



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ**

**«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ  
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ  
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ»**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΕΥΘΥΜΙΟΣ Κ. ΚΟΥΚΑΚΗΣ**

**Επιβλέπων Καθηγητής : Αργιαλάς Δημήτριος**

**ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014**





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ

**«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΣΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ  
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ  
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ»**

**Επιμέλεια:** Κουκάκης Ευθύμιος  
**Επιβλέπων:** Αργιαλάς Δημήτριος  
Καθηγητής ΕΜΠ

**Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή**

..... .....	..... .....	..... .....
Δ. Αργιαλάς Καθηγητής ΕΜΠ	Β. Καραθανάση Αναπλ. Καθηγήτρια ΕΜΠ	Κ. Καραντζαλος Λέκτορας ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014

.....  
Ευθύμιος Κουκάκης  
Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ

Copyright © Ευθύμιος Κουκάκης, 2014  
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 το συγγραφέα.

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



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανατέθηκε από το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Σκοπός της είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης σε ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις υψηλής διακριτικής ικανότητας, στην αυτόματη αναγνώριση παράκτιων οντοτήτων. Η αυτόματη αναγνώριση οντοτήτων της γήινης επιφάνειας εκτιμάται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως η αναθεώρηση χαρτών, η δημιουργία χαρτών βατότητας, στρατιωτικές εφαρμογές κ.α.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Αργιαλά Δημήτριο για την επίβλεψη της παρούσας εργασίας αλλά και για το συνεχές ενδιαφέρον του και την υποστήριξη του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο Διδάκτορα κ. Αργυρίδη Αργυρό για την βοήθεια και κατατόπιση που μου παρείχε σε διάφορα τεχνικά θέματα.

Επιπλέον, ευχαριστώ τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού για τη διάθεση των δορυφορικών απεικονίσεων και την υποστήριξή της.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κ. Καραθανάση Βασιλεία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ και κ. Καράντζαλο Κωνσταντίνο, Λέκτορα ΕΜΠ, για την ανάγνωση της διπλωματικής μου εργασίας και τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

## Περίληψη

Η Ελλάδα διαθέτει περίπου 16000 χλμ ακτογραμμής. Σχεδόν το 70% του ελληνικού πληθυσμού κατοικεί στην παράκτια ζώνη ενώ πλήθος δραστηριοτήτων και χρήσεων συγκεντρώνεται σε αυτή (κατοικία, αναψυχή και τουρισμός, βιομηχανία, εμπόριο, αλιεία και υδατοκαλλιέργειες, γεωργία, θαλάσσιες μεταφορές κλπ.). Σαφής είναι λοιπόν η ανάγκη για εύρεση μεθόδων και εργαλείων που θα συμβάλλουν στον έλεγχο και παρακολούθηση της παράκτιας ζώνης, με απώτερο στόχο την καλύτερη αξιοποίησή της.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση των δυνατοτήτων της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης στην αυτόματη αναγνώριση παράκτιων οντοτήτων και συγκεκριμένα λιμνοθαλασσών, αλυκών και παραθαλάσσιων ελών. Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό eCognition 8 (Trimble, 2012). Τα πολυφασματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις από το δορυφόρο IKONOS, οι οποίες διατέθηκαν από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού.

Αρχικά, για κάθε παράκτια γεωμορφή διερευνήθηκαν, σύμφωνα με τις αρχές της φωτοερμηνείας, όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά – φωτοερμηνευτικά κλειδιά που θα βοηθούσαν στην αναγνώρισή της. Αυτά τα χαρακτηριστικά χρησιμοποιήθηκαν ακολούθως στη μεθοδολογία της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης προκειμένου να προκύψουν οι κατάλληλες συναρτήσεις ασαφούς λογικής βάσει των οποίων έγινε η εξαγωγή των υπό μελέτη παράκτιων οντοτήτων. Κατά την παραπάνω μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκαν και τα τέσσερα κανάλια των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, προκειμένου να αξιοποιηθεί όλη η διαθέσιμη πληροφορία.

Οι Δορυφορικές εικόνες κατατμήθηκαν σε επιμέρους αντικείμενα περισσότερες από μία φορές, δηλαδή δημιουργήθηκε ένας ικανός αριθμός από θεματικά επίπεδα. Σε κάθε επίπεδο, η κατάτμηση έγινε με γνώμονα τον επιθυμητό στόχο που τέθηκε για το επίπεδο αυτό. Η ταξινόμηση των τάξεων έγινε βάσει των κανόνων ασαφούς λογικής που συμπεριλαμβάνονται στο λογισμικό eCognition και η ιεραρχία τους δομήθηκε σύμφωνα με λογικούς κανόνες (π.χ. η τάξη «λίμνες» ανήκει στην τάξη «υδάτινες μάζες» η οποία έχει μία ευρύτερη έννοια).

Μετά το τέλος της διαδικασίας της ταξινόμησης ακολούθησε η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων προκειμένου να διαπιστωθεί η ακρίβεια και η αξιοπιστία της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε. Η αξιολόγηση κατέδειξε πως κατά κύριο λόγο, τα αποτελέσματα ήταν ακριβή και αξιόπιστα.

**Λέξεις κλειδιά :** Αντικειμενοστρεφής ανάλυση, eCognition, OBIA, ασαφής λογική, παράκτιες γεωμορφές, αλυκή, λιμνοθάλασσα, παραθαλάσσιο έλος, δορυφορικές εικόνες, Τηλεπισκόπηση, κατάτμηση εικόνας, ταξινόμηση

## **Abstract**

**Title : “Development of a knowledge base in an object-based image analysis system for the extraction of coastal entities from satellite images”**

Greece has approximately 16,000 km of coastline. Almost 70% of the Greek population lives by or near the coastal zone while many activities and land use patterns are located there (housing, recreation and tourism, industry, trade, fisheries and aquaculture, agriculture, shipping, etc.). Thus, it is clear the need for finding methods and tools that will help control and monitor the coastal zone, leading to a better exploitation.

This thesis focuses on exploring the possibilities of object oriented analysis toward automatic recognition of coastal entities, specifically lagoons, saltworks and coastal marshes. For this purpose, the software that was employed was eCognition 8 (Trimble, 2012). The multispectral data that were used were IKONOS satellite images, and they were provided courtesy of the Hellenic Military Geographical Service (HMGS).

Firstly, for each separate coastal landform, all those interpretation features and photo interpretation keys that help its recognition, were investigated in accordance with the principles of photo interpretation. These features were then used in the methodology of object-oriented analysis to derive the appropriate fuzzy logic functions based on which the extraction of the studied coastal entities was made. In the above methodology all four channels of the satellite images were used, in order to exploit all the available spectral information.

Satellite images were segmented into individual objects more than once, thus a fair number of segmentation levels was created. In each layer, the segmentation was made based on the desired goal set for the layer. The classification classes were represented by the designed fuzzy logic rules and the hierarchy was structured according to logical rules (e.g. the class of "lakes" belongs to the class "water bodies" which has a broader meaning).

After the process of classification an evaluation of the results was made to determine the accuracy and reliability of the methodology followed. The evaluation showed that most of the results were accurate and reliable.

**Keywords : Object-based image analysis, OBIA, eCognition, fuzzy logic, coastal landforms, saltworks, lagoon, coastal salt marsh, satellite images, remote sensing, image segmentation, classification**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	1
<b>1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ</b> .....	3
1.1. Στοιχεία παράκτιας γεωμορφολογίας .....	3
1.1.1. Ακτογραμμή και παράκτια ζώνη .....	3
1.1.2. Λιμνοθάλασσα.....	4
1.1.3. Αλυκή .....	5
1.1.4. Παραθαλάσσια έλη.....	6
1.2. Ανασκόπηση επιστημονικού πεδίου.....	7
1.2.1. Τηλεπισκόπηση .....	7
1.2.2. Δορυφόρος IKONOS .....	9
1.2.3. Αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας .....	11
1.2.4. Το λογισμικό eCognition .....	13
1.2.4.1. Κατάτμηση .....	13
1.2.4.2. Ιεραρχικό Δίκτυο .....	14
1.2.4.3. Ασαφής λογική .....	15
1.2.4.4. Η ιεραρχία κλάσεων.....	17
1.2.4.5. Ταξινόμηση χωρίς τα χαρακτηριστικά να σχετίζονται με κλάσεις.....	18
1.2.4.6. Ταξινόμηση με τα χαρακτηριστικά να σχετίζονται με κλάσεις.....	18
1.2.4.7. Σύνομη επισκόπηση των Χαρακτηριστικών .....	19
1.2.4.8. Χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις κλάσεις.....	19
1.2.4.9. Η αξιολόγηση της ταξινόμησης.....	20
1.2.4.10. Αξιολόγηση με κοινές μετρήσεις ακρίβειας.....	20
1.2.4.11. Αναλυτική αξιολόγηση με βάση την ασαφή ταξινόμηση .....	21
1.2.5. Προηγούμενες μελέτες πάνω στην εφαρμογή της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας σε παράκτιες και άλλες περιοχές .....	21
<b>2. ΣΤΟΧΟΙ – ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΔΕΔΟΜΕΝΑ</b> .....	25
2.1. Στόχοι .....	25
2.2. Περιοχές μελέτης.....	25
2.2.1. Αμβρακικός κόλπος.....	26
2.2.2. Πατραϊκός κόλπος .....	28
2.2.3. Ακρωτήριο Γραμβούσας, νομός Χανίων .....	30
2.3. Δεδομένα .....	31
<b>3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b> .....	33
3.1. Λιμνοθάλασσες .....	33
3.1.1. Φωτοερμηνεία εικόνων με λιμνοθάλασσες.....	33
3.1.2. Αναγνώριση λιμνοθάλασσας ( Περίπτωση Μελέτης 1) .....	33
3.1.2.1. Κατάτμηση και δημιουργία 1 <sup>ου</sup> επιπέδου, ΠΜ1 .....	34
3.1.2.2. Ταξινόμηση εικόνας πρώτου επιπέδου, ΠΜ1 .....	35
3.1.2.3. Κατάτμηση εικόνας δεύτερου επιπέδου, ΠΜ1 .....	39
3.1.2.4. Ταξινόμηση εικόνας δεύτερου επιπέδου, ΠΜ1 .....	40
3.1.3. Αναγνώριση λιμνοθάλασσας (Περίπτωση Μελέτης 2) .....	45
3.1.3.1. Κατάτμηση εικόνας πρώτου επιπέδου, ΠΜ2 .....	45
3.1.3.2. Ταξινόμηση εικόνας πρώτου επιπέδου, ΠΜ2 .....	46
3.1.3.3. Κατάτμηση εικόνας δεύτερου επιπέδου, ΠΜ2.....	47
3.1.3.4. Ταξινόμηση εικόνας δεύτερου επιπέδου, ΠΜ2.....	48
3.1.3.5. Δημιουργία τρίτου επιπέδου, ΠΜ2.....	50
3.1.3.6. Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ2.....	50
3.1.3.7. Δημιουργία τέταρτου επιπέδου, ΠΜ2.....	52
3.1.3.8. Ταξινόμηση τέταρτου επιπέδου, ΠΜ2.....	53
3.2. Αλυκές.....	56

3.2.1.	Φωτοερμηνεία εικόνων με αλυκές .....	56
3.2.2.	Αναγνώριση αλυκών (Περίπτωση Μελέτης 3) .....	56
3.2.2.1.	Κατάτμηση εικόνας πρώτου επιπέδου, ΠΜ3 .....	57
3.2.2.2.	Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ3 .....	58
3.2.2.3.	Κατάτμηση εικόνας δευτέρου επιπέδου, ΠΜ3.....	59
3.2.2.4.	Ταξινόμηση εικόνας δευτέρου επιπέδου, ΠΜ3 .....	60
3.2.2.5.	Κατάτμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ3 .....	62
3.2.2.6.	Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ3 .....	62
3.2.2.7.	Δημιουργία τέταρτου επιπέδου, ΠΜ3.....	65
3.2.2.8.	Δημιουργία πέμπτου επιπέδου, ΠΜ3 .....	67
3.2.3.	Αναγνώριση αλυκών (Περίπτωση Μελέτης 4) .....	70
3.2.3.1.	Κατάτμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ4 .....	70
3.2.3.2.	Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ4 .....	70
3.2.3.3.	Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ4.....	72
3.2.3.4.	Ταξινόμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ4.....	73
3.2.3.5.	Κατάτμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ4.....	75
3.2.3.6.	Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ4 .....	76
3.2.3.7.	Δημιουργία τέταρτου επιπέδου, ΠΜ4.....	77
3.3.	Παραθαλάσσια Έλη.....	79
3.3.1.	Φωτοερμηνεία εικόνων με παραθαλάσσια έλη .....	79
3.3.2.	Αναγνώριση παραθαλάσσιων ελών(Περίπτωση Μελέτης 5).....	80
3.3.2.1.	Κατάτμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ5 .....	80
3.3.2.2.	Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ5 .....	81
3.3.2.3.	Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ5.....	83
3.3.2.4.	Ταξινόμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ5.....	83
3.3.2.5.	Κατάτμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ5 .....	87
3.3.2.6.	Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ5 .....	87
3.3.2.7.	Δημιουργία τέταρτου επιπέδου, ΠΜ5.....	89
3.3.2.8.	Κατάτμηση πέμπτου επιπέδου, ΠΜ5 .....	91
3.3.2.9.	Ταξινόμηση πέμπτου επιπέδου, ΠΜ5 .....	92
3.3.2.10.	Κατάτμηση έκτου επιπέδου, ΠΜ5 .....	93
3.3.2.11.	Ταξινόμηση έκτου επιπέδου, ΠΜ5 .....	93
<b>4.</b>	<b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>99</b>
4.1.	Αξιολόγηση με βάση τη φωτοερμηνεία.....	99
4.1.1.	Αξιολόγηση αποτελέσματος αναγνώρισης λιμνοθάλασσας ΠΜ1 .....	100
4.1.2.	Αξιολόγηση αποτελέσματος αναγνώρισης λιμνοθάλασσας ΠΜ2 .....	102
4.1.3.	Αξιολόγηση αποτελέσματος αναγνώρισης αλυκής ΠΜ3 .....	104
4.1.4.	Αξιολόγηση αποτελέσματος αναγνώρισης αλυκής ΠΜ4 .....	105
4.1.5.	Αξιολόγηση αποτελέσματος αναγνώρισης έλους ΠΜ5.....	107
4.2.	Αξιολόγηση με βάση τη σταθερότητα των ταξινομήσεων .....	109
4.2.1.	Αξιολόγηση ταξινόμησης λιμνοθάλασσας ΠΜ1.....	109
4.2.2.	Αξιολόγηση ταξινόμησης λιμνοθάλασσας ΠΜ2.....	110
4.2.3.	Αξιολόγηση ταξινόμησης αλυκής ΠΜ3 .....	111
4.2.4.	Αξιολόγηση ταξινόμησης αλυκής ΠΜ4 .....	112
4.2.5.	Αξιολόγηση ταξινόμησης έλους ΠΜ5.....	113
4.3.	Εφαρμογή του αλγορίθμου ταξινόμησης στη λιμνοθάλασσα του Μπάλου.....	114
4.3.1.	Αξιολόγηση πρώτης μεθόδου.....	115
4.3.2.	Αξιολόγηση δεύτερης μεθόδου .....	117
<b>5.</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ</b> .....	<b>121</b>
5.1.	Συμπεράσματα .....	121
5.2.	Προοπτικές.....	122
<b>6.</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>125</b>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

---

Εικόνα 1-1 : Λιμνοθάλασσα Ψήφτας, Τροιζήνα	4
Εικόνα 1-2 : Αλυκή «Άσπρη», Μεσολόγγι	5
Εικόνα 1-3 : Έλος «Παπά», Ίος	7
Εικόνα 1-4 : Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	8
Εικόνα 1-5 : Δορυφόρος Ikonos	10
Εικόνα 1-6 : Παράδειγμα επιπέδων ιεραρχίας	14
Εικόνα 1-7 : Συνάρτηση συμμετοχής τύπου S	16
Εικόνα 1-8 : Διάγραμμα ροής του αλγορίθμου κατάτμησης	22
Εικόνα 2-1 : Περιοχές μελέτης, Αμβρακικός κόλπος	27
Εικόνα 2-2 : Περιοχή μελέτης, Λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου	29
Εικόνα 2-3 : Περιοχή μελέτης, Ακρωτήριο Γραμβούσας, Χανιά	30
Εικόνα 3-1 : Λιμνοθάλασσα Πωγωνίτσα	33
Εικόνα 3-2 : Δημιουργία αντικειμένων πρώτης κατάτμησης ΠΜ1	34
Εικόνα 3-3 : Συνάρτηση συμμετοχής Singleton	34
Εικόνα 3-4 : Ανίχνευση ορίων για τα όρια της συνάρτησης	35
Εικόνα 3-5 : Προσδιορισμός ορίων συνάρτησης συμμετοχής για το Mean Layer 4	36
Εικόνα 3-6 : Περιγραφή κατηγορίας “Water L1”	36
Εικόνα 3-7 : Περιγραφή κατηγορίας “ not water L1”	37
Εικόνα 3-8 : Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου ΠΜ1	38
Εικόνα 3-9 : Παράμετροι κατάτμησης δευτέρου επιπέδου ΠΜ1	38
Εικόνα 3-10 : Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ1	39
Εικόνα 3-11 : Περιγραφή κατηγορίας “water L2”	40
Εικόνα 3-12 : Περιγραφή κατηγορίας “water L2”	40
Εικόνα 3-13 : Περιγραφή κατηγορίας “lagoon L2”	41
Εικόνα 3-14 : Περιγραφή κατηγορίας “water L2”	42
Εικόνα 3-15 : Περιγραφή κατηγορίας “sea L2”	42
Εικόνα 3-16 : Τελικό αποτέλεσμα ταξινόμησης, ΠΜ1	43
Εικόνα 3-17 : Δημιουργία αντικειμένων αρχικής κατάτμησης, ΠΜ2	45
Εικόνα 3-18 : Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ2	46
Εικόνα 3-19 : Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ2	47
Εικόνα 3-20 : Περιγραφή κατηγοριών “water L2” και “not water L2”	47
Εικόνα 3-21 : Περιγραφή κατηγορίας “next to the coast water L2”	48
Εικόνα 3-22 : Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ2	49
Εικόνα 3-23 : Περιγραφή κατηγοριών τρίτου επιπέδου, ΠΜ2	50
Εικόνα 3-24 : Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ2	51
Εικόνα 3-25 : Συγχώνευση αντικειμένων “lagoon like L3”	51
Εικόνα 3-26 : Περιγραφή κατηγοριών τέταρτου επιπέδου, ΠΜ2	52
Εικόνα 3-27 : Τελική ταξινόμηση, ΠΜ2	53
Εικόνα 3-28 : Αλυκές Τουρλίδας	56
Εικόνα 3-29 : Κατάτμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ3	56
Εικόνα 3-30 : Δημιουργία δείκτη “reflection index”	57
Εικόνα 3-31 : Περιγραφή κατηγορίας πρώτου επιπέδου, ΠΜ3	57
Εικόνα 3-32 : Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ3	58
Εικόνα 3-33 : Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου και αντικείμενα που δημιουργήθηκαν	59
Εικόνα 3-34: Δημιουργία δείκτη “soil index”	59
Εικόνα 3-35 : Περιγραφή κατηγοριών δευτέρου επιπέδου, ΠΜ3	60
Εικόνα 3-36 : Ταξινόμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ3	60

Εικόνα 3-37 : Κατάτμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ3	61
Εικόνα 3-38 : Περιγραφή κατηγοριών δευτέρου επιπέδου, ΠΜ3	61
Εικόνα 3-39 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα “rel. Area of high reflection areas L1 (2)”	62
Εικόνα 3-40 : ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα “Rel. Border to saltworks like L3”	63
Εικόνα 3-41 : περιγραφή κατηγοριών τρίτου επιπέδου	63
Εικόνα 3-42 : Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ3	64
Εικόνα 3-43 : Περιγραφή κατηγορίας τέταρτου επιπέδου, ΠΜ3	65
Εικόνα 3-44 : Συγχώνευση αντικειμένων κατηγορίας “saltworks like L4”	66
Εικόνα 3-45 : Περιγραφή κατηγοριών πέμπτου επιπέδου	67
Εικόνα 3-46 : Τελική ταξινόμηση αλυκής, ΠΜ3	67
Εικόνα 3-47 : Αρχική κατάτμηση περιοχής, ΠΜ4	69
Εικόνα 3-48 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα Compactness	70
Εικόνα 3-49 : Περιγραφή κατηγορίας πρώτου επιπέδου, ΠΜ4	70
Εικόνα 3-50 : Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ4	71
Εικόνα 3-51 : Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ4	72
Εικόνα 3-52 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα “Mean Layer Level 3”	73
Εικόνα 3-53 : Περιγραφή κατηγοριών δευτέρου επιπέδου ιεραρχίας	73
Εικόνα 3-54 : Ταξινόμηση βάσει ιεραρχίας, δευτέρου επιπέδου, ΠΜ4	74
Εικόνα 3-55 : Κατάτμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ4	74
Εικόνα 3-56 : Περιγραφή κατηγοριών τρίτου επιπέδου, ΠΜ4	75
Εικόνα 3-57 : Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ4	76
Εικόνα 3-58 : Περιγραφή κατηγορίας “saltworks L4”	76
Εικόνα 3-59 : Ταξινόμηση τέταρτου επιπέδου, ΠΜ4	77
Εικόνα 3-60 : Έλος στην περιοχή της Βόνιτσας, ΠΜ5	79
Εικόνα 3-61 : Αρχική κατάτμηση πρώτου επιπέδου	80
Εικόνα 3-62 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα “Mean Layer 4”	80
Εικόνα 3-63 : Περιγραφή κατηγοριών πρώτου επιπέδου, ΠΜ5	81
Εικόνα 3-64 : Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ5	81
Εικόνα 3-65 : Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ5	82
Εικόνα 3-66 : Δημιουργία δείκτη TVI	83
Εικόνα 3-67 : Ανίχνευση ορίων για τον δείκτη TVI	83
Εικόνα 3-68 : Περιγραφή κατηγοριών δευτέρου επιπέδου, ΠΜ5	83
Εικόνα 3-69 : Δημιουργία δείκτη “1/2 index”	84
Εικόνα 3-70 : Ανίχνευση ορίων για το δείκτη “1/2 index”	84
Εικόνα 3-71 : Περιγραφή κατηγοριών δευτέρου επιπέδου, ΠΜ5	84
Εικόνα 3-72 : Ταξινόμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ5	85
Εικόνα 3-73 : Παράμετροι κατάτμησης τρίτου επιπέδου, ΠΜ5	86
Εικόνα 3-74 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα “Density of sub objects mean (1)”	87
Εικόνα 3-75 : Περιγραφή κατηγορίας τρίτου επιπέδου, ΠΜ5	87
Εικόνα 3-76 : Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ5	88
Εικόνα 3-77 : Περιγραφή κατηγοριών τέταρτου επιπέδου, ΠΜ5	88
Εικόνα 3-78 : Ταξινόμηση τέταρτου επιπέδου, ΠΜ5	90
Εικόνα 3-79 : Εντολή “merge region” για όσα αντικείμενα ανήκουν στην κατηγορία “marsh like L4”	90
Εικόνα 3-80 : Περιγραφή κατηγοριών πέμπτου επιπέδου, ΠΜ5	91
Εικόνα 3-81 : Ταξινόμηση πέμπτου επιπέδου, ΠΜ5	92
Εικόνα 3-82 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα “Mean Layer 4”	93
Εικόνα 3-83 : Ενδιάμεση ταξινόμηση χωρίς τον κανόνα της γειτνίασης με κάποια όχθη	94
Εικόνα 3-84 : Τελική ταξινόμηση έλους, ΠΜ5	94

Εικόνα 4.1 : Περιοχές από φωτοερμηνεία και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP	98
Εικόνα 4.2 : Περιοχές από φωτοερμηνεία και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP	100
Εικόνα 4.3 : Περιοχές από φωτοερμηνεία και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP	101
Εικόνα 4.4 : Περιοχές από φωτοερμηνεία και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP	103
Εικόνα 4.5 : Περιοχές από φωτοερμηνεία και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP	105
Εικόνα 4.6 : Περιοχή λιμνοθάλασσας Μπάλου, Κίσαμος Χανίων	112
Εικόνα 4.7 : 1 <sup>η</sup> και 2 <sup>η</sup> μέθοδος αναγνώρισης λιμνοθάλασσας	112
Εικόνα 4.8 : Περιοχές από φωτοερμηνεία και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP	113
Εικόνα 4.9 : Περιοχές από φωτοερμηνεία και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP	115

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

---

Πίνακας 2.1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά εικόνων	31
Πίνακας 3-1 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου ένα, ΠΜ1	37
Πίνακας 3-2 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου δύο, ΠΜ1	43
Πίνακας 3-3 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου ένα, ΠΜ2	46
Πίνακας 3-4 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου δύο, ΠΜ2	48
Πίνακας 3-5 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τρία, ΠΜ2	50
Πίνακας 3-6 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τέσσερα, ΠΜ2	53
Πίνακας 3-7 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου ένα, ΠΜ3	58
Πίνακας 3-8 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου δύο, ΠΜ3	60
Πίνακας 3-9 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τρία, ΠΜ3	64
Πίνακας 3-10 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τέσσερα, ΠΜ3	65
Πίνακας 3-11 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου πέντε, ΠΜ3	67
Πίνακας 3-12 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου ένα, ΠΜ4	71
Πίνακας 3-13 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου δύο, ΠΜ4	73
Πίνακας 3-14 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τρία, ΠΜ4	75
Πίνακας 3-15 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τέσσερα, ΠΜ4	77
Πίνακας 3-16 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου ένα, ΠΜ5	81
Πίνακας 3-17 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου δύο, ΠΜ5	85
Πίνακας 3-18 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τρία, ΠΜ5	87
Πίνακας 3-19 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τέσσερα, ΠΜ5	89
Πίνακας 3-20 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου πέντε, ΠΜ5	91
Πίνακας 3-21 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου έξι, ΠΜ5	93
Πίνακας 4.1 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία	97
Πίνακας 4.2 : Έλεγχος ταξινόμησης λιμνοθάλασσας	99
Πίνακας 4.3 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία	99
Πίνακας 4.4 : Έλεγχος ταξινόμησης λιμνοθάλασσας	100
Πίνακας 4.5 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία	101
Πίνακας 4.6 : Έλεγχος ταξινόμησης αλυκής	102
Πίνακας 4.7 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία	102
Πίνακας 4.8 : Έλεγχος ταξινόμησης αλυκής	103
Πίνακας 4.9 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία	104
Πίνακας 4.10 : Έλεγχος ταξινόμησης έλους	105
Πίνακας 4.11 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου καλύτερου αποτελέσματος	107



Πίνακας 4.12 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου σταθερότητας ταξινόμησης .....	107
Πίνακας 4.13 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου καλύτερου αποτελέσματος .....	107
Πίνακας 4.14 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου σταθερότητας ταξινόμησης .....	108
Πίνακας 4.15 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου καλύτερου αποτελέσματος .....	108
Πίνακας 4.16 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου σταθερότητας ταξινόμησης .....	109
Πίνακας 4.17 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου καλύτερου αποτελέσματος .....	109
Πίνακας 4.18 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου σταθερότητας ταξινόμησης .....	109
Πίνακας 4.19 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου καλύτερου αποτελέσματος .....	110
Πίνακας 4.20 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου σταθερότητας ταξινόμησης .....	111
Πίνακας 4.21 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία .....	113
Πίνακας 4.22 : Έλεγχος ταξινόμησης λιμνοθάλασσας .....	114
Πίνακας 4.23 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία .....	114
Πίνακας 4.24 : Έλεγχος ταξινόμησης λιμνοθάλασσας .....	115

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

---

Διάγραμμα 3.1 : Διάγραμμα ροής για την ταξινόμηση λιμνοθάλασσας .....	44
Διάγραμμα 3.2 : Διάγραμμα ροής για την ταξινόμηση λιμνοθάλασσας (2 <sup>η</sup> μέθοδος) .....	54
Διάγραμμα 3.3 : Διάγραμμα ροής για την ταξινόμηση αλυκής .....	68
Διάγραμμα 3.4 : Διάγραμμα ροής για την ταξινόμηση αλυκής (2 <sup>η</sup> μέθοδος) .....	78
Διάγραμμα 3.5 : Διάγραμμα ροής για την ταξινόμηση έλους .....	9



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όσον αφορά το τι είναι παράκτια ζώνη, δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός ορισμός, αλλά υπάρχουν αρκετοί συμπληρωματικοί ορισμοί καθένας από τους οποίους εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό. Παρόλο που σε γενικές γραμμές καταλαβαίνουμε διαισθητικά τι εννοείται με τον όρο παράκτια ζώνη, είναι δύσκολο να καθορίσουμε την ακριβή έκταση της, είτε προς την ξηρά είτε προς τη θάλασσα. Ένας γενικός ορισμός εργασίας είναι “ το μέρος της ξηράς που επηρεάζεται από τη γειτνίαση με τη θάλασσα, και το μέρος της θάλασσας που επηρεάζεται από τη γειτνίαση με την ξηρά, μέχρι του σημείου στο οποίο οι χερσαίες δραστηριότητες του ανθρώπου έχουν μια μετρήσιμη επίδραση στην χημεία του νερού και στην θαλάσσια οικολογία” (Stanners & Bourdeau, 1995).

Οι παράκτιες ζώνες είναι σχετικά εύθραυστα οικοσυστήματα και η άτακτη αστικοποίηση και η ανάπτυξη, μόνες τους ή σε συνδυασμό με τουριστικές, αλιευτικές και γεωργικές καλλιέργειες, μπορεί να οδηγήσουν σε ραγδαία υποβάθμιση των παράκτιων βιοτόπων και πόρων. Η αυξανόμενη πίεση στο περιβάλλον της παράκτιας ζώνης σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες έχει ως αποτέλεσμα μια ραγδαία μείωση ανοικτών χώρων και φυσικών περιοχών καθώς και έλλειψη χώρου για παράκτιες δραστηριότητες χωρίς σημαντικές βλαβερές επιπτώσεις.

Δεν είναι όλες οι επιδράσεις στις παραλίες αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Το κλίμα μπορεί να έχει σοβαρές άμεσες και έμμεσες επιδράσεις στο παράκτιο περιβάλλον. Περιστασιακές καταιγίδες, τυφώνες, παλιρροϊκά κύματα, μπορεί να έχουν καταστροφικές συνέπειες ενώ οι έμμεσες επιδράσεις των κλιματικών αλλαγών με την ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης προβλέπεται να προκαλέσουν πιθανά σοβαρές καταστροφές σε διάφορες παράλιες περιοχές κατά μήκος των Ευρωπαϊκών ακτών.

Η Ευρωπαϊκή ακτογραμμή έχει μήκος 143.000 χλμ. συμπεριλαμβανόμενων και των νησιών. Αυτή η τεράστια απόσταση που περιλαμβάνει αρκτικές, μεσογειακές και υποτροπικές κλιματικές ζώνες, έχει μια μεγάλη ποικιλία από γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά όπως παγετώνες, βράχια, λόφους και αμμουδιές, λασπώδεις παραλίες και παραθαλάσσια έλη, λιμνοθάλασσες και πολλές ακόμα γεωμορφές. Η πληθώρα των γεωμορφών αυτών αλλά και η ιδιαίτερη σημασία της παράκτιας ζώνης στη ζωή του ανθρώπου, την καθιστούν περιοχή μεγάλου ενδιαφέροντος για μελέτη και παρακολούθηση (Παναγιωτίδης, 2008).

Η παρακολούθηση του χώρου γίνεται πλέον πολύ ευκολότερα απ’ ότι τα παλαιότερα χρόνια, χάρη στην πρόοδο που έχει επιτευχθεί στον τομέα της τηλεπισκόπησης. Τηλεπισκόπηση σημαίνει παρατήρηση από απόσταση, και είναι

μία επιστήμη με πολλές εφαρμογές η οποία χρησιμοποιεί φασματικά δεδομένα τα οποία προέρχονται από κατάλληλους ανιχνευτές που βρίσκονται σε ικανή απόσταση από τη γήινη επιφάνεια.

Μία προσέγγιση στο πρόβλημα της επεξεργασίας τηλεπισκοπικών δεδομένων είναι η αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας. Η αντικειμενοστρεφής ανάλυση δεν εστιάζει σε μεμονωμένα εικονοστοιχεία, αλλά σε σύνολα εικονοστοιχείων τα οποία θεωρεί αντικείμενα με φασματικές, γεωμετρικές, τοπολογικές ιδιότητες και αλληλοσυσχετίσεις. Όσο περισσότερα γεωμετρικά, φασματικά και τοπολογικά χαρακτηριστικά είναι γνωστά για κάποια αντικείμενα, τόσο πιο ρεαλιστική τείνει να γίνει η ταξινόμησή τους (Hoffman, 2001).

### **Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αυτόματη εξαγωγή συγκεκριμένων γεωμορφών οι οποίες απαντώνται στην παράκτια ζώνη. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ανέπτυξε βάσεις γνώσης στηριζόμενες στις τεχνικές της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης μέσω του λογισμικού eCognition.

### **Διάρθρωση της εργασίας**

Στο κεφάλαιο 1 αναφέρονται κάποια από τα βασικά στοιχεία της παράκτιας γεωμορφολογίας προκειμένου να υπάρχει μία σφαιρική γνώση πάνω στις υπό μελέτη γεωμορφές και στα χαρακτηριστικά τους. Επιπλέον, γίνεται μία συνοπτική παρουσίαση της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης και των κανόνων που αυτή χρησιμοποιεί, και παρουσιάζεται σχετική με την παρούσα εργασία βιβλιογραφία.

Στο κεφάλαιο 2 αναφέρονται οι στόχοι, οι περιοχές μελέτης και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται η φωτοερμηνεία των τηλεπισκοπικών δεδομένων, και αναπτύσσεται η μεθοδολογία της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας με κύρια συστατικά την κατάτμηση και ταξινόμηση των αντικειμένων.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με δύο διαφορετικές μεθόδους. Η πρώτη μέθοδος συγκρίνει τα αποτελέσματα της ταξινόμησης με τα αποτελέσματα από φωτοερμηνεία και η δεύτερη μέθοδος αξιολογεί την ταξινόμηση βάση πινάκων οι οποίοι εξάγονται από το λογισμικό. Τα αποτελέσματα, σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους, κρίθηκαν ικανοποιητικά.

Στο κεφάλαιο 5 περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα της εργασίας και παρουσιάζονται προοπτικές για περαιτέρω ανάπτυξη και μελέτη των μεθόδων που παρουσιάστηκαν.

## 1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

### 1.1. Στοιχεία παράκτιας γεωμορφολογίας

#### 1.1.1. Ακτογραμμή και παράκτια ζώνη

Ακτογραμμή ή παραλία ονομάζεται η περιοχή όπου η γη συναντά τη θάλασσα ή τον ωκεανό. Μια ακριβής γραμμή δε μπορεί να προσδιοριστεί όμως, λόγω της δυναμικής φύσης των παλιρροιών. Ο όρος "παράκτια ζώνη" μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντ' αυτού, η οποία είναι μια χωρική ζώνη όπου πραγματοποιείται μία αλληλεπίδραση των θαλάσσιων και γεωλογικών διαδικασιών.

Οι ακτές αποτελούν ένα δυναμικό περιβάλλον με συνεχή αλλαγή. Φυσικές διεργασίες της γης, ιδιαίτερα η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, τα κύματα και τα διάφορα καιρικά φαινόμενα, έχουν ως αποτέλεσμα τη διάβρωση, της συσσώρευση και την αναμόρφωση των ακτών, καθώς και την πλημμύρα και τη δημιουργία της υφαλοκρηπίδας και υποθαλάσσιων κοιλάδων ποταμών. Εκτός από τις φυσικές διεργασίες, σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των ακτών διαδραματίζει και ο ανθρώπινος παράγοντας, καθώς τα διάφορα τεχνικά έργα και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις μπορούν να αλλάξουν ριζικά τη παράκτια μορφολογία. Όλες αυτές οι διεργασίες και εργασίες έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πληθώρας γεωμορφών (λιμνοθάλασσες, έλη, αλυκές, τόμπολο, ακρωτήρια κ.α.) οι οποίες κάνουν την παράκτια περιοχή μία πολύ ενδιαφέρουσα περιοχή για μελέτη.

Η παράκτια ζώνη αποτελεί φυσικό και οπτικό προστατευόμενο χώρο, ο οποίος δεν πρέπει να αλλοιώνεται με την εκτέλεση έργων, αλλά αντιθέτως πρέπει να παραμένει υποχρεωτικά αδόμητος σε ικανό βάθος, όχι μικρότερο των 100 μέτρων. Ο χαρακτηρισμός της ακτής ως προστατευτέου οπτικού πόρου σημαίνει, ότι προσδίδεται σε αυτήν και μια αισθητική αξία η οποία χρήζει νομικής προστασίας. Γι' αυτό το λόγο, θεωρείται στοιχειώδες μέτρο προστασίας η απαγόρευση οποιασδήποτε κατασκευής ή διάνοιξης οδών κατά μήκος της ακτής σε βάθος τουλάχιστον 100 μέτρων. Το όριο αυτό πρέπει να διπλασιάζεται σε ειδικά προστατευόμενες περιοχές. Η μελέτη λοιπόν της παράκτιας περιοχής και των οντοτήτων της μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη διαφύλαξη της μορφολογίας των ακτών και της ακεραιότητας της ακτογραμμής. Επιπλέον, η παράκτια μορφολογία μιας περιοχής μπορεί να έχει οικονομική σημασία. Η ύπαρξη των κατάλληλων προϋποθέσεων για δημιουργία τεχνητών λιμένων μπορεί να τονώσει την οικονομία της περιοχής. Οι φυσικοί λιμένες, οι λιμνοθάλασσες και οι αλυκές, επηρεάζουν την ανάπτυξη του πρωτογενούς τομέα καθώς δημιουργούν ευνοϊκές

συνθήκες για απασχόληση στον τομέα της αλιείας και της παραγωγής άλατος, ενώ από την άλλη μεριά ένα όμορφο τοπίο με κατάλληλες παραλίες για κολύμβηση και θαλάσσια σπορ θα τονώσει την τουριστική δραστηριότητα. Η μορφολογία της παράκτιας ζώνης είναι μεγάλης σημασίας και για τις διάφορες αμφίβιες στρατιωτικές επιχειρήσεις, καθώς μπορεί να επηρεάσει ή ακόμα και να κατευθύνει τη χάραξη στρατηγικών. Κατά το σχεδιασμό αυτών των στρατηγικών, ζωτικής σημασίας είναι η ύπαρξη κατάλληλων ζωνών αποβάσεων στις οποίες δεν θα υπάρχουν φυσικά κωλύματα που θα εμποδίζουν την απόβαση των οχημάτων και του προσωπικού. Τέλος, από περιβαλλοντικής σκοπιάς, στην παράκτια ζώνη απαντώνται πολλών ειδών οικοσυστήματα, ορισμένα από τα οποία είναι ιδιαίτερος ευαίσθητα στις περιβαλλοντικές αλλαγές και άλλα είναι μοναδικά στον κόσμο (Βουτυράκης, 1998).

Η μορφή της παράκτιας ζώνης έχει άμεση σχέση με τις διάφορες οντότητες που απαντώνται μέσα σε αυτήν, ορισμένες από τις οποίες παρουσιάζονται παρακάτω.

### 1.1.2. Λιμνοθάλασσα

Λιμνοθάλασσα ονομάζεται μια μεγάλη έκταση από λιμνάζοντα νερά, που βρίσκεται κοντά στη θάλασσα και επικοινωνεί με αυτή. Οι λιμνοθάλασσες απαντώνται σε όλες τις ηπείρους και συνήθως είναι προσανατολισμένες παράλληλα με την ακτή (Kjerfve, 1994).

Η δημιουργία των λιμνοθαλασσών γίνεται είτε από την ίδια τη φύση ή πολλές φορές και τεχνητά. Η φυσική διαμόρφωση των λιμνοθαλασσών μπορεί να προέρθει από θίνες ή προσχώσεις που αποκόβουν ένα κομμάτι της θάλασσας ή να υπάρχει ανάμεσα σε νησιά σαν ένα σχετικά άβαθο χαντάκι ή ακόμη από τα υλικά που κατεβάζουν τα ποτάμια στις εκβολές του και τις δημιουργούμενες επιχώσεις, όπως δηλ. δημιουργήθηκαν κι οι περισσότερες λιμνοθάλασσες στην πατρίδα μας.



Εικόνα 1-1 : Λιμνοθάλασσα Ψήφτας, Τροιζήνα

Στα τροπικά κλίματα, ο συνηθέστερος σχηματισμός τους είναι αυτός των κοραλλιογενών υφάλων, που χωρίζουν ένα κομμάτι θάλασσας από την υπόλοιπη, σε μια διαδικασία που κρατάει εκατοντάδες χρόνια (Kjerfve, 1994).

Τα νερά των λιμνοθαλασσών είναι υφάλμυρα, από την ανάμειξη θαλάσσιου και γλυκού νερού κι έχουν θερμοκρασία διαφορετική από αυτήν της θάλασσας. Επίσης η ποικιλότητα της πανίδας τους είναι σημαντικά μικρότερη από τη θάλασσα. Για αυτούς τους λόγους γίνονται ένας πρόσφορος τόπος για τη διατροφή συγκεκριμένων ειδών ψαριών τα οποία βρίσκουν τις κατάλληλες συνθήκες για την ευδοκίμησή τους (Federico Isla, 2011).

### 1.1.3. Αλυκή

Αλυκή ονομάζεται ο τόπος παραγωγής του αλατιού όταν αυτή γίνεται από εξάτμιση θαλάσσιου νερού με την επίδραση της θέρμανσης από τον ήλιο και τον αέρα. Συνήθως είναι ένα επίπεδο τμήμα κοντά στην παραλία, κατάλληλα διαμορφωμένο, όπου παρασκευάζεται αλάτι, αφού εξατμιστεί το θαλασσινό νερό. Για την ύπαρξη της αλυκής είναι απαραίτητο το έδαφος να μην είναι υδατοπερατό, συνήθως λοιπόν οι αλυκές έχουν αργιλικό υπόστρωμα που συγκρατεί το νερό. Σύμφωνα με τον ιστότοπο των Ελληνικών Αλυκών Α.Ε, οι αλυκές αποτελούνται από αβαθείς δεξαμενές που διαιρούνται σε επιμέρους διαμερίσματα και μέσα σε αυτές κυκλοφορεί θαλασσινό νερό το οποίο, μετά την εξάτμισή του, αφήνει το αλάτι που περιείχε.



Εικόνα 1-2 : Αλυκή «Άσπρη», Μεσολόγγι

Υπάρχουν διαφόρων ειδών αλυκές, ανάλογα με το υπόστρωμα, το μέγεθος και τον τρόπο παραγωγής αλατιού (Ρετανίδου 2004). Το υπόστρωμα των αλυκών μπορεί να είναι α) εδαφικό, οπότε οι αλοπηγικοί σχηματισμοί εντάσσονται σε ευρύτερες λιμνοθάλασσες ή β) βραχώδες (παραλία βράχια), οπότε σχηματίζονται θύλακες (φυσικοί ή τεχνητοί). Αναλόγως του μεγέθους και του τρόπου εκμετάλλευσής τους,

οι πρώτες χαρακτηρίζονται είτε ως ανοιχτές λιμνοθάλασσες (ποικίλου μεγέθους, μη οργανωμένης αλοπηγίας) είτε ως εκτεταμένες αλυκές (πολύ μεγάλες αλυκές, οργανωμένης εκμετάλλευσης).

Η παραγωγή αλατιού πραγματοποιείται είτε με ανθρώπινη παρέμβαση (σε κάποιο από τα στάδια αλοπηγίας, με ποικίλους τρόπους) είτε με απλή αυτοπηξία (αυτόματη εξάτμιση του θαλασσόνερου), κυρίως στις αλυκές φυσικών θυλάκων, αλλά και λιμνοθαλασσών.

#### 1.1.4. Παραθαλάσσια έλη

Τα έλη είναι πολύ ρηχές υδατοσυλλογές με μόνιμη ή περιοδική κατάκλυση νερού (συνήθως περιοδική). Οι ελώδεις εκτάσεις της Ελλάδος καλύπτουν σήμερα ελάχιστο ποσοστό εκείνων που υπήρχαν πριν από τις μεγάλες αποξηράνσεις της δεκαετίας του 1920 και μετέπειτα. Τα έλη (και τα συνώνυμά τους τέλματα και βάλτοι) έχουν συνδεθεί επί εκατοντάδες ή και χιλιάδες χρόνια με κάτι ανθυγιεινό, δυσάρεστο και επικίνδυνο (ελονοσία, ελώδης πυρετός, «φτάσαμε σε τέλμα» κλπ.). Στην καλύτερη περίπτωση θεωρούνταν ως άχρηστοι τόποι για τους οποίους η σωστότερη διαχείριση ήταν η αποξήρανση. Πράγματι τα έλη, πριν από την ευρεία εφαρμογή του εντομοκτόνου DDT στα τέλη της δεκαετίας του 1940, ευθύνονται για τη μάλιστα της ελονοσίας. Η εχθρική αυτή στάση έναντι των ελών στην Ελλάδα συνεχίστηκε αμείωτη έως τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Για παράδειγμα, το 1978 οι αρμόδιες αρχές είχαν δημοσιοποιήσει με υπερηφάνεια την απόφασή τους να αποξηράνουν όλα τα παράκτια έλη της Χαλκιδικής προς όφελος του τουρισμού.

Σήμερα τα έλη που μας απέμειναν προστατεύονται από εθνικές, ευρωπαϊκές και διεθνείς κανονιστικές πράξεις ως πολύτιμα υγροτοπικά οικοσυστήματα με μεγάλη ποικιλότητα ειδών. Οι αντιλήψεις της ελληνικής κοινωνίας αλλάζουν. Για παράδειγμα, οι κάτοικοι της Νέας Φώκαιας Χαλκιδικής κατάφεραν το 1999 να αποτρέψουν την αποξήρανση του ομώνυμου παράκτιου έλους ύστερα από επίμονους αγώνες.

Τα έλη μπορούν να χωριστούν σε παράκτια και εσωτερικά. Τα παράκτια χωρίζονται σε υφάλμυρα και αλμυρά (αλοέλη). Η αλατότητα του νερού των αλοελών μπορεί το θέρος να υπερβαίνει εκείνη της θάλασσας. Τα αλμυρά και υφάλμυρα έλη βρίσκονται ως επί το πλείστον δίπλα σε λιμνοθάλασσες και φιλοξενούν είδη φυτών προσαρμοσμένων σε συνθήκες υψηλής αλατότητας (αλόφυτα). Η αλοφυτική βλάστηση μπορεί να παρουσιάζει εντυπωσιακή ζώνωση σε πολλά έλη. Επίσης πολλά έλη γλυκού νερού σχηματίζονται στη συμβολή δύο ρεουσών υδατοσυλλογών και δίπλα από εσωτερικές λίμνες γλυκού νερού. (ΕΚΒΥ, 2010)





Εικόνα 1-3 : Έλος «Παπά», Ίος

## **1.2. Ανασκόπηση επιστημονικού πεδίου**

### **1.2.1. Τηλεπισκόπηση**

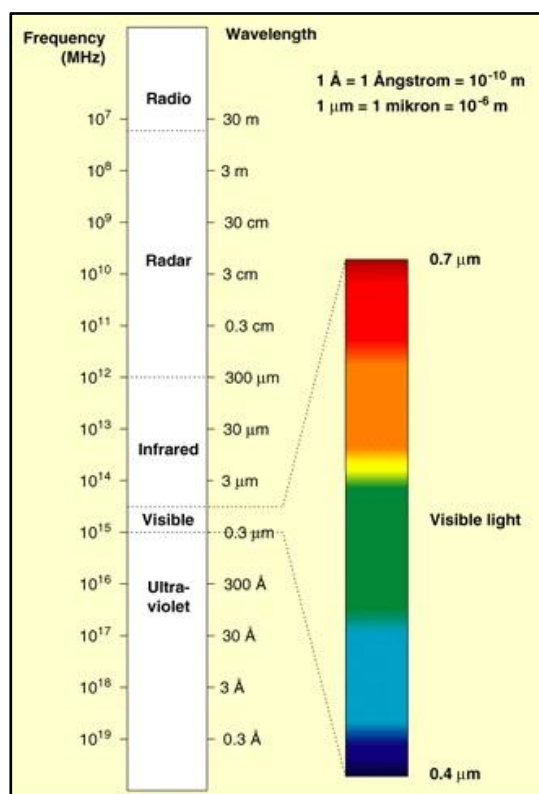
Με τον όρο Τηλεπισκόπηση εννοούμε την παρατήρηση ενός αντικειμένου από απόσταση, δίχως να υπάρχει φυσική επαφή με αυτό. Η όρασή μας είναι ένα είδος τηλεπισκόπησης. Όταν το μάτι μας παρατηρεί ένα αντικείμενο, αυτό που κάνει είναι να καταγράφει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανακλάται από την επιφάνεια του αντικειμένου. Η ακτινοβολία αυτή περιέχει πληροφορίες σχετικά με την επιφάνεια του αντικειμένου και μας βοηθά να διακρίνουμε το χρώμα και τη μορφή του. Παρομοίως, οι σαρωτές των δορυφόρων καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Μια λευκή επιφάνεια ανακλά ίσα ποσά ακτινοβολίας από όλα τα μήκη κύματος του ορατού φωτός, ενώ ένα πράσινο φύλλο ανακλά λιγότερη ακτινοβολία στην περιοχή του ερυθρού και του κυανού του ορατού φάσματος, από ότι στην περιοχή του πράσινου. Έτσι, το πράσινο υπερέχει έναντι των άλλων χρωμάτων (σε σύγκριση με το κόκκινο και το μπλε) και τα φύλλα φαίνονται πράσινα. Συνεπώς, η σύνθεση της ηλεκτρομαγνητικής ανάκλασης ή φασματική υπογραφή, μας δίνει πληροφορίες για το αν μια επιφάνεια εκπέμπει ή αντανακλά την ακτινοβολία.

Η ικανότητα των δορυφόρων να διαχωρίζουν τις φασματικές υπογραφές των διαφόρων αντικειμένων έχει μεγάλη σημασία στις χαρτογραφικές τους ικανότητες, όπου είναι ζωτική η ικανότητα διάκρισης ανάμεσα σε διάφορους τύπους επιφανειών και περιοχών.

Το ανθρώπινο μάτι μπορεί να αντιληφθεί την ακτινοβολία μόνο σε μια περιορισμένη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Συνεπώς τα όργανα τηλεπισκόπησης που λειτουργούν σε μήκη κύματος πέρα από την περιοχή του ορατού, συνιστούν μια επέκταση του οπτικού μας πεδίου και μας δίνουν πρόσθετες πληροφορίες για τον φυσικό κόσμο που μας περιβάλλει.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μιας επιφάνειας οφείλεται είτε σε ανάκλαση (π.χ. το ανακλώμενο φως) είτε σε εκπομπή (ακτινοβολία που εκπέμπεται από την ίδια την επιφάνεια). Προφανώς το ανακλώμενο ηλιακό φως μπορεί να μετρηθεί μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ η εκπεμπόμενη ακτινοβολία μπορεί να μετρηθεί οποιαδήποτε ώρα. Σύμφωνα με τη θερμοδυναμική, ένα σώμα με θερμοκρασία διαφορετική των  $0^{\circ}\text{K}$  (Kelvin), π.χ. ένα αντικείμενο στη γη, εκπέμπει ακτινοβολία ανάλογη της θερμοκρασίας του. Το ανθρώπινο μάτι μπορεί να αντιληφθεί μια περιορισμένη μόνο περιοχή του φάσματος, ενώ οι δορυφόροι μπορούν να καταγράψουν στο ορατό, το υπέρυθρο αλλά και σε πολλά άλλα μήκη κύματος.



Εικόνα 1-4 : Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Στη σημερινή εποχή, έχει δοθεί ιδιαίτερο βάρος στην παρατήρηση της γήινης επιφάνειας από δορυφορικές πλατφόρμες και από αερομεταφερόμενους δέκτες, ψηφιακούς ή αναλογικούς. Ειδικότερα με την έλευση της ψηφιακής εποχής και την ταυτόχρονη ανάπτυξη των επιστημών των ηλεκτρονικών υπολογιστών, της όρασης υπολογιστών και της τεχνικής νοημοσύνης, η τηλεπισκόπηση πέρασε σε μία καθαρά

ψηφιακή εποχή και έγινε ένα από τα καλύτερα πεδία εφαρμογής των παραπάνω θεωρητικών επιστημών. Όσον αφορά την τεχνολογία και τα χαρακτηριστικά των τηλεπισκοπικών δεκτών, αυτοί διαχωρίζονται στους ενεργητικούς και παθητικούς δέκτες ανάλογα με το αν καταγράφουν μια φυσική ακτινοβολία ή αν σαρώνουν το στόχο τους με τεχνητή ακτινοβολία με σκοπό να μετρήσουν την επιστρεφόμενη ακτινοβολία. Επιπλέον, οι δέκτες διαχωρίζονται ανάλογα με τη διακριτική τους ικανότητα που μπορεί να είναι τεσσάρων ειδών:

Η γεωμετρική διακριτική ικανότητα (ή χωρική ανάλυση) καθορίζει την ελάχιστη επιφάνεια του εδάφους για την οποία μπορεί να γίνει παρατήρηση. Στις ψηφιακές απεικονίσεις, αυτό ορίζεται σαν μέγεθος του εικονοστοιχείου στο έδαφος συνήθων σε μέτρα.

Η φασματική διακριτική ικανότητα αφορά τη δυνατότητα του δέκτη να αντλαμβάνεται πληροφορία σε διαφορετικά μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Υπάρχουν τηλεπισκοπικά δεδομένα με τρία κανάλια που παράγουν έγχρωμες εικόνες (στο εύρος του κόκκινου, πράσινου και μπλε φάσματος) ενώ υπάρχουν δεδομένα που μπορεί να έχουν πληροφορία στο υπέρυθρο, υπεριώδες, ακόμα και στις ακτίνες Χ.

Η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα αφορά στη δυνατότητα που έχει ένας δέκτης να καταγράψει μεγάλο αριθμό διακριτών τιμών έντασης Η/Μ ακτινοβολίας. Μετράται σε bit για ψηφιακές απεικονίσεις.

Τέλος, η χρονική διακριτική ικανότητα αφορά την ικανότητα του δέκτη να επαναλαμβάνει τη μέτρησή του πάνω από την ίδια περιοχή μελέτης. Π.χ. ο δέκτης Seviri λαμβάνει εικόνα κάθε 15 λεπτά πάνω από την ίδια περιοχή ενώ ο δέκτης Thematic Mapper λαμβάνει εικόνα κάθε 13 μέρες (Τζώτσος-Αργιαλάς, 2003).

### **1.2.2. Δορυφόρος IKONOS**

Η εκτόξευση του δορυφόρου IKONOS πραγματοποιήθηκε τον Σεπτέμβριο του 1999 καθιστώντας τον, τον πρώτο εμπορικά διαθέσιμο δορυφόρο υψηλής ανάλυσης. Το όνομα IKONOS προέρχεται από την ελληνική λέξη εικόνα, και είναι παγκοσμίως ο πρώτος εμπορικός δορυφόρος ικανός να συλλέξει παγχρωματικές εικόνες με διακριτική ικανότητα 82 εκατοστών και πολυφασματικές με διακριτική ικανότητα 4 μέτρων. Χρησιμοποιώντας τις εικόνες και από τους δύο αισθητήρες και έπειτα από συγχώνευσή τους, μπορούν να δημιουργηθούν πολυφασματικές εικόνες 1 μέτρου (pan-sharpened). Περισσότερα από 300 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα εικόνων IKONOS έχουν συλλεχθεί από κάθε ήπειρο και χρησιμοποιούνται για την εθνική ασφάλεια, τη στρατιωτική χαρτογράφηση, τις εναέριας και θαλάσσιες μεταφορές (Geosystems Hellas, 2013).

Ο δορυφόρος Ikonos είναι ένα διαστημικό σκάφος τριών αξόνων που σχεδιάστηκε από τον Lockheed Martin. Το υψόμετρο του δορυφόρου μετριέται από δύο ιχνηλάτες αστέρων και ένα αισθητήρα ήλιου και ελέγχεται από τέσσερις τροχούς αντιδράσεως. Κινείται με ταχύτητα 26.000 χλμ. την ώρα (7 χλμ. ανά δευτερόλεπτο), σε ύψος 680 χλμ. από την επιφάνεια της Γης. Πληροφορίες για τη θέση του παρέχονται από ένα δέκτη GPS. Η ζωή σχεδιασμού του είναι επτά χρόνια και έχει διαστάσεις 1,83m × 1,57m (εξαγωνική διάταξη), μάζα 817kg, ενώ η ισχύς που του παρέχεται είναι 1,5kW η οποία προέρχεται από τρεις ηλιακούς συλλέκτες.

Ο δορυφόρος, λόγω της ιδιαίτερα ευκίνητης πλατφόρμας του μπορεί και παρέχει μεγάλη ακρίβεια. Τα ωφέλιμα φορτία που μπορούν να φιλοξενηθούν για μια ποικιλία επιστημονικών και τηλεπισκοπικών εφαρμογών συμπεριλαμβάνουν αισθητήρες λέιζερ, συστήματα απεικόνισης, αισθητήρες ραντάρ, ηλεκτρο-οπτικούς και αστρονομικούς αισθητήρες, καθώς και πλανητικούς αισθητήρες.



Εικόνα 1-5 : Δορυφόρος Ikonos

### **Χωρική Διακριτική Ικανότητα**

0.8 m panchromatic (1-m PAN)

4-meter multispectral (4-m MS)

1-meter pan-sharpened (1-m PS)

**Φασματική Διακριτική Ικανότητα**

<b>Band</b>	<b>1-m PAN</b>	<b>4-m MS &amp; 1-m PS</b>
1 (Blue)	0.45–0.90 $\mu\text{m}$	0.445–0.516 $\mu\text{m}$
2 (Green)	*	0.506–0.595 $\mu\text{m}$
3 (Red)	*	0.632–0.698 $\mu\text{m}$
4 (Near IR)	*	0.757–0.853 $\mu\text{m}$

**1.2.3. Αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας**

Σε αντίθεση με τις κλασικές μεθόδους επεξεργασίας εικόνας, οι βασικές μονάδες επεξεργασίας της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας είναι ολόκληρα αντικείμενα ή κομμάτια εικόνας και όχι μόνο εικονοστοιχεία. Επιπλέον, η ταξινόμηση διενεργείται σε αυτά τα αντικείμενα της εικόνας. Ένα κίνητρο για την αντικειμενοστρεφή προσέγγιση είναι το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις το αναμενόμενο αποτέλεσμα στις περισσότερες εργασίες ανάλυσης εικόνας είναι η εξαγωγή αντικειμένων του πραγματικού κόσμου, με ορθό σχήμα και ορθή ταξινόμηση. Η προσδοκία αυτή δεν μπορεί να εκπληρωθεί με την παραδοσιακή προσέγγιση που εστιάζει στο εικονοστοιχείο (Definiens, 2012).

Ενώ η τοπολογική σχέση των γειτονικών εικονοστοιχείων δίνεται εμμέσως από το αρχείο εικόνας, ο συσχετισμός των γειτονικών αντικειμένων πρέπει να επεξεργαστεί ρητά. Κατά συνέπεια, το προκύπτον τοπολογικό δίκτυο έχει μεγάλη σημασία δεδομένου ότι επιτρέπει την αποτελεσματική διάχυση πολλών διαφορετικών ειδών σχεσιακής πληροφορίας.

Κάθε εργασία κατηγοριοποίησης αναφέρεται σε μία συγκεκριμένη κλίμακα. Έτσι, είναι σημαντικό το γεγονός ότι η μέση ανάλυση των αντικειμένων εικόνας μπορεί να προσαρμοστεί στην κλίμακα ενδιαφέροντος.

Η πληροφορία μπορεί να αναπαρίσταται σε διαφορετική κλίμακα με βάση το μέσο μέγεθος των αντικειμένων της εικόνας. Οι ίδιες εικόνες μπορούν να υποδιαιρεθούν σε μικρότερα ή μεγαλύτερα αντικείμενα με σημαντικό αντίκτυπο για σχεδόν όλες τις πληροφορίες, οι οποίες μπορούν να προέρχονται από τα αντικείμενα εικόνας. Έτσι, συγκεκριμένη πληροφορία για την κλίμακα είναι προσβάσιμη.

Επιπλέον, είναι δυνατή η αναπαράσταση πληροφορίας εικόνας σε διαφορετικές κλίμακες ταυτόχρονα από διαφορετικά θεματικά επίπεδα. Φέρνοντας διαφορετικά θεματικά επίπεδα σε σχέση το ένα με το άλλο, μπορεί να συντελέσει σε εξαγωγή περαιτέρω πολύτιμων πληροφοριών.

Αυτό μπορεί να προκύψει, για παράδειγμα, από μια ιεραρχική δικτύωση και αναπαράσταση των αντικειμένων εικόνας. Σε μια τέτοια αυστηρή ιεραρχική δομή, κάθε αντικείμενο γνωρίζει εκτός από τα γειτονικά του αντικείμενα, και τα αντικείμενα που είναι πιο πάνω και πιο κάτω ιεραρχικά. Αυτό είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα, δεδομένου ότι επιτρέπει την ακριβή ανάλυση των υπο-δομών μιας συγκεκριμένης περιοχής κάτι που δεν θα ήταν δυνατόν χωρίς μια αυστηρή ιεραρχική δομή. Επιπλέον, με τη διαδικασία κατάταξης αντικειμένων η οποία εκτελείται σε κύκλους επανάληψης, το σχήμα ενός ιεραρχικά ανώτερου αντικειμένων μπορεί να αλλάξει, με βάση το σχήμα των ιεραρχικά κατώτερων που ανήκουν σε αυτό.

Θα πρέπει να τονιστεί στο πλαίσιο αυτό, ότι ακόμα και μεμονωμένα pixels, αποτελούν μια ειδική περίπτωση αντικειμένων, αντιπροσωπεύοντας τη μικρότερη δυνατή κλίμακα επεξεργασίας.

Αξιοσημείωτο πλεονέκτημα της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας είναι το πλήθος των πρόσθετων πληροφοριών που μπορούν να προκύψουν με βάση τα αντικείμενα της εικόνας. Πέραν του τόνου, είναι το σχήμα, η υφή, το περιεχόμενο και οι πληροφορίες από άλλα επίπεδα αντικειμένων (Αργιαλάς, Τζώτζος, 2007). Χρησιμοποιώντας αυτές τις πληροφορίες, η ταξινόμηση οδηγεί σε καλύτερη σημασιολογική διαφοροποίηση και σε πιο ακριβή και συγκεκριμένα αποτελέσματα. Από εννοιολογικής σκοπιάς, τα διαθέσιμα στοιχεία μπορούν να διακριθούν σε:

**εγγενή χαρακτηριστικά:** Οι φυσικές ιδιότητες των αντικειμένων, οι οποίες καθορίζονται από το εικονιζόμενο αντικείμενο και την περίπτωση της απεικόνισης (αισθητήρα και φωτισμό). Αυτά τα χαρακτηριστικά περιγράφουν το χρώμα, την υφή και τη μορφή των αντικειμένων.

**τοπολογικά χαρακτηριστικά:** χαρακτηριστικά, τα οποία περιγράφουν τις γεωμετρικές σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων ή ολόκληρης της απεικόνισης, όπως αριστερά, δεξιά ή σε μία συγκεκριμένη απόσταση από ένα συγκεκριμένο αντικείμενο ή να είναι σε μια συγκεκριμένη περιοχή μέσα στην εικόνα.

**Συναφή χαρακτηριστικά :** Χαρακτηριστικά τα οποία περιγράφουν τις σημασιολογικές σχέσεις των αντικειμένων μεταξύ τους, π.χ. ένα πάρκο περιβάλλεται σχεδόν 100% από αστικές περιοχές.

Τέλος, ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της αντικειμενοστρεφούς προσέγγισης είναι η κυκλική αλληλεπίδραση μεταξύ της επεξεργασίας και της ταξινόμησης των

αντικειμένων της εικόνας. Με βάση την κατάτμηση, την κλίμακα και το σχήμα των αντικειμένων, συγκεκριμένες πληροφορίες είναι διαθέσιμες για την ταξινόμηση. Από την άλλη πλευρά, με βάση την ταξινόμηση, συγκεκριμένοι αλγόριθμοι επεξεργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Σε πολλές εφαρμογές οι επιθυμητές γεωπληροφορίες και τα επιθυμητά αντικείμενα ενδιαφέροντος εξάγονται βήμα προς βήμα, με επαναληπτικούς βρόχους ταξινόμησης και επεξεργασίας. Με αυτόν τον τρόπο, το σχήμα, η ταξινόμηση και οι αμοιβαίες σχέσεις των αντικειμένων (ως μονάδες επεξεργασίας) μπορεί να αλλάζουν συνεχώς (Definiens, 2012).

#### **1.2.4. Το λογισμικό eCognition**

Σε αντίθεση με προηγούμενες πρακτικές κατάτμησης εικόνας, το eCognition χρησιμοποιεί μια νέα διαδικασία κατάτμησης, την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης. Με την παραγωγή περισσότερων από ένα επιπέδων κλίμακας, δημιουργείται ένα ιεραρχικό δίκτυο αντικειμένων μέσα στο οποίο τα αντικείμενα συνδέονται και κατά την κάθετη κατεύθυνση. Ενσωματωμένο σε αυτή την ιεραρχία, κάθε αντικείμενο γνωρίζει τα γειτονικά του αντικείμενα, τα υπο-αντικείμενά του και τα υπερ-αντικείμενά του. Συνδέοντας τα αντικείμενα κατακόρυφα, υπάρχει η δυνατότητα για πρόσβαση στην κλίμακα και προηγμένες ιδιότητες υψής (Definiens, 2012).

##### **1.2.4.1. Κατάτμηση**

Η κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης (multiresolution segmentation) επιτρέπει σε μεγάλο βαθμό την εξαγωγή πρωταρχικών ομοιογενών αντικειμένων σε οποιαδήποτε επιλεγμένη ανάλυση, λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές αντιθέσεις. Γενικά, μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα πολύ μεγάλο εύρος τύπων δεδομένων, λειτουργεί σε έναν αυθαίρετο αριθμό καναλιών ταυτόχρονα και είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για δεδομένα με υφή ή δεδομένα χαμηλής αντίθεσης.

Η κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης είναι μια τεχνική συγχώνευσης περιοχών «από κάτω προς τα πάνω», ξεκινώντας με αντικείμενα ενός εικονοστοιχείου. Σε πολλά επόμενα βήματα, μικρότερα αντικείμενα συγχωνεύονται σε μεγαλύτερα. Η διαδικασία σταματά, όταν η αύξηση στο μέγεθος των παραγόμενων αντικειμένων ξεπεράσει το κατώφλι που έχει οριστεί από την παράμετρο της κλίμακας.

Για την επίτευξη γειτονικών αντικειμένων εικόνας παρόμοιου μεγέθους και άρα συγκρίσιμης ποιότητας, η διαδικασία προσομοιώνει μια ομαλή και ταυτόχρονη αύξηση των τμημάτων πάνω από μία σκηνή σε κάθε βήμα. Έτσι, η διαδικασία ξεκινά σε οποιοδήποτε σημείο στην εικόνα με αντικείμενα ενός εικονοστοιχείου. Μία

αλληλουχία επεξεργασίας η οποία βασίζεται σε ένα δυαδικό μετρητή εγγυάται την τακτική χωρική κατανομή των επεξεργασμένων αντικειμένων.

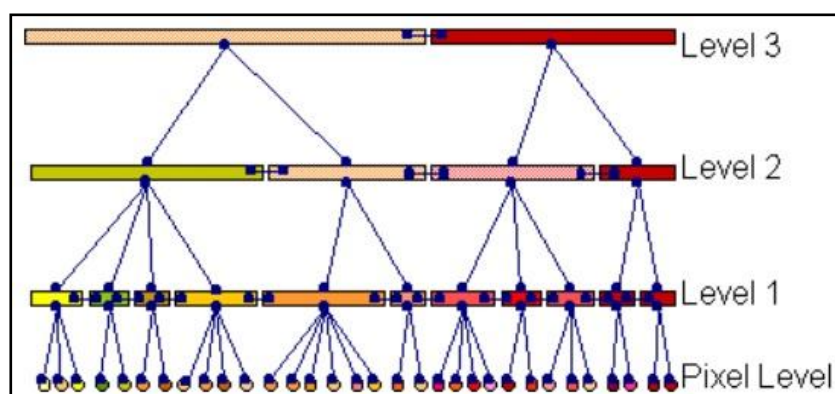
Κριτήρια κατάτμησης:

- Μέγεθος αντικειμένων (κλίμακα)
- Φασματική ή χρωματική ετερογένεια
- Ετερογένεια σχήματος
- Λείο γραμμής ή συμπαγές σχήματος

Εκτός της κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης υπάρχουν και άλλες μέθοδοι κατάτμησης όπως η κατάτμηση βάσει της φασματικής διαφοράς (spectral difference segmentation) η οποία συγχωνεύει γειτονικά αντικείμενα εφόσον η φασματική τους διαφορά είναι μικρότερη από την τιμή του κατωφλίου που ορίζεται, και η κατάτμηση τύπου σκακιέρα (chessboard segmentation) η οποία κατατέμνει την εικόνα σε ίσα τετράγωνα αντικείμενα ανάλογα με την τιμή μεγέθους που ορίζεται κάθε φορά.

#### 1.2.4.2. Ιεραρχικό Δίκτυο

Η διαδικασία της κατάτμησης στο eCognition κατασκευάζει ένα ιεραρχικό δίκτυο αντικειμένων το οποίο αντιπροσωπεύει την πληροφορία σε διαφορετικές χωρικές αναλύσεις ταυτόχρονα. Τα αντικείμενα είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους κατά τρόπο ώστε κάθε αντικείμενο της εικόνας να "γνωρίζει" τα γειτονικά του αντικείμενα, τα υπερ-αντικείμενα και τα υπο-αντικείμενά του. Έτσι, είναι δυνατόν να καθοριστούν οι σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων. Αρχίζοντας από το επίπεδο των εικονοστοιχείων τα επίπεδα είναι διαδοχικά αριθμημένα (Definiens, 2012).



Εικόνα 1-6 : Παράδειγμα επιπέδων ιεραρχίας



Αυτό το ιεραρχικό δίκτυο είναι τοπολογικά καθορισμένο, δηλαδή τα σύνορα ενός υπερ-αντικειμένου είναι σύμφωνα με τα σύνορα των υπο-αντικειμένων του. Κάθε επίπεδο έχει κατασκευαστεί με βάση τα άμεσα υπο-αντικείμενά του, δηλαδή τα αντικείμενα ενός χαμηλού ιεραρχικού επιπέδου συγχωνεύονται σε μεγαλύτερα αντικείμενα του αμέσως επόμενου επιπέδου. Η συγχώνευση περιορίζεται από τα όρια των υπερ-αντικειμένων. Γειτονικά αντικείμενα δε μπορούν να συγχωνευθούν όταν είναι υπο-αντικείμενα διαφορετικών υπερ-αντικειμένων.

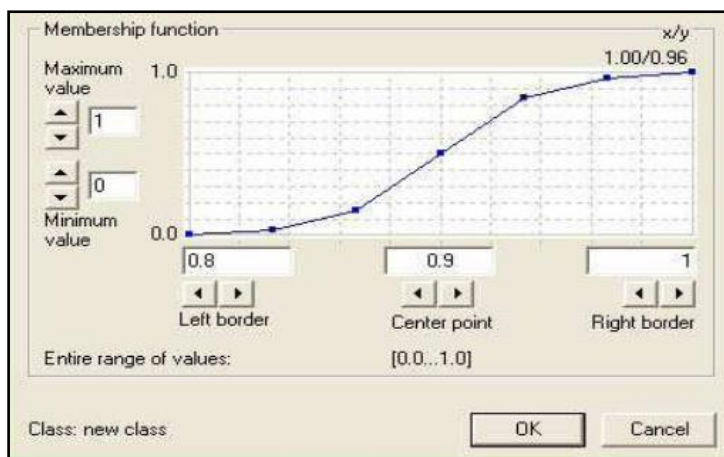
### 1.2.4.3. Ασαφής λογική

Η ασαφής λογική είναι μια μαθηματική προσέγγιση για την ποσοτικοποίηση αβέβαιων καταστάσεων. Η βασική ιδέα είναι η αντικατάσταση των δύο απολύτως λογικών δηλώσεων «ναι» και «όχι» από το συνεχές εύρος  $[0... 1]$ , όπου το 0 σημαίνει «ακριβώς όχι» και το 1 σημαίνει «ακριβώς ναι». Όλες οι τιμές μεταξύ 0 και 1 αντιπροσωπεύουν περισσότερο ή λιγότερο μία συγκεκριμένη κατάσταση «ναι» και «όχι». Έτσι, η ασαφής λογική είναι σε θέση να μιμηθεί την ανθρώπινη σκέψη και να λάβει υπόψη ακόμη και γλωσσικούς κανόνες (Definiens, 2012).

Η ασαφής λογική μεταφράζει τις τιμές των χαρακτηριστικών σε ασαφείς τιμές και έτσι τυποποιεί τα χαρακτηριστικά και επιτρέπει τον συνδυασμό τους, ακόμη και αν αυτά έχουν πολύ διαφορετικό εύρος και διάσταση. Επιπλέον, επιτρέπει τη διαμόρφωση σύνθετων περιγραφών των χαρακτηριστικών μέσω λογικών πράξεων και ιεραρχικών κλάσεων.

Ένας ασαφής κανόνας μπορεί να έχει μία και μοναδική προϋπόθεση, ή μπορεί να αποτελείται από ένα συνδυασμό πολλών προϋποθέσεων, οι οποίες πρέπει να πληρούνται προκειμένου ένα αντικείμενο να ανατεθεί σε μια τάξη. Στο eCognition οι προϋποθέσεις ορίζονται από τις εκφράσεις οι οποίες εισάγονται μέσα στις περιγραφές των τάξεων. Οι εκφράσεις μπορούν να είναι συναρτήσεις συμμετοχής, ομοιότητας ή εγγύτερου γείτονα. Οι συναρτήσεις αυτές μετατρέπουν ουσιαστικά την τιμή ενός χαρακτηριστικού σε βαθμό συμμετοχής σε κάποια κατηγορία.

Χαρακτηριστική είναι η συνάρτηση συμμετοχής  $S$ . Όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί, η μικρότερη ασαφής τιμή τίθεται στο αριστερό όριο και η μεγαλύτερη στο δεξί. Ο αλγόριθμος θα δώσει συμμετοχή στην κατηγορία σε όλα τα τμήματα που έχουν τιμή μεγαλύτερη από το μέσο του οριζόμενου διαστήματος (στην προκειμένη περίπτωση 0.9)



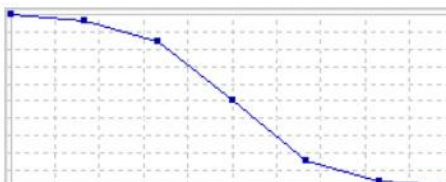
Εικόνα 1-7 : Συνάρτηση συμμετοχής τύπου S

Ακολουθούν κάποιες χαρακτηριστικές συναρτήσεις του eCognition :

Larger than

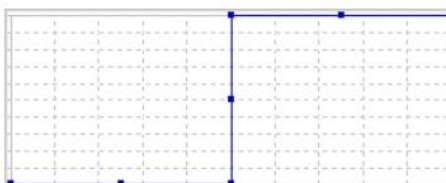


Smaller than



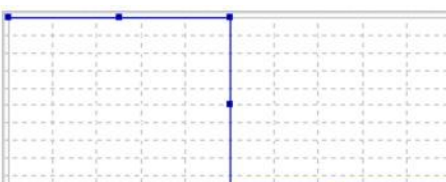
Larger than

(boolean)

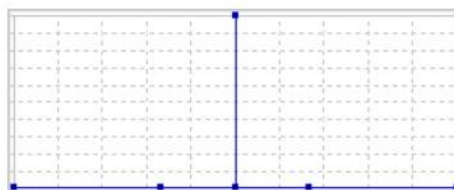


Smaller than

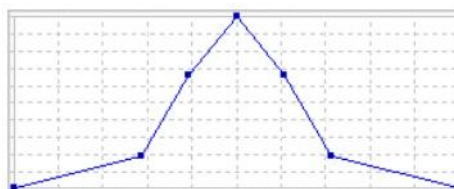
(boolean)



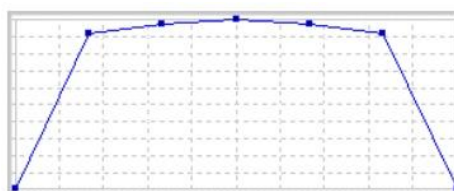
Singleton  
(exact one member)



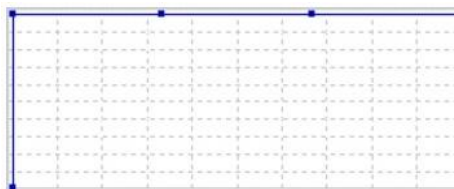
Approximate Gaussian



About range



Full range



#### 1.2.4.4. Η ιεραρχία κλάσεων

Η ιεραρχία των κλάσεων είναι ο σκελετός της «γλώσσας» του eCognition για τη διαμόρφωση της βάσης γνώσης για την ταξινόμηση των αντικειμένων της εικόνας. Περιέχει όλες τις κατηγορίες του συστήματος ταξινόμησης σε μια ιεραρχικά δομημένη μορφή. Οι σχέσεις που καθορίζονται από την ιεραρχία των κλάσεων είναι διττές: η κληρονομιά των περιγραφών των κατηγοριών των τάξεων-παιδιών από τη μία πλευρά και η σημασιολογική ομαδοποίηση των κατηγοριών από την άλλη. Κάθε τάξη εκπροσωπείται από μια σημασιολογική ομάδα. Τα σημασιολογικά αντικείμενα μπορεί να έχουν διαφορετικές σχέσεις μεταξύ τους (Definiens, 2012).

Η ταξινόμηση είναι η διαδικασία σύνδεσης των τάξεων σε μια ιεραρχία. Μετά τη διαδικασία της ταξινόμησης κάθε αντικείμενο εικόνας ανατίθεται σε κάποια συγκεκριμένη (ή όχι) τάξη και έτσι συνδέεται με την ιεραρχία των τάξεων. Με την ανάθεση μιας κλάσης σε ένα αντικείμενο, οι σχέσεις με τις άλλες κατηγορίες που έχουν δημιουργηθεί στην περιγραφή της συγκεκριμένης κλάσης μεταφέρονται στο εν λόγω αντικείμενο. Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης είναι ένα δίκτυο από ταξινομημένα αντικείμενα με συμπαγή χαρακτηριστικά, συμπαγείς σχέσεις μεταξύ

τους και συμπαγείς σχέσεις με τις κλάσεις στην Ιεραρχία Κλάσεων. Το eCognition παρέχει ένα παράθυρο διαλόγου που παρέχει πλήρεις και λεπτομερείς πληροφορίες σχετικές με τα αντικείμενα της εικόνας, π.χ. τιμές για όλα τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά ή αναλυτική αξιολόγηση της κάθε κατηγορίας για το αντικείμενο.

#### **1.2.4.5. Ταξινόμηση χωρίς τα χαρακτηριστικά να σχετίζονται με κλάσεις**

Η ταξινόμηση χωρίς τα χαρακτηριστικά να σχετίζονται με κλάσεις είναι μία ντετερμινιστική και σχετικά απλή διαδικασία. Κάθε πιθανή τάξη εφαρμόζεται σε κάθε αντικείμενο εικόνας και ο βαθμός συμμετοχής του αντικειμένου στη συγκεκριμένη κατηγορία υπολογίζεται από την περιγραφή της κλάσης. Η κατηγορία με τη μεγαλύτερη συμμετοχή θα ανατεθεί ως η τρέχουσα ταξινόμηση στο αντικείμενο, αρκεί η τιμή της συμμετοχής να υπερβαίνει μία προκαθορισμένη ελάχιστη τιμή (για παράδειγμα 10%). Σημειώνεται ότι οι ασαφείς τιμές συμμετοχής δεν αποτελούν πιθανότητες ταξινόμησης (Definiens, 2012).

#### **1.2.4.6. Ταξινόμηση με τα χαρακτηριστικά να σχετίζονται με κλάσεις**

Η ταξινόμηση με τα χαρακτηριστικά να σχετίζονται με κλάσεις είναι πιο περίπλοκη. Όταν ένα αντικείμενο αλλάζει την κατάταξή του, λόγω της κατάταξης των δικτυωμένων αντικειμένων τίθεται το πρόβλημα ότι το ίδιο το αντικείμενο θα μπορούσε να είναι ένα συναφές χαρακτηριστικό για την αξιολόγηση των άλλων αντικειμένων. Ως εκ τούτου, η ταξινόμηση πρέπει να είναι μια επαναληπτική διαδικασία από κύκλους στην οποία κάθε αντικείμενο ταξινομείται ξανά και ξανά, λαμβάνοντας υπόψη τις μεταβολές στην ταξινόμηση των δικτυωμένων αντικειμένων. Ο αριθμός των κύκλων που θα “τρέξουν” για το σκοπό αυτό μπορεί να καθοριστεί από το χειριστή. Με αυτή την περίπτωση μια νέα πολυπλοκότητα προκύπτει: ενώ η ταξινόμηση που δε σχετίζεται με τις κλάσεις είναι μια ντετερμινιστική διαδικασία, η σχετιζόμενη με κλάσεις ταξινόμηση μπορεί να γίνει ακαθόριστη και ακόμη ασταθής λόγω της δυνατότητας των κυκλικών εξαρτήσεων μεταξύ διαφορετικών κατηγοριών. Η ταξινόμηση γίνεται ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης στο οποίο η σύγκλιση σε μια καθολική καλύτερη ταξινόμηση πρέπει να διασφαλιστεί.

Αυτό το πρόβλημα της ασταθούς ταξινόμησης μπορεί ουσιαστικά να αποφευχθεί με την λογική δημιουργία των περιγραφικών κατηγοριών. Αμοιβαίες ή κυκλικές εξαρτήσεις μεταξύ των κλάσεων θα πρέπει να αποφεύγονται όποτε αυτό είναι εφικτό. Για παράδειγμα, μπορεί η κλάση Β λόγω της περιγραφής της, να εξαρτάται από την κλάση Α. Όμως τότε, η κλάση Α δεν θα πρέπει να περιγράφεται με τη

βοήθεια χαρακτηριστικών τα οποία σχετίζονται με την κλάση Β. Εάν αυτό μπορεί να εξασφαλισθεί, η ταξινόμηση μπορεί μεν να χρειαστεί περισσότερο από ένα κύκλο, αλλά δεν θα είναι ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης.

#### **1.2.4.7. Σύντομη επισκόπηση των Χαρακτηριστικών**

Το eCognition παρέχει μια σειρά από χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία μέσω της ασαφούς λογικής (Fuzzy Logic) μπορούν να κατασκευάσουν περιγραφικές τάξεις.

Τα χαρακτηριστικά αντικείμενα λαμβάνονται από την αξιολόγηση των εικόνων, καθώς και από την ενσωμάτωσή τους στο δημιουργούμενο ιεραρχικό δίκτυο.

**Τιμές επιπέδων :** Αυτά είναι χαρακτηριστικά που αφορούν τις τιμές των καναλιών ενός εικονοστοιχείου ενός αντικειμένου εικόνας (φασματικά χαρακτηριστικά).

**Σχήμα :** Με αυτά τα χαρακτηριστικά, το σχήμα ενός αντικειμένου εικόνας μπορεί να περιγραφεί χρησιμοποιώντας το ίδιο το αντικείμενο ή επιμέρους αντικείμενά του.

**Υφή :** Τα χαρακτηριστικά υφής αξιολογούν την υφή ενός αντικειμένου εικόνας με βάση τα επιμέρους αντικείμενά της.

**Ιεραρχία :** Αυτά τα χαρακτηριστικά παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την ενσωμάτωση ενός αντικειμένου σε ολόκληρη την ιεραρχία των αντικειμένων της εικόνας.

**Θεματικές ιδιότητες :** Αυτά είναι χαρακτηριστικά των θεματικών επιπέδων. Αυτό το είδος των χαρακτηριστικών είναι διαθέσιμο μόνο εάν ένα τέτοιο θεματικό επίπεδο έχει εισαχθεί στο σχέδιο.

#### **1.2.4.8. Χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις κλάσεις**

Τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις κλάσεις αναφέρονται στην κατάταξη των άλλων αντικειμένων που λαμβάνονται υπόψη για την κατηγοριοποίηση του αντικειμένου που εξετάζεται κάθε φορά.

**Σχέσεις με γειτονικά αντικείμενα :** Τα χαρακτηριστικά αυτά αναφέρονται σε υπάρχουσες αναθέσεις κλάσεων των αντικειμένων στο ίδιο επίπεδο της ιεραρχίας.

**Σχέσεις με επιμέρους αντικείμενα :** Αυτά τα χαρακτηριστικά αναφέρονται σε υπάρχουσες αναθέσεις κλάσεων των αντικειμένων σε ένα χαμηλότερο επίπεδο της ιεραρχίας.

**Σχέσεις με ανώτερα αντικείμενα :** Αυτά τα χαρακτηριστικά αναφέρονται σε υπάρχουσες αναθέσεις κλάσεων των αντικειμένων σε ένα υψηλότερο επίπεδο της ιεραρχίας.

#### **1.2.4.9. Η αξιολόγηση της ταξινόμησης**

Η αξιολόγηση της ποιότητας του αποτελέσματος της ταξινόμησης είναι μεγάλης σημασίας στην τηλεπισκόπηση, δεδομένου ότι δίνει αποδείξεις για το πόσο καλά ο παραγόμενος ή χρησιμοποιημένος ταξινομητής είναι σε θέση να εξάγει τα επιθυμητά αντικείμενα από την εικόνα. Συνήθως, ως πρώτη αξιολόγηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία απλή οπτική επιθεώρηση προκειμένου να αξιολογηθεί το εύλογο των αποτελεσμάτων. Παρ' όλα αυτά, αυτό είναι μόνο μια υποκειμενική μέθοδος και ως εκ τούτου είναι δύσκολος κάποιος ποσοτικός προσδιορισμός ή ακόμη και η έκφραση των αποτελεσμάτων σε συγκρίσιμες τιμές. Επιπλέον, είναι αναγκαία η απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τη σταθερότητα ταξινόμησης και πόσο ικανές είναι οι κλάσεις να εξάγουν την επιθυμητή πληροφορία της εικόνας. Εκτός από τις κλασσικές μεθόδους εκτίμησης της ακρίβειας, ειδικές μέθοδοι που βασίζονται σε έννοιες ασαφούς λογικής μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

#### **1.2.4.10. Αξιολόγηση με κοινές μετρήσεις ακρίβειας**

Προκειμένου να μετρηθεί η ποιότητα ενός ταξινομητή και να συγκριθούν και αξιολογηθούν οι ταξινομήσεις, όσον αφορά την καταλληλότητά τους για συγκεκριμένες εφαρμογές, χρησιμοποιούνται μετρήσεις ακριβείας. Κυρίως προκύπτουν με βάση τη σύγκριση της ταξινόμησης σε σχέση με μια άλλη φωτοερμηνεία. Η τελευταία αυτή φωτοερμηνεία συχνά προκύπτει από διαφορετικά δεδομένα, (π.χ. από επιτόπιες μετρήσεις εδάφους) και θεωρείται αξιόπιστη. Αυτά τα δεδομένα αναφοράς πρέπει να είναι εξασφαλισμένα. Ειδική φροντίδα πρέπει π.χ. να ληφθεί, όταν τα δεδομένα αναφοράς λαμβάνονται σε διαφορετικό χρόνο από ό,τι η ταξινόμηση η οποία πρέπει να αξιολογηθεί. Επιπλέον, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι τα δεδομένα αναφοράς και η υπό αξιολόγηση ταξινόμηση φέρουν συγκρίσιμες πληροφορίες. Αυτό σημαίνει, ότι έχουν τις ίδιες κλάσεις ή, τουλάχιστον κλάσεις οι οποίες μπορούν να αντιστοιχηθούν μεταξύ τους με συγχώνευση και ότι έχουν και οι δύο τον ίδιο κλίμακα, δηλαδή τα εικονοστοιχεία τους πρέπει να έχουν την ίδια θέση και χωρική έκταση στο έδαφος.

#### 1.2.4.11. Αναλυτική αξιολόγηση με βάση την ασαφή ταξινόμηση

Με τις μεθόδους ταξινόμησης με βάση την ασαφή λογική, τα αντικείμενα μπορεί να ανήκουν σε διάφορες κλάσεις, αλλά με διαφορετικούς βαθμούς συμμετοχής, η οποία είναι και η περίπτωση κατά την οποία οι περιγραφές των κλάσεων αλληλεπικαλύπτονται. Έτσι, για να αξιολογηθεί η αξιοπιστία των κλάσεων είναι αναγκαία η διερεύνηση των διαφορετικών βαθμών συμμετοχής των ταξινομημένων αντικειμένων. Αντικείμενα των οποίων οι τιμές είναι εντός αυτών των επικαλυπτόμενων περιοχών μπορεί να θεωρηθούν ως διφορούμενα αντικείμενα, δεδομένου ότι πληρούν τα κριτήρια περισσότερων της μίας τάξης. Αν και οι ασαφείς έννοιες, καθιστούν δυνατή την περιγραφή αυτών των ασαφειών, κύριος στόχος κάθε ταξινόμησης θα πρέπει να είναι ο ορισμός των κατηγοριών ως μη διφορούμενες όσο το δυνατόν περισσότερο. (Definiens, 2012)

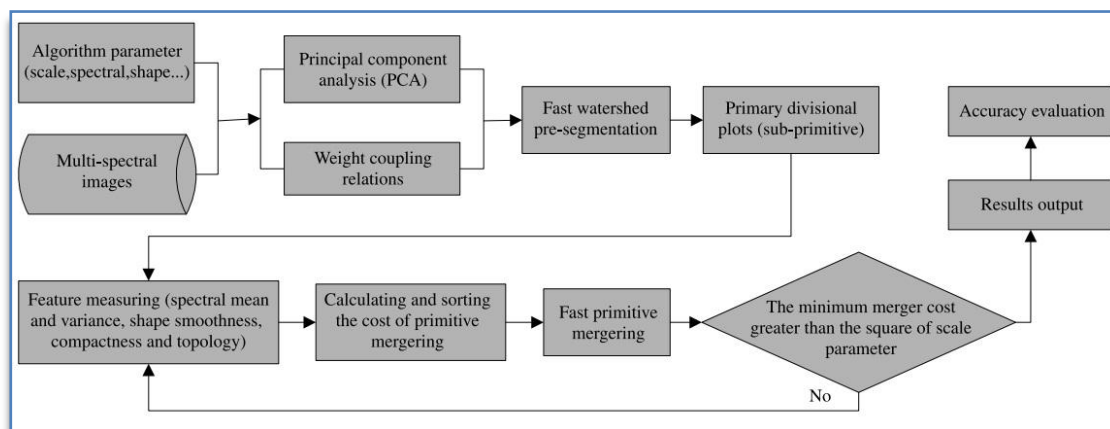
Όσα περισσότερα αντικείμενα μιας κλάσης έχουν βαθμό συμμετοχής 1 μόνο σε αυτή την κλάση τόσο καλύτερη είναι η κλάση και το αντίστροφο. Επιπλέον, οι στατιστικές και ορισμένες παράμετροι, όπως η ελάχιστη, η μέγιστη και η τυπική απόκλιση καθώς και η μέση τιμή των διαφόρων βαθμών συμμετοχής μπορούν να δώσουν περισσότερες πληροφορίες.

#### 1.2.5. Προηγούμενες μελέτες πάνω στην εφαρμογή της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας σε παράκτιες και άλλες περιοχές

- Research on extracting method of micro-scale remote sensing information combination and application in coastal zone (YANG and all, 2009)

Η εργασία επιχειρεί να παρουσιάσει μια προσέγγιση για εξαγωγή πληροφοριών από τηλεπισκοπικά δεδομένα υψηλής ανάλυσης, μέσω κατάτμησης και με τη χρησιμοποίηση αλγορίθμων της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης. Μέσω της εξαγωγής και του συνδυασμού χαρακτηριστικών μικρής κλίμακας που απαντώνται σε παράκτιες ζώνες, ορισμένα αντικείμενα μπορούν να ταξινομηθούν ή να αναγνωρισθούν, π.χ., το παλιρροϊκό επίπεδο, η ίσαλος γραμμή ή μικρές λίμνες με θαλασσοκαλλιέργειες. Αρχικά, γίνεται εξαγωγή ποικίλων εσωτερικών χαρακτηριστικών από σχετικά ομοιογενή πρωταρχικά αντικείμενα,

χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο κατάτμησης ο οποίος βασίζεται σε κριτήρια φασματικά αλλά και σχήματος.



Εικόνα 1-8 : Διάγραμμα ροής του αλγορίθμου κατάτμησης

Έπειτα, τα χαρακτηριστικά των εν λόγω πρωταρχικών αντικειμένων αναλύονται ώστε να επιτευχθούν βέλτιστα αντικείμενα τα οποία υπακούουν σε συγκεκριμένους κανόνες και χαρακτηριστικά. Οι κανόνες αυτοί προσδιορίζονται από φασματικά χαρακτηριστικά, χαρακτηριστικά σχήματος και υφής, αλλά και χωρικές σχέσεις.

Το μοντέλο αυτό είναι εύκολα κατανοήσιμο και επιπλέον η ακρίβεια της εξαγωγής της παράκτιας πληροφορίας είναι σημαντικά βελτιωμένη σε σύγκριση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις. Ως εκ τούτου, η εν λόγω μελέτη παρέχει έναν πιθανό τρόπο παρακολούθησης, διαχείρισης και αξιοποίησης των παράκτιων ζωνών οι οποίες υπόκεινται σε υψηλά δυναμικές αλλαγές.

- Multiscale vegetation characterization of tropical savanna using object-based image analysis (Timothy Graeme Whiteside, 2011)

Η εργασία εφαρμόζει την αντικειμενοστρεφή ανάλυση για τη χαρτογράφηση περιοχής με φασματική ποικιλία η οποία έχει προκύψει από δορυφορικές εικόνες μεσαίας/υψηλής ανάλυσης. Η εν λόγω περιοχή κάλυπτε 2600 στρέμματα έκτασης της τροπικής βόρειας Αυστραλίας, η οποία κυριαρχείται από τυπική βλάστηση σαβάνας με συνεχή κάλυψη από γρασίδι και ασυνεχή κάλυψη από ξυλώδη ανώροφο.

Ο πρώτος στόχος εξετάζει τα πλεονεκτήματα της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας συγκριτικά με μεθόδους που βασίζονται στο εικονοστοιχείο, για την χαρτογράφηση περιοχών. Η σύγκριση κατέληξε στο συμπέρασμα πως η ανάλυση



εικόνας με βάση τα αντικείμενα είναι στατιστικά ανώτερη. Ο δεύτερος στόχος ανέπτυξε ένα σύνολο κανόνων για την ταξινόμηση δεδομένων από δορυφόρο QuickBird. Για ένα υποσύνολο της περιοχής μελέτης, η συνολική ακρίβεια ήταν 94%. Εφαρμοζόμενη σε ολόκληρη την περιοχή, η ακρίβεια ήταν χαμηλότερη με σφάλματα που σχετίζονταν με καμένα βλάστηση. Ο τρίτος στόχος ήταν η διερεύνηση των ιεραρχικών χαρακτηριστικών της προς χαρτογράφηση περιοχής. Μία διαδικασία εξαγωγής για την κόμη των δέντρων αναπτύχθηκε για τα δεδομένα του δορυφόρου QuickBird. Οι ακρίβειες που ελήφθησαν ήταν πάνω από το 75 %, παρότι οι ευκάλυπτοι της σαβάνας παρουσιάζουν χαρακτηριστικό θόλο που εμποδίζει την οριοθέτηση. Ο τέταρτος στόχος ήταν η σύγκριση των εκτιμήσεων για το θόλο των δέντρων μεταξύ αυτών που προήλθαν από την αντικειμενοστρεφή ανάλυση και άλλων που προήλθαν από χειροκίνητες μεθόδους ή μεθόδους βασισμένες στο εικονοστοιχείο.

Η μελέτη έδειξε ότι η αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας είναι κατάλληλη για τη χαρτογράφηση καλύψεων γης σε φασματικά μεταβλητές περιοχές και σε πολλαπλές κλίμακες. Πιο συγκεκριμένα, έχει καλύτερη ακρίβεια σε σχέση με pixel-based μεθόδους και το σετ κανόνων μπορεί να μεταφερθεί και σε δεδομένα υψηλής ανάλυσης.

- Monitoring soil erosion in the Souss basin, Morocco, with a multiscale object-based remote sensing approach using UAV and satellite data (Sebastian d'Oleire-Oltmanns and all, 2011)

Η μελέτη παρουσιάζει μια προσέγγιση πολλαπλής κλίμακας για την ανίχνευση και παρακολούθηση φαινομένων διάβρωσης του εδάφους στην αγροτική/βιομηχανική περιοχή γύρω από την πόλη της Ταρουντάντ, στη λεκάνη Souss, του Μαρόκο. Συγκεκριμένες περιοχές με ρέματα και χαράδρες παρακολουθούνταν με μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV), λαμβάνοντας αεροφωτογραφίες μικρού μορφάτ (SFAP). Αυτό επέτρεψε την εξαιρετικά υψηλή ανάλυση (2-10 cm) του πραγματικού μεγέθους των καναλιών από χαράδρες, καθώς και μια λεπτομερή συνεχή επίβλεψη της ανάπτυξής τους. Όμως, η λεπτομερούς κλίμακας παρακολούθηση των χαραδρών δεν ήταν επαρκής για την κατανόηση του συνολικού πλαισίου αυτού του τύπου της διάβρωσης, οπότε η μεταφορά σε άλλο επίπεδο κλίμακας ήταν απαραίτητη. Η μεταφορά της μεθοδολογίας σε μεγαλύτερη κλίμακα έγινε χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες Quickbird (ανάλυση: 60 cm) και οδήγησε σε μια μεγάλης κλίμακας ανάλυση ολόκληρης της περιοχής γύρω από την πόλη της Ταρουντάντ. Στο επίπεδο των δορυφορικών δεδομένων, η εστίαση της έρευνας δεν

τοποθετήθηκε μόνο στις περιοχές με τις ρεματιές/χαράδρες, αλλά και στην κατανομή τους σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης. Αυτό επέτρεψε την ταυτόχρονη ανάλυση των δυναμικών αλλαγών στις χρήσεις γης και κάλυψης γης. Επιπλέον, παρείχε έναν καλό τρόπο χαρτογράφησης και παρακολούθησης της ανάπτυξης της διάβρωσης η οποία απειλούσε τα κτίρια, την αγροτοβιομηχανική οικονομία και τους υπάρχοντες χρήστες των πόρων του εδάφους στη λεκάνη Souss. Τα δεδομένα Quickbird αναλύθηκαν με τη χρήση του Developer eCognition © λογισμικού με όλες τις απαραίτητες ιδιότητες (π.χ. τιμές pixel, μέγεθος, περιοχή, πλαίσιο και περισσότερο) εφαρμόζοντας την αντικειμενοστρεφή ανάλυση εικόνας.

## 2. ΣΤΟΧΟΙ – ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΔΕΔΟΜΕΝΑ

### 2.1. Στόχοι

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση μεθόδων για εντοπισμό διαφόρων παράκτιων οντοτήτων, και πιο συγκεκριμένα, γεωμορφών που απαντώνται κατά μήκος της ακτογραμμής αλλά και πλησίον αυτής. Η εν λόγω διερεύνηση έγινε με τη χρήση πολυφασματικών δορυφορικών δεδομένων και μέσω της μεθόδου της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης η οποία, όπως έχει αναφερθεί στο πρώτο κεφάλαιο, δυνητικά προσφέρει τα κατάλληλα εργαλεία για το σκοπό αυτό. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων αυτών είναι το eCognition (eCognition Developer Trial 8.7).

Οι παράκτιες οντότητες-γεωμορφές που τέθηκαν ως πρωταρχικοί στόχοι είναι:

- α. Λιμνοθάλασσες
- β. Αλυκές
- γ. Παραθαλάσσια έλη

Κατά το σχεδιασμό της εργασίας, προτιμήθηκε να δοθεί βάρος στο πλήθος των εξεταζόμενων διαφορετικών γεωμορφών και όχι τόσο στον έλεγχο για το αν η εκάστοτε μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί με μεγάλη ακρίβεια σε διαφορετικές περιπτώσεις ίδιου τύπου γεωμορφών. Για το λόγο αυτό, διερευνήθηκαν τρεις περιοχές στις οποίες υπήρχαν μία λιμνοθάλασσα, μία αλυκή και ένα έλος αντίστοιχα. Επιπλέον, στο κεφάλαιο της αξιολόγησης, η μεθοδολογία που αφορούσε στη λιμνοθάλασσα εφαρμόστηκε σε μία δεύτερη περιοχή με μία διαφορετική λιμνοθάλασσα και κατόπιν αξιολογήθηκαν τα νέα αποτελέσματα. Εφαρμογή της μεθοδολογίας που αφορούσε στην αλυκή και στο έλος δεν έγινε σε επιπλέον περιοχές επειδή κάτι τέτοιο θα αύξανε κατά πολύ τον όγκο της εργασίας.

Επίσης, κατά τη διαδικασία εξαγωγής των γεωμορφών οι οποίες τέθηκαν ως αρχικοί στόχοι, προέκυψαν συχνά έμμεσοι στόχοι, όπως για παράδειγμα ο διαχωρισμός των υδάτινων επιφανειών από τη στεριά, οι οποίοι συνέβαλαν στην επίτευξη των πρωταρχικών στόχων.

### 2.2. Περιοχές μελέτης

Οι γεωμορφές που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία, όπως λιμνοθάλασσες, παραθαλάσσια έλη και αλυκές, εκτός του ότι καταλαμβάνουν συνήθως μεγάλες εκτάσεις, ως επί το πλείστον βρίσκονται και σε διαφορετικά σημεία κατά μήκος της ακτογραμμής. Για το λόγο αυτό, δεν χρησιμοποιήθηκε μία μόνο περιοχή του

ελλαδικού χώρου. Οι περιοχές οι οποίες συγκέντρωναν τη μεγαλύτερη ποικιλία και αριθμό των παράκτιων γεωμορφών ήταν ο Αμβρακικός κόλπος που περιλαμβάνει τη λιμνοθάλασσα Πωγωνίτσα και το έλος κοντά στην πόλη Βόνιτσα, και ο Πατραϊκός κόλπος ο οποίος περιλαμβάνει τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου.

### 2.2.1. Αμβρακικός κόλπος

Σύμφωνα με τον ιστότοπο της [agro-tour.net](http://agro-tour.net), ο Αμβρακικός κόλπος ανήκει στη διοικητική περιφέρεια Ηπείρου και στο νομό Άρτας και αποτελεί τον βορειότερο μεγάλο κόλπο της Δ. Ελλάδος με έκταση περίπου 400 τ.χλμ. Ο κόλπος πήρε το όνομά του από την αρχαία Αμβρακία, πόλη κτισμένη στον ποταμό Άραχθο, στη θέση της σημερινής Άρτας.

Προχωρώντας νότια από τα παράλια της Ηπείρου σε εκείνα της Στερεάς, παρατηρείται ένα γεωλογικό παράδοξο. Η συμπαγής ακτογραμμή διασπάται από μία στενή λωρίδα θάλασσας. Αυτή η θαλάσσια έκταση είναι το αποτέλεσμα της έντονης τεκτονικής δραστηριότητας που λαμβάνει χώρα τα τελευταία 2 εκατομμύρια χρόνια. Είναι ένα τεκτονικό βύθισμα το οποίο άρχισε να γεμίζει με τις αποθέσεις δύο ποταμών, του Άραχθου και του Λούρου. Η βαθμιαία ανύψωση της θάλασσας κατά τα τελευταία 10.000 χρόνια είχε ως αποτέλεσμα να εισχωρήσει το Ιόνιο πέλαγος ανάμεσα από το Άκτιο και την Πρέβεζα και να πλημμυρίσει τον κόλπο δίνοντάς του τη σημερινή του μορφή.

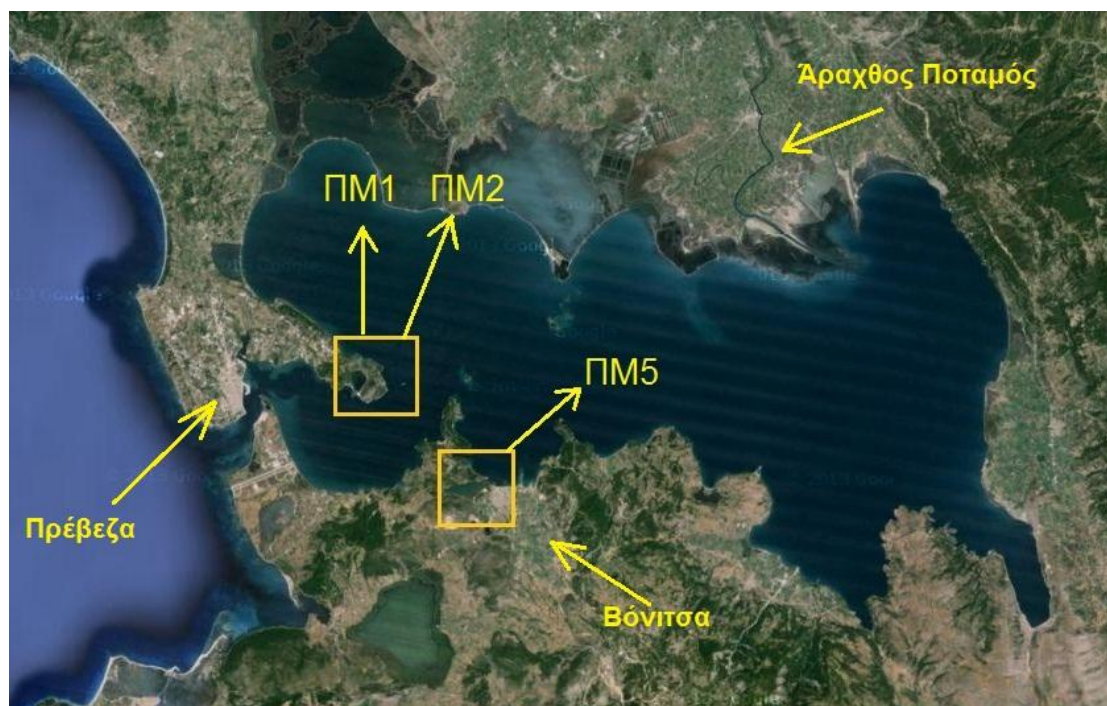
Οι βασικοί δημιουργοί του υγρότοπου του Αμβρακικού είναι οι δύο προαναφερόμενοι μεγάλοι ποταμοί που εκβάλλουν στον κόλπο, ο Άραχθος και ο Λούρος. Με τη δράση των νερών τους οι δύο αυτοί ποταμοί συμβάλλουν στο σχηματισμό ενός εξαιρετικά περίπλοκου όσο και μοναδικού για τα Ελληνικά δεδομένα υγροτοπικού συστήματος 220.000 περίπου στρεμμάτων που περιλαμβάνουν μεγάλες και μικρές λιμνοθάλασσες, μακρόστενες χαμηλές λουρονησίδες που χωρίζουν τις λιμνοθάλασσες από την θάλασσα, παραποτάμιες ζώνες, εκβολές ποταμών, αλμυρόβαλτους και γλυκόβαλτους, απέραντους καλαμιώνες, υγρολίβαδα και αλίπεδα. Κάποιες λοφοπλαγιές στην περιφέρεια του κόλπου σκεπάζονται από δρυοδάση, ενώ δε λείπουν κάποια απομεινάρια παραποτάμιων δασών και βοσκοτόπια.

Η περιοχή του Αμβρακικού κόλπου είναι μια σχεδόν κλειστή και κατά συνέπεια προστατευόμενη θαλάσσια έκταση, που επικοινωνεί με λιμνοθάλασσες μέσω ελεγχόμενων στομιών. Στον Αμβρακικό περιλαμβάνονται 20 τουλάχιστον ακέραιες λιμνοθάλασσες, αριθμός που δεν συναντάται σε κανένα μέρος της Ελλάδας. Η συνολική έκταση τους ξεπερνάει τα 70 τετ. χιλιόμετρα, ενώ οι περισσότερες χωρίζονται από τη θάλασσα με μία λουρονησίδα, δηλαδή μια μακρόστενη λωρίδα γης. Παρατηρώντας μια λουρονησίδα από απόσταση, κάποιος σχηματίζει την εντύπωση ότι αποτελείται από άμμο. Στην πραγματικότητα όμως αποτελείται ως επί το πλείστον από κελύφη αχιβάδων και σπασμένα όστρακα. Οι τρεις

μεγαλύτερες λιμνοθάλασσες του Αμβρακικού, κάθε μια με τις δικές της ιδιαιτερότητες, είναι η "Λογαρού" με έκταση 25,75 τετ. χιλιόμετρα, το "Τσουκαλιό" με 16,5 τετ. χιλιόμετρα και η "Ροδιά" με 13,5 τετ. χιλιόμετρα. Ένα βασικό χαρακτηριστικό των λιμνοθαλασσών του Αμβρακικού είναι η μεγάλη τους βιολογική παραγωγικότητα. Με τις ιδιαιτερότητες της διαμόρφωσής τους λειτουργούν ως φυσικά εκτροφεία ψαριών και καρκινοειδών με αποτέλεσμα να παράγουν μεγάλους αριθμούς ψαριών αλλά και πολλών άλλων ζωντανών οργανισμών. Οι χαμηλές εκτάσεις που περιβάλλουν τον κόλπο και τις λιμνοθάλασσες στα βόρεια, συνίσταται από αλατούχα εδάφη πέρα από τα οποία εκτείνονται γεωργικές εκτάσεις εντατικά καλλιεργούμενες με βαμβάκι και εσπεριδοειδή. Στον κόλπο και ιδιαίτερα στο λιμένα της Αμφιλοχίας παρουσιάζεται κατά τους θερινούς μήνες (ιδιαίτερα τον Αύγουστο) το φαινόμενο φωσφορισμού της θάλασσας, το οποίο οφείλεται σε συσσώρευση μικροοργανισμών.

Η οικονομική δραστηριότητα στο μη γεωργικό μέρος της περιοχής βασίζεται στην αλιεία στον κόλπο και ιχθυοκαλλιέργεια στις λιμνοθάλασσες. Η γεωργία μαζί με την αλιεία και ιχθυοτροφία εξασφαλίζουν το μεγαλύτερο μέρος της απασχόλησης στην περιοχή, ενώ το υπόλοιπο εξασφαλίζεται από τη βιομηχανία, την παροχή υπηρεσιών και το εμπόριο. Ο Αμβρακικός κόλπος προσφέρει μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης ιχθυοκομικής εκμετάλλευσης λόγω των ιδιαίτερων φυσικοχημικών συνθηκών που επικρατούν.

Στην περιοχή του Αμβρακικού κόλπου διερευνήθηκαν τρεις διαφορετικές Περιπτώσεις Μελέτης (ΠΜ), οι οποίες ονομάστηκαν ΠΜ1, ΠΜ2 και ΠΜ5 αντίστοιχα, και αναλύονται λεπτομερώς στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Οι περιοχές που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της εργασίας είναι αυτές όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 2-1 :



Εικόνα 2-1 : Περιπτώσεις μελέτης, Αμβρακικός κόλπος

### 2.2.2. Πατραϊκός κόλπος

Ο Πατραϊκός κόλπος είναι ένα τμήμα του Ιονίου Πελάγους μεταξύ Στερεάς Ελλάδας και Πελοποννήσου, κοντά στην πόλη της Πάτρας. Στα δυτικά, ορίζεται από μία νοητή γραμμή από το νησάκι Οξεία ως το ακρωτήριο του Αράξου. Ανατολικά, περικλείεται από το στενό 2500 μέτρων από το Ρίο μέχρι το Αντίρριο και την ομώνυμη γέφυρα. Από τα νερά του Πατραϊκού βρέχεται και το Μεσολόγγι με τη λιμνοθάλασσά του, το οποίο έχει και ένα λιμένα.

Οι ποταμοί Αχελώος και Εύηνος που εκβάλλουν στη βορειοανατολική πλευρά του κόλπου αλλά και ο Πείρος με τον Γλαύκο που εκβάλλουν νότια και νοτιοανατολικά αντίστοιχα, αποτελούν τους σημαντικότερους τροφοδότες του κόλπου με γλυκό νερό. Ο Πατραϊκός κόλπος καλύπτει μια επιφάνεια 400 km<sup>2</sup> ενώ ο όγκος του εκτιμάται σε 45 km<sup>3</sup>. Το μέγιστο βάθος του είναι περίπου 130 μέτρα σε μία κοιλότητα ανοιχτά της Λακόπετρας.

Σύμφωνα με τον ιστότοπο [patraikosgulf.wordpress](http://patraikosgulf.wordpress.com), ο Πατραϊκός Κόλπος, πριν 12.000 χρόνια, ήταν μια λίμνη που “έκλεινε” στο σημερινό ακρωτήριο του Αράξου και την απέναντι ακτή της Αιτωλοακαρνανίας. Δύο ποτάμια χύνονταν στη λίμνη αυτή, το ένα ήταν ο σημερινός Γλαύκος, ενώ το άλλο βρισκόταν στο σημείο που είναι σήμερα ο χείμαρρος Νέου Ερινέου Καμαρών. Με την πάροδο του χρόνου, η στάθμη της θάλασσας ανέβηκε και έφτασε στο επίπεδο που βρίσκεται σήμερα. Αυτό συνέβη πριν 5.000 χρόνια περίπου. Το μέγιστο βάθος στον κόλπο φτάνει τα 130 μέτρα και βρίσκεται σε μια κοιλότητα, ανοιχτά της Λακόπετρας, που οι ντόπιοι αποκαλούν «Λούμπα».

Η λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του συστήματος των υδροτόπων της ευρύτερης περιοχής και καταλαμβάνει έκταση 11.200 στρέμματα. Εκτός από την κεντρική λιμνοθάλασσα υπάρχουν επίσης άλλες μικρότερες: βόρεια του Αιτωλικού (1.400 στρ.), ανατολικά της Κλείσοβας (3.000 στρ.) και δυτικά του Παλαιοπόταμου (800 στρ.). Οι λιμνοθάλασσες Μεσολογγίου βρίσκονται πίσω από μια διακεκομμένη αμμώδη παραλιακή λωρίδα, που βρίσκεται μεταξύ των εκβολών του ποταμού Εύηνου και του λόφου Κουτσιλάρη και συνδέονται με τον Πατραϊκό κόλπο με ένα μεγάλο άνοιγμα. Στο ανατολικό τμήμα της πεδιάδας του Μεσολογγίου σχηματίζεται το δέλτα του Εύηνου. Στο δυτικότερο τμήμα της περιοχής υπάρχει το δέλτα του Αχελώου. Το μεγαλύτερο τμήμα της πεδιάδας έχει σχηματιστεί από αποθέσεις των δύο αυτών ποταμών. Στα δυτικά της περιοχής, οι αποθέσεις του Αχελώου περιβάλλουν κάποιους βράχους και λόφους. Στην ίδια περιοχή διακρίνονται προηγούμενες κοίτες του Αχελώου. Σε περιοχές των λιμνοθαλασσών κοντά στην Αγία Τριάδα, στους Αγίους Ταξιάρχες και στο Μεγάλο Βουνό παρατηρούνται πρωτογενείς αμμοθίνες.

Το σύστημα των λιμνοθαλασσών σχηματίστηκε κατά την περίοδο του Ολόκαινου. Όλη η γύρω περιοχή αποτελείται από άργιλο που έχει αποθεθεί σε αλμυρό νερό (μόνο κατά μήκος των κοιτών των ποταμών βρίσκουμε άργιλο που έχει αποθεθεί σε



γλυκό νερό). Η άργιλος του αλμυρού νερού έχει χρώμα κυανό, ενώ του γλυκού νερού καφέ. Η παραλιακή λωρίδα αποτελείται από άμμο. Κάποια τμήματα των λιμνοθαλασσών είναι απομονωμένα, με αποτέλεσμα τη μεγάλη διακύμανση της αλατότητας κατά τη διάρκεια του έτους. Η αλατότητα κυμαίνεται έντονα επίσης στα ρηγά νερά, βόρεια του Αιτωλικού και κοντά στη Μονή Αγίων Ταξιαρχών. Η υψηλή αλατότητα το καλοκαίρι, η οποία προκαλείται από την εξάτμιση του νερού, μετριάζεται από το γλυκό νερό που εισρέει στις λιμνοθάλασσες από τους γύρω αγρούς και τα μικρά ρέματα. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα εισρέουν μεγάλες ποσότητες γλυκού νερού, που προέρχεται περιστασιακά και από τους ποταμούς Αχελώο και Εύηνο. Οι λιμνοθάλασσες είναι γενικώς ρηχές. Το μεγαλύτερο βάθος τους είναι περίπου δύο μέτρα, αλλά η μεγαλύτερη έκταση έχει βάθος περίπου ένα μέτρο. Κοντά στις ακτές το βάθος φτάνει το 0,1 του μέτρου και γι' αυτό είναι πρόσφορος τόπος για αλυκές. Μόνο η λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού έχει μέγιστο βάθος 28 m.

Στην περιοχή του Πατραϊκού κόλπου διερευνήθηκαν δύο διαφορετικές Περιπτώσεις Μελέτης (ΠΜ), οι οποίες ονομάστηκαν ΠΜ3 και ΠΜ4 αντίστοιχα. Οι περιοχές που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της εργασίας είναι αυτές όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 2-2 :



Εικόνα 2-2 : Περιπτώσεις μελέτης, Λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου

### 2.2.3. Ακρωτήριο Γραμβούσας, νομός Χανίων

Ο νομός Χανίων καλύπτει το δυτικό τμήμα της Κρήτης κι έχει έκταση 2.376 τ.χλμ και πληθυσμό 140.000 κατοίκους (απογραφή 1991). Ο νομός υποδιαιρείται σε πέντε επαρχίες με πρωτεύουσα την πόλη των Χανίων. Ο Δήμος Κισσάμου είναι δήμος της περιφέρειας Κρήτης που συστάθηκε με το Πρόγραμμα Καλλικράτης. Προέκυψε από την συνένωση των προϋπαρχόντων δήμων Κισσάμου, Ιναχωρίου και Μυθήμνης. Η έκταση του νέου Δήμου είναι 334.18 τ.χλμ και ο πληθυσμός του 11.820 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2001. Έδρα του νέου δήμου ορίστηκε η Κίσσαμος.

Η λιμνοθάλασσα του Μπάλου βρίσκεται περίπου 56km βορειοδυτικά των Χανίων και 17km βορειοδυτικά της Κισσάμου. Είναι μια ρηχή, αμμουδερή παραλία που σχηματίζεται ανάμεσα στο Ακρωτήριο της Γραμβούσας και το μικρότερο ακρωτήριο Τηγάνι. Η λιμνοθάλασσα του Μπάλου έχει άσπρη άμμο και λευκά ή έντονα γαλαζοπράσινα νερά. Η θάλασσα είναι πολύ ρηχή και ζεστή, ενώ σε πολλά μέρη η άμμος έχει ένα ροζ χρώμα, που προέρχεται από πλήθος σπασμένων οστράκων. Η λιμνοθάλασσα και η γύρω περιοχή είναι ενταγμένες στο πρόγραμμα προστασίας Natura, με σπάνια είδη χλωρίδας και πανίδας.

Η περιοχή της λιμνοθάλασσας του Μπάλου χρησιμοποιήθηκε στην αξιολόγηση των ΠΜ1 και ΠΜ2.



Εικόνα 2-3 : Περιοχή μελέτης, Ακρωτήριο Γραμβούσας, Χανιά



### 2.3. Δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν δορυφορικές εικόνες IKONOS οι οποίες διατέθηκαν από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους φαίνονται στον πίνακα 2-1:

Κανάλια	4 (B,G,R,NIR)
Διακριτική Ικανότητα	1m
Μορφότυπος	*.img
Τύπος	16Bit unsigned

**Πίνακας 2-1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά εικόνων**

Αρχικά, οι δορυφορικές εικόνες εισήχθησαν στο λογισμικό ERDAS IMAGINE το οποίο μπορεί να διαχειριστεί εύκολα αρχεία μεγάλου μεγέθους (κάθε Δ.Ε. είχε μέγεθος 1,5 έως 2 GB). Στις περιοχές μελέτης όπου οι Δ.Ε. δεν κάλυπταν όλη την περιοχή αλλά μέρος αυτής, δημιουργήθηκε ένα μωσαϊκό με τις γειτονικές εικόνες. Κατόπιν, από κάθε μωσαϊκό επιλέχθηκε η περιοχή ενδιαφέροντος η οποία κόπηκε στο κατάλληλο μέγεθος. Οι περιοχές μελέτης επιλέχθηκαν έτσι ώστε το μέγεθός τους να μην ξεπερνάει τα 120 MB (4200x3600 pixel) καθώς πέραν του μεγέθους αυτού, η δοκιμαστική έκδοση του προγράμματος eCognition παρουσίαζε αδυναμία επεξεργασίας τους. Τέλος, οι εικόνες φορτώθηκαν στο λογισμικό eCognition (eCognition Developer Trial 8.7) για την ανάπτυξη της μεθόδου αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης.



### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναπτύσσεται η μέθοδος αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης, προκειμένου να αναγνωριστούν και να εξαχθούν οι παράκτιες γεωμορφές που τέθηκαν ως στόχοι της παρούσας εργασίας. Όλη η διαδικασία έγινε μέσω του λογισμικού eCognition, το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα κατάτμησης της εικόνας σε αντικείμενα και τη δημιουργία πολλαπλών επιπέδων, τόσο κατάτμησης όσο και ταξινόμησης. Στα επίπεδα ταξινόμησης, τα οποία μπορεί να σχετίζονται το ένα με το άλλο μέσω ιεραρχικών κανόνων και κανόνων ασαφούς λογικής, πραγματοποιείται η διαδικασία της ταξινόμησης.

#### 3.1. Λιμνοθάλασσες

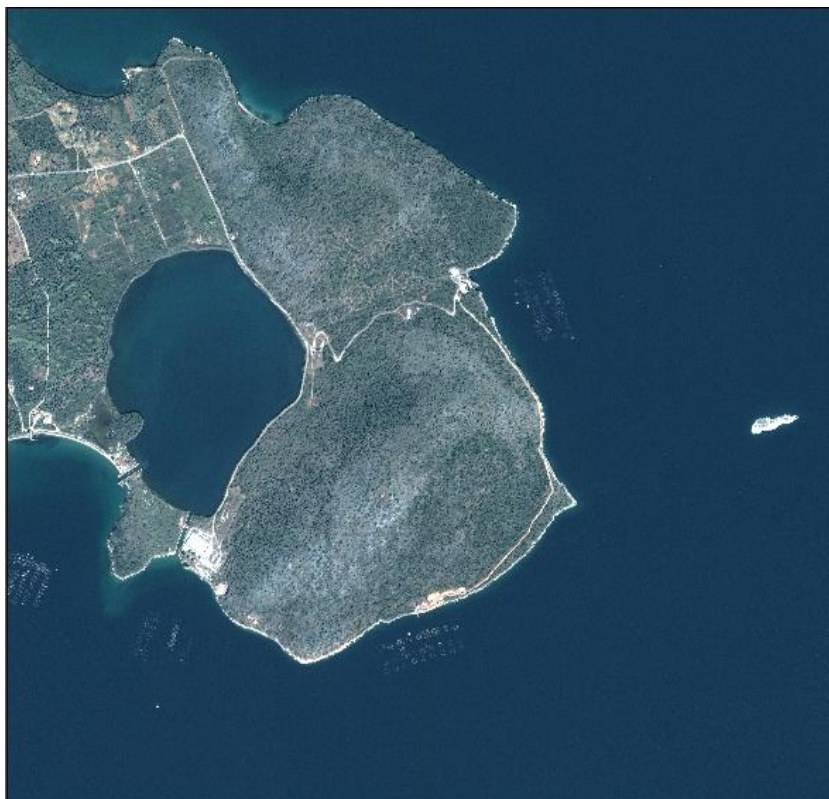
##### 3.1.1. Φωτοερμηνεία εικόνων με λιμνοθάλασσες

Οι λιμνοθάλασσες είναι μεγάλες εκτάσεις από λιμνάζοντα υφάλμυρα ή αλμυρά νερά που απαντώνται κοντά στη θάλασσα και συνήθως επικοινωνούν με αυτή. Το νερό είναι εύκολο να εντοπιστεί λόγω της ιδιότητάς του να απορροφά την υπέρυθρη ακτινοβολία, οπότε στο έγχρωμο σύνθετο RGB 432 απεικονίζεται με σκούρο μπλε ή μαύρο χρώμα. Πιο αναλυτικά για τις λιμνοθάλασσες ισχύουν τα παρακάτω φωτοερμηνευτικά χαρακτηριστικά :

- Χρώμα : Μαύρο στο έγχρωμο σύνθετο RGB 432 και γαλάζιο ή μπλε στο RGB 321
- Σχήμα : Συνήθως κυκλικό/ελλειψοειδές ή μακρόστενο παράλληλο με την ακτογραμμή.
- Σκούρος τόνος του γκρι σε ασπρόμαυρες απεικονίσεις
- Μέγεθος : Μεγάλο
- Υφή : Λεία
- Θέση : Κοντά στην ακτή και στη θάλασσα
- Περιβάλλεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από ξηρά

##### 3.1.2. Αναγνώριση λιμνοθάλασσας (Περίπτωση Μελέτης 1)

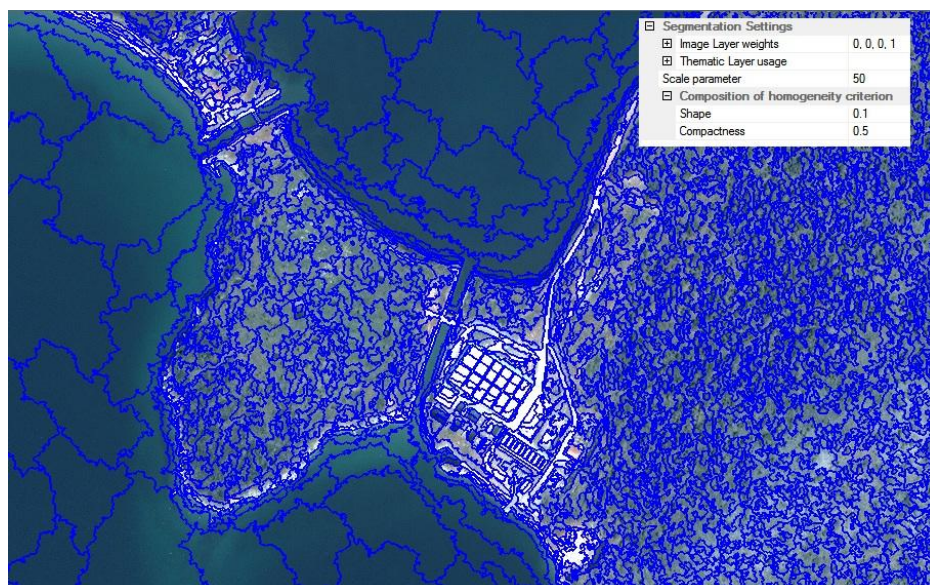
Για την αναγνώριση λιμνοθάλασσας χρησιμοποιήθηκε τμήμα δορυφορικής εικόνας που περιλαμβάνει τη λιμνοθάλασσα Πωγωνίτσα στην περιοχή του Αμβρακικού κόλπου, κοντά στην πόλη της Πρέβεζας. Η εικόνα 3-1 παρατίθεται στο έγχρωμο σύνθετο RGB 321 :



Εικόνα 3-1 : Λιμνοθάλασσα Πωγωνίτσα, ΠΜ1

### 3.1.2.1. Κατάτμηση και δημιουργία 1<sup>ου</sup> επιπέδου-ΠΜ1

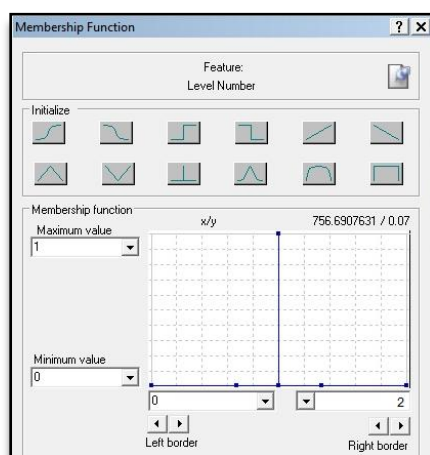
Στόχος της αρχικής κατάτμησης ήταν η δημιουργία ενός πρώτου βασικού επιπέδου όπου θα γινόταν ο διαχωρισμός των αντικειμένων σε αντικείμενα που ανήκαν σε υδάτινες μάζες και σε αυτά που δεν ανήκαν σε υδάτινες μάζες (ξηρά ή βαλτώδεις περιοχές). Ως γνωστό, οι υδάτινες μάζες εμφανίζουν την ιδιότητα να απορροφούν μεγάλο μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Για το λόγο αυτό, επιλέχτηκε τελικά η κατάτμηση να γίνει με τη συμμετοχή μόνο του καναλιού 4 (NIR), ώστε τα αντικείμενα να κατατμηθούν με βάση το ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας που απορροφούν. Επειδή οι λιμνοθάλασσες είναι γεωμορφές με μεγάλο μέγεθος και δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη πολυπλοκότητα ή ιδιομορφίες στο σχήμα, η κλίμακα επιλέχθηκε να έχει τιμή 50, η παράμετρος του σχήματος να είναι ίση με 0,1 (δηλαδή φασματικό κριτήριο ίσο με 0,9 και μεγάλη έμφαση στη φασματική πληροφορία) και η παράμετρος του συμπαγούς να έχει μία μέση τιμή 0,5. Λεπτομέρεια με τα αντικείμενα που δημιουργήθηκαν στο πρώτο επίπεδο παρατίθεται στην εικόνα 3-2 :



Εικόνα 3-2 : Δημιουργία αντικειμένων πρώτης κατάτμησης, ΠΜ1

### 3.1.2.2. Ταξινόμηση εικόνας πρώτου επιπέδου-ΠΜ1

Για την υλοποίηση της ταξινόμησης δημιουργήθηκε μία ιεραρχία που αφορούσε αποκλειστικά στο πρώτο επίπεδο, και ονομάστηκε level1. Προκειμένου η ιεραρχία να μην σχετίζεται με τα υπόλοιπα επίπεδα κατάτμησης, ορίστηκε ως εξής : με διπλό κλικ μεταβαίνουμε στην καρτέλα class description -> object features -> hierarchy -> level number και ορίζουμε τη συνάρτηση συμμετοχής Singleton του level number να έχει τιμή ίση με ένα (προκειμένου για το επίπεδο ένα).



Εικόνα 3-3 : Συνάρτηση συμμετοχής Singleton

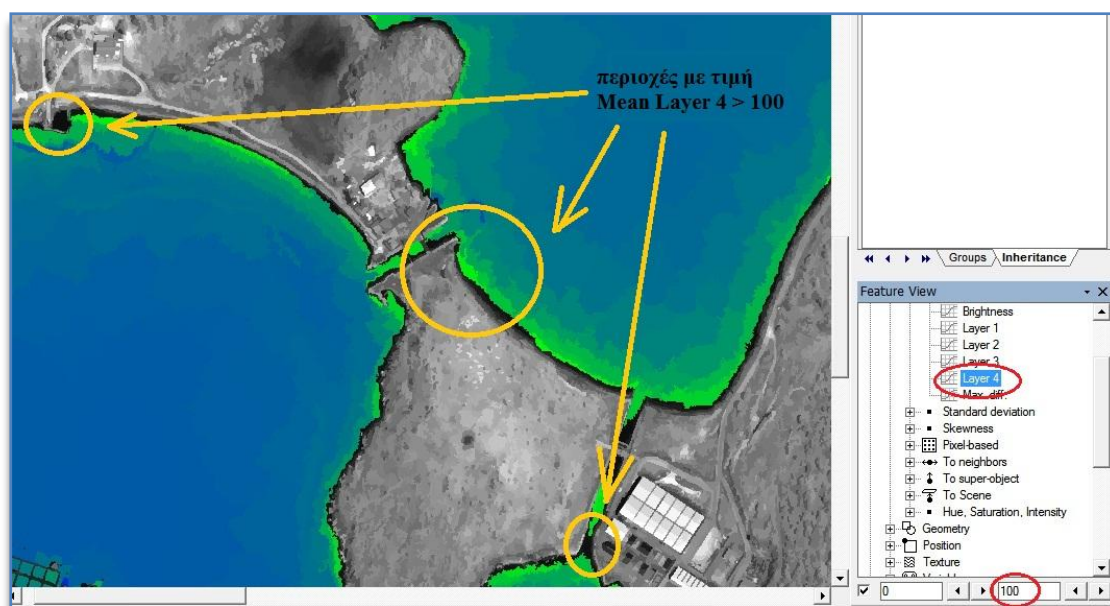
Αντίστοιχα, για το επίπεδο δύο θα επιλέγονταν τα άκρα της συνάρτησης να είναι ίσα με 1 και 3. Από εδώ και στο εξής, εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά, κάθε

επίπεδο ιεραρχίας θα δομείται κατ' αυτόν τον τρόπο, ώστε να σχετίζεται με το αντίστοιχο επίπεδο κατάτμησης.

Κατόπιν, με ενεργοποιημένη την ταμπέλα "Inheritance" στην καρτέλα "Class Hierarchy" δημιουργήθηκαν δύο υποκατηγορίες για το πρώτο επίπεδο της ταξινόμησης. Σκοπός της ταμπέλας "Inheritance" είναι κάθε υποκατηγορία να κληρονομεί τις ιδιότητες της κατηγορίας στην οποία ανήκει, δηλαδή στην παρούσα περίπτωση οι δύο υποκατηγορίες θα ισχύουν μόνο για το πρώτο επίπεδο κατάτμησης. Η πρώτη κατηγορία που δημιουργήθηκε ήταν η "water L1" και η δεύτερη η "not water L1", με σκοπό να διαχωριστούν τα αντικείμενα που ανήκαν στις υδάτινες μάζες από όλα τα υπόλοιπα αντικείμενα.

Οι λιμνοθάλασσες, όπως προαναφέρθηκε, είναι υδατοσυλλογές όπου το νερό μπορεί να εμφανίζει πολύ μικρό βάθος και περιοχές ποικίλης αλατότητας που μπορεί να περιλαμβάνουν διάφορα είδη βλάστησης. Για το λόγο αυτό και μετά από διάφορες δοκιμές, προκειμένου να επιτευχθεί ο καταλληλότερος διαχωρισμός των υδάτινων μαζών από τα υπόλοιπα αντικείμενα, χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή του τέταρτου καναλιού (κοντινό υπέρυθρο).

Η κατηγορία "water L1" ορίστηκε μέσω της συνάρτησης ασαφούς λογικής τύπου Z. Προκειμένου να βρεθούν τα όρια της συνάρτησης, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Feature View. Μέσω του εργαλείου αυτού, εισάγεται ένα εύρος τιμών για κάποιο χαρακτηριστικό που ενδιαφέρει (στην παρούσα περίπτωση η μέση τιμή του καναλιού 4), και στο παράθυρο θέασης φαίνονται με μπλε και πράσινο χρώμα τα αντικείμενα για τα οποία ισχύουν οι τιμές αυτές. Τα αντικείμενα με το πράσινο χρώμα είναι αυτά που είναι πιο κοντά στα όρια του εύρους τιμών που έχει τεθεί.



Εικόνα 3-4 : Ανίχνευση ορίων για τα όρια της συνάρτησης "Smaller than" για την τιμή MeanLayer4

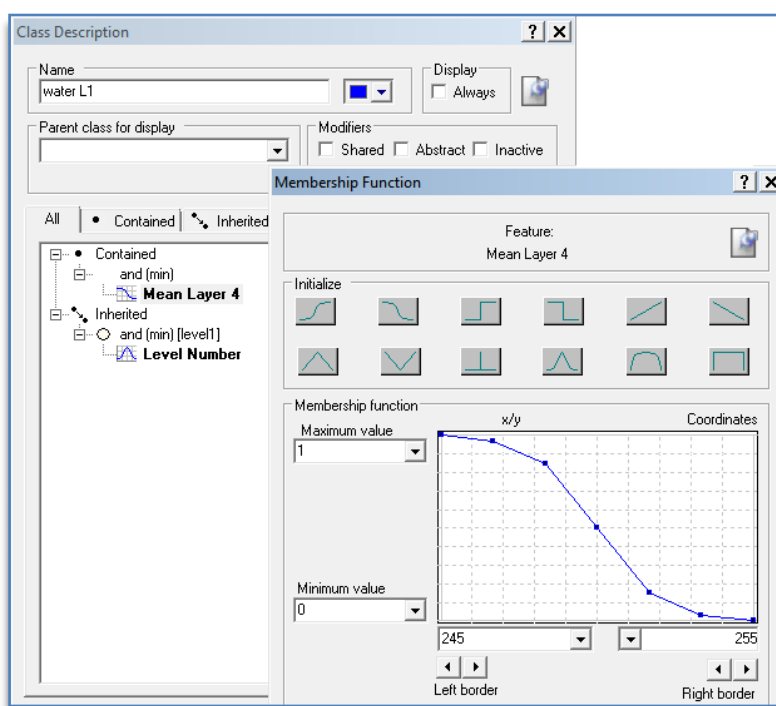


Μετά από δοκιμές, βρέθηκε ότι καταλληλότερη τιμή στο κανάλι 4 για το διαχωρισμό των υδάτινων μαζών ήταν η τιμή 250 (κατά το μεγαλύτερο ποσοστό οι υδάτινες μάζες είχαν τιμή Mean Layer 4 κοντά στην τιμή 30. Όμως οι πολύ ρηχές υδάτινες περιοχές και οι υδάτινες περιοχές όπου το νερό γεινιάζε με άλλες οντότητες διαπιστώθηκε πως είχαν μεγαλύτερη τιμή στο κοντινό υπέρυθρο η οποία είχε μέγιστη τιμή το 250) :



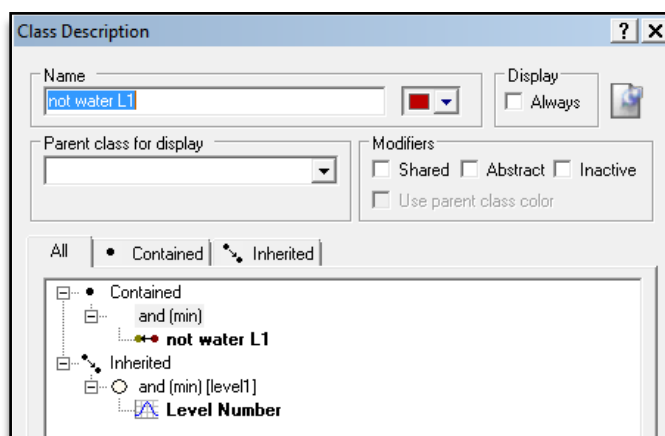
Εικόνα 3-5 : Προσδιορισμός ορίων συνάρτησης συμμετοχής για το Mean Layer 4

Τελικά, ορίστηκε ότι όλα τα αντικείμενα για τα οποία η μέση τιμή του καναλιού 4 είναι μικρότερη από την τιμή 250 (**Mean Layer 4 < 250**), κατατάσσονται στην κατηγορία “water L1”.




Εικόνα 3-6 : Περιγραφή κατηγορίας “Water L1”

Για την κατηγορία “not water L1” χρησιμοποιήθηκε η αντίστροφη έκφραση των παραπάνω συναρτήσεων, μέσω της αντεστραμμένης (inverted) επιλογής “similarity to classes”. Δηλαδή όλα τα αντικείμενα που δεν ανήκουν στην κατηγορία “water L1” ταξινομούνται στην κατηγορία “not water L1”.



Εικόνα 3-7 : Περιγραφή κατηγορίας “ not water L1”

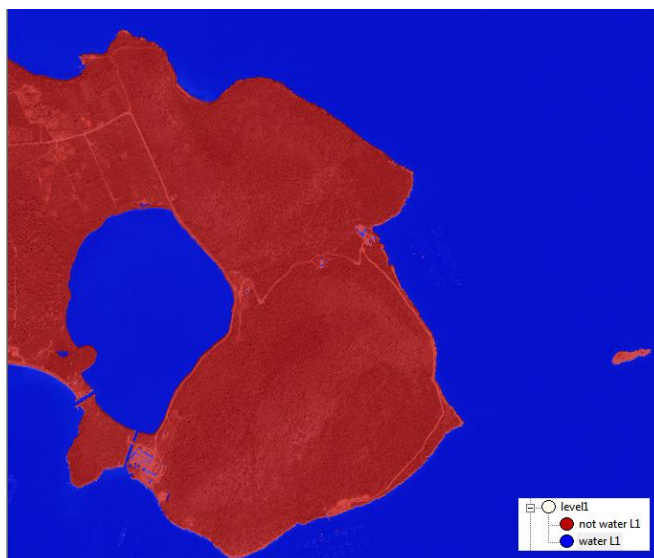
Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-1 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
Water L1	Mean Layer 4		245	255
Not water L1	“not Water L1”	-	-	-

Πίνακας 3-1 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου ένα, ΠΜ1

Η ταξινόμηση για το πρώτο επίπεδο υλοποιήθηκε με την επιλογή “hierarchical classification” από το δέντρο διεργασιών του προγράμματος και έδωσε το παρακάτω αποτέλεσμα (στην παρακάτω εικόνα της ιεραρχίας και σε όλες τις επόμενες έχει εφαρμοστεί 30% διαφάνεια ώστε να υπάρχει καλύτερη εποπτεία των αποτελεσμάτων) :



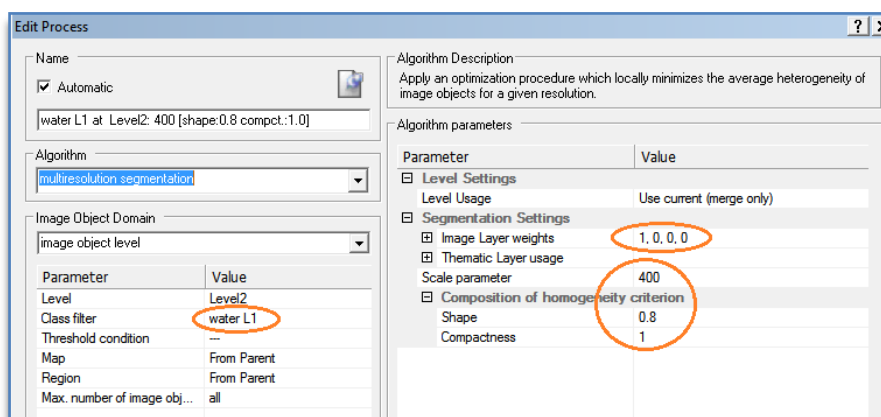


Εικόνα 3-8 : Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ1

### 3.1.2.3. Κατάτμηση εικόνας δεύτερου επιπέδου-ΠΜ1

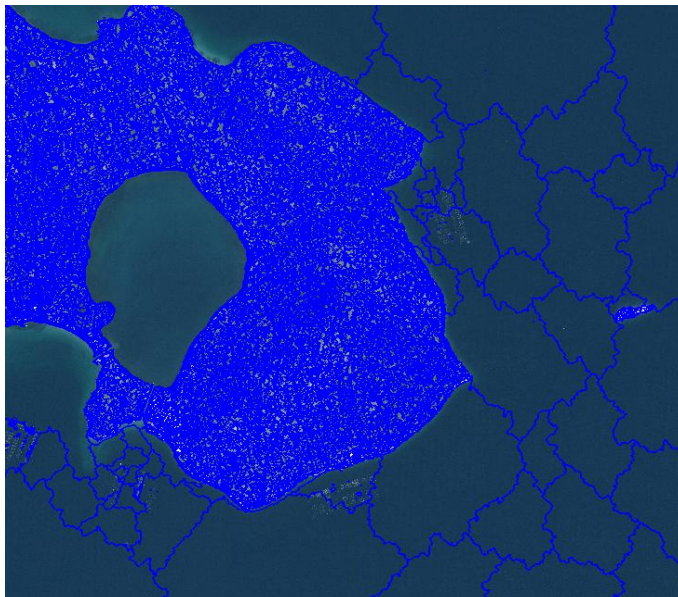
Επόμενο βήμα ήταν η δημιουργία ενός δεύτερου επιπέδου πάνω από το πρώτο επίπεδο. Η έννοια της δημιουργίας ενός επιπέδου πάνω από ένα άλλο, σημαίνει ότι το δεύτερο επίπεδο που βρίσκεται πάνω από το πρώτο περιέχει αντικείμενα ίσου ή μεγαλύτερου μεγέθους από το αρχικό επίπεδο.

Σκοπός σε αυτό το επίπεδο ήταν ο εντοπισμός της λιμνοθάλασσας ως ένα ενιαίο αντικείμενο. Για το λόγο αυτό, αντιγράφηκε το πρώτο επίπεδο και ακολούθησε κατάτμηση, μόνο των αντικειμένων τα οποία ανήκαν στην κατηγορία “water L1”. Μετά από δοκιμές, επιλέχθηκε στην κατάτμηση να συμμετέχει ως φασματικό κριτήριο μόνο το κανάλι 1, επειδή έδινε καλύτερα αποτελέσματα σε περιοχές όπου το νερό είχε πολύ μικρό βάθος. Επιπλέον, επειδή τα τελικά αντικείμενα έπρεπε να είναι μεγάλα και συμπαγή και να αντιπροσωπεύουν τη φυσική οντότητα «λιμνοθάλασσα», η κλίμακα επιλέχθηκε να έχει τιμή 400, το κριτήριο σχήματος τιμή 0,8 και το συμπαγές 1.



Εικόνα 3-9 : Παράμετροι κατάτμησης δεύτερου επιπέδου, ΠΜ1

Το αποτέλεσμα της δεύτερης κατάτμησης, με τα νέα αντικείμενα που δημιουργήθηκαν φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, όπου μπορεί κάποιος να παρατηρήσει πως η περιοχή της λιμνοθάλασσας έχει κατατμηθεί ως ένα ενιαίο πολύγωνο, και η θάλασσα σε επιμέρους μεγάλα πολύγωνα :



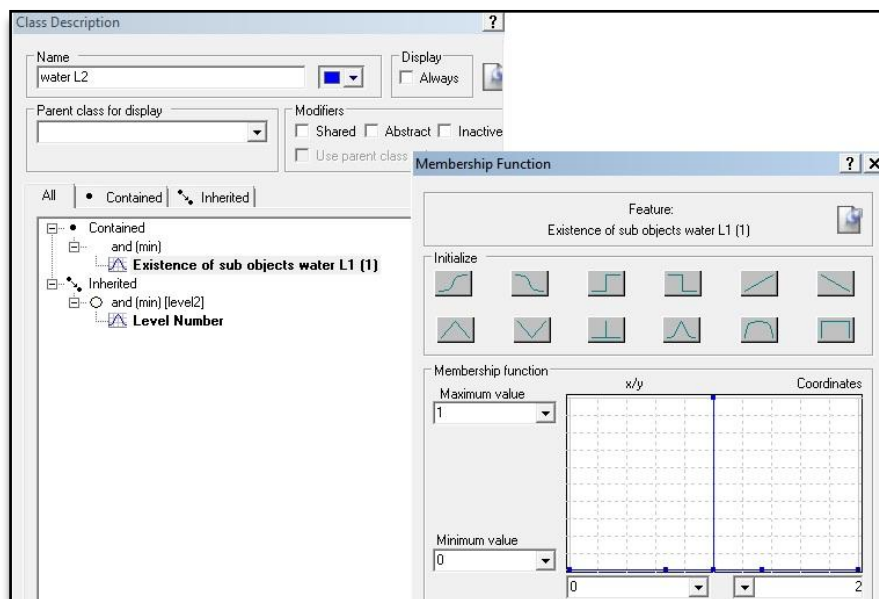
Εικόνα 3-10 : Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ1

#### 3.1.2.4. Ταξινόμηση εικόνας δευτέρου επιπέδου-ΠΜ1

Για την επόμενη ταξινόμηση που σκοπό είχε τον εντοπισμό της λιμνοθάλασσας, δημιουργήθηκε το επίπεδο ιεραρχίας level2 το οποίο αφορά αποκλειστικά το δεύτερο επίπεδο κατάτμησης. Σε αυτό το επίπεδο έγινε και πάλι διάκριση των υδάτινων μαζών (water L2) από τα υπόλοιπα αντικείμενα (not water L2), και επιπλέον δημιουργήθηκαν και τρεις υποκατηγορίες των υδάτων που περιλάμβαναν τη θάλασσα (sea L2), τη λιμνοθάλασσα (lagoon L2) και τα υπόλοιπα νερά (other waters L2).

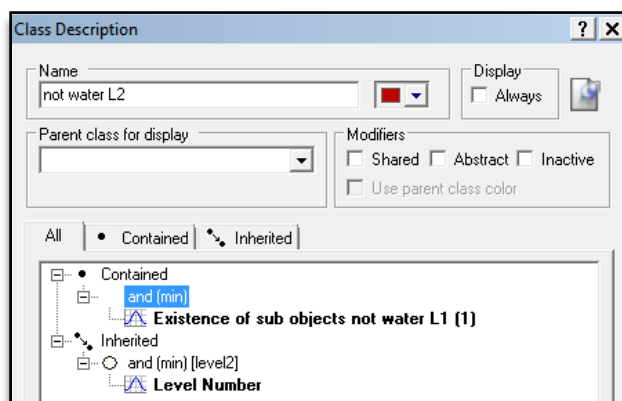
Η κατηγορία water L2 ορίστηκε με τη βοήθεια της ιδιότητας «ύπαρξη υπο-αντικειμένων» του λογισμικού : Feature view -> Class-Related features -> Relations to sub objects -> Existence of water L1 (1). Ως συνάρτηση ασαφούς λογικής χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση Singleton με τιμή 1 (άκρα το 0 και το 2), η οποία ορίζει πως όλα τα αντικείμενα του επιπέδου 2 κάτω από τα οποία σε απόσταση ενός επιπέδου (δηλαδή στο πρώτο επίπεδο) υπάρχουν υπο-αντικείμενα τα οποία ανήκουν στην κατηγορία water L1, θα ταξινομούνται στην κατηγορία water L2. Ο αριθμός 1 στην παρένθεση της έκφρασης Existence of water L1 (1), ορίζει την απόσταση του επιπέδου των υπο-αντικειμένων ( για παράδειγμα, εάν τα υπο-

αντικείμενα ήταν στο επίπεδο ένα και τα αντικείμενα προς μελέτη ήταν στο επίπεδο τρία, τότε η απόσταση θα οριζόταν με τον αριθμό 2).



Εικόνα 3-11 : Περιγραφή κατηγορίας “water L2”

Η κατηγορία not water L2, ορίστηκε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, όπως φαίνεται στην εικόνα 3-12:

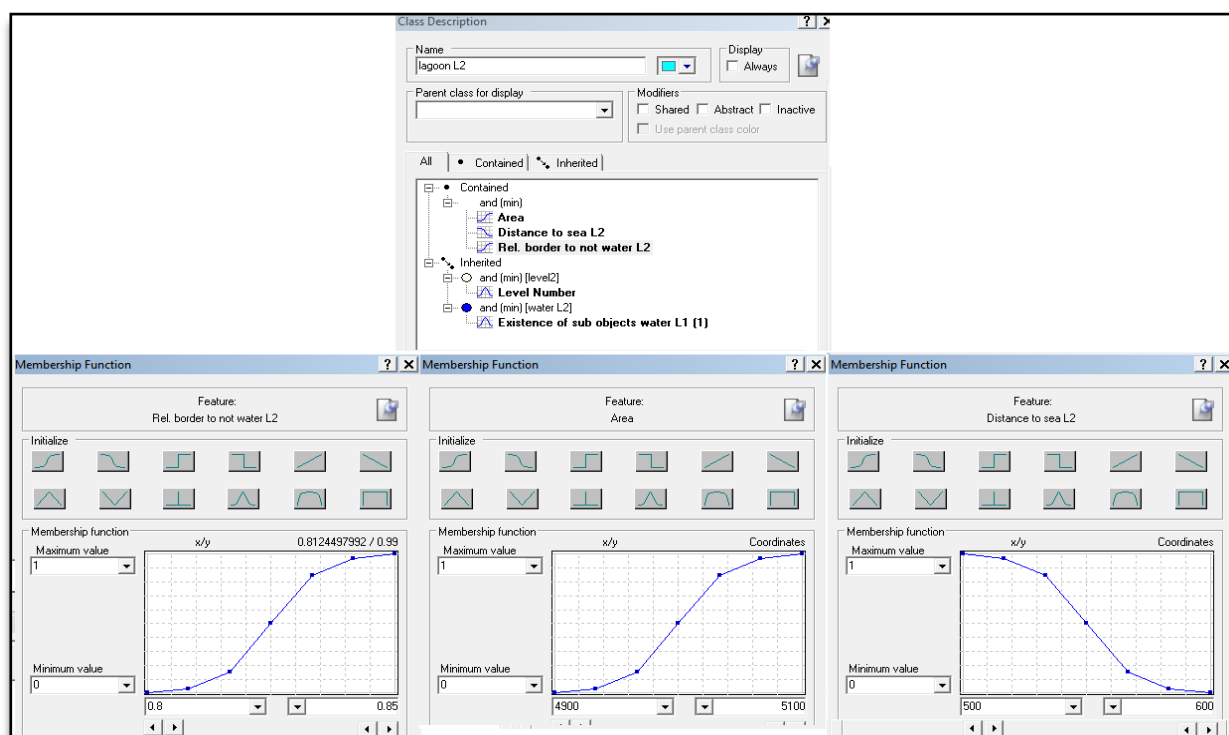


Εικόνα 3-12 : Περιγραφή κατηγορίας “water L2”

Η υποκατηγορία lagoon L2 ορίστηκε με βάση τα χαρακτηριστικά ότι η λιμνοθάλασσα έχει σχετικά μεγάλο μέγεθος, βρίσκεται κοντά στη θάλασσα και περιβάλλεται κατά μεγάλο ποσοστό ή εξολοκλήρου από στεριά. Οι συναρτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι τύπου S και Z, ενώ τα κατάλληλα όριά τους βρέθηκαν μετά από διερεύνηση μέσω του παραθύρου Feature View του λογισμικού. Πιο συγκεκριμένα ορίστηκε ότι για τα αντικείμενα που ανήκουν στην κατηγορία lagoon L2 να ισχύει :

- Το μέγεθός τους να είναι μεγαλύτερο από 5000 pixel (**Area > 5000PxI**)
- Το σχετικό σύνορο με την κατηγορία not water L2 να είναι μεγαλύτερο από την τιμή 0,825 (**Rel. Border to not water L2 > 0.825**)
- Η απόσταση από τη θάλασσα να είναι μικρότερη από 550 pixel (**Distance to sea L2 < 550PxI**)

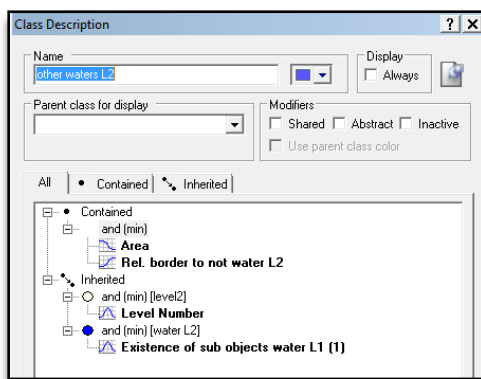
Σχηματικά, οι παραπάνω συνθήκες παρουσιάζονται στην εικόνα 3-13 :



Εικόνα 3-13 : Περιγραφή κατηγορίας “lagoon L2”

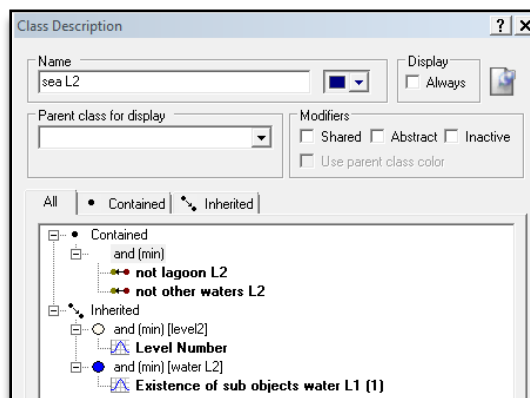
Η υποκατηγορία other waters L2 ορίστηκε με σκοπό να ταξινομηθούν σε αυτή υδατοσυλλογές μικρής έκτασης που δεν ανήκουν στην κατηγορία των λιμνοθαλασσών. Για το σκοπό αυτό, ορίστηκε ότι στη συγκεκριμένη κατηγορία θα ανήκουν τα αντικείμενα για τα οποία θα ισχύει :

- Το μέγεθός τους να είναι μικρότερο από 5000 pixel (**Area < 5000PxI**)
- Το σχετικό σύνορο με την κατηγορία not water L2 να είναι μεγαλύτερο από την τιμή 0,825 (**Rel. Border to not water L2 > 0.825**)



Εικόνα 3-14 : Περιγραφή κατηγορίας “water L2”






Η υποκατηγορία sea L2 ορίστηκε με την αντεστραμμένη έκφραση της ομοιότητας σε κλάσεις. Δηλαδή, αντικείμενα της κατηγορίας water L2 που δεν ανήκαν στις κατηγορίες lagoon L2 ή other waters L2, θα ταξινομούνταν ως θάλασσα.



Εικόνα 3-15 : Περιγραφή κατηγορίας “sea L2”

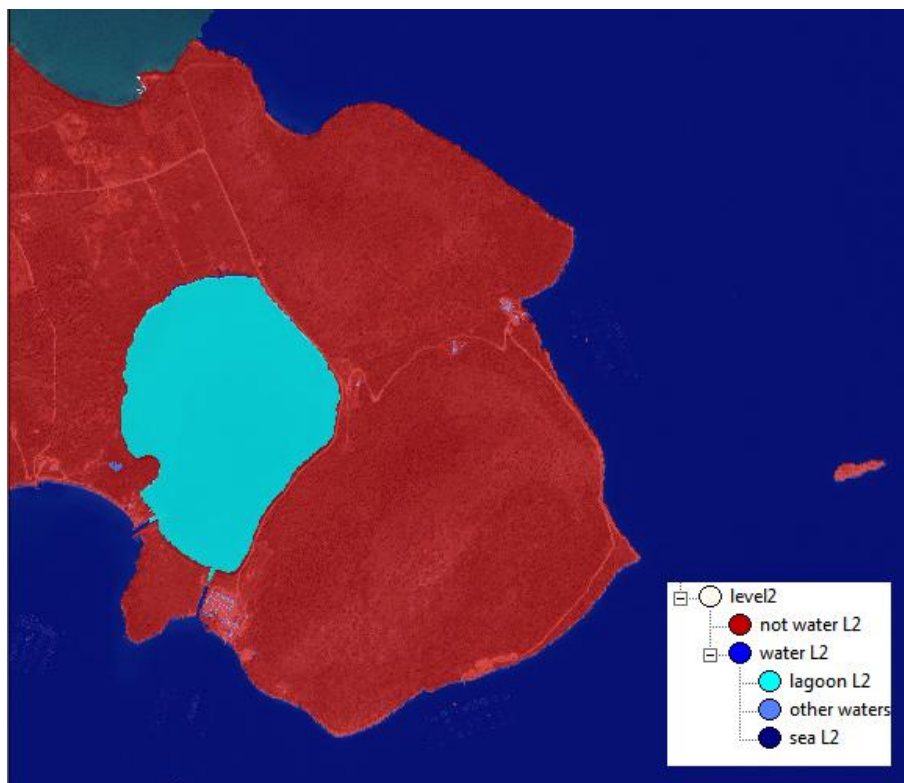
Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-2 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
Water L2	Existence of sub-objects water L1		0	2
Not water L2	“not Water L2”	-	-	-
Sea L2	“not Lagoon L2”	-	-	-
	“not Other waters L2”	-	-	-

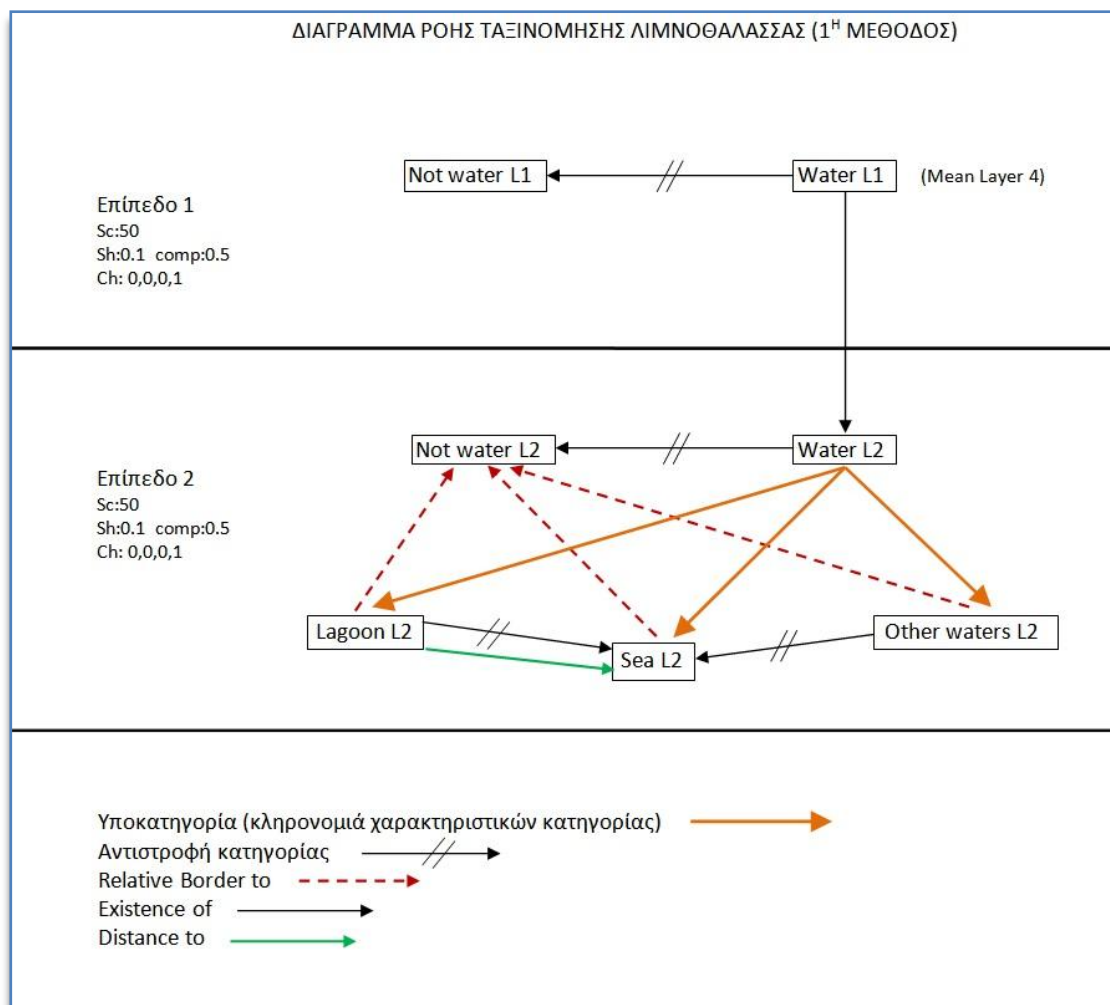
<b>Lagoon L2</b>	Rel. Border to Not water L2		0.80	0.85
	Area		4900	5100
	Distance to Sea		500	600
<b>Other waters L2</b>	Rel. border to Not water L2		0.80	0.85
	Area		4900	5100

Πίνακας 3-2 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου δύο, ΠΜ1

Το αποτέλεσμα της τελικής ταξινόμησης φαίνεται στην εικόνα 3-16 :



Εικόνα 3-16 : Τελικό αποτέλεσμα ταξινόμησης, ΠΜ1, Λιμνοθάλασσα επίπεδο 2, ΠΜ1



**Διάγραμμα 3.1 : Διάγραμμα ροής για την ταξινόμηση λιμνοθάλασσας**

### 3.1.3. Αναγνώριση λιμνοθάλασσας ( Περίπτωση Μελέτης 2)

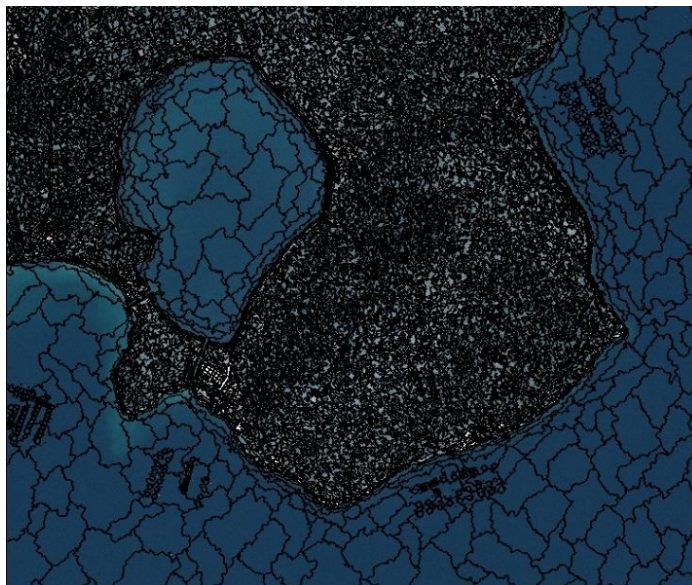
Η πρώτη μέθοδος αναγνώρισης λιμνοθάλασσας (ΠΜ1) έγινε με έμφαση στη δημιουργία ενός ενιαίου υδάτινου αντικειμένου κύριο χαρακτηριστικό του οποίου ήταν η ιδιότητά του να περικλείεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από ξηρά. Επειδή η μέθοδος αυτή είχε μεγάλη εξάρτηση από την επιλογή της τιμής της κλίμακας κατάτμησης, θεωρήθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί επιπλέον ένας διαφορετικός τρόπος προσέγγισης του προβλήματος.

#### 3.1.3.1. Κατάτμηση εικόνας πρώτου επιπέδου-ΠΜ2

Η εικόνα που χρησιμοποιήθηκε είναι η ίδια εικόνα με αυτήν της παραγράφου 3.1.2. και η πρώτη κατάτμηση έγινε με τις ίδιες παραμέτρους με αυτές τις πρώτης



μεθόδου (§3.1.2.1), καθώς ζητούμενο ήταν ο αρχικός διαχωρισμός των υδάτινων μαζών από τα υπόλοιπα αντικείμενα. Πιο συγκεκριμένα, έγινε κατάτμηση πολλαπλών αναλύσεων (multiresolution segmentation) με συμμετοχή του καναλιού 4 ως φασματικό δεδομένα, τιμή κλίμακας 50, τιμή σχήματος 0,1 και συμπαγούς 0,5. Λεπτομέρεια του αποτελέσματος της κατάτμησης φαίνεται στην εικόνα 3-17 :




Εικόνα 3-17 : Δημιουργία αντικειμένων αρχικής κατάτμησης, ΠΜ2

### 3.1.3.2. Ταξινόμηση εικόνας πρώτου επιπέδου-ΠΜ2

Η ιεραρχία του πρώτου επιπέδου ήταν και αυτή όμοια με την ιεραρχία που δημιουργήθηκε στην πρώτη μέθοδο, καθώς ο σκοπός των πρώτων επιπέδων ήταν ο ίδιος. Έτσι, ορίστηκε ότι όλα τα αντικείμενα για τα οποία η μέση τιμή του καναλιού 4 είναι μικρότερη από την τιμή 250 (**Mean Layer 4 < 250**), κατατάσσονται στην κατηγορία “water L1”. Για την κατηγορία “not water L1” χρησιμοποιήθηκε η αντίστροφη έκφραση των παραπάνω συναρτήσεων, μέσω της αντεστραμμένης (inverted) επιλογής “**similarity to classes**”. Δηλαδή όλα τα αντικείμενα που δεν ανήκουν στην κατηγορία “water L1” ταξινομούνται στην κατηγορία “not water L1”.

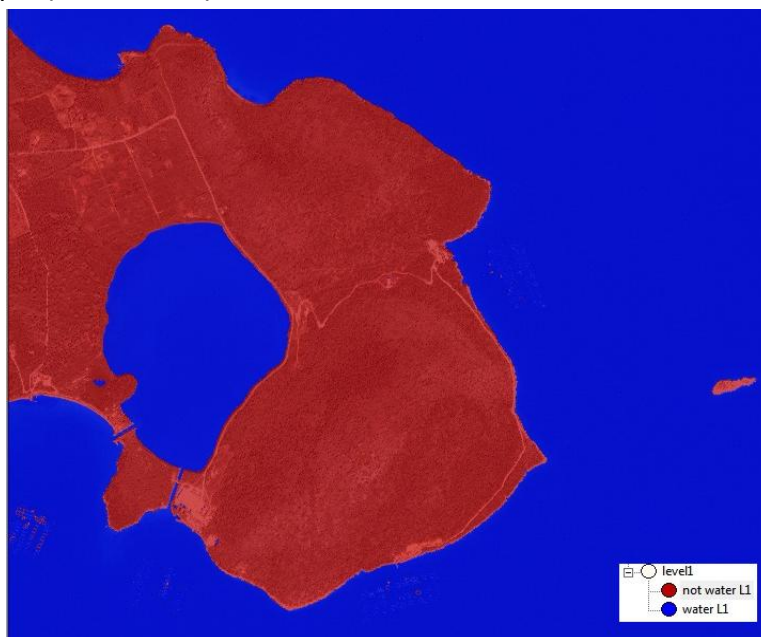
Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-3 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξιό Όριο
Water L1	Mean Layer 4		245	255
Not water L1	“not Water L1”	-	-	-

Πίνακας 3-3 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου ένα, ΠΜ2



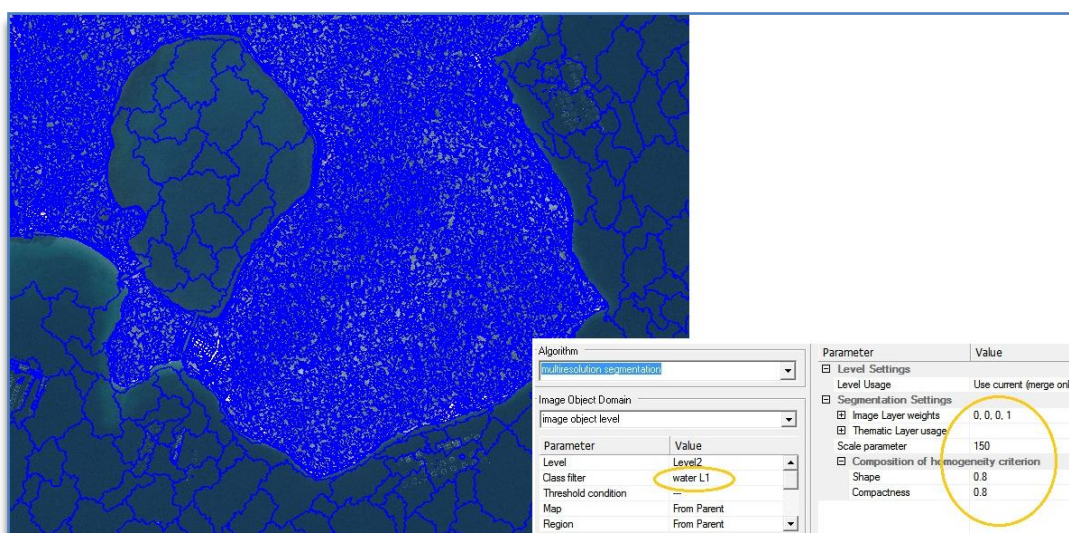
Το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 3-18 :



Εικόνα 3-18 : Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ2

### 3.1.3.3. Κατάτμηση εικόνας δεύτερου επιπέδου-ΠΜ2

Το level2 δημιουργήθηκε με αντιγραφή του level1 κατά ένα επίπεδο πάνω από τον εαυτό του. Σκοπός ήταν η κατάτμηση των αντικειμένων που ανήκαν στην κατηγορία νερό (water L1) σε αντικείμενα ικανού μεγέθους και σχήματος τα οποία θα μπορούσαν να αποτελέσουν τα δομικά αντικείμενα ώστε να συνθέσουν μετέπειτα την οντότητα λιμνοθάλασσα. Για το λόγο αυτό, και μετά από αριθμό δοκιμών, επιλέχθηκε η συμμετοχή μόνο του τέταρτου καναλιού και μία μέση κλίμακα με τιμή 150. Επειδή ζητούμενο ήταν να μην υπάρχει μεγάλη ακαθοριστία στο σχήμα, γεγονός που εμπόδιζε την περαιτέρω διαδικασία, ορίστηκε τιμή σχήματος ίση με 0.8 και τιμή συμπαγούς ίση με 0.8.

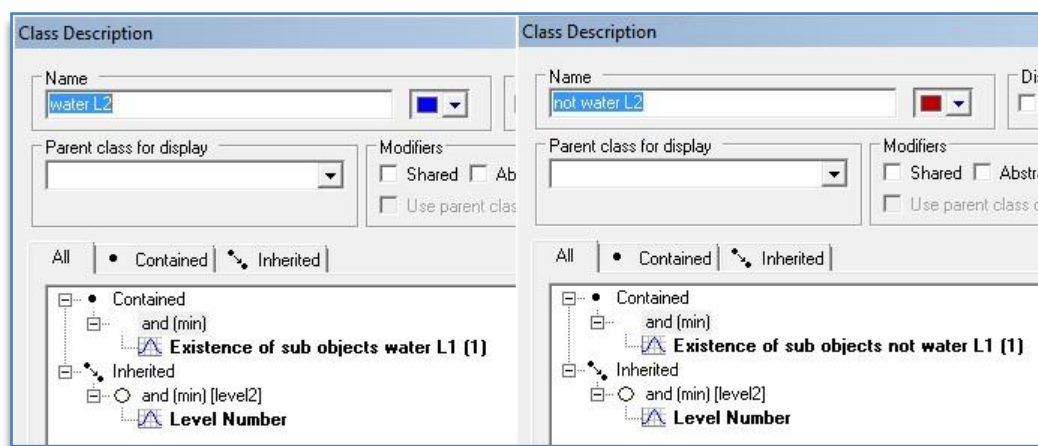


Εικόνα 3-19 : Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ2

### 3.1.3.4. Ταξινόμηση εικόνας δεύτερου επιπέδου-ΠΜ2

Για την επόμενη ταξινόμηση δημιουργήθηκε το επίπεδο ιεραρχίας level2 το οποίο αφορά αποκλειστικά το δεύτερο επίπεδο κατάτμησης. Σε αυτό το επίπεδο ο σκοπός ήταν να εντοπιστούν όλα τα υδάτινα αντικείμενα τα οποία συνόρευαν με την κατηγορία «όχι νερό». Έγινε και πάλι διάκριση των υδάτινων μαζών (water L2) από τα υπόλοιπα αντικείμενα (not water L2), και επιπλέον δημιουργήθηκαν άλλες δύο υποκατηγορίες που περιλάμβαναν τη θάλασσα (sea L2) και τα νερά που συνορεύουν με τη στεριά (next to the coast water L2).

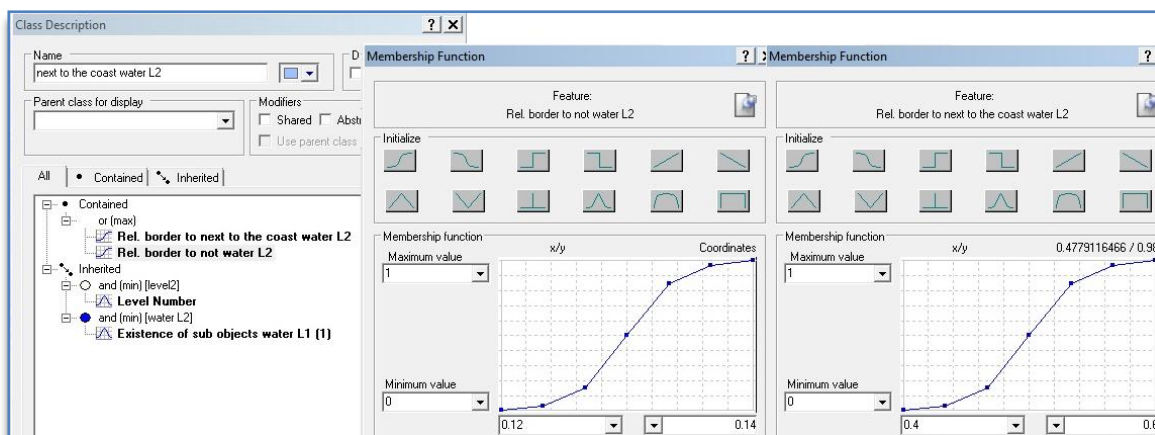
Η κατηγορία water L2 ορίστηκε με τη βοήθεια της ιδιότητας «ύπαρξη υποαντικειμένων» του λογισμικού : Feature view -> Class-Related features -> Relations to sub objects -> Existence of water L1 (1). Ως συνάρτηση ασαφούς λογικής χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση Singleton με τιμή 1 (άκρα το 0 και το 2). Η κατηγορία not water L2, ορίστηκε με τον ίδιο τρόπο, όπως φαίνεται στην εικόνα 3-20:



Εικόνα 3-20 : Περιγραφή κατηγοριών “water L2” και “not water L2”





Η υποκατηγορία Next to the coast water L2 ορίστηκε με βάση την ιδιότητα σχετικό σύνορο (Relative border). Μετά από αριθμό δοκιμών ορίστηκε πως στην κατηγορία θα καταταχθούν όλα τα αντικείμενα των οποίων το σχετικό σύνορο με την κατηγορία Not water L2 ήταν μεγαλύτερο από 0.13. Επιπλέον ορίστηκε πως και όλα τα αντικείμενα τα οποία θα είχαν σχετικό σύνορο μεγαλύτερο από 0.5 με την κατηγορία Next to the coast water L2, θα ανήκαν σε αυτήν την ίδια κατηγορία, με το σκεπτικό πως και αυτά θα βρίσκονταν κοντά στη στεριά.

Στην υποκατηγορία Sea L2 κατατάχθηκαν τα υπόλοιπα υδάτινα αντικείμενα, η οποία ορίστηκε βάση της ανεστραμμένης ομοιότητας με κλάσεις, δηλαδή “not Next to the coast water L2”.



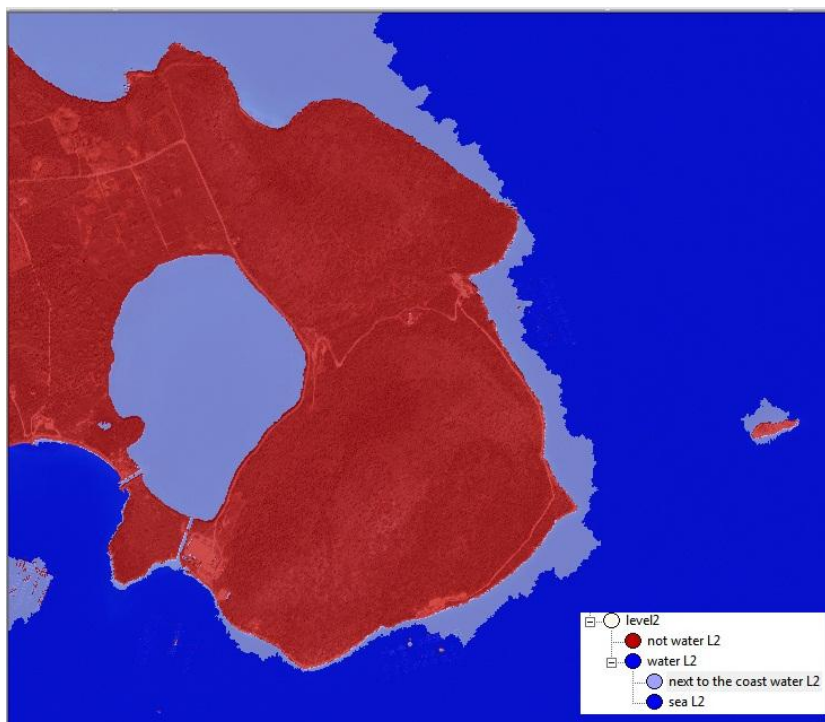
Εικόνα 3-21 : Περιγραφή κατηγορίας “next to the coast water L2”

Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-4:

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξι Όριο
Water L2	Existence of sub-objects water L1 (1)		0	2
Not water L2	Existence of sub-objects not water L1 (1)		0	2
Sea L2	“not Next to the coast waters L2”	-	-	-
Next to the coast water L2	Rel. Border to Next to the coast water L2		0.40	0.60
	Rel. Border to Not water L2		0.12	0.14

Πίνακας 3-4 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου δύο, ΠΜ2

Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης δευτέρου επιπέδου παρουσιάζεται στην εικόνα 3-22 :



Εικόνα 3-22 : Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ2

### 3.1.3.5. Δημιουργία τρίτου επιπέδου-ΠΜ2

Αρχικά έγινε αντιγραφή του level2 κατά ένα επίπεδο πάνω από τον εαυτό του, το οποίο ονομάστηκε level3. Στο παρόν επίπεδο δεν έγινε επιπλέον κατάτμηση εικόνας, αλλά χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή της επόμενης ιεραρχικής δομής. Οπότε, μετά τη δημιουργία του ακολούθησε η ταξινόμηση βάση της ιεραρχίας.

### 3.1.3.6. Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου-ΠΜ2

Για την επόμενη ταξινόμηση δημιουργήθηκε το επίπεδο ιεραρχίας level3 το οποίο αφορά αποκλειστικά το τρίτο επίπεδο κατάτμησης. Σε αυτό το επίπεδο ο σκοπός ήταν να εντοπιστούν όλα τα αντικείμενα τα οποία είχαν παρόμοια χαρακτηριστικά με τη λιμνοθάλασσα. Έγινε και πάλι διάκριση των υδάτινων μαζών (water L3) από τα υπόλοιπα αντικείμενα (not water L3), και επιπλέον δημιουργήθηκαν άλλες δύο υποκατηγορίες που περιλάμβαναν τη θάλασσα (sea L3) και τα νερά που μοιάζουν με λιμνοθάλασσα (Lagoon like L3).

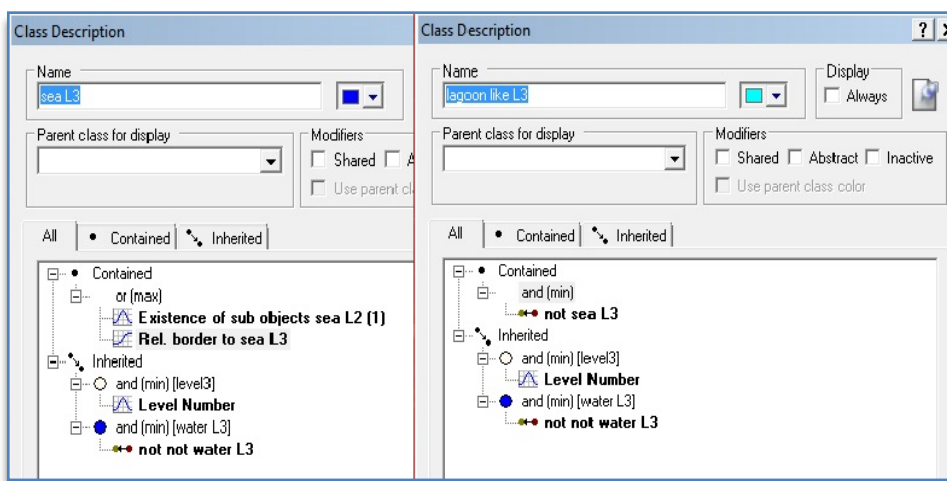
Η κατηγορία Not water L3 ορίστηκε με τη συνάρτηση Existence of sub objects not water L2 (1). Η κατηγορία water L3, ορίστηκε με τη συνάρτηση similarity to classes (inverted) : “not water L3”.

Η υποκατηγορία Sea L3 ορίστηκε με βάση το σκεπτικό πως τα υδάτινα αντικείμενα που είχαν σε ορισμένο ποσοστό κοινό όριο με τη θάλασσα έπρεπε και αυτά να ανήκουν στην κατηγορία θάλασσα. Μετά από δοκιμές μέσω του Feature View, το

ποσοστό αυτό βρέθηκε να είναι κοντά στο 0.325. Οπότε τελικά, η κατηγορία Sea L3 ορίστηκε από τις συναρτήσεις :

- Existence of sub objects Sea L2 (1) (singleton με όρια 0 και 2)
- Rel. border to Sea L3 ( τύπου S με όρια 0.3 και 0.35 )

Η υποκατηγορία Lagoon like L3 ορίστηκε με τη συνάρτηση similarity to classes (inverted): “not sea L3”



Εικόνα 3-23 : Περιγραφή κατηγοριών τρίτου επιπέδου

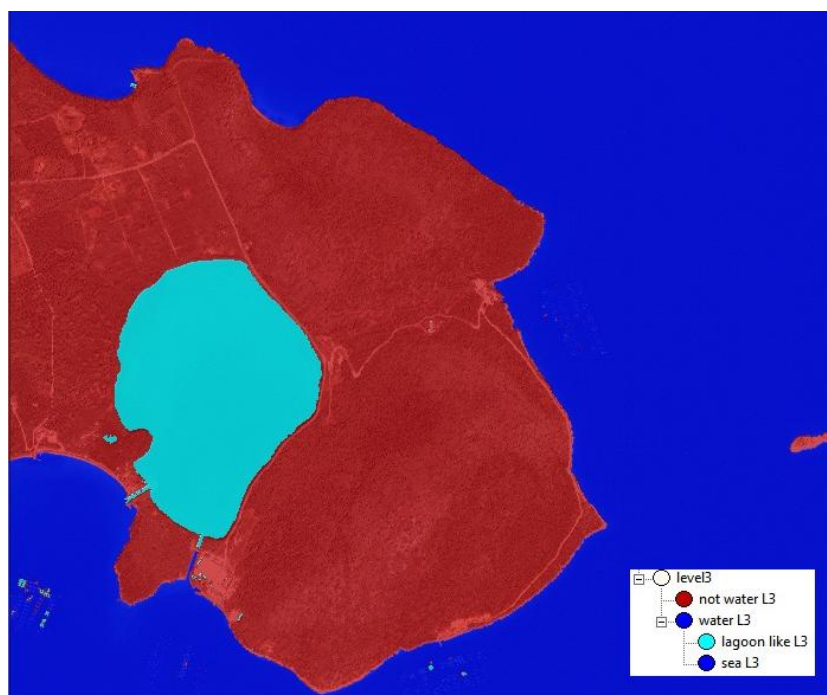
Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-5 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξι Όριο
<b>Not water L3</b>	Existence of sub-objects not water L2 (1)		0	2
<b>Water L3</b>	“not Not Water L1”	-	-	-
<b>Sea L3</b>	Existence of sub-objects Sea L2 (1)		0	2
	Rel. Border to Sea L3	<b>OR</b>	0.3	0.35
<b>Lagoon like L3</b>	“not Sea L3”	-	-	-

Πίνακας 3-5 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τρία, ΠΜ2

Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης φαίνεται στην εικόνα 3-24 :

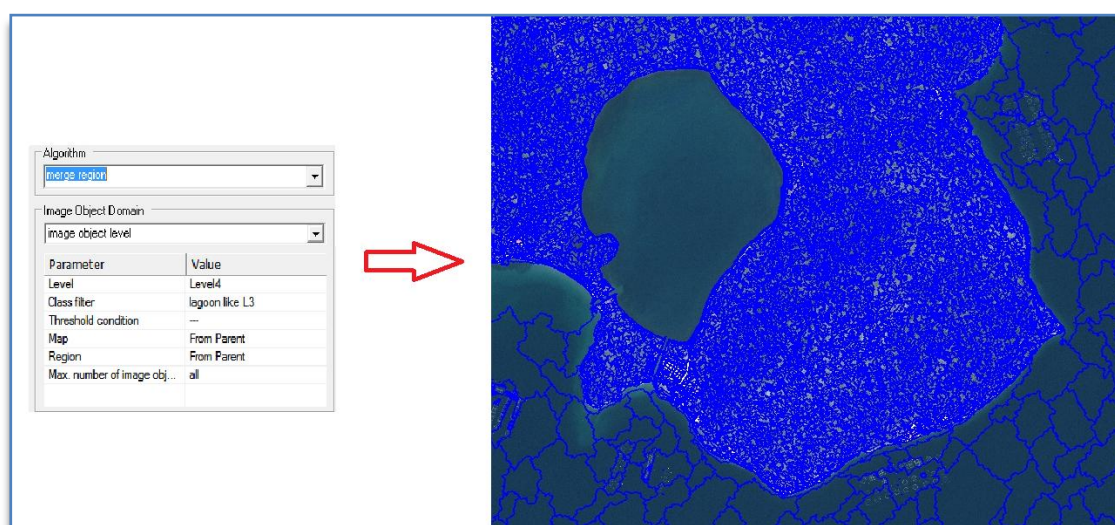




Εικόνα 3-24 : Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ2

### 3.1.3.7. Δημιουργία τέταρτου επιπέδου-ΠΜ2

Αρχικά έγινε αντιγραφή του level3 κατά ένα επίπεδο πάνω από τον εαυτό του, το οποίο μετονομάστηκε level4. Σκοπός του επιπέδου ήταν η εξαγωγή της οντότητας λιμνοθάλασσας οπότε εκτελέστηκε η εντολή συγχώνευσης περιοχής για όσα αντικείμενα ανήκαν στην κατηγορία Lagoon like L3. Με τον τρόπο αυτό, όλα τα αντικείμενα τα οποία είχαν κοινά όρια συγχωνεύτηκαν σε ένα ενιαίο αντικείμενο. Κατόπιν, ακολούθησε η ταξινόμηση βάση της ιεραρχίας.



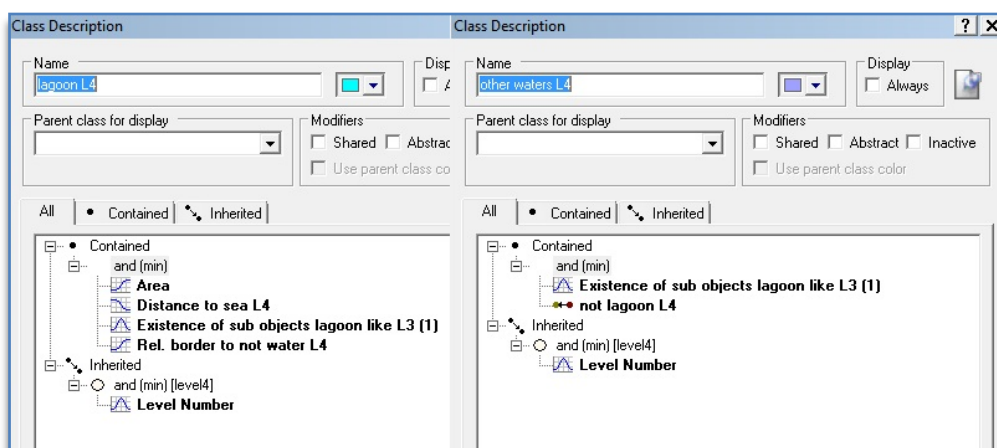
Εικόνα 3-25 : Συγχώνευση αντικειμένων “lagoon like L3”

### 3.1.3.8. Ταξινόμηση τέταρτου επιπέδου-ΠΜ2

Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η τελική ταξινόμηση με επαλήθευση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων της λιμνοθάλασσας και αφαίρεση από την κατηγορία κάποιων αντικειμένων τα οποία δεν είναι λιμνοθάλασσα (κυρίως μικρές υδατοσυλλογές).

Δημιουργήθηκε το επίπεδο ιεραρχίας level4 το οποίο αφορά αποκλειστικά το τέταρτο επίπεδο κατάτμησης. Κατόπιν, δημιουργήθηκε οι κατηγορίες :







- Not water L4 η οποία ορίστηκε με τη συνάρτηση Existence of sub objects Not water L3 (1) (singleton με όρια 0 και 2)
- Sea l4 η οποία ορίστηκε με τη συνάρτηση Existence of sub objects Sea L3 (1) (singleton με όρια 0 και 2)
- Lagoon L4 η οποία ορίστηκε με τη συνάρτηση Existence of sub objects Lagoon like L3 (1) (singleton με όρια 0 και 2), Area (τύπου S με όρια 4900 και 5100 ), Distance to Sea (τύπου Z με όρια 500 και 600) και Rel. border to Not water L4 (τύπου S με όρια 0.8 και 0.85)
- Other waters L4 η οποία ορίστηκε με τη συνάρτηση Existence of sub objects Lagoon like L3 (1) (singleton με όρια 0 και 2) και “not Lagoon L4”.



Εικόνα 3-26 : Περιγραφή κατηγοριών τέταρτου επιπέδου

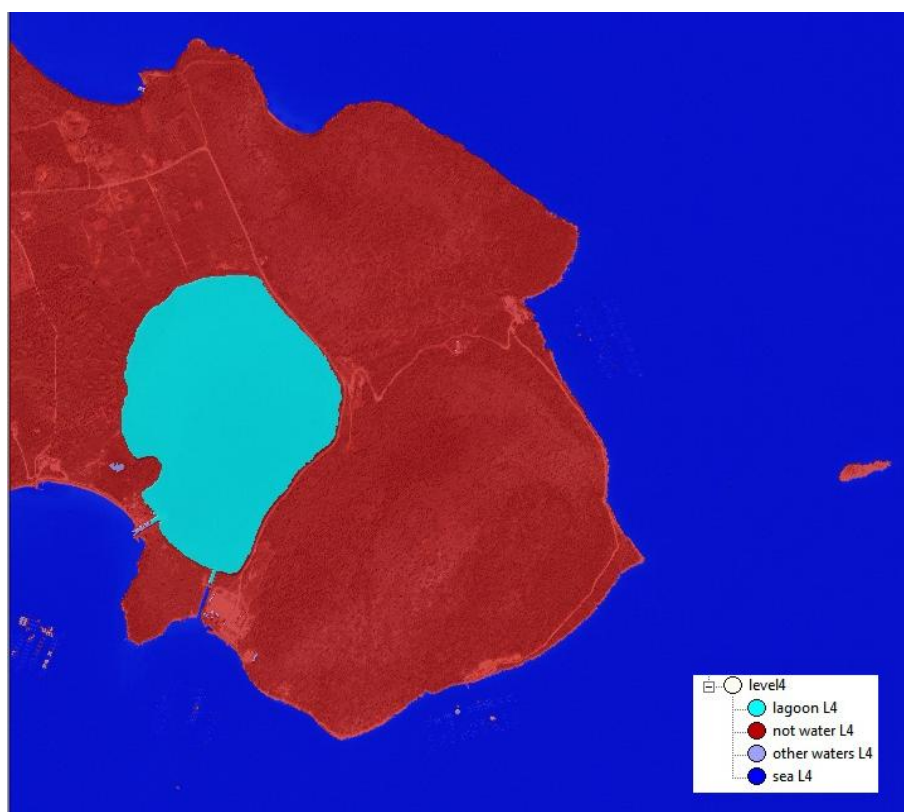
Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-6 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
Not water L4	Existence of sub-objects Not water L3 (1)		0	2

<b>Sea L4</b>	Existence of sub-objects Sea L3 (1)		0	2
<b>Lagoon L4</b>	Existence of sub-objects Lagoon like L3(1)		0	2
	Area		4900	5100
	Distance to Sea L4		500	600
	Rel. Border to Not water L4		0.8	0.85
<b>Other waters L4</b>	Existence of sub-objects Lagoon like L3(1)		0	2
	“not Lagoon L4”	-	-	-

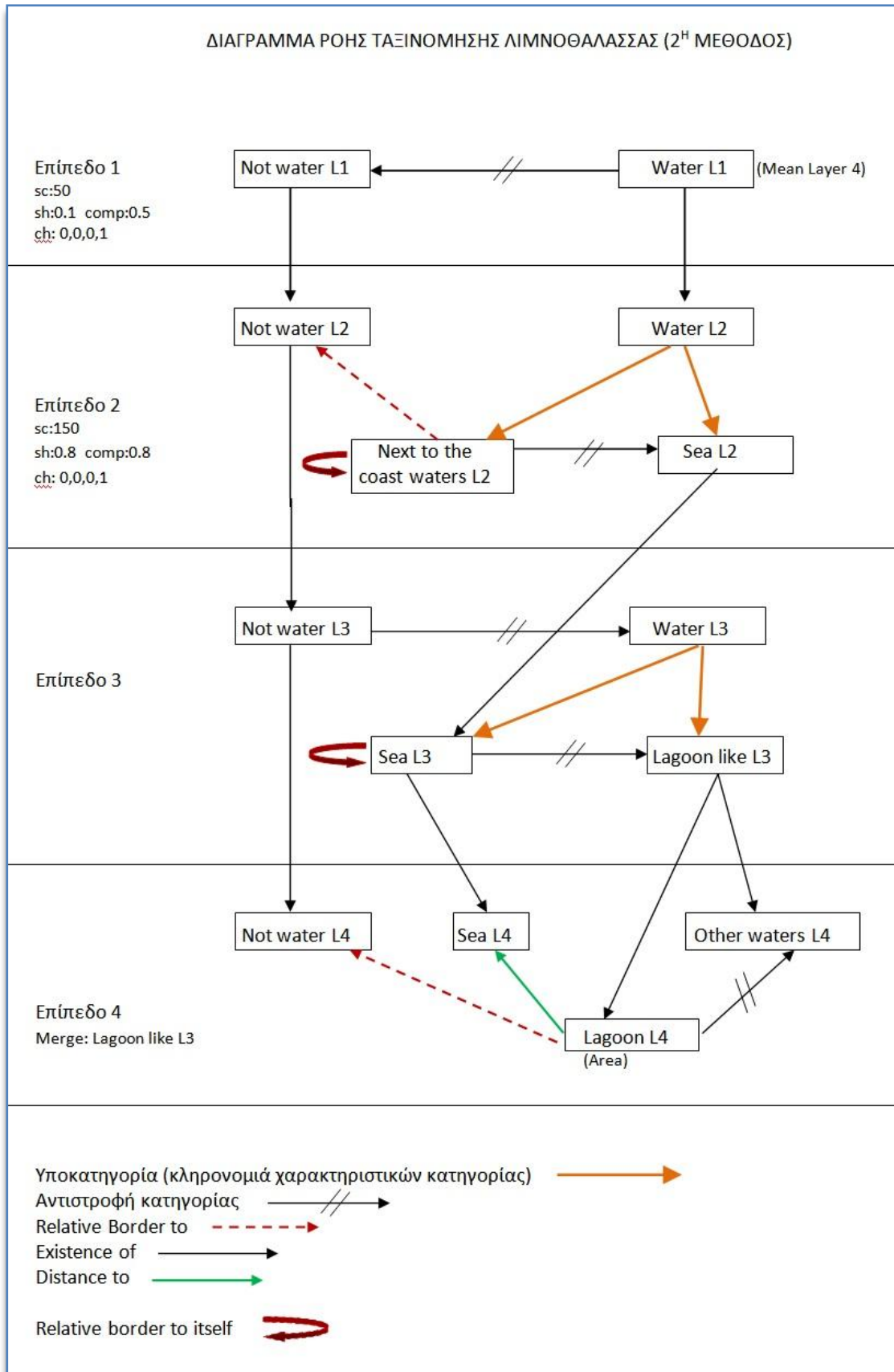
Πίνακας 3-6 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τέσσερα, ΠΜ2

Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμηση παρατίθεται στην εικόνα 3-27 :



Εικόνα 3-27 : Τελική ταξινόμηση, ΠΜ2





**Διάγραμμα 3.2 : Διάγραμμα ροής για την ταξινόμηση λιμνοθάλασσας (2<sup>η</sup> μέθοδος)**

## 3.2. Αλυκές

### 3.2.1. Φωτοερμηνεία εικόνων με αλυκές

Οι αλυκές, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο (§ 1.1.3) μπορεί να είναι φυσικοί ή τεχνητοί θύλακες όπου συγκεντρώνεται θαλασσινό νερό. Οι φυσικές, μη οργανωμένες αλυκές είναι ποικίλου μεγέθους, ενώ οι αλυκές οργανωμένης εκμετάλλευσης είναι συνήθως μεγάλου μεγέθους. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη περιεκτικότητα σε αλάτι, το οποίο από ένα ποσοστό συγκέντρωσης NaCl 26% και πάνω, αρχίζει να δημιουργεί κρυστάλλους. Η συνολική λοιπόν έκταση μιας αλυκής μπορεί να περιλαμβάνει περιοχές με κρυσταλλωμένο αλάτι, περιοχές με αλμυρό νερό και τεχνητούς θύλακες επεξεργασίας οι οποίοι εμφανίζουν ένα γεωμετρικό πρότυπο. Φωτοερμηνευτικά χαρακτηριστικά :

- Χρώμα : για το έγχρωμο σύνθετο RGB 432, μεγάλες περιοχές με σκούρο μπλε χρώμα όπου υπάρχει νερό και περιοχές με ανοιχτό γαλαζοπράσινο ή λευκό χρώμα όπου υπάρχει κρυσταλλωμένο αλάτι. Για το έγχρωμο σύνθετο RGB 321, μεγάλες περιοχές με γαλάζιο χρώμα και περιοχές λευκού χρώματος, κυρίως.
- Μέγεθος : Μεσαίο ή μεγάλο
- Σχήμα : κλειστό πολύγωνο σχήμα, με εύκολα διακριτό περίγραμμα. Παραλληλόγραμμο σχήμα για τις τεχνητές περιοχές, με επαναλαμβανόμενο πρότυπο.
- Δίπλα σε : θάλασσα
- Περιβάλλεται από : ξηρά

### 3.2.2. Αναγνώριση αλυκών (Περίπτωση Μελέτης 3)

Στην πρώτη μέθοδο παρουσιάζεται η προσπάθεια που έγινε για την αναγνώριση ολόκληρης της περιοχής της αλυκής. Η περιοχή περιλάμβανε ολόκληρο το θύλακα με το αλμυρό νερό μαζί με τα τεχνητά έργα για την επεξεργασία του αλατιού.

Ένα από τα κύρια συστατικά της μεθόδου ήταν και πάλι ο διαχωρισμός των αντικειμένων σε νερό και έδαφος και έπειτα σε υπόλοιπες σχετικές υποκατηγορίες. Όμως, επειδή η αλυκή ως οντότητα αποτελείται από αντικείμενα τα οποία χαρακτηρίζονται από διαφορετικές ιδιότητες ( νερό με υψηλή αλατότητα, περιοχές με πολύ ρηχό νερό, έδαφος, τεχνητές κατασκευές κ.α.) χρησιμοποιήθηκαν και επιπλέον ιεραρχικά επίπεδα με βοηθητικές κατηγορίες που σκοπό είχαν να συμβάλλουν στην επίτευξη της ορθής ταξινόμησης.

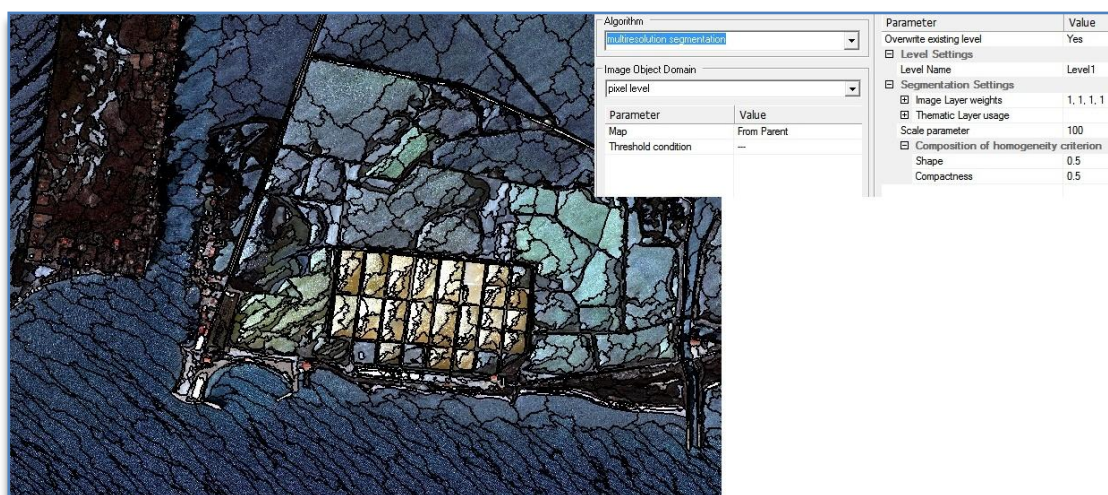
Για την εκτέλεση της μεθόδου χρησιμοποιήθηκε τμήμα δορυφορικής εικόνας της περιοχής του Μεσολογγίου, που περιλαμβάνει τις αλυκές Τουρλίδας.



Εικόνα 3-28 : Αλυκές Τουρλίδας, ΠΜ3

### 3.2.2.1. Κατάτμηση εικόνας πρώτου επιπέδου-ΠΜ3

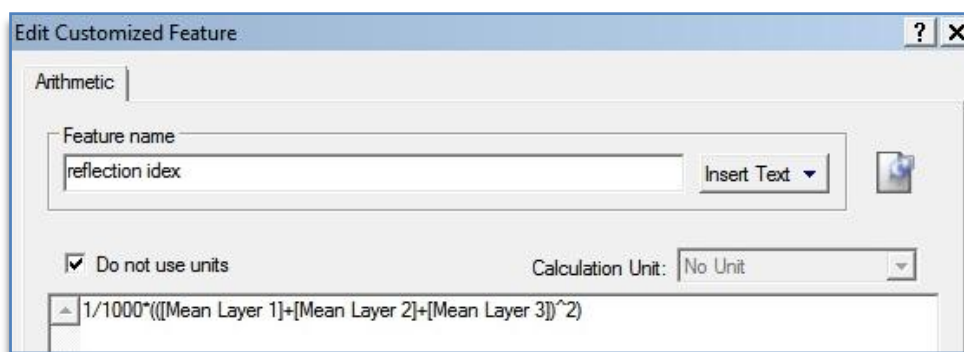
Σκοπός της πρώτης κατάτμησης ήταν η δημιουργία αντικειμένων μεσαιού μεγέθους χωρίς κάποια ιδιαίτερη απαίτηση για τη μορφή του σχήματός τους, τα οποία θα αποτελούσαν τη βάση όπου θα γινόταν οι αρχικές ταξινομήσεις, και τα οποία θα διακρίνονταν σύμφωνα με το ποσοστό της ακτινοβολίας που ανακλούσαν. Για το λόγο αυτό εκτελέστηκε κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης όπου συμμετείχαν όλα τα κανάλια με το ίδιο βάρος ( βάρος = 1), η κλίμακα είχε τιμή ίση με 100 και τα κριτήρια σχήματος και συμπαγούς είχαν και τα δύο μία μέση τιμή ίση με 0.5. Το αποτέλεσμα της κατάτμησης φαίνεται στην εικόνα 3-29:



Εικόνα 3-29 : Κατάτμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ3

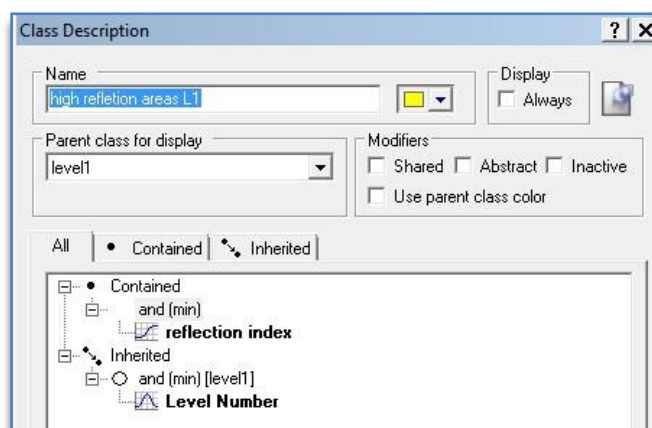
### 3.2.2.2. Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου-ΠΜ3

Η πρώτη ταξινόμηση είχε σαν στόχο την εξαγωγή όλων των περιοχών με μεγάλη ανακλαστικότητα. Μέσα στις περιοχές αυτές εμπíπτουν και οι περιοχές με μεγάλη συγκέντρωση άλατος, όπως βρέθηκε μετά από δοκιμές που έγιναν με το λογισμικό eCognition. Οι περιοχές αυτές, μετά από δοκιμές, βρέθηκε ότι αναδεικνύονται με το δείκτη ο οποίος ονομάστηκε δείκτης “reflection index”, και ισούται με το άθροισμα των τριών πρώτων καναλιών υψωμένο στο τετράγωνο και διαιρεμένο διά χίλια για λόγους κανονικοποίησης.



Εικόνα 3-30 : Δημιουργία δείκτη “reflection index”


Για την υλοποίηση της ταξινόμησης δημιουργήθηκε μία ιεραρχία που αφορούσε αποκλειστικά στο πρώτο επίπεδο, και ονομάστηκε level1. Κατόπιν, κάτω από το level1 δημιουργήθηκε η κατηγορία “high reflection areas L1”. Μέσω του παραθύρου Feature View προσδιορίστηκαν τα όρια για το δείκτη ανακλαστικότητας, τα οποία για τη συνάρτηση τύπου S ορίστηκαν τελικά να είναι 1900 και 2000. Αυτό σημαίνει πως όλα τα αντικείμενα με δείκτη με τιμή μικρότερη από 1900 δεν ανήκουν στην κατηγορία περιοχών με υψηλή ανακλαστικότητα, ενώ αυτά με τιμή δείκτη μεγαλύτερη από 2000 ανήκουν στην εν λόγω κατηγορία. Τα αντικείμενα με τιμές μεταξύ 1900 και 2000 κατατάσσονται ανάλογα με τους κανόνες της ασαφούς λογικής.



Εικόνα 3-31 : Περιγραφή κατηγορίας πρώτου επιπέδου

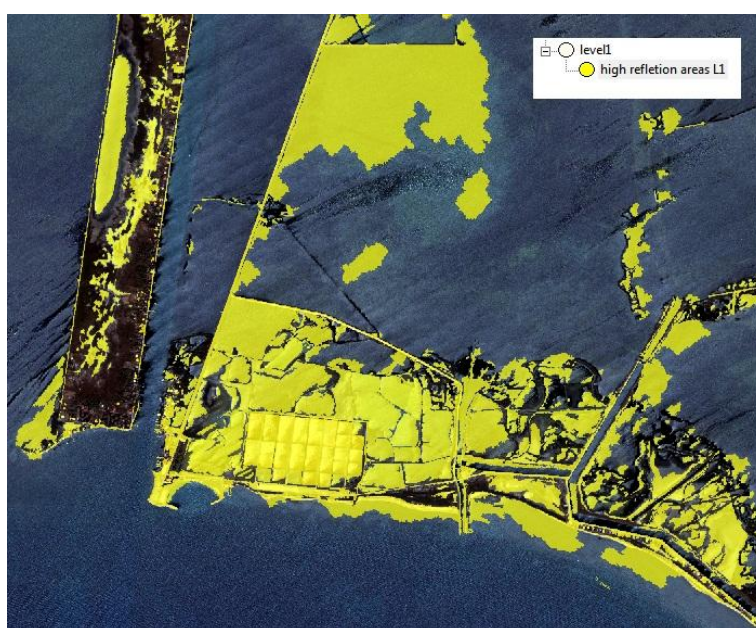


Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-7 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
High reflection areas L1	Reflection index		1900	2000

Πίνακας 3-7 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου ένα, ΠΜ3

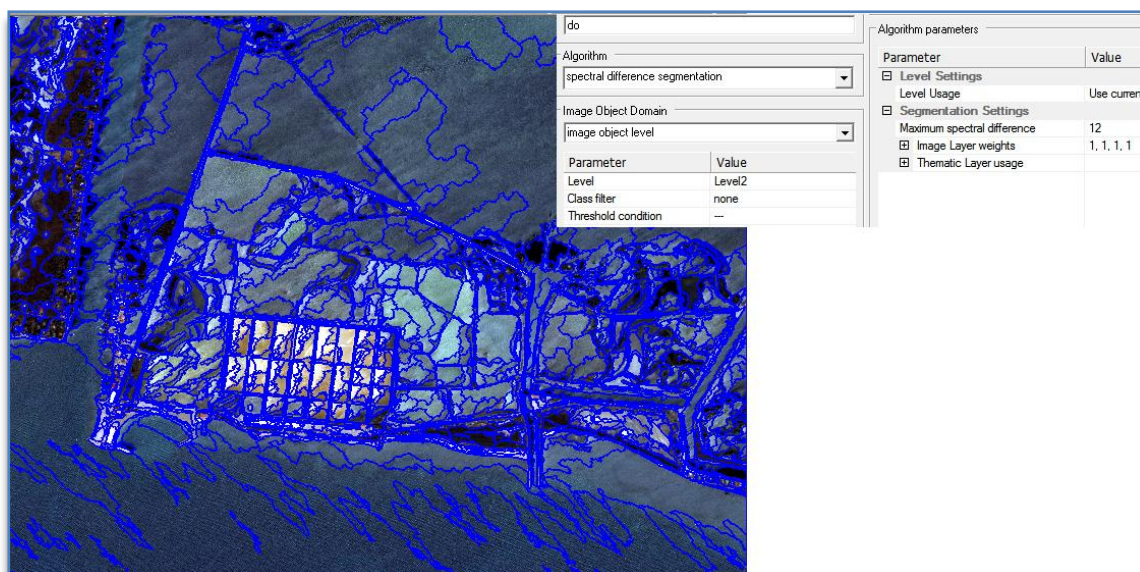
Η εφαρμογή της ταξινόμησης μέσω ιεραρχίας έδωσε το αποτέλεσμα :



Εικόνα 3-32 : Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ3

### 3.2.2.3. Κατάτμηση εικόνας δευτέρου επιπέδου-ΠΜ3

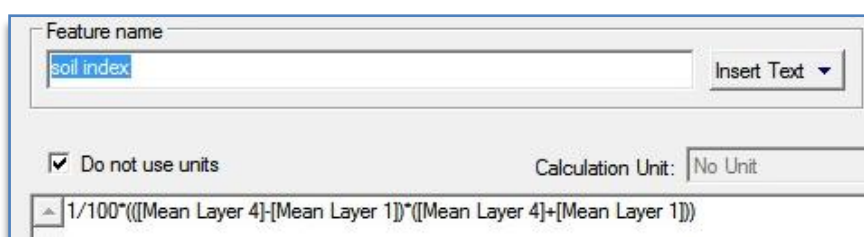
Σε αυτό το επίπεδο τέθηκε ως στόχος ο διαχωρισμός των περιοχών που περιείχαν νερό, από τις περιοχές που δεν περιείχαν. Το αρχικό επίπεδο αντιγράφηκε σε ένα δεύτερο επίπεδο πάνω από τον εαυτό του και στη συνέχεια εφαρμόστηκε κατάτμηση με βάση τη φασματική διαφορά των αντικειμένων. Η τιμή της μέγιστης διαφοράς ορίστηκε να είναι 12, γεγονός που σημαίνει πως όσα αντικείμενα είχαν φασματική διαφορά ίση ή μικρότερη από την τιμή 12, κατατμήθηκαν ως ένα ενιαίο αντικείμενο.



Εικόνα 3-33 : Κατάτμηση δεύτερου επιπέδου και αντικείμενα που δημιουργήθηκαν, ΠΜ3

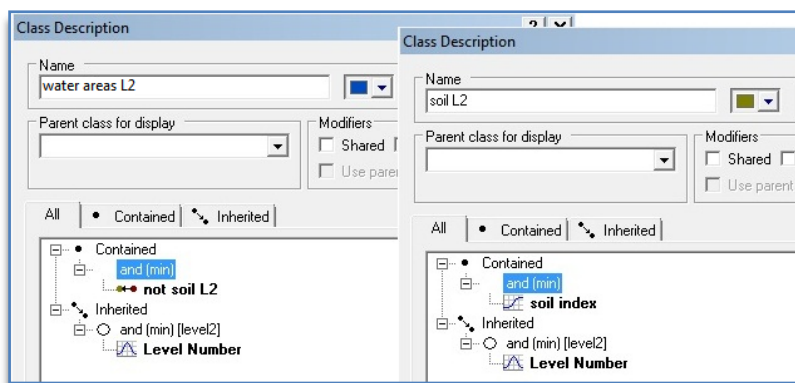
#### 3.2.2.4. Ταξινόμηση εικόνας δεύτερου επιπέδου-ΠΜ3

Για το διαχωρισμό των υδάτινων περιοχών διερευνήθηκαν και άλλοι τρόποι εκτός από τη χρησιμοποίηση του υπέρυθρου καναλιού, καθώς το τέταρτο κανάλι από μόνο του δεν έδωσε τα ζητούμενα αποτελέσματα. Μετά από δοκιμές, δημιουργήθηκε ένας δείκτης ο οποίος ονομάστηκε δείκτης εδάφους και η τιμή του ορίστηκε ίση με το γινόμενο της διαφοράς του καναλιού 4 μείον του καναλιού 1 επί το άθροισμα του καναλιού 4 συν το κανάλι 1. Το γινόμενο διαιρέθηκε με το 100 ώστε να προκύψουν τιμές με κατάλληλη κλίμακα.




Εικόνα 3-34: Δημιουργία δείκτη "soil index"

Κατόπιν δημιουργήθηκε το δεύτερο επίπεδο ιεραρχίας, και δύο υποκατηγορίες, η "soil L2" και "water areas L2". Σύμφωνα με το δείκτη εδάφους, όσα αντικείμενα είχαν τιμή μεγαλύτερη από την τιμή 1 θα κατατάσσονταν στην κατηγορία έδαφος. Τα αντικείμενα με τιμή μικρότερη από την τιμή μηδέν θα κατατάσσονταν στην κατηγορία νερό.



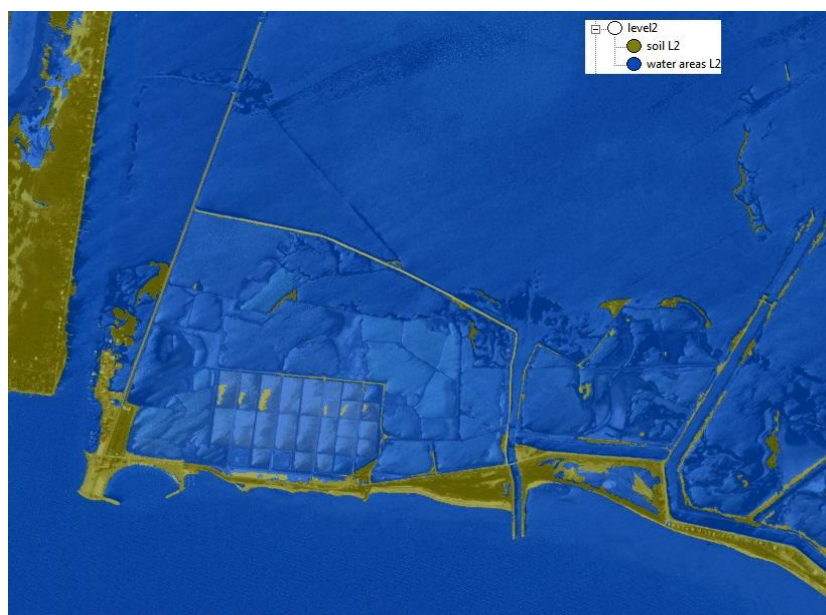
Εικόνα 3-35 : Περιγραφή κατηγοριών δευτέρου επιπέδου

Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-8 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
Soil L2	Soil index		0	1
Water areas L2	Not Soil L2	-	-	-

Πίνακας 3-8 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου δύο, ΠΜ3

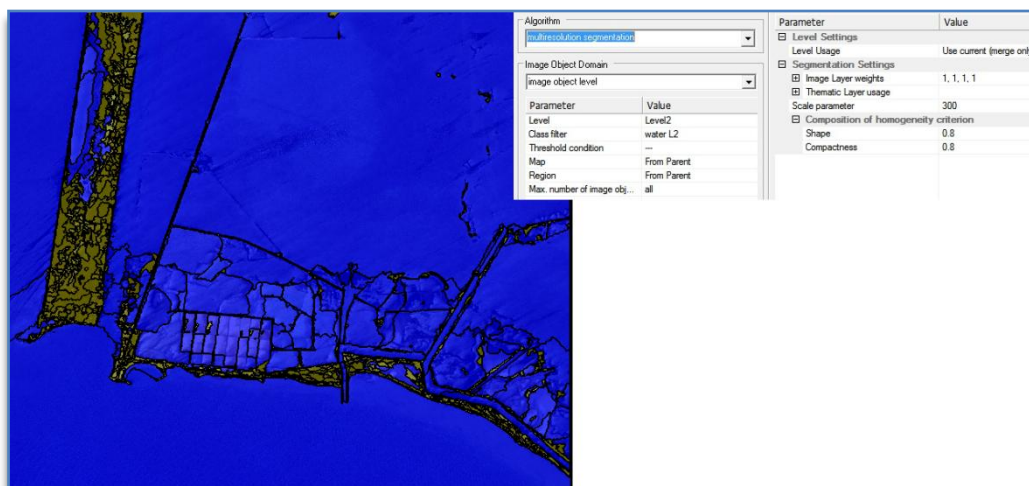
Το αποτέλεσμα της εφαρμογής της ταξινόμησης βάση ιεραρχίας παρουσιάζεται στην εικόνα 3-36:



Εικόνα 3-36 : Ταξινόμηση δεύτερου επιπέδου, ΠΜ3

### 3.2.2.5. Κατάτμηση τρίτου επιπέδου-ΠΜ3

Το τρίτο επίπεδο δημιουργήθηκε προκειμένου να εφαρμοστούν οι αρχικοί κανόνες που θα οδηγήσουν στην εξαγωγή της αλυκής. Περαιτέρω κατάτμηση έγινε μόνο στα αντικείμενα που ανήκαν στην κατηγορία νερό, με τιμή κλίμακας ίση με 300 και τιμές σχήματος και συμπαγούς ίσες με 0.8 ώστε να προκύψουν αντικείμενα με μεγάλο μέγεθος και συμπαγές σχήμα.

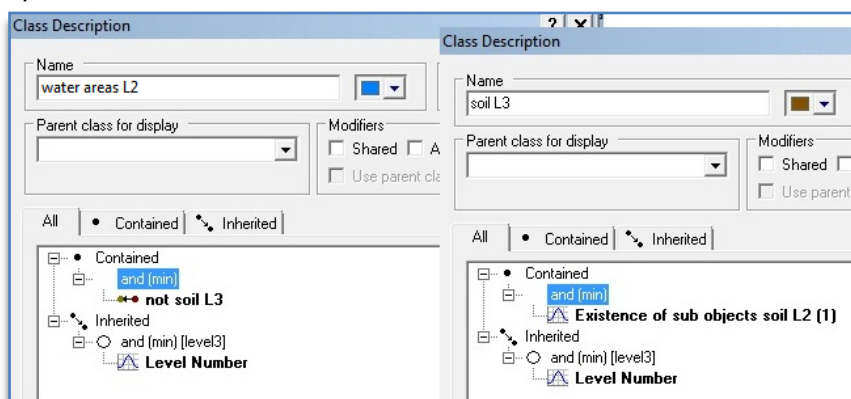


Εικόνα 3-37 : Κατάτμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ3

### 3.2.2.6. Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου-ΠΜ3

Αρχικά, δημιουργήθηκε το τρίτο επίπεδο ιεραρχίας το οποίο αντιστοιχεί στο τρίτο επίπεδο κατάτμησης. Οι κατηγορίες που δομήθηκαν ήταν οι “soil L3” και “water areas L3” με υποκατηγορίες τις “saltworks like(1) L3” και “saltworks like(2) L3”.

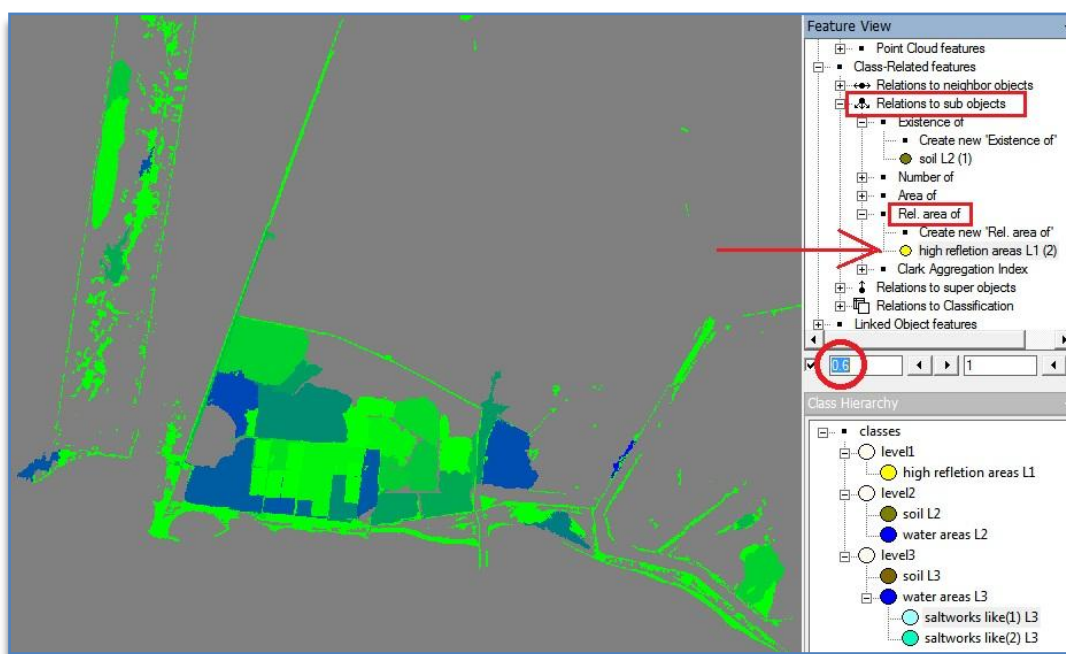
Η κατηγορία “soil L3” ορίστηκε να ισχύει για τα αντικείμενα τα οποία στο αμέσως προηγούμενο επίπεδο ανήκουν στην κατηγορία “soil L2”. Το “water areas L3” ορίστηκε να ισχύει για όλα τα υπόλοιπα αντικείμενα τα οποία δεν ταξινομήθηκαν ως έδαφος.



Εικόνα 3-38 : Περιγραφή κατηγοριών δευτέρου επιπέδου, ΠΜ3

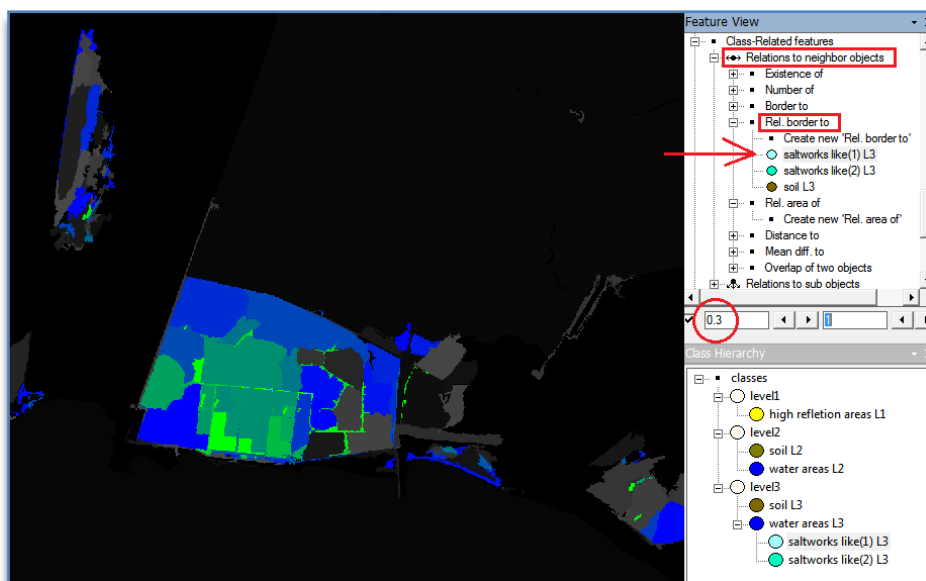


Κατά την ταξινόμηση του δευτέρου επιπέδου με τη βοήθεια του δείκτη “soil index”, παρατηρήθηκε πως υπήρξαν ορισμένες περιοχές (κυρίως δρόμοι) οι οποίες ταξινομήθηκαν εσφαλμένα στην κατηγορία των υδάτινων περιοχών, λόγω της ομοιότητας των φασματικών χαρακτηριστικών τους, κυρίως όσον αφορά στο NIR κανάλι. Για το λόγο αυτό, το κριτήριο του μήκους προς το πλάτος χρησιμοποιήθηκε στην κατηγορία “saltworks like(1) L3” προκειμένου να φιλτράρει τις περιοχές αυτές. Η τιμή του κριτηρίου Length/Width προσδιορίστηκε ότι έπρεπε να είναι μικρότερη από 13. Δεύτερο κριτήριο ήταν το ότι η “saltworks like(1) L3” θα έπρεπε να περιλαμβάνει αντικείμενα που ανήκουν σε περιοχές με υψηλή ανακλαστικότητα, Rel. area of subObjects high reflection areas L1 να είναι μεγαλύτερη από 0.6. Τρίτο κριτήριο ήταν το κοινό όριο με το έδαφος, επειδή οι αλυκές πάντα περικλείονται από κάποια μορφή εδάφους, το οποίο προσδιορίστηκε μεγαλύτερο από 0.11. Τα όρια των συναρτήσεων προσδιορίστηκαν με δοκιμές μέσω του παραθύρου Feature View, όπως φαίνεται στην εικόνα 3-39:



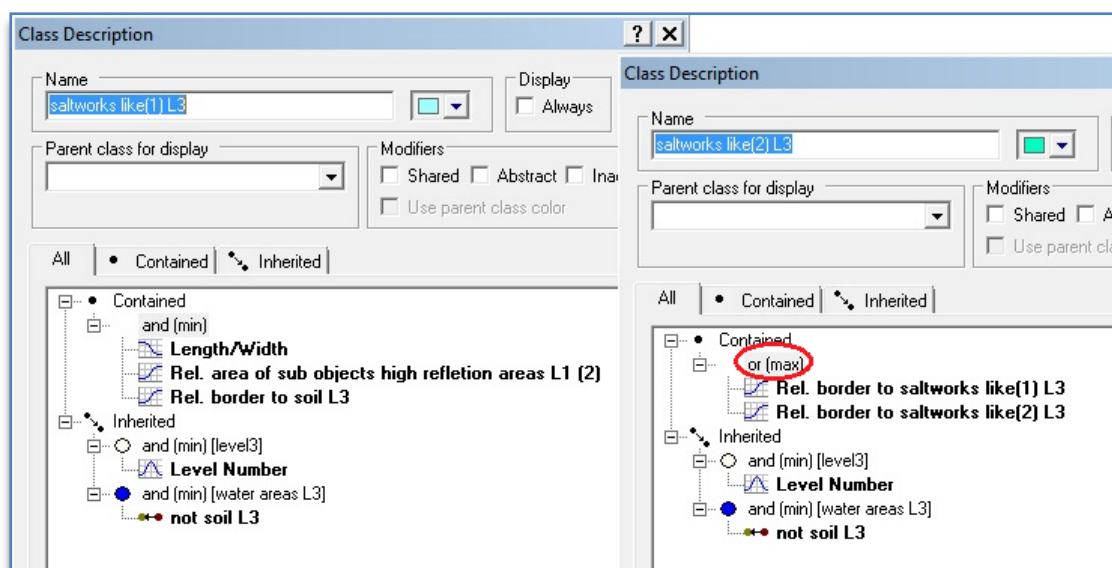
Εικόνα 3-39 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα “rel. Area of high reflection areas L1 (2)”

Η κατηγορία “saltworks like(2) L3” ορίστηκε να περιλαμβάνει όλα τα αντικείμενα τα οποία είχαν κοινό όριο, πάνω από ένα ορισμένο ποσοστό, με την κατηγορία “saltworks like(1) L3” ή με τον ίδιο της τον εαυτό. Το ποσοστό μετά από δοκιμές προσδιορίστηκε στο 0.31.



Εικόνα 3-40 : ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα “Rel. Border to saltworks like1 L3”






Συνοπτικά, οι δύο υποκατηγορίες ορίστηκαν ως εξής :



Εικόνα 3-41 : περιγραφή κατηγοριών τρίτου επιπέδου

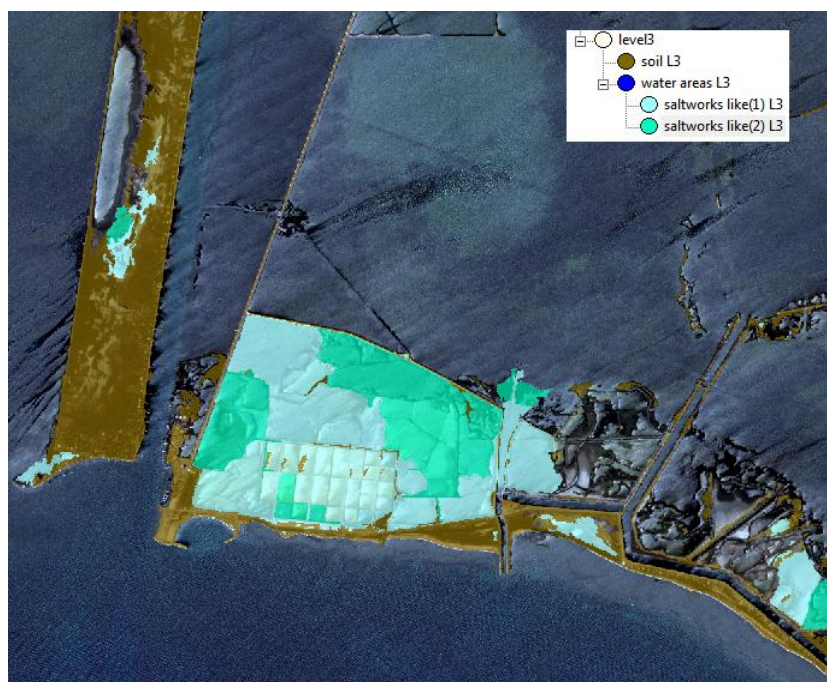
Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-9 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
Soil L3	Existence of sub-objects Soil L2 (1)		0	2
Water areas L3	Not Soil L3	-	-	-

<b>Saltworks like(1) L3</b>	Rel. area of high reflection areas L1		0.60	0.70
	Rel. Border to Soil L3		0.10	0.11
	Length/Width		13	14
<b>Saltworks like(2) L3</b>	Rel. border to saltworks like(1) L3		0.30	0.32
	Rel. border to saltworks like(2) L3		0.30	0.32

Πίνακας 3-9 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τρία, ΠΜ3

Και το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης :

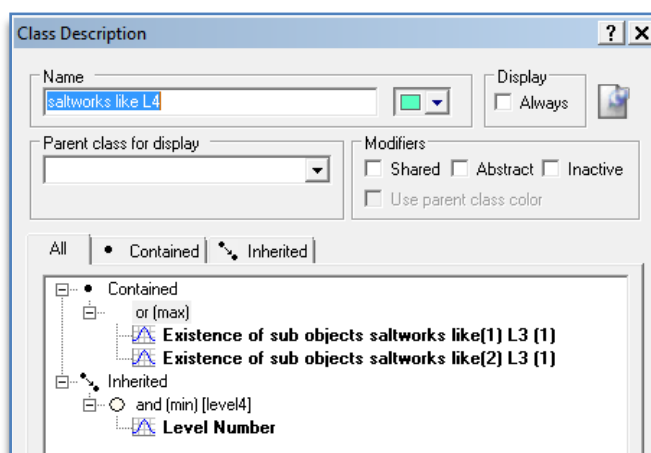


Εικόνα 3-42 : Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ3

### 3.2.2.7. Δημιουργία τέταρτου επιπέδου-ΠΜ3



Το τέταρτο επίπεδο δεν περιλαμβάνει περαιτέρω κατάτμηση αλλά δημιουργήθηκε με σκοπό να ενώσει τις δύο προηγούμενες κατηγορίες “saltworks like” του τρίτου επιπέδου σε μία ενιαία κατηγορία. Για το λόγο αυτό, το level3 αντιγράφηκε σε ένα επίπεδο πάνω και μετονομάστηκε σε level4. Κατόπιν δημιουργήθηκε μία ιεραρχική δομή με μόνη κατηγορία την “saltworks like L4”, η οποία ορίστηκε να περιλαμβάνει

όλα τα αντικείμενα τα οποία ανήκουν στην κατηγορία “saltworks like(1) L3” είτε στην “saltworks like(2) L3”.



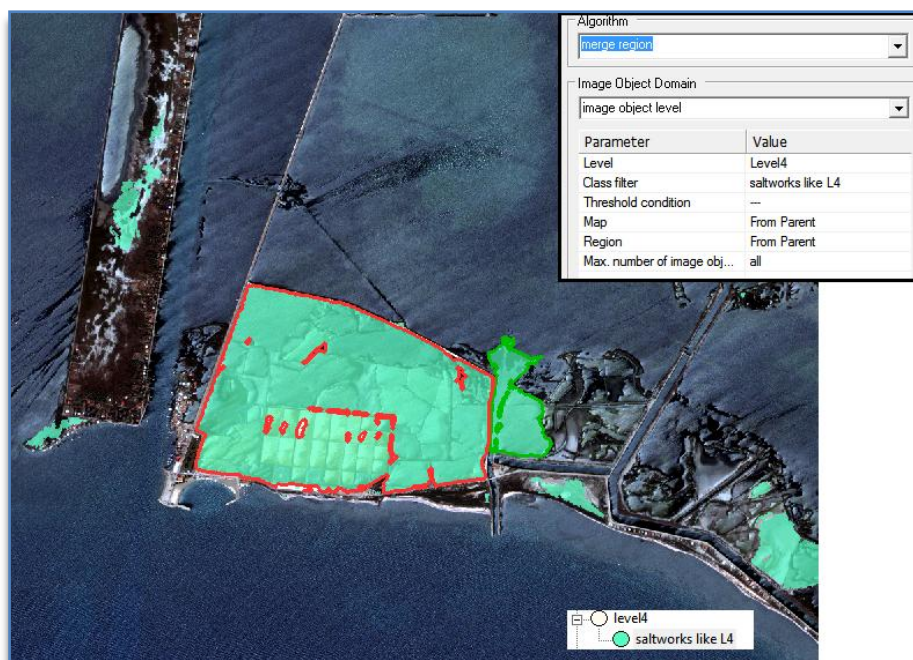
Εικόνα 3-43 : Περιγραφή κατηγορίας τέταρτου επιπέδου

Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-10 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
<b>Saltworks like L4</b>	Existence of sub-objects saltworks like(1) L3 (1)		0	2
	Existence of sub-objects saltworks like(2) L3 (1)		0	2

Πίνακας 3-10 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τέσσερα, ΠΜ3

Αφού αναπτύχθηκε η διαδικασία της ταξινόμησης βάσει ιεραρχίας, ακολούθως έγινε συγχώνευση των αντικειμένων που ανήκαν στην κατηγορία “saltworks like L4”, ώστε να προκύψουν ενιαία αντικείμενα που αντιπροσωπεύουν την οντότητα αλυκή, πάνω στα οποία θα εφαρμοστούν οι κανόνες του επόμενου επιπέδου :



Εικόνα 3-44 : Συγχώνευση αντικειμένων κατηγορίας “saltworks like L4”, ΠΜ3

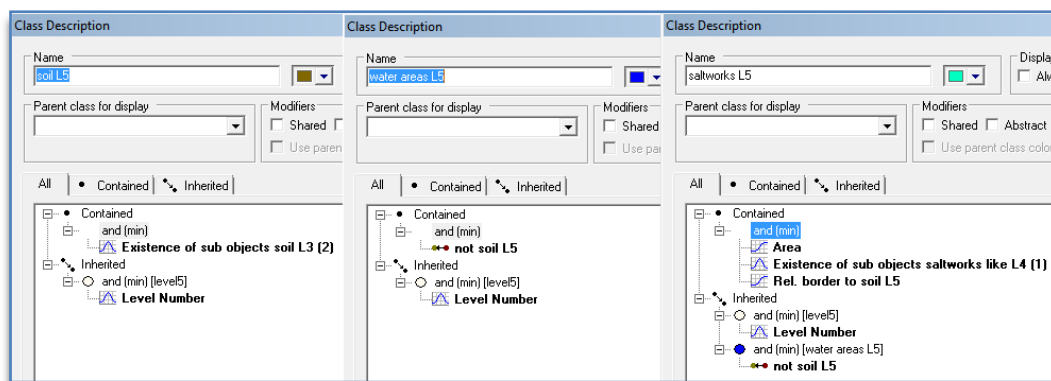
### 3.2.2.8. Δημιουργία πέμπτου επιπέδου-ΠΜ3

Το πέμπτο επίπεδο δημιουργήθηκε με την αντιγραφή και μετονομασία του τέταρτου επιπέδου κατά ένα επίπεδο πιο πάνω. Επιπλέον κατατμήσεις δεν ήταν απαραίτητες, επειδή σκοπός του επιπέδου ήταν η τελική εφαρμογή των κανόνων που θα προσδιόριζαν την οντότητα αλυκή. Για το σκοπό αυτό, δημιουργήθηκε ένα ιεραρχικό επίπεδο που ονομάστηκε “level5” το οποίο περιλάμβανε τις κατηγορίες “soil L5” “water areas L5” “saltworks L5” και “other waters L5”.

Η κατηγορία “soil L5” ορίστηκε να ισχύει για όλα τα αντικείμενα τα οποία στο επίπεδο 3 ανήκουν στην κατηγορία έδαφος. Η κατηγορία “water areas L5” ορίστηκε να ισχύει για όλα τα αντικείμενα τα οποία δεν ανήκουν στην κατηγορία έδαφος. Η υποκατηγορία “saltworks L5” ορίστηκε να ισχύει για τα αντικείμενα τα οποία ανήκουν στην κατηγορία “saltworks like L4”, έχουν κοινό όριο με το έδαφος μεγαλύτερο από 0.7 και καταλαμβάνουν έκταση μεγαλύτερη από 50.000 εικονοστοιχεία. Η κατηγορία “other waters L5” ορίστηκε να ισχύει για όσα αντικείμενα δεν ανήκουν στην κατηγορία αλυκή.

(Σημείωση : Η εκτίμηση για την έκταση έγινε εμπειρικά, μετά από έρευνα για τις οργανωμένες αλυκές του ελλαδικού χώρου, όπου διαπιστώθηκε πως ο μέσος όρος έκτασης μιας οργανωμένης αλυκής είναι τα 2500 στρέμματα, ενώ η μικρότερη αλυκή είναι αυτή της Μήλου με έκταση 500 στρέμματα. Εδώ, σαν κατώτατο όριο ορίστηκε το 1/10 της έκτασης της αλυκής της Μήλου)





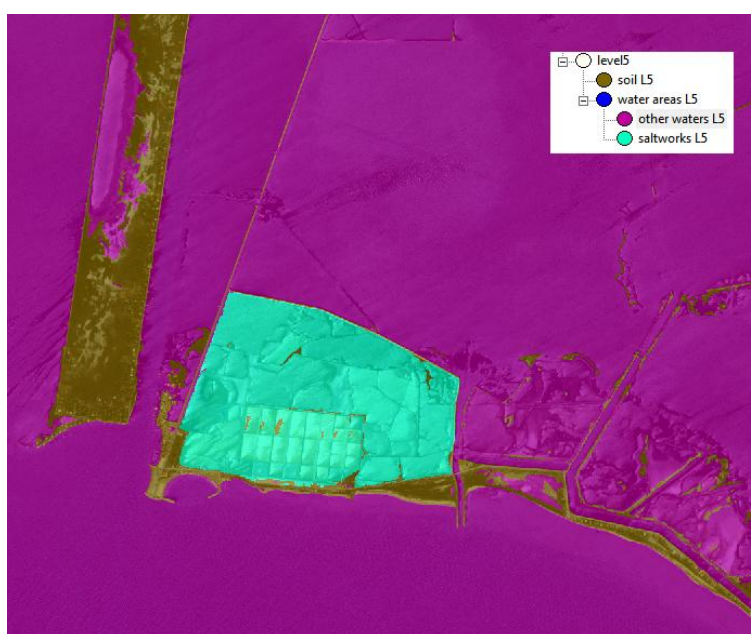
Εικόνα 3-45 : Περιγραφή κατηγοριών πέμπτου επιπέδου

Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-11 :

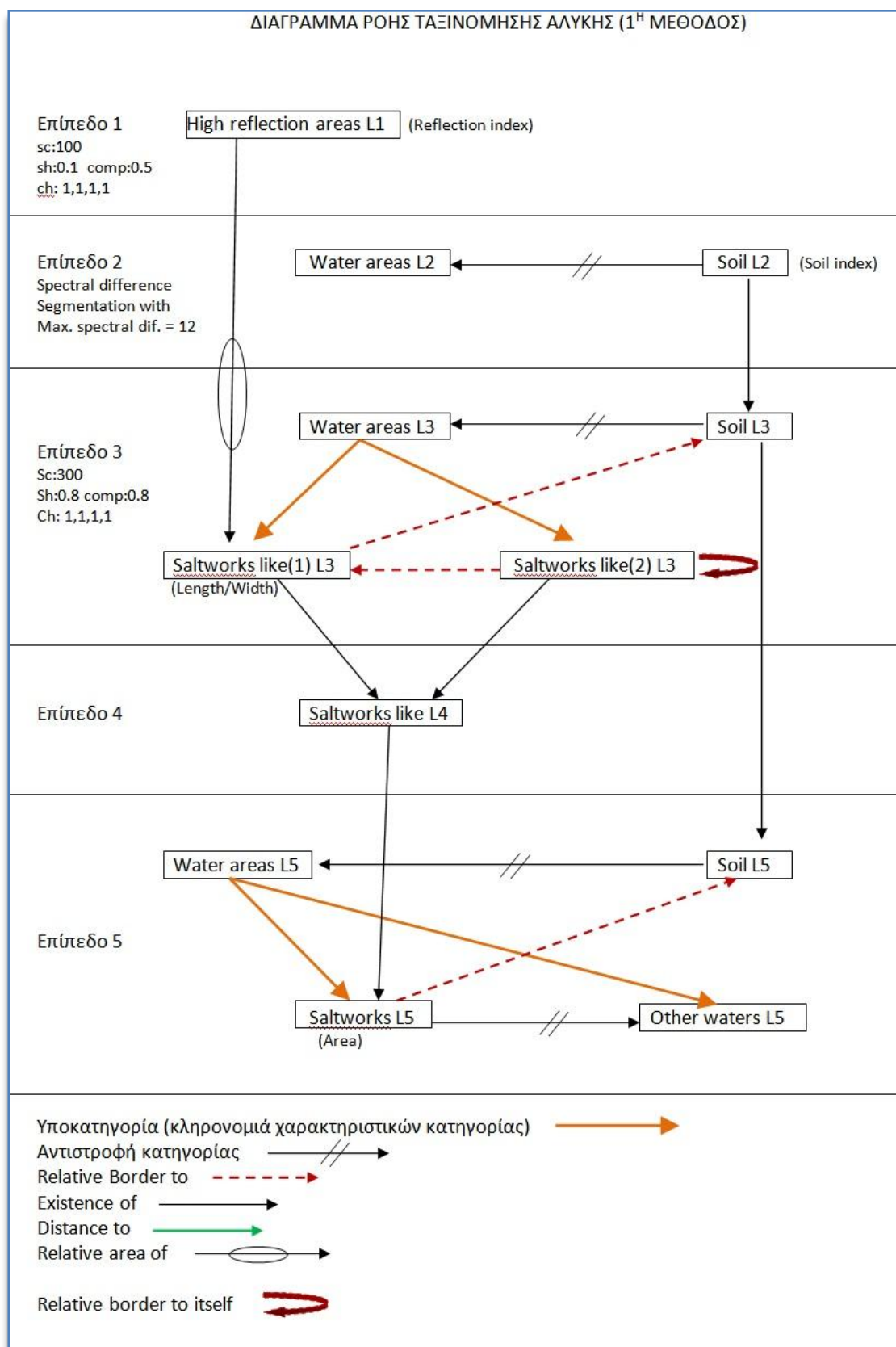
Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
Soil L5	Existence of sub-objects Soil L3 (2)		0	2
Water areas L5	Not Soil L5	-	-	-
Saltworks L5	Existence of sub-objects Saltworks L4 (1)		0	2
	Rel. border to soil L5		0.7	0.71
	Area		49000	51000
Other waters L5	Not Saltworks L5	-	-	-

Πίνακας 3-11 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου πέντε, ΠΜ3

Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης παρουσιάζεται στην εικόνα 3-46:



Εικόνα 3-46 : Τελική ταξινόμηση αλυκής, ΠΜ3



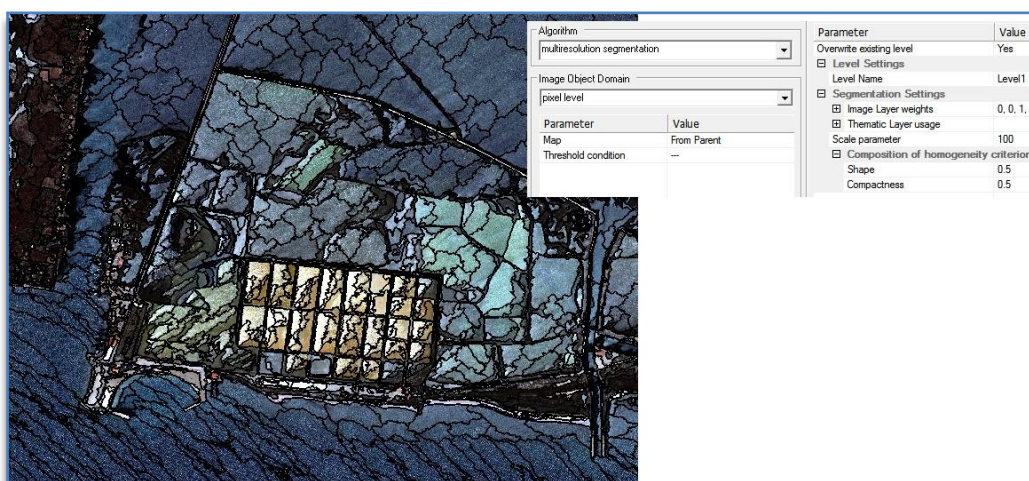
**Διάγραμμα 3.3 : Διάγραμμα ροής για την ταξινόμηση αλυκής**

### 3.2.3. Αναγνώριση αλυκών (Περίπτωση Μελέτης 4)

Στην παρούσα παράγραφο εξετάστηκε η δυνατότητα εξαγωγής της περιοχής της αλυκής η οποία περιλαμβάνει μόνο τους θύλακες επεξεργασίας – εξάτμισης αλατιού, αγνοώντας το κομμάτι της φυσικής λιμνοθάλασσας από το οποίο αντλείται το αλμυρό νερό. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η ίδια εικόνα με αυτήν της προηγούμενης παραγράφου 3.2.2.

#### 3.2.3.1. Κατάτμηση πρώτου επιπέδου-ΠΜ4

Στόχος του πρώτου επιπέδου ήταν να προσδιοριστεί το περίγραμμα της εικόνας της αλυκής. Επειδή δεν υπήρχαν συγκεκριμένες απαιτήσεις για την αρχική κατάτμηση, επιλέχθηκαν κάποιες μέσες τιμές για κλίμακα, σχήμα και συμπαγές οι οποίες ήταν 100, 0.5 και 0.5 αντίστοιχα. Μετά από δοκιμές προέκυψε πως το βέλτιστο αποτέλεσμα δινόταν όταν στην κατάτμηση συμμετείχε μόνο το τρίτο φασματικό κανάλι, οπότε τα βάρη των υπολοίπων καναλιών ορίστηκαν ίσα με το μηδέν :

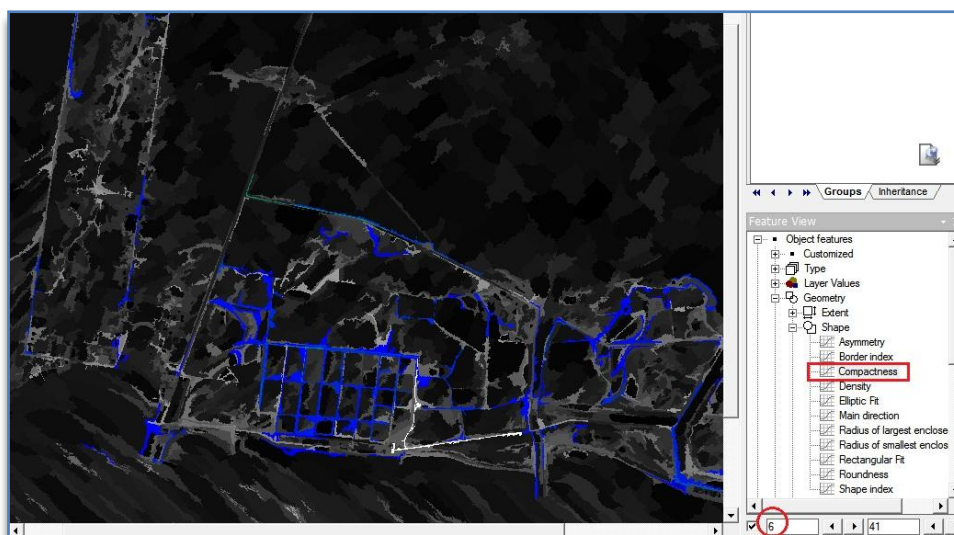


Εικόνα 3-47 : Αρχική κατάτμηση περιοχής, ΠΜ4

#### 3.2.3.2. Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου-ΠΜ4

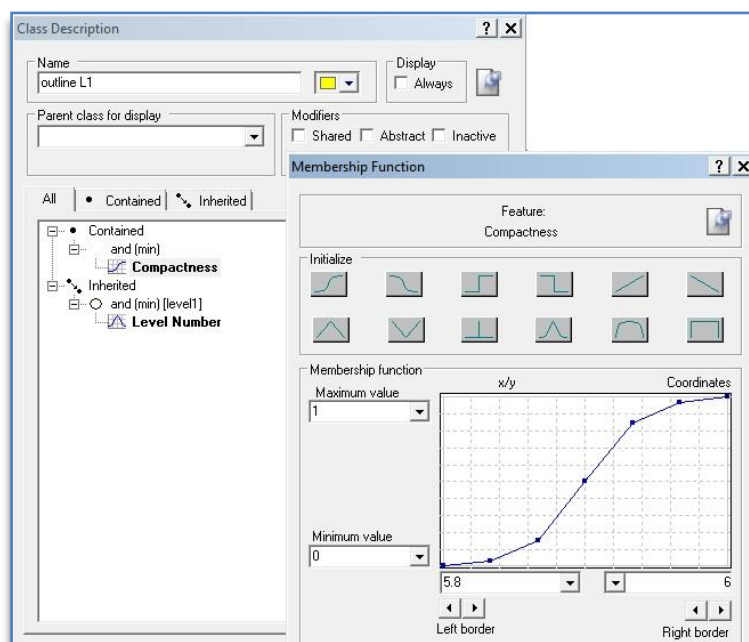
Για την υλοποίηση της ταξινόμησης δημιουργήθηκε μία ιεραρχία που αφορούσε αποκλειστικά στο πρώτο επίπεδο, και ονομάστηκε level1. Κατόπιν, κάτω από το level1 δημιουργήθηκε η κατηγορία “outlines L1”. Μέσω του παραθύρου Feature View και μετά από πλήθος δοκιμών, επιλέχτηκε το κριτήριο του συμπαγούς ώστε να οριστεί η κατηγορία του περιγράμματος της αλυκής.






Εικόνα 3-48 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα Compactness

Τα όρια της ιδιότητας για τη συνάρτηση τύπου S ορίστηκαν να είναι 5.8 και 6, πράγμα που σημαίνει πως όλα τα αντικείμενα με τιμή συμπαγούς μεγαλύτερη από 6 κατατάσσονται στην κατηγορία “outlines L1”, ενώ αυτά με τιμή μικρότερη από 5.8 δεν κατατάσσονται στην κατηγορία.



Εικόνα 3-49 : Περιγραφή κατηγορίας πρώτου επιπέδου

Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-12:

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
Outlines L1	Compactness		5.8	6

Πίνακας 3-12 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου ένα, ΠΜ4

Η εφαρμογή της ταξινόμησης βάσει ιεραρχίας έδωσε το αποτέλεσμα :

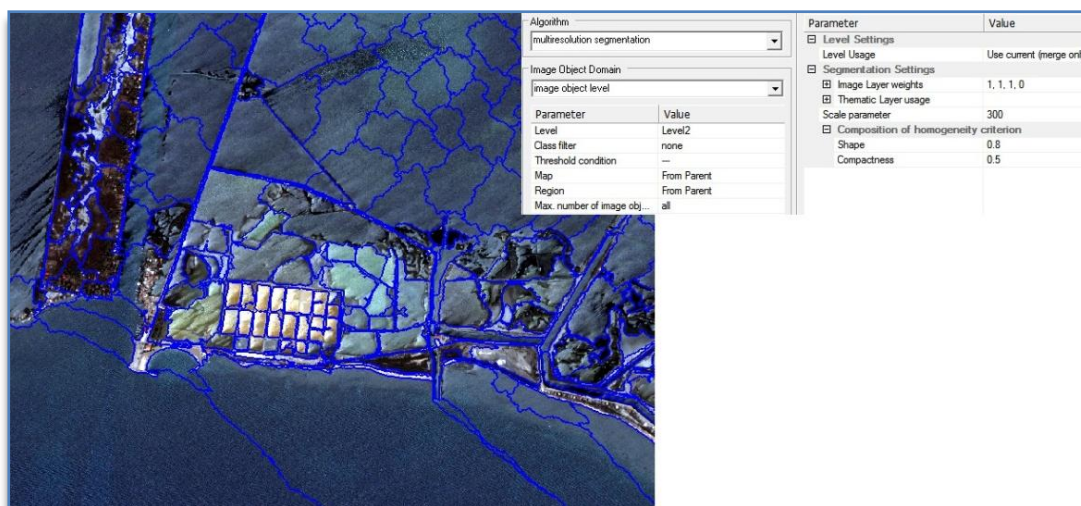


Εικόνα 3-50 : Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ4

Προκειμένου να δημιουργηθούν ενιαία αντικείμενα, την ταξινόμηση βάσει ιεραρχίας ακολούθησε η συγχώνευση των αντικειμένων της κατηγορίας μέσω της εντολής “merge objects”.

### 3.2.3.3. Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου-ΠΜ4

Στόχος του δευτέρου επιπέδου ήταν να αναγνωριστεί το εσωτερικό της αλυκής. Δημιουργήθηκε το level2 με αντιγραφή και μετονομασία του level1 κατά ένα επίπεδο πάνω από τον εαυτό του. Κατόπιν εφαρμόστηκε κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης. Επειδή ζητούμενο ήταν η δημιουργία μεγάλων αντικειμένων με όσο το δυνατόν κανονικό και συμπαγές σχήμα, η κλίμακα ορίστηκε ίση με 300, το σχήμα ίσο με 0.8 και το συμπαγές ίσο με 0.5.



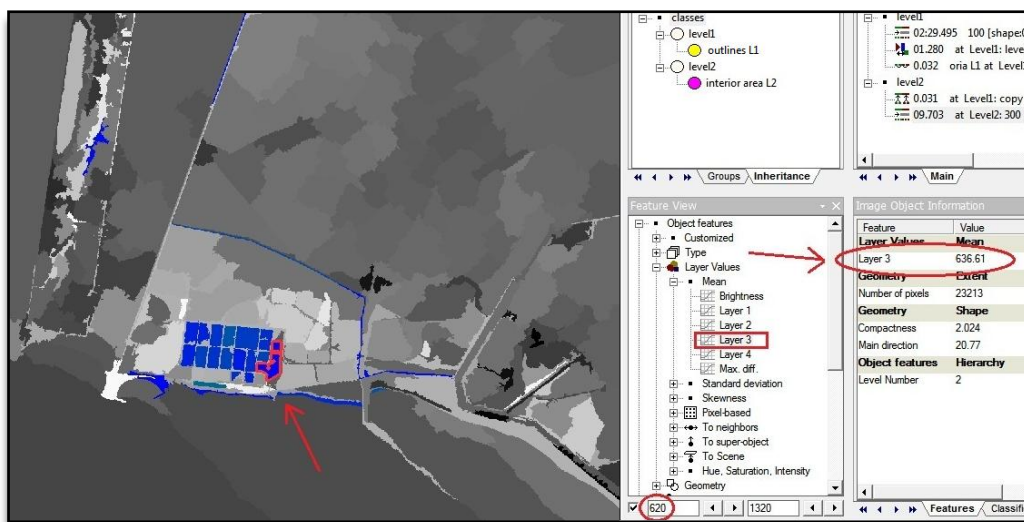
Εικόνα 3-51 : Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου

**Παρατήρηση :** Σε ορισμένες περιπτώσεις, η εντολή “merge objects” ενδέχεται να μην έχει επίπτωση στο τελικό αποτέλεσμα εφόσον παραλειφθεί. Όμως, στη συγκεκριμένη μεθοδολογία, αν η κατάτμηση του δευτέρου επιπέδου γίνει χωρίς να έχει προηγηθεί συγχώνευση των αντικειμένων που ανήκουν στην κατηγορία “outlines L1”, τότε το λογισμικό θα δώσει εντελώς διαφορετικά αποτελέσματα.

#### 3.2.3.4. Ταξινόμηση δευτέρου επιπέδου-ΠΜ4

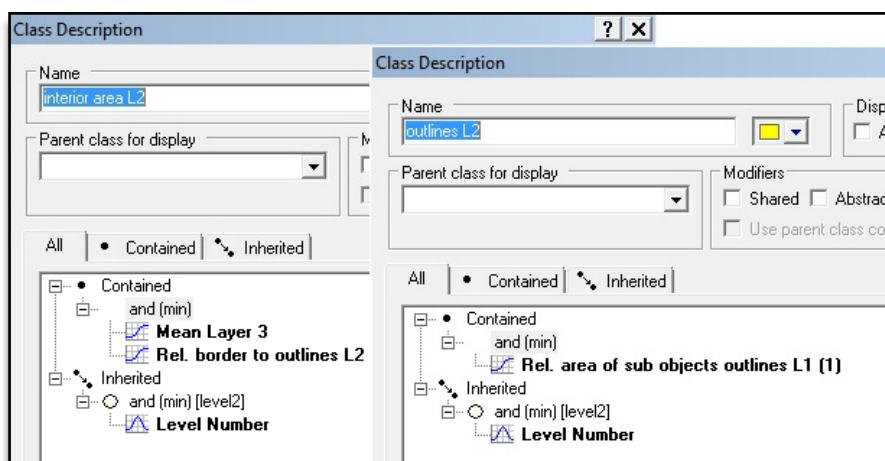
Προκειμένου να ταξινομηθούν οι περιοχές που ανήκουν στο εσωτερικό, δημιουργήθηκε το δεύτερο επίπεδο ιεραρχίας το οποίο ορίστηκε να ισχύει μόνο για το δεύτερο επίπεδο κατάτμησης. Κατόπιν δημιουργήθηκαν οι κατηγορίες “interior area L2” και “outlines L2”.

Η “interior area L2” επειδή θα έπρεπε να περιβάλλεται από το περίγραμμα της αλκυής ορίστηκε μέσω της συνάρτησης τύπου  $S$  με το σχετικό όριο με την κατηγορία “outlines L2” να είναι μεγαλύτερο από 0.65. Επιπλέον, μέσω του παραθύρου feature View προσδιορίστηκε ότι η μέση τιμή του τρίτου καναλιού θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 620 :



Εικόνα 3-52 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα “Mean Layer Level 3”

Η κατηγορία “outlines L2” ορίστηκε μέσω της συνάρτησης τύπου S, για όσα αντικείμενα είχαν σχετική περιοχή με τα υποαντικείμενα της κατηγορίας “outlines L1” με τιμή μεγαλύτερη από 0.55.



Εικόνα 3-53 : Περιγραφή κατηγοριών δευτέρου επιπέδου ιεραρχίας

Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-13 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
Interior areas L2	Mean Layer 3		620	625
	Rel. border to outlines L2		0.6	0.7
Outlines L2	Rel. Area of sub objects outlines L1 (1)		0.5	0.6

Πίνακας 3-13: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου δύο, ΠΜ4



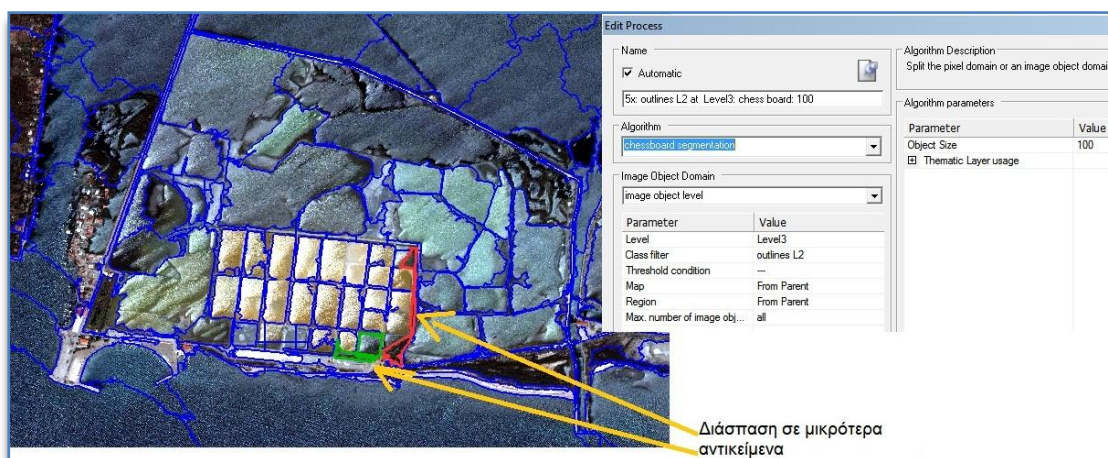
Κατόπιν, αναπτύχθηκε η εντολή της ταξινόμησης βάσει ιεραρχίας, η οποία έδωσε το αποτέλεσμα της εικόνας 3-54 :



Εικόνα 3-54 : Ταξινόμηση βάσει ιεραρχίας, δευτέρου επιπέδου, ΠΜ4

### 3.2.3.5. Κατάτμηση τρίτου επιπέδου-ΠΜ4

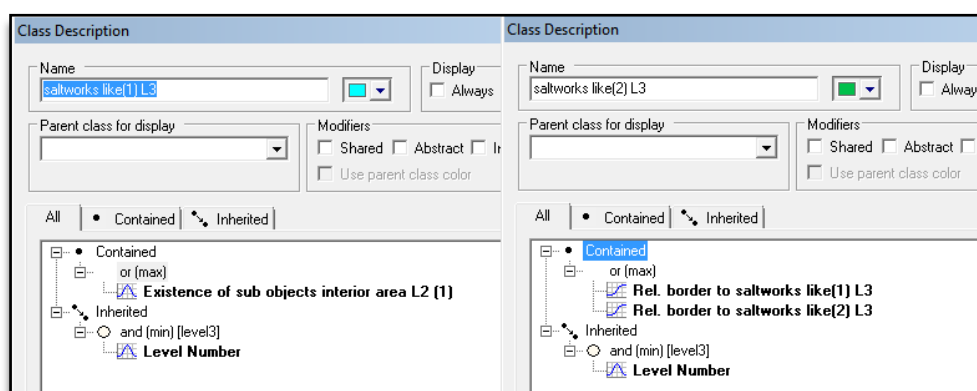
Σκοπός του τρίτου επιπέδου ήταν η ολοκληρωμένη απεικόνιση της αλυκής. Όπως φαίνεται στην ταξινόμηση του δευτέρου επιπέδου, υπάρχουν ορισμένες περιοχές που απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα και οι οποίες έχουν εσφαλμένα ταξινομηθεί ως περίγραμμα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως οι περιοχές αυτές έχουν συγγενή χαρακτηριστικά με την περιοχή ενδιαφέροντος. Επιπλέον, στο πρώτο επίπεδο κατάτμησης έγινε συγχώνευση (merge) αυτών των αντικειμένων, πράγμα που πλέον δεν ήταν πρόσφορο για τη μεθοδολογία. Οπότε, για να διασπαστεί η κατηγορία σε μικρότερα αντικείμενα, έγινε κατάτμηση με μέγεθος αντικειμένων ίσο με 100 (chessboard segmentation, object size = 100)



Εικόνα 3-55 : Κατάτμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ4




### 3.2.3.6. Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου-ΠΜ4

Στο παρόν επίπεδο ιεραρχίας δημιουργήθηκαν οι δύο βασικές κατηγορίες των οποίων η συγχώνευση θα οδηγήσει στην ανίχνευση της αλυκής. Η πρώτη κατηγορία “saltworks like(1) L3” ορίστηκε να ισχύει για όλα τα αντικείμενα τα οποία στο προηγούμενο επίπεδο αντιπροσώπευαν την εσωτερική περιοχή της αλυκής. Η δεύτερη κατηγορία “saltworks like(2) L3” ορίστηκε να ισχύει για τα αντικείμενα τα οποία είχαν σχετικό σύνορο με την κατηγορία “saltworks like(1) L3” μεγαλύτερο από 0.2 και σχετικό σύνορο με την “saltworks like(2) L3” μεγαλύτερο από 0.5.



Εικόνα 3-56 : Περιγραφή κατηγοριών τρίτου επιπέδου

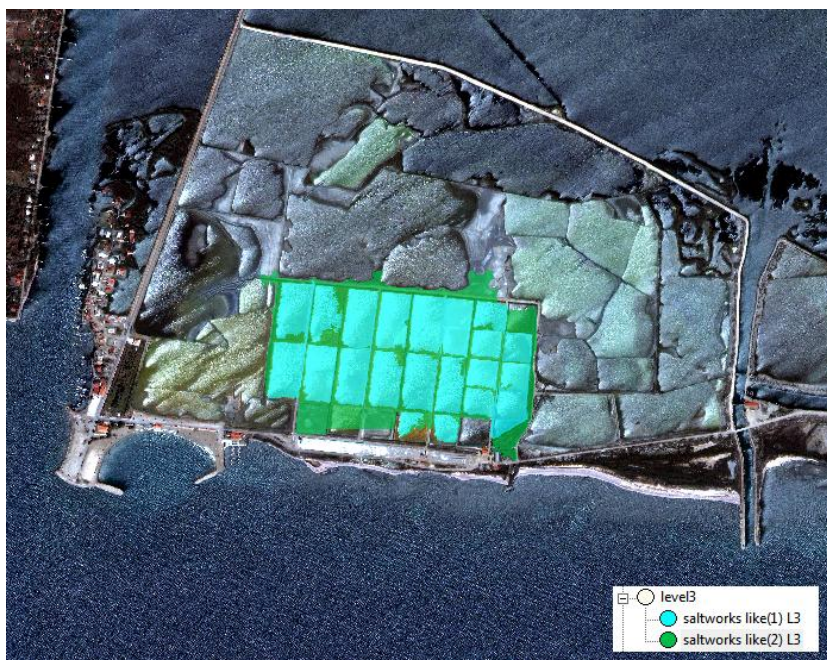
Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-14 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
<b>Saltworks like(1) L3</b>	Existence of sub-objects interior areas L2 (1)		0	2
<b>Saltworks like(2) L3</b>	Rel. Border to saltworks like(1) L3		0.20	0.21
	Rel. Border to saltworks like(2) L3		0.5	0.51

Πίνακας 3-14 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τρία, ΠΜ4

Η εφαρμογή της ταξινόμησης βάσει ιεραρχίας έδωσε το αποτέλεσμα της εικόνας 3-57 :

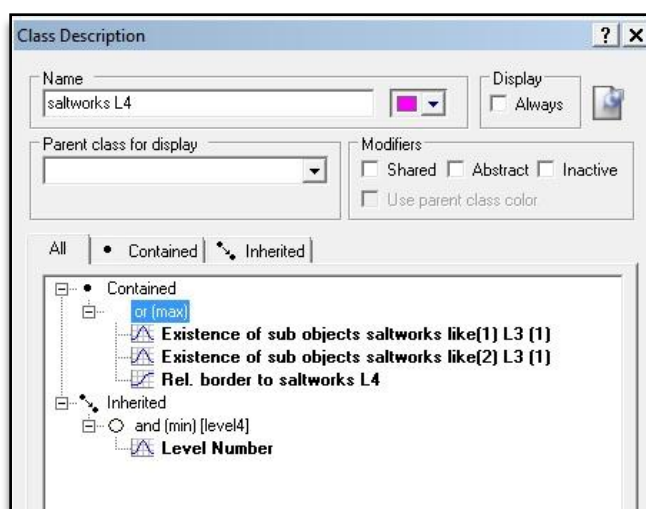




Εικόνα 3-57 : Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου




### 3.2.3.7. Δημιουργία τέταρτου επιπέδου-ΠΜ4

Σε αυτό το επίπεδο δεν υπήρξε ανάγκη για περαιτέρω κατάτμηση, αλλά δημιουργήθηκε για να εφαρμοστεί το τέταρτο επίπεδο ιεραρχίας. Το τέταρτο επίπεδο ταξινόμησης είχε ως σκοπό τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων αναγνώρισης της αλυκής. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε η κατηγορία “saltworks L4” η οποία ορίστηκε να ισχύει για όλα τα αντικείμενα που ανήκαν στην κατηγορία “saltworks like(1) L3” ή για όλα τα αντικείμενα που ανήκαν στην κατηγορία “saltworks like(2) L3” ή για όλα τα αντικείμενα τα οποία είχαν κοινό όριο με την κατηγορία “saltworks L4” μεγαλύτερο από 0.4.



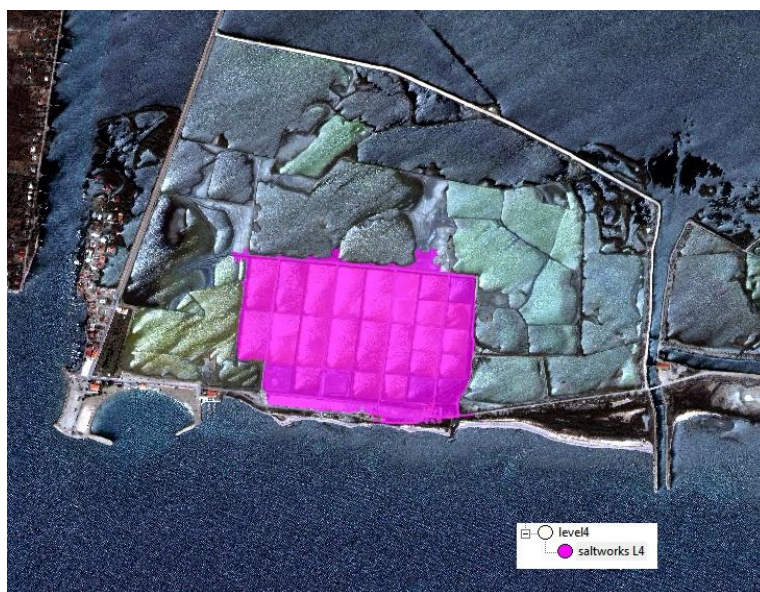
Εικόνα 3-58 : Περιγραφή κατηγορίας “saltworks L4”

Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-15 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
Saltworks L4	Existence of sub-objects Saltworks like (1) L3 (1)	OR 	0	2
	Existence of sub-objects Saltworks like (2) L3 (1)	OR 	0	2
	Rel. border to Saltworks L4		0.39	0.40

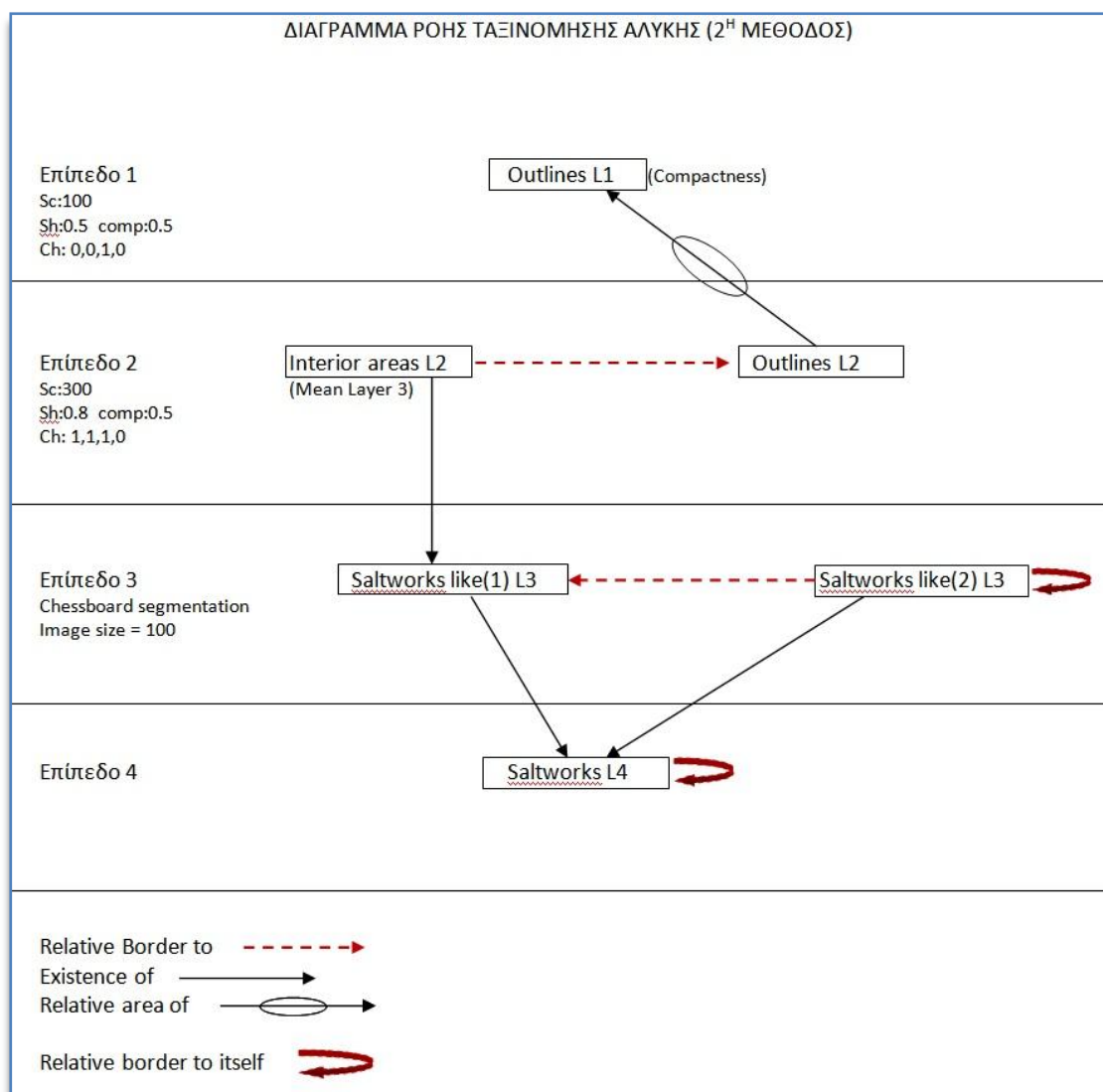
Πίνακας 3-15 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τέσσερα, ΠΜ4

Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης φαίνεται παρακάτω :



Εικόνα 3-59 : Ταξινόμηση τέταρτου επιπέδου, ΠΜ4





**Διάγραμμα 3.4 :** Διάγραμμα ροής για την ταξινόμηση αλυκής (2<sup>η</sup> μέθοδος)

### 3.3. Παραθαλάσσια Έλη

#### 3.3.1. Φωτοερμηνεία εικόνων με παραθαλάσσια έλη

Τα έλη είναι πολύ ρηχές υδατοσυλλογές με μόνιμη ή περιοδική κατάκλυση νερού (συνήθως περιοδική) και μπορούν να χωριστούν σε παράκτια και εσωτερικά. Τα παράκτια είναι είτε υφάλμυρα είτε αλμυρά, και βρίσκονται ως επί το πλείστον δίπλα σε λιμνοθάλασσες. Φιλοξενούν είδη φυτών προσαρμοσμένων σε συνθήκες υψηλής αλατότητας (αλόφυτα). Η αλοφυτική βλάστηση μπορεί να παρουσιάζει εντυπωσιακή ζώνωση σε πολλά έλη.

Φωτοερμηνευτικά χαρακτηριστικά :

- Χρώμα : στο έγχρωμο σύνθετο RGB 432, περιοχές με κόκκινο/καφέ και κόκκινο χρώμα, και περιοχές με σκούρους τόνους. Στο έγχρωμο σύνθετο RGB 321, περιοχές με σκούρους πράσινους, καφέ και μπλε τόνους.
- Μεσαίοι τόνοι του γκρι σε ασπρόμαυρες απεικονίσεις
- Σχήμα : Ακαθόριστο
- Δίπλα σε : Λιμνοθάλασσα, θάλασσα
- Περιβάλλεται από : νερό και ξηρά
- Περιέχει : νερό και βλάστηση

### 3.3.2. Αναγνώριση παραθαλάσσιων ελών (Περίπτωση Μελέτης 5)

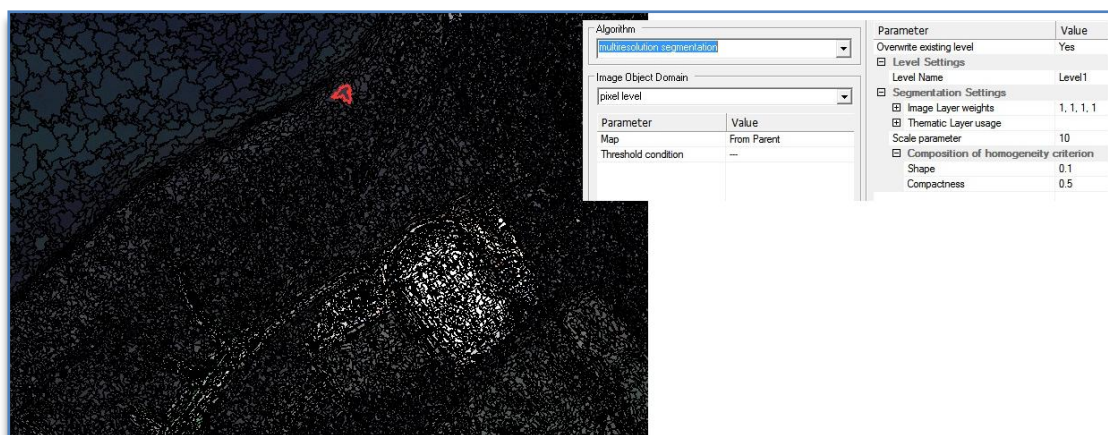
Για την εκτέλεση της μεθοδολογίας χρησιμοποιήθηκε ένα τμήμα της δορυφορικής εικόνας από την περιοχή του Αμβρακικού που απεικονίζει το έλος δίπλα από την πόλη της Βόνιτσας.



Εικόνα 3-60 : Έλος στην περιοχή της Βόνιτσας, ΠΜ5

#### 3.3.2.1. Κατάτμηση πρώτου επιπέδου-ΠΜ5

Σκοπός της αρχικής κατάτμησης ήταν η δημιουργία μικρών αντικειμένων με έμφαση στα φασματικά τους χαρακτηριστικά, ώστε μετέπειτα να εκτελεστεί η πρώτη ταξινόμηση. Για το λόγο αυτό, στην κατάτμηση συμμετείχαν με το ίδιο βάρος και τα 4 κανάλια της εικόνας, η κλίμακα ορίστηκε να έχει τιμή 10, το κριτήριο σχήματος 0.1 και το κριτήριο συμπαγούς μία μέση τιμή 0.5.



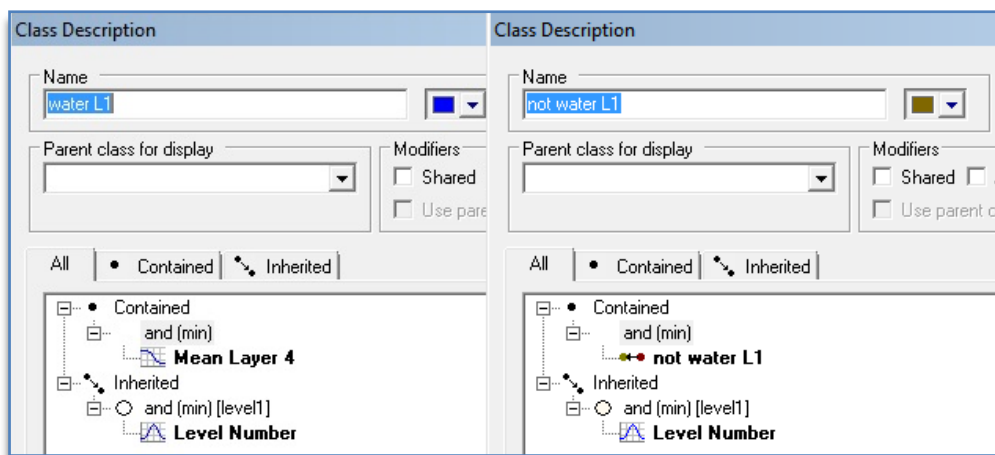
Εικόνα 3-61 : Αρχική κατάτμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ5

### 3.3.2.2. Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου-ΠΜ5

Η πρώτη ταξινόμηση εκτελέστηκε ώστε να γίνει ο αρχικός διαχωρισμός των αντικειμένων σε νερό και «όχι νερό». Όπως σε αρκετές περιπτώσεις, έτσι και εδώ, χρησιμοποιήθηκε το τέταρτο κανάλι για το σκοπό του διαχωρισμού αυτού, και πιο συγκεκριμένα, όλα τα αντικείμενα με μέση τιμή του τέταρτου καναλιού μικρότερη από το 130 ταξινομήθηκαν ως νερό. Όλα τα υπόλοιπα ταξινομήθηκαν ως «όχι νερό». Η ταξινόμηση έγινε μέσω της συνάρτησης τύπου Z για το χαρακτηριστικό Mean Layer 4 και τα όρια προσδιορίστηκαν με τη βοήθεια του παραθύρου Feature View :




Εικόνα 3-62 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα "Mean Layer 4"



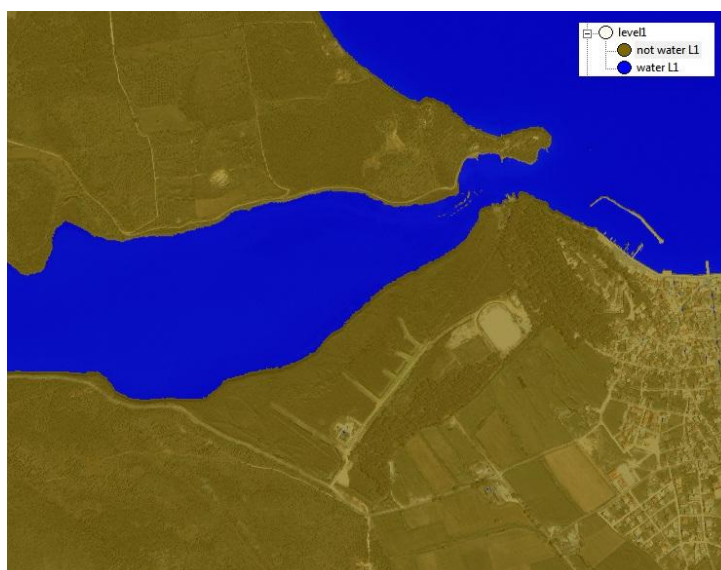
Εικόνα 3-63 : Περιγραφή κατηγοριών πρώτου επιπέδου

Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-16:

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξι Όριο
Water L1	Mean Layer 4		130	140
Not water L1	Not "Water L1"	-	-	-

Πίνακας 3-16 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου ένα, ΠΜ5

Η εφαρμογή της ιεραρχικής ταξινόμησης έδωσε το ακόλουθο αποτέλεσμα :

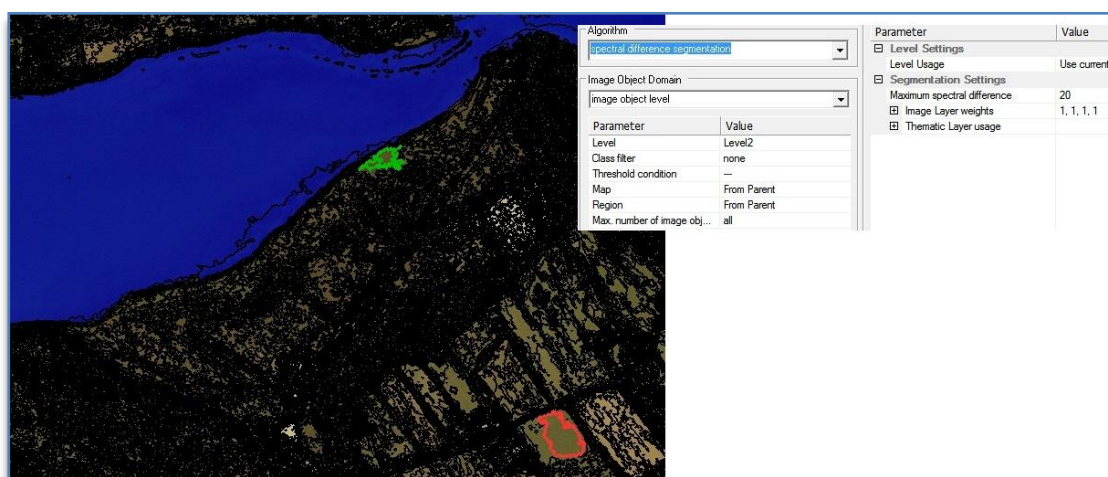


Εικόνα 3-64 : Ταξινόμηση πρώτου επιπέδου, ΠΜ5



### 3.3.2.3. Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου-ΠΜ5

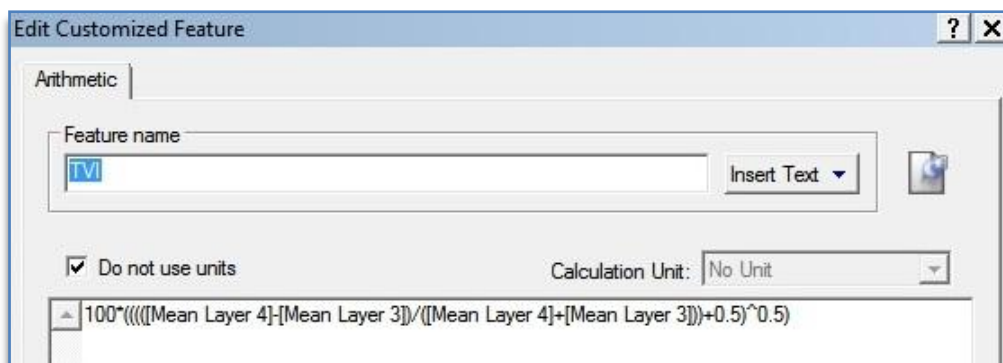
Στη δεύτερη κατάτμηση τέθηκε ως στόχος η επιμέρους ταξινόμηση των αντικειμένων που δεν ανήκαν στην κατηγορία νερό. Επειδή η κλίμακα του προηγούμενου επιπέδου ήταν αρκετά μικρή, ξανάγινε κατάτμηση με βάση τη φασματική διαφορά, με μέγιστη τιμή ίση με 20. Δηλαδή, όλα τα γειτονικά αντικείμενα των οποίων η φασματική διαφορά ήταν μικρότερη από την τιμή 20, συγχωνεύτηκαν σε ένα.



Εικόνα 3-65 : Κατάτμηση δευτέρου επιπέδου, ΠΜ5

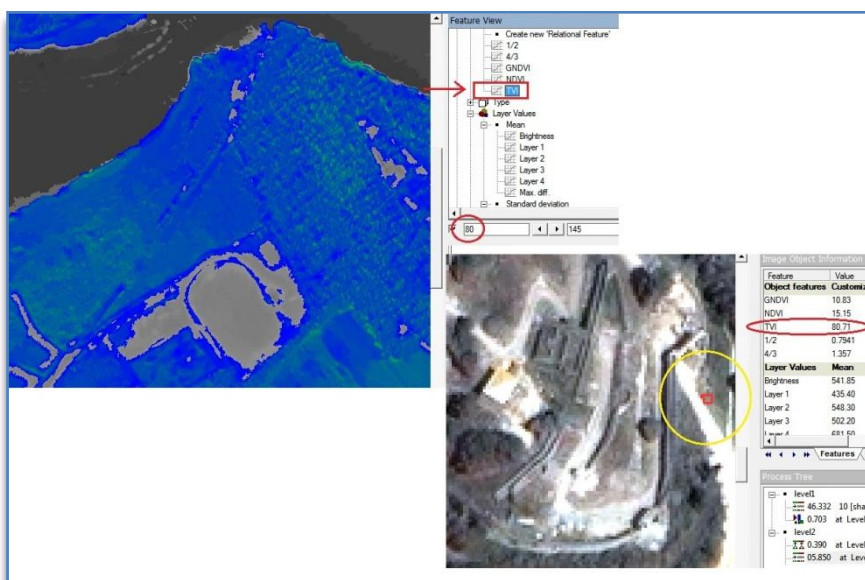
### 3.3.2.4. Ταξινόμηση δευτέρου επιπέδου-ΠΜ5

Η δεύτερη ταξινόμηση είχε σαν σκοπό την εξαγωγή επιπλέον υποκατηγοριών, οι οποίες θα συνέβαλαν στα επόμενα επίπεδα στον εντοπισμό του έλους. Οι υποκατηγορίες που δημιουργήθηκαν για την κατηγορία “not water” ήταν οι κατηγορίες για τη βλάστηση (vegetation L2) και όχι βλάστηση (not vegetation L2), ενώ η βλάστηση διαχωρίστηκε επιπλέον σε καλλιέργειες/αρώσιμα εδάφη (cultivation like L2) και σε λοιπή βλάστηση (other vegetation L2). Για τη βλάστηση χρησιμοποιήθηκε ο μετασχηματισμένος δείκτης βλάστησης  $TVI = 100 * [(L4 - L3) / (L4 + L3) + 0.5]^{(1/2)}$ , όπου L3, L4 οι τιμές των καναλιών 3 και 4 αντίστοιχα :

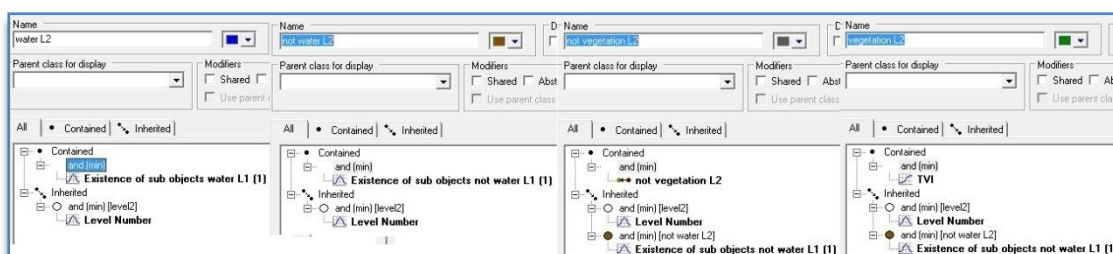


Εικόνα 3-66 : Δημιουργία δείκτη TVI

Μετά από διάφορες δοκιμές, ορίστηκε πως όλα τα αντικείμενα της κατηγορίας “not water L2” τα οποία είχαν δείκτη TVI με τιμή μεγαλύτερη από 80, θα κατατάσσονταν στην κατηγορία βλάστηση. Όλα τα υπόλοιπα θα κατατάσσονταν ως όχι βλάστηση.



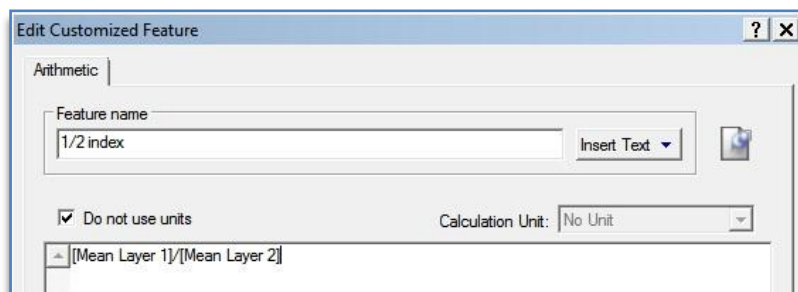
Εικόνα 3-67 : Ανίχνευση ορίων για τον δείκτη TVI



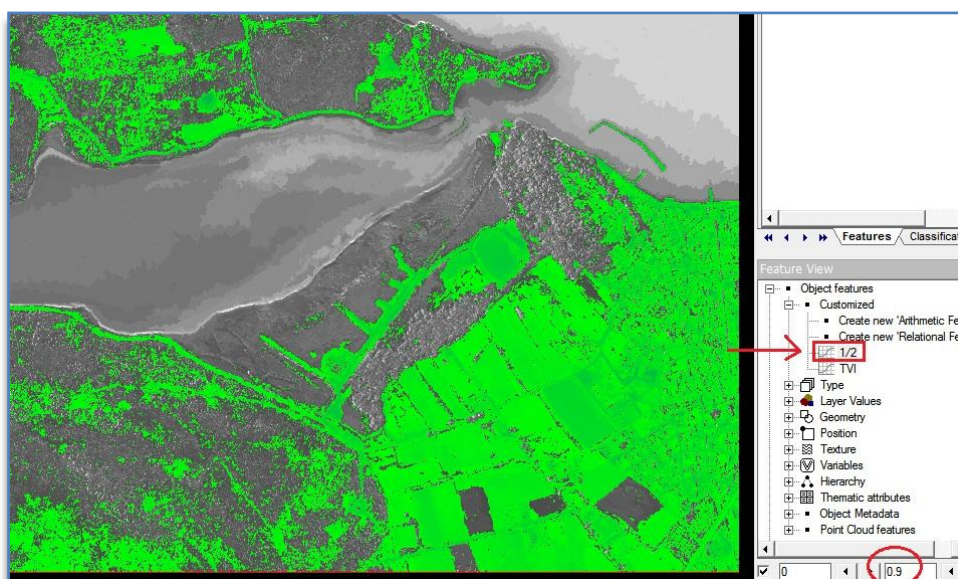
Εικόνα 3-68 : Περιγραφή κατηγοριών δευτέρου επιπέδου

Από την κατηγορία βλάστηση, διαπιστώθηκε με επιπλέον δοκιμές πως οι καλλιεργήσιμες περιοχές ξεχώριζαν με τη χρησιμοποίηση του πηλίκου του πρώτου

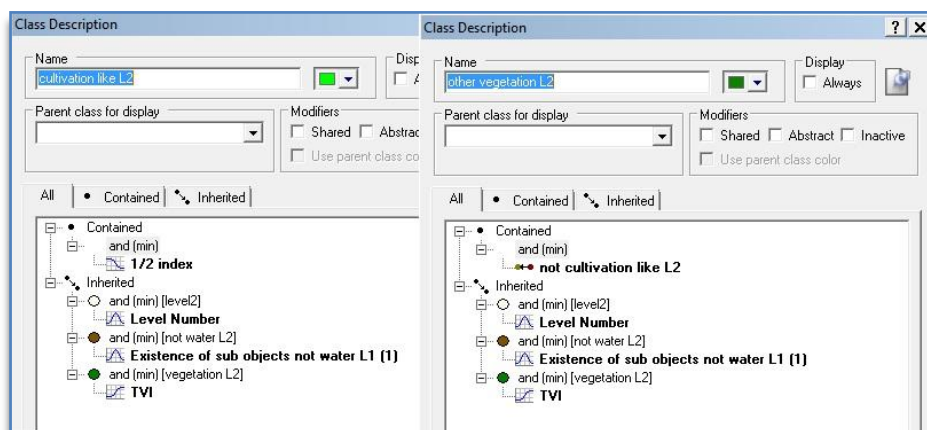
καναλιού προς το δεύτερο. Έτσι δημιουργήθηκε ο δείκτης “1/2 index”, για τον οποίο ίσχυσε πως όλα τα αντικείμενα της βλάστησης τα οποία τον είχαν μικρότερο από 0.88 ανήκαν στην κατηγορία των καλλιεργήσιμων περιοχών (cultivation like L2)



Εικόνα 3-69 : Δημιουργία δείκτη “1/2 index”






Εικόνα 3-70 : Ανίχνευση ορίων για το δείκτη “1/2 index”



Εικόνα 3-71 : Περιγραφή κατηγοριών δεύτερου επιπέδου

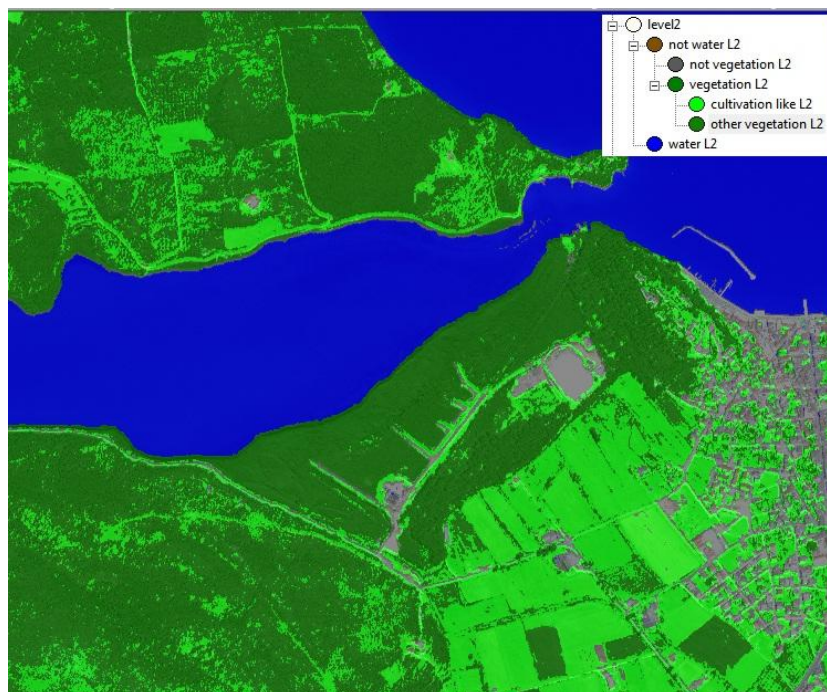


Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-17 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξι Όριο
<b>Water L2</b>	Existence of sub-objects water L1 (1)		0	2
<b>Not water L2</b>	Not "water L2"	-	-	-
<b>Vegetation L2</b>	TVI		78	80
<b>Not vegetation L2</b>	Not "vegetation L2"	-	-	-
<b>Cultivation Like L2</b>	1/2 index		0.88	0.90
<b>Other vegetation L2</b>	Not "Cultivation Like L2"	-	-	-

Πίνακας 3-17 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου δύο, ΠΜ5

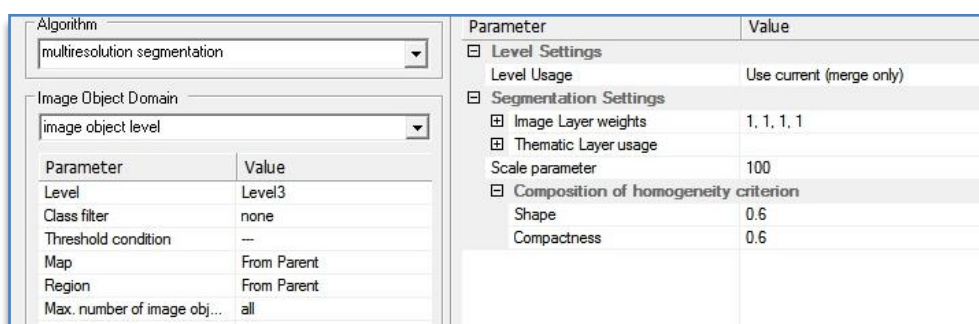
Η εφαρμογή της ιεραρχικής ταξινόμησης έδωσε το αποτέλεσμα της εικόνας 3-72 :



Εικόνα 3-72 : Ταξινόμηση δευτέρου επιπέδου , ΠΜ5

### 3.3.2.5. Κατάτμηση τρίτου επιπέδου-ΠΜ5

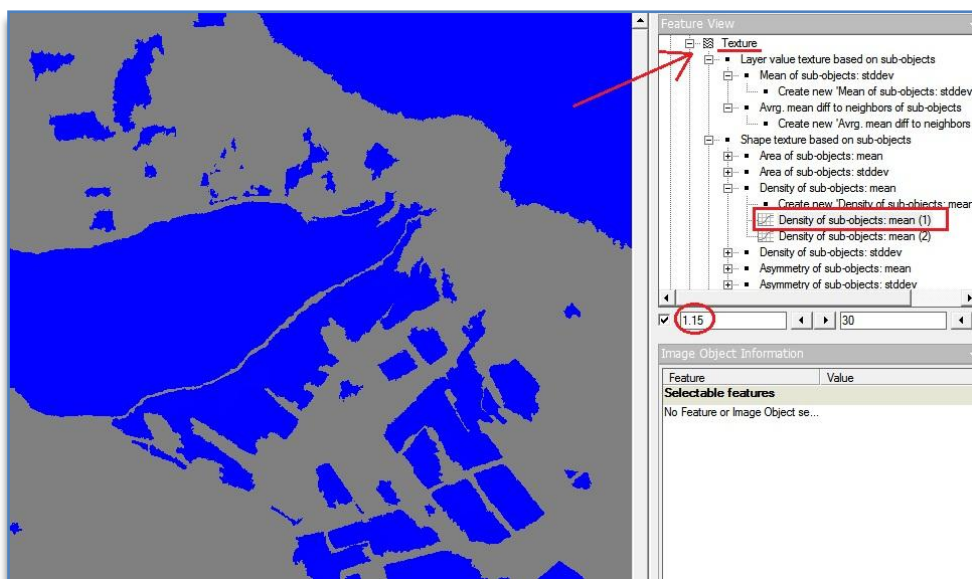
Το τρίτο επίπεδο δημιουργήθηκε με σκοπό στη μετέπειτα ταξινόμηση να εφαρμοστεί η ιδιότητα Density of sub objects (πυκνότητα των υπο – αντικειμένων). Για το λόγο αυτό, επιδίωξη ήταν η δημιουργία μεγαλύτερων αντικειμένων με έμφαση στο κανονικό του σχήματος αλλά και του συμπαγούς. Μετά από ορισμένες δοκιμές, για την κατάτμηση επιλέχτηκε η συμμετοχή και των τεσσάρων καναλιών, η τιμή κλίμακας ίση με 100, και οι τιμές σχήματος και συμπαγούς ίσες με 0.6



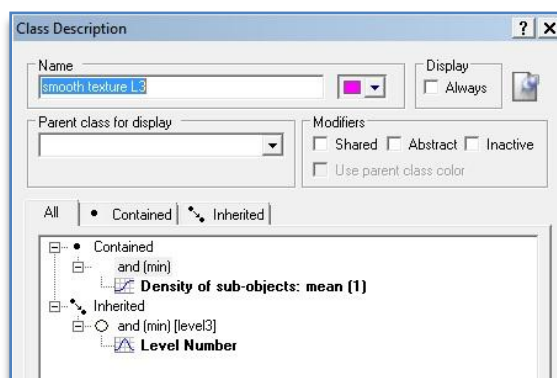
Εικόνα 3-73 : Παράμετροι κατάτμησης τρίτου επιπέδου

### 3.3.2.6. Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου-ΠΜ5

Μετά από παρατήρηση της περιοχής μελέτης, έγινε φανερό ότι το έλος θα προσδιοριζόταν ως υποκατηγορία της κατηγορίας "other vegetation". Συγκριτικά λοιπόν με το σύνολο των αντικειμένων που ανήκουν στην εν λόγω κατηγορία, το έλος χαρακτηρίζεται από σχετικά ομαλή υφή. Η ταξινόμηση λοιπόν του τρίτου επιπέδου είχε ως στόχο να εξαγάγει τις περιοχές με λεία υφή. Όπως αναφέρθηκε στη προηγούμενη παράγραφο, χρησιμοποιήθηκε η ιδιότητα Density of sub objects. Όλα τα αντικείμενα τα οποία είχαν τιμή μεγαλύτερη από 1.15 κατατάχθηκαν ως αντικείμενα με λεία υφή.




Εικόνα 3-74 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα “Density of sub objects mean (1)”



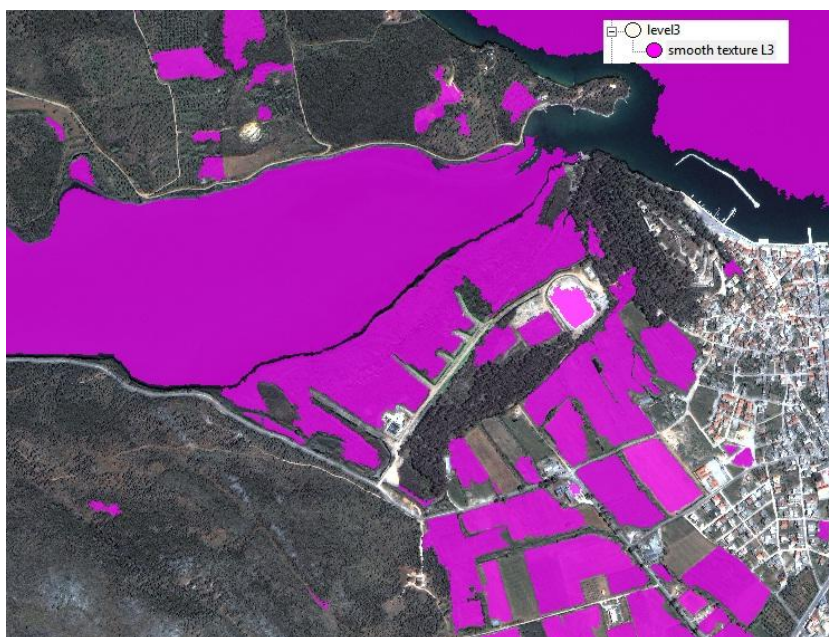
Εικόνα 3-75 : Περιγραφή κατηγορίας τρίτου επιπέδου

Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-18 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξι Όριο
Smooth texture L3	Density of sub objects : mean (1)		1.148	1.152

Πίνακας 3-18 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τρία, ΠΜ5

Η εφαρμογή της ιεραρχικής ταξινόμησης έδωσε το αποτέλεσμα :

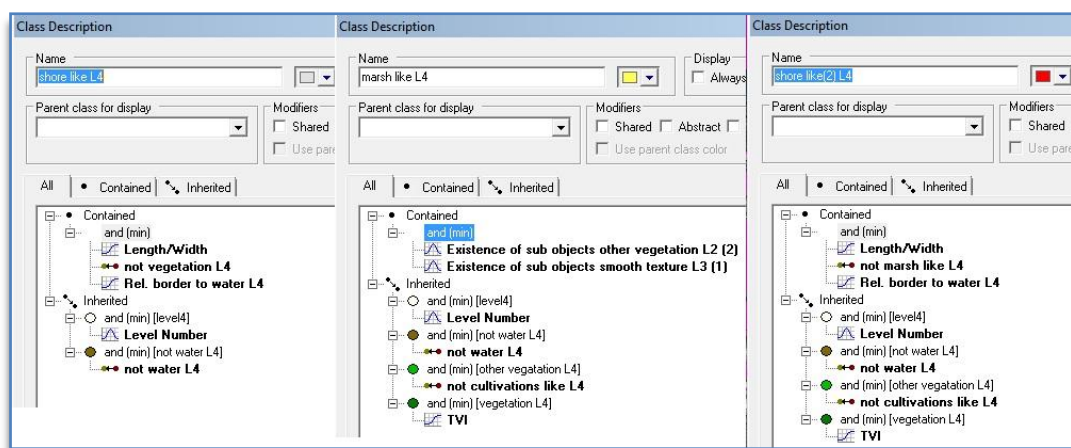


Εικόνα 3-76 : Ταξινόμηση τρίτου επιπέδου, ΠΜ5

### 3.3.2.7. Δημιουργία τέταρτου επιπέδου-ΠΜ5










Στο τέταρτο επίπεδο δεν έγινε περαιτέρω κατάτμηση, αλλά δημιουργήθηκε ένα επιπλέον επίπεδο ιεραρχίας. Το επίπεδο αυτό περιείχε όλες τις κατηγορίες του δεύτερου επιπέδου με τις ίδιες εκφράσεις, και τις επιπλέον κατηγορίες “shore like L4”, “marsh like L4” και “shore like(2) L4”

Η κατηγορία “shore like L4” δημιουργήθηκε για να αντιπροσωπεύσει τα αντικείμενα που δεν ανήκουν στην κατηγορία της βλάστησης και γειτνιάζουν με το νερό, ενώ η κατηγορία “shore like(2) L4” δημιουργήθηκε για να αντιπροσωπεύσει τα αντικείμενα που ανήκουν στη βλάστηση και γειτνιάζουν με το νερό. Σαν κοινό όριο με το νερό ορίστηκε ένα ποσοστό μεγαλύτερο από 0.26 και επιπλέον επειδή τα αντικείμενα εκτείνονταν κατά μήκος του ορίου της ξηράς με τη θάλασσα, ορίστηκε να έχουν τιμή μήκος προς πλάτος (Length/Width) μεγαλύτερη από 2.



Εικόνα 3-77 : Περιγραφή κατηγοριών τέταρτου επιπέδου

Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-19:

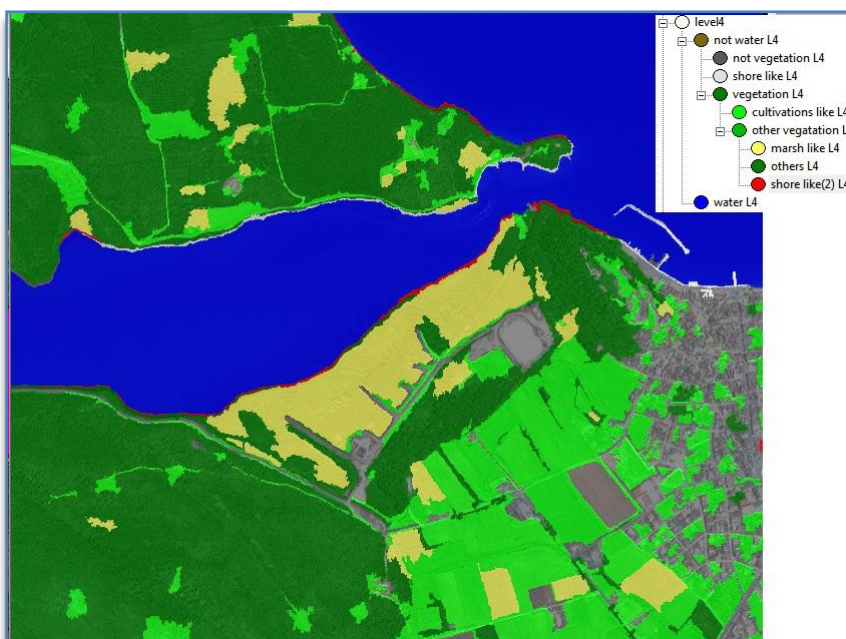
Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
<b>Water L4</b>	Mean Layer 4		130	140
<b>Not water L4</b>	Not “water L4”	-	-	-
<b>Shore like L4</b>	Not “Vegetation L4”	-	-	-
	Length/Width		2.0	2.1
	Rel. border to water L4		0.25	0.26
<b>Not vegetation L4</b>	Not “Vegetation L4”	-	-	-
	Not “shore like L4”	-	-	-
<b>Vegetation L4</b>	TVI		84	85
<b>Cultivation like L4</b>	1/2 index		0.88	0.90
<b>Other vegetation L4</b>	Not “Cultivation like L4”	-	-	-
<b>Marsh like L4</b>	Existence of sub objects smooth texture L3(1)		0	2
	Existence of sub objects other vegetation L2(2)		0	2
<b>Shore like(2) L4</b>	Not “marsh like L4”	-	-	-
	Rel. Border to water L4		0.25	0.26
	Length/Width		2.0	2.1



<b>Others L4</b>	Not “marsh like L4”	-	-	-
	Not “shore like(2) L4”	-	-	-

Πίνακας 3-19 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου τέσσερα, ΠΜ5

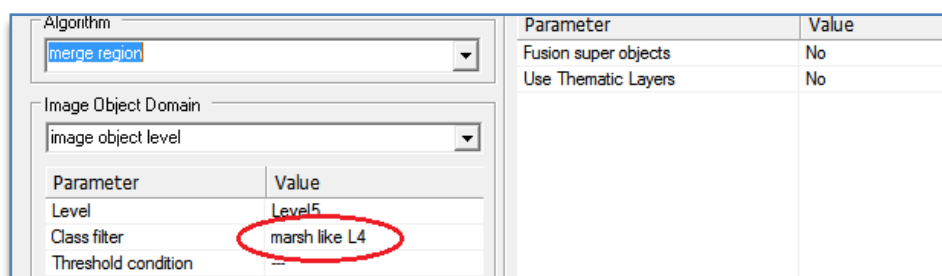
Η εφαρμογή της ιεραρχικής ταξινόμησης έδωσε το αποτέλεσμα της εικόνας 3-78 :



Εικόνα 3-78 : Ταξινόμηση τέταρτου επιπέδου, ΠΜ5

### 3.3.2.8. Κατάτμηση πέμπτου επιπέδου-ΠΜ5

Σκοπός του πέμπτου επιπέδου ήταν η συγχώνευση των αντικειμένων που ανήκαν στην κατηγορία “marsh like L4” ώστε το έλος να εμφανιστεί ως μία ενιαία οντότητα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η εντολή merge:

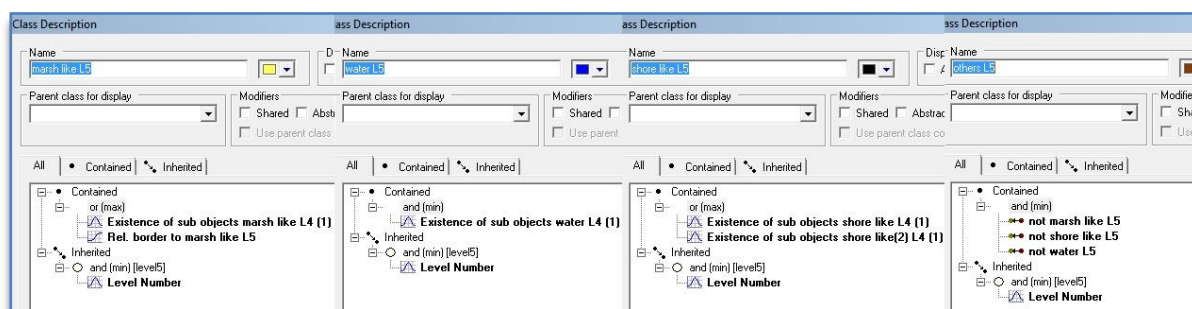


Εικόνα 3-79 : Εντολή “merge region” για όσα αντικείμενα ανήκουν στην κατηγορία “marsh like L4”

### 3.3.2.9. Ταξινόμηση πέμπτου επιπέδου-ΠΜ5






Στην προηγούμενη ταξινόμηση φαίνεται πως το έλος έχει προσδιοριστεί κατά το μεγαλύτερο μέρος του, αλλά υπάρχουν ακόμα κάποιες περιοχές του που δεν έχουν ταξινομηθεί. Στο πέμπτο επίπεδο λοιπόν, τέθηκε ως στόχος η βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων που έδωσε το προηγούμενο επίπεδο. Έτσι, δημιουργήθηκε το πέμπτο ιεραρχικό επίπεδο με τις κατηγορίες “marsh like L5”, “water L5”, “shore like L5” και “others L5”.

Το “marsh like L5” ορίστηκε να ισχύει για τα αντικείμενα που ανήκαν στην κατηγορία “marsh like L4” ή για τα αντικείμενα που είχαν κοινό όριο με το “marsh like L5” μεγαλύτερο από την τιμή 0.6. Το “water L5” ορίστηκε να ισχύει για όσα αντικείμενα ανήκουν στο “water L4”. Το “shore like L5” ορίστηκε να ισχύει για όσα αντικείμενα ανήκαν στο “shore like L4” ή για όσα αντικείμενα ανήκαν στο “shore like(2) L4”. Τέλος, η κατηγορία “others L5” ίσχυσε για όλα τα υπόλοιπα αντικείμενα.



Εικόνα 3-80 : Περιγραφή κατηγοριών πέμπτου επιπέδου

Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-20:

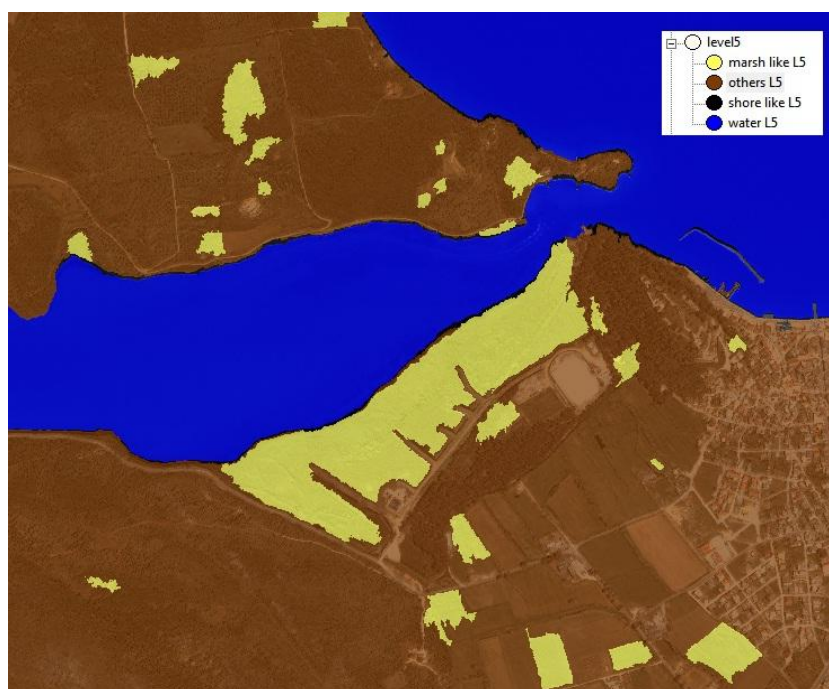
Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
<b>Water L5</b>	Existence of sub-objects water L4 (1)		0	2
<b>Marsh like L5</b>	Existence of sub-objects marsh like L4 (1)		0	2
	Rel. border to marsh like L5		0.58	0.60
<b>Shore like L5</b>	Existence of sub-objects shore like L4(1)		0	2
	Existence of sub-objects shore like (2) L4(1)		0	2



<b>Others L5</b>	Not “marsh like L5”	-	-	-
	Not “shore like L5”	-	-	-
	Not “water L5”	-	-	-

**Πίνακας 3-20 :** Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου πέντε, ΠΜ5

Η εφαρμογή της ιεραρχικής ταξινόμησης έδωσε το αποτέλεσμα της εικόνας 3-81 :



Εικόνα 3-81 : Ταξινόμηση πέμπτου επιπέδου, ΠΜ5

### 3.3.2.10. Κατάτμηση έκτου επιπέδου-ΠΜ5

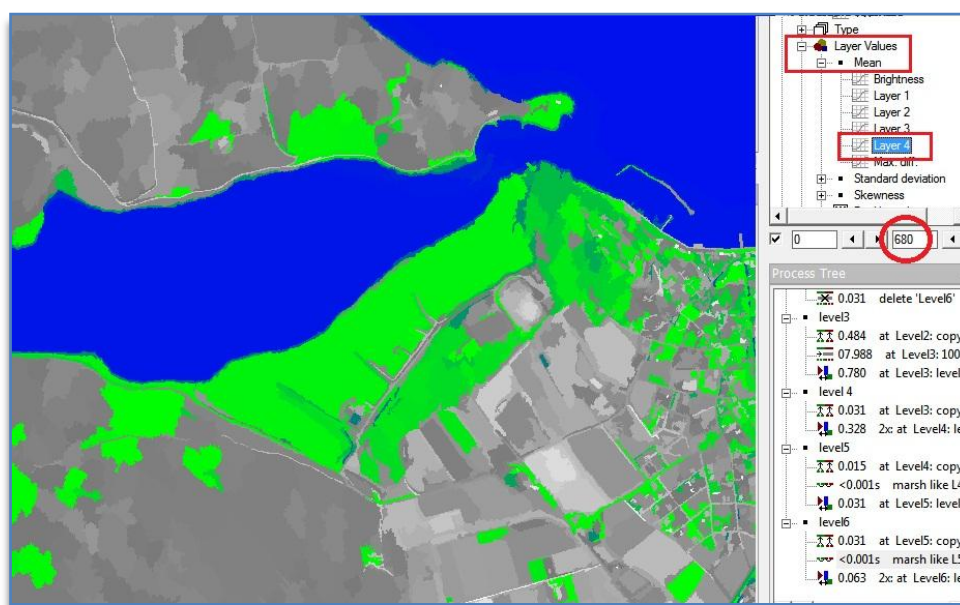
Στόχος στο έκτο επίπεδο ήταν η εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Με τον ίδιο τρόπο όπως και στο πέμπτο επίπεδο, έγινε πάλι συγχώνευση των αντικειμένων που ανήκαν στην κατηγορία έλος, ώστε να εφαρμοστούν οι τελικοί κανόνες της ταξινόμησης.

### 3.3.2.11. Ταξινόμηση έκτου επιπέδου-ΠΜ5

Στόχος του έκτου και τελευταίου ιεραρχικού επιπέδου ήταν η βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης και η απαλοιφή των αντικειμένων που εσφαλμένα






είχαν ταξινομηθεί ως έλος. Για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκαν οι κατηγορίες “marsh L6”, “water L6”, “shore like L6” και “others L6”.

Οι “water L6”, “shore like L6” και “others L6” ορίστηκαν με τον ίδιο τρόπο όπως στο πέμπτο επίπεδο. Η κατηγορία “marsh L6” ορίστηκε να ισχύει για τα αντικείμενα που ανήκαν στην κατηγορία “marsh L5” και τα οποία είχαν σχετικό σύνορο με την κατηγορία “shore like L6” μεγαλύτερο από 0.1 και επιπλέον είχαν μέση τιμή του καναλιού 4 μικρότερη από 670. Η τιμή για το κανάλι 4 ορίστηκε μετά από δοκιμές που έγιναν μέσω του παραθύρου Feature View, ενώ η τιμή για το σχετικό σύνορο ορίστηκε με το σκεπτικό πως το έλος θα έπρεπε να γεινιάζει κατά ένα ελάχιστο τουλάχιστον ποσοστό με κάποια όχθη.



Εικόνα 3-82 : Ανίχνευση ορίων για την ιδιότητα “Mean Layer 4”

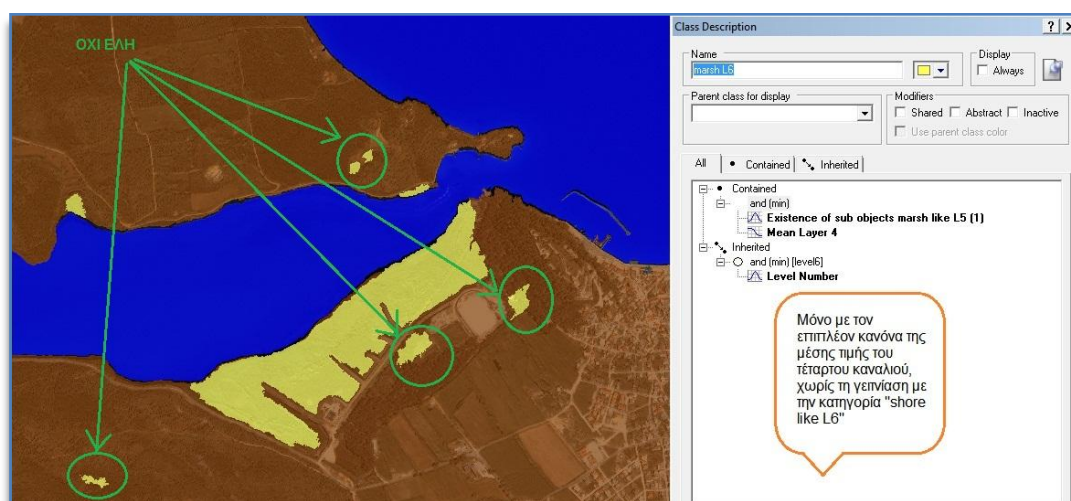
Αναλυτικά, οι κατηγορίες με τις συναρτήσεις και τα όριά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 3-21 :

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστ. Όριο	Δεξί Όριο
<b>Water L6</b>	Existence of sub-objects water L5(1)		0	2
<b>Marsh L6</b>	Existence of sub-objects marsh like L5 (1)		0	2
	Rel. border to shore like L6		0.05	0.10
	Mean Layer 4		670	680
<b>Shore like L6</b>	Existence of sub-objects shore like L5(1)		0	2

<b>Others L6</b>	Not “marsh like L6”	-	-	-
	Not “shore like L6”	-	-	-
	Not “water L6”	-	-	-

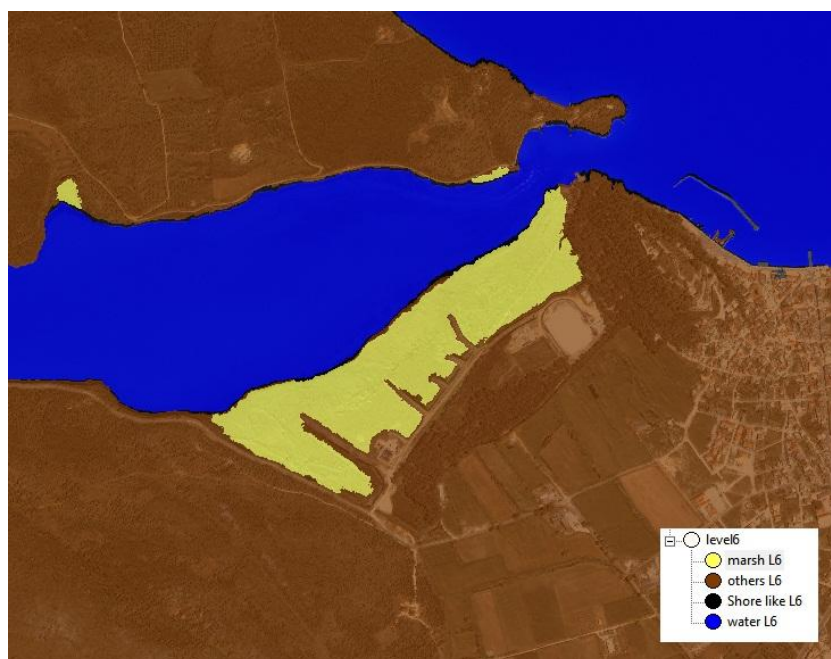
Πίνακας 3-21 : Συναρτήσεις συμμετοχής για την ταξινόμηση επιπέδου έξι, ΠΜ5

Προκειμένου να διαπιστωθεί πόσα αντικείμενα είχαν παραπλήσια χαρακτηριστικά με το έλος – μη συμπεριλαμβανομένης της ιδιότητας για γειννίαση με κάποια όχθη – έγινε μία ταξινόμηση χωρίς τον κανόνα “ Rel. border to shore like L6” >0.10, η οποία έδωσε το αποτέλεσμα της εικόνας 3-83 :

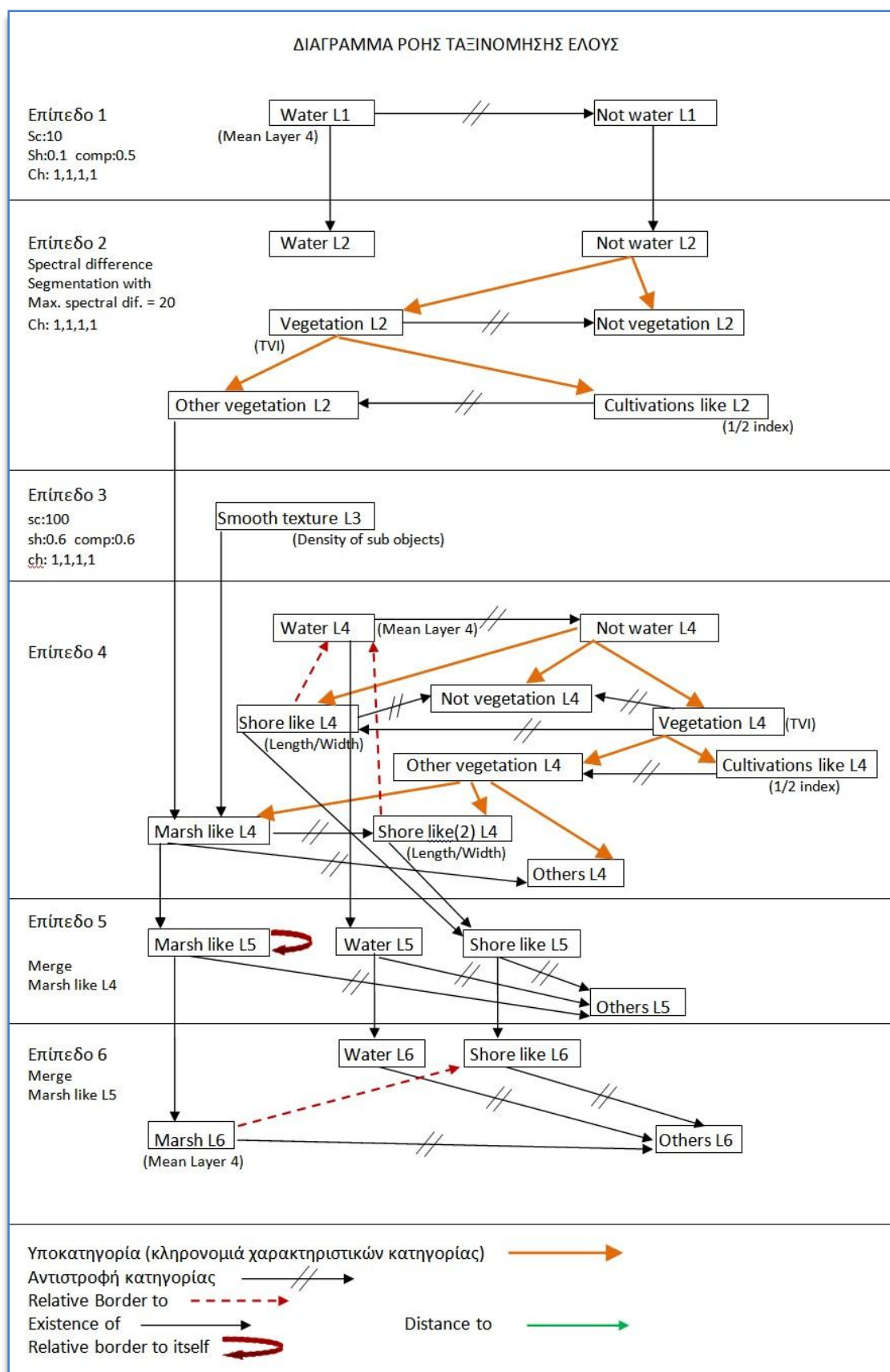


Εικόνα 3-83 : Ενδιάμεση ταξινόμηση χωρίς τον κανόνα της γειννίασης με κάποια όχθη, ΠΜ5

Η τελική ταξινόμηση με την εφαρμογή της ιεραρχίας του έκτου επιπέδου, έδωσε το αποτέλεσμα της εικόνας 3-84 :



Εικόνα 3-84 : Τελική ταξινόμηση έλους, ΠΜ5



**Διάγραμμα 3.5 : Διάγραμμα ροής για την ταξινόμηση έλους**





## 4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων διενεργήθηκε με δύο διαφορετικές μεθόδους. Στην πρώτη μέθοδο έγινε σύγκριση του εμβαδού των γεωμορφών που εξήχθησαν από τη διαδικασία της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης με το εμβαδό των γεωμορφών όπως προέκυψε από φωτοερμηνεία των αρχικών εικόνων. Στη δεύτερη μέθοδο έγινε αξιολόγηση της ταξινόμησης με χρησιμοποίηση των εργαλείων που παρέχει το λογισμικό eCognition.

### 4.1. Αξιολόγηση με βάση τη φωτοερμηνεία

Κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης με βάση τη φωτοερμηνεία, οι αρχικές δορυφορικές εικόνες εισήχθησαν στο λογισμικό ArcMap 10.1. Μέσω του λογισμικού αυτού, πραγματοποιήθηκε φωτοερμηνεία και ψηφιοποίηση των παράκτιων γεωμορφών οι οποίες αποτέλεσαν το αντικείμενο μελέτης του προηγούμενου κεφαλαίου. Τα διανυσματικά δεδομένα που προέκυψαν, έγιναν εισαγωγή σε μία γεωβάση δεδομένων και κατόπιν, από τον πίνακα ιδιοτήτων, έγινε η εξαγωγή του εμβαδού κάθε γεωμορφής.

Ακολούθως, τα αποτελέσματα των ταξινομήσεων εισήχθησαν και αυτά στο λογισμικό ArcMap. Αφού γεωαναφέρθηκαν στο ίδιο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς με αυτό των αρχικών δορυφορικών εικόνων, έγινε ψηφιοποίησή τους και εισαγωγή των διανυσματικών δεδομένων στη γεωβάση, προκειμένου να γίνει και πάλι η εξαγωγή των εμβαδών.

Όλες οι διαδικασίες ψηφιοποίησης πραγματοποιήθηκαν στο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς WGS1984, UTM Zone 34N, και σε προεπισκόπηση αντίστοιχη με κλίμακα 1:2000.

Η αξιολόγηση με βάση τη φωτοερμηνεία βασίζεται σε τρεις δείκτες ποιότητας. Ο **δείκτης πληρότητας** (Completeness) δείχνει πόσο ολοκληρωμένο είναι το εξαγόμενο αποτέλεσμα. Ο **δείκτης ορθότητας** (Correctness) δείχνει πόσο σωστό είναι το εξαγόμενο αποτέλεσμα, και ο **δείκτης ποιότητας** (Quality) δείχνει την ποιότητα του αποτελέσματος συμπεριλαμβάνοντας τους δύο παραπάνω δείκτες.

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

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

Για κάθε εξεταζόμενη περίπτωση (π.χ. λιμνοθάλασσα), η ποσότητα TP (True Positive) συμβολίζει την έκταση η οποία έχει ανιχνευθεί σωστά. Η ποσότητα FP

(False Positive) συμβολίζει την έκταση η οποία έχει ανιχνευθεί λανθασμένα ως περιοχή ενδιαφέροντος, ενώ δεν είναι τέτοια (π.χ. περιοχή η οποία ταξινομήθηκε ως λιμνοθάλασσα αλλά κατά την φωτοερμηνεία προσδιορίστηκε ως άλλη οντότητα). Τέλος, η ποσότητα FN (False Negative) συμβολίζει την έκταση που ενώ ανήκει στην περιοχή ενδιαφέροντος δεν έχει ανιχνευθεί ως τέτοια (π.χ. περιοχή που δεν ταξινομήθηκε ως λιμνοθάλασσα αλλά η φωτοερμηνεία έδειξε ότι είναι λιμνοθάλασσα).

Η ποσότητα TP υπολογίστηκε με το εργαλείο Clip του ArcToolbox το οποίο εξήγαγε την κοινή περιοχή της φωτοερμηνείας και της ταξινόμησης. Η ποσότητα FP υπολογίστηκε με το εργαλείο Erase του ArcToolbox το οποίο αφαίρεσε από το αποτέλεσμα της ταξινόμησης το αποτέλεσμα της φωτοερμηνείας. Τέλος, η ποσότητα FN υπολογίστηκε με το εργαλείο Erase του ArcToolbox το οποίο αφαίρεσε από το αποτέλεσμα της φωτοερμηνείας το αποτέλεσμα της ταξινόμησης.

Επιπλέον, για κάθε οντότητα, υπολογίστηκαν τα **σφάλματα παράληψης ( $\sigma_{\pi}$ )** και τα **σφάλματα συμπερίληψης ( $\sigma_{\sigma}$ )**, για τα οποία ισχύει :

$$\sigma_{\pi} = \frac{\text{Έκταση η οποία από λάθος δεν αναδείχθηκε ως } \chi}{\text{Συνολική έκταση } \chi \text{ από φωτοερμηνεία}} * 100$$

$$\sigma_{\sigma} = \frac{\text{Έκταση η οποία αναδείχθηκε λάθος ως } \chi}{\text{Συνολική έκταση } \chi \text{ από φωτοερμηνεία}} * 100$$

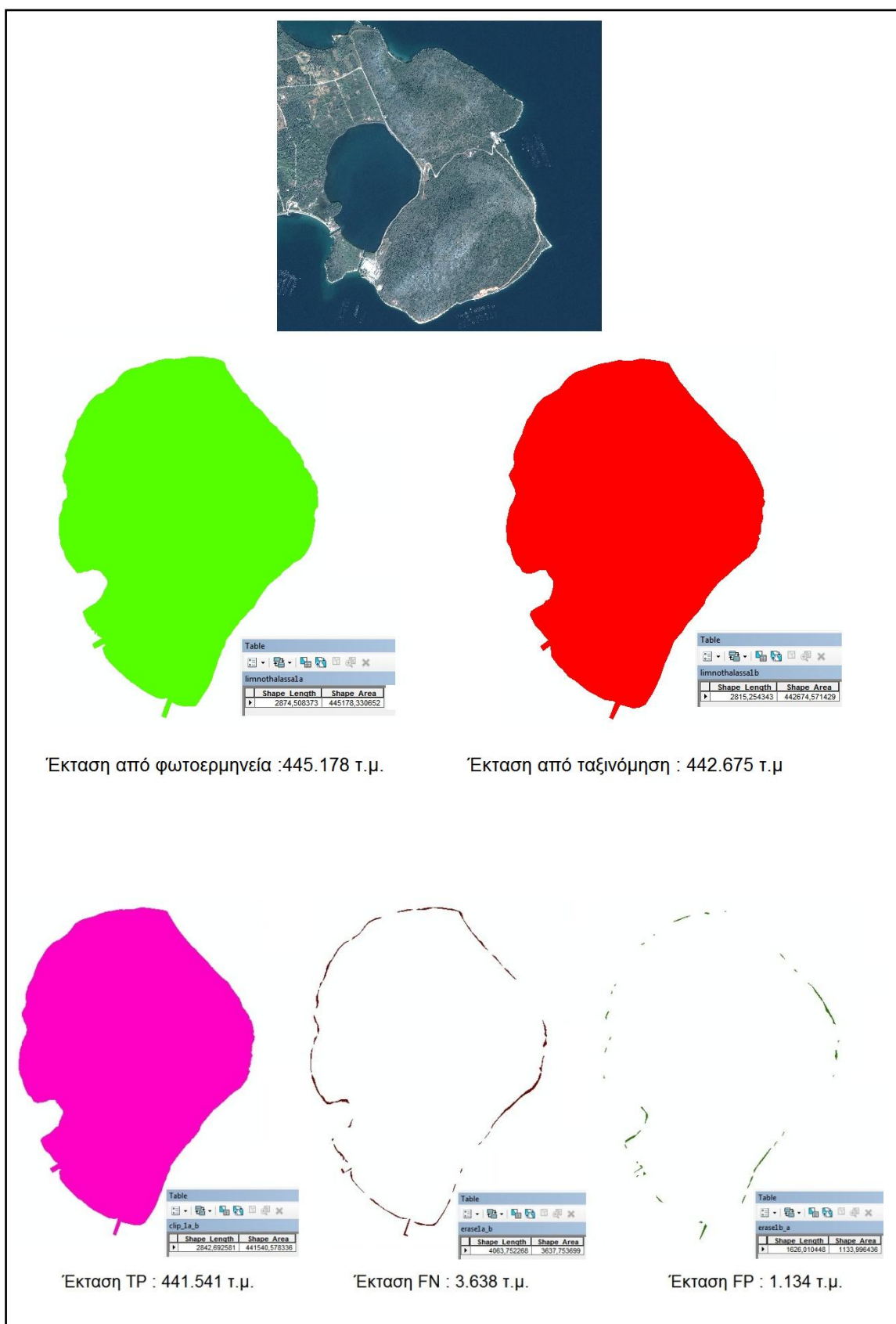
#### 4.1.1. Αξιολόγηση αποτελέσματος αναγνώρισης λιμνοθάλασσας ΠΜ1

Η έκταση κάθε περιοχής σε τετραγωνικά μέτρα, όπως προέκυψε από τον πίνακα ιδιοτήτων του λογισμικού ArcMap, παρουσιάζεται στον πίνακα 4-1 :

Έκταση(m <sup>2</sup> ) από φωτοερμηνεία	Έκταση (m <sup>2</sup> ) από ταξινόμηση	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ταξινομήθηκε σωστά ως λιμνοθάλασσα (TP)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ανήκει στην κατηγορία λιμνοθάλασσα αλλά δεν ταξινομήθηκε ως τέτοια (FN)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία δεν ανήκει στην κατηγορία λιμνοθάλασσα αλλά ταξινομήθηκε ως τέτοια (FP)
445.178	442.675	441.541	3.638	1.134

Πίνακας 4-1 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία

Και σχηματικά, οι εκτάσεις φαίνονται στην εικόνα 4-1 :



Εικόνα 4-1 : Περιοχές από φωτοερμηνεία, ταξινόμηση και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP

Σύμφωνα με τα παραπάνω, κατασκευάστηκε ο πίνακας 4-2 με τους δείκτες αξιολόγησης και τα σφάλματα :

Δείκτης Completeness (%)	Δείκτης Correctness (%)	Δείκτης Quality (%)	Σφάλμα Παράληψης (%)	Σφάλμα Συμπερίληψης (%)
99.2	99.7	98.9	0.8	0.25

**Πίνακας 4-2 : Έλεγχος ταξινόμησης λιμνοθάλασσας**

Οι δείκτες αξιολόγησης όπως και τα σφάλματα παράληψης και συμπερίληψης έχουν αρκετά ικανοποιητικές τιμές. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός πως τα όρια της λιμνοθάλασσας ήταν σαφώς διακριτά, πράγμα που συνέβαλλε στον αρχικό ακριβή διαχωρισμό του νερού από το έδαφος. Οι διαφορές μεταξύ της φωτοερμηνείας και ταξινόμησης εντοπίζονται στο σύνορο της λιμνοθάλασσας και ειδικότερα, οι περιοχές που δεν ταξινομήθηκαν ως λιμνοθάλασσα (FN) είχαν περίπου τριπλάσια έκταση από τις περιοχές που λανθασμένα ταξινομήθηκαν ως λιμνοθάλασσα (FP).

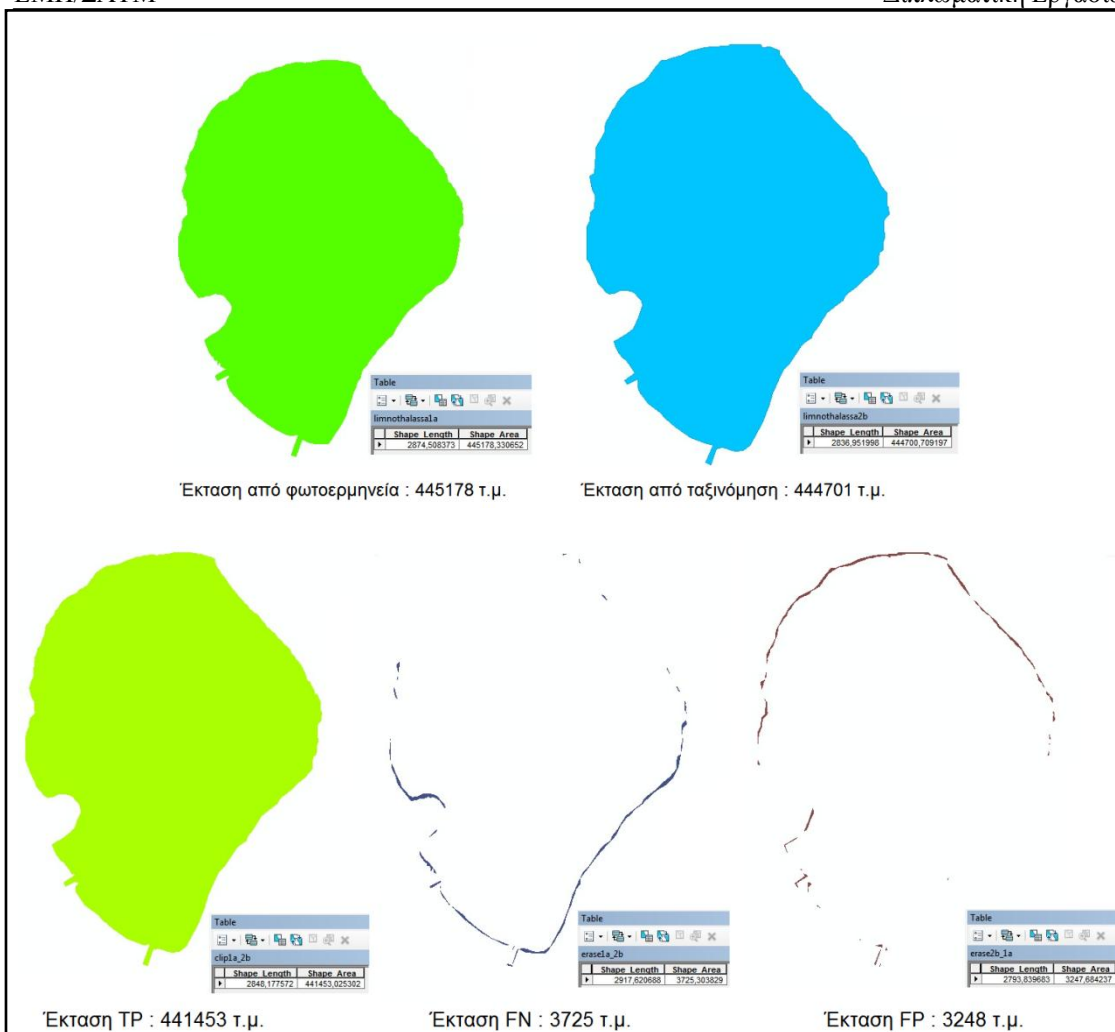
#### 4.1.2. Αξιολόγηση αποτελέσματος αναγνώρισης λιμνοθάλασσας ΠΜ2

Η έκταση κάθε περιοχής σε τετραγωνικά μέτρα, όπως προέκυψε από τον πίνακα ιδιοτήτων του λογισμικού ArcMap, παρουσιάζεται στον πίνακα 4-3 :

Έκταση(m <sup>2</sup> ) από φωτοερμηνεία	Έκταση (m <sup>2</sup> ) από ταξινόμηση	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ταξινο- μήθηκε σωστά ως λιμνοθά- λασσα (TP)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ανήκει στην κατηγο- ρία λιμνοθάλασσα αλλά δεν ταξινομή- θηκε ως τέτοια (FN)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία δεν ανήκει στην κα- τηγορία λιμνοθά- λασσα αλλά ταξινο- μήθηκε ως τέτοια (FP)
445.178	444.701	441.453	3.725	3.248

**Πίνακας 4-3 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία**

Σχηματικά, οι εκτάσεις φαίνονται στην εικόνα 4-2 :



Εικόνα 4-2 : Περιοχές από φωτοερμηνεία, ταξινόμηση και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP

Σύμφωνα με τα παραπάνω εξαγόμενα εμβαδά, κατασκευάστηκε ο πίνακας 4-4 με τους δείκτες αξιολόγησης και τα σφάλματα :

Δείκτης Completeness (%)	Δείκτης Correctness (%)	Δείκτης Quality (%)	Σφάλμα Παράληψης (%)	Σφάλμα Συμπερίληψης (%)
99.2	99.3	98.4	0.8	0.7

Πίνακας 4-4 : Έλεγχος ταξινόμησης λιμνοθάλασσας

Όπως και στην πρώτη μέθοδο, έτσι και εδώ, οι δείκτες αξιολόγησης και τα σφάλματα κρίνονται αρκετά ικανοποιητικά και υποδηλώνουν ότι η αναγνώριση της λιμνοθάλασσας πραγματοποιήθηκε με επιτυχία. Οι περιοχές (FN) και (FP) είναι σχεδόν ίσες σε εμβαδό και συνεπώς οι δείκτες πληρότητας και ορθότητας αλλά και τα σφάλματα παράληψης και συμπερίληψης έχουν πολύ μικρή διαφορά αντίστοιχα.

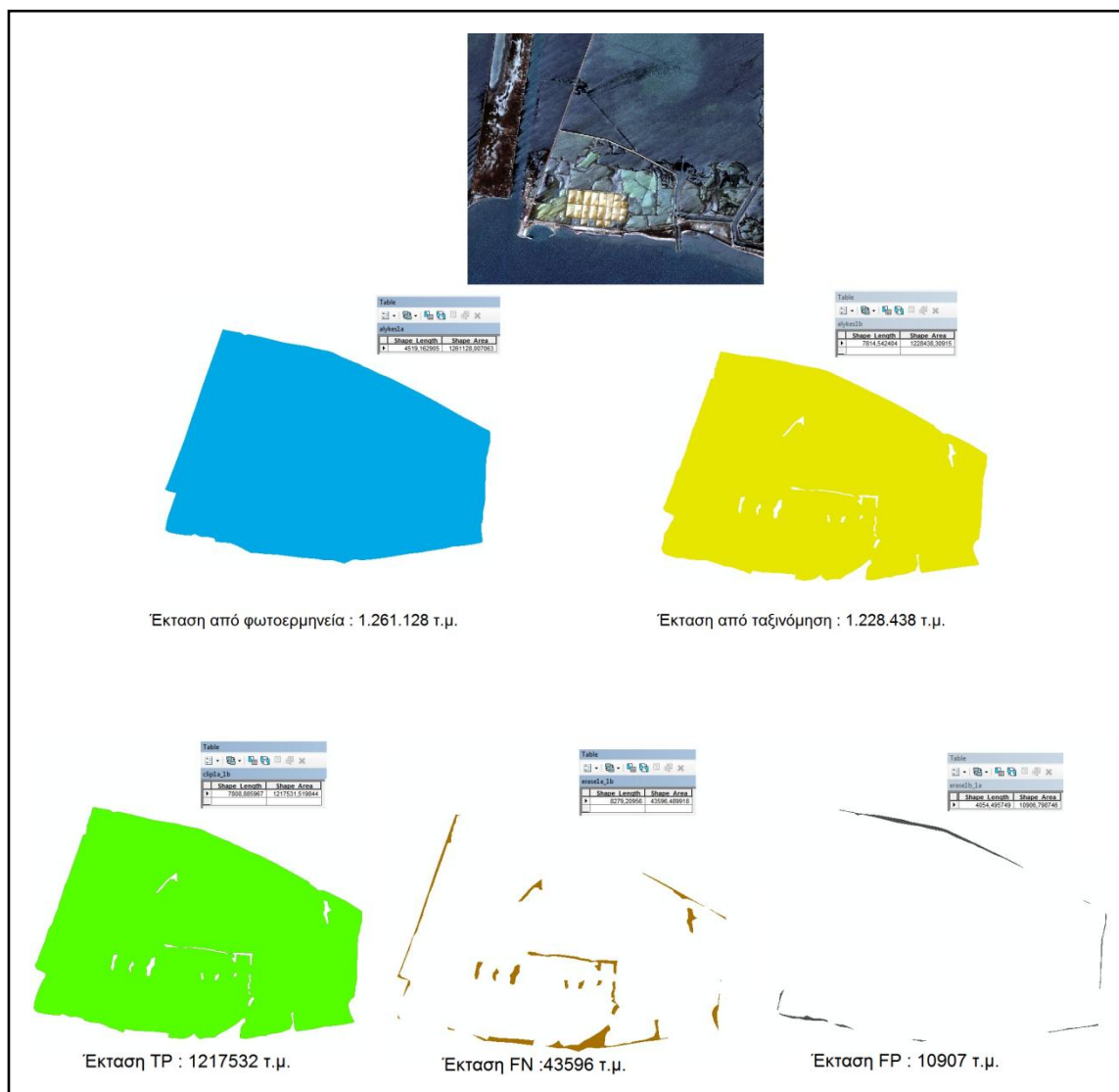
### 4.1.3. Αξιολόγηση αποτελέσματος αναγνώρισης αλυκής ΠΜ3

Η έκταση κάθε περιοχής σε τετραγωνικά μέτρα, όπως προέκυψε από τον πίνακα ιδιοτήτων του λογισμικού ArcMap, παρουσιάζεται στον πίνακα 4-5 :

Έκταση(m <sup>2</sup> ) από φωτοερμηνεία	Έκταση (m <sup>2</sup> ) από ταξινόμηση	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ταξινομήθηκε σωστά ως λιμνοθάλασσα (TP)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ανήκει στην κατηγορία λιμνοθάλασσα αλλά δεν ταξινομήθηκε ως τέτοια (FN)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία δεν ανήκει στην κατηγορία λιμνοθάλασσα αλλά ταξινομήθηκε ως τέτοια (FP)
1.261.128	1.228.438	1.217.532	43.596	10.907

Πίνακας 4-5 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία

Και σχηματικά, οι εκτάσεις φαίνονται στην εικόνα 4-3 :



Εικόνα 4-3 : Περιοχές από φωτοερμηνεία, ταξινόμηση και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP



Σύμφωνα με τα παραπάνω, κατασκευάστηκε ο πίνακας 4-6 με τους δείκτες αξιολόγησης και τα σφάλματα :

Δείκτης Completeness (%)	Δείκτης Correctness (%)	Δείκτης Quality (%)	Σφάλμα Παράληψης (%)	Σφάλμα Συμπερίληψης (%)
96.5	99.1	95.7	3.5	0.9

**Πίνακας 4-6 : Έλεγχος ταξινόμησης αλυκής**

Η ποιότητα της αξιολόγησης, όπως προκύπτει από τους δείκτες και τα σφάλματα, είναι αρκετά καλή. Η έκταση που δεν ταξινομήθηκε ως αλυκή ενώ ήταν τέτοια (FN), είναι περίπου τέσσερις φορές μεγαλύτερη από την έκταση που λανθασμένα ταξινομήθηκε ως αλυκή (FP). Αυτό οφείλεται κυρίως στην αδυναμία να ταξινομηθούν ως αλυκή κάποιες μικρές περιοχές κατά μήκος της περιμέτρου και ορισμένες περιοχές περιμετρικά των θυλάκων συγκέντρωσης του αλμυρού νερού.

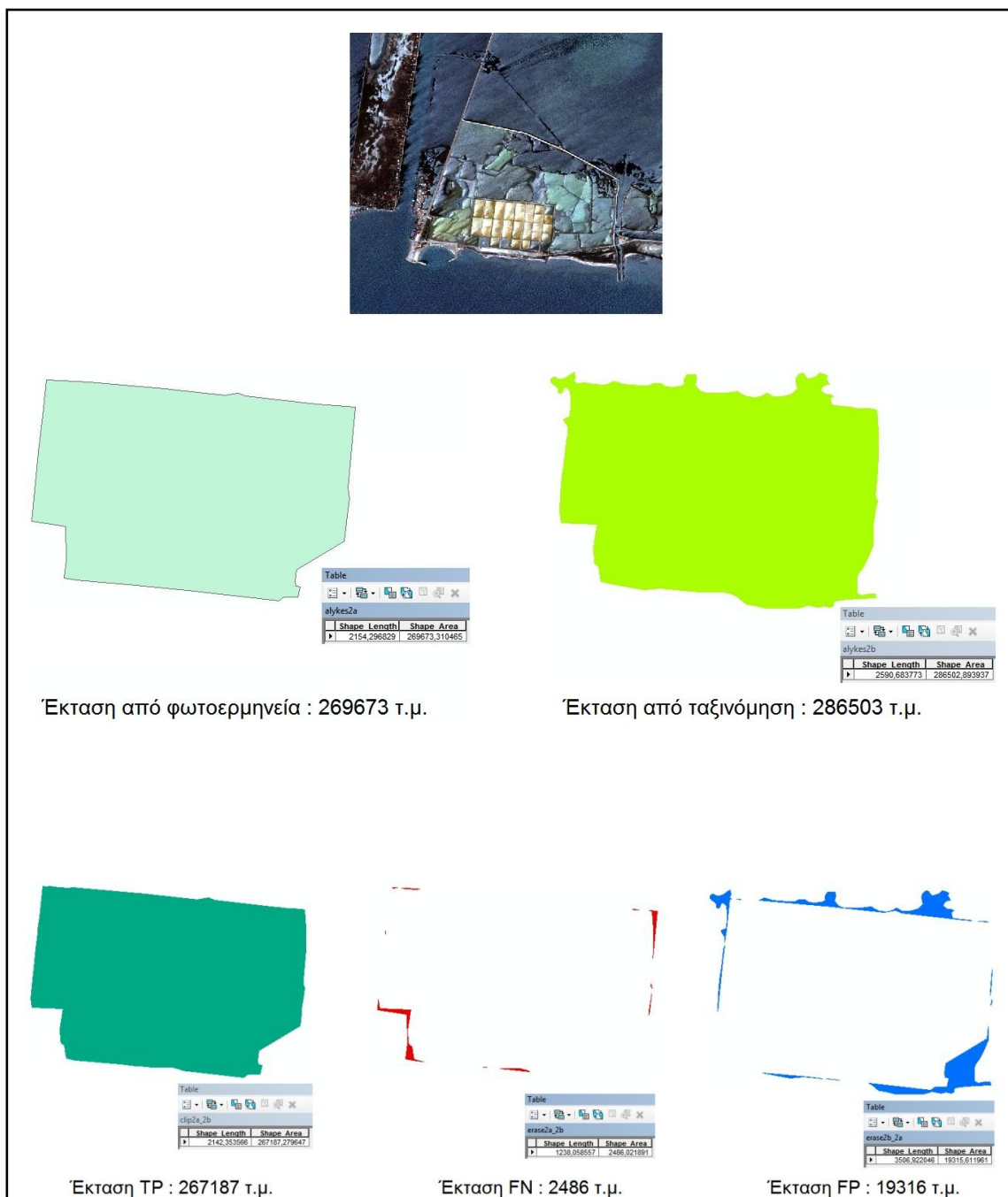
#### **4.1.4. Αξιολόγηση αποτελέσματος αναγνώρισης αλυκής ΠΜ4**

Η έκταση κάθε περιοχής σε τετραγωνικά μέτρα, όπως προέκυψε από τον πίνακα ιδιοτήτων του λογισμικού ArcMap, παρουσιάζεται στον πίνακα 4-7 :

Έκταση(m <sup>2</sup> ) από φωτοερμηνεία	Έκταση (m <sup>2</sup> ) από ταξινόμηση	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ταξινο- μήθηκε σωστά ως λιμνοθά- λασσα  (TP)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ανήκει στην κατηγο- ρία λιμνοθάλασσα αλλά δεν ταξινομή- θηκε ως τέτοια  (FN)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία δεν ανήκει στην κα- τηγορία λιμνοθά- λασσα αλλά ταξινο- μήθηκε ως τέτοια  (FP)
269.673	286.503	267.187	2.486	19.316

**Πίνακας 4-7 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία**

Και σχηματικά, οι εκτάσεις φαίνονται στην εικόνα 4-4 :



Εικόνα 4-4 : Περιοχές από φωτοερμηνεία, ταξινόμηση και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP

Σύμφωνα με τα παραπάνω, κατασκευάστηκε ο πίνακας 4-8 με τους δείκτες αξιολόγησης και τα σφάλματα :

Δείκτης Completeness (%)	Δείκτης Correctness (%)	Δείκτης Quality (%)	Σφάλμα Παράληψης (%)	Σφάλμα Συμπερίληψης (%)
99.1	93.3	92.5	0.9	7.2

Πίνακας 4-8 : Έλεγχος ταξινόμησης αλυκής

Η πληρότητα, με τιμή 99,1%, είναι πολύ ικανοποιητική. Ικανοποιητικοί είναι και υπόλοιποι δείκτες. Το σφάλμα συμπερίληψης είναι περίπου επτά φορές μεγαλύτερο από το σφάλμα παράληψης, και αυτό οφείλεται στη λάθος συμπερίληψη ορισμένων εκτάσεων, γειτονικών στην οργανωμένη περιοχή της αλυκής, οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλή συγκέντρωση άλατος και παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά της αλυκής.

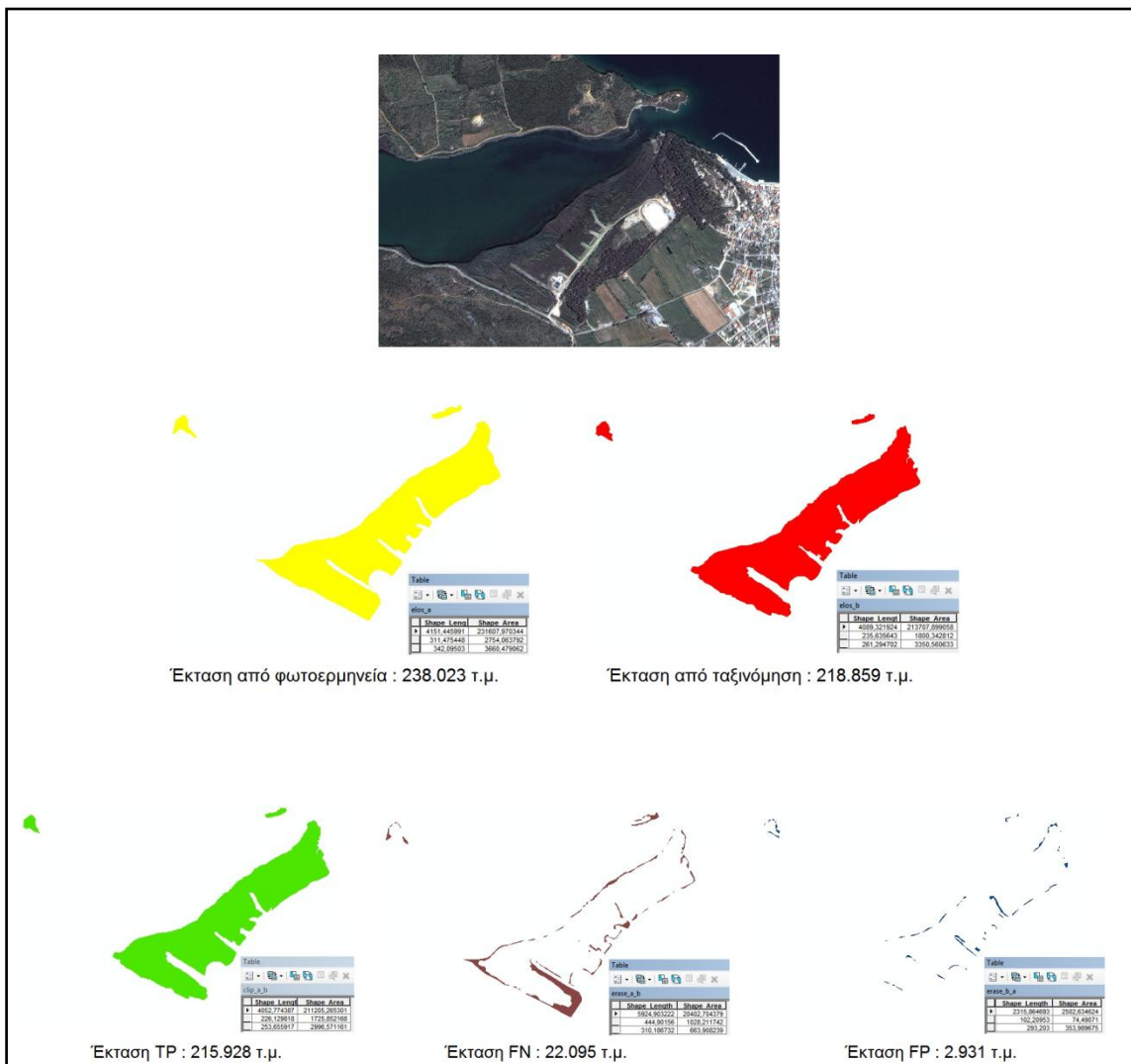
#### 4.1.5. Αξιολόγηση αποτελέσματος αναγνώρισης έλους ΠΜ5

Η έκταση κάθε περιοχής σε τετραγωνικά μέτρα, όπως προέκυψε από τον πίνακα ιδιοτήτων του λογισμικού ArcMap, παρουσιάζεται στον πίνακα 4-9 :

Έκταση(m <sup>2</sup> ) από φωτοερμηνεία	Έκταση (m <sup>2</sup> ) από ταξινόμηση	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ταξινομήθηκε σωστά ως λιμνοθάλασσα (TP)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ανήκει στην κατηγορία λιμνοθάλασσα αλλά δεν ταξινομήθηκε ως τέτοια (FN)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία δεν ανήκει στην κατηγορία λιμνοθάλασσα αλλά ταξινομήθηκε ως τέτοια (FP)
238.023	218.859	215.928	22.095	2.931

Πίνακας 4-9 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία

Και σχηματικά, οι εκτάσεις φαίνονται στην εικόνα 4-5 :



Εικόνα 4-5 : Περιοχές από φωτοερμηνεία, ταξινόμηση και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP

Σύμφωνα με τα παραπάνω, κατασκευάστηκε ο πίνακας 4-10 με τους δείκτες αξιολόγησης και τα σφάλματα :

Δείκτης Completeness (%)	Δείκτης Correctness (%)	Δείκτης Quality (%)	Σφάλμα Παράληψης (%)	Σφάλμα Συμπερίληψης (%)
90.7	98.7	89.6	9.3	1.2

Πίνακας 4-10 : Έλεγχος ταξινόμησης έλους

Οι δείκτες αξιολόγησης και για την περίπτωση του έλους κρίνονται ικανοποιητικοί, ιδιαίτερα όσον αφορά στο δείκτη ορθότητας αλλά και στο σφάλμα συμπερίληψης. Η περιοχή (FN) είναι περίπου 10% μεγαλύτερη σε έκταση από την περιοχή (FP),

γεγονός που οφείλεται στη μη ταξινόμηση ως έλους μιας έκτασης στο κάτω αριστερό τμήμα της εικόνας.

## **4.2. Αξιολόγηση με βάση τη σταθερότητα των ταξινομήσεων**

Η αξιολόγηση με βάση τη σταθερότητα των ταξινομήσεων γίνεται με τα εργαλεία του λογισμικού eCognition. Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα για εξαγωγή στατιστικών πινάκων οι οποίοι δείχνουν την ποιότητα της ταξινόμησης. Η εξαγωγή των πινάκων αυτών μπορεί να γίνει είτε βάσει των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής με τους οποίους τα αντικείμενα ταξινομούνται σε κάθε κατηγορία (Best Classification Result) είτε βάσει της διαφοράς ανάμεσα στον πρώτο και στο δεύτερο βαθμό συμμετοχής των αντικειμένων (Classification Stability).

Οι στατιστικοί πίνακες της αξιολόγησης του καλύτερου αποτελέσματος παρουσιάζουν τον αριθμό των αντικειμένων που ανήκουν σε κάθε κατηγορία, τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση για το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής, καθώς και τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή των βαθμών συμμετοχής. Όταν ο μέσος όρος είναι πλησίον της μονάδας, τότε συνήθως η ταξινόμηση χαρακτηρίζεται καλή. Όταν ο ελάχιστος βαθμός συμμετοχής είναι μικρός, αυτό σημαίνει ότι κάποια αντικείμενα έχουν ταξινομηθεί με μικρή βεβαιότητα. Εάν τα αντικείμενα αυτά είναι πολλά σε πλήθος, τότε και η μέση τιμή του βαθμού συμμετοχής θα είναι μικρή, οπότε η ταξινόμηση κρίνεται κακής ποιότητας.

Ο έλεγχος της σταθερότητας ταξινόμησης γίνεται βάσει της διαφοράς ανάμεσα στον πρώτο και στο δεύτερο βαθμό συμμετοχής. Οι πίνακες παρουσιάζουν τον αριθμό αντικειμένων κάθε κατηγορίας, τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση της διαφοράς καθώς και τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή της διαφοράς αυτής. Εάν η διαφορά που αφορά σε κάποιο αντικείμενο είναι μικρή, τότε το αντικείμενο αυτό έχει ταξινομηθεί στην κατηγορία του πρώτου βαθμού συμμετοχής, αλλά υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να ανήκει στην κατηγορία του δεύτερου βαθμού συμμετοχής.

### **4.2.1. Αξιολόγηση ταξινόμησης λιμνοθάλασσας ΠΜ1**

Όπως προκύπτει από τους πίνακες των στατιστικών στοιχείων που ακολουθούν, οι μέσες τιμές για τους βαθμούς συμμετοχής αλλά και οι διαφορές μεταξύ του πρώτου και δεύτερου βαθμού έχουν μέση τιμή πλησίον της μονάδας στο πρώτο επίπεδο και ίση με τη μονάδα στο δεύτερο επίπεδο. Αυτό σημαίνει ότι η ταξινόμηση είναι αρκετά καλή.

Ιδιαίτερα στο πρώτο επίπεδο του πίνακα 4-11 όπου γίνεται ο διαχωρισμός «νερό – όχι νερό», η ελάχιστη τιμή για το βαθμό συμμετοχής είναι 0,523 αλλά η μέση τιμή είναι 0,997. Αυτό σημαίνει ότι από τα 1099 αντικείμενα που ταξινομήθηκαν στην

κατηγορία νερό, υπάρχει ένας μικρός αριθμός ή τουλάχιστον ένα αντικείμενο, το οποίο ταξινομήθηκε με μικρή βεβαιότητα.

Level1						Level2					
Best Classification Result						Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
water L1	1099	0.9974705	0.0256689311	0.5233333	1	not water L2	10349	1	0	1	1
not water L1	10349	0.9998283	0.005569142639	0.6662500	1	Lagoon L2	1	1	0	1	1
						sea L2	53	1	0	1	1
						other waters L2	33	1	0	1	1

Πίνακας 4-11 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου καλύτερου αποτελέσματος

Level 1						Level 2					
Classification Stability						Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
water L1	1099	0.9953967	0.05048879319	0.04666665196	1	not water L2	10349	1	0	1	1
not water L1	10349	0.9996762	0.01097836289	0.3325000	1	Lagoon L2	1	1	0	1	1
						sea L2	53	1	0	1	1
						other waters L2	33	1	0	1	1

Πίνακας 4-12 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου σταθερότητας ταξινόμησης

#### 4.2.2. Αξιολόγηση ταξινόμησης λιμνοθάλασσας ΠΜ2

Η ταξινόμηση με τη δεύτερη μέθοδο είναι και αυτή αρκετά καλή. Οι τιμές των στηλών του πίνακα για το πρώτο επίπεδο είναι ίδιες με αυτές της προηγούμενης μεθόδου, αφού η κατάτμηση και ταξινόμηση για τις κατηγορίες «νερό – όχι νερό» έγινε με τα ίδια κριτήρια με αυτά της πρώτης μεθόδου. Στα υπόλοιπα επίπεδα, για την κατηγορία “next to the coast waters” η μέση τιμή ισούται με 0,989 και για τις άλλες κατηγορίες οι μέσες τιμές είναι όλες ίσες με τη μονάδα, πράγμα που επιβεβαιώνει την καλή ποιότητα των αποτελεσμάτων.

Level 1						Level 3					
Best Classification Result						Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
water L1	1191	0.9976659	0.02466684362	0.5233333	1	not water L3	10384	1	0	1	1
not water L1	10384	0.9998288	0.005559758034	0.6662500	1	sea L3	44	1	0	1	1
						Lagoon like L3	36	1	0	1	1
Level 2						Level 4					
Best Classification Result						Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
not water L2	10384	1	0	1	1	not water L4	10384	1	0	1	1
next to the coast ...	106	0.9895636	0.06161432621	0.5367991	1	sea L4	44	1	0	1	1
sea L2	1	1	0	1	1	Lagoon L4	1	1	0	1	1
						other waters L4	35	1	0	1	1

Πίνακας 4-13 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου καλύτερου αποτελέσματος



Level 1						Level 3					
Classification Stability						Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
water L1	1191	0.9957523	0.04851514635	0.046666651	1	not water L3	10384	1	0	1	1
not water L1	10384	0.9996773	0.01095986167	0.3325000	1	sea L3	44	1	0	1	1
Level 2						Level 4					
Classification Stability						Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
not water L2	10384	1	0	1	1	not water L4	10384	1	0	1	1
next to the coast ...	106	0.9792597	0.1232373	0.073598146	1	sea L4	44	1	0	1	1
sea L2	1	1	0	1	1	Lagoon like L3	36	1	0	1	1
						other waters L4	35	1	0	1	1

Πίνακας 4-14 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου σταθερότητας ταξινόμησης

#### 4.2.3. Αξιολόγηση ταξινόμησης αλυκής ΠΜ3

Τα στατιστικά στοιχεία της αξιολόγησης για την πρώτη μέθοδο με την οποία ταξινομήθηκε η αλυκή παρουσιάζουν μέσες τιμές ίσες με τη μονάδα και για τις κατηγορίες “high reflection areas” και “saltworks like(2) L3” ίσες με 0,978 και 0,968 αντίστοιχα. Οπότε η ποιότητα της ταξινόμησης μπορεί να θεωρηθεί καλή. Το γεγονός πως στο πρώτο επίπεδο ο ελάχιστος βαθμός συμμετοχής για τις περιοχές με υψηλή ανακλαστικότητα ισούται με 0,11 καταδεικνύει πως ένα τουλάχιστον αντικείμενο έχει ταξινομηθεί με μικρή βεβαιότητα στην εν λόγω κατηγορία. Παρ’ όλα αυτά, λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή μέση τιμή αλλά και το ότι τα τελικά αποτελέσματα δεν βασίζονται εξολοκλήρου στο επίπεδο αυτό, εξάγεται το συμπέρασμα πως η μικρή αυτή αβεβαιότητα δεν επηρεάζει σε μεγάλο ποσοστό την ποιότητα της ταξινόμησης.

Level 1						Level 4					
Best Classification Result						Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
high reflection are...	837	0.9787302	0.109	0.1101157	1	saltworks like L4	12	1	0	1	1
Level 2						Level 5					
Best Classification Result						Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
soil L2	436	1	0	1	1	soil L5	436	1	0	1	1
water areas L2	87	1	0	1	1	saltworks L5	1	1	0	1	1
Level 3											
Best Classification Result											
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum						
soil L3	436	1	0	1	1						
saltworks like(1) L3	34	1	0	1	1						
saltworks like(2) L3	23	0.9685617	0.105	0.522	1						

Πίνακας 4-15 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου καλύτερου αποτελέσματος



#### 4.2.5. Αξιολόγηση ταξινόμησης έλους ΠΜ5

Όπως προκύπτει από τους πίνακες των στατιστικών στοιχείων που ακολουθούν, οι μέσες τιμές για τους βαθμούς συμμετοχής αλλά και οι διαφορές μεταξύ του πρώτου και δεύτερου βαθμού έχουν μέση τιμή πλησίον της μονάδας ή ίση με τη μονάδα. Αυτό σημαίνει ότι η ταξινόμηση είναι αρκετά καλή.

Η ελάχιστη τιμή για το βαθμό συμμετοχής για την κατηγορία “smooth texture L3” είναι 0,139. Αυτό, σε συνδυασμό με το την υψηλή μέση τιμή και τη μικρή τυπική απόκλιση, καταδεικνύει ότι υπάρχει τουλάχιστον ένα αντικείμενο ή ένας πολύ μικρός αριθμός αντικειμένων από το σύνολο των 124, το οποίο έχει ταξινομηθεί με μικρή βεβαιότητα. Παρ’ όλα αυτά, επειδή η συμμετοχή των αντικειμένων αυτών στο τελικό αποτέλεσμα είναι μικρή, η συνολική ποιότητα της ταξινόμησης δεν επηρεάζεται σημαντικά.

Level 1						Level 4					
Best Classification Result ?						Best Classification Result ?					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
water L1	4159	0.9983726	0.02196098046	0.5	1	water L4	18	1	0	1	1
not water L1	174343	1	0.003445349963	0.5381818	1	shore like L4	12	1	0	1	1
Level 2						Level 5					
Best Classification Result ?						Best Classification Result ?					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
water L2	950	1	0	1	1	marsh like L4	193	0.998	0.01510344953	0.8481572	1
not vegetation L2	23220	0.9877412	0.05852395492	0.5005757	1	marsh like L4	76	1	0	1	1
cultivation like L2	42425	0.9745533	0.08281609823	0.5	1	others L4	241	0.9935780	0.04923678886	0.4883460	1
other vegetation L2	89847	0.9906274	0.05071481002	0.5007734	1	shore like(2) L4	7	1	0	1	1
Level 3						Level 6					
Best Classification Result ?						Best Classification Result ?					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
smooth texture L3	124	0.9856908	0.09539734727	0.139	1	marsh like L5	31	1	0	1	1
						water L5	18	1	0	1	1
						shore like L5	19	1	0	1	1
						others L5	672	0.9997864	0.005532032785	0.8564865	1
						water L6	18	1	0	1	1
						shore like L6	19	1	0	1	1
						marsh L6	3	1	0	1	1
						others L6	700	1	0	1	1

Πίνακας 4-19 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου καλύτερου αποτελέσματος

Level 1						Level 4					
Classification Stability						Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
water L1	4159	0.9968574	0.04375309723	0	1	water L4	18	1	0	1	1
not water L1	174343	1	0.006844069205	0.07636365294	1	shore like L4	12	1	0	1	1
Level 2						Level 5					
Classification Stability						Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
water L2	950	0.979	0.1435598	0	1	marsh like L5	31	1	0	1	1
not vegetation L2	23220	0.977	0.1162856	0.001151442528	1	water L5	18	1	0	1	1
cultivation like L2	42425	0.9521433	0.165	0	1	shore like L5	19	1	0	1	1
other vegetation L2	89847	0.9824929	0.1005990	0.001546770334	1	others L5	672	0.9995729	0.01106406614	0.713	1
Level 3						Level 6					
Classification Stability						Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
smooth texture L3	124	0.9856908	0.09539734727	0.139	1	water L6	18	0	0	0	0
						shore like L6	19	1	0	1	1
						marsh L6	3	1	0	1	1
						others L6	700	1	0	1	1

Πίνακας 4-20 : Στατιστικοί πίνακες ελέγχου σταθερότητας ταξινόμησης

### 4.3. Εφαρμογή του αλγορίθμου ταξινόμησης στη λιμνοθάλασσα του Μπάλου

Η λιμνοθάλασσα Πωγωνίτσα του Αμβρακικού κόλπου μπορεί να θεωρηθεί μία ιδανική περίπτωση για αναγνώριση και ταξινόμηση επειδή χαρακτηρίζεται από σαφώς διακριτά όρια και σχετικά βαθιά νερά. Για το λόγο αυτό, αποφασίστηκε να εξεταστεί η απόδοση του αλγορίθμου αναγνώρισης σε μία επιπλέον λιμνοθάλασσα, όπως ο Μπάλος, η οποία χαρακτηρίζεται από περιοχές με πολύ ρηχά νερά και όχι και τόσο διακριτά όρια.

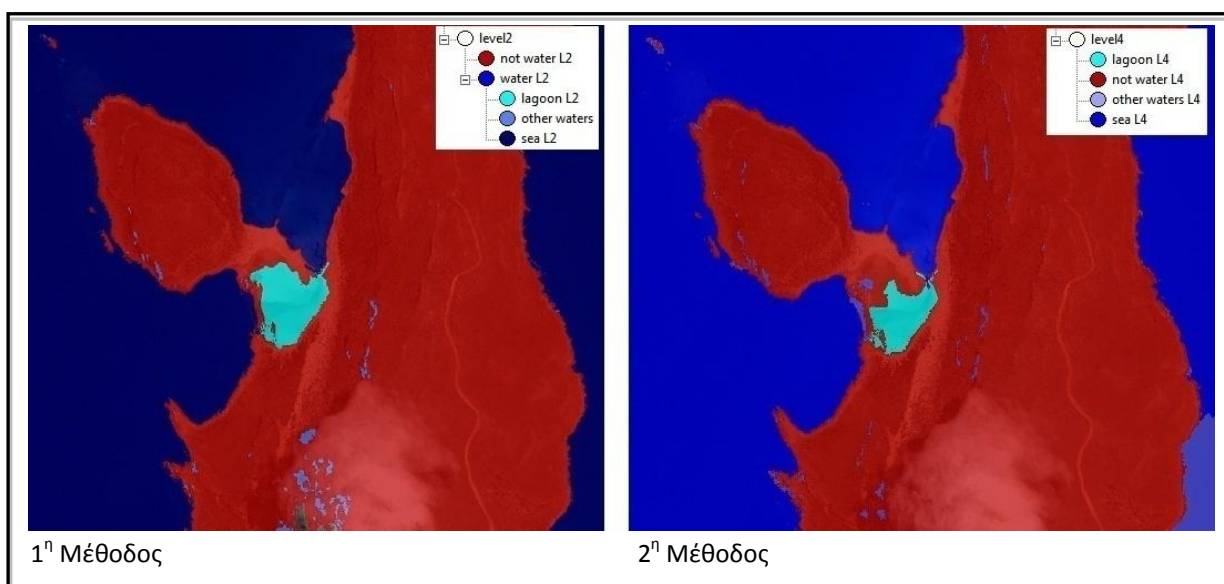
Για τη διαδικασία της αναγνώρισης, όλες οι κατατμήσεις, οι συναρτήσεις συμμετοχής με τα όριά τους και τα διαγράμματα ροής, ήταν τα ίδια με αυτά της παραγράφου 3.1.

Η αρχική εικόνα της περιοχής που χρησιμοποιήθηκε είναι η εικόνα 4-6 :



Εικόνα 4-6 : Περιοχή λιμνοθάλασσας Μπάλου, Κίσαμος Χανίων

Η εφαρμογή των δύο μεθόδων αναγνώρισης που δημιουργήθηκαν στο τρίτο κεφάλαιο έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα :



Εικόνα 4-7 : 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> μέθοδος αναγνώρισης λιμνοθάλασσας

#### 4.3.1. Αξιολόγηση πρώτης μεθόδου ΠΜ1

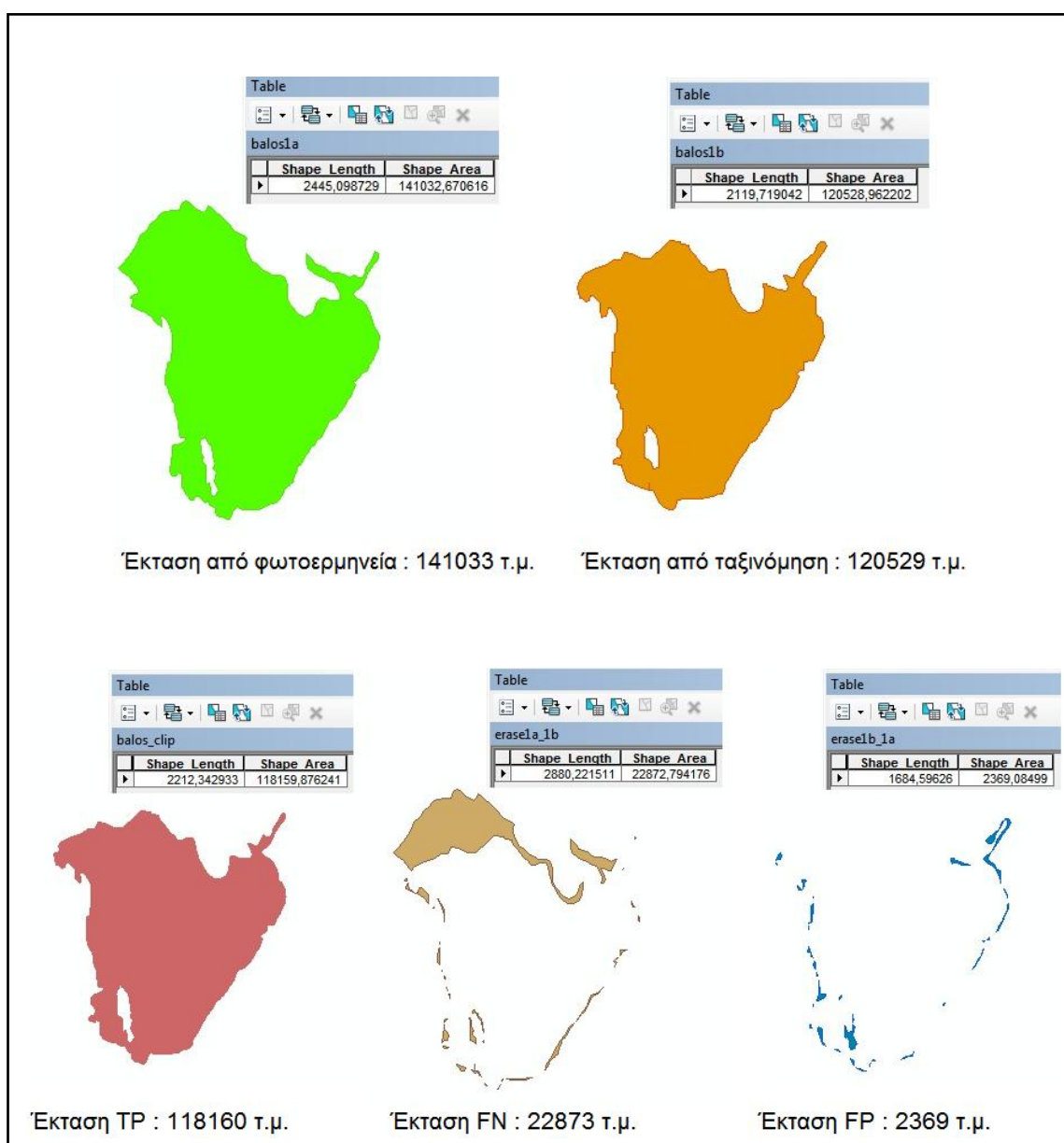
Η έκταση κάθε περιοχής σε τετραγωνικά μέτρα, όπως προέκυψε από τον πίνακα ιδιοτήτων του λογισμικού ArcMap, παρουσιάζεται στον πίνακα 4-21 :



Έκταση(m <sup>2</sup> ) από φωτοερμηνεία	Έκταση (m <sup>2</sup> ) από ταξινόμηση	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ταξινομήθηκε σωστά ως λιμνοθάλασσα  (TP)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ανήκει στην κατηγορία λιμνοθάλασσα αλλά δεν ταξινομήθηκε ως τέτοια  (FN)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία δεν ανήκει στην κατηγορία λιμνοθάλασσα αλλά ταξινομήθηκε ως τέτοια  (FP)
141.033	120.529	118.160	22.873	2.369

Πίνακας 4-21 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία

Και σχηματικά, οι εκτάσεις φαίνονται στην εικόνα 4-8 :



Εικόνα 4-8 : Περιοχές από φωτοερμηνεία, ταξινόμηση και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP



Σύμφωνα με τα προηγούμενα, κατασκευάστηκε ο πίνακας 4-22 με τους δείκτες αξιολόγησης και τα σφάλματα :

Δείκτης Completeness (%)	Δείκτης Correctness (%)	Δείκτης Quality (%)	Σφάλμα Παράληψης (%)	Σφάλμα Συμπερίληψης (%)
83.8	98.0	82.4	16.2	1.7

**Πίνακας 4-22 : Έλεγχος ταξινόμησης λιμνοθάλασσας**

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 4-22, ο δείκτης ορθότητας έχει τη μεγαλύτερη τιμή (98%) η οποία μάλιστα είναι αρκετά ικανοποιητική. Ο δείκτης πληρότητας είναι μικρότερος κατά 15 σχεδόν μονάδες πράγμα που επηρεάζει και το δείκτη ποιότητας ο οποίος ισούται με 82,4%. Οι τιμές των δεικτών επαληθεύονται και από τα σφάλματα παράληψης και συμπερίληψης, με το πρώτο να ισούται με 16,2% και το δεύτερο με 1,7%. Η μεγάλη διαφορά ανάμεσα στα δύο σφάλματα οφείλεται στην αδυναμία ταξινόμησης μίας περιοχής της λιμνοθάλασσας του Μπάλου η οποία χαρακτηρίζεται από πάρα πολύ ρηγά νερά. Η περιοχή αυτή, κατά την ταξινόμηση του πρώτου επιπέδου, συμπεριλήφθηκε στα αντικείμενα τα οποία ανήκουν στην κατηγορία «όχι νερό». Με διάφορες δοκιμές που έγιναν, διαπιστώθηκε πως η αύξηση των ορίων για τη μέση τιμή του καναλιού 4 στη συνάρτηση συμμετοχής του πρώτου επιπέδου, συνεπαγόταν την ταξινόμηση στην κατηγορία του νερού περιοχών με έντονες σκιές και βλάστηση.

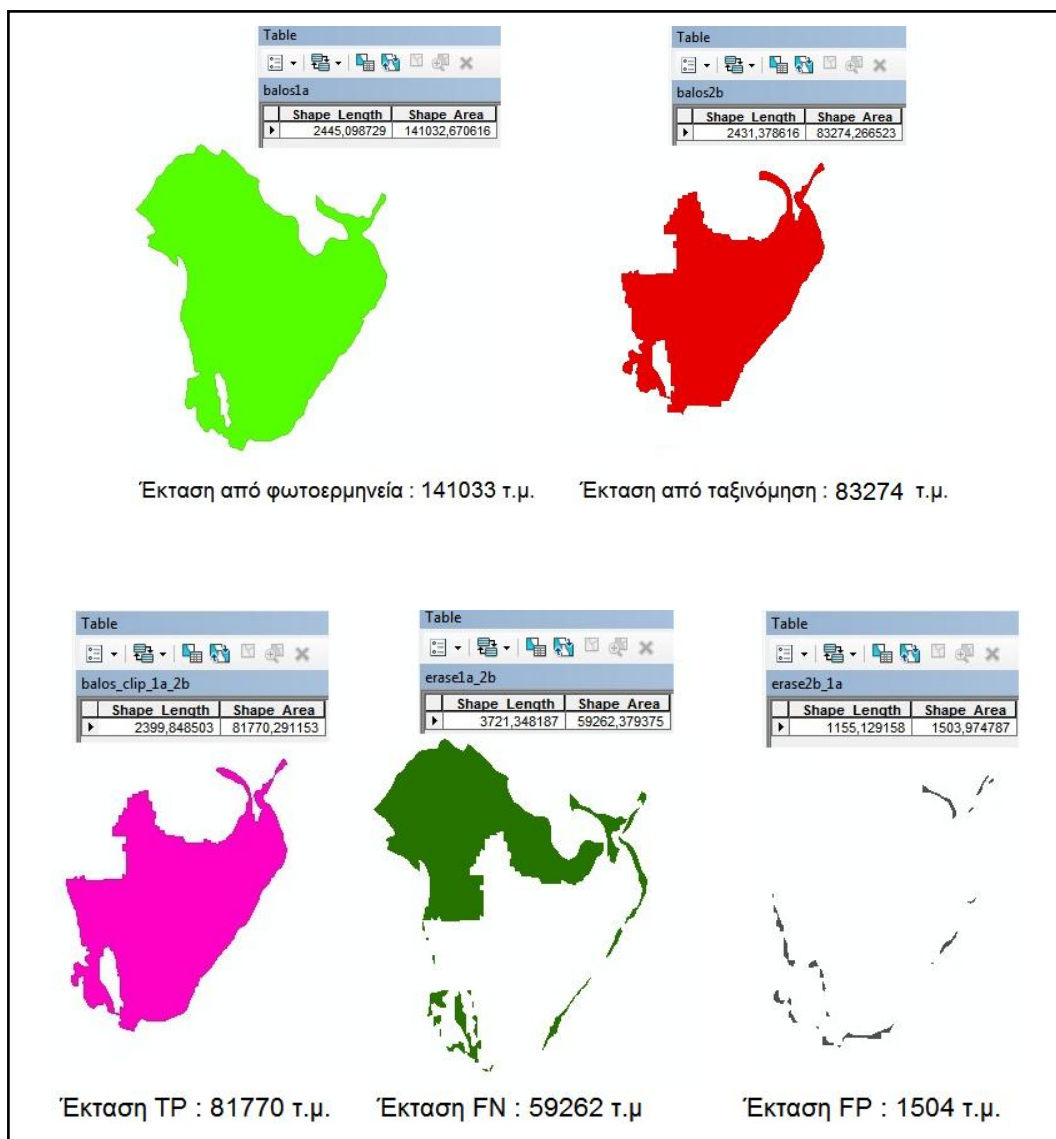
#### 4.3.2. Αξιολόγηση δεύτερης μεθόδου

Η έκταση κάθε περιοχής σε τετραγωνικά μέτρα, όπως προέκυψε από τον πίνακα ιδιοτήτων του λογισμικού ArcMap, παρουσιάζεται στον πίνακα 4-23 :

Έκταση(m <sup>2</sup> ) από φωτοερμηνεία	Έκταση (m <sup>2</sup> ) από ταξινόμηση	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ταξινο- μήθηκε σωστά ως λιμνοθά- λασσα  (TP)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία ανήκει στην κατηγο- ρία λιμνοθάλασσα αλλά δεν ταξινομή- θηκε ως τέτοια  (FN)	Έκταση (m <sup>2</sup> ) η οποία δεν ανήκει στην κα- τηγορία λιμνοθά- λασσα αλλά ταξινο- μήθηκε ως τέτοια  (FP)
141.033	83.274	81.770	59.262	1.504

**Πίνακας 4-23 : Εμβαδά περιοχών για κάθε κατηγορία**

Και σχηματικά, οι εκτάσεις φαίνονται στην εικόνα 4-9:



Εικόνα 4-9 : Περιοχές από φωτοερμηνεία, ταξινόμηση και οι εξαγόμενες εκτάσεις TP, FN, FP

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, κατασκευάστηκε ο πίνακας 4-24 με τους δείκτες αξιολόγησης και τα σφάλματα :

Δείκτης Completeness (%)	Δείκτης Correctness (%)	Δείκτης Quality (%)	Σφάλμα Παράληψης (%)	Σφάλμα Συμπερίληψης (%)
58.0	98.2	57.4	42.0	1.1

Πίνακας 4-24 : Έλεγχος ταξινόμησης λιμνοθάλασσας

Σε αυτή τη μέθοδο, όπως και στην προηγούμενη, ο δείκτης ορθότητας κυμαίνεται σε αρκετά υψηλές τιμές ενώ ο δείκτης πληρότητας είναι σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα και το σφάλμα παράληψης υψηλό. Το υψηλό σφάλμα παράληψης οφείλεται και πάλι στην αδυναμία ταξινόμησης ως λιμνοθάλασσα, της περιοχής με τα πολύ ρηχά νερά. Μάλιστα, στην παρούσα μέθοδο, η περιοχή αυτή είναι μεγαλύτερη σε έκταση από την προηγούμενη μέθοδο, και πιο συγκεκριμένα είναι ίση με το 42% ολόκληρης της περιοχής που προέκυψε από τη φωτοερμηνεία.



## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

### 5.1. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκαν μέθοδοι, βασισμένες στη θεωρία της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνας, με τις οποίες μπορεί να γίνει αυτόματη αναγνώριση ορισμένων παράκτιων οντοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, οι οντότητες που εξετάστηκαν ήταν οι λιμνοθάλασσες Πωγωνίτσα στον Αμβρακικό κόλπο και Μπάλος στο ακρωτήριο της Γραμβούσας Χανίων, η αλυκή της Τουρλίδας Μεσολογίου και το έλος βορειοδυτικά της πόλης Βόνιτσας. Η μεθοδολογία βασίστηκε στα φασματικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων που δημιουργήθηκαν, αλλά και στις μεταξύ τους υπάρχουσες χωρικές σχέσεις. Τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται παρακάτω :

- Στις περισσότερες ταξινομήσεις σημαντικό ρόλο έπαιξε η ιδιότητα του υδάτινου στοιχείου να απορροφάει μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας (κανάλι 4 – NIR).
- Σημαντικός παράγοντας για τον ακριβή προσδιορισμό των ορίων της λιμνοθάλασσας, ήταν η κλίμακα της αρχικής κατάτμησης. Όσο μικρότερη η κλίμακα, τόσο πιο ακριβή ήταν τα τελικά όρια που προσδιορίζονταν μέσω της ταξινόμησης, αλλά λόγω....
- Βασική παράμετρος προσδιορισμού της λιμνοθάλασσας ήταν η ιδιότητά της να περιβάλλεται σε μεγάλο ποσοστό από ξηρά
- Περιοχές στη λιμνοθάλασσα με ιδιαίτερα ρηγά νερά παρουσιάζουν αυξημένες δυσκολίες στην αναγνώρισή τους καθώς τα φασματικά χαρακτηριστικά τους είναι παρόμοια με άλλων αντικειμένων της εικόνας (σκιές, νέφη, βραχώδης περιοχές κ.α.).
- Οι αλυκές, λόγω της ιδιομορφίας τους να αποτελούνται από ένα συνδυασμό από υδάτινες περιοχές, έδαφος, τεχνικά έργα, περιοχές με υψηλή αλατότητα και άλλα ετερογενή αντικείμενα, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον αλλά και προκλήσεις στην αναγνώρισή τους. Ειδικότερα αναφέρεται....
- Η χρησιμοποίηση διαφόρων δεικτών, όπως ο μετασχηματισμένος δείκτης βλάστησης ή ο δείκτης εδάφους, αποδείχτηκε πολύ χρήσιμη για τη διενέργεια της ταξινόμησης, συγκεκριμένα δε να ξεχωρίσει κατηγορίες
- Οι χωρικές σχέσεις ανάμεσα στα αντικείμενα διαφόρων κατηγοριών αποτέλεσαν απαραίτητη παράμετρο της συνολικής διαδικασίας ταξινόμησης.
- Πολλές φορές, αναγκαία ήταν η δημιουργία ενδιάμεσων κατηγοριών οι οποίες λειτουργούσαν επικουρικά στην εκτέλεση της τελικής ταξινόμησης. Για το λόγο αυτό, δομήθηκαν πολλαπλά επίπεδα κατάτμησης, το καθένα με διαφορετικές παραμέτρους, και μαζί με αυτά δημιουργήθηκαν και τα

αντίστοιχα ιεραρχικά επίπεδα. Έτσι, η βελτιστοποίηση του τελικού αποτελέσματος ήταν απόρροια μίας αλληλουχίας πολλαπλών κατατμήσεων και αντίστοιχων ταξινομήσεων.

- Τα όρια των συναρτήσεων συμμετοχής για τη δημιουργία των κατηγοριών ταξινόμησης δεν είναι πάντα τα ίδια για κάποια συγκεκριμένη κατηγορία. Πιο εμφανές παράδειγμα είναι τα όρια για την κατηγορία «νερό», όπου στην περίπτωση της λιμνοθάλασσας ορίστηκε Mean Layer4 < 250 ενώ για την περίπτωση του έλους ορίστηκε Mean Layer4 < 135. Αυτό εκτιμάται ότι οφείλεται σε ένα συνδυασμό παραγόντων όπως οι μικρές διαφορές στη σύσταση και θερμοκρασία των αντικειμένων της κατηγορίας, οι φασματικές ιδιότητες των υπόλοιπων αντικειμένων που περιλαμβάνονται στην περιοχή μελέτης, οι συνθήκες κάτω από τις οποίες λήφθηκε η κάθε εικόνα (ώρα της ημέρας, καιρικές συνθήκες, εποχή του χρόνου) κ.α.

## 5.2. Προοπτικές

Η προσπάθεια για την ανάπτυξη γνώσης πάνω στο αντικείμενο της αναγνώρισης παράκτιων γεωμορφών επιδέχεται βελτίωσης αλλά και περαιτέρω διεύρυνσης. Οι παράκτιες ζώνες παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία γεωμορφών, πολλές από τις οποίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη μιας περιοχής και επιπλέον είναι ουσιώδους περιβαλλοντικής σημασίας. Καθώς οι ζώνες αυτές χαρακτηρίζονται συχνά από διαρκείς και δυναμικές μεταβολές, η βελτίωση και ανάπτυξη της γνώσης αυτής θα συμβάλει δραματικά στην παρακολούθηση, επιτήρηση και ανάπτυξη των ζωνών αυτών, οι οποίες έχουν τις προοπτικές να γίνουν κέντρα αειφόρου ανάπτυξης και ευημερίας.

Άμεση συνέπεια των παραπάνω, είναι η χρήση της αυτόματης αναγνώρισης οντοτήτων στη χαρτογράφηση περιοχών και στην επικαιροποίηση των χαρτών. Οι διαδικασίες της αυτόματης αναγνώρισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για να επιταχύνουν και να διευκολύνουν ορισμένες χαρτογραφικές εργασίες είτε για τον έλεγχο της αξιοπιστίας και ορθότητας των παραγόμενων γεωγραφικών προϊόντων.

Φανερή είναι η προοπτική για επέκταση της μελέτης και σε άλλες μορφές οντοτήτων, όχι μόνο της παράκτιας ζώνης, ώστε να δημιουργηθεί μία βάση γνώσης που θα οδηγεί στη γρήγορη και αξιόπιστη αναγνώριση των γεωμορφών και αντικειμένων που ενδιαφέρουν. Η βάση αυτή θα αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για πολλές τοπογραφικές, χαρτογραφικές και γεωγραφικές εργασίες και μελέτες.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί και η προοπτική χρησιμοποίησης της μεθοδολογίας στον τομέα των στρατιωτικών εφαρμογών. Σημαντικός παράγοντας του σχεδιασμού διαφόρων στρατιωτικών επιχειρήσεων είναι η καλή γνώση του εδάφους και των συνθηκών αυτού. Απαραίτητη είναι η σωστή πληροφόρηση για ύπαρξη κωλυμάτων



σε περιοχές που δύναται να χρησιμοποιηθούν ως ζώνες απόβασης, διάδρομοι προελάσεως κ.α. Η χρήση σύγχρονων δορυφορικών εικόνων σε συνδυασμό με δεδομένα ψηφιακού μοντέλου εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κατάλληλο λογισμικό για τη δημιουργία χαρτών βατότητας εδαφών και εντοπισμού εμποδίων τα οποία θα μπορούσαν να αποτρέψουν την επιτυχή εκπλήρωση του σχεδιασμού των στρατιωτικών επιχειρήσεων.



## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### A. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

#### A1. ΒΙΒΛΙΑ

- Αργιαλάς Δ., 1999. Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση. Διδακτικές Σημειώσεις ΣΑΤΜ, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα, 1999.
- Αλίκη Αλεξούλη Λειβαδίτη, 2003 Γενική Γεωλογία (Γεωμορφολογία). Διδακτικές σημειώσεις ΣΑΤΜ, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2003

#### A2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ

- Αργιαλάς Δ. και Τζώτσος Α., 2007. Αντικειμενοστραφής Ανάλυση Εικόνας στην Τηλεπισκόπηση, Θεωρία και Εφαρμογές. ΕΜΠ, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, 22 και 23 Φεβρουαρίου 2007
- Δερζέκος Π. και Αργιαλάς Δ., 2002. Διερεύνηση της Χρήσης Αντικειμενοστραφούς Ανάλυσης Δεδομένων ΙΚΟΝΟΣ για τη Μελέτη του Αστικού Πράσινου. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, ΕΜΠ Αθήνα, 28 Φεβρουαρίου και 1 Μαρτίου 2002
- Αργιαλάς Δ., Τζώτσος Α., Ιωσηφίδης Χ. 2010. “Σύγχρονες τεχνολογίες τηλεπισκόπησης για την ανίχνευση, καταγραφή, αποτίμηση πυρκαγιών και προστασίας των πληγέντων περιοχών” στο συνέδριο “Πυρκαγιές – Έγκαιρη Ειδοποίηση, Σχεδιασμός, Αντιμετώπιση” του Ε.Μ.Π., 15 Ιουνίου 2010, Αθήνα.
- Δαλάκα Α., Πετανίδου Θ. (2004). Η γεωγραφία της αλοπηγικής δραστηριότητας στην Ελλάδα. Πρακτικά του 7ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου, Ελληνική Γεωγραφική Εταιρεία, Μυτιλήνη, σ. 458-465. (Εργαστήριο Βιογεωγραφίας και Πολιτισμικής Οικολογίας, Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη)
- Τζώτσος Α., Δ. Αργιαλάς, 2007. Εφαρμογή Τεχνικών Αντικειμενοστρεφούς 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

**B. ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ****B1. ΒΙΒΛΙΑ**

- Michael A. Summerfield 1999, *Global Geomorphology, an introduction to the study of landforms*. Longman Publications, Essex, England.
- Arthur L. Bloom, *Geomorphology, a Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms*. Prentice Hall, New Jersey.
- Hofman P., 2001. Detecting informal settlements from Ikonos image data using methods of object oriented image analysis. JÜRGENS, Carsten

**B2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ**

- Definiens, 2012 : *eCognition Developer 8.7.2 User Guide*, Trimble Germany, München
- Wiedemann, C., Heipke, C., Mayer, H. and Hinz, S., 1998. Automatic Extraction and Evaluation of Road Networks from MOMS-2P Imagery. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. (30) 3/1, pp. 285–291.
- Mariano, V. Y., Min, J., Park, J.-H., Kasturi, R., Mihalcik, D., Li, H., Doermann, D., Drayer, T., 2002. Performance evaluation of object detection algorithms. In: *Proceedings of International Conference on Pattern Recognition*. Vol. 3, pp. 965-969.
- Doucette, P., Agouris, P., and Stefanidis, A., 2004. Automation and Digital Photogrammetric Workstations, *Manual of Photogrammetry* (5th edition; C. McGlone, ed.), ASPRS, pp. 949-981.
- Shan J. and Lee S., 2005. Quality of Building Extraction from IKONOS Imagery, *Journal of Surveying Engineering*, Vol. 131, No. 1, pp. 27-32.
- Yang Xiaomei, Zhou Chenghu, Gong Jianming and Gao Zhenyu, 2008. Research on extracting method of micro-scale remote sensing information combination and application in coastal zone, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, Oct 2008.
- Multiscale vegetation characterization of tropical savanna using object -based image analysis by Timothy Graeme Whiteside (School of Environmental and Life Sciences Faculty of Engineering, Health, Science and the Environment Charles Darwin University), June 2011.
- Monitoring soil erosion in the Souss basin, Morocco, with a multiscale object-based remote sensing approach using UAV and satellite data by Sebastian d'Oleire-Oltmanns, Irene Marzloff (Remote Sensing & GIS Research Group, Department of Physical Geography, Goethe University, Frankfurt am Main,

- Germany), Klaus Daniel Peter, Johannes B. Ries (Physical Geography, University of Trier, Germany) and Ali Aït Hssaine (Department of Geography, Ibn Zohr University Agadir, Morocco), Switzerland 2011.
- Bjorn Kjerfve 1994. Coastal Lagoons, Belle W. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research, Marine Science Program, and Department of Geological Sciences, University of South Carolina, Columbia, USA.
  - Federico Ignacio Isla, 2011. Coastal Zones and Estuaries, Centro de Geologia de costas y del Cuaternario, University of Mar del Plata, Argentina.
  - Stanners D. & Bourdeau P., 1995, Europe's environment, The Dobris assessment, European Environment Agency, Copenhagen.

#### Γ. ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Μπουλούγαρη Γ. Ελένη, 2010. Ανάπτυξη Βάσης Γνώσης σε Περιβάλλον Αντικειμενοστρεφούς Ανάλυσης Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Δεδομένων με Σκοπό την Αυτόματη Αναγνώριση Υδάτινων Μαζών. ΕΜΠ, ΣΑΤΜ, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα 2010
- Πατεράκης Ι. Περικλής, 2010. Ανίχνευση και Εξαγωγή του Οδικού Δικτύου με Αντικειμενοστρεφή Ανάλυση Πολυφασματικών Απεικονίσεων Quickbird. ΕΜΠ, ΣΑΤΜ, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα 2010
- Δήμητρα Γ. Σκανδάλη, 2010. Ανάπτυξη Βάσης Γνώσης σε Περιβάλλον Αντικειμενοστρεφούς Ανάλυσης Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Δεδομένων με Σκοπό την Αυτόματη Οριοθέτηση της Παράκτιας Ζώνης Αιγιαλού. ΕΜΠ, ΣΑΤΜ, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα 2010

#### Δ. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ – ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ

- Geosystems Hellas AE, προσπελάστηκε 10 Μαΐ 2013 από <http://www.geosystems-hellas.gr/index.php/products/data/satellite-images/ikonos>
- Ελληνικές Αλυκές ΑΕ, Στοιχεία Αλυκών προσπελάστηκε 03 Μαΐ 2013 από [http://www.saltworks.gr/stoixeia\\_alykwn.html](http://www.saltworks.gr/stoixeia_alykwn.html)
- Μανόλης Βουτυράκης, 2008 Παράγοντες υποβάθμισης Παράκτιων Περιοχών Προσπελάστηκε 03 Μαΐ 2013 από [http://www.ecocrete.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=4544&Itemid=70](http://www.ecocrete.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=4544&Itemid=70)

- Ελληνικό Κέντρο Βιότοπων-Υγρότοπων (ΕΚΒΥ) 2010, προσπελ. 03 Μαι 2013 από [http://www.ekby.gr/ekby/el/EKBY\\_Greek\\_Wetlands\\_el.html](http://www.ekby.gr/ekby/el/EKBY_Greek_Wetlands_el.html)
- Δημόσια Ανοικτά Δεδομένα, προσπελάστηκε 15 Ιουλ 2013 από <http://www.geodata.gov.gr>
- Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς, προσπελάστηκε 09 Ιουν 2013 από [http://kre-kastor.kas.sch.gr/biodiversity\\_sit/b2/deltaachelou.html](http://kre-kastor.kas.sch.gr/biodiversity_sit/b2/deltaachelou.html)
- Agro-tour.net προσπελάστηκε 25 Μαι 2013 από [http://www.agro-tour.net/web/guest/nature/~/-/topicarts/view/57504/179?\\_topicarts\\_redirect=%2Fweb%2Fguest%2Fnature%2F~-%2Ftopic%2F179](http://www.agro-tour.net/web/guest/nature/~/-/topicarts/view/57504/179?_topicarts_redirect=%2Fweb%2Fguest%2Fnature%2F~-%2Ftopic%2F179)
- Patraikosgulf.wordpress προσπελάστηκε 26 Μαι 2013 από <http://patraikosgulf.wordpress.com>