σε αυτά τα λίγα objects**, όταν τα αποτέλεσμα είναι ευθεία γραμμή και όχι καμπύλη (που προκύπτει με σκελετοποίηση), το αποτέλεσμα φαινόταν λιγότερο αξιόπιστο.

Η χωρική ανάλυση που επιλέχτηκε είναι η μέγιστη δυνατή, δηλαδή 0,5m×0,5m, όπως και στα προηγούμενα project.

4.6.3.3 Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Δεδομένων

Από τα διαθέσιμα δεδομένα η διάκριση των επίπεδων-επικλινών οροφών μπορεί να γίνει, μόνο, μέσω των παλμών LIDAR, με χρήση των layers που προκύπτουν από το r.slope.aspect στο GRASS GIS και κυρίως μέσω των κλίσεων (slope). Η δυσκολία και πάλι έγκειται στο γεγονός ότι οι αυξομειώσεις των παλμών δεν ταιριάζουν απόλυτα με τα δεδομένα της κάμερας CCD. Στο άλλο ζητούμενο, ο διαχωρισμός μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων μίας οροφής ή συμπλέγματος οροφών μπορεί να γίνει τόσο μέσα από τα LIDAR δεδομένα, κυρίως από τους προσανατολισμούς (aspect), όσο και μέσα από τα CCD δεδομένα με αξιοποίηση των σκιών. Μάλιστα τα δεύτερα δεδομένα, εξαιτίας της μεγαλύτερης διακριτικής τους ικανότητας, σε ορισμένα σημεία της εικόνας είναι πιο λεπτομερή. Επιπλέον, οι σκιές μπορούν να διακρίνουν διαφορετικές επιφάνειες που έχουν τον ίδιο προσανατολισμό.

Επομένως, κι σε αυτό το σημείο της μελέτης, γίνεται χρήση της γεωμετρικής πληροφορίας που μπορούν να προσφέρουν οι σκιές και γενικότερα οι αλλαγές φωτεινότητας. Ειδικότερα, αλλαγές στην σκίαση μπορούν να οφείλονται σε αλλαγές προσανατολισμού ή κλίσεων ή ύψους.



Εικόνα 163: Αναντιστοιχία δεδομένων LIDAR και CCD στην απεικόνιση μίας επίπεδης οροφής ανάμεσα σε επικλινείς. Η εικόνα είναι ποιοτική

4.6.3.3.1 Κατάτμηση Επιπέδου L0

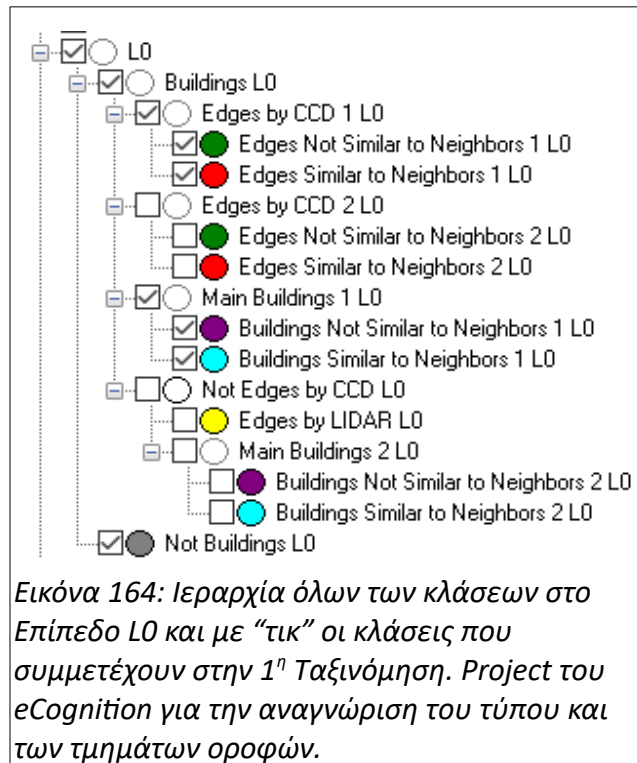
Σε αυτό το project η 1^η κατάτμηση έγινε με τον αλγόριθμο chessboard segmentation. Ο στόχος ήταν να μεταφερθεί η πληροφορία από τα outer_edges, edges_skeleton και buildings στα objects που θα σχηματίζονταν, οπότε επιλέχτηκε το επίπεδο του pixel για να γίνει ανάλυση.

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| Αλγόριθμος | Chessboard Segmentation |
| Class Filter | None |
| Object size | 1 |
| Level που εφαρμόστηκε | pixels |
| Level που δημιουργήθηκε | L0 |
| Θέση Level | Current |

Πίνακας 32: Κατάτμηση Επιπέδου L0 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.2 Ταξινόμηση Επιπέδου L0

Η ιεραρχία των κλάσεων που κατασκευάστηκαν σε αυτό το επίπεδο φαίνεται στην Εικόνα 163. Με “τικ” σημειώνονται οι κλάσεις που συμμετέχουν στην πρώτη διαμόρφωση του Επιπέδου L0, η οποία έγινε με τον αλγόριθμο ταξινόμησης hierarchical classification:

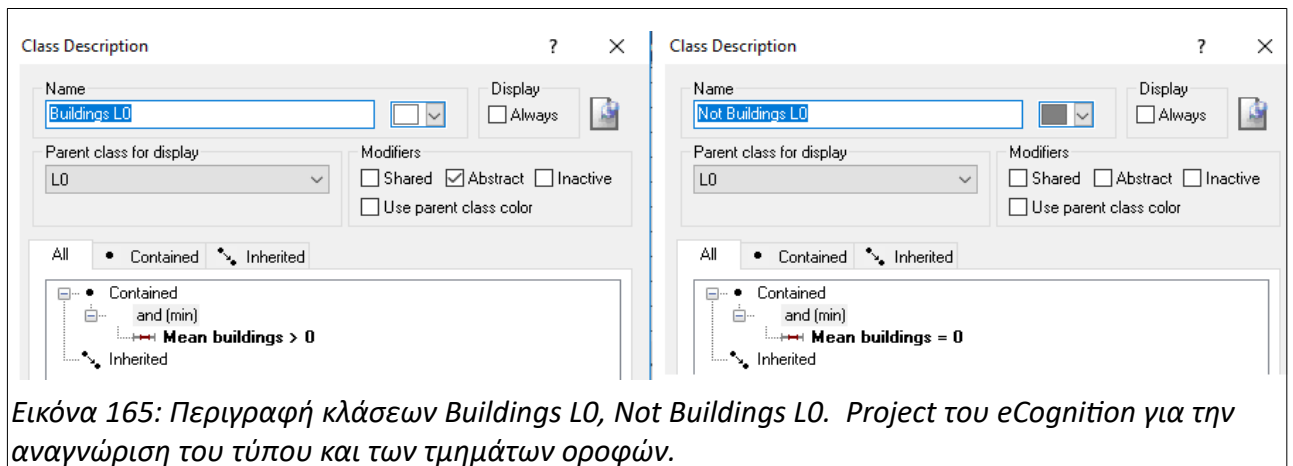


Εικόνα 164: Ιεραρχία όλων των κλάσεων στο Επίπεδο L0 και με “τικ” οι κλάσεις που συμμετέχουν στην 1^η Ταξινόμηση. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

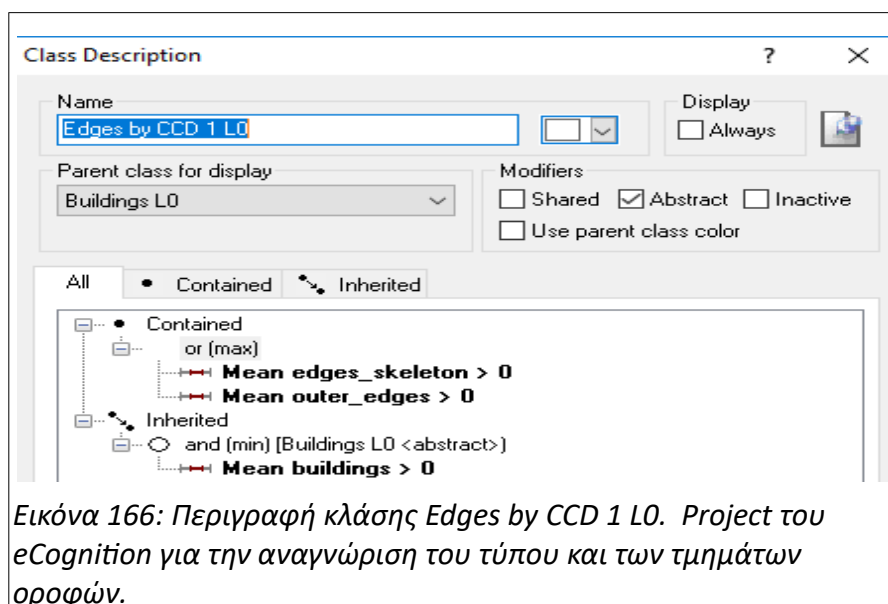
Αρχικά, επιχειρήθηκε να ξεχωρίσουν τα κτήρια που προέκυψαν από την προηγούμενη ενότητα (Buildings L0) σε σχέση με τα άλλα αντικείμενα της εικόνας (Not Buildings L0). Ύστερα, σκοπός ήταν να εξαχθούν οι διαχωριστικές γραμμές μεταξύ των κτηρίων και τα εξωτερικά όρια κάθε συμπλέγματος κτηρίων, με την αξιοποίηση των CCD δεδομένων, όπως προέκυψε στα layers outer_edges και edges_skeleton (Edges by CCD 1 L0). Ακολούθως, επειδή κάθε γραμμή που έχει χαραχτεί στα προηγούμενα layers δεν είναι απαραίτητα και διαχωριστική γραμμή μεταξύ διαφορετικών τμημάτων μίας οροφής και δεν έχουν εξαχθεί όλες οι διαχωριστικές γραμμές με συνεχή μορφή, πραγματοποιήθηκε μία κατάταξη των ακμών και των υπόλοιπων pixels των κτηρίων με γνώμονα την διαφορά φωτεινότητας που εμφανίζουν στην “γειτονιά” τους.

Η L0 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

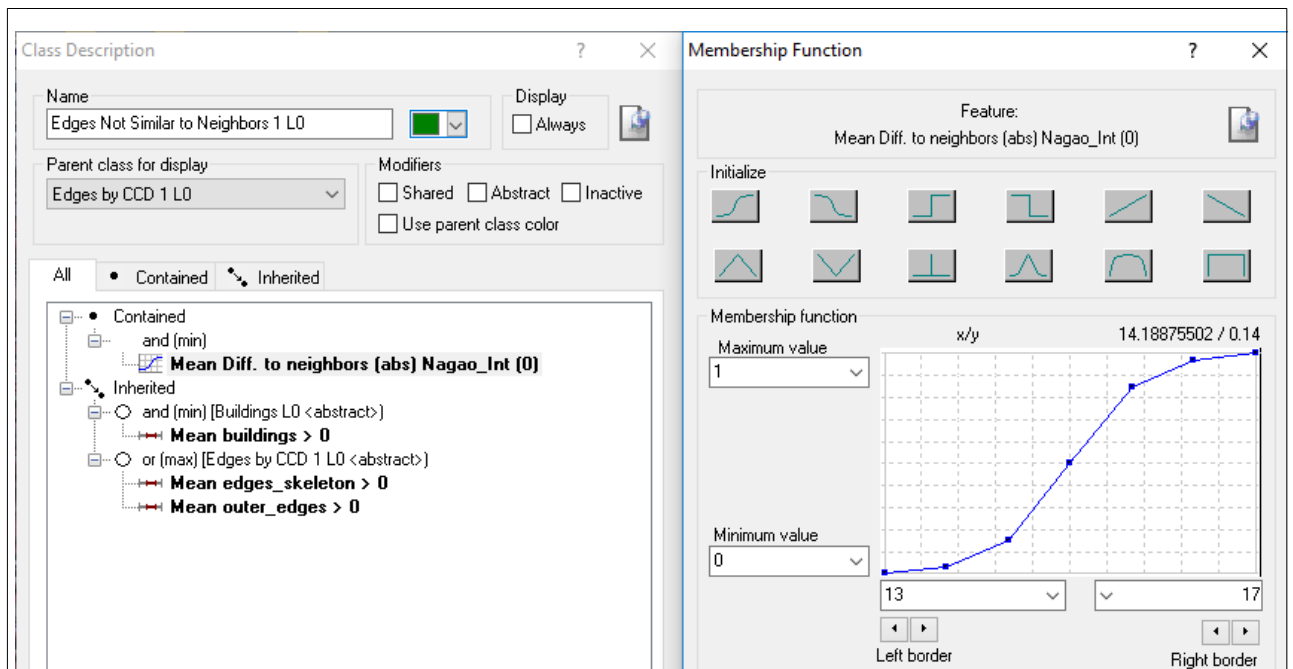
Η κλάση Not Buildings L0 έχει μηδενική τιμή στο buildings, ενώ η Buildings L0 έχει θετικές τιμές.



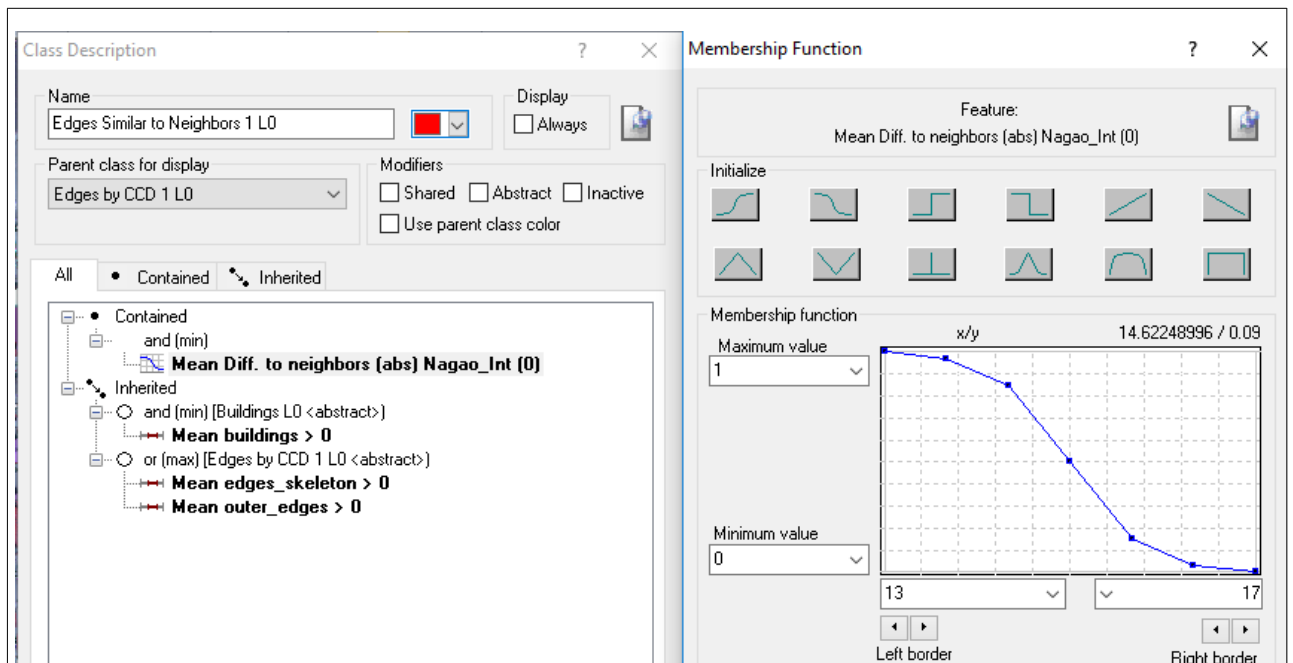
Η Edges by CCD 1 L0 έχει τιμές ίσες με 1 στα outer_edges και edges_skeleton



Η Edges Not Similar to Neighbors 1 L0 έχει διαφορά στην απόλυτη τιμή του δείκτη Nagao_Int μεγαλύτερη από 15. Η περιοχή εξέτασης είναι κατά το eCognition μηδέν, δηλαδή κάθε object συγκρίνεται με όσα εφάπτεται. Η Edges Similar to Neighbors 1 L0 είναι η “συμπληρωματική” κλάση που περιέχει τα objects που δεν ξεχωρίζουν από τα γειτονικά τους.

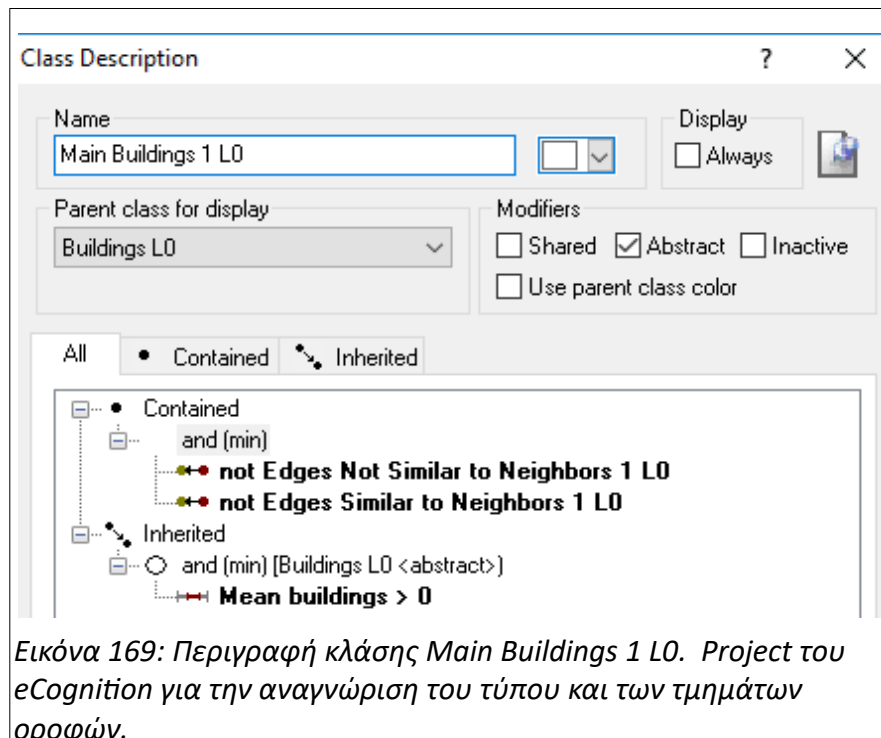


Εικόνα 167: Περιγραφή κλάσης *Edges Not Similar to Neighbors 1 L0*. Project του *eCognition* για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.



Εικόνα 168: Περιγραφή κλάσης *Edges Similar to Neighbors 1 L0*. Project του *eCognition* για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Η *Main Buildings 1 L0* ορίζεται αφού δημιουργηθούν οι προηγούμενες κλάσεις και επί της ουσία περιέχει όσα pixels δεν είναι ακμές.



Ομοίως με τις Edges Not Similar to Neighbors 1 L0 , Edges Similar to Neighbors 1 L0 και με ακριβώς ίδια συνάρτηση συμμετοχής περιγράφονται οι Buildings Not Similar to Neighbors 1 L0, Buildings Similar to Neighbors 1 L0.

4.6.3.3.3 Πράξεις στο Επίπεδο L0

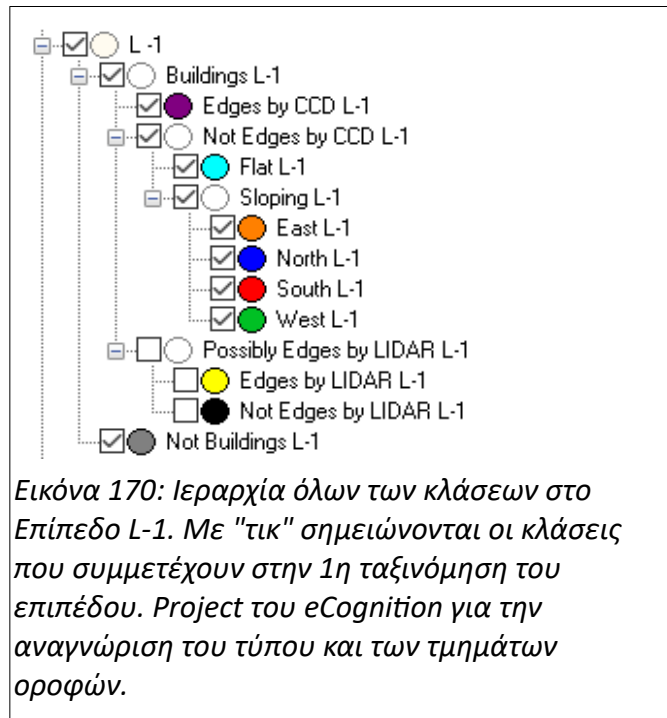
4.6.3.3.3.1 Συγχώνευση (Merge Region) των Not Buildings L0

Η κίνηση αυτή έγινε μόνο για να μειωθεί η απαιτούμενη υπολογιστική ισχύ και ο χρόνος επεξεργασίας των εικόνων στην συνέχεια του project.

4.6.3.3.4 Αντιγραφή Επιπέδου L0 και Ταξινόμηση Επιπέδου L-1

Κάτω από το L0 σχηματίστηκε το L-1. Στόχος αυτού του επιπέδου που και πάλι έχει κλίμακα ρίκελ ήταν να γίνει εκμετάλλευση των δεδομένων LIDAR για την εύρεση των επιπέδων οροφών και για τον διαχωρισμό των τμημάτων κτηρίων. Δηλαδή, τα επίπεδα L-1, L0 είναι τα θεμέλια που περιέχουν όλη την πληροφορία από τα διαθέσιμα στοιχεία και πάνω στα οποία θα χτιστεί το υπόλοιπο project.

Για τον σχηματισμό του L-1 χρησιμοποιήθηκε ο hierarchical classification.



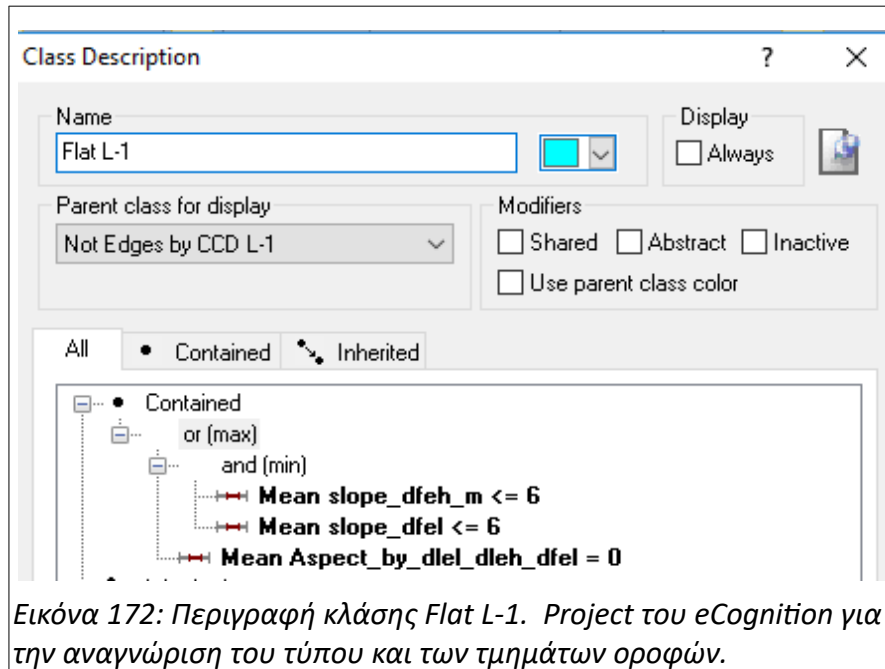
Η L-1 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Οι κλάσεις Not Buildings L-1, Buildings L-1 έχουν ακριβώς τους ίδιους ορισμούς με τις Not Buildings L0, Buildings L0, στην ίδια λογική.

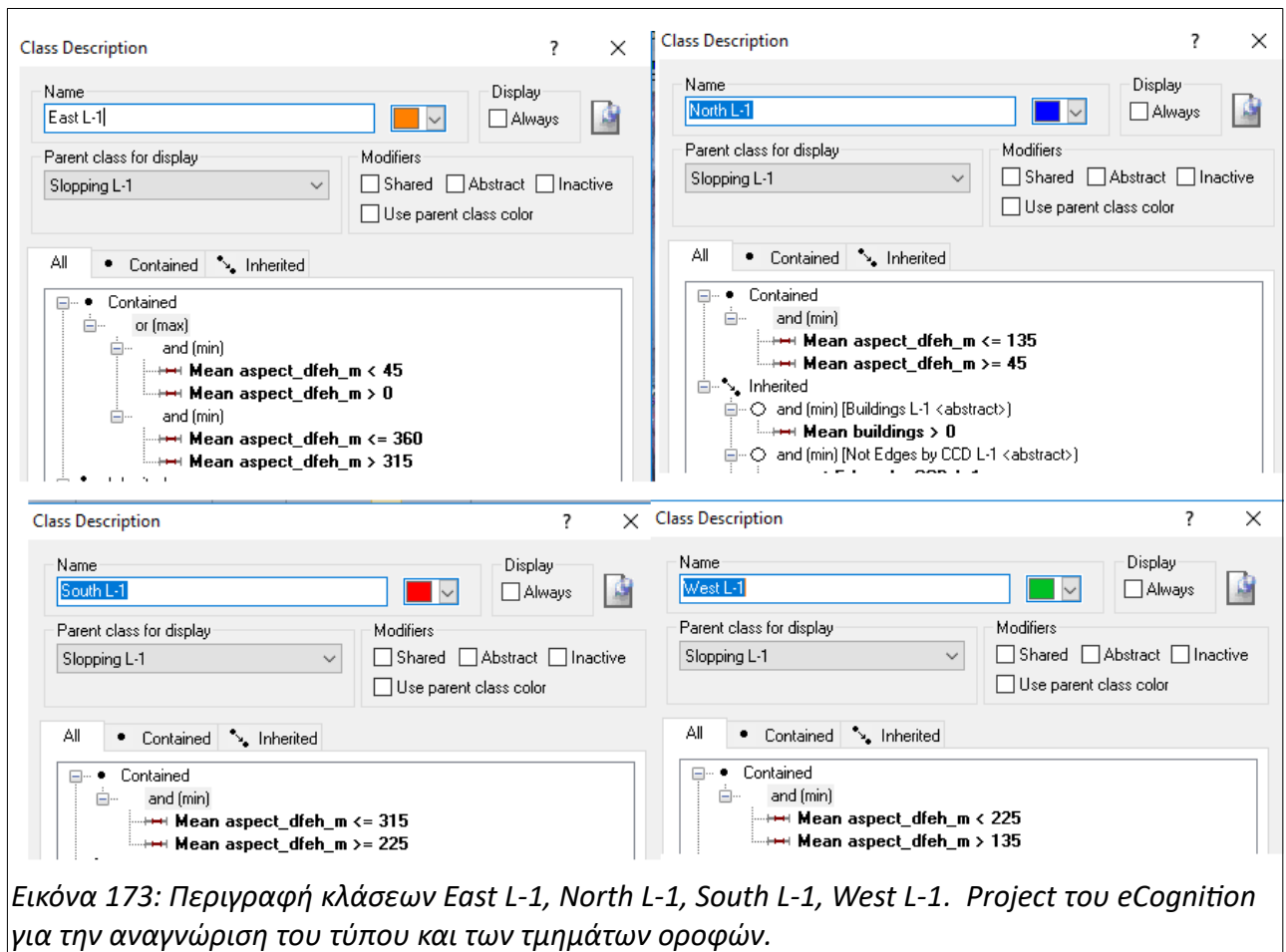
Η Edges by CCD L-1 μεταφέρει τις διαχωριστικές γραμμές από L0 στο L-1. Και η Not Edges by CCD L-1 είναι η "αντίθετή" της, που ορίζεται με άρνηση της Edges by CCD L-1.

Η Flat L-1 προσπαθεί να παγιδεύσει τα pixels που αντιστοιχούν σε επίπεδες επιφάνειες. Ο

ορισμός της επίπεδης επιφάνειας έγινε ελαφρώς διασταλτικά από αυτό που ορίζεται ως επίπεδη επιφάνεια στην εγκατάσταση ΦΒ πλαισίων. Πιο αναλυτικά, από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης ενέργειας (ΚΑΠΕ) [7] και τα έγγραφα που παρουσιάζει ως αναγκαία για την αδειοδότηση μίας εγκατάστασης (σελ. 41), οι οροφές με κλίση μικρότερη από 5° θεωρούνται επίπεδες. Λόγω του ότι, τα Ψηφιακά Μοντέλα Επιφανείας εξάγονται μέσα από μεθόδους μαθηματικής παρεμβολής στα LIDAR δεδομένα, θεωρήθηκε πιο αξιόπιστο, μετά από φωτοερμηνεία με την βοήθεια του εργαλείου Feature View, να δοθεί και περιθώριο μίας μοίρας (6°). Πέρα από τις κλίσεις (slope), συνέδραμε στον ορισμό της κλάσης (πολύ λίγο) και ο προσανατολισμός (aspect).



Τα pixels με κλίση εντάχθηκαν στην Sloping L-1, που απλώς ήταν η άρνηση της Flat L-1. Έπειτα, τα Sloping L-1 χωρίστηκαν σε East L-1, North L-1, South L-1, West L-1. Σε αυτές τις κλάσεις χρησιμοποιήθηκε τελικά, μετά από δοκιμές, το layer aspect_dfeh_m.



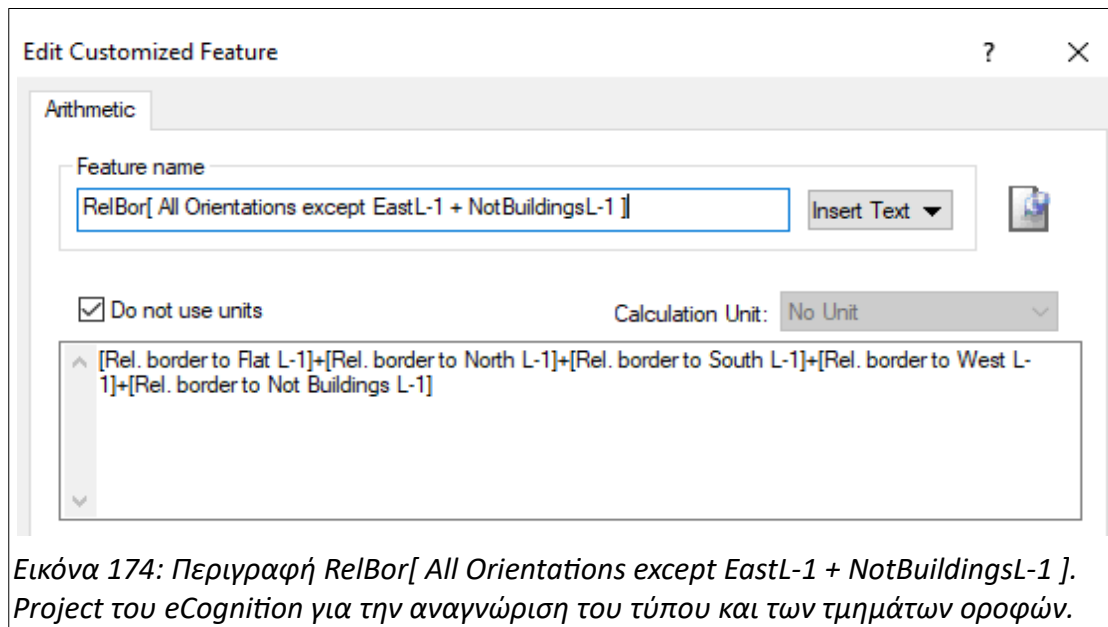
Εικόνα 173: Περιγραφή κλάσεων East L-1, North L-1, South L-1, West L-1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 173, οι North L-1 και South L-1 επιλέχτηκε να συμπεριλάβουν τα όρια και επομένως, να έχουν λίγο μεγαλύτερο εύρος από τις άλλες δύο κλάσεις.

4.6.3.3.5 Πράξεις στο Επίπεδο L-1

4.6.3.3.5.1 5 Αποδόσεις (assign class) Pixels στην Possibly Edges by LIDAR L-1

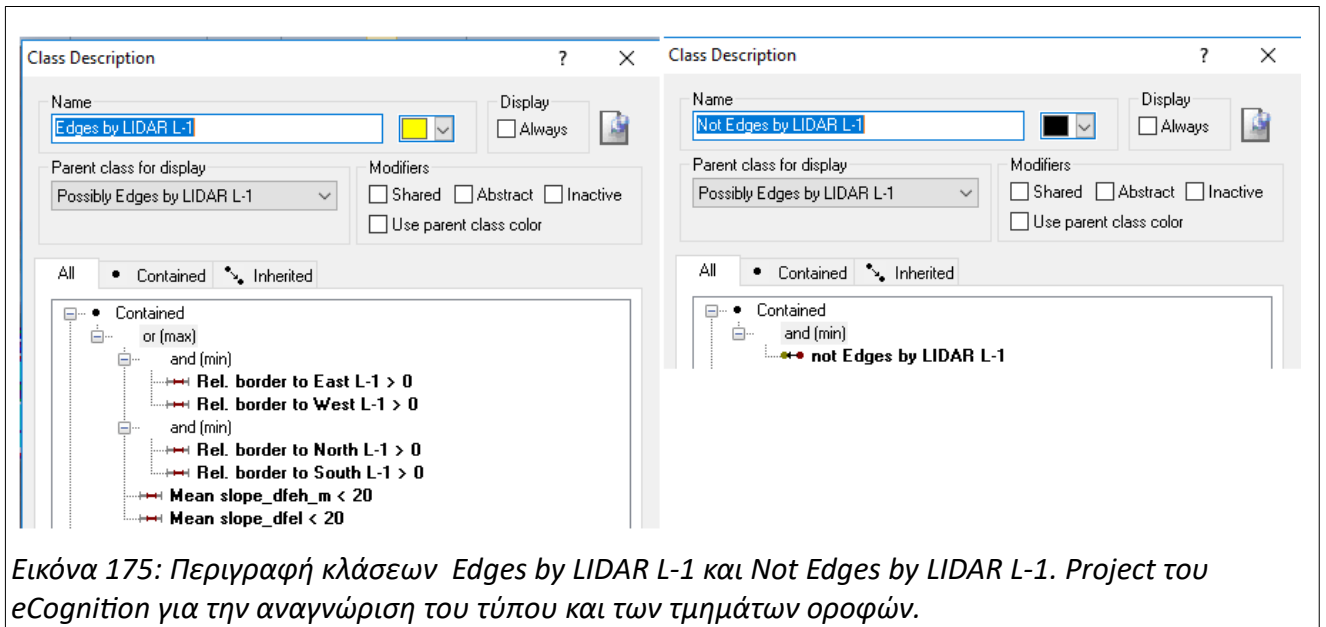
Σκοπός στο L-1, όπως αναφέρθηκε ήταν να σχηματιστούν διαχωριστικές γραμμές από τα δεδομένα LIDAR. Έχοντας 5 προσανατολισμούς (Flat L-1, East L-1, North L-1, South L-1, West L-1), προφανώς, όσα pixels βρίσκονται ανάμεσα σε 2 διαφορετικούς προσανατολισμούς είναι κομμάτι μίας διαχωριστικής γραμμής. Για τον εντοπισμό αυτών των pixels, δημιουργήθηκαν 5 features, τα RelBor[All Orientations except FlatL-1 + NotBuildingsL-1], RelBor[All Orientations except EastL-1 + NotBuildingsL-1] κλπ. Σε κάθε ένα από αυτά τα features κρινόταν, αν το object έχει επαφή με περισσότερους από έναν προσανατολισμούς, εκτός από έναν συγκεκριμένο και, παράλληλα, αν το object έχει επαφή αντικείμενα που δεν είναι κτήρια.



Έτσι, τα objects της Flat L-1 κρίθηκαν με το RelBor[All Orientations except FlatL-1 + NotBuildingsL-1], τα objects της East L-1 κρίθηκαν με το RelBor[All Orientations except EastL-1 + NotBuildingsL-1] κλπ. Όσα objects είχαν RelBor[All Orientations except **“προσανατολισμός των objects που κρίνονται”** L-1 + NotBuildingsL-1]>0 αποδόθηκαν στην Possibly Edges by LIDAR L-1, η οποία ήταν μία κλάση κενή περιγραφής.

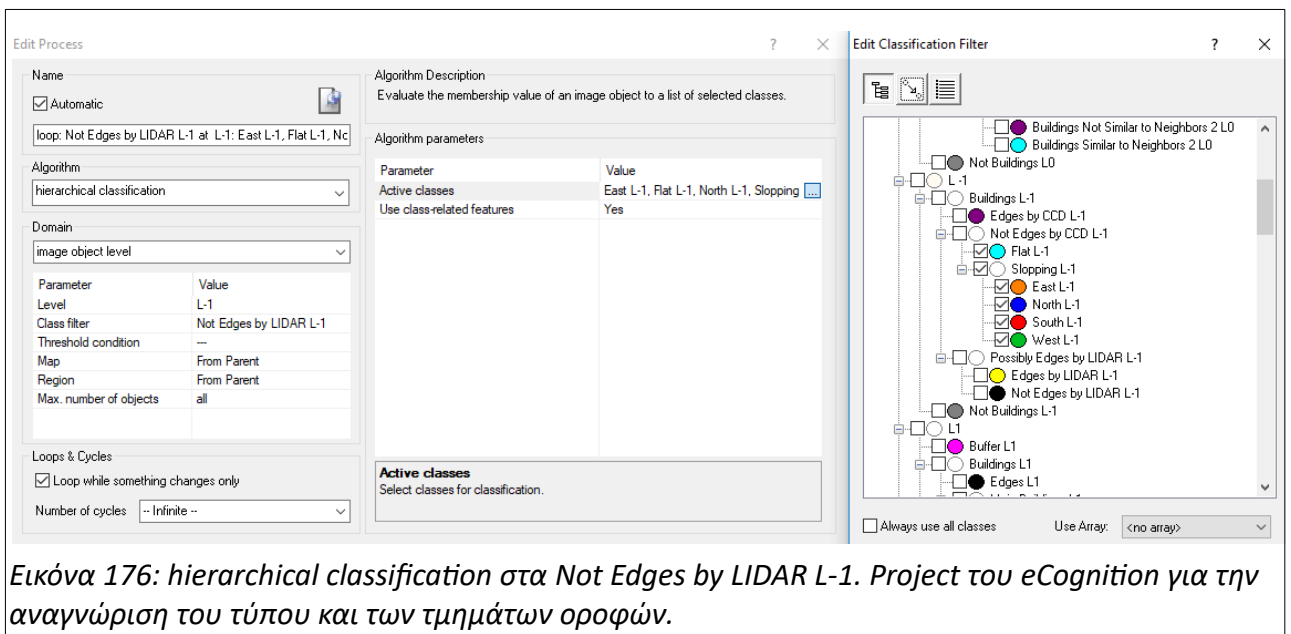
4.6.3.3.5.2 Hierarchical Classification των Possibly Edges by LIDAR L-1

Στην συνέχεια τα Possibly Edges by LIDAR L-1, κατανεμήθηκαν στις Edges by LIDAR L-1 και Not Edges by LIDAR L-1 με hierarchical classification. Απ’ όλα τα Possibly Edges by LIDAR L-1, σίγουρα σε διαχωριστικές γραμμές ήταν όσα pixels βρίσκονταν μεταξύ αντίθετων προσανατολισμών (Βορράς-Νότος, Ανατολή-Δύση). Επιπλέον, όταν συνορεύουν δύο διαφορετικές επιφάνειες, με διαφορετικές κλίσης, διαισθητικά (δηλαδή, τις περισσότερες φορές, από την ανθρώπινη εμπειρία για τις οροφές κτηρίων) στην τομή τους η κλίση πρέπει να έχει μηδενική ή χαμηλή τιμή. Κάτι τέτοιο είναι δύσκολο να ανιχνευθεί από την διακριτική ικανότητα των LIDAR, όμως υψηλές τιμές κλίσεις, πιθανότατα, δεν σημαίνουν την ύπαρξη διαχωριστικών γραμμών. Με αυτό το σκεπτικό ο ορισμός της Edges by LIDAR L-1 φαίνεται στην Εικόνα 175:



4.6.3.3.5.3 Hierarchical Classification των *Not Edges by LIDAR L-1*

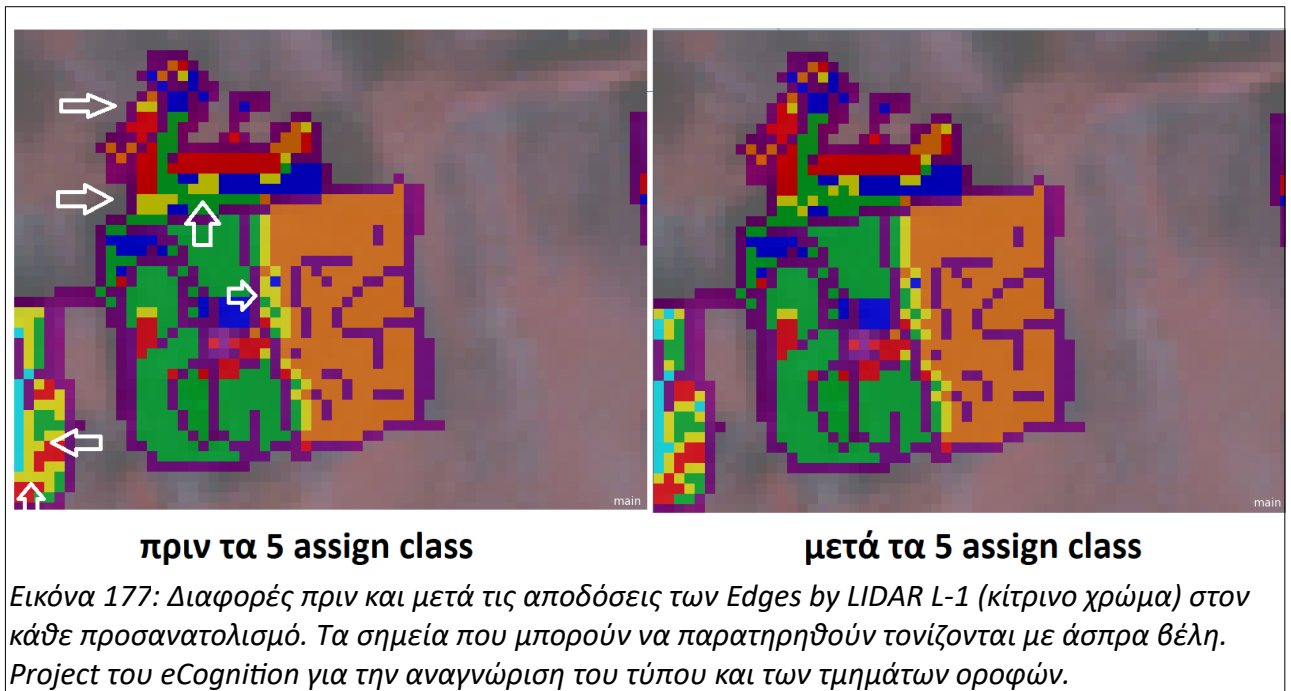
Τα εναπομείναντα objects της *Not Edges by LIDAR L-1*, τα οποία δεν θεωρήθηκαν ότι ανήκουν στις διαχωριστικές γραμμές αποδόθηκαν και πάλι στην προηγούμενη διαμόρφωση. Δηλαδή, με hierarchical classification μεταφέρθηκαν και πάλι στις κλάσεις: *Flat L-1*, *East L-1*, *North L-1*, *South L-1*, *West L-1*.



4.6.3.3.5.4 5 Αποδόσεις (assign class) των *Edges by LIDAR L-1* σε προσανατολισμούς

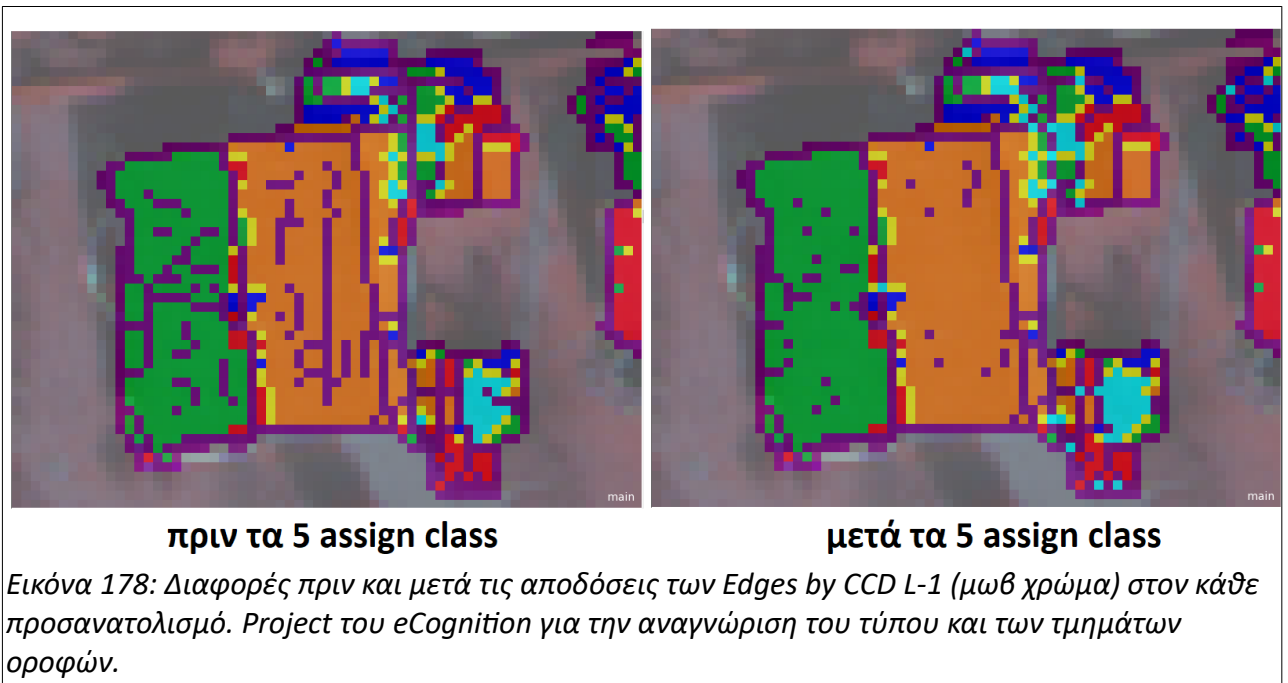
Στην συνέχεια με στόχο να λεπτύνουν οι διαχωριστικές γραμμές από τα LIDAR (όπως έγινε και με την σκελετοποίηση στα CCD), με την χρήση των *RelBor[All Orientations except FlatL-1 +*

NotBuildingsL-1], RelBor[All Orientations except EastL-1 + NotBuildingsL-1] κλπ, όσα objects της Edges by LIDAR L-1 είχαν RelBor[All Orientations except **“προσανατολισμός των objects που εξετάζονται”** L-1 + NotBuildingsL-1]=0, αποδόθηκαν στον προσανατολισμό που εξετάζεται. Γιατί, αυτά ήταν pixels που δεν βρίσκονταν ανάμεσα σε επιφάνειες με διαφορετικό προσανατολισμό.

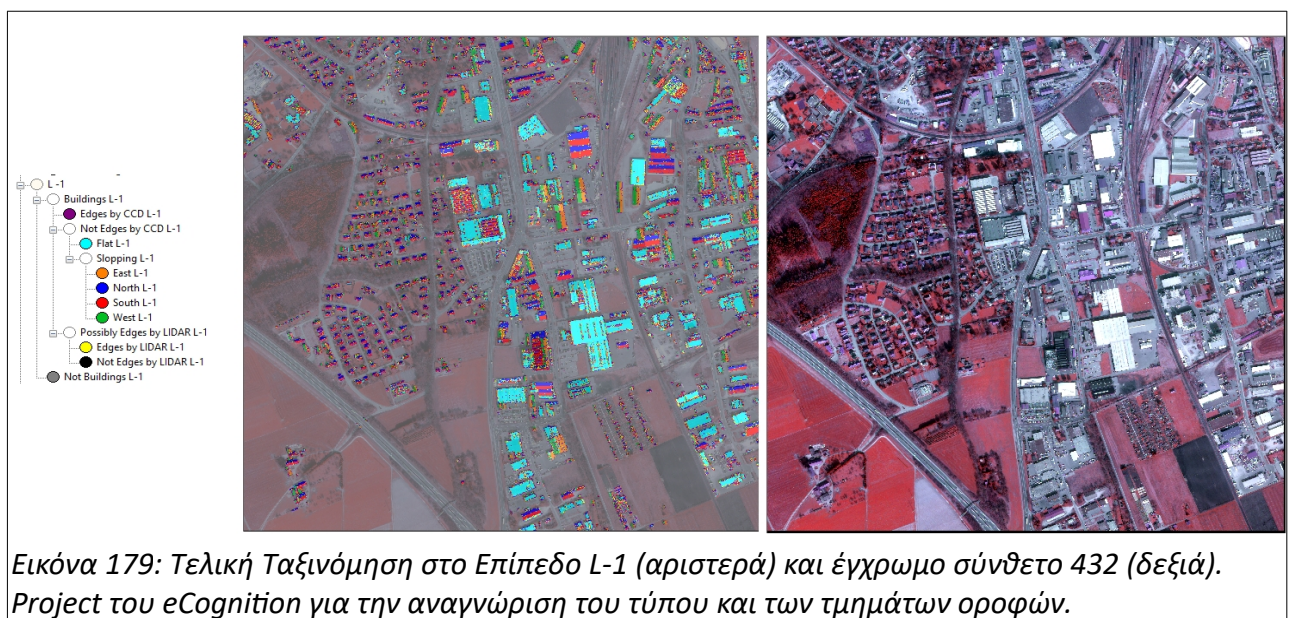


4.6.3.3.5.5 5 Αποδόσεις (assign class) των Edges by CCD L-1 σε Προσανατολισμούς

Συνδυάζοντας τους δύο τύπους δεδομένων στο επίπεδο L-1, κι από τις ακμές των CCD θα μπορούσαν να αφαιρεθούν κάποια τμήματα που δεν αποτελούν διαχωριστικές γραμμές, με κριτήριο τους προσανατολισμούς. Έτσι, όσα objects της Edges by CCD L-1 είχαν RelBor[All Orientations except **“προσανατολισμός που εξετάζεται”** L-1 + NotBuildingsL-1]=0, αποδόθηκαν στον προσανατολισμό που εξετάζεται. **Με αυτή την πράξη χάνονται διαχωριστικές γραμμές μεταξύ ανόμοιων τμημάτων οροφών που έχουν ίδιο προσανατολισμό, αλλά απλοποιήθηκε η ανάλυση των δεδομένων. Η διαχείριση αυτών των περιπτώσεων εξετάστηκε μετέπειτα σε άλλα επίπεδα!**

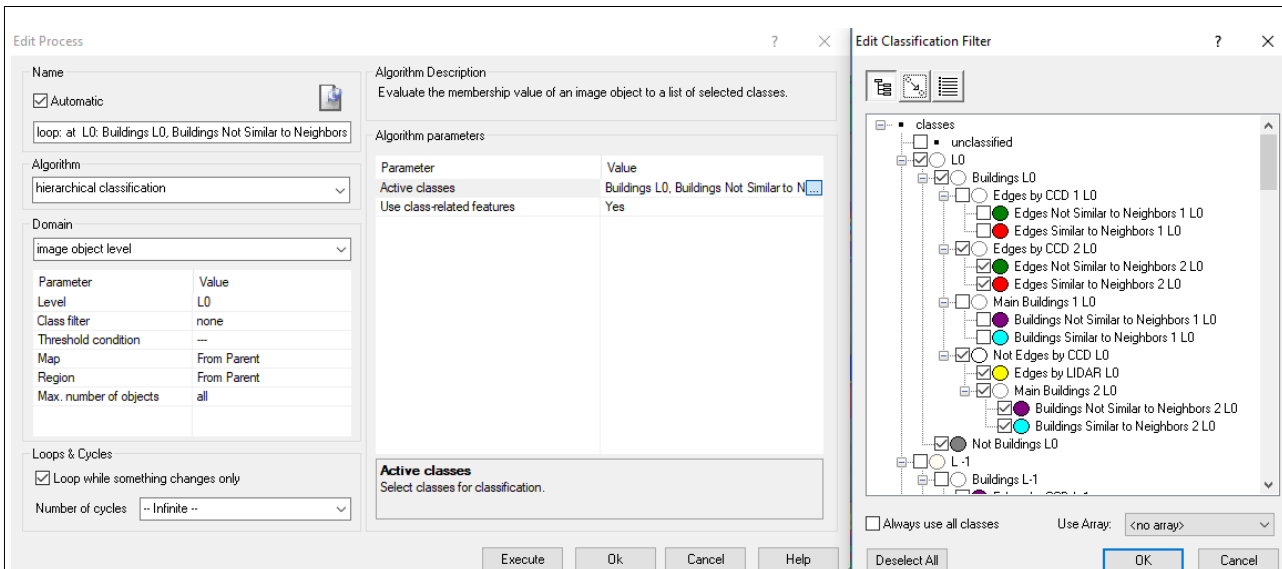


Το τελικό αποτέλεσμα στο L-1 δίνεται στην Εικόνα 179:



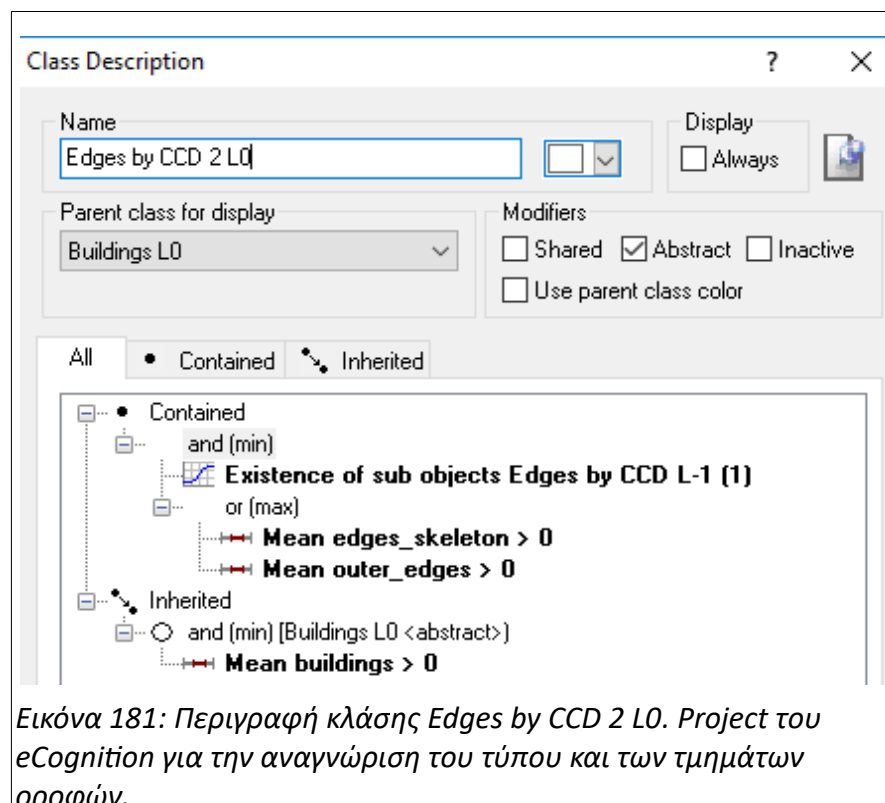
4.6.3.3.6 2^η Ταξινόμηση Επιπέδου L0

Σύμφωνα με αποτελέσματα που παράχθηκαν στο L-1, αναδιαμορφώθηκε το L0, με τις ακμές από τα CCD να ανανεώνονται και τις ακμές από τα LIDAR να προστίθενται. Για να γίνει αυτό σχηματίστηκαν οι κλάσεις Edges Not Similar to Neighbors 2 L0, Edges Similar to Neighbors 2 L0, Buildings Not Similar to Neighbors 2 L0, Buildings Similar to Neighbors 2 L0, Main Buildings 2 L0 που έχουν τον ίδιο ρόλο με τις αντίστοιχες πρώτες που αναλύθηκαν παραπάνω. Επιπλέον, χρειάστηκαν οι κλάσεις Not Edges by CCD L0, Edges by LIDAR L0.



Εικόνα 180: hierarchical classification για την 2^η Ταξινόμηση του Επιπέδου L0 με βάση ορισμένα μόνο αποτελέσματα του L-1

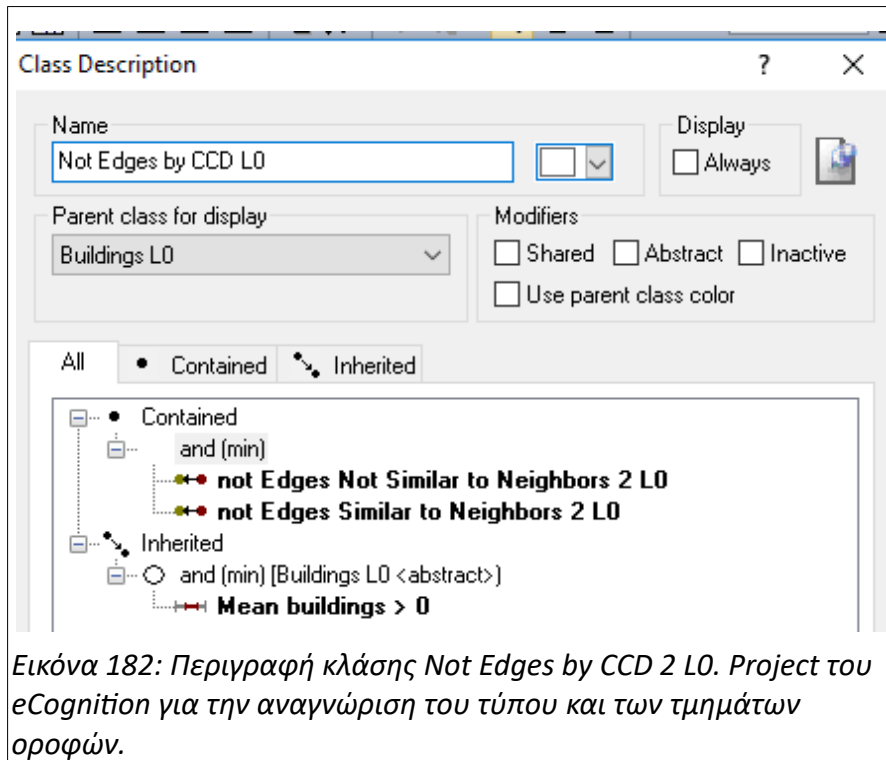
Η Edges by CCD 2 L0 παίρνει τα objects που στο L-1 είναι Edges by CCD L-1 και (προληπτικά) όσα έχουν τιμή ίση με 1 στα layers outer_edges και edges_skeleton.



Εικόνα 181: Περιγραφή κλάσης Edges by CCD 2 L0. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Οι Edges Not Similar to Neighbors 2 L0, Edges Similar to Neighbors 2 L0 έχουν ακριβώς την ίδια περιγραφή με τις Edges Not Similar to Neighbors 1 L0, Edges Similar to Neighbors 1 L0. Ο λόγος που δημιουργήθηκαν αντίγραφα είναι γιατί, η Edges by CCD 2 L0 έχει διαφορετικό ορισμό από την Edges by CCD 1 L0.

Η Not Edges by CCD L0, ουσιαστικά, δίνει προτεραιότητα στην εξαγωγή των ακμών από τα CCD .



Εικόνα 182: Περιγραφή κλάσης Not Edges by CCD 2 L0. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Η Edges by LIDAR L0 μεταφέρει με το Class Related feature, Existence of sub objects τις ακμές των LIDAR από το L-1 στο L0.

Τα objects που απομένουν δίνονται στην Main Buildings 2 L0 και ομαδοποιούνται στις κλάσεις “παιδιά” της, ακριβώς όπως στην 1η ταξινόμηση στο L0.

Το τελικό αποτέλεσμα των ταξινομήσεων στο Επίπεδο L0 δίνεται στην Εικόνα 183:



Εικόνα 183: Τελική Ταξινόμηση στο Επίπεδο L0 (αριστερά) και έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.7 Κατάτμηση Επιπέδου L1

Η κατάτμηση αυτή είχε σκοπό να ενώσει τα γειτονικά pixels που παρουσιάζουν συγγενικά χαρακτηριστικά φωτεινότητας και ύψους, χωρίς να ξεφεύγει από τα όρια που τίθενται με τα Edges by CCD L0 και Edges by LIDAR L0. Συνεπώς, χρησιμοποιήθηκε ο multiresolution segmentation.

| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Buildings Not Similar to Neighbors 2 L0, Buildings Similar to Neighbors 2 L0 |
| Layers x weight | Nagao_Int x3, dfelh_m x1, dleh x1, dfel x1 |
| Scale | 15 |
| Shape | 0,2 |
| Compactness | 0,7 |
| Level που εφαρμόστηκε | L0 |
| Level που δημιουργήθηκε | L1 |
| Θέση Level | above |

Πίνακας 33: Κατάτμηση Επιπέδου L1 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Το σημαντικότερο layer που μπορεί να εντοπίσει διαφορετικά τμήματα των οροφών, εντός των ορίων των διαχωριστικών γραμμών που σχεδιάστηκαν, είναι το Nagao_Int που πήρε βαρύτητα 3. Οι παλμοί που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι dfelh_m, dfel, dleh, καθώς, όπως φαίνεται ποιοτικά κι από την [Εικόνα 163](#), ο πρώτος μπορεί να ανιχνεύσει μεταβολές ύψους προς τα επάνω, ο δεύτερος προς τα κάτω κι ο dleh και προς τις δύο κατευθύνσεις. Με την συμφωνία μεταξύ LIDAR-CCD να βρίσκεται συνήθως κάπου μεταξύ dfel, dleh. Έτσι, όλοι οι παλμοί πήραν βαρύτητα 1 και ο dleh δεν θεωρήθηκε αναγκαίος. Η κλίμακα μετά από δοκιμές πήρε την σχετικά μεγάλη τιμή 15. Επειδή πρόκειται για διαφορετικές επιφάνειες οροφών κτηρίων που συνήθως εμφανίζουν συμπαγές σχήμα, το shape προσδιορίστηκε στο 0,2 και το compactness στο 0,9.

4.6.3.3.8 Ταξινόμηση Επιπέδου L1

Ο στόχος του Επιπέδου L1 ήταν να σχηματιστούν όσο γίνεται μεγαλύτερα objects που θα ταυτίζονται με κάθε τμήμα των κτηρίων, χωρίς να χάνεται καμία μικρή λεπτομέρεια σε κάθε επιφάνεια π.χ. παράθυρα. Κι όλα αυτά εντός των ορίων των ακμών που έχουν διαμορφωθεί στο

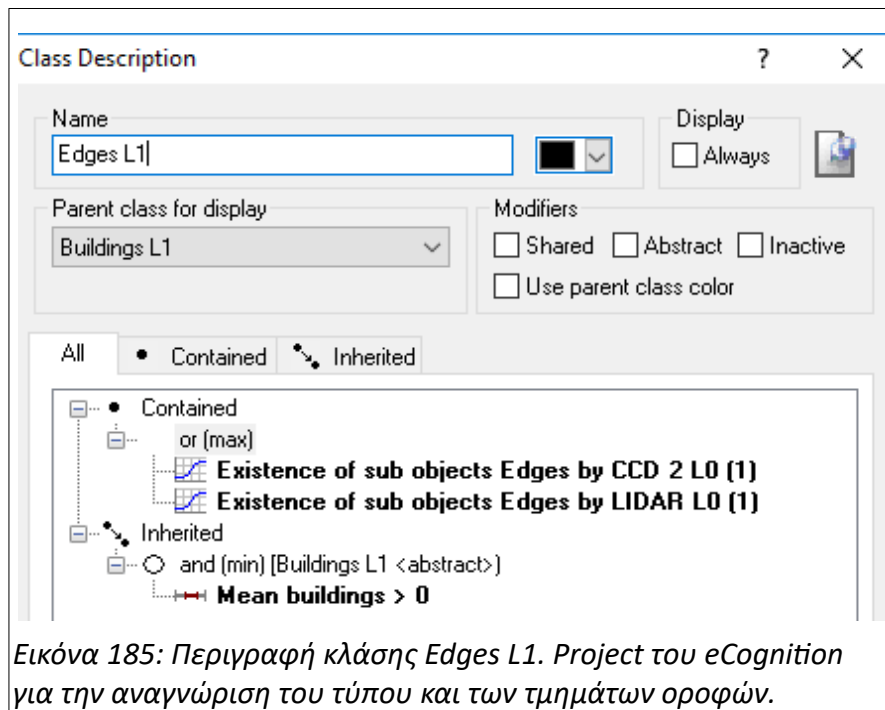
L0. Αυτό επιδιώχθηκε με μία hierarchical classification.



Η κλάση L1 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

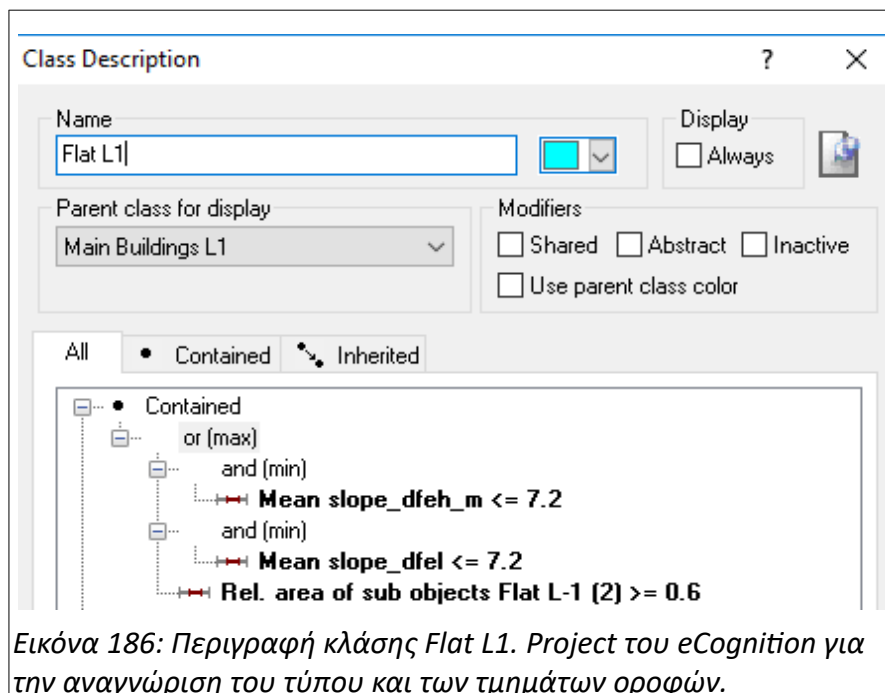
Η Not Buildings L1 έχει τιμή μηδέν στο buildings και η Buildings L1 έχει θετικές τιμές στο buildings.

Η Edges L1 συμπυκνώνει τις ακμές που καθορίστηκαν στο L0



Η κλάση Main Buildings L1 δίνει, απλά, προτεραιότητα στην εξαγωγή των Edges L1 με μία περιγραφή not Edges L1.

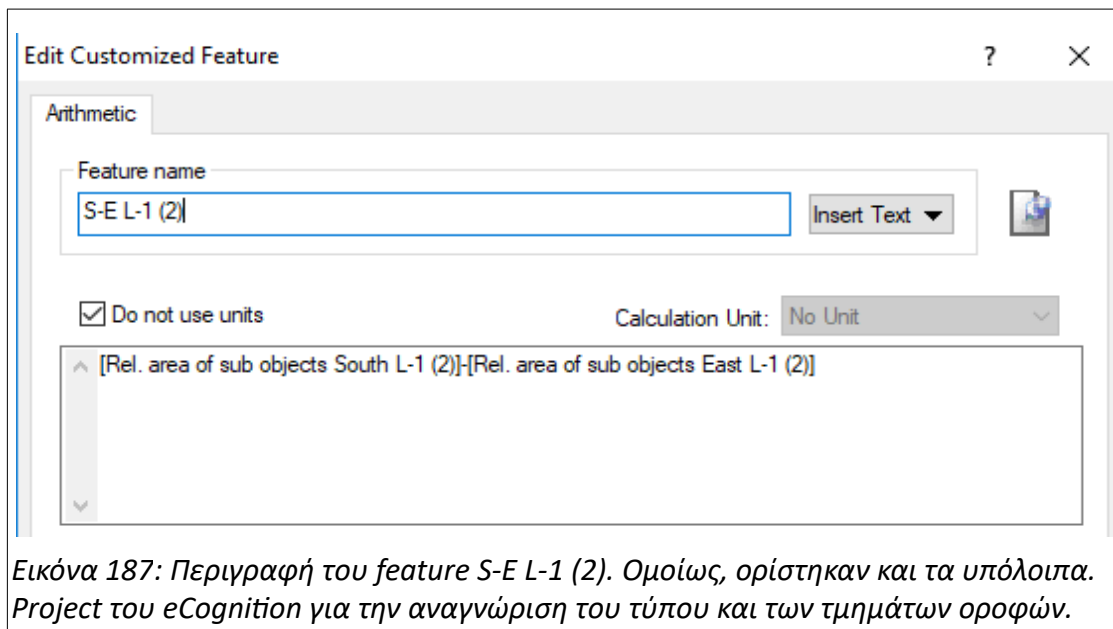
Η θυγατρική της Flat L1 ορίζει τις επίπεδες οροφές με ακόμα πιο διασταλτικά όρια από το L-1, αφού αναφέρεται σε μεγαλύτερα objects. Ακόμα, ενσωματώνει και τα αποτελέσματα της ταξινόμησης για τις συγκεκριμένες οροφές από το L-1



Η Sloping 1 L1 ορίζεται αντιθετικά στην Flat L1.

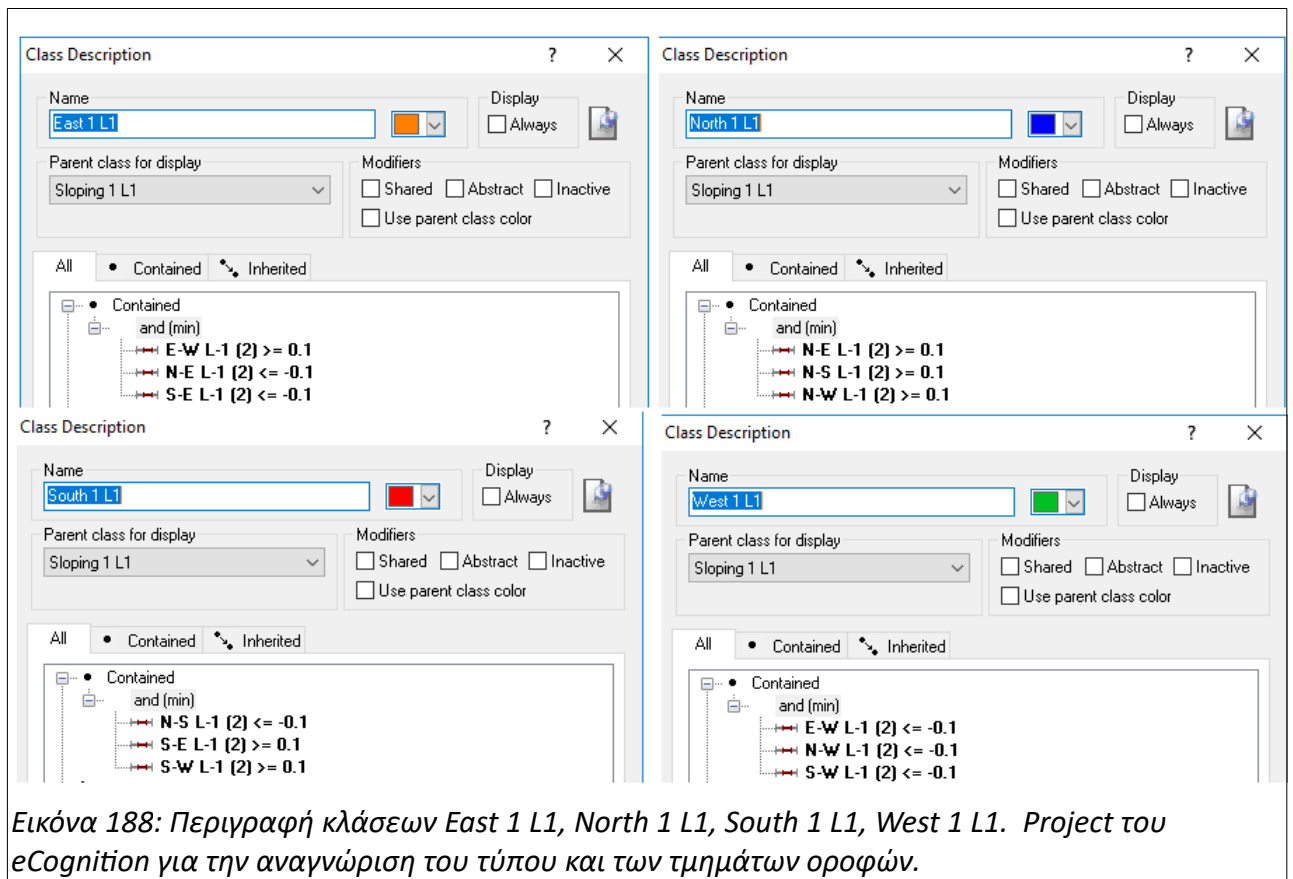
Σε όσα objects δεν είναι Flat L1 και εντάσσονται στην Sloping 1 L1, γίνεται ομαδοποίηση στις

κατηγορίες East 1 L1, North 1 L1, South 1 L1, West 1 L1, Other Sloping 1 L1. Εδώ, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή: Οι προσανατολισμοί σε μοίρες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αντικείμενα μεγαλύτερα από pixel! Για παράδειγμα εάν, τα 2/3 ενός object έχουν προσανατολισμό 1°, δηλαδή ανατολικό και το 1/3 έχει προσανατολισμό 310°, δηλαδή νότιο, ο μέσος όρος θα είναι 104°, δηλαδή βόρειος προσανατολισμός! Αν και στο συγκεκριμένο project δεν ενδιαφέρει ο προσανατολισμός να είναι ο σωστός, παρά μόνο να διακρίνονται οι διαφορετικές επιφάνειες, η αγνόηση του παραπάνω χαρακτηριστικού οδηγεί σε λάθη. Επομένως, για να μην υπάρξουν συγχύσεις, οι παραπάνω κλάσεις ορίστηκαν με κριτήριο το σχετικό εμβαδόν των υπό-κλάσεων στο L-1. Ειδικότερα, κατασκευάστηκαν οι 6 επαρκείς διαφορές στο εμβαδόν των προσανατολισμών: N-E, N-S, N-W, S-E, S-W, E-W

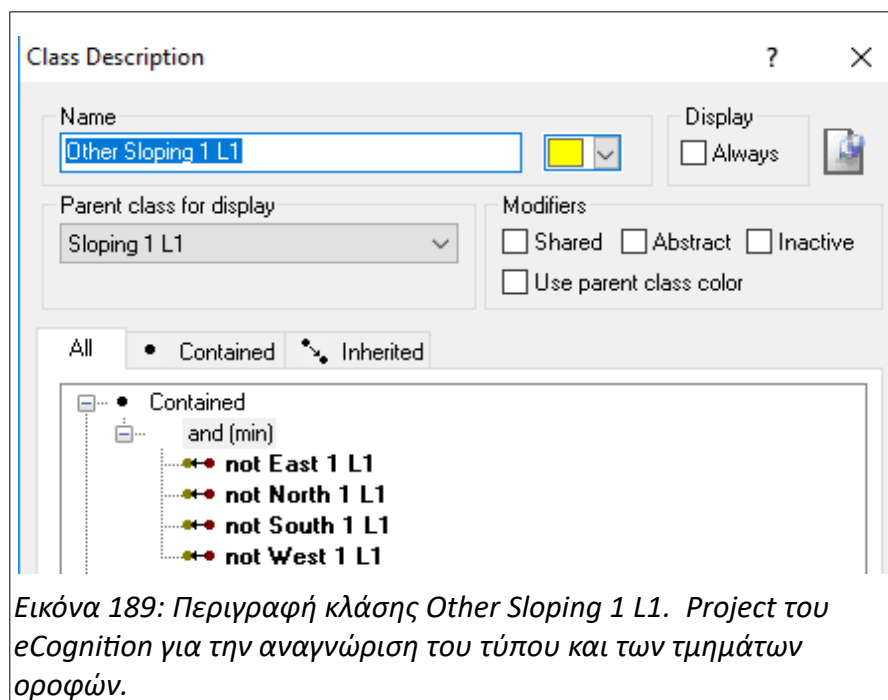


Εικόνα 187: Περιγραφή του feature S-E L-1 (2). Ομοίως, ορίστηκαν και τα υπόλοιπα. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

και στην συνέχεια ορίστηκαν οι κλάσεις στο L1 που με σχετική σιγουριά ανήκαν σε κάθε προσανατολισμό. Η σχετική σιγουριά επιτυγχανόταν, όταν ο κυρίαρχος προσανατολισμός ξεπερνούσε όλους τους άλλους κατά 10% του συνολικού εμβαδού του object που εξετάζεται.

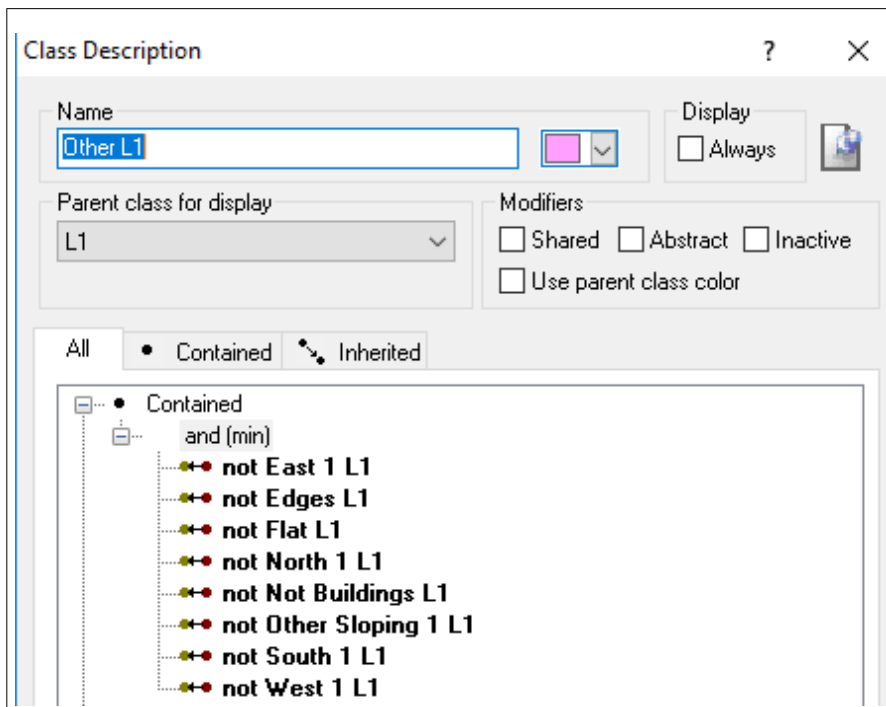


Όσα objects της Slopping 1 L1 δεν κατατάχτηκαν σε κάποιο προσανατολισμό, εντάχθηκαν στην Other Slopping 1 L1.



Τέλος, στην 1^η διαμόρφωση του L1, στην κλάση Other L1 εισάγονται όσα αντικείμενα δεν

συμπίπτουν με κανένα ορισμό, των άλλων κλάσεων.



Class Description ? X

Name: Other L1 [Color: Pink]

Display: Always

Parent class for display: L1


Modifiers: Shared Abstract Inactive Use parent class color

All Contained Inherited

Contained

- and (min)
 - not East 1 L1
 - not Edges L1
 - not Flat L1
 - not North 1 L1
 - not Not Buildings L1
 - not Other Sloping 1 L1
 - not South 1 L1
 - not West 1 L1

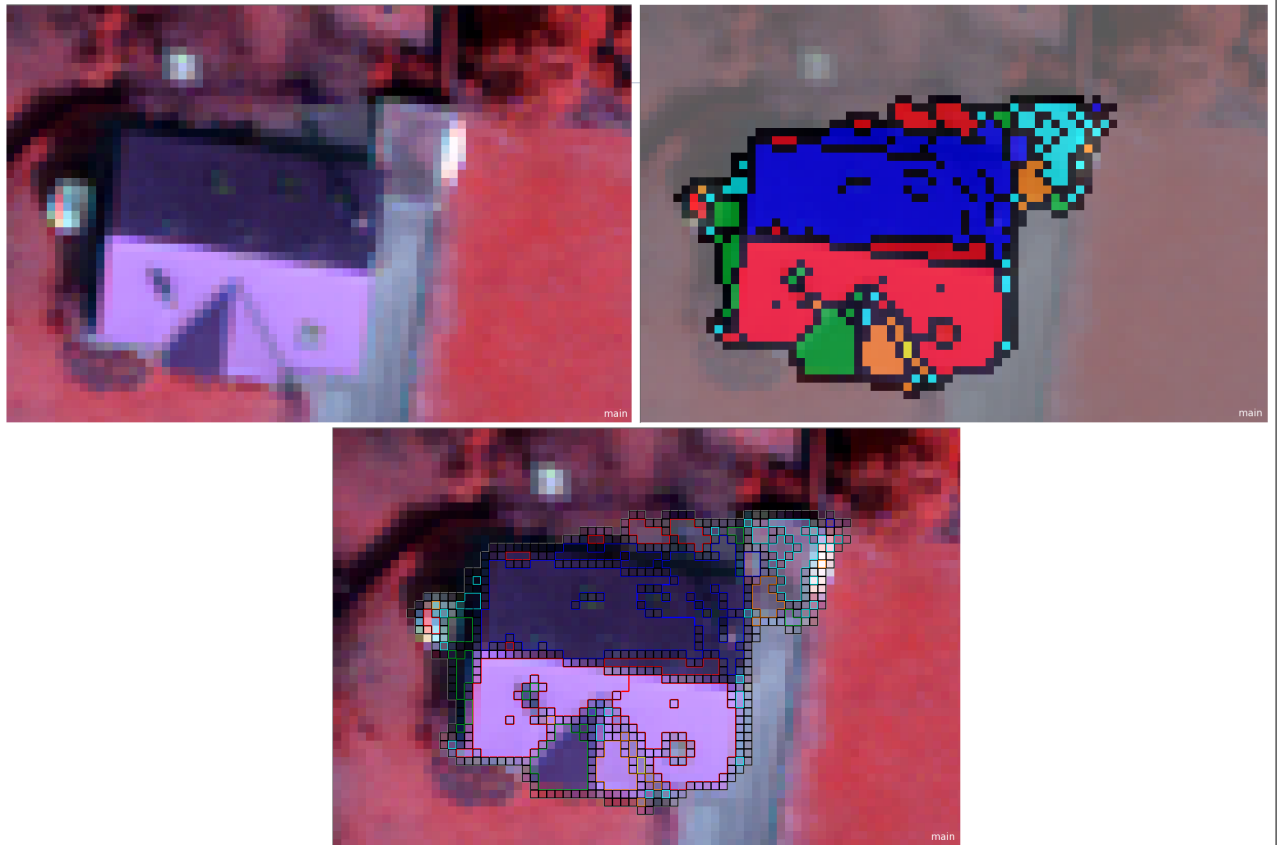
Εικόνα 190: Περιγραφή κλάσης Other L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.



L1

- Buffer L1
- Buildings L1
- Edges L1
- Main Buildings L1
 - Flat L1
 - Sloping 1 L1
 - East 1 L1
 - North 1 L1
 - Other Sloping 1 L1
 - South 1 L1
 - West 1 L1
 - Sloping 2 L1
 - East 2 L1
 - North 2 L1
 - Other Sloping 2 L1
 - South 2 L1
 - West 2 L1
- Not Buildings L1
- Other L1

Εικόνα 191: 1^η διαμόρφωση Επιπέδου L1. Ταξινόμηση (αριστερά), έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.



Εικόνα 192: Κτήριο στο Επίπεδο L1 μετά την 1^η Ταξινόμηση του επιπέδου. Έγχρωμο σύνθετο 432 (αριστερά πάνω), Ταξινόμηση (δεξιά πάνω), ο Σχηματισμός objects κάτω. Φαίνεται ότι τα περισσότερα ξεχωριστά τμήματα της οροφής απαρτίζονται από 2 ή περισσότερα objects. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.9 Κατάτμηση Επιπέδου L2

Η επόμενη ταξινόμηση έγινε αγνοώντας τις ακμές που είχαν ανιχνευτεί στα L-1, L0, σε μία προσπάθεια να υπάρχει ένα επίπεδο “οδηγός” για την συγχώνευση των αποτελεσμάτων του L1.

| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Buildings L1, Edges L1, Main Buildings L1, Flat L1, Slopping 1 L1, East 1 L1, North 1 L1, South 1 L1, West 1 L1, Other Slopping 1 L1 |
| Layers x weight | Nagao_Int x3, dfch_m x1, dleh x1, dfel x1 |
| Scale | 8 |
| Shape | 0,2 |
| Compactness | 0,7 |
| Level που εφαρμόστηκε | L1 |
| Level που δημιουργήθηκε | L2 |
| Θέση Level | above |

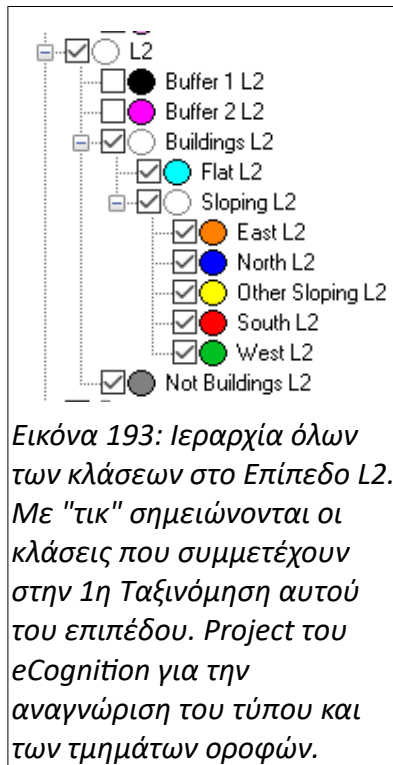
Πίνακας 34: Κατάτμηση Επιπέδου L2 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Ο αλγόριθμος, τα layers που χρησιμοποιήθηκαν και ο τρόπος διαχείρισής τους είναι ίδια με την **Κατάτμηση του Επιπέδου L1**. Η κλίμακα είναι μικρότερη από αυτή που χρειάστηκε για το L1 γιατί, στην κατάτμηση συμμετέχουν και οι ακμές. Οξύμωρα, αλλά αναμενόμενα, αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερα objects, οπότε το L2 τοποθετείται πάνω από το L1.

4.6.3.3.10 Ταξινόμηση Επιπέδου L2

Στο L2 επιδιώκεται μία ταξινόμηση αντίστοιχη με του L1, χωρίς των περιορισμό που θέτουν οι διαχωριστικές γραμμές που έχουν προσδιοριστεί. Το σκεπτικό είναι ότι με ένα επίπεδο που περιορίζεται από τις ακμές (L1) κι ένα ή περισσότερα επίπεδα (L2,...) που δεν περιορίζονται από τις ακμές κι ανάλογα με την κλίμακά τους περιγράφουν καλύτερα μικρά ή μεγάλα αντικείμενα της εικόνας, υπάρχει το πεδίο για κατάλληλες κινήσεις διαχείρισης των objects του L1 που χωρίζονται με διαχωριστικές γραμμές, αλλά ανήκουν σε ένα ενιαίο τμήμα οροφής. Το L2 ως το πρώτο επίπεδο της σειράς των επιπέδων που δεν περιορίζονται από ακμές, έχει μεγαλύτερη ακρίβεια σε μικρότερα κτήρια.

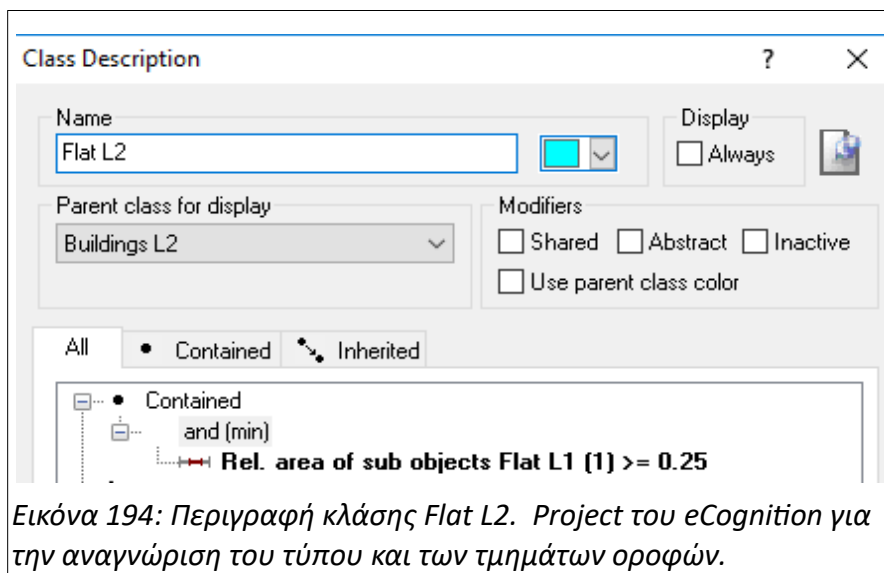
Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται είναι ο hierarchical classification.



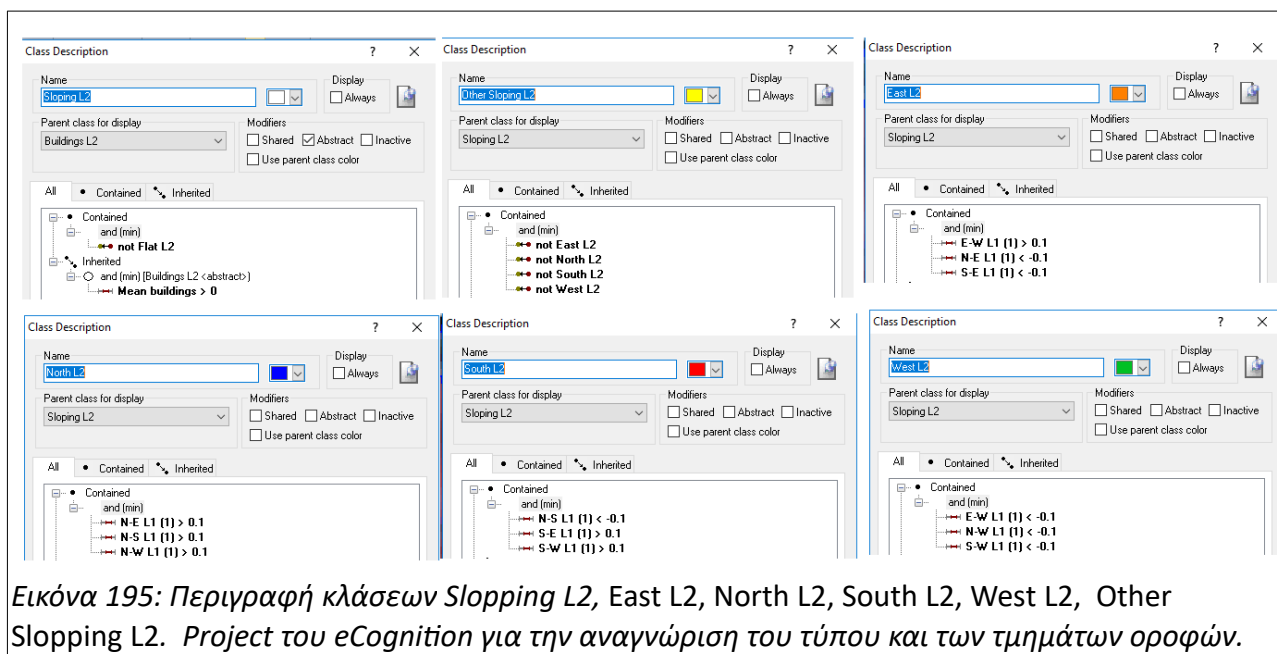
Η L2 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Η Not Buildings L2 έχει τιμή μηδέν στο buildings και η Buildings L2 έχει θετικές τιμές στο buildings.

Ο multiresolution segmentation ενώνει γειτονικά και συγγενικά objects του L1, εξετάζοντας τα layers που του δίνονται με την ανάλογη βαρύτητα. Από την [Εικόνα 163](#), φαίνεται ότι τα διευρυμένα objects στο L2 δύσκολα μπορούν να κριθούν, για το εάν είναι επίπεδα, με τα layers των slopes. Σε αυτό το πλαίσιο, το κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή των Flat L2 ήταν μόνο η περιεκτικότητά τους σε Flat L1. Με αυτό τον τρόπο, ακόμα κι ένα μικρό ποσοστό 25%, εκτιμήθηκε με χρήση του Feature View και φωτοερμηνεία, ότι είναι αρκετό για να θεωρηθεί ένα τμήμα οροφής στο L2, επίπεδο στο σύνολο του.



Οι κλάσεις Sloping L2, East L2, North L2, South L2, West L2, Other Slopping L2 ορίστηκαν αντίστοιχα με το L1.

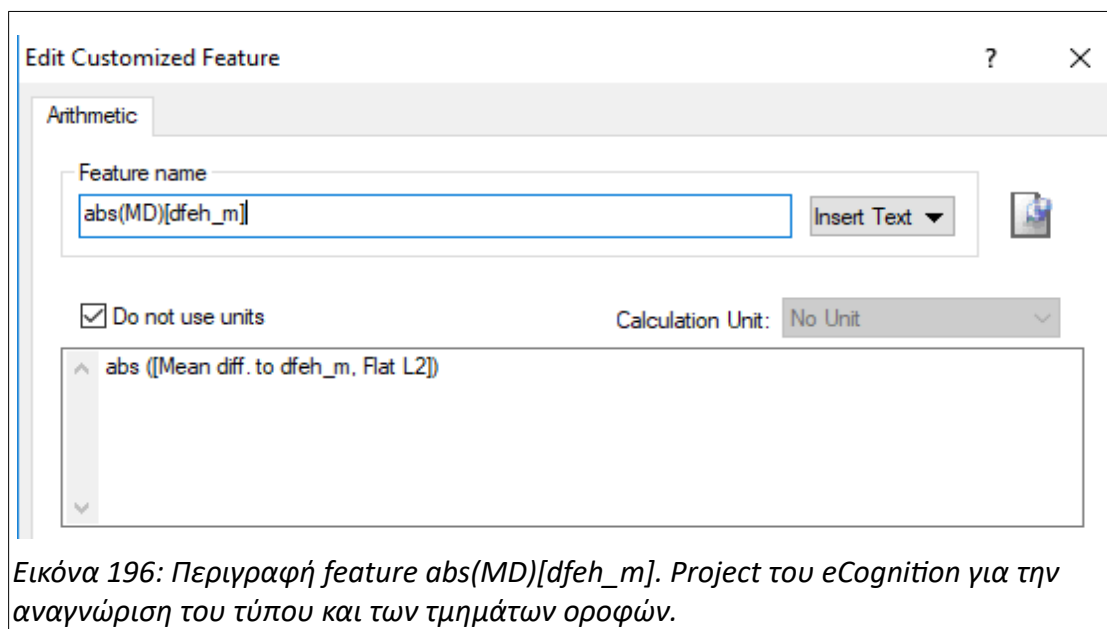


4.6.3.3.11 Πράξεις στο Επίπεδο L2

Οι πράξεις μετά την 1^η διαμόρφωση του Επιπέδου L2, αφορούν στον καλύτερο σχεδιασμό των επίπεδων οροφών.

4.6.3.3.11.1 Συγχώνευση (Merge Region) των Flat L2

Αρχικά, σχηματίστηκε η απόλυτη τιμή της μέσης διαφοράς ύψους στον dfch_m με την κλάση Flat L2.



Αυτό το feature είναι δείκτης για το πόσο ένα object διαφέρει σε ύψος από τα γειτονικά του. Με φωτοερμηνεία θεωρήθηκε ότι τα Flat L2 που έχουν $abs(MD)[dfeh_m] \leq 2$, βρίσκονται στα άκρα των επίπεδων επιφανειών και μπορούν να συγχωνευθούν σε ένα object. Δηλαδή, είναι αντικείμενα του ίδιου τμήματος οροφής.

4.6.3.3.11.2 3 Αποδόσεις (assign class) των Flat L2 στην Buffer 1 L2

Οι Buffer 1 L2, Buffer 2 L2 είναι δύο κλάσεις που, όπως λέει και το όνομα τους χρησιμοποιούνται ως πρόσκαιρες “αποθήκες”, για να γίνουν διάφορες πράξεις στο L2.

Αρχικά η Buffer 1 L2 δεν έχει περιγραφή. Σε αυτή αποδίδονται objects της Flat L2 που δεν είναι επίπεδα και θα έπρεπε να μεταφερθούν στην Sloping L2. Τέτοια objects είναι όσα:

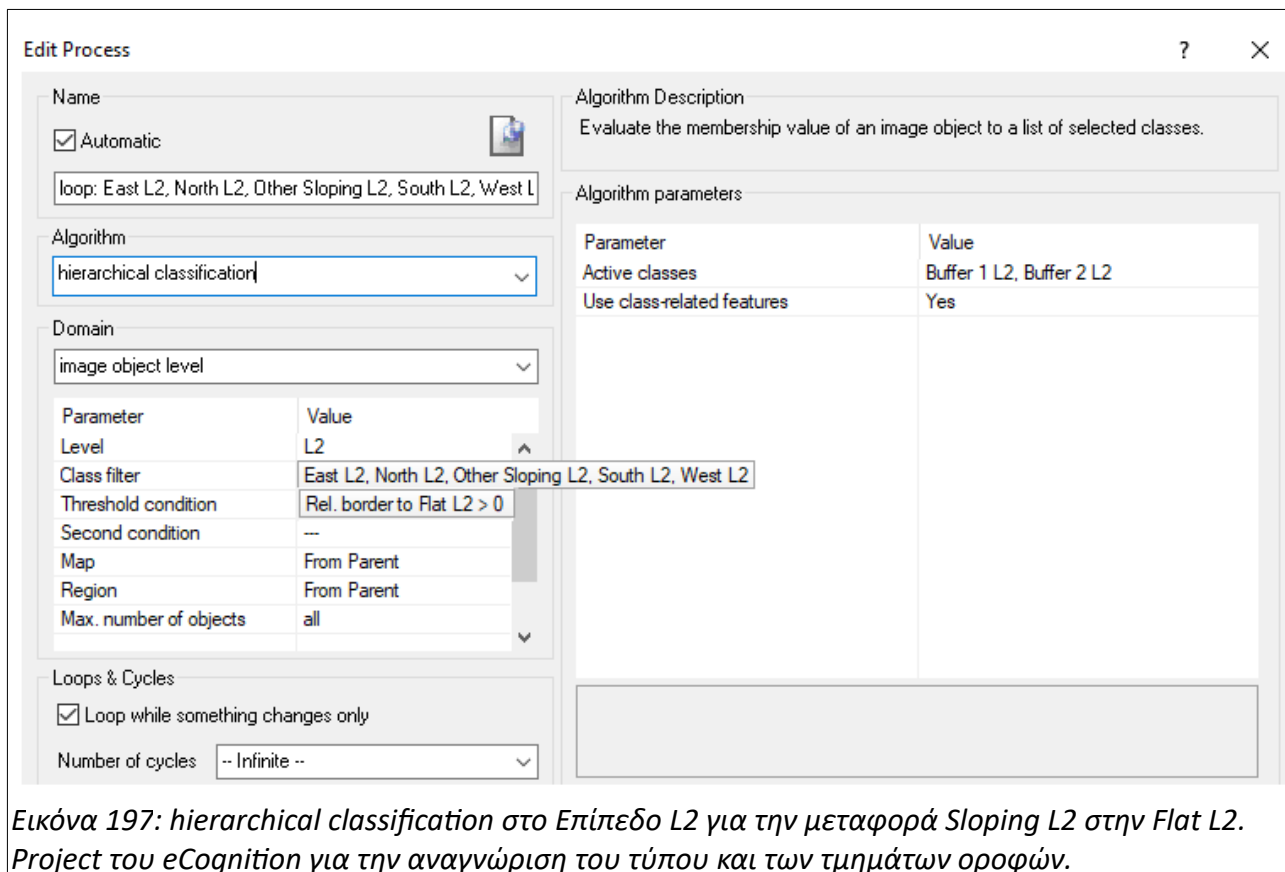
- έχουν **Area ≤ 30 pixels** που θεωρούνται ως θόρυβος.
- έχουν **Area < 200 pixels και Density ≤ 1** . Μικρά, λεπτά και γραμμικά επίπεδα objects εμφανίζονται συχνά στις κορυφογραμμές επικλινών οροφών, που η κλίση παίρνει χαμηλές τιμές.
- έχουν **Area ≥ 200 pixels και Density $\leq 0,94$**

4.6.3.3.11.3 Απόδοση (assign class) των Buffer 1 L2 στην Other Sloping L2

Στην συνέχεια, τα objects της Buffer 1 L2 μεταφέρονται στην Other Sloping L2.

4.6.3.3.11.4 Hierarchical classification στα Sloping L2

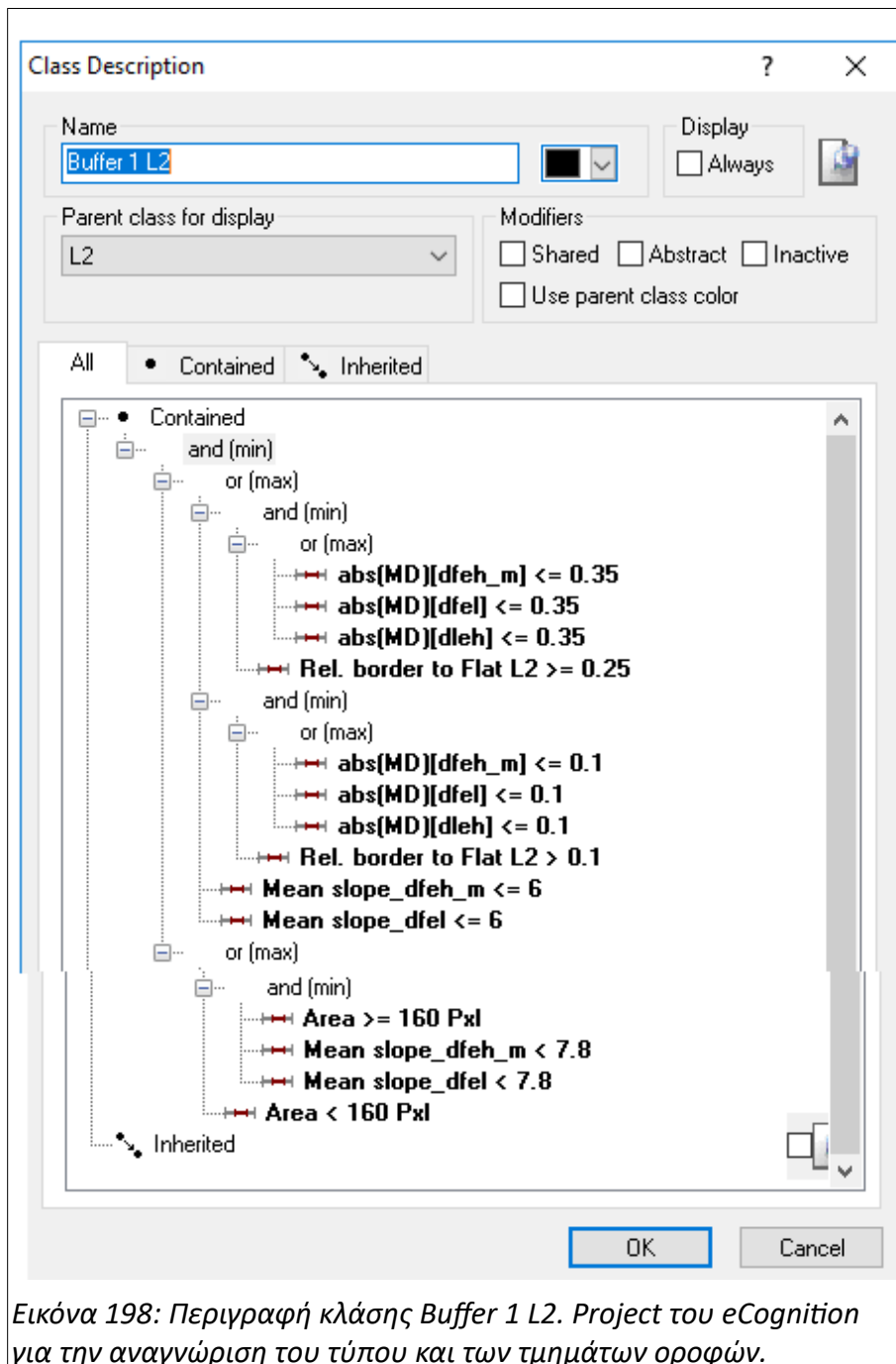
Μετά από μία κίνηση ένωσης των objects της Flat L2 και περιορισμού τους, ακολουθούν κινήσεις επέκτασης των επίπεδων οροφών. Έτσι, εξετάζονται τα Sloping L2 που συνορεύουν με τα Flat L2 και αποδίδονται στις Buffer 1 L2, Buffer 2 L2.



Εδώ, η Buffer 1 L2 από κενή παίρνει μία περιγραφή που ορίζει ποια Sloping L2 πρέπει να μετατραπούν σε Flat L2.

Οι κανόνες που τίθενται είναι τα Sloping L2:

- να έχουν ένα ποσοστό κοινών συνόρων με τα Flat L2 κι ανάλογα με αυτό το ποσοστό να έχουν μικρές απόλυτες (εξέταση και προς τα πάνω και προς τα κάτω) διαφορές στους παλμούς df_{eh_m} , df_{el} , d_{leh} με τα Flat L2
- ή να έχουν πολύ μικρές τιμές κλίσης σε δύο παλμούς (μετά την κατάτμηση για τον σχηματισμό του L2)
- και/ή να έχουν μικρό εμβαδό ή να είναι μεγάλα objects με διεσταλμένα τα όρια των κλίσεων



Εικόνα 198: Περιγραφή κλάσης Buffer 1 L2. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

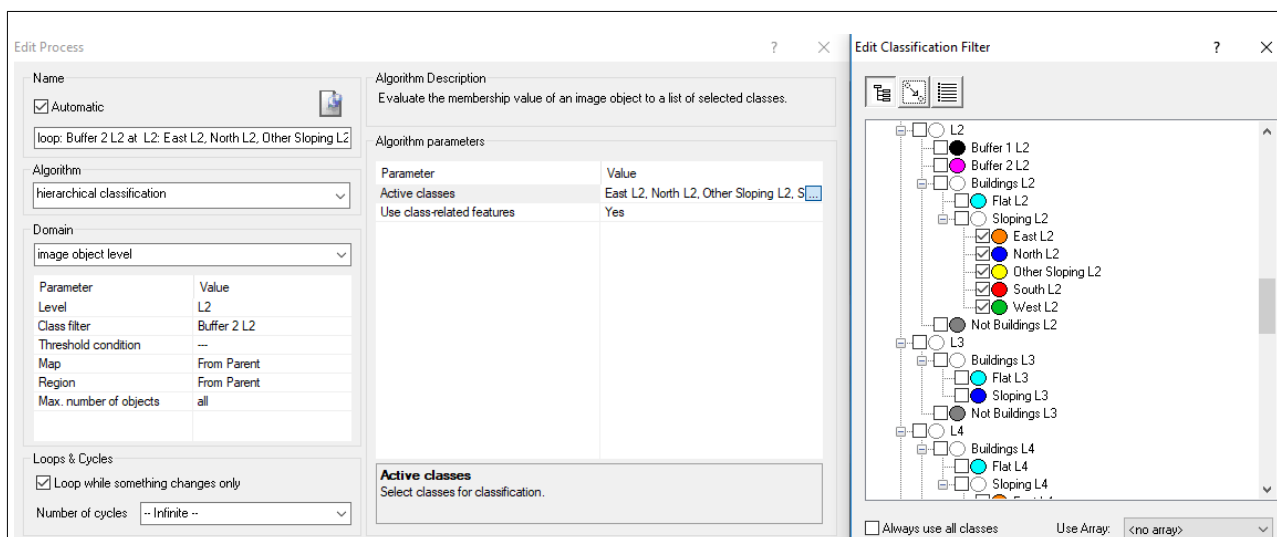
Η Buffer 2 L2 συμπεριέλαβε όσα Slopping L2 δεν εντάχθηκαν στην Buffer 1 L2 (not Buffer 1 L2)

4.6.3.3.11.5 Απόδοση (assign class) των Buffer 1 L2 στα Flat L2

Ακολούθως τα Buffer 1 L2 αποδόθηκαν στα Flat L2

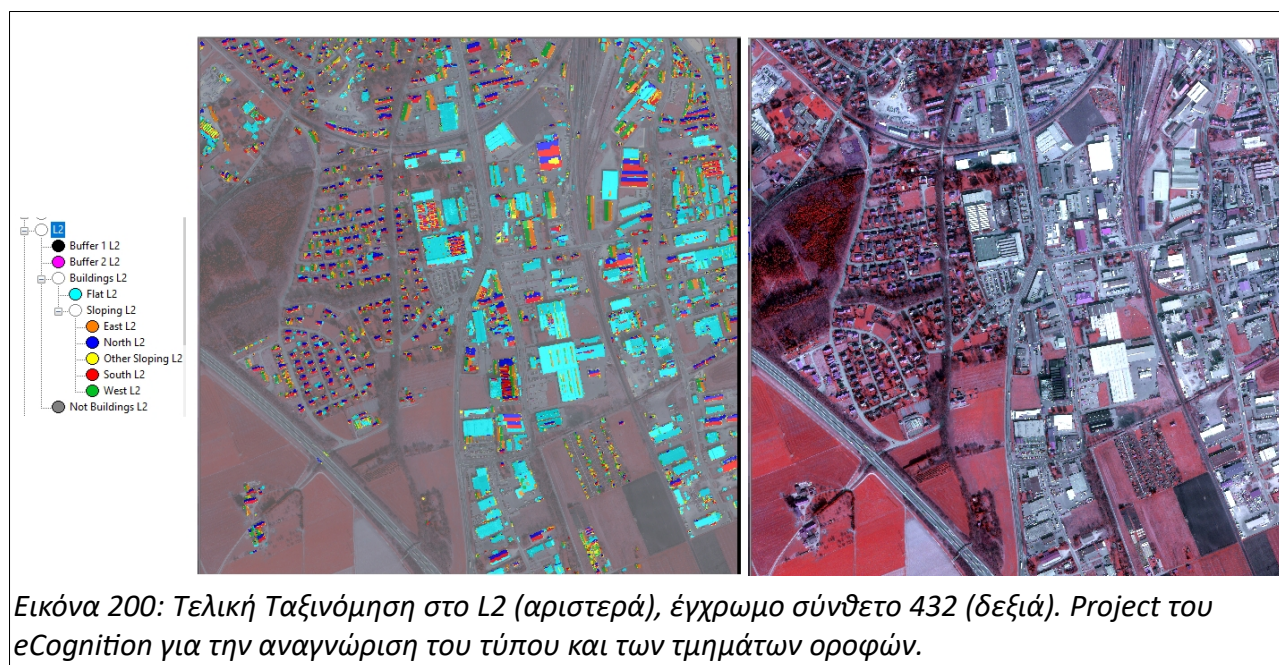
4.6.3.3.11.6 hierarchical classification στα Buffer 2 L2, ώστε να ενταχθούν στα Slopping L2

Κι όπως ήταν αναμενόμενο τα Buffer 2 L2 μετατράπηκαν σε Slopping L2



Εικόνα 199: hierarchical classification για την μετατροπή των Buffer 2 L2 στα Slopping L2. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Στο τέλος των πράξεων στο L2 εξετάστηκε μέσω του Image Objects-Image Object Table ότι οι κλάσεις Buffer 1 L2, Buffer 2 L2 είναι άδειες!



Εικόνα 200: Τελική Ταξινόμηση στο L2 (αριστερά), έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.12 Κατάτμηση Επιπέδου L3

Στην λογική που αναπτύχθηκε, χρειάστηκε ένα νέο επίπεδο που θα σχηματίζει καλύτερα τα μεγαλύτερα τμήματα οροφών της εικόνας. Σε αυτή την φάση εξετάστηκαν μόνο οι επίπεδες οροφές.

| | |
|--------------------------------|---|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Flat L2, East L2, North L2, South L2, West L2, Other Slopping L2 |
| Layers x weight | Nagao_Int x3, dfel_m x1, dleH x1, dfel x1, B x1, G x1, R x1, NIR x1 |
| Scale | 15 |
| Shape | 0,2 |
| Compactness | 0,7 |
| Level που εφαρμόστηκε | L2 |
| Level που δημιουργήθηκε | L3 |
| Θέση Level | above |

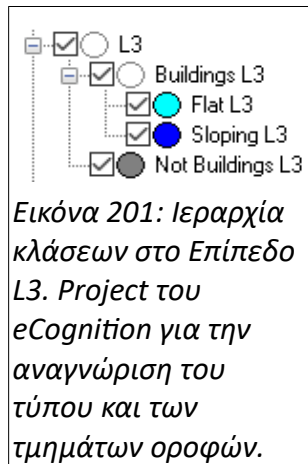
Πίνακας 35: Κατάτμηση Επιπέδου L3 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Εισήχθησαν επιπλέον (σε σχέση με τις προηγούμενες κατατμήσεις), τα layers από την CCD κάμερα με βαρύτητα 1, για να εξεταστεί η συγγένεια ενός object που αντιστοιχεί σε επίπεδη οροφή με τα γειτονικά του, όχι μόνο από την ένταση φωτεινότητας αλλά κι από το χρώμα. Δηλαδή, στο σύνολο το Nagao_Int επηρέαζε την κατάτμηση λιγότερο και έμπαινε και ο παράγοντας του χρώματος σε διαφορετική φωτεινότητα. Η κλίμακα αυξήθηκε και τα shape, compactness παρέμειναν ίδια.

4.6.3.3.13 Ταξινόμηση Επιπέδου L3

Στο Επίπεδο L3 οι επικλινείς οροφές δεν αναλύθηκαν. Ο σκοπός ήταν με τα νέα layers και την μεγαλύτερη κλίμακα, να υπάρξει ένας ακόμα καλύτερος σχεδιασμός των επίπεδων οροφών, ενσωματώνοντας objects που στο L2 ανήκουν στην Sloping L2.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο hierarchical classification.

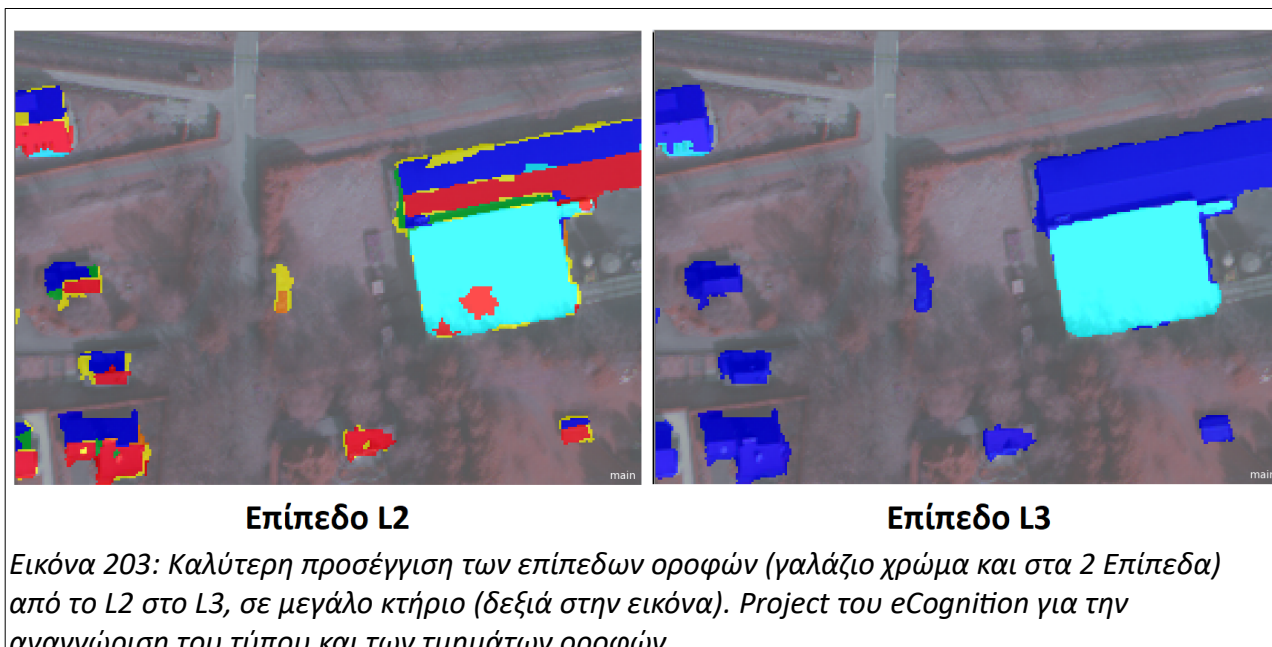


Η L3 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Η Not Buildings L3 έχει τιμή μηδέν στο buildings και η Buildings L3 έχει θετικές τιμές στο buildings.

Η Flat L3 περιγράφεται ως η κλάση που περικλείει από 35% και πάνω Flat L2. Ενώ, στην Sloping L3 εισάγονται όλα τα objects που δεν αντιστοιχούν σε επίπεδες οροφές.

Εικόνα 202: Περιγραφή κλάσεων Flat L3, Sloping L3. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.



4.6.3.3.14 Κατάτμηση Επιπέδου L4

Αυτή η κατάτμηση ασχολήθηκε μόνο με τις επικλινείς οροφές. Εφαρμόζοντας μία τεράστια κλίμακα είχε στόχο να δημιουργήσει ένα επίπεδο “οδηγό” για τις πράξεις σε μικρότερα επίπεδα. Δηλαδή, τα segments στο L4 είναι τέτοια, που, σίγουρα, ένα τμήμα μία οροφής δεν μπορεί να επεκτείνεται σε 2 από αυτά.

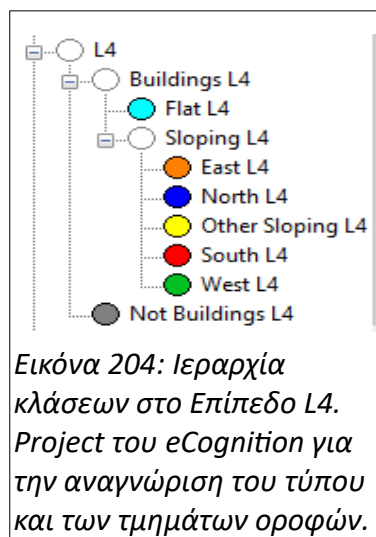
| | |
|--------------------------------|---|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Slopping L3 |
| Layers x weight | Nagao_Int x3, dfeh_m x1, dleh x1, dfel x1, B x1, G x1, R x1, NIR x1 |
| Scale | 50 |
| Shape | 0,2 |
| Compactness | 0,7 |
| Level που εφαρμόστηκε | L3 |
| Level που δημιουργήθηκε | L4 |
| Θέση Level | above |

Πίνακας 36: Κατάτμηση Επιπέδου L4 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Η μεθοδολογία είναι ίδια με την [Κατάτμηση του Επιπέδου L3](#), αλλά μόνο για τις επικλινείς επιφάνειες του L3 και η κλίμακα είναι πολύ μεγαλύτερη.

4.6.3.3.15 Ταξινόμηση Επιπέδου L4

Ο αλγόριθμος που εφαρμόστηκε κι εδώ είναι ο hierarchical classification.



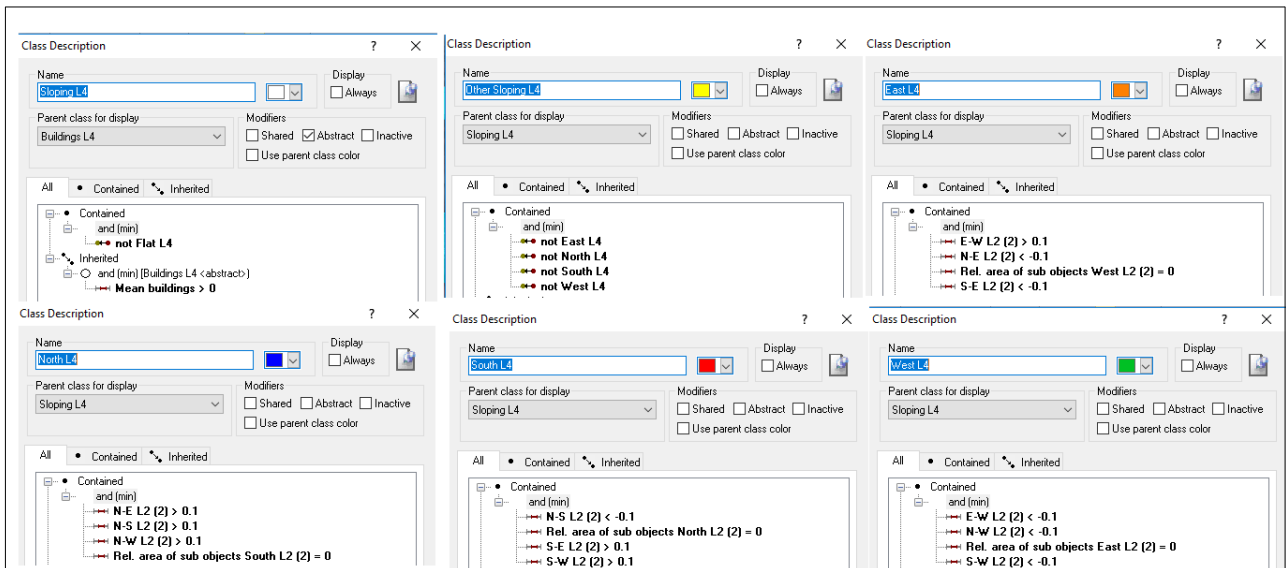
Η L4 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των

αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Η Not Buildings L4 έχει τιμή μηδέν στο buildings και η Buildings L4 έχει θετικές τιμές στο buildings.

Η Flat L4, απλά, μεταφέρει τα αποτελέσματα του L3 για τις επίπεδες οροφές στο L4.

Για τις επικλινείς οροφές υπάρχει μία διαφορά. Κανένας προσανατολισμός δεν μπορεί να περιέχει στο L3 τον αντίθετο προσανατολισμό του (Βορράς-Νότος, Ανατολή-Δύση). Έτσι, η ισχύς ενός προσανατολισμού στο L4 είναι μεγαλύτερη από ότι στα κατώτερα επίπεδα. Δηλαδή, αν κάποιον object αντιστοιχεί σε βόρειο προσανατολισμό στο L4, τότε έχει βόρειο προσανατολισμό!



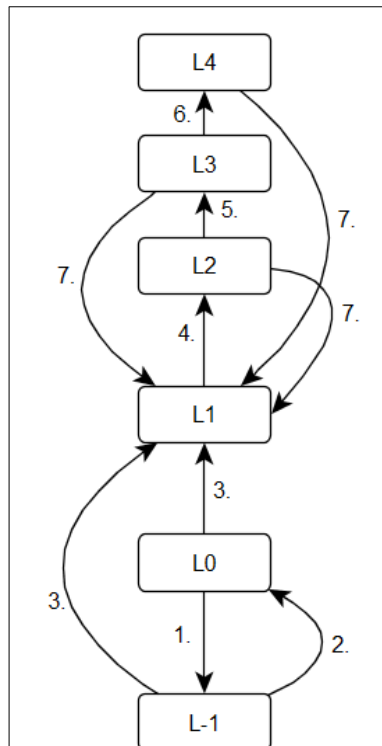
Εικόνα 205: Περιγραφή κλάσεων Sloping L4, East L4, North L4, South L4, West L4, Other Sloping L4. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.



Εικόνα 206: Τελική Ταξινόμηση στο Επίπεδο L4 (αριστερά), έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Είναι εμφανής η ύπαρξη πολλών αδιευκρίνιστων προσανατολισμών κυρίως στα μικρά κτήρια. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.16 Πράξεις για Αναδιαμόρφωση Επιπέδου L1

Τα αποτελέσματα που παράχθηκαν μέχρι αυτό το στάδιο του project, συγκεντρώθηκαν στο L1.



Διάγραμμα 4: Ροή Πληροφορίας μεταξύ των Επιπέδων μέχρι αυτό το σημείο του Project. Οι αριθμοί στα βέλη υποδηλώνουν την χρονική σειρά της μεταφοράς δεδομένων. Project eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τιμημάτων οροφών.

4.6.3.3.16.1 Απόδοση (assign class) των Sloping 1 L1 στα Flat L1

Το Επίπεδο L3 θεωρήθηκε το πιο αξιόπιστο για τις επίπεδες οροφές. Συνεπώς, όσα objects του Sloping 1 L1 βρίσκονταν κάτω από Flat L3 μετατράπηκαν σε Flat L1.

4.6.3.3.16.2 Απόδοση (assign class) των Flat L1 στα Buffer L1

Αντίστροφα, όσα Flat L1 δεν είχαν από πάνω τους Flat L3 εισήχθησαν στην Buffer L1 (κλάση

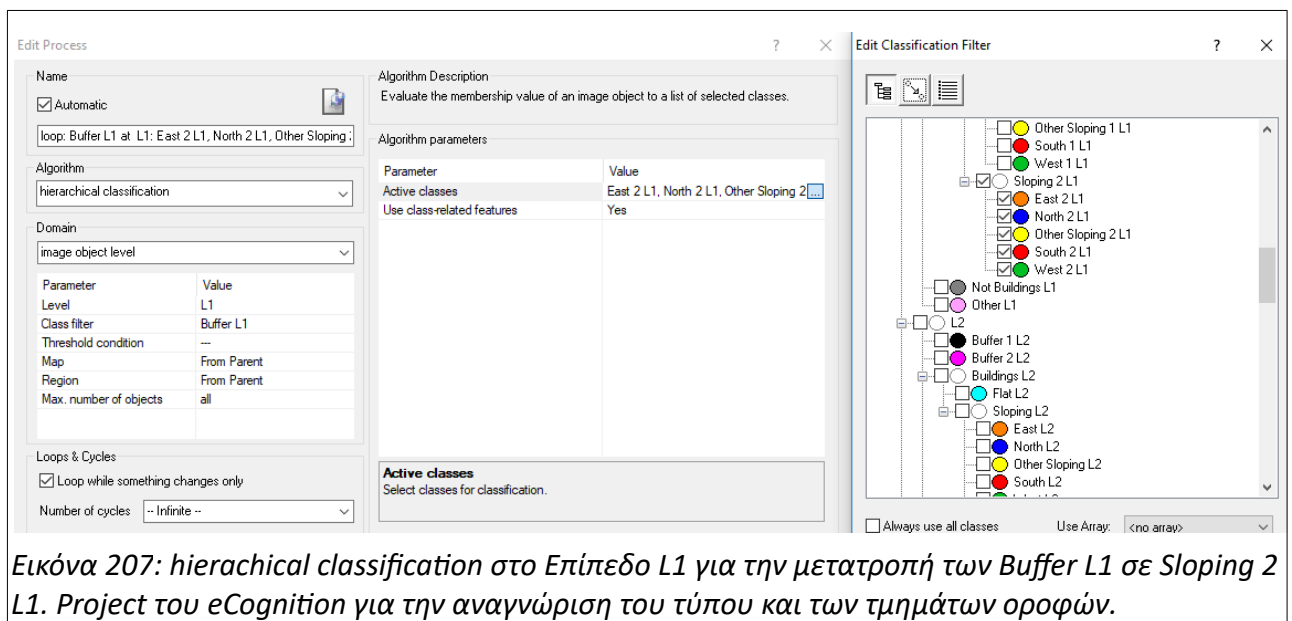
κενή που χρησιμοποιείται για την διενέργεια πράξεων στο Επίπεδο L1).

4.6.3.3.16.3 Απόδοση (assign class) των Sloping 1 L1 στα Buffer L1

Για να γίνει εκ νέου εκτίμηση των προσανατολισμών με τα νέα δεδομένα και τα East 1 L1, North 1 L1, South 1 L1, West 1 L1, Other Slopping 1 L1 εισήχθησαν στην Buffer L1.

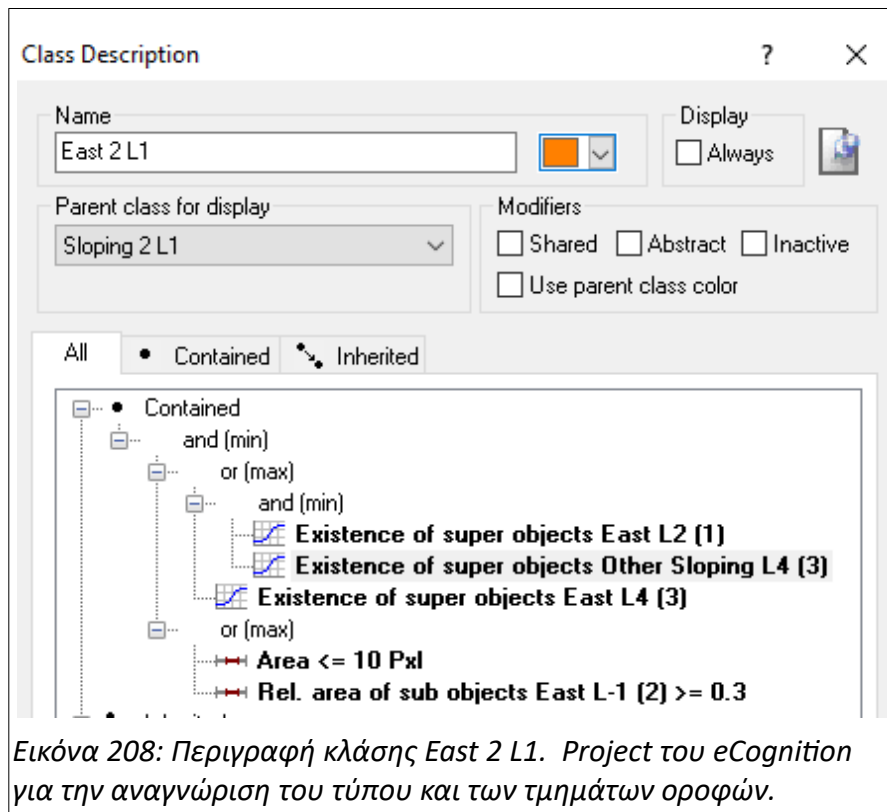
4.6.3.3.16.4 Hierarchical classification των Buffer L1 στα Sloping 2 L1

Ακολούθησε ταξινόμηση των Buffer L1, δηλαδή για τις επικλινείς στέγες, με νέους ορισμούς για τους προσανατολισμούς. Πιο συγκεκριμένα, σε πολύ μικρά αντικείμενα κυρίαρχα θεωρήθηκαν τα δεδομένα του L-1, σε μεγαλύτερα αντικείμενα κυρίαρχα ήταν τα αποτελέσματα στο L4 κι όπου υπήρχε ασάφεια σε αυτά χρησιμοποιούνταν τα αποτελέσματα του L2.



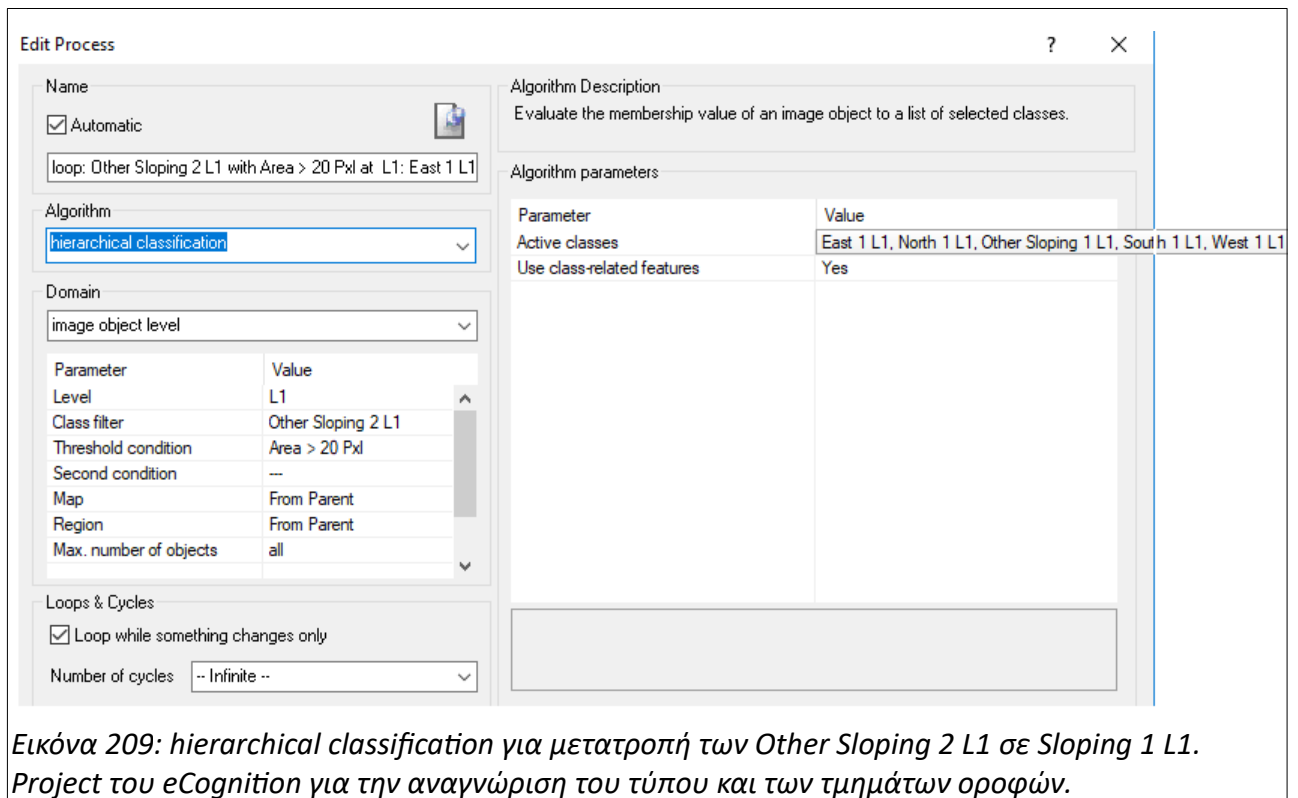
Εικόνα 207: hierachical classification στο Επίπεδο L1 για την μετατροπή των Buffer L1 σε Sloping 2 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Η Sloping 2 L1 είναι μία κλάση χωρίς περιγραφή. Η Other Slopping 2 L1 ορίζεται όπως σε όλες τις άλλες περιπτώσεις. Δίνεται, η περιγραφή μίας κλάσης από τις East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, καθώς και στις υπόλοιπες, οι ορισμοί είναι αντίστοιχοι.



4.6.3.3.16.5 Hierarchical classification των Other Sloping 2 L1 στα Sloping 1 L1

Για να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των Other Sloping 2 L1, αυτά ξανά ταξινομήθηκαν με τα αρχικά κριτήρια των Slopping 1 L1, δηλαδή με βάση το L-1, στην περίπτωση που το Area>20pixels. Με αυτόν τον τρόπο τα μικρά objects που ξεχωρίζαν σε μία μεγάλη επιφάνεια διατηρούνταν και για μεγάλα objects έπαιρναν προσανατολισμό, ώστε να μπορούν αν χρειαστεί να συνενωθούν (σε επόμενο στάδιο) με άλλα μεγάλα objects που συνόρευαν και είχαν τον ίδιο προσανατολισμό.



4.6.3.3.16.6 5 Αποδόσεις (assign class) των “Προσανατολισμός” 1 L1 στα αντίστοιχα “Προσανατολισμός” 2 L1

Μετά από την τελευταία πράξη, έπρεπε όλα τα East 1 L1, North 1 L1, South 1 L1, West 1 L1, Other Sloping 1 L1, να αποδοθούν αντίστοιχα στα East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1.

4.6.3.3.16.7 Απόδοση (assign class) των unclassified στα Edges L1

Τα unclassified που προέκυψαν από όλες τις κινήσεις εντάχθηκαν στα Edges L1, η διαχείριση των οποίων γίνεται στο επόμενο βήμα.

4.6.3.3.16.8 Διαγραφή L4, L3, L2 και Επέκταση (grow region) των Flat L1 και Slopping 2 L1 στα Edges L1

Το αποτέλεσμα αυτού του project πρέπει να είναι διπλό:

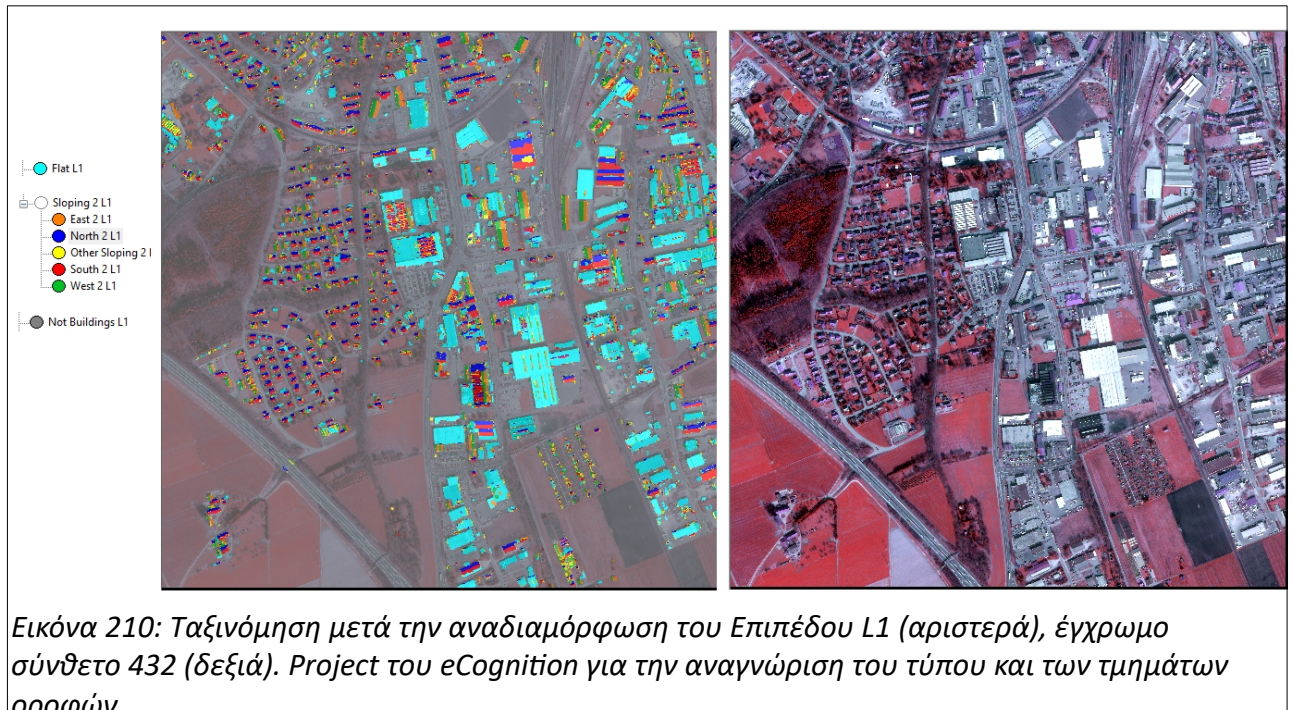
1. Μία ταξινόμηση των επίπεδων-επικλινών οροφών
2. Το σχήμα των τελικών objects

και στις δύο περιπτώσεις τα Edges L1, που κατασκευάστηκαν πρέπει, όταν τελειώσει η εκμετάλλευσή τους, να απαλειφθούν.

Αυτό έγινε με μία κίνηση grow region των Flat L1, East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1 στα Edges L1. Η κίνηση αυτή γίνεται “infinite” και εφαρμόζεται σε κύκλους,

όπου κάθε object του “class filter” τρώει ένα object του “candidate classes” (που είναι pixel για την Edges L1) σε κάθε κύκλο, μέχρι να εξαλειφθούν. Προφανώς, αυτή η δράση περιέχει μία τυχαιότητα, για το ποιο object - θα εγκλωπώσει ποιο, αλλά αυτό επηρεάζει σε πολύ μικρό βαθμό την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Για να μην υπάρχει κανένας περιορισμός από τα υψηλότερα επίπεδα του L1, πριν γίνει το grow region σβήνονται τα επίπεδα L4, L3, L2.



4.6.3.3.17 Αντιγραφή Επιπέδου L1 και Ταξινόμηση Επιπέδου L5

Από εδώ και πέρα η ανάλυση συνεχίζεται χωρίς την ύπαρξη των ακμών. Επειδή τα αποτελέσματα του επιπέδου L1, ακόμη και μετά την αναδιαμόρφωσή του, δεν είναι ικανοποιητικά, απαιτείται η δημιουργία κι άλλων επιπέδων και η διενέργεια κι άλλων πράξεων.

Πρώτα από όλα δημιουργείται το L5 με αντιγραφή του L1. Για να μειωθούν οι απαιτήσεις σε μνήμη, οι κλάσεις του L1 στο L5 δεν ξαναδημιουργούνται! **Οπότε, από την ανάλυση μέχρι τώρα, το επίπεδο L5 έχει τις κλάσεις: Buildings L1, Main Buildings L1, Flat L1, Slopping 2 L1, East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1 και Not Buildings L1 με την Ιεραρχία του L1.**

4.6.3.3.18 Πράξεις στο Επίπεδο L5

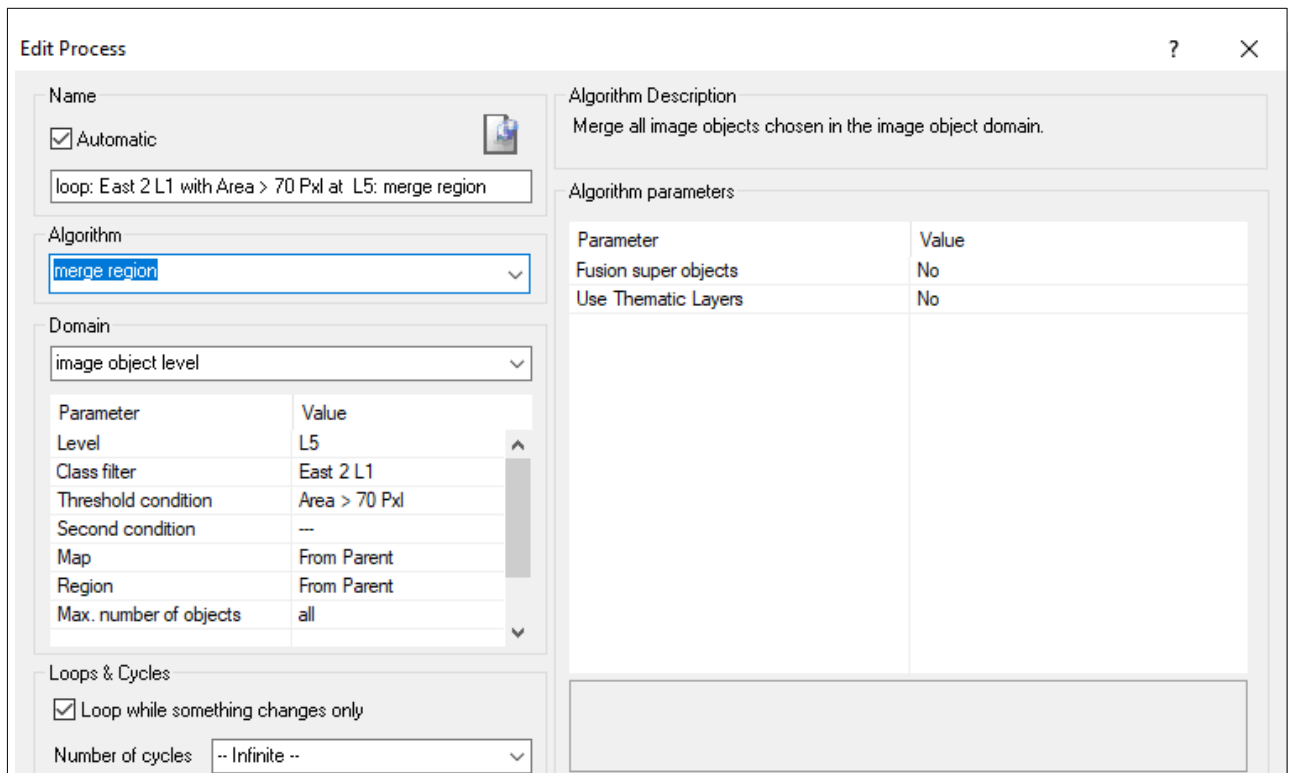
Συνεχίζοντας με την ανάλυση μόνο των επικλινών οροφών, επιδιώχθηκε με μία τριάδα πράξεων να ενωθούν όλα τα objects που:

- είναι γειτονικά
- έχουν τον ίδιο προσανατολισμό
- έχουν μικρή διαφορά Nagao_Int από τα γειτονικά τους

και μετά τα πολύ μικρά objects του ίδιου προσανατολισμού, τα οποία δεν μπορούν λόγω μεγέθους να είναι τμήματα οροφών (παρά μόνο παράθυρα, καμινάδες κ.α.) να απορροφηθούν από τα μεγαλύτερα.

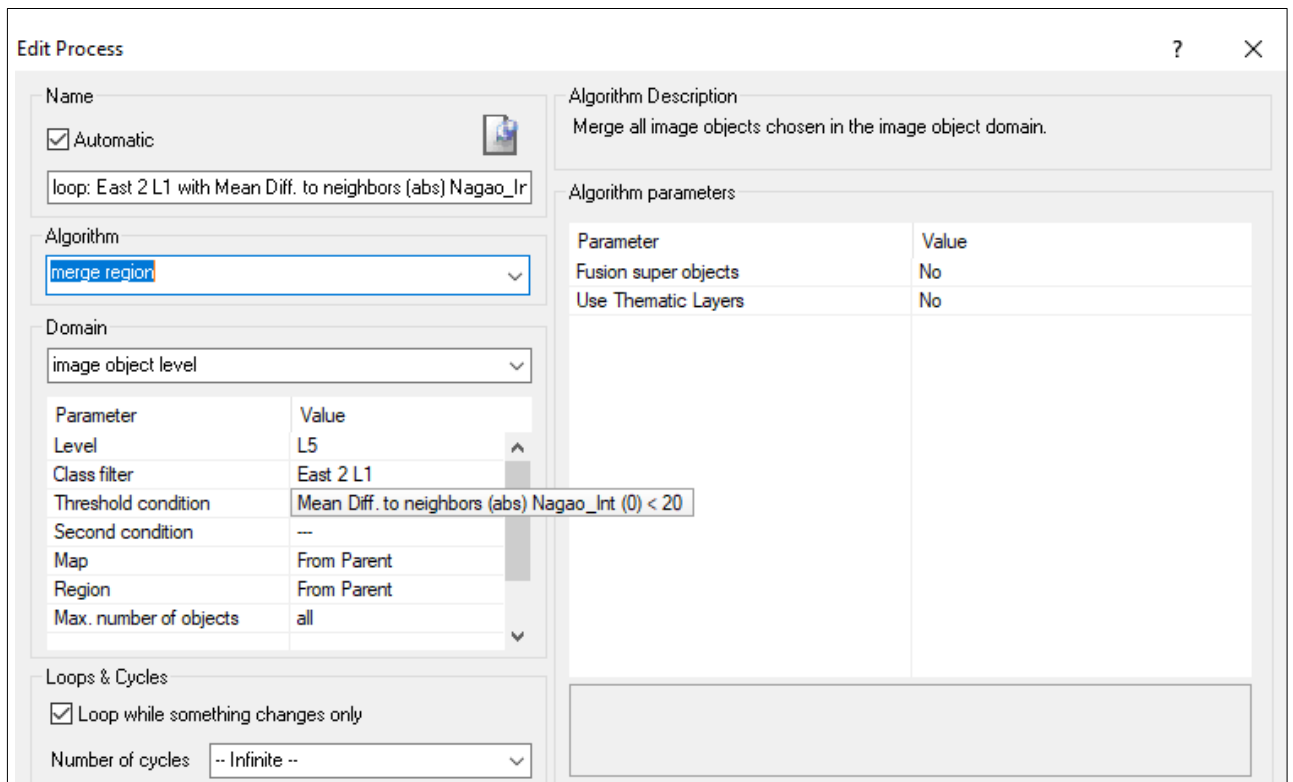
4.6.3.3.18.1 5 Τριάδες πράξεων (merge region, merge region, grow region)

Για κάθε προσανατολισμό East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1, εκτελέστηκε η ίδια ακολουθία πράξεων. Πρώτα, ενώθηκαν (merge region) τα objects που είχαν **Area>70pixels** εκτιμώντας ότι αυτό το μέγεθος προστατεύει τα μικρά τμήματα των πολύπλοκων οροφών.



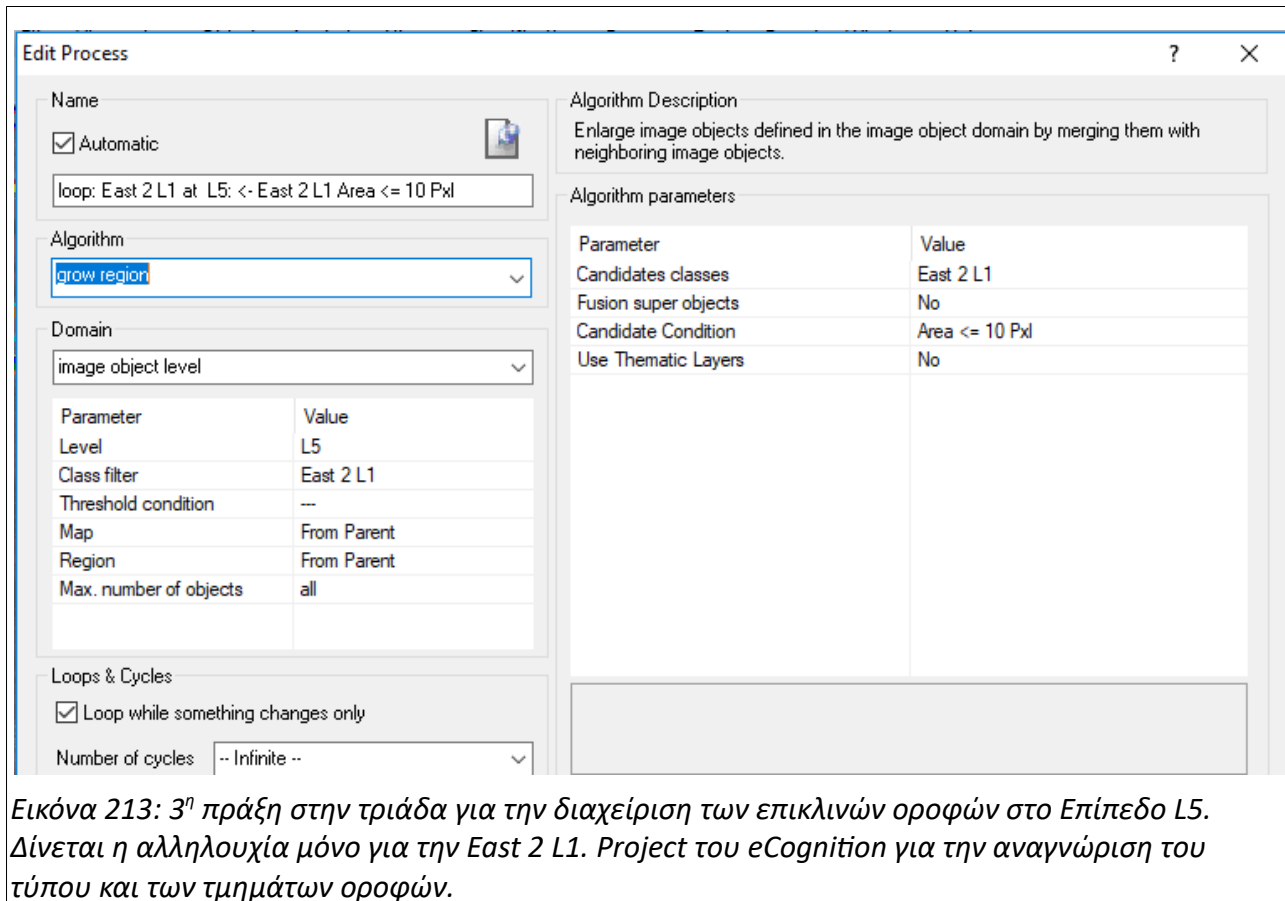
Εικόνα 211: 1^η πράξη στην τριάδα για την διαχείριση των επικλινών οροφών στο Επίπεδο L5. Δίνεται η αλληλουχία μόνο για την East 2 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Δεύτερον, ενώθηκαν (merge region) τα objects με απόλυτη διαφορά μέσης τιμής Nagao_Int σε απόσταση 0 (μόνο με αυτά που εφάπτονται) μικρότερη του 20.



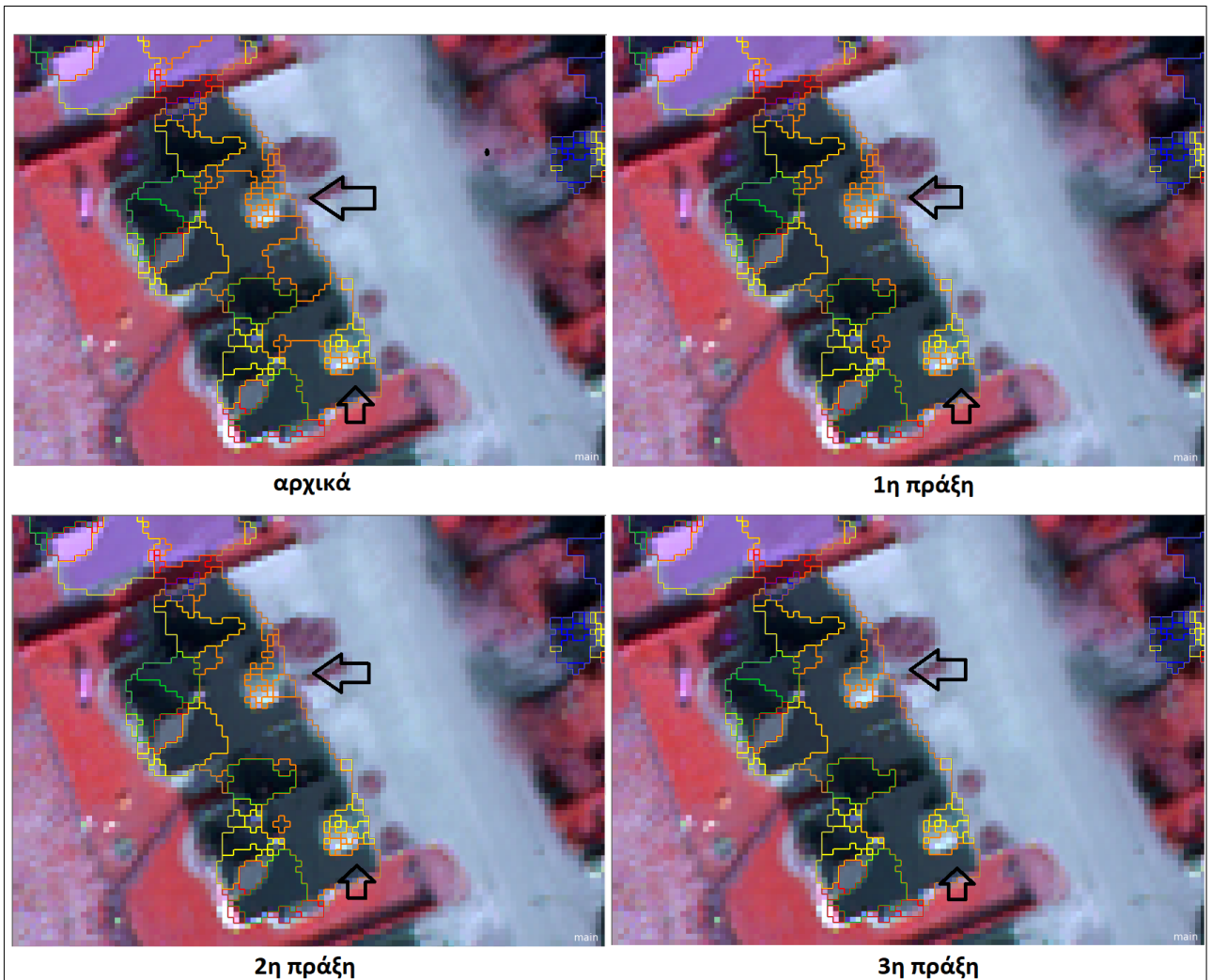
Εικόνα 212: 2^η πράξη στην τριάδα για την διαχείριση των επικλινών οροφών στο Επίπεδο L5. Δίνεται η αλληλουχία μόνο για την East 2 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Τρίτον, επεκτάθηκαν (grow region) τα objects ενός προσανατολισμού στα objects του ίδιου προσανατολισμού με **Area <=10pixels**, που εκτιμήθηκε ως το κατώφλι για να θεωρηθεί ένα object ως τμήμα οροφής ή μικρότερο αντικείμενο, όπως παράθυρα, καμινάδες κ.α.



Εικόνα 213: 3^η πράξη στην τριάδα για την διαχείριση των επικλινών οροφών στο Επίπεδο L5. Δίνεται η αλληλουχία μόνο για την East 2 L1. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Υπογραμμίζεται, ότι με αυτή την αλληλουχία πράξεων προστατεύονται τα μικρά τμήματα οροφών. Αυτό γίνεται κυρίως μέσω του Mean Diff. to neighbors (abs) Nagao_Int(0).



Εικόνα 214: Τριάδα πράξεων μόνο για τα East 2 L1 (πορτοκαλί χρώμα). Με μαύρα βελάκια σημειώνονται τα σημεία που φαίνεται ότι για την East 2 L1 διατηρούνται τα μικρά τμήματα οροφών. Ενώ, ενώνονται τα τμήματα, που πρέπει να ενωθούν σε μεγαλύτερα, στο σύνολο του κτηρίου που παρουσιάζεται στην εικόνα, όσον αφορά στην East 2 L1. Project του eCognition για την αναννώριση του τύπου και των τιμημάτων οροφών.

4.6.3.3.19 Κατάτμηση Επιπέδου L6

Αυτή η κατάτμηση εστιάζει και πάλι μόνο στις επικλινείς οροφές. Αυξήθηκε το μέγεθος των objects σε σχέση με το L5, αλλά παράλληλα διατηρήθηκαν και τα μικρά τμήματα των οροφών. Βασικός στόχος ήταν να γίνει η διαχείριση αυτών των μικρών τμημάτων.



Εικόνα 215: Παραδείγματα μικρών τμημάτων επικλινών οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

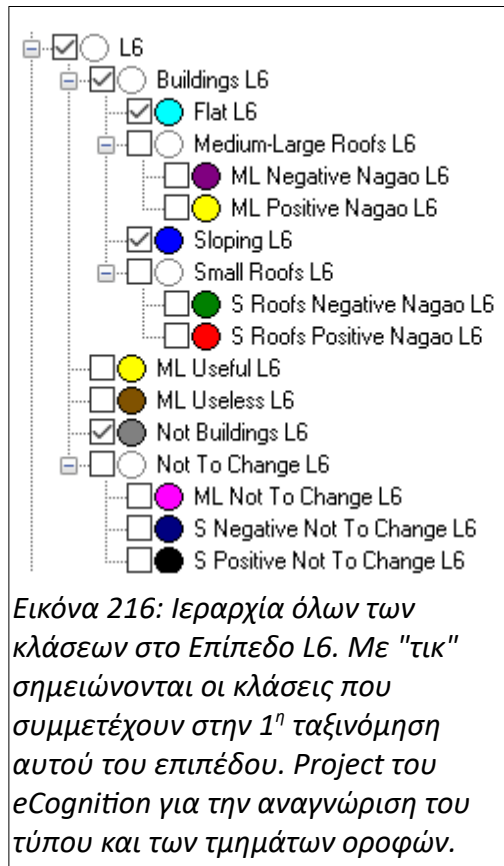
| | |
|--------------------------------|---|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Slopping 2 L1 |
| Layers x weight | Nagao_Int x3, dfeh_m x1, dleh x1, dfel x1, B x1, G x1, R x1, NIR x1 |
| Scale | 7 |
| Shape | 0,1 |
| Compactness | 0,5 |
| Level που εφαρμόστηκε | L5 |
| Level που δημιουργήθηκε | L6 |
| Θέση Level | above |

Πίνακας 37: Κατάτμηση Επιπέδου L6 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Τα layers που χρησιμοποιήθηκαν αξιοποιούν το χρώμα, την ένταση φωτεινότητας και ανιχνεύουν τις μεταβολές ύψους προς τα επάνω και προς τα κάτω. Η κλίμακα μετά από δοκιμές ορίστηκε στο 7. Επειδή, το σχήμα κατά την δημιουργία μεγαλύτερων objects από το L5 δεν είναι ξεκάθαρο, το shape πήρε τιμή, μόλις, 0,1 και το compactness 0,5.

4.6.3.3.20 Ταξινόμηση Επιπέδου L6

Για την διαχείριση των μικρών τμημάτων οροφών κατασκευάστηκαν αρκετές κλάσεις. Αρχικά, στην 1^η διαμόρφωση-ταξινόμηση του επιπέδου L6 χρησιμοποιήθηκαν μόνο 4 κλάσεις, “κλασσικές σε όλο το project”.



Η L6 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

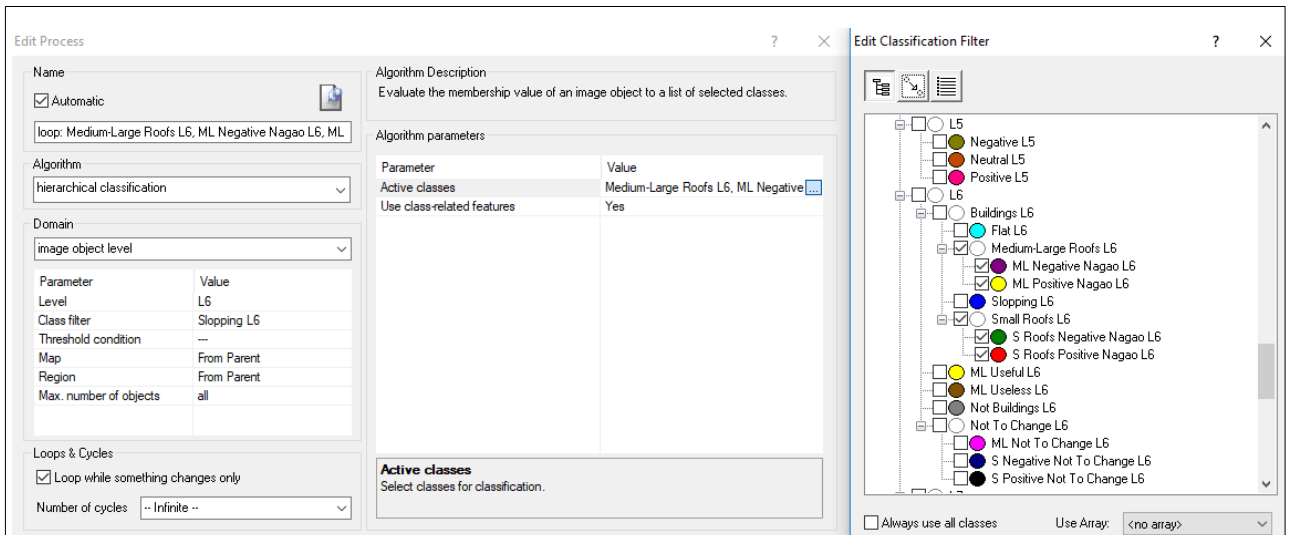
Η Not Buildings L6 έχει τιμή μηδέν στο buildings και η Buildings L6 έχει θετικές τιμές στο buildings.

Η Flat L6 απαρτίζεται από τα objects που έχουν **Relative Area of sub objects Flat L1 (1) >= 0,6** και η Sloping L6 ορίζεται ως **not Flat L6**.

4.6.3.3.21 Πράξεις στο Επίπεδο L6

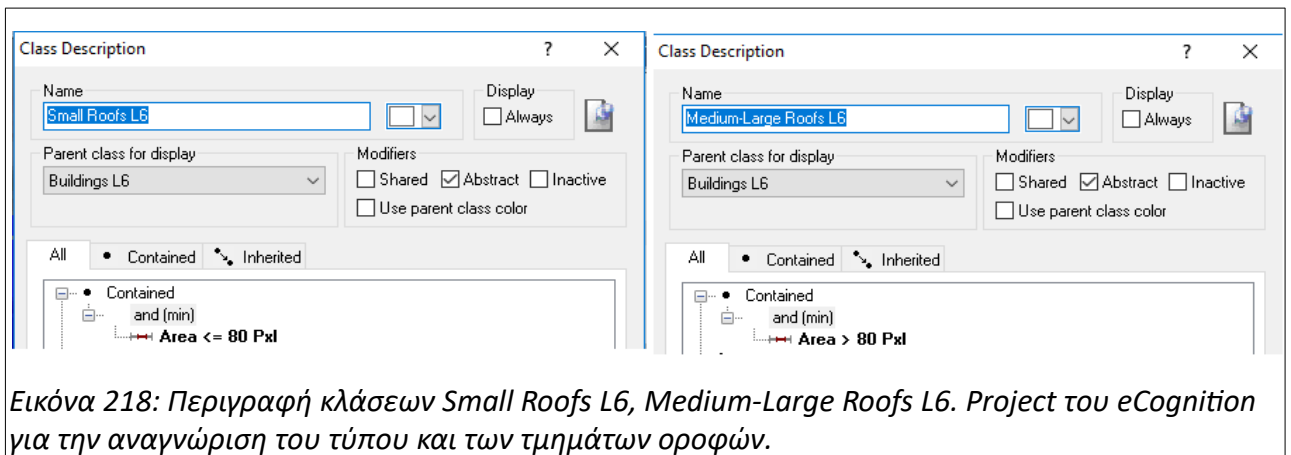
4.6.3.3.21.1 Hierarchical Classification στα Sloping L6

Έπειτα από την πρώτη ταξινόμηση στο L6, γίνεται μία ταξινόμηση μόνο στα Sloping L6.



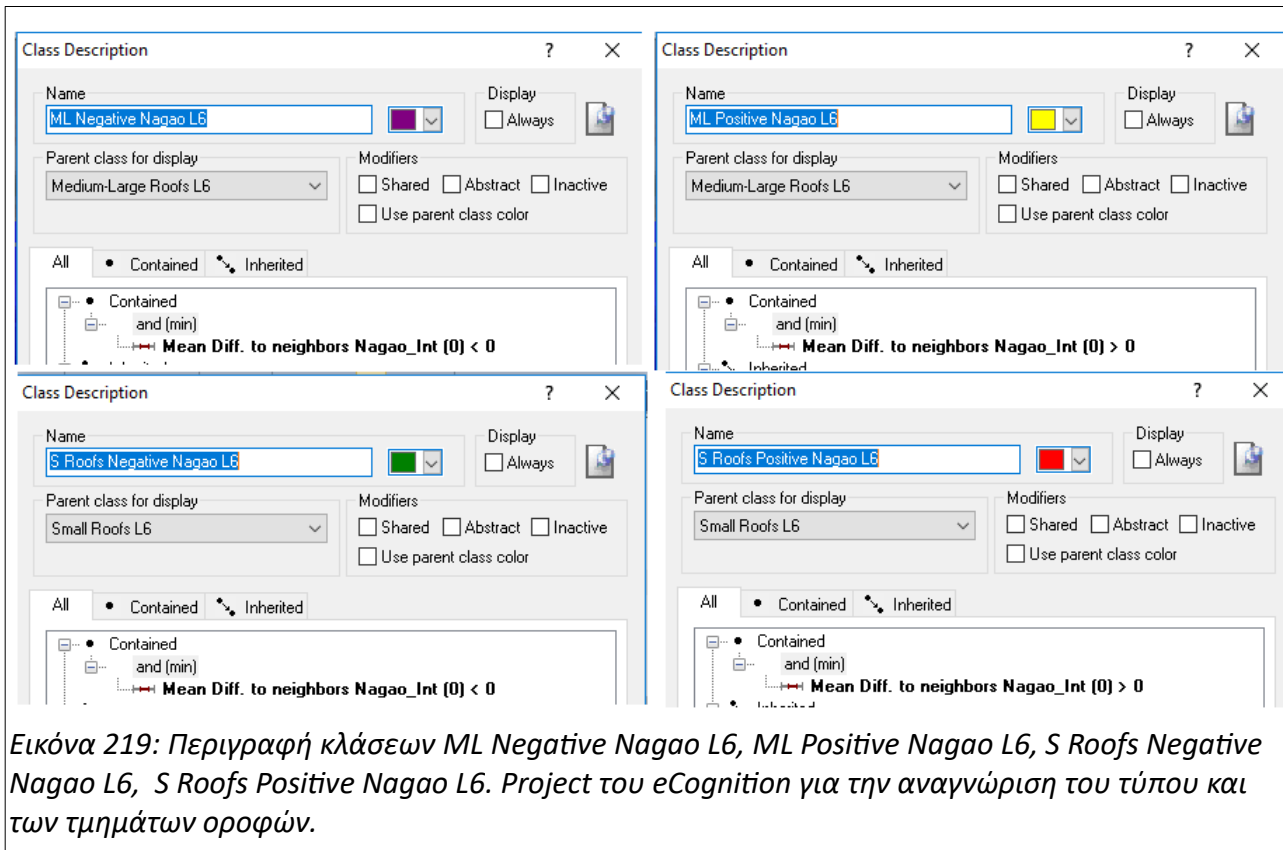
Εικόνα 217: hierarchical classification στα Slopping L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Αυτά χωρίζονται σε μικρές και σε μεσαίες-μεγάλες οροφές με τις Small Roofs L6, Medium-Large Roofs L6.



Εικόνα 218: Περιγραφή κλάσεων Small Roofs L6, Medium-Large Roofs L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Κάθε κατηγορία από αυτές τις δύο χωρίζεται, από την μία σε αυτά που έχουν θετική διαφορά Nagao_Int με τους γείτονές τους, δηλαδή είναι πιο φωτεινά. Από την άλλη σε αυτά που έχουν αρνητική διαφορά Nagao_Int με τους γείτονές τους, δηλαδή είναι σκιασμένα.

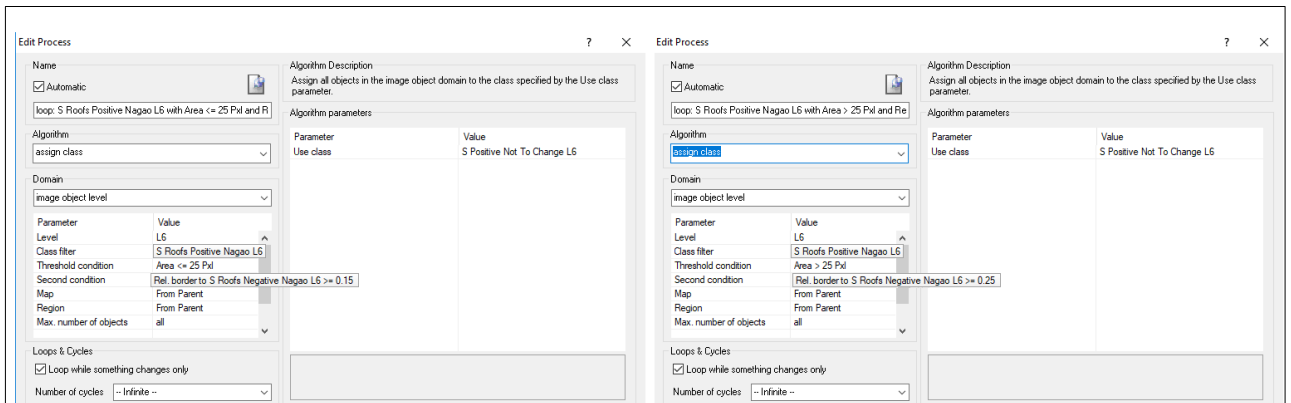


Εικόνα 219: Περιγραφή κλάσεων ML Negative Nagao L6, ML Positive Nagao L6, S Roofs Negative Nagao L6, S Roofs Positive Nagao L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.2.2 2 Αποδόσεις (assign class) στην S Positive Not To Change L6 και 4 Αποδόσεις (assign class) στην S Negative Not To Change L6

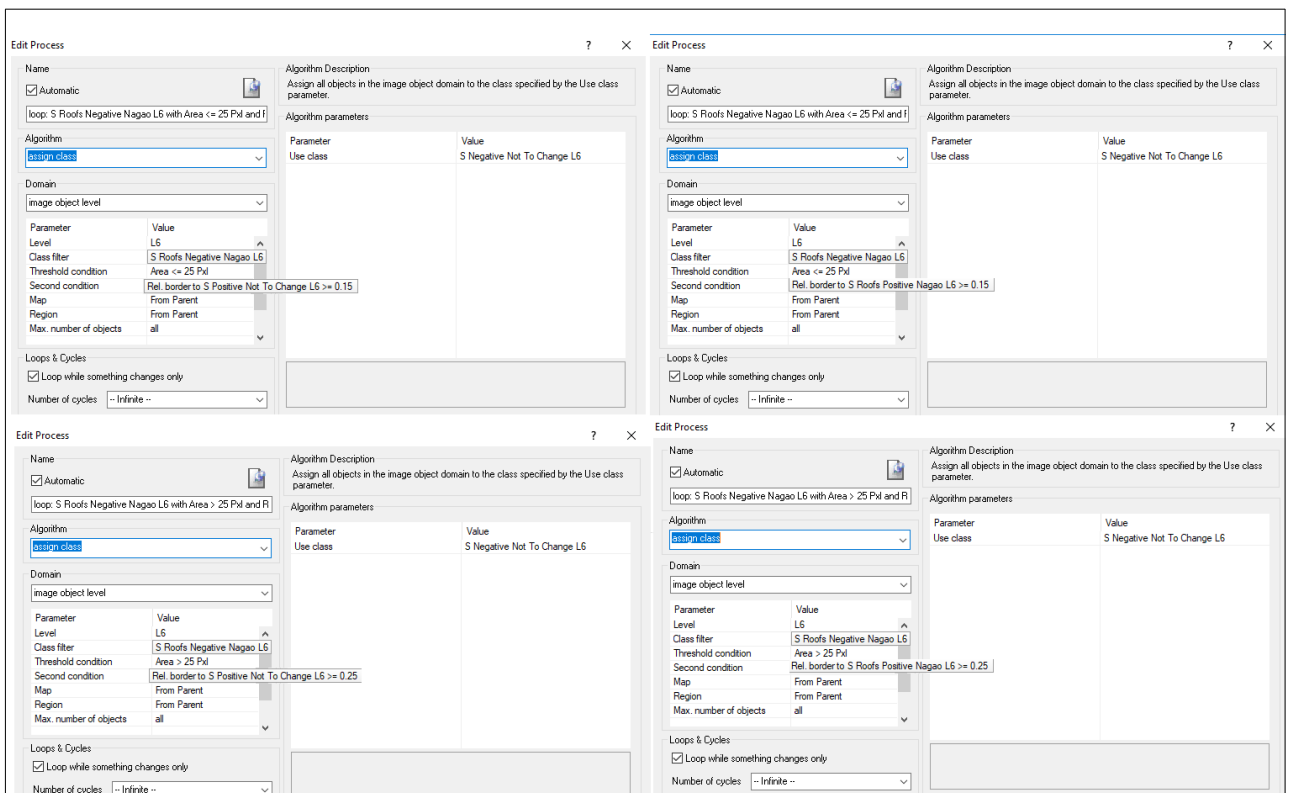
Για να φυλαχτούν τα μικρά τμήματα των οροφών, δηλαδή για να μείνουν αμετάβλητα τα objects τα οποία τα περιγράφουν σε σχήμα, δημιουργήθηκαν οι κλάσεις S Positive Not To Change L6 και S Negative Not To Change L6, με κενή περιγραφή.

Πρόκειται, στην συντριπτική πλειοψηφία, για μικρότερες επικλινείς στέγες μέσα στις επικλινείς στέγες, όπως αποτυπώνονται στην [Εικόνα 215](#). Σε αυτή την περίπτωση (αλλά και λιγότερο όταν πρόκειται για άλλου τύπου μικρά τμήματα οροφών), υπάρχει γειτνίαση μεταξύ ενός σκιασμένου object και ενός φωτεινού. Επομένως, με μία διάκριση σε σχέση με το εμβαδό των αντικειμένων αποδόθηκαν τα “ζευγάρια” που παρουσίαζαν αυτή την ιδιότητα στις S Positive Not To Change L6 και S Negative Not To Change L6.

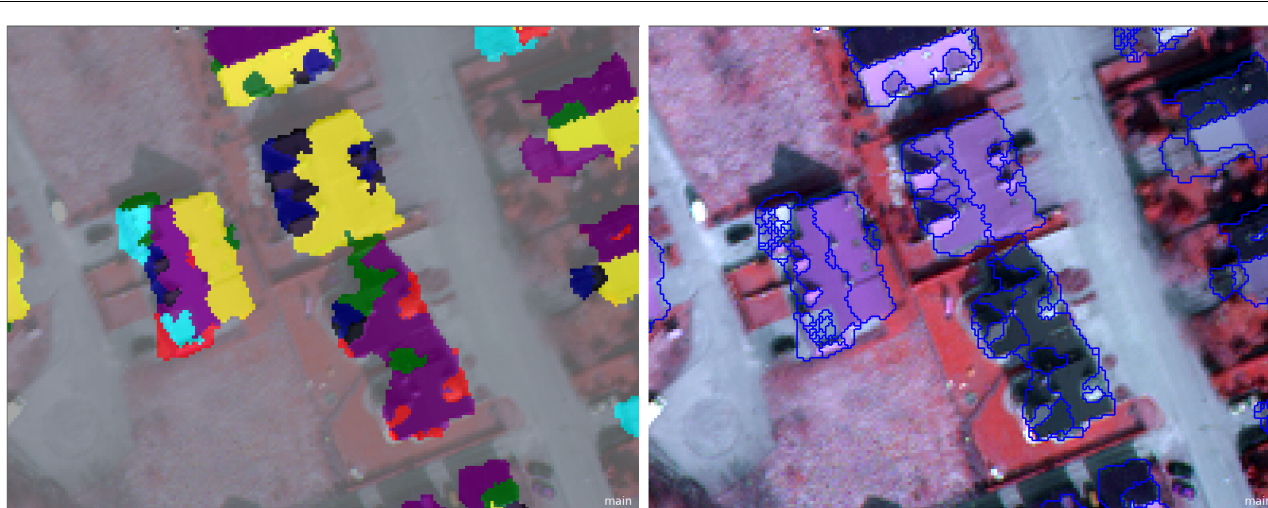


Εικόνα 220: Οι 2 αποδόσεις (assign class) στην S Positive Not To Change L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Από την στιγμή που μπήκαν τα πρώτα objects στην S Positive Not To Change L6, χρειαζόταν ο διπλάσιος αριθμός assign class για την σωστή συμπλήρωση της S Negative Not To Change L6:



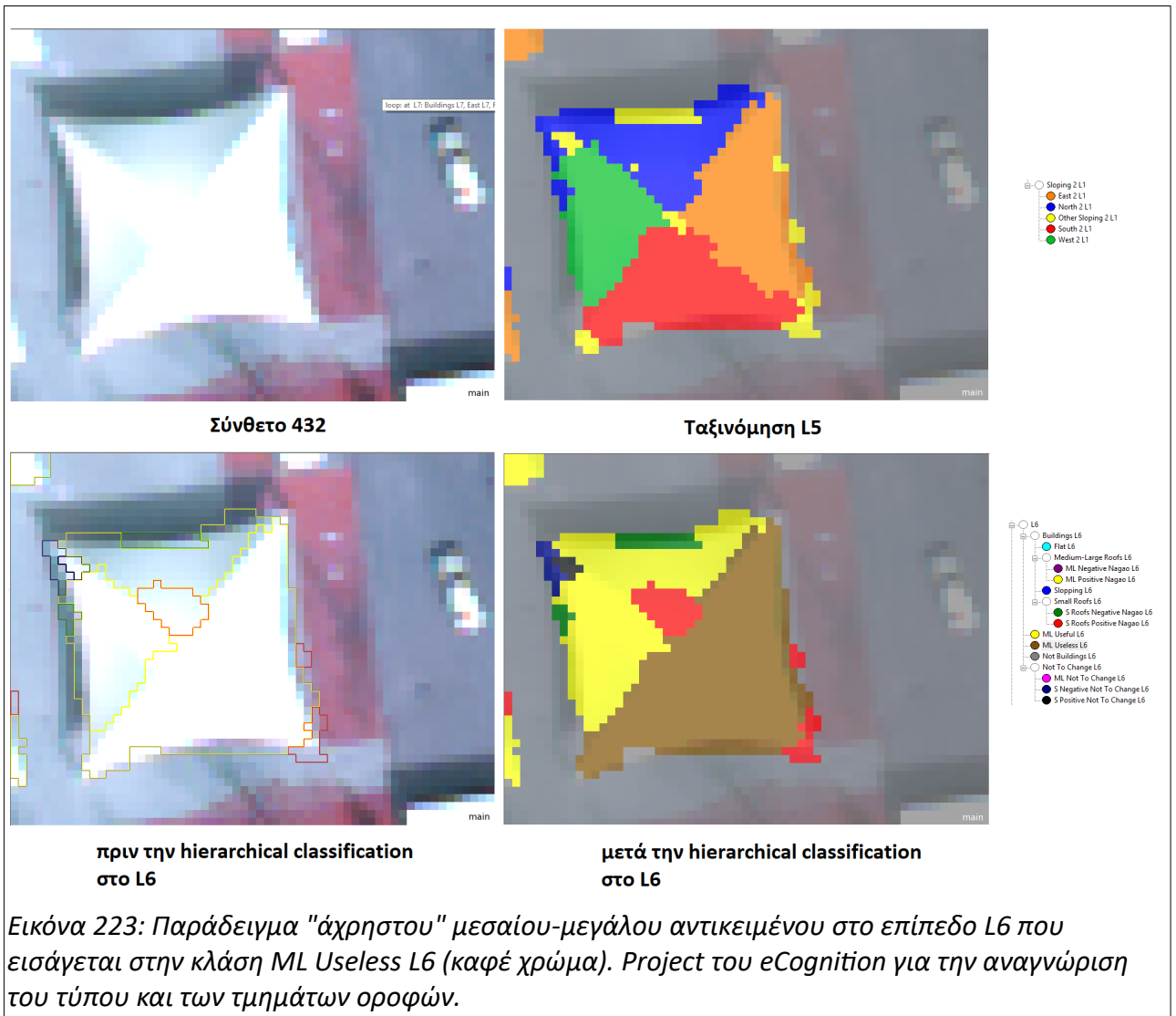
Εικόνα 221: Οι 4 αποδόσεις (assign class) στην S Negative Not To Change L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.



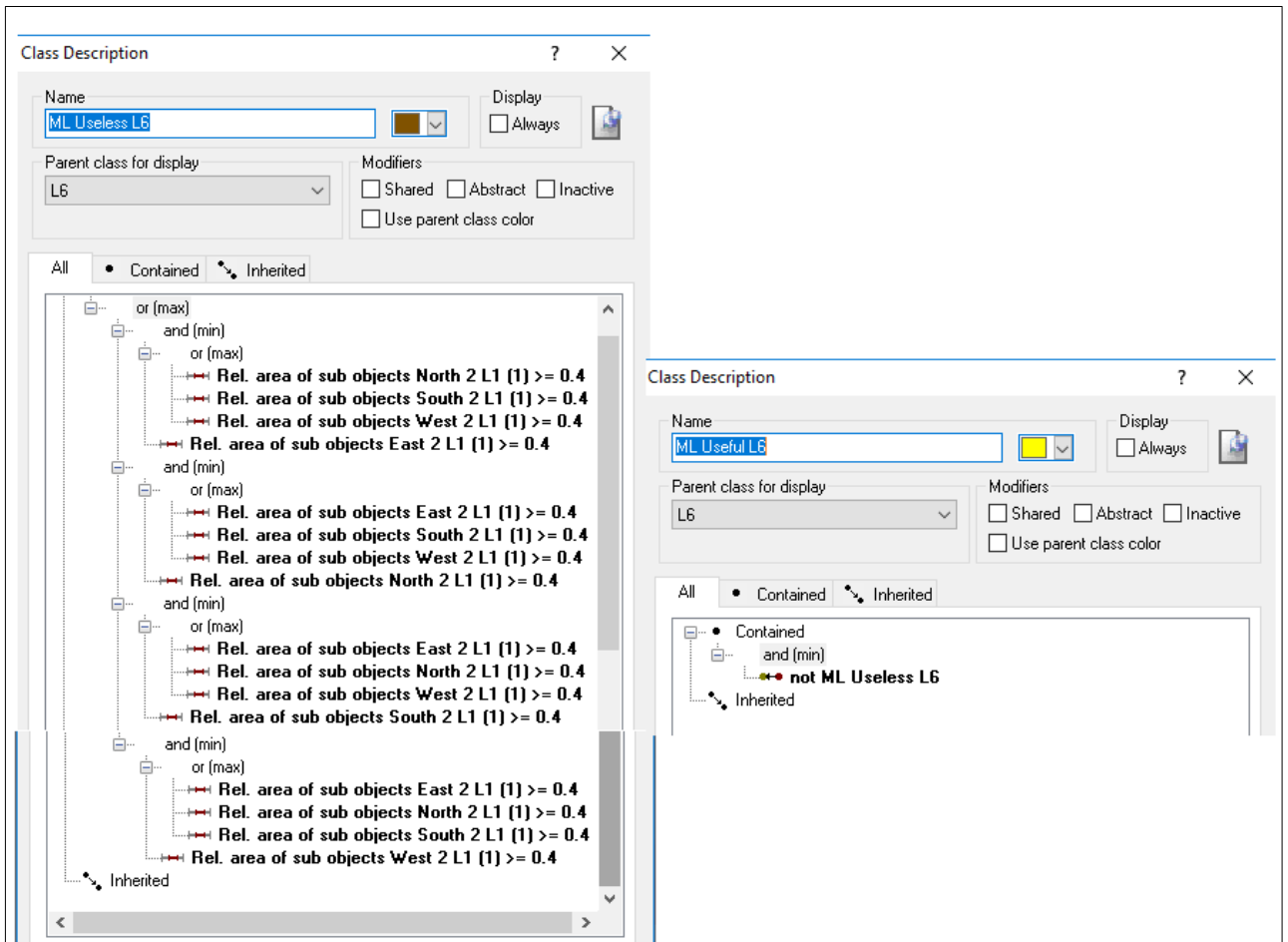
Εικόνα 222: Ορισμένα κτήρια μετά τις αποδόσεις (assign class) objects στις *S Positive Not to Change L6* (μαύρο χρώμα) και *S Negative Not to Change L6* (μπλε χρώμα) στα αριστερά. Στα δεξιά το έγχρωμο σύνθετο 432 με τα σχηματισμένα objects. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.21.3 hierarchical classification στα Medium-Large Roofs L6

Τα αποτελέσματα του επιπέδου L6 και του επόμενου που θα σχηματιστεί L7, τα οποία αφορούν στην ανάλυση των επικλινών οροφών, θα συγκεντρωθούν τελικά στο L5 για να προκύψει η τελική μορφή των objects που περιγράφουν τις επικλινείς στέγες. Τα 3 αυτά επίπεδα ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους και συνδυάζονται. Σε αυτό το πλαίσιο, η επόμενη κίνηση στο L6 γίνεται για την εύρεση των “άχρηστων”-“παραπλανητικών” αντικειμένων όσον αφορά στην μεταφορά πληροφορίας στο L5. Ειδικότερα, μέσω μίας ταξινόμησης με τον hierarchical classification, τα μεσαία-μεγάλα αντικείμενα του L6 που περιέχουν στο κατώτερο επίπεδο L5, 2 τουλάχιστον, μεγάλα objects (>40%) με διαφορετικό προσανατολισμό εκτιμούνται ως “άχρηστα”. Άρα, εξετάζονται αντικείμενα στα οποία δεν μπορεί να υπάρξει ξεκάθαρη κυριαρχία κι απόδοση ενός προσανατολισμού.



Στην hierarchical classification συμμετέχουν μόνο τα ML Negative Nagao L6, ML Positive Nagao L6 που κατανέμονται στις ML Useful L6, ML Useless L6.



Εικόνα 224: Περιγραφή κλάσεων ML Useless L6, ML Useful L6. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.22 Κατάτμηση Επιπέδου L7

Ακολούθησε ο σχηματισμός ενός ακόμα επιπέδου για τον καλύτερο προσδιορισμό των επικλινών οροφών.

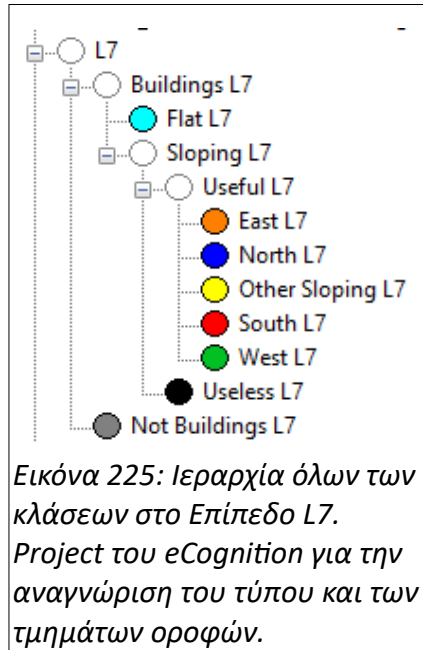
| | |
|--------------------------------|---|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | ML Useful L6, ML Useless L6, S Roofs Negative Nagao L6, S Roofs Positive Nagao L6 |
| Layers x weight | Nagao_Int x3, dfelh_m x1, dleh x1, dfel x1, B x1, G x1, R x1, NIR x1 |
| Scale | 15 |
| Shape | 0,1 |
| Compactness | 0,5 |
| Level που εφαρμόστηκε | L6 |
| Level που δημιουργήθηκε | L7 |
| Θέση Level | above |

Πίνακας 38: 7η κατάτμηση στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Σε αυτή, ο κύριος ρόλος ήταν να ανιχνευθούν τα segments που περιγράφουν τις μεγάλες επικλινείς επιφάνειες των οροφών. Επομένως, χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια layers με την κατάτμηση του επιπέδου L6, αυξήθηκε η κλίμακα, αλλά και δόθηκε μεγάλη βαρύτητα στο shape και στο compactness.

4.6.3.3.23 Ταξινόμηση Επιπέδου L7

Οι κλάσεις στο L7 μεταφέρουν τα μέχρι τώρα δεδομένα για τις επίπεδες οροφές, προσδιορίζουν τις επικλινείς οροφές και τις χωρίζουν σε “άχρηστες” και “χρήσιμες” για το σύμπλεγμα ανταλλαγής πληροφοριών L5, L6, L7. Ο αλγόριθμος που εφαρμόζεται είναι ο hierarchical classification.



Η L7 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Η Not Buildings L7 έχει τιμή μηδέν στο buildings και η Buildings L7 έχει θετικές τιμές στο buildings.

Η Flat L7 απαρτίζεται από τα objects που έχουν **Relative Area of sub objects Flat L1 (2) >0**, δηλαδή με τα ίδια επίπεδα τμήματα που περιγράφονται στο L5. Η Sloping L7 ορίζεται ως **not Flat L7**.

Η Useless L7 αποτελεί το “κέντρο” αυτού του επιπέδου. Η βασικές αντιλήψεις στην περιγραφή της είναι ότι:

- Δεν μπορεί μία σαφώς ορισμένη επικλινής οροφή από άποψη προσανατολισμού να περιέχει μεγάλες ποσότητες αντίθετων προσανατολισμών (κόκκινο χρώμα στην [Εικόνα 226](#))
- Δεν μπορεί να μην υπάρχει ξεκάθαρη κυριαρχία προσανατολισμού (πορτοκαλί χρώμα στην [Εικόνα 226](#))
- Δεν μπορεί να έχει μικρές αλλά σχεδόν ίδιες ποσότητες αντίθετων προσανατολισμών, γιατί αυτή η συμμετρία, πιθανόν, υποδηλώνει την ύπαρξη μικρότερων τμημάτων οροφών μέσα σε αυτό το μεγαλύτερο τμήμα οροφής (μωβ χρώμα στην [Εικόνα 226](#))

Class Description ? X

Name: Useless L7

Parent class for display: Sloping L7

Display: Always

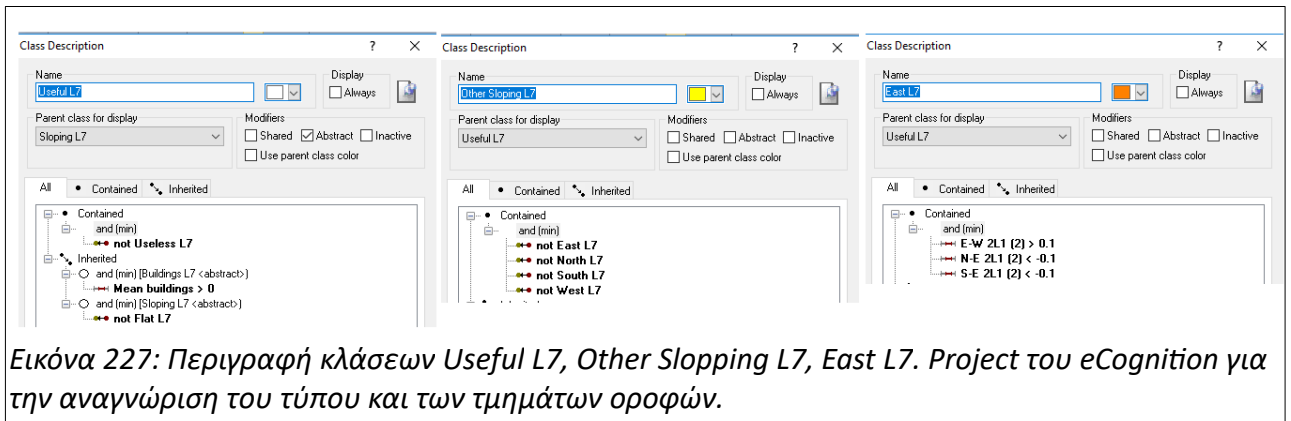
Modifiers: Shared Abstract Inactive Use parent class color

All **Contained** Inherited

- Contained
 - or (max)
 - and (min)
 - Rel. area of sub objects East 2 L1 (2) > 0.2
 - Rel. area of sub objects West 2 L1 (2) > 0.2
 - and (min)
 - Rel. area of sub objects North 2 L1 (2) > 0.2
 - Rel. area of sub objects South 2 L1 (2) > 0.2
 - or (max)
 - Rel. area of sub objects East 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects South 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects West 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects North 2 L1 (2) >= 0.4
 - and (min)
 - or (max)
 - Rel. area of sub objects North 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects South 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects West 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects East 2 L1 (2) >= 0.4
 - and (min)
 - or (max)
 - Rel. area of sub objects East 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects North 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects West 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects South 2 L1 (2) >= 0.4
 - and (min)
 - or (max)
 - Rel. area of sub objects East 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects North 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects South 2 L1 (2) >= 0.35
 - Rel. area of sub objects West 2 L1 (2) >= 0.4
 - and (min)
 - E-W 2L1 (2) <= 0.1
 - E-W 2L1 (2) >= -0.1
 - Rel. area of sub objects East 2 L1 (2) > 0.05
 - Rel. area of sub objects West 2 L1 (2) > 0.05
 - and (min)
 - N-S 2L1 (2) <= 0.1
 - N-S 2L1 (2) >= -0.1
 - Rel. area of sub objects North 2 L1 (2) > 0.05
 - Rel. area of sub objects South 2 L1 (2) > 0.05

Εικόνα 226: Περιγραφή κλάσης Useless L7. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Η Useful L7 ορίζεται αρνητικά ως προς την Useless L7 και οι άλλες κλάσεις ακολουθούν την ίδια λογική με προηγούμενες ενότητες.



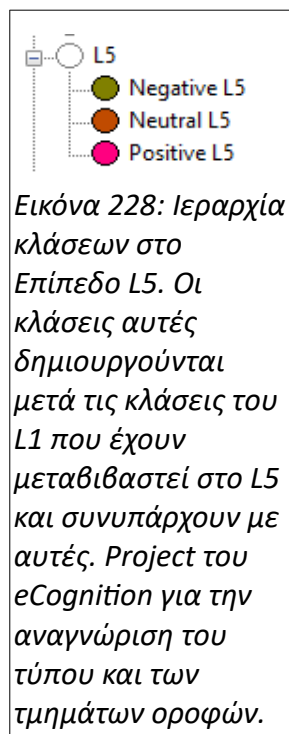
Εικόνα 227: Περιγραφή κλάσεων Useful L7, Other Slopping L7, East L7. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.24 Αναδιαμόρφωση Επιπέδου L6

Με την ολοκλήρωση του L7, τα objects του L6 που βρίσκονταν κάτω από τα Useless L7 σημαδεύτηκαν με ένα assign class ως ML Not to Change L6. Γιατί αυτά περιείχαν την σαφέστερη πληροφορία τους στο L6 και στο L7, αυτή η πληροφορία διαστρεβλωνόταν.

4.6.3.3.25 Αναδιαμόρφωση Επιπέδου L5

Στην συνέχεια κατασκευάστηκαν 3 κλάσεις στο L5:



Εικόνα 228: Ιεραρχία κλάσεων στο Επίπεδο L5. Οι κλάσεις αυτές δημιουργούνται μετά τις κλάσεις του L1 που έχουν μεταβιβαστεί στο L5 και συνυπάρχουν με αυτές. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Αυτές οι κλάσεις δεν έχουν περιγραφή και χρησιμοποιούνται ως “αποθήκες” για την εισαγωγή των objects που έχουν περιγραφεί καλύτερα στα L6, L7.

4.6.3.3.25.1 Αποδόσεις (assign class) των Sloping 2 L1 στις Positive L5, Negative L5, Neutral L5

Τα East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1 αποδόθηκαν:

- Στα Positive L5 όταν βρίσκονταν κάτω από S Positive Not To Change L6
- Στα Negative L5 όταν βρίσκονταν κάτω από S Negative Not To Change L6
- Στα Neutral L5 όταν βρίσκονταν κάτω από ML Useless L6

4.6.3.3.25.2 Συγχώνευση (merge region) των East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1 με “οδηγό” το L6

Τα εναπομείναντα East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1, συγχωνεύθηκαν το κάθε ένα με τα γειτονικά του, που είχαν όμοιο προσανατολισμό.

4.6.3.3.25.3 Συγχώνευση (merge region) των Positive L5, Negative L5

Επίσης, τα Positive L5 και τα Negative L5, συγχωνεύθηκαν το κάθε ένα με τα όμοια γειτονικά του.

4.6.3.3.25.4 Απόδοση (assign class) των Sloping 2 L1 στα Neutral L5

Επιπρόσθετα, στα Neutral L5 ενσωματώθηκαν τα East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1 που:

- βρίσκονταν κάτω από ML Not to Change L6

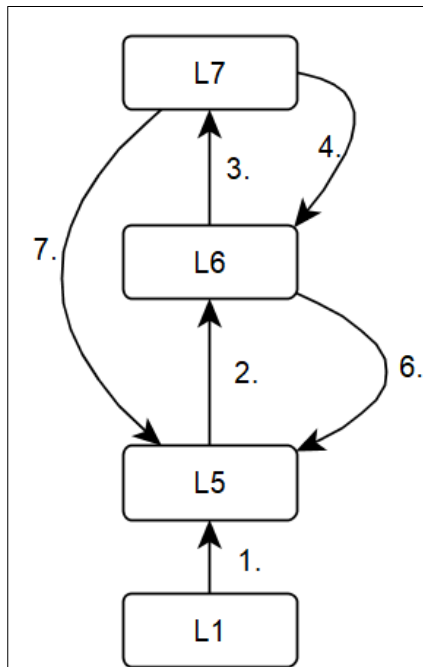
4.6.3.3.25.5 Διαγραφή Επιπέδου L6

Στην συνέχεια έχοντας παίξει το ρόλο τους ως “οδηγοί” για τις συγχωνεύσεις στο L5, τα objects του L6 (δηλαδή, όλο το επίπεδο L6) διαγράφηκαν

4.6.3.3.25.6 Συγχώνευση (merge region) των East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1 με “οδηγό” το L7 και Διαγραφή L7

Παρόμοια με πριν, τα East 2 L1, North 2 L1, South 2 L1, West 2 L1, Other Sloping 2 L1, συγχωνεύθηκαν το κάθε ένα με τα γειτονικά του, που είχαν όμοιο προσανατολισμό, αλλά αυτή την φορά στα πλαίσια του L7.

Μετά το L7 διαγράφηκε.



Εικόνα 229: Ροή Πληροφοριών για των καλύτερο προσδιορισμό του σχήματος των επικλινών οροφών. Η αρίθμηση στα βέλη δηλώνει την χρονική σειρά μεταφοράς δεδομένων. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.26 Κατάτμηση Επιπέδου L8

Το κομμάτι της ανάλυσης που είχε μείνει σε αυτό το project ήταν ο καλύτερος προσδιορισμός του σχήματος των επίπεδων τμημάτων των οροφών. Πατώντας, πάνω στο L5 δημιουργήθηκε πρώτα ένα νέο επίπεδο για να περιγράψει καλύτερα τις μικρές επίπεδες επιφάνειες και ύστερα ένα ακόμα για να περιγράψει τις μεγαλύτερες.

Το πρώτο από αυτά τα επίπεδα κατασκευάστηκε με τον multiresolution segmentation.

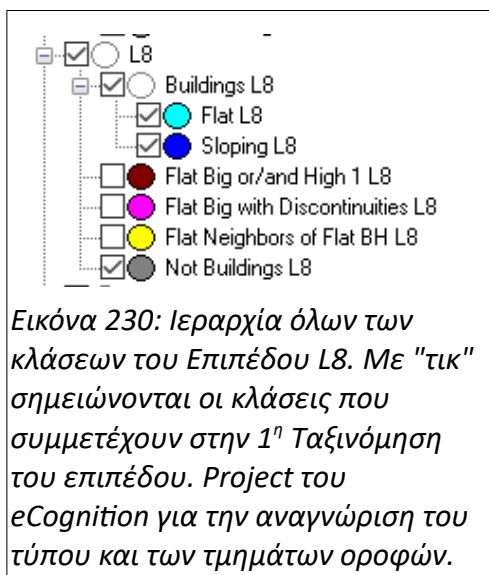
| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Flat L1 |
| Layers x weight | dfeh_m x1, dleh x2, dfel x2, dlel x1, B x2, G x2, R x2, NIR x2 |
| Scale | 23 |
| Shape | 0,2 |
| Compactness | 0,8 |
| Level που εφαρμόστηκε | L5 |
| Level που δημιουργήθηκε | L8 |
| Θέση Level | above |

Πίνακας 39: Κατάτμηση Επιπέδου L8 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Πλέον, το Nagao_Int δεν είχε να προσφέρει άλλες πληροφορίες και εγκαταλείφθηκε. Τα δεδομένα CCD, χρησιμοποιήθηκαν για να εντοπίσουν αν τα γειτονικά segments του L5 παρουσίαζαν ίδιο χρώμα. Από την άλλη τα LIDAR δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για να εξεταστεί αν τα γειτονικά segments επίπεδων επιφανειών παρουσιάζουν ίδιο ύψος. Μεγαλύτερη βαρύτητα δόθηκε στα dfeh, dleh, που όπως έχει ειπωθεί συμβαδίζουν με τα πιο λεπτομερή δεδομένα της κάμερας και μικρότερη βαρύτητα δόθηκε στα dfeh_m και dlel. Η κλίμακα με δοκιμές ορίστηκε στο 23. Ακόμα, το shape έχει ρόλο, αφού επιχειρείται να ανιχνευθούν ολόκληρες οι μικρές επίπεδες επιφάνειες που παρουσιάζουν συνήθως ορθογώνιο σχήμα. Έτσι, το shape πήρε συντελεστή 0,2 και το compactness 0,8.

4.6.3.3.27 Ταξινόμηση Επιπέδου L8

Αρχικά, στο επίπεδο L8, με εφαρμογή του hierarchical classification, μεταφέρθηκαν τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τις επικλινείς επιφάνειες και σχηματίστηκαν τα νέα πιο μεγάλα objects που περιγράφουν τα επίπεδα τμήματα των οροφών.



Η L8 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Η Not Buildings L8 έχει τιμή μηδέν στο buildings και η Buildings L8 έχει θετικές τιμές στο buildings.

Η Flat L8 απαρτίζεται από τα objects που έχουν **Relative Area of sub objects Flat L1 (1) >0**. Η Sloping L8 ορίζεται ως **not Flat L8**.

4.6.3.3.28 Αναδιαμόρφωση Επιπέδου L8

Το πρόβλημα τώρα, ήταν να διαχωριστούν τα μικρά τμήματα οροφών που δεν έπρεπε να ανά-κατασκευαστούν σε μεγαλύτερη κλίμακα, από τα μεγάλα. Επιπλέον, σε αυτή την μικρότερη κλίμακα (σε σχέση με το επόμενο επίπεδο) μπορούσε να φανεί σε ποια σημεία των μεγάλων segments που θα σχηματίζονταν στο μεγαλύτερο επίπεδο, θα υπήρχε ασυνέχεια στα ύψη και άρα αυτά τα segments θα έπρεπε να εξεταστούν με βάση την κλίμακα του L8.

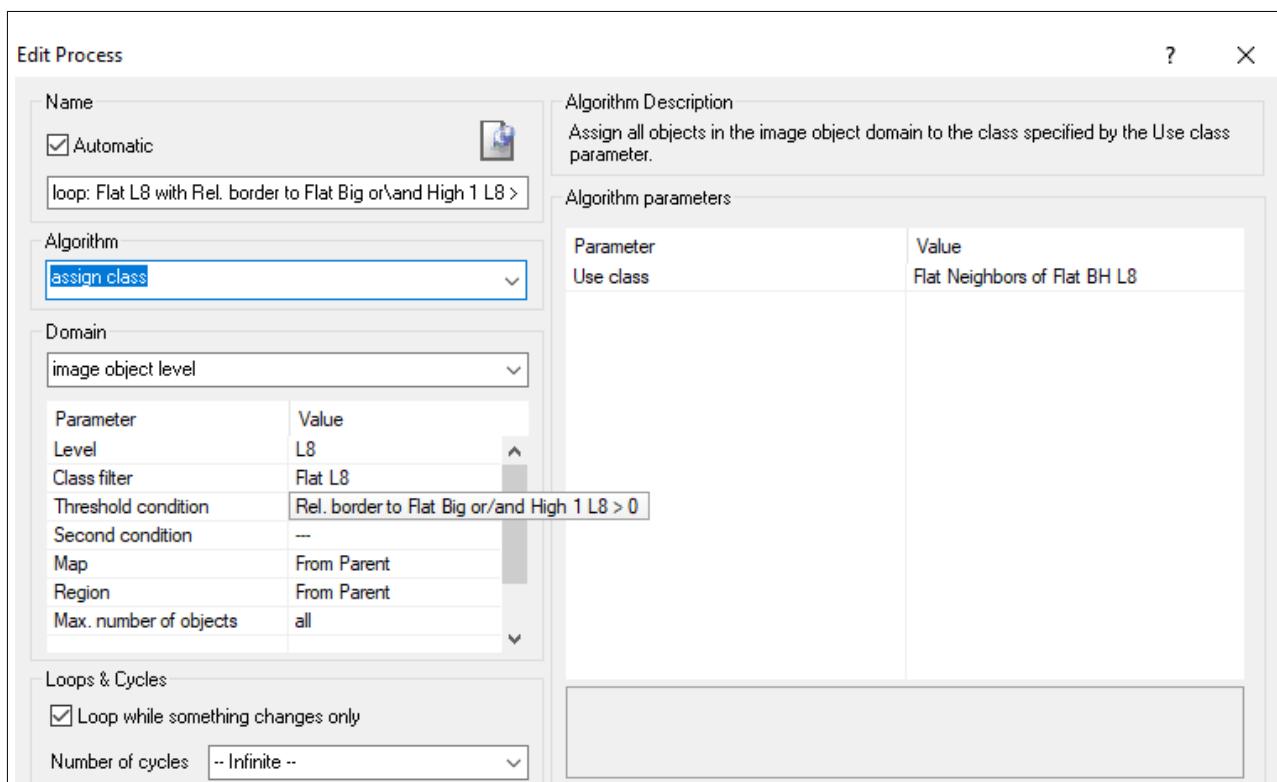
4.6.3.3.28.1 2 Αποδόσεις (assign class) στην Flat Big or/and High 1 L8

Για την περιγραφή των μεγάλων επίπεδων οροφών χρησιμοποιήθηκε η διαισθητική αντίληψη ότι τα μεγάλα κτήρια έχουν, συνήθως, μεγάλο εμβαδόν και μεγαλύτερο ύψος από τα μικρά. Συνεπώς, μετά από δοκιμές για τους παλμούς που θα αξιοποιηθούν, έγιναν 2 assign class ώστε, τα επίπεδα και μεγάλα τμήματα να ανιχνευθούν:

1. Όσα είχαν **Area >= 150** και **Mean dfel >= 2,6** αποδόθηκαν στην Flat Big or/and High 1 L8
2. Όσα είχαν **Mean dfeh_m >= 4,5** αποδόθηκαν στην Flat Big or/and High 1 L8

4.6.3.3.28.2 Απόδοση (assign class) στην Flat Neighbors of Flat BH L8

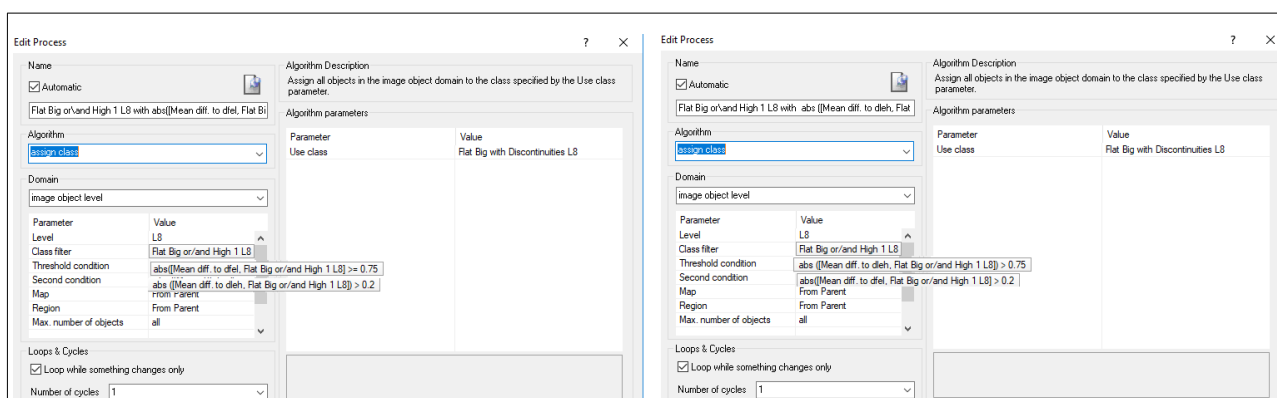
Επιπλέον, κρίθηκε σκόπιμο να προσδιοριστούν τα γειτονικά objects των Flat Big or/and High 1 L8.



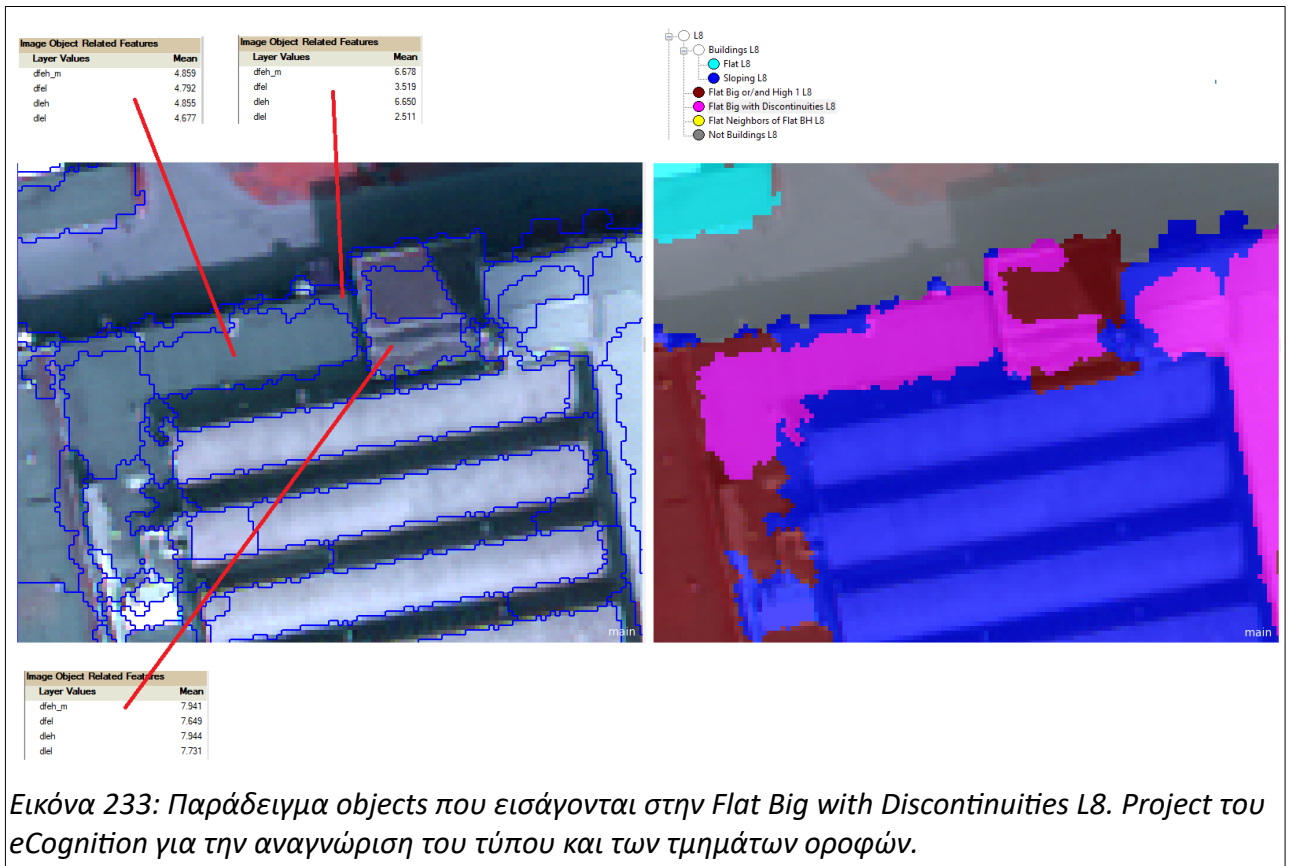
Εικόνα 231: Assign class για την εισαγωγή αντικειμένων στην Flat Neighbors of Flat BH L8. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.28.3 2 Αποδόσεις (assign class) στην Flat Big with Discontinuities L8

Στην συνέχεια προσδιορίστηκαν τα objects που σε μία μεγαλύτερη κλίμακα θα ενώνονταν (η δημιουργία των L8, L9 έγινε αμφίδρομα!), ενώ περιείχαν διαφορετικά τμήματα επίπεδων οροφών.



Εικόνα 232: 2 assign class στην Flat Big with Discontinuities L8. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.



4.6.3.3.28.4 2^η Κατάτμηση Επιπέδου L8, μόνο στα Flat Big or/and High 1 L8

Τέλος, για το επίπεδο L8 χρησιμοποιήθηκε, ως ένας αλγόριθμος region growing, ο multiresolution segmentation, για την ένωση των Flat Big or/and High 1 L8 με μοναδικά κριτήρια τα LIDAR δεδομένα. Κι αυτό έγινε, γιατί σε μία εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, τελικά δεν ενδιαφέρει αν τα επίπεδα τμήματα ενός κτηρίου έχουν διαφορετικό υλικό ή χρωματισμό, αλλά μόνο αν παρουσιάζουν τα ίδια υψομετρικά-γεωμετρικά χαρακτηριστικά.

| | |
|--------------------------------|---|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Flat Big or/and High 1 L8 |
| Layers x weight | dfeh_m x1, dleh x2, dfel x2, dlel x1 |
| Scale | 90 |
| Shape | 0,2 |
| Compactness | 0,8 |
| Level που εφαρμόστηκε | L8 |
| Level που δημιουργήθηκε | L8 |
| Θέση Level | Use Current (Merge Only) |

*Πίνακας 40: 2^η Κατάτμηση στο Επίπεδο L8.
Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.*

4.6.3.3.29 Κατάτμηση Επιπέδου L9

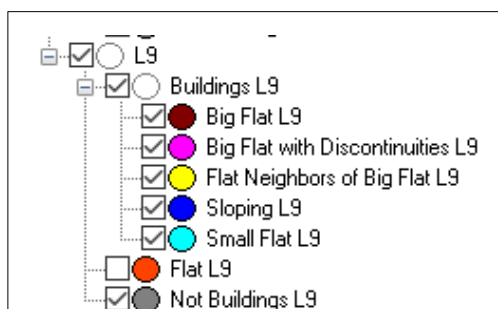
Αυτή η κατάτμηση γίνεται μόνο στα Flat Big with Discontinuities L8 με κριτήριο μόνο τα LIDAR δεδομένα και με στόχο τα objects του L8 που εμφανίζουν “ασυνέχειες” στο ύψος, δηλαδή είναι γειτονικά και έχουν διαφορετικά υψομετρικά χαρακτηριστικά να περιγραφούν καλύτερα, σε μεγαλύτερη κλίμακα.

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Flat Big with Discontinuities L8 |
| Layers x weight | dfeh_m x1, dleh x2, dfel x2, dlel x1 |
| Scale | 25 |
| Shape | 0,2 |
| Compactness | 0,8 |
| Level που εφαρμόστηκε | L8 |
| Level που δημιουργήθηκε | L9 |
| Θέση Level | above |

Πίνακας 41: Κατάτμηση Επιπέδου L9 στο Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.30 Ταξινόμηση Επιπέδου L9

Το L9 είναι το τελικό επίπεδο στο οποίο συγκεντρώνονται όλα τα αποτελέσματα και δημιουργείται με μία hierarchical classification.



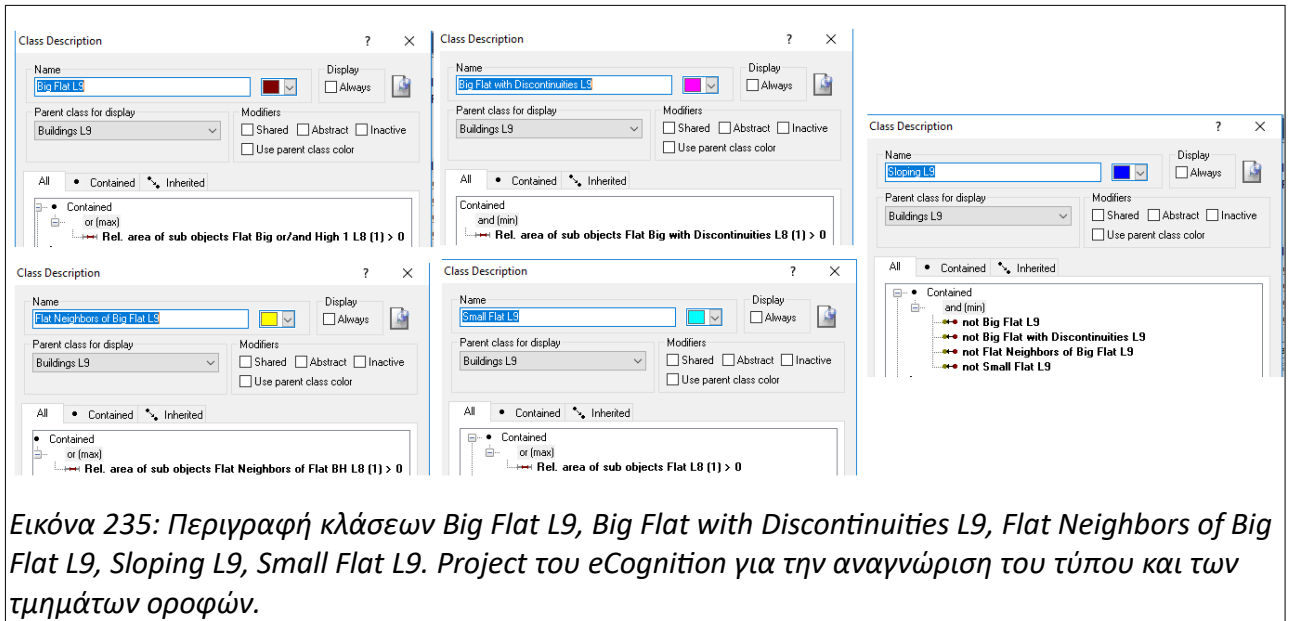
Εικόνα 234: Ιεραρχία όλων των κλάσεων του Επιπέδου L9. Με "τικ" σημειώνονται οι κλάσεις που συμμετέχουν στην 1^η Ταξινόμηση του επιπέδου. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Η L9 είναι μία κενή abstract κλάση που χρησιμοποιείται για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την ευκολία του χρήστη.

Η Not Buildings L9 έχει τιμή μηδέν στο buildings και η Buildings L9 έχει θετικές τιμές στο

buildings.

Η περιγραφή των υπόλοιπων κλάσεων που συμμετέχουν στην 1^η ταξινόμηση αυτού του επιπέδου δίνεται στην Εικόνα 235:



4.6.3.3.31 Πράξεις στο Επίπεδο L9

Για να καλυφθούν οι εκκρεμότητες που είχαν απομείνει στην διαχείριση των επιπέδων τμημάτων των οροφών, πραγματοποιήθηκαν 3 κατατμήσεις. Έγινε και πάλι χρήση του multiresolution segmentation ως ενός πολύ αποδοτικού αλγορίθμου region growing.

4.6.3.3.31.1 Κατάτμηση για τα Big Flat L9, Flat Neighbors of Big Flat L9

Για την συνένωση των Big Flat L9, Flat Neighbors of Big Flat L9 εφαρμόστηκε ο multiresolution segmentation με μόνο τα LIDAR δεδομένα.

| | |
|--------------------------------|--|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Big Flat L9, Flat Neighbors of Big Flat L9 |
| Layers x weight | dfeh_m x1, dleh x2, dfel x2, dlel x1 |
| Scale | 13 |
| Shape | 0,2 |
| Compactness | 0,8 |
| Level που εφαρμόστηκε | L9 |
| Level που δημιουργήθηκε | L9 |
| Θέση Level | Use Current (Merge Only) |

Πίνακας 42: 1^η κατάτμηση για αναδιαμόρφωση L9. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.31.2 Κατάτμηση για τα Big Flat with Discontinuities L9, Flat Neighbors of Big Flat L9

Για την συνένωση των Big Flat with Discontinuities L9, Flat Neighbors of Big Flat L9 εφαρμόστηκε ο multiresolution segmentation με μόνο τα LIDAR δεδομένα:

| | |
|--------------------------------|---|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Big Flat with Discontinuities L9, Flat Neighbors of Big Flat L9 |
| Layers x weight | dfeh_m x1, dleh x2, dfel x2, dlel x1 |
| Scale | 15 |
| Shape | 0,1 |
| Compactness | 0,5 |
| Level που εφαρμόστηκε | L9 |
| Level που δημιουργήθηκε | L9 |
| Θέση Level | Use Current (Merge Only) |

Πίνακας 43: 2^η κατάτμηση για αναδιαμόρφωση L9. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.31.3 Κατάτμηση για τα Big Flat L9, Big Flat with Discontinuities L9

Για την συνένωση των Big Flat L9, Big Flat with Discontinuities L9 εφαρμόστηκε ο multiresolution segmentation με μόνο τα LIDAR δεδομένα:

| | |
|--------------------------------|---|
| Αλγόριθμος | Multiresolution Segmentation |
| Class Filter | Big Flat L9, Big Flat with Discontinuities L9 |
| Layers x weight | dfeh_m x1, dleh x2, dfel x2, dlel x1 |
| Scale | 32 |
| Shape | 0,1 |
| Compactness | 0,5 |
| Level που εφαρμόστηκε | L9 |
| Level που δημιουργήθηκε | L9 |
| Θέση Level | Use Current (Merge Only) |

Πίνακας 44: 3^ο κατάτμηση για αναδιαμόρφωση L9. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.3.32 Αναδιαμόρφωση Επιπέδου L9

Τέλος, με ένα assign class όλα τα επίπεδα τμήματα των οροφών αποδόθηκαν στην κενή περιγραφής κλάση Flat L9.

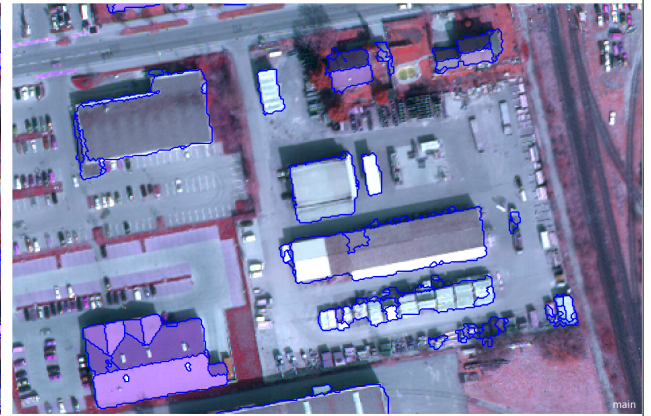


● Sloping L9 ● Flat L9 ● Not Buildings L9

Εικόνα 236: Τελική Ταξινόμηση στο Επίπεδο L9 (αριστερά) και Έγχρωμο σύνθετο 432 (δεξιά). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.



Μικρά-Μεσαία Τμήματα Οροφών



Μεγάλα-Μεσαία Τμήματα Οροφών

Εικόνα 237: Παραδείγματα των objects που δημιουργήθηκαν, για να περιγράψουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών, μετά την τελική διαμόρφωση του Επιπέδου L9. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

4.6.3.33 Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

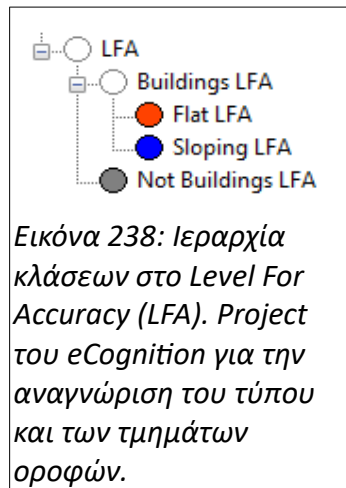
Τα εξαγόμενα αποτελέσματα από το Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών είναι διπλά:

1. Η ταξινόμηση των επίπεδων και επικλινών οροφών

2. Η διάκριση των ξεχωριστών τμημάτων των οροφών, όπως περιγράφονται από τα τελικά objects που δημιουργήθηκαν

4.6.3.3.3.1 Αξιολόγηση Ταξινόμησης

Η αξιολόγηση της ταξινόμησης έγινε με λήψη δειγμάτων και δημιουργία πίνακα σύγχυσης (Error ή Confusion Matrix). Όλα τα άλλα επίπεδα εκτός από το L9 σβήστηκαν. Το Επίπεδο L9 αντιγράφηκε και κάτω από αυτό δημιουργήθηκε το Level For Accuracy στο οποίο έγινε chessboard segmentation με μέγεθος 1. Οπότε, και πάλι η αξιολόγηση έγινε σε επίπεδο pixel. Το Level For Accuracy περιείχε 4 κλάσεις:



Εικόνα 238: Ιεραρχία κλάσεων στο Level For Accuracy (LFA). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Στα 1.631.571 pixels που είχαν θετική τιμή στο layer buildings λήφθηκαν 30.324 δείγματα για την Flat LFA και 28.792 για την Sloping LFA. Δηλαδή, τα δείγματα αποτέλεσαν ποσοστό 3,62% των pixels που αναφέρονταν σε οροφές κτηρίων.



Εικόνα 239: Παραδείγματα κάποιων κτηρίων (μαύρα βέλη) που χρησιμοποιήθηκαν για να ληφθούν δείγματα των Flat LFA(πορτοκαλί χρώμα) και Sloping LFA(μπλε χρώμα). Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

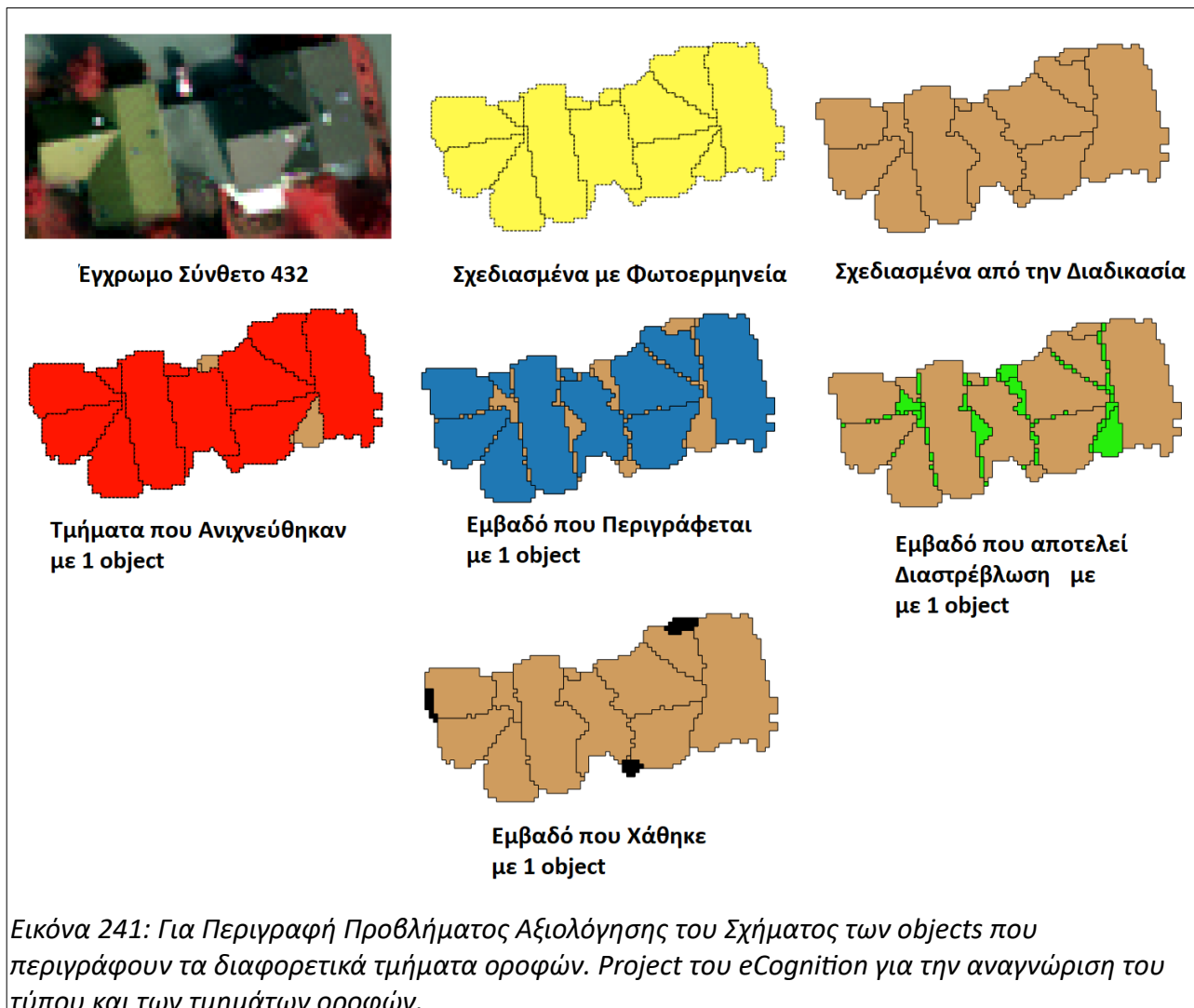
| User Class \ Sample | Flat LFA | Sloping LFA | Sum |
|-------------------------|-----------|-------------|-------|
| Confusion Matrix | | | |
| Flat LFA | 24262 | 1246 | 25508 |
| Sloping LFA | 6062 | 27546 | 33608 |
| unclassified | 0 | 0 | 0 |
| Sum | 30324 | 28792 | |
| Accuracy | | | |
| Producer | 0.8 | 0.9567241 | |
| User | 0.9511526 | 0.8196263 | |
| Hellden | 0.8691073 | 0.8828846 | |
| Short | 0.7685144 | 0.7903254 | |
| KIA Per Class | 0.6483652 | 0.8997060 | |
| Totals | | | |
| Overall Accuracy | 0.8763786 | | |
| KIA | 0.7536321 | | |

Εικόνα 240: Πίνακας Σύγχυσης (Error ή Confusion Matrix) για την ταξινόμηση στο επίπεδο Level For Accuracy. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Από τον Πίνακα Σύγχυσης διαπιστώνεται ότι τα αποτελέσματα είναι αρκετά καλά για την Sloping LFA και λιγότερο καλά για την Flat LFA. Ειδικά το Kappa Index για την Flat LFA προκύπτει σχετικά μικρό. Τα συνολικά αποτελέσματα της ταξινόμησης (Overall Accuracy, KIA) είναι ικανοποιητικά.

4.6.3.33.2 Αξιολόγηση Σχήματος και Πληροφορίας Παραγόμενων Objects

Για την αξιολόγηση του σχήματος των objects που δημιουργήθηκαν στο project, με σκοπό να περιγραφεί κάθε ξεχωριστό τμήμα των οροφών δεν βρέθηκε πεπατημένη μέθοδος. **Οπότε, σχεδιάστηκε μία διαδικασία αξιολόγησης.**



Το ιδανικό θα ήταν κάθε διαφορετικό τμήμα οροφής να περιγράφεται από 1 object κι αυτό να μην υπερβαίνει τα όρια του πραγματικού αντικειμένου.

Επειδή αυτό το αποτέλεσμα δεν επιτεύχθηκε, έπρεπε να εξεταστεί, όπως φαίνεται στην [Εικόνα 241](#):

- Πόσα πραγματικά αντικείμενα (σε εμβασόν) δεν ανιχνεύονται από κανένα object της διαδικασίας, το οποίο (object) να αντιστοιχεί “κυρίως” σε αυτό το πραγματικό αντικείμενο;
- Από τα πραγματικά αντικείμενα που ανιχνεύονται, πόσο εμβασόν των πραγματικών αντικειμένων περιγράφεται από τα objects της διαδικασίας;
- Με δεδομένο ότι και τα πραγματικά αντικείμενα και τα objects της διαδικασίας έχουν κοινά εξωτερικά όρια, πόσο εμβασόν αποτελεί “διαστρέβλωση”, δηλαδή εισαγωγή ενός object σε άλλο πραγματικό αντικείμενο, πέρα από αυτό που περιγράφει; (ή με αντίθετο ορισμό πόσο εμβασόν καλύπτεται σε ένα πραγματικό αντικείμενο, από objects που περιγράφουν άλλα πραγματικά αντικείμενα;)(αυτές οι δύο ερωτήσεις αναφέρονται στην ίδια επιφάνεια!)
- Πόσο εμβασό δεν περιγράφεται από κανένα object της διαδικασίας; (Αυτό το ερώτημα

δεν υφίσταται ακριβώς, αφού το συνολικό εμβαδό των πραγματικών αντικειμένων είναι ίδιο με των objects. Ωστόσο, με την επιλογή συγκεκριμένου αριθμού “χρήσιμων” objects, έχει νόημα.)

- Μέχρι πόσα objects μπορούν να θεωρηθούν “χρήσιμα” στην περιγραφή μίας επιφάνειας, με γνώμονα το πρόβλημα που αντιμετωπίζεται; Δηλαδή, στην τοποθέτηση ΦΒ, ιδανικό θα ήταν κάθε πραγματικό αντικείμενο να περιγράφεται από 1 object της διαδικασίας. Αν όμως περιγράφεται από περισσότερα, τότε τα πολύ μικρά είναι “άχρηστα” αν περιορίζουν την πραγματική επιφάνεια και δεν μπορούν να χωρέσουν π.χ. ένα ή παραπάνω ΦΒ πλαίσιο που κανονικά θα ήταν συνέχεια μίας σειράς ΦΒ. Αντιθέτως, αν η επιφάνεια απαρτίζεται από objects μεγάλα, με ίδιο προσανατολισμό τότε μπορεί περισσότερα από 1 objects, να περιγράφουν ικανοποιητικά το σύνολο των ΦΒ πλαισίων που μπορούν να εγκατασταθούν στην πραγματική επιφάνεια.

Συμπερασματικά χρειαζόταν ένα σύνολο κανόνων που να βρίσκει:

- ποια objects της διαδικασίας αντιστοιχούν σε κάθε πραγματικό αντικείμενο;
- ποια είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των μεγαλύτερων προς τα μικρότερα objects που αντιστοιχούν σε ένα πραγματικό αντικείμενο; Κι άρα, πόσα μπορούν να θεωρηθούν “χρήσιμα”;
- πόσο εμβαδόν εντοπίζεται με αυτόν τον αριθμό “χρήσιμων” objects;
- πόσο εμβαδόν προσδιορίζεται σωστά με αυτόν τον αριθμό “χρήσιμων” objects;
- πόσο εμβαδόν αποτελεί διαστρέβλωση με αυτόν τον αριθμό “χρήσιμων” objects;
- πόσο εμβαδόν χάνεται με αυτόν τον αριθμό “χρήσιμων” objects;

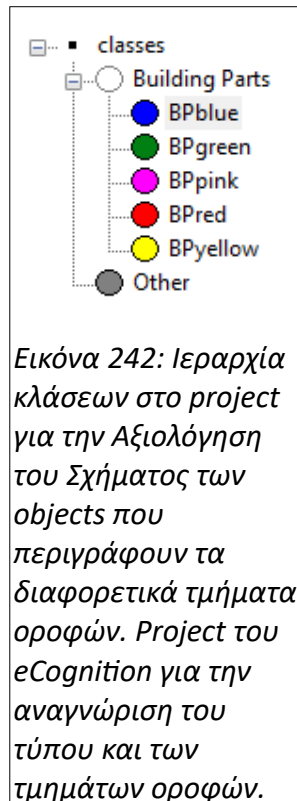
Αυτό το σύνολο κανόνων δημιουργήθηκε σε ένα πρόγραμμα σε Python. Στην συνέχεια τα αποτελέσματα του επιβεβαιώθηκαν στο QGIS με εξέταση vectors. Το πρόγραμμα και αυτοματοποιεί την διαδικασία ελέγχου, αλλά και χωρίς αυτό ήταν πολύ δύσκολο να γίνει η επιβεβαίωση σε περιβάλλον GIS, μόνο “με το μάτι” και με τις πράξεις μεταξύ vectors που επιτρέπει ένα GIS πρόγραμμα (χωρίς κυρίως τα loops για κάθε πολύγωνο). Αυτό γίνεται σαφές πιο κάτω που περιγράφεται η διαδικασία!

Αρχικά στην διαδικασία αξιολόγησης των αποτελεσμάτων, σε αυτό το στάδιο της εργασίας, πραγματοποιήθηκε ένας “ασυνήθιστος” τρόπος δημιουργίας των τμημάτων των οροφών, μέσω του eCognition. Αυτός ο τρόπος επιλέχτηκε γιατί ήταν πολύ πιο γρήγορος και πιο εύκολος, από τα δημιουργηθούν καινούργια vector layers σε ένα περιβάλλον GIS, ζωγραφίζοντας πάνω σε έναν έγχρωμο σύνθετο!

Πιο αναλυτικά, σε ένα project του eCognition εισήχθησαν τα απαραίτητα layers από CCD, LIDAR δεδομένα για την φωτοερμηνεία και το layer outer_edges. Με αυτά και με συνδυασμούς περισσότερων από 3 καναλιών, που επιτρέπει το eCognition (layers), ήταν εύκολο κατά το σχεδιασμό των πραγματικών αντικειμένων να διακρίνονται τα εξωτερικά τους όρια (τα οποία έχουν προκύψει από το [Project Εντοπισμού Οροφών Κτηρίων](#)) με το outer_edges. Παράλληλα, με την χρήση του Image Object Information αυξανόταν η ακρίβεια της φωτοερμηνείας. Επιπλέον, με το εργαλείο Classification-Samples-Select sample with brush, τα εργαλεία zoom και την διάκριση των pixels ήταν πολύ πιο γρήγορος ο σχεδιασμός των πραγματικών αντικειμένων.

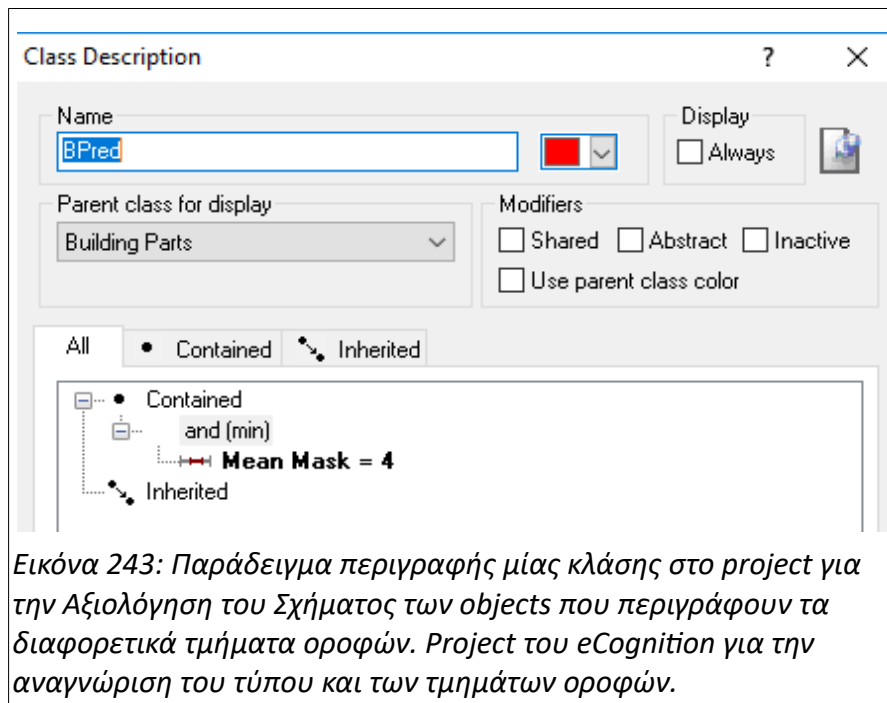
Το project ξεκίνησε με μία chessboard segmentation μεγέθους 1, που μετέτρεψε τα pixels σε objects. Στην συνέχεια, λήφθηκαν δείγματα για 5 κλάσης που ήταν αφαιρετικές και

χαρακτηρίστηκαν μόνο από το χρώμα τους (BPblue, BPgreen, BPrpink, BPrred, BPyellow). Ο σκοπός των κλάσεων ήταν να περιγράψουν όλα τα διαφορετικά τμήματα των οροφών και δεν χρειάστηκαν περισσότερες από 5 γιατί, στα δείγματα που λήφθηκαν υπήρχε γειτνίαση το πολύ 5 διαφορετικών τμημάτων.



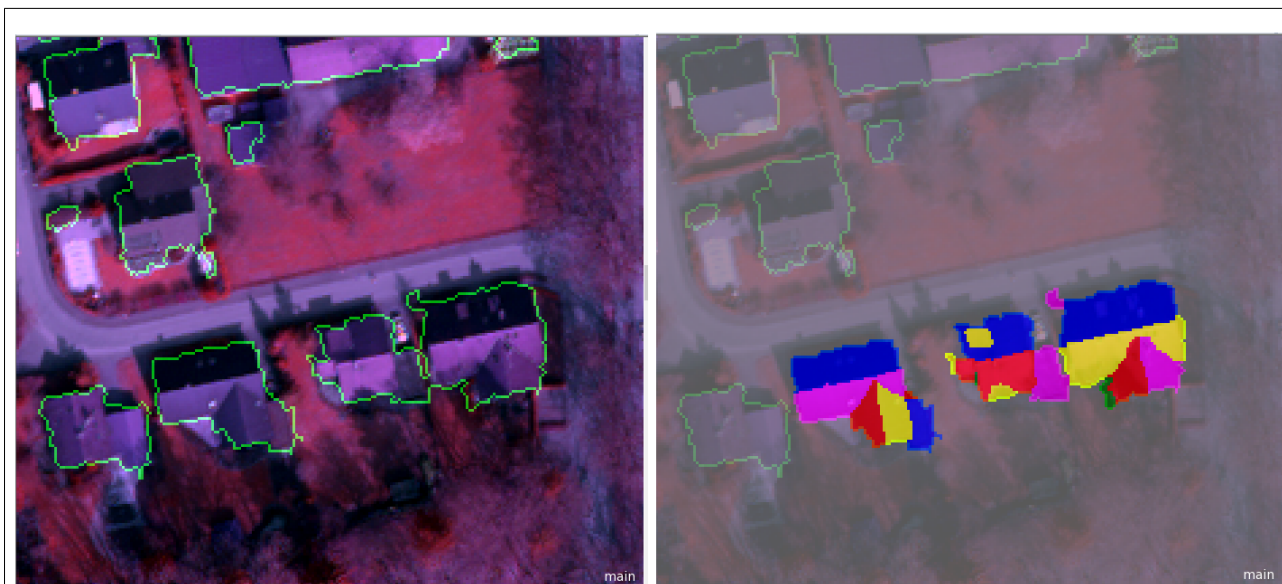
Εικόνα 242: Ιεραρχία κλάσεων στο project για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Αυτά τα δείγματα μετατράπηκαν σε μία TTA Mask μέσω του Classification-Samples-Create TTA Mask from Samples. Αυτό το raster αρχείο φορτώθηκε στο ίδιο project ως layer, βρίσκοντας τον αριθμό που αντιστοιχεί σε κάθε κλάση. Αμέσως μετά, δόθηκαν περιγραφές στις κλάσεις.



Εικόνα 243: Παράδειγμα περιγραφής μίας κλάσης στο project για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Ακολούθησε μία hierarchical classification. Τέλος, έγινε merge region σε κάθε μία από τις 5 διαφορετικές κλάσεις που χρειάστηκαν για να περιγραφούν οι διαφορετικές επιφάνειες εντός των οροφών. Τα αποτελέσματα των 5 κλάσεων εξήχθησαν τόσο σε μορφή raster, όσο και σε μορφή vector, με την ονομασία Truth.



Εικόνα 244: Παράδειγμα σχεδιασμού διαφορετικών τμημάτων οροφών στο eCognition για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τυπικών οροφών.

Τα συνολικά δείγματα που λήφθηκαν αντιστοιχούσαν σε ποσοστό μεγαλύτερο από 2% για να είναι αξιόπιστα.

Στην συνέχεια γράφτηκε το πρόγραμμα σε Python που διενεργεί την αξιολόγηση:

Πρώτον, όπως φαίνεται στην [Εικόνα 245](#) έγιναν οι απαραίτητες εισαγωγές βιβλιοθηκών, ξαναγράφηκαν οι ίδιες συναρτήσεις που είχαν δημιουργηθεί και προηγουμένως για το διάβασμα εικόνων με γεωαναφορά ως ndarray και για την αποθήκευση ndarray ως εικόνων με γεωαναφορά.

```

1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 """
3 Created on Tue Mar 13 08:52:00 2018
4
5 @author: john
6 """
7
8 import numpy as np
9 from osgeo import gdal
10 from osgeo import osr
11 import time
12 import pandas as pd
13 from skimage.measure import regionprops
14 import math
15 #
16 #
17 #
18 gdal.UseExceptions() #Python bindings do not raise exceptions unless you
19 #explicitly call UseExceptions()
20 print ("GDAL's version is {}".format(gdal.__version__))
21 #display GDAL version
22
23 def Read_geotiff_Bands_AsArrays(fname):
24     #read each band of image and whole image with gdal
25     #return a list with bands as arrays
26     try:
27         ds_in=gdal.Open(fname)
28     except:
29         print ("Unable to open {}".format(fname))
30         return None
31     #get geotransform
32     gT=ds_in.GetGeoTransform()
33     #get projection as wkt
34     prj=ds_in.GetProjection()
35     #read each band
36     bandsAsArrays=[]
37     for i in range(ds_in.RasterCount):
38         b=ds_in.GetRasterBand(i+1)
39         arr=b.ReadAsArray()
40         bandsAsArrays.append(arr)
41     return (bandsAsArrays, gT, prj)
42
43 def Save_geotiff(fname, img, gT, prj):
44     #Save a ndarray as tif image
45
46     fileformat="GTiff"
47     driver = gdal.GetDriverByName(fileformat)
48     metadata = driver.GetMetadata()
49     if metadata.get(gdal.DCAP_CREATE) == "YES":
50         print("Driver {} supports Create() method.".format(fileformat))
51     else:
52         print("Driver {} doesn't support Create() method.".format(fileformat))
53         return None
54     #read image dimensions
55     if (len(img.shape)==2):
56         d=1
57         ysize, xsize= img.shape
58     else:
59         d, ysize, xsize= img.shape
60     #
61     ds_out = driver.Create(fname, xsize, ysize, bands=d, eType=gdal.GDT_Float32)
62     ds_out.SetGeoTransform((gT[0], gT[1], gT[2], gT[3], gT[4], gT[5]))
63     if (not(d==1)):
64         for b in range(d):
65             ds_outband = ds_out.GetRasterBand(b+1)
66             ds_outband.WriteArray(img[b])
67     else:
68         ds_outband = ds_out.GetRasterBand(1)
69         ds_outband.WriteArray(img)
70     #create and set projection
71     ds_outSRS = osr.SpatialReference()
72     ds_outSRS.ImportFromWkt(prj)
73     ds_out.SetProjection(ds_outSRS.ExportToWkt())
74     #This call will recover memory used to cache data blocks for this raster
75     #band, and ensure that new requests are referred to the underlying driver.
76     ds_outband.FlushCache()
77     #close streams
78     ds_out=None
79     print "ok!"
80     return None

```

Εικόνα 245: Εισαγωγή βιβλιοθηκών και συναρτήσεις διαβάσματος, αποθήκευσης εικόνων με γεωαναφορά στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τιμημάτων οροφών.

Με την συνάρτηση για το διάβασμα εικόνων με γεωαναφορά διαβάστηκαν τα raster αρχεία που περιείχαν τα objects από την διαδικασία (Process) και τα αρχεία που προέκυψαν μετά από φωτοερμηνεία και αποτελούν το σημείο αναφοράς (Truth) για την αξιολόγηση.

```
81 #
82 #read Roof Parts by Process
83 bands, gT, prj = Read_geoimage_Bands_AsArrays("E:\DIPLMATIKI\ecognition_"+
84                                             "Extraction_of_Buildings"+
85                                             "\Assessment_of_Roof_Types"+
86                                             "\Accuracy For Objects by Python"+
87                                             "\Objects Raster.tif")
88 Process=bands[0]+1 #because ecognition starts to count from 0 the classified
89 #objects and gives the maximum value to not classified
90 #hence, adding 1 convert not classified to 0 and starts counting from 1
91 #
92 #read Roof Parts by Samples
93 bands, gT, prj = Read_geoimage_Bands_AsArrays("E:\DIPLMATIKI\ecognition_"+
94                                             "Extraction_of_Buildings"+
95                                             "\Assessment_of_Roof_Types"+
96                                             "\Accuracy For Objects by Python"+
97                                             "\True Objects For Accuracy_Opt_2.tif")
98 Truth=bands[0]+1
```

Εικόνα 246: Διάβασμα των objects από την διαδικασία και των objects από φωτοερμηνεία στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του ecognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Στην συνέχεια γράφτηκε μία συνάρτηση για να υπολογίζει το ποσοστό των δειγμάτων στο σύνολο των objects που αναφέρονται σε κτήρια.

```
99 #
100 #Find Percentage of Truth
101 def Percentage_Truth (Process, Truth):
102     px_of_pro = (Process!=0).sum()
103     px_of_tru = (Truth!=0).sum()
104     per_of_tru = (float(px_of_tru)/float(px_of_pro))
105     print "Percentage_of_Truth is {}".format(per_of_tru)
106     return per_of_tru, px_of_pro, px_of_tru
107 #
108 percentage_of_truth, px_of_pro, px_of_tru = Percentage_Truth (Process, Truth)
109
110
```

Εικόνα 247: Συνάρτηση υπολογισμού ποσοστού δειγμάτων στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του ecognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Μετά, δημιουργήθηκε μία συνάρτηση που χρησιμοποιεί τα δείγματα (Truth) για να περιορίσει τα objects από την διαδικασία, μόνο σε αυτά που έχουν κοινά εξωτερικά όρια με τα δείγματα.

```

111 #Truth and Objects by Process have the same outer Edges, so we retain only the
112 #Objects by Process which match with Truth
113 def Retain_Process_By_True (Process, Truth):
114     mask_of_truth=Truth.copy()
115     mask_of_truth[mask_of_truth!=0]=1
116     return Process*mask_of_truth
117 #
118 Process=Retain_Process_By_True (Process, Truth)
119 fname= ("E:\DIPLOMATIKI\eCognition_Extraction_of_Buildings\Assessment_"+
120         "of_Roof_Types\Accuracy For Objects by Python\Process_Objects_Used.tif")
121 Save_geoimage(fname, Process, gT, prj)
122
123

```

Εικόνα 248: Συνάρτηση προσδιορισμού των objects της διαδικασίας που έχουν κοινά εξωτερικά όρια με τα δείγματα στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Ακολούθησε η διαδικασία εύρεσης των πραγματικών αντικειμένων που εντοπίζονται. Για αυτόν τον σκοπό, απαιτήθηκε μία συνάρτηση που να απομονώνει κάθε ένα ξεχωριστό αντικείμενο, τόσο στα δείγματα, όσο και στα αποτελέσματα.

```

124 #Finding Detected and Not Detected Truth Objects
125 #All detected True Objects should have the maximum overlap at least to 1
126 #Object by Process
127
128
129 #At the beggining, we need a function to isolate objects
130 def Isolate_Obj(arr,obj_id):
131     #gives 1 to all pixels of an Object and 0 to other pixels
132     obj = arr.copy()
133     obj[obj!=obj_id]=0
134     obj[obj==obj_id]=1
135     return obj
136

```

Εικόνα 249: Συνάρτηση απομόνωσης αντικειμένων στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Η εργασία εύρεσης των objects που ανιχνεύονται, έγινε στην **Assign_Process_to_True (Process, Truth)**. Σε αυτή την συνάρτηση, δημιουργείται μία list που περιέχει τα id (ακέραιοι αριθμοί) των πραγματικών αντικειμένων που “ανιχνεύονται” από objects της διαδικασίας και ένα dictionary που αντιστοιχίζει σε κάθε object της διαδικασίας, την id του πραγματικού αντικειμένου που περιγράφει. Ειδικότερα, εξετάζεται κάθε object της διαδικασίας ξεχωριστά και προσδιορίζεται με ποια πραγματικά αντικείμενα έχει κοινά pixels. Στην συνέχεια σχηματίζονται 2 πίνακες, όπου τοποθετούνται σε αντιστοιχία τα πραγματικά αντικείμενα στον ένα και σε φθίνουσα σειρά οι συχνότητες εμφάνισής τους μέσα στο object, στον άλλο. Το πραγματικό αντικείμενο με την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης, δηλαδή αυτό που καλύπτει το μεγαλύτερο εμβαδό του object, συσχετίζεται στο dictionary με το συγκεκριμένο object. Έτσι, το object συσχετίζεται με το πραγματικό αντικείμενο, με το οποίο έχει την μεγαλύτερη τομή. Εάν, αυτό το πραγματικό αντικείμενο δεν έχει ήδη ανιχνευθεί από κάποιο άλλο object εισάγεται στην list των εντοπισμένων.

```

137 #create a list with id of True Objects which have the maximum overlap at least
138 #to 1 Object by Process
139 def Assign_Process_to_True (Process, Truth):
140     #assign Objects by Process to True Objects which are dominant in Object
141     #by Process
142     start_time = time.time()
143     l_true_detected=[]
144     dict_Pro_to_True={} #dictionary with Process Objects as Keys assigned to
145     #1 True Object
146     number=0
147     for i in np.unique(Process):
148         number=number+1
149         i=int(i)
150         print "Number of Object {}".format(number)
151         if i==0:
152             continue
153         else:
154             process_object=Isolate_Obj(Process,i)
155             intersection_true_process_object = process_object*Truth
156             unique_true_objects, true_objects_counts = np.unique(intersection_true_process_object,
157                                                                     return_counts=True)
158             #remove 0 which is the most frequent value
159             index=true_objects_counts.argmax()
160             if int(unique_true_objects[index])==0:
161                 true_objects_counts[index]=0
162             #
163             true_object=int(unique_true_objects[true_objects_counts.argmax()])
164             dict_Pro_to_True[i]=true_object
165             if not(true_object in l_true_detected):
166                 print ("Process Object with id {} assigned"+
167                       " to Truth Object with id {}".format(i,true_object)
168                       )
169                 l_true_detected.append(true_object)
170             else:
171                 print ("Process Object with id {} assigned to an existed Truth Object")
172             print"Time in minutes: {}".format((time.time() - start_time)/60)
173             return l_true_detected, dict_Pro_to_True
174 #
175 l_detected, d_Pro_to_True = Assign_Process_to_True (Process, Truth)

```

Εικόνα 250: Συνάρτηση προσδιορισμού των πραγματικών αντικειμένων που “ανιχνεύονται” στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τιπιδιών οροφών.

Το ποσοστό εμβαδού των “ανιχνευμένων” πραγματικών αντικειμένων σε σχέση με το σύνολο των δειγμάτων δίνεται από την `Percentage_of_Detected(Truth, l_detected)`.

```

175 - - - - -
176
177 #find number of Detected pixels
178 def Percentage_of_Detected(Truth, l_detected):
179     px_detected=0
180     for i in l_detected:
181         px_detected=px_detected+((Truth==i).sum())
182     per_of_det_in_tru =(float(px_detected)/float(px_of_tru))
183     print "Percentage of Detected Objects by True Objects: {}".format(per_of_det_in_tru)
184     return per_of_det_in_tru, px_detected
185 #
186 percentage_of_Detected_in_True, px_detected=Percentage_of_Detected(Truth, l_detected)
187

```

Εικόνα 251: Συνάρτηση που δίνει το ποσοστό των πραγματικών αντικειμένων που “ανιχνεύονται” στο σύνολο των δειγμάτων στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Για να δημιουργηθεί ένας ndarray με το σύνολο των πραγματικών αντικειμένων που έχουν ανιχνευτεί και διατηρώντας τις διαφορετικές id τους, κατασκευάζεται η **Create_of_Selected_Obj(in_img, l_obj, save=False, fname=None, GT=None, PRJ=None)**. Έτσι, από τον ndarray, μπορεί να προκύψει μία εικόνα από όλα τα objects που ανιχνεύονται.

```
188 #create an (georeferenced) image by a list of objects
189 def Create_of_Selected_Obj(in_img, l_obj, save=False, fname=None, GT=None, PRJ=None):
190     img=in_img.copy()
191     for i in np.unique(in_img):
192         i=int(i)
193         if not (i in l_obj):
194             img[img==i]=0
195     if (save):
196         Save_geoimage(fname, img, GT, PRJ)
197     return img
198 #
199 filename=("E:\DIPLOMATIKI\ecognition_Extracton_of_Buildings\Assessment_"+
200           "of_Roof_Types\Accuracy For Objects by Python\Detected.tif")
201 img_detected=Create_of_Selected_Obj(Truth, l_detected, save=True, fname=filename,
202                                     GT=gT, PRJ=prj)
203
204
```

Εικόνα 252: Συνάρτηση κατασκευής ndarray των πραγματικών αντικειμένων που “ανιχνεύονται” στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Έπειτα, προσδιορίζεται το εμβαδόν που εκτιμάται σωστά στα πραγματικά αντικείμενα από τα objects της διαδικασίας, με την **Area_Well_Described(Truth, l_detected, d_Pro_to_True, nobj)**. Αυτή η συνάρτηση μπορεί να εφαρμοσθεί για οποιονδήποτε αριθμό “χρήσιμων” objects (Όπως θα φανεί από το τελικό μέρος του προγράμματος, σε αυτή την εργασία μάλλον μόνο 1 object μπορεί να θεωρηθεί “χρήσιμο” σε αυτή την εργασία. Ωστόσο, η συνάρτηση είναι πιο γενική!).

Η **Area_Well_Described(Truth, l_detected, d_Pro_to_True, nobj)** ακολουθεί διαφορετική κατεύθυνση από την Assign_Process_to_True (Process, Truth) και εξετάζει κάθε πραγματικό αντικείμενο ως προς τα objects που τέμνει. Δημιουργεί ένα dictionary που συσχετίζει κάθε “ανιχνευμένο” πραγματικό αντικείμενο με μία list που περιέχει τα objects που το περιγράφουν. Από αυτά τα objects εξετάζει το μεγαλύτερο, αν πρόκειται για 1 “χρήσιμο” object, ή τα 2 μεγαλύτερα, αν πρόκειται για 2 “χρήσιμα” objects... και βρίσκει την τομή τους με το πραγματικό αντικείμενο. Η τομή είναι το σωστά ορισμένο εμβαδό μεταξύ πραγματικότητας-διαδικασίας (Εικόνα 241).

```

205 #The goal is every True Object to described by 1 Process Object regarding shape
206 #and size
207 #Although when this is not capable, we can choose to describe a True Object by
208 #the 2 (or more) BIGGEST Process Objects in True Object
209 #This Choice is up to researcher
210
211 #Choose number of Process Objects to describe a True Object (nobj) and find Accuracy
212 #Find Area in Detected True Objects which is described well by Process Objects
213 def Area_Well_Described(Truth, l_detected, d_Pro_to_Tru, nobj):
214     #needs Assign_Process_to_True to work
215     start_time = time.time()
216     well=0
217     number=0
218     dict_Tru_to_Pro={} #dictionary with True Objects as Keys assigned to
219     #Process Objects
220     for i in l_detected:
221         i=int(i)
222         number=number+1
223         print "{} Detected Object with id {} is examined".format(number,i)
224         t_obj=Isolate_Obj(Truth,i)
225         inter_process_true_object = Process*t_obj
226         unique_process_objects, process_objects_counts = np.unique(inter_process_true_object,
227                                                                     return_counts=True)
228         #remove 0 from Process Objects
229         ind=process_objects_counts.argmax()
230         if int(unique_process_objects[ind])==0:
231             process_objects_counts[ind]=0
232         #Choose the nobj BIGGEST Process Objects in True Object
233         j=0 #counter for length of unique_process_objects
234         k=0 #counter Process Objects assigned to True Object
235         l=[]
236         while (j<len(unique_process_objects)-1)and(k<nobj):#because first number
237             #in unique_process_objects is 0
238             ind=process_objects_counts.argmax()
239             v=int(unique_process_objects[ind])
240             if (d_Pro_to_Tru.get(v) == i):
241                 #because only Process Objects assigned to this True Object will be used
242                 l.append(v)
243                 well=well+process_objects_counts[ind]
244                 k=k+1
245                 j=j+1
246                 process_objects_counts[ind]=0
247             dict_Tru_to_Pro[i]=l
248         #
249         per=float(well)/float(px_of_tru)
250         print "Area Well Described is {} pixels".format(well)
251         print "Percentage of Well Described Area in TRUE OBJECTS uses {} Object: {}".format(nobj,
252                                                                                             per)
253         print"Time in minutes: {}".format((time.time() - start_time)/60)
254         return well, per, dict_Tru_to_Pro
255 #
256 well_1_Obj, per_well_1_Obj, d_Tru_to_Pro_1_Obj=Area_Well_Described (Truth, l_detected,
257                                                                     d_Pro_to_Tru, 1)
258 well_2_Obj, per_well_2_Obj, d_Tru_to_Pro_2_Obj=Area_Well_Described (Truth, l_detected,
259                                                                     d_Pro_to_Tru, 2)
260 well_3_Obj, per_well_3_Obj, d_Tru_to_Pro_3_Obj=Area_Well_Described (Truth, l_detected,
261                                                                     d_Pro_to_Tru, 3)

```

Εικόνα 253: Συνάρτηση προσδιορισμού “σωστά” εκτιμώμενου εμβαδού στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Όπως, μπορεί να φανεί από την Εικόνα 241 οι διαστρεβλώσεις μπορούν να οριστούν ως (Εμβαδό Objects Διαδικασίας ανάλογα με τα “χρήσιμα” objects)-(Εμβαδό “Σωστά” Προσδιορισμένο ανάλογα με τα “χρήσιμα” objects). Επίσης, τα εμβαδό που χάνεται δίνεται από την σχέση (Εμβαδό Πραγματικών Αντικειμένων-Δειγμάτων)-(Εμβαδό Objects Διαδικασίας ανάλογα με τα “χρήσιμα” objects). Αυτές οι δύο σχέσεις μεταφράστηκαν σε Python με τις

συναρτήσεις **Distortions (Process, d_True_to_Pro,px_well, nobj=1), Lost_Area (Process, d_True_to_Pro, nobj=1).**

```
262
263
264 #Find Area of Process Objects which is out of True Objects
265 def Distortions (Process, d_True_to_Pro,px_well, nobj=1):
266     #needs dictionary from TP_in_Detected to work and number of pixels
267     #detected from TP_in_Detected
268     #Not examines every True Object. Is a bulk operation
269     start_time = time.time()
270     n=0
271     l=[]
272     for t,lp in d_True_to_Pro.items():
273         n=n+1
274         print "Item {} of dictionary is examined Key:{}, Value:{} ".format(n, t, lp)
275         l=l+lp
276     img_process_used=Create_of_Selected_Obj(Process, l)
277     px_pro_objects=(img_process_used!=0).sum()
278     distortions= px_pro_objects - px_well
279     per=float(distortions)/float(px_of_tru)
280     print "Distortions are {} pixels".format(distortions)
281     print "Percentage of Distortions in TRUE OBJECTS uses {} Object: {}".format(nobj,
282                                         per)
283     print"Time in minutes: {}".format((time.time() - start_time)/60)
284     return distortions, per
285 #
286 dist_1_Obj, per_dist_1_Obj=Distortions (Process, d_True_to_Pro_1_Obj,well_1_Obj,
287                                         nobj=1)
288 dist_2_Obj, per_dist_2_Obj=Distortions (Process, d_True_to_Pro_2_Obj,well_2_Obj,
289                                         nobj=2)
290 dist_3_Obj, per_dist_3_Obj=Distortions (Process, d_True_to_Pro_3_Obj,well_3_Obj,
291                                         nobj=3)
292
```

Εικόνα 254: Συνάρτηση προσδιορισμού εμβαδού “διαστρεβλώσεων” στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

```

293
294 #Find Area of True Objects which is out of Process Objects (TP+FP)
295 def Lost_Area (Process, d_True_to_Pro, nobj=1):
296     start_time = time.time()
297     n=0
298     l=[]
299     for t,lp in d_True_to_Pro.items():
300         n=n+1
301         print "Item {} of dictionary is examined Key:{}, Value:{} ".format(n, t, lp)
302         l=l+lp
303     img_process_used=Create_of_Selected_Obj(Process, l)
304     px_pro_objects=(img_process_used!=0).sum()
305     lost=px_of_tru-px_pro_objects
306     per=float(lost)/float(px_of_tru)
307     print "Lost Area are {} pixels".format(lost)
308     print "Percentage of Lost Area in in TRUE OBJECTS uses {} Object: {}".format(nobj, per)
309     print"Time in minutes: {}".format((time.time() - start_time)/60)
310     return lost, per
311 #
312 lost_1_Obj, per_lost_1_Obj=Lost_Area (Process, d_True_to_Pro_1_Obj, nobj=1)
313 lost_2_Obj, per_lost_2_Obj=Lost_Area (Process, d_True_to_Pro_2_Obj, nobj=2)
314 lost_3_Obj, per_lost_3_Obj=Lost_Area (Process, d_True_to_Pro_3_Obj, nobj=3)
315
316

```

Εικόνα 255: Συνάρτηση προσδιορισμού “χαμένου” εμβαδού στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Τα αποτελέσματα της μέχρι τώρα διαδικασίας περάστηκαν σε ένα CSV αρχείο για να παρουσιαστούν.

```

317 #Create CSV file with results
318 data = {'X': ['Objects By Process', 'True Objects', 'Detected',
319             'Area_Well_Described by 1 Object', 'Distortions by 1 Object', 'Lost Area by 1 Object',
320             'Area_Well_Described by 2 Object', 'Distortions by 2 Object', 'Lost Area by 2 Object',
321             'Area_Well_Described by 3 Object', 'Distortions by 3 Object', 'Lost Area by 3 Object'],
322         'Pixels': [px_of_pro, px_of_tru, px_detected,
323                  well_1_Obj, dist_1_Obj, lost_1_Obj,
324                  well_2_Obj, dist_2_Obj, lost_2_Obj,
325                  well_3_Obj, dist_3_Obj, lost_3_Obj],
326         'Percentage to Objects by Process': ['X', percentage_of_truth, 'X',
327                                             'X', 'X', 'X',
328                                             'X', 'X', 'X',
329                                             'X', 'X', 'X'],
330         'Percentage to True Objects': ['X', 'X', percentage_of_Detected_in_True,
331                                       per_well_1_Obj, per_dist_1_Obj, per_lost_1_Obj,
332                                       per_well_2_Obj, per_dist_2_Obj, per_lost_2_Obj,
333                                       per_well_3_Obj, per_dist_3_Obj, per_lost_3_Obj]}
334 df = pd.DataFrame(data, columns = ['X', 'Pixels',
335                                   'Percentage to Objects by Process',
336                                   'Percentage to True Objects'])
337 fname=("E:\DIPLMATIKI\eCognition_Extraction_of_Buildings\Assessment_"+
338        "of_Roof_Types\Accuracy For Objects by Python\Assesment of W_D_L.csv")
339 df.to_csv(fname, float_format="%.2f", index=False, decimal=",")
340
341

```

Εικόνα 256: Εξαγωγή αποτελεσμάτων για “ανιχνευμένο”, “σωστό”, “διαστρεβλωμένο”, “χαμένο” εμβαδό και ποσοστό δειγμάτων στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Ακόμα, για να γίνει επιβεβαίωση του προγράμματος που περιγράφεται έπρεπε να σχεδιαστούν εικόνες των αποτελεσμάτων για να ελεγχθούν.

```

342 #create images for TP, FP, FN
343 def Create_Image(dlist):
344     start_time = time.time()
345     x=1
346     l_all_pro_obj=[]
347     for d in dlist:
348         img_well=np.zeros((3000,3000))
349         #img_FP=np.zeros((3000,3000))
350         #img_FN=np.zeros((3000,3000))
351         n=0
352         #create each image for a dictionary
353         for t,lp in d.items():
354             n=n+1
355             print "Item {} of dictionary {} is examined Key:{}, Value:{} ".format(n,x,t,
356                                     str(lp))
357             l_all_pro_obj=l_all_pro_obj+lp
358             t=int(t)
359             img_true=Isolate_Obj(Truth,t) #binary image of a True Object
360             img_pro_obj=Create_of_Selected_Obj(Process, lp)#Process Objects
361             #which are describing this True Object
362             img_pro_obj[img_pro_obj>0]=1 #binary image
363             img_well=img_well+(img_true*img_pro_obj) #intersection
364             #
365             img_all_pro_obj=Create_of_Selected_Obj(Process, l_all_pro_obj)#Process
366             #Objects which are describing all True Objects
367             img_all_pro_obj[img_all_pro_obj>0]=1#binary image
368             img_all_tru_obj=Truth.copy()#All True Objects
369             img_all_tru_obj[img_all_tru_obj>0]=1#binary image
370             img_dist=img_all_pro_obj-img_well
371             img_lost= img_all_tru_obj-img_all_pro_obj
372             #save each for a dictionary
373             for sw, k in [("Well",img_well), ("Distortions",img_dist), ("Lost",img_lost)]:
374                 filename=("E:\DIPLOMATIKI\eCognition_Extraction_of_Buildings\Assessment_"+
375                         "of_Roof_Types\Accuracy For Objects by Python\\"
376                         +sw+" Dict"+str(x)+".tif")
377                 Save_geoimage(filename, k, gT, prj)
378             #increase counter of dictionaries
379             print "Dictionary {} is finished".format(x)
380             x=x+1
381             print"Time in minutes: {}".format((time.time() - start_time)/60)
382             return None
383 #
384 dlist=[d_Tr_u_to_Pro_1_Obj, d_Tr_u_to_Pro_2_Obj, d_Tr_u_to_Pro_3_Obj]
385 Create_Image(dlist)
386 #

```

Εικόνα 257: Εξαγωγή αποτελεσμάτων για “ανιχνευμένο”, “σωστό”, “διαστρεβλωμένο”, “χαμένο” εμβαδό σε εικόνες με γεωαναφορά στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Το κομμάτι που είχε μείνει από τα πεδία αξιολόγησης που τέθηκαν ήταν η δημιουργία στατιστικών στοιχείων για το σχήμα των objects της διαδικασίας, σε σχέση με τα πραγματικά αντικείμενα. Αυτό επιτεύχθηκε με την **Differences_Shape_Tr_u_Pro (d_Tr_u_to_Pro)**.

Η συνάρτηση αυτή εξέτασε 4 γεωμετρικά χαρακτηριστικά με την βοήθεια της **skimage.measure.regionprops**(<http://scikit-image.org/docs/dev/api/skimage.measure.html#skimage.measure.regionprops>, τελευταία επίσκεψη 27/03/2018). Αυτά ήταν το κέντρο βάρους, ο προσανατολισμός, το μέγεθος του μεγαλύτερου άξονα (μήκος) και το μέγεθος του κάθετου στον πρώτο μεγαλύτερου άξονα (πλάτος). Η βιβλιοθήκη χρησιμοποιεί παρόμοιο τρόπο προσδιορισμού του μήκους και του πλάτους με το eCognition. Θεωρεί το σχήμα ως συγκέντρωση διαφορετικών

σημείων στο χώρο που προκύπτουν από κάποιο γραμμικό μετασχηματισμό των “λευκών δεδομένων” (white data), συνεπώς βρίσκει τον πίνακα συνδιασποράς (covariance matrix) και προσδιορίζει τον κύριο και τον δευτερεύων άξονα μίας έλλειψης που περιγράφει καλύτερα το σχήμα. Μία καλή εξήγηση αυτής της μεθόδου δίνεται στο <http://www.visiondummy.com/2014/04/geometric-interpretation-covariance-matrix/>. Ο προσανατολισμός δίνεται από την γωνία του άξονα x, με τον κύριο άξονα της έλλειψης.

Η **Differences_Shape_Truncated_Pro (d_Truncated_Pro)** εξετάζει κάθε πραγματικό αντικείμενο με το μεγαλύτερο object της διαδικασίας που του αντιστοιχεί. Εδώ η υλοποίηση έγινε μόνο για 1 “χρήσιμο” object, αν και με μία επιπλέον σειρά μετά την 400 και με loop θα μπορούσε να εφαρμοσθεί για οποιονδήποτε αριθμό “χρησιμων” objects. Στην συνέχεια υπολογίζει για κάθε γεωμετρικό χαρακτηριστικό μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις και εξάγει τα αποτελέσματα σε ένα CSV αρχείο.

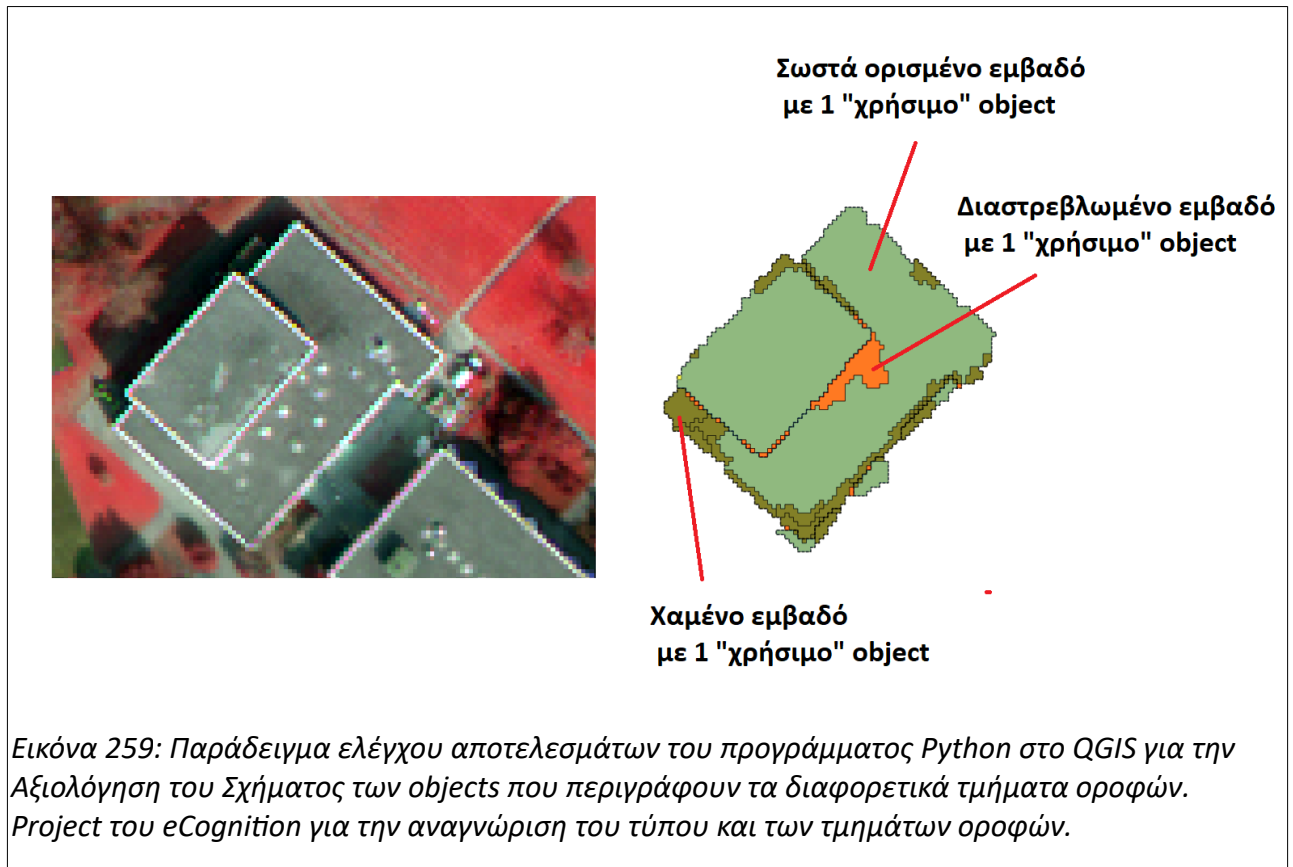
```

383 #
384 dlist=[d_Tr_u_to_Pro_1_Obj, d_Tr_u_to_Pro_2_Obj, d_Tr_u_to_Pro_3_Obj]
385 Create_Image(dlist)
386 #
387 def Differences_Shape_Tr_u_Pro (d_Tr_u_to_Pro):
388     st_time = time.time()
389     i=0
390     true=np.empty((len(d_Tr_u_to_Pro)))
391     process=np.empty((len(d_Tr_u_to_Pro)))
392     dist_cent=np.empty((len(d_Tr_u_to_Pro)))
393     diff_or=np.empty((len(d_Tr_u_to_Pro)))
394     diff_majaxl=np.empty((len(d_Tr_u_to_Pro)))
395     diff_minaxl=np.empty((len(d_Tr_u_to_Pro)))
396     for t, pl in d_Tr_u_to_Pro.items():
397         print "Item {} of dictionary is examined. Key:{} and Value:{}".format(i+1,
398             t, pl)
399         t=int(t)
400         p=pl[0]
401         t_img=Isolate_Obj(Truth,t)
402         region_t = regionprops(t_img)
403         p_img=Isolate_Obj(Process,p)
404         region_p = regionprops(p_img)
405         for prop_t in region_t:
406             x_t, y_t=prop_t.centroid
407             t_orientation=prop_t.orientation
408             t_major_axis_length=prop_t.major_axis_length
409             t_minor_axis_length=prop_t.minor_axis_length
410         for prop_p in region_p:
411             x_p, y_p=prop_p.centroid
412             p_orientation=prop_p.orientation
413             p_major_axis_length=prop_p.major_axis_length
414             p_minor_axis_length=prop_p.minor_axis_length
415         print "Fill values for item {}".format(i+1)
416         true[i]=t
417         process[i]=p
418         dist_cent[i]=(math.sqrt((x_t-x_p)**2 + (y_t-y_p)**2))*0.5 #in meters
419         diff_or[i]= p_orientation - t_orientation #in degrees
420         diff_majaxl[i]= ((p_major_axis_length - t_major_axis_length)/
421             t_major_axis_length)*100 #difference perencent
422         diff_minaxl[i]= ((p_minor_axis_length - t_minor_axis_length)/
423             t_minor_axis_length)*100 #difference perencent
424         i=i+1
425         print "Creating Means and standard deviations"
426         mean_dist_cent=np.mean(dist_cent)
427         std_dist_cent=np.std(dist_cent)
428         mean_diff_or=np.mean(diff_or)
429         std_diff_or=np.std(diff_or)
430         mean_diff_majaxl=np.mean(diff_majaxl)
431         std_diff_majaxl=np.std(diff_majaxl)
432         mean_diff_minaxl=np.mean(diff_minaxl)
433         std_diff_minaxl=np.std(diff_minaxl)
434         #
435         stat_means=np.array([[0, 0, mean_dist_cent, mean_diff_or, mean_diff_majaxl,
436             mean_diff_minaxl]])
437         stat_std=np.array([[0, 0, std_dist_cent, std_diff_or, std_diff_majaxl,
438             std_diff_minaxl]])
439         #connect arrays to one array
440         final_arr = np.stack((true, process, dist_cent, diff_or,
441             diff_majaxl, diff_minaxl), axis=1) #without means,std
442         final_arr=np.concatenate((final_arr,stat_means), axis=0)
443         final_arr=np.concatenate((final_arr,stat_std), axis=0)#with means,std in last rows
444         #print "Creating CSV File"
445         df= pd.DataFrame.from_records(final_arr, columns=["True",
446             "Process",
447             "Distance of Centroids(meters)",
448             "Difference of Orientation(degrees)",
449             "Difference of Major Axis Length(percent)",
450             "Difference of Minor Axis Length(percent)"])
451         fname=("E:\DIPLOMATIKI\ecognition_Extracton_of_Buildings\Assessment_"+
452             "of_Roof_Types\Accuracy For Objects by Python\Shape_Differences.csv")
453         df.to_csv(fname, float_format="%.2f", index=False, decimal=",")
454         print"Time in minutes: {}".format((time.time() - st_time)/60)
455         return final_arr
456 #
         final=Differences_Shape_Tr_u_Pro (d_Tr_u_to_Pro_1_Obj)

```

Εικόνα 258: Συνάρτηση σύγκρισης σχήματος πραγματικών αντικειμένων και μεγαλύτερων objects της διαδικασίας, που τους αντιστοιχούν στο πρόγραμμα Python για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την ανανάλυση του τύπου και των τιμημάτων οροφών.

Όλα τα αποτελέσματα του προγράμματος που αφορούν σε εμβαδό, ελέγχθηκαν με φωτοερμηνεία, διεξοδικά, στο QGIS και επιβεβαιώθηκε η αξιοπιστία τους.



Στην συνέχεια δίνονται τα αποτελέσματα που έχουν εξαχθεί στα CSV αρχεία και ,τελικά, γίνεται η αξιολόγηση του σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα των οροφών:

| X | Pixels | Percentage to Objects by Process | Percentage to True Objects |
|---------------------------------|---------|----------------------------------|----------------------------|
| Objects By Process | 1631532 | X | X |
| True Objects | 48012 | 0.029427556431623775 | X |
| Detected | 47074 | X | 0.980463217528951 |
| Area_Well_Described by 1 Object | 41684 | X | 0.868199616762476 |
| Distortions by 1 Object | 2828 | X | 0.05890194118137133 |
| Lost Area by 1 Object | 3500 | X | 0.07289844205615263 |
| Area_Well_Described by 2 Object | 43506 | X | 0.906148462884279 |
| Distortions by 2 Object | 3172 | X | 0.06606681662917605 |
| Lost Area by 2 Object | 1334 | X | 0.02778472048654503 |
| Area_Well_Described by 3 Object | 44055 | X | 0.9175831042239441 |
| Distortions by 3 Object | 3304 | X | 0.06881612930100808 |
| Lost Area by 3 Object | 653 | X | 0.013600766475047904 |

| ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ QGIS | | | |
|---------------------------------|----------|----------------------------------|----------------------------|
| X | Area | Percentage to Objects by Process | Percentage to True Objects |
| Objects By Process | 407883 | X | X |
| True Objects | 12003 | 2,94% | X |
| Detected | 11768,5 | X | 98,05% |
| Area_Well_Described by 1 Object | 10421 | X | 86,82% |
| Distortions by 1 Object | 706,5 | X | 5,89% |
| Lost Area by 1 Object | 875,5 | X | 7,29% |
| Area_Well_Described by 2 Object | 10876,5 | X | 90,61% |
| Distortions by 2 Object | 792,75 | X | 6,60% |
| Lost Area by 2 Object | 333,75 | X | 2,78% |
| Area_Well_Described by 3 Object | 11013,75 | X | 91,76% |
| Distortions by 3 Object | 826 | X | 6,88% |
| Lost Area by 3 Object | 163,25 | X | 1,36% |

Πίνακας 45: Αποτελέσματα σε σχέση με το εμβαδό για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

| True (id+1) | Process (id+1) | Distance of Centroids(meters) | Difference of Orientation(degrees) | Difference of Major Axis Length(percent) | Difference of Minor Axis Length(percent) |
|--------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------------|--|--|
| 1 | 7630 | 0,63 | -2,23 | 33,5 | 7,2 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 131 | 7406 | 3,93 | -1,07 | 23,57 | -10,77 |
| Mean | | 0,95 | 0,14 | -6,77 | -1,99 |
| Standart Deviation | | 1,09 | 0,91 | 25,06 | 19,66 |

Πίνακας 46: Συνοπτικά αποτελέσματα σε σχέση με 4 γεωμετρικά χαρακτηριστικά για την Αξιολόγηση του Σχήματος των objects που περιγράφουν τα διαφορετικά τμήματα οροφών. Project του eCognition για την αναγνώριση του τύπου και των τμημάτων οροφών.

Τα μεγαλύτερα objects της διαδικασίας που αντιστοιχούν σε κάθε πραγματικό αντικείμενο έχουν, όπως διαπιστώνεται από τον Πίνακα 46, περίπου 7% μικρότερο μήκος και 2% μικρότερο πλάτος από τα πραγματικά αντικείμενα. Αυτό σημαίνει ότι η εκτίμηση για την εγκατάσταση ΦΒ πλαισίων σε αυτά τα τμήματα οροφών θα είναι μικρότερη από την πραγματικότητα. Ωστόσο, προσεγγίζουν αρκετά καλά τις διαστάσεις των πραγματικών αντικειμένων. Συμβολή σε αυτή την άποψη έχουν και οι μέσοι όροι των διαφορών, σε σχέση με το κέντρο βάρους και τον προσανατολισμό. Από την άλλη, η σχετικά καλή προσαρμογή των μεγαλύτερων objects στα πραγματικά, υποδηλώνει ότι τα μικρότερα objects είναι μάλλον “άχρηστα”, ειδικά όσο μειώνεται

το εμβαδό των τμημάτων των οροφών. Έτσι, μπορεί να ειπωθεί ότι στα μεγαλύτερα κτήρια θα είναι καλύτερη η εκτίμηση του αριθμού των ΦΒ πλαισίων που μπορούν να τοποθετηθούν.

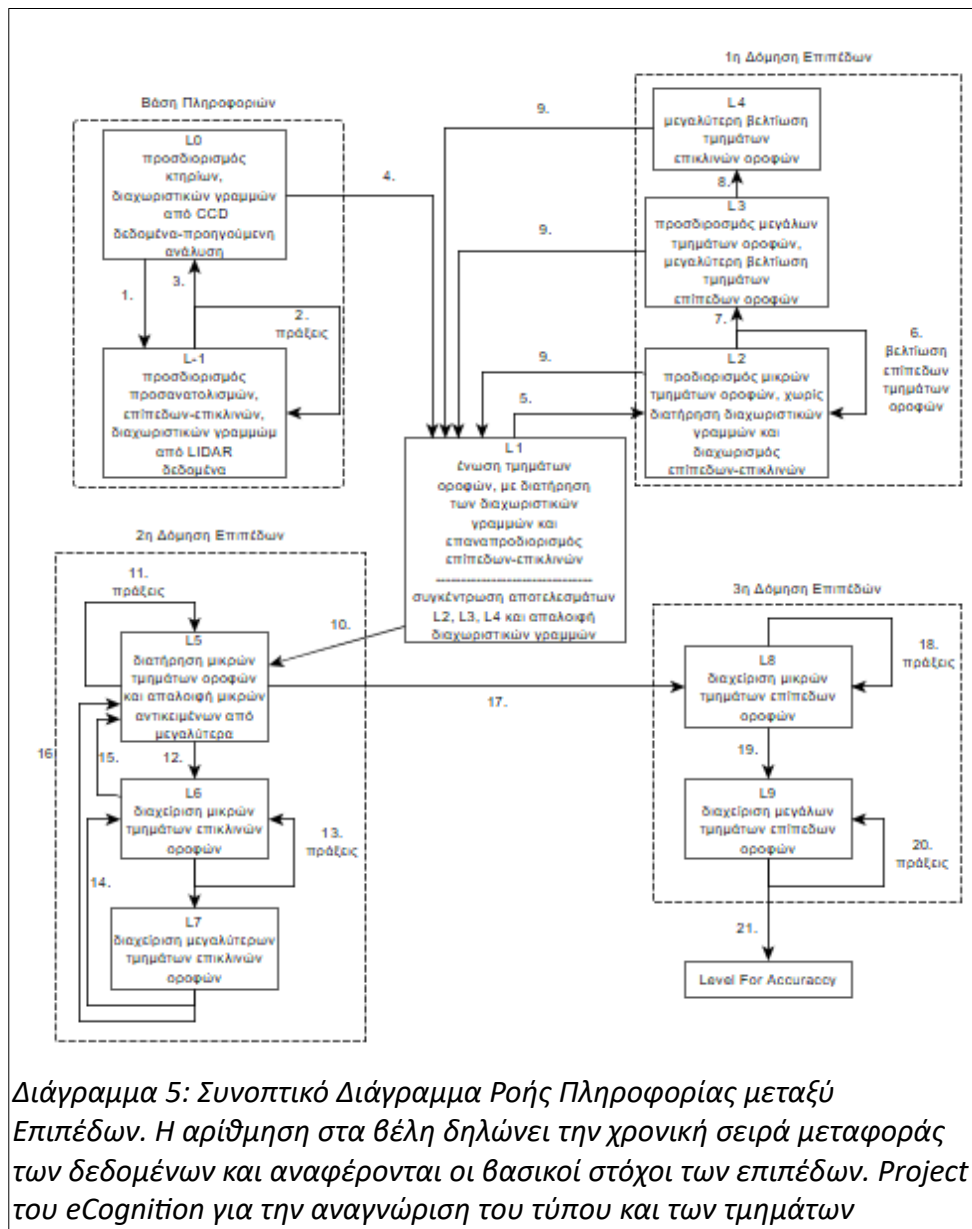
Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 45, το δείγμα για την αξιολόγηση του σχήματος ήταν επαρκές (2,94%). Ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των κτηρίων (98,05%) εντοπίστηκε ως ξεχωριστή επιφάνεια από 1 τουλάχιστον object.

Με 1 “χρήσιμο” object, το εμβαδό που περιγράφηκε σωστά αντιστοιχεί στο 86,82% που μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικό. Οι διαστρεβλώσεις δεν ξεπερνούν το 5,89% και το εμβαδό που αντιστοιχεί στα άλλα μικρότερα objects και δεν συλλαμβάνεται από το 1 “χρήσιμο” object είναι στο 7,29%.

4.6.3.4 Αποτελέσματα – Παραγόμενα Raster και Vector Αρχεία

Από την διαδικασία Αναγνώρισης Τύπου Οροφών και Τμημάτων Οροφών τα εξαγόμενα αρχεία, που στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν στα επόμενα βήματα της εργασίας ήταν:

- Ένα raster με την ταξινόμηση των τμημάτων οροφών σε επίπεδες και επικλινείς
- Ένα raster με όλα τα τμήματα οροφών και ξεχωριστή id για το καθένα
- Ένα vector με όλα τα τμήματα οροφών ως ξεχωριστά polygons



4.6.4 Προσδιορισμός Ηλιακής Ενέργειας και Παραγόμενης Ενέργειας από Φωτοβολταϊκά στα Τμήματα Οροφών

4.6.4.1 Εισαγωγή

Στόχος αυτής της ενότητας ήταν να εκτιμηθεί η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε κάθε τμήμα οροφής στην περιοχή μελέτης. Για να γίνει αυτό, χρησιμοποιήθηκε το module του GRASS GIS με την ονομασία r.sun και δημιουργήθηκε το Location με όνομα “Estimation_Sun_Energy”. Ακολούθως, από την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας είναι δυνατό να προσδιοριστεί η ενέργεια που παράγεται από ένα τύπο ΦΒ πάνελ.

Η ηλιακή ακτινοβολία που καταλήγει σε μία επιφάνεια στην Γη επηρεάζεται από τρεις κατηγορίες παραγόντων:

1. Την γεωμετρία του πλανήτη μας, την κίνηση του, την θέση της επιφάνειας στην Γη, την θέση του Ήλιου σε σχέση με το σημείο που βρίσκεται η επιφάνεια κάθε χρονική στιγμή και την απόσταση Ήλιου-Γης.
2. Το ανάγλυφο της περιοχής που βρίσκεται η επιφάνεια, την κλίση της επιφάνειας, τον προσανατολισμό της επιφάνειας και τις σκιάσεις που δημιουργούνται.
3. Την μεταβολή της ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα, η οποία προκύπτει από την σκέδαση και την απορρόφηση:
 - i. σε αέρια στοιχεία της ατμόσφαιρας
 - ii. σε υγρά και στερεά στοιχεία ατμόσφαιρας
 - iii. και στα σύννεφα

Το r.sun, που εφαρμόζεται στο περιβάλλον του GRASS GIS, συνεκτιμά όλους αυτούς τους παράγοντες, μέσω των εξισώσεων που αναπτύχθηκαν για το European Solar Radiation Atlas (ESRA) (Scharmer and Greif 2000 [66], Rigollier et al. 2000). Το μοντέλο έχει σχεδιαστεί κυρίως για την Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη, οπότε είναι ιδανικό για το Μέμμινγκεν της Γερμανίας, που αφορά στη συγκεκριμένη μελέτη! Το πρόγραμμα μπορεί να ανταποκριθεί σε οποιαδήποτε χωρική ανάλυση **και επί της ουσίας έχει σχεδιαστεί για να εφαρμόζεται 2 φορές**. Η πρώτη εφαρμογή δίνει την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια σε συνθήκες καθαρού ουρανού (clear-sky) για ένα έτος και η δεύτερη δίνει την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια, σε πραγματικές συνθήκες, λαμβάνοντας μία εκτίμηση για την συννεφιά μέσα στο χρονικό διάστημα ενός έτους (real-sky) (J. Hofierka, M. Súrí [67] και [15])

4.6.4.2 Προσδιορισμός Οριζόντιας Συνολικής Ηλιακής Ενέργειας (global-GHI) και Οριζόντιας Άμεσης Ηλιακής Ενέργειας (beam) σε Καθαρό Ουρανό (clear-sky)

Για την εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας σε καθαρό ουρανό χρησιμοποιήθηκε το r.sun, στο mode 1, με εκτίμηση των σκιάσεων και με υπολογισμό της ηλιακής απόκλισης (declination) από το πρόγραμμα. Σε αυτή την μέθοδο τα δεδομένα που απαιτούνται είναι:

- Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας (DEM ή DSM)
- raster αρχείο με τους ατμοσφαιρικούς συντελεστές Linke Turbidity Factor, κάθε χρονική στιγμή, σε κάθε σημείο ή μία γενική τιμή για όλη την εξεταζόμενη περιοχή.
- raster αρχείο με το ποσοστό ανάκλασης ακτινοβολίας της επιφάνειας (albedo), κάθε χρονική στιγμή, σε κάθε σημείο ή μία γενική τιμή για όλη την εξεταζόμενη περιοχή
- προαιρετικά: ομάδα raster αρχείων με τους ορίζοντες σε κάθε γωνία που είναι επιθυμητό να εξεταστεί η ηλιακή ακτινοβολία κατά διάρκεια μίας ημέρας

4.6.4.2.1 Διαμόρφωση Ψηφιακού Μοντέλου Επιφανείας

Το DEM που χρησιμοποιήθηκε ήταν το “feh_m”

- με χωρική ανάλυση 0,5m x 0,5m
- 3000 γραμμές – 3000 στήλες

- με γεωγραφικό σύστημα αναφοράς το PD/83 / 3-degree Gauss-Kruger zone 4, EPSG:3397

που προέκυψε από την ενότητα “Αντιμετώπιση προβλημάτων που προκύπτουν από 2,5D περιγραφή του Χώρου”, αλλά με επέκταση γύρω από την περιοχή μελέτης. Η σκοπιμότητα της επέκτασης ήταν τα κτήρια που βρίσκονται στα άκρα της εικόνας μελέτης, να αποκτήσουν δίπλα τους κάποια δεδομένα υψομέτρου που θα προσδιορίζουν τις σκιάσεις, με τρόπο πιο κοντά στην πραγματικότητα. Όστε, η υπολογιζόμενη προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια σε αυτά τα κτήρια να είναι πιο αξιόπιστη.

Ειδικότερα, από τον διαδικτυακό τόπο <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvmaps/index.html> λήφθηκε το **dem_11_077**, το οποίο όπως περιγράφεται στο Thomas Huld [53] περιέχει το Memmingen. Το dem_11_077 προέρχεται από το Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), έχει χωρική ανάλυση 3 arc-seconds και γεωγραφικό σύστημα αναφοράς WGS84, οπότε αποθηκεύτηκε σε ένα άλλο Location του GRASS GIS και μετά μεταφέρθηκε στο Location, όπου έγινε η εκτίμηση της ηλιακής ενέργειας με γεωγραφικό σύστημα αναφοράς το EPSG:3397. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε, όπως περιγράφεται στο <https://www.youtube.com/watch?v=Yv5XjSYUtBs>.

Με συνδυασμό των feh_m και dem_11_077 δημιουργήθηκε ένα “buffer” γύρω από την εικόνα με τα κτήρια, το οποίο συμπληρώθηκε με τα υψομετρικά δεδομένα από το SRTM. Το νέο Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας ονομάστηκε **elev** και προέκυψε με χρήση των

1. g.region και επέκταση των τεσσάρων κατευθύνσεων κατά 125m
2. r.mapcal, με expression= “elev = if(isnull(feh_m@PERMANENT), dem_11_077@PERMANENT, feh_m@PERMANENT)”

Το elev είχε:

- χωρική ανάλυση 0,5m x 0,5m
- 3500 γραμμές – 3500 στήλες
- γεωγραφικό σύστημα αναφοράς το PD/83 / 3-degree Gauss-Kruger zone 4, EPSG:3397

4.6.4.2.2 Διαμόρφωση Χαρτών με τον Linke Turbidity Factor

Τα δεδομένα για τον Linke Turbidity Factor, ο οποίος σχετίζεται με την απορρόφηση των υγρών και στερεών στοιχείων της ατμόσφαιρας, λήφθηκαν από το http://re.jrc.ec.europa.eu/pvmaps/pvgis_data.tar. Σε αυτά, δίνονταν οι Linke Factor για κάθε μήνα, σε ύψος 0m, με χωρική ανάλυση 30 arc-seconds, στο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς WGS84.

Επομένως, τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν σε ένα Location του GRASS GIS με σύστημα αναφοράς το WGS84, εξήχθησαν με την χρήση κώδικα python, σε αρχεία “.tif”


```
#!/usr/bin/env python

import grass.script as gscript

def main():
    gscript.run_command('g.region',n=49, s=47, w=9, e=11)
    gscript.run_command('g.region', flags="p")
    for i in range(1,13):
        s1="t1_0m_{:02d}".format(i)
        s2=s1+"@PERMANENT"
        s3="E:\\DIPLOMATIKI\\Assessment_of_Sun_Energy_on_Roofs\\Linke_factors_0m\\"+s1+".tif"
        gscript.run_command("r.out.gdal", input=s2, output=s3, format="GTiff")

if __name__ == '__main__':
    main()
```

Εικόνα 260: Script Python για εξαγωγή αρχείων σε format ".tif" από ένα Location του GRASS GIS

και εισήχθησαν στο Location με EPSG:3397 και όνομα Estimation_Sun_Energy, πάλι με χρήση κώδικα python. Η μέθοδος παρεμβολής που χρησιμοποιήθηκε ήταν η “bilinear”.

```
#!/usr/bin/env python

import grass.script as gscript

def main():
    gscript.run_command('g.region', raster="elev@PERMANENT")
    gscript.run_command('g.region', flags='p')
    for i in range(1,13):
        s1="E:\\DIPLOMATIKI\\Assessment_of_Sun_Energy_on_Roofs\\Linke_factors_0m\\"
        s2=s1+"t1_0m_{:02d}.tif".format(i)
        s3="t1_0m_{:02d}@PERMANENT".format(i)
        gscript.run_command("r.import", input=s2, output=s3, resample="bilinear")

if __name__ == '__main__':
    main()
```

Εικόνα 261: Script Python για εισαγωγή αρχείων με format ".tif" σε ένα Location του GRASS GIS με μέθοδο παρεμβολής “bilinear”

Για την μετατροπή των Linke Factors από ύψος 0m στο ύψος του κάθε pixel της εικόνας, εφαρμόστηκε ο τύπος που δίνεται στο Thomas Huld [45], μέσω Python. Ο τύπος αυτός είναι:

$$TL,0m = \frac{TL}{e^{-z/8434,5}}$$

με TL,0m το συντελεστή σε ύψος 0m, TL το συντελεστή σε οποιοδήποτε ύψος και z το ύψος.

```
#!/usr/bin/env python

import grass.script as gscript

def main():
    gscript.run_command('g.region', raster="elev@PERMANENT")
    gscript.run_command('g.region', flags='p')
    elev="elev@PERMANENT"
    for i in range(1,13):
        s1="t1_0m_{:02d}@PERMANENT".format(i)
        s2="t1_elev_m_{:02d}".format(i)
        s3="{t1_elev_m}={t1_0m}*exp((-1)*({elevation}/8434.5))".format(t1_elev_m=s2, t1_0m=s1, elevation=elev)
        gscript.mapcalc(s3)

if __name__ == '__main__':
    main()
```

Εικόνα 262: Script Python για τον υπολογισμό του Linke Turbidity Factor, ανάλογα με το υψόμετρο, στην περιοχή εφαρμογής του r.sun

4.6.4.2.3 Ορισμός Τιμής για την Ανάκλαση της Επιφάνειας (albedo)

Η albedo καθορίζει ένα πολύ μικρό ποσοστό της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια και αφορά στο τμήμα που προέρχεται από ανάκλαση της ακτινοβολίας σε γειτονικές επιφάνειες. Σε πολλές μελέτες αγνοείται ή τίθεται σε μία ενδεικτική τιμή 0,2 για όλο το έτος.

Για τον ακριβέστερο ορισμό αυτής της παραμέτρου και την δημιουργία χαρτών επιχειρήθηκε να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα από το CM SAF με όνομα SAL-Surface albedo (https://wui.cmsaf.eu/safira/action/viewHome?menuName=HOME_CMSAF_WUI). Ωστόσο, τα δεδομένα αυτά περιείχαν αρκετά κενά, για την περιοχή του Μέμμινγκεν και απορρίφθηκαν.

Όμως, για να μην οριστεί, απλά, μία ενδεικτική τιμή για την ετήσια ηλιακή ακτινοβολία, χρησιμοποιήθηκαν τα σημειακά δεδομένα της NASA από το <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=luke.s@wildmail.com> . Τα δεδομένα αυτά αποτελούν μέσους όρους παρατηρήσεων διάρκειας 22 χρόνων. Το σημείο που επιλέχθηκε να ληφθούν τα δεδομένα είχε γεωγραφικές συντεταγμένες: Lat. 47.972, Lon. 10.178. Επομένως, αντί για την δημιουργία χαρτών, το r.sun τροφοδοτήθηκε με μία τιμή, για κάθε μήνα και για όλη την εξεταζόμενη περιοχή.

| | |
|----------------|------|
| Jan | 0,4 |
| Feb | 0,42 |
| Mar | 0,35 |
| Apr | 0,28 |
| May | 0,22 |
| Jun | 0,19 |
| Jul | 0,17 |
| Aug | 0,15 |
| Sep | 0,15 |
| Oct | 0,18 |
| Nov | 0,3 |
| Dec | 0,39 |
| Annual Average | 0,26 |

Πίνακας 47: Τιμές albedo για κάθε μήνα στο σημείο 47.972, 10.178 από δεδομένα NASA

4.6.4.2.4 Καθορισμός Χρονικού Βήματος και Δημιουργία Χαρτών Οριζοντα

Όταν το r.sun χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ηλιακής ενέργειας που συλλέγεται από μία επιφάνεια, σε μία ημέρα, τότε απαιτείται ο καθορισμός ενός χρονικού βήματος για τον υπολογισμό μέσων όρων. Το χρονικό βήμα μπορεί να καθοριστεί με χρήση μονάδων χρόνου ή με χρήση μοιρών γωνίας, με το σκεπτικό ότι εάν ο παρατηρητής τεθεί στο κέντρο της Γης, τότε ο Ήλιος διαγράφει (αφαιρετικά) κάθε ημέρα ένα κύκλο 360° γύρω από τον παρατηρητή. Συνεπώς, περίπου 15° αντιστοιχούν σε 1h.

Όσο μικρότερο είναι το βήμα τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια, αλλά και τόσο μεγαλύτερη είναι η κατανάλωση μνήμης και χρόνου. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή, η μικρή χωρική ανάλυση και η περίπλοκη δόμηση απαιτούν σχετικά μικρά βήματα για να προσδιορίζονται σωστά οι σκιάσεις και η ηλιακή ακτινοβολία κάθε στιγμή. Στην αναζήτηση ισορροπίας μεταξύ ακρίβειας και υπολογιστικής ισχύος, το βήμα τέθηκε στις 7,5°, δηλαδή περίπου ανά 0,5h.

Για να επιταχυνθεί ο χρόνος εκτέλεσης του r.sun είναι προτιμότερο να κατασκευαστούν χάρτες του οριζοντα σε κάθε χρονικό βήμα πριν την κλήση του module. Αυτό γίνεται εφικτό με την χρήση του r.horizon. Η λίστα των raster αρχείων που κατασκευάστηκαν για 7,5° βήμα ονομάστηκε "hor" και προέκυψε από την εντολή:

- `r.horizon elevation="elev@PERMANENT" step=7.5 start=0.0 end=360.0 output="hor"`

Δηλαδή, δημιουργήθηκαν 48 raster αρχεία με το όνομα hor_ "μοίρες" _ "δέκατα μοιρών".

4.6.4.2.5 Δημιουργία Χαρτών Ηλιακής Ενέργειας σε Καθαρό Ουρανό

Έχοντας όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την πρώτη εφαρμογή του r.sun, που αφορά στον καθαρό ουρανό και στην ακτινοβολία σε οριζόντιες επιφάνειες, γράφτηκε ένα πρόγραμμα σε Python που να υπολογίζει την οριζόντια συνολική ακτινοβολία (global) και την οριζόντια άμεση

ηλιακή ακτινοβολία (beam) για κάθε ημέρα ενός έτους. Επίσης, το πρόγραμμα παρείχε το άθροισμα της μηνιαίας ακτινοβολίας, και τον μέσο όρο της μηνιαίας ακτινοβολίας.

Ο υπολογισμός των παραπάνω ακτινοβολιών πραγματοποιήθηκε για κάθε ημέρα του έτους και σε κάθε χρονικό βήμα, για να είναι τα αποτελέσματα όσο πιο ακριβή γίνεται. Δηλαδή, δεν χρησιμοποιήθηκαν οι αντιπροσωπευτικές ημέρες κάθε μήνα (Duffie and Beckman [57]), όπως συμβαίνει σε κάποιες μελέτες.

```
#!/usr/bin/env python
import grass.script as gscript
import time

def main():
    #Possible Inputs
    l=["January", "February", "March", "April", "May", "June", "July",
      "August", "September", "October", "November", "December"]
    #Loop for inputs
    con_l=True
    #insert inputs
    while (con_l):
        input_string=raw_input("Choose a month (or months separated with space) to estimate solar energy in Memmingen*
                               *(January February ... December) or (exit) to leave: ")
        input_list=input_string.split(" ")
        #check list
        ind=0 #index for list
        for month in input_list:
            ind+=1
            if month=="exit":
                print "Goodbye!"
                return None
            if not(month in l):
                print "Input () is Wrong! Month () doesn't exist".format(ind,month)
                ind=-1
                break
            if ind==len(input_list):
                con_l=False
                break

    #Solar Energy Assessment

    st_p= time.time()#start time for whole process

    #Necessary Data
    #Dictionary with names of months as keys and
    #a list as value which consists of (start day, end day) of a month, albedo and an integer for each month
    d={}
    d["January"]=[(1,31),0.4,1]
    d["February"]=[(1,28),0.42,2]
    d["March"]=[(1,31),0.35,3]
    d["April"]=[(1,30),0.28,4]
    d["May"]=[(1,31),0.22,5]
    d["June"]=[(1,30),0.15,6]
    d["July"]=[(1,31),0.17,7]
    d["August"]=[(1,31),0.15,8]
    d["September"]=[(1,30),0.15,9]
    d["October"]=[(1,31),0.18,10]
    d["November"]=[(1,30),0.30,11]
    d["December"]=[(1,31),0.39,12]

    #raster maps
    elev="elev@PERMANENT"

    #set right region
    gscript.run_command('g.region', raster=elev)

    #start loop for each month
    for month in input_list:
        st_m= time.time()#start time for each month
        print "Estimation of Sun Radiation under clear sky for {}".format(month)

        k=0 #counter for days in each month
        m=d[month][2] #integer number for each month

        month_sum_glob="" #sum of global horizontal irradiation energy for each month
        month_sum_beam="" #sum of beam horizontal irradiation energy for each month
        month_mean_glob="" #mean of global horizontal irradiation energy for each month
        month_mean_beam="" #mean of beam horizontal irradiation energy for each month

        #loop for all the days of a month
        for i in range(d[month][0][0], d[month][0][1]+1):
            st_d=time.time()#start time for each day
            k=k+1
            day_glob="csky_glob_{}_{:02d}".format(m,k) #global horizontal irradiation for each day
            day_beam="csky_beam_{}_{:02d}".format(m,k) #beam horizontal irradiation for each day
            linke_month="t1_elev_m_{:02d}@PERMANENT".format(m) #Linke Factor raster map for each month

            #r.sun module
            #Estimation of sun radiation for horizontal planes to compare them with satellite data.
            #As a result, slope=0.0 (default) and aspect_value (default) has no meaning
            #horizon_step=7.5, so calculation of irradiance every 30minutes
            #Outputs are only global horizontal and beam horizontal with respect to satellite data
            gscript.run_command("r.sun", elevation=elev, linke=linke_month, albedo=d[month][1],
                               horizon_base_name="hor", horizon_step=7.5, glob_rad=day_glob,
                               beam_rad=day_beam, day=1)

            if (k==1):
                month_sum_glob=day_glob+"@PERMANENT"
                month_sum_beam=day_beam+"@PERMANENT"
            else:
                month_sum_glob=month_sum_glob+" "+day_glob+"@PERMANENT"
                month_sum_beam=month_sum_beam+" "+day_beam+"@PERMANENT"
            end_d=time.time()#end time for each day
            dur_d=(end_d-st_d)/60.0
            print ("Time to evaluate sun energy for day ({}:ld) of ({}:s) was ({}:2f) minutes".format(k, month, dur_d))

            #outputs for a month
            csky_glob_sum="csky_sum_glob_{}{:02d}".format(m)
            csky_glob_mean="csky_mean_glob_{}{:02d}".format(m)
            csky_beam_sum="csky_sum_beam_{}{:02d}".format(m)
            csky_beam_mean="csky_mean_beam_{}{:02d}".format(m)
            print "String for sum of Global horizontal irradiation used in r.mapcalc: {}".format(month_sum_glob)
            print "String for sum of beam horizontal irradiation used in r.mapcalc: {}".format(month_sum_beam)
            gscript.mapcalc("{}={}".format(csky_glob_sum, month_sum_glob))
            gscript.mapcalc("{}={}".format(csky_beam_sum, month_sum_beam))
            k=float(k)
            month_mean_glob="(" + month_sum_glob + ")/{}".format(k)
            month_mean_beam="(" + month_sum_beam + ")/{}".format(k)
            print "String for mean of Global horizontal irradiation used in r.mapcalc: {}".format(month_mean_glob)
            print "String for mean of beam horizontal irradiation used in r.mapcalc: {}".format(month_mean_beam)
            gscript.mapcalc("{}={}".format(csky_glob_mean, month_mean_glob))
            gscript.mapcalc("{}={}".format(csky_beam_mean, month_mean_beam))

            end_m=time.time()#end time for each month
            dur_m=(end_m-st_m)/60.0
            print ("Time to evaluate sun energy for ({}:s) was ({}:2f) minutes".format(month, dur_m))

        end_p=time.time()#end time for whole process
        dur_p=(end_p-st_p)/60.0
        print ("Time to evaluate sun energy for ({}:s) was ({}:2f) minutes".format(input_string,dur_p))

if __name__ == '__main__':
    main()

```

Εικόνα 263: Πρόγραμμα Python για τον υπολογισμό της οριζόντιας ηλιακής ενέργειας (global, beam) σε καθαρό ουρανό

4.6.4.3 Προσδιορισμός Προσπίπτουσας Συνολικής Ηλιακής Ενέργειας σε Κάθε Επιφάνεια για Πραγματικό Ουρανό (real-sky)

Για την εκτίμηση της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνεια οποιασδήποτε κλίσης και υπολογίζοντας τις συνθήκες συννεφιάς, χρησιμοποιήθηκε ξανά το r.sun, στο mode 1, με εκτίμηση των σκιάσεων και με υπολογισμό της ηλιακής απόκλισης (declination) από το πρόγραμμα . Τα επιπλέον δεδομένα που απαιτούνται για να γίνει αυτός ο υπολογισμός είναι:

- raster αρχείο με τον συντελεστή διαμόρφωσης της άμεσης ακτινοβολίας σε συνθήκες πραγματικού ουρανού (coeff_bh)
- raster αρχείο με τον συντελεστή διαμόρφωσης της διάχυτης ακτινοβολίας σε συνθήκες πραγματικού ουρανού (coeff_dh)
- raster αρχείο με τις κλίσεις (slope) των ΦΒ πλαισίων σε κάθε σημείο της εξεταζόμενης περιοχής ή μία τιμή για όλη την εικόνα
- raster αρχείο με τους προσανατολισμούς (aspect) των ΦΒ πλαισίων σε κάθε σημείο της εξεταζόμενης περιοχής ή μία τιμή για όλη την εικόνα

4.6.4.3.1 Δημιουργία Χαρτών με τους Συντελεστές Διαμόρφωσης της Άμεσης και της Διάχυτης Ακτινοβολίας σε Πραγματικό Ουρανό

Οι συντελεστές coeff_bh, coeff_dh προσδιορίζουν το ποσοστό της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας του καθαρού ουρανού, το οποίο εμφανίζεται στον πραγματικό ουρανό αξιοποιώντας δεδομένα για την συννεφιά σε κάθε περιοχή μελέτης.

Ο υπολογισμός τους μπορεί να γίνει αξιοποιώντας:

1. Επίγειες μετρήσεις ακτινοβολίας από μετεωρολογικούς σταθμούς και χρησιμοποιώντας μεθόδους μαθηματικής παρεμβολής (π.χ. J. Hofierka, M. Sári, 2002, The solar radiation model for Open source GIS:implementation and applications)
2. Επίγειες μετρήσεις συννεφιάς σε oktas από μετεωρολογικούς σταθμούς και χρησιμοποιώντας μεθόδους μαθηματικής παρεμβολής (π.χ. J. Álvarez et al [29])
3. Δορυφορικά δεδομένα μέτρησης ακτινοβολίας (π.χ. Thomas Huld [53])

Σε αυτή την εργασία έγινε χρήση των δορυφορικών δεδομένων από το CM SAF http://www.cmsaf.eu/EN/Home/home_node.html . Αναλυτικότερα, λήφθηκαν τα προϊόντα SIS (συνολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια) και SID (άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια):

- από τα όργανα MVIRI-SEVIRI στον METEOSAT
- στην έκδοση 3 (Version 003)
- στο σετ MSG full disk (includes Europe, Afrika, Atlantic Ocean)
- με μηνιαία χρονική ανάλυση
- για τα έτη 2005 έως και 2015 (11 χρόνια)

- με χωρική ανάλυση $0,05^\circ \times 0,05^\circ$
- στο WGS84
- για ένα τμήμα που περιείχε το Memmingen
- σε μορφή NetCDF4

Το κάθε αρχείο NetCDF4 διαβάστηκε στο GRASS GIS με την εντολή `r.in.gdal`, π.χ.:

```
r.in.gdal -o input="NETCDF:"E:\DIPLOMATIKI\Data_from_CM_SAF\SIS_SID_
Monthly_2005_2015_Memmingen\SIDmm20151201000003UD1000101UD.nc":SID"
output="SID_2015_12" memory=300 offset=0 num_digits=0
```

και χρήση `python`. Στη συνέχεια σχηματίστηκαν οι μέσοι όροι για κάθε μήνα από τα δεδομένα των 11 ετών. Αυτοί οι μέσοι όροι, μεταφέρθηκαν στο Location του GRASS GIS με EPSG:3397, στο οποίο γινόταν η εκτίμηση της ηλιακής ενέργειας, με τον ίδιο τρόπο που μεταφέρθηκαν και οι χάρτες των Linke Turbidity Factors. Επειδή, τα SIS, SID παρέχονταν σε W/m^2 ενώ, το `r.sun` στην 1^η εφαρμογή του υπολόγισε τις ηλιακές ενέργειες σε οριζόντιο επίπεδο (global, beam) σε $(W * h)/(m^2 * month)$, οι μέσοι όροι πολλαπλασιάστηκαν επί 24 και επί τις ημέρες κάθε μήνα. Με σκοπό τα δεδομένα του δορυφόρου και τα αποτελέσματα του `r.sun` να συγκριθούν.

Μετά από το τελευταίο βήμα έγινε ο προσδιορισμός των `coeff_bh`, `coeff_dh` με τα κατώφλια που χρησιμοποιούνται στο Thomas Huld [53]. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, από τα 3 μέρη που απαρτίζουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση-beam, διάχυτη-diffuse, ανακλώμενη-reflected), το ανακλώμενο είναι πολύ μικρότερο από τα άλλα δύο. Έτσι, σε αυτό το κομμάτι θεωρείται αμελητέο και η διάχυτη ακτινοβολία προσεγγίζεται από την σχέση:

$$diffuse = global - beam$$

```
#!/usr/bin/env python
import grass.script as gscript

def main():
    elev="elev@PERMANENT"
    gscript.run_command('g.region', raster=elev)
    for i in range(1,13):
        sis="SIS_sum_{:02d}@PERMANENT".format(i)
        sid="SID_sum_{:02d}@PERMANENT".format(i)
        glob="csky_sum_glob_{:02d}@PERMANENT".format(i)
        beam="csky_sum_beam_{:02d}@PERMANENT".format(i)
        kcb="kcb_{:02d}".format(i)
        kcd="kcd_{:02d}".format(i)
        #calculation of coeff_bh
        s1="kcb=if({beam}>1000.0, if({sid}/{beam}>1.2,1.2,{sid}/{beam}), 0)".format(kcb=kcb, sid=sid, beam=beam)
        gscript.mapcalc(s1, overwrite=True)
        #calculation of coeff_dh
        s2="({{sis}}-{{sid}})/({{glob}}-{{beam}})".format(sis=sis, sid=sid, glob=glob, beam=beam)
        s3="kcd=if( ({{s2}}<0.0) || ({{s2}}>5.0), 0, {{s2}})".format(kcd=kcd, s2=s2)
        gscript.mapcalc(s3, overwrite=True)

if __name__ == '__main__':
    main()
```

Εικόνα 264: Πρόγραμμα Python για τον υπολογισμό των `coeff_bh`, `coeff_dh`

4.6.4.3.2 Δημιουργία Χαρτών με τις Κλίσεις και τους Προσανατολισμούς (Slope-Aspect) των ΦΒ πλαισίων

Στις επικλινείς οροφές, τα ΦΒ πάνελς τοποθετούνται επάνω στην οροφή, ακολουθώντας την κλίση και τον προσανατολισμό της. Αντιθέτως, στις επίπεδες οροφές τα ΦΒ πάνελς τοποθετούνται επάνω σε βάσεις με την βέλτιστη κλίση και τον βέλτιστο προσανατολισμό. Συνεπώς, για την δημιουργία των αναγκαίων χαρτών, έπρεπε να χρησιμοποιηθεί το raster αρχείο, το οποίο διακρίνει επίπεδες-επικλινείς οροφές από την ενότητα [Αναγνώριση Τύπου Οροφών και Τμημάτων των Οροφών](#), το οποίο και πήρε το όνομα “Flat_Sloping” στο GRASS GIS. Η βέλτιστη κλίση και ο βέλτιστος προσανατολισμός για την Γερμανία, πάρθηκαν από το http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/data_download.html και τέθηκαν στις 35° και 270° (Νότος), αντίστοιχα.

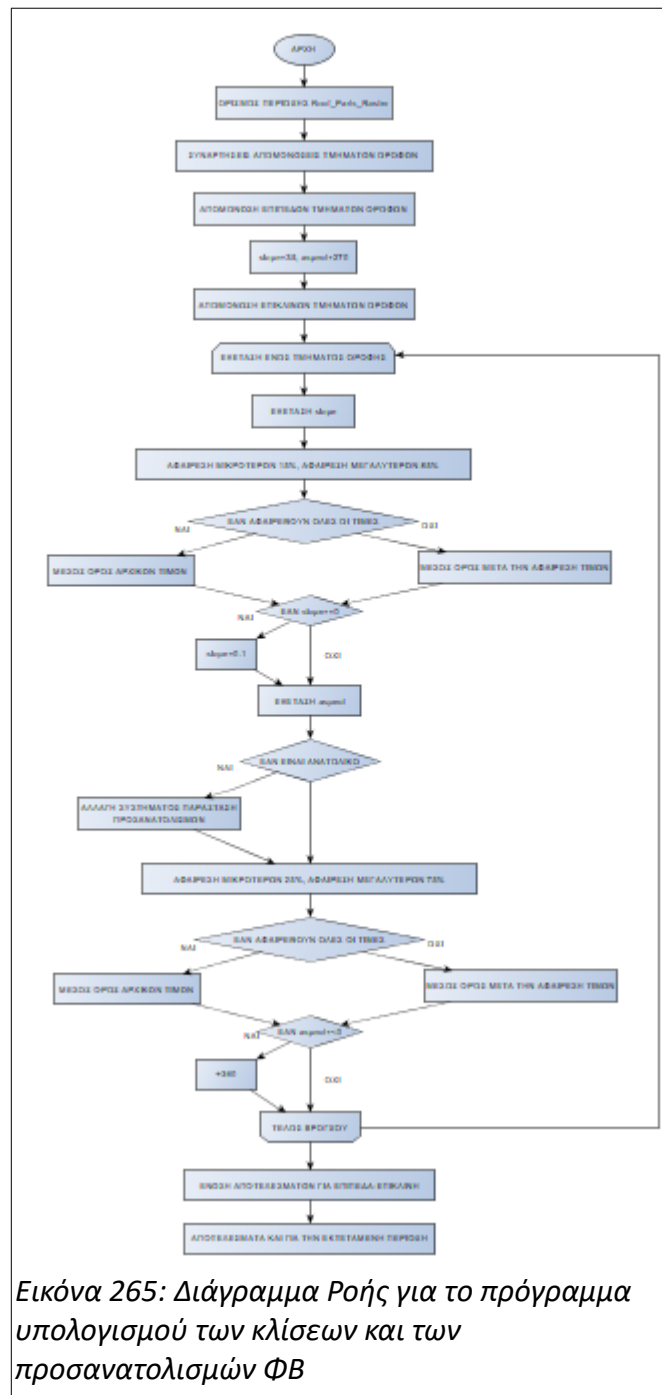
Το επόμενο ερώτημα ήταν: ποιος παλμός από τα LIDAR δεδομένα ήταν ο καταλληλότερος για τον προσδιορισμό των κλίσεων και των προσανατολισμών. Σε αυτή την αναζήτηση, πέρα από τον διαμορφωμένο παλμό feh_m που είχε εισαχθεί στο project του GRASS GIS και ήταν ο σωστότερος για την εκτίμηση του υψομέτρου, εισήχθησαν και οι υπόλοιποι παλμοί (fel, leh, lel) και μέσω του r.slope.aspect κατασκευάστηκαν οι χάρτες κλίσεων και προσανατολισμών για κάθε παλμό (slope_feh_m, slope_fel, slope_leh, slope_lel, aspect_feh_m, aspect_fel, aspect_leh, aspect_lel). Όπως, έχει διαπιστωθεί πολλές φορές στην εργασία, οι παλμοί leh και fel παρουσιάζουν την καλύτερη επικάλυψη με τα CCD δεδομένα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό γιατί, από τον τρόπο που έχουν εξαχθεί τα κτήρια στην περιοχή μελέτης ([Εντοπισμός Οροφών Κτηρίων](#)), γίνεται κατανοητό πως οι παλμοί αυτοί θα εμφανίζουν στο εμβαδό ενός τμήματος οροφής, λιγότερα “ακραία” στοιχεία για τις κλίσεις και τους προσανατολισμούς, όπως τέτοια “ακραία” στοιχεία είναι οι άκρες των κτηρίων που έχουν πολύ διαφορετικές κλίσεις από την υπόλοιπη οροφή. Ακόμα, ο παλμός feh_m φάνηκε, με φωτοερμηνεία, να παρουσιάζει την μεγαλύτερη απόκλιση σε κλίσεις και προσανατολισμούς από τους υπόλοιπους παλμούς. Συνεπώς, για τον προσδιορισμό των κλίσεων και των προσανατολισμών των τμημάτων οροφών, χρησιμοποιήθηκε ο παλμός leh, δηλαδή τα slope_leh, aspect_leh.

Ωστόσο, το πρόβλημα που εξακολουθούσε να υπάρχει ήταν πώς θα αντιμετωπιστούν οι ακραίες τιμές σε κλίσεις και προσανατολισμούς; Καθώς, και πώς θα προκύψει μία τιμή προσανατολισμού όταν δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το εργαλείο των μέσων όρων για τον προσανατολισμό; Για την επίλυση και αυτών των θεμάτων δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα σε python, το οποίο:

- αφαιρεί το 15% των πιο χαμηλών και το 15% των πιο υψηλών τιμών για να προσδιορίσει το slope, από τον μέσο όρο
- βρίσκει εάν το τμήμα οροφής είναι “γενικά” Βόρειο, Νότιο, Ανατολικό, Δυτικό
 - εάν είναι ανατολικό αλλάζει τον τρόπο παράστασης των προσανατολισμών, από έναν κύκλο 360° με αρχή την Ανατολή, σε δύο ημικύκλια με αρχή την Ανατολή και αρίθμηση από 0° έως 180° (χωρίς το μηδέν) για το Βόρειο ημικύκλιο ή 0° έως -180° (χωρίς το μηδέν) για το Νότιο ημικύκλιο.
 - Αφαιρεί το 25% των πιο χαμηλών και το 25% των πιο υψηλών τιμών για να προσδιορίσει το aspect, από τον μέσο όρο
 - εάν ο μέσος όρος είναι αρνητικός του προσθέτει 360°, για να γυρίσει στον παλιό τρόπο παράστασης των προσανατολισμών

Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τα raster αρχεία Flat_Sloping, slope_leh, aspect_leh, το Roof_Parts_Raster που είναι το αρχείο που περιέχει κάθε ξεχωριστό τμήμα οροφής από την ενότητα [Αναγνώριση Τύπου Οροφών και Τμημάτων των Οροφών](#) και τα slope_elev, aspect_elev

που προέκυψαν από το r.slope.aspect στο elev (εκτεταμένη περιοχή).



Εικόνα 265: Διάγραμμα Ροής για το πρόγραμμα υπολογισμού των κλίσεων και των προσανατολισμών ΦΒ


```

#!/usr/bin/env python

import grass.script as gscript
import grass.script.array as garray
import numpy as np
import time

def main():
    start=time.time()
    region1="Roof_Parts_Raster@PERMANENT"
    gscript.run_command('g.region', raster=region1)
    gscript.run_command('g.region', flags="p")

    #Estimation of slope and aspect map for FLAT ROOFS
    #read map
    map="Flat_Sloping@PERMANENT"
    flat_sloping = garray.array(map)#syntax to work also, in Microsoft Windows
    #map is read as "float64"
    #isolate FLAT ROOFS
    flat=Isolate_Zero(flat_sloping,128.0)
    #After this Command "0" is for inclined and not buildings area
    slope_of_flat = flat*35.0
    aspect_of_flat = flat*270.0
    print "Slope and Aspect of FLAT ROOFS has been calculated"
    print "Sum of non-zero in slope_of_flat: {}, aspect_of_flat : {}".format((slope_of_flat!=0).sum(),(aspect_of_flat!=0).sum())

    #Estimation of slope and aspect maps for INCLINED ROOFS
    #read maps
    map="Roof_Parts_Raster@PERMANENT"
    roof_parts=garray.array(map)#syntax to work also, in Microsoft Windows
    map="slope_leh@PERMANENT"
    slope_leh=garray.array(map)#syntax to work also, in Microsoft Windows
    map="aspect_leh@PERMANENT"
    aspect_leh=garray.array(map)#syntax to work also, in Microsoft Windows
    b1=(np.isnan(aspect_leh)).sum()!=0 or (np.isnan(slope_leh)).sum()!=0
    if b1:
        print "BE CAREFUL: slope_leh or aspect leh has NO DATA values and perhaps, exports will have different numbers of NO DATA pixels"

    #find inclined roof parts
    sloping=Isolate_Zero(flat_sloping,123.0)
    inclined_parts=sloping*(roof_parts+1.0)#because value 0 in roof_parts
    #corresponds to first object
    #As a result, inclined_parts has minimum value 0
    #The "0" is for flat and not buildings area

    #Create slope and aspect maps for INCLINED ROOFS
    slope_of_inclined=np.zeros(roof_parts.shape)
    aspect_of_inclined=np.zeros(roof_parts.shape)

    #Isolate each inclined roof part
    for i in np.unique(inclined_parts):
        #part=Isolate_NaN(inclined_parts,i)
        b2=(i==0.0)#exception of flat areas and not buildings
        if b2:
            print "exception of flat areas and not buildings"
            continue
        else:
            #Estimation of slope
            part=Isolate_NaN(inclined_parts,i)
            part_c = Isolate_Zero(inclined_parts,i)#copy with zeros instead of np.nan
            #
            part_slope_leh=part*slope_leh
            part_slope_c=part_slope_leh.copy()
            #exception of too small or too big values (15%)
            low_threshold=np.nanpercentile(part_slope_leh, 15)
            high_threshold=np.nanpercentile(part_slope_leh, 85)
            #mean of remaining values (if they exist)
            part_slope_leh[part_slope_leh<low_threshold]=np.nan
            part_slope_leh[part_slope_leh>high_threshold]=np.nan
            if ((np.isnan(part_slope_leh)).sum()==part_slope_leh.shape[0]*part_slope_leh.shape[1]):
                print "Very small roof part"
            mean_slope=np.nanmean(part_slope_c)
            else:
                mean_slope= np.nanmean(part_slope_leh)
            if (mean_slope==0):
                mean_slope=0.1
            part_slope = part_c*mean_slope
            slope_of_inclined=slope_of_inclined+part_slope
            print "Slope for Inclined Roof Part with id:{} has been calculated".format(i-1)
            print "Sum of non-zero in slope_of_inclined: {}".format((slope_of_inclined!=0).sum())

            #Estimation of aspect
            part_aspect_leh=part*aspect_leh
            part_aspect_c=part_aspect_leh.copy()

```

Εικόνα 266: 1^ο μέρος Προγράμματος Python για υπολογισμό των κλίσεων και των προσανατολισμών ΦΒ

```

#Creation of flattened array for numpy.histogram
#this step is NOT NECESSARY because np.histogram works fo 2D array, too
part_aspect_flatten=part_aspect_leh.flatten()
#Computation of occurrences for 45degrees intervals
oc_45=np.histogram(part_aspect_flatten, bins=8, range=(0,360))[0]
#Computation of occurrences for 90degrees intervals
oc_90=np.empty(4)
oc_90[0]=oc_45[0]+oc_45[-1]
oc_90[1]=oc_45[1]+oc_45[2]
oc_90[2]=oc_45[3]+oc_45[4]
oc_90[3]=oc_45[5]+oc_45[6]
#first assesement of Orientation in 4 directions
#East==0, North==1, West==2, South==4
orient=np.where(oc_90==oc_90.max())
#if orientation is mostly EAST, change values of aspect to have
#continued values
if (orient[0][0]==0):
    c=part_aspect_leh.copy()
    c[c<=180]=0.0
    c[c>180]=-1.0
    c=c*360.0
    part_aspect_leh=part_aspect_leh+c
#exception of too small or too big values (25%)
low_threshold=np.nanpercentile(part_aspect_leh, 25)
high_threshold=np.nanpercentile(part_aspect_leh, 75)
#mean of remaining values (if they exist)
part_aspect_leh[part_aspect_leh<low_threshold]=np.nan
part_aspect_leh[part_aspect_leh>high_threshold]=np.nan
if ((np.isnan(part_aspect_leh)).sum()==part_aspect_leh.shape[0]*part_aspect_leh.shape[1]):
    print "Very small roof part"
    mean_aspect=np.nanmean(part_aspect_c)
else:
    mean_aspect= np.nanmean(part_aspect_leh)
#if orientation is mostly EAST, convert again to beggining counting system
if (mean_aspect<=0): #beacause aspect=0.0 corresponds to flat areas
    mean_aspect=mean_aspect+360.0
part_aspect = part_c*mean_aspect
aspect_of_inclined=aspect_of_inclined+part_aspect
print "Aspect for Inclined Roof Part with Id:({}) has been calculated".format(i-1)
print "Sum of non-zero in aspect_of_inclined: {}".format((aspect_of_inclined!=0).sum())

b3=((aspect_of_inclined!=0).sum() != (slope_of_inclined!=0).sum())
if (b3 and (not b1)):
    print "PROBLEM: buildings pixels will not be equal in slope and aspect"
    return None

#Estimation of FINAL slope and aspect rasters
export1=garray.array()
export1[...] = slope_of_flat+slope_of_inclined
print "Sum of non-zero in slope_3000x3000: {}".format((export1!=0).sum())
export1.write("slope_3000x3000")

export2=garray.array()
export2[...] = aspect_of_flat+aspect_of_inclined
print "Sum of non-zero in aspect_3000x3000: {}".format((export2!=0).sum())
export2.write("aspect_3000x3000")

end=time.time()
duration=(end-start)/60
print "Total time to calculate slope and aspect rasters (res:3000x3000) was {:.2f} minutes".format(duration)

#Estimation of slope and aspect for
region2="elev@PERMANENT"
gscrip.run_command('g.region', raster=region2)
gscrip.run_command('g.region', flags="p")
s1="slope@if( isnull(slope_3000x3000@PERMANENT), slope_elev@PERMANENT, if(slope_3000x3000@PERMANENT==0, slope_elev@PERMANENT, slope_3000x3000@PERMANENT))"
s2="aspect@if( isnull(aspect_3000x3000@PERMANENT), aspect_elev@PERMANENT, if(aspect_3000x3000@PERMANENT==0, aspect_elev@PERMANENT, aspect_3000x3000@PERMANENT))"
gscrip.mapcalc(s1, overwrite=True)
gscrip.mapcalc(s2, overwrite=True)
end=time.time()
duration=(end-start)/60
print "Total time to calculate slope and aspect (res:3500x3500) rasters was {:.2f} minutes".format(duration)

#function to isolate objects 1st edition
def Isolate_NaN(arr,obj_id):
    #gives 1 to all pixels of an Object and 0 to other pixels
    obj = arr.copy()
    obj[obj!=obj_id]=np.nan
    obj[obj==obj_id]=1.0
    return obj

#function to isolate objects 2nd edition
def Isolate_Zero(arr,obj_id):
    #gives 1 to all pixels of an Object and 0 to other pixels
    obj = arr.copy()
    obj[obj!=obj_id]=0.0
    obj[obj==obj_id]=1.0
    return obj

if __name__ == '__main__':
    main()

```

Εικόνα 267: 2^ο μέρος Προγράμματος Ρυθμον για υπολογισμό των κλίσεων και των προσανατολισμών ΦΒ

4.6.4.3.3 Δημιουργία Χαρτών Ηλιακής Ενέργειας σε Πραγματικό Ουρανό

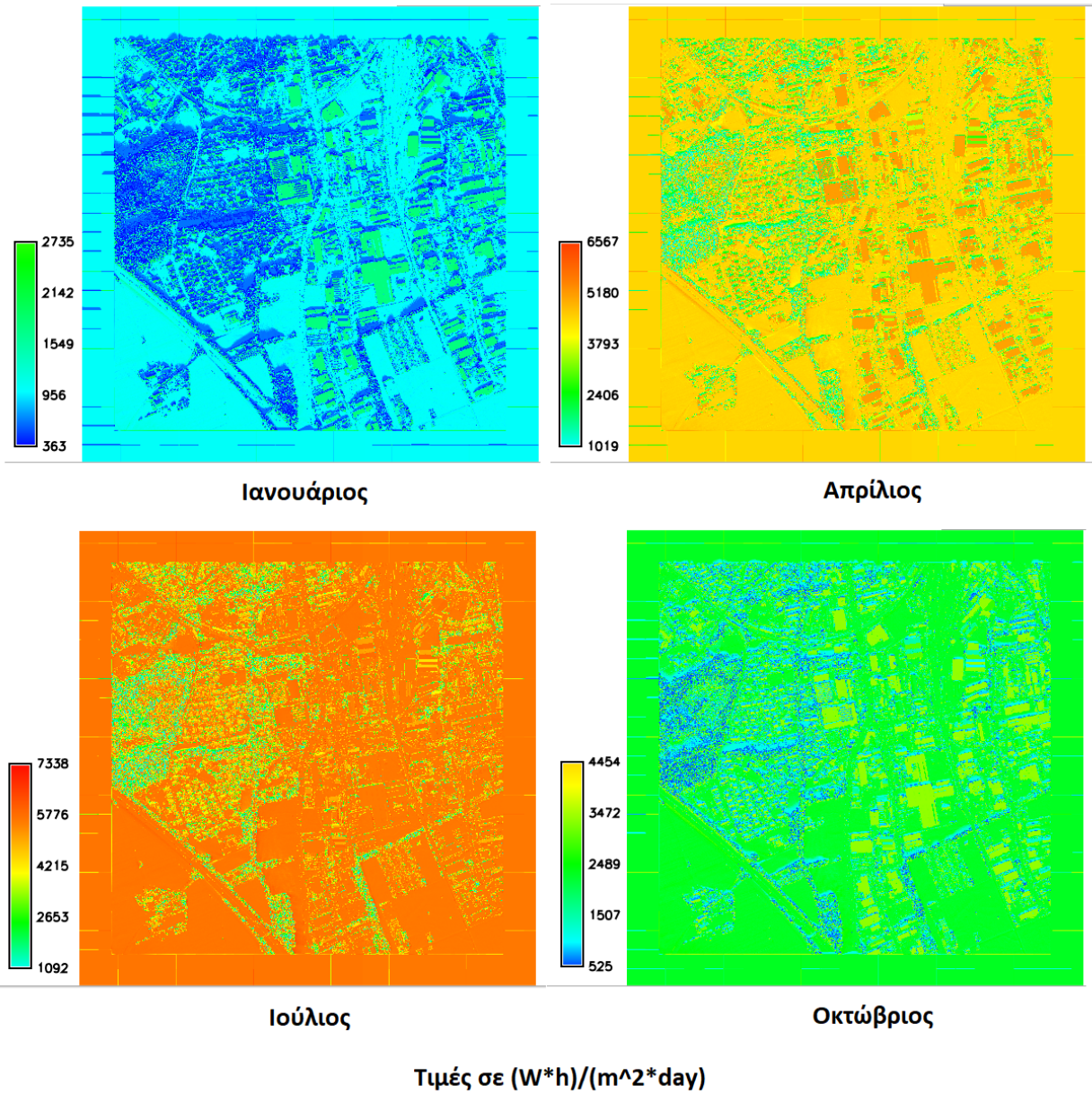
Για τον υπολογισμό της συνολικής ηλιακής ενέργειας (global) που προσπίπτει σε κάθε επιφάνεια πιθανού ΦΒ πλαισίου, χρησιμοποιήθηκε το r.sun με τον ίδιο τρόπο όπως στην ενότητα

Δημιουργία Χαρτών Ηλιακής Ενέργειας σε Καθαρό Ουρανό , αλλά με χρήση των χαρτών που δημιουργήθηκαν για τους συντελεστές coeff_bh, coeff_dh και των χαρτών slope, aspect.

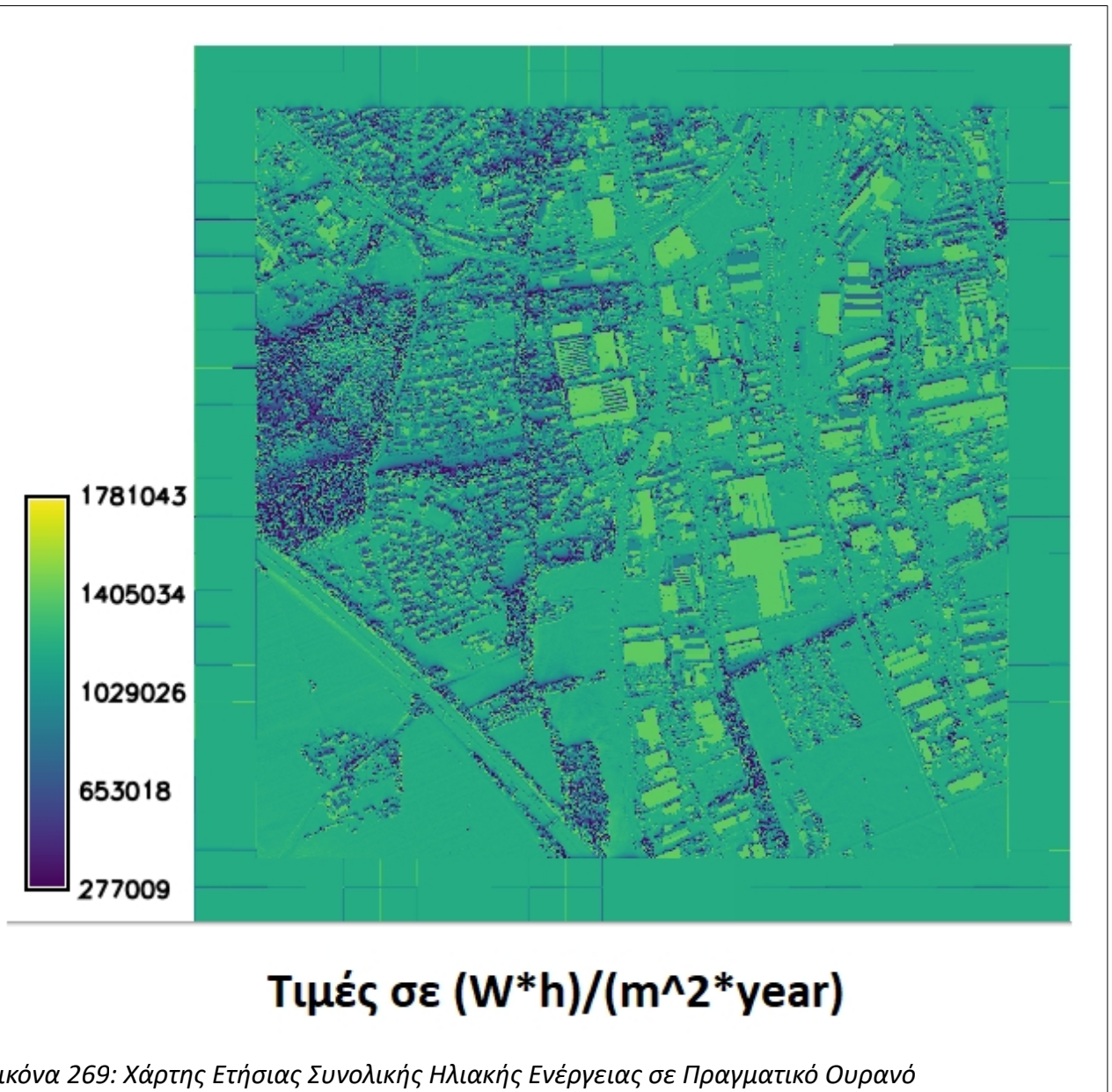
Ενδεικτικά η εντολή για την εφαρμογή του r.sun την 1^η ημέρα του χρόνου είναι:

```
r.sun --overwrite elevation="elev@PERMANENT" aspect="aspect@PERMANENT"  
slope="slope@PERMANENT" linke="tl_elev_m_01@PERMANENT" albedo_value=0.4  
coeff_bh="kcb_01@PERMANENT" coeff_dh="kcd_01@PERMANENT" horizon_basename="hor"  
horizon_step=7.5 glob_rad="rsky_glob_1_01" day=1
```

Από την ηλιακή ακτινοβολία για κάθε ημέρα του χρόνου, κατασκευάστηκαν οι χάρτες με το άθροισμα και τον μέσο όρο για κάθε μήνα, καθώς και ο χάρτης με το άθροισμα της ηλιακής ενέργειας που πέφτει σε κάθε pixel στο χρονικό διάστημα ενός έτους.



Εικόνα 268: Χάρτες μέσω των όρων Συνολικής Ηλιακής Ακτινοβολίας (global) σε Πραγματικό Ουρανό, στις κλίσεις και στους προσανατολισμούς των ΦΒ πλαισίων για τους μήνες Ιανουάριος, Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος. (Εικόνες από GRASS GIS)



4.6.4.3.4 Προσέγγιση Εμβαδού Pixel

Οι χάρτες που δημιουργήθηκαν για συνθήκες πραγματικού ουρανού είχαν μονάδες μέτρησης $(Wh)/(m^2 \cdot (\text{χρονικό διάστημα αναφοράς}))$ ανά pixel, που σημαίνει ότι για να υπολογιστεί η ενέργεια που προσπίπτει σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης, σε κάποιο χρονικό διάστημα πρέπει να εκτιμηθεί το εμβαδό που αποτυπώνει κάθε pixel.

Εφόσον, η χωρική ανάλυση της εικόνας είναι $0,5\text{m} \times 0,5\text{m}$, το εμβαδό κάθε pixel για επίπεδες επιφάνειες είναι προφανώς $0,25\text{m}^2$. Όμως, όταν οι επιφάνειες είναι επικλινείς, τότε τα ερωτήματα είναι: **ποιο είναι το σχήμα, με δεδομένη κλίση και προσανατολισμό, που η προβολή του στο οριζόντιο επίπεδο θα ήταν ένα τετράγωνο με ακμή $0,5\text{m}$; Και πόσο είναι το εμβαδόν του;** Το ερώτημα αυτό απαντιέται πολύ εύκολα για προσανατολισμούς Βόρειους, Νότιους, Ανατολικούς και Δυτικούς, αφού πρόκειται για ορθογώνιες επιφάνειες, με μία πλευρά $0,5\text{m}$ και μία πλευρά $0,5\text{m}/\cos(\text{κλίση})$. Αντίθετα, για άλλους προσανατολισμούς το ζήτημα γίνεται αρκετά

περίπλοκο και προσεγγίζεται από πολύγωνα με κέντρο, το κέντρο του pixel και ολοκληρωτικό λογισμό.

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας, κρίθηκε ως επαρκές να υπολογιστεί το εμβαδό κάθε pixel, εξετάζοντας τις επιφάνειες ως ορθογώνια, με κλίση την κλίση των ΦΒ πάνελς σε κάθε σημείο. Η ίδια προσέγγιση χρησιμοποιείται και στο Camargo et al, 2015, Spatio-temporal modeling of rooftop photovoltaic panels for improved technical potential assessment and electricity peak load offsetting at the municipal scale.

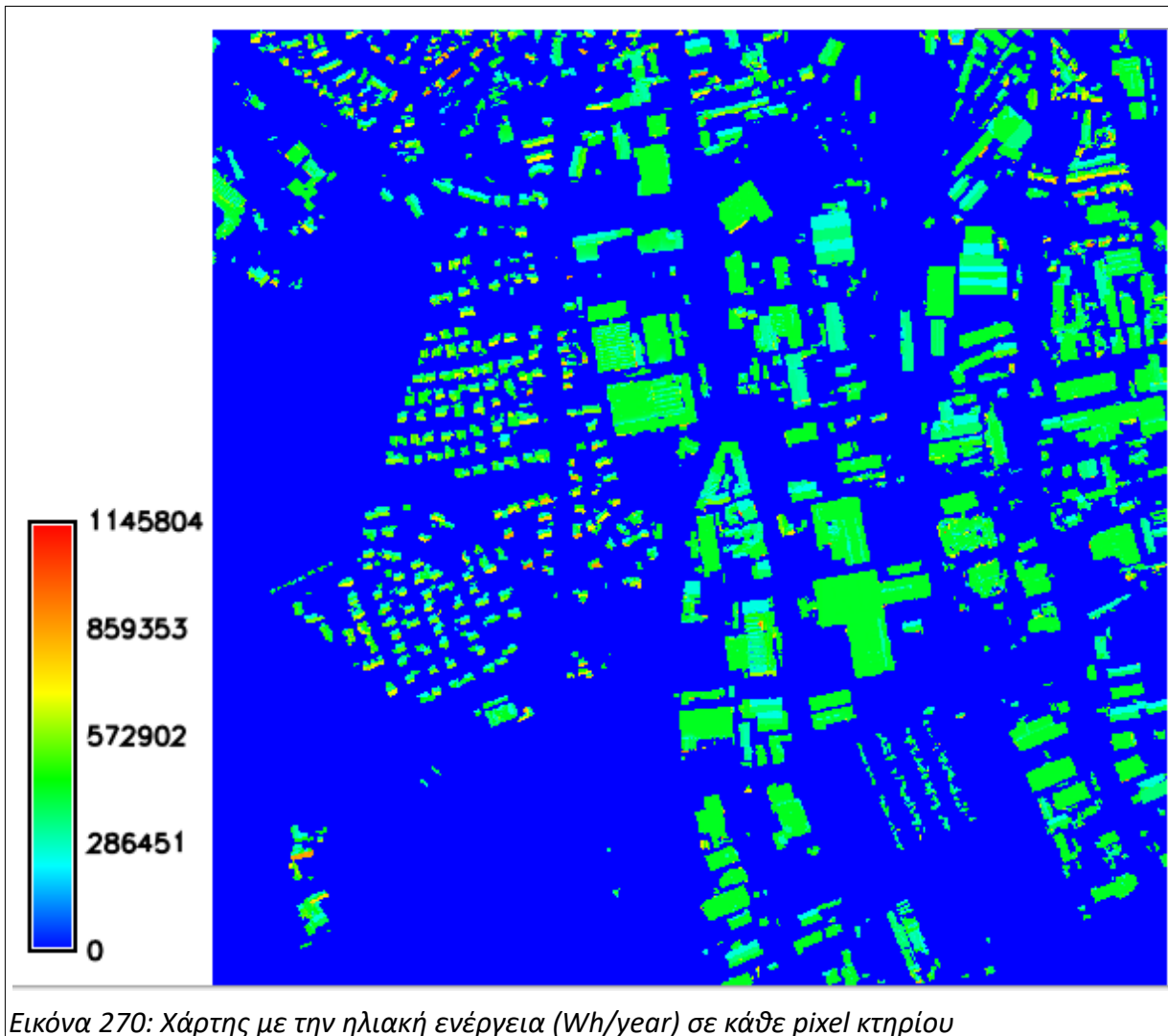
Έτσι, σχηματίστηκε ο raster χάρτης “area_by_slope” με χρήση του r.mapcalc και με την σχέση:

```
if((Roof_Parts_Raster@PERMANENT != 2147483647 && slope@PERMANENT <= 70), 0.5 * (0.5 / cos(slope@PERMANENT)), 0)
```

Η τιμή 2147483647 αντιστοιχεί στα σημεία που δεν έχουν δεδομένα για το slope (δεν είναι κτήρια).

Δηλαδή, υπολογίστηκε ένα νέο εμβαδό για όσες επιφάνειες αντιστοιχούν σε πιθανές θέσεις ΦΒ πλαισίων (οροφές κτηρίων) και η κλίση του είναι μικρότερη από 70°. Η κλίση 70° και πάνω εκτιμήθηκε ότι περιγράφει τις άκρες των κτηρίων στις οποίες δεν έχει νόημα ο υπολογισμός εμβαδού.

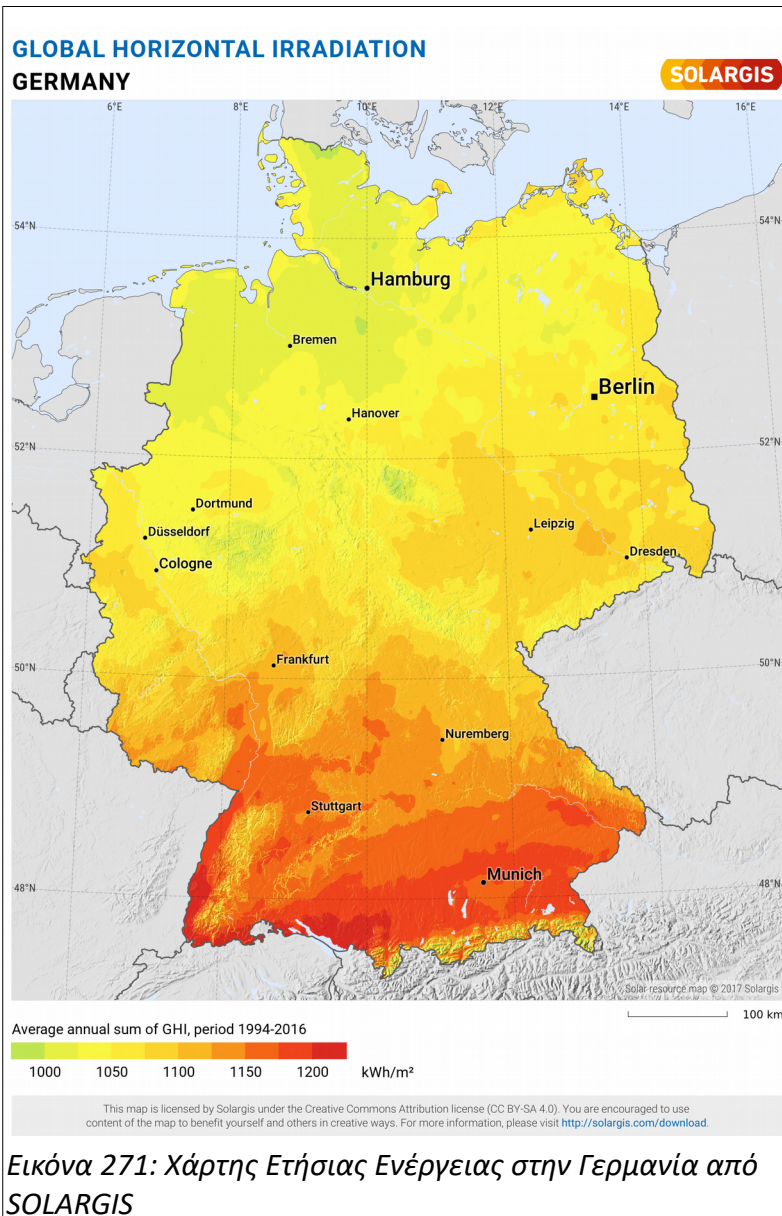
Από τον πολλαπλασιασμό του χάρτη με την ετήσια ηλιακή ενέργεια σε κάθε pixel (“rsky_sum_year”) και του χάρτη με την καλύτερη προσέγγιση εμβαδού (“area_by_slope”), δημιουργήθηκε ο χάρτης με την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια σε κάθε pixel οροφής με όνομα “Sun_Energy_Buildings” και μονάδες **Wh/year**

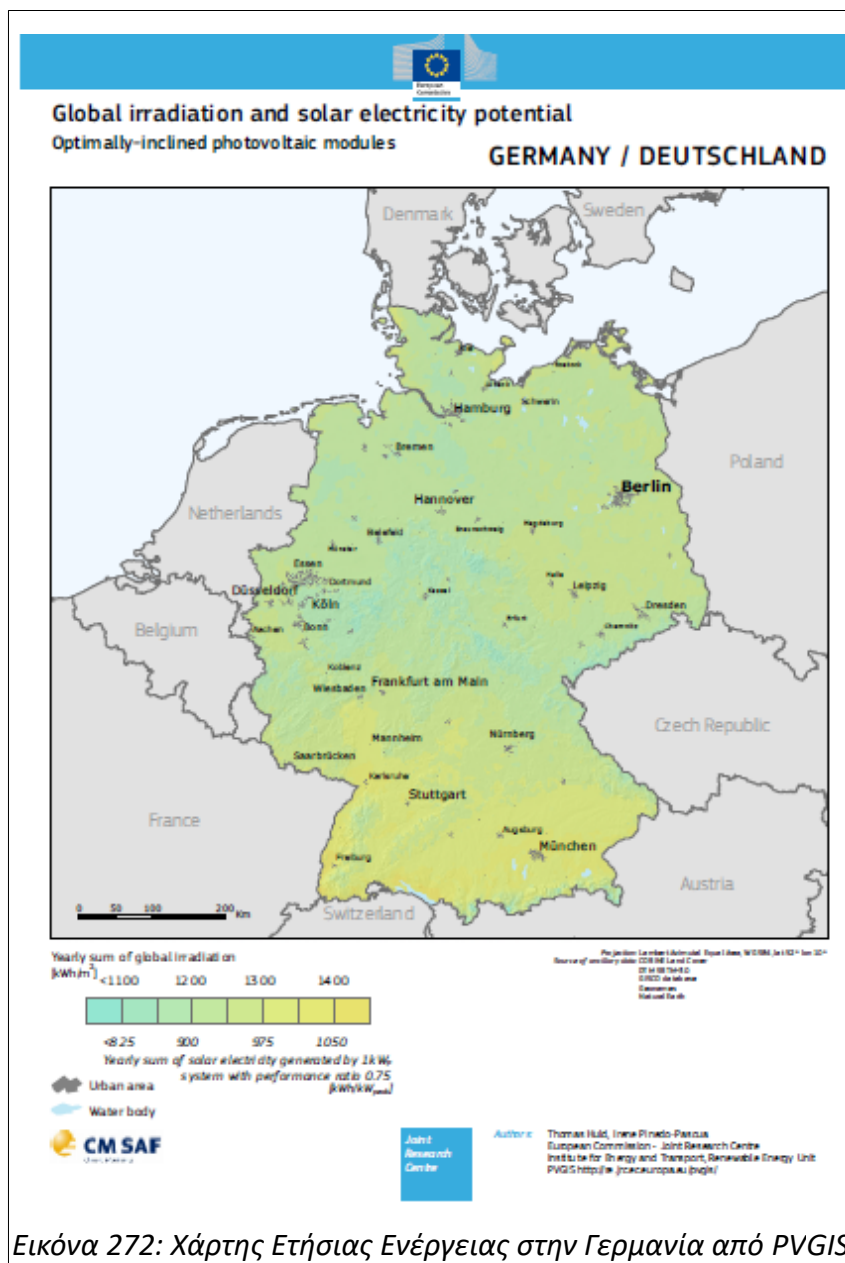


4.6.4.4 Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων μοντέλου r.sun

Από τα διαθέσιμα δεδομένα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μόνο ένας ποιοτικός έλεγχος των αποτελεσμάτων που προέκυψαν για την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην περιοχή μελέτης. Παρ' όλα αυτά, ο έλεγχος αυτός θεωρήθηκε επαρκής.

Πιο συγκεκριμένα υπολογίστηκε ο μέσος όρος της ετήσιας ηλιακής ενέργειας στην εκτεταμένη περιοχή μελέτης (3500x3500 pixels) και συγκρίθηκε με τους χάρτες που δίνονται από το PVGIS και το SOLARGIS





Εικόνα 272: Χάρτης Ετήσιας Ενέργειας στην Γερμανία από PVGIS

Οι διαφορές ήταν -0,162% σε σχέση με το PVGIS και -0,037% σε σχέση με το SOLARGIS. Γεγονός που φανερώνει ότι η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για το r.sun ήταν σωστή και τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι αξιόπιστα!

4.6.4.5 Εκτίμηση Παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΦΒ σε κάθε Τμήμα Οροφής

Από την ηλιακή ενέργεια που φτάνει σε ένα ΦΒ πλαίσιο, μόνο ένα μικρό μέρος της μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Το ποσοστό της εκμεταλλεύσιμης ενέργειας καθορίζεται από το μοντέλο του ΦΒ πλαισίου και από τις απώλειες του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής.

4.6.4.5.1 Επιλογή Συγκεκριμένου ΦΒ πλαισίου

Για την ανάλυση από αυτό το σημείο και έπειτα, απαιτήθηκε σε κάποια σημεία η χρήση των χαρακτηριστικών ενός συγκεκριμένου ΦΒ πλαισίου. Το πλαίσιο που επιλέχτηκε είναι της εταιρείας LUXOR με ονομασία ECOLINE M60/280 ή πιο σύντομα LX-280M. Πρόκειται, για ΦΒ πλαίσιο μονο-κρυσταλλικού πυριτίου, που είναι από τα πιο διαδεδομένα υλικά κατασκευής ΦΒ πάνελς.

Το LX-280M έχει απόδοση 17,24%, όπως φαίνεται στην [Εικόνα 273](#), επομένως κατασκευάστηκε με το r.marcalc ένα raster με τιμή σε όλα τα σημεία του 0,1724 και όνομα “f_efficiency_LX280M”

ECO LINE

M60/280 – 300 W

Monocrystalline module family



Monocrystalline module family

| Electrical data | LX-280M | LX-285M | LX-290M | LX-295M | LX-300M |
|---|----------|----------|----------|------------|------------|
| Rated power P _{mp} [Wp] | 280.00 | 285.00 | 290.00 | 295.00 | 300.00 |
| P _{mp} range from | 280.00 | 285.00 | 290.00 | 295.00 | 300.00 |
| P _{mp} range to | 286.49 | 291.49 | 296.49 | 301.49 | 306.49 |
| Rated current I _{mp} [A] | 8.80 | 8.92 | 9.04 | 9.16 | 9.28 |
| Rated voltage V _{mp} [V] | 31.86 | 32.05 | 32.12 | 32.22 | 32.38 |
| Short-circuit current I _{sc} [A] | 9.20 | 9.30 | 9.39 | 9.49 | 9.59 |
| Open-circuit voltage U _{oc} [V] | 38.24 | 38.42 | 38.60 | 38.78 | 38.96 |
| Efficiency at STC | 17.24% | 17.58% | 17.84% | 18.14% | 18.47% |
| Efficiency at 200 W/m ² | 16.78% | 17.10% | 17.36% | 17.65% | 17.97% |
| NOCT [°C] | 45 ± 2°C | 45 ± 2°C | 45 ± 2°C | 45 +/- 2°C | 45 +/- 2°C |

Specification as per STC (Standard test conditions): irradiance 1000 W/m² | module temperature 25°C | AM=1.5
NOCT (nominal operating cell temperature): irradiance 800 W/m² | wind speed 1 m/sec | temperature 20°C | AM=1.5

| Limiting values | LX-280M / LX-285M / LX-290M / LX-295M / LX-300M |
|-----------------------------|---|
| Max. system voltage [V] | 1000 V |
| Max. return current [I] | 20 A |
| Temperature range | -40 to 85°C |
| Snow-load zone ² | approval up to SLZ 3 (according to DIN 1055) |
| Max. pressure load (static) | 5400 Pa |

| Temperature coefficient | LX-280M / LX-285M / LX-290M / LX-295M / LX-300M |
|---|---|
| Temperature coefficient [V] [I] [P] | -0.34 % /°C 0.05 % /°C -0.45 % /°C |

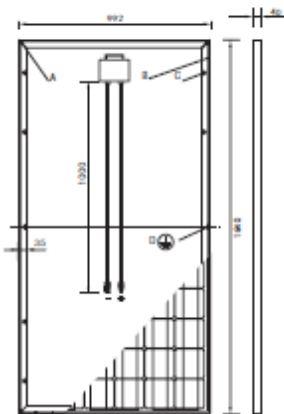
| Specifications | LX-280M / LX-285M / LX-290M / LX-295M / LX-300M |
|---|---|
| Number of cells (matrix) | 6 x 10, three strings in a row |
| Cell size | 156 mm x 156 mm (diagonal: 200 mm) |
| Module dimensions (L x W x H) ² Weight | 1,640 mm x 992 mm x 40 mm 18.2 kg |
| Front-side glass | 3.2 mm hardened solar glass with low iron content |
| Frame | stable, anodised aluminium frame in a hollow-section design |
| Socket | plastic (PPO), IP68, strain-relieved |
| Diodes | 3 Schottky Diodes 20A |
| Cable | 4 mm ² solar cable, cable length 1.0 m |
| Plug-in connection | high-quality plug-in system, (IP68) MC4 or equivalent |
| Hail test (max. hailstorm) | Ø 45 mm impact velocity 23 m/s |
| Salt mist corrosion test | classified according to IEC 61701:2011 ed.2 |
| General technical approval | classified according to DIN EN 13501-5 as B ₂₀₀₀ (H) |

| Packing | LX-280M / LX-285M / LX-290M / LX-295M / LX-300M |
|---------------------------------|---|
| Packing unit | 25 modules 2 Imp classes 28 VPE/40 ¹ container |
| Dimensions (L x W x H) Weight | 174 cm x 114 cm x 121 cm 500 kg gross |

The specifications and average values can vary slightly. What is important is the corresponding data of the individual measurement. Specifications are subject to change without notice. Measure most talk ratios: rated power +/- 3%, other values +/- 10%, all information in this data sheet corresponds to DIN 90380. A potential light-induced degradation of the power after commissioning is not considered here, other information can be found in the installation guidelines.

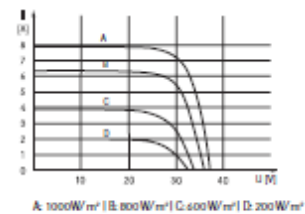
¹ The specific warranty conditions are given under www.luxor-solar.com/download.htm
² For standing installation

Back view/ Front view/ Side view²

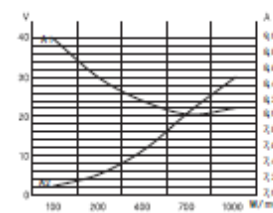


- A: 4 x drainage 10*10 mm
- B: 8 x ventilation apertures 3*7 mm
- C: 8 x mounting hole² d = 7 mm
- D: 2 x earthing d = 2 mm

Characteristics



A: 1000 W/m² | B: 800 W/m² | C: 600 W/m² | D: 200 W/m²



A1: I_{mp} | A2: V_{mp}

Εικόνα 273: Τα χαρακτηριστικά του ΦΒ πλαισίου που χρησιμοποιήθηκε ως παράδειγμα (LX-280M)

4.6.4.5.2 Απώλειες Ενέργειας σε Συστήματα ΦΒ

Ανεξάρτητα από την απόδοση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας, υπάρχει μία γκάμα παραγόντων που οδηγούν σε ακόμα μεγαλύτερη απώλεια ενέργειας από την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στα ΦΒ πλαίσια. Αυτοί οι παράγοντες σχετίζονται, με την αλληλεπίδραση του ΦΒ πλαισίου και

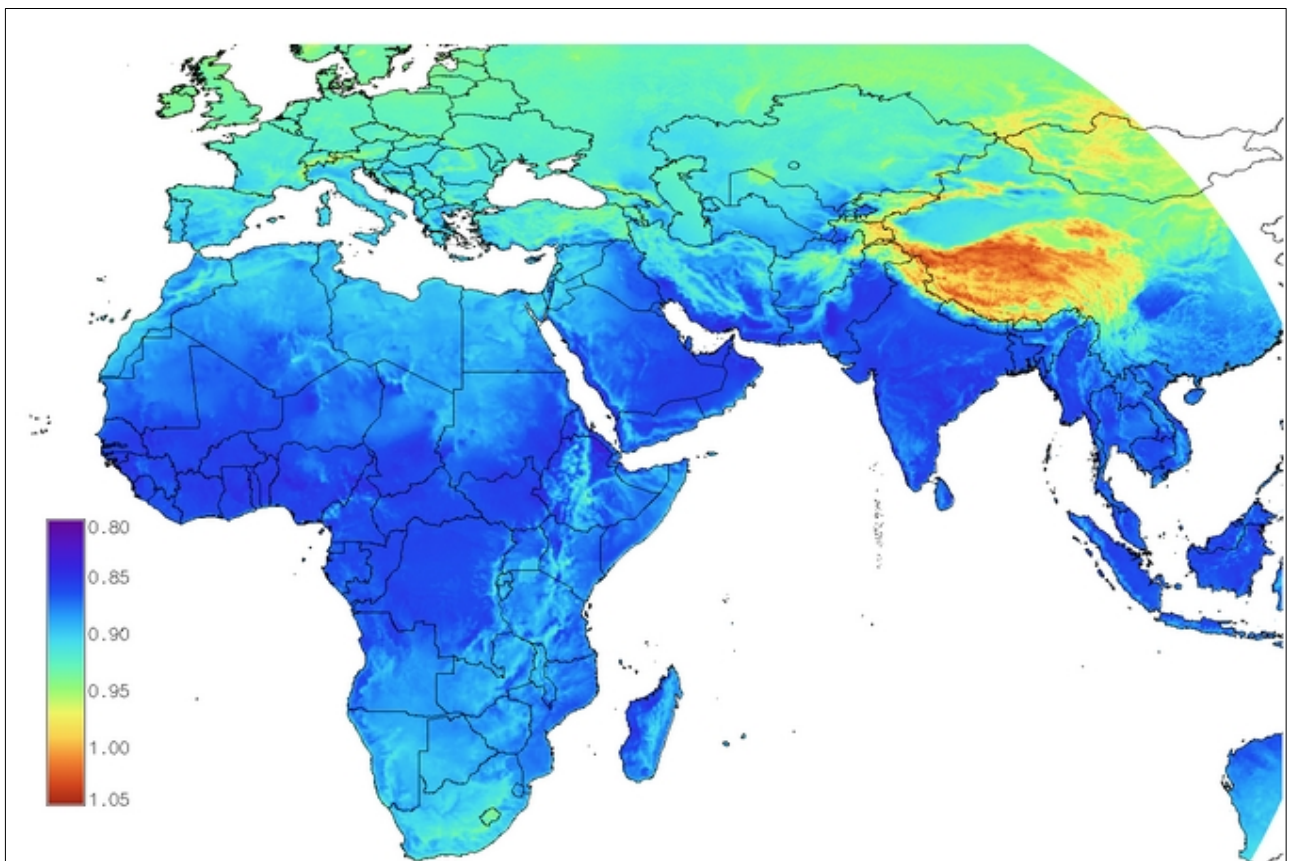
του περιβάλλοντος και με τις ηλεκτρικές απώλειες στο σύστημα

Πρώτα από όλα ένα μέρος της ακτινοβολίας, η οποία προσπίπτει σε ένα πάνελ, ανακλάτε. Το ποσοστό ανάκλασης εξαρτάται από την γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας, πάνω στο πάνελ.

Ακόμα, κατά την διάρκεια της ημέρας και ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, η σύνθεση του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας μεταβάλλεται. Ωστόσο, τα ΦΒ πλαίσια μπορούν να αξιοποιήσουν την ακτινοβολία σε ορισμένα εύρη κύματος, σε συνάρτηση με το υλικό κατασκευής τους.

Επιπλέον, η επίδοση των ΦΒ πάνελ εξαρτάται από την θερμοκρασία τους σε σχέση με το περιβάλλον κι από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι δύο αυτές μεταβλητές δεν είναι ανεξάρτητες, καθώς η μεγαλύτερη ακτινοβολία, οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας. Ενώ, στον καθορισμό της θερμοκρασίας λειτουργίας επιδρούν κι άλλοι μετεωρολογικοί παράγοντες, με κύριο την ταχύτητα των ανέμων.

Μία εκτίμηση για τον συντελεστή ελάττωσης της παραγόμενης ενέργειας που αφορά στους παραπάνω λόγους, πάρθηκε από τους χάρτες στο http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_static/methods.html και δημιουργήθηκε το raster "f_refl_spec_temp_lowirr" με τιμή 0,93 σε κάθε σημείο του.



Εικόνα 274: Χάρτης PVGIS για συντελεστή μείωσης παραγόμενης ενέργειας από ΦΒ, η οποία οφείλεται σε ανακλάσεις, μεταβολή ηλιακού φάσματος, θερμοκρασία πάνελ (ακτινοβολία, θερμοκρασία περιβάλλοντος, ταχύτητες ανέμων), χαμηλή ηλιακή ακτινοβολία.

Συνεχίζοντας, την ηλιακή ενέργεια που προσλαμβάνει ένα πλαίσιο μπορεί να την μειώσει η σκόνη που επικάθεται σε αυτό (soiling) και το χιόνι. Το ποσοστό επηρεασμού της παραγόμενης ενέργειας εξαρτάται, προφανώς, από το περιβάλλον, αλλά κι από την συχνότητα καθαρισμού των

πάνελ, από τον ανθρώπινο παράγοντα. Μετά από φωτοερμηνεία της περιοχής μελέτης, συνυπολογισμό της γεωγραφικής θέσης και με την υπόθεση ότι τα πάνελ θα καθαρίζονται, μία εκτίμηση του συντελεστή ελάττωσης της παραγόμενης ενέργειας λήφθηκε από το Κ.Δέρβος [9]. Το raster που δημιουργήθηκε ήταν το “f_soiling_snow” με τιμή 0,9.

Περνώντας από το ΦΒ πλαίσιο στο ηλεκτρολογικό σύστημα που το συνδέει με τα φορτία κατανάλωσης, **έγινε η υπόθεση ότι όλες οι οροφές στις οποίες θα εγκατασταθούν τα πάνελ, θα παράγουν ενέργεια η οποία αποδίδεται στο τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο (grid-connected)**. Με αυτό το δεδομένο οι ηλεκτρολογικές απώλειες αφορούν στην ανομοιογένεια των ηλεκτρικών μεγεθών στα πάνελ, στην μετατροπή DC-AC ρεύματος στον inverter, στις απώλειες των καλωδίων DC και AC, στην δίοδο αντεπιστροφής. Ενώ, κάνοντας μία μικρή επιστροφή στο ΦΒ πλαίσιο, η απόδοση της ηλεκτρικής γεννήτριας εξαρτάται κι από την φθορά της με τον χρόνο (aging). Εκτιμήσεις για όλα αυτά τα μεγέθη λήφθηκαν και πάλι από το Κ.Δέρβος [9], καθώς επίσης και από την συνάρτηση μεταβολής της απόδοσης με τον χρόνο που δίνει η κατασκευάστρια εταιρεία για το πλαίσιο μελέτης (Εικόνα 280). Επομένως, δημιουργήθηκε το raster “f_electr_ageing” με τιμή 0,8311742208.

Πολλαπλασιάζοντας όλους τους συντελεστές απωλειών ενέργειας σε συστήματα ΦΒ, προέκυψε ο συνολικός συντελεστής απωλειών “f_total_losses” με τιμή 0,6956928228096.

4.6.4.5.3 Δημιουργία Χάρτη με Παραγόμενη Ετήσια Ηλεκτρική Ενέργεια από ΦΒ σε κάθε τμήμα οροφής

Για την δημιουργία ενός χάρτη που θα περιέχει κάθε τμήμα οροφής και την εκτιμώμενη παραγωγή ενέργειας, εάν σε αυτό τοποθετηθούν ΦΒ, αρχικά δημιουργήθηκε ο raster χάρτης PV_output στο r.marcalc με την σχέση:

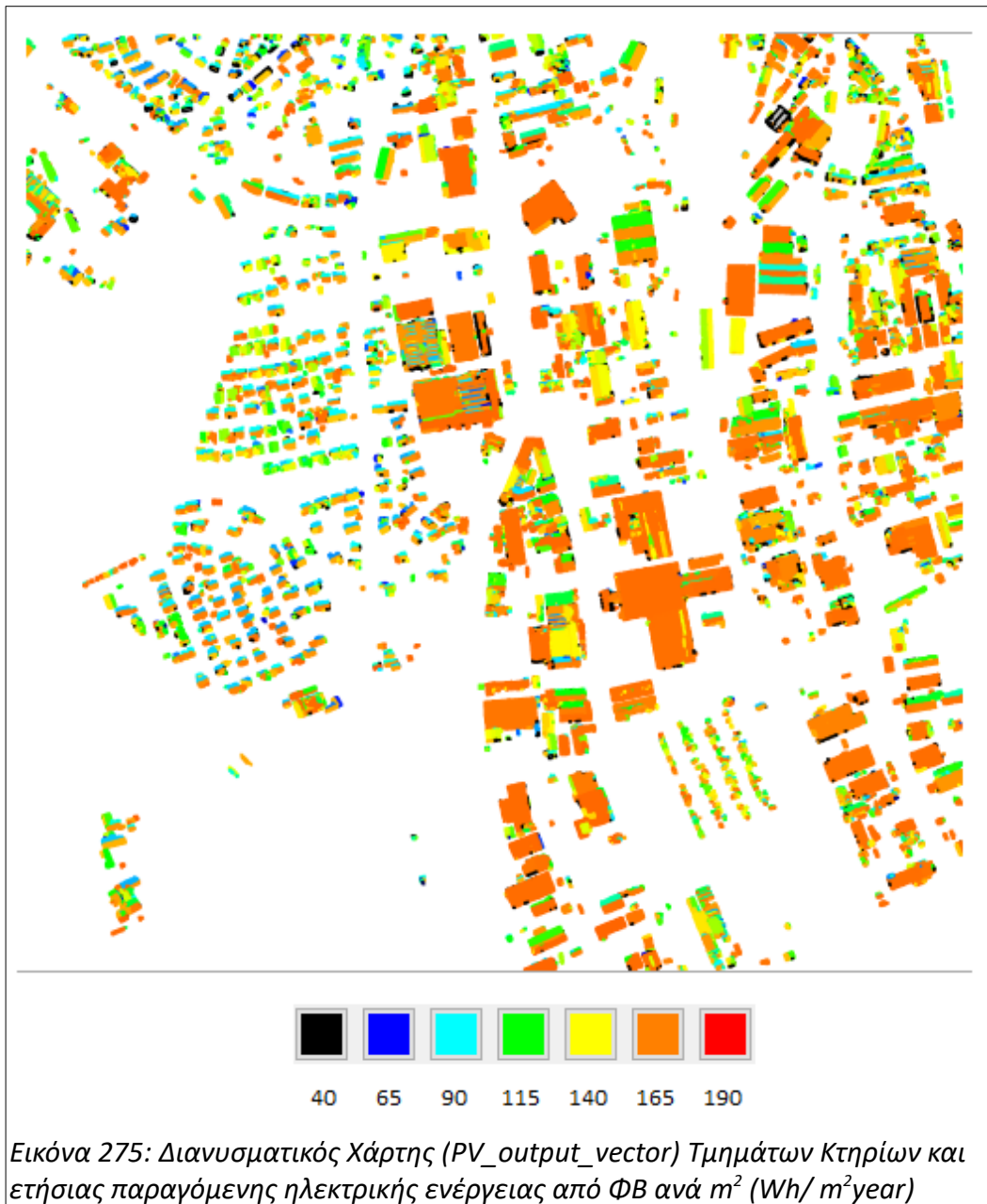
```
rsky_sum_year@PERMANENT * f_efficiency_LX280M@PERMANENT *  
area_by_slope@PERMANENT * f_total_losses@PERMANENT
```

Δηλαδή, ένας χάρτης που δίνει την παραγόμενη ενέργεια από μία επιφάνεια καλυμμένη από ΦΒ LX-280M, σε κάθε pixel.

Στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκε το vector αρχείο με τα πολύγωνα κάθε τμήματος οροφής, το οποίο παράχθηκε στην ενότητα [Αναγνώριση Τύπου Οροφών και Τμημάτων των Οροφών](#) με όνομα “Roof_Parts_Vector”. Από αυτό με χρήση των g.copy, v.rast.stats και του GUI (Graphical User Interface) δημιουργήθηκε το vector αρχείο “PV_output_vector” στο οποίο με κατάλληλες πράξεις εισήχθησαν τα δεδομένα για :

1. την ετήσια συνολική ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε κάθε τμήμα οροφής (sun_energy_sum)
2. την ετήσια συνολική ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε κάθε τμήμα οροφής (pv_output_sum)
3. το συνολικό εμβαδό του τμήματος της οροφής με την εκτίμηση μόνο της κλίσης (area_slope_sum)
4. την ποσότητα της ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε κάθε τμήμα οροφής ανά m² (pv_output_per_square_meter)
5. τον προσανατολισμό των ΦΒ πλαισίων σε κάθε τμήμα οροφής (aspect_average)
6. την κλίση των ΦΒ πλαισίων σε κάθε τμήμα οροφής (slope_average)

7. την διάκριση σε επίπεδες οροφές (τιμή 128) και σε επικλινείς (τιμή 123) κάθε τμήμα οροφής (flat_sloping_average)
8. την ετήσια ηλιακή ενέργεια ανά m^2 που προσπίπτει σε κάθε τμήμα οροφής (sun_energy_sum)



GRASS GIS Attribute Table Manager - <PV_output_vector@PERMANENT>

1 / Πίνακας PV_output_vector

Attribute data - right-click to edit/manage records

| cat | sun_energy_s | pv_output_su | area_slope_s | pv_output_p... | aspect_average | slope_average | flat_sloping... | rsky_year_average |
|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| 1422 | 49453.7168625234 | 5931.35233014569 | 36.6232376628437 | 161.95597955457 | 270 | 35 | 128 | 1350337.10885417 |
| 1423 | 0 | 0 | 0 | | 265.370293112362 | 70.9665232340494 | 123 | 740196.142663043 |
| 1424 | 0 | 0 | 0 | | 131.752220153809 | 76.4233985111632 | 123 | 676931.273848684 |
| 1425 | 16207.7494476982 | 1943.91601990736 | 11.4361784735559 | 169.979510585841 | 291.235347972197 | 47.3378580266779 | 123 | 1417234.74193548 |
| 1426 | 231668.693362468 | 27785.7506245116 | 166.025344071556 | 167.358488427743 | 270 | 35 | 128 | 1395381.49827665 |
| 1427 | 21505.0349997705 | 2579.25890202229 | 16.0678578977373 | 160.522884782638 | 172.906536865235 | 51.511284006053 | 123 | 1338388.4234375 |
| 1428 | 26146.2525029031 | 3135.91466014146 | 19.1859030857446 | 163.448895062515 | 224.515656389509 | 38.5721137468204 | 123 | 1362784.56041667 |
| 1429 | 68130.0139840823 | 8171.33964512139 | 71.5599640138414 | 114.188705342849 | 30.1567098636821 | 48.6783567775381 | 123 | 952068.868716931 |
| 1430 | 32722.1571227878 | 3924.61184337637 | 30.9972652052917 | 126.611551612185 | 136.384756469726 | 14.5731210284762 | 123 | 1055646.58385417 |
| 1431 | 8699.86103286376 | 1043.43908371273 | 11.4880472511909 | 90.8282374625994 | 240.116400241852 | 50.8693602712531 | 123 | 757296.766163793 |
| 1432 | 0 | 0 | 0 | | 203.317055838449 | 70.5889870779855 | 123 | 837354.847222222 |
| 1433 | 17620.7342870182 | 2113.38580804199 | 17.1426232285166 | 123.282520992843 | 176.125605044158 | 55.3363540172577 | 123 | 1027890.19230769 |

ερώτηση SQL

Anλή Builder

SELECT * FROM PV_output_vector WHERE cat =

Browse data Manage tables Manage layers

Καθορισμός Ανανέωση Κλείσιμο

Αριθμών φορτωμένων εγγραφών: 8171

Εικόνα 276: Τμήμα από το Attribute Table του PV_output_vector

Από την Εικόνα 275 γίνεται εμφανές ότι την μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία ανά m^2 την δέχονται τα ΦΒ πλαίσια στα τμήματα οροφών με νότιο προσανατολισμό ή στα επίπεδα επίπεδα τμήματα οροφών.

Με τη βοήθεια του v.db.univar στον πίνακα χαρακτηριστικών (attribute table) του PV_output_vector, φαίνεται ότι το δυναμικό παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, σε όλη την περιοχή μελέτης και με την ανάλυση που έχει γίνει μέχρι τώρα είναι περίπου 79MWh/year.

Ο χάρτης PV_output_Vector μπορεί να μας δώσει μία εικόνα του δυναμικού παραγωγής ενέργειας από ΦΒ για κάθε τμήμα οροφής ξεχωριστά και για ολόκληρη την περιοχή μελέτης. Επιπρόσθετα, με απλές κινήσεις στον πίνακα χαρακτηριστικών, μέσω του GUI, μπορεί να μας δώσει πληροφορίες σε ιεραρχική σειρά για κάθε ένα μέγεθος του.

4.6.4.5.4 Αναζήτηση των ΦΒ πλαισίων που μπορούν να εγκατασταθούν σε κάθε Τμήμα Οροφής

Παρότι:

- προσομοιώθηκε η σχέση του ήλιου με το ανάγλυφο και την γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης μέσω του r.sun
- και χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές για τις απώλειες ενέργειας στα ΦΒ πλαίσια και στο ηλεκτρολογικό σύστημα μέχρι την εισαγωγή της ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτρικού ρεύματος

Αυτό που έλειπε από την ανάλυση μέχρι τώρα και είναι αρκετά σημαντικό για την αναζήτηση των καταλληλότερων οροφών εγκατάστασης ΦΒ, είναι η μελέτη της γεωμετρίας του τμήματος οροφής με το πλαίσιο.

Τα πλαίσια μπορούν να τοποθετηθούν οριζόντια ή κάθετα σε μία οροφή και ανάλογα με το σχήμα της οροφής χωράει μόνο ένας συγκεκριμένος αριθμός πλαισίων. Με αποτέλεσμα το ωφέλιμο εμβαδό της οροφής για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να είναι μικρότερο από το συνολικό εμβαδό της οροφής.

Έτσι, επιχειρήθηκε να δοθεί μία απάντηση στα ερωτήματα: **Πόσα ΦΒ πλαίσια μπορούν να εγκατασταθούν σε κάθε τμήμα οροφής; και Πόσο είναι το ωφέλιμο εμβαδό για την τοποθέτηση ΦΒ πλαισίων σε κάθε τμήμα οροφής;** Δυστυχώς, η απάντηση ήταν μερική, υπό την έννοια ότι:

- **σχεδιάστηκε ένα πρόγραμμα στο GRASS GIS που για οποιοδήποτε πολύγωνο που περιγράφει ένα τμήμα οροφής με ορισμένη κλίση και ορισμένο προσανατολισμό, εξάγει τον αριθμό των ΦΒ πλαισίων που μπορούν να τοποθετηθούν στην οροφή με οριζόντια ή κάθετη διάταξη!**
- **Αλλά, αυτό το πρόγραμμα, παρά τις απλοποιήσεις που έγιναν, απαιτεί μεγάλους χρόνους εκτέλεσης και συνεπώς, μπορεί, μετά από φωτοερμηνεία, να χρησιμοποιηθεί μόνο για ορισμένο αριθμό οροφών, των οποίων το σχήμα θα κριθεί αντιπροσωπευτικό.**

Η κεντρική ιδέα του προγράμματος που δημιουργήθηκε, περιγράφεται στα παρακάτω βήματα:

1. Αρχικά, εξάγονται από το PV_output_vector όλα τα ενδιαφέροντα-αντιπροσωπευτικά πολύγωνα (τμήματα οροφών), σύμφωνα με την κρίση του φωτοερμηνευτή
2. Στην συνέχεια απομονώνεται το κάθε ένα πολύγωνο και εξετάζεται μόνο του (1^{ος} βρόγχος).
3. Το πολύγωνο που εξετάζεται στρέφεται για να αποκτήσει Νότιο προσανατολισμό, ώστε να διευκολυνθούν οι πράξεις για τον προσδιορισμό των ΦΒ που μπορούν να μπου στην επιφάνεια
4. Το σχήμα του ΦΒ πλαισίου, που έχει επιλεγεί, μεταβάλλεται και αποκτά τις διαστάσεις που θα είχε, βλέποντάς το από την άποψη (σε συνάρτηση με την κλίση της οροφής).
5. Ορίζεται ένα βήμα, σε επίπεδη επιφάνεια, για τις διαφορετικές αποστάσεις που θα εξεταστούν κατά την τοποθέτηση των γραμμών ΦΒ πλαισίων
6. Υπολογίζεται ο αριθμός των πιθανών γραμμών ΦΒ, οι οποίες μπορούν να μπου στην οροφή για κάθε βήμα πάνω-κάτω (2^{ος} βρόγχος)
7. Για κάθε πιθανή γραμμή (3^{ος} βρόγχος) σχεδιάζεται ένα σύνολο vectors που περιγράφει την διάταξη των ΦΒ πλαισίων σε αυτή την γραμμή.
8. Το σύνολο των vectors περιέχει κάθε πιθανό βήμα αριστερά-δεξιά (4^{ος} βρόγχος) για την κάθε εξεταζόμενη γραμμή
9. Μετά, το τέλος του βρόγχου για τα πιθανά βήματα αριστερά-δεξιά (4^{ος} βρόγχος), υπολογίζεται ο μέγιστος αριθμός ΦΒ πλαισίων που μπορούν να τοποθετηθούν σε κάθε γραμμή
10. Σε κάθε πέρασμα του βρόγχου για τις πιθανές γραμμές, σε σχέση με ένα βήμα πάνω-κάτω, (3^{ος} βρόγχος) υπολογίζεται το άθροισμα των ΦΒ για την συγκεκριμένη διάταξη πλαισίων.
11. Στο τέλος του βρόγχου για τα πιθανά βήματα πάνω-κάτω (2^{ος} βρόγχος) υπολογίζεται ο μέγιστος αριθμός ΦΒ που μπορούν να εγκατασταθούν στην οροφή

Το πρόγραμμα είναι σχεδιασμένο να τρέχει 2 φορές. Μία για την οριζόντια τοποθέτηση ΦΒ και μία για την κάθετη. Για να υλοποιηθεί χρησιμοποιεί μία σειρά έτοιμων modules του GRASS GIS: **v.extract, v.db.select, v.db.addcolumn, v.transform, v.db.update, v.mkgrid, v.overlay, v.to.db.**

Επίσης, το πρόγραμμα σχεδιάστηκε σε 2 εκδοχές. Η πρώτη, απλά, υπολογίζει τον μέγιστο αριθμό ΦΒ για κάθε επιφάνεια και ενσωματώνει το αποτέλεσμα σε μία στήλη του πίνακα περιεχομένων. Αυτή η εκδοχή είναι και η πιο γρήγορη. Η δεύτερη εκδοχή σχεδιάζει κάθε αρχείο vector που δημιουργείται με αποτέλεσμα στο τέλος να παρέχει την εικόνα της διάταξης των ΦΒ

πλαισίων πάνω στην οροφή. Αν και η δεύτερη εκδοχή είναι πιο αργή, ήταν αναγκαίο να υλοποιηθεί για την επιβεβαίωση της ορθότητας του αλγορίθμου, οπτικά. Επιπρόσθετα, **αυτή η δεύτερη εκδοχή αποτελεί ένα πρόγραμμα open source, στο GRASS GIS για τον σχεδιασμό της διάταξης ΦΒ σε οποιαδήποτε οροφή!**

```

#!/usr/bin/env python
import grass.script as gscript

import math

import time

def main():
    #request of width and height of PV panel
    c1=True
    while c1:
        try:
            w=input("Insert Width of PV Panel as float IN METERS (or \"exit\" with quotes to leave after second insertion): ")
            h=input("Insert Height of PV Panel as float IN METERS (or \"exit\" with quotes to leave): ")
        except:
            print "Inserts are not assigned with Python types"
            continue
        if (type(w) is float) and (type(h) is float):
            print "ok!"
            break
        elif (w=="exit") or (h=="exit"):
            print "Goodbye"
            return None
        else:
            print "Inserts are not floats"
            #if Interesting Vector already exists, programm asks if user want to append new column for another arrangement of Panels
            mode=0
            print "Insert \"1\" if Vector with interesting-selected Features already exists and you want to append"+
                "new column for another arrangement of Panels"
            print "Else insert \"exit\" to leave or anything to continue"
            mod=raw_input("Mode: ")
            if mod=="exit":
                print "Goodbye"
                return None
            try:
                int_mod=int(mod)
                if int_mod==1:
                    mode=1
                    print "A new column will be appended"
                else:
                    print "A new Vector will be created"
            except:
                print "A new Vector will be created"
            #request of features to extract
            if mode==0:
                c2=True
                while c2:
                    inp=raw_input("Insert categories (cat) of Interesting Features, SEPARATED WITH COMMA, "+
                        "to extract from vector map of Solar Irradiation(or \"exit\" somewhere to leave): ")
                    if "exit" in inp:
                        print "Goodbye"
                        return None
                    l_inp=inp.split(",")
                    for cat in l_inp:
                        try:
                            cat=float(cat)
                            if cat==float(l_inp[-1]):
                                c2=False
                        except:
                            c2=True
                            print "Not valid \"cat\" numbers, try again!"
                    break
            else:
                inp=""
            #request of a reminder
            print "Panels can be istalled vertical or horizontal"
            reminder=raw_input("Enter a name to remind you, which case are you examining (or \"exit\" somewhere to leave): ")
            if "exit" in reminder:
                print "Goodbye"
                return None

            print "Width of PV Panel = {}".format(w)
            print "Height of PV Panel = {}".format(h)
            print "List of Feature: {}".format(inp)
            print "Reminder is: {}".format(reminder)
            print "Mode is: {}".format(mode)

            #set right region
            st_time=time.time()
            gscript.run_command("g.region", vector="PV_output_vector@PERMANENT")
            gscript.run_command("g.region", flags='p')

            #extract interesting objects "PV_output_vector@PERMANENT"
            if mode==0:
                s=inp
                gscript.run_command("v.extract", input="PV_output_vector@PERMANENT", cats=s,
                    output="Interesting", overwrite=True)

```

συνέχεια...

Εικόνα 277: 1^ο μέρος – 1^η εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού Αριθμού ΦΒ σε Τμήματα Οροσών

```

#read categories ("cat") in Interesting@PERMANENT
s=gscript.read_command("v.db.select", map="Interesting@PERMANENT", columns="cat", flags="c")
l=s.split()
#FIND NUMBER OF PV PANELS IN EACH ROOF PART
#EXAMINES EACH ROOF
col_s="Panels "+remainder+" INTEGER"
gscript.run_command("v.db.addcolumn", map="Interesting@PERMANENT",
                    columns=col_s)
for i in l:
    st_time_i=time.time()
    w_i=w #Initial Width
    h_i=h #Initial Height
    print "NEXT FEATURE: {} {}".format(i)
    print "Initial Width: {} Height: {}".format(w_i,h_i)
    s="cat = {}".format(i)
    #extraction of each feature
    gscript.run_command("v.extract", input="Interesting@PERMANENT", where=s,
                        output="fea", overwrite=True)
    print "Feature {} has been extracted".format(i)
    #examines if it is flat or if it is inclined roof part
    f_s=gscript.read_command("v.db.select", map="fea@PERMANENT",
                            columns="flat_sloping_average", flags="c")
    f_s=f_s.replace('\n', '').replace('\r', '')
    #Calculate new height as it is seen from airplane images
    #projection of real height
    if f_s=="123":
        slope=gscript.read_command("v.db.select", map="fea@PERMANENT",
                                columns="slope_average", flags="c")
        slope=slope.replace('\n', '').replace('\r', '')
        slope=float(slope)
        h_i=(math.cos(math.radians(slope)))*h_i
        print "Feature {} is inclined".format(i)
    else:
        slope=35.0
        h_i=(math.cos(math.radians(slope)))*h_i
        print "Feature {} is flat".format(i)
    #rotation of feature with v.transform (counter-clockwise)
    aspect=gscript.read_command("v.db.select", map="fea@PERMANENT",
                                columns="aspect_average", flags="c")
    aspect=aspect.replace('\n', '').replace('\r', '')
    aspect=float(aspect)
    if aspect<=270.0:
        rot=270.0-aspect
    else:
        rot=360.0+270.0-aspect
    print "Rotation by {} degrees counter-clockwise".format(rot)
    gscript.run_command("v.transform", input="fea@PERMANENT", output="fea_rot",
                        zrotation=rot, overwrite=True)
    print "Feature {} is now facing South".format(i)
    #set region from rotated feature and take north, south, west, east coordinates
    gscript.run_command("g.region", vector="fea_rot@PERMANENT")
    reg=gscript.parse_command("g.region", flags='g')
    north=float(reg["n"])
    south=float(reg["s"])
    west=float(reg["w"])
    east=float(reg["e"])
    #Examine the case in which not even a single PV Panel can be installed
    if ((north-south)<h_i) or ((east-west)<w_i):
        max_pv_on_roof=0
        col_s="Panels "+remainder
        gscript.run_command("v.db.update", map="Interesting@PERMANENT",
                            layer=1, column=col_s, value=max_panels_on_roof,
                            where=s)
        print "END OF PROCESS FOR FEATURE {}".format(i)
        continue
    #step IN METERS ON HORIZONTAL PLANE
    step=0.2
    #calculation of up-down step
    if f_s=="123":
        step_ud=step*(math.cos(math.radians(slope)))
    else:
        step_ud=step
    print "Up-Down step is 0.2 on horizontal plane and {} in examined roof".format(step_ud)
    #calculation of left-right step
    step_lr=step
    print "Left-Right step is 0.2 on horizontal plane and {} in examined roof".format(step_lr)
    #number of different up-down steps
    #To reduce possibly cases we assume that h is divided exactly by step
    #if we don't do this assumption, we will have a very big amount of computations
    #As a result, we take an approximation of PV panels which can be installed on a roof
    #In case step_ud is bigger than height, then we examine only 1 step
    if (step_ud>h_i):
        ud_steps_panel=1
        print "Up-Down step for feature {} is bigger than height {}, so only 1 step".format(i, h_i)
    else:
        ud_steps_panel= int(round(h_i/step_ud))
        print "Up-Down steps for feature {} are {}".format(i, ud_steps_panel)
    #number of different left-right steps
    #in the same way as before
    if (step_lr>w_i):

```

Συνέχεια...

Εικόνα 278: 2^ο μέρος – 1^η εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού Αριθμού ΦΒ σε Τμήματα Οροφών

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας, η 1^η εκδοχή του προγράμματος επιλέχθηκε να τρέξει σε 10 τμήματα οροφών. Τα τμήματα οροφών επιλέχθηκαν με βασικό κριτήριο το μέγεθός τους, ώστε να ελεγχθούν μικρές, μεσαίες και μεγάλες επιφάνειες στην περιοχή μελέτης. Το βήμα σε επίπεδη οροφή ορίστηκε στα 20cm και οι διατάξεις του ΦΒ θεωρήθηκε ότι διαιρούνται τέλεια από το βήμα, για να μειωθεί ο όγκος των υπολογισμών. Ο χρόνος που χρειάστηκε ο αλγόριθμος ήταν περίπου 338minutes για την κάθετη τοποθέτηση των LX-280M και 543minutes για την οριζόντια τοποθέτηση των LX-280M. Αυτή η διαφορά στους χρόνους εφαρμογής εμφανίζεται γιατί, τα σχήματα των τμημάτων οροφών έχουν συνήθως μεγαλύτερο μήκος από ύψος (πλάτος).

Τα αποτελέσματα σε αυτό τον μικρό αριθμό κτηρίων έδειξαν ότι στα μικρά τμήματα οροφών μέχρι περίπου 40m², ένα μεγάλο μέρος της επιφάνειας κοντά στο 50% δεν είναι αξιοποιήσιμο. Στις μεσαίες οροφές περίπου από 100m² έως 200m² το εμβαδό που χάνεται είναι κοντά στο 20-30% και στις μεγάλες οροφές το εμβαδό που δεν είναι εκμεταλλεύσιμο είναι μικρότερο από 20%. Άρα, όσο μεγαλύτερο είναι το κτήριο, πέρα από το γεγονός ότι συλλέγει λόγω εμβαδού μεγαλύτερη ενέργεια, το εμβαδό του είναι και πιο αξιοποιήσιμο. Ακόμα, η οριζόντια τοποθέτηση των LX-280M, φάνηκε πιο αποδοτική στο 90% των περιπτώσεων.

| cat | sun_en... | pv_out... | area_sl... | pv_output_per... | aspect... | slope... | flat_slo... | rsky... | Panels_vertical | Panels_horizontal | Panels_area_percent |
|------|-----------------|----------------|----------------|------------------|---------------|---------------|-------------|---------------|-----------------|-------------------|---------------------|
| 5832 | 18672.741313... | 2239.560840... | 15.66857000... | 142.93332700389 | 208.246477... | 41.4175133... | 123 | 1191732.32... | 5 | 4 | 0.519153049374542 |
| 6030 | 52180.335771... | 6258.376029... | 36.62323766... | 170.885383940316 | 270 | 35 | 128 | 1424787.62... | 14 | 16 | 0.710753108166866 |
| 1988 | 59183.017129... | 7098.259722... | 41.81152966... | 169.767998918297 | 270 | 35 | 128 | 1415471.22... | 12 | 14 | 0.54473778363154 |
| 4176 | 113518.19963... | 13615.08255... | 90.33240019... | 150.722028077346 | 206.148355... | 57.5267415... | 123 | 1256672.01... | 37 | 38 | 0.684377254063966 |
| 3122 | 192918.58240... | 23138.16141... | 141.2373848... | 163.824623567677 | 284.220650... | 58.5220407... | 123 | 1365917.26... | 58 | 60 | 0.691125795565418 |
| 1649 | 121000.68146 | 14512.51229... | 162.8028664... | 89.1416263730885 | 106.745362... | 57.6975410... | 123 | 743234.342... | 72 | 76 | 0.759463777803743 |
| 6474 | 227647.53862... | 27303.46360... | 184.9249708... | 147.646169593032 | 200.052291... | 57.1724899... | 123 | 1231026.49... | 69 | 70 | 0.615825972419114 |
| 3615 | 245888.48552 | 29491.23613... | 212.7974143... | 138.588319890398 | 190.359608... | 58.7952178... | 123 | 1155505.04... | 105 | 106 | 0.810391801640641 |
| 1891 | 1034265.3479 | 124047.1408... | 1393.348672... | 89.0280683844931 | 105.230939... | 63.7964066... | 123 | 742287.532... | 683 | 688 | 0.803311807325911 |
| 6195 | 12612084.673... | 1512661.182... | 8964.758192... | 168.734186664728 | 270 | 35 | 128 | 1406851.62... | 5332 | 5350 | 0.970891552570262 |

ερώτηση SQL
 Anλή | Builder
 SELECT * FROM Interesting WHERE cat =
 Εφαρμογή

Browse data | Manage tables | Manage layers

Καθαρισμός | Ανανέωση | Κλείσιμο

Αριθμών φορτωμένων εγγραφών: 10

Εικόνα 280: Πίνακας Χαρακτηριστικών για τα 10 Τμήματα Οροφών που προσδιορίστηκε ο αριθμός ΦΒ πλαισίων

Η 2^η εκδοχή του προγράμματος έτρεξε μόνο στο τμήμα οροφής με αριθμό 1988 και μόνο για κάθετη τοποθέτηση των LX-280M.

```

#!/usr/bin/env python

import grass.script as gscript
import math
import time
import numpy as np

def main():
    print "THIS PROGRAMM ILLUSTRATES PV PANELS ARRANGEMENT ON A ROOF"
    print "-----"
    #request of width and height of PV panel
    c1=True
    while c1:
        try:
            w=input("Insert Width of PV Panel as float IN METERS (or \"exit\" with quotes to leave"+
                    " after second insertion): ")
            h=input("Insert Height of PV Panel as float IN METERS (or \"exit\" with quotes to leave): ")
        except:
            print "Inserts are not assigned with Python types"
            continue
        if (type(w) is float) and (type(h) is float) and (w>0) and (h>0):
            print "ok!"
            break
        elif (w=="exit") or (h=="exit"):
            print "Goodbye"
            return None
        else:
            print "Inserts are not positive floats"
            #if Interesting Vector allready exists, programm asks if user want to append
            #new column for another arrangement of Panels
            mode=0
            print "Insert \"1\" if Vector with interesting-selected Features allready exists and"+
                    " you want to append new column for another arrangement of Panels"
            print "Else insert \"exit\" to leave or anything to continue"
            mod=raw_input("Mode: ")
            if mod=="exit":
                print "Goodbye"
                return None
            try:
                int_mod=int(mod)
                if int_mod==1:
                    mode=1
                    print "A new column will be appended"
                else:
                    print "A new Vector will be created"
            except:
                print "A new Vector will be created"
            #request of features to extract
            if mode==0:
                c2=True
                while c2:
                    inp=raw_input("Insert categories (cat) of Interesting Features, "+
                                "SEPARATED WITH COMMA, to extract from vector map of Solar Irradiation(or \"exit\" somewhere to leave): ")
                    if "exit" in inp:
                        print "Goodbye"
                        return None
                    l_inp=inp.split(",")
                    for cat in l_inp:
                        try:
                            cat=float(cat)
                            if cat==float(l_inp[-1]):
                                c2=False
                        except:
                            c2=True
                            print "Not valid \"cat\" numbers, try again!"
                    break
            else:
                inp=""
            #request of a reminder
            print "Panels can be istalled vertical or horizontal"
            reminder=raw_input("Enter a name to remind you, which case are you examining"+
                               "(or \"exit\" somewhere to leave): ")
            if "exit" in reminder:
                print "Goodbye"
                return None
            print "Width of PV Panel = {}".format(w)
            print "Height of PV Panel = {}".format(h)
            print "List of Feature: {}".format(inp)
            print "Reminder is: {}".format(reminder)
            print "Mode is: {}".format(mode)
            #set right region
            st_time=time.time()
            gscript.run_command("g.region", vector="PV_output_vector@PERMANENT")
            gscript.run_command("g.region", flags='p')
            #Extraction of Interesting Vector Features
            if mode==0:
                s=inp
                Interesting="Interesting_graph"
                gscript.run_command("v.extract", input="PV_output_vector@PERMANENT", cats=s,
                                    output=Interesting, overwrite=True)

```

συνέχεια...

Εικόνα 281: 1^ο μέρος – 2^η εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού (και σχεδιασμού) Αριθμού ΦΒ σε Τιήματα Οροφών

```

#read categories ("cat") in Interesting@PERMANENT
Interesting=Interesting+"@PERMANENT"
s=gscript.read_command("v.db.select", map=Interesting, columns="cat", flag="c")
l=s.split()
#FIND NUMBER OF PV PANELS IN EACH ROOF PART
#EXAMINES EACH ROOF
col_s="Panels "+remainder+ " INTEGER"
gscript.run_command("v.db.addcolumn", map=Interesting, columns=col_s)
for i in l:
    st_time_i=time.time()
    w_i=w #Initial Width
    h_i=h #Initial Height
    print "NEXT FEATURE: {} {}".format(i)
    print "Initial Width: {} Height: {}".format(w_i,h_i)
    s="cat = {}".format(i)
    fea="fea_graph {}".format(i)
    #extraction of each feature
    gscript.run_command("v.extract", input=Interesting, where=s,
        output=fea, overwrite=True)
    print "Feature {} has been extracted".format(i)
    #examines if it is flat or if it is inclined roof part
    fea=fea+"@PERMANENT"
    f_s=gscript.read_command("v.db.select", map=fea,
        columns="flat_sloping_average", flags="c")
    f_s=f_s.replace('\n', '').replace('\r', '')
    #Calculate new height as it is seen from airplane images
    #projection of real height
    if f_s=="123":
        slope=gscript.read_command("v.db.select", map=fea,
            columns="slope_average", flags="c")
        slope=slope.replace('\n', '').replace('\r', '')
        slope=float(slope)
        h_i=(math.cos(math.radians(slope)))*h_i
        print "Feature {} is inclined".format(i)
    else:
        slope=35.0
        h_i=(math.cos(math.radians(slope)))*h_i
        print "Feature {} is flat".format(i)
    #rotation of feature with v.transform (counter-clockwise)
    aspect=gscript.read_command("v.db.select", map=fea,
        columns="aspect_average", flags="c")
    aspect=aspect.replace('\n', '').replace('\r', '')
    aspect=float(aspect)
    if aspect<=270.0:
        rot=270.0-aspect
    else:
        rot=360.0+270.0-aspect
    print "Rotation by {} degrees counter-clockwise".format(rot)
    fea_rot="fea_rot_graph {}".format(i)
    gscript.run_command("v.transform", input=fea, output=fea_rot,
        zrotation=rot, overwrite=True)
    print "Feature {} is now facing South".format(i)
    #set region from rotated feature and take north, south, west, east coordinates
    fea_rot=fea_rot+"@PERMANENT"
    gscript.run_command("g.region", vector=fea_rot)
    reg=gscript.parse_command("g.region", flags='g')
    north=float(reg["n"])
    south=float(reg["s"])
    west=float(reg["w"])
    east=float(reg["e"])
    #Examine the case in which not even a single PV Panel can be installed
    if ((north-south)<h_i) or ((east-west)<w_i):
        max_pv_on_roof=0
        col_s="Panels "+remainder
        gscript.run_command("v.db.update", map=Interesting,
            layer=1, column=col_s, value=max_panels_on_roof,
            where=s)
        print "END OF PROCESS FOR FEATURE {}".format(i)
        continue
    #step IN METERS ON HORIZONTAL PLANE
    step=0.2
    #calculation of up-down step
    if f_s=="123":
        step_ud=step*(math.cos(math.radians(slope)))
    else:
        step_ud=step
    print "Up-Down step is 0.2 on horizontal plane and {} in examined roof".format(step_ud)
    #calculation of left-right step
    step_lr=step
    print "Left-Right step is 0.2 on horizontal plane and {} in examined roof".format(step_lr)
    #number of different up-down steps
    #To reduce possibly cases we assume that h is divided exactly by step
    #if we don't do this assumption, we will have a very big amount of computations
    #As a result, we take an approximation of PV panels whic can be installed on a roof
    #In case step_ud is bigger than height, then we examine only 1 step
    if (step_ud>h_i):
        ud_steps_panel=1
        print "Up-Down step for fetaure {} is bigger than height {}, so only 1 step".format(i, h_i)
    else:
        ud_steps_panel= int(round(h_i/step_ud))
        print "Up-Down steps for fetaure {} are {}".format(i, ud_steps_panel)

```

συνέχεια...

Εικόνα 282: 2^ο μέρος – 2^η εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού (και σχεδιασμού) Αριθμού ΦΒ σε Τιήιατα Οροφών


```

#end of loop for a roof
print "Maximum Number of Panels on roof {} is {}".format(i,max_panels_on_roof)
col_s="Panels "+reminder
gscript.run_command("v.db.update", map=Interesting,
                    layer=1, column=col_s, value=max_panels_on_roof,
                    where=s)
#create vector with best arrangement of PV Panels
if max_panels_on_roof>0: #creation of vector only if panels can be installed in roof
    l_intersections=[]
    print d_arrays
    print "Best index for udstep = {}".format(best_index_for_ustep)
    for r, lr_s in d_arrays[best_index_for_ustep].items():
        if (lr_s != -1): #examine row only if panels can be installed in this row
            s_inter="String_Feature_intersection_fea{}_ud{}_lr{}_string{}@PERMANENT".format(i,
                                                best_index_for_ustep, lr_s, r)
            l_intersections.append(s_inter)
    print "List with Best Strings is: {}".format(l_intersections)
    for z in range(0,len(l_intersections)):
        if (len(l_intersections)<=2):
            if (z==0) and (len(l_intersections)==1):
                s_copy=l_intersections[z]+"_Best_Strings_Arrangement_fea{}".format(i)
                s_out="Best_Strings_Arrangement_fea{}".format(i)
                gscript.run_command("g.copy",vector=s_copy)
            if (z==0) and (len(l_intersections)==2):
                s_out="Best_Strings_Arrangement_fea{}".format(i)
                gscript.run_command("v.overlay", ainput=l_intersections[z],
                                    binput=l_intersections[z+1],
                                    operator="or",output=s_out,
                                    olayer="1,0,0",
                                    overwrite=True)
            else:
                if (z==0):
                    s_out="Strings_union_fea{}_ud{}_1".format(i,best_index_for_ustep)
                    gscript.run_command("v.overlay", ainput=l_intersections[z],
                                        binput=l_intersections[z+1],
                                        operator="or",output=s_out,
                                        olayer="1,0,0",
                                        overwrite=True)
                    elif (z>1) and (z<(len(l_intersections)-1)):
                        s_in=s_out+"@PERMANENT"
                        s_out="Strings_union_fea{}_ud{}_{}".format(i,best_index_for_ustep, z)
                        gscript.run_command("v.overlay", ainput=s_in,
                                            binput=l_intersections[z],
                                            operator="or",output=s_out,
                                            olayer="1,0,0",
                                            overwrite=True)
                    elif z==(len(l_intersections)-1):
                        s_in=s_out+"@PERMANENT"
                        s_out="Best_Strings_Arrangement_fea{}".format(i)
                        gscript.run_command("v.overlay", ainput=s_in,
                                            binput=l_intersections[z],
                                            operator="or",output=s_out,
                                            olayer="1,0,0",
                                            overwrite=True)
                #Create column with area per polygon
                s_in=s_out+"@PERMANENT"
                gscript.run_command("v.db.addcolumn", map=s_in,
                                    columns="Area DOUBLE PRECISION")
                gscript.run_command("v.to.db", map=s_in, option="area", columns="Area")
                #Extract only panels
                s_in=s_out+"@PERMANENT"
                s_out="Best_PV_Arrangement_fea{}".format(i)
                lim_high=str(ind_area+0.00001)
                lim_low=str(ind_area-0.00001)
                whe="Area<{} and Area>{}".format(lim_high, lim_low)
                gscript.run_command("v.extract", input=s_in, where=whe,
                                    output=s_out, overwrite=True)
            print "END OF PROCESS FOR FEATURE {}".format(i)
            fea_time=time.time()
            dur=(fea_time-st_time_i)/60.0
            print "Needed Time for Feature, in minutes: {}".format(dur)
#end of loop for all interesting roofs
print "END OF WHOLE PROCESS"
end_time=time.time()
dur=(end_time-st_time)/60.0
print "Total Time, in minutes: {}".format(dur)

if __name__ == '__main__':
    main()

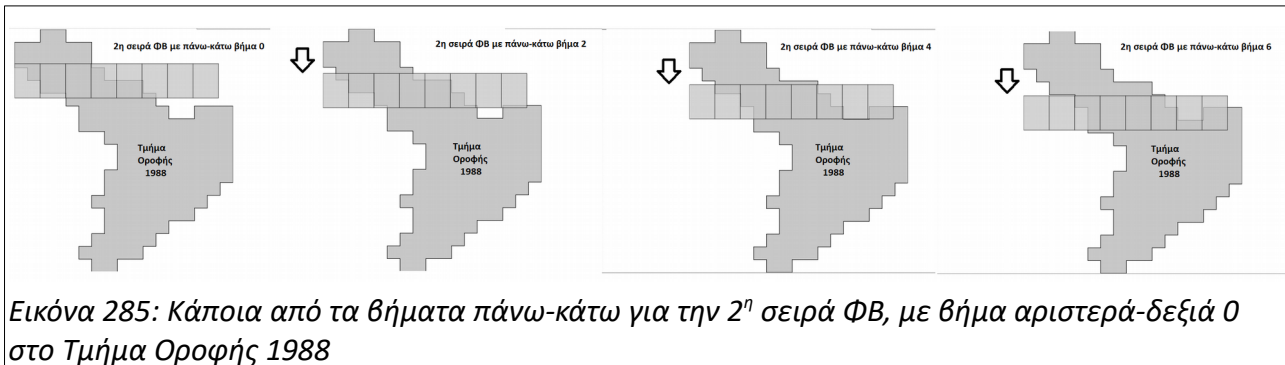
```

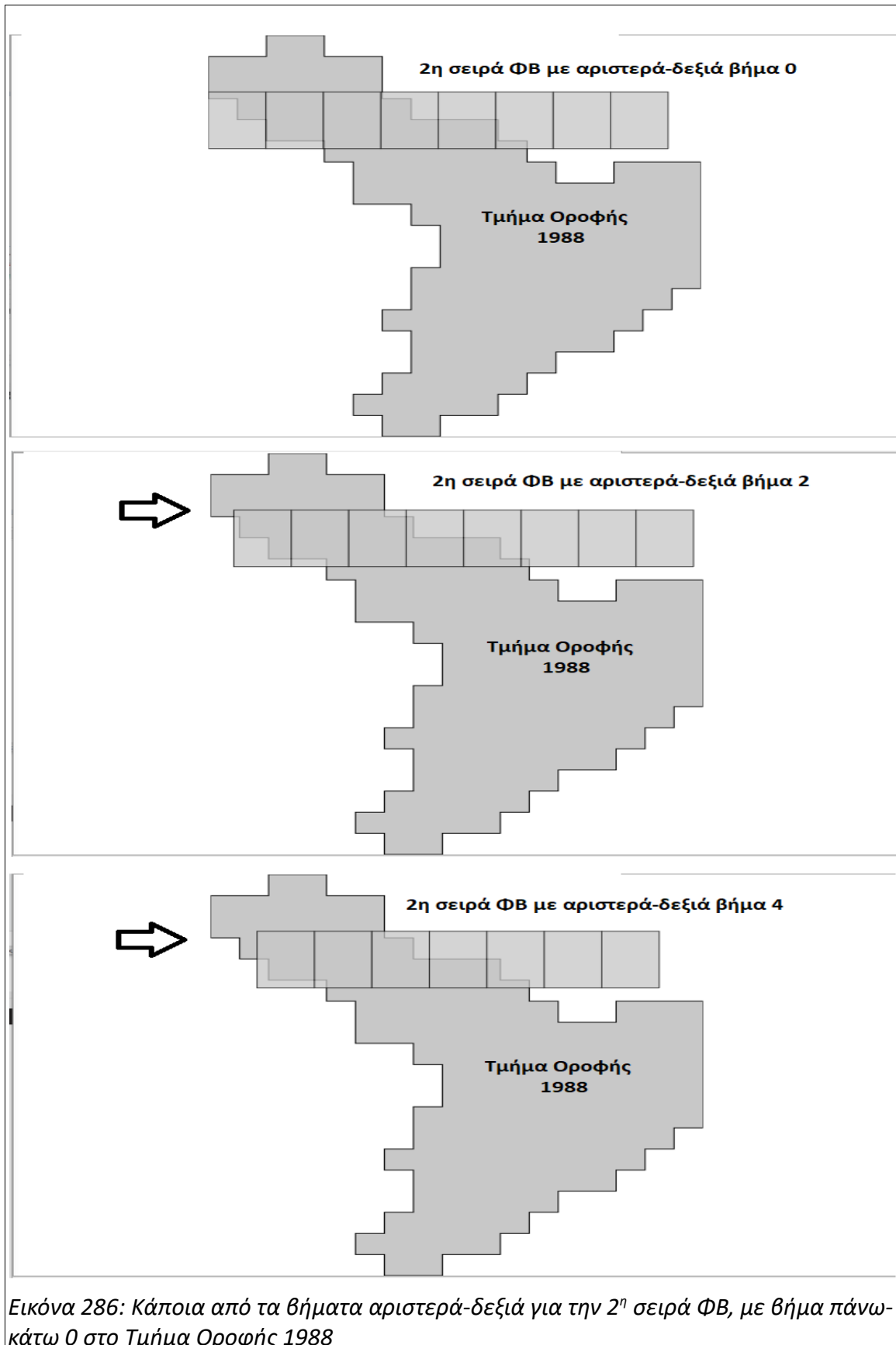
τέλος

Εικόνα 284: 4^ο μέρος – 2^η εκδοχής - Προγράμματος Προσδιορισμού (και σχεδιασμού) Αριθμού ΦΒ σε Τιμήατα Οροφών

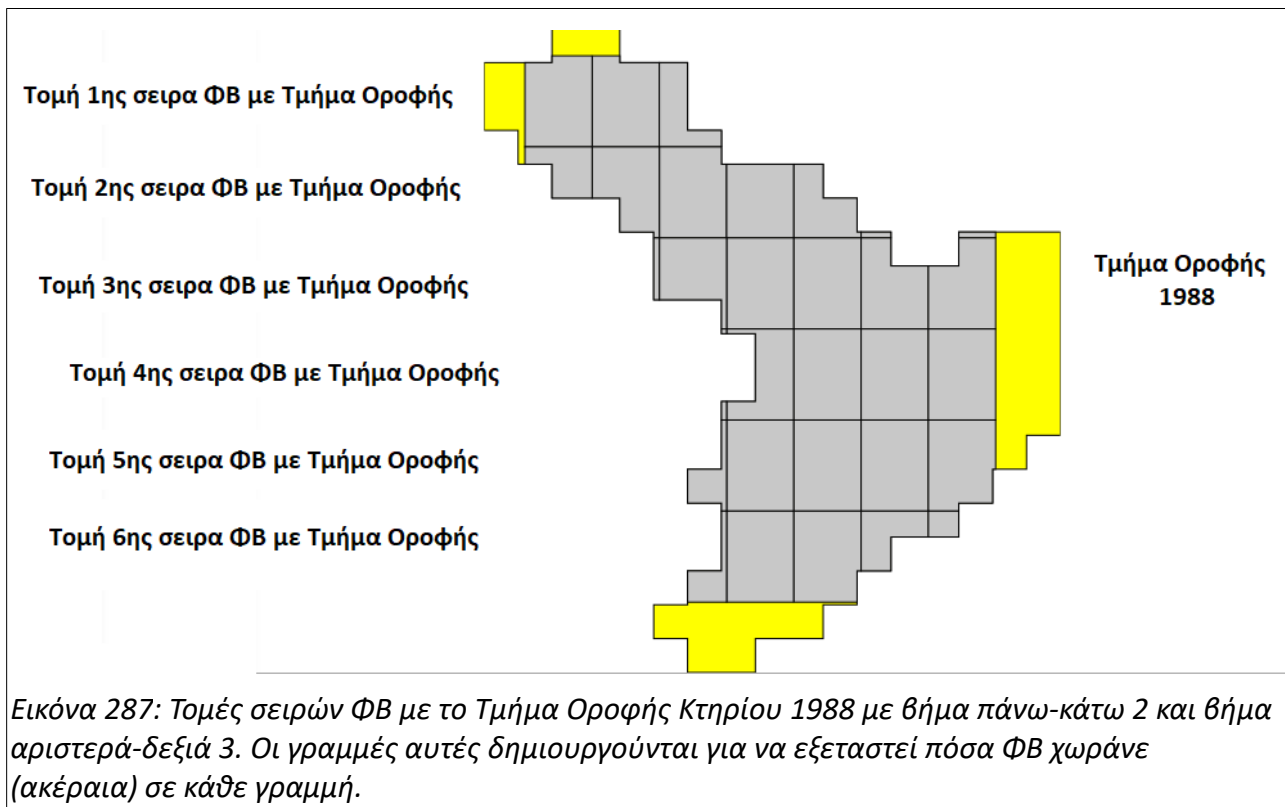
Το feature 1988 είναι επίπεδο τμήμα οροφής, οπότε δεν χρειάστηκε περιστροφή γιατί, ο προσανατολισμός των ΦΒ πλαισίων είχε ήδη οριστεί, από την προηγούμενη ανάλυση, να είναι

Νότιος. Στο συγκεκριμένο πολύγωνο, που η κλίση των ΦΒ πάνελς ήταν 35° και η κλίση του κτηρίου οριζόντια, μπορούσαν να εξεταστούν το πολύ 7 βήματα πάνω-κάτω και το πολύ 5 βήματα αριστερά-δεξιά. Στο πρώτο πάνω κάτω βήμα χωρούσαν 7 γραμμές ΦΒ, ενώ στα υπόλοιπα 6 γραμμές. Οπότε, σχηματίστηκαν 215 vectors που κάθε ένα περιέγραφε μία πιθανή γραμμή ΦΒ πλαισίων και ελέγχθηκε για κάθε ένα από αυτά πόσα πάνελς εντάσσονται στην οροφή.





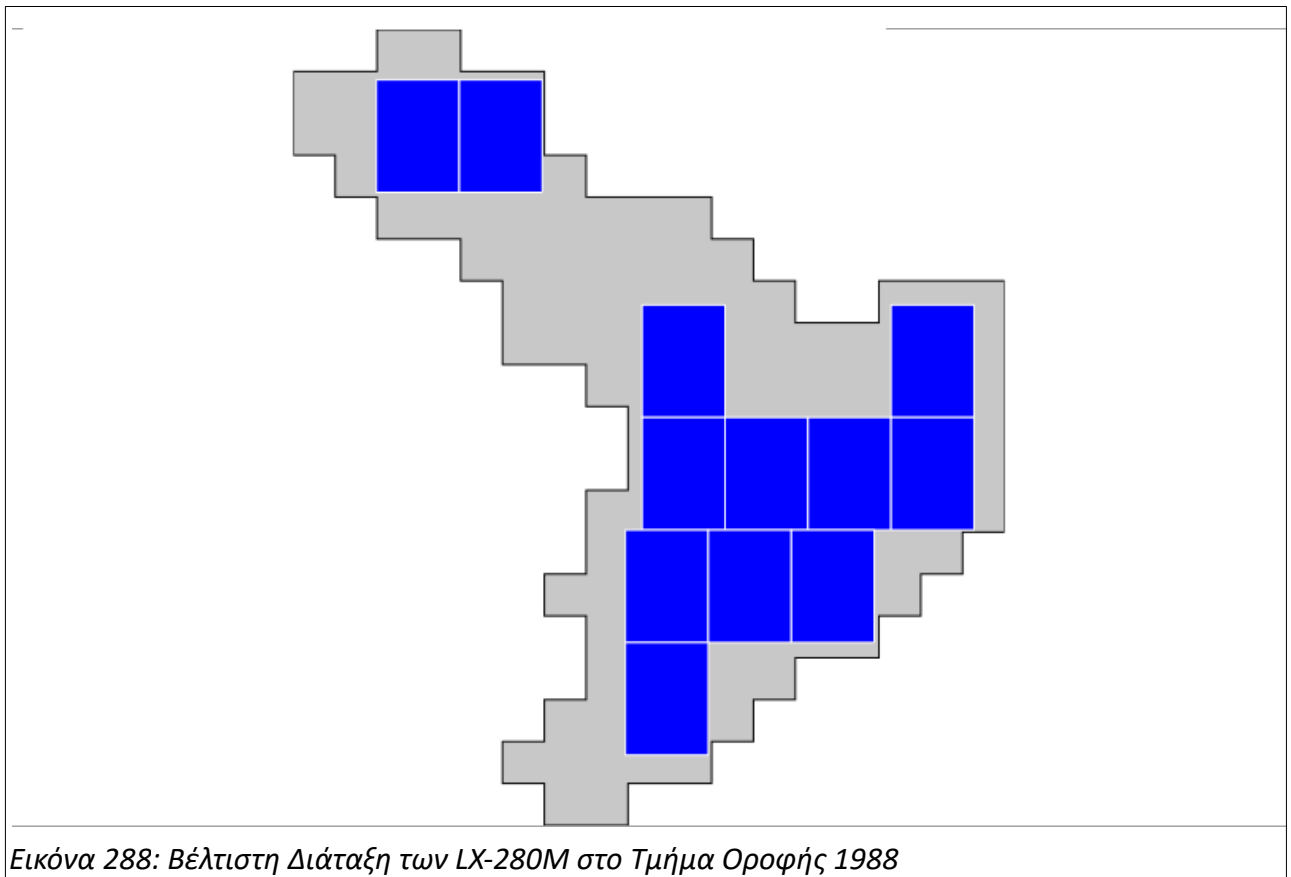
Εικόνα 286: Κάποια από τα βήματα αριστερά-δεξιά για την 2^η σειρά ΦΒ, με βήμα πάνω-κάτω 0 στο Τμήμα Οροφής 1988



Μετά την εξέταση όλων των πιθανών σειρών ΦΒ, το βέλτιστο βήμα πάνω-κάτω ορίστηκε στο 3, δηλαδή 80cm πιο χαμηλά από το βορειότερο σημείο του τμήματος οροφής 1988. Συνολικά, στην επιφάνεια του τμήματος οροφής μπορούσαν να μπουν 6 σειρές, αλλά η 2^η σειρά δεν μπορούσε να έχει ΦΒ πλαίσια.

| Βέλτιστη Διάταξη ΦΒ στο 1988 | |
|------------------------------|------------------------------|
| Βέλτιστο Βήμα πάνω- κάτω | 3 |
| Σειρά ΦΒ πλαισίων | Βέλτιστο Βήμα αριστερά-δεξιά |
| 1 | 0 |
| 2 | Τίποτα |
| 3 | 1 |
| 4 | 1 |
| 5 | 0 |
| 6 | 0 |

Πίνακας 48: Βέλτιστη Διάταξη ΦΒ πλαισίων στο Τμήμα Οροφής 1988



4.6.4.6 Αποτελέσματα – Παραγόμενα Vector αρχεία

Τα τελικά εξαγόμενα αυτής της ενότητας και όλης της εργασίας είναι τα vector αρχεία:

- “PV_output_vector”, το οποίο δίνει μία σειρά πληροφοριών για όλα τα τμήματα οροφών, μέσα στις οποίες είναι το συνολικό ποσό και το ποσό ανά m^2 της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει σε κάθε τμήμα οροφής, καθώς και το συνολικό ποσό και το ποσό ανά m^2 της παραγόμενης ενέργειας από ΦΒ σε σε κάθε τμήμα οροφής.
- “Interesting”, το οποίο περιέχει τα αντιπροσωπευτικά κατά τον ερευνητή τμήματα οροφών, δίνοντας πληροφορίες για των αριθμό των ΦΒ πάνελς που μπορούν να τοποθετηθούν σε οριζόντια ή κάθετη διάταξη και για το ποσοστό του “ωφέλιμου” εμβαδού σε κάθε αντιπροσωπευτική επιφάνεια οροφής.

5 Συμπεράσματα - Προοπτικές

5.1 Συμπεράσματα

Από χρηστική άποψη, τα εξαγόμενα αυτής της εργασίας δίνουν την δυνατότητα:

- προσδιορισμού του συνολικού δυναμικού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, από ΦΒ σε μία πόλη,
- προσδιορισμού του δυναμικού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, από ΦΒ, ανά m^2 , σε κάθε οροφή,
- αναζήτησης των καλύτερων τμημάτων οροφών για την εγκατάσταση ΦΒ, σε μία περιοχή

Επομένως, μπορούν να τροφοδοτήσουν με πληροφορία τόσο κέντρα λήψης πολιτικών αποφάσεων, όσο και μεμονωμένα άτομα. Πιο συγκεκριμένα, οι σχεδιαστές της περιβαλλοντικής και ενεργειακής πολιτικής, μπορούν να εντοπίσουν τις πόλεις και τα κτήρια με το μεγαλύτερο φωτοβολταϊκό δυναμικό και να δράσουν αναλόγως. Από την άλλη, επενδυτές σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μπορούν να εντοπίσουν τα πιο ενδιαφέροντα κτήρια και ιδιώτες μπορούν να αντιληφθούν την αξία των ακινήτων τους, στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τρόπο πιο φιλικό για το περιβάλλον, από την χρήση ορυκτών καυσίμων.

Αυτή η παροχή πληροφοριών, θα μπορούσε να οδηγήσει στην καλύτερη κατανόηση των ικανοτήτων παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ και να συνδράμει στην επίλυση των σημαντικών περιβαλλοντικών προβλημάτων, όπως η Κλιματική Αλλαγή που κυρίως οφείλονται στο συμβατικό μοντέλο παραγωγής ενέργειας. Η αναζήτηση λύσεων σε περιβαλλοντικά ζητήματα είναι μείζων θέμα στην διεθνή πολιτική σκηνή και οι συσχετισμοί των πολιτικών θέσεων μεταβάλλονται από τις εξελίξεις στο επιστημονικό και τεχνολογικό πεδίο.

Παράλληλα, η μέθοδος που εφαρμόζεται στην εργασία, με μικρές μεταβολές, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της ενεργειακής αυτονομίας περιοχών. Οι αλλαγές που θα χρειαζόνταν, όσον αφορά στην ενέργεια από ΦΒ, θα ήταν περιορισμένες και θα αφορούσαν στην εξέταση των τοπικών δικτύων ηλεκτροδότησης. Αυτή η προοπτική έχει μεγάλη σημασία για την Ελλάδα με την έντονη ηλιοφάνεια, τα πολλά νησιά, τα πολλά μικρά ορεινά χωριά και την μεγάλη εισαγωγή καυσίμων.

Από επιστημονικής πλευράς, στην μελέτη επιχειρήθηκε:

- Να δοθεί μία καλύτερη εκτίμηση της παραγόμενης ενέργειας από ΦΒ, σε σχέση με την απλή εφαρμογή του module r.sun, στο GRASS GIS. Αυτό έγινε με την ανάπτυξη προγραμμάτων που προσδιορίζουν καλύτερα τις κλίσεις των ΦΒ, τους προσανατολισμούς των ΦΒ και την διάταξη των ΦΒ σε μία οροφή. Καθώς και με τον καλύτερο υπολογισμό του εμβαδού ανά pixel
- Να περιγραφεί μία μέθοδος προσδιορισμού του σχήματος των διαφορετικών τμημάτων οροφών, μέσω της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας
- Να απλοποιηθεί και να βελτιωθεί η εξαγωγή κτηρίων με τηλεπισκόπηση, δημιουργώντας “υπογραφές” (αναγνώριση προτύπου) για τα κτήρια από τα διαθέσιμα CCD και LIDAR δεδομένα. Αυτή η ανάλυση έγινε τόσο για σκιασμένες, όσο και για φωτεινές περιοχές της εικόνας
- Να υπάρξει μια διαχείριση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου στις μελέτες που επιχειρούν να εκτιμήσουν την ηλιακή ενέργεια από κτήρια μέσω τηλεπισκόπησης.

Σε αυτή την προσπάθεια, φάνηκε ότι η αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας γίνεται όλο και πιο σημαντική, όσο αυξάνεται η χωρική ανάλυση των δεκτών τηλεπισκόπησης. Γιατί, τα pixel δεν συμπεριλαμβάνουν, πλέον, ολόκληρα εννοιολογικά αντικείμενα. Έτσι, η επεξεργασία των

δεδομένων σε μεγαλύτερο βάθος, περνά μέσα από την ομαδοποίηση των pixels σε objects, τα οποία εκφράζουν αντικείμενα ή καλύτερα τμήματα αντικειμένων. Κι απαιτείται αφαιρετική αντίληψη των εννοιολογικών αντικειμένων, διάκρισή τους σε απλούστερα τμήματα και κριτήρια ταξινόμησης των pixels στις δημιουργούμενες οντότητες. Δηλαδή, στην εργασία αυτή, θα ήταν απαξίωση των δεδομένων, να οριστούν απλά pixels κτηρίων, όταν μπορούσαν να εξαχθούν διαφορετικά τμήματα οροφών και ακμές κτηρίων.

Το ίδιο ισχύει και για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της 2,5D περιγραφής του χώρου. Η σημασία της βαραινεί, όσο αυξάνεται η χωρική ανάλυση των οργάνων LIDAR. Επιπλέον, η διαχείριση αυτών των προβλημάτων είναι αναγκαία, όταν διευρύνεται η γκάμα των περιοχών μελέτης και πέρα από πόλεις ή βιομηχανικές περιοχές με τεράστια κτήρια, εξετάζονται πόλεις που εμφανίζουν και τμήματα με χαμηλά κτήρια και αγροτική δόμηση. Επίσης, ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που αναδείχθηκε έντονα, σε αυτό το μέρος της εργασίας, αλλά και μετέπειτα κατά την προσομοίωση της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι η ανάγκη επανάληψης, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, του συνόλου της μελέτης που περιγράφεται, εξαιτίας των πρόσκαιρων μεταβολών στο δομημένο περιβάλλον (π.χ. εργοτάξια). Επιπρόσθετα, το γεγονός ότι τα LIDAR δεδομένα αποτελούνταν από 4 παλμούς και όχι λιγότερους, έδωσε σε αυτό και σε όλα τα κομμάτια της εργασίας, περαιτέρω δυνατότητες στην ανάλυση των στοιχείων της εικόνας.

Στην διαδικασία αναγνώρισης προτύπων για την εξαγωγή των κτηρίων, αποκαλύφθηκε ο ουσιαστικός ρόλος που παίζουν οι σκιές και πως είναι εξαιρετικά σημαντικό οι εικόνες των περιοχών να λαμβάνονται σε μήνες που τα φυλλοβόλα δέντρα είναι γεμάτα φύλλα. Η ύπαρξη γυμνών φυλλοβόλων δέντρων δυσχεραίνει αρκετά την εξαγωγή των κτηρίων.

Στην εξαγωγή των τμημάτων οροφών, αναδείχθηκε ότι, μαζί με την περιορισμένη εξωτερική χρήση προγραμματισμού (χρήση φίλτρων και μαθηματικής μορφολογίας), το λογισμικό eCognition μπορεί να φέρει εις πέρας αρκετά περίπλοκες διεργασίες ανάλυσης εικόνας, με πιο εύκολο περιβάλλον για τον χρήστη. Ταυτόχρονα, σε πολλές περιπτώσεις ήταν απαραίτητη η αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας και η δημιουργία σχέσεων μεταξύ διαφορετικών αντικειμένων. Εκεί που ήταν αναντικατάστατη η χρήση προγραμματισμού, μέσω Python, ήταν για την ανάπτυξη μεθόδων αξιολόγησης των αποτελεσμάτων. Κι εδώ, ο ρόλος των σκιών ήταν κομβικός για την επίτευξη των ζητούμενων.

Στον προσδιορισμό της ηλιακής ενέργειας, ήταν αξιοσημείωτες οι ικανότητες του GRASS GIS, ο πλούτος των εφαρμογών που μπορεί να έχει ένα ανοιχτό λογισμικό (open source) και η πληθώρα μελετών, που έχουν γίνει σε αυτό. Για την εκτέλεση αυτού το τμήματος της εργασίας ήταν αναγκαία η σύζευξη Python και GRASS GIS για την διαχείριση του μεγάλου όγκου αρχείων και την καλύτερη εκμετάλλευση των δεδομένων. Αξιόλογη παρατήρηση ήταν ότι, όταν αυξάνεται η χωρική ανάλυση και κάθε pixel δεν αντιστοιχεί σε μία σχετικά μεγάλη έκταση (όπως π.χ. ένα ολόκληρο κτήριο), αλλά σε πολύ μικρό εμβαδό (η χωρική ανάλυση στην εργασία από τα LIDAR ήταν 1m x 1m), τότε η εκτίμηση των προσανατολισμών και των κλίσεων δεν μπορεί να γίνεται απευθείας από το DSM, αλλά απαιτεί πιο λεπτές διεργασίες. Το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε για την τοποθέτηση ΦΒ πλαισίων, πάνω σε κάθε τμήμα οροφής έδειξε ότι ανάλογα με το μέγεθος των τμημάτων των οροφών: Ένα μεγάλο μέρος εμβαδού των οροφών δεν μπορεί να αξιοποιηθεί, πράγμα που σημαίνει ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μειώνεται αισθητά, από αυτή που προσδιορίζεται, μόνο, αν συνυπολογιστούν οι απώλειες στα ΦΒ πλαίσια και στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό.

Συμπερασματικά, η μελέτη που έγινε, ανέδειξε ότι η άντληση τηλεπισκοπικών δεδομένων LIDAR και πολυφασματικών και ακολούθως, η επεξεργασία τους με τον συνδυασμό:

- 1. αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας**

2. περιορισμένης ανάλυσης εικόνας σε επίπεδο pixel
3. GIS
4. Python

μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη των επιστημών για το περιβάλλον και να δώσει λύσεις και κατευθύνσεις στην συγκρότηση σχεδίων ολοκληρωμένης ανάπτυξης.

5.2 Θέματα για περαιτέρω μελέτη

Μέσα στα χρονικά πλαίσια της εργασίας, δεν ήταν δυνατόν να εξεταστούν ζητήματα που άπτονται λιγότερο ή περισσότερο στον τομέα της τηλεπισκόπησης. Για να υπάρχει μία πιο ολοκληρωμένη εκτίμηση του δυναμικού παραγωγής ενέργειας από ΦΒ, η συγκεκριμένη μελέτη θα έπρεπε να πλαισιωθεί από:

- ηλεκτρολογική ανάλυση των δυνατοτήτων των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Για να προσδιοριστεί αν μπορούν να δεχτούν γεννήτριες ΦΒ και ποια είναι τα καταλληλότερα σημεία εισαγωγής μονάδων ΦΒ στο δίκτυο
- οικονομική-περιβαλλοντική μελέτη, στο πεδίο της περιβαλλοντικής οικονομίας, για την αξιολόγηση των επενδύσεων ΦΒ, σε επίπεδο παγκόσμιας οικονομίας, κράτους, ιδιώτη
- περιβαλλοντικές μελέτες για την παραγωγή και τον κύκλο ζωής των ΦΒ

Ακόμα, από την μεθοδολογία που περιγράφηκε φαίνεται ότι η συγκεκριμένη προσπάθεια δεν μπορεί να αντικαταστήσει την επίγεια μελέτη για την εγκατάσταση ΦΒ, σε όποια οροφή της περιοχής μελέτης, αποφασισθεί να τοποθετηθούν ΦΒ. Δηλαδή, η εργασία που έγινε πιο πολύ παρέχει πληροφορίες για ένα μεγάλο τμήμα του χώρου, παρά εξοικονομεί το κόστος από τις πολλές τοπικές αναλύσεις που απαιτούνται στα διάφορα σημεία αυτού του χώρου. Ίσως, αν τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα και η συλλογή δεδομένων επικεντρώνονταν σε επίπεδο οικοδομικών τετραγώνων, αντί σε επίπεδο πόλης και αν τα δεδομένα περιείχαν 3D απεικόνιση του χώρου και όχι 2,5D, τότε να μπορούσε να μειωθεί το κόστος των πολλαπλών επίγειων μελετών μέσω τηλεπισκόπησης.

Επιπλέον, είναι σχετικά εμφανές μετά την αποκόμιση εμπειρίας από αυτή την εργασία, ότι οι μέθοδοι που περιγράφονται στο eCognition έχουν περιθώριο για βελτιστοποιήσεις και απλοποιήσεις. Ένα σημείο σε αυτή την θέση είναι ότι, η ακόμη μεγαλύτερη αξιοποίηση των σκιών και των φίλτρων ανάλυσης εικόνας, πιθανότατα να μπορούσε να διακρίνει πιο απλά την φυλλοβόλα βλάστηση από τα κτήρια και να εξάγει πιο εύκολα τα τμήματα κτηρίων.

Πιο αποδοτικές λύσεις χρειάζονται και στην εκτίμηση του αριθμού των ΦΒ που μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα τμήμα οροφής. Όπως, αναφέρθηκε το πρόγραμμα που κατασκευάστηκε απαιτεί πολύ χρόνο κι έτσι, μπορεί να τρέξει μόνο για αντιπροσωπευτικές επιφάνειες. Μία πιθανή εναλλακτική θα ήταν να γραφεί σε άλλη, πιο γρήγορη γλώσσα προγραμματισμού όπως η C και να ενταχθεί ως module στο GRASS GIS. Επιπρόσθετα, κατά την τοποθέτηση των ΦΒ

πλαισίων στα τμήματα οροφών δεν είχαν ανιχνευθεί με επαρκή τρόπο, πιθανά εμπόδια όπως π.χ. καμινάδες και δεν αφαιρέθηκαν από το χρήσιμο εμβαδό του κτηρίου. Γεγονός, που οδηγεί σε πιο ελπιδοφόρα αποτελέσματα. Αυτή η ρύθμιση θα μπορούσε να προστεθεί στην εργασία για την μεγαλύτερη ακρίβεια των εξαγόμενων πληροφοριών.

Τέλος, ένα μεγάλο μέρος της εργασίας πραγματοποιήθηκε με το κλειστό λογισμικό eCognition. Ωστόσο, η ενασχόληση με το GRASS GIS και η δυνατότητα προγραμματισμού σε υψηλό επίπεδο, που προσφέρει, μέσω της Python δείχνουν ότι υπάρχει μία προοπτική, αντικατάστασης του κλειστού λογισμικού από ανοιχτό με όλα τα οφέλη που μπορεί να συνοδεύουν αυτή την κίνηση. Ήδη, στο GRASS GIS έχει αναπτυχθεί το module **i.segment**, modules που λειτουργούν παράλληλα με αυτό και έχουν πραγματοποιηθεί εργασίες που τα εφαρμόζουν (T. Grippa et al [20]). Το πάντρεμα αυτών των modules, με τις δυνατότητες που φάνηκε, σε ένα τμήμα της μελέτης, ότι έχει η βιβλιοθήκη **scikit-image** και ο συνδυασμός με τις **scikit-learn**, **pandas** και τις **δομές δεδομένων της Python**, ανοίγουν δρόμο για να μπορούσε πιθανότατα αυτή η εργασία να υλοποιηθεί αποκλειστικά με εργαλεία open source...

6 Αναφορές – Βιβλιογραφία

6.1 Δημοσιεύσεις – Βιβλία – Εργασίες

Τα έγγραφα ιεραρχούνται με αλφαβητική σειρά, σύμφωνα με τον τίτλο τους:

1. Σ. Μπέκα, 2015, Ανίχνευση κτηρίων με γεωμορφομετρία και αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνων
2. Δ. Αργιαλάς και Α. Τζώτσος, 2007, Αντικειμενοστραφής Ανάλυση Εικόνας στην Τηλεπισκόπηση. Θεωρία και Εφαρμογές
3. Σ. Σαμοΐλη, 2008, Αυτόματη Αναγνώριση Οχημάτων Από Πολυφασματικά & Υψομετρικά Δεδομένα LiDAR Με Αντικειμενοστραφή Ανάλυση
4. Α. Τζώτσος και Δ. Αργιαλάς, 2017, Εφαρμογή Τεχνικών Αντικειμενοστραφούς Ανάλυσης Εικόνας για την Ταξινόμηση Αμιγούς Αστικής Περιοχής (εφαρμογή για την περιοχή Γουδιού Αττικής) με τη Χρήση Δεδομένων IKONOS και LIDAR
5. Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2015, ΗΛΙΑΚΕΣ ΣΤΕΓΕΣ - Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στον οικιακό-κτηριακό τομέα - ΑΠΑΝΤΑΜΕ ΣΤΙΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΑΣ
6. Ι. Βλαχούλης, 2017, Κλιματική Αλλαγή και η Συμφωνία του Παρισιού
7. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης ενέργειας (ΚΑΠΕ), 2009, ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
8. Ι. Βλαχούλης, Δ.Κτιστόπουλος Διονύσης, Χ. Παπαναστασίου, Σ.Ράπτη, Μ. Τσάμη, 2017, ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ Π.Ε. ΠΡΕΒΕΖΑΣ
9. Κ.Δέρβος, 2013, Φωτοβολταϊκά Συστήματα: Από την Θεωρία στην Πράξη
10. Δ. Αργιαλάς, 1999, Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση
11. Victor J. D. Tsai, 2006, A Comparative Study on Shadow Compensation of Color Aerial Images in Invariant Color Models
12. Luca Lorenzi, Farid Melgani, Grégoire Mercier, 2012, A Complete Processing Chain for Shadow Detection and Reconstruction in VHR Images
13. M F Wu, Z C Sun, B Yang, S S Yu, 2016, A Hierarchical Object-oriented Urban Land Cover Classification Using WorldView-2 Imagery and Airborne LiDAR data
14. Jaroslav Hofierka, Marian Zlocha, 2012, A New 3-D Solar Radiation Model for 3-D City Models

15. Marcel Suri, Jaroslav Hofierka, 2004, A New GIS-based Solar Radiation Model and Its Application to Photovoltaic Assessments
16. Divya S Kumar, Neenu Wilson, 2016, A Review on Different Shadow Detection and Removal Methods
17. Vincent Labatut, Hocine Cherifi, 2011, Accuracy Measures for the Comparison of Classifiers
18. Weather Forecasts Renewable Energies Air and Climate Environmental IT, 2010, Aerosol optical depth and Linke turbidity climatology - Description for final report of IEA SHC Task 36
19. EUMETSAT Satellite Application Facility on Climate Monitoring, 2017, Algorithm Theoretical Baseline Document Meteosat Solar Surface Radiation and effective Cloud Albedo Climate Data Records – Heliosat SARA-H-2
20. Taïs Grippa, Moritz Lennert, Benjamin Beaumont, Sabine Vanhuyse, Nathalie Stephenne and Eléonore Wolff, 2017, An Open-Source Semi-Automated Processing Chain for Urban Object-Based Classification
21. Jaroslav Hofierka, Jan Kančuk, 2009, Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools
22. Kai Mainzer, Sven Killinger, Russell McKenna, Wolf Fichtner, 2017, Assessment of rooftop photovoltaic potentials at the urban level using publicly available geodata and image recognition techniques
23. Niko Lukac, Sebastijan Seme, Danijel Zlaus, Gorazd Stumberger, Borut Zalik, 2013, Buildings roofs photovoltaic potential assessment based on LiDAR (Light Detection And Ranging) data
24. Gianfranco Forlani, Carla Nardinocchi, Marco Scaioni, Primo Zingaretti, 2005, Complete classification of raw LIDAR data and 3D reconstruction Of buildings
25. Trimble Germany GmbH, 2014, eCognition Developer 9.0 Reference Book
26. Trimble Germany GmbH, 2014, eCognition Developer 9.0 User Guide
27. Niko Lukac, Sebastijan Seme, Katarina Dezan, Borut Zalik, Gorazd Stumberger, 2016, Economic and environmental assessment of rooftops regarding suitability for photovoltaic systems installation based on remote sensing data
28. Ziqi Li, Zidong Zhang and Keith Davey, 2015, Estimating Geographical PV Potential Using LiDAR Data for Buildings in Downtown San Francisco
29. José Álvarez, Helena Mitasova and H. Lee Allen, 2011 (ανανέωση 2014), ESTIMATING MONTHLY SOLAR RADIATION IN SOUTH-CENTRAL CHILE

30. H.T. Nguyen, J.M. Pearce, 2010, Estimating potential photovoltaic yield with r.sun and the open source Geographical Resources Analysis Support System
31. G. Agugiaro, F. Remondino, G. Stevanato, R. De Filippi, C. Furlanello, 2011, ESTIMATION OF SOLAR RADIATION ON BUILDING ROOFS IN MOUNTAINOUS AREAS
32. R.J. Pike, I.S. Evans and T. Hengl, 2008, Geomorphometry: A Brief Guide
33. Moritz Lennert, 2005, Grass Tutorial
34. Tomáš Cebecauer, Thomas Huld, Marcel Šúri, 2007 (ανανέωση 2017), HIGH-RESOLUTION DIGITAL ELEVATION MODEL FOR IMPROVED PV YIELD ESTIMATES
35. Ha T. Nguyen, Joshua M. Pearce, 2012, Incorporating shading losses in solar photovoltaic potential assessment at the municipal scale
36. A. K. Adeleke and J. L. Smit, 2016, INTERGRATION OF LiDAR DATA WITH AERIAL IMAGERY FOR ESTIMATING ROOFTOP SOLAR PHOTOVOLTAIC POTENTIALS IN CITY OF CAPE TOWN
37. Helena Mitsova and Lubos Mitso, 1993, Interpolation by Regularized Spline with Tension: I. Theory and Implementation
38. Helena Mitsova and Jaroslav Hofierka, 1993, Interpolation by Regularized Spline with Tension: II. Application to Terrain Modeling and Surface Geometry Analysis
39. EUMETSAT Workshop on the use of Gridded Satellite Data for Climate Services in Europe, 2017, Introduction to CM SAF data processing with QGIS
40. Markus Neteler and Helena Mitsova, 2008, OPEN SOURCE GIS A GRASS GIS Approach Third Edition
41. EUMETSAT Satellite Application Facility on Climate Monitoring, 2013, Product User Manual - CM SAF MSG Surface Albedo - Edition 1
42. EUMETSAT Satellite Application Facility on Climate Monitoring, 2017, Product User Manual - Meteosat Solar Surface Irradiance and effective Cloud Albedo - Climate Data records - SARA 2
43. Project Sunroof data explorer, 2017, Project Sunroof data explorer: a description of methodology and inputs
44. Marcel Šúri, Thomas A. Huld & Ewan D. Dunlop, 2007, PV-GIS: a web-based solar radiation database for the calculation of PV potential in Europe
45. Thomas Huld, 2016, PVMAPS: Software tools and data for the estimation of solar radiation and photovoltaic module performance over large geographical areas
46. L.K. Wiginton, H.T. Nguyen, J.M. Pearce, 2010, Quantifying rooftop solar photovoltaic potential for regional renewable energy policy

47. Makoto Nagao, Takashi Matsuyama and Yoshio Ikeda, 1978, Region Extraction and Shape Analysis in Aerial Photographs
48. Kiti Suomalainen, Vincent Wang, Basil Sharp, 2017, Rooftop solar potential based on LiDAR data: Bottom-up assessment at neighbourhood level
49. Hongchao Fan, Wei Yao and Qing Fu, 2014, Segmentation of Sloped Roofs from Airborne LiDAR Point Clouds Using Ridge-Based Hierarchical Decomposition
50. Siheng Wang, Lifu Zhang, Dongjie Fu, Xu Lu, Taixia Wu, Qingxi Tong, 2016, Selecting photovoltaic generation sites in Tibet using remote sensing and geographic analysis
51. Krishna Kant Singh, Kirat Pal, M.J.Nigam, 2012, Shadow Detection and Removal from Remote Sensing Images Using NDI and Morphological Operators
52. K.R.M. Adeline, M.Chen, X.Briottet, S.K.Pang, N.Paparoditis, 2013, Shadow detection in very high spatial resolution aerial images: A comparative study
53. Thomas Huld, 2016, Software tools for the estimation of solar radiation and photovoltaic module performance over large geographical areas.
54. P. Redweik, C. Catita, M. Brito, 2013, Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape
55. Ben Hur Pintor, Eula Fae Sola, Justine Teves, Loureal Camille Inocencio, Ma. Rosario Concepcion Ang, 2015, Solar Energy Resource Assessment Using R.SUN In GRASS GIS And Site Suitability Analysis Using AHP For Ground mounted Solar Photovoltaic (PV) Farm In The Central Luzon Region (Region 3), Philippines
56. Justine Teves, Eula Fae Sola, Ben Hur Pintor, Loureal Camille Inocencio, Ma. Rosario Concepcion Ang, 2015, SOLAR ENERGY RESOURCE ASSESSMENT USING R.SUN MODULE IN GRASS GIS AND SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR) DEM IN THE ZAMBOANGA PENINSULA (REGION 9), PHILIPPINES
57. John A. Duffie and William A. Beckman, 1991 (ανατέωση 2013), Solar Engineering of Thermal Processes Fourth Edition
58. Richa Mahtta, P.K. Joshi, Alok Kumar Jindal, 2014, Solar power potential mapping in India using remote sensing inputs and environmental parameters
59. F. Albrecht, S. Lang, D. Hölbling, 2009, SPATIAL ACCURACY ASSESSMENT OF OBJECT BOUNDARIES FOR OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS
60. Thomas Huld and Irene Pinedo Pascua, 2015, Spatial Downscaling of 2-Meter Air Temperature Using Operational Forecast Data
61. Maciej KRYZA, Mariusz SZYMANOWSKI, Krzysztof MIGAŁA and Małgorzata PIETRAS, 2010, Spatial information on total solar radiation: Application and evaluation of the r.sun model for the Wedel Jarlsberg Land, Svalbard

62. Luis Ramirez Camargo, Roland Zink, Wolfgang Dorner, Gernot Stoeglehner, 2015, Spatio-temporal modeling of roof-top photovoltaic panels for improved technical potential assessment and electricity peak load offsetting at the municipal scale
63. Gail-Angee Migan, 2013, Study of the operating temperature of a PV module
64. Paul W. Stackhouse, Jr, William S. Chandler, Taiping Zhang, David Westberg, Andy J. Barnett, James M. Hoell, 2016, Surface meteorology and Solar Energy (SSE) Release 6.0 Methodology Version 3.2.0
65. D G Rossiter, 2014, Technical Note: Statistical methods for accuracy assesment of classified thematic maps
66. K. Scharmer and J. Greif, 2000, THE EUROPEAN SOLAR RADIATION ATLAS Vol. 1: Fundamentals and maps
67. Jaroslav Hofierka, Marcel Súrí, 2002, The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications
68. Jaroslav HOFIERKA, Ján KAŇUK, Michal GALLAY, 2014, THE SPATIAL DISTRIBUTION OF PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS IN RELATION TO SOLAR RESOURCE POTENTIAL: THE CASE OF THE CZECH REPUBLIC AND SLOVAKIA

6.2 Ιστοσελίδες

Οι ιστοσελίδες ιεραρχούνται με αλφαβητική σειρά:

<http://blog.analistsgroup.com/en/ndvi-red-and-blue-indexes-which-to-choose/>

<http://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>

http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_static/methods.html

<http://re.jrc.ec.europa.eu/PVGIS5-release.html>

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvmaps/index.html>

<http://scikit-image.org/docs/dev/api/skimage.measure.html#skimage.measure.regionprops>

http://www.cmsaf.eu/EN/Documentation/Documentation_node.html

http://www.cmsaf.eu/EN/Home/home_node.html

http://www.gdal.org/gdal__alg_8h.html#a0a079afef_61968f224b159d48423d1c6

http://www.gdal.org/gdal_fillnodata.html

<http://www.senteksystems.com/2015/11/23/ndvi-definitions-red-blue-enhanced/>

<http://www.visiondummy.com/2014/04/geometric-interpretation-covariance-matrix/>

<https://courses.edx.org/courses/course-v1:DelftX+ET3034x+2T2016/course/>

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1_%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD_%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%8E%CE%BD

https://en.wikipedia.org/wiki/Confusion_matrix

https://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic_mean

https://en.wikipedia.org/wiki/Memmingen#Trade_and_Economy

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%AD%CE%BC%CE%B9%CE%BD%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CE%BD>

<https://gis.stackexchange.com/questions/37219/german-coordinate-system-from-lat-long>

<https://grass.osgeo.org/>

<https://oceanservice.noaa.gov/geodesy/gps/>

<https://stats.stackexchange.com/questions/82162/cohens-kappa-in-plain-english>

<https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/index.html>

<https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/MeteosatDesign/index.html>

<https://www.slideshare.net/Bhargav5508/earth-sun-angle>

<https://www.slideshare.net/Bhargav5508/earth-sun-angle>

<https://www.youtube.com/watch?v=Gbj9xPf0gwg&t=616s>

<https://www.youtube.com/watch?v=Yv5XjSYUtBs>