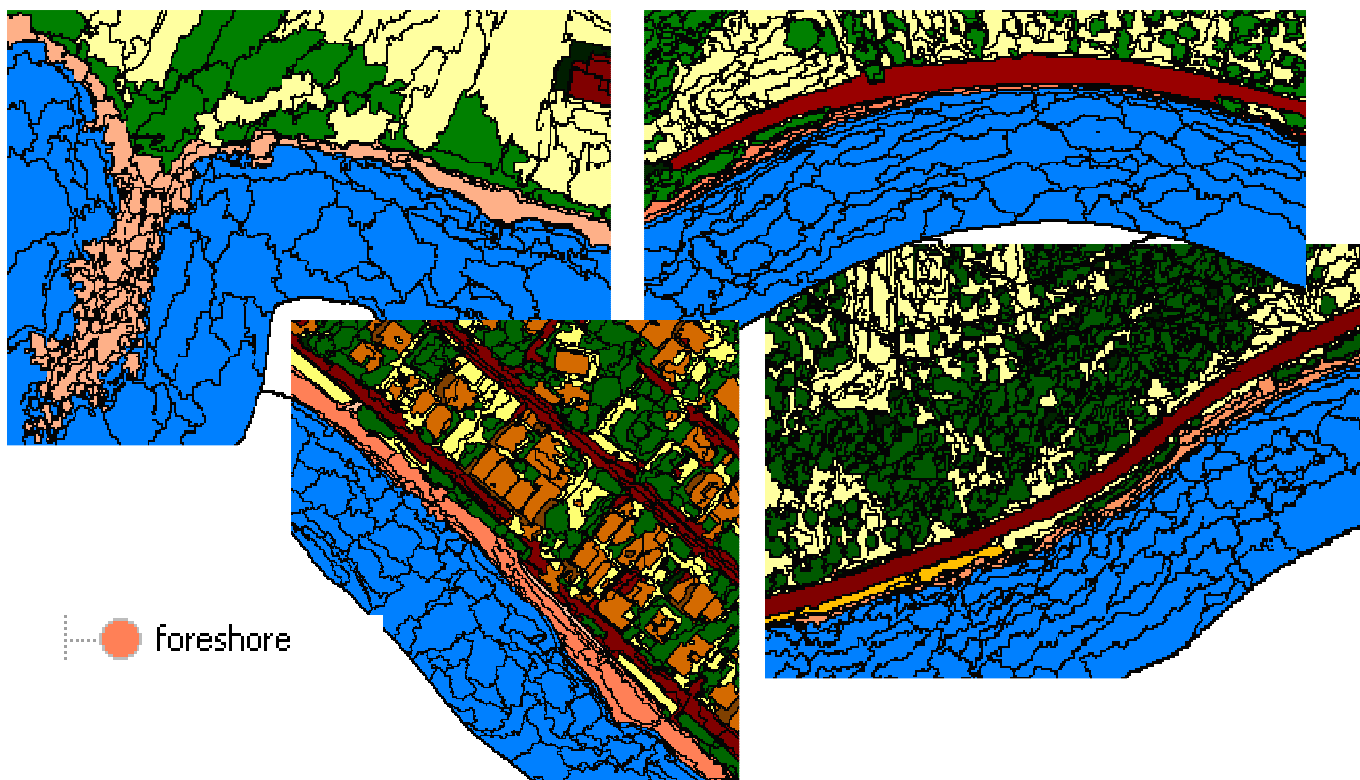




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

**“ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ
ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ
ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΑΙΓΙΑΛΟΥ”**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δήμητρα Γ. Σκανδάλη

Επιβλέπων: Αργιαλάς Δημήτριος

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2010



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

**“ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ
ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ
ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΑΙΓΙΑΛΟΥ”**

Επιμέλεια: Δήμητρα Σκανδάλη

Επιβλέπων: Αργιαλάς Δημήτριος
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

.....
Δ. Αργιαλάς
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Α. Γεωργόπουλος
Καθηγητής ΕΜΠ

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

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2010

.....
Δήμητρα Γ. Σκανδάλη
Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © Δήμητρα Γ. Σκανδάλη, 2010
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, 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.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανατέθηκε από το εργαστήριο Τηλεπισκόπησης της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με σκοπό τη διερεύνηση των δυνατοτήτων της Αντικειμενοστραφούς Ανάλυσης εικόνας σε ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις, για την ανίχνευση και αυτόματη εξαγωγή της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού.

Πριν την παρουσίαση της εν λόγω διπλωματικής εργασίας κρίνω απαραίτητο στο σημείο αυτό να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους συνέβαλαν στην διεκπεραίωση αυτής.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Αργιαλά Δημήτριο για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, την αμέριστη καθοδήγηση και συμπαράσταση του σε κάθε ανακύπτον πρόβλημα, τον Δρ. Πολυχρόνη Κολοκούση καθώς και τον Υ.Δ. Άγγελο Τζώτσο για την πολύτιμη βοήθεια τους, τις υποδείξεις τους επί των πρακτικών θεμάτων και την ανοχή τους σε κάθε μου ερώτηση.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην Ελληνική Φωτογραμμετρική Εταιρία «ΕΛ.ΦΩ», (κ. Πρίντζιο Β. και κ. Τσίγκα Β.) για τις γνώσεις που μου μετέφεραν επί των πρακτικών της φωτοερμηνείας για τη χάραξη της Προκαταρκτικής Οριογραμμής Αιγιαλού καθώς και για τη διάθεση των ψηφιακών τηλεπισκοπικών δεδομένων και των αντίστοιχων αρχείων της ΠΟΑ, χωρίς τα οποία η παρούσα διπλωματική εργασία θα ήταν σαφώς αδύνατο να εκπονηθεί.

Επιπρόσθετα ευχαριστώ τον κύριο Αυγουστή Κονδύλη, Τμηματάρχη Αιγιαλού στην Υδρογραφική Υπηρεσία Π.Ν., για τις πληροφορίες του και λοιπές διευκρινήσεις επί των θεωρητικών ζητημάτων του αιγιαλού.

Τέλος εκφράζω τις ευχαριστίες μου στα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κ. Ανδρέα Γεωργόπουλο, Καθηγητή Ε.Μ.Π. και κ. Βασιλεία Καραθανάση, Επικ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π., για την ανάγνωση της διπλωματικής μου εργασίας και τις εύστοχες επί αυτής παρατηρήσεις τους.

Τη μελέτη αυτή την αφιερώνω στους γονείς μου, στους οποίους αμ ήτοι άλλο οφείλω το μεγαλύτερο ευχαριστώ για τη συμπαράσταση και τη στήριξή τους σε οποιοδήποτε βήμα της ζωής μου μέχρι σήμερα.

Περίληψη

Ο καθορισμός των παράκτιων ζωνών, ιδίως του τμήματος που γειτνιάζει άμεσα με τη θάλασσα, ήτοι του αιγιαλού, αποτελεί ένα απαραίτητο έργο υποδομής προκειμένου να διασφαλιστεί ο κοινόχρηστος χαρακτήρας των χώρων αυτών και να αποτραπούν οι καταπατήσεις εις βάρος του δημοσίου. Ως προς αυτή την απαίτηση κινήθηκε προ τετραετίας το έργο της Κτηματολόγιο Α.Ε., ώστε μέσω της φωτοερμηνείας τηλεπισκοπικών απεικονίσεων να γίνει η αντικειμενική εκτίμηση της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού και να αποτελέσει αυτή ένα χρήσιμο εργαλείο για την επίστευση, σε μεταγενέστερο στάδιο, των διαδικασιών καθορισμού του αιγιαλού, όπως αυτός ρυθμίζεται βάσει του νομικού πλαισίου περί αιγιαλού και παραλίας, με πιο πρόσφατο τον Νόμο 2971/2001. Ως εκ τούτου η παρούσα εργασία αφορά στη διερεύνηση των δυνατοτήτων αντικειμενοστραφούς ανάλυσης για την αυτόματη οριοθέτηση του αιγιαλού, με γνώμονα βασικούς κανόνες και κριτήρια, όπως αυτά εμπεριέχονται στο τεύχος τεχνικών προδιαγραφών και συντάχθηκαν για την επιτυχή διεκπεραίωση του έργου.

Η πραγματοποίηση του στόχου κατέστη δυνατή μέσω ανάπτυξης μίας βάσης γνώσης στο λογισμικό αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας eCognition, της εταιρίας DEFiNiENS Imaging GmbH, με δεδομένα ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις των νομών Πρεβέζης και Εύβοιας, τεσσάρων καναλιών και ραδιομετρικής ανάλυσης 8 bit ανά κανάλι, ληφθέντες από την ψηφιακή κάμερα DMC. Τα κριτήρια βάσει των οποίων υλοποιείτο η χάραξη της ΠΟΑ αναλύονται εκτενώς στο θεωρητικό μέρος της εργασίας που προηγείται του πρακτικού, η υλοποίηση ωστόσο της αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας περιορίζεται σε τέσσερα εξ' αυτών (στο σύνολό τους εννέα). Ως εκ τούτου η ανάλυση της 1^{ης} απεικόνισης εστιάζεται στη μελέτη του κριτηρίου “όριο βλάστησης”, της 2^{ης} στη μελέτη των κριτηρίων “στέψη πρανούς” και “ίχνος κύματος”, της 4^{ης} στη μελέτη της “γραμμής δόμησης” ενώ η 3^η απεικόνιση αναλύεται προκειμένου να εξεταστεί η ειδική περίπτωση του κριτηρίου “στέψη πρανούς”.

Η ανάλυση τους περιέλαβε τέσσερα επίπεδα, η σειρά με την οποία ταξινομήθηκαν ακολουθεί τη σειρά με την οποία αυτά κατατμήθηκαν. Το τέταρτο, χονδρόκοκκο επίπεδο αποσκοπούσε στη δημιουργία μέγιστων αντικειμένων ώστε η εικόνα να διαχωριστεί στις δύο κύριες κατηγορίες, στεριά και θάλασσα, προκειμένου να προσδιοριστεί η εσώτερη προς τη θάλασσα οριογραμμή της ζώνης του αιγιαλού, ήτοι η ακτογραμμή. Στο πρώτο, αναλυτικό επίπεδο τα τμήματα στα οποία κατατμήθηκε η εικόνα ταξινομήθηκαν με βάση έναν δείκτη βλάστησης (scaled NDVI) σε περιοχές με ή χωρίς βλάστηση. Στο δεύτερο συνθετικό επίπεδο επιχειρήθηκε μία ευρύτερη ταξινόμηση του περιβάλλοντα χώρου, προκειμένου όλες οι θεματικές κατηγορίες που εντοπίζονται στην περιοχή να διαφαίνονται στο τελικό αποτέλεσμα και να πιστοποιούνται κατ' αυτόν τον τρόπο τα κριτήρια που λήφθηκαν υπ' όψιν εξ αρχής. Το τρίτο επίπεδο αποτέλεσε προϊόν της ταξινόμησης βάσει συνένωσης, που υλοποιήθηκε ως τελικό στάδιο στην ανάλυση του 2^{ου} επιπέδου, προκειμένου μέσω της ενοποίησης των κατάλληλων τμημάτων να προκύψει τελικά η ζώνη του αιγιαλού ως ενιαία πλέον επιφάνεια, ο ορισμός της οποίας πραγματοποιήθηκε έπειτα σύμφωνα με τα κριτήρια που αποτέλεσαν κατά περίπτωση το αντικείμενο μελέτης.

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, ποιοτική και ποσοτική, καταδεικνύει πως η αναγνώριση (οριοθέτηση) της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού επετεύχθη με μεγάλη σχετικά ακρίβεια αφού οι δείκτες ορθότητας που υπολογίστηκαν για την εκάστοτε απεικόνιση κυμαίνονται σε υψηλά σχετικά επίπεδα, με τον ελάχιστο να ανέρχεται σε

71.5 για την 4^η περιοχή και τον μέγιστο να αντιστοιχίζεται με την τιμή 86.8 για την 2^η περιοχή. Εκτός της σύγκρισης της επιφάνειας του αιγιαλού, ως αποτέλεσμα της παρούσης μεθόδου, με την διατιθέμενη ψηφιοποιημένη επιφάνεια αυτού, πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ταξινόμησης και των υπολοίπων κατηγοριών, με εξειδικευμένα εργαλεία που διατίθενται από το λογισμικό ακριβώς για τον σκοπό αυτό, όπως το «καλύτερο αποτέλεσμα ταξινόμησης» και η «διαφορά ανάμεσα στον πρώτο και στον δεύτερο καλύτερο βαθμό συμμετοχής».

Συνολικά η παρούσα εργασία καταδεικνύει πως η αντικειμενοστραφής μεθοδολογία παρουσιάζει μεγάλα πλεονεκτήματα έναντι των έως σήμερα διαθέσιμων μεθόδων, διότι ξεπερνά την ταξινόμηση στο επίπεδο του εικονοστοιχείου και χρησιμοποιεί, πέραν της φασματικής, χωρική πληροφορία, όπως αυτή διαδραμάτισε καθοριστικό ρόλο τόσο για τον ορισμό της κατηγορίας ενδιαφέροντος όσο και των δευτερευόντων. Πέραν της μελέτης των τεσσάρων κριτηρίων, εν δυνάμει προοπτική αποτελεί η διερεύνηση των υπολοίπων, προκειμένου βάσει των αποτελεσμάτων της να εκτιμηθεί ο βαθμός στον οποίο η αυτόματη, κατ' αυτόν τον τρόπο, ανάδειξη του αιγιαλού μπορεί να υλοποιηθεί για το σύνολο του ελληνικού παράκτιου χώρου.

Λέξεις Κλειδιά: Αιγιαλός, Προκαταρτική Οριογραμμή Αιγιαλού, Κριτήρια Χάραξης, Τηλεπισκοπικές Απεικονίσεις, Αντικειμενοστραφής Ανάλυση, Βάση Γνώσης, Ασαφής λογική, eCognition

Abstract

Coastal zone mapping, including the segment that is directly adjacent to sea, namely the foreshore, is an essential infrastructure so as to ensure its proper use by the public. This requirement was initiated, four years ago, by the project of HELLENIC Cadastre Organization, so as through visual interpretation of remotely sensed imagery to make an objective assessment of the preliminary borderline of the foreshore so that to be a useful tool for speeding up at a later stage the determination procedures, as regulated under the legal framework on foreshore and beach, most recently by the law 2971/2001. Therefore, the present study is investigating the potential of object-based (OBIA) image analysis to automatically define the foreshore, based on rules and criteria as contained in the issue of technical specifications.

The goal was achieved by developing a knowledge base in the object-oriented image processing software eCognition, by Definiens Imaging GmbH, with four bands, 8 bits (per band) remotely sensed images of the prefectures of Preveza and Evia, as acquired from the digital camera DMC. The nine criteria for the delineation of foreshore were analyzed in the theoretical part of study, however the implementation of object-based methodology was limited to four of them. Four different sites were analyzed. Consequently, the analysis of the first image dataset focuses on the study of “boundary vegetation” criterion, the second one focuses on the study of “gradient of the sloping surface” and “tidemark” criteria, the fourth focuses on the study of “building line” criterion, while the third image is analyzed in order to study the special case of the criterion “gradient of the sloping surface”.

The process of object-based image analysis included four levels which were classified following the order in which they were segmented. The fourth, coarser level aimed at creating the largest possible polygons so as the image be divided into two main categories, land and sea, in order to determine the inner border of foreshore to the sea, which is the coastline. On the first detailed level, the polygons to which the image was segmented were subsequently classified, according to a vegetation index (scaled NDVI) to areas with or without vegetation. The second synthesizing level attempted a broader classification of the surrounding area so that all thematic categories identified in the region to appear in this final classification result. The third level was created by classification based segmentation (Classification-based fusion of image objects), so by integrating the appropriate segments of the second level to obtain the coastal zone of foreshore as one single segment.

The evaluation of the results, both qualitative and quantitative, strongly indicates that the delineation of foreshore was achieved with sufficient accuracy, as the index correctness which was calculated for each image was relatively high, with the minimum amount of 71.5 for the fourth region and the maximum with the value 86.8 for the second region. Besides comparing the area of extracted foreshore to the manually determined foreshore, the evaluation of classification of the secondary categories was also implemented with specialized tools, available in the software just for this purpose, such as “best classification result” and “classification stability”.

In summation, the present diploma thesis shows that object-oriented image analysis demonstrates significant advantages in comparison to the available up to now pixel-based methods, because it uses beyond the spectral, spatial information, which has played a key role in defining the desired categories.

Apart from studying the four criteria, a potential prospect is the investigation of the rest of them, so based on the results to assess the extent to which this approach can be implemented for the entire Greek coastal areas.

Keywords: Foreshore, Preliminary Borderline of foreshore, Interpretation Criteria, Remotely Sensed Images, Object-oriented Image Analysis, Knowledge Base, Fuzzy Logic, eCognition

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
1. ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	1-19
1.1. Απαραίτητοι Ορισμοί	1-19
1.2. Η Σημασία των Ελληνικών Ακτών για την Ανάπτυξη της Χώρας.....	1-21
1.3. Σκοπιμότητα Μελέτης Καθορισμού του Αιγιαλού και της Παραλίας.....	1-22
1.3.1. Η Αναγκαιότητα του Καθορισμού του Αιγιαλού για το Εθνικό Κτηματολόγιο.....	1-22
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	2-24
2.1. Νομικό Πλαίσιο Περί Αιγιαλού και Παραλίας	2-24
2.1.1. Ιστορική Αναδρομή Όσον Αφορά στη Νομολογία.....	2-24
2.1.2. Ισχύουσα Ελληνική Νομοθεσία Περί Αιγιαλού και Παραλίας	2-26
2.1.2.1. Ορισμοί.....	2-26
2.1.2.2. Κυριότητα Αιγιαλού και Παραλίας.....	2-27
2.1.2.3. Διαδικασία Καθορισμού Οριογραμμών Αιγιαλού και Παραλίας	2-27
2.1.2.4. Προδιαγραφές και Διαγράμματα	2-28
2.1.2.5. Στοιχεία για τον Καθορισμό του Αιγιαλού	2-29
2.2. Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing).....	2-30
2.3. Τεχνολογία DMC	2-31
2.3.1. Κύρια χαρακτηριστικά της ψηφιακής κάμερας DMC	2-31
2.3.2. Πλεονεκτήματα της ψηφιακής κάμερας DMC	2-32
2.4. Κύριες Αρχές Αντικειμενοστραφούς Ανάλυσης Εικόνας.....	2-33
2.4.1. Εισαγωγή στο Λογισμικό eCognition.....	2-34
2.4.2. Αλγόριθμος Πολλαπλής Κατάτμησης Εικόνας.....	2-36
2.4.2.1. Το Ιεραρχικό δίκτυο των αντικειμένων.....	2-39
2.4.3. Ταξινόμηση Βάσει Κατάτμησης.....	2-40
2.4.3.1. Η ασαφής λογική στο eCognition	2-41
2.4.3.2. Η ιεραρχία των κατηγοριών.....	2-43
2.4.3.3. Η διαδικασία της ταξινόμησης.....	2-44
2.4.4. Κατάτμηση Βάσει Ταξινόμησης.....	2-47
2.4.5. Αξιολόγηση Ταξινόμησης.....	2-50
3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΟΥ ΑΙΓΙΑΛΟΥ.....	3-53
3.1. Φωτοερμηνεία Ορθοεικόνων	3-53
3.1.1. Χαρακτηριστικά Οριοθέτησης Αιγιαλού με Φωτοερμηνεία	3-54

3.2. Ψηφιακή Απόδοση Προκαταρκτικής Οριογραμμής Αιγιαλού.....	3-54
3.2.1. Κανόνες Χάραξης Οριογραμμών Προκαταρκτικού Αιγιαλού.....	3-55
3.2.2. Κριτήρια Χάραξης Προκαταρκτικής Οριογραμμής Αιγιαλού.....	3-55
3.3. Έλεγχος Γεωμετρικής και Θεματικής Ακρίβειας Ψηφιοποίησης της ΠΟΑ	3-61
3.3.1. Έλεγχος ψηφιοποίησης της ΠΟΑ.....	3-61
3.3.2. Έλεγχος θεματικής ακρίβειας χάραξης της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού	3-61
4. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	4-62
4.1. Η Περιοχή Μελέτης και τα Δεδομένα που Χρησιμοποιούνται	4-62
4.2. Προεπεξεργασία των Δεδομένων	4-65
4.3. Υλοποίηση στην Απεικόνιση “dmc.02160-23160(1)” για τη Μελέτη του Κριτηρίου “Όριο Βλάστησης”.....	4-66
4.3.1. Φωτοερμηνεία της Απεικόνισης “dmc.02160-23160(1)”	4-67
4.3.2. Κατάτμηση Πολλαπλής Ανάλυσης	4-67
4.3.2.1. Κατάτμηση 4ου επιπέδου	4-68
4.3.2.2. Κατάτμηση 1ου επιπέδου	4-69
4.3.2.3. Κατάτμηση 2ου επιπέδου	4-70
4.3.3. Ταξινομήσεις.....	4-73
4.3.3.1. Ταξινόμηση 4ου επιπέδου	4-75
4.3.3.2. Ταξινόμηση 1ου επιπέδου	4-76
4.3.3.3. Ταξινόμηση 2ου επιπέδου	4-79
4.4. Υλοποίηση στην Απεικόνιση “dmc.04000-22986(1)” για τη Μελέτη των Κριτηρίων «Στέψη Πρανούς» και «Ίχνος Κύματος»	4-87
4.4.1. Φωτοερμηνεία της Απεικόνισης “dmc.04000-22986(1)”	4-87
4.4.2. Κατάτμηση Πολλαπλής Ανάλυσης	4-88
4.4.2.1. Κατάτμηση 4ου επιπέδου	4-89
4.4.2.2. Κατάτμηση 1ου επιπέδου	4-90
4.4.2.3. Κατάτμηση 2ου επιπέδου	4-92
4.4.3. Ταξινομήσεις.....	4-93
4.4.3.1. Ταξινόμηση 4ου επιπέδου	4-95
4.4.3.2. Ταξινόμηση 1ου επιπέδου	4-95
4.4.3.3. Ταξινόμηση 2ου επιπέδου	4-96
4.4.4. Κατάτμηση Βάσει Ταξινόμησης.....	4-104
4.5. Υλοποίηση στην Απεικόνιση “dmc.04008-22986(1)” για τη Μελέτη της Ειδικής Περίπτωσης του Κριτηρίου «Στέψη Πρανούς».....	4-106
4.5.1. Φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc.04008-22986(1)”.....	4-106

4.5.2. Κατάτμηση Πολλαπλής Ανάλυσης	4-107
4.5.2.1. Κατάτμηση 4ου επιπέδου	4-108
4.5.2.2. Κατάτμηση 1ου επιπέδου	4-109
4.5.2.3. Κατάτμηση 2ου επιπέδου	4-110
4.5.3. Ταξινομήσεις.....	4-111
4.5.3.1. Ταξινόμηση 4ου επιπέδου	4-113
4.5.3.2. Ταξινόμηση 1ου επιπέδου	4-113
4.5.3.3. Ταξινόμηση 2ου επιπέδου	4-114
4.5.4. Κατάτμηση Βάσει Ταξινόμησης.....	4-119
4.6. Υλοποίηση στην Απεικόνιση “dmc.02168-23160(1)” για τη Μελέτη του Κριτηρίου «Γραμμή Δόμησης»	4-122
4.6.1. Φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc.02168-23160(1)”.....	4-122
4.6.2. Κατάτμηση Πολλαπλής Ανάλυσης	4-123
4.6.2.1. Κατάτμηση 4ου επιπέδου	4-123
4.6.2.2. Κατάτμηση 1ου επιπέδου	4-124
4.6.2.3. Κατάτμηση 2ου επιπέδου	4-125
4.6.3. Ταξινομήσεις.....	4-127
4.6.3.1. Ταξινόμηση 4ου επιπέδου	4-129
4.6.3.2. Ταξινόμηση 1ου επιπέδου	4-129
4.6.3.3. Ταξινόμηση 2ου επιπέδου	4-130
4.6.4. Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης.....	4-137
5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	5-141
5.1. Αξιολόγηση των Ταξινομήσεων με Βάση τους Μεγαλύτερους Βαθμούς Συμμετοχής -“Best Classification Result”	5-141
5.2. Αξιολόγηση των Ταξινομήσεων Με Βάση τη Διαφορά Ανάμεσα στον Πρώτο και Δεύτερο Καλύτερο Βαθμό Συμμετοχής –“Classification Stability”	5-144
5.3. Σύγκριση του Αποτελέσματος Ασαφούς Λογικής και της Ψηφιοποιημένης Επιφάνειας του Αιγιαλού.....	5-148
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	6-154
6.1. Συμπεράσματα	6-154
6.2. Προοπτικές.....	6-157
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	7-158

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1: Ο Αιγιαλός και η Παραλία σύμφωνα με τις διατάξεις του Κ.Δ. 132/1929 ..	
2-25	
Εικόνα 2-2: Ο Αιγιαλός και η Παραλία σύμφωνα με τον Νόμο 2971/2001.....	2-26
Εικόνα 2-3: Η ψηφιακή Φωτογραμμετρική Μηχανή Εναέριων Λήψεων Digital Mapping Camera (DMC™)	2-32
Εικόνα 2-4: Πλαίσιο Διαλόγου “Multiresolution Segmentation” για τον καθορισμό των παραμέτρων της πολλαπλής κατάτμησης εικόνας	2-38
Εικόνα 2-5: Το Ιεραρχικό Δίκτυο των Αντικειμένων.....	2-39
Εικόνα 2-6: Το πλαίσιο διαλόγου Feature View	2-42
Εικόνα 2-7: Το πλαίσιο διαλόγου Customized Feature αριστερά για τη δημιουργία αριθμητικών και δεξιά για τη δημιουργία συγγενών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων.....	2-42
Εικόνα 2-8: Το πλαίσιο διαλόγου class hierarchy και η εισαγωγή μίας νέας κατηγορίας.....	2-43
Εικόνα 2-9: Το πλαίσιο διαλόγου class hierarchy (α) η ιεραρχία κληροδότησης και (β) η ιεραρχία ομαδοποίησης	2-44
Εικόνα 2-10: Σχηματική αναπαράσταση ταξινόμησης ενός αντικειμένου με τον αλγόριθμο της εγγύτερης γεινιάσης	2-45
Εικόνα 2-11: Ο ορισμός μίας κατηγορίας και το πλαίσιο διαλόγου “Insert Expression” για την επιλογή της αντίστοιχης ιδιότητας	2-46
Εικόνα 2-12: Το πλαίσιο διαλόγου “classification Settings”	2-47
Εικόνα 2-13: Σχηματική αναπαράσταση συνένωσης αντικειμένων πανομοιότυπων δομών σε ομοιογενείς δομικές ομάδες	2-48
Εικόνα 2-14: Σχηματική αναπαράσταση εφαρμογής της ταξινόμησης βάσει βελτιστοποίησης των ορίων των αντικειμένων	2-49
Εικόνα 2-15: Σχηματική αναπαράσταση εφαρμογής της ταξινόμησης βάσει απόσπασης των αντικειμένων (α) πριν την ανακατάταξη των υποαντικειμένων και (β) μετά την ανακατάταξη των υποαντικειμένων.....	2-49
Εικόνα 2-16: Το πλαίσιο διαλόγου Accuracy Assessment	2-50
Εικόνα 2-17: Αριθμητικό εξαγόμενο αξιολόγησης ταξινόμησης με μέθοδο.....	2-51
Εικόνα 2-18: Αριθμητικό εξαγόμενο αξιολόγησης ταξινόμησης με μέθοδο.....	2-52
Εικόνα 3-1: Υπόδειγμα κριτηρίων Χάραξης	3-56
Εικόνα 3-2: Χάραξη Προκαταρκτικής Οριογραμμής Αιγιαλού βάσει του αντίστοιχου υπομνήματος κριτηρίων.....	3-60
Εικόνα 4-1: Ο νομός Πρεβέζης και η περιοχή μελέτης.....	4-62
Εικόνα 4-2: Ο Νομός Εύβοιας και η περιοχή μελέτης	4-63
Εικόνα 4-3: Οι περιοχές μελέτης σε μεγέθυνση και η έκταση που καταλαμβάνει η κάθε μία από τις έξι απεικονίσεις, αριστερά για τον Νομό Πρεβέζης και δεξιά για τον Νομό Εύβοιας.	4-64
Εικόνα 4-4: Η φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc. 02160-23160(1)”	4-67
Εικόνα 4-5: Ένα κομμάτι της απεικόνισης “dmc.02160-23160(1)” και το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του επιπέδου 4.	4-68
Εικόνα 4-6: Ένα κομμάτι της απεικόνισης “dmc.02160-23160(1)” και το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του επιπέδου 4.....	4-69
Εικόνα 4-7: Αριστερά ένα κομμάτι της απεικόνισης σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 1 ^{ου} επιπέδου.	4-70

Εικόνα 4-8: Ένα κομμάτι της εικόνας “dmc.02160-23160(1)” και το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του επιπέδου 2.	4-71
Εικόνα 4-9: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του επιπέδου.....	4-72
Εικόνα 4-10: Ο ορισμός της πρώτης γενικής κατηγορίας “Level1”	4-73
Εικόνα 4-11: Αναλυτικός Αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων	4-74
Εικόνα 4-12: Η περιγραφή της κατηγορίας “sea” στην ταξινόμηση του 4 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-75
Εικόνα 4-13: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-76
Εικόνα 4-14: Η περιγραφή της κατηγορίας “sea” στην ταξινόμηση του 1 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-77
Εικόνα 4-15: Επιλογή Χαρακτηριστικού NDVI στο πλαίσιο διαλόγου Feature View για τον βέλτιστο εντοπισμό της βλάστησης.....	4-78
Εικόνα 4-16: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-78
Εικόνα 4-17: Η περιγραφή της κατηγορίας “vegetation” στην ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	4-79
Εικόνα 4-18: Μία πρώτη ταξινόμηση της κατηγορίας “bare ground adjacent to sea” στην ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	4-81
Εικόνα 4-19: Το αποτέλεσμα της τελικής ταξινόμησης του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης ..	4-82
Εικόνα 4-20: Οι συναρτήσεις συμμετοχής της τελικής περιγραφής της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα».....	4-83
Εικόνα 4-21: Ιεραρχία δομής για τις κατηγορίες του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	4-85
Εικόνα 4-22: Το τρίτο επίπεδο ανάλυσης ως προϊόν της διαδικασίας κατάτμησης βάσει ταξινόμησης	4-86
Εικόνα 4-23: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 3 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-87
Εικόνα 4-24: Η φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc.04000-22986(1)”	4-88
Εικόνα 4-25: Ένα κομμάτι της απεικόνισης “dmc.04000-22986(1)” και το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του επιπέδου 4	4-89
Εικόνα 4-26: Ένα κομμάτι της εικόνας “dmc.04000-22986(1)” και το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του επιπέδου 4.....	4-90
Εικόνα 4-27: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του 1 ^{ου} επιπέδου.....	4-91
Εικόνα 4-28: Αριστερά ένα κομμάτι της απεικόνισης σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 1 ^{ου} επιπέδου.....	4-92
Εικόνα 4-29: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 2 ^{ου} επιπέδου	4-93
Εικόνα 4-30: Αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων	4-94
Εικόνα 4-31: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-95
Εικόνα 4-32: Επιλογή τιμών Χαρακτηριστικού NDVI στο πλαίσιο διαλόγου Feature View για τον βέλτιστο εντοπισμό της βλάστησης	4-96
Εικόνα 4-33: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-96
Εικόνα 4-34: Η ταξινόμηση της κατηγορίας «δρόμος» στην ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	4-98
Εικόνα 4-35: Η ανέφικτη ανάδειξη του πρσανούς στην απεικόνιση “dmc.04000-2296” με τη χρήση του αντίστοιχου Ψ.Μ.Ε.....	4-99
Εικόνα 4-36: Μία πρώτη ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	4-100

Εικόνα 4-37: Η συνάρτηση συμμετοχής του χαρακτηριστικού «σχετικό όριο με το πρηνές βασισμένο σε φασματικά χαρακτηριστικά» στην περιγραφή της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα»	4-101
Εικόνα 4-38: Το αποτέλεσμα της τελικής ταξινόμησης του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης ..	4-102
Εικόνα 4-39: Η ιεραρχία δομής για τις κατηγορίες του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης...	4-104
Εικόνα 4-40: Το τρίτο επίπεδο ανάλυσης ως προϊόν της διαδικασίας κατάτμησης βάσει ταξινόμησης.....	4-105
Εικόνα 4-41: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 3 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-106
Εικόνα 4-42: Η φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc.04008-22986(1)”	4-107
Εικόνα 4-43: Ένα κομμάτι της εικόνας “dmc.04008-22986(1)” και το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του επιπέδου 4	4-108
Εικόνα 4-44: Ένα κομμάτι της απεικόνισης “dmc.02160-23160(1)” και το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του επιπέδου 4.....	4-109
Εικόνα 4-45: Αριστερά ένα κομμάτι της απεικόνισης σε έγχρωμο σύνθετο RGB:421 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 1 ^{ου} επιπέδου.....	4-110
Εικόνα 4-46: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε έγχρωμο σύνθετο RGB:421 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 2 ^{ου} επιπέδου	4-111
Εικόνα 4-47: Αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων	4-112
Εικόνα 4-48: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-113
□Εικόνα 4-49: Επιλογή τιμών Χαρακτηριστικού NDVI στο πλαίσιο διαλόγου Feature View για τον βέλτιστο εντοπισμό της βλάστησης	4-114
Εικόνα 4-50: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1 ^{ου} επιπέδου	4-114
Εικόνα 4-51: Η ταξινόμηση της κατηγορίας «δρόμος» στην ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	4-116
Εικόνα 4-52: Η συνάρτηση συμμετοχής του χαρακτηριστικού «σχετικό όριο με το δρόμο» στην περιγραφή της κατηγορίας «bare ground adjacent to sea”	4-117
Εικόνα 4-53: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-119
Εικόνα 4-54: Ιεραρχία δομής για τις κατηγορίες του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	4-120
Εικόνα 4-55: Το τρίτο επίπεδο ανάλυσης ως προϊόν της διαδικασίας κατάτμησης βάσει ταξινόμησης	4-120
Εικόνα 4-56: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 3 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-122
Εικόνα 4-57: Η φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc.02168-23160(1)”	4-123
Εικόνα 4-58: Ένα κομμάτι της εικόνας “dmc.02168-23154(1)” και το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του επιπέδου 4.....	4-124
Εικόνα 4-59: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 1 ^{ου} επιπέδου.	4-125
Εικόνα 4-60: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του 2 ^{ου} επιπέδου... ..	4-126
Εικόνα 4-61: Το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 2 ^{ου} επιπέδου (α) κοντά στη ζώνη του αιγιαλού και (β) σε ένα τμήμα πέραν της ζώνης του αιγιαλού.	4-127
Εικόνα 4-62: Ο αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων.....	4-128
Εικόνα 4-63: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-129
Εικόνα 4-64: Επιλογή Χαρακτηριστικού NDVI στο πλαίσιο διαλόγου Feature View για τον βέλτιστο εντοπισμό της βλάστησης.....	4-130
Εικόνα 4-65: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-130
Εικόνα 4-66: Η ιεραρχία των κατηγοριών του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-131

Εικόνα 4-67: Η ταξινόμηση της κατηγορίας «κτίρια» στην ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	4-132
Εικόνα 4-68: Η ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	4-134
Εικόνα 4-69: Η τελική ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	4-135
Εικόνα 4-70: Η ιεραρχία δομής για τις κατηγορίες του 2 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης...	4-137
Εικόνα 4-71: Το τρίτο επίπεδο ανάλυσης ως προϊόν της διαδικασίας κατάτμηση βάσει ταξινόμησης.....	4-138
Εικόνα 4-72: Το αποτέλεσμα της ταξινόμηση του 3 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης.....	4-140
Εικόνα 5-1: Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων για το 2 ^ο και 3 ^ο επίπεδο ανάλυσης όλων των υπό μελέτη απεικονίσεων	5-142
Εικόνα 5-2: Η Γραφική αξιολόγηση των ταξινομήσεων βάσει των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής, συνοδευόμενη από την ποιοτική χρωματική κλίμακα που την επεξηγεί	5-144
Εικόνα 5-3: Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων για το 2 ^ο και 3 ^ο επίπεδο ανάλυσης όλων των υπό μελέτη απεικονίσεων	5-145
Εικόνα 5-4: Η Γραφική αξιολόγηση των ταξινομήσεων βάσει των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής, συνοδευόμενη από την ποιοτική χρωματική κλίμακα που την επεξηγεί	5-147
Εικόνα 5-5: Η τομή των δύο επιφανειών προς σύγκριση για την εποπτική εκτίμηση του βαθμού επίτευξης του αρχικού στόχου	5-149

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3-1: Κατηγορίες οριογραμμών – κριτήρια χάραξης ΠΟΑ.....	3-59
Πίνακας 4-1: Σειρά εμφάνισης των καναλιών στις διαθέσιμες εικόνες.....	4-64
Πίνακας 4-2: Επιλογή τμημάτων προς μελέτη από τις αρχικές εικόνες.....	4-66
Πίνακας 4-3: Συναρτήσεις συμμετοχής και πεδία τιμών των κατηγοριών του 2 ^{ου} επιπέδου της απεικόνισης “dmc.02160-23160(1)”	4-84
Πίνακας 4-4: Συναρτήσεις συμμετοχής και πεδία τιμών των κατηγοριών του 2 ^{ου} επιπέδου της απεικόνισης “dmc.04000-22986(1)”	4-103
Πίνακας 4-5: Συναρτήσεις συμμετοχής και πεδία τιμών των κατηγοριών του 2 ^{ου} επιπέδου της απεικόνισης “dmc.04008-22986(1)”	4-118
Πίνακας 4-6: Συναρτήσεις Συμμετοχής και πεδία τιμών των κατηγοριών του 2 ^{ου} επιπέδου της απεικόνισης “dmc.02168-23160(1)”	4-136
Πίνακας 5-1: Μετρήσεις Εκτάσεων Αιγιαλού.....	5-151
Πίνακας 5-2: Έλεγχος ακρίβειας αυτόματης ανάδειξης του αιγιαλού	5-152

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα διαθέτει ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό παράκτιων ζωνών, από τις μεγαλύτερες σε μεσογειακό και ευρωπαϊκό επίπεδο, δεν έχει όμως καθορισθεί ούτε ασκηθεί μία συντονισμένη και ολοκληρωμένη πολιτική για τις ακτές. Βέβαια πολλές είναι οι νομοθετικές ρυθμίσεις για τον αιγιαλό και την παραλία που έχουν εφαρμοσθεί κατά καιρούς, με πιο πρόσφατο νόμο τον Ν. 2971/2001. Σε αντίθεση όμως με αντίστοιχους ευρωπαϊκούς νόμους αρκετά περιβαλλοντικά προβλήματα εξαιτίας της εξέλιξης και της κατάστασης του παράκτιου χώρου και σημαντικά χρονικά, τεχνικά, διοικητικά και νομικά προβλήματα δεν λύθηκαν.

Σήμερα στην Ελλάδα υπάρχει ένα ευρύτερο ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της ζώνης του αιγιαλού και της παραλίας και τα έργα τα οποία μπορούν να ανεγερθούν σε παράκτια ακίνητα. Η θεσμική χάραξη των οριογραμμών της ακτής και του προκαταρτικού αιγιαλού αποτελεί στόχο πρώτης προτεραιότητας για τη διασφάλιση του κοινόχρηστου χαρακτήρα των ζωνών αυτών και την καταγραφή της κοινόχρηστης περιουσίας και των δημόσιων κτημάτων. Προς την απαίτηση αυτή κινήθηκε το έργο της Κτηματολόγιο Α.Ε. τον Φεβρουάριο του 2006 (Διαγωνισμός Υποβάθρων Αιγιαλού) το οποίο και ολοκληρώθηκε επιτυχώς στις 31 Ιουλίου του έτους 2009, για συνολικό μήκος ακτογραμμής άνω των 18.000 χιλιομέτρων. Αντικείμενο της σύμβασης του έργου αποτέλεσε η δημιουργία ορθοφωτοχαρτών πολύ υψηλής ευκρίνειας και ακρίβειας, καθώς και λεπτομερούς Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους, για μία ζώνη κατά μήκος των ακτογραμμών, ώστε με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών να μπορεί να γίνει η επιστημονικά αντικειμενική εκτίμηση και καταγραφή της Προκαταρτικής Οριογραμμής του αιγιαλού, προκειμένου αυτή να χρησιμοποιηθεί σε μεταγενέστερο στάδιο από τις αρμόδιες Υπηρεσίες και Επιτροπές για την επίτευξη των διαδικασιών καθορισμού και θεσμοθέτησης του αιγιαλού. Συμβάλλοντας την υλοποίηση του Εθνικού Κτηματολογίου και των λοιπών αναπτυξιακών έργων και προγραμμάτων, το έργο ενδείκνυται να συμβάλει παράλληλα στην αποτελεσματική προστασία και ορθολογική διαχείριση των ζωνών αυτών, με κριτήρια την κοινωνική και πολιτιστική τους διάσταση, την περιβαλλοντική τους αξία, την τουριστική τους ανάπτυξη, την στρατηγική τους σημασία και τον αναπτυξιακό τους χαρακτήρα (Κτηματολόγιο, 2006). Ελπιδοφόρο αποτέλεσμα της ενέργειας αυτής αποτελεί αμ ήτοι άλλο η προώθηση της βιώσιμης και αιεφόρου ανάπτυξης της χώρας μας.

Ο τρόπος προκαταρτικού καθορισμού της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού, όπως συμβαίνει στην σημερινή πραγματικότητα, περιγράφεται στην παρούσα διπλωματική εργασία και αποδεικνύεται πόσο μεγάλη είναι η αναγκαιότητα για επιτάχυνση των διαδικασιών καθορισμού της ζώνης αυτής. Σύμφωνα με το Ν/Σ ο καθορισμός αιγιαλού γίνεται με φωτοερμηνεία με τη χρήση έγχρωμων τηλεπισκοπικών δεδομένων. Σε αντίθεση ωστόσο με τις διάφορες διεργασίες που πραγματοποιούνται κατά καιρούς για την οριοθέτηση του αιγιαλού, η ψηφιακή τηλεπισκόπηση, η οποία στηρίζεται στην ανάλυση και επεξεργασία ψηφιακών δεδομένων, δίνει σε σύντομο χρονικό διάστημα μαζικά αποτελέσματα μεγάλης ακρίβειας ως προς τη διαπίστωση του φυσικού φαινομένου της μέγιστης ανάβασης των κυμάτων.

Τα τελευταία χρόνια ο επιστημονικός τομέας της Τηλεπισκόπησης (Remote Sensing) έχει σημειώσει μεγάλη εξέλιξη, τόσο σε θέματα τεχνικομηχανικού εξοπλισμού (hardware) όσο και σε θέματα λογισμικού (software). Οι πλείστες εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης που έχουν προταθεί για ένα μεγάλο εύρος της Γεωεπιστήμης έχουν οδηγήσει σε εξελίξεις που προβλέπεται να αξιοποιηθούν και να τελεσφορήσουν

περαιτέρω στο μέλλον. Στον τομέα του τεχνικομηχανικού εξοπλισμού παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα προμήθειας πολυφασματικών τηλεπισκοπικών δεδομένων ύψιστης διακριτικής ικανότητας από δορυφορικές και μη πλατφόρμες. Αντίστοιχα στον τομέα του διαθέσιμου λογισμικού καινούριοι αλγόριθμοι για τη ανάλυση και ερμηνεία τηλεπισκοπικών απεικονίσεων προτείνονται. Ολοένα και περισσότερο δεδομένα υψηλής διακριτικής ικανότητας διατίθενται στην αγορά, την πολυπλοκότητα των οποίων δεν μπορούν εύκολα να διαχειριστούν οι τεχνικές ανάλυσης των μεμονωμένων εικονοστοιχείων, λαμβάνοντας απλά υπ' όψιν τις φασματικές υπογραφές αυτών. Η ποικιλία των διαφόρων ειδών και ο όγκος των προς επεξεργασία τηλεπισκοπικών δεδομένων αναδεικνύουν την ανάγκη πιο ευέλικτων και αποτελεσματικών μεθόδων ερμηνείας τους. Η απλοποίηση, η αυτοματοποίηση και η ενσωμάτωση στις μεθόδους αυτές της θεωρητικής ή εμπειρικής γνώσης των ειδικών, αποτελούν πάγια αιτήματα των ασχολούμενων με τον τομέα της Τηλεπισκόπησης (Δερζέκος, 2002).

Μία νέα προσέγγιση στο πρόβλημα της ταξινόμησης των τηλεπισκοπικών δεδομένων αποτελεί η αντικειμενοστραφής ανάλυση της εικόνας, την οποία εφαρμόζει το νεοεμφανιζόμενο λογισμικό eCognition. Αυτού του είδους η ανάλυση βασίζεται στη λογική ότι η σημαντική πληροφορία για την ερμηνεία εικόνων δεν αναπαρίσταται από μεμονωμένα εικονοστοιχεία, αλλά από αντικείμενα με φασματικές και σχηματικές ιδιότητες και τις αλληλοσυσχετίσεις τους. Όσο περισσότερα γεωμετρικά, φασματικά και τοπολογικά χαρακτηριστικά είναι γνωστά για κάποια αντικείμενα, τόσο πιο ρεαλιστική τείνει να γίνει η ταξινόμηση (Hoffman, 2001).

Η αυξανόμενη επιτυχία της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης έχει υποκινήσει τις έρευνες για τη δημιουργία νέων μεθοδολογιών οι οποίες θα παρέχουν την απαραίτητη ανανέωση των γεωγραφικών πληροφοριών (geoinformation). Η διάθεση ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, υψηλής διακριτικής ικανότητας σε συνδυασμό με την αντικειμενοστραφή ανάλυση τους και τη δημιουργία κατάλληλης βάσης γνώσης στο περιβάλλον αυτής, ενδέχεται να καταστήσουν ιδιαίτερα ικανή τη διάκριση και την αυτόματη οριοθέτηση της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού, που αποτελεί και τον γενικότερο στόχο της παρούσης διπλωματικής εργασίας. Ως προς την προσέγγιση που ακολουθείται για την εξαγωγή του ζητούμενου, επιμέρους μεθοδολογικοί στόχοι της εργασίας αποτελούν:

1. Η διερεύνηση της μεθοδολογίας “κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης” του λογισμικού eCognition. Αυτό αυτόματα συνεπάγεται τη διερεύνηση του επαρκούς αριθμού των επιπέδων ανάλυσης και των κατάλληλων παραμέτρων κατάτμησης, ώστε να εξυπηρετείται η μελέτη των εκάστοτε περιπτώσεων οριοθέτησης του αιγιαλού.
2. Η διερεύνηση των κατάλληλων φασματικών ή άλλων (γεωμετρικών, χωρικών) χαρακτηριστικών των κατατετμημένων αντικειμένων στην αναπαράσταση των επιθυμητών κατηγοριών, ώστε να διαφοροποιούνται επαρκώς.
3. Η διερεύνηση της μεθόδου ασαφούς αναπαράστασης και ταξινόμησης (fuzzy logic) των κατατετμημένων αντικειμένων, όπως αυτή διεξάγεται άλλοτε από συναρτήσεις συμμετοχής και άλλοτε από τον αλγόριθμο εγγύτερης γεινιάσης, σε κατάλληλες κατηγορίες του περιβάλλοντα χώρου του αιγιαλού, ώστε να αποτυπωθεί τελικώς η παράκτια ζώνη αυτού.
4. Η δημιουργία της πλέον κατάλληλης βάσης γνώσης με κανόνες σε αντικειμενοστραφές περιβάλλον, για την ταξινόμηση λεπτομερών εννοιολογικών κατηγοριών.

5. Η αξιολόγηση ακρίβειας από την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων με διάφορους τρόπους, συμπεριλαμβανομένων εξειδικευμένων εργαλείων που διαθέτει το λογισμικό για τον σκοπό αυτό, καθώς και της σύγκρισης του εξαγόμενου αιγιαλού, ως αποτέλεσμα της ασαφούς λογικής, με την διατιθέμενη, από την Ελληνική Φωτογραμμετρική Εταιρία ΕΛ.ΦΩ., ψηφιοποιημένη επιφάνεια.

Όσον αφορά στη μελέτη οριοθέτησης του αιγιαλού, παράλληλοι στόχοι είναι:

1. Η διερεύνηση των διαφόρων κριτηρίων χάραξης που λαμβάνονται υπ' όψιν κατά περίπτωση.
2. Η μελέτη του τρόπου χάραξης, βάσει αυτών των κριτηρίων, της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού στην οποία έγκειται και ο τρόπος ορισμού της κατηγορίας ενδιαφέροντος. Σημειώνεται στο σημείο αυτό ότι ετέθη ο στόχος διατήρησης εν μέρει της περιγραφής της εν λόγω κατηγορίας και κατάλληλης έπειτα διαμόρφωσης αυτής, όποτε κρίνεται απαραίτητο, ώστε να ικανοποιεί το δυνατόν βασικές προϋποθέσεις του εκάστοτε κριτηρίου χάραξης που έχει ληφθεί υπ' όψιν κατά τη φωτοερμηνεία των υπό μελέτη απεικονίσεων.
3. Απαραίτητη κρίνεται η δημιουργία ενός επιπλέον επιπέδου ανάλυσης, στο οποίο μέσω της ενοποίησης των κατάλληλων αντικειμένων, θα αναπαρίσταται η παράκτια ζώνη του αιγιαλού ως μία ενιαία πλέον επιφάνεια, τόσο ως προς την σύγκριση αυτού με την διατιθέμενη ψηφιοποιημένη επιφάνεια όσο και ως προς την ολοκληρωμένη διεκπεραίωση του αρχικού απαιτούμενου στόχου.

1. ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Από τους ιστορικούς χρόνους η παράκτια ζώνη αποτέλεσε μια από τις κύριες εστίες ανάπτυξης των κοινωνιών. Στις θαλάσσιες περιοχές απαντώνται οι σημαντικότεροι πολιτισμοί και αυτό είναι λογικό αν σκεφτεί κανείς την δυνατότητα εκμετάλλευσης των παράκτιων υδάτων για την ανάπτυξη του εμπορίου και των μεταφορών.

Ο παράκτιος χώρος έχει διαφορετική κατανομή και σημασία για τα διάφορα κράτη (Κουσούρης 2009). Σε διεθνές επίπεδο οι ακτές περιλαμβάνουν το 20% της γήινης επιφάνειας και φιλοξενούν μια σημαντική μερίδα του ανθρώπινου πληθυσμού (Οικονόμου Χ., 2007). Τα παράκτια οικοσυστήματα είναι ιδιαίτερα παραγωγικά, καθώς χαρακτηρίζονται από υψηλή βιολογική ποικιλομορφία, πλούσιους πόρους αλιείας και σημαντικά μεταλλεύματα βυθού. Παράλληλα οι ακτές υποστηρίζουν μια διαφορετική σειρά σχετικών βιομηχανιών που αποτελούν πηγή οικονομικής παραγωγικότητας.

Η Ελλάδα διαθέτει τη **μεγαλύτερη ακτογραμμή** της Μεσογείου, μήκους άνω των 16.500 χιλιομέτρων, που αντιστοιχεί στο ¼ περίπου των ακτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Από τα 16.500 χιλιόμετρα ακτών που διαθέτει η χώρα μας, τα μισά βρίσκονται στα χιλιάδες ελληνικά νησιά ενώ τα υπόλοιπα εκτείνονται κατά μήκος των παραλίων της ηπειρωτικής χώρας. Στην «στενή» παράκτια ζώνη της χώρας (βάθους μέχρι 2 χλμ) συγκεντρώνεται το 33% του πληθυσμού, ενώ στην ευρύτερη παράκτια ζώνη (βάθους μέχρι 50 χλμ) συγκεντρώνεται το 85% του πληθυσμού. Στον ελληνικό παράκτιο χώρο συγκεντρώνονται σχεδόν όλες οι μεγάλες πόλεις, καθώς και το 80% των βιομηχανικών δραστηριοτήτων, το 90% του τουρισμού και της αναψυχής, το 35% της αγροτικής γης και άλλες πολλές σημαντικές τεχνικές υποδομές

Η Ελλάδα είναι ακόμα μια από τις πλούσιες σε βιοποικιλότητα χώρα, με πολλά ενδημικά είδη φυτών και ζώων, παρά τις πιέσεις που δέχεται το περιβάλλον, ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες. Η ελληνική παράκτια ζώνη χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλία ειδών (χλωρίδας και πανίδας), γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών, παραγωγικών οικοσυστημάτων αλλά και από συσσώρευση πλήθους ανθρώπινων δραστηριοτήτων (ψυχαγωγία, αστική και βιομηχανική ανάπτυξη, κτλ.).

Ο παράκτιος χώρος έχει μεγάλη σημασία από οικολογικής πλευράς λόγω της συνύπαρξης και αλληλεπίδρασης των τριών βασικών στοιχείων της φύσης, του αέρα, της θάλασσας και της ξηράς. Ωστόσο, αυτή η ποικιλομορφία των χρήσεων γης στην ελληνική παράκτια ζώνη, η σύγκρουση μεταξύ ασύμβατων χρήσεων (πχ τουρισμός και/ή βιομηχανία), οι έντονες οικιστικές πιέσεις, ο μαζικός τουρισμός και η ασάφεια του υπάρχοντος αναχρονιστικού νομοθετικού πλαισίου, απειλούν την ακεραιότητα των ελληνικών ακτών.

1.1. Απαραίτητοι Ορισμοί

Οι ακτές είναι τα όρια ανάμεσα στα ηπειρωτικά τμήματα και τη θάλασσα. Η ξηρά χωρίζεται από τη θάλασσα με μια γραμμή, η οποία ωστόσο δεν είναι πάντα αυστηρά καθορισμένη αλλά μπορεί να μεταβάλλεται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι οι παλίρροιες και ο κυματισμός. Η παλίρροια είναι ένα φαινόμενο περιοδικού και συνήθως ημερήσιου χαρακτήρα, που εκδηλώνεται με τη σταδιακή ανύψωση και υποχώρηση των θαλάσσιων υδάτων, που οφείλεται στους νόμους της παγκόσμιας έλξης και συγκεκριμένα στην έλξη που εξασκούν ο ήλιος και η σελήνη πάνω στην ελεύθερη επιφάνεια των υδάτων. Όταν ληφθούν υπόψη οι μεταβολές αυτές, τότε ο διαχωρισμός ξηράς και θάλασσας δεν γίνεται με μια γραμμή, αλλά από ζώνη, που το

πλάτος της εξαρτάται από το μέγεθος των μεταβολών των παραγόντων αυτών καθώς και από την κλίση της παράκτιας περιοχής (Λυκούδη, 2005). Στην περίπτωση μιας ακτής με απόκρημνους βράχους ο διαχωρισμός γίνεται με τη γραμμή που αντιστοιχεί στη στάθμη της θάλασσας ή καλύτερα στη μέση στάθμη της θάλασσας.

Ακτή ονομάζεται η ζώνη ξηράς, το ανάγλυφο της οποίας σχηματίστηκε από τη δράση της θάλασσας (Μουτζούρης Κ., 1988). Το εξωτερικό προς τη θάλασσα όριο της είναι η ακτογραμμή, ενώ το εσωτερικό προς την ξηρά όριο της είναι είτε η ακμή που σχηματίζεται από την απότομη αλλαγή κλίσεως της επιφάνειας του εδάφους, είτε το πέρας της ζώνης εναποθέσεως θαλάσσιων ιζημάτων. Ως **ακτογραμμή** ορίζεται η γραμμή που χωρίζει την ξηρά από τη θάλασσα και αντιστοιχεί στο ίχνος της στάθμης της θάλασσας πάνω στην ξηρά.

Όσον αφορά στις παράκτιες περιοχές ενιαίος ορισμός δεν υπάρχει, από το γεγονός ότι υπάρχει διαφορετική θεώρηση από τους επιστήμονες διαφορετικής κατεύθυνσης και πολλές φορές ο καθορισμός της παράκτιας ζώνης πορεύεται μέσα από τοπικές ιδιαιτερότητες και λειτουργίες. Ωστόσο εκεί όπου η θάλασσα συναντά τη χέρσο αλλά και η μεταβατική ζώνη η οποία καλύπτεται και αποκαλύπτεται περιοδικά από νερά, αποτελεί την παράκτια περιοχή (Κουσουρής, 2009). Στις 28 Αυγούστου του 2009 δόθηκε από τον υπουργό του ΠΕΧΩΔΕ, κύριο Γιώργο Σουφλιά, σε δημόσια διαβούλευση, το σχέδιο του Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου για τον παράκτιο χώρο και τα νησιά. Μέσω αυτού **ορίζεται για πρώτη φορά** ο παράκτιος χώρος ως ο μεταβλητός γεωμορφολογικός χώρος εκατέρωθεν της ακτογραμμής, δηλαδή με χερσαίο αλλά και με θαλάσσιο τμήμα

Με τον όρο αιγιαλός, νοείται η χερσαία ζώνη που περιστοιχίζει την θάλασσα και βρέχεται από τις μέγιστες αλλά συνήθεις αναβάσεις του χειμέριου κύματος. Με τον όρο μη συνήθεις αναβάσεις νοούνται οι θεομηνίες και τα έκτατα φυσικά γεγονότα, με λίγα λόγια τα γεγονότα που δεν είναι περιοδικά. Ως βρεχόμενη από τη μέγιστη συνήθης ανάβαση των κυμάτων νοείται και η ζώνη της ξηράς που βρέχεται από το θαλάσσιο νερό όταν το κύμα που σπάει στην ακτή εκσφενδονίζεται προς αυτή.

Στις παράκτιες περιοχές συνήθως προβάλλεται ο όρος “παραλία”. Σε περιπτώσεις που ο αιγιαλός δεν επαρκεί να εξυπηρετήσει τον **κοινόχρηστο σκοπό του**, προστίθεται μία λωρίδα γης από την παρακείμενη ξηρά, η οποία πρέπει να είναι ανοικοδόμητη (Παπαϊωάννου και Τζωρτζακάκη, 2001). Η λωρίδα αυτή γης **ονομάζεται παραλία** και καθορίζεται από την πολιτεία μέχρι και πενήντα (50) μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού

Οι παραλίες διακρίνονται στην **υποθαλάσσια** και τη **χερσαία** περιοχή του. Το υπόστρωμά τους είναι συνήθως άμμος ή χαλίκια, ενώ όταν η περιοχή καλύπτεται από λάσπη ή βράχια δεν περιλαμβάνεται στις παραλίες. Το **πλάτος** μιας παραλίας καθορίζεται από πολλούς παράγοντες μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται τοπογραφικά, γεωμορφολογικά, υδρολογικά, δυναμικά χαρακτηριστικά, καθώς και από το ισοζύγιο του ιζήματος που έρχεται ή φεύγει από την περιοχή. Έτσι, παραλία είναι η ζώνη του υποστρώματος που περιλαμβάνει μετακινούμενο (άμμος, χαλίκια), ή μη συνεκτικό ίζημα το οποίο εναποτίθεται κυρίως με τη δράση των κυμάτων και των ρευμάτων κατά μήκος της περιμέτρου μιας μάζας νερού (Κουσουρής, 2009). Από γεωμορφολογική άποψη όταν ο αιγιαλός καλύπτεται από πηλό (λάσπη) ή βράχια δεν συμπεριλαμβάνεται στις παραλίες.

1.2. Η Σημασία των Ελληνικών Ακτών για την Ανάπτυξη της Χώρας

Ο θαλάσσιος χώρος νοείται όχι σαν κόσμος διαφορετικός και αχανής, αλλά σαν φυσική γειννίαση της στεριάς, δεκτική ποικίλων χρήσεων. Η προσφορά του στην κοινωνική, οικονομική και πολιτισμική ανάπτυξη του πλανήτη, αποτελεί δεδομένο και βίωμα. Κατεξοχήν για τον ελληνικό χώρο, η ακτή είναι πόρος ζωής, αισθητική απόλαυση, πηγή έμπνευσης, ιστορικής συνέχειας και παράδοσης, ανεκτίμητο στοιχείο της γεωπολιτικής μας εξέλιξης, της κοινωνικής και πολιτισμικής ταυτότητας μας.

Η Ελλάδα αποτελεί μια χώρα με το πιο εκτεταμένο παραλιακό και νησιώτικο τοπίο που το περισσότερο περιβάλλει τις ακτές και με αυτές αποτελεί ενιαία ενότητα. Με μήκος ακτών 16.000 χιλιόμετρα περίπου, η Ελλάδα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μετά τη Νορβηγία, αναλογία μήκους ακτών ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο γης. Το ανάπτυγμα αυτό αντιστοιχεί σε 5,5 φορές του μήκους των Γαλλικών ακτών ή στα 6/10 του συνολικού αναπτύγματος των ακτών της Αφρικανικής Ηπείρου. Από τα πιο σημαντικά **χαρακτηριστικά της ελληνικής παράκτιας ζώνης**, αξίζει στο σημείο αυτό να επισημανθούν τα εξής (Δουκάκης, 2005):

- ✓ Η πυκνότητα του πληθυσμού είναι διπλάσια από το σύνολο της χώρας.
- ✓ Συγκεντρώνονται στη ζώνη αυτή το 40% των Δήμων και κοινοτήτων, που ανήκουν διοικητικά σε 44 από τους 54 νομούς.
- ✓ Η ζώνη αυτή καλύπτει το 34% της συνολικής έκτασης της χώρας.
- ✓ Συγκεντρώνονται στη ζώνη αυτή το 70% των βιομηχανιών, ισχύος πάνω από 150 HP.

Και βέβαια ο ελληνικός παράκτιος χώρος, φιλοξενεί σημαντικά οικοσυστήματα που χαρακτηρίζονται από πολυμορφία και τα οποία αποτελούν το ενδιαίτημα μεγάλου αριθμού ειδών πανίδας, η επιβίωση των οποίων είναι πολύτιμη για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Περιλαμβάνει παράκτια δάση και θαμνώδεις εκτάσεις που δημιουργούν, σε συνδυασμό με τη θάλασσα, ένα τοπίο υψηλής αισθητικής και περιβαλλοντικής αξίας.

Εάν ληφθούν υπόψη όλα τα παραπάνω, γίνεται εύκολα αντιληπτή η σημασία των ελληνικών ακτών για την ανάπτυξη της χώρας μας. Ωστόσο η έντονη συγκέντρωση δραστηριοτήτων στην παράκτια ζώνη της ελληνικής γης, λόγω ιστορικών, οικονομικών, κοινωνικών και άλλων παραγόντων, είχε ως άμεσο αποτέλεσμα την όξυνση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει, κύρια την αποτροπή κάθε μακροπρόθεσμης και κοινωνικής ωφέλιμης ανάπτυξης. Στην δράση αυτή περιλαμβάνεται και η επέμβαση του ανθρώπου με διάφορα έργα, που σε συνδυασμό με τα φυσικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής, δημιουργούν μια ανθρωπογενή δυναμική ισορροπία. Από τις δραστηριότητες που συσσωρεύτηκαν στις ακτές, επικράτησαν τελικά εκείνες που είχαν μεγαλύτερη αποδοτικότητα σε χρήμα. Αναπτύχθηκαν κυρίως δραστηριότητες που αποσκοπούν στην εξυπηρέτηση του τουρισμού, του οποίου οι πολλαπλασιαστικές επιπτώσεις είναι περιορισμένες σε σχέση με τους παραγωγικούς τομείς της οικονομίας. Δημιουργήθηκε έτσι μία κατάσταση την οποία πολλοί θεώρησαν ανάπτυξη. Μία ανάπτυξη που λειτούργησε αποκλειστικά με κριτήρια αγοράς για βραχυπρόθεσμα οφέλη, που σε πολλές περιπτώσεις περιόρισαν τις δραστηριότητες που θα ωφελούσαν πραγματικά το κοινωνικό σύνολο, προκειμένου να επικρατήσουν τελικά εκείνες που θα είχαν μεγαλύτερη αποδοτικότητα σε χρήμα, αδιαφορώντας για τις συσσωρευτικές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και κατ'επέκταση στη φυσική και ψυχική οντότητα του ανθρώπου.

Αυτού του είδους η ανάπτυξη οδήγησε στη δημιουργία μιας χωρίς πρόγραμμα υποδομής, συγκεκριμένα στην ανεξέλεγκτη παρέμβαση των ακτών με επιχωματώσεις, κτίσματα, παραθαλάσσια οδικά έργα και με κάθε είδους βίαιη επέμβαση που αντιστρατεύεται στη φύση. Η αλόγιστη παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα παρατηρήθηκε πιο έντονα στο **τμήμα της ξηράς που γειτνιάζει άμεσα με την θάλασσα**, τον αιγιαλό και την παραλία, τα οποία από την φύση τους είναι ταγμένα στην **εξυπηρέτηση του κοινωνικού συνόλου** και για τον λόγο αυτό πρώτα, από το σύνολο της παράκτιας ζώνης, θα έπρεπε να προστατευτούν από τέτοιου είδους παρεμβάσεις.

1.3. Σκοπιμότητα Μελέτης Καθορισμού του Αιγιαλού και της Παραλίας

Σε προηγούμενη ενότητα εξετάζονται ορισμένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της ελληνικής παράκτιας ζώνης. Επισημαίνεται, εξαιτίας όλων αυτών αλλά και άλλων παραγόντων που αναπτύσσονται, η σημασία των ελληνικών ακτών για την ανάπτυξη της χώρας και κατ'επέκταση η ανάγκη που προκύπτει για μία ολοκληρωμένη διαχείριση της ελληνικής παράκτιας ζώνης.

Η πολιτεία, στην προσπάθεια της να περισώσει το φυσικό παράκτιο περιβάλλον από την περαιτέρω στρέβλωση που εξελίσσεται με φρενήρεις ρυθμούς, πειραματίζεται ακόμα υιοθετώντας **αποσπασματικά νομοθετήματα** που επιχειρούν μέσα από μία ανοργάνωτη και αντιδραστική δημόσια διοίκηση να βάλουν τάξη στο διογκούμενο χάος που εξελίσσεται στις ακτές και στην παράκτια ζώνη. Συνέδρια για την διαχείριση και τη βελτίωση των παράκτιων ζωνών, προγράμματα για τη βιώσιμη ανάπτυξη των ελληνικών ακτών και νησιών, θέσπιση αρχών αειφόρου ανάπτυξης, ημερίδες, διαλέξεις, άρθρα κλπ, «δίνουν και παίρνουν», καταμαρτυρώντας το έκδηλο ενδιαφέρον για την εξέλιξη των ακτών στο άμεσο μέλλον και για τη μη υπονόμηση των ανερχόμενων γενεών (Κονδύλης, 2004).

Είναι συνεπώς προφανής η ανάγκη από ένα σοβαρό πρόγραμμα με το οποίο να παρεμποδίζεται η καταστροφή και η αλλοίωση του ελληνικού φυσικού περιβάλλοντος και ταυτόχρονα να αξιοποιείται αυτό με τον καλύτερο τρόπο. Είναι **απαραίτητος ο καθορισμός των παράκτιων ζωνών**, οι οποίες πρέπει να προστατευτούν από κάθε εξέλιξη, καθώς και η διατήρηση και η βελτίωση του χαρακτήρα των ζωνών τοπικού χρώματος.

Ωστόσο οι ποικίλες δυνατότητες που ο ελληνικός θαλάσσιος χώρος παρέχει στον απλό πολίτη δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν, αν εκτός από την θάλασσα και οποιοδήποτε άλλο υγρό στοιχείο, δεν υπάρχει κοινόχρηστο τμήμα ξηράς που να τη περιστοιχίζει. Συνεπώς αποτελεί **απαραίτητο έργο υποδομής ο καθορισμός του αιγιαλού** και της παραλίας, η προστασία και η αξιοποίηση τους. Με βάση την απαίτηση αυτή εξετάζεται σε επόμενο εδάφιο ο καθορισμός του αιγιαλού, όπως αυτός διέπεται βάσει του νομικού πλαισίου περί αιγιαλού και παραλίας, ενώ στα πλαίσια της παρούσης εργασίας καταβάλλεται προσπάθεια ψηφιακής οριοθέτησης αυτού, βάσει ισχυρών κανόνων και κριτηρίων που αναπτύσσονται και λαμβάνονται υπ' όψιν για την χάραξη του προκαταρκτικού αιγιαλού.

1.3.1. Αναγκαιότητα Καθορισμού του Αιγιαλού για το Εθνικό Κτηματολόγιο

Το πρόβλημα της προστασίας των ακτών είναι ένα κομμάτι της διοίκησης, διαχείρισης και προστασίας της Δημόσιας Περιουσίας. Από την ανάλυση των

εδαφίων που προηγήθηκε, αποδεικνύεται ασφαλώς η αναγκαιότητα για μία ολοκληρωμένη διαχείριση του ελληνικού παράκτιου χώρου, προκειμένου να αποτραπούν οι καταπατήσεις εις βάρος του δημοσίου.

Αποτελεσματική δράση για την καλύτερη αξιοποίηση των ακτών δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί, εάν δεν είναι γνωστό το πεδίο εφαρμογής των μελετών που πρέπει να γίνουν. Τέτοια γνώση ωστόσο δεν υπάρχει γιατί δεν έχει γίνει μέχρι τώρα καμία ενιαία, πλήρης και πολυδιάστατη καταγραφή της κατάστασης των ακτών και του παράκτιου χώρου. Μία τέτοια καταγραφή, λόγω φυσικά της σπουδαιότητας και της σοβαρότητας της κατάστασης, μόνο μέσα από τις διαδικασίες του εθνικού κτηματολογίου θα μπορούσε να επιτευχθεί. Το Εθνικό Κτηματολόγιο, ως **ενιαίος φορέας** που θα διοικεί, θα διαχειρίζεται και θα προστατεύει αδιαίρετα τη δημόσια περιουσία, μπορεί να θέσει οριστικό τέλος στην καταπάτηση και την άναρχη δόμηση, να επιλύσει προβλήματα του σύγχρονου αστικού και αγροτικού χώρου και να παρεμποδίσει την ασύδοτη σε βαθμό κατάχρηση της «χρήσης» της παράκτιας γης από αυθαίρετες επιχειρηματικές επιλογές και πρωτοβουλίες.

Για την **ολοκλήρωση ωστόσο του εθνικού κτηματολογίου** θα πρέπει με κάποιο γρήγορο, ακριβή και αδιαμφισβήτητο τρόπο να καθοριστούν τα όρια του προς τη θάλασσα, που δεν είναι άλλα από την οριογραμμή του αιγιαλού. Κρίνεται συνεπώς απαραίτητη η άμεση εξερεύνηση νέων σύγχρονων μεθόδων, οι οποίες με την υιοθέτηση των νέων, ήδη δρώμενων τεχνολογιών, θα επιτρέψουν την ολοκλήρωση, με βάση τις απαιτούμενες προδιαγραφές, του συνολικού καθορισμού του αιγιαλού.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

2.1. Νομικό Πλαίσιο Περί Αιγιαλού και Παραλίας

Στο παρόν εδάφιο περιγράφεται το νομικό πλαίσιο βάσει του οποίου πραγματοποιείται ο καθορισμός, η προστασία, η αξιοποίηση και η διαχείριση της ζώνης του αιγιαλού. Ωστόσο, πριν τη λεπτομερή ανάλυση αυτού κρίνεται σκόπιμη μία σύντομη ιστορική αναδρομή στη προϊσχύουσα σχετική νομολογία.

2.1.1. Ιστορική Αναδρομή Όσον Αφορά στη Νομολογία

Από τους αρχαίους χρόνους είχε επισημανθεί η ανάγκη για τη δημιουργία και την προστασία του τμήματος αυτού της ξηράς που πρέπει να είναι κοινόχρηστο και να περιστοιχίζει τη θάλασσα. Το τμήμα αυτό είναι ο «αιγιαλός». Οι Ρωμαίοι θεσμοθέτησαν διατάξεις προστατευτικές του αιγιαλού που τον θεωρούσαν από τα πράγματα που εξυπηρέτησαν την **κοινή χρήση**.

Η **πρώτη διατύπωση** του ορισμού του αιγιαλού έχει την προέλευσή της στο Βυζαντινορωμαϊκό Δίκαιο όπου αιγιαλός καλείται η παρά θάλασσα ταινία γης «μέχρις ου το μέγιστον χειμέριον εξικνεΐται κύμα», θεωρώντας ότι στη λεκάνη της Μεσογείου η ανάβαση των κυμάτων είναι μεγαλύτερη τον χειμώνα από τις άλλες εποχές του έτους (Κονδύλης, 2004). Στην Ελλάδα για πρώτη φορά γίνεται ρύθμιση στα ζητήματα που αφορούν στον αιγιαλό, με τον νόμο της 21 Ιουνίου του 1837 «περί διακρίσεως των κτημάτων». Στο άρθρο 15 του νόμου αυτού τέθηκε ο **πρώτος ορισμός του αιγιαλού**, όπως έχει διατυπωθεί από τους Ρωμαίους, και ορίστηκε ότι ο αιγιαλός ανήκει στην Δημόσια κτήση ή την Επικράτεια, δηλαδή στην κοινή χρήση πράγματα. Ο νόμος αυτός καταργείται από το άρθρο 49 του Εισαγωγικού Νόμου του Αστικού Κώδικα. Ο **Αστικός Κώδικας** δεν δίνει ορισμό του αιγιαλού. Στα άρθρα όμως 967 και 968 αφενός μεν καταλέγει τον αιγιαλό μεταξύ των κοινοχρήστων πραγμάτων αφετέρου ορίζει τα περί κυριότητας στη ζώνη του αιγιαλού. Ο σκοπός της χρησιμοποίησης του αιγιαλού για κοινή χρήση πρώτη φορά καθορίστηκε ρητά με ειδικό κανόνα του άρθρου 7 του **A.N. 2344/1940**, με τον οποίο ο αιγιαλός έχει κύριο και αρχικό προορισμό την επικοινωνία από τη θάλασσα προς την ξηρά και αντιστρόφως μπορεί δε να εξυπηρετεί και άλλους κοινωφελείς σκοπούς και να χρησιμεύει για εκμετάλλευση προς το συμφέρον του Δημοσίου. Στο Νόμο αυτό μπαίνουν για πρώτη φορά και διατάξεις διαπλατύσεως του αιγιαλού για εκπλήρωση κυρίως του σκοπού της συγκοινωνίας με λωρίδα γης από την παρακείμενη ξηρά που ονομάζεται παραλία. Έτσι, με τον A.N. 2344/1940 έγινε η πρώτη προσπάθεια για την **ολοκληρωμένη αντιμετώπιση** του θέματος της διαχείρισης και προστασίας του αιγιαλού και της παραλίας.

Σύμφωνα με το νόμο αυτό:

- ✓ Αιγιαλός είναι η «βρεχόμενη ζώνη ξηράς από τις μέγιστες συνηθισμένες αναβάσεις των κυμάτων
- ✓ Παραλία είναι η ζώνη πλάτους μέχρι 20 m πέραν του ορίου του αιγιαλού.

Ο νόμος αυτός ίσχυσε ως το 1999. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, 1940 – 1999, υπάρχει πλούσια δικαστηριακή και διοικητική νομολογία σχετικά με τον αιγιαλό και την παραλία. Υπολογίζεται ότι πάνω από 450 Νόμοι και 1000 δικαστηριακές αποφάσεις αναφέρονται στις ζώνες αυτές. Ωστόσο ο συγκεκριμένος νόμος παρουσιάζει κάποια **προβλήματα και ελλείψεις**. Μέχρι το 1967 τα τοπογραφικά διαγράμματα για τον καθορισμό του αιγιαλού συντασσόταν σε μεγάλες κλίμακες,

συνήθως 1:1200. Αυτό οπωσδήποτε δυσκόλευε την λεπτομερή απεικόνιση της μορφολογίας του εδάφους και έκανε σαφώς έως και αδύνατη την ορθή χάραξη της οριογραμμής. Έτσι από το 1970 περίπου, παρατηρούμε ότι τα διαγράμματα συντάσσονται υπό κλίμακα 1:500, υπάρχουν υψομετρικές καμπύλες κάθε μισό ή ένα μέτρο, σημειώνονται όλες οι λεπτομέρειες που αφορούν ένα τοπογραφικό διάγραμμα, δηλαδή τα τυχόν υπάρχοντα κτίσματα, μορφολογία του εδάφους, βλάστηση, πρανή κλπ., οι οποίες δίνουν μία σαφή αντίληψη της κατάστασης που επικρατεί στην ακτή. Ταυτόχρονα, γίνεται χρήση της πολυγωνικής γραμμής, με την οποία υπάρχει η δυνατότητα να εξασφαλισθούν τα όρια του αιγιαλού από σταθερά σημεία και η οριογραμμή της παραλίας να χαραχθεί σε ορισμένη απόσταση από την οριογραμμή του αιγιαλού.

Σημαντικές αλλαγές στον καθορισμό της ζώνης της παραλίας επέφερε το άρθρο 23 του Ν. 1337/83, σύμφωνα με το οποίο η παραλία ορίζεται σαν η συνεχόμενη του αιγιαλού ζώνη ξηράς μέχρι και βάθους 50 m.

Οι παραπάνω νομικές διατάξεις ισχύουν για όλη την Ελλάδα εκτός από τα Δωδεκάνησα, στα οποία ο αιγιαλός και η παραλία διέπονται από διατάξεις του Κυβερνητικού Διατάγματος (Κ.Δ) 132/1929.



Εικόνα 2-1: Ο Αιγιαλός και η Παραλία σύμφωνα με τις διατάξεις του Κ.Δ. 132/1929

Ύστερα από 60 χρόνια οι διατάξεις του Α.Ν. 2344/1940 θεωρούνται αναχρονιστικές, καθώς παρουσιάζονται κάποια σημαντικά προβλήματα. Αναφέρονται ενδεικτικά η καταπάτηση παράκτιας δημόσιας γης, η έλλειψη ελεύθερων χώρων για κοινωνικές εξυπηρετήσεις, η άναρχη χωροταξική και πολεοδομική ανάπτυξη με πιο σημαντικό πρόβλημα την καταστροφή του περιβάλλοντος με ανεξέλεγκτες προσχώσεις και αυθαίρετα έργα.

Έτσι το **1999 δημιουργήθηκε ένα σχέδιο νόμου** που είχε ως στόχο τα εξής (Δουκάκης, 2005):

- το γρήγορο καθορισμό του αιγιαλού και της παραλίας με προτεραιότητα στις περιοχές που παρατηρείται έντονη οικιστική ανάπτυξη.
- την αποτελεσματική προστασία και ορθολογική αξιοποίηση και διαχείριση των χώρων αυτών.
- την επίλυση προβλημάτων που αναδείχθηκαν τα τελευταία 50 χρόνια.

2.1.2. Ισχύουσα Ελληνική Νομοθεσία Περί Αιγιαλού και Παραλίας

Το νομοσχέδιο του 1999 ακολούθησε όπως είναι φυσικό ο νέος νόμος που ισχύει από το 2001 μέχρι και σήμερα, ο **νόμος 2971/2001**.

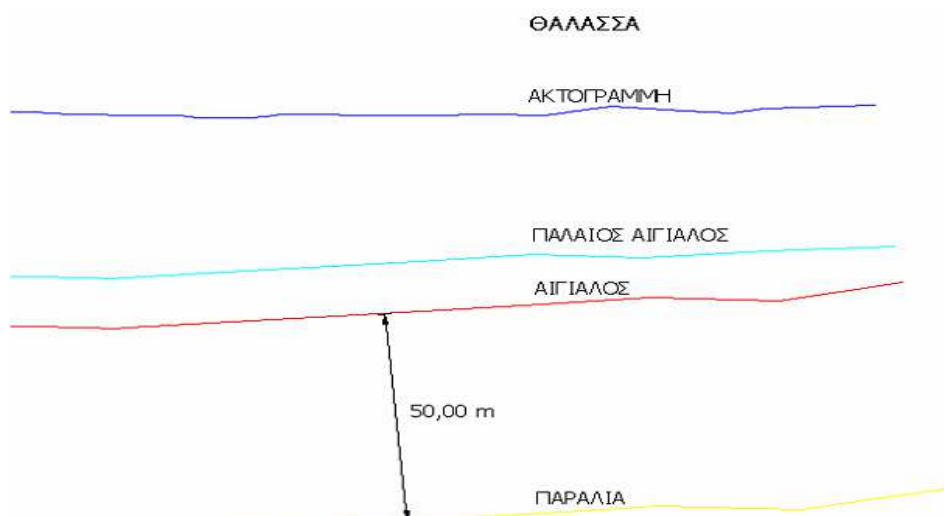
Ο Α.Ν. 2344/1940 αποτέλεσε το βασικό εργαλείο καθορισμού και διαχείρισης του αιγιαλού που μέσα από τροποποιήσεις και συμπληρώσεις ίσχυσε για πάνω από εξήντα χρόνια. Επηρέασε καθοριστικά τα πράγματα επάνω σε όλα τα ζητήματα που συσχετιζόνταν με τον αιγιαλό τόσο στην μεταπολεμική Ελλάδα όσο και στα χρόνια της μεταπολίτευσης, μέχρι τον Δεκέμβριο του 2001, οπότε και αντικαταστάθηκε από τον Νόμο 2971/2001, «Αιγιαλός, Παραλία και άλλες Διατάξεις», ΦΕΚ Α' 285 / 19.12.2001.

Στο σημείο αυτό μεταφέρονται από τις διατάξεις των πιο χρήσιμων για την παρούσα μελέτη άρθρων, οι βασικοί ορισμοί, τα στοιχεία που αφορούν στην κυριότητα του αιγιαλού, η διαδικασία καθορισμού του, οι βασικές προδιαγραφές για τη σύνταξη των διαγραμμάτων και τέλος τα στοιχεία που λαμβάνει υπόψη η επιτροπή για τον καθορισμό του.

2.1.2.1. Ορισμοί

Με βάση το άρθρο 1 του Νόμου 2971/2001 «Αιγιαλός, παραλία και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 285 / 19.12.2001), δίνονται οι παρακάτω ορισμοί:

- ✚ «Αιγιαλός» είναι η ζώνη της ξηράς, η οποία βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες πλην συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της (και με ένταση ανέμου οκτώ μποφόρ), συμπεριλαμβανομένων των απόκρημνων πρηνών, τα οποία δεν καλύπτονται από αυτοφυή βλάστηση και καταλήγουν στη θάλασσα, μέχρι τη στέψη τους.
- ✚ «Παραλία» είναι η ζώνη της ξηράς, η οποία προστίθεται, σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος νόμου, στον αιγιαλό προς εξυπηρέτηση της επικοινωνίας της ξηράς με τη θάλασσα και αντίστροφα.
- ✚ «Παλαιός αιγιαλός» είναι η έκταση ξηράς, η οποία προκύπτει από τη μετατόπιση, εξαιτίας φυσικών ή άλλων αιτιών, του αιγιαλού προς τη θάλασσα και προσδιορίζεται από τη νέα γραμμή του αιγιαλού και το όριο του παλαιότερα υφιστάμενου αιγιαλού.



Εικόνα 2-2: Ο Αιγιαλός και η Παραλία σύμφωνα με τον Νόμο 2971/2001.

2.1.2.2. Κυριότητα Αιγιαλού και Παραλίας

Σύμφωνα με το άρθρο 2 του νόμου 2971/2001 ο αιγιαλός και η παραλία είναι πράγματα κοινόχρηστα και ανήκουν κατά κυριότητα στο Δημόσιο. Αυτό οφείλει να τα προστατεύει και τα διαχειρίζεται, σύμφωνα με τις αρχές της αιφόρου ανάπτυξης και του χωροταξικού σχεδιασμού. Η προστασία του οικοσυστήματος των ζωνών αυτών είναι ευθύνη του κράτους, το οποίο μεριμνά για την οργάνωση και λειτουργία ολοκληρωμένου συστήματος καταγραφής, διαχείρισης, εποπτείας και ελέγχου τους, σύμφωνα με τις διατάξεις του Νόμου 2971/2001.

Ο **κύριος προορισμός των ζωνών αυτών** είναι η ελεύθερη και ακώλυτη αμφίδρομη επικοινωνία της ξηράς με τη θάλασσα ή τον ποταμό ή τη λίμνη, ανάλογα με την περίπτωση. Κατ' εξαίρεση μπορούν να χρησιμεύουν, αφενός μεν για την εξυπηρέτηση υπέρτερου δημοσίου συμφέροντος ή την εκπλήρωση υποχρεώσεων της χώρας, οι οποίες απορρέουν από διεθνείς συμβάσεις που έχουν κυρωθεί με νόμο, αφετέρου δε για **κοινωφελείς περιβαλλοντικούς και πολιτιστικούς σκοπούς**, και για την εξυπηρέτηση δραστηριοτήτων τις οποίες προβλέπει ο νόμος. Προϋπόθεση για την κατ' εξαίρεση χρήση στη δεύτερη περίπτωση είναι να **μην** παραβιάζεται ο προορισμός τους ως κοινοχρήστων. Ο κοινόχρηστος χαρακτήρας του αιγιαλού και της παραλίας αναστέλλεται όταν στις ζώνες αυτές υπάρχουν εγκαταστάσεις, οι οποίες εξυπηρετούν σκοπούς **εθνικής άμυνας και ασφάλειας**. Στις εν λόγω περιοχές δεν επιτρέπεται η κατασκευή κτισμάτων και η εκτέλεση γενικών έργων, παρά μόνο για την επιδίωξη των σκοπών τους οποίους προβλέπει ο νόμος και με τους όρους και τις προϋποθέσεις που ορίζουν οι διατάξεις του.

Με βάση το άρθρο 13 του ίδιου νόμου, **απλή χρήση** του αιγιαλού και της παραλίας είναι κάθε χρήση από την οποία ωστόσο δεν παραβιάζεται ο προορισμός τους ως κοινόχρηστα πράγματα και δεν επέρχεται αλλοίωση στη φυσική μορφολογία και τα βιοτικά στοιχεία τους. Η παραχώρηση αυτής γίνεται με απόφαση του Υπουργού Οικονομίας και Οικονομικών έναντι ανταλλάγματος, κατά τις διατάξεις για την εκμίσθωση δημόσιων κτημάτων. Σε ότι αφορά αιγιαλό και παραλία που περιβάλλει ή εντός του οποίου βρίσκονται αρχαιολογικοί χώροι, μνημεία και ιστορικοί τόποι, απαραίτητη προϋπόθεση για την παραχώρηση της απλής χρήσης του αποτελεί η σύμφωνη γνώμη του Υπουργού Πολιτισμού.

Τα τμήματα του παλαιού αιγιαλού τα οποία ανήκουν σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος νόμου στην ιδιωτική περιουσία του Δημοσίου, καταγράφονται ως δημόσια κτήματα και υπόκεινται σε διαχείριση, σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις περί δημοσίων κτημάτων.

2.1.2.3. Διαδικασία Καθορισμού Οριογραμμών Αιγιαλού και Παραλίας

Οριοθέτηση αιγιαλού και παραλίας είναι η **χάραξη** οριογραμμής του αιγιαλού και της παραλίας σε τοπογραφικό και υψομετρικό διάγραμμα, ανεξαρτήτως των στοιχείων τα οποία περιλαμβάνονται στην έκταση ή την καταλαμβάνουν ή βρίσκονται πλησίον αυτής. Δηλαδή η απεικόνισή τους μπορεί να παραλειφθεί, μόνο όταν κατά τεκμήριο δεν μπορεί να ασκήσει επιρροή στην χάραξη αυτή.

Σύμφωνα με την μετά την 19-12-01 κατάσταση περί αιγιαλού και παραλίας, υπάρχει δυνατότητα αυτεπάγγελτα, από τις αρμόδιες υπηρεσίες, να κινηθεί η διαδικασία καθορισμού αιγιαλού. Ωστόσο εκτός της δυνατότητας της αυτεπάγγελτης κίνησης διαδικασίας, μία επιπλέον περιγράφεται στην συνέχεια, όπως αυτή προβλέπεται από το άρθρο 5 του νόμου 2971/2001.

Ο καθορισμός των ορίων του αιγιαλού, της παραλίας και του παλαιού αιγιαλού γίνεται από **Επιτροπή**, η οποία συγκροτείται σε επίπεδο νομού με απόφαση του Υπουργού Οικονομικών και σύμφωνα με το άρθρο 3 του ισχύοντος νόμου αποτελείται από:

- α. τον προϊστάμενο της κτηματικής υπηρεσίας ως πρόεδρο
- β. έναν μηχανικό της κτηματικής υπηρεσίας με ειδικότητα τοπογράφου ή πολιτικού μηχανικού, ή αν δεν υπάρχει έναν τεχνολόγο τοπογράφο μηχανικό. Σε περίπτωση που η κτηματική υπηρεσία δεν διαθέτει μηχανικό των ανωτέρω ειδικοτήτων, συμμετέχει στην υπηρεσία ένας μηχανικός της Τεχνικής υπηρεσίας Δήμων και Κοινοτήτων ή άλλης υπηρεσίας του Δημοσίου.
- γ. τον αρμόδιο λιμενάρχη
- δ. τον διευθυντή της Διεύθυνσης Πολεοδομίας της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης
- ε. τον διευθυντή Χωροταξίας και Περιβάλλοντος της Γενικής Γραμματείας της Περιφέρειας.

Όποιος ενδιαφέρεται για τον καθορισμό αιγιαλού και παραλίας, απευθύνεται στην αρμόδια Κτηματική Υπηρεσία. Παράλληλα με την υποβολή αίτησης απαντάται το ερώτημα από την εν λόγω υπηρεσία σχετικά με το αν υπάρχει καθορισμένος αιγιαλός στην περιοχή ενδιαφέροντος. Σε περίπτωση, που δεν έχει γίνει ο καθορισμός αιγιαλού και παραλίας, ο ενδιαφερόμενος δύναται να υποβάλει στην Κτηματική Υπηρεσία αίτηση καθορισμού και τοπογραφικό διάγραμμα. Αν το διάγραμμα έχει συνταχθεί από ιδιώτη μηχανικό η Κτηματική υπηρεσία μεριμνά για τον έλεγχο και την θεώρησή του, εντός ενός μηνός από την επιβολή του, στην συνέχεια το θέμα εισάγεται ενώπιον της Επιτροπής στην πρώτη τακτική συνεδρίασή τους. Αυτή καθορίζει τις οριογραμμές του αιγιαλού, της παραλίας και του παλαιού αιγιαλού και συντάσσει σχετική έκθεση. Η έκθεση και το διάγραμμα επικυρώνονται, κατόπιν σύμφωνης γνώμης του Γενικού Επιτελείου Ναυτικού, με απόφαση του Υπουργού Οικονομικών και δημοσιεύονται μαζί με την επικυρωτική αυτή απόφαση στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. Η παραπάνω σύμφωνη γνώμη του ΓΕΝ διατυπώνεται το αργότερο εντός προθεσμίας των τριών μηνών. Η έκθεση και το διάγραμμα αναρτώνται στο δημοτικό ή κοινοτικό κατάστημα του αρμόδιου κατά τόπο δήμο ή κοινότητας, για τρεις τουλάχιστον μήνες. Η ανάρτηση αποδεικνύεται από έκθεση του δημάρχου ή προέδρου της κοινότητας, η οποία αποστέλλεται εντός μηνός στην αρμόδια κτηματική υπηρεσία.

Κατόπιν δημοσίευσης της στην εφημερίδα των κυβερνήσεων, η απόφαση του Υπουργού Οικονομικών μεταγράφεται μαζί με την έκθεση και το διάγραμμα με φροντίδα της αρμόδιας Κτηματικής Υπηρεσίας στη μερίδα του Δημοσίου, στα βιβλία μεταγραφών του αρμόδιου Υποθηκοφυλακείου. Το πρωτότυπο της έκθεσης της Επιτροπής και του διαγράμματος μαζί με την απόφαση του Υπουργού Οικονομικών και το ΦΕΚ δημοσίευσής της παραμένουν στο αρχείο της Κτηματικής Υπηρεσίας.

Σε περίπτωση εσφαλμένου καθορισμού της οριογραμμής του αιγιαλού ή του παλαιού αιγιαλού ή της παραλίας, επιτρέπεται ο επανακαθορισμός κατά τη διαδικασία του παρόντος άρθρου.

2.1.2.4. Προδιαγραφές και Διαγράμματα

Σύμφωνα με το άρθρο 4 του νόμου 2971/2001 ισχύουν τα εξής για τη χάραξη της οριογραμμής του αιγιαλού:

Η **οριογραμμή του αιγιαλού** χαράσσεται από την Επιτροπή, από την οποία γίνεται ο καθορισμός του, ως πολυγωνική γραμμή πλησιέστερη στην πραγματική φυσική γραμμή και απεικονίζεται στο σχετικό διάγραμμα με **ερυθρό χρώμα**. Οι οριογραμμές της παραλίας και του παλαιού αιγιαλού απεικονίζονται αντίστοιχα με κίτρινο και κυανό χρώμα. Και οι τρεις οριογραμμές χαράσσονται υπό μορφή πολυγωνικής γραμμής, οι κορυφές των οποίων έχουν ορθογώνιες συντεταγμένες **εξαρτημένες από το τριγωνομετρικό δίκτυο της χώρας**.

Η χάραξη τους γίνεται σε κτηματογραφικό υψομετρικό διάγραμμα, κλίμακας τουλάχιστον 1:1000, στο οποίο συν τοις άλλοις αποτυπώνονται τα όρια των περιλαμβανομένων επιμέρους ιδιοκτησιών και οι εικαζόμενοι κύριοι αυτών. Το διάγραμμα αυτό είναι εξαρτημένο από το τριγωνομετρικό δίκτυο της χώρας, αναφέρεται σε μήκος ακτής τουλάχιστον πεντακοσίων (500) μέτρων ή περισσοτέρων, εφόσον το τμήμα που απομένει μέχρι το επόμενο καθορισμένο τμήμα δεν υπερβαίνει τα διακόσια (200) μέτρα, και συντάσσεται από φορείς του δημόσιου τομέα, οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) ή ιδιώτες μηχανικούς, που έχουν από το νόμο το δικαίωμα για τη σύνταξη τέτοιων διαγραμμάτων. Στην τελευταία περίπτωση το διάγραμμα συνοδεύεται από την απόδειξη παροχής υπηρεσιών του συντάκτη του και ελέγχεται και θεωρείται για την ακρίβειά του από μηχανικό της Κτηματικής Υπηρεσίας και ελλείπει αυτού από την ΤΥΔΚ του νομού. Η Επιτροπή παράλληλα με την χάραξη των οριογραμμών συντάσσει και υποχρεωτική έκθεση η οποία συνοδεύεται από το σχετικό διάγραμμα. Έπειτα με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, καθορίζονται οι τεχνικές προδιαγραφές για την σύνταξη του διαγράμματος.

2.1.2.5.Στοιχεία για τον Καθορισμό του Αιγιαλού

Για την χάραξη της οριογραμμής του Αιγιαλού και της Παραλίας η Επιτροπή λαμβάνει υπόψη της, ύστερα από αυτοψία, φυσικές και λοιπές ενδείξεις που **επηρεάζουν το πλάτος** του αιγιαλού και της παραλίας. Με βάση το άρθρο 9 τού νόμου 2971/2001, περί αιγιαλού και παραλίας, ενδεικτικά αναφέρονται:

- ✓ Η γεωμορφολογία του εδάφους, αναφορικά με κατηγορίες υψηλών και χαμηλών ακτών, η σύστασή του καθώς και το φυσικό όριο βλάστησης.
- ✓ Η ύπαρξη, τα όρια και το είδος των παράκτιων φυσικών πόρων
- ✓ Τα πορίσματα από την εκτίμηση των μετεωρολογικών στοιχείων της περιοχής
- ✓ Η μορφολογία του πυθμένα
- ✓ Ο τομέας ανάπτυξης κυματισμού σε σχέση με το μέτωπο της ακτής
- ✓ Η ύπαρξη τεχνικών έργων στην περιοχή
- ✓ Τυχόν εγκεκριμένες χωροταξικές κατευθύνσεις και χρήσεις γης που επηρεάζουν την παράκτια ζώνη
- ✓ Τυχόν υφιστάμενο κτηματολόγιο
- ✓ Ύπαρξη ευπαθών οικοσυστημάτων και προστατευόμενων περιοχών

Οι κυριότεροι όμως παράγοντες από του οποίους εξαρτάται το πλάτος της ζώνης του αιγιαλού είναι:

- ✓ Η σφοδρότητα και η διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων
- ✓ Το μήκος της προς του αιγιαλού ανοικτής θάλασσας
- ✓ Η παλίρροια
- ✓ Η τοπογραφία της ακτής

2.2. Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing)

Τηλεπισκόπηση ή Remote Sensing, όπως αποκαλείται στη διεθνή βιβλιογραφία, είναι η επιστήμη και η τέχνη που εξετάζει τις αρχές, τις αναλογικές και ψηφιακές μεθόδους, τα όργανα και τα συστήματα, με τα οποία επιτυγχάνεται η **εκ του μακρόθεν συλλογή**, επεξεργασία, ανάλυση και ερμηνεία των πληροφοριών που σχετίζονται με συγκεκριμένες ιδιότητες αντικειμένων ή φαινομένων (Αργιαλάς 1998).

Με τον όρο τηλεπισκοπικές απεικονίσεις αποκαλούνται οι διαφόρων μορφών καταγραφές της φυσικής και κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας και του περιβάλλοντος, όπως αυτές προκύπτουν σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή απ' τους αντίστοιχους τηλεπισκοπικούς δέκτες.

Η αξιοποίηση τηλεπισκοπικών απεικονίσεων για τη μελέτη της γης άρχισε τη δεκαετία του 1960, όταν οι τεχνικές δυνατότητες των δορυφόρων που βρίσκονταν σε τροχιά γύρω από τη γη, ακολούθησαν τη ραγδαία ανάπτυξη των δυνατοτήτων των Η/Υ για τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων (Αγαθαγγέλου Μ., 2008). Οι αεροφωτογραφίες καθώς και οι απεικονίσεις από οπτικούς δέκτες και δέκτες radar, οι οποίοι μεταφέρονται είτε από αεροπλάνα είτε από δορυφόρους, είναι οι διάφορες μορφές καταγραφής δεδομένων από απόσταση, με πιο χαρακτηριστικά και ευρέως χρησιμοποιούμενα τα δεδομένα που προέρχονται από δέκτες που βρίσκονται πάνω σε δορυφόρους (δορυφορική τηλεπισκόπηση).

Η ερμηνεία των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, οπτικά ή αυτόματα, απαιτεί ένα συνδυασμό των γενικών και ειδικών γνώσεων της επιστήμης και της τεχνικής, της εμπειρίας και της κρίσης του ανθρώπου-φωτοερμηνευτή. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι ερμηνείας αυτών, με πιο παλιά την οπτική προσέγγιση που όλα γίνονται από τον φωτοερμηνευτή και μόνο. Στις πιο σύγχρονες μεθόδους, οι οποίες διακρίνονται στις επιβλεπόμενες και μη, ο υπολογιστής διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διεξαγωγή γρήγορων υπολογισμών και εξαγωγή μεγάλης ακρίβειας.

Η διαδικασία της ταξινόμησης στην Τηλεπισκόπηση εξελίσσεται συνέχεια. Η επεξεργασία και ανάλυση εικόνων μέσω τεχνικών ταξινόμησης **βάσει εικονοστοιχείων** (πχ αλγόριθμος μεγίστης πιθανοφάνειας, ελάχιστης απόστασης και παραλληλεπιπέδου), στις οποίες ενεπλέκετο ο ανθρώπινος παράγοντας για την ορθή ολοκλήρωσή της, θεωρείται πλέον παρωχημένη. Μία νέα προσέγγιση στο πρόβλημα της ταξινόμησης των τηλεπισκοπικών δεδομένων αποτελεί η **αντικειμενοστραφής ανάλυση της εικόνας**, ένας νέος τύπος επιβλεπόμενης ταξινόμησης, που δημιουργεί ομοιογενή σύνολα μέσα από μία σειρά κατατμήσεων, τα οποία έπειτα με τη βοήθεια κανόνων ερμηνεύονται και ταξινομούνται ανάλογα. Η εξαγωγή πρωτογενών αντικειμένων, βασισμένη στην κατάτμηση, έχει επιφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα στην ταξινόμηση υψηλής ανάλυσης εικόνων.

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

Ως εκ τούτου, στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία η πραγματοποίηση του στόχου κατέστη δυνατή με την εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας, οι κύριες αρχές της οποίας αναλύονται διεξοδικά στα πλαίσια του παρόντος κεφαλαίου.

Ο καθορισμός της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού υλοποιείται ψηφιακά, επί της οθόνης, στη δοκιμαστική έκδοση του λογισμικού eCognition, με υπόβαθρο ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις υψηλής διακριτικής ικανότητας, όπως αυτές λήφθηκαν με την ψηφιακή κάμερα DMC την Άνοιξη του 2009 και διατίθενται, αποκλειστικά για τις ανάγκες της παρούσης εργασίας, από την Ελληνική Φωτογραμμετρική Εταιρία ΕΛ.ΦΩ.

2.3. Τεχνολογία DMC

Η ψηφιακή κάμερα Digital Mapping Camera (DMC) υποστηρίζει εναέριες φωτογραμμετρικές αποστολές για την ευρύτερη ποικιλία χαρτογράφησης, συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και εφαρμογών τηλεπισκόπησης. Αποτελεί μία ψηφιακή φωτομηχανή που αποτελείται από **οχτώ εσωτερικούς δέκτες**, εκ των οποίων οι τέσσερις είναι παγχρωματικοί και οι 4 πολυφασματικοί. Οι πολυφασματικοί έχουν μέγεθος 3k x 2k και ο ένας δέκτης λαμβάνει το κόκκινο χρώμα, ένας το μπλε, ένας το πράσινο και ένας το κοντινό υπέρυθρο. Οι τέσσερις παγχρωματικοί δέκτες λαμβάνουν μία εικόνα συγκεκριμένης έκτασης (διαστάσεων 7k x 4k pixels ο καθένας), οι οποίες πлагίως επικαλύπτονται μεταξύ τους, ώστε να παραχθεί ένα ενιαίο μωσαϊκό σε μια μεγάλη εικόνα, μεγέθους 7680x13824. Όλοι οι δέκτες έχουν **ραδιομετρική ανάλυση 12 bits** ανά pixel. Από τη σύνθεση των δεδομένων που συλλέγουν οι δέκτες της κάμερας, μπορεί να παραχθεί μία ποικιλία προϊόντων, χρησιμοποιώντας το λογισμικό επεξεργασίας εικόνων.

Τα δεδομένα εικόνας που συλλέγει η κάμερα καταχωρούνται στα Flight Data Storage (FDS). Τρεις μονάδες FDS είναι συνδεδεμένες με την κάμερα την ώρα της πτήσης. Το σύστημα FDS έχει ξεχωριστές αποσπώμενες μονάδες καταγραφής οι οποίες αφαιρούνται από το αεροσκάφος μετά την πτήση και μεταφέρονται στον σταθμό προεπεξεργασίας στο έδαφος, όπου και δημιουργούνται τα τελικά αρχεία των εικόνων.

2.3.1. Κύρια χαρακτηριστικά της ψηφιακής κάμερας DMC

Χαρακτηριστικά όπως πλήρως ηλεκτρονικά ελεγχόμενο αντισταθμιστή κίνησης (Forward Motion Compensation – FMC) και ραδιομετρική ανάλυση 12 bit ανά pixel, για κάθε παγχρωματική εικόνα και κάθε κανάλι χρώματος, αποτελούν εγγύηση της καλής ποιότητας της τελικής εικόνας, ξεπερνώντας κατά πολύ τα συνήθη αποτελέσματα από σαρωμένα αεροφίλμ. Επειδή η ψηφιακή κάμερα DMC εκθέτει ένα τετράγωνο εικονοστοιχείο και η εικόνα παγώνει σε μία λήψη, η επίδραση της αντίθετης κίνησης του ανέμου ή ξαφνικών και απότομων κινήσεων του αεροσκάφους την ώρα της έκθεσης, ελαχιστοποιούνται. Οι επιφανειακοί αισθητήρες CCD είναι δέκτες με υψηλή απόκριση και ευαισθησία.

Το μέγεθος του pixel είναι 12 microns x 12 microns, προσφέροντας μία υψηλή ραδιομετρική ανάλυση, μεγαλύτερη από 12 bit. Η αρχιτεκτονική των CCDs προσφέρει παράλληλους ρυθμιστές ανάγνωσης και στις τέσσερις γωνίες του chip. Εξαιτίας του δέκτη των δύο διαστάσεων, τα δεδομένα εικόνας έχουν μία γνωστή και ακριβή γεωμετρία στις X και Y διαστάσεις. Αυτό επιτρέπει ένα ρυθμό καταγραφής για το σύστημα μίας εικόνας κάθε 2.1 δευτερόλεπτα, και υψηλούς βαθμούς ανάγνωσης. Ως εκ τούτου η ψηφιακή κάμερα DMC εγγυάται αποτελέσματα στην αεροφωτογράφιση, της μεγαλύτερης δυνατής ακρίβειας.



Εικόνα 2-3: Η ψηφιακή Φωτογραμμετρική Μηχανή Εναέριων Λήψεων Digital Mapping Camera (DMC™)

Τα **κυριότερα χαρακτηριστικά** της κάμερας DMC είναι τα εξής:

- Υψηλής ανάλυσης 7k x 4k παγχρωματικές εικόνες
- Τελική εικόνα εξόδου: 7,680 x 13,824 pixels (7680 along, 13824 cross)
- Πεδίο: 69.3° κάθετα στην κίνηση x 42° κατά μήκος της κίνησης
- Σύστημα φακού παγχρωματικών δεκτών: 4 x f = 120mm/f:4.0
- Τέσσερεις πολυφασματικές 3k x 2k κάμερες
 - Φασματική ευαισθησία: Μπλε: 400-580 nm
 - Πράσινο: 500-650 nm
 - Κόκκινο: 590-675 nm
 - Κοντινό υπέρυθρο: 675-850 nm
 - Εναλλακτικό Υπέρυθρο: 740-850 nm
- Σύστημα φακού φασματικών δεκτών: 4 x f = 25mm/f:4.0
- Διαφράγματα και κλείστρα συνεχώς μεταβλητά 1/50-1/300 sec, f/4-f/22
- Στο σκάφος ικανότητα καταγραφής: 864 GB (>2,200 εικόνες)
- Μέγιστος ρυθμός λήψης: 2.1 sec/εικόνα
- Ραδιομετρική ανάλυση 12 bit (για όλους τους δέκτες)
- Επιχειρησιακή οροφή: έως 8,000 meters (χωρίς συμπίεση καμπίνας)
- Τρεις δίσκοι καταγραφής (FDS) με χωρητικότητα 280 GB ο καθένας

2.3.2. Πλεονεκτήματα της ψηφιακής κάμερας DMC

Τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής κάμερας DMC έναντι των απλών αναλογικών μηχανών συνοψίζονται κυρίως στα ακόλουθα:

- Υψηλότερη ραδιομετρική ανάλυση και δυναμικό πεδίο
- Μικρότερος θόρυβος και καλύτερη σαφήνεια ιδιαίτερα των ακμών
- Εξάλειψη συστημάτων φωτογραμμετρικής σάρωσης και εμφάνισης φιλμ
- Δυνατότητα ταυτόχρονης λήψης πολλαπλών προϊόντων

Έναντι άλλων ψηφιακών εναέριων γραμμικών σαρωτών, ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής πλεονεκτήματα.

- Γνωστή γεωμετρία λήψης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υπάρχοντα λογισμικά
- Ευκολότερη διαχείριση αρχείων
- Σημαντικότερα χαμηλότεροι χρόνοι προεπεξεργασίας

- Μεγαλύτερο μέγεθος εικονοστοιχείου που οδηγεί συνήθως και σε καλύτερη ραδιομετρική ποιότητα
- Καλύτερο Forward Motion Compensation

Η DMC είναι μία ολοκληρωμένη λύση, όσον αφορά τις ψηφιακές κάμερες αεροφωτογράφισης, σχεδιασμένη να υποστηρίζει αποστολές που απαιτούν μεγάλη ανάλυση και ακρίβεια. Σχεδιάστηκε ως η πλήρη αντικατάσταση των βασισμένων σε φιλμ αναλογικών φωτομηχανών και χάρις στα τεχνολογικά της χαρακτηριστικά μπορεί άνετα να χρησιμοποιηθεί στην εκτέλεση έργων μικρής, μεσαίας αλλά και μεγάλης κλίμακας.

2.4. Κύριες Αρχές Αντικειμενοστραφούς Ανάλυσης Εικόνας

Για πολλά χρόνια οι περισσότεροι αλγόριθμοι ταξινόμησης λειτουργούσαν σχεδόν αποκλειστικά με στοιχειώδη μονάδα το εικονοστοιχείο, το οποίο βάσει των ιδιοτήτων του εντασσόταν σε κάποια κατηγορία φυσικής σημασίας. Οι αλγόριθμοι αυτοί βασίζονταν σε μεθόδους **στατιστικής και αναγνώρισης προτύπων**, όπως της ελάχιστης απόστασης και της μεγίστης πιθανοφάνειας, σε ταξινομήσεις δηλαδή που λαμβάνουν υπόψη τις φασματικές υπογραφές των εικονοστοιχείων των απεικονίσεων, οι οποίες δεν είναι δυνατόν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στις συγκεκριμένες μεθόδους στατιστικής αναγνώρισης προτύπων, δεν λαμβάνεται υπόψη γνώση υψηλού επιπέδου, όπως αυτή για παράδειγμα που φέρει ένας έμπειρος φωτοερμηνευτής.

Από τα μειονεκτήματα αυτού του είδους των προσεγγίσεων, περισσότερο σημαντικά είναι το έντονο φαινόμενο θορύβου «αλατοπίπερου» ταξινομήσεων (απομονωμένες ανακρίβειες σε διάφορα σημεία) και η αδυναμία εκμετάλλευσης των σχέσεων του κάθε εικονοστοιχείου με το περιβάλλον του, των χωρικών δηλαδή σχέσεων (Ρηγόπουλος, 2008). Στα προβλήματα αυτά προστίθενται επιπλέον η δυσκολία στην απόδοση ικανοποιητικών αποτελεσμάτων ταξινόμησης, λόγω ετερογένειας των σύγχρονων δεδομένων (Αργιαλάς και Τζώτσος, 2007) και το γεγονός ότι δεν λαμβάνεται υπόψη το σχήμα και η κλίμακα των αντικειμένων της εικόνας, τα οποία θεωρητικά θα μπορούσαν να βελτιώσουν δυναμικά τα αποτελέσματα της ταξινόμησης.

Σημαντική βελτίωση των ταξινομήσεων των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων υψηλής διακριτικής ικανότητας μπορεί να επιτευχθεί με χρήση της **αντικειμενοστραφούς ανάλυσης** εικόνας (object-oriented image analysis), που ενσωματώνει το νεοεμφανιζόμενο λογισμικό eCognition. Ιδιαίτερα με την έλευση δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης, την αυξανόμενη χρήση αερομεταφερόμενων ψηφιακών δεδομένων και δεδομένων radar, η ανάγκη για αντικειμενοστραφή προσέγγιση ολοένα και αυξάνεται (Blaschke, 2002).

Η πρόσφατη ανάπτυξη των αντικειμενοστραφών μεθόδων στον τομέα της ανάλυσης εικόνας και των εμπείρων συστημάτων έθεσε σε νέα βάση τα προβλήματα της υπολογιστικής όρασης και κατ' επέκταση της Τηλεπισκόπησης. Σε αντίθεση με τις προσεγγίσεις που βασίζονται στις τιμές των εικονοστοιχείων και μόνο, οι αντικειμενοστραφείς τεχνικές χρησιμοποιούν πληροφορίες σχετικά με το **σχήμα και χωρικές πληροφορίες** (Marpu et al, 2006). Αναπόσπαστο κομμάτι στη μεθοδολογία της αντικειμενοστραφούς προσέγγισης αποτελεί η **κατάτμηση** της αρχικής εικόνας σε ομοιογενή πρωτογενή αντικείμενα (Benz et al, 2004), τα οποία αποτελούν και τις

βασικές μονάδες μεταποίησης ή επεξεργασίας. Ως εκ τούτου, πρόσθετες δυνατότητες της μεθόδου αυτής αποτελούν η μείωση του υπολογιστικού φόρτου των δεδομένων προς ταξινόμηση, καθώς και η χρήση σημαντικών πληροφοριών (χωρικών πληροφοριών και πληροφοριών σχετικών με το σχήμα των αντικειμένων) που δεν είναι δυνατόν να παραχθούν από τα ενιαία εικονοστοιχεία (Hay and Castilla, 2006). Η είσοδος των αντικειμένων σαν στοιχειώδη μονάδα υπολογισμών, αντικειμένων που γνωρίζουν τους γείτονές τους αλλά και τις ιδιότητες που τους προσδίδονται πλέον αναφορικά, με ιεραρχίες συνόλων υπέρ-αντικειμένων και υπό-αντικειμένων, άλλαξε την κατάσταση και επέλυσε πολλά από τα προβλήματα των κλασικών μεθόδων ανάλυσης εικόνας.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται επιλογή της αντικειμενοστραφούς προσέγγισης για την οριοθέτηση του αιγιαλού, δεδομένων όλων αυτών των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει έναντι των προβλημάτων των κλασικών μεθόδων ταξινόμησης. Στα εδάφια που ακολουθούν περιγράφεται η μεθοδολογία της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης εικόνας μέσα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά της, για τις ανάγκες μίας περισσότερο ολοκληρωμένης αντίληψης.

2.4.1. Εισαγωγή στο Λογισμικό eCognition

Το νεοεμφανιζόμενο λογισμικό αντικειμενοστραφούς ανάλυσης eCognition δημιουργήθηκε και διατίθεται από τη γερμανική εταιρία DEFiNiENS Imaging GmbH (www.definiens.com). Η **καινοτόμος γενική ιδέα** που εισήγαγε το συγκεκριμένο λογισμικό είναι ότι εννοιολογικές πληροφορίες, που είναι απαραίτητες στη φωτοερμηνεία μίας εικόνας, δεν αναπαρίστανται από μεμονωμένα εικονοστοιχεία, αλλά από σημαντικά εννοιολογικά αντικείμενα αυτής και τις μεταξύ αυτών σχέσεις (Definiens, 2000).

Με βάση την παρατήρηση αυτή, η αρχική εικόνα υπόκεινται σε διαδικασίες κατάτμησης, **χαμηλού ή μέσου επιπέδου**, μέσω των οποίων η εικόνα μετατρέπεται σε ένα σύνολο ομοιογενών αντικειμένων, που ονομάζονται πρωτογενή αντικείμενα, τα οποία τις περισσότερες φορές δεν αντιστοιχούν σε πραγματικά αντικείμενα – θεματικές κατηγορίες. Μέσω ενός νέου αλγορίθμου κατάτμησης, το λογισμικό επιτρέπει την εξαγωγή των αντικειμένων από την εικόνα σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής ανάλυσης, γεγονός που συνεπάγεται την ταυτόχρονη αναπαράσταση των πληροφοριών σε διάφορες κλίμακες (Definiens, 2000). Ο χρήστης υποδεικνύει έμμεσα στον αλγόριθμο το **μέγεθος** που θα έχουν τα τελικά τμήματα, τη **φασματική ομοιογένεια** που θα παρουσιάζουν, καθώς και το πόσο **συμπαγή ή λεία** θα είναι ως σχήματα, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής, αλλάζοντας παραμέτρους, όπως η παράμετρος της κλίμακας, το φασματικό κριτήριο ή το κριτήριο του σχήματος αντίστοιχα.

Τα υπόλοιπα στάδια που ακολουθούν της διαδικασίας κατάτμησης και συμπληρώνουν τη μεθοδολογία ενός συστήματος αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας είναι ο ορισμός των κατηγοριών και της ιεραρχίας τους, η δημιουργία **βάσης γνώσης** με την προσθήκη χαρακτηριστικών και κανόνων στις κατηγορίες, η ταξινόμηση των πρωτογενών αντικειμένων σε σημασιολογικά αντικείμενα, ενώ για λόγους βελτίωσης των αποτελεσμάτων είναι δυνατόν να γίνουν βήματα μετα-κατάτμησης και μετα-ταξινόμησης.

Μετά από προσεκτική φωτοερμηνεία της απεικόνισης της υπό μελέτη περιοχής, προσδιορίζονται οι κυριότερες χρήσεις γης, οι οποίες θα αποτελέσουν τις σημαντικές

εννοιολογικές κατηγορίες του συστήματος ταξινόμησης. Οι κατηγορίες αυτές συμπληρώνουν την ιεραρχία των τάξεων, η οποία αποτελεί τον σκελετό της βάσης γνώσης.

Η ταξινόμηση των κατατεμημένων τμημάτων στις εν λόγω κατηγορίες μπορεί να γίνει όχι μόνο μέσω των φασματικών χαρακτηριστικών, αλλά και ως προς ένα πλήθος άλλων κριτηρίων, όπως είναι το σχήμα, οι συσχετίσεις με άλλες κατηγορίες στο ίδιο ή σε διαφορετικό επίπεδο κατάτμησης, νέα χαρακτηριστικά που ο δείκτης δημιουργεί από το συνδυασμό των υπαρχόντων στο λογισμικό (customized features) κ.α. Δίνεται συνεπώς στον χρήστη η δυνατότητα να προχωρήσει στη δημιουργία μίας βάσης γνώσης με λεπτομερέστερες και πιο πολύπλοκες περιγραφές για εννοιολογικές πλέον κατηγορίες εδαφοκάλυψης (Αργιαλάς και Δερζέκος, 2002). Η εισαγωγή της βάσης γνώσης στο λογισμικό για τον ορισμό των κατηγοριών γίνεται με εύκολο και διαφανή τρόπο, **μέσω της ασαφούς λογικής**, που αποτελεί μία δεδομένη μέθοδο ταξινόμησης και προσαρμόζεται καλύτερα στην φυσική πραγματικότητα από την ταξινόμηση με απόλυτα όρια. Για τον σωστό σχεδιασμό και τη δημιουργία μίας βάσης γνώσης ειδικά σημεία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, μεταξύ των οποίων ο καθορισμός των περισσότερο κατάλληλων κάθε φορά κατηγοριών, ο καθορισμός των σημαντικότερων ιδιοτήτων των κατηγοριών και ο καθορισμός της χρήσης κατάλληλης κάθε φορά ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής, είτε μόνη της είτε σε συνδυασμό με τον ταξινομητή του εγγύτερου γείτονα (Mavrantza, and Argialas, 2006).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση συνδυασμού διαφορετικών επιπέδων κατάτμησης. Ένα επίπεδο μπορεί να ταξινομηθεί λαμβάνοντας υπόψη την ταξινόμηση κάποιου άλλου επιπέδου, είτε ανώτερου είτε κατώτερου ιεραρχικά επιπέδου, επιτρέποντας με τον τρόπο αυτό τη διαμόρφωση «σχέσεων μέρους όλων» (Αργιαλάς και Δερζέκος, 2002). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί ότι για τον σωστό σχεδιασμό της βάσης γνώσης θα πρέπει συν τοις άλλοις να καθοριστεί η σωστή σειρά ταξινόμησης του κάθε επιπέδου κατάτμησης. Η σειρά αυτή δεν καθορίζεται από την σειρά των επιπέδων κατάτμησης, αλλά από τον καθορισμό των ασαφών συναρτήσεων συμμετοχής και την αμφίδρομη σύνδεση (linking) των ιδιοτήτων στα διαφορετικά ιεραρχικά επίπεδα, προκειμένου να γίνει η απόδοση των αντικειμένων στην κάθε κατηγορία.

Τα αποτελέσματα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης μπορούν να εξαχθούν υπό μορφή εικόνας ράστερ, αλλά και υπό μορφή πολυγώνων, διευκολύνοντας τη **συνεργασία** του τομέα της τηλεπισκόπησης με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών – GIS. Η όλη διαδικασία ανάλυσης μίας εικόνας μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα μικρού μεγέθους ψηφιακό πρωτόκολλο και να εφαρμοστεί σε άλλες παρόμοιες εικόνες, διατηρώντας σταθερές τις συνθήκες επεξεργασίας και αυτοματοποιώντας την.

Τέλος πραγματοποιείται ποιοτικός έλεγχος της ταξινόμησης. Για τον σκοπό αυτό το λογισμικό διαθέτει σχετικούς αλγόριθμους που αξιολογούν τα αποτελέσματα της όλης διαδικασίας. Δεδομένου ότι η ταξινόμηση βασίζεται κατά κύριο λόγο σε συναρτήσεις ασαφούς λογικής, στόχος είναι τα προκύπτοντα αντικείμενα να ανήκουν στην εκάστοτε επιθυμητή κατηγορία με τη μεγαλύτερη δυνατή πιθανότητα. Βαθμοί συμμετοχής που αφορούν σε ένα τμήμα υπολογίζονται για όλες τις κατηγορίες ταξινόμησης ενός επιπέδου και στην συνέχεια διερευνάται η διαφορά μεταξύ του μεγαλύτερου και του αμέσως επόμενου βαθμού συμμετοχής ανά τμήμα. Αυτό είναι ένα χρήσιμο μέτρο αξιολόγησης της ταξινόμησης, που αναδεικνύει τη σύγχυση

ανάμεσα στις κατηγορίες που ορίστηκαν και κατ επέκταση την ευστάθεια της ταξινόμησης. Η ευστάθεια αυτή μπορεί να απεικονιστεί γραφικά με τη βοήθεια ενός σύνθετου, στο οποίο κάθε τμήμα σημαίνεται με μία ποιοτική κλίμακα χρωμάτων από έντονο κόκκινο έως σκούρο πράσινο ανάλογα με τη διαφορά ανάμεσα στον πρώτο και το δεύτερο μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής.

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας είναι σαφώς εξαρτημένη από τις διαδικασίες κατάτμησης και ταξινόμησης. Παρόλα αυτά η σωστή επιλογή των μεθόδων επεξεργασίας μπορεί να προσθέσει επιπλέον δύναμη στην διαδικασία και στην ορθή κατάρτιση και οι μέθοδοι ταξινόμησης μπορούν να οδηγήσουν τον χρήστη στην πλήρη αξιοποίηση όλων των δυνατοτήτων της προσέγγισης αυτής.

2.4.2. Αλγόριθμος Πολλαπλής Κατάτμησης Εικόνας

Βασική προϋπόθεση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας είναι η επιτυχής κατάτμησή (υποδιαίρεση σε επιμέρους περιοχές), που όπως έχει ήδη επισημανθεί αποτελεί και το πρώτο στάδιο της προσέγγισης αυτής. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ψηφιακή εικόνα να μην λαμβάνεται πλέον ως ένα πλέγμα εικονοστοιχείων, αλλά ως **ένα σύνολο πρωτογενών αντικειμένων**, κάθε ένα από τα οποία αποτελείται από έναν αριθμό εικονοστοιχείων με παρόμοιες φασματικές ιδιότητες. Τα αντικείμενα αυτά αντιστοιχούν σε προσεγγίσεις του πραγματικού κόσμου που μπορούν να χαρακτηριστούν από σχήμα και υφή (Benz et al, 2004, Tzotsos, 2006).

Ο πρώτος νόμος της γεωγραφίας του Tobler, στον οποίο βασίζεται το πρώτο αυτό στάδιο της ταξινόμησης, εισήγαγε την αντίληψη ότι γειτονικά εικονοστοιχεία διακρίνονται από παρόμοιο εννοιολογικό νόημα και κατά συνέπεια, είναι θεωρητικά ασφαλές να ενταχθούν στην ίδια εννοιολογική ενότητα, ειδικά εάν έχουν παρόμοιες φασματικές ιδιότητες (Σαμοϊλή, 2008). Έτσι λοιπόν κάθε αρχικό αντικείμενο που προκύπτει από την κατάτμηση της εικόνας αποτελεί ουσιαστικά μία εννοιολογική ενότητα, της οποίας τα γειτονικά εικονοστοιχεία καταχωρήθηκαν σε αυτή εξαιτίας των παρόμοιων φασματικών υπογραφών τους.

Για την κατάτμηση των εικόνων, το eCognition παρέχει έναν αλγόριθμο που επιτρέπει την εξαγωγή αντικειμένων σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής ανάλυσης (Multiresolution segmentation), καθιστώντας έτσι δυνατή την ταυτόχρονη αναπαράσταση των πληροφοριών της εικόνας σε διάφορες κλίμακες. Ο **αλγόριθμος πολλαπλής κατάτμησης εικόνας** μπορεί να περιγραφεί ως μία bottom-up διαδικασία συγχώνευσης περιοχών (Mallinis, 2006). Στις προσεγγίσεις αυτές τα κατατετημένα αντικείμενα παράγονται από μία σειρά στατιστικών μεθόδων και παραμέτρων, μέσω μίας διαδικασίας που πραγματοποιείται σε όλη την εικόνα. Ο αλγόριθμος υλοποιείται / εφαρμόζεται ξεκινώντας από τα εικονοστοιχεία σαν αρχικές προσεγγίσεις των αντικειμένων, δηλαδή κάθε εικονοστοιχείο αρχικά λαμβάνεται ως ένα ξεχωριστό αντικείμενο. (Σε κάθε βήμα, τα αντικείμενα συγχωνεύονται ανά δύο, προκειμένου να δημιουργήσουν νέα μεγαλύτερα αντικείμενα. Κριτήριο για την συγχώνευση των αντικειμένων αποτελεί η φασματική ομοιογένεια περιγράφοντας την ομοιότητα μεταξύ των γειτονικών αντικειμένων. Σε κάθε προσπάθεια συγχώνευσης, γίνεται σύγκριση της τελικής ετερογένειας (έστω συντελεστής k) με ένα κατώφλι, το οποίο ονομάζεται συντελεστής κλίμακας f και ο οποίος προσδιορίζεται από το χρήστη, προκειμένου να εξεταστεί κατά πόσο τα αντικείμενα είναι μεταξύ τους συμβατά ή όχι. (Μέσω όλης αυτής της διαδικασίας ομαδοποίησης ανά ζεύγος, η

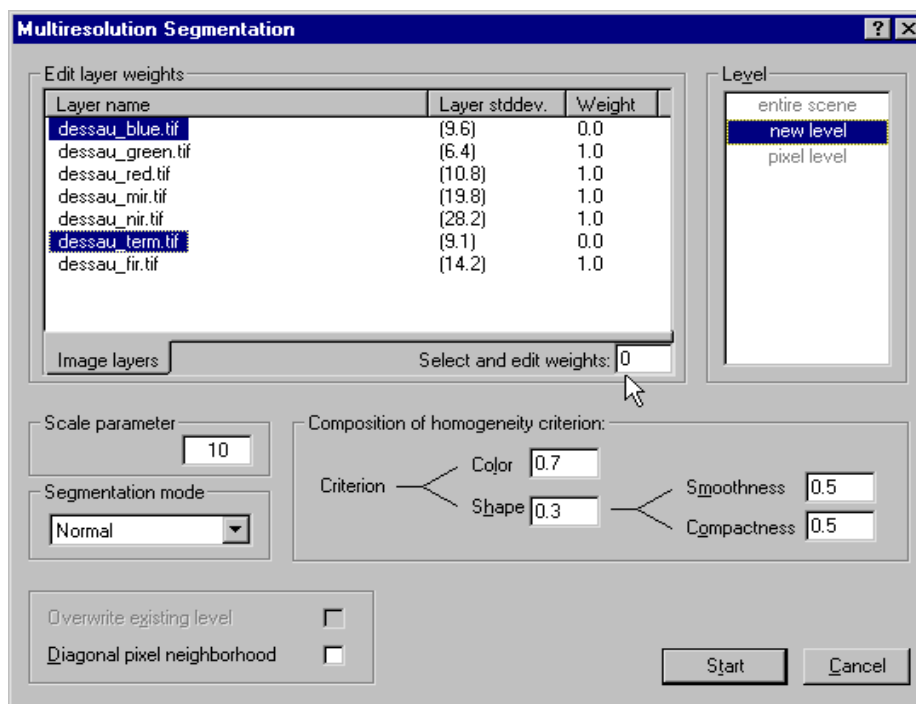
υποκείμενη διαδικασία βελτιστοποίησης ελαχιστοποιεί την σταθμισμένη «nh» ετερογένεια των προκυπτόντων αντικειμένων της εικόνας.) Τα ζεύγη των αντικειμένων με τη μικρότερη αύξηση της καθορισμένης ετερογένειας, συγχωνεύονται. Η διαδικασία τερματίζει όταν η μικρότερη αύξηση της καθορισμένης ετερογένειας υπερβεί τον συντελεστή κλίμακας f που έχει οριστεί από τον χρήστη, δηλαδή όταν $k > f$. Με αυτόν τον τρόπο, η πολλαπλή κατάτμηση εικόνας αποτελεί μια τοπική διαδικασία βελτιστοποίησης.)

Προκειμένου η διαδικασία της κατάτμησης να θεωρηθεί επιτυχής, διατυπώθηκαν στις αρχές της ανάπτυξης της πολλαπλής κατάτμησης (Baatz and Schape, 2000) οι παρακάτω απαιτήσεις:

- ✓ Η διαδικασία κατάτμησης θα πρέπει να παράγει κατά το δυνατόν μεγάλης ομοιογένειας αντικείμενα, για την καλύτερη αναπαράσταση των περιοχών της εικόνας.
- ✓ Εφόσον το πρόβλημα κάθε ανάλυσης εικόνας πραγματεύεται με δομές συγκεκριμένης χωρικής ανάλυσης, το μέσο μέγεθος των αντικειμένων θα πρέπει να είναι προσαρμόσιμο με την κλίμακα που απαιτεί η εκάστοτε εφαρμογή.
- ✓ Σχεδόν όλες οι ιδιότητες των αντικειμένων της εικόνας εξαρτώνται από την παράμετρο της κλίμακας. Μόνο οι δομές σε παρόμοιες κλίμακες είναι συγκρίσιμα ποιοτικά και ως προς τις ιδιότητές τους, για αυτό τα προκύπτοντα από τη διαδικασία κατάτμησης αντικείμενα θα πρέπει να είναι παρόμοιου σχετικά μεγέθους.
- ✓ Η διαδικασία της κατάτμησης θα πρέπει να είναι εφαρμόσιμη σε ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών ειδών προβλημάτων.
- ✓ Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης θα πρέπει να μπορούν να αναπαραχθούν αξιόπιστα.
- ✓ Η διαδικασία της ταξινόμησης θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν γρήγορη παρέχοντας ωστόσο στον χρόνο αυτό αποτελέσματα καλής ακρίβειας, ακόμα και σε εικόνες μεγάλου μεγέθους.

Για την διεκπεραίωση της διαδικασίας κατάτμησης κάποιες σημαντικές αποφάσεις θα πρέπει να παρθούν, σχετικά με τον αριθμό των επιπέδων κατάτμησης αλλά και με τις περισσότερες κατάλληλες παραμέτρους που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον καθορισμό των επιπέδων αυτών (Mallinis, 2006).

Οι **παράμετροι που καθορίζονται για την κατάτμηση** των εικόνων είναι το βάρος με το οποίο το κάθε κανάλι θα συμμετέχει, τα βάρη που θα δοθούν στα κριτήρια κατάτμησης, δηλαδή το φασματικό κριτήριο και το κριτήριο σχήματος και τέλος η παράμετρος κλίμακας. Αυτές μπορούν να τροποποιηθούν από επίπεδο σε επίπεδο ή ανάλογα με την εφαρμογή και τον προς επίτευξη κάθε φορά στόχο, στο πλαίσιο διαλόγου "Multiresolution Segmentation" (βλ. εικόνα 2-4).



Εικόνα 2-4: Πλαίσιο Διαλόγου “Multiresolution Segmentation” για τον καθορισμό των παραμέτρων της πολλαπλής κατάτμησης εικόνας

Ο **συντελεστής κλίμακας** (scale parameter), ο οποίος ορίζει το επιθυμητό μέγεθος και τη μέγιστη επιτρεπόμενη ετερογένεια των παραγόμενων αντικειμένων, είναι η βασικότερη παράμετρος για τη δημιουργία των πρωτογενών αντικειμένων. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή αυτής της παραμέτρου, τόσο μεγαλύτερα είναι τα αντικείμενα που προκύπτουν. Τα όρια των τεμαχίων που δημιουργούνται σε κάποιο επίπεδο κατάτμησης και τα οποία αναπαρίστανται υπό μορφή πολυγώνων, δεν θα πρέπει να συγκρούονται με πολύγωνα των ήδη υπάρχοντων ανωτέρων επιπέδων, αποτελεί δηλαδή σημαντική προϋπόθεση η συμβατότητα μεταξύ των ορίων των διαφορετικών κατατμήσεων. Για την ικανοποίηση της παραπάνω προϋπόθεσης το άρθρωμα δουλεύει πάνω σε μια δομή λίστας που ονομάζεται ιεραρχία επιπέδων. Η δημιουργία των επιπέδων κατάτμησης γίνεται με σειρά, από το επίπεδο με τον μικρότερο συντελεστή σε αυτό με τον μεγαλύτερο (bottom-up προσέγγιση).

Το επόμενο κριτήριο κατάτμησης είναι το **φασματικό κριτήριο** (color criterion). Η παράμετρος αυτή ρυθμίζει τη βαρύτητα που θα δοθεί, κατά την κατάτμηση, στα φασματικά χαρακτηριστικά των εικονοστοιχείων που απαρτίζουν το παραγόμενο αντικείμενο. Το φασματικό κριτήριο δεν μπορεί να έχει τιμή μικρότερη από 0.1, εξαιτίας του προφανούς γεγονότος ότι χωρίς φασματικές πληροφορίες εικόνας, τα αντικείμενα που θα προκύψουν επίσης δεν θα έχουν φασματικές πληροφορίες.

Το **κριτήριο του σχήματος** (shape criterion) ρυθμίζει τη βαρύτητα που πρέπει να δοθεί, κατά την κατάτμηση, στο τελικό σχήμα του αντικειμένου. Στην περίπτωση που δίνεται έμφαση στο σχήμα του εκάστοτε παραγόμενου αντικειμένου, δίνεται η επιλογή μεταξύ ομαλότερων ορίων στα αντικείμενα μέσω της παραμέτρου **smoothness** και κανονικότητας σχημάτων μέσω της παραμέτρου **compactness**, που αποτελούν συμπληρωματικές παράμετροι (συνιστώσες της παραμέτρου σχήματος).

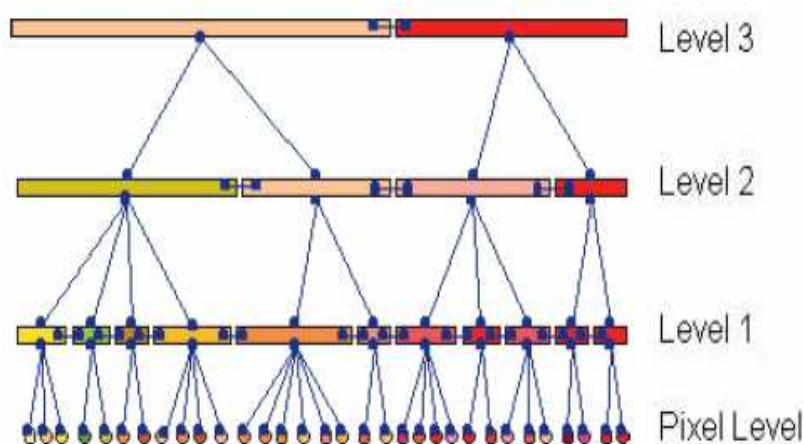
Διαφορετικοί συνδυασμοί μεταξύ αυτών των παραμέτρων πραγματοποιούνται. Η επιλογή των καταλληλότερων επιπέδων κατάτμησης γίνεται φωτοερμηνευτικά, μέσα

από επαναληπτικές δοκιμές και υποβοηθείται με τη χρήση των περιγραμμάτων των αντικείμενων (πολύγωνα). Με τον τρόπο αυτό τα τμήματα της εικόνας αναπαρίστανται υπό μορφή πολυγώνων, βοηθώντας τον χρήστη να αξιολογήσει το αποτέλεσμα της κατάτμησης και κατά πόσον αυτό εξυπηρετεί ή όχι τον σκοπό της εκάστοτε εφαρμογής. Γενικότερα για να μπορεί το αποτέλεσμα της κατάτμησης να θεωρηθεί τουλάχιστον ικανοποιητικό, η διαδικασία θα πρέπει να παράγει όσο μεγαλύτερα αντικείμενα μπορεί, αλλά ταυτόχρονα όσα μικρά αντικείμενα είναι απαραίτητα για να καλύπτει τα κριτήρια του ορίου και της ομοιογένειας του χρώματος (Αργιαλάς και Τζώτσος, 2007). Όπως έχει άλλωστε ήδη τονιστεί, τα αντικείμενα που προκύπτουν από τη διαδικασία κατάτμησης προορίζονται να είναι μάλλον πρωτογενή αντικείμενα εικόνας, που χρησιμεύουν ως φορείς ενημέρωσης και δομικά στοιχεία για την ταξινόμηση και την περαιτέρω διαδικασία. Με την έννοια αυτή, καλύτερο αποτέλεσμα κατάτμησης είναι γενικά αυτό που παρέχει τη βέλτιστη ενημέρωση για περαιτέρω επεξεργασία.

2.4.2.1. Το Ιεραρχικό δίκτυο των αντικειμένων

Διάφορες τεχνικές για την κατάτμηση εικόνων μπορούν να χρησιμοποιηθούν, προκειμένου να προκύψει ένα ιεραρχικό δίκτυο αντικειμένων. Το δίκτυο αυτό καθιστά δυνατή την ταυτόχρονη αναπαράσταση όλων των πληροφοριών που είναι δυνατόν να εξαχθούν από την υπό μελέτη εικόνα. Σε μία τέτοια ιεραρχία, κάθε αντικείμενο γνωρίζει τους γείτονες του, τα υπεραντικείμενα ή υποαντικείμενα του, τα αντικείμενα δηλαδή ανώτερων ή χαμηλότερων επιπέδων αντίστοιχα, με αποτέλεσμα να καθορίζονται οι μεταξύ αυτών σχέσεις. Το εμβαδόν που καλύπτει αντικείμενο ενός επιπέδου, ορίζεται ως το άθροισμα των εμβαδών των υποαντικειμένων του. Πρακτικά αυτό υλοποιείται εύκολα, δεδομένου ότι οι περισσότερες τεχνικές κατάτμησης που χρησιμοποιούνται στο eCognition είναι αλγόριθμοι συγχώνευσης περιοχών (βλ. εικόνα 2-5). Μικρά αντικείμενα συγχωνεύονται σε μεγαλύτερα στο αμέσως επόμενο επίπεδο και ούτω καθεξής.

Η συνένωση ωστόσο περιορίζεται από τα όρια των υπεραντικειμένων. Ως εκ τούτου γειτονικά αντικείμενα δεν μπορούν να συγχωνευθούν, όταν πρόκειται για υποαντικείμενα διαφορετικών επιπέδων, δηλαδή όταν τα υποαντικείμενα τους προέρχονται από διαφορετικά υπεραντικείμενα.



Εικόνα 2-5: Το Ιεραρχικό Δίκτυο των Αντικειμένων

Οι διαδικασίες κατάτμησης, στο σύνολό τους, δρουν σε αυθαίρετα επίπεδα, και εφ' όσον το επίπεδο των εικονοστοιχείων και ολόκληρης της εικόνας υπάρχουν εξ' ορισμού, κάθε κατάτμηση επιπέδου συντάσσεται μεταξύ ενός κατώτερου και ενός ανώτερου επιπέδου. Για τη διασφάλιση της οριστικής ιεραρχίας στο χωρικό σχήμα όλων των αντικειμένων, κατά τις διαδικασίες κατάτμησης δεν παραβιάζεται η αρχή ότι τα όρια των αντικειμένων οφείλουν να ακολουθούν τα όρια των αντικειμένων στο αμέσως επόμενο κατώτερο επίπεδο και ότι η κατάτμηση περιορίζεται από το όριο του αντικειμένου στο αμέσως επόμενο ανώτερο επίπεδο.

2.4.3. Ταξινόμηση Βάσει Κατάτμησης

Μετά τη διαδικασία κατάτμησης της αρχικής εικόνας σε πρωτογενή αντικείμενα, ακολουθεί το στάδιο της δημιουργίας μίας βάσης γνώσης και της ταξινόμησης στην συνέχεια των κατατετμημένων αντικειμένων σε εννοιολογικές σημαντικές κατηγορίες που αναπαριστούν τον πραγματικό κόσμο.

Βασικός σκοπός μίας διαδικασίας ταξινόμησης είναι η **αυτόματη κατηγοριοποίηση** όλων των εικονοστοιχείων μίας εικόνας σε διάφορες τάξεις κάλυψης γης ή αντικείμενα (Αργιαλάς, 1999). Στο eCognition, ταξινόμηση είναι η διαδικασία που συνδέει, μέσω μίας ιεραρχίας τάξεων, τις κατηγορίες με τα διάφορα αντικείμενα της εικόνας (Definiens, 2000).

Οι διάφορες μέθοδοι ταξινόμησης μπορούν να χωριστούν στις **επιβλεπόμενες** και **μη επιβλεπόμενες μεθόδους**. Η επιβλεπόμενη μέθοδος ταξινόμησης έγκειται στην συλλογή ενός συνόλου δεδομένων εκπαίδευσης από τις κατηγορίες ενδιαφέροντος, στον υπολογισμό των φασματικών υπογραφών και στην περιγραφή των ιδιοτήτων της κάθε κατηγορίας κάλυψης γης. Τα δεδομένα εκπαίδευσης συνίστανται από εικονοστοιχεία γνωστής εξ αρχής ταυτότητας και χρησιμοποιούνται από τον χρήστη για την επίβλεψη του αλγορίθμου. Τελικά, το αντικείμενο ταξινομείται στην κατηγορία κάλυψης γης με την οποία παρουσιάζει τις περισσότερες ομοιότητες, ενώ σε περίπτωση που δεν εμφανίζει επαρκείς ομοιότητες με καμία από τις κατηγορίες ενδιαφέροντος, ταξινομείται στην κατηγορία «άγνωστο». Εξορισμού οι μέθοδοι αυτές εξαρτώνται από τον χρήστη, σε αντίθεση με τις μη επιβλεπόμενες μεθόδους που δουλεύουν σχεδόν αυτόματα. Οι μη επιβλεπόμενες μέθοδοι χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των φασματικών κατηγοριών μίας εικόνας, και ως μέθοδος ταξινόμησης στην περίπτωση έλλειψης δεδομένων εκπαίδευσης. Περιλαμβάνονται σε αυτές ημιαυτόματοι στατιστικοί αλγόριθμοι που εξετάζουν τις τιμές των ιδιοτήτων των αντικειμένων και τα ταξινομούν αρχικά σε φασματικές και ύστερα σε εννοιολογικές κατηγορίες.

Η κατάταξη των εικονοστοιχείων ή αντικειμένων μίας εικόνας μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο μέσω των **απόλυτων**, όσο και μέσω των **ασαφών ταξινομητών**. Όταν γίνεται χρήση των πρώτων, το αντικείμενο ταξινομείται σε κάποια κατηγορία με κάποιον από τους στατιστικούς αλγορίθμους ταξινόμησης, δηλαδή του παραλληλεπιπέδου, της ελάχιστης απόστασης, του εγγύτερου γείτονα ή τέλος της μέγιστης πιθανοφάνειας. Οι ταξινομητές αυτοί εκφράζουν την ένταξη ενός αντικειμένου σε μία τάξη κατά έναν δυαδικό τρόπο, δηλαδή κάθε αντικείμενο μπορεί να λάβει μόνο τις τιμές 0 και 1 που δηλώνουν αντίστοιχα ότι το αντικείμενο ανήκει ή δεν ανήκει στην συγκεκριμένη κατηγορία.

Στην πραγματικότητα όμως τα όρια των αντικειμένων δεν είναι πάντοτε σαφώς καθορισμένα και ενδέχεται κάποιες φορές τα αντικείμενα μίας εικόνας να ανήκουν σε

περισσότερες από μία κατηγορίες. Για τον σκοπό αυτό, κρίνεται πολλές φορές απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν αλγόριθμοι βασιζόμενοι στην ασαφή λογική. Όταν γίνεται χρήση των ασαφών ταξινομητών, για κάθε αντικείμενο υπολογίζεται ένας βαθμός συμμετοχής σε κάθε μία από τις διαθέσιμες προς ταξινόμηση κατηγορίες. Αυτός ο βαθμός λαμβάνει τιμές στο συνεχές πεδίο τιμών $[0,1]$, με την τιμή 0 να ορίζει την απόλυτη μη συμμετοχή του αντικειμένου στην κατηγορία και την τιμή 1 την απόλυτη συμμετοχή του. Ο βαθμός συμμετοχής υπολογίζεται με βάση τα χαρακτηριστικά τα οποία έχει η κάθε κατηγορία και την ομοιότητα προς αυτά του υποψήφιου προς ταξινόμηση αντικειμένου και ως εκ τούτου, εξαρτάται από τον βαθμό στο οποίο τα αντικείμενα πληρούν τις ιδιότητες που περιγράφουν την κάθε κατηγορία. Τελικά ο μέγιστος βαθμός συμμετοχής ταξινομεί το αντικείμενο στην κατηγορία για την οποία αυτός έχει προκύψει.

Τα ασαφή συστήματα ταξινόμησης προφανώς πλεονεκτούν έναντι των απολυτών ταξινομητών, αφού επιτρέπουν τη συμμετοχή του ίδιου αντικειμένου σε περισσότερες από μία κατηγορίες, οδηγώντας έτσι σε μία ακριβέστερη τελική ταξινόμηση.

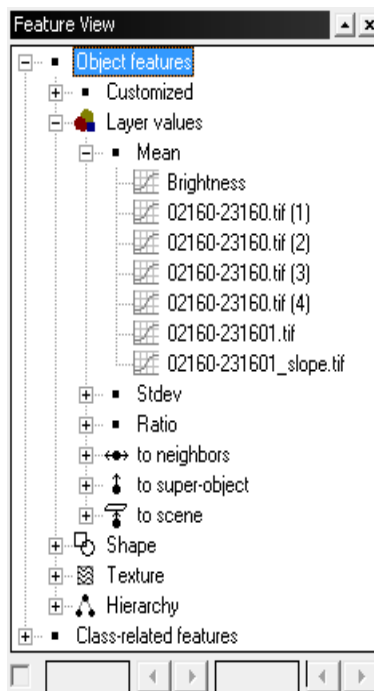
2.4.3.1. Η ασαφής λογική στο eCognition

Η ασαφής λογική χρησιμοποιείται στο eCognition για την ταξινόμηση των πρωτογενών αντικειμένων που προκύπτουν από το στάδιο κατάτμησης της εικόνας, στις αντίστοιχες θεματικές κατηγορίες που ορίζονται στην ιεραρχία των κατηγοριών, με βάση ειδοποιείς ιδιότητες των αντικειμένων. Αποτελεί μία μαθηματική προσέγγιση για την **ποσοτικοποίηση των αβέβαιων μαθηματικών εκφράσεων**. Η βασική ιδέα έγκειται στην αντικατάσταση των δύο απόλυτα λογικών εκφράσεων «ναι» και «όχι» με ένα συνεχές πεδίο τιμών $[0,1]$, με το 0 να σημαίνει «απολύτως ναι» και το 1 «απολύτως όχι». Όλες οι ενδιάμεσες τιμές αναπαριστούν μία περισσότερο ή λιγότερο αβέβαιη κατάσταση του «ναι» ή του «όχι».

Η ταξινόμηση ασαφούς λογικής αποτελεί μία απλή τεχνική, η οποία ουσιαστικά μετατρέπει τις τιμές των χαρακτηριστικών από ένα αυθαίρετο διάστημα σε ασαφείς τιμές μεταξύ του 0 και του 1, υποδεικνύοντας με τον τρόπο αυτό τον βαθμό συμμετοχής σε μία συγκεκριμένη κατηγορία. Αυτό το ασαφές διάστημα τιμών για τον διαχωρισμό των αντικειμένων ορίζεται πάνω σε έναν **χώρο προτύπων**. Για κάθε αντικείμενο υπολογίζονται ιδιότητες που αφορούν τον τόνο, το σχήμα και τις σχέσεις γειννίασης με τα υπόλοιπα αντικείμενα και έπειτα αποδίδονται, βάσει αυτών των ιδιοτήτων, βαθμοί συμμετοχής για κάθε διαθέσιμη κατηγορία. Οι βαθμοί συμμετοχής βρίσκονται ο κάθε ένας στο διάστημα $[0,1]$, αλλά σε αντίθεση με τη περίπτωση των απόλυτων ταξινομητών, αυτοί δεν αθροίζονται στη μονάδα και αποτελούν μέτρο της ασαφопоίησης με την οποία το τμήμα θα κατατασσόταν στην κάθε κατηγορία. Τελικά η μεγαλύτερη τιμή συμμετοχής ταξινομεί το αντικείμενο στην αντίστοιχη κατηγορία.

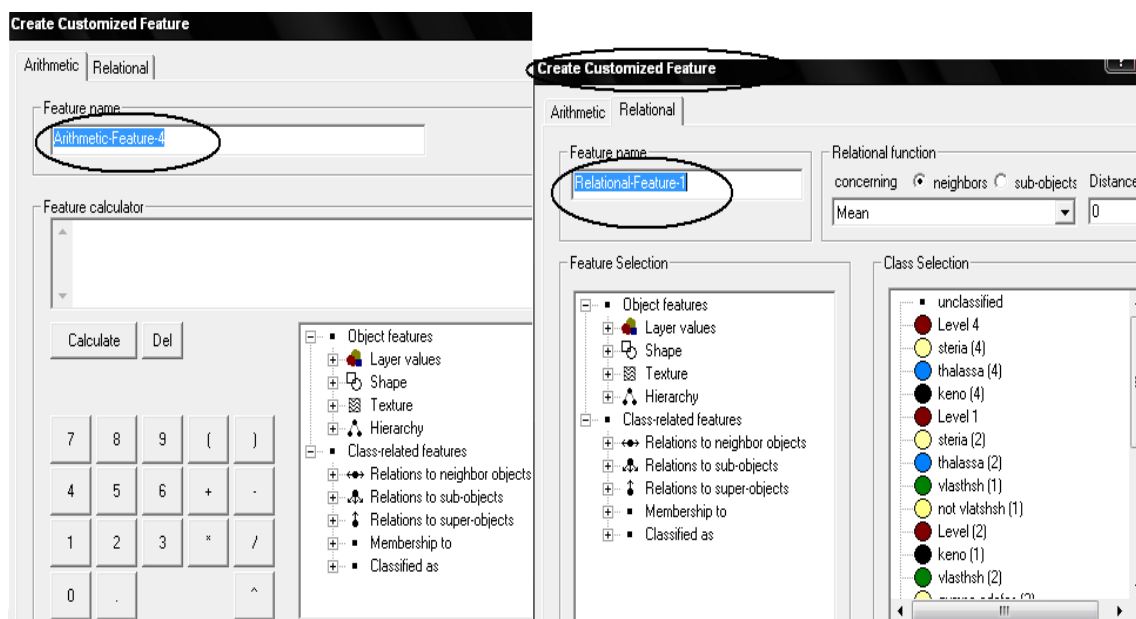
Κάθε κατηγορία σε μία ταξινόμηση που πραγματοποιείται στο συγκεκριμένο λογισμικό, περιέχει μία περιγραφή αυτής (class description), η οποία συνίσταται από ένα σύνολο ασαφών μαθηματικών εκφράσεων, επιτρέποντας την εκτίμηση των ιδιαίτερων ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών και των λογικών τους λειτουργιών. Το λογισμικό παρέχει ένα ισχυρό εργαλείο που επιτρέπει την απεικόνιση των ιδιοτήτων των αντικειμένων μίας εικόνας κατά έναν γραφικό τρόπο, παρέχοντας μία οπτική ερμηνεία στην ιδιαιτερότητα ενός ορισμένου χαρακτηριστικού πρωτογενούς αντικειμένου σε όλα τα αντικείμενα της εικόνας (πλαίσιο διαλόγου Feature View). Αυτή η οπτική παρουσίαση των ιδιοτήτων των αντικειμένων μίας εικόνας βοηθά τον

χρήστη να αναπτύξει και να δηλώσει ρητά τους κατάλληλους κανόνες για τον ορισμό της κάθε κατηγορίας.



Εικόνα 2-6: Το πλαίσιο διαλόγου Feature View

Για την περιγραφή των αντικειμένων και των κατηγοριών, εκτός των χαρακτηριστικών που διαθέτει ήδη το λογισμικό (βλ. εικόνα 2-6), παρέχονται επιπλέον στον χρήστη εργαλεία για την εισαγωγή καινούριων χαρακτηριστικών, συντιθέμενων από τα ήδη υπάρχοντα. Επιτρέπεται με τον τρόπο αυτό η δημιουργία αντίστοιχα επιπλέον αριθμητικών (Arithmetic features) και συγγενών (Relational features) χαρακτηριστικών γνωρισμάτων (βλ εικόνα 2-7).



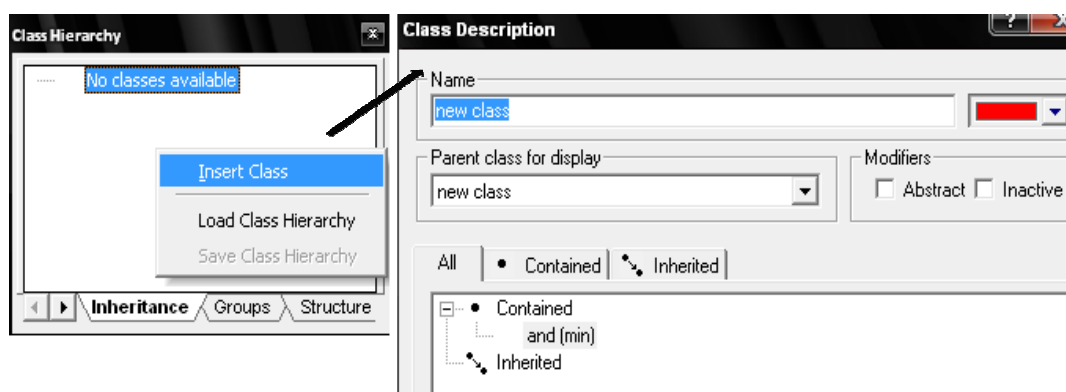
Εικόνα 2-7: Το πλαίσιο διαλόγου Customized Feature αριστερά για τη δημιουργία αριθμητικών και δεξιά για τη δημιουργία συγγενών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων

Τα πρώτα προκύπτουν από τον συνδυασμό των ήδη υπαρχόντων χαρακτηριστικών με αριθμητικούς τελεστές. Παραδείγματα αυτής της κατηγορίας χαρακτηριστικών αποτελούν οι λόγοι καναλιών, μεταξύ των οποίων συχνά χρησιμοποιούμενοι είναι οι κανονικοποιημένοι δείκτες βλάστησης. Τα σχεσιακά χαρακτηριστικά συγκρίνουν το χαρακτηριστικό γνώρισμα ενός αντικειμένου με τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα άλλων αντικειμένων, είτε περιβαλλόντων είτε υποαντικειμένων.

Η ασαφής λογική επιτρέπει την καλύτερη περιγραφή των εννοιών που δεν έχουν αυστηρά καθορισμένα όρια, είναι σε κάποιο βαθμό υποκειμενικές και η νοητική διεργασία τις συγκεκριμενοποιεί περαιτέρω, λαμβάνοντας υπόψη το γενικότερο πλαίσιο στο οποίο εντάσσονται.

2.4.3.2. Η ιεραρχία των κατηγοριών

Η ιεραρχία των κατηγοριών (class hierarchy) αποτελεί την **υποδομή** για τον σχεδιασμό της βάσης γνώσης για την ταξινόμηση των αντικειμένων της εικόνας. Εμπεριέχει όλες τις κατηγορίες του συστήματος ταξινόμησης σε μία ιεραρχικά δομημένη μορφή. Η εισαγωγή μίας νέας κατηγορίας, επιτυγχάνεται με δεξί κλικ στο πλαίσιο διαλόγου “class hierarchy” και επιλογή της εντολής “insert class” (βλ. εικόνα 2-8).



Εικόνα 2-8: Το πλαίσιο διαλόγου class hierarchy και η εισαγωγή μίας νέας κατηγορίας

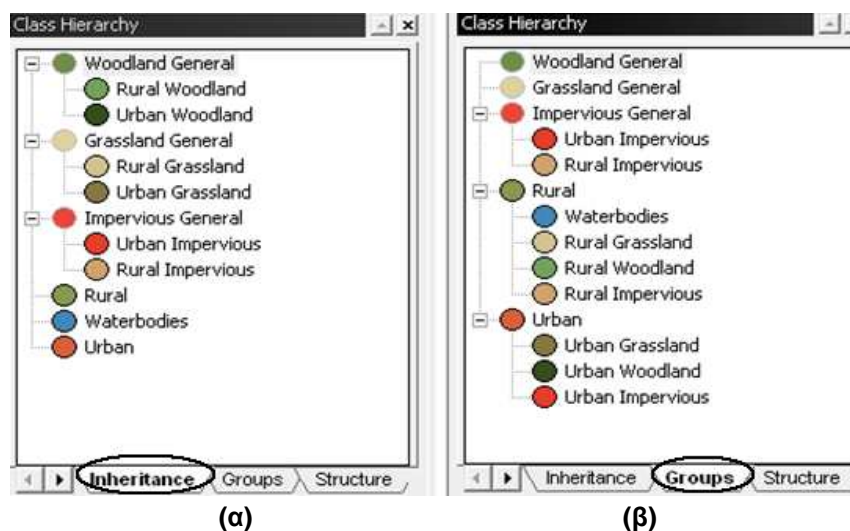
Οι κατηγορίες που εμπεριέχονται στο πλαίσιο διαλόγου “class hierarchy” διασπώνται σε **αλληλοεξαρτούμενες κατηγορίες** (καρτέλα inheritance) και σε **εννοιολογικές ομάδες** (καρτέλα groups).

Η ιεραρχία κληροδότησης αποτελεί μία συνήθης τεχνική στην αντικειμενοστραφή μοντελοποίηση. Στα πλαίσια αυτής της ιεραρχίας δημιουργούνται «κατηγορίες - γονείς», οι οποίες **μεταφέρουν τις ιδιότητές** τους στις «κατηγορίες – γόνους» στις οποίες και υποδιαιρούνται (βλ. εικόνα 2-9(α)). Οι δεύτερες, εκτός των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που κληρονομούν από τις κατηγορίες-γονείς, οι οποίες μπορεί να είναι και περισσότερες από μία, διαθέτουν επίσης χαρακτηριστικές ιδιότητες που περιγράφουν αποκλειστικά τις ίδιες. Πρόκειται αφενός για ιεραρχία βάσει ομοιοτήτων των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, αφετέρου εξασφαλίζεται ο συγχρονισμός όλων των κατηγοριών «παιδιά». Αλλαγές στις «γονικές κατηγορίες» δεν χρειάζεται να επανεξεταστούν στις «κατηγορίες – γόνους», αφού ακόμα και αυτές κληρονομούνται αυτόματα.

Η ιεραρχία ομαδοποίησης επιτρέπει τον συνδυασμό κάποιων κατηγοριών για την **εννοιολογική απεικόνιση** της ταξινόμησης. Επιτρέπει την ομαδοποίηση ακόμα και πολύ διαφορετικών κατηγοριών, σε μία κατηγορία γενικότερη εννοιολογικά (βλ.

εικόνα 2-9(β)). Κάθε «κατηγορία – γόνος» περιγράφεται από το χαρακτηριστικό γνώρισμα που περιγράφει την κύρια κατηγορία στην οποία ανήκει. Η λειτουργία αυτή επιτρέπει την περιγραφή πολλών κατηγοριών από ένα και μόνο χαρακτηριστικό γνώρισμα κάποιας από αυτές.

Τέλος η ιεραρχία δομής (καρτέλα structure) χρησιμοποιείται σαν βάση για τη διαδικασία κατάτμησης βάσει ταξινόμησης. Βασικός σκοπός είναι η ένταξη, ακόμη και ετερογενών περιοχών, σε ενιαία αντικείμενα.



Εικόνα 2-9: Το πλαίσιο διαλόγου class hierarchy (α) η ιεραρχία κληροδότησης και (β) η ιεραρχία ομαδοποίησης

2.4.3.3. Η διαδικασία της ταξινόμησης

Η ταξινόμηση των κατατεμημένων αντικειμένων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με την **εισαγωγή δειγμάτων εκπαίδευσης**, για την εφαρμογή της μεθόδου του εγγύτερου γείτονα, είτε μέσω των **συναρτήσεων συμμετοχής** βάσει της θεωρίας ασαφούς λογικής, σε συνδυασμό με κανόνες που ορίζονται από τον ίδιο τον χρήστη (Yunhao Chen, Tung Fung, Wenjuan Lin and Jinfei Wang, 2005) . Είναι επίσης δυνατός και ο συνδυασμός των μεθόδων αυτών, με αποτέλεσμα τον ακριβέστερο δυνατό ορισμό των ιδιοτήτων και κατά συνέπεια την περισσότερο επιτυχή ταξινόμηση. Τόσο ο εγγύτερος γείτονας όσο και οι συναρτήσεις συμμετοχής αποτελούν επιβλεπόμενες μεθόδους ταξινόμησης.

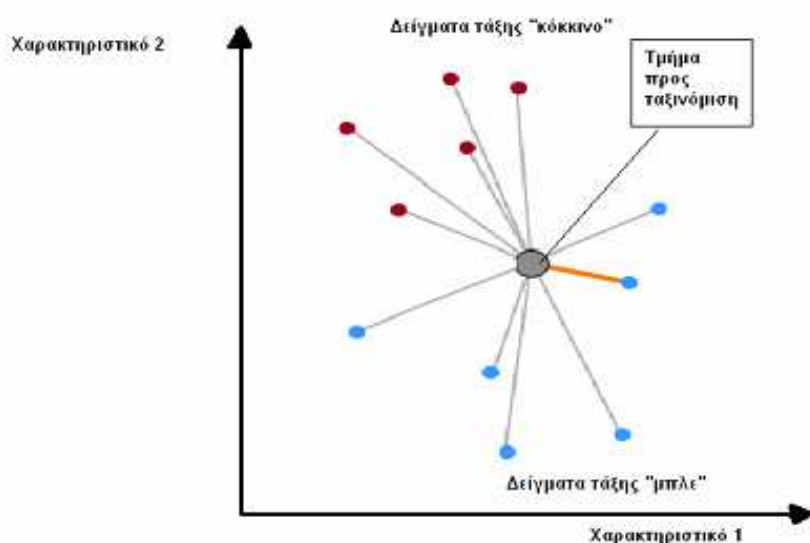
Οι συναρτήσεις συμμετοχής αποτελούν μία απλή μέθοδο για την αναγωγή οποιουδήποτε διαστήματος τιμών ενός χαρακτηριστικού, στο διάστημα $[0,1]$, όπως απαιτεί άλλωστε η ασαφής λογική. Οι κυριότερες μορφές συναρτήσεων συμμετοχής που διατίθενται από το λογισμικό είναι: (1) η συνάρτηση S και η απλοποιημένη μορφή της, (2) η συνάρτηση Z και η απλοποιημένη μορφή της, (3) η κατά προσέγγιση Gaussian συνάρτηση (συνάρτηση μορφής καμπάνας), (4) η συνάρτηση μορφής παραλληλεπιπέδου και η απλοποιημένη μορφή της.

Οι συναρτήσεις συμμετοχής είναι ένας απλός τρόπος ταξινόμησης, που προσφέρει ιδιαίτερη διαφάνεια στον υπολογισμό των βαθμών συμμετοχής. Σε κάθε συνάρτηση, ο βαθμός συμμετοχής του κάθε αντικειμένου στο χαρακτηριστικό που περιγράφεται, αναπαρίσταται στον άξονα των τεταγμένων Y με τιμή που ανήκει στο πεδίο τιμών $[0, 1]$, ενώ το εύρος του πεδίου τιμών του κάθε χαρακτηριστικού που περιγράφει μια κατηγορία, στο οποίο πρέπει να ανήκει κατά κάποιο βαθμό το εκάστοτε εξεταζόμενο

αντικείμενο ώστε να καταχωρηθεί σε αυτήν, αναπαρίσταται στον άξονα των τετμημένων X . Η ιδιότητα που περιγράφει μία κατηγορία αποτελεί και το κριτήριο ταξινόμησης των αντικειμένων σε αυτήν. Έτσι για κάθε εξεταζόμενο αντικείμενο, “εάν η τιμή του ανήκει στο πεδίο τιμών της εξεταζόμενης ιδιότητας”, προκύπτει μέσω της κατανομής της συνάρτησης, ο βαθμός συμμετοχής του στην ιδιότητα και το αντικείμενο ταξινομείται ή όχι στην κατηγορία που η ιδιότητα περιγράφει. Στην περίπτωση που η κατηγορία ορίζεται πλήρως από μία και μόνο ιδιότητα, ο βαθμός συμμετοχής του αντικειμένου στην κατηγορία είναι ίσος με το βαθμό συμμετοχής του στην ιδιότητα.

Εντούτοις, στις περισσότερες των περιπτώσεων, οι κατηγορίες διαθέτουν περισσότερες της μίας ιδιότητες, ως κριτήρια ταξινόμησης. Τότε κρίνεται απαραίτητος ο συνδυασμός των επιμέρους βαθμούς συμμετοχής για τον υπολογισμό μίας τελικής τιμής αυτού. Το σκοπό αυτό εξυπηρετούν οι **τελεστές** (and(min), or(max) κ.α.). Με τη χρήση τελεστών καθίσταται δυνατή η δημιουργία σύνθετων κριτηρίων ταξινόμησης και η δόμηση λεπτομερών εννοιολογικών περιγραφών των θεματικών κατηγοριών.

Παρά τη χρησιμότητα και τις δυνατότητες των συναρτήσεων συμμετοχής, στις περιπτώσεις που οι κατηγορίες ταξινομούνται βάσει πολυάριθμων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, είναι προτιμότερη η χρήση της δεύτερης μεθόδου ταξινόμησης που διατίθεται από το λογισμικό, δηλαδή του αλγορίθμου της εγγύτερης γειννίας. Η μέθοδος αυτή αποτελεί μία αρκετά απλή όσο και δοκιμασμένη μέθοδο ταξινόμησης. Η ταξινόμηση των αντικειμένων γίνεται βάσει των φασματικών τιμών, σε κάποιο δεδομένο χώρο προτύπων. Για την υλοποίηση αυτής της μεθόδου, απαιτείται αρχικά από το χρήστη να ορίσει για κάθε κατηγορία πρότυπα φασματικής απόκρισης, να υποδείξει δηλαδή αντιπροσωπευτικά δείγματα για κάθε μία κατηγορία ως δεδομένα εκπαίδευσης. Ο αλγόριθμος ακολούθως εξετάζει κάθε ένα από τα προς ταξινόμηση τμήματα και εντοπίζει σε ποίο από τα δείγματα που έχουν υποδειχθεί πλησιάζει περισσότερο φασματικά. Τελικά το δείγμα που βρίσκεται εγγύτερα του αντικειμένου, δηλώνει και την κατηγορία στην οποία θα ταξινομηθεί.



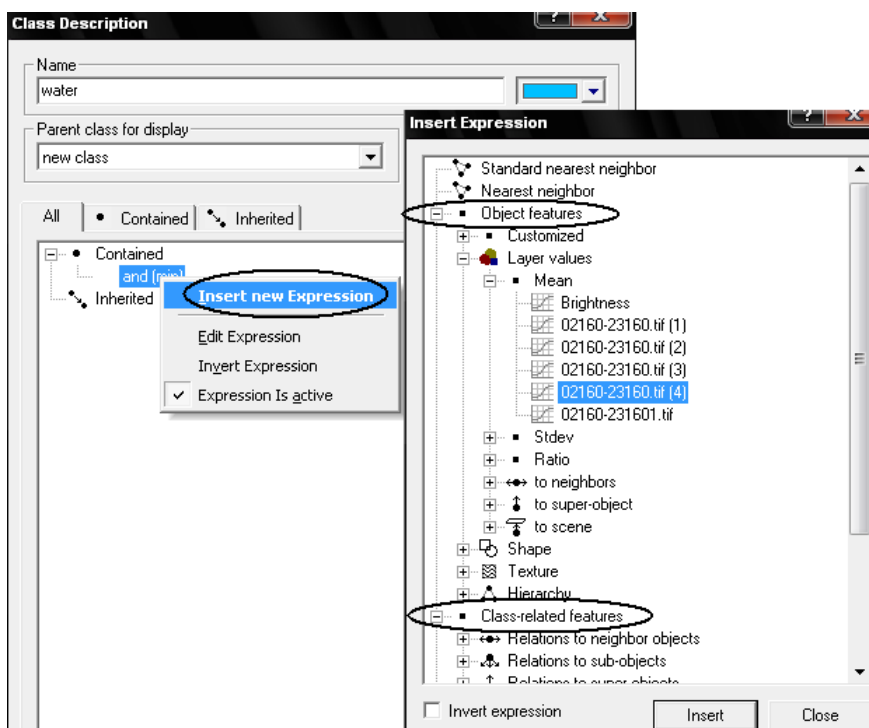
Εικόνα 2-10: Σχηματική αναπαράσταση ταξινόμησης ενός αντικειμένου με τον αλγόριθμο της εγγύτερης γειννίας

Στην εικόνα 1-8 οι κατηγορίες ταξινόμησης είναι δύο, «μπλε» και «κόκκινο», με τα δείγματα αυτών να σημαίνονται με τα αντίστοιχα χρώματα. Γκρι ευθείες αντιπροσωπεύουν τις αποστάσεις του τμήματος προς ταξινόμηση από όλα τα δείγματα, ενώ η πορτοκαλί ευθεία αντιστοιχεί στη μικρότερη εξ αυτών.

Με τον τρόπο αυτό, ο αλγόριθμος της εγγύτερης γεινιάσης εντοπίζει το δείγμα που βρίσκεται πλησιέστερα στο προς ταξινόμηση τμήμα. Οι υπολογιζόμενες αποστάσεις χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τον υπολογισμό των τιμών ανάθεσης z , στο διάστημα $[0,1]$ για όλες τις κατηγορίες, που είναι το αντίστοιχο των βαθμών συμμετοχής της ασαφούς λογικής. Η αναγωγή αυτή είναι καταρχήν σύμφωνη με το πνεύμα της ασαφούς λογικής, που θέλει κάθε στοιχείο να μην ανήκει απόλυτα σε μία κατηγορία.

Η μέθοδος της εγγύτερης γεινιάσης είναι μία υπολογιστικά εύκολη μέθοδος ταξινόμησης, ωστόσο απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά τον ορισμό των δειγμάτων, καθώς μία αστοχία στο βήμα αυτό μπορεί να οδηγήσει στη λανθασμένη ταξινόμηση κάποιων αντικειμένων.

Είναι λοιπόν προφανές ότι είναι απαραίτητος τόσο ο καθορισμός των θεματικών κατηγοριών στις οποίες θα γίνει η ταξινόμηση των πρωτογενών αντικειμένων, όσο και των ιδιοτήτων που αποτελούν τα κύρια χαρακτηριστικά διαχωρισμού τους, προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία της ταξινόμησης. Ο ορισμός μίας κατηγορίας, είτε με τον εγγύτερο γείτονα είτε με τις συναρτήσεις συμμετοχής, γίνεται στο πλαίσιο διαλόγου class description με την επιλογή της εντολής “insert new expression” (βλ. εικόνα 2-11).

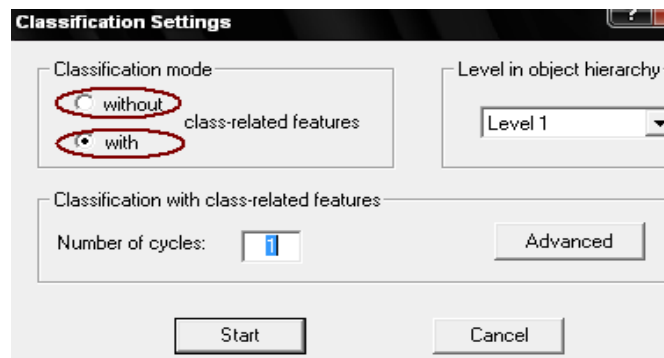


Εικόνα 2-11: Ο ορισμός μίας κατηγορίας και το πλαίσιο διαλόγου “Insert Expression” για την επιλογή της αντίστοιχης ιδιότητας

Στην περίπτωση που για την περιγραφή μιας κατηγορίας χρησιμοποιείται κάποιο χαρακτηριστικό ανεξάρτητο οποιουδήποτε άλλου, όπως αυτά εμπεριέχονται στην ομάδα χαρακτηριστικών “object features”, η διαδικασία της ταξινόμησης υλοποιείται

μέσω της επιλογής “without class-related features” στο πλαίσιο διαλόγου “classification settings” (βλ. εικόνα 2-12).

Πολλές φορές ωστόσο, οι ιδιότητες που χρησιμοποιούνται για τον ορισμό μίας κατηγορίας μπορεί να είναι εξαρτημένες από άλλες κατηγορίες του συστήματος ταξινόμησης και για τον λόγο αυτό ονομάζονται «ιδιότητες εξαρτημένες από κατηγορίες» ή «class-related features» και εμπεριέχονται στην αντίστοιχη ομάδα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων. Αναφέρονται στην ταξινόμηση έτερων αντικειμένων, τα οποία επηρεάζουν την ταξινόμηση του εξεταζόμενου αντικειμένου. Όταν επιλέγονται χρειάζεται απόλυτη αναφορά, όπως για παράδειγμα να αναφέρονται σε αντικείμενα που έχουν ταξινομηθεί αποκλειστικά, είτε με τη χρήση ιδιοτήτων επί αντικειμένων (object features) είτε με τη μέθοδο του εγγύτερου γείτονα (Nearest Neighbor). Στις περιπτώσεις αυτές η όλη διαδικασία ολοκληρώνεται μέσω της επιλογής “with class related features” στο πλαίσιο διαλόγου classification settings, αφού γίνεται χρήση τέτοιων χαρακτηριστικών για την περιγραφή των κατηγοριών του συστήματος ταξινόμησης.



Εικόνα 2-12: Το πλαίσιο διαλόγου “classification Settings”

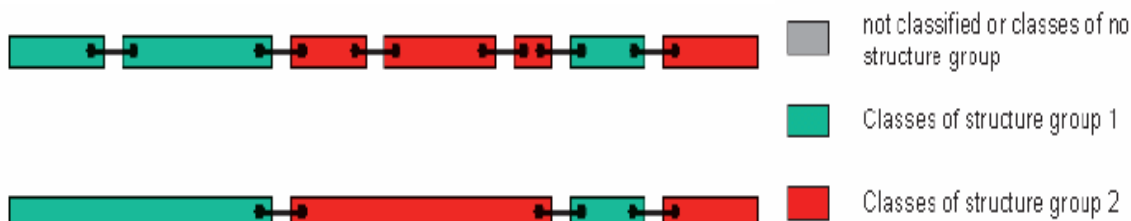
2.4.4. Κατάτμηση Βάσει Ταξινόμησης

Η κατάτμηση βάσει ταξινόμησης αποτελεί μία μορφή μετα-ταξινόμησης, για τη **βελτίωση** των αρχικών αποτελεσμάτων από την ανάλυση της εικόνας. Σε αντίθεση με την κατάτμηση σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής ανάλυσης, όπου η εικόνα διαιρείται αποκλειστικά βάσει κριτηρίων σχηματικής και φασματικής ομοιογένειας, στην κατάτμηση βάσει ταξινόμησης η υποδιαίρεση της εικόνας γίνεται σύμφωνα με κάποια βάση δεδομένων. Αυτή η γνωσιακή βάση εκλαμβάνει πληροφορίες από την ταξινόμηση των αρχικών αντικειμένων, που έχουν προκύψει κατά το στάδιο της πολλαπλής κατάτμησης εικόνας. Με την εν λόγω τεχνική επιτρέπεται ο συνδυασμός πληροφοριών για το σχήμα των αντικειμένων από διάφορες κλίμακες επιπέδων κατάτμησης, προκειμένου να συνταχθούν κριτήρια κατάτμησης από τα οποία θα προκύψουν *δομικές ομάδες (structure groups)*, με εννοιολογικά ομοιογενή αντικείμενα διορθωμένα ως προς το σχήμα.

Στην κατάτμηση βάσει ταξινόμησης τα αντικείμενα παράγονται με τρεις ουσιαστικά εναλλακτικούς τρόπους, οι οποίοι βελτιστοποιούν διαφορετικό χαρακτηριστικό τους.

Ο πρώτος τρόπος κατάτμησης βάσει ταξινόμησης είναι η «κατάτμηση βάσει συνένωσης». Ο βασικός κανόνας αυτής της μεθόδου είναι ότι όλα τα παρακείμενα αντικείμενα που αναπαριστούν ίδιες χρήσεις γης, και άρα χαρακτηρίζονται από πανομοιότυπες δομές, καθώς και αντικείμενα που αποτελούν μέρος όμοιων δομικών ενότητων, συγχωνεύονται σε ένα νέο, μεγαλύτερο αντικείμενο (βλ. εικόνα 2-13).

Εξαιτίας αυτού, ένα πλήθος αντικειμένων εικόνας που αναπαριστούσαν μία αστική επιφάνεια, συνενώνονται πλέον σε ένα αντικείμενο που αντιπροσωπεύει μία ολόκληρη αστική περιοχή. Μία δομή ορίζεται συγκροτώντας όλες τις κατηγορίες που τη σχηματίζουν σε μία δομική ομάδα.

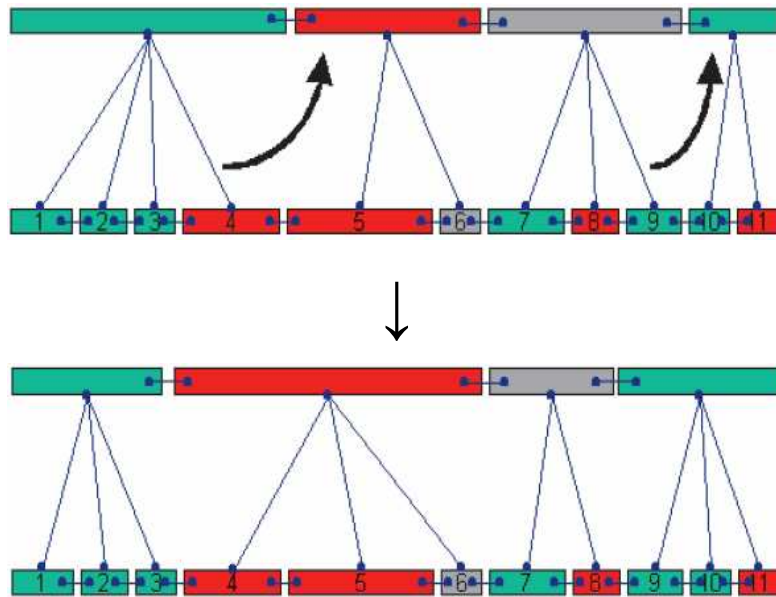


Εικόνα 2-13: Σχηματική αναπαράσταση συνένωσης αντικειμένων πανομοιότυπων δομών σε ομοιογενείς δομικές ομάδες

Τα αντικείμενα που προκύπτουν από τη συνένωση, τοποθετούνται είτε σε νέο επίπεδο μεγαλύτερης κλίμακας από αυτή του επιπέδου αναφοράς, μέσω της επιλογής “Create new level merging image objects in selected level”, στο πλαίσιο διαλόγου “classification based segmentation”, είτε στο ίδιο επίπεδο μέσω της επιλογής “Merge image objects in selected level”, με τη διαφορά ότι τα αρχικά αντικείμενα θα διαγραφούν.

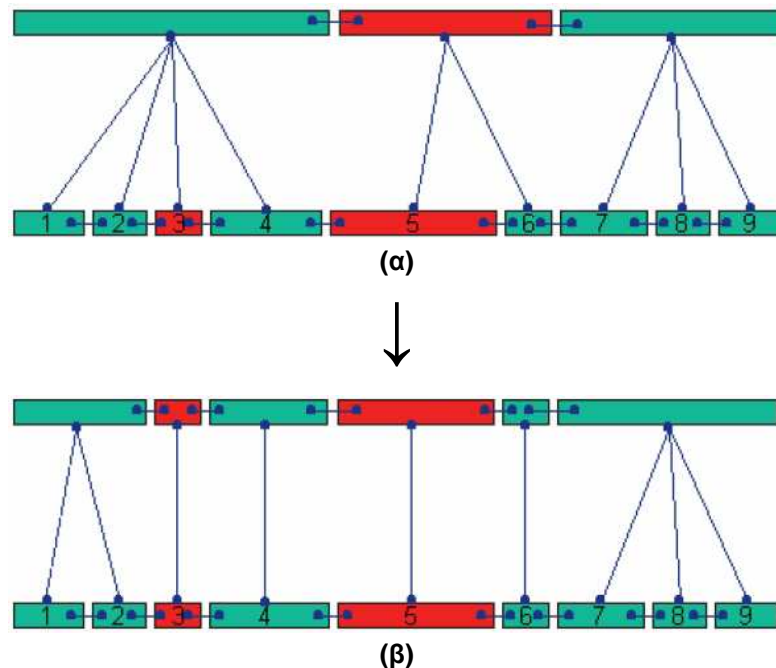
Οι άλλες δύο τεχνικές κατάτμησης βάσει ταξινόμησης είναι η ταξινόμηση βάσει βελτιστοποίησης ορίων αντικειμένων και η ταξινόμηση βάσει απόσπασης αντικειμένων. Ο αντικειμενικός σκοπός αυτών των δύο τρόπων κατάτμησης έγκειται στη διόρθωση του σχήματος των αντικειμένων μίας εικόνας, βάσει υπο-αντικειμένων. Είναι προφανές ότι για την εκτέλεση αυτής της διαδικασίας, εκτός της ύπαρξης του αναμενόμενου ταξινομημένου επιπέδου των αντικειμένων, κρίνεται απαραίτητη και η ύπαρξη ενός χαμηλότερου επιπέδου κατάτμησης. Η ομαδοποίηση αντικειμένων διαφορετικών κατηγοριών σε δομικές ομάδες (structure groups) εξακολουθεί να αποτελεί τη βάση δεδομένων. Ο βασικός κανόνας του τρόπου αυτού είναι ότι υπο-αντικείμενο που είχε καταχωρηθεί σε κατηγορία διαφορετικής δομικής ομάδας από την κατηγορία του υπερ- αντικειμένου του, θεωρείται «ετερογενές» και όχι «μη ανήκων» του υπερ- αντικειμένου αυτού. Αποτέλεσμα αυτού αποτελεί η ανακατάταξη του συγκεκριμένου υπο-αντικειμένου.

Η “ταξινόμηση βάσει βελτιστοποίησης των ορίων αντικειμένων” γίνεται μέσω της επιλογής “Border optimization of selected level” στο πλαίσιο διαλόγου “classification – based segmentation”. Στην τεχνική αυτή, υποαντικείμενα ευρισκόμενα στα όρια των υπεραντικειμένων αποτελούμενα μέλη διαφορετικών δομικών ομάδων από τα υπεραντικείμενα τους, ομαδοποιούνται εκ νέου προκειμένου να αποτελέσουν υποαντικείμενα παρακείμενου υπεραντικειμένου, μέλους ίδιας με αυτά δομικής ομάδας (βλ. εικόνα 2-14(α)). Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας αποτελεί η μεταβολή των περιοχών που αναπαρίστανται από επηρεαζόμενα υπεραντικείμενα. Δηλαδή η περιοχή που χάνει κάποιο υπεραντικείμενο, καταλαμβάνεται από το νέο υπεραντικείμενο (βλ. εικόνα 2-14(β)).



Εικόνα 2-14: Σχηματική αναπαράσταση εφαρμογής της ταξινόμησης βάσει βελτιστοποίησης των ορίων των αντικειμένων

Η “ταξινόμηση βάσει απόσπασης των αντικειμένων” πραγματοποιείται μέσω της επιλογής “Extract image objects on selected level”. Στην τεχνική αυτή, εάν κάποιο υποαντικείμενο έχει ανατεθεί σε δομική ομάδα διαφορετική από αυτή του υπεραντικειμένου του, το υπεραντικείμενο χάνει την περιοχή που αναπαριστούσε το συγκεκριμένο υποαντικείμενό του. Ωστόσο για τις ανάγκες εξισορρόπησης, παράγεται ένα νέο υπερ-αντικείμενο, πανομοιότυπο με το επανατιθέμενο υποαντικείμενο, και εισάγεται στο ιεραρχικό δίκτυο ως το νέο του υπερ-αντικείμενο (βλ. εικόνα 2-15).



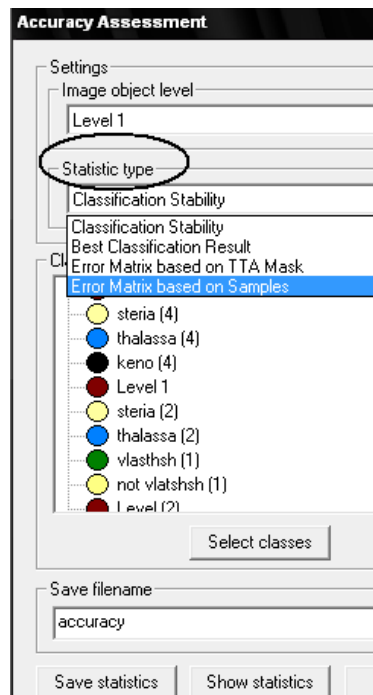
Εικόνα 2-15: Σχηματική αναπαράσταση εφαρμογής της ταξινόμησης βάσει απόσπασης των αντικειμένων (α) πριν την ανακατάταξη των υποαντικειμένων και (β) μετά την ανακατάταξη των υποαντικειμένων.

2.4.5. Αξιολόγηση Ταξινόμησης

Μετά την ολοκλήρωση της ταξινόμησης δεδομένων, επιβάλλεται η αξιολόγηση της ορθότητας των αποτελεσμάτων της.

Μία πρώτη εκτίμηση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης μπορεί να πραγματοποιηθεί εποπτικά, από τον εκάστοτε φωτοερμηνευτή. Η μέθοδος αυτή ωστόσο είναι καθαρά υποκειμενική και ως εκ τούτου δεν είναι σε θέση να εξάγει αξιόπιστα και συγκρίσιμα αποτελέσματα. Συχνά η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων εκτελείται επίσης μέσω σύγκρισης της προς αξιολόγησης ταξινόμησης με κάποια αντίστοιχη παλαιότερη, παραγομένη με διαφορετικές μεθόδους ταξινόμησης και γενικότερης ανάλυσης εικόνας. Βασική προϋπόθεση είναι οι δύο αυτές ταξινομήσεις να διαθέτουν συγκρίσιμη πληροφορία.

Το eCognition παρέχει σε κάθε επίπεδο κατάτμησης και ταξινόμησης ισχυρά εργαλεία που παράγουν **στατιστικά και γραφικά αποτελέσματα**, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελέγξουν την ποιότητα των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης. Ο υπολογισμός εκτίμησης της ακρίβειας τελείται μέσω τεσσάρων διαφορετικών μεθόδων που διατίθενται από το λογισμικό και οι οποίες αναλύονται εκτενέστερα στη συνέχεια.



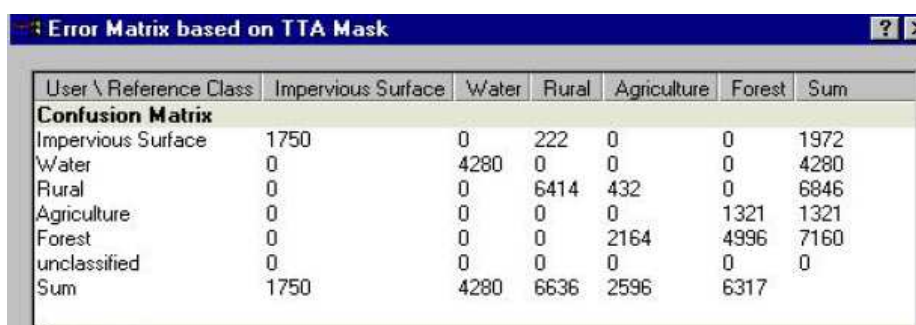
Εικόνα 2-16: Το πλαίσιο διαλόγου Accuracy Assessment

Πρώτη μέθοδος αξιολόγησης αποτελεί η “σταθερότητα της ταξινόμησης” (classification stability). Λόγω της ασαφούς λογικής που χρησιμοποιεί για την ταξινόμηση το λογισμικό eCognition, βαθμοί συμμετοχής που αφορούν σε ένα τμήμα υπολογίζονται για όλες τις κατηγορίες ταξινόμησης ενός επιπέδου. Για την εκτίμηση ακρίβειας της ταξινόμησης υπολογίζεται η απόκλιση των δύο μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής του εκάστοτε αντικειμένου, με αποτέλεσμα να αναδεικνύεται η σύγχυση ανάμεσα στις κατηγορίες που ορίστηκαν και άρα ή ευστάθεια της ταξινόμησης. Το εξαγόμενο της αξιολόγησης είναι τόσο γραφικό όσο και αριθμητικό. Η γραφική αναπαράσταση της ευστάθειας μίας ταξινόμησης πραγματοποιείται μέσω ενός έγχρωμου σύνθετου, στο οποίο κάθε τμήμα σημαίνεται με μια ποιοτική κλίμακα

χρωμάτων από έντονο κόκκινο για το απολύτως ασαφές (0,0) στο σκούρο πράσινο χρώμα για το μη ασαφές (1,1).

Η δεύτερη μέθοδος αξιολόγησης της ταξινόμησης είναι το “καλύτερο αποτέλεσμα ταξινόμησης” (best classification result). Αυτό το εργαλείο παράγει μια γραφική και στατιστική παραγωγή των καλύτερων αποτελεσμάτων ταξινόμησης για τα αντικείμενα εικόνας ενός επιλεγμένου επιπέδου. Η ταξινόμηση αξιολογείται μέσω της εκτίμησης του βαθμού συμμετοχής των αντικειμένων στην περιγραφή κατηγορίας. Τελικά η ταξινόμηση με την υψηλότερη τιμή, λαμβάνεται ως το καλύτερο αποτέλεσμα ταξινόμησης. Το αριθμητικό εξαγόμενο της αξιολόγησης είναι πίνακας με τιμές που προέκυψαν από στατιστικές συναρτήσεις για τους μέγιστους βαθμούς συμμετοχής με τους οποίους ταξινομήθηκαν τα αντικείμενα στην εκάστοτε κατηγορία. Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα αξιολόγησης του τρόπου με τον οποίο τα αντικείμενα της εκάστοτε κατηγορίας την περιγράφουν. Και σε αυτή την περίπτωση η γραφική αναπαράσταση πραγματοποιείται με μία έγχρωμη εικόνα στην οποία η χρωματική κλίμακα αντιστοιχεί στο έντονο κόκκινο για το απολύτως ασαφές (0,0) έως το σκούρο πράσινο για το μη ασαφές (1,0).

Ο “πίνακας λάθους βασισμένος σε μία μάσκα επίγειου ελέγχου” (Error Matrix based on TTA Mask) αποτελεί μία μέθοδο, που χρησιμοποιεί περιοχές εκπαίδευσης ως αναφορά για την αξιολόγηση της ποιότητας της ταξινόμησης. Τα δείγματα λαμβάνονται είτε στο λογισμικό του eCognition είτε σε έτερο λογισμικό και εισάγονται στο πρόγραμμα με τη βοήθεια μιας μάσκας επίγειου ελέγχου (TTA Mask), για να συγκρίνουν την ταξινόμηση με μια “αληθής εικόνα” (ground truth) βασισμένη στα εικονοστοιχεία. Οι κατηγορίες της μάσκας αντιστοιχίζονται με τις κατηγορίες της ταξινόμησης, συγκρίνονται και προκύπτει πίνακας σύγχυσης, στην πρώτη στήλη του οποίου εμφανίζονται οι κατηγορίες της προς εκτίμηση ταξινόμησης, στις επόμενες το πλήθος των εικονοστοιχείων της ταξινόμησης που καλύπτονται από την TTA μάσκα ανά κατηγορία και στην τελευταία καταχωρούνται τα αθροίσματα των εικονοστοιχείων που ταξινομήθηκαν στην εξεταζόμενη ταξινόμηση. Στην τελευταία γραμμή αναγράφονται τα αθροίσματα των εικονοστοιχείων από την μάσκα ανά κατηγορία.

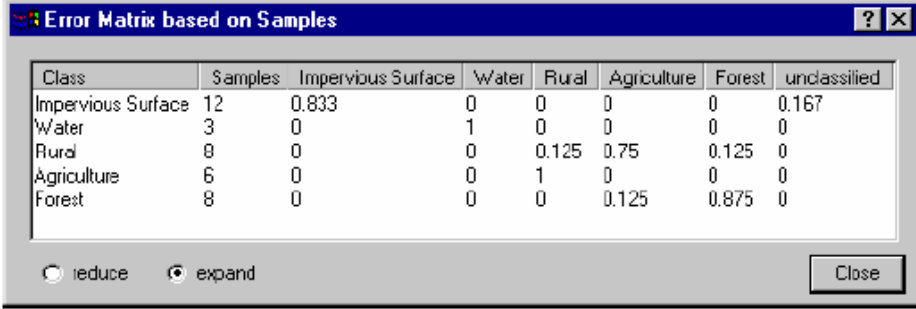


User \ Reference Class	Impervious Surface	Water	Rural	Agriculture	Forest	Sum
Confusion Matrix						
Impervious Surface	1750	0	222	0	0	1972
Water	0	4280	0	0	0	4280
Rural	0	0	6414	432	0	6846
Agriculture	0	0	0	0	1321	1321
Forest	0	0	0	2164	4996	7160
unclassified	0	0	0	0	0	0
Sum	1750	4280	6636	2596	6317	

Εικόνα 2-17: Αριθμητικό εξαγόμενο αξιολόγησης ταξινόμησης με μέθοδο πίνακα σύγχυσης βασισμένου σε TTA μάσκα

Ο “πίνακας λάθους βασισμένος σε δείγματα” (Error matrix based on samples) αποτελεί ένα εργαλείο παρόμοιο με το προηγούμενο με τη διαφορά ότι διαχειρίζεται δείγματα επιλεγμένα από τα αντικείμενα της εικόνας και όχι από τα εικονοστοιχεία. Να σημειωθεί ότι τα δείγματα που επιλέγονται για την αξιολόγηση της ταξινόμησης είναι διαφορετικά από εκείνα που ελήφθησαν για την ταξινόμηση του εγγύτερου γείτονα, τα οποία οπωσδήποτε έχουν ταξινομηθεί στις σωστές κατηγορίες. Με τα νέα λοιπόν δείγματα προκύπτει ένας πίνακας σύγχυσης, όμοιος με τον προηγούμενο,

στην πρώτη στήλη του οποίου εμφανίζονται οι κατηγορίες των δειγμάτων, στη δεύτερη το πλήθος των ληφθέντων δειγμάτων για κάθε κατηγορία και στις υπόλοιπες ο λόγος των δειγμάτων που καταχωρήθηκαν σε αυτήν την κατηγορία.



The screenshot shows a dialog box titled "Error Matrix based on Samples". It contains a table with the following data:

Class	Samples	Impervious Surface	Water	Rural	Agriculture	Forest	unclassified
Impervious Surface	12	0.833	0	0	0	0	0.167
Water	3	0	1	0	0	0	0
Rural	8	0	0	0.125	0.75	0.125	0
Agriculture	6	0	0	1	0	0	0
Forest	8	0	0	0	0.125	0.875	0

Below the table, there are two radio buttons: "reduce" (unselected) and "expand" (selected). A "Close" button is located at the bottom right of the dialog box.

Εικόνα 2-18: Αριθμητικό εξαγόμενο αξιολόγησης ταξινόμησης με μέθοδο πίνακα σύγχυσης βασισμένου σε δείγματα

3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΟΥ ΑΙΓΙΑΛΟΥ

Το Φεβρουάριο του 2006 κινήθηκε το έργο της Κτηματολόγιο Α.Ε. με απώτερο σκοπό τη προστασία, τη διαχείριση και τη διασφάλιση του κοινόχρηστου χαρακτήρα των παράκτιων ζωνών, το οποίο επιτυχώς διεκπεραιώθηκε τον Ιούλιο του 2009 για συνολικό μήκος ακτογραμμής άνω το 18.000 χιλιομέτρων. Το αντικείμενο της σύμβασης του έργου ήταν η δημιουργία ορθοφωτοχαρτών πολύ υψηλής ευκρίνειας και ακρίβειας, καθώς και λεπτομερούς Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους για μία ζώνη κατά μήκος των ακτογραμμών, προκειμένου με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών να μπορεί να γίνει η, **επιστημονικά, αντικειμενική εκτίμηση** και καταγραφή της **Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού**, με ενιαίες προδιαγραφές και μορφή για το μεγαλύτερο μέρος της χώρας. Οι τεχνικές προδιαγραφές, όπως αυτές συντάσσονται από την Κτηματολόγιο Α.Ε. και αναπτύσσονται στο παρόν κεφάλαιο, αφορούν στη **δημιουργία του απαραίτητου χαρτογραφικού** υπόβαθρου και στη **χάραξη** της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού (ΠΟΑ), προκειμένου τα στοιχεία αυτά να χρησιμοποιηθούν σε μεταγενέστερο στάδιο από τις αρμόδιες Υπηρεσίες και Επιτροπές του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών για την επίστευση των διαδικασιών καθορισμού και θεσμοθέτησης του αιγιαλού, του παλαιού αιγιαλού, της παραλίας, της όχθης και της παρόχθια ζώνης. Η χάραξη της ΠΟΑ κατά αυτόν τον τρόπο δεν υπόκειται στη νομική διαδικασία που συμπεριλαμβάνεται στον ισχύοντα νόμο αλλά ακολουθεί τα εννέα **κριτήρια χάραξης**, όπως αυτά περιγράφονται ένα προς ένα στη συνέχεια, ώστε τα τελικά παραδοτέα να έχουν την κατάλληλη ποιότητα ως προς τις απαιτήσεις του έργου.

Στην συνέχεια προσκομίζεται ένα μέρος του τεύχους των τεχνικών προδιαγραφών που αφορά στον καθορισμό της προκαταρκτικής οριογραμμής του αιγιαλού, βάσει κανόνων και συγκεκριμένων κριτηρίων, καθώς και στον έλεγχο της γεωμετρικής ακρίβειας αυτής. Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης μέσω της ασαφούς λογικής που υλοποιείται στο κεφάλαιο 4 για τις τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά τμήματα των έξι αρχικών απεικονίσεων που διατίθενται, αξιολογείται στη συνέχεια με βάση την προσέγγιση αυτή.

3.1. Φωτοερμηνεία Ορθοεικόνων

Ο καθορισμός του αιγιαλού από το Γενικό Επιτελείο Ναυτικού γίνεται με την μέθοδο της **φωτοερμηνευτικής τηλεπισκόπησης**. Η διαδικασία της αυτοψίας που προηγείται αυτής και διενεργείται με βάση την ισχύουσα νομοθεσία αποτελεί μία διαδικασία χρονοβόρα, δυσχερή και πολλές φορές ελάχιστα αξιόπιστη και αντικειμενική.

Η χάραξη της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού (ΠΟΑ) με τη μέθοδο της φωτοερμηνευτικής τηλεπισκόπησης, βασίζεται στην ερμηνεία των έγχρωμων ορθοεικόνων και κατ επέκταση στον προσδιορισμό των επίγειων χαρακτηριστικών που εντοπίζονται σε αυτές. Κατά την διαδικασία της φωτοερμηνείας θα πρέπει να είναι δυνατή η αξιολόγηση της πληροφωρίας που προκύπτει από την χωρική ανάλυση της εικόνας. Απαραίτητη είναι και η εξοικείωση με την πληροφορία που περιέχεται σε κάθε φασματικό κανάλι των ορθοεικόνων, καθώς και στα έγχρωμα σύνθετα που προκύπτουν από τους συνδυασμούς τους, ώστε ο ερευνητής να έχει την ικανότητα αναγνώρισης όλων των απαραίτητων στοιχείων, βάσει των οποίων θα πραγματοποιηθεί η χάραξη της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού. Λαμβάνοντας υπόψη ότι “..το φυσικό όριο βλάστησης κατά κανόνα αποτελεί σαφή

ένδειξη του ορίου μέχρι του οποίου φθάνουν οι μέγιστες συνήθεις αναβάσεις του κυματισμού και αποτελεί κατά τεκμήριο την φυσική θέση της οριογραμμής του αιγιαλού..”, (ΦΕΚ Β΄ 595/4.5.2005), προτείνεται η χρήση του έγχρωμου σύνθετου NIR-R-G για την χάραξή του. Το εγγύς υπέρυθρο κανάλι του φάσματος (NIR) θεωρείται το καταλληλότερο για τον εντοπισμό περιοχών που καλύπτονται από βλάστηση καθώς και για τη διαφοροποίηση των ειδών της (πυκνή-αραιή, χαμηλή-υψηλή, χλωρή (υψηλό ποσοστό χλωροφύλλης)-ξερή (χαμηλό ποσοστό χλωροφύλλης)).

Για τις περιπτώσεις κατά τις οποίες στην οριοθέτηση του αιγιαλού λαμβάνεται υπόψη μια εκτίμηση του βάθους της θάλασσας προτείνεται η χρήση του έγχρωμου σύνθετου R-G-B (true color), διότι οι υδάτινες επιφάνειες έχουν την ιδιότητα να απορροφούν τα μεγάλα μήκη κύματος (όπως το εγγύς υπέρυθρο), μην επιτρέποντας έτσι τη διείσδυση της υπέρυθρης ακτινοβολίας σε βάθος ικανό, ώστε να είναι δυνατή η εκτίμηση του βάθους και της μορφολογίας του πυθμένα της θάλασσας μπροστά από την περιοχή μελέτης.

3.1.1. Χαρακτηριστικά Οριοθέτησης Αιγιαλού με Φωτοερμηνεία

Ο καθορισμός του αιγιαλού με φωτοερμηνεία ή αλλιώς η χάραξη της οριογραμμής με φωτοερμηνεία, αποτελεί μια διαδικασία η οποία παρουσιάζει τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα. Ακολουθεί μια συνοπτική αναφορά αυτών:

Πλεονεκτήματα:

- ✓ Ακριβής απεικόνιση ανυσματικών στοιχείων: υψόμετρα, περιγράμματα
- ✓ Ακριβής απεικόνιση περιοχών με νερά, φυτοκάλυψη και κατασκευές
- ✓ Στιγμιαία (φωτογραφική) απεικόνιση της περιοχής καθορισμού

Αδυναμίες:

- ελλιπή/αδύνατη διάκριση ποιοτικών διαφορών εδαφών (άμμος-χαλίκια)
- σχεδόν απίθανη απεικόνιση περιοχής κατά τη διάρκεια του φαινομένου
- αδύνατη διάκριση υποθαλάσσιας γεωμορφολογίας/ποιότητας πυθμένα
- αδύνατη διάκριση ιστορικών γεωμορφολογικών στοιχείων
- αδύνατη απόδοση των υποεπιφανειακών στοιχείων

Οι αδυναμίες της οριοθέτησης του αιγιαλού με φωτοερμηνεία, έχουν ως αποτέλεσμα ο ακριβής **καθορισμός του αιγιαλού να γίνεται προσεγγιστικά** και μόνο, κάποιες φορές αυτός καθίσταται ακόμη και αδύνατος, ενώ καθιστούν αδύνατο τον καθορισμό του παλαιού αιγιαλού (Καραγεώργου Β. και Πεχλιβάνογλου Κ., 2008)

3.2. Ψηφιακή Απόδοση Προκαταρτικής Οριογραμμής Αιγιαλού

Για την ψηφιακή απόδοση της προκαταρτικής οριογραμμής αιγιαλού πραγματοποιείται ψηφιοποίηση επί της οθόνης, χρησιμοποιώντας ως υπόβαθρο έγχρωμους ορθοφωτοχάρτες/εικόνες. Αν και η παρατήρηση αυτών είναι μονοσκοπική, πολλές φορές πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η **υψομετρική πληροφορία**, διαδικασία που επιτυγχάνεται με την ταυτόχρονη ή εναλλασσόμενη απεικόνιση επί της οθόνης του ορθοφωτοχάρτη και του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους της περιοχής μελέτης. Ως **ανεκτό όριο απόκλισης** της ψηφιοποιημένης ΠΟΑ ορίζονται τα 2.5 μέτρα από το φυσικό χαρακτηριστικό που είναι δυνατόν να αναγνωρισθεί με σαφήνεια πάνω στην ορθοεικόνα. Η κλίμακα θέασης είναι 1:1.

3.2.1. Κανόνες Χάραξης Οριογραμμών Προκαταρτικού Αιγιαλού

Για την χάραξη των οριογραμμών πάνω στις ψηφιακές εικόνες, ακολουθούνται κάποια βασικοί κανόνες. Για τεχνικούς κυρίως λόγους (πχ αποφυγή πολυτεθλασμένων και μικροτεμαχισμένων οριογραμμών) επιτρέπεται η γενίκευση των ορίων, με γνώμονα τα ακόλουθα:

- Ως ελάχιστο μήκος ευθυγράμμου τμήματος οριογραμμής, η οποία ψηφιοποιείται επί των ορθοφωτοχαρτών, ορίζονται τα 2m.
- Ως ελάχιστο μήκος ευθύγραμμου τμήματος οριογραμμής, η οποία ψηφιοποιείται επί των δορυφορικών ορθοεικόνων, ορίζονται τα 5m.
- Η ακτογραμμή και η ΠΟΑ (προκαταρτική οριογραμμή αιγιαλού) πρέπει να είναι συνεχής, χωρίς κενά ή επικαλύψεις, τόσο μεταξύ διαφορετικών θεματικών επιπέδων (layers κριτηρίων), όσο και μεταξύ των διαφορετικών πινακίδων ή / και περιοχών (layers γειτονικών Νομών).
- Όλα τα τμήματα της ΠΟΑ θα πρέπει να ενταχθούν σε μία από τις κατηγορίες που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3-1). Συνεπώς δεν θα πρέπει να υπάρχουν περιοχές όπου δεν θα χαραχθεί η προκαταρτική οριογραμμή του αιγιαλού.
- Σε κανένα σημείο δεν είναι δυνατόν να συνυπάρχουν διπλές γραμμές, είτε παράλληλες είτε επικαλυπτόμενες, που να περιγράφουν την ακτογραμμή (από την ίδια πλευρά της θάλασσας). Το ίδιο ακριβώς και ανεξαρτήτως κριτηρίων ισχύει και για την προκαταρτική οριογραμμή αιγιαλού (ΠΟΑ).
- Στη χάραξη της ΠΟΑ θα πρέπει να αποφεύγονται τμήματα της γραμμής κάθετα στην ακτογραμμή, εκτός αν έτσι περιγράφονται από κάποιο φυσικό ή συνήθως τεχνητό χαρακτηριστικό.
- Στους κλειστούς κόλπους η χάραξη της ΠΟΑ θα γίνεται τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά του κόλπου.

3.2.2. Κριτήρια Χάραξης Προκαταρτικής Οριογραμμής Αιγιαλού

Η προκαταρτική οριογραμμή αιγιαλού (ΠΟΑ) αναφέρεται στην εμπειρική εκτίμηση της οριογραμμής του, με βάση διάφορα κριτήρια και φωτοερμηνευτικές μεθόδους. Λαμβάνεται ως το πρώτο στάδιο για τον καθορισμό της ζώνης του αιγιαλού και η χάραξη της αποσκοπεί στην εμπόδιση του φαινομένου της ανεξέλεγκτης δόμησης.

Για την καλύτερη οργάνωση της πληροφορίας και τον έλεγχο ποιότητας των στοιχείων, η ΠΟΑ πρέπει να είναι χωρισμένη σε ομοειδή τμήματα που χαρακτηρίζονται από το επικρατέστερο κάθε φορά κριτήριο, βάσει του οποίου γίνεται η απόδοση του τμήματος της γραμμής. Τα τμήματα της οριογραμμής ψηφιοποιούνται με διαφορετικό κάθε φορά θεματικό επίπεδο, ανάλογα με την εκτίμηση των κριτηρίων χάραξης και βάσει του αντίστοιχου υπομνήματος (βλ. εικόνα 3-1). Έτσι με πράσινο χρώμα ψηφιοποιείται η γραμμή του αιγιαλού όταν ως κριτήριο χάραξης ληφθεί το “όριο βλάστησης”, με κίτρινο το “ίχνος ανάβασης κυμάτων” κλπ.

Υπόμνημα Κριτηρίων Χάραξης Αιγιαλού (κ)		
κ1		Όριο βλάστησης
κ2		Ίχνος ανάβασης κυμάτων
κ3		Στέψη πρानούς
κ4		3m / 5m από τη στέψη κρηπιδώματος / τεχνικού έργου
κ5		Γραμμή δόμησης
κ6		Διαμορφωμένη κατάσταση σε οραιοδομημένη περιοχή
κ7		Δέλτα ποταμού / εκροή ρέματος ή χειμάρρου
κ8		Αλυκή / λιμνοθάλασσα χωρίς επικοινωνία με τη θάλασσα
κ9		Αλυκή / λιμνοθάλασσα που επικοινωνεί με τη θάλασσα

Εικόνα 3-1: Υπόδειγμα κριτηρίων Χάραξης
Πηγή: Κτηματολόγιο Α.Ε.

Για την ορθή ψηφιοποίηση της προκαταρτικής οριογραμμής του αιγιαλού, κρίνεται σκόπιμη στο σημείο αυτό η προσκόμιση των βασικότερων προϋποθέσεων του κάθε κριτηρίου χάραξης.

❖ Όριο βλάστησης - κριτήριο κ1

Σε περίπτωση απόδοσης οριογραμμής δενδρώδους βλάστησης, η οριογραμμή **τοποθετείται στην πιθανότερη θέση της βάσης του κορμού** του δέντρου κι όχι στη σκιά του στο έδαφος. Λαμβάνεται πάντα **η πιο κοντινή στην θάλασσα γραμμή**, δηλαδή η τελευταία προς τη θάλασσα γραμμή βλάστησης. Σε περίπτωση ποώδους βλάστησης, για τμήματα μικρότερα των δεκαπέντε μέτρων, συνεχίζεται η χάραξη της οριογραμμής με βάση το κριτήριο κ1 (βλ. εικόνα 4-2(α)).

❖ Ίχνος ανάβασης κυματισμού – κριτήριο κ2

Δεδομένου ότι ενδιαφέρει η μεγαλύτερη περιοχή που μπορεί να καλυφθεί από το κύμα, **λαμβάνεται το εσώτερο (τελευταίο) προς την ξηρά ίχνος** ανάβασης κύματος. Αν διακριθεί ίχνος πολύ κοντά στην θάλασσα, αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη (βλ. εικόνα 4-2(β)).

❖ Στέψη πρानούς – κριτήριο κ3

Πρόκειται για κάποια έστω και μικρή υψομετρική διαφορά. Η στέψη του πρानούς δεν εκφράζεται απαραίτητα με κάποια τονική διαφορά στην ψηφιακή εικόνα, μίας και αυτό κάλλιστα θα μπορούσε να αποτελεί απλά ίχνος ανάβασης. Δεδομένου ότι η παρατήρηση είναι μονοσκοπική και όχι στερεοσκοπική, καθίσταται σχετικά δύσκολη η εύρεση υψομετρική διαφοράς σε κάποιες δυσμενείς περιπτώσεις. Σε αυτές τις

περιπτώσεις είναι καθοριστική η **χρήση ενός υψομετρικού μοντέλου εδάφους**. Η χάραξη της προκαταρτικής οριογραμμής αιγιαλού γίνεται στην **στέψη του πρανούς** (στο φρύδι και όχι στο πόδι). Σε ακτές όπου εμφανίζονται επάλληλα πρανή, χωρίς άλλη ένδειξη όπως για παράδειγμα βλάστηση ή ίχνος ανάβασης, λαμβάνεται η **στέψη του πρώτου προς τη θάλασσα πρανούς** που δεν υπερκαλύπτεται από τη μέγιστη ανάβαση των κυμάτων (βλ. εικόνα 4-2(γ)).

❖ 3m / 5m από τη στέψη κρηπιδώματος / τεχνικού έργου – κριτήριο κ4

Σε περιοχές όπου εμφανίζονται τεχνικά έργα, ο αιγιαλός οριοθετείται με βάση το κριτήριο κ4, με γαλάζιο χρώμα. Η χάραξη της ΠΟΑ γίνεται εσωτερικά της στέψης του κρηπιδώματος του τεχνικού έργου και κατά συνθήκη **παράλληλα σε απόσταση τρία ή πέντε μέτρα, ανάλογα με την περίπτωση**. Στην περίπτωση λιμενικού έργου του οποίου η εξωτερική πλευρά είναι προστατευμένη, η χάραξη της ΠΟΑ γίνεται με παράλληλη μετατόπιση της κανονικής γραμμής που το περιγράφει αρχικά, κατά πέντε μέτρα προς το εσωτερικό, δηλαδή προς την ξηρά. Σε περίπτωση τεχνικού έργου του οποίου η εξωτερική πλευρά είναι εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα, η αρχική γραμμή μετατοπίζεται αντίστοιχα τρία μέτρα παράλληλα προς το εσωτερικό. Ουσιαστικά η διαδικασία ακολουθεί τρία στάδια.

- Περιγραφή του λιμενικού έργου (εξωτερικά στις πλευρές του).
- Εξέταση περίπτωσης εκτεθειμένου ή μη, σε ανοικτή θάλασσα, τεχνικού έργου.
- Μετακίνηση της αρχικής γραμμής πέντε ή τρία μέτρα αντίστοιχα της περίπτωσης, προς το εσωτερικό.

Σε περίπτωση λιμενικού έργου εκτεθειμένου σε ανοικτή θάλασσα με μορφή παραδείγματος χάριν τύπου Γ, οι εξωτερικές πλευρές μετατοπίζονται πέντε μέτρα και η εσωτερική τρία.

❖ Γραμμή δόμησης – κριτήριο κ5

Το κριτήριο αυτό εφαρμόζεται σε περιπτώσεις πυκνοκατοικημένων περιοχών εντός σχεδίου πόλεως, με διαμόρφωση από κατασκευές και τεχνικά έργα. Η οριοθέτηση γίνεται με **σαφή περιγραφή της γραμμής δόμησης** (βλ. εικόνα 4-2(β)).

❖ Διαμορφωμένη κατάσταση σε αραιοδομημένη περιοχή – κριτήριο κ6

Εφαρμόζεται σε αραιοδομημένες περιοχές με ασυνεχή δόμηση. Η ΠΟΑ στην περίπτωση αυτή **δεν είναι συνεχής**, αλλά μπορεί να τέμνει κτίρια και κατασκευές (βλ. εικόνα 4-2(δ)).

❖ Δέλτα ποταμού – εκροή ρεύματος ή χειμάρρου – κριτήριο κ7

Για την χάραξη της προκαταρτικής οριογραμμής του αιγιαλού, λαμβάνεται η προέκταση της ΠΟΑ, ένθεν και ένθεν, όπως αυτή προκύπτει.

❖ Αλυκή / λιμνοθάλασσα χωρίς επικοινωνία με την θάλασσα – κριτήριο κ8

Η χάραξη της ΠΟΑ γίνεται με το αντίστοιχο χρώμα του κριτηρίου, αλλά σύμφωνα με το εμφανιζόμενο κάθε φορά κριτήριο χάραξης. Ουσιαστικά η ΠΟΑ χαράσσεται σύμφωνα με τα **χαρακτηριστικά που είναι αναγνωρίσιμα κάθε φορά και σε σχέση με κάποιο από τα επτά παραπάνω κριτήρια χάραξης**. Δηλαδή εάν στη περιμετρική γραμμή της λιμνοθάλασσας υπάρχει έντονη δενδρώδης βλάστηση, η χάραξη της ΠΟΑ γίνεται με το θεματικό επίπεδο που αντιστοιχεί στο κριτήριο οχτώ, πάνω όπως στην πιθανότερη θέση της βάσης του κορμού (λόγω ύπαρξης

βλάστησης), τέμνει κάποιο μεμονωμένο κτίριο σύμφωνα με το κριτήριο έξι και ούτω καθεξής. Χαράσσεται με τον τρόπο αυτό μια **συνεχής ίδιου χρώματος προκαταρτική οριογραμμή περιμετρικά γύρω από την αλυκή**, λαμβάνοντας όμως κάθε ένα κριτήριο ξεχωριστά που πιθανόν να εμφανίζεται κατά μήκος αυτής.

❖ Αλυκή / λιμνοθάλασσα με επικοινωνία με την θάλασσα – κριτήριο κ9

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι ίδια με την προηγούμενη περίπτωση (βλ. κριτήριο 8), αλλά με το αντίστοιχο θεματικό επίπεδο.

Παράλληλα εξετάζονται οι εξής **ειδικές περιπτώσεις**:

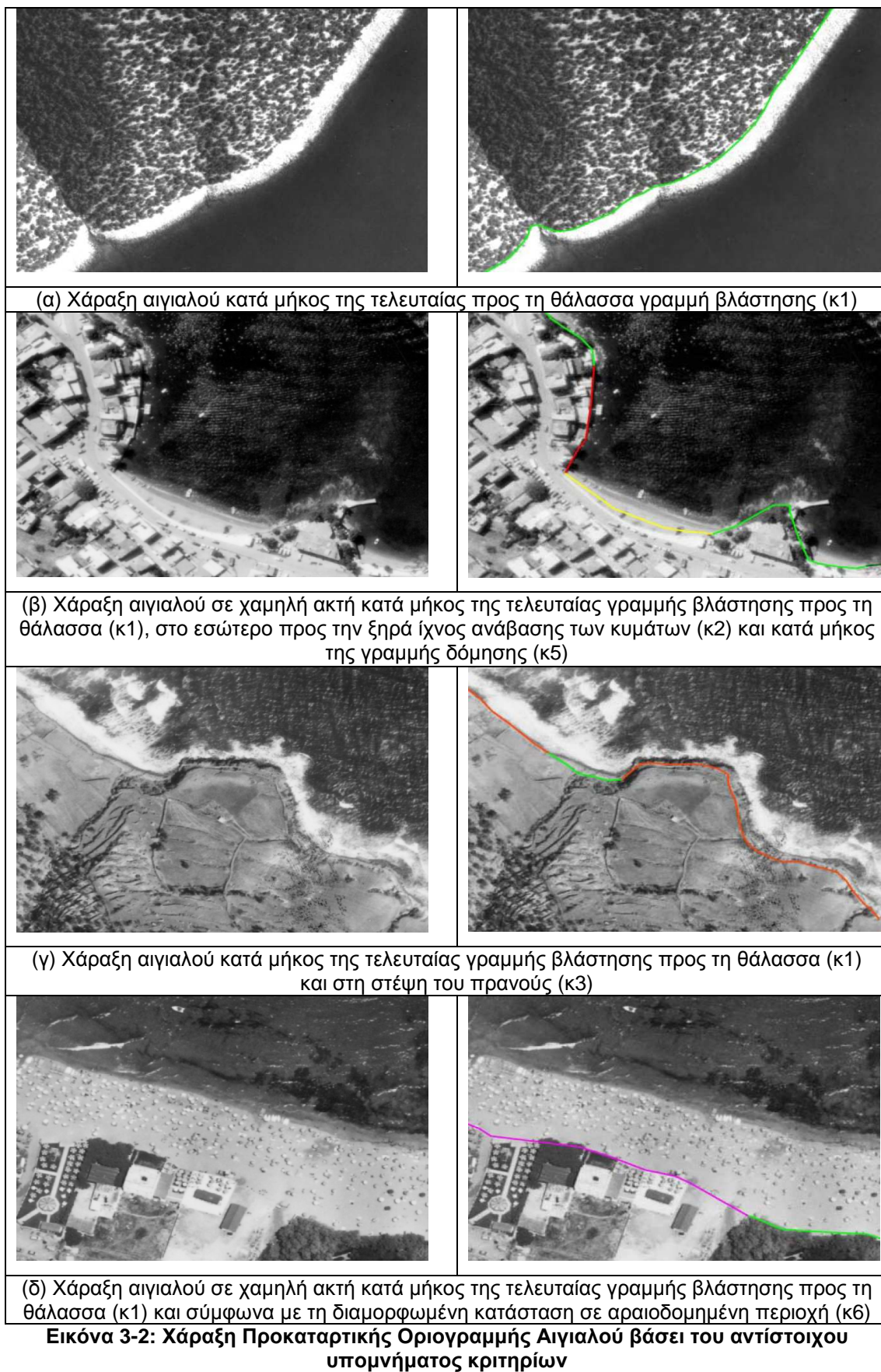
- Σε περίπτωση χαμηλού πρανές (μικρή η υψομετρική διαφορά) η χάραξη της ΠΟΑ γίνεται σύμφωνα με το κριτήριο 2, «ίχνος ανάβασης κύματος», και όχι στην στέψη του πρανούς, σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές του εθνικού κτηματολογίου.
- Η περίπτωση χωματόδρομου αντιμετωπίζεται θεωρώντας την άκρη του πάντα πρανές και ως εκ τούτου η χάραξη της ΠΟΑ γίνεται στην στέψη του πρανούς, όπως προβλέπουν οι προδιαγραφές για το αντίστοιχο κριτήριο.
- Σε περίπτωση ασφαλτόδρομου εξετάζονται δύο περιπτώσεις, ανάλογα με την εκτίμηση της ευρύτερης περιοχής:
 - α) Εάν η γύρω περιοχή θεωρείται πυκνοκατοικημένη με συνεχή δόμηση, η άκρη του δρόμου θεωρείται προέκταση της γραμμής δόμησης και η χάραξης της οριογραμμής γίνεται με κόκκινο χρώμα, σύμφωνα πάντα με το κριτήριο 5.
 - β) Σε περίπτωση αραιοδομημένης περιοχής, η άκρη του δρόμου και σε αυτήν την περίπτωση λαμβάνεται ως στέψη πρανούς, σύμφωνα με το αντίστοιχο κριτήριο.

Οι κατηγορίες των οριογραμμών ορίζονται ανάλογα με το **είδος της ακτής** και το **κριτήριο χάραξης τους**. Η διαδικασία χάραξης οριογραμμής του αιγιαλού με φωτοερμηνεία απαιτεί την χρήση έγχρωμων ψηφιακών ορθοφωτοχαρτών, κλίμακας τουλάχιστον 1:1000.

Στον πίνακα 3-1, παρουσιάζονται για κάθε κωδικό κατηγορίας ή κριτήριο χάραξης, το είδος της ακτής, οι συνήθεις περιπτώσεις αλλά και ο τρόπος χάραξης της προκαταρτικής οριογραμμής. Κάθε μία από τις παρακάτω κατηγορίες οριογραμμών αποτελεί ένα ξεχωριστό επίπεδο πληροφορίας στο ψηφιακό αρχείο, με ονομασία κ1, κ2,....., κ10 αντιστοίχως. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η διαφοροποίηση ενός τμήματος προκαταρτικής οριογραμμής αιγιαλού που χαρακτηρίζει τη συγκεκριμένη περιοχή και την κατατάσσει στην αντίστοιχη κατηγορία.

Πίνακας 3-1: Κατηγορίες οριογραμμών – κριτήρια χάραξης ΠΟΑ

Κωδικός Κατηγορίας	Είδος ακτής	Περιπτώσεις – χαρακτηριστικά	Χάραξη ΠΟΑ
κ1	Χαμηλές ακτές (με μικρές κλίσεις), αμμώδεις, χαλικώδεις, γαιώδεις, ημιβραχώδεις και βραχώδεις.	Όπου είναι σαφές το φυσικό όριο βλάστησης δένδρων ¹ , θαμνωδών ¹ και ποωδών παράκτιων φυτών.	Στην τελευταία γραμμή βλάστησης προς τη θάλασσα (βλ. εικόνα 4-2(α)).
κ2	Χαμηλές ακτές (με μικρές κλίσεις), αμμώδεις, χαλικώδεις, γαιώδεις, ημιβραχώδεις και βραχώδεις.	Χωρίς ίχνη βλάστησης με ίχνη μέγιστης ανάβασης των κυμάτων με τονικό διαχωρισμό επάνω στην επιφάνεια της ακτής.	Στο εσώτερο προς την ξηρά ίχνος ανάβασης κυμάτων (βλ. εικόνα 4-2(β)).
κ3	Μικρά ή μεγάλα πρηνή ² που ο πόδας τους καταλήγει στη θάλασσα καθώς και ακτές υψηλές (με μεγάλες υψομετρικές διαφορές και με μεγάλες κλίσεις) και ιδιαίτερα σε κατακόρυφα πρηνή ² ή σε πρηνή με αρνητικές κλίσεις.	Εφόσον δεν υπάρχει φυσικό όριο βλάστησης ή σαφή ίχνη μέγιστης ανάβασης των κυμάτων εντός του πρηνούς (ώστε να καταταχθεί σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες).	Στη στέψη του πρηνούς (βλ. εικόνα 4-2(γ)).
κ4	Περιοχές τεχνικών και λιμενικών έργων ή χώρων λιμένα. ³		Εσωτερικά της στέψης του κρηπιδώματος ή του τεχνικού έργου και κατά συνθήκη παράλληλα σε απόσταση: α) 5μ. για την εξωτερική πλευρά του λιμενικού έργου (που είναι εκτεθειμένη στην ανοικτή θάλασσα) β) 3μ. για την εσωτερική πλευρά του λιμενικού έργου (που είναι προστατευμένη).
κ5	Πυκνοδομημένες περιοχές εντός σχεδίου πόλεως ή εντός οικισμού (όπου έχουν χαθεί τα φυσικά χαρακτηριστικά της ακτής) και υπάρχει διαμόρφωση από κατασκευές και τεχνικά έργα. ³		Η ΠΟΑ χαράσσεται σύμφωνα με τα κριτήρια της κατηγορίας (4) εκτός αν η γραμμή δόμησης είναι πλησιέστερη στην ακτογραμμή οπότε λαμβάνεται η γραμμή δόμησης (βλ. εικόνα 4-2(β)).
κ6	Αραιοδομημένες περιοχές με ασυνεχή δόμηση. ³		Κατά σειρά λαμβάνεται η προέκταση (ένθεν και ένθεν) της γραμμής της προκαταρκτικής χάραξης, όπως καθορίζεται στο αρχικό φυσικό της όριο, (που είναι δυνατό να αναγνωριστεί ή που προκύπτει από άλλα στοιχεία της συγκεκριμένης περιοχής) και όταν αυτό δεν είναι δυνατό λαμβάνεται καταρχήν η διαμορφωμένη κατάσταση όπως προηγουμένως (βλ. εικόνα 4-2(δ)).
κ7	Περιοχές δέλτα ποταμών και σε περιοχές εκροών ρεμάτων και χειμάρρων.		Λαμβάνεται η προέκταση (ένθεν και ένθεν) της ΠΟΑ, όπως αυτή προκύπτει.
κ8	Αλυκές και λιμνοθάλασσες που περικλείονται από λωρίδα ξηράς ή τεχνικά έργα. ⁴	Εφ' όσον δεν διαπιστώνεται η φυσική ή τεχνητή μόνιμη επικοινωνία με τη θάλασσα.	Για την προς θάλασσα πλευρά της λωρίδας ξηράς η ΠΟΑ χαράσσεται σύμφωνα με κάποιο από τα παραπάνω κριτήρια. Κατά την ύπαρξη τεχνικού έργου ισχύει η χάραξη σε θέση παράλληλη και σε απόσταση 5μ ή 3μ σύμφωνα με τα προηγούμενα (κ6).
κ9	Αλυκές και λιμνοθάλασσες που περικλείονται από λωρίδα ξηράς ή τεχνικά έργα. ⁴	Στην περίπτωση που διαπιστώνεται ελεύθερη-συνεχής επικοινωνία με τη θάλασσα.	Η ΠΟΑ χαράσσεται όπως στους κλειστούς κόλπους, εσωτερικά και εξωτερικά, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που είναι αναγνωρίσιμα και σε σχέση με κάποιο από τα παραπάνω κριτήρια.
κ10	Εκτός κριτηρίων – Λοιπά		



Στην εικόνα 3-2 επισυνάπτεται μέρος του παραρτήματος του τεύχους των τεχνικών προδιαγραφών (υπόδειγμα κριτηρίων χάραξης), σύμφωνα με την Κτηματολόγιο Α.Ε. Τα τέσσερα παραδείγματα που παρατίθενται αναδεικνύουν τον τρόπο χάραξης της ΠΟΑ ενδεικτικά βάσει πέντε κριτηρίων, που επιλέχτηκαν δεδομένου ότι αποτελούν μεταξύ όλων τα περισσότερο συχνά χρησιμοποιούμενα.

3.3. Έλεγχος Γεωμετρικής και Θεματικής Ακρίβειας Ψηφιοποίησης της ΠΟΑ

Αφού πραγματοποιηθεί η ψηφιοποίηση της προκαταρτικής οριογραμμής του αιγιαλού πάνω στις εικόνες, γίνεται έλεγχος με βασικό σκοπό την αξιολόγηση της ακρίβειας της οριοθέτησης της ΠΟΑ σε σχέση με τις απαιτήσεις των τεχνικών προδιαγραφών.

Ο έλεγχος της ακρίβειας των εικόνων για την ΠΟΑ περιλαμβάνει:

- Έλεγχο συνέχειας γραμμών για τον εντοπισμό κενών μεταξύ είτε τμημάτων κάθε ψηφιοποιημένης γραμμής είτε των ψηφιοποιημένων γραμμών.
- Έλεγχο για ατέλειες ψηφιοποίησης της γραμμής.
- Έλεγχο γεωμετρικής και θεματικής ακρίβειας της ΠΟΑ.

3.3.1. Έλεγχος ψηφιοποίησης της ΠΟΑ

Το ανεκτό όριο απόκλισης στην ψηφιοποίηση της προκαταρτικής οριογραμμής αιγιαλού επί των δορυφορικών ορθοεικόνων ορίζεται στα 2.50 μέτρα από το όριο – φυσικό χαρακτηριστικό που είναι δυνατόν να αναγνωρισθεί με σαφήνεια και ευκρίνεια στην ορθοεικόνα. Ο έλεγχος θα καλύπτει όσο το δυνατόν πληρέστερα το σύνολο της υπό εξέταση περιοχής και θα διενεργηθεί με ανεξάρτητη φωτοερμηνεία, επί της ψηφιοποιημένης γραμμής του αιγιαλού, ανά τμηματική παράδοση.

3.3.2. Έλεγχος θεματικής ακρίβειας χάραξης της Προκαταρτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού

Ο έλεγχος της θεματικής ακρίβειας χάραξης της ΠΟΑ αφορά στην ορθή επιλογή κριτηρίου χάραξης της Προκαταρτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού και αξιολογείται με χρήση φωτοερμηνευτικών μεθόδων και τεχνικών. Κατά τον έλεγχο αυτόν εξετάζεται εάν το κριτήριο χάραξης που αποδίδεται σε συγκεκριμένα δειγματοληπτικά τμήματα της ΠΟΑ, βρίσκεται ή όχι σε συμφωνία με τα επίγεια χαρακτηριστικά. Το επιτρεπτό όριο εσφαλμένης επιλογής κριτηρίου χάραξης της ΠΟΑ είναι 0.5% του δείγματος.

4. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Η οριοθέτηση της ζώνης του αιγιαλού υλοποιείται με χρήση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας, οι κυριότερες αρχές της οποίας αναλύονται εκτενώς σε προηγούμενα εδάφια. Από τις έξι αρχικά διαθέσιμες έγχρωμες ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις, που για λόγους συντόμευσης από δω και στο εξής θα αναγράφονται ως ψ.τ.α., επιλέγονται χαρακτηριστικά τμήματα αυτών προς μελέτη και εξετάζονται τα διάφορα κριτήρια χάραξης του αιγιαλού που λαμβάνονται υπόψη κατά περίπτωση.

4.1. Η Περιοχή Μελέτης και τα Δεδομένα που Χρησιμοποιούνται

Περιοχές μελέτης της παρούσης διπλωματικής εργασίας αποτελούν ο παραθαλάσσιος οικισμός Παντοκράτορας του νομού Πρεβέζης και τα Λιχαδονήσια του νομού Εύβοιας.

Ο **νομός Πρεβέζης** αποτελεί έναν από τους τέσσερις νομούς της διοικητικής περιφέρειας Ηπείρου και καταλαμβάνει το νοτιοδυτικό τμήμα αυτής. Στα βόρεια σύνορά του βρίσκονται οι νομοί Ιωαννίνων και Θεσπρωτίας, ανατολικά συνορεύει με το νομό Άρτας, ενώ βρέχεται στα δυτικά από το Ιόνιο Πέλαγος και στα νοτιοανατολικά από τη θάλασσα του Αμβρακικού κόλπου. Έχει έκταση 1.036 τ.χλμ. και ο πληθυσμός του φτάνει τους 59.356 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2001. Πρωτεύουσα του Νομού είναι η πόλη Πρέβεζα.



Εικόνα 4-1: Ο νομός Πρεβέζης και η περιοχή μελέτης

Οι παραλίες του Νομού Πρέβεζας εκτείνονται σε μήκος 60 χιλιομέτρων, όσα ακριβώς είναι και τα δυτικά της σύνορα, που βρέχονται από το Ιόνιο Πέλαγος. Όλες οι παραλίες είναι άμεσα προσβάσιμες, καθώς ο εθνικός δρόμος που ενώνει την πόλη της Πρέβεζας με την Ηγουμενίτσα είναι παραλιακός. Σε κάθε περίπτωση κόλποι και κοιλίσκοι, όρμοι, απαλές κατάλευκες αμμουδιές και βράχια εναλλάσσονται σε μια

ακτογραμμή πολλών χιλιομέτρων, που συγκροτούν τις πανέμορφες παραλίες μιας άγνωστης στο ευρύ κοινό Πρέβεζας.

Περιοχή μελέτης της ευρύτερης περιοχής του νομού αποτελεί ο παραθαλάσσιος οικισμός Παντοκράτορας, που βρίσκεται σε απόσταση δύο χιλιομέτρων δυτικά της Πρέβεζας και απέχει 400 μέτρα από την έξοδο του υποθαλάσσιου τούνελ Πρέβεζας-Ακτίου. Είναι ο δεύτερος οικισμός μετά την πόλη της Πρέβεζας από την πλευρά του Ιονίου Πελάγους. Στην εικόνα 5-1 επισυνάπτεται με κόκκινο τετράγωνο η περιοχή μελέτης, σύμφωνα με την Ελληνική Φωτογραμμετρική εταιρία ΕΛ.ΦΩ.

Ο **νομός Εύβοιας** ανήκει διοικητικά στην περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας. Βόρεια ορίζεται από τους διαύλους του Τρίκερι και των Ωρεών ενώ βρέχεται βορειοδυτικά από τους κόλπους Μαλιακό, Ευβοϊκό και Πεταλίων και νοτιοανατολικά από το στενό του Καφηρέα. Έχει έκταση 4.167 τ.χλμ και ο πληθυσμός του ανέρχεται στους 215.136 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2001. Περιλαμβάνει τα νησιά Εύβοια και Σκύρο και πρωτεύουσά του είναι η πόλη της Χαλκίδας.



Εικόνα 4-2: Ο Νομός Εύβοιας και η περιοχή μελέτης

Ο Νομός Εύβοιας διαθέτει περίπου 890 χιλιόμετρα ακτών συνολικά. Οι ακτές προς τον Ευβοϊκό κόλπο είναι στο σύνολό τους προσπελάσιμες και για τον λόγο αυτό περισσότερο αξιοποιημένες, ενώ λιγότερο εκμεταλλεύσιμες είναι αυτές προς τα Αιγαίο εξαιτίας της δυσκολίας πρόσβασης. Οι παραλίες εμφανίζουν ποικιλομορφία ως προς το μέγεθος τους, το βάθος και το ευρύτερο φυσικό περιβάλλον.

Τα Λιχαδονήσια αποτελούν ένα σύμπλεγμα μικρών νησιών τα οποία αναδύθηκαν μετά από μεγάλο σεισμό πριν χιλιάδες χρόνια. Βρίσκονται στη Βορειοδυτική πλευρά της Εύβοιας, ανάμεσα στο Μαλιακό και το βόρειο Ευβοϊκό Κόλπο, στην προέκταση του αρχαίου ακρωτηρίου Κήναιο, απέναντι από τον οικισμό Κάβο. Αποτελούνται από τη Μονολία, τη Μεγάλη Στρογγυλή, τη Μικρή Στρογγυλή, το Στενό, τη Βαγία, τη Βορηά, το Λιμάνι, καθώς και από άλλους μικρούς σκοπέλους και μύρμηκες τα λεγόμενα Ποντικονήσια. Στην εικόνα 5-2 επισυνάπτεται με κόκκινο τετράγωνο η περιοχή μελέτης, σύμφωνα με την Ελληνική Φωτογραμμετρική εταιρία ΕΛ.ΦΩ.

Για τις υπό μελέτη περιοχές διατίθενται από την Ελληνική Φωτογραμμετρική Εταιρία (**ΕΛ.ΦΩ.**), για αποκλειστική χρήση στα πλαίσια της παρούσης διπλωματικής εργασίας, έξι έγχρωμες ψ.τ.α. υψηλής διακριτικής ικανότητας, διαστάσεων 3200x2400 εικονοστοιχεία η κάθε μία, εκ των οποίων οι τρεις αποτελούν απεικονίσεις του νομού Πρεβέζης και οι άλλες τρεις του Νομού Εύβοιας (βλ. εικόνα 5-3).



Εικόνα 4-3: Οι περιοχές μελέτης σε μεγέθυνση και η έκταση που καταλαμβάνει η κάθε μία από τις έξι απεικονίσεις, αριστερά για τον Νομό Πρεβέζης και δεξιά για τον Νομό Εύβοιας.

Οι εν λόγω ψ.τ.α. λήφθηκαν τη Άνοιξη του 2009, με την **ψηφιακή κάμερα DMC**, οι κυριότερες αρχές της οποίας αναλύονται σε προηγούμενο εδάφιο. Οι ορθοφωτοχάρτες περιέχουν **4 φασματικά κανάλια**: κόκκινο (0,64-0,72) μm , πράσινο (0,52-0,61 μm), μπλε (0,45-0,53 μm) και εγγύς υπέρυθρο (0,77-0,88 μm), με τη σειρά που αυτά αναγράφονται (βλ. Πίνακας 4-1). Η ραδιομετρική ανάλυση των απεικονίσεων ανέρχεται στα **8 bit ανά κανάλι**. Να σημειωθεί ότι οι **raw αεροφωτογραφίες**, οι αρχικές δηλαδή όπως αυτές λήφθηκαν από τον δέκτη, είχαν ραδιομετρική ανάλυση **12 bit ανά κανάλι**. Η ορθοαναγωγή αυτών και η μετατροπή τους έπειτα σε απεικονίσεις ανάλυσης 8 bit, αποτέλεσε μία προαπαιτούμενη διεργασία ώστε να μπορεί να τις διαβάσει το GIS της Κτηματολόγιο Α.Ε. Εκτός των ψ.τ.α. διατίθεται επιπλέον και η χαραγμένη προκαταρκτική οριογραμμή του αιγιαλού σε μορφή αρχείου DGN για την ορθότερη μέσω αυτής αξιολόγηση των αποτελεσμάτων στο μεταγενέστερο στάδιο, καθώς και το ψηφιακό μοντέλο εδάφους για κάθε αποτυπωμένη περιοχή, σε μορφή αρχείου ADF.

Πίνακας 4-1: Σειρά εμφάνισης των καναλιών στις διαθέσιμες απεικονίσεις

α/α	ΣΕΙΡΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΕΙΚΟΝΑΣ	ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ (μm)
1	κόκκινο κανάλι (red)	0.64-0.72
2	πράσινο κανάλι (green)	0.52-0.61
3	μπλε κανάλι (blue)	0.45-0.53
4	εγγύς υπέρυθρο κανάλι (nir)	0.77-0.88

4.2. Προεπεξεργασία των Δεδομένων

Πριν την εφαρμογή μεθόδων αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας στα ψηφιακά δεδομένα, είναι απαραίτητες κάποιες διαδικασίες προεπεξεργασίας αυτών, ώστε να καταστεί δυνατή η εισαγωγή τους στο λογισμικό eCognition.

Αρχικά, πραγματοποιείται μετατροπή των format των ψηφιακών μοντέλων εδάφους από αρχεία adf σε αρχεία tif, διαδικασία που υλοποιείται στο περιβάλλον του λογισμικού Arc GIS, προκειμένου αυτά να εισαχθούν και να επεξεργαστούν στο λογισμικό υλοποίησης της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης. Στο ίδιο λογισμικό, με κατάλληλη διεργασία επί των ψηφιακών μοντέλων εδάφους ανακύπτουν μοντέλα κλίσεων (slope), ώστε να εντοπιστούν υπάρχουσες υψομετρικές διαφορές και να αναδειχθούν ενδεχομένως κατ' αυτόν τον τρόπο τυχόν πρηνή, ειδικότερα στην περίπτωση μελέτης του αντίστοιχου κριτηρίου χάραξης.

Όσον αφορά στις διαθέσιμες ψ.τ.α. πρόκειται για ψηφιακά δεδομένα αρχικών διαστάσεων 3200x2400 εικονοστοιχεία. Ωστόσο η δοκιμαστική έκδοση του λογισμικού eCognition που χρησιμοποιήθηκε για την διεκπεραίωση του απαιτούμενου στόχου, επέβαλε περιορισμούς ως προς το μέγεθος, το είδος και τους τόνους ανά κανάλι των εικόνων προς επεξεργασία. Συνεπώς, από τις διαθέσιμες απεικονίσεις επιλέγονται μικρότερα χαρακτηριστικά τμήματά αυτών με 256 χρωματικούς τόνους ανά κανάλι, με το μέγιστο δεκτό μέγεθος 1024*1024 εικονοστοιχεία τα οποία απεικονίζουν τις διάφορες περιπτώσεις οριοθέτησης της ζώνης του αιγιαλού που εμφανίζονται στην εκάστοτε εικόνα. **Η απόφαση σχετικά με το ποιά τμήματα θα επιλεγθούν τελικά**, ως αντιπροσωπευτικά της διαθέσιμης εικόνας, προκύπτει από την αναζήτηση αρχικά (της ύπαρξης) των διαφορετικών κριτηρίων χάραξης που ενδέχεται να εντοπίζονται σε αυτή και από την επιλογή έπειτα, εκείνων που θα αποτελέσουν το αντικείμενο μελέτης στην εκάστοτε εικόνα. Συνεπώς, εάν κατά την ανάλυση μίας εικόνας ενδιαφέρει η εξέταση ορισμένων από τα εμφανιζόμενα κριτήρια, έστω 2 εξ αυτών, επιλέγονται δύο τμήματα αυτής προς επεξεργασία, που ονομάζονται αντίστοιχα “dmc.εικόνα(1)” και “dmc.εικόνα(2)”, εκτός αν καθίσταται δυνατή η αναπαράσταση και των δύο υπό εξέταση περιπτώσεων σε ένα μόνο τμήμα. Αντίστοιχα, στην περίπτωση μελέτης ενός κριτηρίου χάραξης, (ανεξάρτητα πάλι με τον αριθμό εμφάνισης τους στην εικόνα), αρκεί η επιλογή ενός τμήματος ως χαρακτηριστικού της συγκεκριμένης εικόνας.

Για την εποπτική αντίληψη της διαδικασίας που ακολουθείται παρατίθεται στη συνέχεια αντίστοιχος πίνακας, στην 4^η στήλη του οποίου καταγράφονται για κάθε εικόνα τα κριτήρια που εντοπίζονται σε αυτή, ενώ με κόκκινα γράμματα σημαίνονται εκείνα που επιλέχθηκαν τελικά να συμμετάσχουν στην ανάλυση της. Μέσα από την επιλογή αυτών των κρίσιμων κριτηρίων, ανακύπτουν τελικά τα επιλεγθέντα χαρακτηριστικά τμήματα που αποτελούν τις προς επεξεργασία εικόνες, με τις διαστάσεις αυτών να εμφανίζονται στη 6^η στήλη του πίνακα (βλ. πίνακα 4-2).

Πίνακας 4-2: Επιλογή τμημάτων προς μελέτης από τις αρχικές εικόνες

Αρχείο (tif) Διαθέσιμη Εικόνας	Περιοχή Μελέτης	Διαστάσεις Διαθέσιμη Εικόνας	Κριτήρια Χάραξης ΠΟΑ	Αρχείο Επιλεχθέντων Χαρακτηριστικών Τμημάτων	Διαστάσεις Τελικού Χαρακτηριστικού Τμήματος	Φωτοερμηνεία Επιλεχθέντος Τμήματος
dmc.02160-23160	Πρέβεζα	3200x2400	Όριο βλάστησης	dmc.02160-23160(1)	1024x1024	Εικόνα 4-4
			Ίχνος Κύματος			
			Γραμμή Δόμησης			
dmc.02168-23154	Πρέβεζα	3200x2400	Στέψη Πρανούς	*		
			Όριο βλάστησης			
			Γραμμή δόμησης			
dmc.02168-23160	Πρέβεζα	3200x2400	Γραμμή δόμησης	dmc.02168-23160(1)	1024x1024	Εικόνα 4-57
			Όριο βλάστησης			
dmc.04000-22986	Εύβοια	3200x2400	Στέψη πρανούς	dmc.04000-22986(1)	1024x1010	Εικόνα 4-24
			Ίχνος Κύματος			
			Όριο βλάστησης			
dmc.04008-22986	Εύβοια	3200x2400	Στέψη πρανούς	dmc.04008-22986(1)	1003x918	Εικόνα 4-42
			Όριο βλάστησης			
			Αραιή δόμηση			
dmc.04016-22986	Εύβοια	3200x2400	Γραμμή δόμησης	*		
			Όριο βλάστησης			
			Στέψη πρανούς			

(*) Δεν επιλέγεται κάποιο χαρακτηριστικό τμήμα αυτών, εφόσον κρίνεται ότι δεν παρουσιάζουν κάποια επιπλέον ειδική περίπτωση.

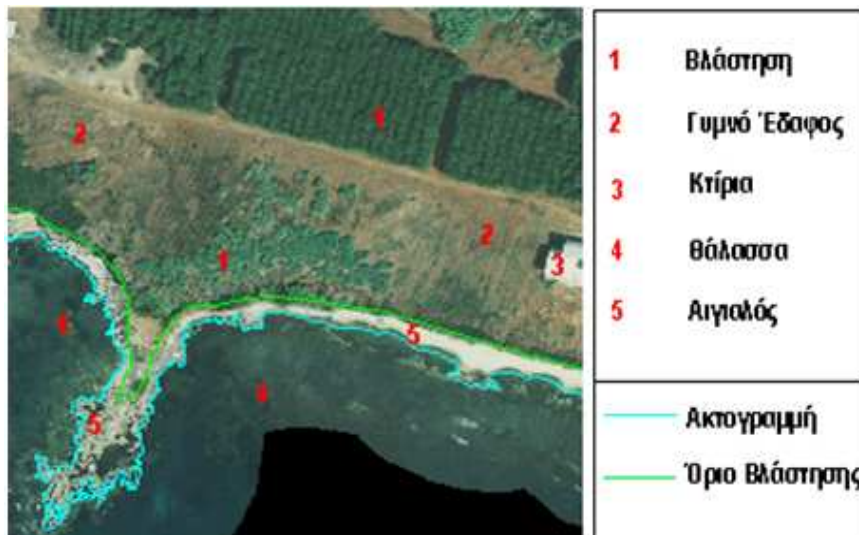
4.3. Υλοποίηση στην Απεικόνιση “dmc.02160-23160(1)” για τη Μελέτη του Κριτηρίου “Όριο Βλάστησης”

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση της υπό μελέτη απεικόνισης περιλαμβάνει 4 επίπεδα κατάτμησης και ταξινόμησης, εκ των οποίων το τρίτο επίπεδο αποτελεί προϊόν της διαδικασίας «κατάτμηση βάσει ταξινόμησης», όπως αυτή υλοποιείται στο 2^ο επίπεδο ανάλυσης σαν τελικό στάδιο για την διεξαγωγή της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού ως μία ενιαία επιφάνεια. Το τέταρτο επίπεδο αποσκοπεί στη δημιουργία μέγιστων αντικειμένων, ώστε η εικόνα να ταξινομηθεί στις δύο κύριες κατηγορίες, στεριά και θάλασσα, λαμβάνοντας υπόψη τη μέση τιμή του εγγύς υπέρυθρου καναλιού 4. Δεδομένου ότι το κριτήριο χάραξης της ΠΟΑ αποτελεί το όριο βλάστησης, κρίνεται σκόπιμο να δημιουργηθεί ένα επίπεδο όπου η εν λόγω κατηγορία θα ταξινομηθεί με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, ενώ η πληροφορία αυτή θα χρησιμοποιηθεί έπειτα για την ταξινόμηση όλων των ανωτέρων επιπέδων. Ως εκ τούτου δημιουργείται το πρώτο επίπεδο κατάτμησης, ως το χαμηλότερο μεταξύ όλων, του οποίου τα πολύ μικρά αντικείμενα στα οποία κατατμήθηκε ταξινομήθηκαν με βάση έναν κανονικοποιημένο δείκτη βλάστησης σε περιοχές με ή χωρίς καθόλου βλάστηση. Στο δεύτερο επίπεδο κατάτμησης, που ακολουθεί τη δημιουργία του πρώτου και ως εκ τούτου αποτελεί το μεσαίο επίπεδο κατάτμησης, επιχειρείται μία ευρύτερη ταξινόμηση της υπό μελέτη περιοχής σε όλες τις φασματικές και εννοιολογικές κατηγορίες εδαφοκάλυψης που εντοπίζονται σε αυτή. Αφού υλοποιηθεί η ταξινόμηση των τριών αρχικά δημιουργούμενων επιπέδων πραγματοποιείται, ως τελικό στάδιο

στην ανάλυση του 2^{ου} επιπέδου, κατάτμηση βάσει ταξινόμησης, μέσω της ταξινόμησης βάσει συνένωσης, ώστε μικρά αντικείμενα που χαρακτηρίζονται από πανομοιότυπες δομές να συγχωνευθούν σε ενιαία μεγαλύτερα αντικείμενα. Από τη διαδικασία αυτή ανακύπτει ένα νέο επίπεδο, το τρίτο, όπου αναπαρίσταται τελικά ως μία ενιαία πλέον επιφάνεια η καθορισμένη ζώνη του αιγιαλού.

4.3.1. Φωτοερμηνεία της Απεικόνισης “dmc.02160-23160(1)”

Η φωτοερμηνεία της υπό μελέτη απεικόνισης παρουσιάζεται στην Εικόνα 4-4, με τους κόκκινους αριθμούς να σημαίνουν τις κατηγορίες εδαφοκάλυψης που εντοπίζονται, όπως αναγράφονται στον πίνακα δεξιά. Όσον αφορά στις χαρασσόμενες οριογραμμές αυτές προκύπτουν σε κάθε απεικόνιση βάσει των προδιαγραφών που αναλύονται εκτενώς στο προηγούμενο εδάφιο. Η μπλε γραμμή αναπαριστά την οριογραμμή της ακτής (ακτογραμμή), το όριο δηλαδή μεταξύ στεριάς και θάλασσας, ενώ η πράσινη αντιπροσωπεύει το μοναδικό **κριτήριο χάραξης** της ΠΟΑ, που δεν είναι άλλο από το **όριο βλάστησης**. Στην περίπτωση αυτή η προκαταρκτική οριογραμμή του αιγιαλού χαράσσεται στην τελευταία γραμμή βλάστησης προς τη θάλασσα (βλ. πίνακα 3-1) και για την ψηφιακή απόδοση αυτής πραγματοποιείται ψηφιοποίηση επί της οθόνης, με το αντίστοιχο θεματικό επίπεδο. Με βάση την απαίτηση αυτή κατεβλήθη ιδιαίτερη προσπάθεια, ώστε τα προκύπτοντα από την κατάτμηση τμήματα της ζώνης του αιγιαλού να μην υπερβαίνουν τη λεπτή πράσινη γραμμή, αφού η μία οριογραμμή αυτού, σύμφωνα με το κριτήριο κ1, οφείλει να ταυτίζεται με την τελευταία προς τη θάλασσα γραμμή βλάστησης, που διακρίνεται στην εικόνα 4-4 με πράσινο χρώμα.



Εικόνα 4-4: Η φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc. 02160-23160(1)”

4.3.2. Κατάτμηση Πολλαπλής Ανάλυσης

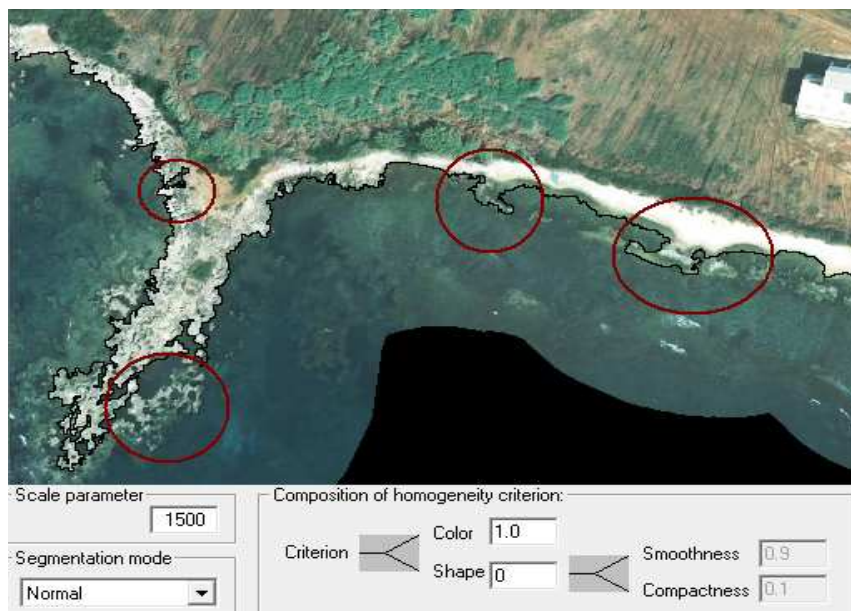
Προϊόν της διαδικασίας κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης αποτελεί η ιεραρχία των επιπέδων όπως αυτή συνίσταται αρχικά από τρία επίπεδα κατάτμησης. Με κατάλληλη επιλογή παραμέτρων και ανάλογα με τους στόχους που τέθηκαν εξ αρχής πραγματοποιείται η κατάτμηση τριών επιπέδων, εκ των οποίων το μέγιστο επίπεδο, το τρίτο αρχικά, αποσκοπεί στον διαχωρισμό της εικόνας σε στεριά και θάλασσα. Η διαδικασία της κατάτμησης βάσει συνένωσης, που υλοποιείται στο δεύτερο επίπεδο

ανάλυσης, οδηγεί στη δημιουργία ενός νέου επιπέδου, όπου επρόκειτο μέσω της ενοποίησης των κατάλληλων αντικείμενων να αναπαρασταθεί ως ενιαία πλέον επιφάνεια η παράκτια ζώνη του αιγιαλού. Το επίπεδο αυτό τοποθετείται πάνω από το επίπεδο 2 στην αρχική ιεραρχία των επιπέδων, ως εκ τούτου αντικαθιστά το αρχικό, το οποίο κατ' αυτόν τον τρόπο επονομάζεται επίπεδο 4. Λαμβάνοντας υπ' όψιν την παρατήρηση αυτή, από δω και στο εξής ως μέγιστο επίπεδο κατάτμησης, θα εξετάζεται το επίπεδο 4, όπως αυτό δημιουργείται αρχικά προκειμένου να διαχωριστεί η υδάτινη επιφάνεια από το υπόλοιπο τμήμα της εικόνας.

4.3.2.1. Κατάτμηση 4ου επιπέδου

Το τέταρτο επίπεδο αποτελεί το μέγιστο επίπεδο κατάτμησης και παρήχθη με τη λογική ότι τα αντικείμενα του αποτελούν τα όρια όλων των κατώτερων επιπέδων, επομένως η επιλογή των σχετικών παραμέτρων για τη δημιουργία τους απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Δεδομένου ότι στόχος αποτελεί η οριοθέτηση του αιγιαλού, βάσει του ορισμού του κρίνεται αρχικά απαραίτητη η **αναζήτηση της εσώτερης προς τη θάλασσα οριογραμμής** του, δηλαδή της ακτογραμμής. Ως εκ τούτου, σκοπός του 4^{ου} επιπέδου αποτελεί η κατάτμηση της αρχικής εικόνας σε δύο μόλις τμήματα, για τον διαχωρισμό της στεριάς από τη θάλασσα. Η ανάγκη αυτή καλύπτεται με την επιλογή της μέγιστης τιμής συντελεστή κλίμακας, ίση με 1500.

Αναφορικά με το κριτήριο ομοιογένειας, οι συνδυασμοί μεταξύ των σχετικών παραμέτρων που μπορούν να εφαρμοστούν είναι πολυάριθμοι. Για τον προσδιορισμό των βαρών των εν λόγω κριτηρίων (φασματικό και σχήματος) ελήφθη υπ' όψιν ότι οι υδάτινες επιφάνειες διαφοροποιούνται φασματικά έντονα από τις υπόλοιπες κατηγορίες στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι 4, δεδομένης της μικρής ανακλαστικότητας που παρουσιάζουν σε αυτό.

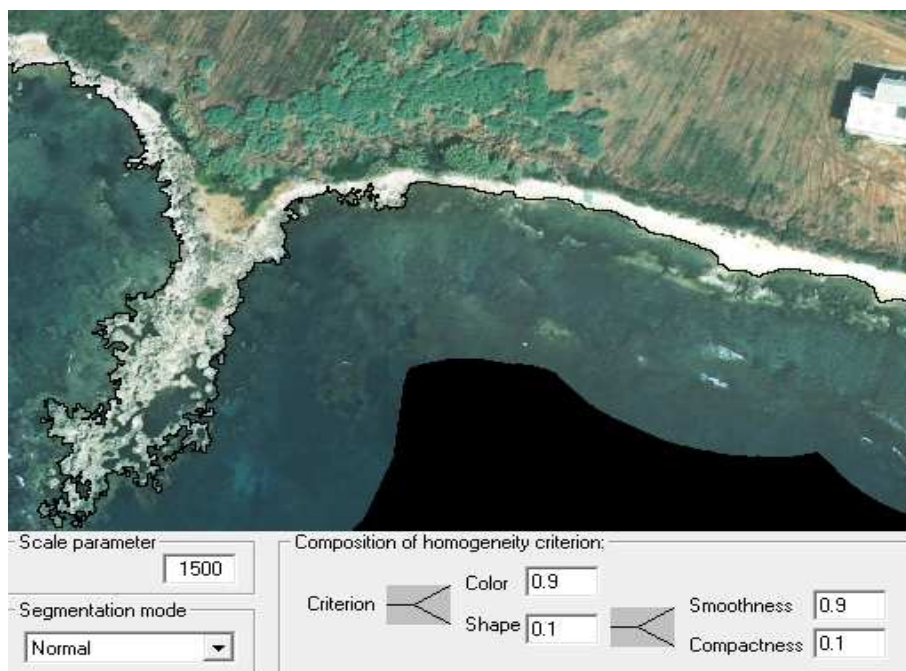


Εικόνα 4-5: Ένα κομμάτι της απεικόνισης “dmc.02160-23160(1)” και το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του επιπέδου 4.

Πραγματοποιήθηκε συνεπώς μία κατάτμηση δίνοντας αρχικά βαρύτητα μόνο στα φασματικά χαρακτηριστικά, οπότε εισήχθηκε τιμή παραμέτρου ίση με 1 στο

φασματικό κριτήριο και τιμή 0 στο σχηματικό κριτήριο. Παράλληλα επιλέχθηκε η αποκλειστική συμμετοχή του καναλιού 4 με βάρος 1, δίνοντας έτσι σε όλα τα υπόλοιπα κανάλια βάρος ίσο με το μηδέν.

Στην εικόνα 4-5, όπου διακρίνεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής του συγκεκριμένου συνδυασμού παραμέτρων, σημαίνονται με κόκκινους κύκλους τα λάθη που προκύπτουν από τη διαδικασία κατάτμησης. Εάν η μαύρη γραμμή στην εικόνα θεωρηθεί ως η αντίστοιχη χαρασόμενη ακτογραμμή και συνεπώς κάτω από αυτή απεικονίζεται η θάλασσα και πέραν αυτής η στεριά, είναι προφανές ότι αυτή δεν έχει τοποθετηθεί ορθά. Οι δύο κύκλοι δεξιά δείχνουν το κομμάτι της θάλασσας που έχει χαθεί και έχει προστεθεί στη στεριά, ενώ αριστερά οι κύκλοι σημαίνουν το κομμάτι της στεριάς που λανθασμένα έχει αποδοθεί στη θάλασσα. Επιχειρείται για τον λόγο αυτό μια δεύτερη κατάτμηση μειώνοντας την τιμή του φασματικού κριτηρίου από 1 σε 0.9, το οποίο στη συνέχεια μοιράζεται κατά 0.9 στο λείο της οριογραμμής και κατά 0.1 στο συμπαγές του σχήματος, επιτρέποντας έτσι τη μικρή συμμετοχή του κριτηρίου του σχήματος και εξασφαλίζοντας ότι τα δύο αντικείμενα που θα προκύψουν θα έχουν περισσότερο ομαλά όρια. Στην όλη διαδικασία εξακολουθεί να συμμετέχει μόνο το εγγύς υπέρυθρο κανάλι 4, δίνοντας έτσι τιμή βάρους ίση με το 0 σε όλα τα υπόλοιπα κανάλια. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάτμησης παρουσιάζεται στην εικόνα 4-6.



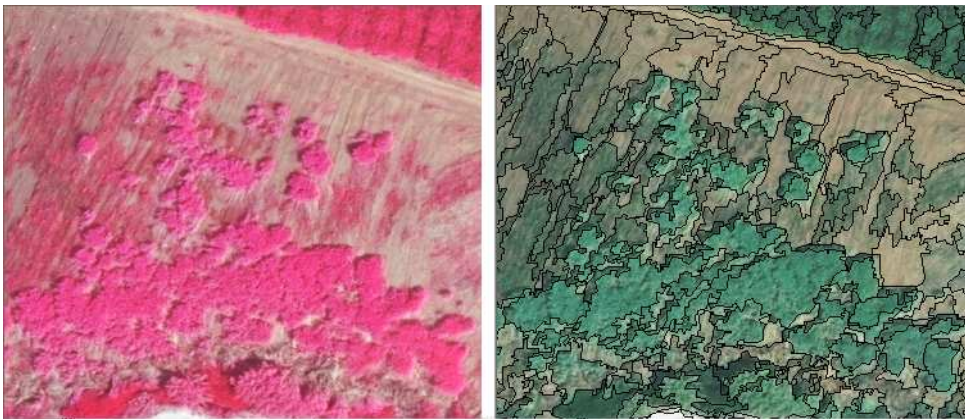
Εικόνα 4-6: Ένα κομμάτι της απεικόνισης “dmc.02160-23160(1)” και το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του επιπέδου 4.

Στην εικόνα 4-6 η μαύρη γραμμή αναπαριστά ουσιαστικά το όριο μεταξύ της στεριάς και της θάλασσας, δηλαδή την ακτογραμμή.

4.3.2.2. Κατάτμηση 1ου επιπέδου

Ακολουθεί το πρώτο επίπεδο κατάτμησης, όντας το χαμηλότερο μεταξύ όλων, με κατάλληλα **μικρά αντικείμενα** τα οποία θα παρέχουν την **κατάλληλη φασματική** πληροφορία, ώστε ο **κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης NDVI** να μπορεί να

υπολογιστεί με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Για το σκοπό αυτό επιλέγεται σχετικά μικρή παράμετρος κλίμακας, ίση με 35. Για τον προσδιορισμό των βαρών του φασματικού και σχηματικού κριτηρίου ελήφθη υπ' όψιν ότι η βλάστηση διαφοροποιείται φασματικά έντονα από το γύρω χώρο, έτσι κατεβλήθη προσπάθεια σε όλες τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν το φασματικό κριτήριο να υπερτερεί του κριτηρίου σχήματος. Από τους συνδυασμούς που δοκιμάστηκαν, τα βέλτιστα αποτελέσματα, με ελάχιστες ωστόσο μεταξύ τους διαφοροποιήσεις απέδωσε ο συνδυασμός: φασματικό κριτήριο 0.8 και κριτήριο σχήματος 0.2. Το τελευταίο μοιράστηκε κατά 0.6 στο λείο της οριογραμμής και κατά 0.4 στο συμπαγές του σχήματος, ώστε να προκύψουν συμπαγή σχετικά τμήματα. Στην κατάτμηση συμμετείχαν και τα τέσσερα διαθέσιμα κανάλια με βάρος 1. Το αποτέλεσμα αυτού του επιπέδου κατάτμησης παρουσιάζεται στην εικόνα 4-7.



Εικόνα 4-7: Αριστερά ένα κομμάτι της απεικόνισης σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 1^{ου} επιπέδου.

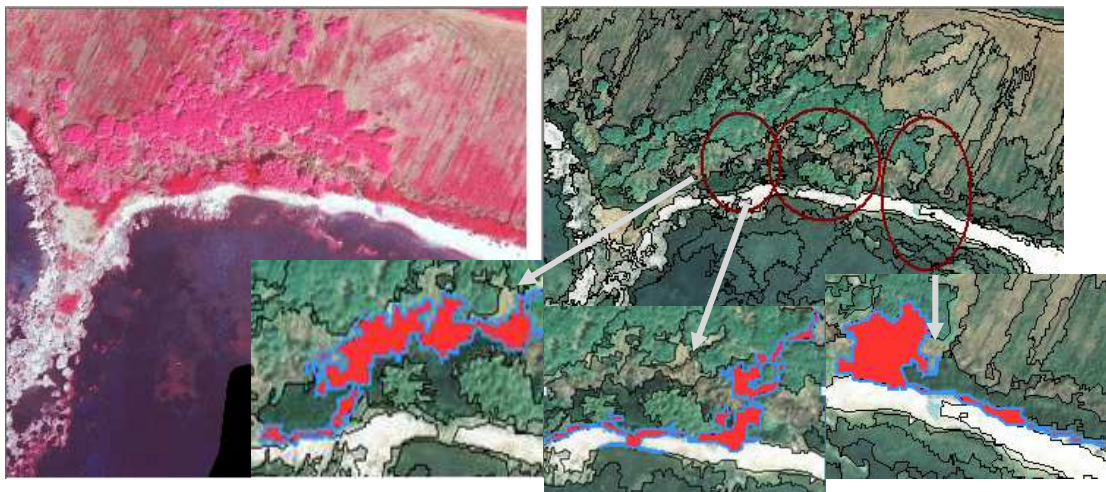
4.3.2.3. Κατάτμηση 2ου επιπέδου

Εκτός της βλάστησης, κρίνεται σκόπιμο να πραγματοποιηθεί μία ταξινόμηση για όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες που εντοπίζονται στην υπό μελέτη εικόνα, προκειμένου αυτές να διακρίνονται στο τελικό αποτέλεσμα και να **τεκμηριώνεται** με τον τρόπο αυτό ότι μοναδικό κριτήριο χάραξης της ΠΟΑ αποτελεί το όριο βλάστησης. Δημιουργείται συνεπώς ένα δεύτερο επίπεδο, όντας το μεσαίο επίπεδο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την συνολική ταξινόμηση της υπό μελέτη εικόνας και καταβάλλεται προσπάθεια ώστε τα αντικείμενα όλων των κατηγοριών προς ταξινόμηση, να προκύψουν με κατάλληλα διαμορφωμένα όρια.

Για το επίπεδο αυτό, επιλέγεται αρχικά παράμετρος κλίμακας ίση με 80, μια που οι χρήσεις γης που εντοπίζονται στην υπό μελέτη εικόνα δεν παρουσιάζουν απότομες εναλλαγές και εκτείνονται σε μεγάλες επιφάνειες, παραδείγματος χάριν εκτάσεις βλάστησης, γυμνού εδάφους και θάλασσα.

Ο **καθορισμός των βαρών για το φασματικό και σχηματικό κριτήριο** κατάτμησης είναι αρκετά πολύπλοκος και χρειάζεται μεγάλο αριθμό δοκιμών, ώστε να βρεθεί τελικά το καλύτερο ζεύγος τιμών που πρέπει να ανατεθεί στα δύο αυτά κριτήρια. Εφόσον στο συγκεκριμένο επίπεδο θα πραγματοποιηθεί η ταξινόμηση της κατηγορίας ενδιαφέροντος, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προτεραιότητα στα πρωτογενή αντικείμενα που βρίσκονται μέσα ή κοντά στον αιγιαλό (πχ βλάστηση) και να ελεγχθεί κατά πόσο, αυτά κυρίως, έχουν προκύψει ή όχι ορθά. Δεδομένου ότι οι

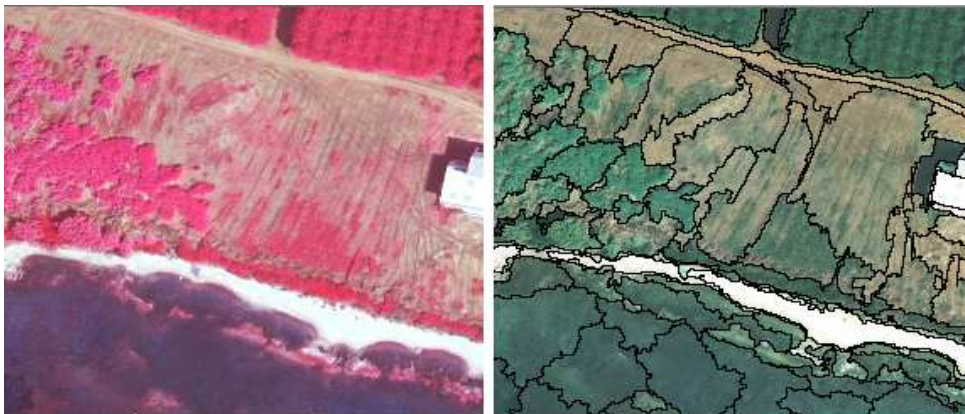
κατηγορίες που εντοπίζονται στην υπο μελέτη εικόνα διαφοροποιούνται φασματικά έντονα, κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί μία κατάτμηση βασιζόμενη αρχικά στα φασματικά κυρίως χαρακτηριστικά. Ως εκ τούτου δόθηκε μεγαλύτερη τιμή στο φασματικό κριτήριο, ίση με 0.8, και τιμή 0.2 στο κριτήριο του σχήματος, το οποίο εν συνέχεια μοιράστηκε στα επιμέρους κριτήριά του, κατά 0.8 στο λείο της οριογραμμής και 0.2 στο συμπαγές του σχήματος. Υιοθετήθηκε τέλος η συμμετοχή και των τεσσάρων διαθέσιμων φασματικών καναλιών με βάρος 1. Στην εικόνα 4-8 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής αυτού του συνδυασμού παραμέτρων για ένα τμήμα της υπό μελέτη εικόνας, που εμφανίζεται αριστερά σε έγχρωμο σύνθετο 412:RGB με τη βλάστηση να σημαίνεται με κόκκινο χρώμα και δεξιά στο σύνθετο 123:RGB. Τα τμήματα που προκύπτουν από την κατάτμηση παρουσιάζονται με μαύρα όρια.



Εικόνα 4-8: Ένα κομμάτι της εικόνας “dmc.02160-23160(1)” και το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του επιπέδου 2.

Ορισμένα από τα λάθη που προκύπτουν από τον συγκεκριμένο συνδυασμό παραμέτρων κατάτμησης επισημαίνονται στην εικόνα 4-8 με κόκκινους κύκλους, τα οποία προσκομίζονται εν συνέχεια σε μεγέθυνση για τις ανάγκες μίας περισσότερο ολοκληρωμένης εποπτικής αντίληψης. Στο μεσαίο τμήμα ιδιαίτερα αντιληπτή είναι η ένωση ανόμοιων θεματικών κατηγοριών, αφού μέρος της ζώνης του αιγιαλού και γυμνό έδαφος πάνω από τη γραμμή βλάστησης (βλ. εικόνα 4-4), έχουν συγχωνευθεί σε ένα ενιαίο αντικείμενο. Όσον αφορά στα δύο ακριανά τμήματα, οι πιθανές ταξινομήσεις αυτών είναι στις δύο κατηγορίες «αιγιαλός» και «γυμνό έδαφος» με τον μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής τους να αντιστοιχίζεται με την 2^η κατηγορία. Αν και στα αντικείμενα αυτά δεν είναι άμεσα προφανής η ένωση ανόμοιων θεματικών κατηγοριών, μικρό μέρος αυτών βρίσκεται κάτω από την χαρασσομένη πράσινη γραμμή της εικόνας 4-4 και το μεγαλύτερο μέρος τους πέραν αυτής. Ως εκ τούτου οποιαδήποτε εκ των δύο πιθανών ταξινομήσεων κρίνεται ούτως ή άλλως λανθασμένη, με το προβάδισμα να έχει η ταξινόμηση τους στην κατηγορία του αιγιαλού, αφού σε αυτή την περίπτωση δεν ικανοποιούνται συν τοις άλλοις οι απαιτήσεις της Κτηματολόγιο Α.Ε., που θέλουν η πάνω οριογραμμή του αιγιαλού να εφάπτεται με την τελευταία προς τη θάλασσα γραμμή βλάστησης, όταν κριτήριο για την οριοθέτησή του αποτελεί το όριο βλάστησης.

Ως επακόλουθο **πραγματοποιείται μία σειρά αλληπάλληλων δοκιμών**, προκειμένου να βελτιωθούν τα όρια των αντικειμένων, αυτών τουλάχιστον που βρίσκονται στην κρίσιμη περιοχή, αφού η κατηγορία που πρώτα από όλες απαιτείται να ταξινομηθεί με ακρίβεια είναι αυτή του αιγιαλού. Οι παράμετροι που υιοθετήθηκαν τελικά για την κατάτμηση του 2^{ου} επιπέδου είναι: συμμετοχή και των τεσσάρων διαθέσιμων καναλιών με βάρος 1, μείωση του φασματικού κριτηρίου από 0.8 σε 0.7, δίνοντας έτσι τιμή ίση με 0.3 στο κριτήριο του σχήματος, το οποίο μοιράστηκε με ίσο βάρος (0.5) στις δύο συνιστώσες του που αφορούν το συμπαγές του σχήματος και το λείο της οριογραμμής. Με τη μείωση του βάρους στο κριτήριο που αφορά στο λείο της οριογραμμής, εξασφαλίζεται ότι τα τμήματα που θα προκύψουν από την κατάτμηση θα είναι λιγότερο πλέον επιμήκη. Τέλος, όσον αφορά στην παράμετρο της κλίμακας, οι διαφορές τιμές που δοκιμάζονται για τη δημιουργία μεσαίου μεγέθους αντικειμένων κυμαίνονται περίπου στο διάστημα μεταξύ 50 και 80, με την επιλογή είτε της μίας είτε της άλλης (είτε 60, είτε 70, είτε 80), να δίνει εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς τα όρια των αντικειμένων και τον αρχικό στόχο δημιουργίας αυτού του επιπέδου. Ωστόσο εφόσον το πρόβλημα της ένωσης ανόμοιων θεματικών κατηγοριών, όπως αυτό εξετάζεται στις παραπάνω γραμμές, επιλύεται εν τέλει μέσω αλληπάλληλων διορθώσεων των φασματικών και μόνο κριτηρίων, κρίνεται εφικτό να διατηρηθεί η αρχική παράμετρος κλίμακας, ίση με 80, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η επιλογή κάποιας από τις παραπάνω τιμές που εφαρμόστηκαν στο στάδιο της διαδικασίας «δοκιμή και απόρριψη», δημιουργεί κάποιο έντονο πρόβλημα στο τελικό αποτέλεσμα της κατάτμησης. Στην εικόνα 4-9 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής του τελικού συνδυασμού παράμετρων σε ένα κομμάτι της υπό μελέτη απεικόνισης, που εμφανίζεται αριστερά σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά στο σύνθετο RGB:123, με τη βλάστηση να σημαίνεται αντίστοιχα με κόκκινο και φυσικό πράσινο χρώμα. Τα τμήματα που προκύπτουν από την κατάτμηση αυτή περιγράφονται με μαύρα όρια στην δεξιά εικόνα, που δίνουν τη δυνατότητα καλύτερης αξιολόγησης του αποτελέσματος της κατάτμησης, με βάση πάντα τον απαιτούμενο κάθε φορά στόχο.



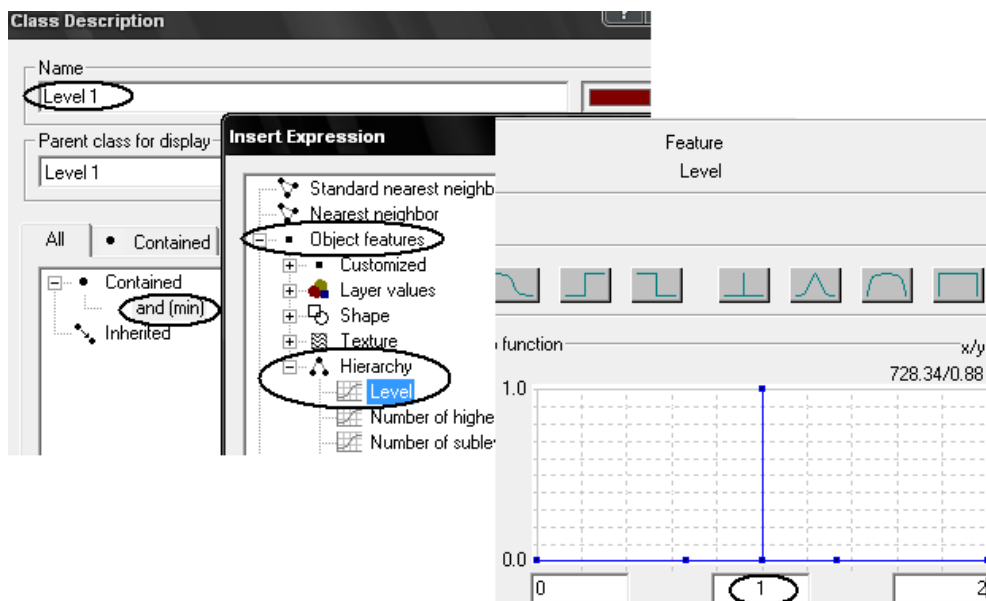
Εικόνα 4-9: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του επιπέδου

4.3.3. Ταξινομήσεις

Ακολουθεί η διαδικασία της ταξινόμησης των δεδομένων, όντας το σημαντικότερο κομμάτι της παρούσης εργασίας, καθώς μετά την εκτέλεση της φαίνεται στην πράξη κατά πόσο έχουν ή όχι επιτευχθεί οι στόχοι που τέθηκαν εξ' αρχής.

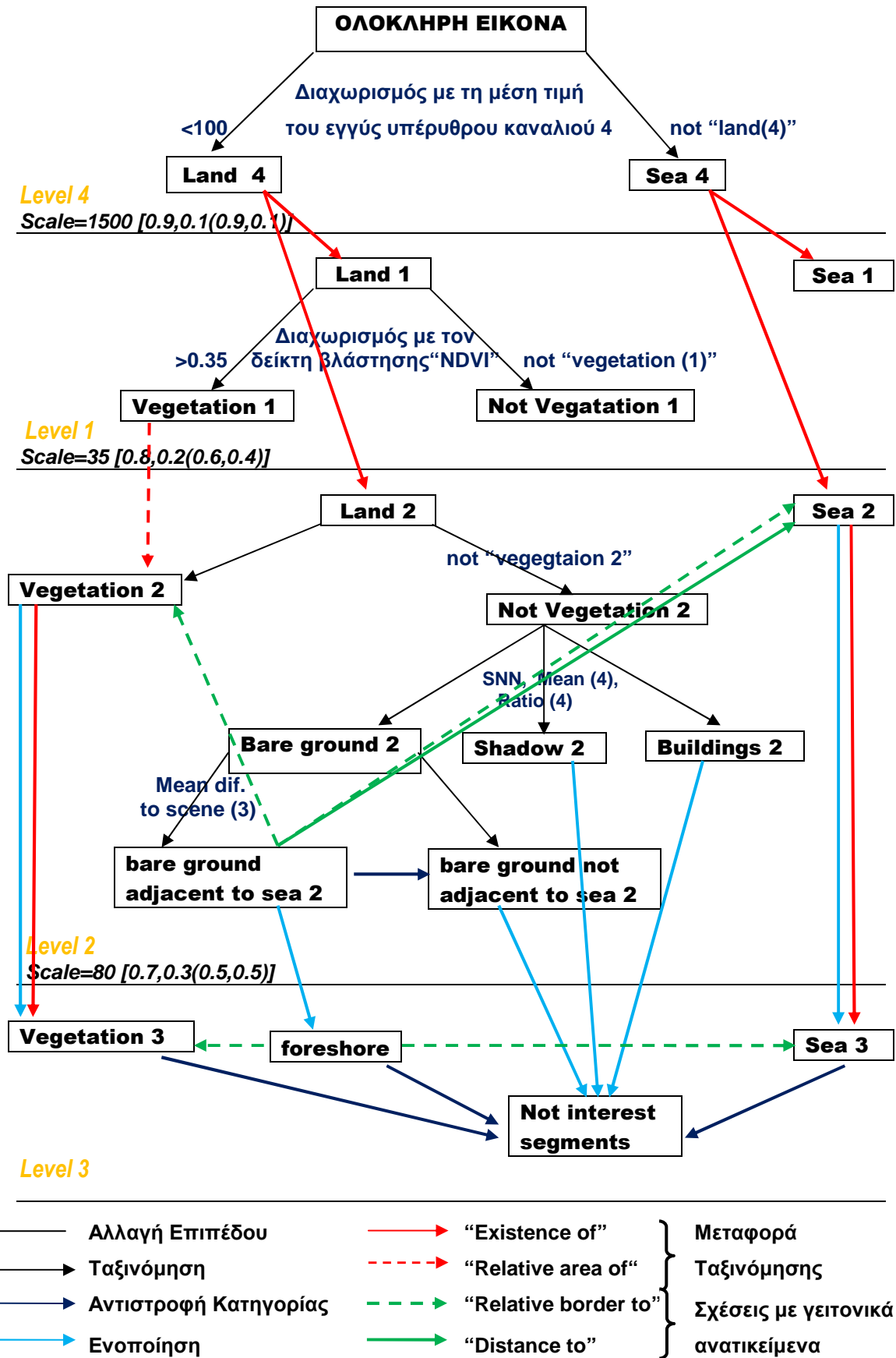
Για τη διαδικασία της ταξινόμησης προηγήθηκε μια προεργασία, κατά την οποία **σχεδιάστηκε θεωρητικά η προσέγγιση** που επρόκειτο να επιχειρηθεί για την παραγωγή των σωστών αποτελεσμάτων. Σύμφωνα με τη στρατηγική που σχεδιάστηκε, η **σειρά με την οποία ταξινομούνται** τα δημιουργούμενα επίπεδα **ακολουθεί τη σειρά με την οποία δημιουργήθηκαν** (βλ. εικόνα 4-11), για λόγους που θα εξηγηθούν εκτενώς στην εξέταση της ταξινόμησης του κάθε επιπέδου χωριστά.

Στο λογισμικό eCognition οι κανόνες της ταξινόμησης εισάγονται με τη μορφή χαρακτηριστικών (features) σε κάθε κατηγορία, με κάθε ένα από αυτά να ελέγχεται από μία συνάρτηση συμμετοχής (membership function). Προτού γίνει η ταξινόμηση του κάθε επιπέδου, δημιουργούνται τρεις γενικές κατηγορίες, αρχικά Level 1, Level 2 και Level 3, όπου σε κάθε μία εισάγονται οι υποκατηγορίες που δημιουργούνται στη συνέχεια, στις ιεραρχίες τάξεων και ομαδοποίησης, με βάση το επίπεδο στο οποίο ανήκει η κάθε μία. Προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι οι υποκατηγορίες των παραπάνω κατηγοριών θα εμφανίζονται μόνο στο επίπεδο στο οποίο ανήκουν, κάθε φορά που αυτό είναι ενεργό, εισάγεται σε κάθε μία από τις τρεις γενικές αυτές κατηγορίες, το χαρακτηριστικό Object Features>Hierarchy>Level με το αντίστοιχο διάστημα τιμών, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 5-10 ενδεικτικά για την κατηγορία Level 1.



Εικόνα 4-10: Ο ορισμός της πρώτης γενικής κατηγορίας “Level1”

Ομοίως γίνεται ο ορισμός των κατηγοριών Level 2 και Level 3. **Προς το παρόν**, το επίπεδο 3 είναι εκείνο που αποσκοπεί στον διαχωρισμό της εικόνας σε στεριά και θάλασσα, το επίπεδο 1 σε περιοχές με ή χωρίς καθόλου βλάστηση και το επίπεδο 2 στην συνολική ταξινόμηση της ευρύτερης περιοχής, συμπεριλαμβανομένης και της κατηγορίας ενδιαφέροντος.



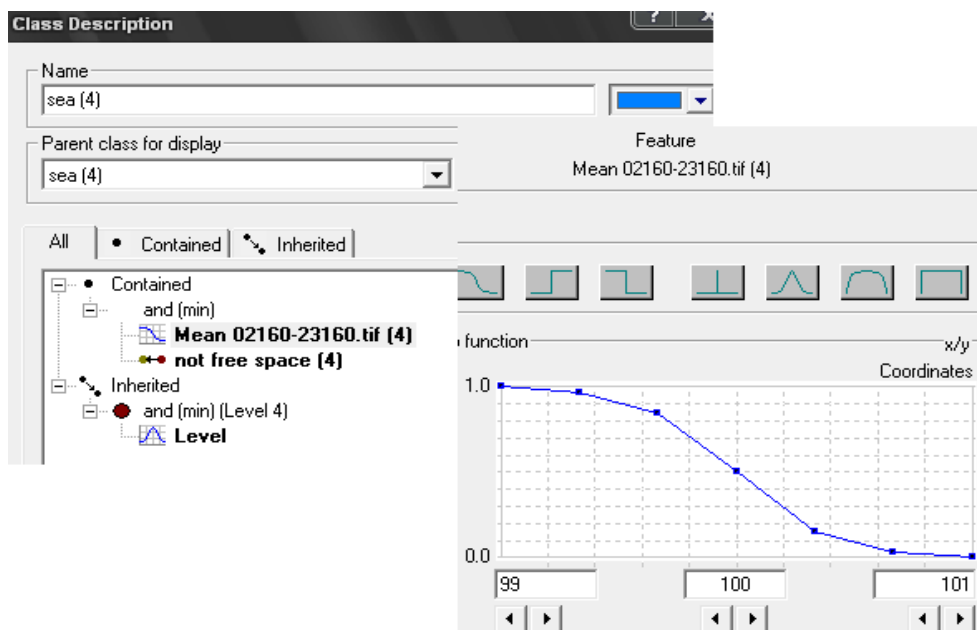
Εικόνα 4-11: Αναλυτικός Αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων

Αφού πραγματοποιηθεί η ταξινόμηση και των τριών δημιουργούμενων επιπέδων κατάτμησης, με τελευταία την ταξινόμηση του επιπέδου 2, πραγματοποιείται σε αυτό κατάτμηση βάσει ταξινόμησης. Από τη διαδικασία αυτή ανακύπτει ένα νέο επίπεδο που αντικαθιστά το αρχικό επίπεδο 3, το οποίο επονομάζεται πλέον επίπεδο 4, ενώ τα υπόλοιπα μένουν ως έχουν. **Από δω και στο εξής** ως επίπεδο 4 (Level 4) εξετάζεται το επίπεδο που δημιουργήθηκε πρώτο στο αρχικό στάδιο κατάτμησης, ώστε η αρχική εικόνα να διαχωριστεί στις δύο κύριες κατηγορίες της, στεριά και θάλασσα (βλ. εικόνα 4-11).

4.3.3.1. Ταξινόμηση 4ου επιπέδου

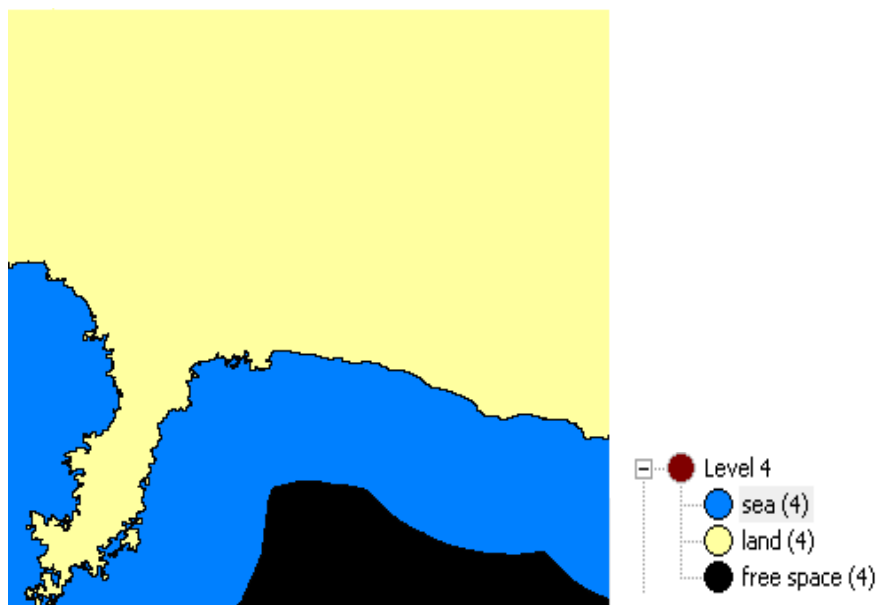
Πρώτο επίπεδο προς ταξινόμηση αποτελεί το επίπεδο 4. Δημιουργήθηκε αρχικά στο στάδιο της κατάτμησης, προκειμένου να **διαχωριστεί η υδάτινη επιφάνεια από το υπόλοιπο τμήμα της εικόνας**, τη στεριά, και να προσδιοριστεί η ακτογραμμή, ως εσωτερη προς τη θάλασσα οριογραμμή της ζώνης του αιγιαλού. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός αυτό, ακριβώς αυτός είναι και ο σκοπός της ταξινόμησης, να ταξινομηθεί δηλαδή η εικόνα στις δύο κύριες κατηγορίες της, στεριά και θάλασσα.

Προκειμένου η ταξινόμηση αυτή να υλοποιηθεί, δημιουργούνται δύο γενικές κατηγορίες, land(4) και sea(4), οι οποίες χρησιμοποιώντας την ιεραρχία ομαδοποίησης αποτέλεσαν υποκατηγορίες της αρχικής Level 4. Η διάκριση μεταξύ αυτών κρίνεται ιδιαίτερη εύκολη και πραγματοποιείται με τη δημιουργία μίας απλής συνάρτησης ασαφούς συμμετοχής, μορφής Z, του εγγύς υπέρυθρου καναλιού 4 στην περιγραφή της κατηγορίας “sea(4)”. Ορίζεται κατ’ αυτόν τον τρόπο η συμμετοχή στην αντίστοιχη κατηγορία των αντικειμένων εκείνων που παρουσιάζουν μέση τιμή στο κανάλι 4 (mean 02160-23160.tif(4)) μικρότερη από 100 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας (βλ. εικόνα 4-12), ενώ η κατηγορία “land(4) περιγράφεται με την αντιστροφή της πρώτης, μέσω της έκφρασης “not sea(4)” στο πλαίσιο διαλόγου αυτής, με την επιλογή: and(min)>Similarity to classes>sea(2)>Invert Expression.



Εικόνα 4-12: Η περιγραφή της κατηγορίας “sea” στην ταξινόμηση του 4^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Σύμφωνα με τους παραπάνω ορισμούς ισχύει το εξής: «ΑΝ ένα αντικείμενο παρουσιάζει μέση τιμή στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι 4 μικρότερη από 100 ΤΟΤΕ ταξινομείται στην κατηγορία θάλασσα (sea), ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ταξινομείται στην κατηγορία στεριά (land)». Παράλληλα δημιουργείται μία τρίτη κατηγορία, όπως αυτή αποκαλείται “free space(4)”, προκειμένου να αποδοθεί σε αυτή ο κενός χώρος που εκτείνεται κάτω από τη θάλασσα στην αρχική εικόνα. Με βάση τον ορισμό της, πραγματοποιείται η συμμετοχή σε αυτή των αντικειμένων που παρουσιάζουν μέση τιμή στο κανάλι 4 μικρότερη από 0.5, και επειδή αυτό το διάστημα τιμών εμπεριέχεται στο αντίστοιχο της κατηγορίας “sea(4)” εισάγεται στην περιγραφή της τελευταίας συν τοις άλλοις η έκφραση “not free space(4)” (αντιστροφή της κατηγορίας free space(4)). Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου καθώς και οι κατηγορίες που δημιουργήθηκαν για το επίπεδο αυτό παρουσιάζονται στην εικόνα 4-13 που ακολουθεί.



Εικόνα 4-13: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου ανάλυσης

4.3.3.2. Ταξινόμηση 1ου επιπέδου

Την ταξινόμηση του 4^{ου} επιπέδου ακολουθεί η ταξινόμηση του 1^{ου}, όπως αυτό δημιουργήθηκε στο στάδιο της πολλαπλής κατάτμησης εικόνας, ώστε τα μικρά αντικείμενα που προκύπτουν από τη διαδικασία αυτή, να ταξινομηθούν με τη βοήθεια ενός κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης σε **περιοχές με ή χωρίς καθόλου βλάστηση**. Ακολουθήθηκε δηλαδή μία **αναλυτική προσέγγιση** (Muller–Jensen, 1990), που εστιάζει στην παρουσία ή την απουσία της βλάστησης.

Οι **δείκτες βλάστησης** (Vegetation Indices) χρησιμοποιήθηκαν ήδη από την δεκαετία του 1970 για τη χαρτογράφηση της βλάστησης σε πλανητικό επίπεδο. Σκοπός τους είναι να τονιστούν οι περιοχές με βλάστηση σε σχέση με άλλες κατηγορίες εδαφοκάλυψης σε μια πολυκάναλη εικόνα, διευκολύνοντας έτσι τη διαδικασία της Φωτοερμηνείας (Κρητικός, 2000). Ο πλέον γνωστός και πολυχρησιμοποιημένος δείκτης είναι ο **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index), που αποτελεί κατ’ ουσία την αντίθεση ανάμεσα στο κόκκινο (RED) και το εγγύς υπέρυθρο (NIR) κανάλι, λαμβάνει τιμές από -1 έως +1 και ορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

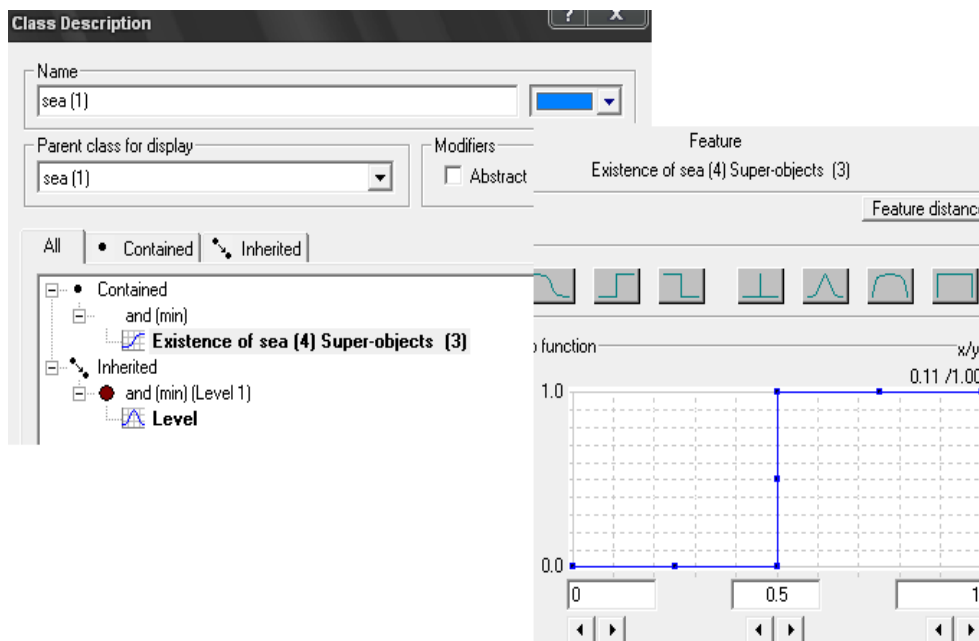
$$-1 \leq NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \leq +1$$

Στην παραπάνω σχέση είναι NIR η μέση τιμή για ένα τμήμα στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι και RED είναι η αντίστοιχη στο κόκκινο κανάλι. Σε όλες τις εικόνες που αποτελούν από δω και στο εξής το αντικείμενο μελέτης, το εγγύς υπέρυθρο κανάλι αντιστοιχεί στο κανάλι 4 ενώ το κόκκινο στο 1, οπότε ο δείκτης NDVI λαμβάνει αντίστοιχα τη μορφή:

$$NDVI = \frac{4 - 1}{4 + 1}$$

Η δημιουργία αυτού του δείκτη βλάστησης πραγματοποιείται στο πλαίσιο διαλόγου Customized Features (βλ. ενότητα 2.4.3.).

Προκειμένου η ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου να υλοποιηθεί, δημιουργούνται αρχικά δύο κατηγορίες, land(1) και sea(1), ως υποκατηγορίες της γενικής Level 1, για τον ορισμό των οποίων **χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της προηγούμενης ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου**. Ορίζεται συνεπώς η κατηγορία “sea(1)” να περιέχει όλα εκείνα τα αντικείμενα στα οποία υπάρχει η κατηγορία «sea(4)” σαν υπερ-αντικείμενο, μέσω μιας συνάρτησης συμμετοχής μορφής Z, με τιμές από 0 έως 1, όπως διακρίνεται στην εικόνα 4-14.



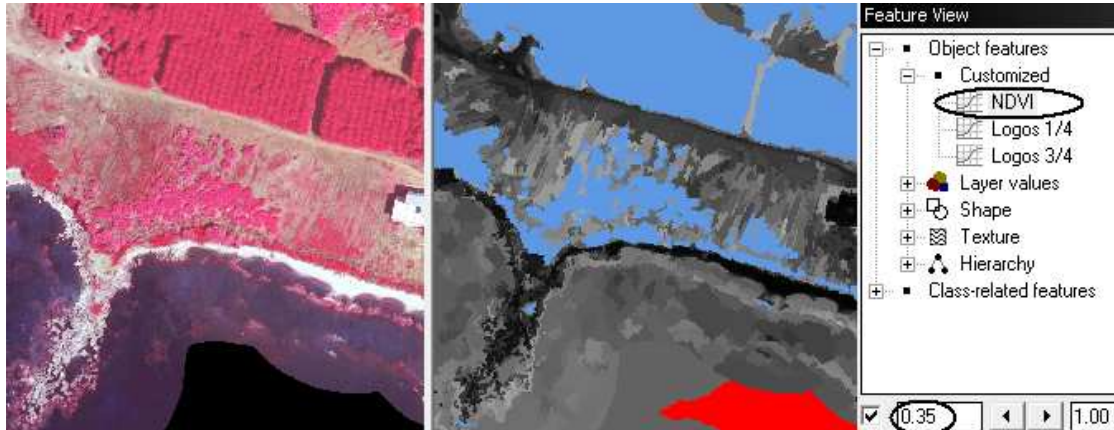
Εικόνα 4-14: Η περιγραφή της κατηγορίας “sea” στην ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Εξασφαλίζεται κατ’ αυτόν τον τρόπο ότι όλα τα αντικείμενα που ταξινομούνται ως θάλασσα στο ανώτερο επίπεδο 4, **διατηρούν την ταξινόμηση τους** αυτή και στο τρέχον επίπεδο. Ομοίως ορίζεται και η κατηγορία “land(1)”.

Στη συνέχεια η κατηγορία στεριά (land(1)) χωρίζεται στις δύο επιμέρους κατηγορίες της, «βλάστηση» (vegetation(1)) και «όχι βλάστηση» (not vegetation(1)), προκειμένου το τμήμα της ξηράς της αρχικής εικόνας να ταξινομηθεί σε περιοχές με ή χωρίς καθόλου βλάστηση. Από τη φωτοερμηνεία της εικόνας και την απεικόνιση των τιμών του χαρακτηριστικού “NDVI”, όπως αυτή παρατίθεται στην εικόνα 4-15,

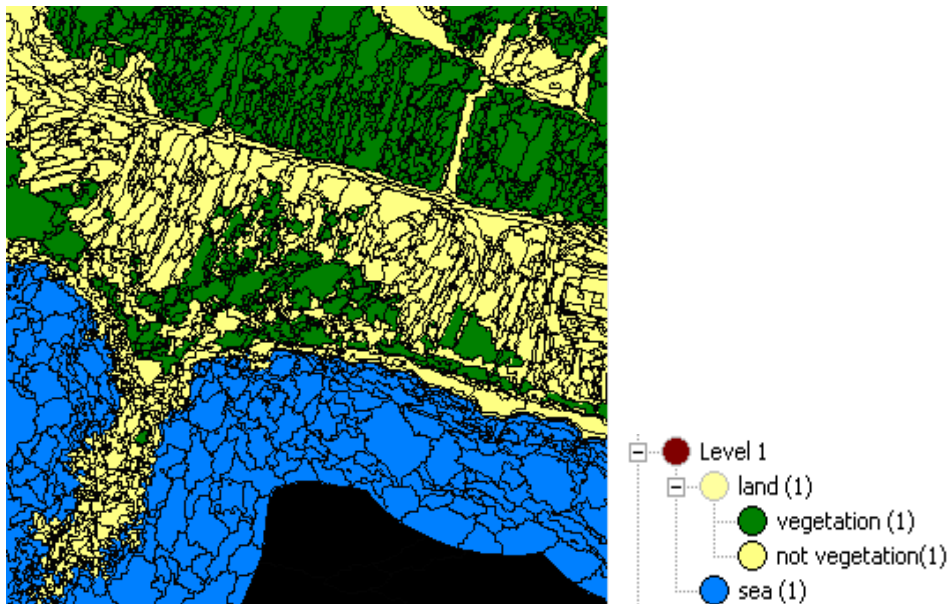
για μία ολοκληρωμένη εποπτική αντίληψη, προκύπτει ο ορισμός αυτών των δύο κατηγοριών ως εξής:

- ✓ “vegetation(1)”: Ορίζεται με τη βοήθεια μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής μορφής S, με διάστημα ασάφειας από 0.34 έως 0.36, που δηλώνει τη συμμετοχή σε αυτή των αντικειμένων που παρουσιάζουν τιμή κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης (NDVI) μεγαλύτερη από 0.35 τιμές ανακλαστικότητας.
- ✓ “not vegetation(1)”: Ορίζεται με την αντιστροφή (invert) της κατηγορίας “vegetation(1)”, μέσω της έκφρασης “not “vegetation (1)”” στο αντίστοιχο πλαίσιο διαλόγου αυτής (and(min)>similarity to>vegetation (1)>invert)



Εικόνα 4-15: Επιλογή Χαρακτηριστικού NDVI στο πλαίσιο διαλόγου Feature View για τον βέλτιστο εντοπισμό της βλάστησης

Με βάση τις περιγραφές αυτές, τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του 1^{ου} επιπέδου ανάλυσης διαμορφώνεται ως εξής:



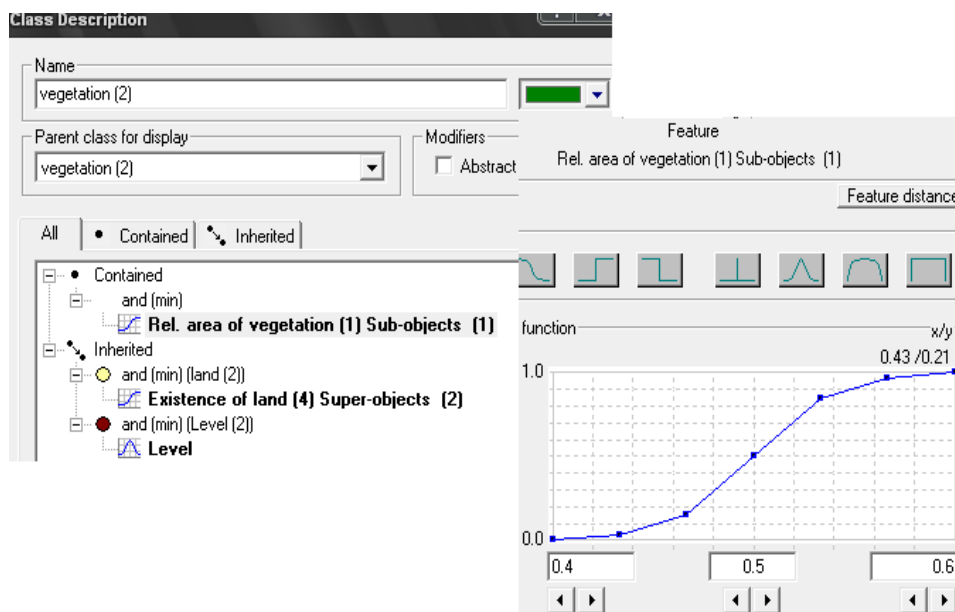
Εικόνα 4-16: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1^{ου} επιπέδου ανάλυσης

4.3.3.3. Ταξινόμηση 2ου επιπέδου

Το δεύτερο επίπεδο διευκολύνει περισσότερο μία γενικότερη ταξινόμηση της ευρύτερης περιοχής. Αποτελεί συνεπώς το επίπεδο στο οποίο θα περιγραφούν και θα ταξινομηθούν όλες οι θεματικές κατηγορίες που εντοπίζονται στην περιοχή.

Οι κατηγορίες που ορίζονται αρχικά, ως κατηγορίες-παιδιά της αρχικής Level 2, είναι οι «land(2)» και «sea(2)», για τον ορισμό των οποίων χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της προηγούμενης ταξινόμησης του επιπέδου 4. Ορίζεται συνεπώς η κατηγορία «sea(2)» να περιέχει όλα εκείνα τα αντικείμενα στα οποία υπάρχει η κατηγορία «sea(4)» σαν υπερ-αντικείμενο, μέσω μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής μορφής Z, με τιμές από 0 έως 1, ακριβώς όπως ορίστηκε η αντίστοιχη κατηγορία «θάλασσα» του 1^{ου} επιπέδου ανάλυσης (βλ. Εικόνα 4-14). Ομοίως ορίζεται και η κατηγορία «land(2)».

Έπειτα, όπως στο πρώτο επίπεδο ανάλυσης, πραγματοποιείται ο διαχωρισμός της κατηγορίας «land(2)» στις δύο κατηγορίες «vegetation (2)» και «not vegetation (2)», με την πρώτη να αποτελεί τη μία από τις κύριες προς ταξινόμηση κατηγορίες, ενώ η δεύτερη επρόκειτο στη συνέχεια να διαχωριστεί στις λοιπές κατηγορίες κάλυψης γης που εντοπίζονται. Για τον ορισμό της κατηγορίας «vegetation (2)» λαμβάνεται υπ' όψιν πληροφορία χαμηλότερου επιπέδου, του 1^{ου}. Αυτός είναι άλλωστε και ο πρωταρχικός σκοπός της δημιουργίας αυτού, να ταξινομηθεί δηλαδή η βλάστηση με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια στο επίπεδο 1 και να χρησιμοποιηθεί έπειτα ως πληροφορία για την ταξινόμηση ανωτέρων επιπέδων. Το χαρακτηριστικό που επιλέγεται για την περιγραφή της εν λόγω κατηγορίας είναι το «relative area of class», από την ομάδα χαρακτηριστικών «relations to sub-objects», το οποίο εκφράζει τον λόγο της επιφάνειας των υπο-αντικειμένων που έχουν αποδοθεί στην αντίστοιχη κατηγορία στο χαμηλότερο επίπεδο προς τη συνολική επιφάνεια του αντικειμένου που εξετάζεται. Ως εκ τούτου, ορίζεται στην κατηγορία «vegetation(2)» να περιέχονται όλα εκείνα τα αντικείμενα, των οποίων τουλάχιστον το 50% των υποαντικειμένων του έχουν ταξινομηθεί ως βλάστηση στο επίπεδο 1, μέσω μίας συνάρτησης ασαφούς συμμετοχής μορφής S, με διάστημα ασάφειας από 0.4 έως 0.6.



Εικόνα 4-17: Η περιγραφή της κατηγορίας «vegetation» στην ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Η **επιλογή του συγκεκριμένου διαστήματος τιμών** γίνεται εμπειρικά και επαληθεύεται έπειτα από μια σειρά αλληπάλληλων δοκιμών στο πλαίσιο διαλόγου Feature View, για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

Η κατηγορία «όχι βλάστηση» ορίζεται με την αντιστροφή της κατηγορίας «βλάστηση» (not “vegetation (2)”), στο πλαίσιο διαλόγου της πρώτης. Στη συνέχεια δημιουργούνται τρεις νέες κατηγορίες, “buildings(2)”, shadow(2) και “bare ground(2)”, που αποτελούν υποκατηγορίες της αρχικής “not vegetation(2)”. Για τον ορισμό της κατηγορίας «κτίρια» λαμβάνεται υπ’ όψιν τόσο φασματική πληροφορία, όσο και το σχήμα των υπό εξέταση αντικειμένων. Ως εκ τούτου η περιγραφή της κατηγορίας αυτής συνίσταται από πέντε χαρακτηριστικά, εκ των οποίων τα τρία αφορούν στα φασματικά χαρακτηριστικά (mean 02160-23160(2), Ratio 02160-23160(4) και Brightness) ενώ τα άλλα δύο στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων (πυκνότητα (density) και λόγος μήκος/πλάτος (length/width)). Οι πέντε αυτές ιδιότητες συνδέονται με τον τελεστή and(min), **προεικάζοντας την ταυτόχρονη ισχύ τους** ώστε κάποιο αντικείμενο να αποδοθεί στην εν λόγω κατηγορία. Οι μορφές αυτών των συναρτήσεων συμμετοχής και τα αντίστοιχα πεδία τιμών απεικονίζονται στον πίνακα 4-3. Στην κατηγορία σκιά ορίζεται να συμμετέχουν τα αντικείμενα εκείνα που παρουσιάζουν αφενός μέση τιμή στο κανάλι 4 (mean 02160-23160(4)) μικρότερη από 135 τιμές ανακλαστικότητας, αφετέρου λόγο του καναλιού 4 προς το άθροισμα όλων των υπολοίπων καναλιών (ratio 02160-23160(4)) μεγαλύτερο από 0.3 τιμές ανακλαστικότητας, μέσω δύο συναρτήσεων συμμετοχής ασαφούς μορφής Z (αντισυμμετρικό S) και μορφής S, με διαστήματα ασάφειας αντίστοιχα από 134 έως 136 και από 0.2 έως 0.4. Χρησιμοποιείται ταυτόχρονα η μέθοδος της εγγύτερης γεινίασης και δειγμάτων (βλ. πίνακα 4-3). Για την περιγραφή της κατηγορίας «γυμνό έδαφος» πραγματοποιείται η αντιστροφή των κατηγοριών των οποίων μόλις η ταξινόμηση προηγήθηκε, (not “buildings(2)” και not “shadow(2)”) ταυτόχρονα με τον εγγύτερο γείτονα. Η ιεραρχία των κατηγοριών του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης ολοκληρώνεται με τον διαχωρισμό της κατηγορίας «γυμνό έδαφος» στις δύο κατηγορίες «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα» (bare ground adjacent to sea) και «γυμνό έδαφος όχι παρακείμενο στη θάλασσα» (bare ground not adjacent to sea), με την πρώτη κατηγορία να αναπαριστά προσωρινά την υπό μελέτη παράκτια ζώνη του αιγιαλού. Αρκεί ουσιαστικά να ταξινομηθεί η πρώτη, οπότε η δεύτερη περιγράφεται με την εισαγωγή της έκφρασης «not “bare ground adjacent to sea (2)”» στο πλαίσιο διαλόγου αυτής.

Η **αρχική περιγραφή της κατηγορίας “bare ground adjacent to sea(2)”**, που αποτελεί και την πιο κρίσιμη μεταξύ των άλλων κατηγορία, με βάση τους στόχους που τέθηκαν, διαμορφώνεται ως εξής:

AN

η απόσταση ενός αντικειμένου από τη θάλασσα είναι μικρότερη από 50 μέτρα

ΚΑΙ

η μέση διαφορά του ως προς τη συνολική εικόνα στο κανάλι 3 είναι μεγαλύτερη από 22 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

Ή

Το σχετικό όριο του με τη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.1 (10%)

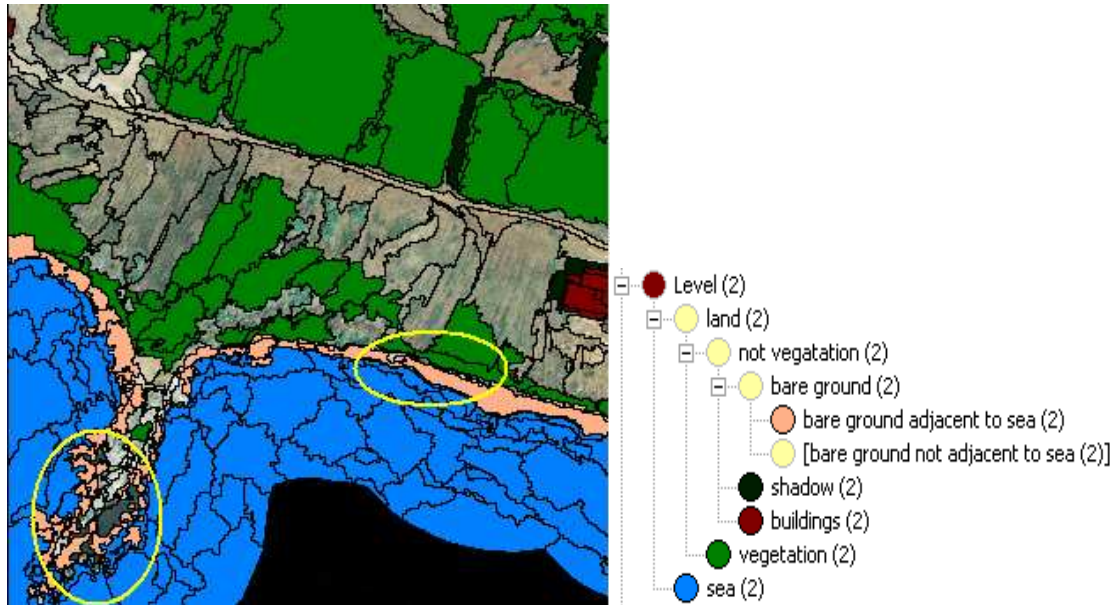
Ή

Το σχετικό όριο του με τη βλάστηση είναι μεγαλύτερο από 0.5 (50%)

TOTE

Το αντικείμενο αυτό ταξινομείται στην κατηγορία “bare ground adjacent to sea” του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης.

Ως εκ τούτου, ένα αντικείμενο ενδείκνυται να ικανοποιεί **ταυτόχρονα** τις δύο πρώτες απαιτήσεις, **και είτε** να ικανοποιεί την 3^η **είτε** την 4^η, για την ταξινόμηση του στην εν λόγω κατηγορία. Το αποτέλεσμα αυτής ταξινόμησης μέσω αυτής της περιγραφής παρατίθεται στην εικόνα 4-18:



Εικόνα 4-18: Μία πρώτη ταξινόμηση της κατηγορίας “bare ground adjacent to sea” στην ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η κατηγορία που μελετάται εκπροσωπεί στην παρούσα φάση την κρίσιμη ζώνη του αιγιαλού, θα έπρεπε στην ταξινόμηση αυτής, με βάση τη φωτοερμηνεία της εικόνας 4-4, να συμμετέχουν συν τοις άλλοις και τα αντικείμενα που στην εικόνα 4-18 σημαίνονται με κίτρινους κύκλους, τα οποία ωστόσο εμφανώς διατηρούνται αταξινομήτα. Προκειμένου συνεπώς να διορθωθεί το αποτέλεσμα της προηγούμενης ταξινόμησης της κατηγορίας ενδιαφέροντος, προστίθεται στην περιγραφή της ένα επιπλέον χαρακτηριστικό, σύμφωνα με το οποίο ταξινομείται σε αυτή οποιοδήποτε αντικείμενο παρουσιάζει σχετικό όριο με τον εαυτό της (relative border to bare ground adjacent to sea (2)), μέσω μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής μορφής S με διάστημα ασάφειας από 0.2 έως 0.4. Το χαρακτηριστικό αυτό συνδέεται με τα προηγούμενα τέσσερα μέσω του τελεστή $or(max)$, που δηλώνει ότι ή πρέπει να ισχύουν όλα τα παραπάνω ή το τελευταίο. Ουσιαστικά, ταξινομούνται στην κατηγορία “γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα” όσα αντικείμενα **ικανοποιούν αρχικά τα τέσσερα πρώτα χαρακτηριστικά** της αρχικής περιγραφής της εν λόγω κατηγορίας και με την εισαγωγή του τελεστή $or(max)$ και του τελευταίου χαρακτηριστικού (relative border to “bare ground adjacent to sea(2)”), **πραγματοποιείται σε δεύτερη φάση και η ταξινόμηση όλων εκείνων των αντικείμενων** που παρουσιάζουν με τα πρώτα σχετικό όριο όχι μικρότερο από 0.3 (30%). Με βάση την παρατήρηση αυτή η αρχική περιγραφή της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα διαμορφώνεται εκ νέου ως εξής:

ΑΝ Ή

η απόσταση ενός αντικειμένου από τη θάλασσα είναι μικρότερη από 50 μέτρα

ΚΑΙ

η μέση διαφορά του ως προς τη συνολική εικόνα στο κανάλι 3 είναι μεγαλύτερη από 22 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

Ή

Το σχετικό όριο του με τη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.1 (10%)

Ή

Το σχετικό όριο του με τη βλάστηση είναι μεγαλύτερο από 0.5 (50%)

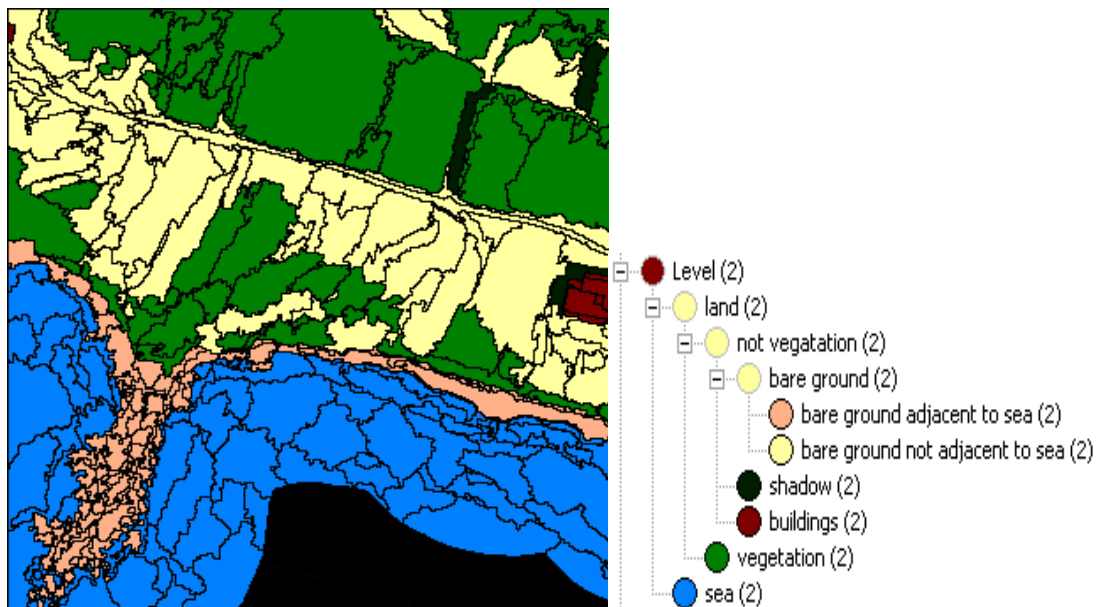
Ή

το σχετικό όριο του με τα αντικείμενα που έχουν αποδοθεί στην κατηγορία γυμνό έδαφος κοντά στη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.3 (30%)

ΤΟΤΕ

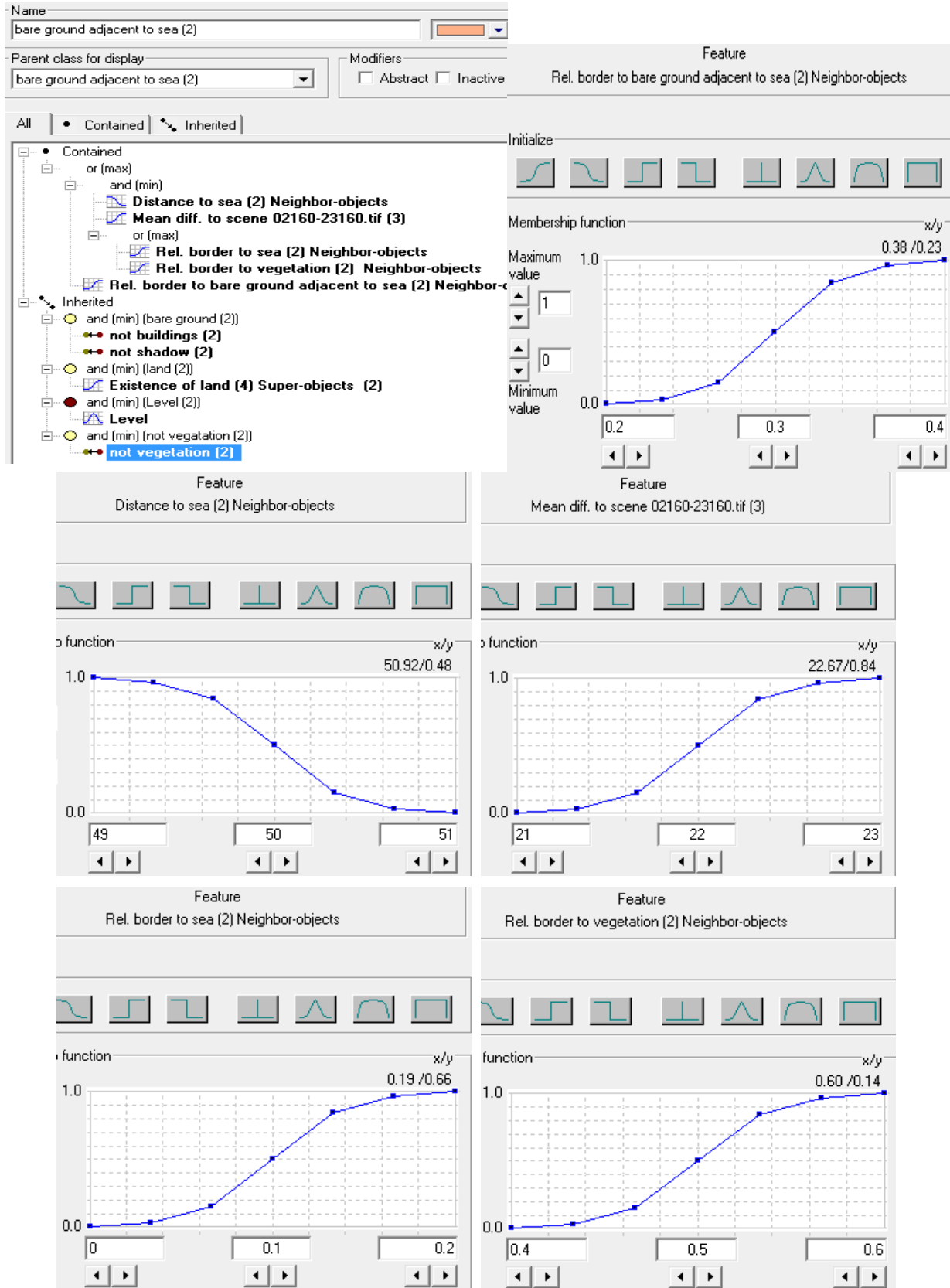
Το αντικείμενο αυτό ταξινομείται στην κατηγορία “γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα” του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης.

Με αυτή τη διαφοροποίηση στην αρχική περιγραφή της υπο εξέταση κατηγορίας και αφού ενεργοποιηθεί η κατηγορία «γυμνό έδαφος όχι παρακείμενο στη θάλασσα», στην οποία συμμετέχουν όλα εκείνα αντικείμενα τα οποία δεν έχουν ταξινομηθεί ως «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα», η τελική ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου διαμορφώνεται ως εξής:























Εικόνα 4-19: Το αποτέλεσμα της τελικής ταξινόμησης του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Οι ιδιότητες που συμμετέχουν στην τελική περιγραφή της υπο εξέταση κατηγορίας παρατίθενται συνολικά στην εικόνα 4-20, ενώ οι συναρτήσεις συμμετοχής και τα αντίστοιχα πεδία αναγράφονται για όλες τις κατηγορίες στον πίνακα 4-3 που παρατίθεται.



Εικόνα 4-20: Οι συναρτήσεις συμμετοχής της τελικής περιγραφής της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα».

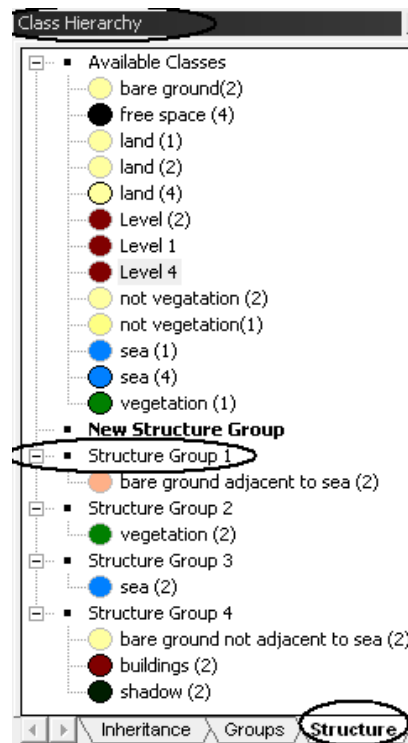
Πίνακας 4-3: Συναρτήσεις συμμετοχής και πεδία τιμών των κατηγοριών του 2^{ου} επιπέδου της απεικόνισης “dmc.02160-23160(1)”

Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξιό Όριο
sea(4)	Mean 02160-23160 (4)		99	101
land(4)	"not sea(4)"			
free space(4)	Mean 02160-23160 (4)		0	1
land(1)	Existence of land(4) Super-objects		0	1
sea(1)	Existence of sea(4) Super-objects		0	1
vegetation(1)	scaled NDVI		0.34	0.36
not vegetation(1)	"not vegetation(1)"			
land(2)	Existence of land(4) Super-objects		0	1
sea(2)	Existence of sea(4) Super-objects		0	1
vegetation(2)	Relative area of vegetation(1) sub-object		0.4	0.6
not vegetation(2)	Invert similarity to: vegetation(2)			
Shadow(2)	Mean 02160-23160 (4)		134	136
	Ratio 02160-23160(4)		0.29	0.31
	Standard Nearest Neighbor			
Buildings (2)	Brightness		163	183
	Mean 02160-23160(2)		144	146
	Ratio 02160-23160(4)		0.23	0.25
	Length/Width		4	6
	Density		1.4	1.6
Bare ground(2)	Invert similarity to: Buildings(2), Shadow(2)			
Bare ground adjacent to sea(2)	Distance to sea(2) Neighbor-object		49	51
	Mean dif. To scene 02160-23160 (3)		21	23
	Relative border to sea(2) Neighbor-object		0	0.2
	Relative border to vegetation(2) Neighbor-object		0.4	0.6
	Relative border to soil adjacent to sea(2) Neighbor-object		0.2	0.4
Bare ground not adjacent to sea(2)	Invert Similarity to: bare ground not adjacent to sea(2)			

4.3.4. Κατάτμηση Βάσει Ταξινόμησης

Αφού ολοκληρωθεί η συνολική ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης, πραγματοποιείται σε αυτό κατάτμηση βάσει ταξινόμησης και συγκεκριμένα **ταξινόμηση βάσει συνένωσης** (βλ. εδάφιο 2.4.4.). Αυτό που κυρίως ενδιαφέρει είναι όλα τα αντικείμενα, που στο 2^ο επίπεδο είχαν ταξινομηθεί στην κατηγορία γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα, να συγχωνευθούν σε ένα ενιαίο αντικείμενο στο επίπεδο 3, το οποίο επρόκειτο να ταξινομηθεί στην νέα κατηγορία “foreshore”. Συνεπώς αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η δημιουργία ενός νέου επιπέδου, στο οποίο θα αναπαρίσταται τελικά ως ενιαία πλέον επιφάνεια η καθορισμένη ζώνη του αιγιαλού, ολοκληρώνοντας με τον τρόπο αυτό την διεκπεραίωση του αρχικού απαιτούμενου στόχου.

Ως βάση για την διαδικασία κατάτμησης βάσει ταξινόμησης τροποποιείται η ιεραρχία δομής (*structure hierarchy*) με τέτοιον τρόπο, ώστε να τοποθετηθούν όλα τα είδη των κατηγοριών ενδιαφέροντος μαζί (βλ. εικόνα 4-21).



Εικόνα 4-21: Ιεραρχία δομής για τις κατηγορίες του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Από τη διαδικασία αυτή ανακύπτει το τρίτο επίπεδο, τα αντικείμενα του οποίου περιγράφονται με μαύρα όρια στην εικόνα 4-22:



Εικόνα 4-22: Το τρίτο επίπεδο ανάλυσης ως προϊόν της διαδικασίας κατάτμησης βάσει ταξινόμησης

Για το επίπεδο αυτό δημιουργείται μία νέα ιεραρχία κατηγοριών η οποία συνίσταται από 5 κατηγορίες, ως υποκατηγορίες της αρχικής Level 3 και οι οποίες είναι: “sea(3)”, “vegetation(3)”, “foreshore”, “free space(3)” και “not interest segments”. Για τον ορισμό των κατηγοριών θάλασσα και βλάστηση χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του επιπέδου 2. Ορίζεται συνεπώς η κατηγορία “sea(3)” να περιέχει όλα εκείνα τα αντικείμενα στα οποία υπάρχει η κατηγορία “sea(2)” σαν υπο-αντικείμενο (existence of sea(2) Sub-Objects), μέσω μίας συνάρτησης συμμετοχής μορφής Z, με τιμές από 0 έως 1. Ομοίως ορίζεται και η κατηγορία “vegetation(3)”. Η κατηγορία free space(3) αναπαριστά τον κενό μαύρο χώρο που απεικονίζεται στο κάτω δεξιό μέρος της εικόνας και περιγράφεται ακριβώς όπως η αντίστοιχη κατηγορία του επιπέδου 4.

Για την περιγραφή της κατηγορίας «αιγιαλός» λαμβάνονται υπ’ όψιν χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία υπόκεινται στα κριτήρια βάσει των οποίων πραγματοποιείται στη συγκεκριμένη απεικόνιση η χάραξη της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού. **Λαμβάνοντας υπ’ όψιν ότι** «αιγιαλός είναι η ζώνη της ξηράς, η οποία βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες πλην συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων...», το όριο μεταξύ στεριάς και θάλασσας, ήτοι η ακτογραμμή, αποτελεί σε κάθε περίπτωση την εσωτερη προς τη θάλασσα οριογραμμή της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού. Αντίστοιχα, η άνω οριογραμμή του αιγιαλού οφείλει να εφάπτεται με την τελευταία προς τη θάλασσα γραμμή βλάστησης, όταν κριτήριο για την χάραξη της οριογραμμής του αποτελεί το όριο βλάστησης. Συγκεκριμένα ένα πολύγωνο που έχει προκύψει μέσω της ενοποίησης ανάλογων τμημάτων ταξινομείται ως αιγιαλός, μόνο εφόσον **παρουσιάζει σχετικό όριο με τη θάλασσα και ταυτόχρονα με την βλάστηση**. Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές, η περιγραφή της κατηγορίας «αιγιαλός» διαμορφώνεται ως εξής:

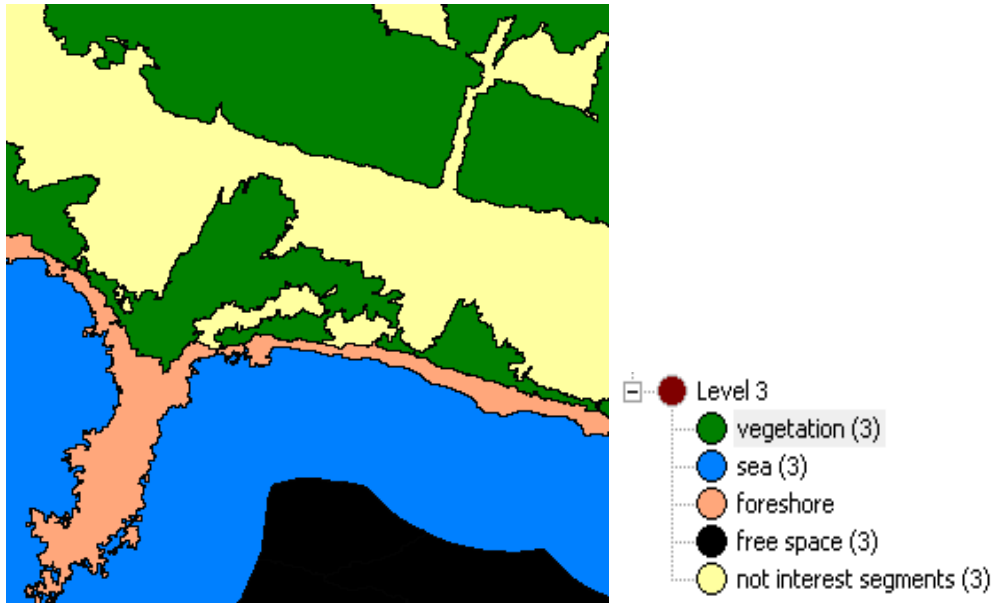
AN το σχετικό όριο ενός αντικειμένου με τη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.2 (20%)
ΚΑΙ

Το σχετικό του όριο με τη βλάστηση είναι μεγαλύτερο από 0.2 (20%)

TOTE Το αντικείμενο ταξινομείται στην κατηγορία “αιγιαλός” του επιπέδου 3.

Το υπόλοιπο τμήμα της εικόνας, όπως αυτό έχει προκύψει από την ενοποίηση των τριών κατηγοριών “bare ground not adjacent to sea”, “buildings” και “shadow” του 2^{ου}

επιπέδου, αποδίδεται στην κατηγορία “not interest segments”, που αποκαλείται έτσι δεδομένου ότι τα αντικείμενα της δεν επηρεάζουν την εξαγωγή του ζητούμενου. Για την περιγραφή της πραγματοποιείται η αντιστροφή όλων των προηγούμενων κατηγοριών ως εξής: Invert>Similarity to: sea(3), vegetation(3), foreshore, free space(3). Δηλαδή ότι δεν έχει ταξινομηθεί βάσει των περιγραφών των προηγούμενων κατηγοριών στις κατηγορίες αυτές, ταξινομείται στην κατηγορία “not interest segments”.



Εικόνα 4-23: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης

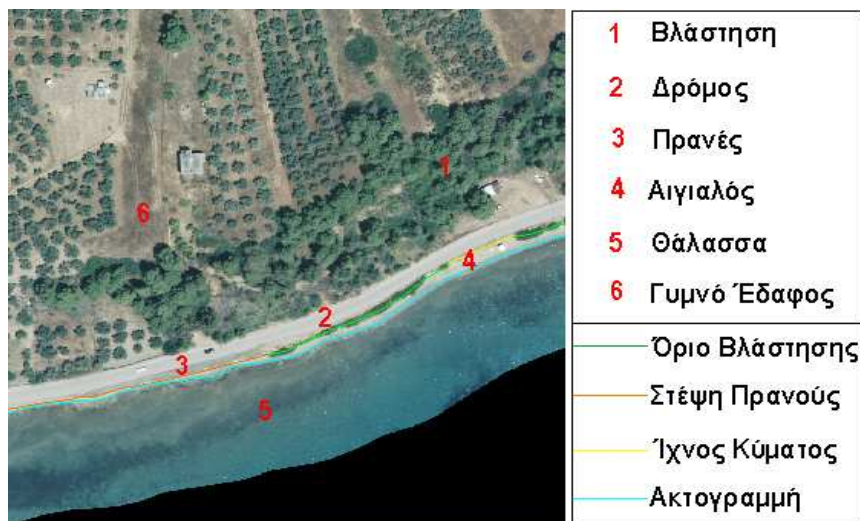
4.4. Υλοποίηση στην Απεικόνιση “dmc.04000-22986(1)” για τη Μελέτη των Κριτηρίων «Στέψη Πρανούς» και «Ίχνος Κύματος»

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση της υπό μελέτη εικόνας περιλαμβάνει εξίσου τα 4 επίπεδα κατάρτησης και ταξινόμησης, όπως αυτά περιγράφονται στην ανάλυση που προηγείται (βλ. ενότητα 4.3). Η συγκεκριμένη ιεραρχία των επιπέδων **καλείται να καλύψει τις ίδιες ανάγκες διαχωρισμού των διαφόρων αντικειμένων**, από το ένα επίπεδο στο άλλο κι εφόσον τέθηκε εξ αρχής ο στόχος να ακολουθείται ίδια στρατηγική μεταξύ των διαφόρων εφαρμογών, κατεβλήθη προσπάθεια έτσι ώστε η ιεραρχία αυτή να μην μεταβάλλεται από εικόνα σε εικόνα.

4.4.1. Φωτοερμηνεία της Απεικόνισης “dmc.04000-22986(1)”

Το αποτέλεσμα της φωτοερμηνείας της υπό μελέτη απεικόνισης, παρουσιάζεται στην εικόνα 4-24, όπου οι κόκκινοι αριθμοί σημαίνουν τις κατηγορίες εδαφικάλυψης που εντοπίζονται, όπως αναγράφονται στον πίνακα δεξιά. Κριτήρια βάσει των οποίων πραγματοποιείται η χάραξη της ΠΟΑ, αποτελούν το **όριο βλάστησης, το ίχνος κύματος και η στέψη πρανούς**, όπως αυτά αναπαρίστανται στην εικόνα με τρία διαφορετικά θεματικά επίπεδα, πράσινο, κίτρινο και πορτοκαλί αντίστοιχα, ενώ η μπλε γραμμή αναπαριστά το όριο μεταξύ της στεριάς και της θάλασσας, δηλαδή την ακτογραμμή. Η στέψη πρανούς αποτελεί στη συγκεκριμένη περίπτωση κριτήριο, δεδομένης της ύπαρξης μίας μικρής **υψομετρικής διαφοράς** στην υπο μελέτη εικόνα. Στην περίπτωση αυτή η χάραξη της ΠΟΑ γίνεται στη στέψη του πρανούς,

συγκεκριμένα στο φρύδι αυτού και όχι το πόδι. Σε ακτές που παρουσιάζουν επάλληλα πρηνή, χωρίς άλλη ένδειξη όπως για παράδειγμα βλάστηση ή ίχνος κύματος λαμβάνεται υπόψη η στέψη του πρώτου προς τη θάλασσα πρηνούς που δεν υπερκαλύπτεται από τη μέγιστη ανάβαση των κυμάτων (βλ. πίνακα 3-1). Κατά το στάδιο της φωτοερμηνείας, δεδομένης της μονοσκοπικής και όχι στερεοσκοπικής παρατήρησης, καθίσταται σχετικά δύσκολη η εύρεση υψομετρικής διαφοράς σε κάποιες δυσμενείς περιπτώσεις. Ιδιαίτερα στο λογισμικό της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας η **ανάδειξη του πρηνούς κρίνεται πρακτικά ανέφικτη χωρίς την ύπαρξη κατάλληλου υψομετρικού μοντέλου εδάφους**. Όσον αφορά στο ίχνος ανάβασης κυματισμού, αυτό αποτελεί κριτήριο όταν δεν βρίσκεται πολύ κοντά στη θάλασσα, σύμφωνα πάντα με τις προδιαγραφές της Κτηματολόγιο Α.Ε.. Δεδομένου ότι ενδιαφέρει η μεγαλύτερη περιοχή που μπορεί να καλυφθεί από το κύμα, **λαμβάνεται το εσώτερο (τελευταίο) προς την ξηρά ίχνος ανάβασης κύματος**. Επίσης ενδείκνυται να χρησιμοποιηθεί και ως “γεφύρωμα”, όταν μεταξύ δύο εναλλακτικών κριτηρίων, η χάραξη της ΠΟΑ δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με άλλο τρόπο. Η διάκριση του εν λόγω κριτηρίου στο λογισμικό eCognition καθίσταται ως επί το πλείστον ανέφικτη, ως εκ τούτου αυτό συνήθως αγνοείται και η επιφάνεια του αιγιαλού εκτείνεται έως το αμέσως επόμενο κριτήριο, όπως αποδεικνύεται στη συνέχεια.



Εικόνα 4-24: Η φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc.04000-22986(1)”

4.4.2. Κατάτμηση Πολλαπλής Ανάλυσης

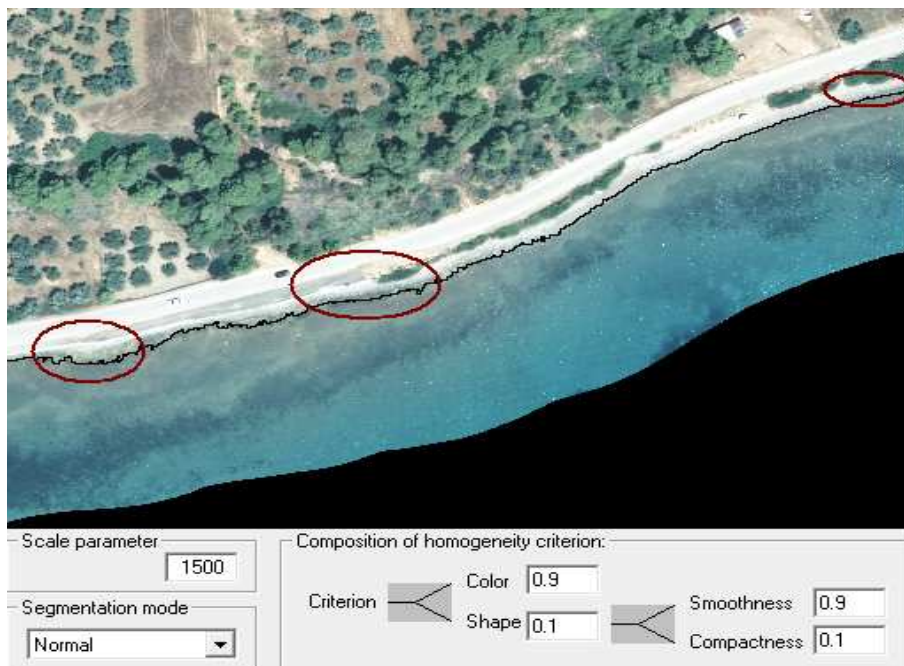
Προϊόν της διαδικασίας κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης αποτελεί η ιεραρχία των επιπέδων όπως αυτή συνίσταται αρχικά από τρία επίπεδα κατάτμησης. Με κατάλληλη επιλογή παραμέτρων και ανάλογα με τους στόχους που τέθηκαν εξ αρχής πραγματοποιείται η κατάτμηση τριών επιπέδων, εκ των οποίων το μέγιστο επίπεδο, το τρίτο αρχικά, αποσκοπεί στον διαχωρισμό της εικόνας σε στεριά και θάλασσα. Μετά την διαδικασία ωστόσο της κατάτμησης βάσει συνένωσης, όπως αυτή υλοποιείται ως τελικό στάδιο στην ανάλυση του επιπέδου 2, ανακύπτει ένα επιπλέον επίπεδο, όπου επρόκειτο να αναπαρασταθεί, μέσω της ενοποίησης των κατάλληλων αντικειμένων, ως ενιαία επιφάνεια η ζώνη του αιγιαλού. Το επίπεδο αυτό τοποθετείται πάνω από το επίπεδο 2 στην αρχική ιεραρχία των επιπέδων, ως εκ τούτου αντικαθιστά το αρχικό επίπεδο 3, το οποίο κατ αυτόν τον τρόπο επονομάζεται

επίπεδο 4. Λαμβάνοντας υπ' όψιν την παρατήρηση αυτή, από δω και στο εξής ως μέγιστο επίπεδο κατάτμησης, θα εξετάζεται το επίπεδο 4, όπως αυτό δημιουργήθηκε αρχικά προκειμένου να διαχωριστεί η υδάτινη επιφάνεια από το υπόλοιπο τμήμα της εικόνας.

4.4.2.1. Κατάτμηση 4ου επιπέδου

Το τέταρτο επίπεδο κατάτμησης αποτελεί το μέγιστο επίπεδο και αποσκοπεί στη δημιουργία μέγιστων αντικειμένων, προκειμένου να διαχωριστεί η αρχική εικόνα στις δύο βασικές κατηγορίες, στεριά και θάλασσα, και **να εντοπιστεί εν τέλει μέσα από αυτή τη διαδικασία η εσωτερη προς τη θάλασσα οριογραμμή της ζώνης του αιγιαλού**, δηλαδή η ακτογραμμή. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, επιλέγεται τιμή συντελεστή κλίμακας ίση με 1500, όπως στην προηγούμενη απεικόνιση άλλα και σε όλες όσες θα αποτελέσουν από δω και στο εξής αντικείμενο μελέτης, όπως αποδεικνύεται άλλωστε στη συνέχεια.

Αναφορικά με το κριτήριο ομοιογένειας, οι συνδυασμοί μεταξύ των σχετικών παραμέτρων που μπορούν να εφαρμοστούν είναι πολυάριθμοι. Προκειμένου να υλοποιηθεί η κατάτμηση του 4^{ου} επιπέδου, λαμβάνονται υπ' όψιν οι παράμετροι που συμμετείχαν αντίστοιχα στην κατάτμηση του εν λόγω επιπέδου στην αμέσως προηγούμενη απεικόνιση, προκειμένου να εξεταστεί κατά πόσο αυτές μπορούν να δώσει εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα και στις δύο εικόνες. Ως εκ τούτου εισάγεται τιμή παραμέτρου ίση με 0.9 στο φασματικό κριτήριο, επιτρέποντας έτσι τη μικρή συμμετοχή του σχηματικού κριτηρίου με τιμή αντίστοιχα ίση με 0.1, που μοιράζεται εν συνέχεια κατά 0.9 στο λείο της οριογραμμής και κατά 0.1 στο συμπαγές του σχήματος. Παράλληλα όπως σε κάθε περίπτωση υιοθετείται η αποκλειστική συμμετοχή του εγγύς υπέρυθρου καναλιού 4, δεδομένης της μικρής ανακλαστικότητας που παρουσιάζει το νερό σε αυτό, δίνοντας έτσι τιμή βάρους ίση με το 0, στα υπόλοιπα τρία κανάλια.

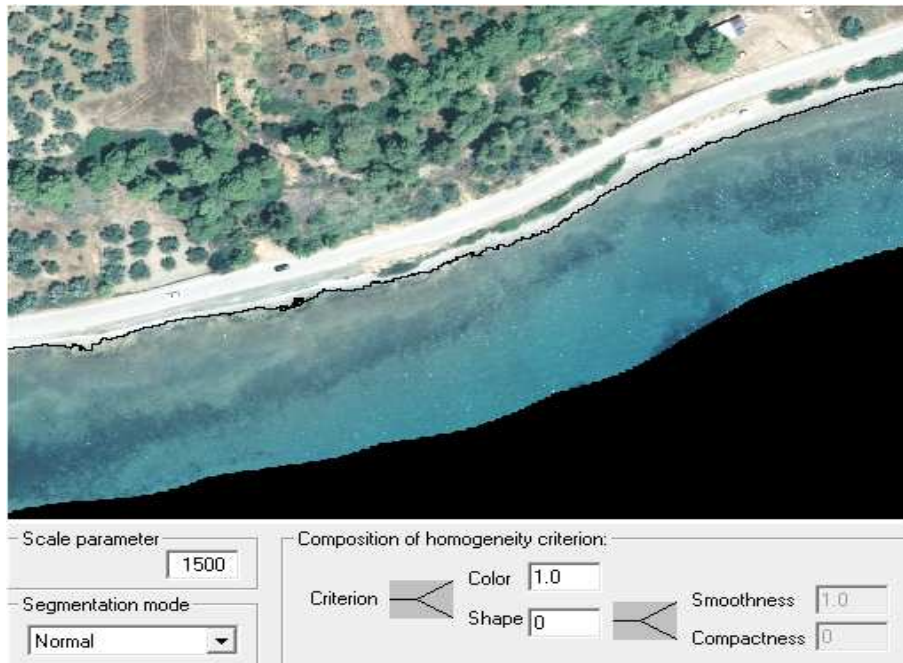


Εικόνα 4-25: Ένα κομμάτι της απεικόνισης “dmc.04000-22986(1)” και το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του επιπέδου 4

Στην εικόνα 4-25 σημαίνονται με κόκκινους κύκλους **ορισμένα λάθη**, ως επακόλουθο της επιλογής του συγκεκριμένου συνδυασμού παραμέτρων. Μολονότι δεν είναι άμεσα εμφανές, μικρά τμήματα της υδάτινης επιφάνειας έχουν λανθασμένα συμπεριληφθεί στο τμήμα της ξηράς, με αποτέλεσμα να μην ικανοποιείται ο αρχικός στόχος του ακριβούς εντοπισμού της ακτογραμμής. Ως εκ τούτου πραγματοποιείται μία δεύτερη κατάτμηση, αυξάνοντας την τιμή του φασματικού κριτηρίου από 0.9 σε 1, μην επιτρέποντας με τον τρόπο αυτό τη συμμετοχή του σχηματικού κριτηρίου ούτε στο ελάχιστο, ενώ παράλληλα εξακολουθεί να συμμετέχει αποκλειστικά το κανάλι 4, διατηρώντας μηδενικό βάρος σε όλα τα υπόλοιπα διαθέσιμα κανάλια.

Η συγκεκριμένη απεικόνιση αποτελεί τη μοναδική περίπτωση κατά την οποία η επιλογή της τιμής 0.9 στο φασματικό κριτήριο δεν ικανοποιεί τον αρχικό στόχο της εν λόγω κατάτμησης, όπως επρόκειτο να αποδειχθεί άλλωστε και στη συνέχεια.

Με βάση τη μικρή αυτή αλλαγή στον αρχικό συνδυασμό παραμέτρων, η κατάτμηση του 4^{ου} επιπέδου διαμορφώνεται ως εξής:



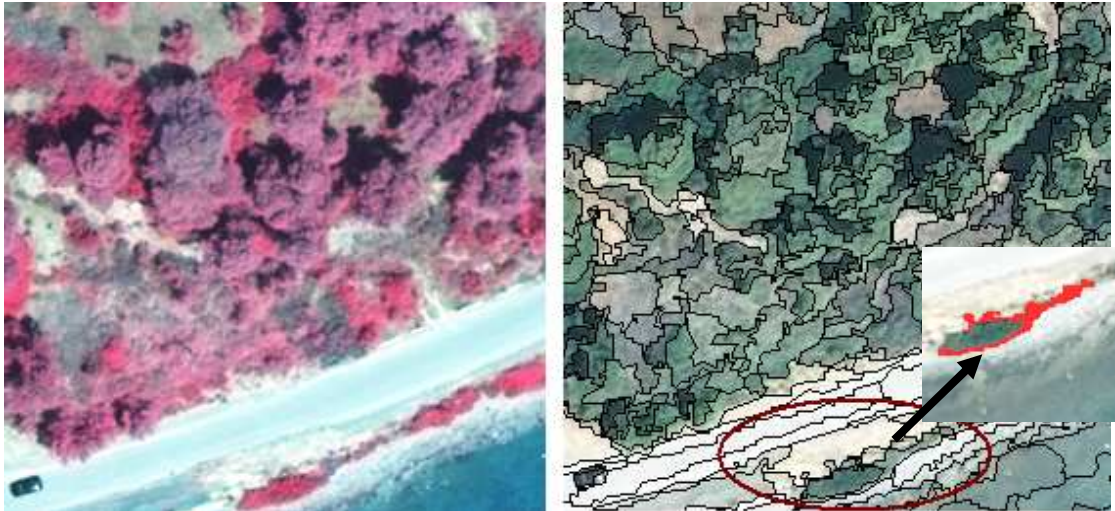
Εικόνα 4-26: Ένα κομμάτι της εικόνας “dmc.04000-22986(1)” και το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του επιπέδου 4

4.4.2.2. Κατάτμηση 1ου επιπέδου

Την κατάτμηση του 4^{ου} επιπέδου ακολουθεί η κατάτμηση του 1^{ου}, με απώτερο σκοπό τον **βέλτιστο εντοπισμό της βλάστησης**, στο μεταγενέστερο στάδιο της ταξινόμησης, οπότε κατεβλήθη ιδιαίτερη προσπάθεια κατά τη δημιουργία αυτού να προκύψουν το δυνατόν μικρότερα αντικείμενα, που θα παρέχουν την κατάλληλη φασματική πληροφορία για τον ακριβή υπολογισμό του κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης. Για τον σκοπό αυτό επιλέγεται αρχικά τιμή παραμέτρου κλίμακας ίση με 30.

Όσον αφορά στον **προσδιορισμό των βαρών του φασματικού και σχηματικού κριτηρίου**, ελήφθη υπ’ όψιν ότι η βλάστηση διαφοροποιείται φασματικά έντονα από τον υπόλοιπο χώρο έτσι επιλέγεται προαιρετικά το φασματικό κριτήριο να υπερτερεί του κριτηρίου σχήματος. Ως εκ τούτου εισάγεται αρχικά τιμή παραμέτρου φασματικού

κριτηρίου ίση με 0.7 και αντίστοιχα τιμή κριτηρίου σχήματος ίση με 0.3, το οποίο μοιράζεται με ίσο βάρος (0.5) στο λείο της οριογραμμής και στο συμπαγές του σχήματος, εξασφαλίζοντας έτσι ότι το συμπαγές των προκυπτόντων από τη διαδικασία αυτή τμημάτων, θα διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τον διαχωρισμό της βλάστησης. Υιοθετήθηκε παράλληλα η συμμετοχή και των τεσσάρων διαθέσιμων καναλιών, δίνοντας έτσι τιμή βάρους σε όλα ίση με τη μονάδα. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάτμησης παρουσιάζεται στην εικόνα 4-27 που ακολουθεί.



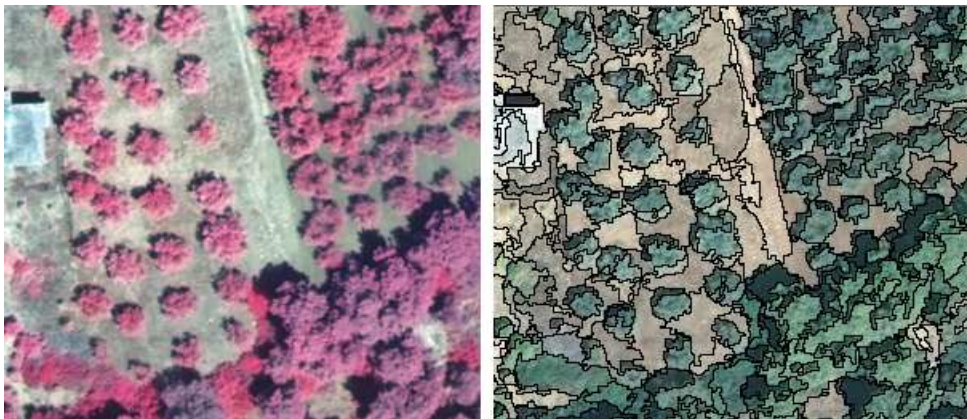
Εικόνα 4-27: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε εγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του 1^{ου} επιπέδου.

Τα τμήματα που προκύπτουν από τον συγκεκριμένο συνδυασμό παραμέτρων, διευκολύνουν ως επί τον πλείστον τον εντοπισμό της βλάστησης, η αξιολόγηση ωστόσο του αποτελέσματος της κατάτμησης δεν περιορίζεται σε αυτό. Ενδείκνυται παράλληλα να **ληφθεί υπ' όψιν η ιεραρχία των αντικειμένων**, σύμφωνα με την οποία τα τμήματα του συγκεκριμένου επιπέδου, ως χαμηλότερου μεταξύ όλων, αποτελούν υποαντικείμενα των τμημάτων όλων των ανωτέρων από δω και στο εξής επιπέδων, επομένως διατηρούν τα όρια τους και επηρεάζουν με ανάλογο τρόπο το σχήμα των αντίστοιχων υπεραντικειμένων τους. Στην εικόνα 4-27 είναι εμφανής η ένωση τμήματος του αιγιαλού κάτω από τη βλάστηση σε ένα ενιαίο αντικείμενο με το γυμνό έδαφος δεξιά και πέραν αυτής, όπως αυτή σημαίνεται με κόκκινο κύκλο. Με βάση την προηγούμενη παρατήρηση, το αντικείμενο αυτό μολονότι δεν επρόκειτο να επηρεάσει στην συνέχεια την ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου, αν αγνοηθεί θα προβληθεί είτε ως έχει είτε ως μεγαλύτερο στο δεύτερο επίπεδο κατάτμησης, όπου θα εξεταστεί μεταξύ των άλλων και η ζώνη του αιγιαλού εξασφαλίζοντας ως εκ τούτου την από αυτή τη στιγμή ανακριβή οριοθέτησή της.

Ως επακόλουθο, πραγματοποιείται μία σειρά αλληπάλληλων δοκιμών, που αξιολογούνται ώστε να ικανοποιείται αφενός η προηγούμενη απαίτηση, αφετέρου να υλοποιείται ο αρχικός στόχος της δημιουργίας αυτού του επιπέδου, δηλαδή ο βέλτιστος εντοπισμός της βλάστησης. Τελικά τα βέλτιστα αποτέλεσμα απέδωσε ο εξής συνδυασμός παραμέτρων: συμμετοχή και των τεσσάρων διαθέσιμων καναλιών με βάρος 1, μικρή αύξηση του φασματικού κριτηρίου από 0.7 σε 0.8, δίνοντας έτσι τιμή σχηματικού κριτηρίου ίση με 0.2, το οποίο μοιράστηκε στις δύο συνιστώσες του που αφορούν το λείο της οριογραμμής και το συμπαγές ου σχήματος, κατά 0.6 και 0.4 αντίστοιχα. Όσον αφορά στην παράμετρο της κλίμακας, διατηρείται η τιμή που

επιλέχτηκε αρχικά, δηλαδή η τιμή 30, αφού οποιαδήποτε έστω και μικρή αύξηση αυτής δεν επιτρέπει την επίλυση του προβλήματος της ένωσης των ανόμοιων θεματικών κατηγοριών σε ενιαία αντικείμενα. Συνεπώς, αφού το προηγούμενο λάθος διορθώθηκε μέσω της αλλαγής των φασματικών κριτηρίων, δεν κρίνεται αναγκαίο να μεταβληθεί η παράμετρος της κλίμακας, εφόσον αυτή δεν δημιουργεί κάποιο επιπλέον πρόβλημα στο τελικό αποτέλεσμα της κατάτμησης.

Στην εικόνα 4-28 παρατίθεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής του τελικού συνδυασμού παραμέτρων για ένα τμήμα της απεικόνισης, που εμφανίζεται αριστερά σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412, με την βλάστηση να σημαίνεται με κόκκινο χρώμα. Αντίστοιχα τα τμήματα που ανακλύπτον ως αποτέλεσμα της αυτής κατάτμησης περιγράφονται στην εικόνα δεξιά με μαύρα όρια, επιτρέποντας την περαιτέρω αξιολόγηση του αποτελέσματος.



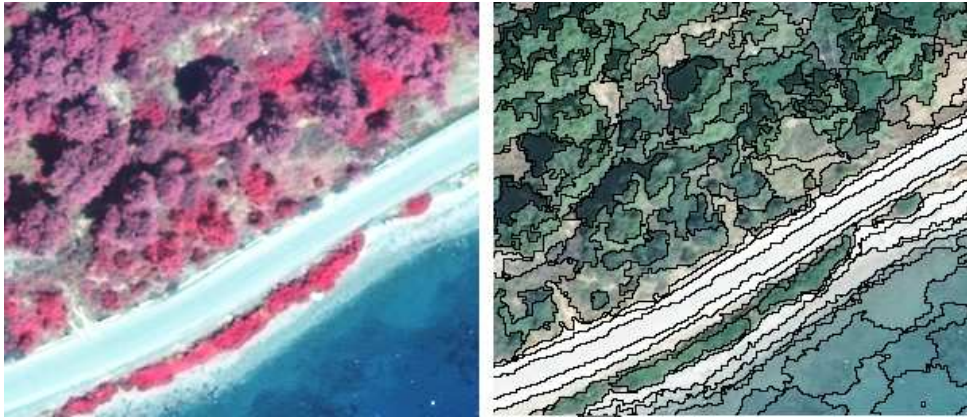
Εικόνα 4-28: Αριστερά ένα κομμάτι της απεικόνισης σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 1^{ου} επιπέδου

4.4.2.3. Κατάτμηση 2ου επιπέδου

Ακολουθεί η δημιουργία του 2^{ου} επιπέδου, κατά την οποία καταβάλλεται προσπάθεια τα αντικείμενα του να προκύψουν με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξυπηρετούν ταυτόχρονα την ταξινόμηση όλων των εντοπιζόμενων κατηγοριών εδαφοκάλυψης, αφού μόνο έτσι είναι δυνατόν να **επιτευχθεί η πιστοποίηση των κριτηρίων που λήφθηκαν υπ' όψιν για την χάραξη της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού (ΠΟΑ)**. Τα μικρά και σχετικά συμπαγή τμήματα που προέκυψαν από την κατάτμηση του προηγούμενου επιπέδου, διευκολύνουν σαφώς τον εντοπισμό της βλάστησης, ωστόσο η μικρή τιμή που έχει δοθεί στο λείο της οριογραμμής (=0.6) δεν διευκολύνει την διάκριση των επιμηκών χαρακτηριστικών της εικόνας, δηλαδή του δρόμου, ως μια κατηγορία που οφείλει επίσης να ταξινομηθεί με βάση την προηγούμενη απαίτηση.

Ως εκ τούτου πραγματοποιείται μία νέα κατάτμηση διατηρώντας την προηγούμενη τιμή του φασματικού κριτηρίου ίση με 0.8 και αντίστοιχα την τιμή 0.2 στο κριτήριο του σχήματος, η οποία μοιράστηκε στα επιμέρους κριτήρια κατά 0.9 στο λείο της οριογραμμής και κατά 0.1 στο συμπαγές του σχήματος. Με την αύξηση της τιμής στο κριτήριο που αφορά στο λείο της οριογραμμής (από 0.6 σε 0.9) εξασφαλίζεται ότι τα τμήματα που θα προκύψουν μετά τη συγχώνευση θα είναι περισσότερο επιμήκη, παρέχοντας ως εκ τούτου ένα επιπλέον μέσο διαχωρισμού του δρόμου από τις υπόλοιπες κατηγορίες κάλυψης γης.

Τέλος, η παράμετρος της κλίμακας αυξάνεται από 30 σε 45, που επιτρέπει τη συγχώνευση ήδη υπάρχοντων τμημάτων σε μεγαλύτερα και εξασφαλίζεται ότι αυτά θα διατηρήσουν, όσο φυσικά αυτό είναι δυνατόν, τη φασματική τους ομοιογένεια. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής αυτού του συνδυασμού παραμέτρων παρουσιάζεται στην εικόνα 4-29 για ένα τμήμα της υπο μελέτης απεικόνισης, που εμφανίζεται αριστερά στο έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά στο σύνθετο RGB:123.

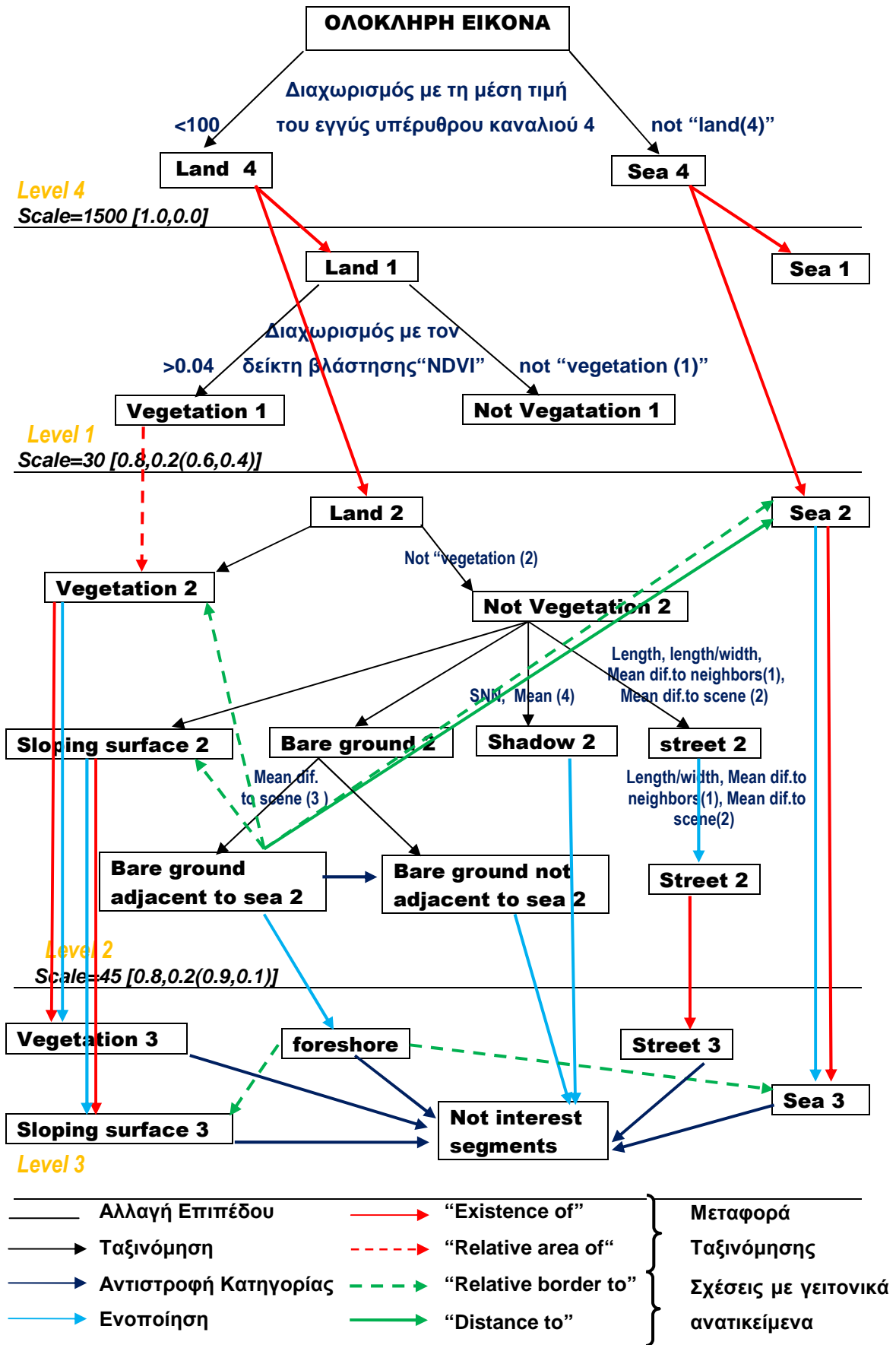


Εικόνα 4-29: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 2^{ου} επιπέδου

4.4.3. Ταξινομήσεις

Ακολουθεί η διαδικασία της ταξινόμησης των δεδομένων, όντας το σημαντικότερο κομμάτι της παρούσης μελέτης, καθώς μετά την εκτέλεση της φαίνεται στην πράξη κατά πόσο έχουν ή όχι επιτευχθεί οι στόχοι που τέθηκαν εξ' αρχής.

Η προσέγγιση που επρόκειτο να ακολουθηθεί δεν διαφέρει σε τίποτα από την προσέγγιση που σχεδιάστηκε αντίστοιχα κατά την υλοποίηση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης στην απεικόνιση που προηγείται (βλ. εδάφιο 4.3.3) και ως εκ τούτου η περιγραφή της στο σημείο αυτό παραλείπεται. Αντί αυτής παρατίθεται στη συνέχεια ο **αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων**, όπου παρουσιάζεται γραφικά η στρατηγική που ακολουθείται για την εξαγωγή των σωστών, σύμφωνα με τους αρχικούς στόχους, αποτελεσμάτων.

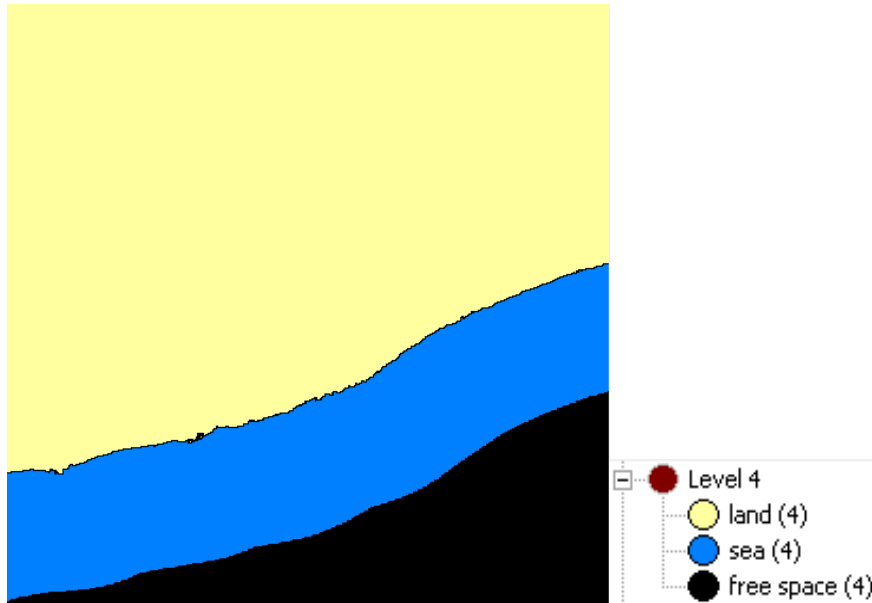


Εικόνα 4-30: Αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων

4.4.3.1. Ταξινόμηση 4ου επιπέδου

Το 4^ο επίπεδο δημιουργήθηκε αρχικά στο στάδιο της κατάτμησης, προκειμένου να διαχωριστεί η υδάτινη επιφάνεια από το υπόλοιπο τμήμα της εικόνας και να προσδιοριστεί κατ'αυτόν τον τρόπο η ακτογραμμή, ως εσωτερη προς τη θάλασσα οριογραμμή της ζώνης του αιγιαλού.

Προκειμένου η ταξινόμηση του 4^{ου} επιπέδου να υλοποιηθεί ακολουθείται η ίδια διαδικασία που έλαβε χώρα αντίστοιχα στη μελέτη της προηγούμενης απεικόνισης (βλ. εδάφιο 4.3.3.1.). Με βάση τη στρατηγική αυτή, παρατίθεται στην εικόνα 4-31 το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου.



Εικόνα 4-31: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου ανάλυσης

4.4.3.2. Ταξινόμηση 1ου επιπέδου

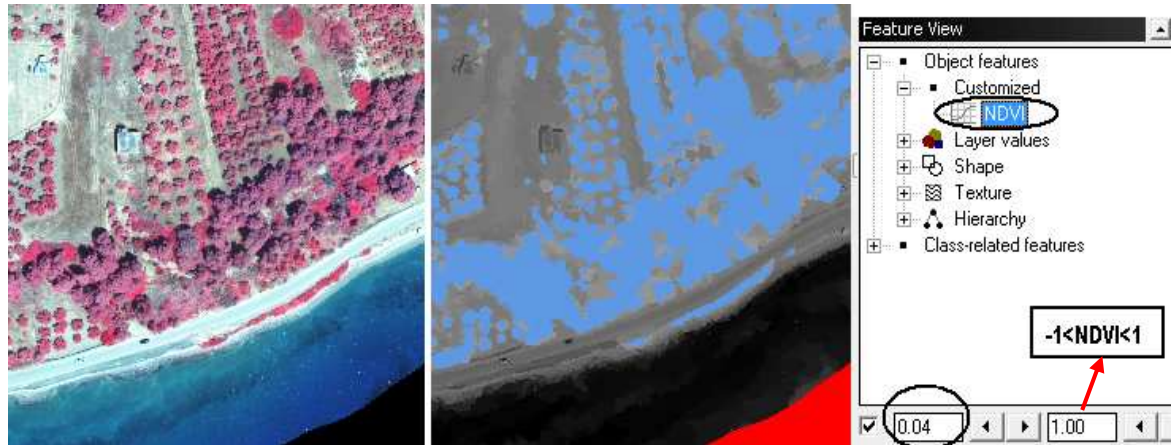
Ακολουθεί η ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου, όπως αυτό δημιουργήθηκε στο στάδιο της πολλαπλής κατάτμησης εικόνας, ώστε τα μικρά αντικείμενα του να ταξινομηθούν με τη βοήθεια ενός κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης σε περιοχές με ή χωρίς καθόλου βλάστηση.

Προκειμένου η ταξινόμηση αυτή να υλοποιηθεί, δημιουργούνται αρχικά οι κατηγορίες land(1) και sea(1), και ακολουθείται έπειτα η στρατηγική που προηγήθηκε στην ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου της προηγούμενης απεικόνισης (βλ. εδάφιο 4.3.3.2.). Η μόνη διαφορά έγκειται στον δείκτη NDVI, η τιμή του οποίου μεταβάλλεται από μελέτη σε μελέτη, άλλοτε λιγότερο άλλοτε περισσότερο, **δεδομένης της διαφορετικής ραδιομετρίας μεταξύ των υπο εξέταση απεικονίσεων**. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε πολλούς **παράγοντες**, μεταξύ των οποίων η περιοχή που απεικονίζεται κάθε φορά, τα διάφορα είδη βλάστησης, το στάδιο ανάπτυξης αυτής, η ύπαρξη ή μη σκιών στην εκάστοτε απεικόνιση και ούτω καθ'εξής. Από τη φωτοερμηνεία της εικόνας και την απεικόνιση των τιμών του χαρακτηριστικού NDVI (βλ. εικόνα 4-32), ο διαχωρισμός των δύο κατηγοριών, “vegetation (1)”, “not vegetation (1)”, διαμορφώνεται εκ νέου ως εξής:

- ✓ vegetation(1)”: Ορίζεται με τη βοήθεια μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής μορφής S, με διάστημα ασάφειας από 0.03 έως 0.05, που δηλώνει τη συμμετοχή

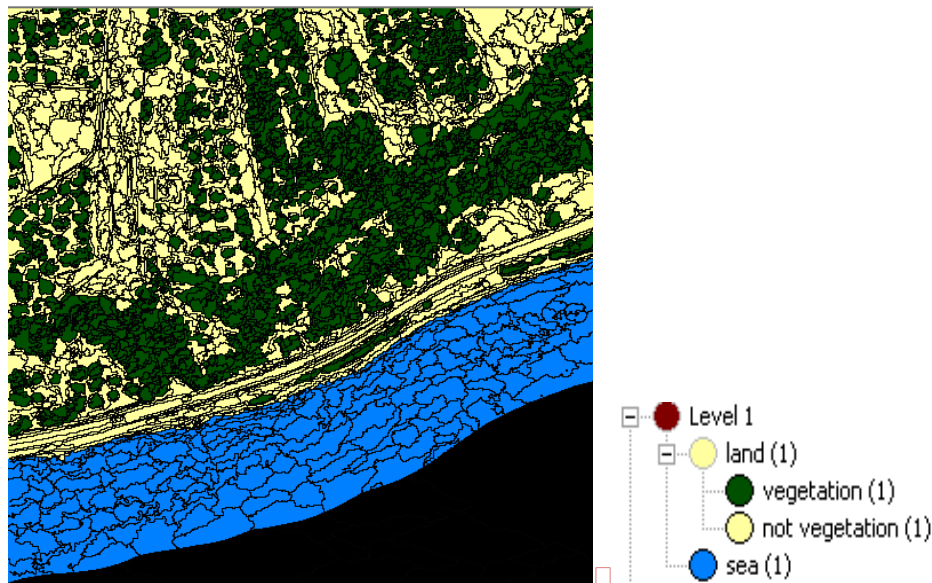
σε αυτή των αντικειμένων που παρουσιάζουν τιμή κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης (NDVI) μεγαλύτερη από 0.04 τιμές ανακλαστικότητας.

- ✓ “not vegetation(1)”:Ορίζεται με την αντιστροφή (invert) της κατηγορίας “vegetation(1)”, στο αντίστοιχο πλαίσιο διαλόγου αυτής.



Εικόνα 4-32: Επιλογή τιμών Χαρακτηριστικού NDVI στο πλαίσιο διαλόγου Feature View για τον βέλτιστο εντοπισμό της βλάστησης

Με βάση τις περιγραφές αυτές, η ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου διαμορφώνεται ως εξής:



Εικόνα 4-33: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1^{ου} επιπέδου ανάλυσης

4.4.3.3. Ταξινόμηση 2ου επιπέδου

Στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης επρόκειτο να περιγραφούν και να οριοθετηθούν όλες οι θεματικές κατηγορίες που εντοπίζονται στην περιοχή, ώστε αυτές να διαφαίνονται στο τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης και να επαληθεύονται κατ’ αυτόν τον τρόπο τα κριτήρια χάραξης που λήφθηκαν υπ’ όψιν εξ αρχής (όριο βλάστησης και στέψη πρानούς).

Προκειμένου η ταξινόμηση αυτή να υλοποιηθεί, ορίζονται αρχικά, όπως στην προηγούμενη περίπτωση, οι κατηγορίες “land(2)” και “sea(2)”, ως κατηγορίες-γόνιοι

της γενικής Level 2, για τον ορισμό των οποίων **χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου**. Ορίζεται συνεπώς η κατηγορία “sea(2)” να περιέχει όλα εκείνα τα αντικείμενα στα οποία υπάρχει η κατηγορία “sea(4)” σαν υπερ-αντικείμενο, μέσω μιας συνάρτησης συμμετοχής, μορφής Z, με τιμές από 0 έως 1, όπως ακριβώς ορίζεται η αντίστοιχη κατηγορία του 1^{ου} επιπέδου ανάλυσης (βλ. εικόνα 4-14). Ομοίως ορίζεται και η κατηγορία “land(2)”.

Έπειτα η κατηγορία στεριά χωρίζεται στις δύο κατηγορίες “vegetation (2)” και “not vegetation (2)”, με την δεύτερη να αποτελεί εξ ορισμού την αντίστροφη της πρώτης. Για τον ορισμό της βλάστησης **χρησιμοποιείται πληροφορία του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου 1**, ορίζεται συνεπώς στην κατηγορία “vegetation(2)” να συμμετέχουν όλα εκείνα τα αντικείμενων των οποίων τουλάχιστον το 50% (0.5) των υπο-αντικειμένων τους έχουν ταξινομηθεί ως βλάστηση στο επίπεδο 1 (relative area of vegetation(1) sub-objects), μέσω μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής, μορφής S, με διάστημα ασάφειας από 0.4 έως 0.6 (βλ. Εικόνα 4-17). **Η επιλογή του συγκεκριμένου διαστήματος τιμών γίνεται εμπειρικά και επαληθεύεται** έπειτα από μια σειρά αλληπάλληλων δοκιμών στο πλαίσιο διαλόγου Feature View, για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Έπειτα, στην κατηγορία “not vegetation(2)” ορίζεται να συμμετέχουν όσα αντικείμενα δεν έχουν ταξινομηθεί ως βλάστηση, βάσει της προηγούμενης περιγραφής, μέσω της έκφρασης «not “vegetation(2)”» στην περιγραφή της πρώτης.

Ακολουθεί ο διαχωρισμός της κατηγορίας “not vegetation(2)” σε όλες τις υπόλοιπες, πλην της βλάστησης, κατηγορίες εδαφοκάλυψης που εντοπίζονται στην υπό μελέτη απεικόνιση. Ως εκ τούτου δημιουργούνται τέσσερις νέες κατηγορίες, “street(2)”, “sloping surface(2)”, “shadow(2)” και “bare ground(2)”, ως κατηγορίες - γόνοι της αρχικής “not vegetation (2)”, ενώ η κατηγορία “bare ground” επρόκειτο να διαχωριστεί επιπλέον στις κατηγορίες “bare ground adjacent to sea(2)” και στην αντίστροφη αυτής “bare ground not adjacent to sea(2)”.

Πρώτη κατηγορία προς ταξινόμηση αποτελεί ο δρόμος, για τον ορισμό του οποίου λαμβάνεται υπ’ όψιν τόσο το σχήμα των αντικειμένων όσο και τα φασματικά χαρακτηριστικά αυτών. Η περιγραφή της εν λόγω κατηγορίας διαμορφώνεται αρχικά ως εξής:

AN ο λόγος μήκος/πλάτος (length/width) ενός αντικειμένου είναι μεγαλύτερος από 19 μέτρα

ΚΑΙ

το μήκος του (length) είναι μεγαλύτερο από 28 μέτρα

ΚΑΙ

η μέση διαφορά του ως προς τους γείτονες στο κανάλι 1 (mean dif. to neighbors (1)) είναι μικρότερη από 27 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

ΚΑΙ

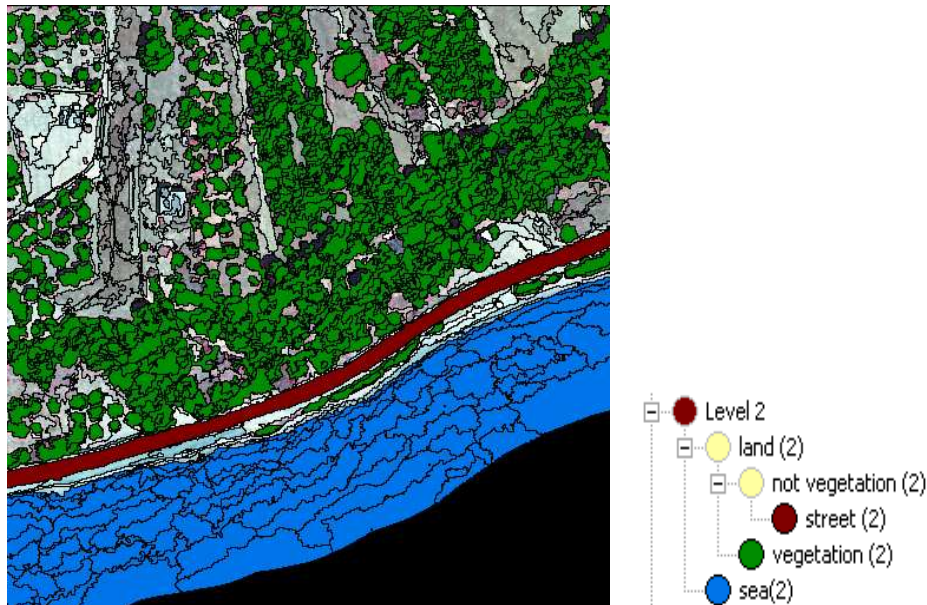
η μέση διαφορά του ως προς τη συνολική εικόνα στο κανάλι 2 (mean dif. to scene (2)) είναι μεγαλύτερη από 90 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

TOTE το αντικείμενο ταξινομείται στην κατηγορία “δρόμος” του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης.

Προς το παρόν έχει υλοποιηθεί η ταξινόμηση των κατηγοριών «θάλασσα», «βλάστηση» και «δρόμος» και απομένει ο ορισμός αντίστοιχα των κατηγοριών «πρανές», «σκιά» και «γυμνό έδαφος». Η **φασματική εγγύτητα** ωστόσο ορισμένων τμημάτων του δρόμου και αυτών του πρανούς δεν επιτρέπει τον διαχωρισμό μεταξύ των δύο αυτών κατηγοριών και κατ’ επέκταση την ανάδειξη της δεύτερης κατηγορίας,

που όπως θα αποδειχθεί στην συνέχεια δεν μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση του διαθέσιμου υψομετρικού μοντέλου εδάφους, δεδομένης της χαμηλής ακρίβειας αυτού. Μειώνοντας τον αριθμό των όμοιων φασματικά αντικειμένων, μέσω της συνένωσης όλων των τμημάτων που απαρτίζουν τον δρόμο σε ένα μόλις ενιαίο αντικείμενο, ενδέχεται να επιλυθεί κατά πολύ το πρόβλημα του διαχωρισμού των εν λόγω κατηγοριών. Ως εκ τούτου επιχειρείται στο σημείο αυτό **ταξινόμηση βάσει συνένωσης**, ως εργαλείο της διαδικασίας «κατάτμηση βάσει ταξινόμησης», με απώτερο σκοπό την ενοποίηση των τμημάτων που ταξινομήθηκαν στην κατηγορία δρόμος, ως επακόλουθο της προηγούμενης περιγραφής σε ένα βελτιωμένο επίπεδο που διατηρεί τις ίδιες παραμέτρους κατάτμησης. Μετά το πέρας αυτής της διαδικασίας διατηρείται η ίδια ακριβώς ιεραρχία κατηγοριών, για τον ορισμό των οποίων χρησιμοποιούνται οι περιγραφές που διαμορφώθηκαν εξ αρχής. Παρατηρείται ωστόσο ότι η ύπαρξη η μη του χαρακτηριστικού “length” στην περιγραφή της κατηγορίας «δρόμος» δεν επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης αυτής οπότε και αφαιρείται, ενώ οι υπόλοιπες τρεις ιδιότητες (length/width, mean dif. to neighbors(1) και mean dif. to scene(2)), διατηρούνται ακριβώς ως έχουν.

Η τελική ταξινόμηση της κατηγορίας «δρόμος», ως προϊόν της παραπάνω διαδικασίας, παρατίθεται στην εικόνα 4-34.

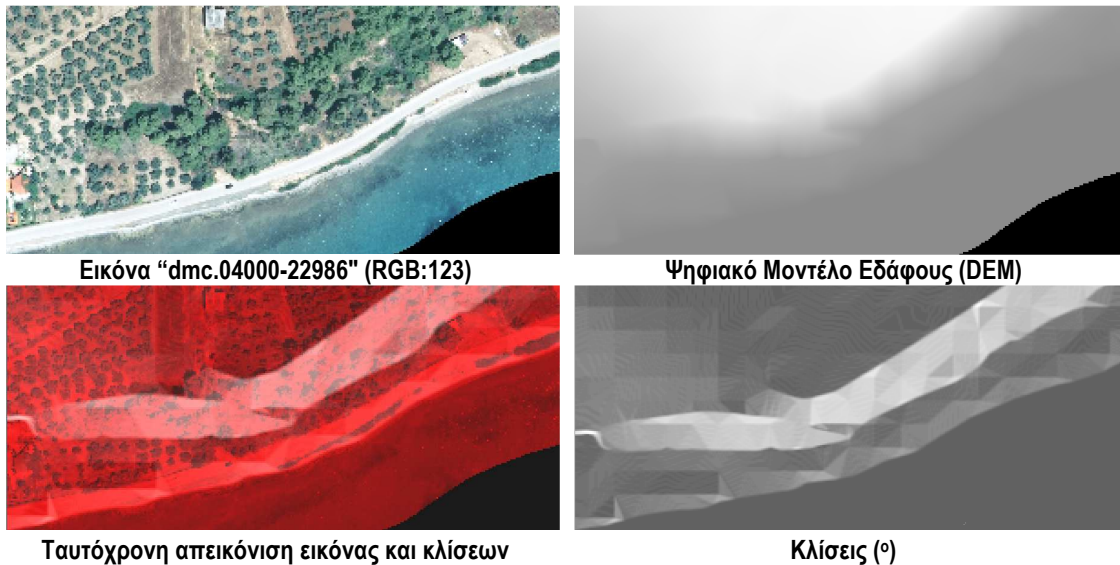


Εικόνα 4-34: Η ταξινόμηση της κατηγορίας «δρόμος» στην ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Ακολουθεί ο ορισμός του πρσανούς, η ανάδειξη του οποίου κρίνεται απαραίτητη ώστε η στέψη αυτού να ταυτιστεί με την άνω οριογραμμή του αιγιαλού, βάσει του αντίστοιχου κριτηρίου χάραξης. Προκειμένου η «στέψη πρσανούς» να αποτελέσει κριτήριο για την χάραξη της ΠΟΑ, ενδείκνυται κατά τη φωτοερμηνεία της εκάστοτε εικόνας, όπως αυτή υλοποιείται στο αρχικό στάδιο ανάλυσης αυτής, να λαμβάνεται υπ' όψιν υψομετρική πληροφορία. Αυτό στην πράξη επιτυγχάνεται με την **εναλλασσόμενη απεικόνιση** επί της οθόνης της εικόνας που αποτελεί αντικείμενο μελέτης κατά περίπτωση και του αντίστοιχου ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Η **χαμηλή ακρίβεια** ωστόσο του διαθέσιμου υψομετρικού μοντέλου, δεν επιτρέπει την

κατ' αυτόν τον τρόπο ανάδειξη του πρηνούς, όπως αποδεικνύεται άλλωστε στην συνέχεια.

Στην εικόνα 4-35 παρατίθεται η υπό μελέτη απεικόνιση στο έγχρωμο σύνθετο RGB:123 και το αντίστοιχο ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) μέσω του οποίου **υπολογίστηκαν (σε μοίρες) οι κλίσεις** στο περιβάλλον του λογισμικού Arc GIS. Υψηλές τιμές ανακλαστικότητας συνεπάγονται μεγάλα υψόμετρα και μεγάλες κλίσεις αντίστοιχα, όπως αυτές διαφαίνονται στην εικόνα κάτω αριστερά. Προκειμένου να αναδειχθούν στην απεικόνιση οι υπολογιζόμενες κλίσεις, αυτές αποθηκεύονται σε ένα αρχείο με το όνομα "04000-22086_slope.tif" εισάγονται μαζί με την εικόνα (αρχείο "0400-22986.tif") σε ένα καινούριο project στο λογισμικό eCognition για την ταυτόχρονη απεικόνιση τους, το αποτέλεσμα της οποίας παρατίθεται στην κάτω αριστερή εικόνα. □



Ταυτόχρονη απεικόνιση εικόνας και κλίσεων
Εικόνα 4-35: Η ανέφικτη ανάδειξη του πρηνούς στην απεικόνιση "dmc.04000-2296" με τη χρήση του αντίστοιχου Ψ.Μ.Ε.

Παρατηρείται ότι οι κλίσεις που έχουν προκύψει είναι ανακριβείς και δεν διασφαλίζουν την κατ' αυτόν τον τρόπο ανάδειξη του πρηνούς στο κάτω αριστερό μέρος της υπο μελέτη απεικόνισης.

Ως εκ τούτου ακολουθείται μία **προσέγγιση** κατά την οποία **επιχειρείται ο φασματικός διαχωρισμός** της εν λόγω κατηγορίας, λαμβάνοντας υπ' όψιν τη μικρή διαφοροποίηση αυτής στο έγχρωμο σύνθετο RGB:123, όπου απεικονίζεται με έναν ελαφρώς πιο σκούρο τόνο έναντι των συγγενών φασματικών κατηγοριών «δρόμος» και «αιγιαλός» που την περιστοιχίζουν. Να σημειωθεί ότι εάν δεν είχε προηγηθεί η ενοποίηση των τμημάτων του δρόμου, η διαφοροποίηση αυτή πιθανόν δεν θα ήταν αρκετή για τον διαχωρισμό των δύο εν λόγω κατηγοριών. Ο συγκεκριμένος τρόπος ανάδειξης του πρηνούς **δεν κρίνεται σωστός** αλλά αποτελεί μία **διαδικασία προαπαιτούμενη** για την διεκπεραίωση του αρχικού στόχου. Αυτό που γίνεται ουσιαστικά είναι μία παραδοχή στη συγκεκριμένη περίπτωση και πέραν αυτής δεν θεωρείται ότι η εφαρμογή των κανόνων που συνθέτουν την αντίστοιχη περιγραφή θα δώσουν κάποιο αξιόλογο αποτέλεσμα σε οποιαδήποτε αντίστοιχη περίπτωση μελέτης. Ως εκ τούτου η κατηγορία "sloping surface" επωνομάζεται "sloping surface based on spectral info" υπονοώντας κατ' αυτόν τον τρόπο ότι **αποτελεί απλά μία**

«προσέγγιση» του πρανούς. Μετά από αλληπάλληλες απεικονίσεις των τιμών διαφόρων χαρακτηριστικών στο πλαίσιο διαλόγου Feature View, η περιγραφή της κατηγορίας «πρανές βασισμένο σε φασματικά χαρακτηριστικά» διαμορφώνεται ως εξής:

AN η φωτεινότητα (brightness) ενός αντικείμενου βρίσκεται στο διάστημα τιμών από 140 έως 170 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

ΚΑΙ

Η μέση τιμή του στο κανάλι 3 (mean 04000-22986(3)) βρίσκεται στο διάστημα τιμών από 160 έως 200 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

ΚΑΙ

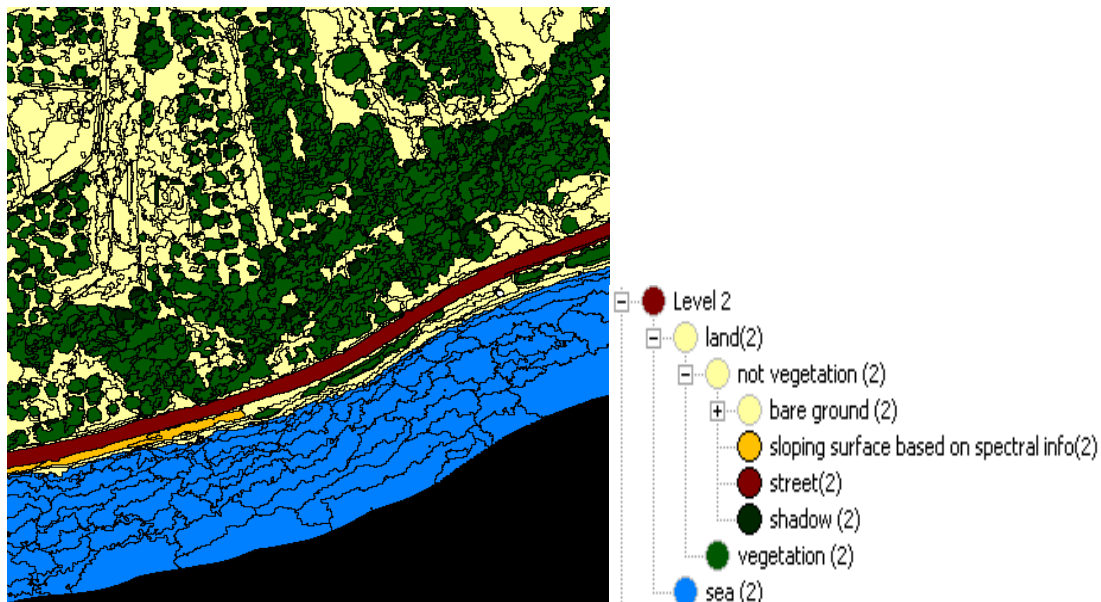
Ο λόγος του καναλιού 3 προς το άθροισμα όλων των καναλιών (ratio 04000-22986(3)) κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0.23 και 0.25 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

ΚΑΙ

Το πλάτος του (width) βρίσκεται στο διάστημα τιμών από 1.5 έως 3.5 μέτρα

TOTE το αντικείμενο ταξινομείται στην κατηγορία «πρανές βασισμένο σε φασματικά χαρακτηριστικά» του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης.

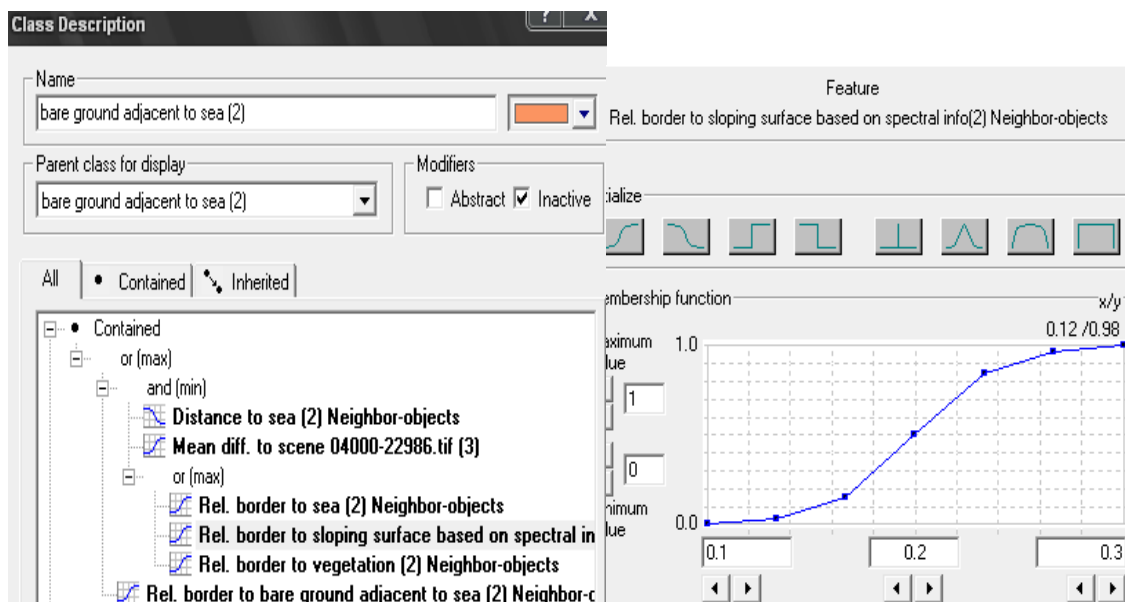
Επομένη κατηγορία προς ταξινόμηση αποτελεί η «σκιά», στην οποία ορίζεται να συμμετέχουν τα αντικείμενα που παρουσιάζουν μέση τιμή στο κανάλι 4 (mean (04000-22986(4)) μικρότερη από 90 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας, μέσω μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής, μορφής Z, με διάστημα ασάφειας από 89 έως 91. Παράλληλα γίνεται χρήση της μεθόδου εγγύτερης γειννίας και δειγμάτων. Τέλος στην κατηγορία «γυμνό έδαφος» συμμετέχουν όσα αντικείμενα δεν έχουν ταξινομηθεί, βάσει των προηγούμενων περιγραφών, ούτε ως δρόμος, ούτε ως πρανές και ούτε ως σκιά (Invert similarity to: street(2), sloping surface based on spectral info(2), shadow(2)). Σύμφωνα με τους ορισμούς αυτούς η ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου έχει ως εξής:



Εικόνα 4-36: Μία πρώτη ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Προκειμένου να εξαχθεί το ζητούμενο, η κατηγορία «γυμνό έδαφος» χωρίζεται σε δύο επιμέρους κατηγορίες, «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα» και «γυμνό

έδαφος όχι παρακείμενο στη θάλασσα», με την πρώτη κατηγορία να εκπροσωπεί στο επίπεδο αυτό την υπό μελέτη παράκτια ζώνη του αιγιαλού. Η ταξινόμηση αυτής πραγματοποιείται τελευταία σε σειρά έτσι ώστε να μπορεί να συμμετάσχει στην περιγραφή της οποιοδήποτε χαρακτηριστικό συσχετιζόμενο με κάποια άλλη κατηγορία του ίδιου επιπέδου, της οποίας η ταξινόμηση έχει προηγηθεί. Το όριο βλάστησης εξακολουθεί να αποτελεί κριτήριο χάραξης της ΠΟΑ και σε αυτή την περίπτωση, διατηρείται ως εκ τούτου η περιγραφή της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα», ακριβώς όπως διαμορφώθηκε τελικά στην μελέτη της πρώτης απεικόνισης (βλ. Εικόνα 4-20). Λαμβάνοντας ωστόσο υπ' όψιν το δεύτερο κριτήριο μελέτης, βάσει του οποίου η χάραξης της ΠΟΑ υλοποιείται στη στέψη του πρανούς, ενδείκνυται στην περιγραφή της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα» να εισαχτεί ένα επιπρόσθετο χαρακτηριστικό προκειμένου να συμμετέχουν σε αυτή όσα αντικείμενα παρουσιάζουν επιπλέον σχετικό όριο με το πρανές, ενώ ικανοποιούν παράλληλα και όλες τις άλλες υπόλοιπες προϋποθέσεις.



Εικόνα 4-37: Η συνάρτηση συμμετοχής του χαρακτηριστικού «σχετικό όριο με το πρανές βασισμένο σε φασματικά χαρακτηριστικά» στην περιγραφή της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα»

Με βάση τη μικρή αυτή διαφοροποίηση, η περιγραφή της εν λόγω κατηγορίας διαμορφώνεται εκ νέου ως εξής:

ΑΝ

Ή

η απόσταση ενός αντικειμένου από τη θάλασσα είναι μικρότερη από 50 μέτρα

ΚΑΙ

η μέση διαφορά του ως προς τη συνολική εικόνα στο κανάλι 3 είναι μεγαλύτερη από 22 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

Ή

Το σχετικό του όριο με το πρανές είναι μεγαλύτερο από 0.2 (20%)

Ή

Το σχετικό όριο του με τη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.1 (10%)

Ή

Το σχετικό όριο του με τη βλάστηση είναι μεγαλύτερο από 0.5 (50%)

Ή

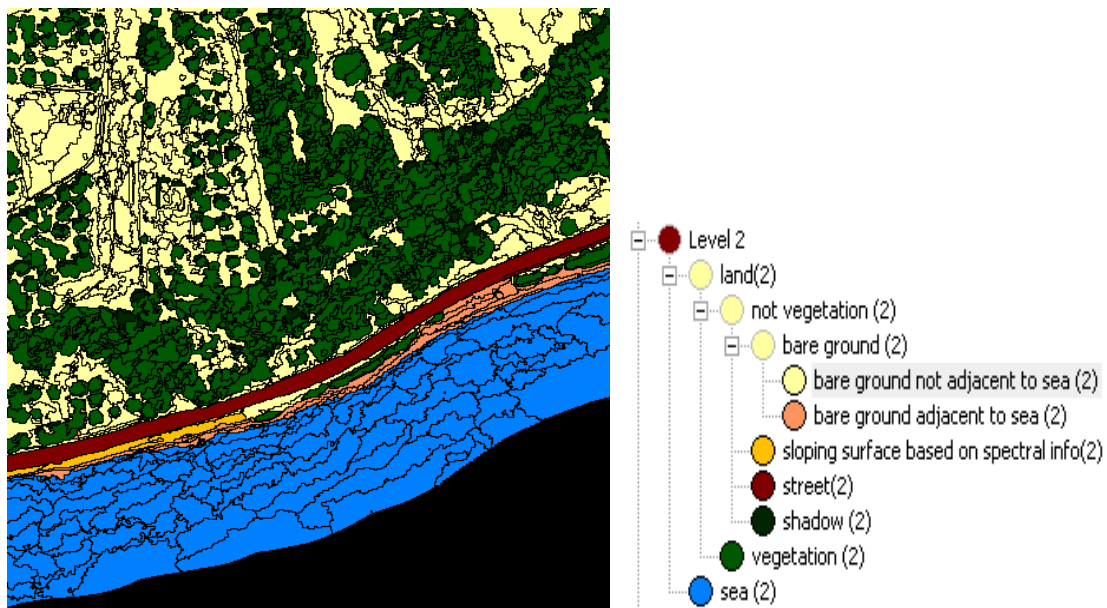
το σχετικό όριο του με τα αντικείμενα που έχουν αποδοθεί στην κατηγορία γυμνό έδαφος κοντά στη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.3 (30%)

ΤΟΤΕ

Το αντικείμενο αυτό ταξινομείται στην κατηγορία “γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα” του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης.

Η κατηγορία «γυμνό έδαφος όχι παρακείμενο στη θάλασσα» ορίζεται ως η αντίστροφη της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα, μέσω της εισαγωγής, στο πλαίσιο διαλόγου της πρώτης, της έκφρασης “not “bare ground adjacent to sea(2)””.

Το αποτέλεσμα της τελικής ταξινόμησης του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης παρατίθεται στην εικόνα 4-38:



Εικόνα 4-38: Το αποτέλεσμα της τελικής ταξινόμησης του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Συνολικά οι συναρτήσεις συμμετοχής και τα πεδία τιμών αναγράφονται για όλες τις κατηγορίες στο πίνακα 4-4 που ακολουθεί.

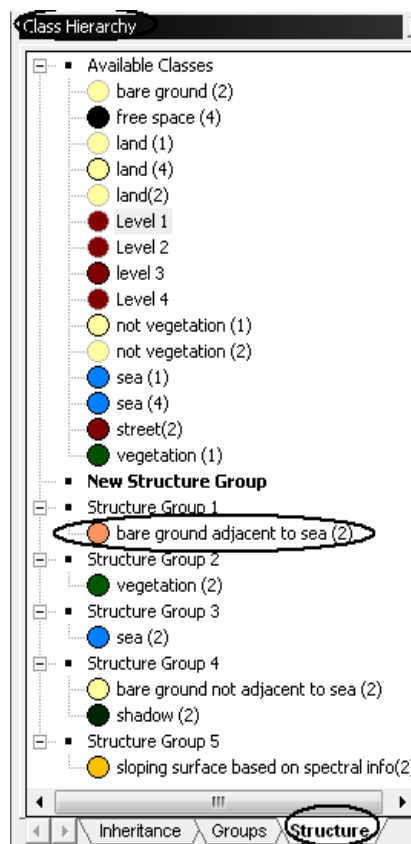
Πίνακας 4-4: Συναρτήσεις συμμετοχής και πεδία τιμών των κατηγοριών του 2^{ου} επιπέδου της απεικόνισης “dmc.04000-22986(1)”

Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξιό Όριο
sea(4)	Mean 02160-23160 (4)		99	101
land(4)	"not sea(4)"			
free space(4)	Mean 02160-23160 (4)		0	1
land(1)	Existence of land(4) Super-objects		0	1
sea(1)	Existence of sea(4) Super-objects		0	1
vegetation(1)	scaled NDVI		0.03	0.05
not vegetation(1)	"not vegetation(1)"			
land(2)	Existence of land(4) Super-objects		0	1
sea(2)	Existence of sea(4) Super-objects		0	1
vegetation(2)	Relative area of vegetation(1) sub-object		0.4	0.6
not vegetation(2)	invert similarity to: vegetation(2)			
street(2)	length/width		18	20
	Mean dif. to neighbors 04000-22986 (abs) (1)		25	27
	mean dif. to scene 04000-22986(2)		89	91
sloping surface based on spectral info(2)	Brightness		140	170
	Mean 04000-22986(3)		160	200
	Ratio 04000-22986(3)		0.23	0.25
	Width		1.5	3.5
shadow(2)	Mean 04008-22986(4)		89	91
	Standard Nearest Neighbor			
bare ground(2)	invert similarity to: street(2), sloping surface based on spectral info(2), shadow(2)			
bare ground adjacent to sea(2)	Distance to sea(2) Neighbor-object		49	51
	Mean dif. To scene 02160-23160 (3)		21	23
	Relative border to sloping surface based on spectral info(2) Neighbor-object		0.1	0.3
	Relative border to sea(2) Neighbor-object		0	0.2
	Relative border to vegetation(2) Neighbor-object		0.4	0.6
	Relative border to bare ground adjacent to sea(2) Neighbor-object		0.2	0.4
bare ground not adjacent to sea (2)	Invert similarity to: bare ground adjacent to sea (2)			

4.4.4. Κατάτμηση Βάσει Ταξινόμησης

Αφού ολοκληρωθεί η συνολική ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης, πραγματοποιείται σε αυτό κατάτμηση βάσει ταξινόμησης και συγκεκριμένα **ταξινόμηση βάσει συνένωσης** (βλ. εδάφιο 2.4.4.). Αυτό που κυρίως ενδιαφέρει είναι όλα τα αντικείμενα, που στο 2^ο επίπεδο είχαν ταξινομηθεί στην κατηγορία γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα, να συγχωνευθούν σε ένα ενιαίο αντικείμενο στο επίπεδο 3, το οποίο επρόκειτο να ταξινομηθεί στην νέα κατηγορία “foreshore”. Συνεπώς αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η δημιουργία ενός νέου επιπέδου, στο οποίο θα αναπαρίσταται τελικά ως ενιαία πλέον επιφάνεια η καθορισμένη ζώνη του αιγιαλού, ολοκληρώνοντας με τον τρόπο αυτό την διεκπεραίωση του αρχικού απαιτούμενου στόχου.

Ως βάση για την διαδικασία κατάτμησης βάσει ταξινόμησης **τροποποιείται η ιεραρχία δομής** (*structure hierarchy*) με τέτοιον τρόπο, ώστε να τοποθετηθούν όλα τα είδη των κατηγοριών ενδιαφέροντος μαζί (βλ. εικόνα 4-39).



Εικόνα 4-39: Η ιεραρχία δομής για τις κατηγορίες του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Από τη διαδικασία αυτή ανακύπτει το τρίτο επίπεδο, τα αντικείμενα του οποίου περιγράφονται με μαύρα όρια στην εικόνα 4-40.



Εικόνα 4-40: Το τρίτο επίπεδο ανάλυσης ως προϊόν της διαδικασίας κατάτμηση βάσει ταξινόμησης

Η νέα ιεραρχία κατηγοριών του επιπέδου αυτού συνίσταται από επτά κατηγορίες, ως υποκατηγορίες της αρχικής Level 3 και οι οποίες είναι: “sea(3)”, “vegetation(3)”, “street(3)”, “sloping surface based on spectral info(3)”, “foreshore”, “free space(3)” και “not interest segments”. Για τον ορισμό της κατηγορίας «θάλασσα» χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του 2^{ου} επιπέδου, ορίζεται συνεπώς η κατηγορία “sea(3)” να περιέχει όλα τα αντικείμενα στα οποία υπάρχει η κατηγορία “sea(2)” σαν υπο-αντικείμενο (existence of sea(2) Sub-Objects), μέσω μίας συνάρτησης συμμετοχής μορφής Z, με τιμές από 0 έως 1. Ομοίως ορίζονται οι κατηγορίες «δρόμος», «βλάστηση» και πρηνές βασισμένο σε φασματικά χαρακτηριστικά». Η κατηγορία free space(3) περιγράφεται ακριβώς όπως η αντίστοιχη κατηγορία του επιπέδου 4 (mean 04000-22986(4)).

Για την περιγραφή της κατηγορίας «αιγιαλός» λαμβάνονται υπ’ όψιν **χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία υπόκεινται στα κριτήρια** βάσει των οποίων πραγματοποιείται στη συγκεκριμένη απεικόνιση η χάραξη της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού. **Λαμβάνοντας υπ’ όψιν ότι** «αιγιαλός είναι η ζώνη της ξηράς, η οποία βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες πλην συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων...», το όριο μεταξύ στεριάς και θάλασσας, ήτοι η ακτογραμμή, αποτελεί σε κάθε περίπτωση την εσώτερη προς τη θάλασσα οριογραμμή της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού. Αντίστοιχα, βάσει των κριτηρίων «όριο βλάστησης» και «στέψη πρηνούς» η άνω οριογραμμή του αιγιαλού εφάπτεται τόσο με την τελευταία προς τη θάλασσα γραμμή βλάστησης όσο και με την στέψη του πρηνούς. Συγκεκριμένα ένα πολύγωνο που έχει προκύψει μέσω της ενοποίησης ανάλογων τμημάτων, ταξινομείται ως αιγιαλός μόνο εφόσον παρουσιάζει **σχετικό όριο με τη θάλασσα και ταυτόχρονα με το πρηνές**.

Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές, η περιγραφή της κατηγορίας «αιγιαλός» διαμορφώνεται ως εξής:

ΑΝ

το σχετικό όριο ενός αντικειμένου με τη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.2 (20%)

ΚΑΙ

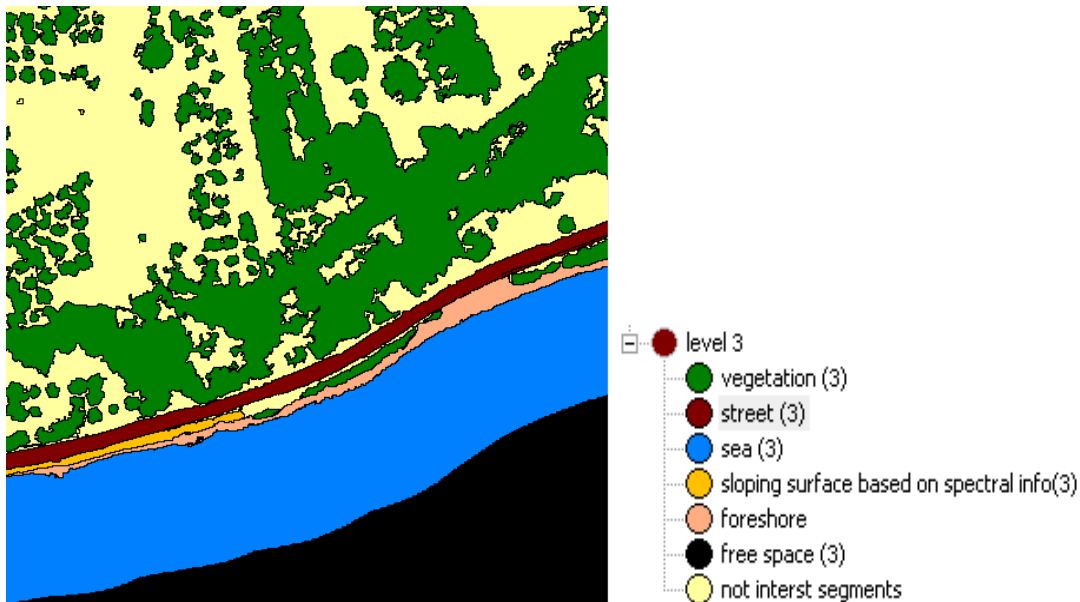
το σχετικό του όριο με το πρηνές βασισμένο σε φασματικά χαρακτηριστικά είναι μεγαλύτερο από 0.1(10%)

TOTE

το αντικείμενο ταξινομείται στην κατηγορία “αιγιαλός” του επιπέδου 3.

Το υπόλοιπο τμήμα της εικόνας, όπως αυτό έχει προκύψει από την ενοποίηση των δύο κατηγοριών “bare ground not adjacent to sea” και “shadow” του 2^{ου} επιπέδου, αποδίδεται στην κατηγορία “not interest segments”, που αποκαλείται έτσι δεδομένου ότι τα αντικείμενα της δεν επηρεάζουν την εξαγωγή του ζητούμενου. Για την περιγραφή της πραγματοποιείται η αντιστροφή όλων των προηγούμενων κατηγοριών ως εξής: Invert>Similarity to: sea(3), vegetation(3), foreshore, free space(3), street(3) και “sloping surface based on spectral info(3)”. Δηλαδή ότι δεν έχει ταξινομηθεί βάσει των περιγραφών των προηγούμενων κατηγοριών στις κατηγορίες αυτές, ταξινομείται στην κατηγορία “not interest segments”.

Το αποτέλεσμα αυτής της ταξινόμησης παρατίθεται στην εικόνα 4-41 που ακολουθεί.



Εικόνα 4-41: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης

4.5. Υλοποίηση στην Απεικόνιση “dmc.04008-22986(1)” για τη Μελέτη της Ειδικής Περίπτωσης του Κριτηρίου «Στέψη Πρανούς»

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση της υπό μελέτη απεικόνισης περιλαμβάνει εξίσου τα τέσσερα επίπεδα κατάτμησης και ταξινόμησης, όπως αυτά περιγράφηκαν στην ανάλυση αντίστοιχα της πρώτης απεικόνισης (βλ. ενότητα 4.3). Η συγκεκριμένη ιεραρχία των επιπέδων καλείται να καλύψει τις ίδιες ανάγκες διαχωρισμού των διαφόρων αντικειμένων, από το ένα επίπεδο στο άλλο κι εφόσον τέθηκε εξ αρχής ο στόχος να ακολουθείται ίδια στρατηγική μεταξύ των διαφόρων υλοποιήσεων, κατεβλήθη προσπάθεια έτσι ώστε η ιεραρχία αυτή να μην μεταβάλλεται από απεικόνιση σε απεικόνιση.

4.5.1. Φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc.04008-22986(1)”

Στην Εικόνα 4-42 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της φωτοερμηνείας για την απεικόνιση “dmc.04408-22986(1)”, με τους κόκκινους αριθμούς να σημαίνουν τις

κατηγορίες εδαφοκάλυψης, όπως αυτές αναγράφονται στον πίνακα δεξιά. Κριτήρια βάσει των οποίων πραγματοποιείται η χάραξη της ΠΟΑ αποτελούν το **όριο βλάστησης και η στέψη πρανούς**, όπως αυτά αναπαρίστανται στην εικόνα με δύο διαφορετικά θεματικά επίπεδα, πράσινο και πορτοκαλί αντίστοιχα, ενώ η μπλε γραμμή αναπαριστά το όριο μεταξύ της στεριάς και της θάλασσας, δηλαδή την ακτογραμμή. Η συγκεκριμένη εικόνα εξετάζεται **προκείμενου να μελετηθεί η ειδική περίπτωση** κατά την οποία όταν υπάρχει ασφαλτόδρομος σε αραιοδομημένη περιοχή, η **άκρη αυτού λαμβάνεται πάντα ως στέψη πρανούς** και η χάραξη της προκαταρκτικής οριογραμμής του αιγιαλού υλοποιείται με το αντίστοιχο θεματικό επίπεδο (χρώματος πορτοκαλί) του κριτηρίου κ3 (βλ. εδάφιο 3.2.2.). Ως εκ τούτου, πέραν της ενδεχόμενης ύπαρξης υψομετρικής διαφοράς, το κριτήριο της στέψης του πρανούς μπορεί να ληφθεί υπόψη και στην παραπάνω ειδική περίπτωση, η εξέταση της οποίας αποτελεί τον απώτερο σκοπό της συγκεκριμένης μελέτης. Ενώ λοιπόν στην αμέσως προηγούμενη μελέτη δημιουργήθηκε η ανάγκη ανάδειξης του υφιστάμενου πρανούς και ταύτισης της οριογραμμής του αιγιαλού με την στέψη του, στη συγκεκριμένη μελέτη η χάραξη κατ' αυτόν τον τρόπο οφείλεται στην ύπαρξη του δρόμου, γεγονός που γεννά την ανάγκη ακριβής ανάδειξης αυτού, αφού στην άκρη του επρόκειτο να χαραχθεί η οριογραμμή του αιγιαλού, μιας κατηγορίας που πάνω από όλα οφείλει να οριοθετηθεί ορθά, με βάση τον αρχικό στόχο της παρούσης εργασίας. Συνεπώς, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις προδιαγραφές των δύο αυτών κριτηρίων, η άνω οριογραμμή του αιγιαλού ταυτίζεται με την τελευταία προς τη θάλασσα γραμμή βλάστησης και ταυτόχρονα την άκρη του δρόμου, ενώ η εσώτερη προς τη θάλασσα οριογραμμή του ταυτίζεται αντίστοιχα με την ακτογραμμή.



Εικόνα 4-42: Η φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc.04008-22986(1)”

4.5.2. Κατάτμηση Πολλαπλής Ανάλυσης

Προϊόν της διαδικασίας κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης αποτελεί η ιεραρχία των επιπέδων όπως αυτή συνίσταται αρχικά από τρία επίπεδα κατάτμησης. Με κατάλληλη επιλογή παραμέτρων και ανάλογα με τους στόχους που τέθηκαν εξ αρχής πραγματοποιείται η κατάτμηση τριών επιπέδων, εκ των οποίων το μέγιστο επίπεδο, το τρίτο αρχικά, αποσκοπεί στον διαχωρισμό της εικόνας σε στεριά και θάλασσα. Η διαδικασία της κατάτμησης βάσει συνένωσης, που υλοποιείται στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης, οδηγεί στη δημιουργία ενός νέου επιπέδου, όπου επρόκειτο μέσω της ενοποίησης των κατάλληλων αντικείμενων να αναπαρασταθεί ως ενιαία πλέον

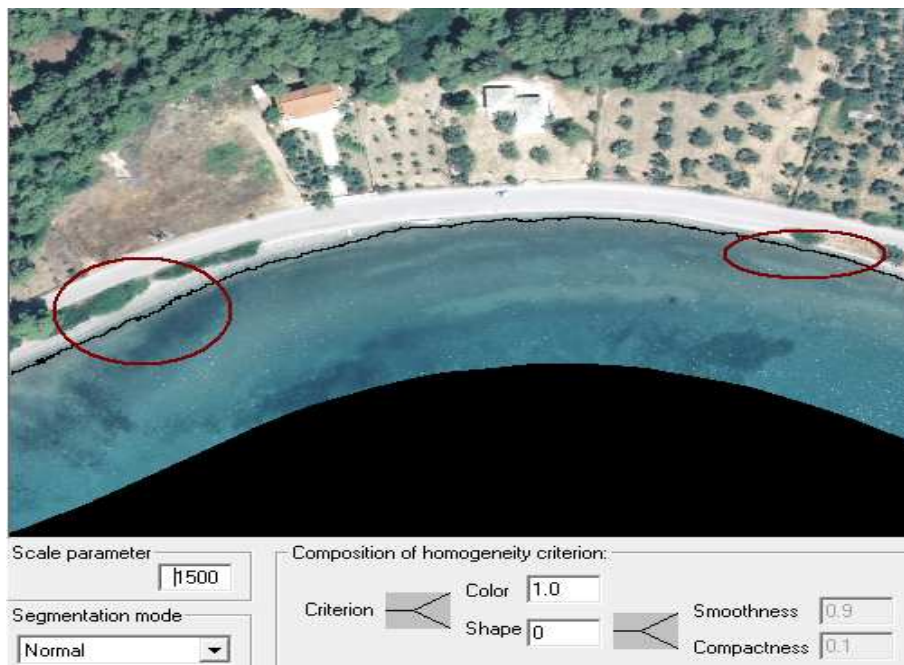
επιφάνεια η παράκτια ζώνη του αιγιαλού. Το επίπεδο αυτό τοποθετείται πάνω από το επίπεδο 2 στην αρχική ιεραρχία των επιπέδων, ως εκ τούτου αντικαθιστά το αρχικό, το οποίο κατ' αυτόν τον τρόπο επωνομάζεται επίπεδο 4. Λαμβάνοντας υπ' όψιν την παρατήρηση αυτή, από δω και στο εξής ως μέγιστο επίπεδο κατάτμησης, θα εξετάζεται το επίπεδο 4, όπως αυτό δημιουργείται αρχικά προκειμένου να διαχωριστεί η υδάτινη επιφάνεια από το υπόλοιπο τμήμα της εικόνας.

4.5.2.1. Κατάτμηση 4ου επιπέδου

Το τέταρτο επίπεδο αποτελεί το μέγιστο επίπεδο κατάτμησης και αποσκοπεί στη δημιουργία μέγιστων αντικειμένων, ώστε η αρχική εικόνα να διαχωριστεί στις δύο κύριες κατηγορίες, στεριά και θάλασσα, και να εντοπιστεί τελικά μέσα από τη διαδικασία αυτή η εσωτερη προς τη θάλασσα οριογραμμή του αιγιαλού, δηλαδή η ακτογραμμή. Όπως σε κάθε περίπτωση, επιλέγεται για τον σκοπό αυτό η μέγιστη τιμή συντελεστή κλίμακας, ίση με 1500.

Για τον προσδιορισμό των βαρών του φασματικού και σχηματικού κριτηρίου ελήφθη υπ' όψιν ότι οι υδάτινες επιφάνειες διαφοροποιούνται φασματικά έντονα από τις υπόλοιπες κατηγορίες στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι 4, δεδομένης της μικρής ανακλαστικότητας που παρουσιάζουν σε αυτό. Ως εκ τούτου, πραγματοποιήθηκε μία κατάτμηση δίνοντας **βαρύτητα στα φασματικά χαρακτηριστικά**, οπότε εισήχθηκε τιμή παραμέτρου ίση με 1 στο φασματικό κριτήριο, μη λαμβάνοντας με τον τρόπο αυτό καθόλου υπ' όψιν το σχήμα των αντικειμένων. Παράλληλα επιλέχθηκε η αποκλειστική συμμετοχή του καναλιού 4 με βάρος 1, δίνοντας έτσι σε όλα τα υπόλοιπα κανάλια βάρος ίσο με το μηδέν. Το αποτέλεσμα αυτής της ταξινόμησης παρατίθεται στην εικόνα 4-43 που ακολουθεί.

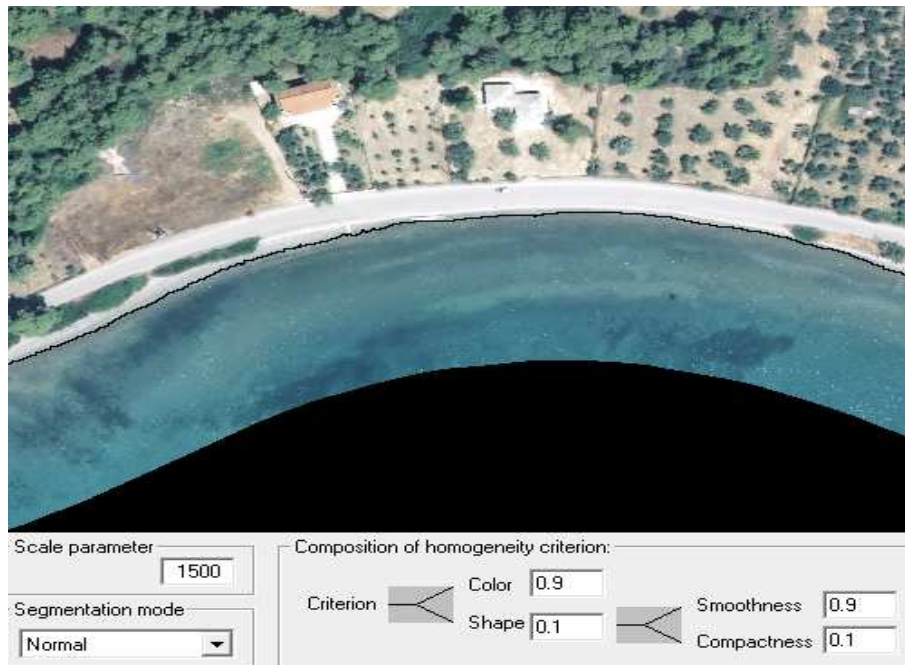
□



Εικόνα 4-43: Ένα κομμάτι της εικόνας “dmc.04008-22986(1)” και το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του επιπέδου 4

Στην εικόνα 4-43 η μάρη γραμμή αναπαριστά το όριο μεταξύ στεριάς και θάλασσας, ουσιαστικά τη νοητή χαρασσομένη ακτογραμμή, ενώ με κόκκινους κύκλους

σημαίνονται τα λάθη που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη διαδικασία κατάτμησης. Παρότι δεν είναι άμεσα αντιληπτό, τα δύο αντικείμενα δεν έχουν προκύψει με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, αφού μέρος της θάλασσας έχει συμπεριληφθεί στο αντικείμενο της στεριάς με αποτέλεσμα αυτές οι δύο επιφάνειες να οριοθετηθούν ανακριβώς στο μεταγενέστερο στάδιο της ταξινόμησης. Επιχειρείται για τον λόγο αυτό μια δεύτερη κατάτμηση, μειώνοντας και σε αυτή την περίπτωση την τιμή του φασματικού κριτηρίου από 1 σε 0.9, το οποίο στη συνέχεια μοιράζεται κατά 0.9 στο λείο της οριογραμμής και κατά 0.1 στο συμπαγές του σχήματος, επιτρέποντας έτσι τη μικρή συμμετοχή του κριτηρίου του σχήματος και εξασφαλίζοντας ότι τα δύο αντικείμενα που θα προκύψουν θα έχουν περισσότερο πλέον ομαλά όρια. Στην όλη διαδικασία εξακολουθεί να συμμετέχει μόνο το εγγύς υπέρυθρο κανάλι 4, εξαιτίας της μικρής ανακλαστικότητας που παρουσιάζει το νερό σε αυτό, δίνοντας έτσι τιμή βάρους ίση με το 0 σε όλα τα υπόλοιπα κανάλια. Το αποτέλεσμα αυτού του συνδυασμού παραμέτρων παρουσιάζεται στην εικόνα 4-44.



Εικόνα 4-44: Ένα κομμάτι της απεικόνισης “dmc.02160-23160(1)” και το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του επιπέδου 4.

Ο ίδιος συνεπώς συνδυασμός παραμέτρων που λήφθηκε υπ’ όψιν αντίστοιχα στην πρώτη περίπτωση, δίνει εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα και σε αυτή την απεικόνιση.

4.5.2.2. Κατάτμηση 1ου επιπέδου

Ακολουθεί το πρώτο επίπεδο κατάτμησης, ως το χαμηλότερο μεταξύ όλων, με απώτερο σκοπό τη δημιουργία αρκετά μικρών αντικειμένων που θα παρέχουν την κατάλληλη φασματική πληροφορία για τον βέλτιστο εντοπισμό της βλάστησης. Προκειμένου να επιτευχθεί το ζητούμενο, οι τιμές κλίμακας που δοκιμάστηκαν στο στάδιο της διαδικασίας «δοκιμή και απόρριψη» κυμαίνονται μεταξύ 25 και 40, με την τελευταία ωστόσο να παράγει αντικείμενα μεγέθους ελαφρώς μεγαλύτερου από το επιθυμητό. Τελικά επιλέγεται τιμή ίση με 35 μιας που καταβάλλεται προσπάθεια οι

διάφορες παράμετροι κατάτμησης να μην μεταβάλλονται έντονα από εικόνα σε εικόνα, όποτε και όσο αυτό είναι εφικτό. Όσον αφορά στον προσδιορισμό των βαρών του φασματικού και σχηματικού κριτηρίου, ελήφθη υπ' όψιν ότι η βλάστηση διαφοροποιείται φασματικά έντονα από το γύρω χώρο, έτσι κατεβλήθη προσπάθεια σε όλες τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν το φασματικό κριτήριο να λαμβάνει αρκετά μεγαλύτερη τιμή έναντι του κριτηρίου σχήματος. Από τους συνδυασμούς που δοκιμάστηκαν τα βέλτιστα αποτελέσματα, με ελάχιστες ωστόσο μεταξύ τους διαφοροποιήσεις, απέδωσε ο συνδυασμός: φασματικό κριτήριο 0.7 και κριτήριο σχήματος 0.3. Το τελευταίο μοιράστηκε κατά 0.6 στο λείο της οριογραμμής και κατά 0.4 στο συμπαγές του σχήματος, ώστε να προκύψουν σχετικά συμπαγή τμήματα που θα χαρακτηρίζουν απόλυτα τις μικρές εκτάσεις βλάστησης που εντοπίζονται στην εικόνα (θάμνοι). Στην κατάτμηση συμμετείχαν κανονικά και τα τέσσερα διαθέσιμα κανάλια με βάρος 1. Το αποτέλεσμα αυτού του επιπέδου κατάτμησης παρουσιάζεται στην εικόνα 4-45.



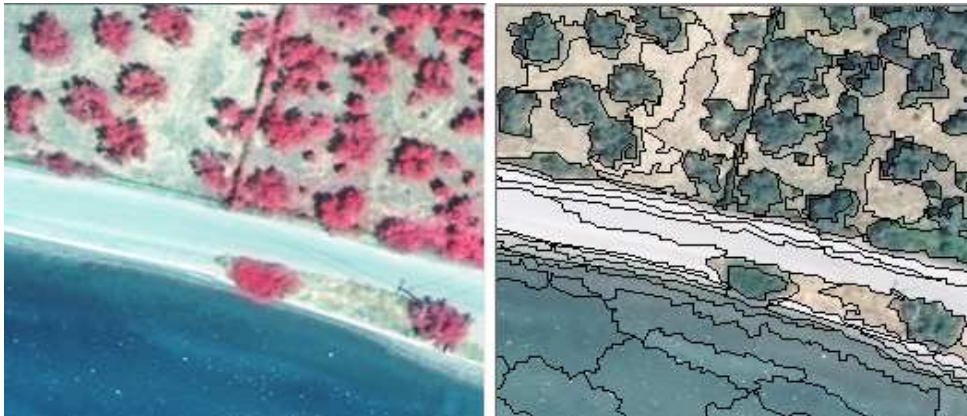
Εικόνα 4-45: Αριστερά ένα κομμάτι της απεικόνισης σε έγχρωμο σύνθετο RGB:421 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 1^{ου} επιπέδου.

Παρατηρώντας τη φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc.04008-22986(1)” (βλ. εικόνα 4-42), σε ορισμένα σημεία η ακτογραμμή και η οριογραμμή του δρόμου σχεδόν εφάπτονται, με αποτέλεσμα η επιφάνεια του αιγιαλού που εκτείνεται μεταξύ αυτών να χαρακτηρίζεται από μία λεπτή ουσιαστικά γραμμή. Στα σημεία αυτά, τα αντικείμενα που προκύπτουν από την κατάτμηση επιβάλλεται να είναι αρκετά μικρά και με κατάλληλα διαμορφωμένα όρια, ώστε να διαχωρίζονται με σαφήνεια τα τμήματα του δρόμου με τα εφάπτομενα σε αυτά τμήματα του αιγιαλού και να εξυπηρετείται έτσι ο αρχικός στόχος της ορθής ταξινόμησης του τελευταίου. Με βάση την απαίτηση αυτή, το πρώτο επίπεδο ανάλυσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη γενικότερη ταξινόμηση της περιοχής μελέτης, συμπεριλαμβανομένης και της κατηγορίας ενδιαφέροντος. **Το συμπαγές ωστόσο των τμημάτων** που προκύπτουν από τη δημιουργία του 1^{ου} επιπέδου ανάλυσης, δεν εξυπηρετεί την ανάδειξη των δρόμων που χαρακτηρίζονται ως επιμήκη αντικείμενα, ο οποίος στη συγκεκριμένη μελέτη ενδείκνυται να ταξινομηθεί το δυνατόν καλύτερα, μιας που η άκρη αυτού ταυτίζεται με την μία πλευρά του προς ταξινόμηση πολυγώνου του αιγιαλού.

4.5.2.3. Κατάτμηση 2ου επιπέδου

Δημιουργείται συνεπώς ένα δεύτερο επίπεδο, όντας το μεσαίο επίπεδο κατάτμησης, ώστε με κατάλληλη επιλογή παραμέτρων του σχήματος, να δοθεί η **δυνατότητα**

ανάδειξης των επιμηκών χαρακτηριστικών της εικόνας. Για τη δημιουργία του επιπέδου αυτού διατηρείται η προηγούμενη τιμή του φασματικού κριτηρίου, ίση με 0.7, ενώ το κριτήριο του σχήματος στην περίπτωση αυτή μοιράζεται κατά 0.9 στο λείο της οριογραμμής κα κατά 0.1 στο συμπαγές του σχήματος. Με την αύξηση της τιμής στο λείο της οριογραμμής από 0.6 σε 0.9, εξασφαλίζεται ότι τα νέα αντικείμενα που θα προκύψουν από αυτό το επίπεδο κατάτμησης θα έχουν ως χαρακτηριστικό τους το επίμηκες του σχήματος. Το χαρακτηριστικό αυτό εξυπηρετεί την ανίχνευση των δρόμων ως επιμήκη αντικείμενα και διευκολύνει τον διαχωρισμό τους με άλλες, φασματικά παρόμοιες κατηγορίες. Η παράμετρος κλίμακας αυξάνεται από 35 σε 45, γεγονός που εξασφαλίζει τη συνένωση των γειτονικών αντικειμένων σε μεγαλύτερα, διατηρώντας ωστόσο τα κατάλληλα όρια των υποαντικειμένων του 1^{ου} επιπέδου. Μεγαλύτερη αύξηση παραμέτρου κλίμακας δεν είναι επιθυμητή αφού δημιουργεί το πρόβλημα της ένωσης ανόμοιων θεματικών κατηγοριών, ιδιαίτερα στο σημείο εκείνο της περιοχής που ο δρόμος και η ακτογραμμή σχεδόν εφάπτονται. Τέλος υιοθετείται η συμμετοχή και των τεσσάρων διαθέσιμων καναλιών με τιμή βάρους ίση με 1. Το αποτέλεσμα αυτού του συνδυασμού παραμέτρων κατάτμησης παρουσιάζεται στην εικόνα 4-46.

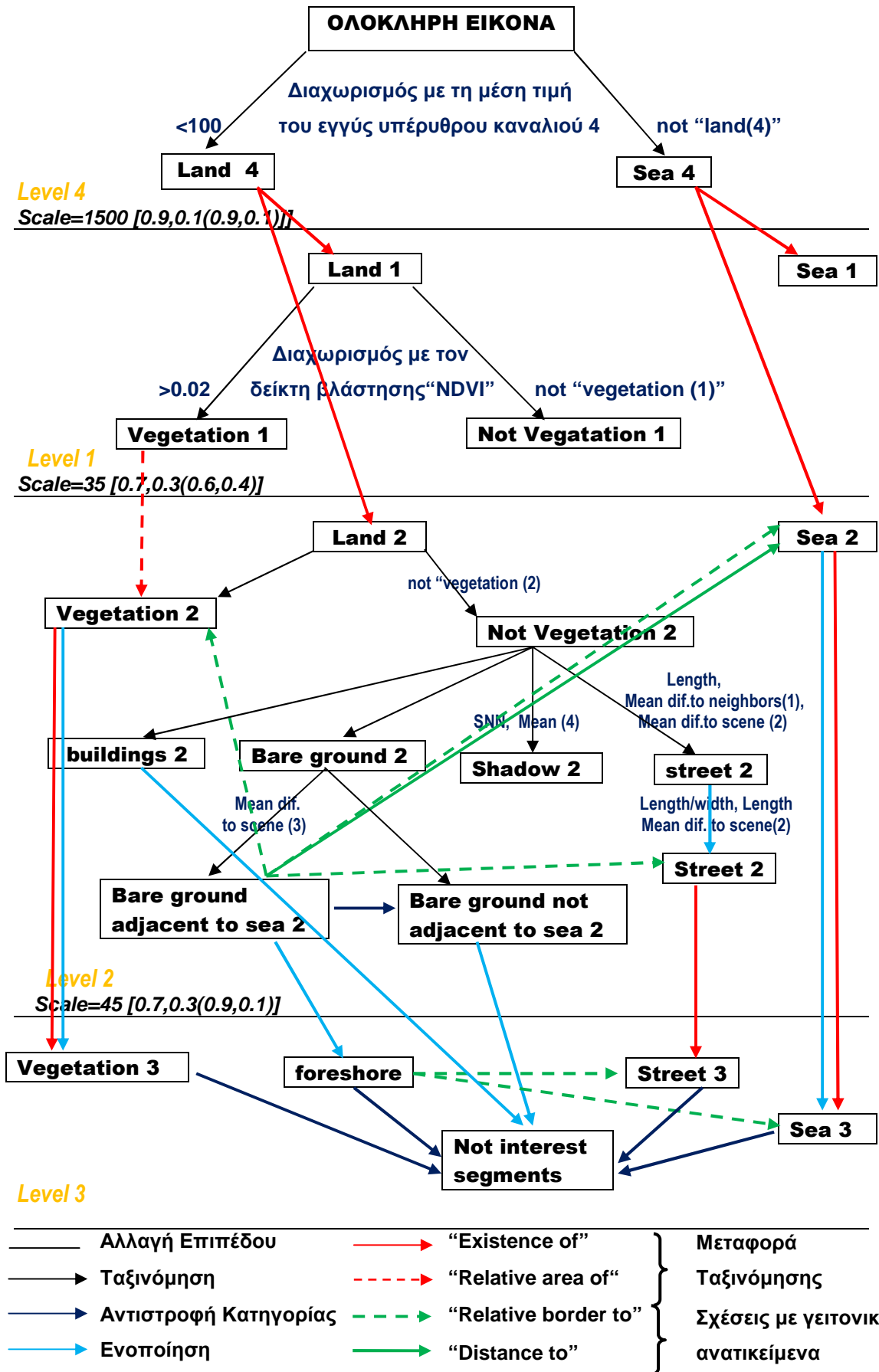


Εικόνα 4-46: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε έγχρωμο σύνθετο RGB:421 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 2^{ου} επιπέδου

4.5.3. Ταξινομήσεις

Ακολουθεί η διαδικασία της ταξινόμησης των δεδομένων, όντας το σημαντικότερο κομμάτι της παρούσης μελέτης, καθώς μετά την εκτέλεση της φαίνεται στην πράξη κατά πόσο έχουν ή όχι επιτευχθεί οι στόχοι που τέθηκαν εξ' αρχής.

Η προσέγγιση που επρόκειτο να ακολουθηθεί δεν διαφέρει σε τίποτα από την προσέγγιση που σχεδιάστηκε αντίστοιχα κατά την υλοποίηση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης στην 1^η απεικόνιση (βλ. εδάφιο 4.3.3.) και ως εκ τούτου η περιγραφή της στο σημείο αυτό παραλείπεται. Αντί αυτής παρατίθεται στη συνέχεια ο αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων.

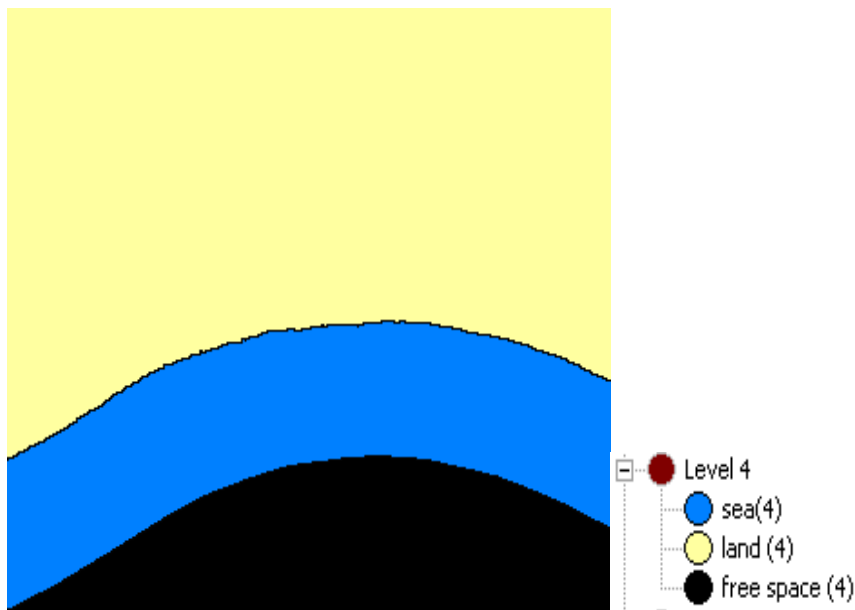


Εικόνα 4-47: Αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων

4.5.3.1. Ταξινόμηση 4ου επιπέδου

Το 4^ο επίπεδο δημιουργήθηκε αρχικά στο στάδιο της κατάτμησης, προκειμένου να διαχωριστεί η υδάτινη επιφάνεια από το υπόλοιπο τμήμα της εικόνας και να προσδιοριστεί κατ' αυτόν τον τρόπο η ακτογραμμή, ως εσωτερη προς τη θάλασσα οριογραμμή της ζώνης του αιγιαλού. Λαμβάνοντας υπ' όψιν το γεγονός αυτό, ακριβώς αυτός είναι και ο σκοπός της εν λόγω ταξινόμησης.

Προκειμένου αυτή η ταξινόμηση να υλοποιηθεί επαναλαμβάνεται η διαδικασία που έλαβε χώρα αντίστοιχα κατά τη μελέτη της πρώτης απεικόνισης (βλ. εδάφιο 4.3.3.1.). Με βάση τη στρατηγική αυτή, παρατίθεται στην εικόνα 4-48 το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου.



Εικόνα 4-48: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου ανάλυσης

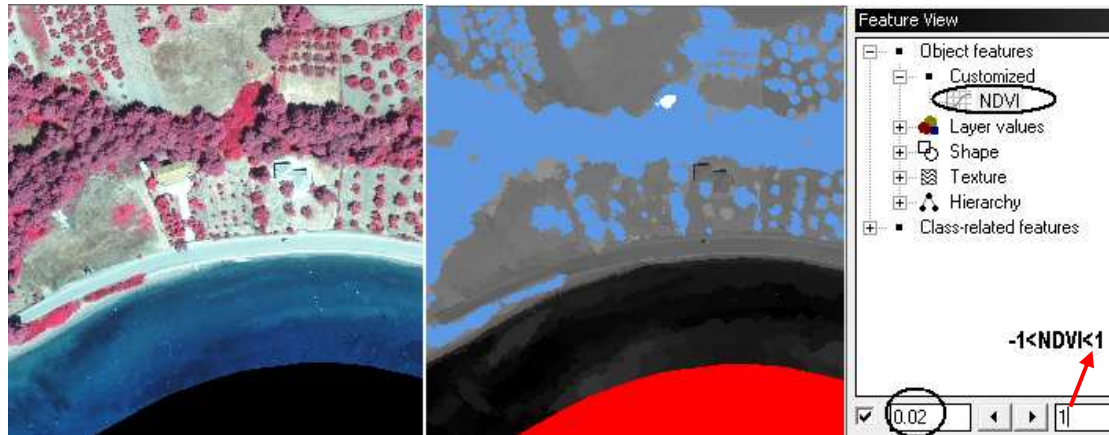
4.5.3.2. Ταξινόμηση 1ου επιπέδου

Ακολουθεί η ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου, όπως αυτό δημιουργήθηκε στο στάδιο της πολλαπλής κατάτμησης εικόνας προκειμένου το τμήμα της ξηράς να ταξινομηθεί, με τη βοήθεια του κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης NDVI, σε περιοχές με ή χωρίς καθόλου βλάστηση.

Για την πραγματοποίηση της ταξινόμησης του λεπτόκοκκου αυτού επιπέδου, δημιουργούνται αρχικά οι δύο κατηγορίες land(1) και sea(1), και ακολουθείται έπειτα η ίδια στρατηγική που προηγήθηκε αντίστοιχα στην ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου της αρχικής απεικόνισης (βλ. εδάφιο 4.3.3.2.). Η μόνη διαφορά έγκειται στον υπολογισμό του δείκτη βλάστησης, ο οποίος ενδείκνυται να λαμβάνει διαφορετική τιμή από μελέτη σε μελέτη δεδομένης της διαφορετικής πιθανόν ραδιομετρίας μεταξύ των υπό μελέτη απεικονίσεων. Από τη φωτοερμηνεία της εικόνας και την απεικόνιση των τιμών του χαρακτηριστικού NDVI (βλ. εικόνα 4-49), προκύπτει ο διαχωρισμός των δύο κατηγοριών, “vegetation (1)”, “not vegetation (1)”, ως εξής:

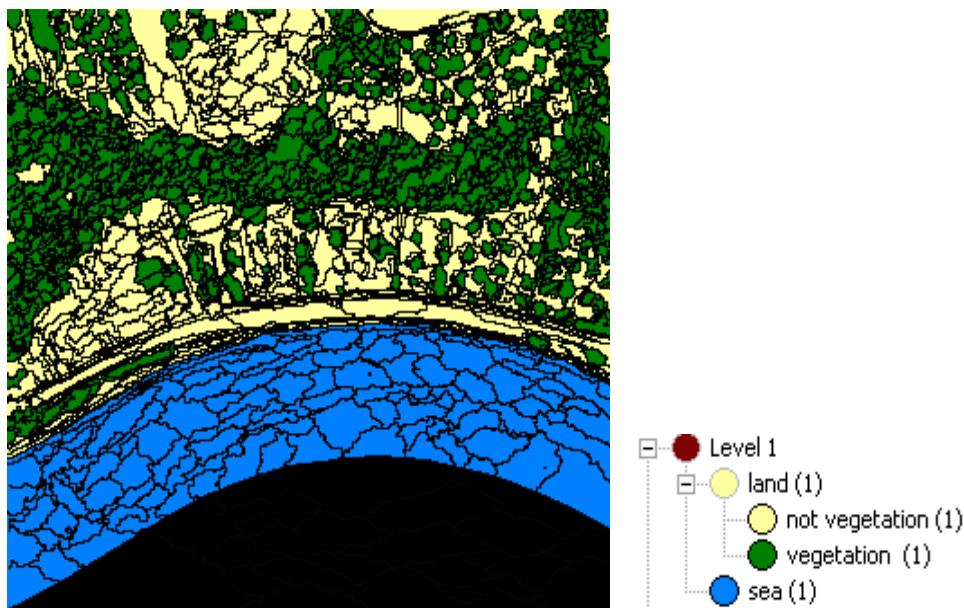
- ✓ vegetation(1): Ορίζεται με τη βοήθεια μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής μορφής S, με διάστημα ασάφειας από 0.01 έως 0.03, που δηλώνει τη συμμετοχή σε αυτή των αντικειμένων που παρουσιάζουν τιμή κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης (NDVI) μεγαλύτερη από 0.02 τιμές ανακλαστικότητας.

- ✓ “not vegetation(1)”:Ορίζεται με την αντιστροφή (invert) της κατηγορίας “vegetation(1)”, μέσω της έκφρασης “not “vegetation (1)”” στο αντίστοιχο πλαίσιο διαλόγου αυτής (and(min)>similarity to>vegetation (1)>invert)



Εικόνα 4-49: Επιλογή τιμών Χαρακτηριστικού NDVI στο πλαίσιο διαλόγου Feature View για τον βέλτιστο εντοπισμό της βλάστησης

Με βάση τις περιγραφές αυτές το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1^{ου} επιπέδου διαμορφώνεται ως εξής:



Εικόνα 4-50: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1^{ου} επιπέδου

4.5.3.3. Ταξινόμηση 2ου επιπέδου

Στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης επρόκειτο να περιγραφούν και να οριοθετηθούν όλες οι θεματικές κατηγορίες που εντοπίζονται στην περιοχή, ώστε αυτές να διαφαινούνται στο τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης και να επαληθεύονται κατ' αυτόν τον τρόπο τα κριτήρια χάραξης που λήφθηκαν υπ' όψιν εξ αρχής.

Προκειμένου η ταξινόμηση αυτή να υλοποιηθεί, ορίζονται αρχικά, όπως σε κάθε περίπτωση μελέτης, οι κατηγορίες “land(2)” και “sea(2)”, ως κατηγορίες-γόνιοι της γενικής Level 2, για τον ορισμό των οποίων χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της

ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου. Ορίζεται συνεπώς η κατηγορία “sea(2)” να περιέχει όλα εκείνα τα αντικείμενα στα οποία υπάρχει η κατηγορία “sea(4)” σαν υπερ-αντικείμενο, μέσω μιας συνάρτησης συμμετοχής μορφής Z, με τιμές από 0 έως 1, όπως ακριβώς ορίζεται η αντίστοιχη κατηγορία (sea(1)) του 1^{ου} επιπέδου ανάλυσης (βλ. εικόνα 4-14). Ομοίως ορίζεται και η κατηγορία “land(2)”.

Έπειτα πραγματοποιείται ο διαχωρισμός της στεριάς στις κατηγορίες “vegetation (2)” και “not vegetation (2)” (αντίστροφη της 1^{ης}), η οποία επρόκειτο στη συνέχεια να χωριστεί σε όλες τις υπόλοιπες, πλην της βλάστησης, κατηγορίες εδαφοκάλυψης που εντοπίζονται στην περιοχή. Για τον ορισμό της βλάστησης, χρησιμοποιείται πληροφορία του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου 1, ορίζεται συνεπώς στην κατηγορία “vegetation(2)” να συμμετέχουν όλα εκείνα τα αντικείμενα, των οποίων τουλάχιστον το 50% (0.5) των υπο-αντικειμένων τους έχουν ταξινομηθεί ως βλάστηση στο επίπεδο 1 (relative area of vegetation(1) sub-objects), μέσω μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής, μορφής S, με διάστημα ασάφειας από 0.4 έως 0.6 (βλ. Εικόνα 4-17). Η επιλογή του συγκεκριμένου διαστήματος τιμών γίνεται εμπειρικά και επαληθεύεται έπειτα από μια σειρά αλληπάλληλων δοκιμών στο πλαίσιο διαλόγου Feature View, για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Αντίστοιχα, η κατηγορία «όχι βλάστηση» ορίζεται με την αντίστροφη της κατηγορίας «βλάστηση» (not “vegetation (2)”), στο πλαίσιο διαλόγου της πρώτης.

Δημιουργούνται στη συνέχεια οι κατηγορίες “street(2)”, “shadow(2)”, “buildings (2)” και “bare ground(2)” ως υποκατηγορίες της αρχικής “not vegetation (2)”.

Πρώτη κατηγορία προς ταξινόμηση αποτελεί ο δρόμος, για τον ορισμό του οποίου λαμβάνεται υπ’ όψιν τόσο το σχήμα των αντικειμένων όσο και τα φασματικά χαρακτηριστικά αυτών. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως το μήκος των αντικειμένων, ενδείκνυται να συμμετέχουν στην περιγραφή του δρόμου αφού λειτουργούν ως ένα επιπλέον μέσο διαχωρισμού αυτού, που αποτελεί σαφώς ένα επιμήκης χαρακτηριστικό, από άλλες φασματικά όμοιες κατηγορίες. Ως εκ τούτου η περιγραφή της εν λόγω κατηγορίας διαμορφώνεται ως εξής:

AN το μήκος (length) ενός αντικειμένου είναι μεγαλύτερο από 28 μέτρα

ΚΑΙ

η μέση διαφορά του ως προς τους γείτονες στο κανάλι 1 (mean dif. to neighbors (1)) είναι μικρότερη από 27 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

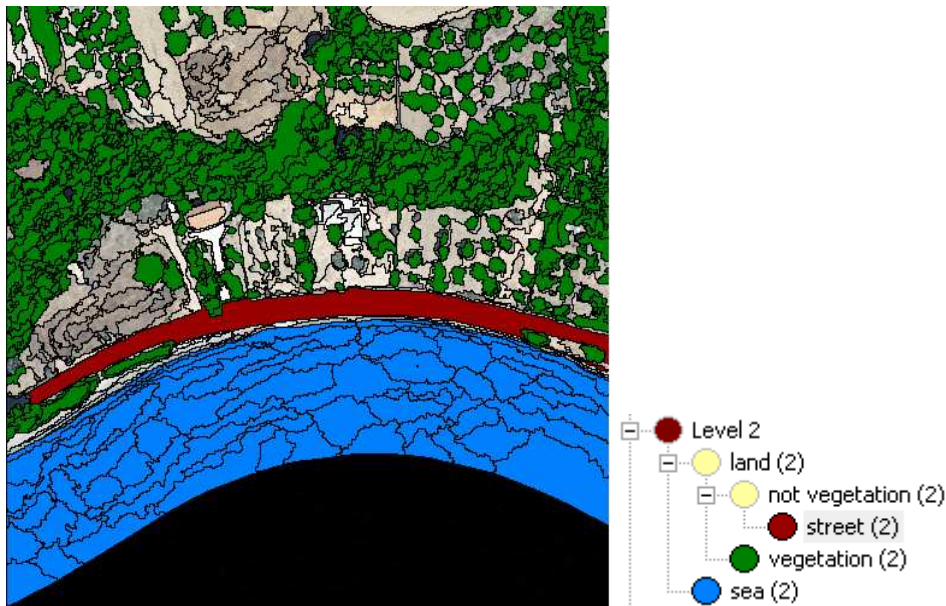
ΚΑΙ

η μέση διαφορά του ως προς τη συνολική εικόνα στο κανάλι 2 (mean dif. to scene (2)) είναι μεγαλύτερη από 90 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

TOTE το αντικείμενο ταξινομείται στην κατηγορία “δρόμος” του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης.

Στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης επρόκειτο στη συνέχεια να ταξινομηθεί η παράκτια ζώνη του αιγιαλού, η μία οριογραμμή του οποίου, βάσει του αντίστοιχου κριτηρίου χάραξης που μελετάται, ταυτίζεται με την άκρη του δρόμου ο οποίος για τον λόγο αυτό οφείλει να ταξινομηθεί με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Ως εκ τούτου προηγείται της ταξινόμησης των υπολοίπων κατηγοριών **κατάτμηση βάσει ταξινόμησης, με επιδίωξη την ενοποίηση όλων των αντικειμένων** που έχουν αποδοθεί στην κατηγορία δρόμος, ως επακόλουθο της προηγούμενης ταξινόμησης, σε ένα επίπεδο που διατηρεί τις ίδιες παραμέτρους κατάτμησης και ταυτόχρονα την ίδια έως τώρα ιεραρχία κατηγοριών. Οι περιγραφές των κατηγοριών “vegetation(2)” και “sea (2)” διατηρούνται ως έχουν, ενώ από την αρχική περιγραφή της κατηγορίας “street(2)” αφαιρείται απλά το χαρακτηριστικό “mean dif. to neighbors (abs) (1)”. Το

τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης του δρόμου, ως προϊόν της παραπάνω διαδικασίας, παρουσιάζεται στην εικόνα 4-51 που ακολουθεί.



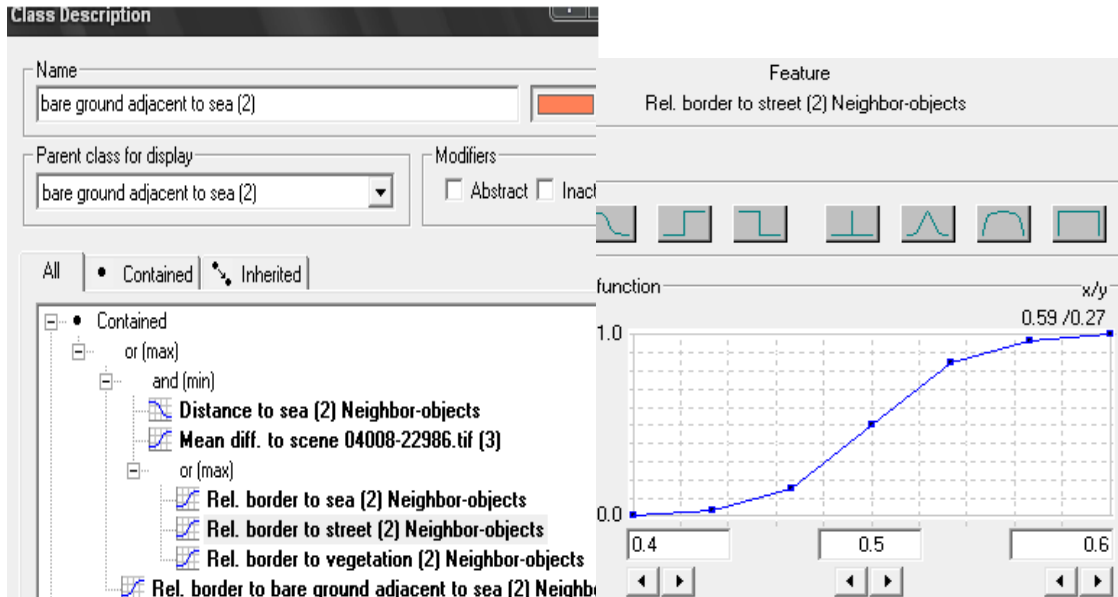
Εικόνα 4-51: Η ταξινόμηση της κατηγορίας «δρόμος» στην ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Η απεικόνιση της επιφάνειας του δρόμου ως μία ενιαία πλέον επιφάνεια, μέσα στην οποία καμία άλλη κατηγορία δεν μπορεί να εμπλακεί, αποτελεί αναμφισβήτητο το συνεχές ακριβές άνω όριο του αιγιαλού, διευκολύνει ως εκ τούτου την οριοθέτηση του, η περιγραφή του οποίου εξετάζεται εκτενώς στη συνέχεια.

Η περιγραφή της κατηγορίας «κτίρια» συνίσταται από τέσσερα χαρακτηριστικά, εκ των οποίων τα δύο αφορούν στα φασματικά χαρακτηριστικά (mean dif. to scene (3) και Brightness) ενώ τα άλλα δύο στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων (πυκνότητα (density) και λόγος μήκος/πλάτος (length/width)). Οι τέσσερις αυτές ιδιότητες συνδέονται με τον τελεστή and(min), **προεικάζοντας την ταυτόχρονη ισχύ τους** ώστε κάποιο αντικείμενο να αποδοθεί στην εν λόγω κατηγορία. Αντίθετα για τον ορισμό της κατηγορίας «σκιά» λαμβάνεται υπ' όψιν μόνο φασματική πληροφορία, επομένως εισάγονται στην περιγραφή αυτής τα δύο χαρακτηριστικά mean 02160-23160(4) και ratio 02160-23160(4)), ακριβώς όπως ορίστηκε η ίδια αυτή κατηγορία κατά τη μελέτη της 1^{ης} απεικόνισης, ενώ παράλληλα εφαρμόζεται η μέθοδος της εγγύτερης γεινίασης, μέσω αντιπροσωπευτικών δειγμάτων. Οι μορφές των συναρτήσεων συμμετοχής αυτών των δύο κατηγοριών και τα αντίστοιχα πεδία τιμών επισυνάπτονται στον πίνακα 4-5.

Επιπλέον όπως σε κάθε περίπτωση, στην κατηγορία γυμνό έδαφος συμμετέχουν όλα εκείνα τα αντικείμενα τα οποία, σύμφωνα με τις προηγούμενες περιγραφές, δεν έχουν ταξινομηθεί ούτε ως κτίρια, ούτε ως δρόμος και ούτε ως σκιά (invert similarity to: street(2) and buildings(2) and shadow(2)). Τέλος η ίδια κατηγορία διαχωρίζεται στις επιμέρους κατηγορίες της «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα» και «γυμνό έδαφος όχι παρακείμενο στη θάλασσα», με την πρώτη, ως συνήθως, να εκπροσωπεί στο επίπεδο αυτό την υπό μελέτη παράκτια ζώνη του αιγιαλού. Εφόσον το όριο βλάστησης εξακολουθεί να αποτελεί κριτήριο χάραξης της ΠΟΑ και σε αυτή την περίπτωση, διατηρείται η περιγραφή της κατηγορίας «γυμνό έδαφος

παρακείμενο στη θάλασσα», ακριβώς όπως διαμορφώθηκε τελικά στην μελέτη της πρώτης απεικόνισης (βλ. Εικόνα 4-20). Ως δεύτερο κριτήριο μελετάται η ειδική περίπτωση της στέψης πρανούς, κατά την οποία η άνω οριογραμμή του αιγιαλού ταυτίζεται με την άκρη του δρόμου. Ως εκ τούτου, εισάγεται στην περιγραφή της ένα επιπρόσθετο χαρακτηριστικό, προκειμένου να συμμετέχουν σε αυτή επιπλέον όσα αντικείμενα παρουσιάζουν σχετικό όριο με το δρόμο, μέσω μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής, όπως απεικονίζεται στην εικόνα 4-52.



Εικόνα 4-52: Η συνάρτηση συμμετοχής του χαρακτηριστικού «σχετικό όριο με το δρόμο» στην περιγραφή της κατηγορίας «bare ground adjacent to sea»

Βάσει αυτής της μικρής διαφοροποίησης, ο ορισμός της εν λόγω κατηγορίας διαμορφώνεται ως εξής:

AN Ή

η απόσταση ενός αντικείμενου από τη θάλασσα είναι μικρότερη από 50 μέτρα

ΚΑΙ

η μέση διαφορά του ως προς τη συνολική εικόνα στο κανάλι 3 είναι μεγαλύτερη από 22 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

Ή

Το σχετικό όριο του με τη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.1(10%)

Ή

Το σχετικό όριο του με τη βλάστηση είναι μεγαλύτερο από 0.5 (50%)

Ή

Το σχετικό όριο με το δρόμο είναι μεγαλύτερο από 0.5 (50%)

Ή

το σχετικό όριο του με τα αντικείμενα που έχουν αποδοθεί στην κατηγορία γυμνό έδαφος κοντά στη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.3 (30%)

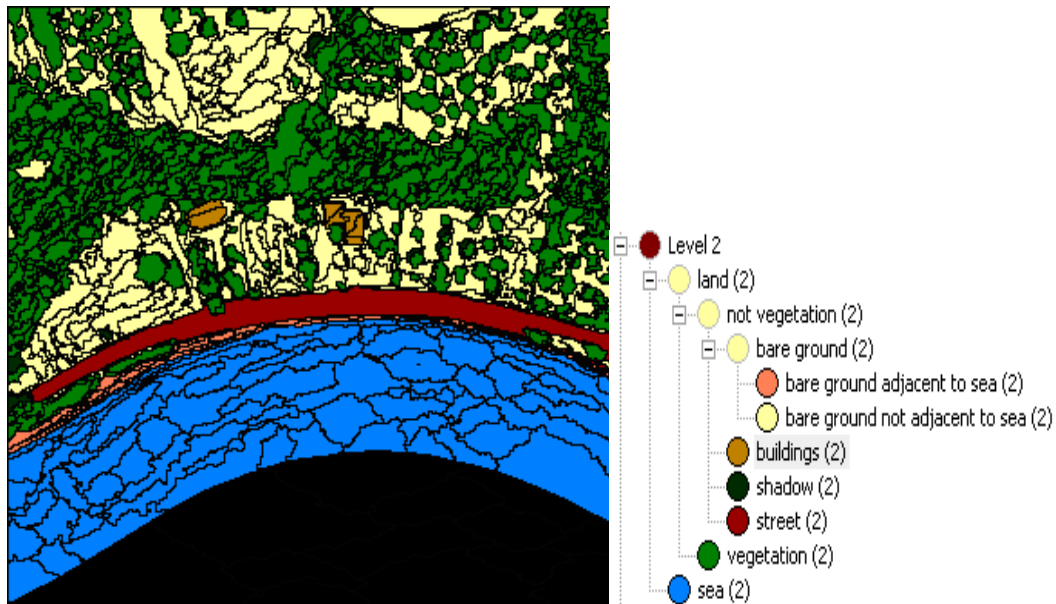
TOTE Το αντικείμενο αυτό ταξινομείται στην κατηγορία “γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα” του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης.

Η κατηγορία «γυμνό έδαφος όχι παρακείμενο στη θάλασσα» ορίζεται ως η αντίστροφη της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα», μέσω της εισαγωγής, στο πλαίσιο διαλόγου της πρώτης, της έκφρασης “not “bare ground adjacent to sea(2)””.

Πίνακας 4-5: Συναρτήσεις συμμετοχής και πεδία τιμών των κατηγοριών του 2^{ου} επιπέδου της απεικόνισης “dmc.04008-22986(1)”

Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί Όριο
sea(4)	Mean 02160-23160 (4)		99	101
land(4)	"not sea(4)"			
free space(4)	Mean 02160-23160 (4)		0	1
land(1)	Existence of land(4) Super-objects		0	1
sea(1)	Existence of sea(4) Super-objects		0	1
vegetation(1)	scaled NDVI		0.01	0.03
not vegetation(1)	"not vegetation(1)"			
land(2)	Existence of land(4) Super-objects		0	1
sea(2)	Existence of sea(4) Super-objects		0	1
vegetation(2)	Relative area of vegetation(1) sub-object		0.4	0.6
not vegetation(2)	Invert similarity to: vegetation(2)			
street(2)	length/width		18	20
	length		27	29
	mean dif. to scene 04000-22986(2)		89	91
buildings (2)	Brightness		170	210
	Mean dif. to scene 04000-22986(3)		90	120
	Density		1.4	1.6
	Length		17	19
shadow(2)	Mean 04008-22986(4)		134	136
	Standard Nearest Neighbor			
bare ground(2)	invert similarity to: street(2), buildings(2), shadow(2)			
bare ground adjacent to sea(2)	Distance to sea(2) Neighbor-object		49	51
	Mean dif. to scene 02160-23160 (3)		21	23
	Relative border to street(2) Neighbor-object		0.4	0.6
	Relative border to sea(2) Neighbor-object		0	0.2
	Relative border to vegetation(2) Neighbor-object		0.4	0.6
	Relative border to bare ground adjacent to sea(2) Neighbor-object		0.2	0.4
bare ground not adjacent to sea (2)	Invert similarity to: bare ground adjacent to sea (2)			

Με βάση τις περιγραφές αυτές η τελική ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης έχει ως εξής:

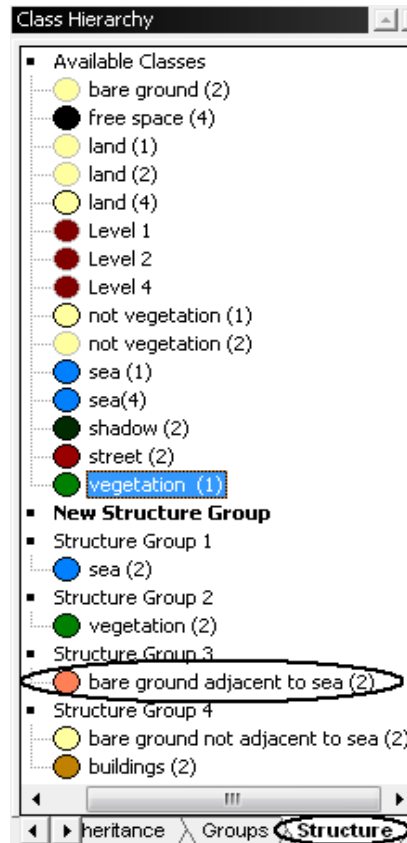


Εικόνα 4-53: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

4.5.4. Κατάτμηση Βάσει Ταξινόμησης

Αφού ολοκληρωθεί η συνολική ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης, πραγματοποιείται σε αυτό κατάτμηση βάσει ταξινόμησης και συγκεκριμένα ταξινόμηση βάσει συνένωσης (βλ. εδάφιο 2.4.4.). Αυτό που κυρίως ενδιαφέρει είναι όλα τα αντικείμενα, που στο 2^ο επίπεδο είχαν ταξινομηθεί στην κατηγορία γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα, να συγχωνευθούν σε ένα ενιαίο αντικείμενο στο επίπεδο 3, το οποίο επρόκειτο να ταξινομηθεί στην νέα κατηγορία “foreshore”. Συνεπώς αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η δημιουργία ενός νέου επιπέδου, στο οποίο θα αναπαρίσταται τελικά ως ενιαία πλέον επιφάνεια η καθορισμένη ζώνη του αιγιαλού, ολοκληρώνοντας με τον τρόπο αυτό την διεκπεραίωση του αρχικού απαιτούμενου στόχου. Στο νέο αυτό επίπεδο η περιγραφή της κατηγορίας ενδιαφέροντος, ήτοι του αιγιαλού, υπόκειται στα δύο κριτήρια χάραξης που λαμβάνονται υπ’ όψιν και εισάγονται βάσει αυτών δύο χαρακτηριστικά τα οποία προκειμένου να ισχύουν ταυτόχρονα βασική προϋπόθεση είναι η ενοποίηση των τμημάτων του αιγιαλού ως ένα ενιαίο πολύγωνο.

Ως βάση για την διαδικασία κατάτμησης βάσει ταξινόμησης τροποποιείται η ιεραρχία δομής (*structure hierarchy*) με τέτοιον τρόπο, ώστε να τοποθετηθούν όλα τα είδη των κατηγοριών ενδιαφέροντος μαζί (βλ. εικόνα 4-54). Επισημαίνεται ότι ο δρόμος έχει ήδη ενοποιηθεί στην ανάλυση του 2^{ου} επιπέδου.



Εικόνα 4-54: Ιεραρχία δομής για τις κατηγορίες του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Από τη διαδικασία αυτή ανακύπτει το τρίτο επίπεδο, τα αντικείμενα του οποίου περιγράφονται με μαύρα όρια στην εικόνα 4-55:



Εικόνα 4-55: Το τρίτο επίπεδο ανάλυσης ως προϊόν της διαδικασίας κατάτμησης βάσει ταξινόμησης

Η νέα ιεραρχία κατηγοριών του επιπέδου αυτού συνίσταται από έξι κατηγορίες, ως υποκατηγορίες της αρχικής Level 3 και οι οποίες είναι: “sea(3)”, “vegetation(3)”, “street(3)”, “foreshore”, “free space(3)” και “not interest segments”. Για τον ορισμό της κατηγορίας «θάλασσα» χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του 2^{ου} επιπέδου, ορίζεται συνεπώς η κατηγορία “sea(3)” να περιέχει όλα τα αντικείμενα στα οποία υπάρχει η κατηγορία “sea(2)” σαν υπο-αντικείμενο (existence of sea(2) Sub-Objects), μέσω μίας συνάρτησης συμμετοχής μορφής Z, με τιμές από 0 έως 1. Ομοίως ορίζεται και η κατηγορία δρόμος. Αντίστοιχα στην κατηγορία βλάστηση ορίζεται να συμμετέχουν όλα εκείνα τα αντικείμενα που είτε είχαν ταξινομηθεί ως σκιά (existence of shadow(2) sub-objects) είτε ως βλάστηση (existence of vegetation(2) sub-objects) στο επίπεδο 2. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά συνδέονται μέσω του τελεστή or(max) που προϋποθέτει ότι είτε πρέπει να ισχύει το ένα είτε το άλλο, για την ταξινόμηση ενός αντικείμενου στην κατηγορία αυτή. Η κατηγορία free space(3) περιγράφεται ακριβώς όπως η αντίστοιχη κατηγορία του επιπέδου 4 (mean 04000-22986(4)).

Για την περιγραφή της κατηγορίας «αιγιαλός» λαμβάνονται υπ’ όψιν χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία υπόκεινται στα κριτήρια βάσει των οποίων πραγματοποιείται στη συγκεκριμένη απεικόνιση η χάραξη της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού. **Λαμβάνοντας υπ’ όψιν ότι** «αιγιαλός είναι η ζώνη της ξηράς, η οποία βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες πλην συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων...», το όριο μεταξύ στεριάς και θάλασσας, ήτοι η ακτογραμμή, αποτελεί σε κάθε περίπτωση την εσωτερική προς τη θάλασσα οριογραμμή της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού. Αντίστοιχα, βάσει των κριτηρίων «όριο βλάστησης» και «στέψη πρανούς» κατά την ειδική περίπτωση αυτού, η άνω οριογραμμή του αιγιαλού εφάπτεται τόσο με την τελευταία προς τη θάλασσα γραμμή βλάστησης όσο και με την άκρη του δρόμου. Συγκεκριμένα ένα πολύγωνο που έχει προκύψει μέσω της ενοποίησης ανάλογων τμημάτων, ταξινομείται ως αιγιαλός μόνο εφόσον **παρουσιάζει σχετικό όριο με τη θάλασσα και ταυτόχρονα με τον δρόμο**, αφού αυτό κυρίως τα κριτήρια μελετάται εδώ. Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές, η περιγραφή της κατηγορίας «αιγιαλός» διαμορφώνεται ως εξής:

ΑΝ

το σχετικό όριο ενός αντικειμένου με τη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.2 (20%)

ΚΑΙ

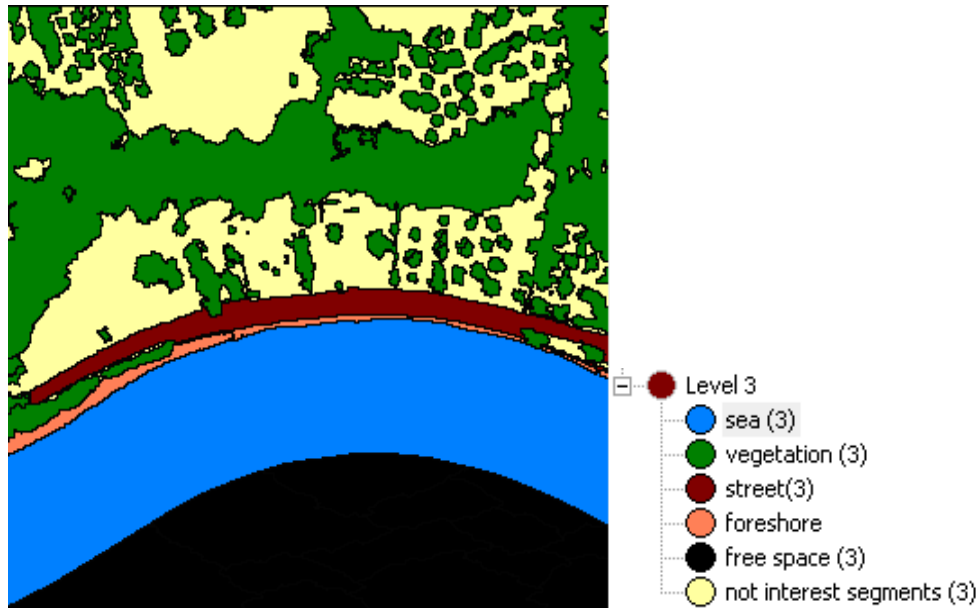
Το σχετικό του όριο με το δρόμο είναι μεγαλύτερο από 0.2 (20%)

ΤΟΤΕ

Το αντικείμενο ταξινομείται στην κατηγορία “αιγιαλός” του επιπέδου 3.

Το υπόλοιπο τμήμα της εικόνας, όπως αυτό έχει προκύψει από την ενοποίηση των δύο κατηγοριών “bare ground not adjacent to sea” και “buildings” του 2^{ου} επιπέδου, αποδίδεται στην κατηγορία “not interest segments”, που αποκαλείται έτσι δεδομένου ότι τα αντικείμενα της δεν επηρεάζουν την εξαγωγή του ζητούμενου. Για την περιγραφή της πραγματοποιείται η αντιστροφή όλων των προηγούμενων κατηγοριών ως εξής: Invert>Similarity to: sea(3), vegetation(3), foreshore, free space(3), street(3). Δηλαδή ότι δεν έχει ταξινομηθεί βάσει των περιγραφών των προηγούμενων κατηγοριών στις κατηγορίες αυτές, ταξινομείται στην κατηγορία “not interest segments”.

Το αποτέλεσμα αυτής της ταξινόμησης παρατίθεται στην εικόνα 4-56 που ακολουθεί:



Εικόνα 4-56: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης

4.6. Υλοποίηση στην Απεικόνιση “dmc.02168-23160(1)” για τη Μελέτη του Κριτηρίου «Γραμμή δόμησης»

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση της υπό μελέτη απεικόνισης περιλαμβάνει εξίσου τα τέσσερα επίπεδα κατάμησης και ταξινόμησης, όπως αυτά περιγράφηκαν στην πρώτη μελέτη (βλ. ενότητα 4.3).

4.6.1. Φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc.02168-23160(1)”

Η φωτοερμηνεία της υπό μελέτη απεικόνισης παρουσιάζεται στην εικόνα 4-57, όπου οι κόκκινοι αριθμοί σημαίνουν τις κατηγορίες εδαφοκάλυψης, όπως αναγράφονται στον πίνακα δεξιά. Η **χάραξη της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού** υλοποιείται βάσει των δύο κριτηρίων «όριο βλάστησης» και «γραμμή δόμησης», όπως αυτά αναπαρίστανται στην εικόνα με δύο διαφορετικά θεματικά επίπεδα, πράσινο και κόκκινο αντίστοιχα, ενώ η μπλε γραμμή αναπαριστά το όριο μεταξύ στεριάς και θάλασσας, δηλαδή την ακτογραμμή. Όσον αφορά στο δεύτερο κριτήριο, εμφανίζεται σε **πυκνοδομημένες περιοχές** εντός σχεδίου πόλεως όπου υπάρχει διαμόρφωση από κατασκευές ή τεχνικά έργα (βλ. πίνακα 3-1) και η χάραξη της προκαταρκτικής οριογραμμής του αιγιαλού (ΠΟΑ) υλοποιείται με **σαφή περιγραφή της γραμμής δόμησης**. Σε περιπτώσεις που υφίσταται δρόμος πλησιέστερα της ακτογραμμής, η άκρη του λαμβάνεται ως προέκταση της γραμμής δόμησης και η ΠΟΑ χαράσσεται σε αυτή με το αντίστοιχο θεματικό επίπεδο (κόκκινο), όπως συμβαίνει άλλωστε και στην συγκεκριμένη απεικόνιση.



Εικόνα 4-57: Η φωτοερμηνεία της απεικόνισης “dmc.02168-23160(1)”

4.6.2. Κατάτμηση Πολλαπλής Ανάλυσης

Προϊόν της διαδικασίας κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης αποτελεί η ιεραρχία των επιπέδων όπως αυτή συνίσταται αρχικά από τρία επίπεδα κατάτμησης. Με κατάλληλη επιλογή παραμέτρων και ανάλογα με τους στόχους που τέθηκαν εξ αρχής πραγματοποιείται η κατάτμηση τριών επιπέδων, εκ των οποίων το μέγιστο επίπεδο, το τρίτο αρχικά, αποσκοπεί στον διαχωρισμό της εικόνας σε στεριά και θάλασσα. Η διαδικασία της κατάτμησης βάσει συνένωσης, που υλοποιείται στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης, οδηγεί στη δημιουργία ενός νέου επιπέδου, όπου επρόκειτο μέσω της ενοποίησης των κατάλληλων αντικείμενων να αναπαρασταθεί ως ενιαία πλέον επιφάνεια η παράκτια ζώνη του αιγιαλού. Το επίπεδο αυτό τοποθετείται πάνω από το επίπεδο 2 στην αρχική ιεραρχία των επιπέδων, ως εκ τούτου αντικαθιστά το αρχικό, το οποίο κατ' αυτόν τον τρόπο επονομάζεται επίπεδο 4. Λαμβάνοντας υπ' όψιν την παρατήρηση αυτή, από δω και στο εξής ως μέγιστο επίπεδο κατάτμησης θα εξετάζεται το επίπεδο 4, όπως αυτό δημιουργήθηκε αρχικά προκειμένου να διαχωριστεί η υδάτινη επιφάνεια από το υπόλοιπο τμήμα της εικόνας.

4.6.2.1. Κατάτμηση 4ου επιπέδου

Το τέταρτο επίπεδο αποτελεί το μέγιστο επίπεδο κατάτμησης και αποσκοπεί στη δημιουργία μέγιστων αντικειμένων, ώστε η αρχική εικόνα να διαχωριστεί στις δύο κύριες κατηγορίες, στεριά και θάλασσα, και να εντοπιστεί τελικά μέσα από τη διαδικασία αυτή η εσωτερική προς τη θάλασσα οριογραμμή του αιγιαλού, δηλαδή η ακτογραμμή. Όπως σε κάθε περίπτωση, επιλέγεται για τον σκοπό αυτό η μέγιστη τιμή συντελεστή κλίμακας, ίση με 1500.

Η κατάτμηση αυτού του επιπέδου δεν κρίθηκε ιδιαίτερα δύσκολη, αφού εξ αρχής χρησιμοποιήθηκαν οι τελικές τιμές των παραμέτρων που συμμετείχαν αντίστοιχα στην κατάτμηση του εν λόγω επιπέδου των δύο εκ των τριών απεικονίσεων, των οποίων η μελέτη προηγήθηκε. Εφόσον η κατάτμηση του 4^{ου} επιπέδου υλοποιήθηκε με τον ίδιο συνδυασμό παραμέτρων κατά τη μελέτη των δύο απεικονίσεων, ενδέχεται η εφαρμογή του να δώσει εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα στην παρούσα μελέτη, συνεπώς μία δοκιμή αυτού κρίνεται σαφώς ενδιαφέρουσα. Ως εκ τούτου επιλέγεται τιμή ίση με 0.9 στο φασματικό κριτήριο και αντίστοιχα τιμή 0.1 στο σχηματικό κριτήριο, το οποίο μοιράζεται κατά 0.9 στο λείο της οριογραμμής και κατά 0.1 στο

συμπαγές του σχήματος. Τέλος, όπως σε κάθε περάτωση, υιοθετείται η αποκλειστική συμμετοχή του εγγύς υπέρυθρου καναλιού 4, δεδομένης της μικρής ανακλαστικότητας που παρουσιάζουν σε αυτό οι υδάτινες επιφάνειες, δίνοντας αντίστοιχα μηδενικό βάρος στα υπόλοιπα διαθέσιμα κανάλια. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής του εν λόγω συνδυασμού παραμέτρων παρατίθεται στην εικόνα 4-58.



Εικόνα 4-58: Ένα κομμάτι της εικόνας “dmc.02168-23154(1)” και το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του επιπέδου 4.

Αποδεικνύεται ρητά ότι ο συνδυασμός $[1500,0.9,0.1(0.9,0.1)]$, δύναται να εφαρμοστεί στις περισσότερες των περιπτώσεων για τον διαχωρισμό παρόμοιων απεικονίσεων σε στεριά και θάλασσα.

4.6.2.2. Κατάτμηση 1ου επιπέδου

Ακολουθεί το πρώτο επίπεδο κατάτμησης, για τον διαχωρισμό της αρχικής απεικόνισης σε περιοχές με ή χωρίς καθόλου βλάστηση, αστικής στο μεγαλύτερο μέρος της υπό μελέτη απεικόνισης, αφού επρόκειτο για μία πυκνοκατοικημένη περιοχή, με κυρίαρχο κριτήριο χάραξης ως εκ τούτου να αποτελεί η «γραμμή δόμησης».

Για τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων κατάτμησης, του φασματικού δηλαδή και του κριτηρίου σχήματος, ελήφθη υπ' όψιν ότι **βλάστηση στον αστικό χώρο εμφανίζεται σε συγκεντρώσεις συμπαγείς**, που φασματικά διαφοροποιούνται έντονα από τον περιβάλλοντα χώρο (Δερζέκος και Αργιαλάς, 2002). Από τους συνδυασμούς που δοκιμάστηκαν, τα βέλτιστα αποτελέσματα, με ελάχιστες ωστόσο μεταξύ τους διαφοροποιήσεις, απέδωσε ο συνδυασμός: φασματικό κριτήριο 0.7 και κριτήριο σχήματος 0.3.

Το τελευταίο μοιράζεται με ίσο βάρος (0.5) στις δύο συνιστώσες του που αφορούν το λείο της οριογραμμής και το συμπαγές του σχήματος, μια που έδωσε τη δυνατότητα να εντοπιστούν με πολύ μεγάλη ακρίβεια οι συγκεντρώσεις πράσινου.

Η τελευταία παράμετρος που ορίζεται αφορά στην κλίμακα. Οι συγκεντρώσεις αστικού πράσινου είναι συνήθως **κατακερματισμένες και μικρές σε έκταση**, επιλέγεται συνεπώς μια σχετικά μικρή τιμή παραμέτρου κλίμακας, ίση με 35, ώστε τα προκύπτοντα αντικείμενα να είναι σχετικά μικρού μεγέθους και ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης στο μεταγενέστερο στάδιο της ταξινόμησης να υπολογιστεί με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Υιοθετείται τέλος η συμμετοχή και των τεσσάρων διαθέσιμων καναλιών με βάρος 1. Στην εικόνα 4-59 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής αυτού του συνδυασμού παραμέτρων για ένα κομμάτι της απεικόνισης “dmc.02168-23160(1)”, που εμφανίζεται αριστερά σε έγχρωμο σύνθετο RGB: 412, με τη βλάστηση να σημαίνεται σε αυτό με κόκκινο χρώμα, ενώ τα προκύπτοντα από την κατάτμηση αντικείμενα περιγράφονται στην εικόνα δεξιά με μαύρα όρια.



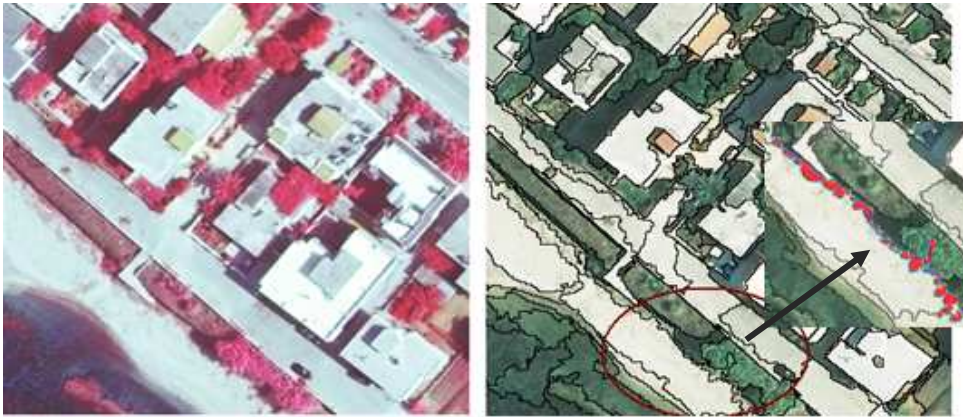
Εικόνα 4-59: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 1^{ου} επιπέδου.

Τα σχετικά μικρά και συμπαγή τμήματα που προκύπτουν από την κατάτμηση που προηγείται διευκολύνουν τον εντοπισμό των συγκεντρώσεων αστικού πράσινου. Η ομοιότητα ωστόσο των τμημάτων αυτών δεν επιτρέπει τη **διάκριση τους ως προς το σχήμα, το οποίο παρέχει ένα επιπλέον μέσο διαχωρισμού φασματικά συγγενών τμημάτων**, που αντιστοιχούν σε οροφές κτιρίων και εκείνων που αντιστοιχούν σε δρόμους, ιδίως αυτούς με σχετικά φθαρμένη ασφαλτόστρωση. Είναι σαφές ότι ο διαχωρισμός των δύο αυτών κατηγοριών, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα φασματικά χαρακτηριστικά, δεν κρίνεται εφικτός. Ωστόσο ενδείκνυται οι κατηγορίες αυτές να διαχωριστούν αρχικά και να διαφαίνονται έπειτα, καλώς ή κακώς, στο τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης, προκειμένου να πιστοποιείται κατ’ αυτόν τον τρόπο το κριτήριο χάραξης της ΠΟΑ (γραμμή δόμησης). Κρίνεται συνεπώς απαραίτητη η δημιουργία ενός νέου επιπέδου κατάτμησης, ώστε με κατάλληλη επιλογή παραμέτρων να δοθεί η δυνατότητα της χρήσης ενός δεύτερου κριτηρίου για τον διαχωρισμό τους, αυτό του σχήματος των τμημάτων.

4.6.2.3. Κατάτμηση 2ου επιπέδου

Ως εκ τούτου δημιουργείται το δεύτερο επίπεδο για την κατάτμηση του οποίου υιοθετούνται αρχικά οι εξής παράμετροι: συμμετοχή και των τεσσάρων διαθέσιμων καναλιών με βάρος 1, τιμή παραμέτρου κλίμακας ίση με 55, βάρος φασματικού κριτηρίου 0,7 και βάρος κριτηρίου σχήματος 0,3, που μοιράζεται κατά 0,9 στο λείο της οριογραμμής και κατά 0,1 στο συμπαγές των τμημάτων. Με το πολύ χαμηλό

βάρος που δόθηκε στο κριτήριο που αφορά στο συμπαγές των τμημάτων εξασφαλίστηκε ότι τα τμήματα που θα προκύψουν μετά τη συγχώνευση θα είναι επιμήκη. Αποτέλεσμα της παραπάνω επιλογής ήταν να συγχωνευτούν κατά κανόνα επιμέρους τμήματα κατά μήκος των δρόμων και το επίμηκες των νέων τμημάτων να παρέχει ένα ακόμα μέσο διαχωρισμού των δρόμων από τα φασματικά παρόμοια κτίρια. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάτμησης παρουσιάζεται στην εικόνα 4-60.



Εικόνα 4-60: Αριστερά ένα κομμάτι της εικόνας σε έγχρωμο σύνθετο RGB:412 και δεξιά το αποτέλεσμα της δοκιμαστικής κατάτμησης του 2^{ου} επιπέδου.

Εάν εξεταστεί αρχικά το αποτέλεσμα της κατάτμησης στην κρίσιμη περιοχή της ζώνης του αιγιαλού, ένα από τα λάθη που προκύπτουν από τον παραπάνω συνδυασμό παραμέτρων σημαίνεται με κόκκινο κύκλο στην εικόνα 4-60. Είναι προφανής η **ένωση ανόμοιων θεματικών κατηγοριών** (αιγιαλού και βλάστησης) στο ίδιο αντικείμενο. Συνεπώς η ταξινόμηση του υπό εξέταση αντικειμένου κρίνεται σε οποιαδήποτε εκ των δύο κατηγοριών εσφαλμένη, με προβάδισμα να παρουσιάζει η ταξινόμηση του ως «αιγιαλός» αφού σε αυτή την περίπτωση συν τοις άλλοις **παραβιάζεται η βασική αρχή**, σύμφωνα με την οποία η πάνω οριογραμμή του αιγιαλού οφείλει το δυνατόν να εφάπτεται με την τελευταία προς τη θάλασσα γραμμή βλάστησης, όταν κριτήριο για την οριοθέτησή του αποτελεί το όριο βλάστησης. Ακολουθείται συνεπώς μία σειρά αλληπάλληλων δοκιμαστικών κατατμήσεων με βασική επιδίωξη την παραγωγή αντικειμένων κατάλληλων για την εξαγωγή του ζητούμενου αρχικά και έπειτα για την ορθή ταξινόμηση όλων των εντοπιζόμενων κατηγοριών εδαφοκάλυψης. Η στρατηγική που ακολουθείται για την επιλογή της βέλτιστης κατάτμησης έγκειται σε μία διαδικασία εν ονόματι «δοκιμή και απόρριψη». Σύμφωνα με αυτή επιχειρούνται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί μεταξύ των παραμέτρων, εκτιμάται το αποτέλεσμα αυτών βάσει του βαθμού στον οποίο ικανοποιεί ή όχι τον αρχικό στόχο της παρούσης μελέτης και είτε γίνεται δεκτή είτε απορρίπτεται. Τελικά η βέλτιστη κατάτμηση έγκειται στη μείωση του φασματικού κριτηρίου από 0.7 σε 0.6 και στη διατήρηση όλων των υπολοίπων παραμέτρων ως έχουν. Η παράμετρος κλίμακας διατηρείται ίση με 55, αφού παράγει αντικείμενα μεγέθους κατάλληλου ώστε αυτά να παρέχουν εννοιολογική πληροφορία (βλ. εικόνα 5-61(β)). Οποιαδήποτε αύξηση της τιμής πέραν αυτής, επαναφέρει το πρόβλημα της ένωσης ανόμοιων κατηγοριών. Στην εικόνα 4-61 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 2^{ου} επιπέδου αρχικά για το κομμάτι της εικόνας 4-60, με τα αντικείμενά του να προκύπτουν πλέον ορθά μετά την τελική κατάτμηση (βλ. εικόνα 4-61(α)) και για ένα δεύτερο τμήμα της υπό μελέτη απεικόνισης, όπου εξετάζεται το

αποτέλεσμα της κατάτμησης σε μία περιοχή πέραν της ζώνης του αιγιαλού (βλ. εικόνα 4-61(β)).

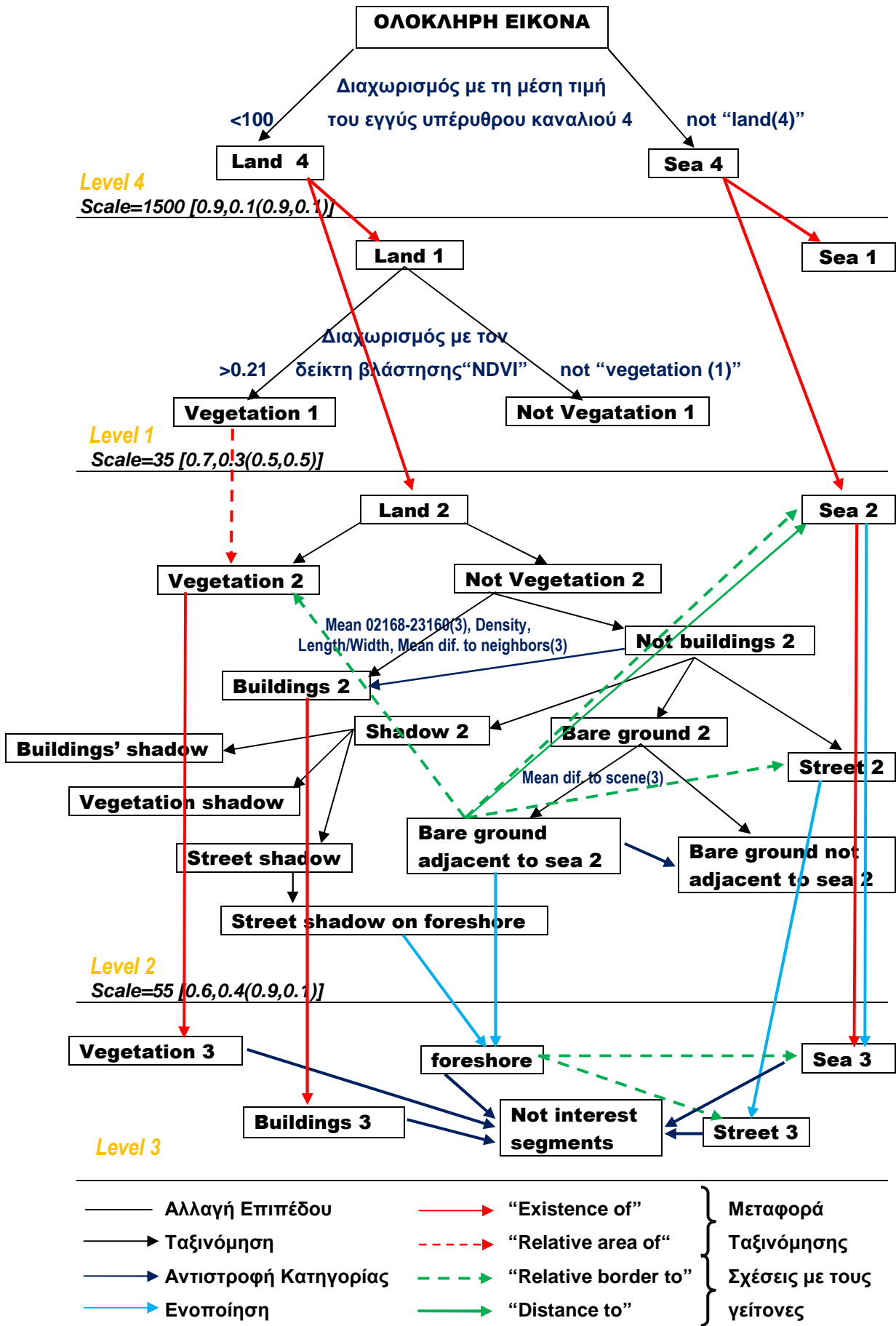


Εικόνα 4-61: Το αποτέλεσμα της τελικής κατάτμησης του 2^{ου} επιπέδου (α) κοντά στη ζώνη του αιγιαλού και (β) σε ένα τμήμα πέραν της ζώνης του αιγιαλού.

4.6.3. Ταξινομήσεις

Ακολουθεί η διαδικασία της ταξινόμησης των δεδομένων, όντας το σημαντικότερο κομμάτι της παρούσης μελέτης, καθώς μετά την εκτέλεση της φαίνεται στην πράξη κατά πόσο έχουν ή όχι επιτευχθεί οι στόχοι που τέθηκαν εξ' αρχής.

Η προσέγγιση που επρόκειτο να ακολουθηθεί δεν διαφέρει σε τίποτα από την προσέγγιση που σχεδιάστηκε αντίστοιχα κατά την υλοποίηση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης στην 1^η απεικόνιση (βλ. εδάφιο 4.3.3. Ταξινομήσεις και ως εκ τούτου η περιγραφή της στο σημείο αυτό παραλείπεται. Αντί αυτής παρατίθεται στη συνέχεια ο αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων, όπου παρουσιάζεται γραφικά η στρατηγική που ακολουθείται για την εξαγωγή των κατά το δυνατό σωστών, σύμφωνα με τους αρχικούς στόχους, αποτελεσμάτων.

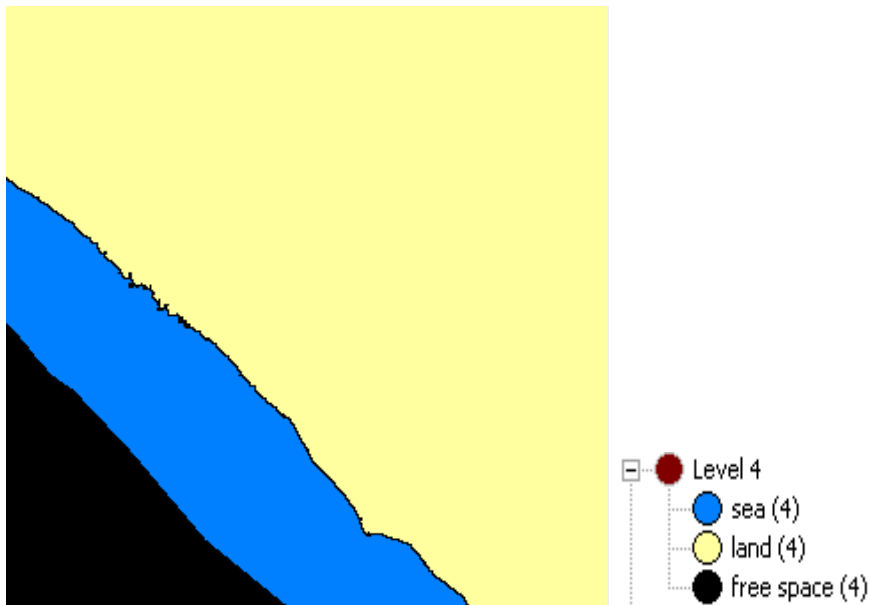


Εικόνα 4-62: Ο αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων

4.6.3.1. Ταξινόμηση 4ου επιπέδου

Το 4^ο επίπεδο δημιουργήθηκε αρχικά στο στάδιο της κατάτμησης, προκειμένου να διαχωριστεί η υδάτινη επιφάνεια από το υπόλοιπο τμήμα της εικόνας και να προσδιοριστεί κατ' αυτόν τον τρόπο η ακτογραμμή, ως εσωτερη προς τη θάλασσα οριογραμμή της ζώνης του αιγιαλού. Λαμβάνοντας υπ' όψιν το γεγονός αυτό, ακριβώς αυτός είναι και ο σκοπός της εν λόγω ταξινόμησης.

Προκειμένου αυτή η ταξινόμηση να υλοποιηθεί επαναλαμβάνεται η διαδικασία που έλαβε χώρα αντίστοιχα κατά τη μελέτη της πρώτης απεικόνισης (βλ. εδάφιο 4.3.3.1.). Με βάση τη στρατηγική αυτή, παρατίθεται στην εικόνα 4-63 το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου.



Εικόνα 4-63: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου ανάλυσης

4.6.3.2. Ταξινόμηση 1ου επιπέδου

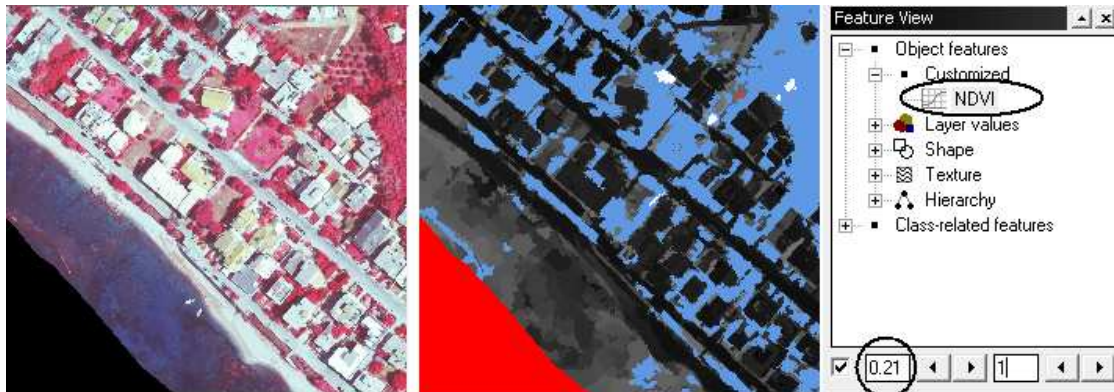
Ακολουθεί η ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου, όπως αυτό δημιουργήθηκε στο στάδιο της πολλαπλής κατάτμησης εικόνας προκειμένου το τμήμα της ξηράς να ταξινομηθεί, με τη βοήθεια του κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης NDVI, σε περιοχές με ή χωρίς καθόλου βλάστηση.

Για την υλοποίηση της εν λόγω ταξινόμησης, δημιουργούνται αρχικά οι δύο κατηγορίες land(1) και sea(1), και ακολουθείται έπειτα η ίδια στρατηγική που προηγήθηκε αντίστοιχα στην ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου της αρχικής απεικόνισης (βλ. εδάφιο 4.3.3.2.). Μεταβάλλεται απλώς η τιμή του κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης NDVI, γεγονός που οφείλεται πιθανόν στην διαφορετική ραδιομετρία μεταξύ των υπό μελέτη απεικονίσεων.

Από τη φωτοερμηνεία της εικόνας και την απεικόνιση των τιμών του χαρακτηριστικού NDVI (βλ. εικόνα 4-64), προκύπτει ο διαχωρισμός των δύο κατηγοριών, “vegetation (1)”, “not vegetation (1)”, ως εξής:

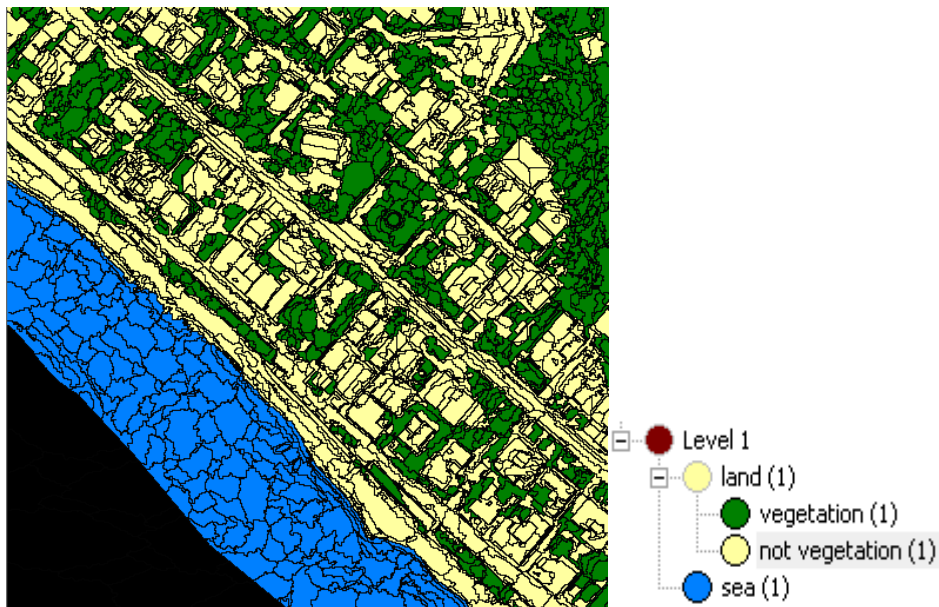
- ✓ vegetation(1)”: Ορίζεται με τη βοήθεια μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής μορφής S, με διάστημα ασάφειας από 0.20 έως 0.22, που δηλώνει τη συμμετοχή σε αυτή των αντικειμένων που παρουσιάζουν NDVI μεγαλύτερο από 0.21 τιμές ανακλαστικότητας.

- ✓ “not vegetation(1)”:Ορίζεται με την αντιστροφή (invert) της κατηγορίας “vegetation(1)”, στο αντίστοιχο πλαίσιο διαλόγου αυτής



Εικόνα 4-64: Επιλογή Χαρακτηριστικού NDVI στο πλαίσιο διαλόγου Feature View για τον βέλτιστο εντοπισμό της βλάστησης

Με βάση τις περιγραφές αυτές, το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1^{ου} επιπέδου ανάλυσης διαμορφώνεται ως εξής:



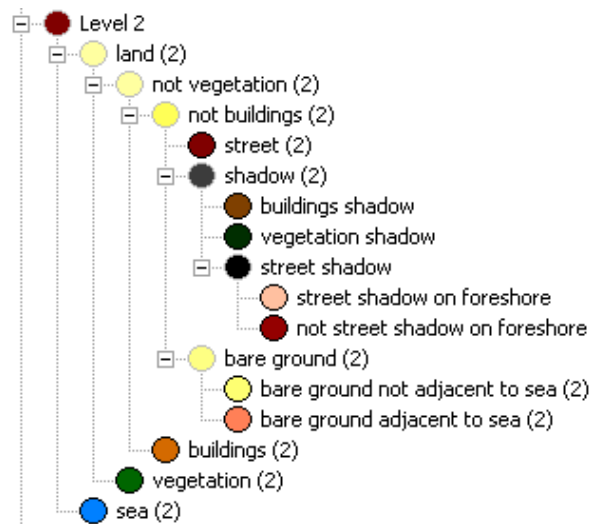
Εικόνα 4-65: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1^{ου} επιπέδου ανάλυσης

4.6.3.3. Ταξινόμηση 2ου επιπέδου

Το δεύτερο επίπεδο αποτελεί το μεσαίο επίπεδο ανάλυσης στο οποίο καταβάλλεται προσπάθεια ώστε να οριοθετηθούν και να περιγραφούν όλες οι θεματικές κατηγορίες που εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή, προκειμένου αυτές να διαφάνονται στο τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης και να πιστοποιούνται κατ’ αυτόν τον τρόπο τα κριτήρια που λήφθηκαν εξ αρχής υπ’ όψιν για τη χάραξη της ΠΟΑ.

Για την υλοποίηση της εν λόγω ταξινόμησης ορίζονται αρχικά, όπως σε κάθε περίπτωση, οι κατηγορίες “land(2)” και “sea(2)”, ως κατηγορίες-γόνιοι της γενικής Level 2, για τον ορισμό των οποίων χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του 4^{ου} επιπέδου (βλ. εδάφιο 4.3.3.3., εικόνα 4-14). Έπειτα πραγματοποιείται ο διαχωρισμός της κατηγορίας “land(2)” στις επιμέρους κατηγορίες

“vegetation(2)” και “not vegetation(2)” προκειμένου το τμήμα της ξηράς να διαχωριστεί όπως και στο πρώτο επίπεδο σε περιοχές με ή χωρίς καθόλου βλάστηση. Προκύπτει ως εκ τούτου η πρώτη κατηγορία προς ταξινόμηση (βλάστηση), ο ορισμός της οποίας υλοποιείται σε κάθε περίπτωση με τον ίδιο τρόπο (βλ. εδάφιο 4.3.3.3., Εικόνα 4-17), ενώ η κατηγορία «όχι βλάστηση», ως αντίστροφη της πρώτης, επρόκειτο να διαχωριστεί περαιτέρω σε όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες κάλυψης γης. Οι πρώτες κατηγορίες που ορίζονται, ως υποκατηγορίες της αρχικής “not vegetation(2)”, είναι οι “buildings(2)” και “not buildings(2)”, καθώς η περιοχή που μελετάται αποτελεί μία πυκνοκατοικημένη περιοχή με το μεγαλύτερο ως εκ τούτου μέρος αυτής να καλύπτεται από κτίρια σε συνεχή δόμηση. Δεδομένου ότι οι κατηγορίες που εντοπίζονται είναι αρκετές, κρίνεται σκόπιμος **ο κατά το δυνατόν καλύτερος διαχωρισμός** μεταξύ αυτών στην ιεραρχία των τάξεων, **προκειμένου να μην επικαλύπτονται έντονα τα πεδία τιμών των κανόνων** που λαμβάνονται υπ’ όψιν για τον ορισμό της εκάστοτε κατηγορίας. Με βάση την παρατήρηση αυτή η ιεραρχία των κατηγοριών διαμορφώνεται ως εξής:



Εικόνα 4-66: Η ιεραρχία των κατηγοριών του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Δεδομένης της **πολυπλοκότητας του αστικού χώρου** και της **φασματικής εγγύτητας** μεταξύ των διαφόρων τάξεων, η διχοτόμηση των κατηγοριών κατ’ αυτόν τον τρόπο (εικόνα 4-66) ενδέχεται να βελτιώσει το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης. Πρώτη κατηγορία προς ταξινόμηση αποτελεί η κατηγορία “buildings” η περιγραφή της οποίας ενδείκνυται να διαμορφωθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να διαχωριστούν εξ αρχής το δυνατόν καλύτερα τα κτίρια από τα φασματικά όμοια αντικείμενα του δρόμου και του γυμνού εδάφους, ιδίως του γυμνού εδάφους παρακείμενου στη θάλασσα. Η επίτευξη αυτή κρίνεται ουσιαστική, αφού βάσει της συγκεκριμένης ιεραρχίας οποιοδήποτε αντικείμενο πληροί σε κάποιο βαθμό τις ιδιότητες της εν λόγω κατηγορίας θα ταξινομηθεί σε αυτή και θα διατηρηθεί ως έχει και στη συνέχεια, ανεξαρτήτως των περιγραφών των υπολοίπων κατηγοριών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι **όλες οι κατηγορίες που επρόκειτο να περιγραφούν** στη συνέχεια (δρόμοι, σκιές και γυμνό έδαφος) αποτελούν κατηγορίες – γόνοι της αρχικής “not buildings”, **κληρονομούν κατ’ επέκταση την ιδιότητα της** (Invert Similarity to>“buildings(2)”) σύμφωνα με την οποία δεν μπορεί να συμμετέχει στην ταξινόμησή τους οποιοδήποτε αντικείμενο έχει ήδη ταξινομηθεί ως κτίριο, βάσει της περιγραφής της εν λόγω κατηγορίας. Γίνεται συνεπώς αντιληπτό ότι εάν για

παράδειγμα ένα τμήμα του γυμνού εδάφους παρακείμενου στη θάλασσα ταξινομηθεί ως κτίριο, θα παραμείνει ως έχει μέχρι το πέρας της ταξινόμησης, εξασφαλίζοντας την από αυτή τη στιγμή ανακριβή οριοθέτηση της ζώνης του αιγιαλού, όπως αυτή αποτελεί τον αρχικό στόχο της παρούσης αλλά και όλων των προηγηθέντων μελετών. Προκειμένου συνεπώς η ανάγκη αυτή να εξυπηρετηθεί επιχειρούνται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί μεταξύ των ιδιοτήτων εκείνων που ενδείκνυται να οδηγήσουν στην κατά το δυνατόν καλύτερη ανάδειξη των κτιρίων και στον διαχωρισμό τους από τις υπόλοιπες φασματικά όμοιες κατηγορίες. Τελικά η περιγραφή της κατηγορίας “buildings(2)” διαμορφώθηκε ως εξής:

AN η μέση τιμή ενός αντικείμενου στο κανάλι 1 (Mean 02168-23160(1)) είναι μεγαλύτερη από 160 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

ΚΑΙ η μέση διαφορά του από τους γείτονες στο κανάλι 3 (Mean dif. to neighbors(3)) είναι μεγαλύτερη από 27 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

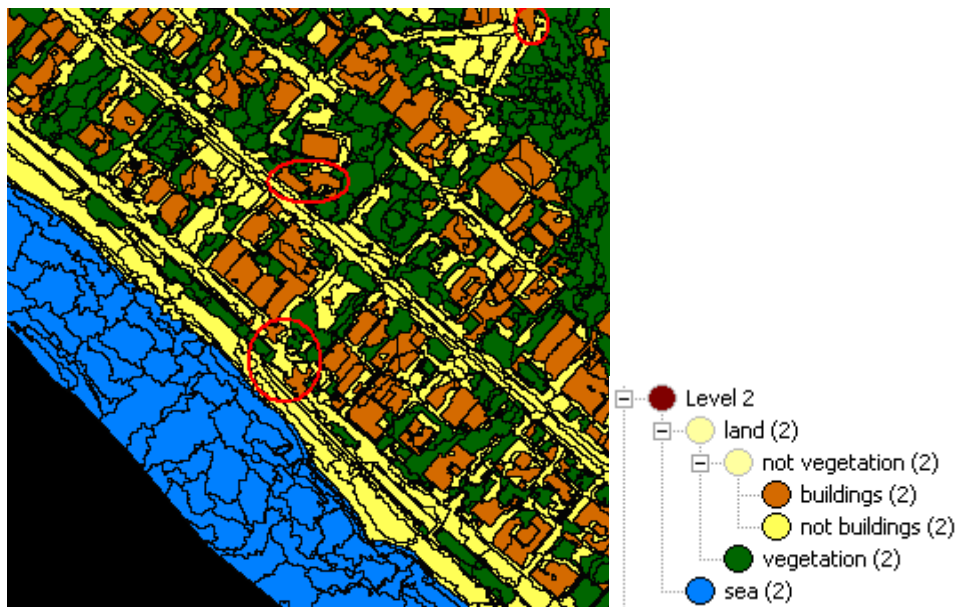
ΚΑΙ ο λόγος του μήκους προς το πλάτος του είναι μικρότερος από 5

ΚΑΙ η πυκνότητά του είναι μεγαλύτερη από 1.5

ΚΑΙ η μέση τιμή της πυκνότητας των υποαντικειμένων του είναι μεγαλύτερη από 1.3.

TOTE το αντικείμενο αυτό ταξινομείται στην κατηγορία «κτίρια» του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης.

Με βάση την περιγραφή αυτή, η ταξινόμηση της κατηγορίας «κτίρια» διαμορφώνεται ως εξής:



Εικόνα 4-67: Η ταξινόμηση της κατηγορίας «κτίρια» στην ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Η όλη διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ταξινόμηση των κτιρίων εστιάστηκε κυρίως στον διαχωρισμό της εν λόγω κατηγορίας από το γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα και εν τέλει αυτό κρίθηκε εφικτό, όπως αποδεικνύεται άλλωστε και στη εικόνα 4-67. Παρά τις προσπάθειες που καταβλήθηκαν ωστόσο δεν επιτεύχθηκε η ακριβής ανάδειξη των κτιρίων. Αρκετά αντικείμενα του γυμνού εδάφους όχι παρακείμενου στη θάλασσα, καθώς και του δρόμου, έχουν εσφαλμένα ταξινομηθεί ως κτίρια, όπως αυτά σημαίνονται με κόκκινους κύκλους στην εικόνα 4-67, ενώ αντίθετα υπάρχουν τμήματα που ενώ αντιπροσωπεύουν κτίρια δεν πληρούν τις ιδιότητες της περιγραφής αυτής της κατηγορίας με αποτέλεσμα να ταξινομούνται στη

κατηγορία “not buildings(2)”. Σε γενικές γραμμές η ταξινόμηση των κτιρίων κρίνεται σχετικά ικανοποιητική, με βάση τον στόχο που τέθηκε εξ αρχής και σύμφωνα με τα δεδομένα που διατίθενται (παραδείγματος χάριν καθοριστική είναι η έλλειψη ενός μοντέλου υψομέτρων) και εφόσον δεν έχει άμεση επιρροή στην εξαγωγή του ζητούμενου, ήτοι στην οριοθέτηση της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού, διατηρείται ως έχει.

Δημιουργούνται έπειτα τρεις νέες κατηγορίες, “street(2)”, “shadow(2)” και “bare ground(2)”, ως υποκατηγορίες της “not buildings(2)”, ενώ οι κατηγορίες «σκιά» και «γυμνό έδαφος» επρόκειτο να διαχωριστούν περαιτέρω. Η ταξινόμηση της κατηγορίας “buildings” έχει υλοποιηθεί στο προηγούμενο αμέσως στάδιο και δεν επρόκειτο να εμπλακεί στη συνέχεια στην ταξινόμηση καμίας άλλης κατηγορίας. Συνεπώς οι εργασίες που πραγματοποιούνται από δω και στο εξής εστιάζονται ιδίως στον διαχωρισμό των φασματικά συγγενών κατηγοριών «δρόμος» και «γυμνό έδαφος». Δεδομένης της φασματικής εγγύτητας μεταξύ αυτών, ο ορισμός της πρώτης κατηγορίας δεν κρίνεται ιδιαίτερα εύκολος. Για τον εν λόγω ορισμό **κατεβλήθη προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν τα ελάχιστα δυνατά χαρακτηριστικά γνωρίσματα**, ώστε να προβλέπεται και να διορθώνεται με μεγαλύτερη ευκολία το αποτέλεσμα που θα προκύψει από το συνδυασμό αυτών. Τελικά μετά από αλληπάλληλες απεικονίσεις των τιμών διαφόρων χαρακτηριστικών, η περιγραφή της κατηγορίας «δρόμος» συντίθεται από δύο ιδιότητες που αφορούν στα φασματικά χαρακτηριστικά, ενώ λαμβάνεται υπ’ όψιν και το σχήμα των τμημάτων προκειμένου να περιοριστεί σε αυτή η συμμετοχή των αντικειμένων που εσφαλμένα προηγουμένως δεν ταξινομήθηκαν ως κτίρια, παρουσιάζουν ωστόσο παρόμοιες φασματικές υπογραφές με τα αντικείμενα του δρόμου και υφίσταται κίνδυνος σύγχυσης. Τέλος, θεωρείται ότι η άκρη του δρόμου δεν μπορεί να εφάπτεται με την ακτογραμμή σε απεικονίσεις παράκτιων περιοχών όπου μελετάται η ανάδειξη της ζώνης του αιγιαλού, αφού στις περιπτώσεις αυτές καμία κατηγορία, πέραν του αιγιαλού, δεν παρουσιάζει σχετικό όριο με τη θάλασσα. Συγκεκριμένα:

AN η μέση τιμή ενός αντικειμένου στο κανάλι 4 (Mean 02168-23160(4)) λαμβάνει τιμή στο διάστημα τιμών από 140 έως 210 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

ΚΑΙ ο λόγος του καναλιού 3 προς το άθροισμα όλων των καναλιών (Ratio 02168-23160(3)) λαμβάνει τιμή στο διάστημα τιμών από 0.23 έως 0.25 ψ.τ.α.

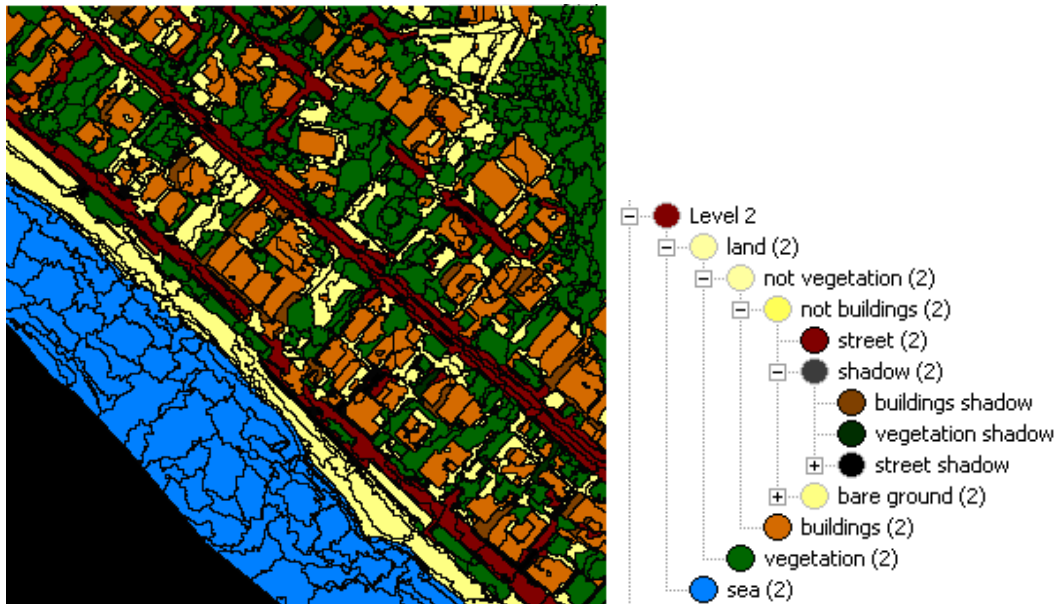
ΚΑΙ ο λόγος του μήκους προς το πλάτος (Length/Width) είναι μεγαλύτερος από 5

ΚΑΙ ΔΕΝ παρουσιάζει σχετικό όριο με τη θάλασσα μεγαλύτερο από 0.1

TOTE το αντικείμενο αυτό ταξινομείται στη κατηγορία «δρόμος» του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης.

Για τον ορισμό της σκιάς λαμβάνεται υπ’ όψιν η μέση τιμή του καναλιού 4 και ορίζεται να συμμετέχουν σε αυτή όσα αντικείμενα παρουσιάζουν μέση τιμή στο κανάλι 4 μικρότερη από 135, μέσω μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής μορφής Z, με διάστημα ασάφειας από 134 έως 136, ενώ παράλληλα χρησιμοποιείται η μέθοδος της εγγύτερης γειτνίασης και δειγμάτων. Σε επόμενο στάδιο διαχωρίζονται οι σκιές σε σκιές βλάστησης, κτιρίων και δρόμου (vegetation shadow, buildings’ shadow και street shadow) για τον ορισμό των οποίων λαμβάνεται υπ’ όψιν το σχετικό τους όριο με τη βλάστηση, τα κτίρια και τον δρόμο αντίστοιχα, ενώ παράλληλα δημιουργούνται δύο επιπλέον κατηγορίες, ως υποκατηγορίες της “street shadow” αποκαλούμενες “street shadow on foreshore” και “not street shadow on foreshore”, η οποία εξ ορισμού αποτελεί αντίστροφη της πρώτης. Να σημειωθεί ότι η άσφαλτος στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι υπερυψωμένη και δημιουργεί σκιά πάνω στην

επιφάνεια του αιγιαλού. Συνεπώς, ένα αντικείμενο ταξινομείται ως «σκιά βλάστησης» εφόσον πληροί σαφώς την περιγραφή της γενικής κατηγορίας «σκιά» ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζει σχετικό όριο με τη βλάστηση μεγαλύτερο από 0.2, μέσω μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής, μορφής S, με διάστημα ασάφειας από 0.1 έως 0.3. Αντίστοιχα ορίζονται οι κατηγορίες “buildings’ shadow” και “street shadow”. Τέλος στην κατηγορία “bare ground(2)” ταξινομούνται όσα αντικείμενα δεν έχουν ταξινομηθεί ούτε ως δρόμος ούτε ως σκιά, μέσω της αντιστροφής των δύο τελευταίων κατηγοριών στην περιγραφή της πρώτης. Μέχρις αυτής της στιγμής η ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου διαμορφώνεται ως εξής:



Εικόνα 4-68: Η ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Η ιεραρχία των κατηγοριών του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης ολοκληρώνεται με τον διαχωρισμό του γυμνού εδάφους στο γυμνό έδαφος παρακείμενο με τη θάλασσα (bare ground adjacent to sea(2)) και στο γυμνό έδαφος όχι παρακείμενο στη θάλασσα (bare ground not adjacent to sea(2)), με την πρώτη κατηγορία να αποτελεί στο επίπεδο αυτό, όπως σε κάθε περίπτωση, την παράκτια ζώνη του αιγιαλού. Για τον ορισμό του γυμνού εδάφους παρακείμενου στη θάλασσα λαμβάνονται υπ’ όψιν τα κριτήρια χάραξης της προκαταρκτικής οριογραμμής του αιγιαλού. Εφόσον σε κάθε περίπτωση το όριο βλάστησης αποτελεί κριτήριο, διατηρείται αναλλοίωτη η περιγραφή που διαμορφώθηκε τελικά στη μελέτη του αντίστοιχου κριτηρίου στην πρώτη απεικόνιση. Στην περίπτωση του κριτηρίου «γραμμή δόμησης» η χάραξη της ΠΟΑ υλοποιείται είτε με σαφή περιγραφή της συνεχούς δόμησης των κτιρίων είτε επί της άκρης του δρόμου, σε περιπτώσει που αυτός βρίσκεται πλησιέστερα της ακτογραμμής. Ως εκ τούτου τα αντικείμενα του αιγιαλού είτε οφείλουν να παρουσιάζουν κοινό όριο με τα κτίρια είτε με το δρόμο. Επειδή στη συγκεκριμένη απεικόνιση ισχύει η δεύτερη περίπτωση, διατηρείται η περιγραφή που διαμορφώθηκε για την εν λόγω κατηγορία στην αμέσως προηγούμενη περίπτωση. Η συγκεκριμένη απεικόνιση δεν παρέχει την δυνατότητα εύρεσης και εισαγωγής έπειτα στην περιγραφή της κατηγορίας ενδιαφέροντος ενός επιπλέον χαρακτηριστικού, αποδεικνύεται απλώς ότι οι κανόνες που έχουν ληφθεί έως τώρα εφαρμόζονται αυτοί καθ’ αυτοί και δίνουν εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα. Πρέπει να σημειωθεί ωστόσο ότι σε οποιαδήποτε άλλη παρόμοια περίπτωση **πιθανόν να δημιουργηθεί**

η ανάγκη εξέτασης του σχετικού ορίου με τα κτίρια ή άλλου παραπλήσιου χαρακτηριστικού, διαδικασία που δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί στα πλαίσια της παρούσης μελέτης αφού δεν υπάρχει κάποιος τρόπος ελέγχου και εκτίμησης της οποιασδήποτε επιλογής ανάλογου χαρακτηριστικού. Με βάση την παρατήρηση αυτή η περιγραφή της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα» έχει ως εξής:

ΑΝ Ἡ απόσταση ενός αντικειμένου από τη θάλασσα είναι μικρότερη από 50 μέτρα

ΚΑΙ

η μέση διαφορά του ως προς τη συνολική εικόνα στο κανάλι 3 είναι μεγαλύτερη από 22 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

Ἡ

Το σχετικό όριο του με τη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.1(10%)

Ἡ

Το σχετικό όριο του με τη βλάστηση είναι μεγαλύτερο από 0.5 (50%)

Ἡ

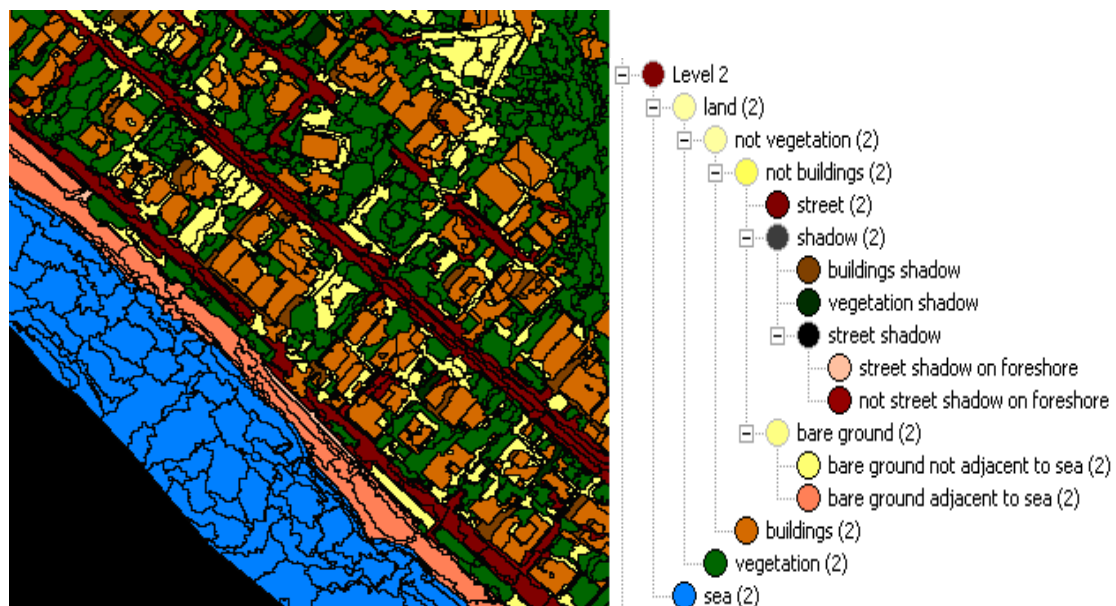
Το σχετικό όριο με το δρόμο είναι μεγαλύτερο από 0.5 (50%)

Ἡ το σχετικό όριο του με τα αντικείμενα που έχουν αποδοθεί στην κατηγορία γυμνό έδαφος κοντά στη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.3 (30%)

TOTE το αντικείμενο αυτό ταξινομείται στην κατηγορία “γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα” του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης.

Στην κατηγορία “street shadow on foreshore” ταξινομούνται έπειτα τα αντικείμενα εκείνα τα οποία περιβάλλονται τουλάχιστον κατά το ήμισυ από αντικείμενα γυμνού εδάφους παρακείμενου στη θάλασσα (relative area of bare ground adjacent to sea), μέσω μίας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής, μορφής S, με διάστημα ασάφειας από 0.4 έως 0.6. Εξ’ ορισμού η κατηγορία “not street shadow on foreshore” περιλαμβάνει όλες τις σκιές του δρόμου, πλην αυτών που βρίσκονται επί της επιφάνειας του αιγιαλού. Τέλος η κατηγορία «γυμνό έδαφος όχι παρακείμενο στη θάλασσα» ορίζεται μέσω της αντιστροφής της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα» στο αντίστοιχο πλαίσιο διαλόγου της πρώτης.

Με βάση τις παραπάνω περιγραφές, η ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης διαμορφώνεται ως εξής:



Εικόνα 4-69: Η τελική ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

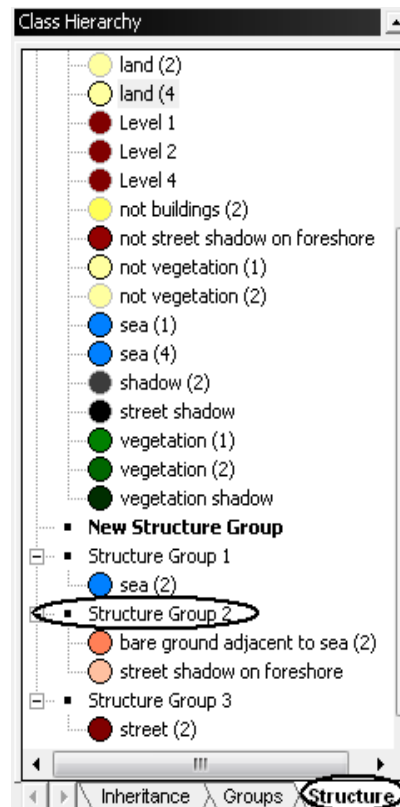
Πίνακας 4-6: Συναρτήσεις Συμμετοχής και πεδία τιμών των κατηγοριών του 2^{ου} επιπέδου της απεικόνισης “dmc.02168-23160(1)”

Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί Όριο
sea(4)	Mean 02168-23160 (4)		99	101
land(4)	Invert Similarity to sea(4)			
free space(4)	Mean 02168-23160 (4)		0	1
land(1)	Existence of land(4) Super-objects		0	1
sea(1)	Existence of sea(4) Super-objects		0	1
vegetation(1)	scaled NDVI		0.20	0.22
not vegetation(1)	Invert Similarity to: vegetation(1)			
land(2)	Existence of land(4) Super-objects		0	1
sea(2)	Existence of sea(4) Super-objects		0	1
vegetation(2)	Relative area of vegetation(1) sub-object		0.4	0.6
not vegetation(2)	invert similarity to: vegetation(2)			
buildings(2)	Mean 02168-23160 (1)		159	1161
	Mean dif. to Neighbors 02168-23160 (abs) (3)		26	28
	Length/Width		4	6
	Density		1.4	1.6
	Density of sub-objects: mean (1)		1.2	1.4
not buildings(2)	Invert Similarity to: buildings(2)			
street(2)	Mean 02168-23160(4)		140	210
	Ratio 02168-23160 (3)		0.23	0.25
	length/width		4	6
	Invert: Relative border to sea(2)		0	0.1
shadow(2)	Mean 02168-23160(4)		134	136
	Standard Nearest Neighbor			
buildings' shadow	Relative border to buildings(2)		0.1	0.3
vegetation shadow	Relative border to vegetation(2)		0.1	0.3
street shadow	Relative border to street(2)		0.1	0.3
bare ground(2)	invert similarity to: street(2), shadow(2)			
bare ground adjacent to sea(2)	Distance to sea(2) Neighbor-object		49	51
	Mean dif. To scene 02160-23160 (3)		21	23
	Relative border to street(2) Neighbor-object		0.4	0.6
	Relative border to sea(2) Neighbor-object		0	0.2
	Relative border to vegetation(2) Neighbor-object		0.3	0.5
	Relative border to bare ground adjacent to sea(2) Neighbor-object		0.2	0.4
bare ground not adjacent to sea (2)	Invert similarity to: bare ground adjacent to sea (2)			

4.6.4. Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης

Αφού ολοκληρωθεί η συνολική ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης, πραγματοποιείται σε αυτό κατάτμηση βάσει ταξινόμησης και συγκεκριμένα **ταξινόμηση βάσει συνένωσης** (βλ. εδάφιο 2.4.4.). Αυτό που κυρίως ενδιαφέρει είναι όλα τα αντικείμενα που στο 2^ο επίπεδο είχαν ταξινομηθεί στην κατηγορία γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα, να συγχωνευθούν σε ένα ενιαίο αντικείμενο στο επίπεδο 3, το οποίο επρόκειτο να ταξινομηθεί σε μία νέα κατηγορία αποκαλούμενη “foreshore”. Συνεπώς αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η δημιουργία ενός νέου επιπέδου ανάλυσης, στο οποίο μέσω της κατάλληλης επιλογής χαρακτηριστικών γνωρισμάτων θα αναπαρίσταται τελικά ως ενιαία πλέον επιφάνεια η καθορισμένη ζώνη του αιγιαλού, ολοκληρώνοντας με τον τρόπο αυτό την διεκπεραίωση του αρχικού απαιτούμενου στόχου.

Ως βάση για την διαδικασία κατάτμησης βάσει ταξινόμησης τροποποιείται η ιεραρχία δομής (*structure hierarchy*) με τέτοιον τρόπο, ώστε να τοποθετηθούν όλα τα είδη των κατηγοριών ενδιαφέροντος μαζί (βλ. εικόνα 4-70). Προκειμένου να προκύψει η ζώνη του αιγιαλού ενοποιούνται οι κατηγορίες “bare ground adjacent to sea” και “street shadow on foreshore” του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης, μίας που οι εν λόγω σκιές καλύπτουν μέρος της επιφάνειας του αιγιαλού. Στην όλη διαδικασία συμμετέχουν συν τους άλλους οι κατηγορίες «θάλασσα» και «δρόμος».



Εικόνα 4-70: Η ιεραρχία δομής για τις κατηγορίες του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Από τη διαδικασία αυτή ανακύπτει το τρίτο επίπεδο, τα αντικείμενα του οποίου περιγράφονται με μαύρα όρια στην εικόνα 4-71 που παρατίθεται:



Εικόνα 4-71: Το τρίτο επίπεδο ανάλυσης ως προϊόν της διαδικασίας κατάτμηση βάσει ταξινόμησης

Για το τρίτο επίπεδο ανάλυσης διαμορφώνεται εκ νέου η ιεραρχία των κατηγοριών όπως αυτή συντίθεται από τις εξής κατηγορίες: “sea(3)”, “vegetation(3)”, “buildings(3)”, “street(3)”, “foreshore”, “free space(3)” και “not interest segments”. Για τον ορισμό της κατηγορίας «θάλασσα» χρησιμοποιείται το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του χαμηλότερου επιπέδου 2, ορίζεται συνεπώς η κατηγορία “sea(3)” να περιέχει όλα τα αντικείμενα στα οποία υπάρχει η κατηγορία “sea(2)” σαν υποαντικείμενο (existence of sea(2) Sub-Objects), μέσω μίας συνάρτησης συμμετοχής μορφής Z, με τιμές από 0 έως 1. Ομοίως ορίζεται και η κατηγορία «κτίρια». Άλλωστε, εάν υπήρχε ένας πιο ισχυρός κανόνας για την ανάδειξη της εν λόγω κατηγορίας, αυτός θα είχε ήδη εφαρμοστεί και στην ταξινόμηση του προηγούμενου επιπέδου ανάλυσης, ήτοι του επιπέδου 2. Αντίστοιχα στην κατηγορία «βλάστηση» ορίζεται να συμμετέχουν όλα εκείνα τα αντικείμενα που είτε είχαν ταξινομηθεί ως σκιά βλάστησης (existence of vegetation shadow(2) sub-objects) είτε ως βλάστηση (existence of vegetation(2) sub-objects) στο επίπεδο 2. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά συνδέονται μέσω του τελεστή $or(max)$ που προϋποθέτει ότι είτε πρέπει να ισχύει το ένα είτε το άλλο, για την ταξινόμηση του εκάστοτε υπο μελέτη αντικείμενου στην κατηγορία αυτή. Η κατηγορία free space(3) περιγράφεται ακριβώς όπως η αντίστοιχη κατηγορία του επιπέδου 4 (mean 04000-22986(4)). Ακολουθεί η ταξινόμηση της κατηγορίας «δρόμος», η οποία μέσω της ενοποίησης των τμημάτων της σε συνδυασμό με την αλλαγή της προηγούμενης περιγραφής της ενδέχεται να βελτιωθεί σημαντικά. Προκειμένου να περιοριστεί αυτή η σύγκυση μεταξύ των αντικειμένων του δρόμου και αντικειμένων άλλων κατηγοριών παρόμοιων φασματικών υπογραφών (παραδείγματος χάριν κτίρια), όπως αυτή παρατηρείται στο τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 2^{ου} επιπέδου, η περιγραφή της κατηγορίας δρόμος διαμορφώνεται ως εξής:

AN

το μήκος ενός αντικειμένου είναι μεγαλύτερο από 20 μέτρα

ΚΑΙ

Η μέση τιμή του στο κανάλι 3 (mean 02168-23160(3)) βρίσκεται στο διάστημα τιμών από 180 έως 200 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

ΚΑΙ

Η τυπική απόκλιση του στο κανάλι 4 (Stdev 02168-23160(4)) βρίσκεται στο διάστημα τιμών από 12 έως 19 ψηφιακές τιμές ανακλαστικότητας

TOTE

Το αντικείμενο ταξινομείται στην κατηγορία «δρόμος» του 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης. Για την περιγραφή της κατηγορίας «αιγιαλός» λαμβάνονται υπ' όψιν χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία υπόκεινται στα κριτήρια βάσει των οποίων πραγματοποιείται στη συγκεκριμένη απεικόνιση η χάραξη της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού. **Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι** «αιγιαλός είναι η ζώνη της ξηράς, η οποία βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες πλην συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων...», το όριο μεταξύ στεριάς και θάλασσας, ήτοι η ακτογραμμή, αποτελεί σε κάθε περίπτωση την εσωτερική προς τη θάλασσα οριογραμμή της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού. **Αντίστοιχα, βάσει των κριτηρίων** «όριο βλάστησης» και «γραμμή δόμησης», η άνω οριογραμμή του αιγιαλού εφάπτεται με την τελευταία προς τη θάλασσα γραμμή βλάστησης και είτε με την οικοδομική γραμμή των κτιρίων είτε με την άκρη του δρόμου, όταν αυτός βρίσκεται πλησιέστερα της ακτογραμμής. Στην παρούσα μελέτη ο δρόμος βρίσκεται πλησιέστερα της ακτογραμμής, επομένως η άκρη του λαμβάνεται ως προέκταση της γραμμής δόμησης και η χάραξη της ΠΟΑ υλοποιείται στην άκρη αυτού με το αντίστοιχο θεματικό επίπεδο. Ως εκ τούτου ένα πολύγωνο που έχει προκύψει μέσω της ενοποίησης ανάλογων τμημάτων, ταξινομείται ως αιγιαλός μόνο εφόσον παρουσιάζει ταυτόχρονα σχετικό όριο με τη θάλασσα, βλάστηση και τον δρόμο. Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές, η περιγραφή της κατηγορίας «αιγιαλός» διαμορφώνεται ως εξής:

AN

το σχετικό όριο ενός αντικειμένου με τη θάλασσα είναι μεγαλύτερο από 0.2 (20%)

ΚΑΙ

Το σχετικό του όριο με το δρόμο είναι μεγαλύτερο από 0.1 (10%)

ΚΑΙ

Το σχετικό όριο του με τη βλάστηση είναι μεγαλύτερο από 0.2 (20%)

TOTE

Το αντικείμενο ταξινομείται στην κατηγορία «αιγιαλός» του επιπέδου 3. Όποιο αντικείμενο δεν πληροί τις περιγραφές των προηγούμενων κατηγοριών και ως εκ τούτου μέχρις αυτής της στιγμής παραμένει αταξινομήτο, αποδίδεται στην κατηγορία “not interest segments” που αποκαλείται έτσι δεδομένου ότι τα αντικείμενα της δεν επηρεάζουν την εξαγωγή του ζητούμενου. Για την περιγραφή της εν λόγω κατηγορίας πραγματοποιείται η αντιστροφή όλων των προηγούμενων κατηγοριών ως εξής: Invert>Similarity to: sea(3), vegetation(3), foreshore, free space(3), street(3) και “buildings(3)”. Δηλαδή ότι δεν έχει ταξινομηθεί βάσει των περιγραφών των προηγούμενων κατηγοριών στις κατηγορίες αυτές, ταξινομείται στην κατηγορία “not interest segments”.

Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης παρατίθεται στην εικόνα 4-72:



Εικόνα 4-72: Το αποτέλεσμα της ταξινόμηση του 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης

Το τρίτο επίπεδο ανάλυσης εκτός του ότι καλύπτει την ανάγκη ανάδειξης της ζώνης του αιγιαλού ως ενιαία επιφάνεια, **αποτελεί παράλληλα μία βελτίωση** του 2^{ου} επιπέδου. Πέραν της ενοποίησης των κατηγοριών που τελικά υλοποιήθηκε, επιχειρήθηκε αρχικά η ενοποίηση των αντικειμένων που είχαν ταξινομηθεί στο 2^ο επίπεδο ως κτίρια και εκείνων που αντιπροσώπευαν σκιές κτιρίων, με την ελπίδα ότι μέσω κατάλληλων αλλαγών στην αρχική περιγραφή της κατηγορίας “buildings(2)” θα βελτιωνόταν σε κάποιο βαθμό η προηγούμενη, σαφώς όχι απόλυτα επακριβής, ανάδειξη των κτιρίων. Παρά τις προσπάθειες που καταβλήθηκαν ωστόσο αυτό δεν κατέστη δυνατό, επομένως δεν υφίσταται λόγος πραγματοποίησης τελικά της εν λόγω ενοποίησης. Ως εκ τούτου για την ανάδειξη των κτιρίων του 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης πραγματοποιήθηκε απλώς **μεταφορά της ταξινόμησης** του 2^{ου} επιπέδου (existence of), με αποτέλεσμα σφάλματα αυτής να διατηρούνται ως έχουν και στην ταξινόμηση της εν λόγω κατηγορίας του επιπέδου 3.

Αντίθετα, ιδιαίτερη βελτίωση παρουσιάζει η ταξινόμηση των δρόμων, αφού μέσω της ενοποίησης των τμημάτων του και της επιλογής των κατάλληλων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων επιδιώχθηκε η μη συμμετοχή σε αυτή των αντικειμένων που στην πραγματικότητα αντιπροσωπεύουν κτίρια.

5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Μετά το πέρας της ταξινόμησης όλων των υπό μελέτη απεικονίσεων επιβάλλεται η αξιολόγηση της ορθότητας των αποτελεσμάτων, πέραν της απλής φωτοερμηνευτικής εποπτείας, καθώς δεδομένης της ασαφούς λογικής που ακολουθείται, το εκάστοτε αντικείμενο **ενδέχεται να ανήκει σε πλείστες κατηγορίες** με διάφορους βαθμούς συμμετοχής $\mu \in [0,1]$, ανάλογα με την επικάλυψη των πεδίων τιμών των χαρακτηριστικών που χρησιμοποιήθηκαν για τον ορισμό κάθε κατηγορίας. Το λογισμικό eCognition παρέχει σε κάθε επίπεδο κατάτμησης και ταξινόμησης εξειδικευμένα εργαλεία που παράγουν στατιστικά και γραφικά αποτελέσματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελέγξουν την ποιότητα των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης (βλ. εδάφιο 2.4.5.). Στα εδάφια που ακολουθούν υλοποιείται η **ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση** των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης βάσει δύο εκ των τεσσάρων μεθόδων που διατίθενται από το λογισμικό, ενώ παράλληλα γίνεται χρήση μίας τρίτης μεθόδου, προκειμένου να συγκριθεί η παράκτια ζώνη του αιγιαλού, όπως αυτή προέκυψε βάσει αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας, με την ψηφιοποιημένη επιφάνεια, ως αποτέλεσμα της φωτοερμηνείας των απεικονίσεων, όπως αυτή διατίθεται από την Ελληνική Φωτογραμμετρική Εταιρία, αποκλειστικά για τον σκοπό αυτό. Για κάθε απεικόνιση εκτιμάται η ορθότητα της ταξινόμησης του 2^{ου} και 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης, αφού το μεγαλύτερο ενδιαφέρον εστιάζεται στην παράκτια ζώνη του αιγιαλού, η ταξινόμηση της οποίας δεν εμπεριέχεται στην ανάλυση των επιπέδων 1 και 4.

5.1. Αξιολόγηση των Ταξινομήσεων με Βάση τους Μεγαλύτερους Βαθμούς Συμμετοχής -“Best Classification Result”

Δεδομένης της ασαφούς λογικής που χρησιμοποιεί για την ταξινόμηση το λογισμικό eCognition, ένα αντικείμενο ενδείκνυται να ανήκει μερικώς σε περισσότερες της μίας κατηγορίες, ανάλογα με τον βαθμό στον οποίο τα χαρακτηριστικά του πλησιάζουν τις περιγραφές των εκάστοτε κλάσεων. Η τελική ταξινόμηση του εκάστοτε αντικειμένου πραγματοποιείται στην κατηγορία για την οποία παρουσιάζει το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής, ήτοι στην κατηγορία της οποίας το αριθμητικό πρότυπο πλησιάζει περισσότερο. Ως εκ τούτου, ένα χρήσιμο μέτρο αξιολόγησης των αποτελεσμάτων αποτελεί η διερεύνηση του πόσο υψηλές ήταν οι τιμές των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής βάσει των οποίων διαμορφώθηκε η τελική ταξινόμηση των αντικειμένων. Η δυνατότητα αυτή παρέχεται στο λογισμικό eCognition με το εργαλείο “**Αποτέλεσμα καλύτερης Ταξινόμησης**» και το εξαγόμενο της εν λόγω αξιολόγησης είναι τόσο γραφικό όσο και αριθμητικό.

Το αριθμητικό εξαγόμενο της απεικόνισης είναι ένας πίνακας με τιμές που προέκυψαν από στατιστικές συναρτήσεις για τους μέγιστους βαθμούς συμμετοχής με τους οποίους ταξινομήθηκαν τα αντικείμενα στην εκάστοτε κατηγορία. Στον πίνακα αυτόν παρουσιάζεται για κάθε κατηγορία αφενός ο αριθμός των τμημάτων της και αφετέρου τέσσερα στατιστικά στοιχεία (ελάχιστη, μέγιστη και μέση τιμή καθώς και η τυπική απόκλιση) για τους βαθμούς συμμετοχής. Στην εικόνα 5-1 επισυνάπτονται οι αριθμητικοί πίνακες αξιολόγησης της ταξινόμησης του 2^{ου} και 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης για όλες τις υπό μελέτη απεικονίσεις.

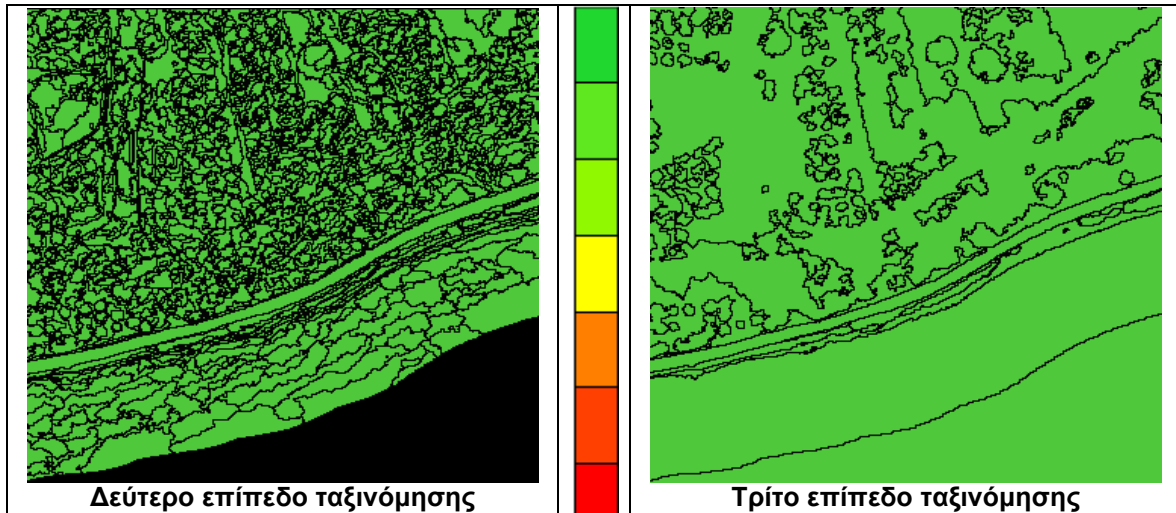
Απεικόνιση "dmc.02160-23160"	Best Classification Result <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>land (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sea (2)</td><td>71</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>Level (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>vegetation (2)</td><td>54</td><td>0.983</td><td>0.076</td><td>0.587</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground(2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>buildings (2)</td><td>6</td><td>0.984</td><td>0.0337</td><td>0.909</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground adjacent to sea (2)</td><td>51</td><td>0.985</td><td>0.064</td><td>0.59</td><td>1</td></tr> <tr><td>shadow (2)</td><td>3</td><td>0.972</td><td>0.0332</td><td>0.926</td><td>1</td></tr> <tr><td>not vegetation (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bare ground not adjacent to sea (2)</td><td>68</td><td>0.993</td><td>0.0554</td><td>0.54</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	land (2)	0					sea (2)	71	1	0	1	1	Level (2)	0					vegetation (2)	54	0.983	0.076	0.587	1	bare ground(2)	0					buildings (2)	6	0.984	0.0337	0.909	1	bare ground adjacent to sea (2)	51	0.985	0.064	0.59	1	shadow (2)	3	0.972	0.0332	0.926	1	not vegetation (2)	0					bare ground not adjacent to sea (2)	68	0.993	0.0554	0.54	1	Best Classification Result <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Level 3</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sea (3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (3)</td><td>5</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>foreshore</td><td>1</td><td>0.837</td><td>0</td><td>0.837</td><td>0.837</td></tr> <tr><td>free space (3)</td><td>3</td><td>1</td><td>0.000218</td><td>0.999</td><td>1</td></tr> <tr><td>not interest segments</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Level 3	0					sea (3)	1	1	0	1	1	vegetation (3)	5	1	0	1	1	foreshore	1	0.837	0	0.837	0.837	free space (3)	3	1	0.000218	0.999	1	not interest segments	3	1	0	1	1												
	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																				
land (2)	0																																																																																																																									
sea (2)	71	1	0	1	1																																																																																																																					
Level (2)	0																																																																																																																									
vegetation (2)	54	0.983	0.076	0.587	1																																																																																																																					
bare ground(2)	0																																																																																																																									
buildings (2)	6	0.984	0.0337	0.909	1																																																																																																																					
bare ground adjacent to sea (2)	51	0.985	0.064	0.59	1																																																																																																																					
shadow (2)	3	0.972	0.0332	0.926	1																																																																																																																					
not vegetation (2)	0																																																																																																																									
bare ground not adjacent to sea (2)	68	0.993	0.0554	0.54	1																																																																																																																					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
Level 3	0																																																																																																																									
sea (3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (3)	5	1	0	1	1																																																																																																																					
foreshore	1	0.837	0	0.837	0.837																																																																																																																					
free space (3)	3	1	0.000218	0.999	1																																																																																																																					
not interest segments	3	1	0	1	1																																																																																																																					
	(α) 2^ο επίπεδο ταξινόμησης	3^ο επίπεδο ταξινόμησης																																																																																																																								
Απεικόνιση "dmc.04000-22986"	Best Classification Result <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Level 2</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>land(2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sea (2)</td><td>147</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (2)</td><td>497</td><td>0.996</td><td>0.0346</td><td>0.532</td><td>1</td></tr> <tr><td>street(2)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>shadow (2)</td><td>121</td><td>0.992</td><td>0.0532</td><td>0.576</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground not adjacent to sea (2)</td><td>315</td><td>0.997</td><td>0.0242</td><td>0.729</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground adjacent to sea (2)</td><td>17</td><td>0.99</td><td>0.0281</td><td>0.903</td><td>1</td></tr> <tr><td>not vegetation (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bare ground (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sloping surface based on spectral info(2)</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Level 2	0					land(2)	0					sea (2)	147	1	0	1	1	vegetation (2)	497	0.996	0.0346	0.532	1	street(2)	1	1	0	1	1	shadow (2)	121	0.992	0.0532	0.576	1	bare ground not adjacent to sea (2)	315	0.997	0.0242	0.729	1	bare ground adjacent to sea (2)	17	0.99	0.0281	0.903	1	not vegetation (2)	0					bare ground (2)	0					sloping surface based on spectral info(2)	3	1	0	1	1	Best Classification Result <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>sea (3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (3)</td><td>84</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>foreshore</td><td>1</td><td>0.965</td><td>0</td><td>0.965</td><td>0.965</td></tr> <tr><td>street (3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>not interst segments</td><td>47</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>free space (3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>sloping surface based on spectral info(3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	sea (3)	1	1	0	1	1	vegetation (3)	84	1	0	1	1	foreshore	1	0.965	0	0.965	0.965	street (3)	1	1	0	1	1	not interst segments	47	1	0	1	1	free space (3)	1	1	0	1	1	sloping surface based on spectral info(3)	1	1	0	1	1
	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																				
Level 2	0																																																																																																																									
land(2)	0																																																																																																																									
sea (2)	147	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (2)	497	0.996	0.0346	0.532	1																																																																																																																					
street(2)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
shadow (2)	121	0.992	0.0532	0.576	1																																																																																																																					
bare ground not adjacent to sea (2)	315	0.997	0.0242	0.729	1																																																																																																																					
bare ground adjacent to sea (2)	17	0.99	0.0281	0.903	1																																																																																																																					
not vegetation (2)	0																																																																																																																									
bare ground (2)	0																																																																																																																									
sloping surface based on spectral info(2)	3	1	0	1	1																																																																																																																					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
sea (3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (3)	84	1	0	1	1																																																																																																																					
foreshore	1	0.965	0	0.965	0.965																																																																																																																					
street (3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
not interst segments	47	1	0	1	1																																																																																																																					
free space (3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
sloping surface based on spectral info(3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
	(β) 2^ο επίπεδο ταξινόμησης	3^ο επίπεδο ταξινόμησης																																																																																																																								
Απεικόνιση "dmc.04008-22986"	Best Classification Result <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>land (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sea (2)</td><td>67</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (2)</td><td>413</td><td>1</td><td>0.000561</td><td>0.989</td><td>1</td></tr> <tr><td>street (2)</td><td>2</td><td>0.956</td><td>0.0441</td><td>0.912</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground adjacent to sea (2)</td><td>13</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>shadow (2)</td><td>11</td><td>0.803</td><td>0.158</td><td>0.54</td><td>1</td></tr> <tr><td>buildings (2)</td><td>3</td><td>0.984</td><td>0.0223</td><td>0.953</td><td>1</td></tr> <tr><td>not vegetation (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bare ground not adjacent to sea (2)</td><td>264</td><td>0.981</td><td>0.0791</td><td>0.514</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	land (2)	0					sea (2)	67	1	0	1	1	vegetation (2)	413	1	0.000561	0.989	1	street (2)	2	0.956	0.0441	0.912	1	bare ground adjacent to sea (2)	13	1	0	1	1	bare ground (2)	0					shadow (2)	11	0.803	0.158	0.54	1	buildings (2)	3	0.984	0.0223	0.953	1	not vegetation (2)	0					bare ground not adjacent to sea (2)	264	0.981	0.0791	0.514	1	Best Classification Result <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>foreshore</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (3)</td><td>83</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>not interest segments (3)</td><td>19</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>sea (3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>street(3)</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>free space (3)</td><td>13</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	foreshore	2	1	0	1	1	vegetation (3)	83	1	0	1	1	not interest segments (3)	19	1	0	1	1	sea (3)	1	1	0	1	1	street(3)	2	1	0	1	1	free space (3)	13	1	0	1	1												
	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																				
land (2)	0																																																																																																																									
sea (2)	67	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (2)	413	1	0.000561	0.989	1																																																																																																																					
street (2)	2	0.956	0.0441	0.912	1																																																																																																																					
bare ground adjacent to sea (2)	13	1	0	1	1																																																																																																																					
bare ground (2)	0																																																																																																																									
shadow (2)	11	0.803	0.158	0.54	1																																																																																																																					
buildings (2)	3	0.984	0.0223	0.953	1																																																																																																																					
not vegetation (2)	0																																																																																																																									
bare ground not adjacent to sea (2)	264	0.981	0.0791	0.514	1																																																																																																																					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
foreshore	2	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (3)	83	1	0	1	1																																																																																																																					
not interest segments (3)	19	1	0	1	1																																																																																																																					
sea (3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
street(3)	2	1	0	1	1																																																																																																																					
free space (3)	13	1	0	1	1																																																																																																																					
	(γ) 2^ο επίπεδο ταξινόμησης	3^ο επίπεδο ταξινόμησης																																																																																																																								
Απεικόνιση "dmc.02168-23160"	Best Classification Result <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Level 2</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>land (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sea (2)</td><td>80</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (2)</td><td>278</td><td>0.999</td><td>0.00877</td><td>0.865</td><td>1</td></tr> <tr><td>street (2)</td><td>67</td><td>0.982</td><td>0.0729</td><td>0.557</td><td>1</td></tr> <tr><td>buildings (2)</td><td>167</td><td>0.979</td><td>0.0683</td><td>0.544</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground adjacent to sea (2)</td><td>21</td><td>0.882</td><td>0.115</td><td>0.573</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bare ground not adjacent to sea (2)</td><td>206</td><td>0.839</td><td>0.158</td><td>0.142</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Level 2	0					land (2)	0					sea (2)	80	1	0	1	1	vegetation (2)	278	0.999	0.00877	0.865	1	street (2)	67	0.982	0.0729	0.557	1	buildings (2)	167	0.979	0.0683	0.544	1	bare ground adjacent to sea (2)	21	0.882	0.115	0.573	1	bare ground (2)	0					bare ground not adjacent to sea (2)	206	0.839	0.158	0.142	1	Best Classification Result <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>vegetation (3)</td><td>286</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>buildings (3)</td><td>167</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>street (3)</td><td>11</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>foreshore</td><td>1</td><td>0.921</td><td>0</td><td>0.921</td><td>0.921</td></tr> <tr><td>not inetrset segments</td><td>272</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>sea (3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	vegetation (3)	286	1	0	1	1	buildings (3)	167	1	0	1	1	street (3)	11	1	0	1	1	foreshore	1	0.921	0	0.921	0.921	not inetrset segments	272	1	0	1	1	sea (3)	1	1	0	1	1																		
	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																				
Level 2	0																																																																																																																									
land (2)	0																																																																																																																									
sea (2)	80	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (2)	278	0.999	0.00877	0.865	1																																																																																																																					
street (2)	67	0.982	0.0729	0.557	1																																																																																																																					
buildings (2)	167	0.979	0.0683	0.544	1																																																																																																																					
bare ground adjacent to sea (2)	21	0.882	0.115	0.573	1																																																																																																																					
bare ground (2)	0																																																																																																																									
bare ground not adjacent to sea (2)	206	0.839	0.158	0.142	1																																																																																																																					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
vegetation (3)	286	1	0	1	1																																																																																																																					
buildings (3)	167	1	0	1	1																																																																																																																					
street (3)	11	1	0	1	1																																																																																																																					
foreshore	1	0.921	0	0.921	0.921																																																																																																																					
not inetrset segments	272	1	0	1	1																																																																																																																					
sea (3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
	(δ) 2^ο επίπεδο ταξινόμησης	3^ο επίπεδο ταξινόμησης																																																																																																																								

Εικόνα 5-1: Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων για το 2^ο και 3^ο επίπεδο ανάλυσης όλων των υπό μελέτη απεικονίσεων

Εάν εξεταστεί αρχικά η κατηγορία «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα» του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης, έστω για την πρώτη απεικόνιση, ο στατιστικός πίνακας παρέχει την εξής πληροφορία: η κατηγορία αυτή συντίθεται από 51 αντικείμενα εκ των οποίων τουλάχιστον ένα παρουσιάζει ελάχιστο βαθμό συμμετοχής σε αυτή ίσο με 0.59 (minimum=0.59), ταξινομήθηκε δηλαδή σε αυτή με χαμηλή βεβαιότητα. Επιπλέον η μέγιστη τιμή, ίση με τη μονάδα (maximum=1), υποδηλώνει ότι υπάρχει τουλάχιστον ένα τμήμα της εν λόγω κατηγορίας που πληροί στο ακέραιο τις προϋποθέσεις της ταξινόμησης του σε αυτή. Γενικότερα, ο ορισμός της κατηγορίας “bare ground adjacent to sea” ενδείκνυται να κριθεί επιτυχής, αφού ο μέσος όρος (mean) των βαθμών συμμετοχής όλων των αντικειμένων που κατατάσσονται σε αυτή ανέρχεται σε 0.985 με μία τυπική απόκλιση της τάξεως ± 0.064 . Ανάλογος είναι και ο μέσος όρος των βαθμών συμμετοχής της εν λόγω κατηγορίας σε όλες τις υπόλοιπες απεικονίσεις ενισχύοντας την κατ' αυτόν τον τρόπο αξιολόγηση του αποτελέσματος. Η παράκτια ζώνη του αιγιαλού, η αποκαλούμενη “foreshore” σε κάθε τρίτο επίπεδο όπως αυτό έχει προκύψει μέσω της ενοποίησης των αντικειμένων του «γυμνού εδάφους παρακείμενου στη θάλασσα» του 2^{ου} επιπέδου, παρουσιάζει αρκετά υψηλούς βαθμούς συμμετοχής δίνοντας αντίστοιχα ικανοποιητικές μέσες τιμές, με την μικτότερη να ανέρχεται σε 0.807 για την πρώτη απεικόνιση και τη μεγαλύτερη να αντιστοιχίζεται με τη μονάδα για τη 3^η απεικόνιση. Επομένως ο ορισμός της θεωρείται ιδιαίτερος επιτυχής σε κάθε απεικόνιση. Αντίστοιχα, όσον αφορά στην κατηγορία «θάλασσα» εκλαμβάνεται η πληροφορία ότι δεν υφίσταται κάποιο αντικείμενο που να κατατάχθηκε σε αυτή με βαθμό συμμετοχής μικρότερο από τον μέγιστο, δηλαδή από 1, αφού τόσο η ελάχιστη όσο και η μέγιστη τιμή αντιστοιχίζονται με τη μονάδα τόσο στο 2^ο όσο και στο 3^ο επίπεδο και στις τέσσερις απεικονίσεις. Με ανάλογο τρόπο εκτιμάται η ταξινόμηση όλων των κατηγοριών και προκύπτουν ικανοποιητικά αποτελέσματα και για τις τέσσερις εικόνες.

Η υψηλή ακρίβεια περιγραφής και ταξινόμησης των αντικειμένων δικαιολογούνται πλήρως μόνο από τον τρόπο λειτουργίας της μεθόδου, δεδομένου ότι για κάθε αντικείμενο λαμβάνεται υπ' όψιν μόνο η κατηγορία για την οποία παρουσιάζει το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής. Για όλες τις κατηγορίες που διαφαίνονται στην εικόνα 6-1 οι βαθμοί συμμετοχής των τμημάτων με του οποίους εν τέλει ταξινομήθηκαν είναι αρκετά υψηλοί, ωστόσο σαφώς δεν αποκλείεται ο δεύτερος βαθμός συμμετοχής να είναι μόνο κατά τι μικρότερος από τον πρώτο. Εντούτοις, η σαφήνεια περιγραφής της εκάστοτε κατηγορίας δεν είναι δυνατόν να βασίζεται αποκλειστικά σε αυτόν τον παράγοντα.

Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης έγκειται στη **δημιουργία ενός έγχρωμου σύνθετου** στο οποίο κάθε τμήμα σημαίνεται με μία ποιοτική κλίμακα χρωμάτων από έντονο κόκκινο (χαμηλός βαθμός συμμετοχής) έως σκούρο πράσινο (υψηλός βαθμός συμμετοχής) ανάλογα με τον βαθμό συμμετοχής του υπό μελέτη αντικειμένου στην κατηγορία στην οποία εν τέλει ταξινομήθηκε. Η γραφική απεικόνιση είναι χρήσιμη για μία πρώτη ποιοτική αξιολόγηση του κατά πόσο τα τμήματα στα οποία αρχικά κατατάχθηκε η εικόνα πληρούν τα κριτήρια της κατηγορίας στην οποία τελικά ταξινομήθηκαν. Στην εικόνα 5-2 παρουσιάζονται τα έγχρωμα σύνθετα της αξιολόγησης του 2^{ου} και 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης για την απεικόνιση “dmc.04000-22986”, με την αντίστοιχη **ποιοτική κλίμακα χρωματισμού** που τα επεξηγεί.



Εικόνα 5-2: Η Γραφική αξιολόγηση των ταξινομήσεων βάσει των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής, συνοδευόμενη από την ποιοτική χρωματική κλίμακα που την επεξηγεί

Όπως διαφαίνεται στην εικόνα 5-2, η συνολική εικόνα, τόσο στο δεύτερο όσο και στο τρίτο επίπεδο ανάλυσης, σημαίνεται με σκούρο πράσινο χρώμα, αποδεικνύοντας την ορθότητα των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης με βάση τους μεγαλύτερους βαθμούς συμμετοχής και επιβεβαιώνοντας τον αντίστοιχο πίνακα αριθμητικής αξιολόγησης (βλ. εικόνα 5-1(β)). Το ίδιο φαινόμενο παρουσιάζεται στα αντίστοιχα επίπεδα ταξινόμησης όλων των υπο μελέτη απεικονίσεων. Το γεγονός αυτό οφείλεται ουσιαστικά στους υψηλούς βαθμούς με βάση τους οποίους τα αντικείμενα της εικόνας ταξινομήθηκαν στις εκάστοτε κατηγορίες. Αυτό ωστόσο δεν αποκλείει και ο δεύτερος μεγαλύτερος βαθμός συμμετοχής (σε μία δεύτερη κατηγορία) να είναι εξίσου αρκετά υψηλός. Συνεπώς η γραφική αξιολόγηση κατ' αυτόν τον τρόπο δεν προσφέρεται για ιδιαίτερα αξιόλογα και ορθά συμπεράσματα, τουλάχιστον όχι για τις ταξινομήσεις που παρουσιάζονται εδώ.

5.2. Αξιολόγηση των Ταξινομήσεων Με Βάση τη Διαφορά Ανάμεσα στον Πρώτο και Δεύτερο Καλύτερο Βαθμό Συμμετοχής – “Classification Stability”

Ένα δεύτερο μέτρο αξιολόγησης της ταξινόμησης είναι η **διερεύνηση της διαφοράς ανάμεσα στον πρώτο και δεύτερο μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής** ανά τμήμα, που αναδεικνύει τη σύγκριση ανάμεσα στις κατηγορίες που ορίστηκαν και συνεπώς την **ευστάθεια της ταξινόμησης**. Η σύγκριση μεταξύ των δύο μεγαλύτερων βαθμών επιτρέπει στον χρήστη να διακρίνει με πόση βεβαιότητα ταξινομήθηκε ένα τμήμα στην πρώτη κατηγορία, δηλαδή εάν διεκδικείται ταυτόχρονα από μία δεύτερη και κατά πόσο αυτή υστέρησε από την πρώτη. Η έλλειψη συγκεκριμένης κατηγορίας που αντιπροσωπεύει πλήρως το εκάστοτε εξεταζόμενο αντικείμενο το καθιστά αμφιλεγόμενο. Η εκτίμηση αξιοπιστίας των αντικειμένων και κατ' επέκταση της ταξινόμησης εξαρτάται αντιστοίχως από την εκτίμηση σταθερότητας της εκάστοτε κατηγορίας, ήτοι από το πλήθος παραγωγής αμφιλεγόμενων αντικειμένων. Το εξαγόμενο της εν λόγω αξιολόγησης, όπως και στην πρώτη περίπτωση είναι τόσο γραφικό όσο και στατιστικό. Στην εικόνα 5-3 επισυνάπτονται οι αριθμητικοί πίνακες αξιολόγησης της ταξινόμησης του 2^{ου} και 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης για όλες τις υπό μελέτη απεικονίσεις.

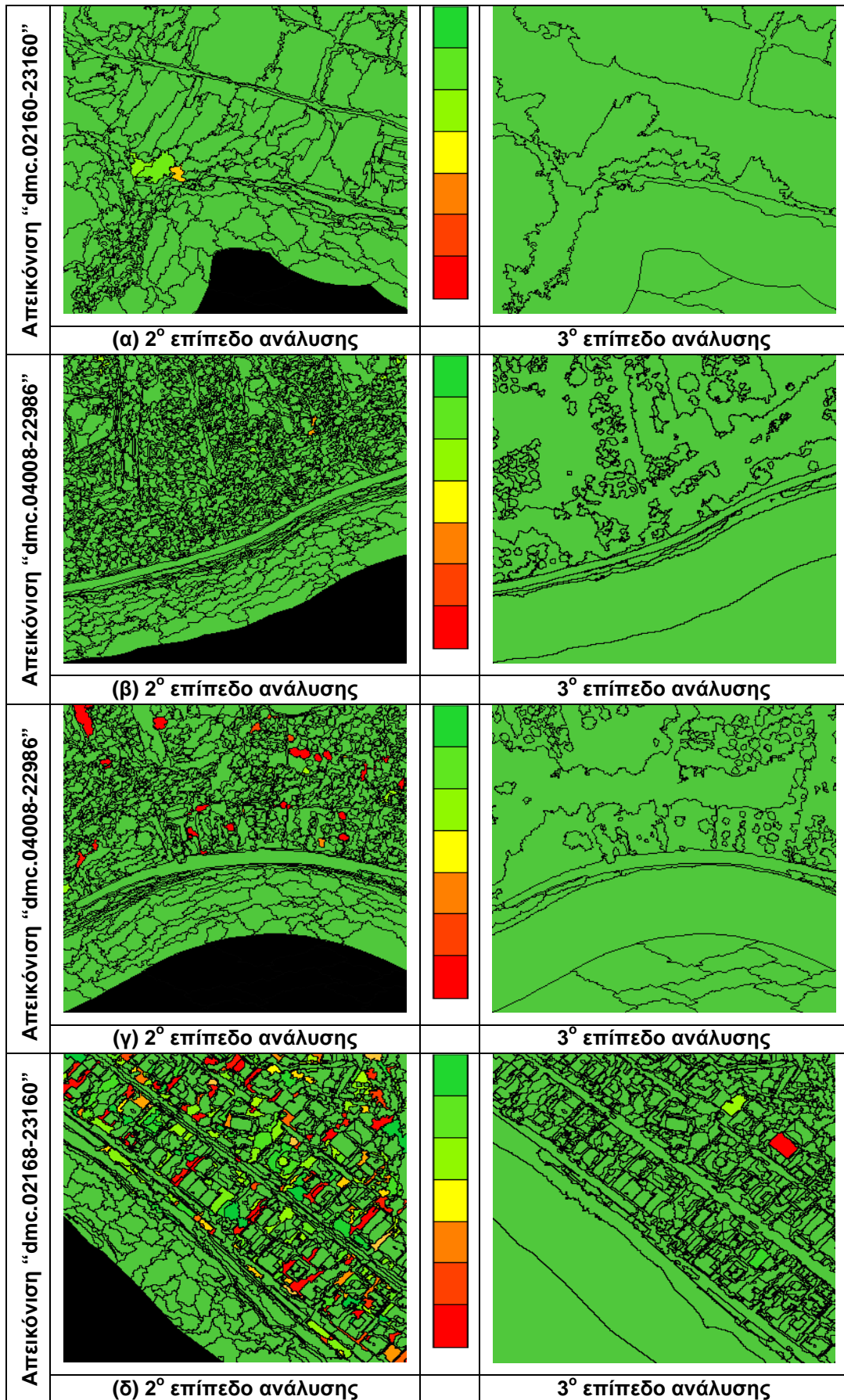
Απεικόνιση "dmc.02160-23160"	Classification Stability <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>land (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sea (2)</td><td>71</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>Level (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>vegetation (2)</td><td>54</td><td>0.969</td><td>0.151</td><td>0.173</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground(2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>buildings (2)</td><td>6</td><td>0.984</td><td>0.0337</td><td>0.909</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground adjacent to sea (2)</td><td>51</td><td>0.971</td><td>0.128</td><td>0.179</td><td>1</td></tr> <tr><td>shadow (2)</td><td>3</td><td>0.972</td><td>0.0332</td><td>0.926</td><td>1</td></tr> <tr><td>not vegetation (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bare ground not adjacent to sea (2)</td><td>68</td><td>0.986</td><td>0.111</td><td>0.0801</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	land (2)	0					sea (2)	71	1	0	1	1	Level (2)	0					vegetation (2)	54	0.969	0.151	0.173	1	bare ground(2)	0					buildings (2)	6	0.984	0.0337	0.909	1	bare ground adjacent to sea (2)	51	0.971	0.128	0.179	1	shadow (2)	3	0.972	0.0332	0.926	1	not vegetation (2)	0					bare ground not adjacent to sea (2)	68	0.986	0.111	0.0801	1	Classification Stability <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Level 3</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sea (3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (3)</td><td>5</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>foreshore</td><td>1</td><td>0.674</td><td>0</td><td>0.674</td><td>0.674</td></tr> <tr><td>free space (3)</td><td>3</td><td>1</td><td>0.000218</td><td>0.999</td><td>1</td></tr> <tr><td>not interest segments</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Level 3	0					sea (3)	1	1	0	1	1	vegetation (3)	5	1	0	1	1	foreshore	1	0.674	0	0.674	0.674	free space (3)	3	1	0.000218	0.999	1	not interest segments	3	1	0	1	1												
	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																				
land (2)	0																																																																																																																									
sea (2)	71	1	0	1	1																																																																																																																					
Level (2)	0																																																																																																																									
vegetation (2)	54	0.969	0.151	0.173	1																																																																																																																					
bare ground(2)	0																																																																																																																									
buildings (2)	6	0.984	0.0337	0.909	1																																																																																																																					
bare ground adjacent to sea (2)	51	0.971	0.128	0.179	1																																																																																																																					
shadow (2)	3	0.972	0.0332	0.926	1																																																																																																																					
not vegetation (2)	0																																																																																																																									
bare ground not adjacent to sea (2)	68	0.986	0.111	0.0801	1																																																																																																																					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
Level 3	0																																																																																																																									
sea (3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (3)	5	1	0	1	1																																																																																																																					
foreshore	1	0.674	0	0.674	0.674																																																																																																																					
free space (3)	3	1	0.000218	0.999	1																																																																																																																					
not interest segments	3	1	0	1	1																																																																																																																					
	(α) 2^ο επίπεδο ταξινόμησης	3^ο επίπεδο ταξινόμησης																																																																																																																								
Απεικόνιση "dmc.04000-22986"	Classification Stability <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Level 2</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>land(2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sea (2)</td><td>147</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (2)</td><td>497</td><td>0.992</td><td>0.0687</td><td>0.064</td><td>1</td></tr> <tr><td>street(2)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>shadow (2)</td><td>121</td><td>0.985</td><td>0.105</td><td>0.151</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground not adjacent to sea (2)</td><td>315</td><td>0.994</td><td>0.0478</td><td>0.458</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground adjacent to sea (2)</td><td>17</td><td>0.99</td><td>0.0281</td><td>0.903</td><td>1</td></tr> <tr><td>not vegetation (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bare ground (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sloping surface based on spectral info(2)</td><td>3</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Level 2	0					land(2)	0					sea (2)	147	1	0	1	1	vegetation (2)	497	0.992	0.0687	0.064	1	street(2)	1	1	0	1	1	shadow (2)	121	0.985	0.105	0.151	1	bare ground not adjacent to sea (2)	315	0.994	0.0478	0.458	1	bare ground adjacent to sea (2)	17	0.99	0.0281	0.903	1	not vegetation (2)	0					bare ground (2)	0					sloping surface based on spectral info(2)	3	1	0	1	1	Classification Stability <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>sea (3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (3)</td><td>84</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>foreshore</td><td>1</td><td>0.965</td><td>0</td><td>0.965</td><td>0.965</td></tr> <tr><td>street (3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>not interst segments</td><td>47</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>sloping surface based on spectral info(3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	sea (3)	1	1	0	1	1	vegetation (3)	84	1	0	1	1	foreshore	1	0.965	0	0.965	0.965	street (3)	1	1	0	1	1	not interst segments	47	1	0	1	1	sloping surface based on spectral info(3)	1	1	0	1	1						
	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																				
Level 2	0																																																																																																																									
land(2)	0																																																																																																																									
sea (2)	147	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (2)	497	0.992	0.0687	0.064	1																																																																																																																					
street(2)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
shadow (2)	121	0.985	0.105	0.151	1																																																																																																																					
bare ground not adjacent to sea (2)	315	0.994	0.0478	0.458	1																																																																																																																					
bare ground adjacent to sea (2)	17	0.99	0.0281	0.903	1																																																																																																																					
not vegetation (2)	0																																																																																																																									
bare ground (2)	0																																																																																																																									
sloping surface based on spectral info(2)	3	1	0	1	1																																																																																																																					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
sea (3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (3)	84	1	0	1	1																																																																																																																					
foreshore	1	0.965	0	0.965	0.965																																																																																																																					
street (3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
not interst segments	47	1	0	1	1																																																																																																																					
sloping surface based on spectral info(3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
	(β) 2^ο επίπεδο ταξινόμησης	3^ο επίπεδο ταξινόμησης																																																																																																																								
Απεικόνιση "dmc.04008-22986"	Classification Stability <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Level 2</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>land (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>sea (2)</td><td>67</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (2)</td><td>413</td><td>0.958</td><td>0.198</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>street (2)</td><td>2</td><td>0.956</td><td>0.0441</td><td>0.912</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground adjacent to sea (2)</td><td>13</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>shadow (2)</td><td>11</td><td>0.612</td><td>0.323</td><td>0.0792</td><td>1</td></tr> <tr><td>buildings (2)</td><td>3</td><td>0.984</td><td>0.0223</td><td>0.953</td><td>1</td></tr> <tr><td>not vegetation (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bare ground not adjacent to sea (2)</td><td>264</td><td>0.947</td><td>0.195</td><td>0.00833</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Level 2	0					land (2)	0					sea (2)	67	1	0	1	1	vegetation (2)	413	0.958	0.198	0	1	street (2)	2	0.956	0.0441	0.912	1	bare ground adjacent to sea (2)	13	1	0	1	1	bare ground (2)	0					shadow (2)	11	0.612	0.323	0.0792	1	buildings (2)	3	0.984	0.0223	0.953	1	not vegetation (2)	0					bare ground not adjacent to sea (2)	264	0.947	0.195	0.00833	1	Classification Stability <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Level 3</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>foreshore</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (3)</td><td>83</td><td>0.997</td><td>0.0232</td><td>0.787</td><td>1</td></tr> <tr><td>not interest segments (3)</td><td>19</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>sea (3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>street(3)</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>free space (3)</td><td>13</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Level 3	0					foreshore	2	1	0	1	1	vegetation (3)	83	0.997	0.0232	0.787	1	not interest segments (3)	19	1	0	1	1	sea (3)	1	1	0	1	1	street(3)	2	1	0	1	1	free space (3)	13	1	0	1	1
	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																				
Level 2	0																																																																																																																									
land (2)	0																																																																																																																									
sea (2)	67	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (2)	413	0.958	0.198	0	1																																																																																																																					
street (2)	2	0.956	0.0441	0.912	1																																																																																																																					
bare ground adjacent to sea (2)	13	1	0	1	1																																																																																																																					
bare ground (2)	0																																																																																																																									
shadow (2)	11	0.612	0.323	0.0792	1																																																																																																																					
buildings (2)	3	0.984	0.0223	0.953	1																																																																																																																					
not vegetation (2)	0																																																																																																																									
bare ground not adjacent to sea (2)	264	0.947	0.195	0.00833	1																																																																																																																					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
Level 3	0																																																																																																																									
foreshore	2	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (3)	83	0.997	0.0232	0.787	1																																																																																																																					
not interest segments (3)	19	1	0	1	1																																																																																																																					
sea (3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
street(3)	2	1	0	1	1																																																																																																																					
free space (3)	13	1	0	1	1																																																																																																																					
	(γ) 2^ο επίπεδο ταξινόμησης	3^ο επίπεδο ταξινόμησης																																																																																																																								
Απεικόνιση "dmc.02168-23160"	Classification Stability <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>sea (2)</td><td>80</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation (2)</td><td>278</td><td>0.334</td><td>0.271</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>street (2)</td><td>67</td><td>0.967</td><td>0.145</td><td>0.114</td><td>1</td></tr> <tr><td>buildings (2)</td><td>167</td><td>0.964</td><td>0.135</td><td>0.0875</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground adjacent to sea (2)</td><td>21</td><td>0.788</td><td>0.243</td><td>0.147</td><td>1</td></tr> <tr><td>bare ground (2)</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>bare ground not adjacent to sea (2)</td><td>206</td><td>0.813</td><td>0.206</td><td>0.00475</td><td>1</td></tr> <tr><td>buildings shadow</td><td>37</td><td>0.536</td><td>0.369</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>vegetation shadow</td><td>8</td><td>0.229</td><td>0.288</td><td>0</td><td>0.658</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	sea (2)	80	1	0	1	1	vegetation (2)	278	0.334	0.271	0	1	street (2)	67	0.967	0.145	0.114	1	buildings (2)	167	0.964	0.135	0.0875	1	bare ground adjacent to sea (2)	21	0.788	0.243	0.147	1	bare ground (2)	0					bare ground not adjacent to sea (2)	206	0.813	0.206	0.00475	1	buildings shadow	37	0.536	0.369	0	1	vegetation shadow	8	0.229	0.288	0	0.658	Classification Stability <table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>vegetation (3)</td><td>286</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>buildings (3)</td><td>167</td><td>0.985</td><td>0.113</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>street (3)</td><td>12</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>foreshore</td><td>1</td><td>0.921</td><td>0</td><td>0.921</td><td>0.921</td></tr> <tr><td>bare ground (3)</td><td>271</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>sea (3)</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	vegetation (3)	286	1	0	1	1	buildings (3)	167	0.985	0.113	0	1	street (3)	12	1	0	1	1	foreshore	1	0.921	0	0.921	0.921	bare ground (3)	271	1	0	1	1	sea (3)	1	1	0	1	1																		
	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																				
sea (2)	80	1	0	1	1																																																																																																																					
vegetation (2)	278	0.334	0.271	0	1																																																																																																																					
street (2)	67	0.967	0.145	0.114	1																																																																																																																					
buildings (2)	167	0.964	0.135	0.0875	1																																																																																																																					
bare ground adjacent to sea (2)	21	0.788	0.243	0.147	1																																																																																																																					
bare ground (2)	0																																																																																																																									
bare ground not adjacent to sea (2)	206	0.813	0.206	0.00475	1																																																																																																																					
buildings shadow	37	0.536	0.369	0	1																																																																																																																					
vegetation shadow	8	0.229	0.288	0	0.658																																																																																																																					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum																																																																																																																					
vegetation (3)	286	1	0	1	1																																																																																																																					
buildings (3)	167	0.985	0.113	0	1																																																																																																																					
street (3)	12	1	0	1	1																																																																																																																					
foreshore	1	0.921	0	0.921	0.921																																																																																																																					
bare ground (3)	271	1	0	1	1																																																																																																																					
sea (3)	1	1	0	1	1																																																																																																																					
	(δ) 2^ο επίπεδο ταξινόμησης	3^ο επίπεδο ταξινόμησης																																																																																																																								

Εικόνα 5-3: Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων για το 2^ο και 3^ο επίπεδο ανάλυσης όλων των υπό μελέτη απεικονίσεων

Εάν εξεταστεί αρχικά η κατηγορία «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα» της πρώτης απεικόνισης, ως η πιο κρίσιμη μεταξύ όλων του 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης, ο αντίστοιχος πίνακας παρέχει την εξής πληροφορία: υπάρχει τουλάχιστον ένα τμήμα αυτής που πληροί ταυτόχρονα τα κριτήρια μίας άλλης κατηγορίας, αφού η ελάχιστη διαφορά μεταξύ του μεγαλύτερου και του αμέσως επόμενου βαθμού συμμετοχής (minimum) είναι ίση με 0.179. Παράλληλα ένα τουλάχιστον τμήμα της εν λόγω κατηγορίας πληροί αποκλειστικά τα κριτήρια αυτής, αφού η μέγιστη διαφορά (maximum) αντιστοιχίζεται με τη μονάδα. Γενικώς η κατηγορία «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα» μπορεί επιτυχώς να διαχωριστεί από τις υπόλοιπες, αφού κατά μέσο όρο η διαφορά των τμημάτων που τη συγκροτούν ανέρχεται σε 0.971(±0.1). Παρομοίως εκτιμώνται τα αποτελέσματα της ταξινόμησης των υπολοίπων κατηγοριών. Σε γενικές γραμμές η ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου ενδείκνυται να κριθεί ως ιδιαίτερος σταθερή, αφού οι μέσες τιμές των διαφορών είναι αρκετά υψηλές και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις παίρνουν σχετικά χαμηλές τιμές. Ανάλογα συμπεράσματα προκύπτουν και για τις αμέσως επόμενες δύο απεικονίσεις (βλ. πίνακες (β) και (γ)). Στις απεικονίσεις αυτές δεν υπήρξε έντονο πρόβλημα φασματικής εγγύτητας μεταξύ των διαφόρων θεματικών κατηγοριών επομένως ιδιαίτερα περιορισμένη είναι η μεταξύ αυτών σύγχυση. Οι εκάστοτε κατηγορίες, παραπλήσιες μεταξύ των τριών απεικονίσεων, ορίστηκαν με ελεγχόμενο και διαφανή τρόπο (μέσω συναρτήσεων συμμετοχής) ενώ δεν έγινε χρήση της μεθόδου εγγύτερης γεινιάσης η οποία ως επί το πλείστον λειτουργεί επιβαρυντικά. Αντίθετα ιδιαίτερα αντιληπτή είναι η σύγχυση μεταξύ των κατηγοριών εδαφοκάλυψης στην ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου της 4^{ης} απεικόνισης (βλ. πίνακα (δ)). Το γεγονός αυτό ήταν αναμενόμενο λόγω των προβλημάτων στην ταξινόμηση που περιγράφηκαν εκτενώς στο εδάφιο 4.6.3.3. (πολυπλοκότητα του αστικού χώρου, φασματική ομοιότητα μεταξύ θεματικά ετερογενών κατηγοριών κ.α.). Παρότι οι κατηγορίες του επιπέδου διχοτομήθηκαν κατά έναν ελεγχόμενο τρόπο, ώστε να περιορίζεται η αλληλοεπικάλυψη των πεδίων τιμών των κανόνων των εκάστοτε κατηγοριών, η απαιτούμενη πολυπλοκότητα της ιεραρχίας των επιπέδων, ώστε να αντιπροσωπεύονται όλες οι φασματικές και εννοιολογικές κατηγορίες μειώνει την σταθερότητα της ταξινόμησης.

Με ανάλογο τρόπο εκτιμάται το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης για όλες τις απεικονίσεις. Η ιεραρχία των κατηγοριών του 3^{ου} επιπέδου μεταβάλλεται ελάχιστα μεταξύ των διαφόρων απεικονίσεων και παρατηρείται ότι για όλες τις κατηγορίες, πλην του αιγιαλού και της βλάστησης, τα αντίστοιχα τμήματα που τις απαρτίζουν ικανοποιούν αποκλειστικά τα κριτήρια της κατηγορίας στην οποία ανήκουν αφού οι μέση η τιμή των διαφορών αντιστοιχίζεται με τη μονάδα. Οι μέσες τιμές των κατηγοριών «βλάστηση» και «αιγιαλός» δεν είναι οι μέγιστες, κρίνονται ωστόσο αρκετά υψηλές, επιβεβαιώνοντας την κατ' αυτήν την μέθοδο υψηλή ευστάθεια της ταξινόμησης. Η ελάχιστη μέση τιμή (ίση με 0.674) παρατηρείται στην 1^η απεικόνιση για την κατηγορία «αιγιαλός», αποδεικνύεται ως εκ τούτου ότι το μοναδικό αντικείμενο που τη συγκροτεί πληροί ταυτόχρονα, σε μικρό ωστόσο βαθμό, τα κριτήρια μίας δεύτερης κατηγορίας. Η μικρή αυτή αστάθεια οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στον έναν εκ των δύο κανόνων που συνθέτουν την περιγραφή της εν λόγω κατηγορίας, και όχι σε κάποιο φυσικό παράγοντα.

Στην εικόνα 5-4 παρουσιάζονται τα έγχρωμα σύνθετα της αξιολόγησης του 2^{ου} και 3^{ου} επιπέδου ανάλυσης και για τις τέσσερις υπό μελέτη απεικονίσεις, με την αντίστοιχη ποιοτική κλίμακα χρωματισμού που τα επεξηγεί.



Εικόνα 5-4: Η Γραφική αξιολόγηση των ταξινομήσεων βάσει των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής, συνοδευόμενη από την ποιοτική χρωματική κλίμακα που την επεξηγεί

Ο γραφικός τρόπος αναπαράστασης της αξιολόγησης, ως ένας δεύτερος τρόπος εκτίμησης των αποτελεσμάτων, οπτικοποιείται και σε αυτή την περίπτωση με μία έγχρωμη εικόνα, στην οποία η χρωματική κλίμακα αντιστοιχεί για το μη αμφιλεγόμενο αντικείμενο (1.0) στο πράσινο και για το απόλυτα αμφιλεγόμενο αντικείμενο (0.0) στο κόκκινο. Είναι σκόπιμο να σημειωθεί η πολύ υψηλή ευστάθεια των υπό εξέταση επιπέδων των τριών πρώτων απεικονίσεων. Η ευστάθεια αυτή αποδεικνύει απλώς ότι οι κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή της εκάστοτε κατηγορίας δεν συγκρούονται σε σημείο που ορισμένα αντικείμενα να ταξινομούνται οριακά, γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στη διχοτόμηση των διαφόρων κλάσεων στην ιεραρχία των κατηγοριών, η οποία περιορίζει τη σύγχυση και την αλληλοεπικάλυψη των κανόνων που λήφθηκαν υπ' όψιν. Αντίθετα η ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου της 4^{ης} απεικόνισης, όπου μελετάται μία καθαρά πυκνοκατοικημένη περιοχή, παρουσιάζει σύγχυση μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών που οφείλεται στην πολυπλοκότητα του αστικού χώρου και τη φασματική συγγένεια μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών (π.χ. δρόμοι-οροφές κτιρίων-γυμνό έδαφος), επιβεβαιώνοντας τα στατιστικά αποτελέσματα του αντίστοιχου πίνακα (εικόνα 5-3(δ)).

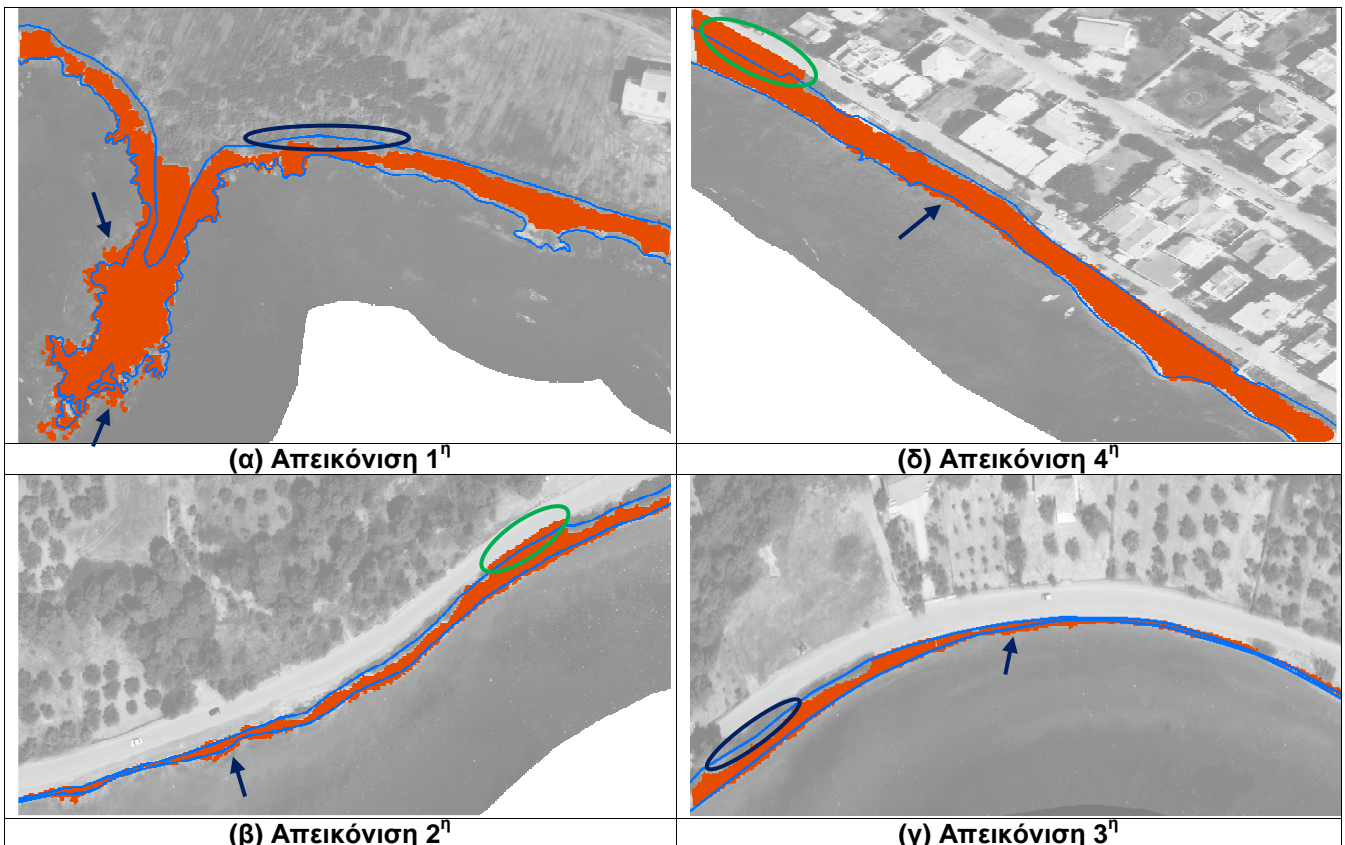
5.3. Σύγκριση του Αποτελέσματος Ασαφούς Λογικής και της Ψηφιοποιημένης Επιφάνειας του Αιγιαλού

Η «ευστάθεια της ταξινόμησης», ως μέθοδος εκτίμησης της ορθότητας των αποτελεσμάτων, δεν αποτελεί αξιόπιστη αξιολόγηση της ταξινόμησης. Αναδεικνύει απλώς πόσο αποτελεσματικοί είναι οι κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν και με πόση σταθερότητα διαχωρίζουν τα αντικείμενα στις επιμέρους κατηγορίες. Το ίδιο ακριβώς ισχύει και για το «αποτέλεσμα καλύτερης ταξινόμησης». Και οι δύο τρόποι αξιολόγησης που προηγήθηκαν αποτελούν δύο εργαλεία του λογισμικού που λειτουργούν για την **ανίχνευση λαθών, ασταθειών ή ακόμη και ενδεχομένων τυχαιοτήτων κατά το στάδιο της ταξινόμησης**. Εντούτοις δεν αξιολογούν σε καμία περίπτωση την ακρίβεια και την ορθότητα της ταξινόμησης και ο λόγος παρουσίασής τους στο σημείο αυτό είναι καθαρά ερευνητικός. Για τις ανάγκες μίας περισσότερο ουσιαστικής αξιολόγησης του αποτελέσματος ασαφούς λογικής επιλέγεται μία τρίτη μέθοδος, όπως αυτή υλοποιείται στο λογισμικό Arc GIS και περιγράφεται στη συνέχεια.

Προκειμένου να εκτιμηθεί ο βαθμός στον οποίο επετεύχθη ο αρχικός στόχος, η αξιολόγηση κατ' αυτήν την μέθοδο περιορίζεται στο αποτέλεσμα της ταξινόμησης της κατηγορίας ενδιαφέροντος και δεν λαμβάνονται υπ' όψιν οι υπόλοιπες κατηγορίες. Για την εκπόνηση της εν λόγω αξιολόγησης **συγκρίνεται** η επιφάνεια της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού, όπως αυτή έχει προκύψει βάσει ασαφούς λογικής, με την επιφάνεια που ορίζεται από την ΠΟΑ και την ακτογραμμή, οι οποίες έχουν προκύψει φωτοερμηνευτικά, από τον εκάστοτε φωτοερμηνευτή, και διατίθενται από την Ελληνική Φωτογραμμετρική Εταιρία ΕΛ.ΦΩ για αποκλειστική χρήση στα πλαίσια της παρούσης διπλωματικής εργασίας. Η χάραξη των οριογραμμών αυτών (της ακτής και του προκαταρτικού αιγιαλού) υλοποιείται ψηφιακά επί της οθόνης, με τρόπο ώστε να πληρούνται οι τεχνικές προδιαγραφές, όπως αυτές συντάσσονται από την Κτηματολόγιο Α.Ε (βλ. κεφάλαιο 3).

Για κάθε απεικόνιση έχει τελεστεί η ταξινόμηση της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού στο τρίτο επίπεδο ανάλυσης, βάσει χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που έγκεινται στα κριτήρια χάραξης που λαμβάνονται υπ' όψιν κατά περίπτωση. Μέσω της εντολής

“classified as foreshore”, στο πλαίσιο διαλόγου Feature View του λογισμικού αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας (Feature View>Class related features>classified as>foreshore) επιτρέπεται η απεικόνιση επί της οθόνης αποκλειστικά της ταξινόμησης του αιγιαλού, ο οποίος εξάγεται κατ’ αυτόν τον τρόπο υπό μορφή πολυγώνου και εισάγεται έπειτα στο λογισμικό Arc GIS όπου επρόκειτο να εκπονηθεί η όλη διαδικασία αξιολόγησης για κάθε απεικόνιση χωριστά. Ως εκ τούτου, η ψηφιοποιημένη επιφάνεια του αιγιαλού, όπως αυτή έχει προκύψει φωτοερμηνευτικά και ορίζεται μεταξύ της ΠΟΑ και της ακτογραμμής, αφού εισαχθεί στο ίδιο λογισμικό ενδείκνυται να μετατραπεί εξίσου σε πολύγωνο, προκειμένου να καταστεί δυνατή η σύγκριση μεταξύ των δύο επιφανειών. Τη διαδικασία αυτή ακολουθεί έπειτα η τομή των δύο πολυγώνων, μέσω της εντολής Intersect του λογισμικού των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), οπότε προκύπτει ένα τρίτο πολύγωνο, ώστε να προσδιοριστεί το κοινό τμήμα που καλύπτουν οι δύο επιφάνειες και να υπολογιστούν ως εκ τούτων τα σφάλματα συμπερίληψης και παράλειψης, όπως αυτά περιγράφονται εκτενώς στη συνέχεια. Στην εικόνα 5-5 παρατίθεται το αποτέλεσμα της ταυτόχρονης απεικόνισης επί των εικόνων, του αποτελέσματος ασαφούς λογικής, όπως αυτό απεικονίζεται με συμπαγές πορτοκαλί και της ψηφιοποιημένης επιφάνειας του αιγιαλού η οποία αναπαρίσταται με μπλε όρια, προκειμένου να εξεταστεί η επικάλυψη ή μη μεταξύ αυτών.



Εικόνα 5-5: Η τομή των δύο επιφανειών προς σύγκριση για την εποπτική εκτίμηση του βαθμού επίτευξης του αρχικού στόχου

Κρίνοντας φωτοερμηνευτικά εκ των αποτελεσμάτων, η ανάδειξη της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού βάσει αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας, σε σύγκριση πάντα με τον εκτιμώμενο αιγιαλό, ήτοι τον προκαταρκτικό, θεωρείται ιδιαίτερα ικανοποιητική. Αυτό προκύπτει κύρια από το γεγονός ότι η **επικάλυψη** μεταξύ των δύο προς

σύγκριση επιφανειών είναι ιδιαίτερα έντονη. Σαφώς εντοπίζονται σφάλματα τα οποία ωστόσο ήταν αναμενόμενα. Εάν εξεταστεί αρχικά η επικάλυψη στην 1^η απεικόνιση (βλ. εικόνα 5-5(α)), υπάρχουν τμήματα κατά μήκος της ψηφιοποιημένης ΠΟΑ τα οποία από λάθος δεν έχουν ταξινομηθεί ως αιγιαλός, τα λεγόμενα **σφάλματα παράλειψης**, εκ των οποίων ένα ενδεικτικά σημαίνεται με μία μπλε έλλειψη. Η παράλειψη αυτή οφείλεται στον τρόπο χάραξης της ΠΟΑ βάσει του κριτηρίου «όριο βλάστησης» και στην **αδυναμία του λογισμικού ασαφούς λογικής** να εκπληρώσει στο ακέραιο τις προδιαγραφές του εν λόγω κριτηρίου. Έτσι, ενώ η ψηφιοποίηση υλοποιείτο στην τελευταία προς τη θάλασσα γραμμή βλάστησης, στην πιθανότερη όμως θέση της βάσης του κορμού και όχι στο πέρας αυτής, στην ασαφή λογική το τμήμα του αιγιαλού δύναται να εφάπτεται με την εσώτερη γραμμή βλάστησης προς τη θάλασσα, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις γεινιάζουσες μεταξύ των αντικειμένων σχέσεις, ωστόσο δεν είναι δυνατή η προέκταση του πέραν αυτής. Το τμήμα αυτό έχει παραληφθεί από την επιφάνεια του αιγιαλού γιατί έχει ταξινομηθεί ως βλάστηση, όπως είναι άλλωστε, ενώ κανονικά θα έπρεπε να συμπεριλαμβάνεται, αφού η ψηφιοποίηση υλοποιείτο ουσιαστικά στο μέσον, κατά πλάτος, της τελευταίας γραμμής βλάστησης. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να επιλυθεί με την επέκταση της επιφάνειας του αιγιαλού στις περιπτώσεις απόδοσης οριογραμμής βλάστησης, ως επί το πλείστον κατά μισό μέτρο εσώτερα προς την ξηρά, σε κάποιο **λογισμικό των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών**, διαδικασία που ωστόσο εσκεμμένα δεν υλοποιήθηκε προκειμένου να εξεταστεί αυτή η αδυναμία της αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας, ενδεχομένως και οποιασδήποτε άλλης επιβλεπόμενης μεθόδου ταξινόμησης. Ως επακόλουθο, το συγκεκριμένο σφάλμα παράλειψης εντοπίζεται και στις τέσσερις απεικονίσεις, αφού σε όλες ανεξαιρέτως λαμβάνεται το όριο βλάστησης ως κριτήριο για την χάραξη της ΠΟΑ.

Αντίστοιχα, **σφάλματα συμπερίληψης**, ήτοι τμήματα που εσφαλμένα έχουν συμπεριληφθεί στην επιφάνεια του αιγιαλού, σημαίνονται ενδεικτικά με πράσινες ελλείψεις στην εικόνα 5-5. Όσον αφορά στην 2^η απεικόνιση (βλ. εικόνα 5-5(β)) το συγκεκριμένο σφάλμα αποδίδεται στην αδυναμία, του λογισμικού, ανάδειξης του ίχνους ανάβασης κύματος. Η διάκριση ενδεχόμενου ίχνους γίνεται με αβεβαιότητα από το ανθρώπινο μάτι, πόσο μάλλον δύσκολη κρίνεται αυτή στα πλαίσια της αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας. Ως εκ τούτου το εν λόγω κριτήριο παραβλέπεται και η επιφάνεια του αιγιαλού εκτείνεται έως το επόμενο κριτήριο, που στην προκειμένη περίπτωση αποτελεί η άκρη του δρόμου. Τέλος, το σφάλμα συμπερίληψης που εντοπίζεται στην 4^η απεικόνιση οφείλεται καθαρά στον τρόπο ορισμού της κατηγορίας ενδιαφέροντος στα πλαίσια υλοποίησης της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης. Προκειμένου να διατηρηθεί μεταξύ των απεικονίσεων η περιγραφή της κατηγορίας «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα», πέραν των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που ενδείκνυται να λαμβάνονται επιπλέον υπ' όψιν μεταξύ των μελετών, εφόσον το τμήμα που εσφαλμένα βάσει αυτής της περιγραφής ταξινομήθηκε ως αιγιαλός είναι μικρό, αγνοήθηκε, δημιουργώντας το αναμενόμενο αυτό σφάλμα.

Μέχρις αυτής της στιγμής εξετάστηκαν λάθη τα οποία ωστόσο δεν γίνεται να αποτραπούν, αφού οφείλονται κύρια στις αδυναμίες του λογισμικού. Πέραν αυτών, το αποτέλεσμα της αυτόματης ανάδειξης της επιφάνειας του αιγιαλού κρίνεται ικανοποιητικό. Λαμβάνοντας υπ' όψιν έπειτα ότι η εσώτερη προς τη θάλασσα οριογραμμή της επιφάνειας του αιγιαλού είναι αυτή της ακτής, ήτοι η ακτογραμμή, όπως αυτή προέκυψε κατά την κατάτμηση του 4^{ου} επιπέδου ανάλυσης της εκάστοτε

εικόνας, ενδείκνυται η ζώνη του αιγιαλού ως προϊόν της ασαφούς λογικής να εφάπτεται στο κάτω μέρος της με την ψηφιοποιημένη ακτογραμμή. Είναι προφανές όμως ότι η ταύτιση αυτή δεν έχει επιτευχθεί επακριβώς σε καμία από τις τέσσερις απεικονίσεις, όπως διαφαίνεται με μπλε βέλη στην εικόνα 5-5, γεγονός που οφείλεται είτε σε σφάλμα του φωτοερμηνευτή είτε του λογισμικού. Ωστόσο, το λογισμικό ασαφούς λογικής ενδέχεται ως επί το πλείστον να δώσει περισσότερο ακριβή αποτελέσματα ως προς τον προσδιορισμό του ορίου μεταξύ στεριάς και θάλασσας, αφού λαμβάνεται υπ' όψιν για τον ορισμό των υδάτινων επιφανειών το εγγύς υπέρυθρο κανάλι 4 το οποίο, δεδομένης της μικρής ανακλαστικότητας που παρουσιάζει το νερό σε αυτό, αποτελεί αδιαμφισβήτητα ένα ισχυρό εργαλείο έναντι της απλής διακριτικής ικανότητας του ανθρώπινου ματιού. Ως εκ τούτου, το συγκεκριμένο λάθος είναι πολύ πιθανόν να προέρχεται από την φωτοερμηνεία των εικόνων και δεν αποδίδεται απαραίτητα στο λογισμικό αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας και στον τρόπο χρήσης αυτού.

Πέραν της απλής φωτοερμηνευτικής εποπτείας, η οποία είναι καθαρά υποκειμενική, επιβάλλεται η ποσοτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, προκειμένου να προσδιοριστεί εν τέλει το ποσοστό επίτευξης του αρχικού στόχου. Για τον υπολογισμό των κατάλληλων στατιστικών στοιχείων απαραίτητη κρίνεται αρχικά η γνώση της επιφάνειας (area) που καλύπτει κάθε ένα εκ των τριών πολυγώνων, ήτοι το πολύγωνο της ψηφιοποιημένης επιφάνειας (συνολική έκταση αιγιαλού από φωτοερμηνεία), του αποτελέσματος ασαφούς λογικής (έκταση η οποία ταξινομήθηκε ως αιγιαλός) και το πολύγωνο της τομής μεταξύ των δύο προηγούμενων (έκταση αιγιαλού η οποία ταξινομήθηκε σωστά, η οποία χαρακτηρίζεται ως True Positive). Τα αποτελέσματα αυτά παρατίθενται στον πίνακα 5-1 για κάθε μία απεικόνιση χωριστά.

Πίνακας 5-1: Μετρήσεις Εκτάσεων Αιγιαλού

Έλεγχος Ακρίβειας Αυτόματης Ανάδειξης Αιγιαλού	Συνολική έκταση αιγιαλού από φωτοερμηνεία (m ²)	Έκταση η οποία ταξινομήθηκε ως αιγιαλός (m ²)	Έκταση αιγιαλού η οποία ταξινομήθηκε σωστά [TP] (m ²)	Έκταση η οποία από λάθος δεν ταξινομήθηκε ως αιγιαλός [FN] (m ²)	Έκταση η οποία ταξινομήθηκε λάθος ως αιγιαλός [FP] (m ²)
Περιοχή 1 (α)	4953	4646	3764	1189	882
Περιοχή 2 (δ)	3607	3681	3196	411	485
Περιοχή 3 (β)	1034	1117	808	226	309
Περιοχή 4 (γ)	765	755	540	225	215

Οι τρεις πρώτες εκτάσεις προέκυψαν αυτόματα στο λογισμικό Arc GIS. Για τον υπολογισμό της έκτασης η οποία από λάθος του λογισμικού δεν ταξινομήθηκε ως αιγιαλός, (False Negative [FN]), αφαιρείται από την συνολική έκταση, όπως αυτή έχει προκύψει από τη φωτοερμηνεία, η έκταση του αιγιαλού που ταξινομήθηκε σωστά. Αντίστοιχα, η έκταση η οποία ταξινομήθηκε λάθος ως αιγιαλός, χαρακτηρίζεται ως False Positive [FP] και υπολογίζεται ως εξής: "FP = Έκταση η οποία ταξινομήθηκε ως αιγιαλός - TP". Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα 5-1, υπολογίζονται στη συνέχεια τα σφάλματα παράληψης (σ_{π}) και συμπερίληψης (σ_{σ}), προκειμένου να εκτιμηθεί το ποσοστό της έκτασης που από λάθος δεν ταξινομήθηκε ως αιγιαλός και της έκτασης αντίστοιχα που συμπεριελήφθη εσφαλμένα στην επιφάνεια του αιγιαλού. Τα σφάλματα αυτά ορίζονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$\sigma_{\pi} = \frac{\text{Έκταση η οποία από λάθος δεν αναδείχθηκε ως αιγιαλός (FN)}}{\text{Συνολική έκταση αιγιαλού από φωτοερμηνεία}} * 100$$

$$\sigma_{\sigma} = \frac{\text{Έκταση η οποία αναδείχθηκε λάθος ως αιγιαλός (FP)}}{\text{Συνολική έκταση αιγιαλού από φωτοερμηνεία}} * 100$$

Εφαρμόζοντας τις σχέσεις αυτές προκύπτουν τα σφάλματα συμπερίληψης και παράληψης για την εκάστοτε απεικόνιση, όπως αυτά αναγράφονται στον πίνακα 5-2 που παρατίθεται. Το αριθμητικό εξαγόμενο των υπολογισμών αυτών δηλώνει ότι υπάρχει έκταση που είτε έχε περιληφθεί είτε έχει εσφαλμένα συμπεριληφθεί στην επιφάνεια του αιγιαλού, δίνοντας αντίστοιχα ένα ποσοστό παράληψης ή συμπερίληψης για κάθε απεικόνιση. Συγκεκριμένα τα σφάλματα παράληψης κυμαίνονται από 11.4 (%) για την 4^η, υπό σειρά μελέτης απεικόνιση, έως 29.4 (%) για την 3^η απεικόνιση. Αντίστοιχα τα σφάλματα συμπερίληψης κυμαίνονται από 13.4 (%) για την 4^η απεικόνιση έως 30 (%) για την 2^η απεικόνιση. Οι λόγοι παρουσίασης των επικείμενων αυτών σφαλμάτων εξετάστηκαν εκτενώς σε προηγούμενη ανάλυση και αποδεικνύεται ότι τα πολλά εξ' αυτών αποδίδονται σε αδυναμίες του λογισμικού.

Πέραν των προαναφερθέντων σφαλμάτων, τα οποία δεν δίνουν μία ολοκληρωμένη εκτίμηση του αποτελέσματος ασαφούς λογικής, ισχυρά εργαλεία για τον ποσοτικό έλεγχο ακρίβειας της αυτόματης ανάδειξης αιγιαλού αποτελούν οι **δείκτες πληρότητας, ορθότητας και ολικής ποιότητας**. Οι διεθνώς καθιερωμένοι δείκτες ποιότητας απαντούν σε δύο βασικά ερωτήματα σχετικό με: (α) πόσο ολοκληρωμένο είναι το εξαγόμενο αποτέλεσμα (Completeness: δείκτης πληρότητας) και (β) πόσο σωστό είναι το αποτέλεσμα (Correctness: δείκτης ορθότητας). Ο υπολογισμός τους γίνεται βάσει των μετρήσεων του πίνακα 5-1, σύμφωνα με τις ακόλουθες διατυπώσεις:

$$Completeness = \frac{TP}{TP + FN}, \quad Correctness = \frac{TP}{TP + FP},$$

$$Quality = \frac{TP}{TP + FP + FN}$$

Οι δείκτες πληρότητας, ορθότητας και ποιότητας, όπως αυτοί υπολογίζονται βάσει των παραπάνω σχέσεων, καθώς και τα σφάλματα συμπερίληψης και παράληψης, αναγράφονται στον πίνακα 5-2 για τις τέσσερις υπό μελέτη απεικονίσεις.

Πίνακας 5-2: Έλεγχος ακρίβειας αυτόματης ανάδειξης του αιγιαλού

Έλεγχος ακρίβειας αυτόματης ανάδειξης αιγιαλού	Σφάλμα παράλειψης (%)	Σφάλμα συμπερίληψης (%)	Δείκτης completeness (%)	Δείκτης correctness (%)	Δείκτης quality (%)
Περιοχή 1 (α)	24,0	17,8	76,0	81,0	64,5
Περιοχή 2 (δ)	11,4	13,4	88,6	86,8	78,1
Περιοχή 3 (β)	21,9	29,9	78,1	72,3	60,2
Περιοχή 4 (γ)	29,4	28,1	70,6	71,5	55,1

Εξ' ορισμού η **πληρότητα** προσδιορίζει το ποσοστό της έκτασης που έχει αναδειχθεί βάσει ασαφούς λογικής, η **ορθότητα** το ποσοστό της έκτασης που έχει αναδειχθεί σωστά από το λογισμικό και η **ποιότητα** προσδιορίζει ένα γενικευμένο ποσοστό, που συνδυάζει τις μετρήσεις για την πληρότητα και την ορθότητα των αποτελεσμάτων. Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές, η αυτόματη κατ' αυτόν τον τρόπο (ασαφής λογική) ανάδειξη της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού κρίνεται ιδιαίζοντως ικανοποιητική, αφού οι δείκτες πληρότητας κυμαίνονται σε υψηλά σχετικά επίπεδα, με τον χαμηλότερο να ανέρχεται σε 70,6 (%) για την 4^η περιοχή (3^η περιοχή υπό σειρά μελέτης) και τον υψηλότερο σε 88,6 (%) για την 2^η περιοχή (4^η υπό σειρά μελέτης). Επαρκώς υψηλοί κρίνονται και οι δείκτες ορθότητας των εκάστοτε απεικονίσεων.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

6.1. Συμπεράσματα

Στο θεωρητικό μέρος της παρούσης διπλωματικής εργασίας εξετάστηκε το ελληνικό παράκτιο περιβάλλον και η σημασία αυτού για την ανάπτυξη της χώρας και αποδείχθηκε μέσα από την ανάλυση των εδαφίων αυτών η αναγκαιότητα για μία ολοκληρωμένη διαχείριση του ελληνικού παράκτιου χώρου, έτσι ώστε να αποτραπούν οι καταπατήσεις εις βάρος του δημοσίου. Για τις ανάγκες ωστόσο της ορθολογικής διαχείρισης της παράκτιας ζώνης κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη μίας σταθερής, πάνω στην οποία θα μπορεί σαφώς να αναφέρεται, γραμμής και εφόσον η ακτογραμμή μεταβάλλεται σε κλάσματα δευτερολέπτων, αυτή δεν είναι άλλη από την οριογραμμή του αιγιαλού. Ως προς αυτήν την απαίτηση κινήθηκε τον Φεβρουάριο του 2006 το έργο της Κτηματολόγιο Α.Ε., με απώτερο σκοπό την δημιουργία του κατάλληλου χαρτογραφικού υπόβαθρου και την αντικειμενική εκτίμηση της Προκαταρκτικής Οριογραμμής του Αιγιαλού, ο οποίος διεκπεραιώθηκε εν τέλει επιτυχώς τον Ιούλιο του 2009, για συνολικό μήκος ακτογραμμής άνω των 18.000 χιλιομέτρων. Με γνώμονα τους κανόνες και τα κριτήρια χάραξης αυτής, τα οποία εμπεριέχονται στο τεύχος τεχνικών προδιαγραφών, όπως αυτό συντάχθηκε στα πλαίσια του διαγωνισμού υποβάθρων αιγιαλού, διερευνήθηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένη μελέτης η δυνατότητα αυτόματης ανάδειξης του αιγιαλού, μέσω αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας επί ψηφιακών τηλεπισκοπικών δεδομένων, ληφθέντων από περιοχές των Νομών Πρεβέζης και Εύβοιας.

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση των εικόνων, παρά την αδιαμφισβήτητη χρησιμότητά της, εμπεριέχει πλείστες πολύπλοκες εξαρτήσεις. Για τη μείωση της πολυπλοκότητας, μέσα από μία σειρά δοκιμών επιχειρήθηκε εν τέλει η απλούστερη δυνατή δόμηση ιεραρχιών και κατηγοριών, το ελάχιστο πλήθος επιπέδων κατάτμησης και τεμαχίων, κατηγοριών και ιδιοτήτων, που θα λειτουργούσε ώστε να ταξινομηθούν ορθότερα τα ζητούμενα αντικείμενα.

Αναπόσπαστο κομμάτι της αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας αποτελεί η κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης, διαδικασία που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε να οδηγήσει στην παραγωγή αντικειμένων κατάλληλων για την εξαγωγή του ζητούμενου κατά περίπτωση, τα οποία θα περιέχουν εκτός της φασματικής και νοηματική πληροφορία. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό πραγματοποιήθηκε μία σειρά αλληπάλληλων δοκιμών ως προς τους συνδυασμούς μεταξύ των παραμέτρων κατάτμησης. Αναφορικά στο κριτήριο ομοιογένειας κατεβλήθη προσπάθεια χρήσης όσο μεγαλύτερης τιμής συντελεστή χρώματος κρίθηκε δυνατόν και όσο μεγαλύτερη τιμή συντελεστή σχήματος κρίθηκε απαραίτητο, καθώς η κατάτμηση που θα προέκυπτε με ελαχιστοποίηση του φασματικού κριτηρίου θα αποτελούνταν από αντικείμενα με ανώμαλα όρια και κατάτμηση με ελαχιστοποιημένο το σχηματικό κριτήριο θα απαρτιζόταν από αντικείμενα στα οποία θα συνυπήρχαν ανόμοιες χρήσεις γης. Σε μεγάλο βαθμό, η αύξηση του συντελεστή σχήματος ενεργεί σε βάρος της φασματικής ομοιογένειας, που αποτελεί την πρωταρχική πληροφορία των δεδομένων της εικόνας, με αποτέλεσμα τη μείωση της ποιότητας των αποτελεσμάτων κατάτμησης. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις απαιτήσεις αυτές δημιουργήθηκαν ως εκ τούτων αρχικά τρία επίπεδα, οι κατατμήσεις των οποίων στέφθηκαν με επιτυχία και ενδείκνυται να κριθούν ιδιαίτερος ενισχυτικές, αφού

εξασφάλισαν την παραγωγή αντικειμένων κατάλληλων για την διεκπεραίωση του απαιτούμενου στόχου και ταυτόχρονα για την ανάδειξη, στο μεταγενέστερο στάδιο της ταξινόμησης, όλων των δευτερευόντων κατηγοριών εδαφοκάλυψης. Σαφώς υφίστανται κατά περιπτώσεις αντικείμενα πέραν της ζώνης του αιγιαλού με όχι απολύτως επακριβή όρια, εφόσον όμως δόθηκε εξ αρχής προτεραιότητα στην επιτυχή κατάτμηση της επιφάνειας αυτού, τα τμήματα αυτά αγνοήθηκαν αφού ήταν ελάχιστα σε αριθμό και έτσι δεν επηρέασαν αρνητικά την ευρύτερη ταξινόμηση της εκάστοτε απεικόνισης. Υπενθυμίζεται ότι μεταξύ των υπό μελέτη απεικονίσεων διατηρήθηκε η ίδια ιεραρχία επιπέδων με κάθε ένα από αυτά να εξυπηρετεί σε κάθε περίπτωση μελέτης τον ίδιο σκοπό, ωστόσο αν και κρίθηκε επιθυμητό δεν κατορθώθηκε εν τέλει να διατηρηθούν αυτούσιες οι παράμετροι κατάτμησης από τη μία απεικόνιση στην άλλη.

Η ταξινόμηση των δημιουργούμενων επιπέδων υλοποιήθηκε βάσει περιγραφών που συνετάχθησαν για τις εντοπιζόμενες φωτοερμηνευτικές κατηγορίες εδαφοκάλυψης. Γενικότερα κατεβλήθη προσπάθεια ομοίου, αν όχι ταυτόσημου ορισμού των ιδίων κατηγοριών μεταξύ των τεσσάρων απεικονίσεων, προκειμένου κατ' αυτόν τον τρόπο να δημιουργηθεί μία ενιαία βάση δεδομένων που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί, επί άλλων δεδομένων παρόμοιου περιβάλλοντος, σχεδόν αυτούσια ή με ορισμένες μετατροπές για καλύτερη προσαρμογή των πεδίων τιμών των ιδιοτήτων στα δεδομένα. Ωστόσο αυτό δεν επετεύχθη για όλες τις κατηγορίες συνεπώς το επιθυμητό της δημιουργίας μίας βάσης δεδομένων ώστε να μπορεί αυτούσια να χρησιμοποιηθεί σε παραπλήσιες απεικονίσεις δεν κρίθηκε εφικτό. Για τις κατηγορίες αυτές άλλοτε κρίθηκαν απαραίτητες ορισμένες μόνο μετατροπές των πεδίων τιμών των ιδιοτήτων και άλλοτε δημιουργήθηκε η ανάγκη διαμόρφωσης της περιγραφής τους εξ ολοκλήρου. Παραδείγματος χάριν ο ορισμός της βλάστησης του 1^{ου} επιπέδου ανάλυσης υλοποιήθηκε και στις τέσσερις απεικονίσεις με το ίδιο χαρακτηριστικό (δείκτης NDVI), μέσω της ίδιας ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής (μορφής S), ωστόσο τα αντίστοιχα πεδία τιμών αυτών κατά περίπτωση υπέστησαν μεταβολές, γεγονός που συνίσταται στη διαφορετική ραδιομετρία μεταξύ των διαθέσιμων δεδομένων. Αντιστοίχως, η έλλειψη ενός απολύτως λεπτομερούς ψηφιακού μοντέλου εδάφους δεν επέτρεψε την κατ' αυτόν τον τρόπο ανάδειξη του υφιστάμενου πρηνούς της 2^{ης}, υπό σειρά μελέτης, απεικόνισης, για το οποίο εν τέλει υιοθετήθηκε η παραδοχή φασματικού διαχωρισμού του από τις υπόλοιπες κατηγορίες. Σαφώς ο αυτού του είδους ορισμός της εν λόγω κατηγορίας αποτελεί απλώς μία προαπαιτούμενη προϋπόθεση για τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης και σε καμία περίπτωση η εφαρμογή του σε οποιαδήποτε άλλη απεικόνιση δεν ενδείκνυται να δώσει αποτελέσματα ακριβείας. Η παρατήρηση αυτή, ως προς την ανάλυση των μοντέλων εδάφους, ισχύει για τον συνολικό αριθμό των μοντέλων που διατίθενται επομένως η χρήση τους στα πλαίσια ανάλυσης των αντίστοιχων εικόνων κρίθηκε άσκοπη. Αντίθετα οι περιγραφές των κατηγοριών «στεριά» και «θάλασσα» τόσο του 4^{ου} όσο και των υπολοίπων επιπέδων, καθώς και των κατηγοριών «βλάστηση» και «όχι βλάστηση» του 1^{ου} και 2^{ου} επιπέδου ανάλυσης διατηρήθηκαν αναλλοίωτες και στις τέσσερις απεικονίσεις. Η λογική σύνταξης της περιγραφής «γυμνό έδαφος παρακείμενο στη θάλασσα» βασίστηκε στα κριτήρια χάραξης που λαμβάνονται υπ' όψιν κατά συνθήκη. Έτσι η περιγραφή της εν λόγω κατηγορίας διατηρήθηκε εν μέρει μεταξύ των διαφόρων περιπτώσεων μελέτης ενώ παράλληλα υπέστη απαιτούμενες διαφοροποιήσεις ώστε να αρμόζει στα αντίστοιχα κριτήρια χάραξης.

Κρίνοντας φωτοερμηνευτικά εκ των αποτελεσμάτων, αλλά και με τη συμβολή της αξιολόγησης της ταξινόμησης μέσω στατιστικών στοιχείων, οι ταξινομήσεις των δύο επιπέδων που εξετάστηκαν για όλες τις απεικονίσεις κρίθηκαν σε γενικές γραμμές επιτυχείς. Η υψηλή ακρίβεια των ταξινομήσεων των επιπέδων αυτών, όπως αυτές εκτιμήθηκαν βάσει των δύο πρώτων μεθόδων αξιολόγησης και αναλύονται εκτενώς στο εδάφιο που προηγείται αυτού, οφείλεται στο ότι οι περιγραφές των κατηγοριών ήταν ως επί το πλείστον σαφείς και τα πεδία τιμών των εκάστοτε ιδιοτήτων δεν επικαλύπτονταν έντονα με τα πεδία τιμών των ιδιοτήτων άλλων κατηγοριών. Πέραν αυτού δεν αποτελούν ισχυρά εργαλεία εκτίμησης των αποτελεσμάτων. Η ακρίβεια αυτόματης ανάδειξης του αιγιαλού επί των ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, ο έλεγχος της οποίας έγινε διαμέσου της σύγκρισης του αποτελέσματος ασαφούς λογικής και της ψηφιοποιημένης επιφάνειας αυτού, κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική αφού οι δείκτες πληρότητας που υπολογίστηκαν κυμαίνονται σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα, με τον χαμηλότερο να ανέρχεται σε 70,6 (%) για την 4^η περιοχή (3^η απεικόνιση υπό σειρά μελέτης) και τον υψηλότερο σε 88,6 (%) για την 2^η περιοχή (4^η απεικόνιση). Επαρκώς υψηλοί κρίνονται και οι δείκτες ορθότητας των εκάστοτε απεικονίσεων. Τα σφάλματα παράληψης και συμπερίληψης οφείλονται ιδίως σε αδυναμίες του λογισμικού και ως εκ τούτων κρίνονται μη ανατρεπόμενα.

Υπενθυμίζεται στο σημείο αυτό, ότι η υλοποίηση της αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας δεν πραγματοποιήθηκε στις απεικονίσεις ραδιομετρικής ανάλυσης 12 bit (τιμές από 0 έως 4096), όπως αυτές λήφθηκαν αρχικά από τους δέκτες της ψηφιακής κάμερας DMC, αλλά σε απεικονίσεις ανάλυσης 8 bit (τιμές από 0 έως 256), οι οποίες προέκυψαν μετά από ορθοαναγωγή των πρωτογενών. Η διεργασία αυτή, στα πλαίσια της φωτοερμηνείας των απεικονίσεων, κρίθηκε ουσιαστική για λόγους οικονομίας αποθήκευσης, ευκολίας χρήσης και μη απώλειας οπτικής πληροφορίας, αφού κατά κανόνα το ανθρώπινο μάτι δύναται να ξεχωρίσει περίπου 256 διαβαθμίσεις του γκρι. Προκάλεσε ωστόσο ως ένα βαθμό την υποβάθμιση της ποιότητας των αρχικών δεδομένων και κατ' επέκταση του αποτελέσματος της ταξινόμησης, ως προϊόν της ασαφούς λογικής.

Συνολικά από την εργασία προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην αντικειμενοστραφή ανάλυση, η σύνταξη κανόνων ασαφούς λογικής επιτρέπει την αναγνώριση περισσότερων αντικειμένων και τη δυνατότητα ευχερέστερης διάκρισης των εσφαλμένα ταξινομηθέντων εξ' αυτών, καθώς για το εκάστοτε αντικείμενο υπολογίζεται ο βαθμός συμμετοχής του σε κάθε διατιθέμενη κατηγορία. Περαιτέρω απορρέων και βασικό συμπέρασμα αποτελεί το ότι η αντικειμενοστραφής ανάλυση υπερτερεί έναντι της ανάλυσης βάσει μεμονωμένων εικονοστοιχείων, καθώς το στοιχείο αναφοράς είναι ένα αντικείμενο με σχηματικά και φασματικά χαρακτηριστικά, τα οποία προσφέρονται για τη δόμηση κανόνων περιγραφής κατηγοριών στις οποίες ενδέχεται να ταξινομηθεί, μέσω διατιθέμενων φασματικών, σχηματικών και νέων σχετικιστικών ιδιοτήτων, κατασκευασθέντων ανάλογα με το ζητούμενο, και βάσει των σχέσεων μεταξύ αντικειμένων του ίδιου, ανωτέρου ή κατωτέρου επιπέδου ανάλυσης (Manson et al., 2002). Η εξαγωγή του ζητούμενου δεν θα είχε επιτευχθεί με την ίδια ακρίβεια εάν αντί της αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας γινόταν χρήση κάποιας άλλης μεθόδου βασιζόμενη σε φασματικά μόνο χαρακτηριστικά, αφού ιδιαίτερα καθοριστικό ρόλο διαδραμάτισαν οι χωρικές σχέσεις που λήφθηκαν υπ' όψιν, όχι μόνο για τον ορισμό της κατηγορίας ενδιαφέροντος αλλά και όλων των δευτερευόντων. Η δυνατότητα αυτή δεν παρέχεται σε αναλύσεις που βασίζονται σε μεμονωμένα εικονοστοιχεία και στις φασματικές μόνον υπογραφές αυτών.

6.2. Προοπτικές

Λαμβάνοντας υπ όψιν το όσα έχουν περιγραφεί στην ανάλυση των προηγούμενων εδαφίων και με δεδομένα τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, συνίστανται οι βάσεις για περαιτέρω μελέτη του αντικείμενου.

Η ανάλυση των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, που αποτέλεσαν το αντικείμενο μελέτης της παρούσης εργασίας, επιδέχεται κατά περιπτώσεις περιθώρια βελτίωσης προκειμένου να ενισχυθεί το τελικό αποτέλεσμα, όπως αυτό περιορίστηκε ως ένα βαθμό είτε λόγω έλλειψης απαραίτητων δεδομένων είτε λόγω αδυναμιών του λογισμικού αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας. Κατά την χάραξη των οριογραμμών αιγιαλού ενδείκνυται να λαμβάνεται υπ' όψιν υψομετρική πληροφορία προκειμένου να καταστεί δυνατή η διάκριση αρχικά και η ανάδειξη έπειτα, απότομων κλίσεων και πρανών, γνώση που ωστόσο δεν ήταν υπαρκτή στα πλαίσια της συγκεκριμένης υλοποίησης με αποτέλεσμα τη διαφυγή σε εξαναγκαστικούς «ψευδοορισμούς» για την επίτευξη αυτών. Η αξιοποίηση Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους ακριβείας και λεπτομερέστερης ανάλυσης, έναντι των ήδη διατιθέμενων, μέσω της χρήσης των οποίων θα εξασφαλίζεται η εξαγωγή κατάλληλης υψομετρικής πληροφορίας, ενδέχεται να επιφέρει επακριβή αποτελέσματα ως προς την ανάδειξη των υφιστάμενων πρανών, σε περιπτώσεις απόδοσης οριογραμμών πρανούς και αδιαμφισβήτητα αποτελεί μία πρόκληση για περαιτέρω μελέτη σχετικών τέτοιων απεικονίσεων. Η διάθεση παράλληλα των πρωτογενών δεδομένων, με τις αρχικές τιμές που κατέγραψε ο δέκτης, όπως αυτές κυμαίνονταν από 0 έως 4096, ενδέχεται να διευκολύνει το στάδιο της ταξινόμησης και να ενισχύσει το τελικό αποτέλεσμα αυτής, αφού παρέχεται σε αυτά η δυνατότητα διάκρισης περισσότερων λεπτομερειών, έναντι των τελικών δεδομένων όπου οι διαβαθμίσεις λόγω της απαιτούμενης μετατροπής ήταν σαφώς λιγότερες. Ταυτόχρονα, σημαντική βελτίωση επί του αποτελέσματος είναι δυνατόν να επιφέρει η συνεργασία της Ψηφιακής Τηλεπισκόπησης με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), ιδίως σε περιπτώσεις απόδοσης οριογραμμών βλάστησης, επισκιάζοντας την αδυναμία, του λογισμικού eCognition, επέκτασης του καθορισμένου αιγιαλού, όπου και όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο. Η προέκταση της επιφάνειας του αιγιαλού, εσώτερα προς την τελευταία γραμμή βλάστησης προς τη θάλασσα, κατά την απόσταση που κρίνεται απαραίτητη κατά συνθήκη, αποτελεί μία απαιτούμενη διεργασία προκειμένου να επιτευχθεί με ακρίβεια η διεξαγωγή του αιγιαλού. Η διαδικασία αυτή μόνο σε κάποιο λογισμικό των GIS μπορεί να εφαρμοστεί και στα πλαίσια της παρούσης εργασίας κάτι τέτοιο δεν υλοποιήθηκε. Αποτελεί συνεπώς μία ιδιάζουσα πρόκληση για μελλοντική έρευνα, τόσο ως προς τη βελτίωση της παρούσης ανάλυσης, όσο και σε παραπλήσιες απεικονίσεις παράκτιων περιοχών.

Πέραν των κριτηρίων που αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, είτε γιατί αυτά εμπεριέχονταν μόνο στις διαθέσιμες απεικονίσεις είτε λόγω συνηθέστερης χρήσης αυτών, εν δυνάμει προοπτική αποτελεί η διερεύνηση και των υπολοίπων και η εκτίμηση του βαθμού στον οποίο η αυτόματη, βάσει αυτών, ανάδειξη της παράκτιας ζώνης του αιγιαλού, μπορεί να επιτευχθεί στα πλαίσια της αντικειμενοστραφούς μεθοδολογίας. Με κριτήριο την ποσοτική και ποιοτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτών, μπορεί στο μέλλον να εκτιμηθεί κατά πόσο η κατ' αυτόν τον τρόπο οριοθέτηση του αιγιαλού δύναται να υλοποιηθεί για το σύνολο του ελληνικού παράκτιου χώρου.

Γενικά, η πληθώρα εναλλακτικών εφαρμογών που ανακλύπτουν, συνιστά τις βάσεις για περαιτέρω μελέτη του αντικείμενου.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Νόμος ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 2971, (ΦΕΚ Α' 285 /19.12.2001)

Νόμος ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 2344, (ΦΕΚ 154/18.05.1940)

ΦΕΚ Β' 595/4.5.2005

Σχέδιο Νόμου «Αιγιαλός και Παραλία», Μνημόνιο του Συλλόγου Ελλήνων Πολεοδόμων και Χωροτακτών, Αθήνα, Φεβρουάριος 2007

B. ΒΙΒΛΙΑ

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

Μουτζούρης Κ.Ι., 1988. Εισαγωγή στην Ακτομηχανική. Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα, 1988

Γ. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ – ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Γ.1. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αργιαλός Δ., Τζώτσος Α., 2004. "Αυτόματη αναγνώριση και οριοθέτηση αλλουβιακών ριπιδίων από δορυφορικά τηλεπισκοπικά δεδομένα Aster L1 και ψηφιακό μοντέλο εδάφους με τη χρήση αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας". 4ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π. "Η Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη της Ηπείρου" 23-26 Σεπτεμβρίου 2004, Συνεδριακό κέντρο Μετσόβου.

Αργιαλός Δ. και Τζώτσος Α., 2007. Αντικειμενοστραφής Ανάλυση Εικόνας στην Τηλεπισκόπηση. Θεωρία και Εφαρμογές. ΕΜΠ, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 22 και 23 Φεβρουαρίου 2007.

Δερζέκος Π. και Αργιαλός Δ., 2002. Διερεύνηση της Χρήσης Αντικειμενοστραφούς Ανάλυσης Δεδομένων IKONOS για τη Μελέτη του Αστικού Πράσινου. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, ΕΜΠ Αθήνα, 28 Φεβρουαρίου και 1 Μαρτίου 2002

Δουκάκης Ε., 2005. Κλιματικές μεταβολές στην Ελλάδα. Παράκτιο Περιβάλλον, Παρουσιάσεις Μαθημάτων. ΕΜΠ, Διατμηματικό-Διεπιστημονικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων.

Δουκάκης Ε., 2005. Αιγιαλός και Παραλία. Παράκτιο Περιβάλλον, Παρουσιάσεις Μαθημάτων. ΕΜΠ, Διατμηματικό-Διεπιστημονικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων.

Καραγεώργου Β. και Πεχλιβάνογλου Κ., 2008. Κριτική Αξιολόγηση του Σ/Ν περί αιγιαλού και παραλίας. Ημερίδα Διαλόγου για το Σ/Ν περί Αιγιαλού και Παραλίας, Ειδικοί Επιστήμονες του Κύκλου Ποιότητας Ζωής της Ανεξάρτητης Αρχής ΣΥΝΗΓΟΡΟΣ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΗ, Αθήνα, 24 Νοεμβρίου 2008

Κονδύλης Α., 2004. Πρόταση για θέσπιση νέου, καινοτόμου, νομικού πλαισίου αιγιαλού που στόχο θα έχει τον καθολικό-ενιαίο καθορισμό αιγιαλού με την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, μέσα από επιστημονική/αντικειμενική διαδικασία εκτίμησης του φαινομένου, με διαχείριση από ενιαίο συντονιστικό φορέα αποκλειστικής απασχόλησης. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα, 25 ΜΑΙΟΥ 2004.

Κουσούρης Θ., 2009. Παράκτια Ζώνη. Ορθολογική Διαχείριση και Ποιότητα Περιβάλλοντος, Αθήνα, 2009.

Πορφύρη Κ., 2007. Σύνταξη τοπογραφικών διαγραμμάτων αιγιαλού και παραλίας – Προδιαγραφές. Ημερίδα Συλλόγου Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα, 18 Ιουνίου 2007.

Τζώτσος Α., Δ. Αργιαλάς, 2007. Εφαρμογή Τεχνικών Αντικειμενοστραφούς Ανάλυσης Εικόνας Για Την Ταξινόμηση Αμιγούς Αστικής Περιοχής (Εφαρμογή Για Την Περιοχή Γουδιού Αττικής) Με Τη Χρήση Τηλεπισκοπικών Δεδομένων Υψηλής Διακριτικής Ικανότητας. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Αθήνα, 2007

Γ.2. ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Annibale Guariglia, Arcangela Buonamassa, Angela Losurdo, Rocco Saladino, Maria Lucia Trivigno, Angelo Zaccagnino and Antonio Colangelo, 2006. "A Multisource Approach for coastline mapping and identification of shoreline changes". *Annals of Geophysics*, February 2006, Geocart srl, Potenza, Italy, Vol. 49, N. 1.

Argialas D. P. and O. D. Mavrantza, 2006. "Object-oriented image analysis for the identification of geologic lineaments". 1st International Conference on Object-based Image Analysis, Salzburg University, 4-5 July 2006, Austria. Volume No. XXXVI – 4/C42, ISSN 1682-1777

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

Blaschke, T., Lang, S., Lorup, E., Strobl, J. & P. Zeil, 2000. "Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications". In: CREMERS, A. & GREVE, K. (Hrsg.): *Umweltinformation für Planung, Politik und Öffentlichkeit / Environmental Information for Planning, Politics and the Public*. Metropolis Verlag, Marburg, Vol. 2: 555-570.

Chris Manning, 2001. "Determining Foreshore Reserves". Waters and Rivers Commission, Report No. RR16, The Government of Western Australia, November 2001.

Definiens, 2000 και 2001: eCognition User Guide, Munchen

G.J. Hay and G. Castilla, 2006. "Object-based image analysis: strengths, weaknesses, opportunities and threats". 1st International Conference on Object-based Image Analysis, Salzburg University, 4-5 July 2006, Austria. Volume No. XXXVI – 4/C42, ISSN 1682-1777

Intergraph, 2006: Digital Mapping Camera, "Reducing your cost to go digital"

Lewinski S. and Zaremski K, 2004. "Examples of object-oriented classification performed on high-resolution satellite images". Miscellanea Geographica, WARSZAWA 2004, Vol. 11

Mallinis et al., 2006. "An object oriented approach for the discrimination of forest areas under the criteria of forest legislation in Greece using very high resolution data." 1st International Conference on Object-based Image Analysis, Salzburg University, 4-5 July 2006, Austria. Volume No. XXXVI – 4/C42, ISSN 1682-1777

Marpu P. R., Niemeyer I. and Gloaguen R., 2006. "A procedure for automatic object-based classification". 1st International Conference on Object-based Image Analysis, Salzburg University, 4-5 July 2006, Austria. Volume No. XXXVI – 4/C42, ISSN 1682-1777

Tzotsos A., 2006. "A support vector machine approach for object based image analysis". 1st International Conference on Object-based Image Analysis, Salzburg University, 4-5 July 2006, Austria. Volume No. XXXVI – 4/C42, ISSN 1682-1777

Δ. ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΣΕ ΑΡΘΡΑ ΕΦΗΜΕΡΙΔΩΝ

Ευθυμιάδης Π., 2009. «Μπαίνει τάξη στη δόμηση των παραλιακών περιοχών.» Απογευματινή, Αθήνα, 29/08/2009.

Τσακίρης Γ., 2003. «Τι είναι αιγιαλός, πως και από ποιον καθορίζεται.» Ελευθεροτυπία, Αθήνα, 09/10/2003.

Ε. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ – ΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Δερζέκος Π., 2002. Μελέτη του αστικού πράσινου με αντικειμενοστραφή ανάλυση δεδομένων Ikonos". ΕΜΠ, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 2002.

Οικονόμου Χ., 2007. Ολοκληρωμένη Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης – Περιοχή Μελέτης Λιμνοθάλασσας Butrint, ΝΔ Αλβανία. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Αθήνα, Ιούνιος 2007.

Ρηγόπουλος Γ., 2008. Αξιολόγηση Χαρακτηριστικών Ποιότητας του Αστικού Τοπίου με Χρήση Αντικειμενοστραφούς Ανάλυσης. ΕΜΠ, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, Οκτώβριος 2008.

Σαμοΐλη Σ., 2008. Αυτόματη Αναγνώριση Οχημάτων Από Πολυφασματικά & Υψομετρικά Δεδομένα LiDAR με Αντικειμενοστραφή Ανάλυση. ΕΜΠ, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, Ιούλιος 2008.

ΣΤ. ΑΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ

Ελληνική Φωτογραμμετρική Εταιρία ΕΛ.ΦΩ.

Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού

Κτηματολόγιο Α.Ε., Τεχνικές προδιαγραφές για την παραγωγή ψηφιακών ορθοφωτοχάρτων και DTM ακριβείας για τη χάραξη αιγιαλού, Αθήνα, Φεβρουάριος 2006.

Σουφλιάς Γ., Παρουσίαση του Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου για τον παράκτιο χώρο και τα νησιά, **ΥΠΕΧΩΔΕ**, Γραφείο Τύπου και Δημόσιων Σχέσεων, Αθήνα, 28 Αυγούστου 2009.

Ζ. ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ – ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

<http://en.wikipedia.org/wiki/Coast>

<http://paraktio-psarema.pblogs.gr/aigialos-orismos-kyriothta-parahwrhsh-hrhshs.html>

<http://www.topografoi.com/rs/wiki/index.php/%CE%91%CE%9A%CE%A4%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%9C%CE%9C%CE%97>

<http://www.domiki.gr/info/030122-1.htm>

http://www.ktiriodomiki.gr/page_GREEK_7_1.htm

www.preveza.gr

<http://www.admap.com/dmc.html>