

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

«Αυτόματη Εξαγωγή Τοπογραφικών και Γεωμορφολογικών Χαρακτηριστικών Πυθμένα από Ψηφιακά Χωροθετημένα Βυθομετρικά Μοντέλα Πυθμένα με Αντικειμενοστραφή Ανάλυση Εικόνας»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σιακαβάρα Δ. Κωνσταντίνα

Επιβλέπων: Αργιαλάς Δημήτριος

Αθήνα, Ιούνιος 2011

**«Αυτόματη Εξαγωγή Τοπογραφικών και
Γεωμορφολογικών Χαρακτηριστικών Πυθμένα από
Ψηφιακά Χωροθετημένα Βυθομετρικά Μοντέλα Πυθμένα
με Αντικειμενοστραφή Ανάλυση Εικόνας»**

Επιμέλεια: Σιακαβάρα Κωνσταντίνα

Επιβλέπων: Αργιαλάς Δημήτριος
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

.....
Δ. Αργιαλάς
Καθηγητής ΕΜΠ

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

.....
Α. Γεωργόπουλος
Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2011

.....
Σιακαβάρα Δ. Κωνσταντίνα
Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ

Copyright © Σιακαβάρα Δ. Κωνσταντίνα, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση 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.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι δυνατότητες της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης με αποκλειστική χρήση ψηφιακού μοντέλου εδάφους για την διερεύνηση και αυτόματη αναγνώριση τοπογραφικών γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του πυθμένα της θάλασσας. Σαν περιοχές μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τμήματα του πυθμένα στο στενό του Ρίου Αντιρρίου καθώς και του στενού του Καφηρέα στην θαλάσσια περιοχή ανάμεσα στα νησιά Άνδρος – Εύβοια. Τα δεδομένα παραχωρήθηκαν από την εταιρεία akti engineering και ήταν πέντε τμήματα ψηφιακών μοντέλων εδάφους (ΨΜΕ) ανάλυσης 2,5x2,5 μέτρα για την περιοχή Ρίο Αντίρριο (δύο τμήματα) και 10x10 μέτρα για την περιοχή Άνδρος Εύβοια (τρία τμήματα), καθώς και φωτοσκιασμένες απεικονίσεις αυτών των τμημάτων αλλά και περαιτέρω πληροφορίες οι οποίες συνετέλεσαν σημαντικά στην ολοκλήρωση της μελέτης. Και τα δυο ΨΜΕ προέκυψαν από επεξεργασία μετρήσεων πολυδεσμικού ηχοβολιστή. Δημιουργήθηκαν τα παράγωγα ψηφιακού μοντέλου εδάφους τιμή κλίσης (slope gradient), προσανατολισμός κλίσης (slope aspect) και δείκτης θετικού openness (Morphometric Protection Index-MPI) στο ελεύθερο λογισμικό SAGA-GIS. Ακολούθως δημιουργήθηκαν πέντε διαφορετικά έργα-projects στην δοκιμαστική εκδοχή του προγράμματος αντικειμενοστραφούς ανάλυσης eCognition 2.1, ένα για κάθε τμήμα ΨΜΕ. Σε όλα τα projects δημιουργήθηκαν συνολικά έξι επίπεδα ανάλυσης, τέσσερα από αυτά μέσω της κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης και τα υπόλοιπα δυο μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης. Κατά την κατάτμηση και την ταξινόμηση έγινε χρήση των θεματικών επιπέδων slope, aspect και MPI ενώ το ΨΜΕ δεν χρησιμοποιήθηκε αυτούσιο στην διαδικασία. Η κατάτμηση ξεκίνησε από το υψηλότερο επίπεδο 6, ακολούθησε το επίπεδο 5, το επίπεδο 3 και το επίπεδο 1. Τα επίπεδα αυτά ταξινομήθηκαν και σύμφωνα με κάποιες από τις κλάσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην ταξινόμηση δημιουργήθηκαν τα επίπεδα 4 και 2 από τα 3 και 1 αντίστοιχα. Μετά την δημιουργία και ταξινόμηση του επιπέδου 2 διαγράφηκε η ταξινόμηση του επιπέδου 1 και δημιουργήθηκαν νέες κλάσεις για την ταξινόμηση των αντικειμένων του, οι οποίες και αποτελούν τις τελικές κατηγορίες. Οι κατηγορίες στις οποίες ταξινομήθηκαν τα αντικείμενα στο τελικό αποτέλεσμα είναι οι: υπόβαθρο εικόνας (final background), επίπεδο έδαφος (final level ground), κανάλια με απότομες κλίσεις (final steep), κανάλια με ομαλές κλίσεις (final gentle slopes), επιμήκεις κυρτοί σχηματισμοί-ράχες (final_ridges), άλλοι κυρτοί σχηματισμοί (final mounds), άλλοι κυρτοί σχηματισμοί μέσα σε κοίλους (final mounds on concave) κοίλοι σχηματισμοί εκτός από κανάλια-ουλές (final scars) και κοίλοι σχηματισμοί σε κυρτούς (final scars on convex). Οι περιγραφές των κλάσεων βασίστηκαν σε ασαφείς συναρτήσεις συμμετοχής τιμών παραγώγων του ΨΜΕ, χαρακτηριστικών σχήματος καθώς και σε κανόνες χωρικών σχέσεων μεταξύ των κατηγοριών. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν μέσω αλγορίθμων του λογισμικού για την ευστάθεια της ταξινόμησης σύμφωνα με τις περιγραφές των κατηγοριών αλλά και οπτικά για έλεγχο διαφορών ανάμεσα στα αποτελέσματα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης και των αποτελεσμάτων της εταιρείας η οποία παραχώρησε τα δεδομένα.

ABSTRACT

Title: *Automated classification of Topographical and Geomorphological Features of the Seabed Using Digital Terrain Models and Object Oriented Image Analysis.*

This thesis explores the possibilities of object oriented image analysis in delineating topographical and geomorphological features of the seabed. The study areas are parts of the Greek seabed in the areas between Rio Antirio and between the islands Andros-Evia. The data used in the project were granted for the purposes of the study by the company akti engineering and are composed of five pieces of Digital Elevation Models (DEM) with a resolution 5x5 meters for the two pieces of Rio Antirio and with a resolution of 10x10 meters for the rest, as well as shaded relief images of the DEM and useful information about the study areas. Both DEM were created from the processing of acoustic information acquired with a multibeam echo sounder. For the sake of the project DEM products such as slope gradient, slope aspect and positive openness (Morphometric Protection Index, MPI) images were derived from the original DEM using the SAGA-GIS, a free geographic information system. Overall five projects were created in the demo version of the object oriented image analysis software eCognition 2.1, one for each DEM. In each project six levels were created with segmentation, four of which with the multiresolution segmentation algorithm and the other two with the algorithm classification based segmentation –merge objects in new level. For the purposes of segmentation and classification only the layers slope gradient, slope aspect and MPI were used. The multiresolution segmentation algorithm was applied firstly for the creation of the higher level; level 6, then level 5, 3 and 1 were created. After classifying those four levels the classification was used in levels 3 and 1 for creating levels 4 and 2 respectively. After creating and classifying level 2 the classification of level 1 was deleted and a new class hierarchy and class descriptions were used for the new and final classification of level 1. The final classes are: final background, final level ground, final steep, final gentle slopes, final ridges, final mounds, final mounds on concave, final scars, final scars on convex. The class descriptions were defined by fuzzy membership functions of features such as layer values, object's shape features and class relater features. Finally, an evaluation of the classification results was executed with two algorithms provided by the software as well as an assessment of whether the final classification agreed with the results provided by the company that granted the original data.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	7
Ευρετήριο Πινάκων	16
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	18
2.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΒΥΘΟΥ	18
2.1.1 Μορφολογικά Στοιχεία Πυθμένα	18
2.1.2 Γεωμορφολογικές Διεργασίες στον Πυθμένα	24
2.1.3 Ο Ρόλος της Μορφολογίας του Βυθού στα Τεχνικά Έργα	25
2.1.4 Υπάρχουσες και Υπό Ανάπτυξη Τεχνολογίες Μελέτης Πυθμενικού Ανάγλυφου	28
2.2 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	30
2.2.1 Κορινθιακός Κόλπος - Στενό Ρίου Αντίρριου	30
2.2.2 Εύβοια Άνδρος- Στενό του Καφηρέα (Κάβο Ντόρο).....	34
2.3 ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ	35
2.3.1 Απεικόνιση Slope-gradient και Slope-aspect.....	35
2.3.2 Απεικόνιση openness- Morphometric Protection Index.....	39
2.4 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ	42
2.4.1 Γενικά.....	42
2.4.2 Το Λογισμικό eCognition	44
2.4.2.1 Κατάτμηση	45
2.4.2.2 Κατάτμηση σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής ανάλυσης	47
2.4.2.3 Ταξινόμηση	50
2.4.2.4 Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης	55
2.4.2.5 Αξιολόγηση ταξινόμησης.....	58
3. ΜΕΘΟΔΟΙ.....	62
3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ	62
3.1.1 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους	63
3.1.2 Όργανα της Εταιρίας – ο Πολυδεσμικός Ηχοβολιστής	64
3.2 ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	66
3.2.1 Μετατροπή Τύπου Δεδομένων και Κατάτμηση.....	66
3.2.2 Δημιουργία Παραγώγων Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους	70
3.3 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	79
3.3.1 Υλοποίηση στις Απεικονίσεις Ρίο Αντίρριο	81
3.3.1.1 Φωτοερμηνεία	81
3.3.1.2 Κατάτμηση	85
3.3.1.2.1 Κατάτμηση 6 ^{ου} επιπέδου	86
3.3.1.2.2 Κατάτμηση 5 ^{ου} επιπέδου	88
3.3.1.2.3 Κατάτμηση 3 ^{ου} επιπέδου	90
3.3.1.2.4 Κατάτμηση 1 ^{ου} επιπέδου	92
3.3.1.3 Ταξινόμηση	94
3.3.1.3.1 Ταξινόμηση 6 ^{ου} επιπέδου	95
3.3.1.3.2 Ταξινόμηση 5 ^{ου} επιπέδου	98
3.3.1.3.3 Ταξινόμηση 3 ^{ου} επιπέδου	102
3.3.1.3.4 Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης- Δημιουργία 4 ^{ου} επιπέδου	109
3.3.1.3.5 Ταξινόμηση 4 ^{ου} επιπέδου	112
3.3.1.3.6 Ταξινόμηση 1 ^{ου} επιπέδου	118

3.3.1.3.7	Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης- Δημιουργία 2 ^{ου} επιπέδου	125
3.3.1.3.8	Ταξινόμηση 2 ^{ου} επιπέδου	127
3.3.1.3.9	Επανα-ταξινόμηση 1 ^{ου} επιπέδου	137
3.3.2	Υλοποίηση στις Απεικονίσεις Άνδρος-Εύβοια.....	141
3.3.2.1	Φωτοερμηνεία	141
3.3.2.2	Κατάτμηση	145
3.3.2.2.1	Κατάτμηση 6 ^{ου} επιπέδου	145
3.3.2.2.2	Κατάτμηση 5 ^{ου} επιπέδου	147
3.3.2.2.3	Κατάτμηση 3 ^{ου} επιπέδου	148
3.3.2.2.4	Κατάτμηση 1 ^{ου} επιπέδου	150
3.3.2.3	Ταξινόμηση	152
3.3.2.3.1	Ταξινόμηση 6 ^{ου} επιπέδου	152
3.3.2.3.2	Ταξινόμηση 5 ^{ου} επιπέδου	154
3.3.2.3.3	Ταξινόμηση 3 ^{ου} επιπέδου	155
3.3.2.3.4	Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης- Δημιουργία 4 ^{ου} επιπέδου	157
3.3.2.3.5	Ταξινόμηση 4 ^{ου} επιπέδου	159
3.3.2.3.6	Ταξινόμηση 1 ^{ου} επιπέδου	161
3.3.2.3.7	Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης- Δημιουργία 2 ^{ου} επιπέδου	162
3.3.2.3.8	Ταξινόμηση 2 ^{ου} επιπέδου	164
3.3.2.3.9	Επανα-ταξινόμηση 1 ^{ου} επιπέδου	166
4.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ	168
4.1	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ	168
4.1.1	Αξιολόγηση των Ταξινομήσεων Βάσει Αποτελέσματος της Καλύτερης Ταξινόμησης - Best Classification Result	168
4.1.2	Μέθοδος της Σταθερότητας Ταξινόμησης-Classification Stability.....	180
4.2	ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	185
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	193
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	194
7.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	198

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1	Τρισδιάστατη απεικόνιση τμήματος του υποθαλάσσιου ανάγλυφου της Μεσογείου.....	18
Εικόνα 2	Κύρια τοπογραφικά χαρακτηριστικά ωκεάνιας λεκάνης	19
Εικόνα 3	Οι ηπειρωτικές και υποθαλάσσιες επιφάνειες της Γης.	21
Εικόνα 4	Πεδία ποσειδωνίας ή άλλου τύπου υποθαλάσσιας χλωρίδας	22
Εικόνα 5	Γεωμορφές λόγω δράσης ισχυρών ρευμάτων	23
Εικόνα 6	Ναυάγιο στον ελλαδικό χώρο	23
Εικόνα 7	Σχηματική αναπαράσταση του ρόλου της γεωμορφολογίας και άλλων παραμέτρων κατά την εξερεύνηση του πυθμένα σε τεχνικά έργα.....	27
Εικόνα 8	Τμήμα παράκτιου πεδίου όπως αποτυπώθηκε με πολυδεσμικό ηχοβολιστή	29
Εικόνα 9	Χάρτης της Ελλάδας στον οποίο σημειώνεται ο Κορινθιακός Κόλπος.....	32
Εικόνα 10	Η περιοχή μελέτης Ρίου Αντίρριου που απεικονίζεται στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους.....	32
Εικόνα 11	Σύνθεση ιζημάτων κάτω από την επιφάνεια του πυθμένα.	33
Εικόνα 12	Χάρτης της Ελλάδας στον οποίο σημειώνεται με κόκκινο κύκλο ο Κορινθιακός Κόλπος.....	34
Εικόνα 13	Αριστερά υπόδειγμα παραθύρου 3x3 που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της κλίσης. Δεξιά μεγεθυμένο τμήμα ψηφιακού μοντέλου εδάφους στο λογισμικό SAGA GIS στο οποίο φαίνονται οι τιμές του υψομέτρου για 9 pixel.....	36

Εικόνα 14	Αριστερά τμήμα του αρχικού ψηφιακού μοντέλου Ρίου Αντίρριου με τις τιμές υψομέτρων να αναγράφονται στα εικονοστοιχεία και δεξιά το ίδιο τμήμα μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου slope-gradient με τις αναγραφόμενες τιμές να αντιστοιχούν στις υπολογισμένες κλίσεις σε ακτίνια.....	37
Εικόνα 15	Αριστερά τμήμα dem στην αρχική του μορφή και δεξιά το παράγωγο του slope-gradient.....	37
Εικόνα 16	Αριστερά τμήμα του αρχικού ψηφιακού μοντέλου Ρίου Αντίρριου με τις τιμές υψομέτρων να αναγράφονται στα εικονοστοιχεία και δεξιά το ίδιο τμήμα μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου slope-aspect με τις αναγραφόμενες τιμές να αντιστοιχούν στις κατευθύνσεις των κλίσεων σε μοίρες.....	38
Εικόνα 17	Αριστερά τμήμα dem στην αρχική του μορφή και δεξιά το παράγωγο του slope-aspect μαζί με το υπόμνημα αντιστοίχισης τόνου-κλίσης.....	38
Εικόνα 18	Σε μεγέθυνση τμήμα του dem στα οποία διακρίνονται οι τιμές των εικονοστοιχείων στα 2 παράγωγα και στο αρχικό στο SAGA-GIS.....	39
Εικόνα 19	Οι οχτώ διευθύνσεις D γύρω από ένα σημείο, οι οποίες μετρώνται δεξιόστροφα από τον Βορρά σε απόσταση L από το αρχικό σημείο. Με μαύρους κύκλους σημειώνονται τα υψόμετρα του ΨΜΕ στην διεύθυνση των οχτώ αζιμούθιων.	40
Εικόνα 20	Σχηματικά η ναδερική γωνία ${}_D\Psi_L$ και η ζενίθια ${}_D\Phi_L$ και τυπολόγιο	40
Εικόνα 21	Θετικό(αριστερά) και αρνητικό openness του ίδιου τμήματος ΨΜΕ. Με μια πρώτη ματιά οι δυο απεικονίσεις μοιάζουν ίδιες αλλά με μια πιο προσεκτική παρατηρείται ότι τα χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στην αριστερή με σκούρους τόνους (κοίλα) στη δεξιά παρουσιάζουν ανοιχτούς τόνους (L=500m)	41
Εικόνα 22	Ο δείκτης openness-Morphometric Protection Index (MPI) με 3 διαφορετικά L=100,30,10. ..	41
Εικόνα 23	Διάγραμμα ροής μεθόδου κατατμήσεως σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής ανάλυσης	46
Εικόνα 24	Chessboard Segmentation-Κατάτμηση Chessboard.....	46
Εικόνα 25	Κατάτμηση Quadtree based	47
Εικόνα 26	Παράθυρο ορισμού παραμέτρων στην multiresolution segmentation στο περιβάλλον του eCognition Developer 8.....	48
Εικόνα 27	Παράθυρο ορισμού παραμέτρων στην multiresolution segmentation στο περιβάλλον του eCognition 2.1	49
Εικόνα 28	Παράδειγμα αλγορίθμου multiresolution segmentation σε τμήμα του Ψ.Μ.Α (παραχώρηση akti engineering).....	49
Εικόνα 29	Παράθυρο feature view του λογισμικού με όλα τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά των αντικειμένων	50
Εικόνα 30	Παράθυρο δημιουργίας νέου χαρακτηριστικού στο περιβάλλον του eCognition 2.1	51
Εικόνα 31	Παράθυρο επιλογής ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής.....	52
Εικόνα 32	Παράθυρο class description για την εισαγωγή των χαρακτηριστικών που περιγράφουν τις κλάσεις.	53
Εικόνα 33	Απλό παράδειγμα ιεράρχησης σε groups (αριστερά) και ιεράρχησης κληροδότησης (δεξιά) ..	54
Εικόνα 34	Παράθυρο επιλογής αλγορίθμου κατάτμησης βάση ταξινόμησης στο περιβάλλον του eCognition 2.1	55
Εικόνα 35	Η λειτουργία της συνένωσης βάσει ταξινόμησης.....	56
Εικόνα 36	Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης με βελτιστοποίηση των ορίων.....	57
Εικόνα 37	Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης με εξαγωγή αντικειμένων/υπό-αντικειμένων.	58
Εικόνα 38	Μέθοδος της σταθερότητας της ταξινόμησης. Αριστερά γραφικός τρόπος αναπαράστασης της αξιολόγησης	59
Εικόνα 39	Μέθοδος αποτελέσματος της καλύτερης ταξινόμησης. Αριστερά γραφικός τρόπος αναπαράστασης της αξιολόγησης	60
Εικόνα 40	Ο πίνακας της μεθόδου πίνακα σύγκρισης βασισμένου σε TTA μάσκα	61
Εικόνα 41	Ο πίνακας της μεθόδου πίνακα σύγκρισης βασισμένου σε δείγματα	61

Εικόνα 42	Τμήματα διαγράμματος φωτοσκιασμένης μορφολογικής απεικόνισης (shaded relief) του ΨΜΕ της περιοχής Ρίου Αντίρριου.	62
Εικόνα 43	Τμήματα διαγράμματος φωτοσκιασμένης μορφολογικής απεικόνισης (shaded relief) του ΨΜΕ της περιοχής Εύβοια-Άνδρος, Πορθμός Καφηρέα	63
Εικόνα 44	Τμήματα του αρχικού ψηφιακού μοντέλου εδάφους του στενού του Ρίου Αντίρριου όπως παραχωρήθηκε από την εταιρία akti engineering σε περιβάλλον ERDAS Imagine και μορφή Erdas Imagine Images (img)	63
Εικόνα 45	Τμήματα του αρχικού ψηφιακού μοντέλου εδάφους του στενού Καφηρέα- Κάβο Ντόρο όπως παραχωρήθηκε από την εταιρία akti engineering σε περιβάλλον ERDAS Imagine και μορφή Erdas Imagine Images (img)	64
Εικόνα 46	ΑΚΤΙ II μια ολοκληρωμένη μονάδα χαρτογράφησης με MBES.....	64
Εικόνα 47	Παράδειγμα εκπομπής ηχητικών παλμών από MBES.....	66
Εικόνα 48	Το module Grid Calculator.....	67
Εικόνα 49	Επεξεργασία των τιμών του αρχικού ψμε μέσω των modules του SAGA-GIS, Grid calculator και Change grid values. (α)πριν την εφαρμογή σε μορφή grd και (β) μετά την εφαρμογή σε μορφή img	67
Εικόνα 50	Το module GDAL :Export Raster του SAGA-GIS.....	68
Εικόνα 51	Τα δυο αρχεία img που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Ρίο Αντίρριο).....	69
Εικόνα 52	Τα τρία αρχεία img που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Καφηρέα- Κάβο Ντόρο).....	69
Εικόνα 53	Το παράθυρο του module Local Morphometry..	70
Εικόνα 54	Τμήμα του slope-gradient πριν και μετά την εφαρμογή των modules: Grid Calculator.	71
Εικόνα 55	Τμήμα του slope-aspect πριν και μετά την εφαρμογή των modules: Grid Calculator.....	72
Εικόνα 56	Τα δυο τελικά αρχεία slope που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Ρίο Αντίρριο) Παραχώρηση dem: akti engineering.....	73
Εικόνα 57	Τα τρία τελικά αρχεία slope που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Άνδρος- Εύβοια).....	73
Εικόνα 58	Τα δυο τελικά αρχεία aspect που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Ρίο Αντίρριο).....	74
Εικόνα 59	Τα τρία τελικά αρχεία aspect που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Άνδρος- Εύβοια).....	74
Εικόνα 60	Το module Morphometric Protection Index. Στο πεδίο Grids ο χρήστης επιλέγει τα grids που θα χρησιμοποιηθούν στον υπολογισμό ενώ στο πεδίο Radius εισάγει την επιθυμητή ακτίνα.	75
Εικόνα 61	Το παράγωγο Morphometric Protection Index (Ρίο Αντίρριο). Δεξιά εμφανίζεται σε μεγέθυνση τμήμα του στο οποίο διακρίνονται οι τιμές που έχουν αποδοθεί στα εικονοστοιχεία.	76
Εικόνα 62	Τμήμα του παραγώγου MPI (Ρίο Αντίρριο) πριν (αριστερά) και μετά την εφαρμογή του module: Grid calculator.....	76
Εικόνα 63	Τα δυο τελικά αρχεία Morphometric Protection Index που προκύπτουν μετά την κατάτμηση. (Ρίο Αντίρριο).	77
Εικόνα 64	Τα τρία τελικά αρχεία Morphometric Protection Index που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Άνδρος- Εύβοια).....	77
Εικόνα 65	Δημιουργία project της απεικόνισης first με εισαγωγή των layers.	80
Εικόνα 66	Δημιουργία project της απεικόνισης second με εισαγωγή των layers.....	80
Εικόνα 67	Η απεικόνιση first_slope.img. Τόσο το υπόβαθρο όσο και το περίγραμμα πρέπει να διαχωριστούν μέσω της ταξινόμησης από το τμήμα ενδιαφέροντος.....	81
Εικόνα 68	Τμήμα της απεικόνισης first.img σε shaded relief	82
Εικόνα 69	Τμήμα της απεικόνισης first.img σε shaded relief.	83
Εικόνα 70	Τμήμα της απεικόνισης first.img σε shaded relief.	83
Εικόνα 71	Τμήμα της απεικόνισης first.img σε shaded relief	84
Εικόνα 72	Η απεικόνιση second.img σε shaded relief	85

Εικόνα 73 Τα βάρη που δόθηκαν στα θεματικά επίπεδα για το project της απεικόνισης first αριστερά και δεξιά για το αντίστοιχο της second για την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης στο επίπεδο 5..	86
Εικόνα 74 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του υψηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 6 στην απεικόνιση first.	87
Εικόνα 75 Εφαρμογή αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για δημιουργία του υψηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 6 στην απεικόνιση second.	87
Εικόνα 76 Τα βάρη που δόθηκαν στα θεματικά επίπεδα για το project της απεικόνισης first αριστερά και δεξιά για το αντίστοιχο της second για την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης στο επίπεδο 5. Για συντομία το slope-gradient αναφέρεται ως slope ενώ το slope-aspect ως aspect.	88
Εικόνα 77 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 5 στην απεικόνιση first. Δεξιά εμφανίζεται μεγέθυνση της κατάτμησης.	89
Εικόνα 78 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 5 στην απεικόνιση second.	89
Εικόνα 79 Τα βάρη που δόθηκαν στα θεματικά επίπεδα για το project της απεικόνισης first για την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης στο επίπεδο 3.Όμοίως τέθηκαν και στο project της second.	90
Εικόνα 80 Το επίπεδο κατάτμησης 3 στην απεικόνιση first. Δεξιά εμφανίζεται μεγέθυνση της κατάτμησης.	91
Εικόνα 81 Το επίπεδο κατάτμησης 3 στην απεικόνιση second.	91
Εικόνα 82 Τα βάρη που δόθηκαν στα θεματικά επίπεδα για το project της απεικόνισης first για την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης στο επίπεδο 3.Όμοίως τέθηκαν και στο project της second.	92
Εικόνα 83 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του χαμηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 1 στην απεικόνιση first. Δεξιά εμφανίζονται μεγεθύνσεις της κατάτμησης στις οποίες διακρίνεται ότι η πλειοψηφία των δημιουργούμενων αντικειμένων έχει μέγεθος που δε ξεπερνά το εικονοστοιχείο. Ωστόσο υπάρχουν και αντικείμενα με μεγαλύτερα μεγέθη.	93
Εικόνα 84 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του χαμηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 1 στην απεικόνιση second.	93
Εικόνα 85 Τα παράθυρα περιγραφής των κλάσεων για τα LEVEL_6 και LEVEL_5 στο περιβάλλον του λογισμικού eCognition 2.1	95
Εικόνα 86 Χρήση του εργαλείου feature view για τον καθορισμό των διαστημάτων ασάφειας της κλάσης dem_objects_of_interest_6 με το χαρακτηριστικό Layer Values-Mean Slope για την απεικόνιση first. Παρατηρείται ότι για τιμές από 0.10 έως 8990 παραμένει μόνο το κομμάτι ενδιαφέροντος.	96
Εικόνα 87 Η περιγραφή της κατηγορίας dem_objects_of_interest_6 στην ταξινόμηση του 6 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	96
Εικόνα 88 Η περιγραφή της κατηγορίας background_6 στην ταξινόμηση του 6 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	97
Εικόνα 89 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 6 του first Ρίο Αντίρριο	97
Εικόνα 90 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 6 του second Ρίο Αντίρριο.	98
Εικόνα 91 Η περιγραφή της κατηγορίας level_ground_5 στην ταξινόμηση του 5 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	99
Εικόνα 92 Η περιγραφή της κατηγορίας relief_5 στην ταξινόμηση του 5 ^{ου} επιπέδου ανάλυσης	99
Εικόνα 93 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 5 του first.	100
Εικόνα 94 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 5 του second.	101
Εικόνα 95 Η ιεραρχία των κατηγοριών στο επίπεδο 3.	102

Εικόνα 96 Χρήση του εργαλείου feature view για τον καθορισμό των διαστημάτων ασάφειας της κλάσης large_scale_concave_features_like_3 με το χαρακτηριστικό Layer Values-Mean Slope για την απεικόνιση first. Παρατηρείται ότι για τιμές πάνω από 680 δηλαδή 6,8° παραμένουν αρκετά από τα αντικείμενα που είχαν αναγνωρισθεί ως πιθανοί επιμήκεις σχηματισμοί στο στάδιο της φωτοερμηνείας.	104
Εικόνα 97 Η περιγραφή της κατηγορίας large_scale_concave_features_like_3 στην ταξινόμηση του 3 ^{ου} επιπέδου.	105
Εικόνα 98 Χρήση του εργαλείου feature view για τον καθορισμό των διαστημάτων ασάφειας της κλάσης possible_landslides_3 με το χαρακτηριστικό Layer Values-Mean Aspect για την απεικόνιση first. Παρατηρείται ότι για τιμές πάνω από 180 δηλαδή 180° παραμένει το τμήμα που επισημαίνεται με κόκκινο κύκλο και το οποίο έχει φωτοερμηνευθεί ως κατολίσθηση.	105
Εικόνα 99 Η περιγραφή της κατηγορίας possible_landslides_3 στην ταξινόμηση του 3 ^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση second.	106
Εικόνα 100 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 3 του first.	108
Εικόνα 101 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 3 του second.	108
Εικόνα 102 Η ιεραρχία δομής στις κλάσεις του επιπέδου 3 προκειμένου να δημιουργηθούν τα αντικείμενα του επιπέδου 4.	109
Εικόνα 103 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος first του dtm. Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων. Ενδεικτικά σημειώνονται τα αντικείμενα a,b,c,d,e τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως large_scale_concave_features_like_3 στο επίπεδο 3 και στο επίπεδο 4 έχουν συνενωθεί σε ένα ενιαίο αντικείμενο τονισμένο με κόκκινο περίγραμμα.	109
Εικόνα 104 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος first του dtm. Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων. Ενδεικτικά σημειώνονται τα αντικείμενα a,b,c τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως large_scale_convex_features_like_3 στο επίπεδο 3 και στο επίπεδο 4 έχουν συνενωθεί σε ένα ενιαίο αντικείμενο τονισμένο με κόκκινο περίγραμμα.	110
Εικόνα 105 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος first του dtm. Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων. Ενδεικτικά σημειώνονται τα αντικείμενα a,b τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως large_scale_concave_features_like_3 στο επίπεδο 3 και στο επίπεδο 4 έχουν συνενωθεί σε ένα ενιαίο αντικείμενο-κόκκινο περίγραμμα.	110
Εικόνα 106 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος second του dtm. Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων. Ενδεικτικά σημειώνονται τα αντικείμενα a,b,c,d,e,f τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως large_scale_concave_features_like_3 στο επίπεδο 3 και στο επίπεδο 4 έχουν συνενωθεί σε ένα ενιαίο αντικείμενο-A.	111
Εικόνα 107 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα first του dtm. Αριστερά όλο το κομμάτι στο οποίο δεν διακρίνονται τα νέα όρια των αντικειμένων και δεξιά σε μεγέθυνση ώστε να φανούν.	111
Εικόνα 108 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα second του dtm.	112
Εικόνα 109 Η ιεραρχία των κατηγοριών στο επίπεδο 4.	112
Εικόνα 110 Η περιγραφή των κατηγοριών large scale channels 4 και wrong large Scale channels like 4 στην ταξινόμηση του 4 ^{ου} επιπέδου.	115

Εικόνα 111 Η περιγραφή των κατηγοριών <code>large_scale_ridges_4</code> και <code>wrong_large_scale_ridges_like_4</code> στην ταξινόμηση του 4 ^{ου} επιπέδου.	116
Εικόνα 112 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 4 του <code>first</code>	117
Εικόνα 113 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 4 του <code>second</code>	117
Εικόνα 114 Η ιεραρχία των κατηγοριών στο επίπεδο 1.	118
Εικόνα 115 Η περιγραφή της κατηγορίας <code>new_level_ground_1</code> στην ταξινόμηση του 1 ^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση <code>first</code>	119
Εικόνα 116 Η περιγραφή της κατηγορίας <code>other_convex_1</code> στην ταξινόμηση του 1 ^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση <code>first</code>	120
Εικόνα 117 Η περιγραφή της κατηγορίας <code>other_concave_1</code> στην ταξινόμηση του 1 ^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση <code>first</code>	120
Εικόνα 118 Η περιγραφή της κατηγορίας <code>steep_1</code> στην ταξινόμηση του 1 ^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση <code>first</code>	121
Εικόνα 119 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του <code>first</code>	123
Εικόνα 120 Σε μεγέθυνση το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του <code>first</code> . Έχει αλλάξει το χρώμα στην κλάση <code>new_level_ground_1</code> προκειμένου να γίνουν πιο εμφανή τα αντικείμενα που ταξινομήθηκαν στην κλάση.	124
Εικόνα 121 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του <code>second</code>	124
Εικόνα 122 Η ιεραρχία δομής στις επιθυμητές κλάσεις του επιπέδου 1 προκειμένου να δημιουργηθούν τα αντικείμενα του επιπέδου 2.	125
Εικόνα 123 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος <code>first</code> του <code>dtm</code> Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 1 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 2 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων.	126
Εικόνα 124 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος <code>second</code> του <code>DEM</code> . Αριστερά με κόκκινο είναι τα ταξινομημένα σαν <code>gentle_slopes_1</code> τα οποία είναι κανάλια. Σημειώνονται με κύκλο ενδεικτικά αντικείμενα τα οποία είναι με βάση την παρούσα ταξινόμηση είναι <code>channels_1</code> και συγκεκριμένα <code>gentle_slopes_1</code> παρόλο που το μέγεθος τους δε ξεπερνά το εικονοστοιχείο. Αυτό αποτελεί πρόβλημα που θα αντιμετωπιστεί κατά την ταξινόμηση του επιπέδου 2.	126
Εικόνα 125 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα <code>first</code> του <code>dtm</code> . Αριστερά όλο το κομμάτι στο οποίο δεν διακρίνονται τα νέα όρια των αντικειμένων και δεξιά τμήματα του σε μεγέθυνση ώστε να γίνουν διακριτά.	127
Εικόνα 126 Η ιεραρχία των κατηγοριών στο επίπεδο 2.	128
Εικόνα 127 Η περιγραφή της κατηγορίας <code>level_ground_2</code> στην ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση <code>first</code>	128
Εικόνα 128 Η περιγραφή της κατηγορίας <code>new_ridges_2</code> στην ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση <code>first</code>	130
Εικόνα 129 Η περιγραφή της κατηγορίας <code>mounds_on_concave_2</code> στην ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση <code>first</code>	131
Εικόνα 130 Η περιγραφή της κατηγορίας <code>wrong_classified_as_channels_to_become_scars_2</code> στην ταξινόμηση του 2 ^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση <code>first</code>	132
Εικόνα 131 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του <code>first</code>	134
Εικόνα 132 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του <code>second</code>	135
Εικόνα 133 Αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων πριν την νέα ταξινόμηση του επιπέδου 1	136
Εικόνα 134 Το τελικό αποτέλεσμα της νέας ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του <code>first</code>	139
Εικόνα 135 Σε μεγέθυνση το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του <code>first</code> προκειμένου να φανούν οι λεπτομέρειες.	139

Εικόνα 136 Το τελικό αποτέλεσμα της νέας ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του second.	140
Εικόνα 137 Αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων στα δυο κατώτερα επίπεδα μετά την νέα ταξινόμηση του επιπέδου 1.	140
Εικόνα 138 Η απεικόνιση third_slope_A.img. Τόσο το υπόβαθρο όσο και το περίγραμμα πρέπει να διαχωριστούν μέσω της ταξινόμησης από το τμήμα ενδιαφέροντος. Παραχώρηση dem: akti engineering	141
Εικόνα 139 Τμήμα της απεικόνισης third_A.img σε shaded relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering	141
Εικόνα 140 Τμήμα της απεικόνισης third_A.img σε shaded relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering	142
Εικόνα 141 Τμήμα της απεικόνισης third_A.img σε shaded relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering	142
Εικόνα 142 Τμήμα της απεικόνισης fourth_A.img σε shaded relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering	143
Εικόνα 143 Τμήμα της απεικόνισης fourth_A.img σε shaded relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering	143
Εικόνα 144 Τμήμα της απεικόνισης fifth_A.img σε shaded relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering	144
Εικόνα 145 Τμήμα της απεικόνισης fifth_A.img σε shaded relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering	144
Εικόνα 146 Εισαγωγή layer για τη δημιουργία τριών διαφορετικών projects, τα third, fourth και fifth. ..	145
Εικόνα 147 Ορισμός των βαρών για την κατάτμηση του επιπέδου 6 στα project (από αριστερά) third, fourth, fifth.	146
Εικόνα 148 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του υψηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 6 στην απεικόνιση third. Με προσεκτική παρατήρηση διακρίνεται ότι το περίγραμμα έχει γίνει ένα ενιαίο αντικείμενο.	146
Εικόνα 149 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του υψηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 6 στην απεικόνιση fourth.....	146
Εικόνα 150 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του υψηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 6 στην απεικόνιση fifth.....	147
Εικόνα 151 Οι παράμετροι της κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης για τη δημιουργία του επιπέδου 5.	147
Εικόνα 152 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 5 στην απεικόνιση third.....	147
Εικόνα 153 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 5 στην απεικόνιση fourth.	148
Εικόνα 154 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 5 στην απεικόνιση fifth.....	148
Εικόνα 155 Το επίπεδο κατάτμησης 3 στην απεικόνιση third. Δεξιά εμφανίζονται μεγεθύνσεις της κατάτμησης	149
Εικόνα 156 Το επίπεδο κατάτμησης 3 στην απεικόνιση fourth καθώς και μεγεθύνσεις της κατάτμησης.	149
Εικόνα 157 επίπεδο κατάτμησης 3 στην απεικόνιση fifth καθώς και μεγεθύνσεις της κατάτμησης.....	149
Εικόνα 158 Οι παράμετροι της κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης για τη δημιουργία του επιπέδου 1.	150
Εικόνα 159 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του χαμηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 1 στην απεικόνιση third. Δεξιά εμφανίζονται μεγεθύνσεις της κατάτμησης στις οποίες διακρίνεται ότι η πλειοψηφία των δημιουργούμενων αντικειμένων έχει μέγεθος που δε ξεπερνά το εικονοστοιχείο. Ωστόσο υπάρχουν και αντικείμενα με μεγαλύτερα μεγέθη.	150

Εικόνα 160 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του χαμηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 1 στην απεικόνιση fourth. Δεξιά εμφανίζονται μεγεθύνσεις της στις οποίες διακρίνονται τα περιγράμματα των αντικειμένων.....	151
Εικόνα 161 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του χαμηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 1 στην απεικόνιση fifth.	151
Εικόνα 162 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 6 του third.....	153
Εικόνα 163 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 6 του fourth.....	153
Εικόνα 164 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 6 του fifth.	154
Εικόνα 165 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 5 του third.....	154
Εικόνα 166 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 5 του fourth.....	155
Εικόνα 167 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 5 του fifth.	155
Εικόνα 168 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 3 του third.....	156
Εικόνα 169 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 3 του fourth.....	156
Εικόνα 170 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 3 του fifth.	156
Εικόνα 171 Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων.....	157
Εικόνα 172 Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων.....	157
Εικόνα 173 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα third του dtm.....	158
Εικόνα 174 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα fourth του dtm.	158
Εικόνα 175 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα fifth του dtm.....	158
Εικόνα 176 Η περιγραφή της κατηγοριών large_scale_channels_4 για τα τμήματα third, fourth και fifth του dtm Άνδρος-Εύβοια.....	159
Εικόνα 177 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 4 του third.....	160
Εικόνα 178 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 4 του fourth.....	160
Εικόνα 179 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 4 του fifth.	160
Εικόνα 180 Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του third.	161
Εικόνα 181 Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του fourth.....	161
Εικόνα 182 Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του fifth.	162
Εικόνα 183 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε περιοχή του τμήματος third του dtm Ρίο Αντίρριο.....	162
Εικόνα 184 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα third του dtm. Αριστερά όλο το κομμάτι στο οποίο δεν διακρίνονται τα νέα όρια των αντικειμένων και δεξιά σε μεγέθυνση ώστε να φανούν.....	163
Εικόνα 185 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα fourth του dtm. Αριστερά όλο το κομμάτι στο οποίο δεν διακρίνονται τα νέα όρια των αντικειμένων και δεξιά σε μεγέθυνση ώστε να φανούν.....	163
Εικόνα 186 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα fifth του dtm. Πάνω όλο το κομμάτι στο οποίο δεν διακρίνονται τα νέα όρια των αντικειμένων και κάτω τμήματα του σε μεγέθυνση ώστε να φανούν.	164
Εικόνα 187 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του third.....	164
Εικόνα 188 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του fourth.....	165
Εικόνα 189 Σε μεγέθυνση, ώστε να φανούν οι λεπτομέρειες, το αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του fourth.	165
Εικόνα 190 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του fifth.	165
Εικόνα 191 Το τελικό αποτέλεσμα της νέας ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του third.....	166

Εικόνα 192 Το τελικό αποτέλεσμα της νέας ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του fourth.....	166
Εικόνα 193 Το τελικό αποτέλεσμα της νέας ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του fifth.	167
Εικόνα 194 Η κλίμακα στις γραφικές απεικονίσεις των αλγορίθμων αξιολόγησης.....	168
Εικόνα 195 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος first του dtm Ρίο Αντίρριο.	169
Εικόνα 196 Ο στατιστικός πίνακας αξιολόγησης της επανα-ταξινόμησης του πρώτου επιπέδου του τμήματος first του dtm Ρίο Αντίρριο και γραφική απεικόνιση.	170
Εικόνα 197 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος second του dtm Ρίο Αντίρριο.	173
Εικόνα 198 Ο στατιστικός πίνακας αξιολόγησης της επανα-ταξινόμησης του πρώτου επιπέδου του τμήματος second του dtm Ρίο Αντίρριο και γραφική απεικόνιση.	174
Εικόνα 199 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος third του dtm Άνδρος-Εύβοια.....	175
Εικόνα 200 Ο στατιστικός πίνακας αξιολόγησης της επαναταξινόμησης του πρώτου επιπέδου του τμήματος third του dtm Άνδρος-Εύβοια και γραφική απεικόνιση.	176
Εικόνα 201 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος fourth του dtm Άνδρος-Εύβοια.....	177
Εικόνα 202 Ο στατιστικός πίνακας αξιολόγησης της επαναταξινόμησης του πρώτου επιπέδου του τμήματος fourth του dtm Άνδρος-Εύβοια και γραφική απεικόνιση.	178
Εικόνα 203 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος fifth του dtm Άνδρος-Εύβοια.	179
Εικόνα 204 Ο στατιστικός πίνακας αξιολόγησης της επανα-ταξινόμησης του πρώτου επιπέδου του τμήματος fifth του dtm Άνδρος-Εύβοια και γραφική απεικόνιση.	180
Εικόνα 205 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος first του dtm Ρίο Αντίρριο.	181
Εικόνα 206 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος second του dtm Ρίο Αντίρριο.	182
Εικόνα 207 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος third του dtm Άνδρος-Εύβοια.....	183
Εικόνα 208 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος fourth του dtm Άνδρος-Εύβοια.....	184
Εικόνα 209 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος fifth του dtm Άνδρος-Εύβοια.	185
Εικόνα 210 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του first, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering.....	186
Εικόνα 211 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του first, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering.....	187
Εικόνα 212 Αριστερά η τελική ταξινόμηση του first και δεξιά δίδεται σε shaded_relief προς επιβεβαίωση της ταξινόμησης. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering	187
Εικόνα 213 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του second και δεξιά δίδεται σε shaded_relief προς επιβεβαίωση της ταξινόμησης. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering ...	188
Εικόνα 214 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του third, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering.....	188
Εικόνα 215 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του third, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering.....	189
Εικόνα 216 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του third, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering.....	189
Εικόνα 217 Αριστερά η τελική ταξινόμηση του third και δεξιά δίδεται σε shaded_relief προς επιβεβαίωση της ταξινόμησης. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering	190

Εικόνα 218	Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του fourth, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering.....	190
Εικόνα 219	Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του fourth, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering.....	191
Εικόνα 220	Αριστερά η τελική ταξινόμηση του fourth και δεξιά δίδεται σε shaded_relief προς επιβεβαίωση της ταξινόμησης. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering.....	191
Εικόνα 221	Αριστερά η τελική ταξινόμηση του fifth και κάτω δίδεται σε shaded_relief προς επιβεβαίωση της ταξινόμησης. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering	192

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1	Πως επηρεάζεται η ακρίβεια της υψομετρικής πληροφορίας πολλαπλασιάζοντας με διάφορους συντελεστές.....	68
Πίνακας 2	Τμήματα της απεικόνισης που χρησιμοποιούνται και φωτοερμηνεία τους.	78
Πίνακας 3	Περιγραφή των γενικών κλάσεων.	94
Πίνακας 4	Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου 5	101
Πίνακας 5	Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου 3	106
Πίνακας 6	Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου 4	114
Πίνακας 7	Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου 1	122
Πίνακας 8	Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου 2	133
Πίνακας 9	Περιγραφές των νέων κλάσεων του επιπέδου 1.....	138
Πίνακας 10	Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου ταξινόμησης 6	152
Πίνακας 11	Συμμετοχή κλάσεων άλλων επιπέδων για το σχηματισμό των τελικών κατηγοριών.	172

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

«Οι μεγαλύτερες κλίσεις του κόσμου..... αν δεν υπήρχαν ωκεανοί και παρατηρούσαμε την Γη από την σελήνη, τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά ανάγλυφου που θα τραβούσαν την προσοχή μας θα ήταν οι μεγαλοπρεπείς χαράδρες και τα υψώματα που εκτείνονται κάτω από τους μεγάλους ωκεανούς.» (Shepard, 1959)

Η θάλασσα και κατά συνέπεια ο πυθμένας της καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα του πλανήτη Γη αλλά παραμένει σε ένα μεγάλο ποσοστό ανεξερεύνητος, γεγονός που οφείλεται στην δυσκολία προσβασιμότητας του. Ωστόσο, με τη βοήθεια της τηλεπισκόπησης, νέες τεχνολογίες διερεύνησης του βυθού αποδεικνύονται εξαιρετικά αποτελεσματικές στο να παρέχουν τις πληροφορίες για τις απαραίτητες εκτιμήσεις για την μορφή του καθώς και τις λεπτομέρειες που αφορούν στον σχεδιασμό τεχνικών έργων με υπόβαθρο την επιφάνεια του πυθμένα, ενώ οι χαρτογραφήσεις που προκύπτουν από αυτές τις τεχνολογίες αποκαλύπτουν ότι η γεωμορφολογία των ωκεάνιων λεκανών αποτελεί έναν από τους πιο απαιτητικούς, αινιγματικούς και ταυτόχρονα συναρπαστικούς τομείς της επιστημονικής έρευνας. Η ασφαλής και οικονομική μελέτη και χρήση των υποθαλάσσιων περιοχών στις οποίες θεμελιώνονται τεχνικά έργα, βασίζεται στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για την κατανόηση της γεωμορφολογίας του πυθμένα της θάλασσας, μια διαδικασία που μόλις ξεκίνησε να αναπτύσσεται.

Η παρούσα μελέτη ασχολείται με μια νέα μέθοδο αποτίμησης του ανάγλυφου του πυθμένα της θάλασσας μέσω της αυτόματης εξαγωγής των τοπογραφικών και γεωμορφολογικών στοιχείων από τηλεπισκοπικά δεδομένα. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται προήλθαν από μετρήσεις με πολυδεσμικού ηχοβολιστή και παραχωρήθηκαν από την εταιρία akti engineering σε μορφή ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Θα διερευνηθούν μέθοδοι αντικειμενοστραφούς ανάλυσης για τη δημιουργία αλγορίθμου για την επίτευξη της ζητούμενης αυτόματης αναγνώρισης των γεωμορφών του πυθμενικού ανάγλυφου.

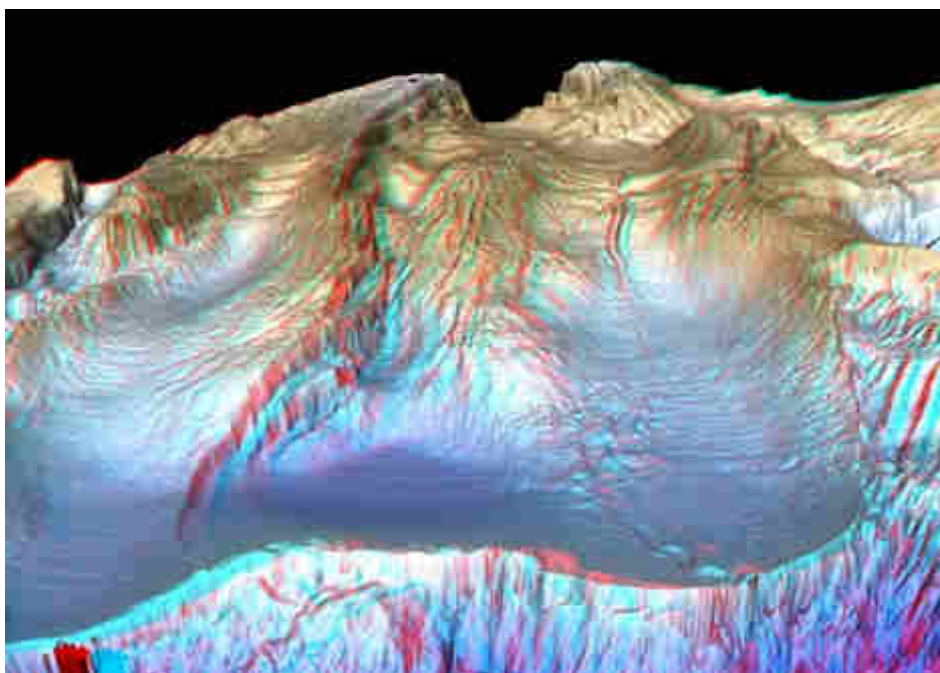
Ένα θερμό ευχαριστώ στον Καθηγητή κ. Αργιαλά Δημήτρη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα διπλωματική εργασία, στον Υ.Δ. κ. Άγγελο Τζώτσο για την άμεση και απαραίτητη βοήθεια που μου προσέφερε απλόχερα σε οποιοδήποτε προβληματισμό καθώς και στην εταιρεία akti engineering και τον κ. Παλαιοκρασσά Άρη για την παραχώρηση των δεδομένων και τις επιμορφωτικές ώρες που μου αφιέρωσε.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΒΥΘΟΥ

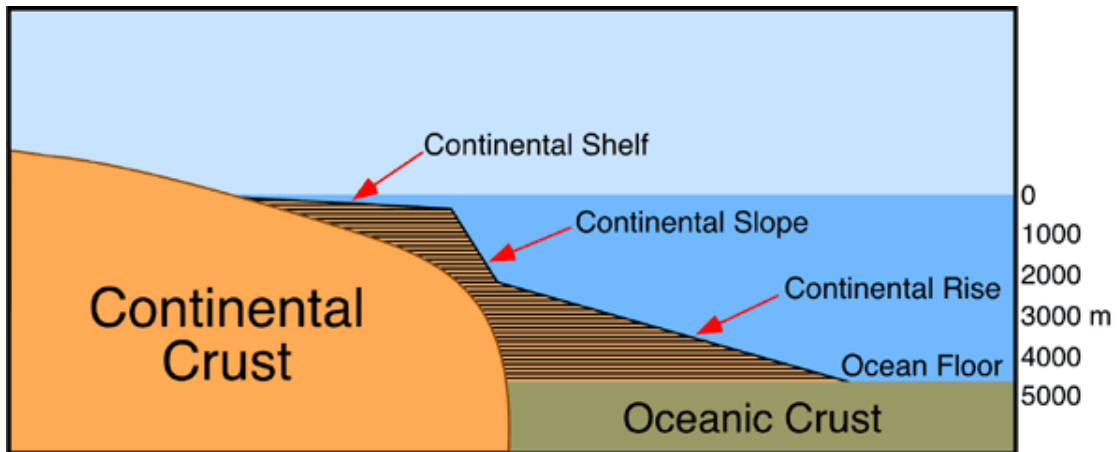
2.1.1 Μορφολογικά Στοιχεία Πυθμένα

Ο πυθμένας της θάλασσας είναι ένα περίπλοκο και γενικά ελάχιστα κατανοητό περιβάλλον το οποίο διαφέρει αισθητά από το γήινο έδαφος. Επικρατεί η λανθασμένη αντίληψη ότι ο βυθός της θάλασσας είναι επίπεδος και παρουσιάζει ομαλές κλίσεις στις περιοχές που αυξομειώνεται το βάθος. Αυτό που ισχύει όμως είναι πως οι πυθμένες των ωκεανών δεν είναι ομαλοί αλλά διασχίζονται από βαθιές και στενές τάφρους μεγάλου βάθους καθώς και από υποθαλάσσιες οροσειρές, οι αλλιώς επωνομαζόμενες ράχες. Ο πυθμένας των θαλασσών δηλαδή παρουσιάζει μεγάλο οριζόντιο και κατακόρυφο διαμελισμό καθώς δέχεται επιδράσεις τόσο από την ξηρά όσο και από το υπερκείμενο στρώμα του νερού. ⁽³⁾ Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι το βαθύτερο σημείο της γης βρίσκεται στην Τάφρο των Μαριανών στον Ειρηνικό ωκεανό κοντά στις Νήσους Μαριάνες στην Μικρονησία και έχει βάθος περίπου 11 χιλιόμετρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.²



Εικόνα 1: Τρισδιάστατη απεικόνιση τμήματος του υποθαλάσσιου ανάγλυφου της Μεσογείου **πηγή:** <http://www.geolsoc.org.uk>

Μια τοπογραφική τομή μιας ωκεάνιας λεκάνης αποκαλύπτει τα κύρια τοπογραφικά της χαρακτηριστικά, τα οποία είναι η ηπειρωτική κρηπίδα (**continental shelf**), η ηπειρωτική κατωφέρεια (**continental slope**), τα αβυσσικά πεδία (**continental rise**) και η ωκεάνια τάφρος (**ocean floor**).⁴



Εικόνα 2: Κύρια τοπογραφικά χαρακτηριστικά ωκεάνιας λεκάνης. πηγή: www.physicalgeography.net

Η **ηπειρωτική κρηπίδα** (continental shelf) είναι το αβαθές και σχεδόν επίπεδο υποθαλάσσιο τμήμα της ηπειρωτικής μάζας. Το πλάτος της κυμαίνεται από μερικές δεκάδες μέχρι και κάποιες χιλιάδες μέτρα.⁴ Ως μέσο πλάτος έχουν καταγραφεί τα 60 χιλιόμετρα. Το βάθος της είναι σχετικά μικρό από 0 έως 180 μέτρα. Η προέλευση της ηπειρωτικής κρηπίδας καθώς και τα χαρακτηριστικά της οφείλονται στην δράση των κυμάτων και ρευμάτων κατά μήκος της ακτής καθώς και στη διαβρωτική δράση παραγόντων που δρουν στην στεριά. Γεωλογικές μελέτες έχουν δείξει ότι η ηπειρωτική κρηπίδα είναι στην ουσία μια προέκταση της ξηράς η οποία καλύπτεται από ένα λεπτό στρώμα πρόσφατων ιζημάτων και θαλασσινού νερού.⁵

Η **ηπειρωτική κατωφέρεια** (continental slope) εκτείνεται από την ηπειρωτική κρηπίδα έως ένα μέσο βάθος της τάξης των 135 μέτρων. Παρουσιάζει απότομες κλίσεις από 1° μέχρι 25° με μέσο όρο περίπου στις 4°. Η βάση αυτού του τοπογραφικού χαρακτηριστικού συναντάται στα 2000 μέτρα βάθος και υποδηλώνει το όριο ανάμεσα στον ωκεάνιο και ηπειρωτικό φλοιό. Το πλάτος της ηπειρωτικής κατωφέρειας ποικίλει από 20 έως 100 χιλιόμετρα. Τόσο η ηπειρωτική κατωφέρεια όσο και η κρηπίδα θεωρούνται ηπειρωτικά τμήματα παρόλο που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του θαλάσσιου νερού. Στο τμήμα αυτό μιας ωκεάνιας λεκάνης συναντώνται και τα επονομαζόμενα υποθαλάσσια φαράγγια (submarine canyons). Τα χαρακτηριστικά αυτά φαράγγια έχουν σχήμα V και βρίσκονται σε βάθη μέχρι και 1200 μέτρα. Είναι κάθετα στην διεύθυνση της ηπειρωτικής κατωφέρειας και πολλά από αυτά έχουν συσχετιστεί με την ύπαρξη και επιρροή πολύ μεγάλων ποταμών.⁴ Τέλος, οι πρόποδες της ηπειρωτικής κατωφέρειας ονομάζονται κάποιες φορές ηπειρωτικά χείλη. Αυτά παρουσιάζουν κλίσεις από 1% έως 1,5% (από 4.000-5.000 μέτρα) και διασχίζονται από κοιλάδες, που οι απολήξεις τους δίνουν μια μορφή ριπιδίων. Το ηπειρωτικό χείλος σχηματίζεται πάνω σε λεπτό ηπειρωτικό φλοιό ή σε ωκεάνιο. Τα ενεργά ηπειρωτικά περιθώρια (π.χ. του Ειρηνικού ωκεανού) δεν περιέχουν ηπειρωτικό χείλος. Χαρακτηρίζονται από την παρουσία μιας περιθωριακής τάφρου, πλάτους 70-100 χιλιομέτρων κατά μέσο όρο. Το μήκος της τάφρου μερικές φορές φτάνει τα εκατοντάδες χιλιόμετρα και μέσα σε αυτές συναντώνται τα μεγαλύτερα βάθη της υδρογείου (π.χ. τάφρος των Tonga 10χιλιόμετρων, τάφρος των Μαριάννων νήσων 11 χιλιόμετρα). Αντίθετα, οι ωκεάνιοι πυθμένες, που περιβάλλουν τα ενεργά περιθώρια, παρουσιάζουν, συνήθως, έντονο ανάγλυφο. Εκτός

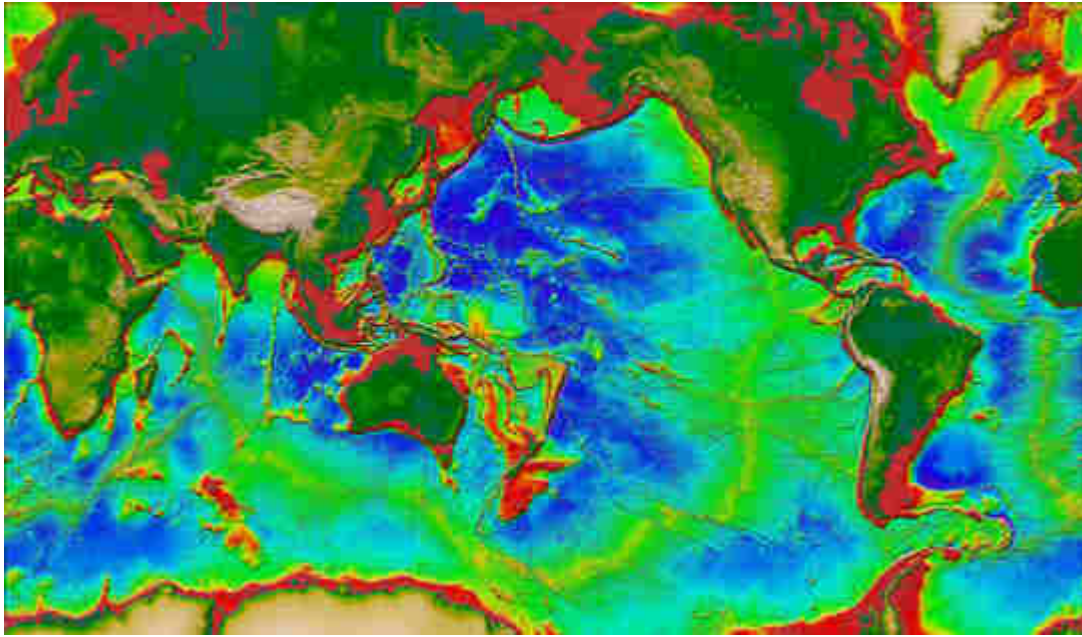
από τα υποθαλάσσια βουνά, που οι διαστάσεις τους είναι της τάξεως των χιλιομέτρων, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός αβυσσικών λόφων, που το ανάγλυφο τους δεν ξεπερνά ορισμένες εκατοντάδες μέτρα.⁵

Τα **αβυσσικά πεδία** ή **αβυσσικές πεδιάδες** (continental rise) βρίσκονται στη βάση της ηπειρωτικής κατωφέρειας. Το βάθος τους κυμαίνεται από 2000 έως 5000 μέτρα, το πλάτος τους φτάνει μέχρι και τα 300 χιλιόμετρα και η κλίση τους είναι περίπου 1 μέτρο ανά χιλιόμετρο. Αυτό το χαρακτηριστικό δημιουργήθηκε από συσσωρευμένες αποθέσεις ιζημάτων στα χείλη των υποθαλάσσιων φαραγγίων. ⁽⁴⁾ Όπως προαναφέρθηκε κατά την μελέτη του υποθαλάσσιου ανάγλυφου και συγκεκριμένα των τοπογραφικών χαρακτηριστικών μιας ωκεάνιας λεκάνης συναντώνται οι επονομαζόμενοι αβυσσικοί λόφοι. Οι υποθαλάσσιοι αυτοί λόφοι, που βρίσκονται στα αβυσσικά πεδία υπάρχουν και κάτω από την ηπειρωτική κατωφέρεια καλυπτόμενοι από ιζήματα και διαπιστώνονται με ειδικές σεισμικές μεθόδους. Στα σταθερά περιθώρια, το ανάγλυφο των αβυσσικών πεδιάδων καλύπτεται από ιζήματα μεγάλου πάχους, κυρίως τουρβιδιτικά, που μεταφέρονται από την ήπειρο και που ονομάζονται αβυσσικά ριπίδια. Στα ενεργά περιθώρια, οι περιφερειακοί τάφροι σχηματίζουν ένα φράγμα, λόγω της κοιλότητας τους, που εμποδίζει την προέλαση των ιζημάτων που προέρχονται από την ήπειρο. Έτσι, οι αβυσσικοί λόφοι καλύπτονται μόνο από χημικά ιζήματα πελαγικής προέλευσης, που τα χαρακτηρίζει μια αργή ιζηματογένεση.⁵

Η **ωκεάνια τάφος** (ocean floor) βρίσκεται στην βάση των αβυσσικών πεδίων σε βάθη από 4000 έως 6000 μέτρα. Είναι μια επιμήκης, στενή και βαθιά λεκάνη στο θαλάσσιο πυθμένα και καταλαμβάνει το 30% της επιφάνειας του πλανήτη. Στην περιοχή αυτή των ωκεάνιων λεκανών παρατηρείται η ύπαρξη μεγάλου αριθμού ηφαιστείων.⁴

Οι **Μεσωκεάνιες ράχες** (Mid-oceanic ridges) συναντώνται συνήθως στο βυθό στο κέντρο των ωκεάνιων λεκανών. Αυτά τα χαρακτηριστικά συνδέονται με την δημιουργία νέου ωκεάνιου φλοιού από ηφαιστειακά παράγωγα. Κάποια ηφαιστειακά νησιά όπως η Ισλανδία αποτελούν τμήματα αυτών των μεσωκεάνιων ραχών, οι οποίες και αποτελούν το 23% της συνολικής επιφάνειας της Γης. Στο κέντρο αυτών των ραχών εντοπίζονται τεκτονικές τάφροι (κοιλάδες επιμήκους ρωγμής) πλάτους 30 με 50 χιλιομέτρων και βάθους από 1 έως 3 χιλιομέτρων.⁴

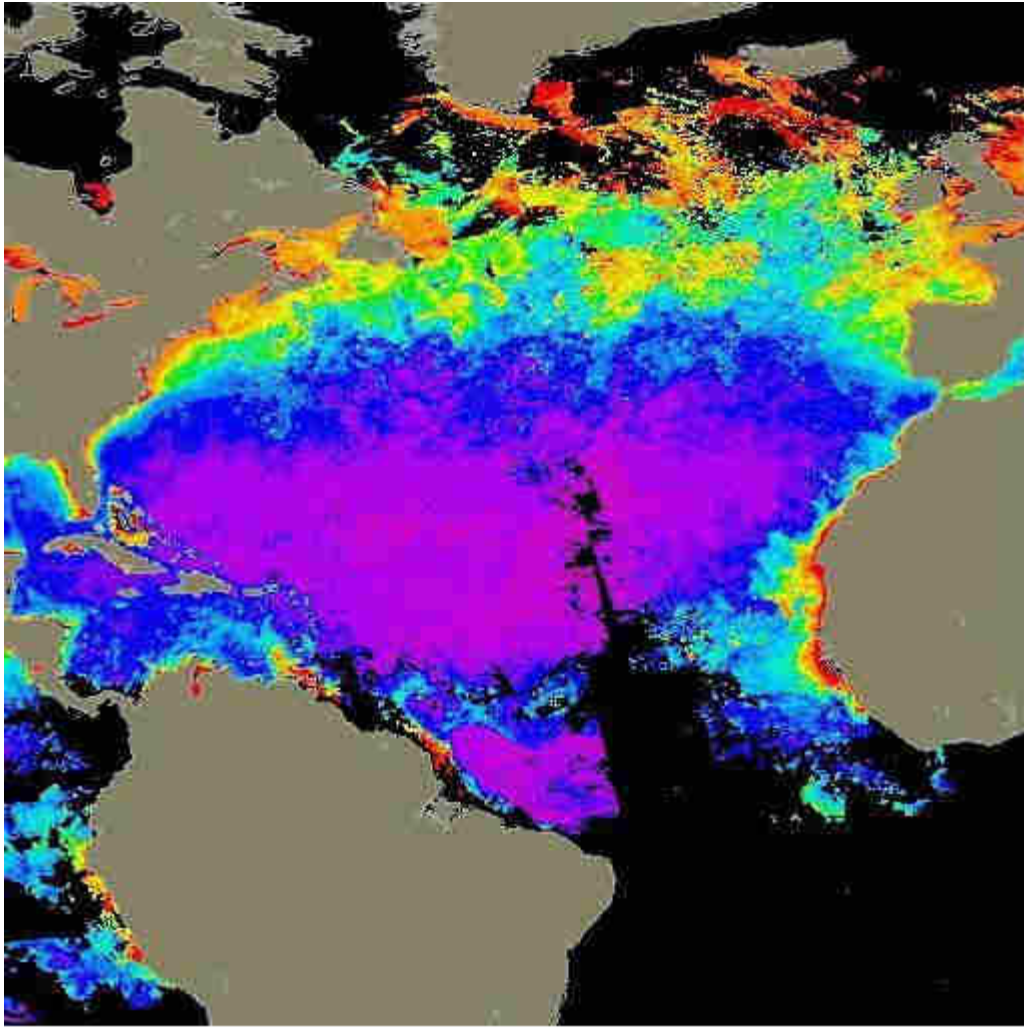
]



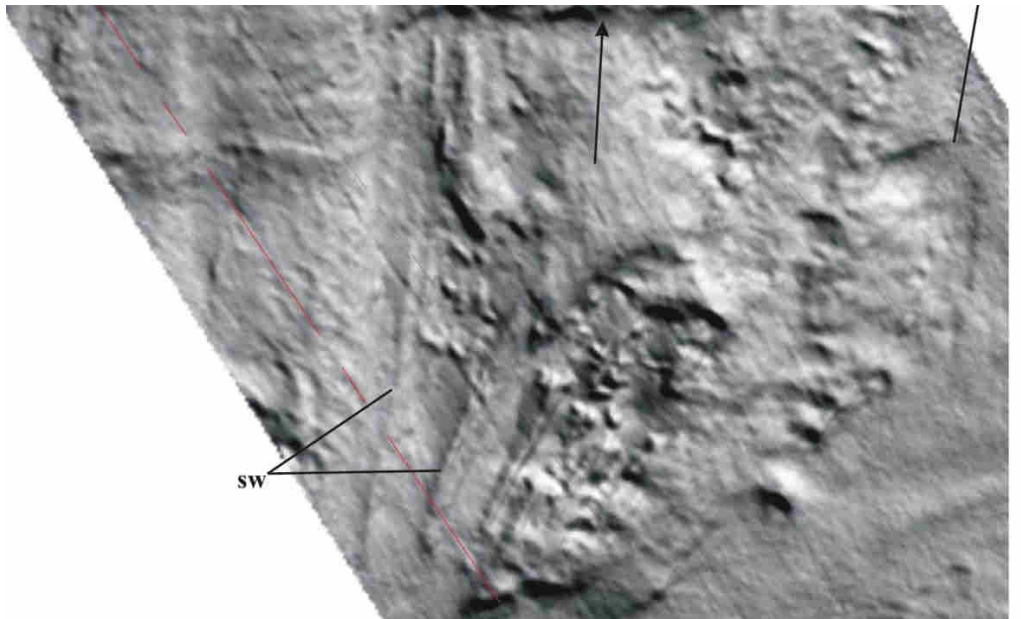
Εικόνα 3: Οι ηπειρωτικές και υποθαλάσσιες επιφάνειες της Γης. Οι διακυμάνσεις του χρώματος στις θαλάσσιες περιοχές από κόκκινο σε κίτρινο και σε μπλε υποδηλώνουν αύξηση του βάθους. Επιπλέον, και ορισμένα τοπογραφικά χαρακτηριστικά ωκεάνιων λεκανών μπορούν να διακριθούν. Η κόκκινη περιοχή στα σύνορα των γήινων μαζών απεικονίζει την ηπειρωτική κρηπίδα. Οι κίτρινες και πράσινες ζώνες γύρω από την ηπειρωτική κρηπίδα αντιστοιχούν στην ηπειρωτική κατωφέρεια και τα αβυσσικά πεδία, αντίστοιχα. Με μπλε χρώμα είναι η περιοχή της ωκεάνιας τάφρου των λεκανών. Τέλος, στο κέντρο των ωκεάνιων λεκανών με αποχρώσεις του πράσινου, κίτρινου και πορτοκαλί εντοπίζονται οι μεσωκεάνιες ράχες. **πηγή:** www.physicalgeography.net

Εκτός όμως από τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά των ωκεάνιων λεκανών που αναφέρθηκαν προηγουμένως, στον πυθμένα της θάλασσας συναντάται και πληθώρα μορφολογικών χαρακτηριστικών μικρότερων σε κλίμακα αλλά εξίσου σημαντικών όσον αφορά στον ρόλο τους στο υποθαλάσσιο ανάγλυφο. Αυτά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά δεν είναι εμφανή σε εργασίες μεγάλης κλίμακας όπως τοπογραφικές τομές και διατομές αλλά ο εντοπισμός τους απαιτεί μεγαλύτερη λεπτομέρεια και χρήση εξειδικευμένων οργάνων όπως για παράδειγμα οι ηχοβολιστές. Στα χαρακτηριστικά αυτά περιλαμβάνονται τόσο φυσικοί σχηματισμοί όσο και ανθρωπογενή στοιχεία που εντοπίζονται στο βυθό της θάλασσας.

- **Φυσικά:** στα φυσικά μορφολογικά στοιχεία του πυθμένα των θαλασσών περιλαμβάνονται οι εμφανίσεις συνεκτικών σχηματισμών (outcrops), οι σχηματισμοί αμμορυτίδων και υποθαλάσσιων ιζηματογενών κυμάτων (subaqueous dunes) λόγω δράσης ισχυρών ρευμάτων, αυλακώσεις διαβρωσιγενούς χαρακτήρα, κατολισθητικά φαινόμενα, κρατήρες διαφυγής αέριων υδρογονανθράκων και πεδία ποσειδωνίας ή άλλου τύπου υποθαλάσσιας χλωρίδας (akti engineering 2009).

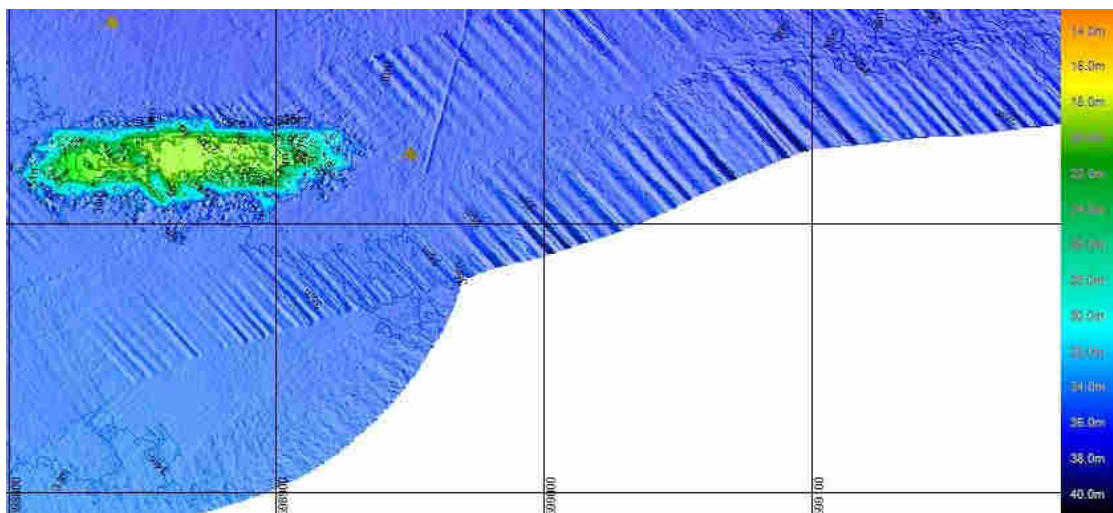


Εικόνα 4: Πεδία ποσειδωνίας ή άλλου τύπου υποθαλάσσιας χλωρίδας. Δορυφορική εικόνα πρωτογενούς παραγωγής του Ατλαντικού ωκεανού: Nimbus-7 satellite, Coastal Zone Color Scanner (CZCS) που δείχνει βελτιωμένη εικόνα της συγκέντρωσης φυτοπλαγκτού στα επιφανειακά νερά. Μπλε χρώματα δείχνουν χαμηλές συγκεντρώσεις (0 με 0.3mg/m³) και πορτοκαλί/κόκκινα μεγάλες (1 με 10mg/m³). **πηγή:** www.mar.egean.gr



Εικόνα 5: Γεωμορφές λόγω δράσης ισχυρών ρευμάτων. **ιδιοκτησία-παραχώρηση: akti engineering**

- **Ανθρωπογενή:** όπως γίνεται ξεκάθαρο και από την ονομασία, τα ανθρωπογενή μορφολογικά στοιχεία του πυθμένα της θάλασσας είναι εκείνα στα οποία υπήρξε συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα. Ο άνθρωπος έχει επέμβει στο υποθαλάσσιο περιβάλλον αφήνοντας και εκεί το στίγμα του που περιλαμβάνει υποθαλάσσια καλώδια και σωλήνες, ναυάγια, νάρκες, υποθαλάσσια τμήματα λιμενικών σταθμών όπως οι κυβόλιθοι, ουλές αλιευτικής δραστηριότητας ή αγκυροβόλησης πλοίων κτλ.



Εικόνα 6: Ναυάγιο στον ελλαδικό χώρο στο πάνω αριστερό τμήμα της εικόνας μαζί με κλίμακα επεξήγησης αποχρώσεων που αντιστοιχούν σε βάθη. **ιδιοκτησία-παραχώρηση: akti engineering**

2.1.2 Γεωμορφολογικές Διεργασίες στον Πυθμένα

Ο πυθμένας της θάλασσας δεν αποτελεί ένα στάσιμο περιβάλλον αλλά ένα δυναμικό και συνεχώς μεταβαλλόμενο. Τα κύματα, τα θαλάσσια ρεύματα και οι παλίρροιες είναι κάποιες από τις κινητήριες δυνάμεις οι οποίες ευθύνονται για πολλές από τις γεωμορφολογικές αλλαγές και γεωλογικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στα υποθαλάσσια τμήματα του φλοιού της γης.

Οι εδαφικές καθιζήσεις είναι ένα από τα φαινόμενα αυτά που παρατηρούνται στον βυθό και οι οποίες προκαλούν αλλαγές στην μορφολογία του βυθού, μετακινήσεις ιζημάτων αλλά και καταστροφές στις παράκτιες περιοχές μέσω της δημιουργίας τσουνάμι και πλημμύρων. Οι καθιζήσεις αυτές ποικίλουν σε μέγεθος από τεράστιες, οι μεγαλύτερες σε όγκο στη γη, έως πολύ μικρές με πρόκληση ανεπαίσθητων αλλαγών στο υποθαλάσσιο ανάγλυφο και προκαλούνται από παράγοντες όπως σεισμικές δονήσεις, κινήσεις του φλοιού της γης, απότομες ιζηματικές αποθέσεις, αποβολές αερίων και υγρών και από την δημιουργία υψηλών τάσεων κατά τη διάρκεια έντονων καταιγίδων κυρίως στα ρηχά νερά. Παρ' όλες τις σημαντικές επιστημονικές έρευνες που στοχεύουν στην περαιτέρω κατανόηση των υποβρύχιων κατολισθήσεων, το πλήρες εύρος των διαδικασιών και των παραγόντων που τις προκαλούν και τις επηρεάζουν δεν έχει καθοριστεί ακόμα. (Prior και Hooper, 1998)

Πολλές περιοχές του υποθαλάσσιου βυθού υπόκεινται σε διάφορες διαβρωτικές διαδικασίες. Η διάβρωση των υποθαλάσσιων επιφανειών οφείλεται κυρίως σε παράγοντες όπως υψηλής ενέργειας τουρβιδικά και μη ρεύματα που αναπτύσσονται κοντά στο πυθμένα. Συνήθως οι διαβρώσεις δημιουργούν υποθαλάσσια κανάλια διαφόρων μορφών, όπως πλατιά και βαθιά φαράγγια με απότομα τοιχώματα ή περίπλοκους ελικοειδείς σχηματισμούς. Πρόσφατες μελέτες αποκάλυψαν σχηματισμούς ευθύγραμμων, παράλληλων μισγαγγειών (ρεματιές) με βάθη και πλάτη της τάξης των μερικών και μερικών εκατοντάδων μέτρων αντίστοιχα.

Η δημιουργία ρηγμάτων και ασυνεχειών αποτελεί άλλο ένα φαινόμενο ευρέως διαδεδομένο στον θαλάσσιο πυθμένα. Συνδέεται με τοπικής κλίμακας διεργασίες του γήινου φλοιού και εμφανίζεται κυρίως σε υποθαλάσσιες περιοχές με τεκτονική δραστηριότητα όπως ρήγματα, όρια τεκτονικών πλακών κτλ, τοπικά γύρω από υποθαλάσσιους πίδακες και από περιοχές ενεργής απόθεσης ιζημάτων. Συναντώνται και σε υποστρώματα του πυθμένα και λειτουργούν ως αγωγοί μεταφοράς υγρών ιζημάτων και νερού δημιουργώντας έτσι περιοχές με υψηλές πιέσεις και ανωμαλίες τάσεων. Στις υψηλού υψομέτρου περιοχές με ρήγματα, όπως οι αλατώδεις ή λασπώδεις λόφοι, παρατηρούνται κατολισθήσεις τμημάτων. Επίσης, έχουν σημειωθεί ομόκεντρες ρηγματώσεις που οφείλονται κυρίως σε εδαφικές υποχωρήσεις εντός των θαλάσσιων λεκανών αλλά και περίπλοκα δίκτυα ρηγμάτων, τα οποία αποτελούνται από έναν αριθμό επιφανειακών και υπόγειων ασυνεχειών με οριζόντιες και κάθετες κατευθύνσεις, διαφορετικών μεγεθών και μορφών αλλά και με ξεχωριστές συμπεριφορές. Τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά του υποθαλάσσιου ανάγλυφου είναι αποτέλεσμα ρηγματώσεων, με ρήγματα που εκτείνονται σε αποστάσεις χιλιομέτρων και σε βάθη δεκάδων έως και αρκετών εκατοντάδων μέτρων.

Τα θαλάσσια ιζήματα συχνά παρουσιάζουν ενδείξεις τοπικών συγκεντρώσεων νερού, αερίου και πετρελαίου, είτε ξεχωριστά είτε σε συνδυασμό. Αυτές οι συγκεντρώσεις εξαιτίας υψηλών πιέσεων ενδέχεται να δημιουργήσουν τοπικές εκτονώσεις μεγάλης ισχύος του εκάστοτε υλικού. Δεν παρατηρούνται όμως σε όλες τις συγκεντρώσεις υψηλές πιέσεις και κάποιες παραμένουν ανενεργές και σε διάφορες φυσικές καταστάσεις αναλόγως το υλικό. Έτσι, το νερό εμφανίζεται ως πάγος και μόνιμα στρώματα πάγου κυρίως σε περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους. Οι αέριοι υδρογονάνθρακες με τις κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσεως παίρνουν μορφή στερεού ιζήματος ή υπόγειων συμπαγών κρυσταλλικών δομών. Το φυσικό αέριο βρίσκεται και στα υπόγεια, πορώδη και ιζηματογενή υποθαλάσσια πετρώματα, είτε πλήρως διαλυμένο είτε σε μορφή φυσαλίδων. Αυτού του είδους τα υγρά και στερεά παρουσιάζουν τάσεις διεύθυνσης και συγκέντρωσης βάσει παραγόντων όπως η προέλευση τους, η ποσότητά τους, το περιβάλλον τους και της εξέλιξής τους. Για παράδειγμα, το βιογενές αέριο, δηλαδή το αέριο που παράγεται από ζώντες οργανισμούς, εμφανίζεται κυρίως σε μεγάλης έκτασης περιοχές, μικρού βάθους που καλύπτονται από πρόσφατα ιζήματα.⁷ (Prior και Hooper, 1998)

2.1.3 Ο Ρόλος της Μορφολογίας του Βυθού στα Τεχνικά Έργα

Οι παράκτιες και μεσοθαλάσσιες περιοχές του πυθμένα αποτελούν αξιοσημείωτο αναπτυσσόμενο κλάδο της οικονομίας, παρέχοντας σημαντικές ποσότητες φυσικών πόρων όπως αδρανή κατασκευαστικά υλικά, πετρέλαιο, αέρια και υγρά καύσιμα καθώς και ποικιλία ορυκτών (υποθαλάσσιο κάρβουνο, θειάφι) και πολύτιμων μετάλλων (διαμάντια). Οι περιοχές αυτές, επίσης, δέχονται τις υποδομές της βιομηχανικής ανάπτυξης, που συνοδεύουν τις εξορύξεις των υλικών που προαναφέρθηκαν, καθώς και αυτές τις ανάπτυξης της παράκτιας ζώνης. Αποβάθρες, λιμάνια, γέφυρες, περιοχές απόθεσης αποβλήτων, θαλάσσιες πλατφόρμες αλλά και υποθαλάσσιοι αγωγοί, καλώδια τηλεπικοινωνιών και πυθμενικές εγκαταστάσεις αποτελούν ένα δείγμα των δραστηριοτήτων που έχουν την δυνατότητα να λάβουν χώρα στο υποθαλάσσιο περιβάλλον. Η ασφαλής και οικονομική μελέτη και χρήση αυτών των υποθαλάσσιων περιοχών βασίζεται στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για την κατανόηση της γεωμορφολογίας του πυθμένα της θάλασσας, μια διαδικασία που μόλις ξεκίνησε να αναπτύσσεται και η οποία κρίνεται αναγκαία.

Η βιομηχανική ανάπτυξη των παράκτιων και μεσοθαλάσσιων περιοχών, η μεταχείριση πόρων που προέρχονται από τον πυθμένα των ωκεανών και η κατασκευή και συντήρηση κατασκευών και εγκαταστάσεων που στηρίζονται στο υποθαλάσσιο έδαφος λαμβάνουν χώρα σε ένα συναρπαστικά περίπλοκο περιβάλλον. Εκσκαφές, εξορύξεις, εγκαταστάσεις πασσάλων, αγκυρώσεις και θεμελιώσεις ενώ αποτελούν διαδικασίες μελετημένες και κατά βάση εύκολα εφαρμόσιμες στην στεριά, είναι πολύ πιο απαιτητικές στο θαλάσσιο περιβάλλον. Οι προκλήσεις που δέχονται οι μηχανικοί που ασχολούνται με αυτό τον κλάδο των κατασκευών πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη εξαιτίας της ποικιλίας των καταστάσεων με τις οποίες μπορούν να έρθουν αντιμέτωποι, την έλλειψη επαρκών στοιχείων καθώς και τις τεχνικές και οικονομικές παραμέτρους για την λήψη νέων στοιχείων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ολοκλήρωση ενός έργου απαιτεί και

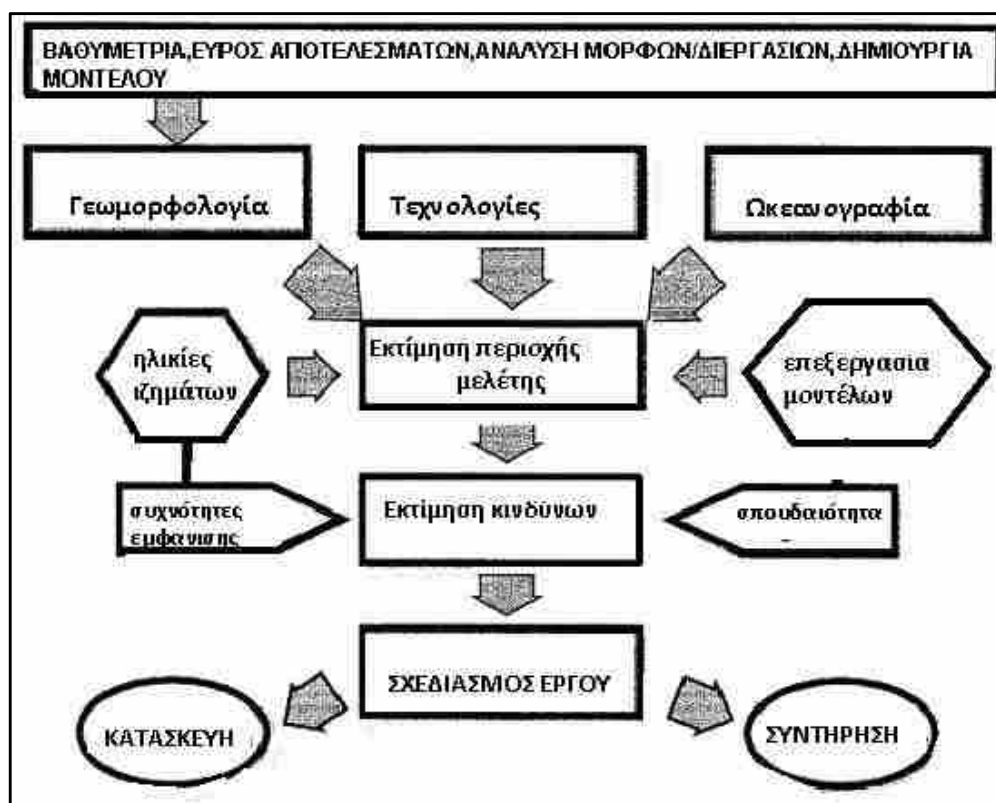
βασίζεται στα αποτελέσματα λεπτομερών ερευνών στην περιοχή μελέτης. Τέτοιες έρευνες στο θαλάσσιο περιβάλλον παρουσιάζουν ακόμα μια δυσκολία καθώς τα ζητούμενα στοιχεία σχετίζονται με πολλές περισσότερες και με μεγαλύτερη δυσκολία στον καθορισμό τους παραμέτρους σε σύγκριση με τις αντίστοιχες για το χερσαίο περιβάλλον, όπως βάθος νερού, είδος ιζημάτων, ιδιότητες υποστρωμάτων του πυθμένα, ηλικίες πετρωμάτων, εντάσεις και κατευθύνσεις ρευμάτων και αναλογίες απόθεσης. Σε συνδυασμό με μια γενική έλλειψη πληροφοριών, οι οποίες θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην αξιολόγηση ενός έργου στο στάδιο της προμελέτης, οι μελετητές ενδέχεται να συναντήσουν δεσμεύσεις και περιορισμούς σε ότι αφορά στην ολοκλήρωση του δεδομένου έργου. Βασικές παράμετροι των χαρακτηριστικών γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του πυθμένα όντας άγνωστοι, υποβάλλουν το τεχνικό έργο σε κινδύνους ενεργών υποθαλάσσιων διεργασιών. (Prior και Hooper, 1998)

Βασικός στόχος μελετών του υποθαλάσσιου ανάγλυφου και της συμπεριφοράς του κατά τον σχεδιασμό ή την μελέτη ενός τεχνικού έργου αποτελεί ο καθορισμός των συνθηκών που επικρατούν στην υπό εξέταση περιοχή και οι διεργασίες που λαμβάνουν ή ενδέχεται να λάβουν χώρα κατά την αναμενόμενη διάρκεια ζωής του έργου, αλλά και η πρόβλεψη της ίδιας της διάρκειας (Prior και Hooper, 1998). Γίνεται προσπάθεια, δηλαδή, τόσο για την καταγραφή της υπάρχουσας μορφής και σύστασης του βυθού όσο και για την πρόβλεψη μελλοντικών φαινομένων, τα οποία ενδεχομένως να αλλοιώσουν την τωρινή μορφή του πυθμένα είτε μέσω μακροπρόθεσμων είτε απότομων διεργασιών.

Κάποιες από τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο πυθμενικό περιβάλλον, εξαιτίας της υψηλής τους ενέργειας, έχουν την δυνατότητα να πλήξουν τεχνικά έργα που βρίσκονται ή πρόκειται να εγκατασταθούν σε αυτό με πολλούς τρόπους αν αυτές δεν ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό του εκάστοτε έργου. Οι εδαφικές καθιζήσεις, είτε απότομες είτε σταδιακές, καταστρέφουν πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου και αερίου, καταπλακώνουν υποβρύχια καλώδια αλλά και προκαλούν καταστροφές σε παράκτιες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η διάβρωση, προκαλεί από μείωση της σταθερότητας των θεμελίων του φέροντα οργανισμού του έργου μέσω έως ολοκληρωτική απομάκρυνση του υπεδάφους που χρησιμοποιείται ως βάση στήριξης σε θαλάσσιες υποδομές. Άλλο ένα φαινόμενο που συναντάται αρκετά συχνά στις υποθαλάσσιες εκτάσεις και επηρεάζει τα τεχνικά έργα είναι η δημιουργία ρηγματώσεων, η οποία επιδρά στις δομικές εγκαταστάσεις με διάφορους τρόπους. Ήδη υπάρχοντα ρήγματα προκαλούν μεταβολές στο ανάγλυφο του βυθού, τέτοιες που δημιουργούν έντονες ανωμαλίες και τοπικές δημιουργίες πρानών, με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται ή ακόμα και να καθίσταται απαγορευτική η εγκατάσταση ενός τεχνικού έργου στην συγκεκριμένη περιοχή. Επίσης, στα υποστρώματα εξαιτίας των ρηγμάτων δημιουργούνται τοπικές περιοχές διαφορετικής σύστασης και διαφορετικών μηχανικών ιδιοτήτων, γεγονός που μειώνει την αξιοπιστία των μελετών που έχουν γίνει στην περιοχή με τη μέθοδο της λήψης δειγμάτων, καθώς ενδέχεται τα δείγματα να μην συμπεριλαμβάνουν όλους τους τύπους ιζημάτων. Έτσι, τα τεχνικά έργα τίθενται σε κίνδυνο αστοχίας μέσω της δημιουργίας ενεργών υποβοσκουσών φορτίων και τάσεων μετατόπισης. Επιπλέον, τα δίκτυα ρηγμάτων που έχουν καταγραφεί στον πυθμένα εξαιτίας της περίπλοκης μορφολογίας τους δυσχεραίνουν την αποτίμηση των συνεπειών τους στις κατασκευές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μελέτες για την χωροθέτηση ενός έργου περιορίζονται στην καταγραφή των συνθηκών σε περιορισμένη περίμετρο και βάθος κάτω από τον πυθμένα ενώ τα δίκτυα ρηγμάτων έχουν την δυνατότητα να εκτείνονται σε πολύ μεγάλα βάθη κάτω από

το πυθμενικό έδαφος καθώς και να μεταφέρουν δυνάμεις από τάσεις που ασκούνται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Τέλος, οι υπό πίεση συγκεντρώσεις αερίων και υγρών στοιχείων που αποτελούν ένα συχνό φαινόμενο στα υποστρώματα του πυθμένα, αλλοιώνουν τις γεωτεχνικές ιδιότητες των υποστρωμάτων, ευθύνονται για υψηλής ενέργειας υποθαλάσσιες εκρήξεις και μεταβάλλουν την μορφολογία του πυθμένα. Ωστόσο όμως, οι συγκεντρώσεις αυτές κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις όχι μόνο δεν πλήττουν τα τεχνικά έργα αλλά τα υποστηρίζουν, όπως, για παράδειγμα, συγκεντρώσεις αερίου κάτω από συγκεκριμένες ιζηματογενής συνθήκες απορροφούν τάσεις. (Prior και Hooper, 1998)

Οι σύγχρονες μέθοδοι στην εξερεύνηση υποθαλάσσιων εργοταξίων, σε ποικίλα βάθη, χρησιμοποιούν διαφορετικού τύπου δεδομένα σε συνδυασμό με συλλογή και επεξεργασία νέων στοιχείων. Βασικές διαδικασίες σε μια τέτοιου τύπου μελέτη είναι η χαρτογράφηση και ερμηνεία της τοπογραφίας του βυθού και των υποστρωμάτων του, συλλογή δειγμάτων για ανάλυση των γεωλογικών συνθηκών και διεργασιών και τέλος συνδυασμός όλων των προηγούμενων με ωκεανογραφικά στοιχεία για την δημιουργία του μοντέλου εκτιμήσεως καταστάσεως. Τα μοντέλα αυτά επιχειρούν μέσω της μελέτης των γεωλογικών και γεωμορφολογικών στοιχείων να καταγράψουν προηγούμενες και μελλοντικές συμπεριφορές των στοιχείων αυτών. Το υλικό που χρησιμοποιείται σε τέτοιες μελέτες είναι χαρτογραφικό υλικό που προέρχεται από μεθόδους ηχητικών παλμών το οποίο και φωτοερμηνεύεται καταλλήλως ώστε να συνδυαστεί με τις αναλύσεις των δειγμάτων, για παράδειγμα χάρτες που προαναφέρθηκαν σε συνδυασμό με την ηλικία των ιζημάτων του πυθμένα δίνει πληροφορίες για τις γεωλογικές διεργασίες που έχουν λάβει χώρα και ενδεχομένως να επηρεάσουν το υπό εξέταση έργο (Εικόνα 7) (Prior και Hooper, 1998).



Εικόνα 7 Σχηματική αναπαράσταση του ρόλου της γεωμορφολογίας και άλλων παραμέτρων κατά την εξερεύνηση του πυθμένα σε τεχνικά έργα. (Prior και Hooper, 1998).

Όπως γίνεται κατανοητό η μορφολογία του βυθού παίζει πρωταρχικό ρόλο στην δημιουργία, συντήρηση και διάρκεια ζωής ενός τεχνικού έργου που κατασκευάζεται σε θαλάσσιο ή παραθαλάσσιο περιβάλλον. Τεχνικές δυσκολίες και ελλείψεις βιβλιογραφικών στοιχείων, όμως, συναντούν οι επιστήμονες που ασχολούνται με αυτόν τον τομέα, δημιουργώντας έτσι σε αρκετές περιπτώσεις νέα ερωτήματα παρά απαντώντας στα ζητούμενα. Θετικό παραμένει το γεγονός ότι παρουσιάζεται τα τελευταία χρόνια μια αλματώδης πρόοδος στην ανάπτυξη τεχνολογιών για να επιτευχθεί η επιτυχής αντιμετώπιση των δυσκολιών αυτών. Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος της προόδου αξίζει να σημειωθεί ότι μέσα σε 50 χρόνια το επιτρεπόμενο βάθος νερού για εξορύξεις μεταβλήθηκε από 6 μόλις μέτρα σε μερικές χιλιάδες, γεγονός που γεμίζει ελπίδες τον κόσμο των επιστημόνων και των μηχανικών, που απασχολούνται σε αυτόν τον τομέα, για νέες ανακαλύψεις στον μυστήριο και ενδιαφέροντα κόσμο του υποθαλάσσιου περιβάλλοντος.

2.1.4 Υπάρχουσες και Υπό Ανάπτυξη Τεχνολογίες Μελέτης Πυθμικού Ανάγλυφου

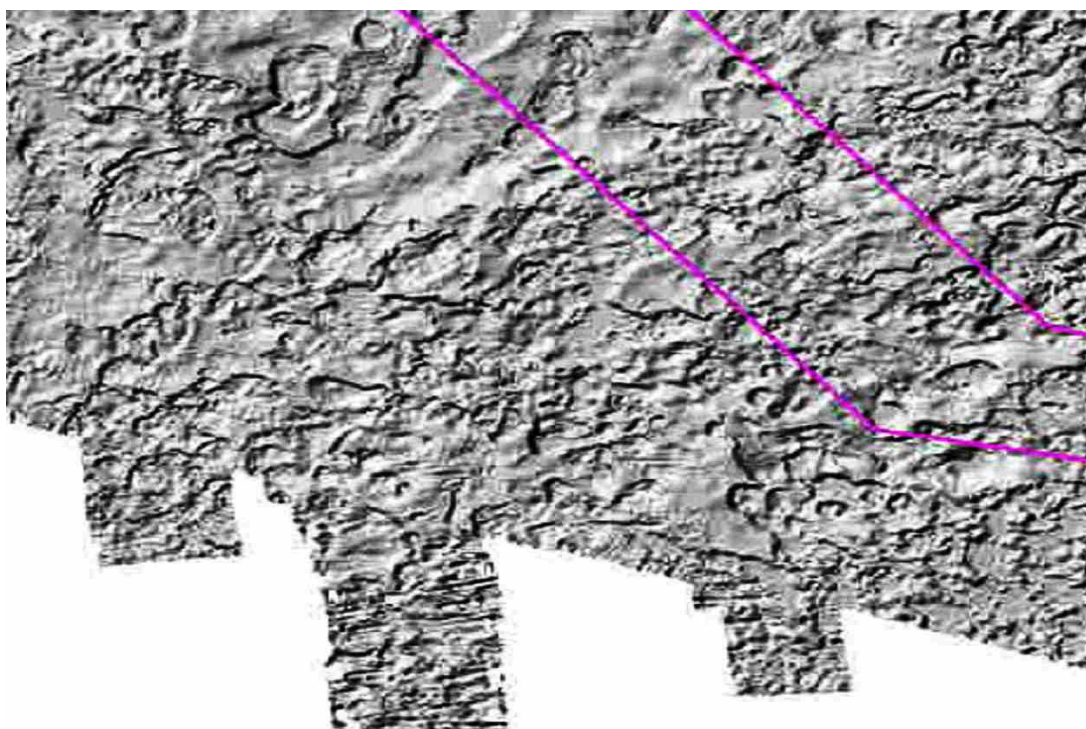
Μέχρι στιγμής στην παρούσα μελέτη έγινε αναφορά στις δυσκολίες τις οποίες αντιμετωπίζουν οι επιστήμονες που απασχολούνται στον τομέα της χαρτογράφησης των γεωμορφών του πυθμένα και της καταγραφής της σύστασης των ιζημάτων που τον απαρτίζουν. Ωστόσο όμως, μια αλματώδης πρόοδος όσον αφορά στις τεχνολογίες τηλεπισκόπησης, έναν επιστημονικό κλάδο ο οποίος αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την διερεύνηση του θαλάσσιου βυθού, δημιουργεί μια ελπιδοφόρα εξέλιξη για την γνώση και κατανόηση του υποθαλάσσιου περιβάλλοντος και πιο συγκεκριμένα του βυθού. Επιπλέον τεχνικές για λήψεις δειγμάτων και καταγραφές/παρατηρήσεις διεργασιών είναι πλέον διαθέσιμες για να χρησιμοποιηθούν στην κατανόηση της συμπεριφοράς του ωκεάνιου πυθμένα. Έτσι, η γεωμορφολογία του βυθού εξερευνείται σταδιακά με ικανοποιητικό βαθμό λεπτομέρειας, αποκαλύπτοντας ένα πολύπλοκο, δυναμικό και μέχρι στιγμής σχετικά μη κατανοητό πεδίο.

Ορισμένες τεχνικές που χρησιμοποιούνται, στην παρούσα χρονική στιγμή αλλά για τις οποίες συνεχίζει να γίνεται προσπάθεια εξέλιξης τους, στην παρατήρηση, καταγραφή και χαρτογράφηση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών και στις οποίες θα γίνει λεπτομερής αναφορά είναι το διαφορικό GPS, οι απεικονίσεις υψηλής ανάλυσης πολυδεσμικών εργαλείων έρευνας και τα υψηλής ανάλυσης τρισδιάστατα σειсмоγραφικά δεδομένα.

Ο ακριβής εντοπισμός της θέσης των διαφόρων υποθαλάσσιων χαρακτηριστικών παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην χρησιμότητα των θαλάσσιων στοιχείων. Το διαφορικό GPS (differential GPS) χρησιμοποιείται για αυτόν ακριβώς τον λόγο, καθώς προσφέρει υψηλή ακρίβεια στον εντοπισμό σημείων και θέσεων σε θαλάσσιες περιοχές, όπου ο επανα-εντοπισμός κρίνεται δυσχερής λόγω έλλειψης χαρακτηριστικών σημείων. Έτσι, επιτρέπεται ο εντοπισμός περιοχών που έχουν ήδη μελετηθεί για χρήση των αποτελεσμάτων των μελετών και σε γειτονικές περιοχές. Οι ακρίβειες των εντοπισμών που μπορούν να επιτευχθούν φτάνουν μέχρι και σε επίπεδο εικονοστοιχείου

επιτρέποντας έτσι την ανάπτυξη GIS βάσεων δεδομένων, την ακριβή συσχέτιση δεδομένων αλλά και την δημιουργία τρισδιάστατων απεικονίσεων με την συμβολή και άλλων τύπων δεδομένων όπως από ηχοβολιστές (πολυδεσμικούς, πλευρικής σάρωσης κ.α). (Prior και Hooper, 1998)

Η χαρτογράφηση του πυθμένα έχει αναπτυχθεί βασιζόμενη κυρίως στις μετρήσεις πολυδεσμικών εργαλείων έρευνας (high resolution multibeam survey systems). Τα πιο πρόσφατα επιτεύγματα όσον αφορά σε αυτήν την τεχνολογία είναι οι απεικονίσεις υψηλής ανάλυσης με χρήση αυτών των εργαλείων (high resolution multibeam mapping) εκ των οποίων τα πιο εξελιγμένα σκοπεύουν στην συλλογή υψηλής πυκνότητας δεδομένων τα οποία καλύπτουν ολοκληρωμένες παράκτιες, μεσοθαλάσσιες και επικλινείς περιοχές του πυθμένα. Οι λεπτομέρειες γεωμορφολογικών και βιολογικών καθώς και ανθρωπογενών επιδράσεων που μπορούν να αποτυπωθούν σε τέτοιες απεικονίσεις είναι συναρπαστικές (Εικόνα 8). Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν διαφορετικές συχνότητες αναλόγως με το επιθυμητό επίπεδο λεπτομερειών και ανάλυσης, ενώ το βάθος στο οποίο έχουν την δυνατότητα να λάβουν μετρήσεις είναι ανάλογο του πλάτους της λήψης, για παράδειγμα το σύστημα Simrad's EM1000 για πλάτος λήψης 7,4 μέτρα λειτουργεί με υψηλή ανάλυση σε βάθος 5 έως 200 μέτρα, για πλάτος 3,4 μέτρα σε βάθος 200 με 600 μέτρων κτλ ενώ λειτουργεί με 60 ή 48 παλμούς στα 95kHz σε βάθη από 5 μέχρι και 800 μέτρα. Αυτού του τύπου τα δεδομένα σε συνδυασμό με αντίστοιχα άλλων τεχνικών υψηλής ανάλυσης, όπως μετρήσεις οργάνων πλευρικής σάρωσης και σεισμοτεκτονικές πληροφορίες, διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό την ερμηνεία των γεωμορφών και διεργασιών του πυθμένα. (Prior και Hooper, 1998)



Εικόνα 8: Τμήμα παράκτιου πεδίου όπως αποτυπώθηκε με πολυδεσμικό ηχοβολιστή (multibeam echosounder) στο οποίο είναι χαρακτηριστικό το υψηλό επίπεδο λεπτομέρειας του αναγλύφου **ιδιοκτησία-παραχώρηση: akti engineering**

Η χρήση υψηλής ανάλυσης σεισμογραφικών δεδομένων τρισδιάστατης απεικόνισης για μελέτες του πυθμένα της θάλασσας αποτελεί μια πρόσφατη εξέλιξη. Τέτοιου τύπου δεδομένα χρησιμοποιούνται κυρίως για εκτιμήσεις κινδύνων που σχετίζονται με εξορύξεις πετρελαίου και αερίων ενώ συλλέγονται για να εξυπηρετήσουν ανάγκες εντοπισμού τέτοιων ορυκτών. Παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια σημαντικές βελτιώσεις σε αυτού του τύπου τις τεχνολογίες παρέχοντας έτσι δεδομένα υψηλότερης ακρίβειας συνεπώς και την δυνατότητα για καλύτερη αξιοποίηση τους. Τα δεδομένα αυτά στη συνέχεια επεξεργάζονται καταλλήλως ώστε να δημιουργήσουν απεικονίσεις της γεωμορφολογίας του πυθμένα και χρονολογικές σειρές τομών των υποστρωμάτων. Οι απεικονίσεις που παράγονται μπορούν να είναι και τρισδιάστατες διευκολύνοντας έτσι την φωτοερμηνεία τους για να οδηγηθούμε στην συνέχεια στην εξαγωγή των απαραίτητων συμπερασμάτων. (Prior και Hooper, 1998)

Εκτός όμως από την τηλεπισκοπική παρατήρηση του υπό εξέταση θαλάσσιου πυθμενικού περιβάλλοντος, αναγκαία κρίνεται και η λήψη και μελέτη δειγμάτων. Η λήψη δειγμάτων από τον βυθό της θάλασσας ενώ αποτελεί μια εύκολη διαδικασία για μικρά βάθη αντίθετα είναι αρκετά απαιτητική, ιδιαίτερος αν αναλογιστεί κανείς ότι στην πλειοψηφία των υποθαλάσσιων περιοχών το βάθος νερού με το οποίο επικαλύπτονται είναι της τάξης των μερικών εκατοντάδων και χιλιάδων μέτρων. Εμβολοφόροι δειματολήπτες και μηχανήματα γεωτρήσεων χρησιμοποιούνται για την συλλογή δειγμάτων σε βάθη νερού που φτάνουν τα 1000 μέτρα και βάθος διείδυσης υπό τον πυθμένα έως και 200 μέτρα. Τα δείγματα αυτά στη συνέχεια μεταφέρονται στα εργαστήρια για μελέτη και εξαγωγή χαρακτηριστικών όπως πυκνότητα ιζήματος, αντοχή, ιστορικό διεργασιών που έχει υποστεί κ.α. Περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας δημιούργησε δειματολήπτες με δυνατότητα επιτόπιας ανάλυσης και καταγραφής των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών των υποστρωμάτων του πυθμένα (Prior και Hooper, 1998). Παρά τις νέες τεχνολογίες στην δειματοληψία και ανάλυση των υποστρωμάτων του βυθού παρατηρείται υψηλό κόστος για την εκτέλεση των μετρήσεων.

2.2 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.2.1 Κορινθιακός Κόλπος - Στενό Ρίου Αντίρριου

Η περιοχή μελέτης είναι τμήμα του πυθμένα του Κορινθιακού κόλπου και συγκεκριμένα ανατολικά της γέφυρας, στο στενό του Ρίου-Αντίρριου.

Ο κορινθιακός κόλπος βρίσκεται ανάμεσα στην Στερεά Ελλάδα, την Πελοπόννησο και δυτικά του σταθμού της Κορίνθου (Εικόνα 9). Χαρακτηρίζεται ως κλειστή και βαθιά θάλασσα με μέγιστο βάθος της τάξης των 900 μέτρων. Περιβάλλεται βόρεια από τα νομαρχιακά διαμερίσματα της Αιτωλοακαρνανίας και Φωκίδας, βορειοανατολικά από το νομό Βοιωτίας, ανατολικά από την Αττική, νοτιοανατολικά βρίσκεται ο νομός Κορινθίας και νοτιοδυτικά ο νομός Αχαΐας.⁸

Όσον αφορά στην θαλάσσια μορφολογία ο κορινθιακός κόλπος περικλείεται γεωγραφικά από τέσσερα κύρια τμήματα: την ηπειρωτική κρηπίδα, την ηπειρωτική κατωφέρεια, την ηπειρωτική άνοδο και την αβυσσική πεδιάδα. Σε αυτά προστίθενται και το Δελφικό Οροπέδιο και η λεκάνη των Αλκυονίδων. Η ηπειρωτική κρηπίδα εκτείνεται σε μερικές εκατοντάδες μέτρα από την ακτή ή και απουσιάζει πλήρως. Η βόρεια περιοχή της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας εκτείνεται ως το κεντρικό κομμάτι του κόλπου σε βάθος περίπου 200 μέτρων. Το πλάτος της κυμαίνεται από 700 μέτρα μέχρι και 12 χιλιόμετρα και παρουσιάζει ομαλές πλάγιες κλίσεις μιας έως δυο μοιρών. Αντίθετα, η νότια υφαλοκρηπίδα εμφανίζει κλίσεις τεσσάρων έως οχτώ μοιρών και πλάτος μικρότερο από 1000 μέτρα. Η κατωφέρεια, επίσης χωρίζεται σε βόρεια και νότια, με την πρώτη να παρουσιάζει κλίσεις 5-7° και πλάτος 3-7 χιλιομέτρων και την δεύτερη να είναι πιο στενή, 1.5-2.5 χιλιόμετρα, και πιο απότομη, 14-18°. Ακολουθώντας, η βόρεια ηπειρωτική άνοδος έχει πλάτη από 1 έως 2,5 χιλιόμετρα, κλίσεις από 2 έως 5° και η νότια είναι πλατύτερη (1 έως 5.5 χλμ) και με πιο ομαλές κλίσεις (1-3°). Η μορφή αυτή είναι αποτέλεσμα του συγκερασμού των υποθαλάσσιων ριπιδίων, τα οποία εκτείνονται ανοιχτά από τη στενή νότια ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα στην αβυσσική πεδιάδα. Η κύρια λεκάνη είναι το βαθύτερο επίπεδο τμήμα του Κόλπου, με βάθος που μεταβάλλεται από τα 200 μέχρι και τα 930 μέτρα και σε αυτήν την περιοχή παρουσιάζονται αποθέσεις τουρβιδικών ιζημάτων καθώς και σύνθετα κατολισθητικά φαινόμενα (περιστροφικές κατολισθήσεις, debris flows κτλ). Η αβυσσική πεδιάδα, στη συνέχεια, καταλαμβάνει το μεσαίο τμήμα της λεκάνης, συνεπώς είναι επίπεδη με κλίσεις έως και 0.5° και με βάρη μεγαλύτερα των 800 μέτρων. Τέλος, ο κόλπος εμφανίζει πλειοτεταρτογενή ιζήματα.⁹(Παπανικολάου κ.α. 1997, Παντίσκα 2007)

Ο βυθός του κορινθιακού κόλπου εμφανίζει μια δυναμικότητα, καθώς παρουσιάζεται έντονη σεισμική δραστηριότητα εξαιτίας των τεκτονικών μετακινήσεων και οι δύο ακτές, νότια και βόρεια ή Ρίο και Αντίρριο αντίστοιχα, απομακρύνονται η μια από την άλλη κατά ένα εκατοστό τον χρόνο, ενώ η βόρεια ακτή βυθίζεται κατά 1 χιλιοστό τον χρόνο σε σχέση με την νότια. Άλλο ένα αξιοσημείωτο δείγμα της δυναμικότητας που παρουσιάζεται στην περιοχή είναι το γεγονός ότι πριν από εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια ο Κορινθιακός κόλπος ήταν μια μεγάλη λίμνη καθώς η Πελοπόννησος συνδεόταν με την Στερεά Ελλάδα ανατολικά μέσω του Ισθμού της Κορίνθου και δυτικά μέσω του Ισθμού του Ρίου-Αντίρριου.⁹(Παπανικολάου κ.α 1997)

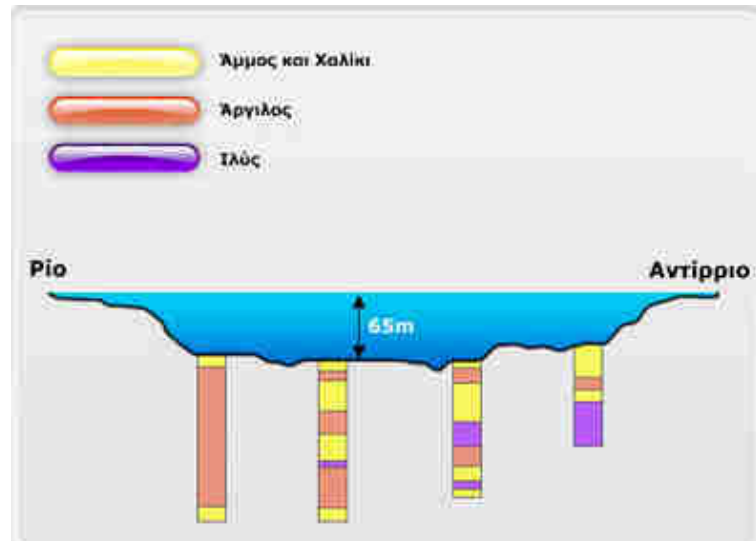


Εικόνα 9: Χάρτης της Ελλάδας στον οποίο σημειώνεται με κόκκινο κύκλο ο Κορινθιακός Κόλπος **πηγή:** <http://www.survey.ntua.gr/main/labs/carto/research/projects/relief-g.html>



Εικόνα 10 Η περιοχή μελέτης Ρίου Αντίρριου που απεικονίζεται στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους. **ιδιοκτησία- παραχώρηση: akti engineering**

Συνοπτικά, στην περιοχή το βάθος της θάλασσας φτάνει ως και τα 65 μέτρα, ο πυθμένας χαρακτηρίζεται από μειωμένες αντοχές σε δυνάμεις, παρουσιάζεται έντονη σεισμική δραστηριότητα και πιθανές τεκτονικές κινήσεις. Το ανάγλυφο του πυθμένα εμφανίζει απότομες κλίσεις προς τις δύο ακτές και ένα μεγάλο οριζόντιο πλάτωμα σε βάθος περίπου 60 μέτρων κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Κατά τη διάρκεια ερευνών δεν εντοπίστηκε βραχώδες στρώμα σε βάθος έως και 100 μέτρων κάτω από τον πυθμένα. Σύμφωνα με γεωλογικές μελέτες, το πάχος των ιζημάτων, που αποτελούνται από παχιές αργιλικές στρώσεις αναμεμιγμένες σε ορισμένα σημεία με λεπτή άμμο και ιλύ, υπερβαίνει τα 500 μέτρα (Εικόνα 11).⁸



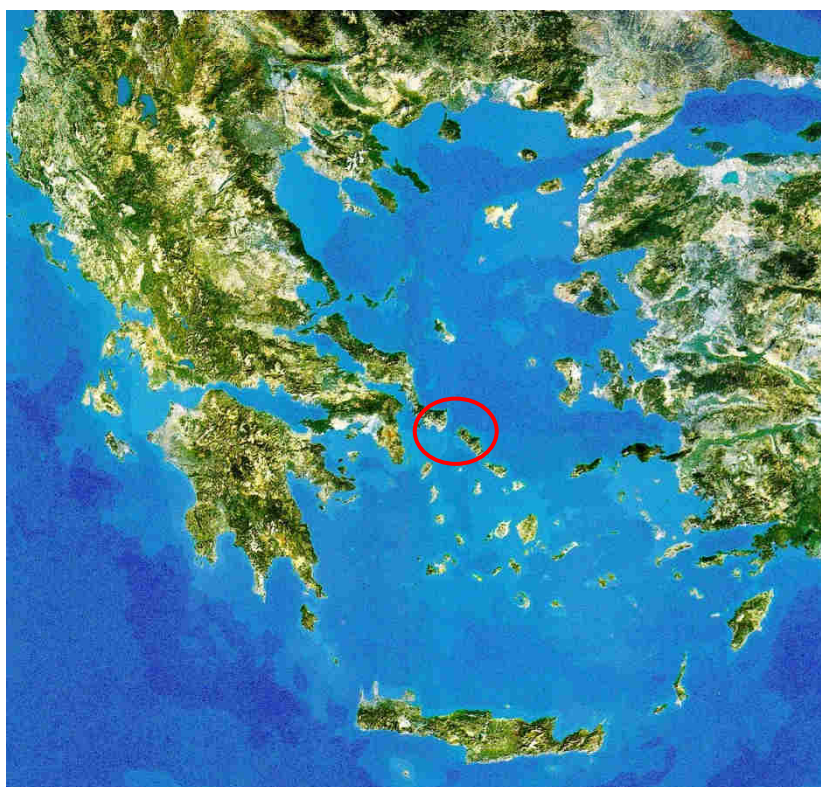
Εικόνα 11: Σύθεση ιζημάτων κάτω από την επιφάνεια του πυθμένα.
 πηγή: <http://www.gefyra.gr/index.php?ID=e1AvFGGEV1SYJiTk#76>

Πιο αναλυτικά, στα ακρωτήρια Ρίο και Αντίρριο οι κλίσεις του βυθού είναι μεγάλες, περίπου 10° , μέχρι το βάθος των 55 μέτρων, δηλαδή σε απόσταση μέχρι και 200 μέτρα από την ακτή. Ακολουθεί μέχρι και το μέσο περίπου των Στενών καθώς και νοτιοδυτικά του Αντιρρίου ομαλό βυθομετρικό ανάγλυφο με μικρές κλίσεις. Αντίθετα, ανατολικά και νοτιοανατολικά από το Αντίρριο, ο πυθμένας μέχρι το βάθος των 65μ παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο με ιδιαίτερα πολύπλοκη μορφολογία (απότομες εξάρσεις, τοπικά βυθίσματα, μικρές κοιλάδες). Σε απόσταση περίπου 800-900 μέτρων από το Αντίρριο, κατά μήκος του άξονα του Στενού και σε βάθη της τάξης των 65 μέτρων σχηματίζεται χαρακτηριστική υποθαλάσσια κοιλάδα με απότομες κλίσεις και επίπεδο βυθό, διεύθυνσης Δυτικά-νοτιοδυτικά, Ανατολικά-βορειοανατολικά, πλάτους περίπου 100 μέτρων και σχετικού βάρους 10 μέτρων (75m σε βάθος από την επιφάνεια της θάλασσας). Η κοιλάδα αυτή είναι περισσότερο αναπτυσσόμενη δυτικά του άξονα του Στενού ενώ ανατολικά στενεύει και διακλαδίζεται σε μικρότερες κοιλάδες ή χαραδρώσεις. Μικρότερες υποθαλάσσιες κοιλάδες, χαραδρώσεις, εξάρσεις του βυθού και υποθαλάσσιοι μορφολογικοί σχηματισμοί παρατηρούνται ιδιαίτερα στα ανατολικά και δυτικά του Ρίου – Αντιρρίου. Γενικότερα, η ευρύτερη υποθαλάσσια περιοχή του στενού Ρίου – Αντιρρίου παρουσιάζει ανάγλυφο διαβρωσιγενούς μορφής με πολλά μορφολογικά χαρακτηριστικά ανάγλυφου ξηράς, οι δε υποθαλάσσιοι μορφολογικοί μετασχηματισμοί αναπτύσσονται σε τρεις κύριες διευθύνσεις, ΔΝΔ – ΑΒΑ, ΝΔ – ΒΑ, ΒΔ – ΝΑ. Τόσο η ανάλυση των επιφανειακών ιζημάτων όσο και αυτή των λιθοσεισμικών τομών οδηγούν στο συμπέρασμα πως η σύγχρονη ιζηματογένεση στο Στενό είναι ουσιαστικά ανύπαρκτη και πως δεν υπάρχει κάλυμμα χαλαρών ιλυούχων ιζημάτων του πυθμένα. Επίσης, ο πυθμένας χαρακτηρίζεται σα διαβρωσιγενής με την έννοια ότι το ελάχιστο λεπτόκοκκο υλικό που φτάνει να αποτεθεί κάποια στιγμή σ' αυτόν θα ακολουθήσει κάποια άλλη χρονική στιγμή τους υδροδυναμικούς παράγοντες που περιοδικά θα δράσουν για να μετακινηθεί σε άλλη θέση, ενώ και η ύπαρξη κροκάλων και χαλίκων στα βαθύτερα τμήματα του κόλπου (υποθαλάσσια κοιλάδα) είναι δείγματα υπολειμματικού διαβρωσιγενούς χαρακτήρα. Όσον αφορά στη σύσταση των επιφανειακών ιζημάτων του βυθού, γενικά η περιοχή έρευνας παρουσιάζει μια αρκετά παλαιότερη ανθρακική ιζηματογένεση. Τέλος, η παρουσία μεγάλων πληθυσμών κοραλλιών και οστράκων οφείλεται στην δράση των

ισχυρών ρευμάτων, τα οποία δημιουργούν ένα ευνοϊκό περιβάλλον ανάπτυξης τέτοιων οργανισμών. (Παντίσκα, 2007)

2.2.2 Εύβοια Άνδρος- Στενό του Καφηρέα (Κάβο Ντόρο)

Η δεύτερη περιοχή μελέτης περιλαμβάνει το θαλάσσιο τμήμα ανάμεσα στο νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου Εύβοιας και στο βορειοδυτικό τμήμα της νήσου Άνδρος. Η περιοχή ονομάζεται στενό του Καφηρέα ή Κάβο Ντόρο, έχει πλάτος 7 μίλια και το μέγιστο βάθος είναι τα 500 μέτρα.¹¹ (Εικόνα 12)



Εικόνα 12 Χάρτης της Ελλάδας στον οποίο σημειώνεται με κόκκινο κύκλο ο Κορινθιακός Κόλπος **πηγή:** <http://www.survey.ntua.gr/main/labs/carto/research/projects/relief-g.html>

Η **Άνδρος** είναι το βορειότερο νησί του συμπλέγματος των Κυκλάδων, μόλις 37 ναυτικά μίλια από τις ακτές της Αττικής. Έχει έκταση 374 τετραγωνικά χιλιόμετρα, μέγιστο μήκος 39,8 χιλιόμετρα, μέγιστο πλάτος 16,7 χιλιόμετρα και μήκος ακτογραμμής 177 χιλιόμετρα. Είναι το δεύτερο σε μέγεθος (μετά τη Νάξο) νησί των Κυκλάδων και βρίσκεται μεταξύ Τήνου και Εύβοιας, από την οποία χωρίζεται με το στενό του Καφηρέα.¹¹

Η **Εύβοια** είναι το δεύτερο μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας και το έκτο μεγαλύτερο της Μεσογείου. Η έκταση του νησιού είναι 3.654 τετραγωνικά χιλιόμετρα και εκτείνεται κατά μήκος της βορειοανατολικής ηπειρωτικής Στερεάς Ελλάδας, από τον Μαλιακό κόλπο μέχρι απέναντι από την ακτή της Ραφήνας, χωριζόμενη από αυτή από την Ευβοϊκή θάλασσα. Εκτείνεται με κατεύθυνση από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά, έχοντας

συνολικό μήκος 180 χλμ. και κυμαινόμενο πλάτος από 8 μέχρι 50 χλμ. Στα ΒΔ χωρίζεται από την Φθιώτιδα και Μαγνησία δια του διαύλου Ωρεού, ενώ νότια δια του Ευβοϊκού Κόλπου χωρίζεται από τη Βοιωτία και την Αττική. Δια του πορθμού του Καφηρέα χωρίζεται νοτιοανατολικά από την Άνδρο. Τα βόρεια και βορειοανατολικά παράλια της βρέχονται από το Αιγαίο Πέλαγος.¹²

Η Άνδρος, οι υπόλοιπες Κυκλάδες καθώς και η Εύβοια αποτελούσαν ενιαία γη έως πριν από 3-4 εκατομμύρια χρόνια. Έπειτα από έντονες τεκτονικές διεργασίες στην περιοχή του Αιγαίου και των Κυκλάδων, επήλθε ο κατακερματισμός της ξηράς αυτής σε επιμέρους νησιά. Τα πετρώματά της περιοχής είναι σχεδόν εξ' ολοκλήρου μεταμορφωμένα, με επικρατέστερους τους σχιστόλιθους και κυρίως τους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, ενώ εμφανίζονται λιγότερο χλωριτικοί, επιδοτικοί ως αμφιβολιτικοί. Υπάρχουν ακόμη λίγα μάρμαρα σε συμφωνία στρώσης με τους σχιστόλιθους και αποτελούν το βαθύτερα εμφανιζόμενο σχηματισμό της περιοχής. Το υπέδαφος είναι πλούσιο σε μεταλλεύματα μαγγανίου, σιδήρου και νικελίου. Σεισμοτεκτονικά δεν ανήκει σε περιοχή με σεισμική δραστηριότητα. Τα κύρια συστήματα ρηγμάτων παρουσιάζουν τις εξής διευθύνσεις: α) ΒΔ-ΝΑ, β) ΒΑ-ΝΔ και γ) Β-Ν. Ανήκει στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Ι, με συντελεστή σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους $\alpha=0,16$.¹¹

2.3 ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ

Ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (ΨΜΕ), το οποίο είναι στην ουσία ένα σύνολο σημείων με Χ,Υ,Ζ συντεταγμένες, μπορεί μέσω της εφαρμογής σε αυτό πληθώρας αλγορίθμων να αποδώσει νέες απεικονίσεις, οι οποίες θα περιέχουν διαφορετικές πληροφορίες από το αρχικό ΨΜΕ.

Για την εκπόνηση της παρούσης διπλωματικής εργασίας τα παράγωγα που αναφέρονται ακολούθως κρίνονται μέγιστης σημασίας καθώς τα δεδομένα περιέχουν βυθομετρική πληροφορία, δηλαδή βάθος στο οποίο συναντάται ο πυθμένας και μόνο με βυθομετρική πληροφορία δεν είναι δυνατό να εξαχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, είναι πιθανό σε κάποιο τμήμα του πυθμένα να υπάρχει κάποια κοιλότητα και σε κάποιο άλλο τμήμα του πυθμένα σε μεγαλύτερο βάθος από την κοιλότητα να εντοπιστεί κάποιο κύρτωμα, με χρήση μόνο βυθομετρικής πληροφορίας η κοιλότητα θα παρουσιάσει μεγαλύτερη τιμή από το κύρτωμα, γεγονός που θα οδηγήσει σε λανθασμένη ταξινόμηση. Προκειμένου να αποφευχθούν τέτοια σφάλματα χρησιμοποιούνται τα παράγωγα του ψηφιακού μοντέλου εδάφους

2.3.1 Απεικόνιση Slope-gradient και Slope-aspect

Η απεικόνιση slope προκύπτει από την εφαρμογή του αλγορίθμου slope στο ελεύθερο λογισμικό SAGA GIS σύμφωνα με τους Zevenbergen & Thorne (1987) και εμφανίζει τις

κλίσεις. Η κλίση εκφράζεται ως η μεταβολή του υψομέτρου ανάμεσα σε δυο σημεία σε συγκεκριμένη απόσταση και ως διανυσματικό μέγεθος έχει τιμή (gradient) και προσανατολισμό (aspect).

Ο αλγόριθμος λειτουργεί ως εξής: ένα παράθυρο 3x3 εικονοστοιχείων μετακινείται στην εικόνα και υπολογίζει το διάνυσμα της κλίσης του κεντρικού εικονοστοιχείου. Ως απόσταση για τον υπολογισμό αυτό, θεωρείται η απόσταση των κέντρων των γύρω εικονοστοιχείων με το κέντρο του κεντρικού. Το υψόμετρο της κεντρικής ψηφίδας δεν συνεκτιμάται στους υπολογισμούς

Z_1	Z_2	Z_3	70.72	70.73	70.59
Z_4	Z_5	Z_6	70.75	70.73	70.88
Z_7	Z_8	Z_9	70.80	70.89	70.82

Εικόνα 13 Αριστερά υπόδειγμα παραθύρου 3x3 που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της κλίσης. Κεντρικό εικονοστοιχείο για το οποίο υπολογίζεται η κλίση είναι το Z_5 . Τα Z αντιστοιχούν στα υψόμετρα. Δεξιά μεγεθυμένο τμήμα ψηφιακού μοντέλου εδάφους στο λογισμικό SAGA GIS στο οποίο φαίνονται οι τιμές του υψομέτρου για 9 pixel.

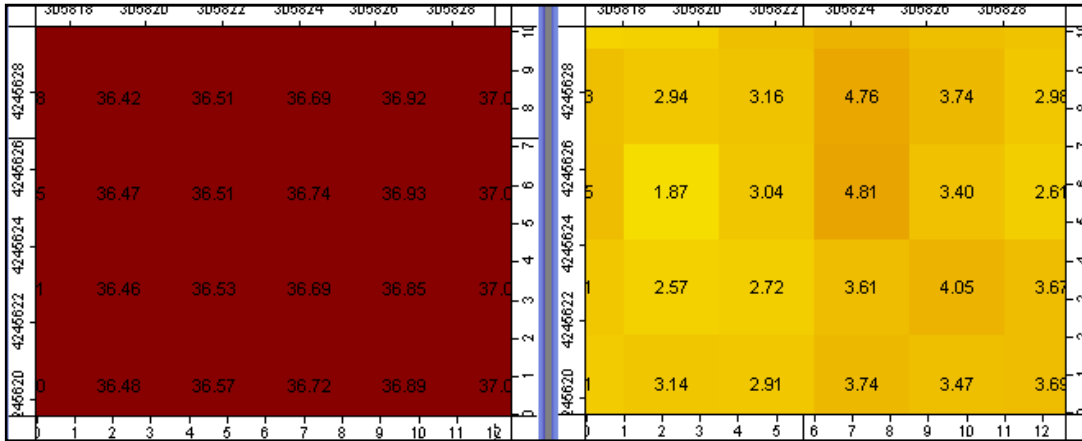
Σύμφωνα με τη μέθοδο Zevenbergen & Thorne (1987) θεωρείται μια επιφάνεια ελάχιστης καμπυλότητας η οποία διέρχεται από τις εννέα ψηφίδες του παραθύρου (3x3) και ορίζεται από μια μερική πολυωνυμική με εννέα σταθερές συνάρτηση. Οι σταθερές αυτές υπολογίζονται από τα υψόμετρα του DEM βάσει των πολυωνύμων του Lagrange. Η κλίση υπολογίζεται συναρτήσεως των επιμέρους κλίσεων στις διευθύνσεις των αξόνων (x - y) του ψηφιακού μοντέλου. Η κλίση κατά μήκος των αξόνων x και y δίνεται αντίστοιχα από τις εξισώσεις (Φουμέλης και Βασιλάκης 2004)

$$S_x = \frac{-Z_4 + Z_6}{2dx} \quad S_y = \frac{Z_2 - Z_8}{2dy}$$

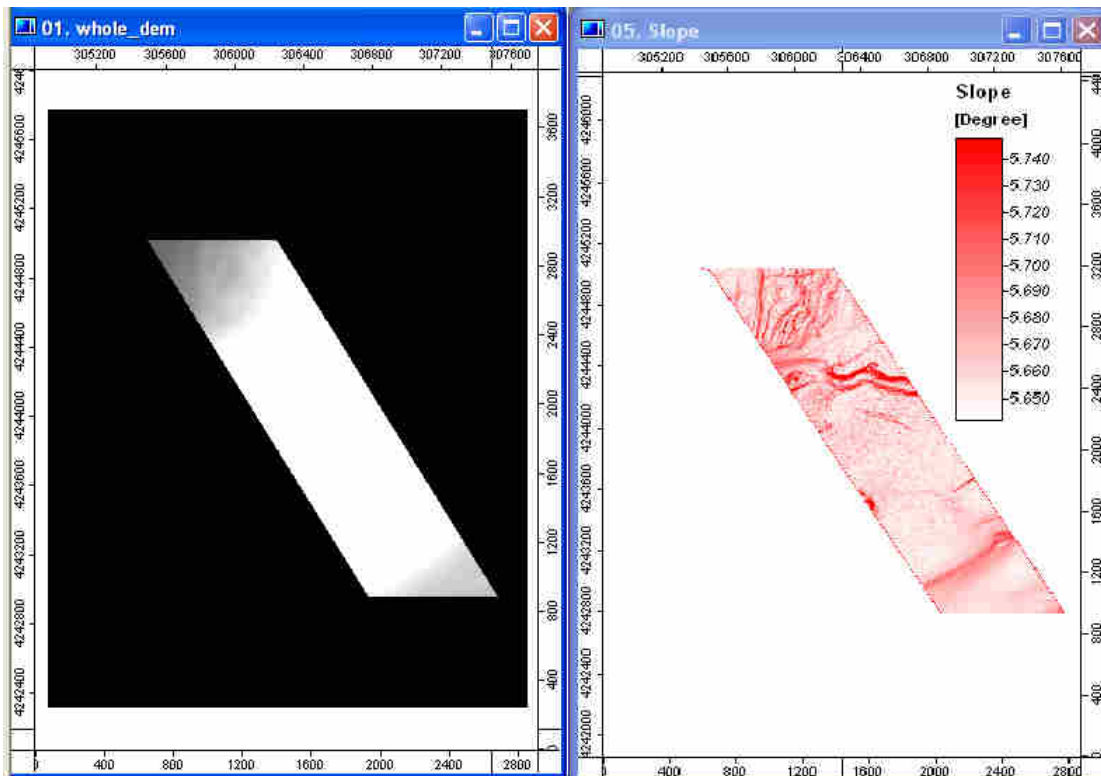
Όπου S_x και S_y οι βαθμίδες μεταβολής του υψομέτρου κατά μήκος της τετμημένης και τεταγμένης του DEM αντίστοιχα.

Και
$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

Το λογισμικό SAGA GIS υπολογίζει την τιμή της κλίσης σε ακτίνια (rad) δίνοντας παράλληλα τη δυνατότητα μετατροπής και σε μοίρες.

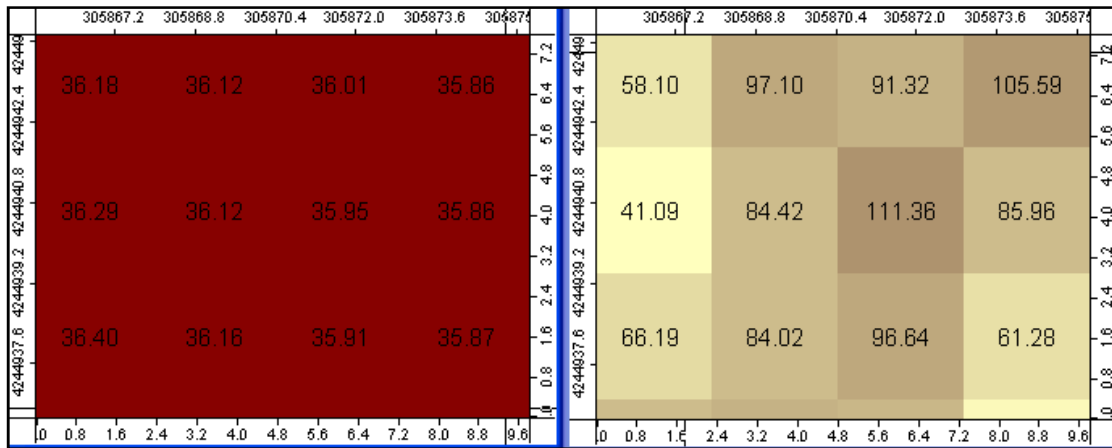


Εικόνα 14 Αριστερά τμήμα του αρχικού ψηφιακού μοντέλου Ρίου Αντίρριου με τις τιμές υψομέτρων να αναγράφονται στα εικονοστοιχεία και δεξιά το ίδιο τμήμα μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου **slope-gradient** με τις αναγραφόμενες τιμές να αντιστοιχούν στις υπολογισμένες κλίσεις σε ακτίνια. *Παραχώρηση ΨΜΕ akti engineering*

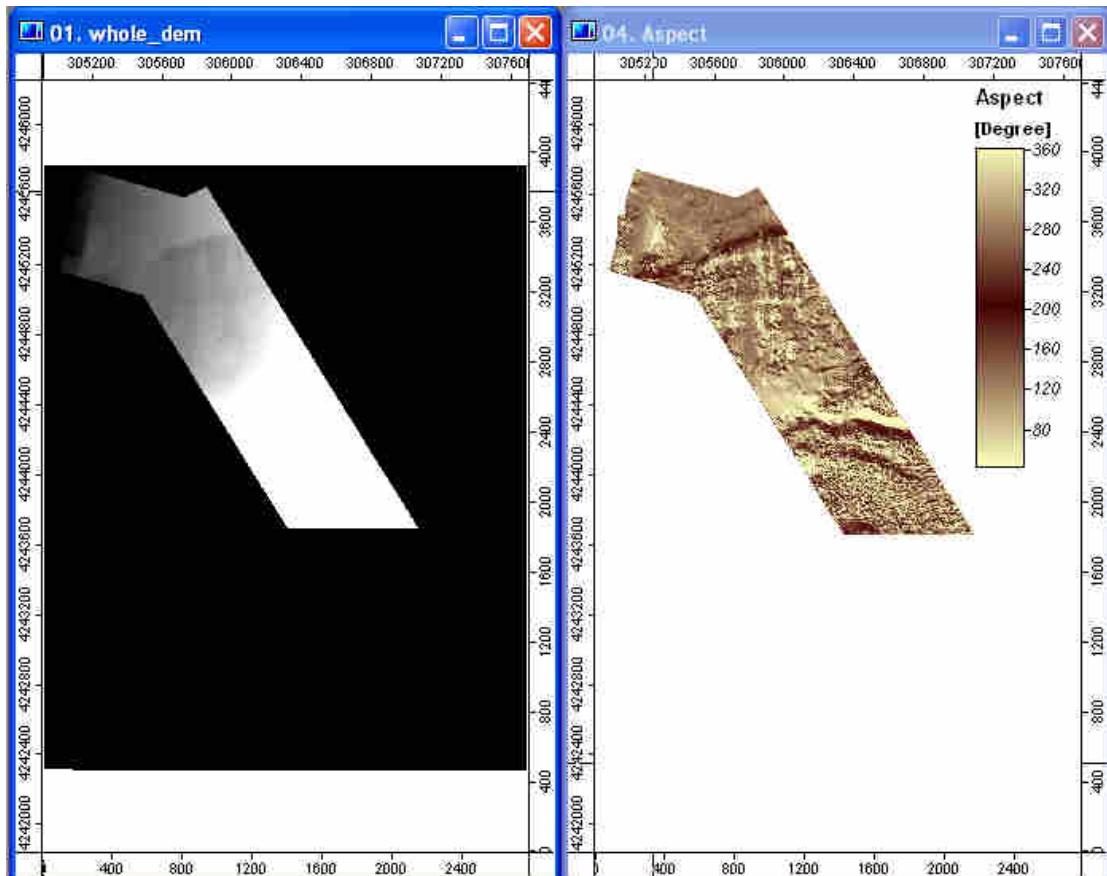


Εικόνα 15 Αριστερά τμήμα dem στην αρχική του μορφή και δεξιά το παράγωγο του **slope-gradient** μαζί με το υπόμνημα αντιστοίχισης τόνου-κλίσης σε τόνους του κόκκινου. *Παραχώρηση DEM: akti engineering*

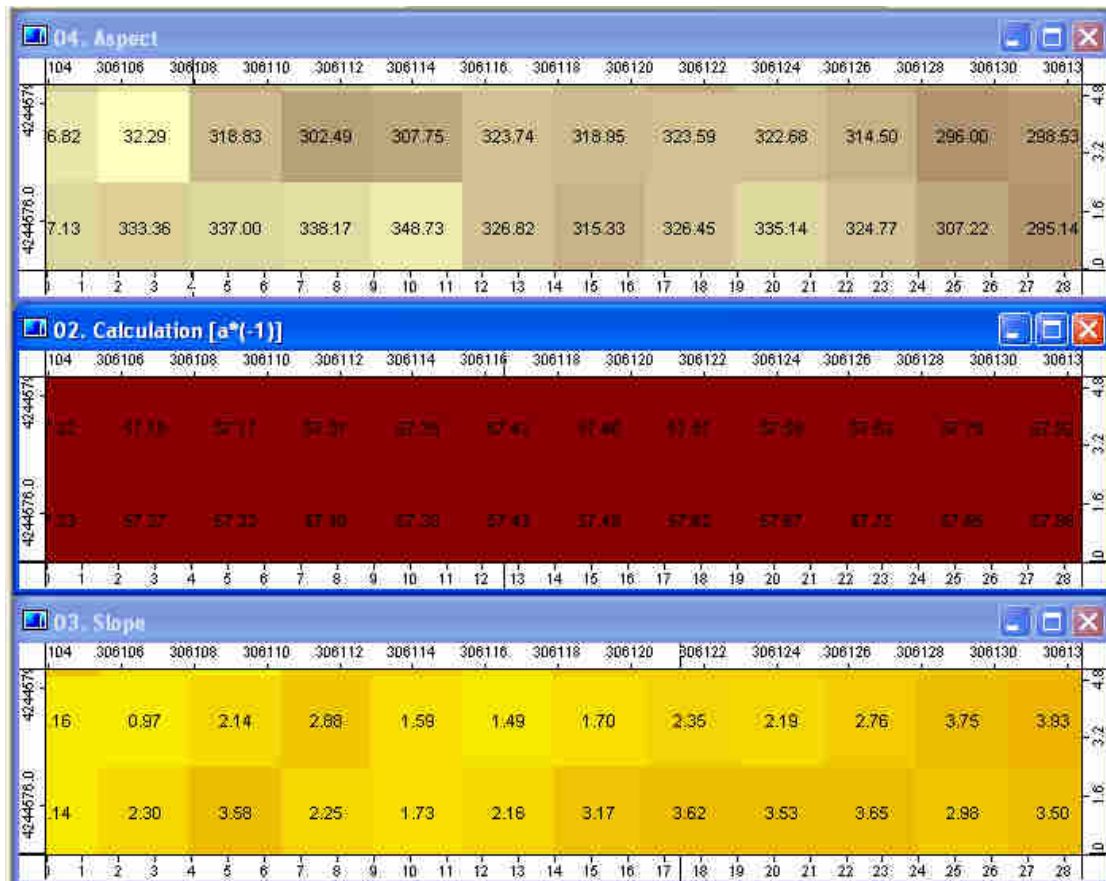
Επίσης το λογισμικό SAGA GIS υπολογίζει τον προσανατολισμό της κλίσης σε ακτίνια (rad) δίνοντας παράλληλα τη δυνατότητα μετατροπής και σε μοίρες.



Εικόνα 16 Αριστερά τμήμα του αρχικού ψηφιακού μοντέλου Ρίου Αντήρριου με τις τιμές υψομέτρων να αναγράφονται στα εικονοστοιχεία και δεξιά το ίδιο τμήμα μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου *slope-aspect* με τις αναγραφόμενες τιμές να αντιστοιχούν στις κατευθύνσεις των κλίσεων σε μοίρες. *Παραχώρηση ΨΜΕ akti engineering*



Εικόνα 17 Αριστερά τμήμα dem στην αρχική του μορφή και δεξιά το παράγωγο του *slope-aspect* μαζί με το υπόμνημα αντιστοίχισης τόνου-κλίσης. *Παραχώρηση DEM: akti engineering*

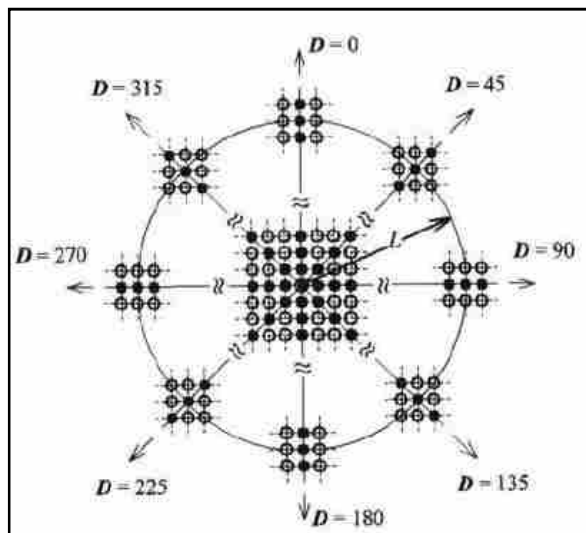


Εικόνα 18 Σε μεγέθυνση τμήμα του dem στα οποία διακρίνονται οι τιμές των εικονοστοιχείων στα 2 παράγωγα και στο αρχικό στο SAGA-GIS. **Παραχώρηση DEM: akti engineering**

2.3.2 Απεικόνιση openness- Morphometric Protection Index

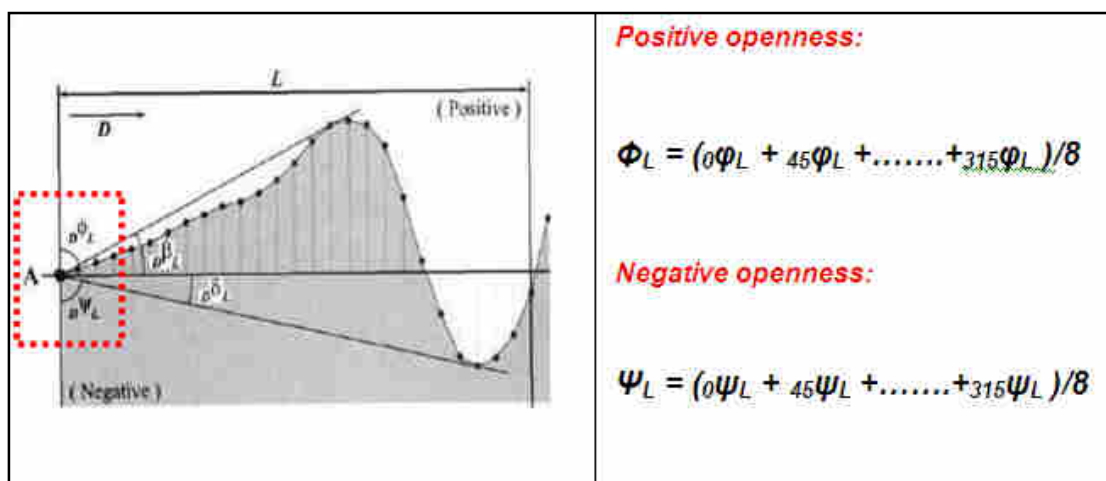
Ο δείκτης openness (Yokoyama κ.α, 2002) αποτελεί ένα μέγεθος αξιολόγησης της σχέσης μεταξύ του επιφανειακού ανάγλυφου και των οριζόντιων αποστάσεων. Πρόκειται για μια έκφραση της κυριαρχίας μιας περιοχής σε σχέση με το γειτονικό της ανάγλυφο, κατά πόσο, δηλαδή, κυριαρχεί επί των περιβαλλόντων χαρακτηριστικών σε δεδομένη απόσταση ή αντίστοιχα κατά πόσο κυριαρχείται από αυτά. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής του αλγορίθμου του openness είναι μια απεικόνιση, σε τόνους του γκρι αναλόγως με την τιμή του openness που έχει δοθεί στο κάθε εικονοστοιχείο. Οι απεικονίσεις αυτές προσομοιάζουν τις τεχνητά επισκιασμένες απεικονίσεις (shaded-relief) με τη διαφορά ότι τονίζουν τις κοιλότητες και τις κυρτότητες του εδάφους και με το πλεονέκτημα ότι εφόσον δεν απαιτείται κάποια μέθοδος τεχνητής σκίασης ο θόρυβος του ψηφιακού μοντέλου εδάφους δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα. (Yokoyama κ.α, 2002)

Ο αλγόριθμος του openness υπολογίζει το μέσο όρο αζιμουθιακών ή ναδρικών γωνιών σε οχτώ διευθύνσεις (**D**) (Εικόνα 19) σε απόσταση (**L**), η οποία καθορίζεται από τον χρήστη.



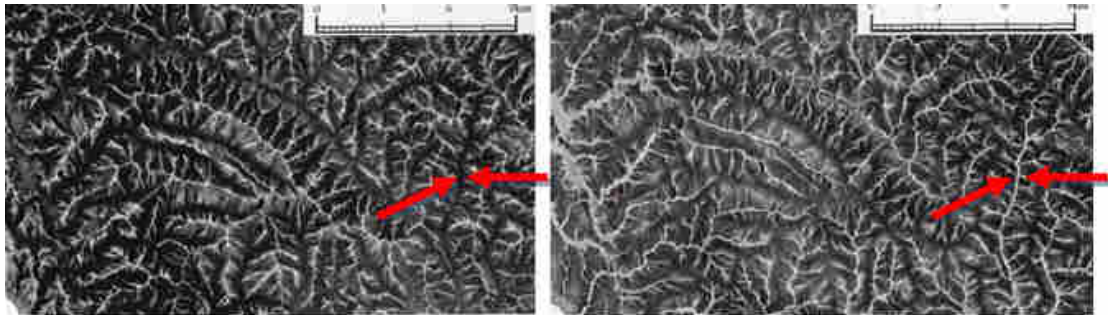
Εικόνα 19 Οι οχτώ διευθύνσεις D γύρω από ένα σημείο, οι οποίες μετρώνται δεξιόστροφα από τον Βορρά σε απόσταση L από το αρχικό σημείο. Με μαύρους κύκλους σημειώνονται τα υψόμετρα του ΨΜΕ στην διεύθυνση των οχτώ αζιμούθιων. (Yokoyama κ.α, 2002)

Από τους Yokoyama, Shirasawa και Pike (2002) αναφέρεται ο διαχωρισμός σε θετικό και αρνητικό openness. Αυτός ο διαχωρισμός δεν αφορά στις τιμές που παίρνει το εικονοστοιχείο αλλά στη μέθοδο υπολογισμού του openness. Με τη χρήση ναδιρικών γωνιών (Ψ_L - Εικόνα 20) υπολογίζεται το αναφερόμενο ως αρνητικό openness ενώ με τη χρήση ζενίθιων (Φ_L) το θετικό openness.



Εικόνα 20 Σχηματικά η ναδιρική γωνία $\alpha\Psi_L$ και η ζενίθια $\alpha\Phi_L$ και τυπολόγιο. (Yokoyama κ.α, 2002)

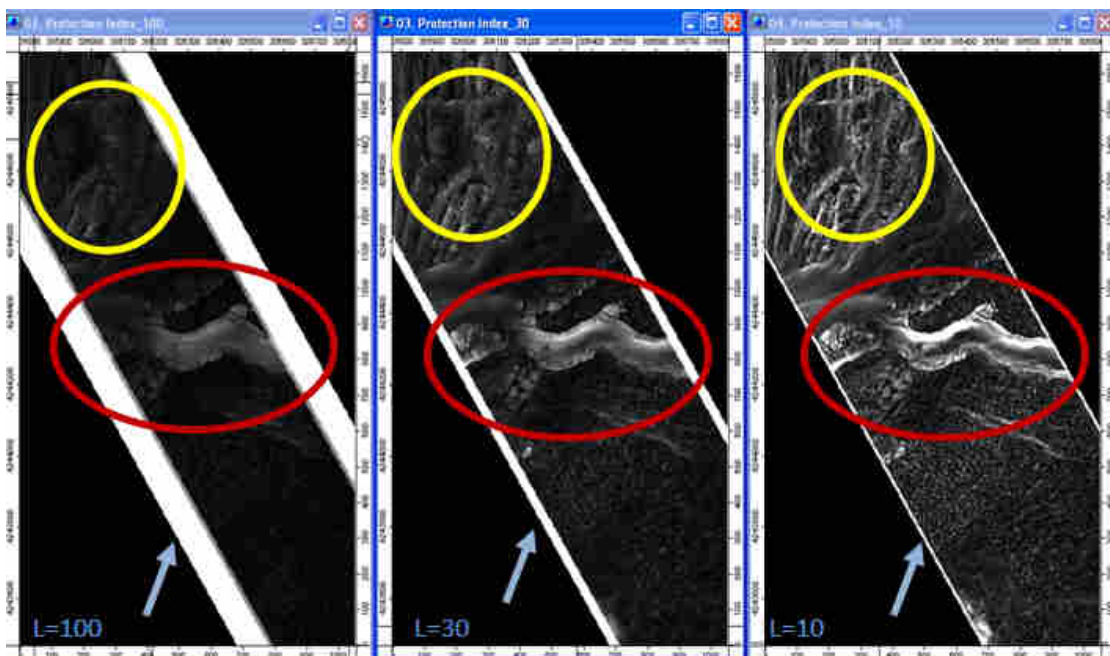
Οι απεικονίσεις-παράγωγα ΨΜΕ θετικού openness δείχνουν τα κυρτά τμήματα του ψηφιακού μοντέλου εδάφους με ανοιχτούς τόνους του γκρι και υψηλές τιμές openness ενώ τα κοίλα τμήματα με σκούρους τόνους στους οποίους αντιστοιχούν χαμηλές τιμές openness. Αντίθετα το αποτέλεσμα του αρνητικού openness απεικονίζει τα κοίλα τμήματα με ανοιχτούς τόνους-υψηλές τιμές και τα κυρτά με το αντίθετο.



Εικόνα 21 Θετικό(αριστερά) και αρνητικό openness του ίδιου τμήματος ΨΜΕ. Με μια πρώτη ματιά οι δυο απεικονίσεις μοιάζουν ίδιες αλλά με μια πιο προσεκτική παρατηρείται ότι τα χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στην αριστερή με σκούρους τόνους (κοίλα) στη δεξιά παρουσιάζουν ανοιχτούς τόνους. (L=500m) (Yokoyama κ.α, 2002)

Οι παραγόμενες απεικονίσεις εξαρτώνται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την απόσταση L που χρησιμοποιείται στον αλγόριθμο υπολογισμού. Έτσι για μεγάλες τιμές L θα τονιστούν μεγάλα χαρακτηριστικά (πχ μεγάλες λεκάνες απορροής, μεγάλες οροσειρές κτλ) ενώ για μικρές πιο διακριτικά χαρακτηριστικά όπως μικροί λόφοι, στενά, μικρά σε μήκος ποτάμια κτλ. (Εικόνα 22)

Το λογισμικό SAGA-GIS υπολογίζει το θετικό openness σύμφωνα με τους Yokoyama, Shirasawa και Pike (2002) για διάφορες τιμές του L, τις οποίες ορίζει ο χρήστης. Το openness στο λογισμικό αναφέρεται ως **Morphometric Protection Index (MPI)**.



Εικόνα 22 Ο δείκτης openness-Morphometric Protection Index (MPI) με 3 διαφορετικά L=100,30,10. Με κόκκινο σημειώνεται βαθύ κανάλι το οποίο εμφανίζεται ανεξαρτήτως του L εξαιτίας του μεγέθους του, αντίθετα με κίτρινο σημειώνεται μικροανάγλυφο που όσο μεγαλώνει το L αρχίζει να χάνεται. Επιπλέον με μπλε βέλη σημειώνονται τμήματα κοντά στο περίγραμμα (λευκή γραμμή) τα οποία χάνονται με αύξηση του L.
Παραχώρηση ΨΜΕ akti engineering

2.4 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ

2.4.1 Γενικά

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια προσπάθεια για δημιουργία διαδικασιών για αυτόματη ενημέρωση των GIS βάσεων δεδομένων καθώς αυτές απαιτούν δεδομένα σε μορφή πολυγώνων, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τις per pixel (ανά εικονοστοιχείο) εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης. Επίσης, τα όλο και αυξανόμενα υψηλής ανάλυσης τηλεπισκοπικά δεδομένα (Very High Resolution imagery, VHR), τα οποία περιέχουν πλούσιο πληροφοριακό υπόβαθρο, υψηλή ακρίβεια και καθαρότητα, ενώ βελτιστοποιούν την φωτοερμηνεία από το ανθρώπινο μάτι, επιβαρύνουν την διαδικασία αυτόματου χαρακτηρισμού των μεμονωμένων εικονοστοιχείων. Επιπλέον, οι βασικές προσεγγίσεις που μελετούν μεμονωμένα εικονοστοιχεία (ή αλλιώς αναφερόμενες ως per pixel προσεγγίσεις) παρουσιάζουν κάποιους περιορισμούς όπως η δυσκολία διαχείρισης τηλεπισκοπικών δεδομένων με πλούσιο υπόβαθρο (VHR) που προαναφέρθηκε εξαιτίας τη δημιουργίας του χαρακτηριστικού «αλατοπίπερου» κατά το στάδιο της ταξινόμησης, μη επιτρέποντας έτσι την εξαγωγή αντικειμένων ενδιαφέροντος (e-Cognition User's Guide) ενώ επιπλέον αφήνουν αναξιοποίητες τις διαθέσιμες πληροφορίες των τηλεπισκοπικών δεδομένων πέραν των φασματικών τους ιδιοτήτων. Τέλος, τηλεπισκοπικά δεδομένα που καλύπτουν πολύ μεγάλες περιοχές ενδιαφέροντος απαιτούν την δημιουργία μιας αυτοματοποιημένης μεθόδου μέσω της οποίας θα επιτυγχάνεται η δημιουργία θεματικών χαρτών χρήσεως γης αλλά παράλληλα θα διασφαλίζεται η εξοικονόμηση χρόνου και προσπάθειας από τους μελετητές. Για όλους αυτούς τους λόγους και για την διευκόλυνση και αυτοματοποίηση της δημιουργίας θεματικών χαρτών, μέσω της διαδικασίας της ταξινόμησης, εφαρμόζεται μια πρωτοποριακή μέθοδος, η αντικειμενοστραφής ανάλυση.

Βασική ιδέα πάνω στην οποία βασίζεται η αντικειμενοστραφής ανάλυση είναι ότι οι απαραίτητες πληροφορίες για την επεξεργασία, ανάλυση και ερμηνεία μιας εικόνας δεν περιέχονται εξολοκλήρου στα μεμονωμένα εικονοστοιχεία αλλά σε νοηματικά αντικείμενα ή τμήματα της εικόνας και τις αλληλοσυσχετίσεις τους (Δερζέκος και Αργιαλάς 2002, Baatz και Schape 1999). Δηλαδή ο βασικός φορέας των πληροφοριών είναι, στην αντικειμενοστραφή ανάλυση, το αντικείμενο/ τμήμα της εικόνας και όχι το απομονωμένα, από το περιβάλλον του και όποιες πληροφορίες αυτό περιέχει, εικονοστοιχείο. Βασικός στόχος της είναι η δημιουργία, έτοιμων προς χρήση και για πληθώρα άλλων διεργασιών, αντικειμένων από απεικονίσεις ενώ συγχρόνως θα συνδυάζει την επεξεργασία εικόνων και τις λειτουργίες του GIS προκειμένου να εκμεταλλευτεί στο έπακρον της φασματικές και χωρικές πληροφορίες με ένα συνδυαστικό τρόπο. (Blaschke 2009)

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση συνίσταται από δυο βασικές υπό-επεξεργασίες-προσεγγίσεις, την κατάτμηση και την ταξινόμηση.

Βασικό προαπαιτούμενο της υπό μελέτη μεθοδολογίας είναι η κατάτμηση των δεδομένων, καθώς η διαδικασία αυτή δημιουργεί τα αντικείμενα/τμήματα τα οποία θα μελετηθούν και θα ταξινομηθούν ακολούθως στο στάδιο της ταξινόμησης. Οι διαδικασίες κατάτμησης έχουν αποτελέσει και συνεχίζουν να αποτελούν αντικείμενο μελέτης του

τομέα της ανάλυσης εικόνας, με πολλές μεθοδολογίες να έχουν δημιουργηθεί. Κατά βάση, αυτό που επιδιώκεται στο αποτέλεσμα της κατάτμησης είναι η αυτόματη εξαγωγή όλων των αντικειμένων ενδιαφέροντος μια εικόνας, αναλόγως βέβαια του στόχου επεξεργασίας της εικόνας. Η κατάτμηση επιτυγχάνεται με διαφορετικούς τρόπους. Μια απλή προσέγγιση με χρήση κατωφλίων συνήθως δεν δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα από άποψη ποιότητας. Οι αλγόριθμοι ανάπτυξης περιοχών, ενώνουν ατομικά εικονοστοιχεία ξεκινώντας από κάποια *pixel* τα οποία αποκαλούνται «σπόροι»/seeds. Η ποιότητα της κατάτμησης με αυτούς τους αλγόριθμους εξαρτάται κυρίως από των αριθμό των seeds ενώ συνήθως δεν είναι δυνατός ο έλεγχος των *break points*, δηλαδή το σημείο στο οποίο ο αλγόριθμος θα σταματήσει να προσθέτει εικονοστοιχεία σε μια περιοχή. Άλλη μια μέθοδος είναι η κατάτμηση βάσει της υψής των δεδομένων, η οποία όμως μπορεί να εφαρμοστεί σε συγκεκριμένους τύπους δεδομένων, περιορισμένα είδη υψής και σε επιλύσεις ορισμένων μόνο προβλημάτων. Ακόμα μια εναλλακτική είναι η προσέγγιση με χρήση βάσεων γνώσεων, κατά την οποία ενσωματώνεται στην διαδικασία κατάτμησης η γνώση που έχει προέλθει από περιοχές εκπαίδευσης και από άλλα δεδομένα. Σαν περιοχές εκπαίδευσης ορίζονται τμήματα της εικόνας για τα οποία είναι γνωστή η χρήση γης που τα περιγράφει. Αυτή η μέθοδος εκτός της κατάτμησης ταυτόχρονα ταξινομεί και τα δεδομένα σε εννοιολογικές κατηγορίες, αλλά δεν δημιουργεί πάντα ομοιογενείς περιοχές. Τέλος, η κατάτμηση σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής ανάλυσης χωρίζει την εικόνα και γενικώς τα υπό επεξεργασία δεδομένα σε αντικείμενα ενδιαφέροντος σε οποιαδήποτε επιθυμητή ανάλυση, με συνέπεια τη δυνατότητα ταυτόχρονης αναπαράστασης των πληροφοριών της εικόνας σε διάφορες κλίμακες. Η εξαγωγή αυτών των σημασιολογικών αντικειμένων πάντα συσχετίζεται με το υπό επίλυση πρόβλημα ενώ η υφή και οι φασματικές ιδιότητες των αντικειμένων που θα δημιουργηθούν εξαρτώνται άμεσα από την κλίμακα κατάτμησης. (Baatz και Schape 2002)

Η ταξινόμηση συνήθως εκτελείται μετά την κατάτμηση, αν και αυτό δεν είναι απόλυτο. Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες η ταξινόμηση που ακολουθεί ένα στάδιο κατάτμησης, χρησιμοποιείται σε επόμενο στάδιο/επίπεδο προκειμένου να γίνει εκ νέου κατάτμηση της εικόνας (κατάτμηση βάσει ταξινόμησης). Με την δημιουργία των αντικειμένων κατά την κατάτμηση η εικόνα παύει να περιγράφεται πλέον μόνο από τις φασματικές ιδιότητες των εικονοστοιχείων που την αποτελούν καθώς ο ρόλος των μεμονωμένων *pixel* στις ανά εικονοστοιχείο προσεγγίσεις ταξινόμησης αντιστοιχεί τώρα στα αντικείμενα στην αντικειμενοστραφή ανάλυση, τα οποία και περιγράφονται από ένα πλήθος ιδιοτήτων πέραν των φασματικών. Οι ιδιότητες αυτές είναι η φασματική υπογραφή τους, το σχήμα, η υφή, η ιεραρχική θέση, η θέση στο χώρο, η θεματική σχέση με τα γειτονικά αντικείμενα καθώς και πληροφορίες που προέρχονται από επιπλέον δεδομένα όπως ψηφιακά μοντέλα εδάφους κ.α. Έτσι, με χρήση αυτών των χαρακτηριστικών είτε μεμονωμένων είτε συνδυαστικών καθώς και με χρήση άλλοτε κατωφλίων και άλλοτε συναρτήσεων ασαφούς λογικής επιτυγχάνεται η ταξινόμηση των αντικειμένων στις θεματικές ενότητες που έχουν επιλεγεί.

Η χρήση αντικειμενοστραφών μεθόδων για την εξαγωγή πληροφοριών που αφορούν σε θεματικές κατηγορίες χρήσεων γης των υπό επεξεργασία δεδομένων αποτελεί μια σχετικά ευρέως διαδεδομένη μεθοδολογία, η οποία δεν απαιτεί πάντα την εφαρμογή ενός αυτόματου αλγόριθμου κατάτμησης και ταξινόμησης αλλά χρησιμοποιεί και άλλες μεθόδους απεικόνισης των αντικειμένων της εικόνας. Παραδείγματα τέτοιων μεθόδων

είναι η συνδυαστική χρήση τηλεπισκοπικών απεικονίσεων με ήδη υπάρχοντα ψηφιακά διανυσματικά δεδομένα καθώς και η φωτοερμηνεία και κατάτμηση των εικόνων από έμπειρους φωτοερμηνευτές, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ως αντικειμενοστραφείς προσεγγίσεις. Ωστόσο όμως, αν και σε γενικό βαθμό οι αντικειμενοστραφείς προσεγγίσεις δίνουν αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα δεν έχει καθοριστεί ακόμα ποια μέθοδος από τις δύο υπερτερεί, σε σύγκριση με τις ανά εικονοστοιχείο μεθόδους ταξινόμησης, ιδιαίτερα σε μελέτες πρασίνου, όσον αφορά στην ακρίβεια των ταξινομημένων αντικειμένων ή εικονοστοιχείων αντίστοιχα. (Mallinis κ.α. 2007).

2.4.2 Το Λογισμικό eCognition

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση πλέον χρησιμοποιείται ευρέως στην μελέτη και επεξεργασία τηλεπισκοπικών δεδομένων. Οι έρευνες με χρήση αυτής της μεθόδου την τελευταία δεκαετία είναι αναρίθμητες ενώ αντικειμενοστραφείς μεθοδολογίες έχουν αρχίσει και εισάγονται και στον χώρο της επιστήμης των ηλεκτρονικών υπολογιστών, είτε μέσα από ατομικό προγραμματισμό, δηλαδή δημιουργία προγραμμάτων σε διάφορες προγραμματιστικές γλώσσες και περιβάλλοντα για προσωπική χρήση, είτε και μέσα από δημιουργία νέων πρωτοποριακών λογισμικών για ευρεία χρήση (Αργιαλάς και Τζώτσος 2002). Στο παρόν υποκεφάλαιο γίνεται αναφορά στο λογισμικό eCognition το οποίο χρησιμοποιεί διάφορους αλγορίθμους προκειμένου να δημιουργήσει καταρχάς τα αντικείμενα, μέσω της κατάτμησης, και στη συνέχεια να τα ταξινομήσει με βάση την πληθώρα των χαρακτηριστικών που τα περιγράφουν.

Το λογισμικό eCognition δημιουργήθηκε και διατίθεται από την γερμανική εταιρία DEFiNiENS (www.definiens.com). Το βασικό σκεπτικό του λογισμικού eCognition βασίζεται στην θεωρία ότι οι χρήσιμες πληροφορίες στην ανάλυση και ερμηνεία των εικόνων δεν περιέχονται στα μεμονωμένα εικονοστοιχεία/pixels, αλλά στα σημασιολογικά αντικείμενα των απεικονίσεων και τις μεταξύ τους σχέσεις. Η βασική διαφορά αυτής της μεθόδου σε σύγκριση με τις αντίστοιχες που χρησιμοποιούν μεμονωμένα εικονοστοιχεία είναι ότι ταξινομεί αντικείμενα τα οποία προέκυψαν σε προηγούμενο στάδιο, το στάδιο της κατάτμησης, και όχι ατομικά εικονοστοιχεία (per pixel classification) (eCognition User's Guide).

Κυκλοφορούν πολλές εκδόσεις του λογισμικού με την πιο πρόσφατη την eCognition Developer 8. Οι διάφορες εκδόσεις βασίζονται όλες στην θεωρία που προαναφέρθηκε με μόνη διαφορά την προσθήκη περισσότερων αλγορίθμων τόσο κατάτμησης όσο και ταξινόμησης στις πιο πρόσφατες εκδόσεις, προκειμένου να αξιοποιείται η τεχνολογική πρόοδος στον τομέα των λογισμικών αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνων.

Τα αποτελέσματα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης, τέλος, μπορούν να εξαχθούν υπό μορφή εικόνας ράστερ, αλλά και υπό μορφή πολυγώνων, διευκολύνοντας τη συνεργασία με Συστήματα Πληροφοριών Γης (ΣΠΓ – GIS). Η όλη διαδικασία ανάλυσης μίας εικόνας μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα μικρού μεγέθους ψηφιακό πρωτόκολλο και να εφαρμοστεί

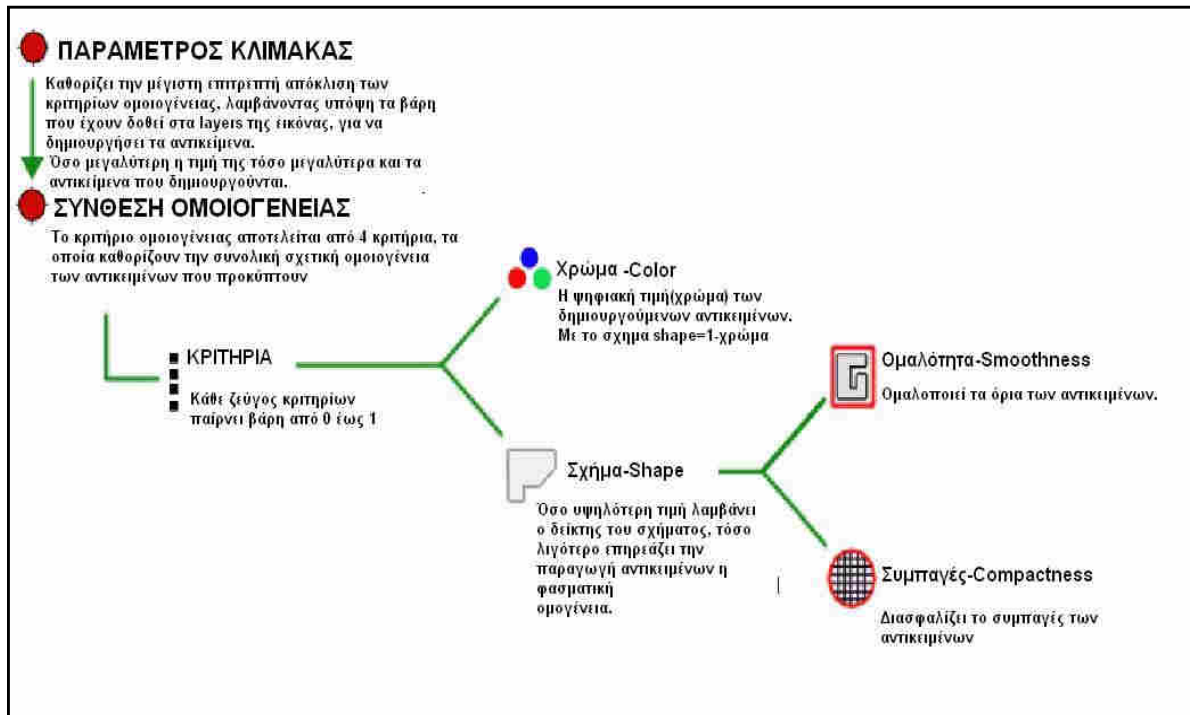
σε άλλες παρόμοιες εικόνες, διατηρώντας σταθερές τις συνθήκες επεξεργασίας και αυτοματοποιώντας την. (Δερζέκος και Αργιαλάς 2002)

2.4.2.1 Κατάτμηση

Πρώτο στάδιο της ανάλυσης της εικόνας αποτελεί η κατάτμηση της σε ομοιογενή τμήματα μέσω μιας τεχνικής συγχώνευσης τμημάτων της, με καθορισμό από τον χρήστη του επιθυμητού μεγέθους των τελικών αντικειμένων, την επιτρεπόμενη φασματική ανομοιογένεια/ ομοιογένεια που θα παρουσιάζουν αυτά αλλά και το πόσο συμπαγή και λεία θα είναι σχηματικά. (Δερζέκος και Αργιαλάς 2002)

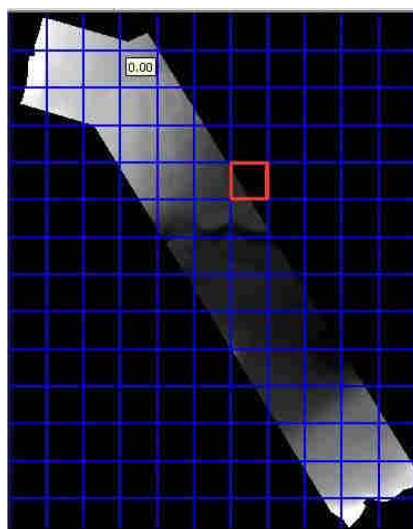
Παλαιότερες εκδόσεις του λογισμικού (π.χ. eCognition 2.1) χρησιμοποιούσαν κυρίως τον αλγόριθμο κατάτμησης σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής ανάλυσης για τον οποίο εξαιτίας της σημαντικότητας του γίνεται λόγος σε ξεχωριστό υποκεφάλαιο (2.4.2.2). Με την εξέλιξη όμως του λογισμικού και τις πιο πρόσφατες εκδόσεις (π.χ. eCognition 8) προστέθηκαν και άλλοι αλγόριθμοι κατάτμησης κάποιοι από τους οποίους περιγράφονται συνοπτικά ακολούθως.

Στην πλειοψηφία των αλγορίθμων κατάτμησης χρησιμοποιούνται οι παράμετροι κλίμακας, σχήματος/χρώματος, ομαλότητας/συμπαγούς σχήματος καθώς και τα βάρη με τα οποία θα συμμετέχουν τα κανάλια της εικόνας ή τα θεματικά επίπεδα, αν υπάρχουν. Η **παράμετρος κλίμακας (scale parameter)** καθορίζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη ετερογένεια και εμμέσως το μέγεθος των αντικειμένων που θα προκύψουν. Όσο μεγαλύτερη τιμή λαμβάνει η παράμετρος, τόσο μεγαλύτερα αντικείμενα προκύπτουν. Το κριτήριο **χρώματος/σχήματος (color/shape criterion)** καθώς και το κριτήριο **ομαλότητας/συμπαγούς (smoothness/compactness criterion)** αποτελούν τμήμα του κριτηρίου ομοιογένειας (homogeneity criterion). Με το πρώτο κριτήριο μπορεί να ρυθμιστεί, η επιρροή της ομοιογένειας του χρώματος έναντι αυτής του σχήματος. Όσο υψηλότερη τιμή λαμβάνει ο δείκτης του σχήματος, τόσο λιγότερο επηρεάζει την παραγωγή αντικειμένων η φασματική ομοιογένεια. Για το δεύτερο κριτήριο, όταν ο δείκτης του σχήματος είναι μεγαλύτερος του μηδενός, ο χρήστης μπορεί να καθορίσει εάν τα αντικείμενα πρόκειται να δημιουργηθούν περισσότερο συμπαγή ή με ομαλές οριογραμμές (eCognition User's Guide).



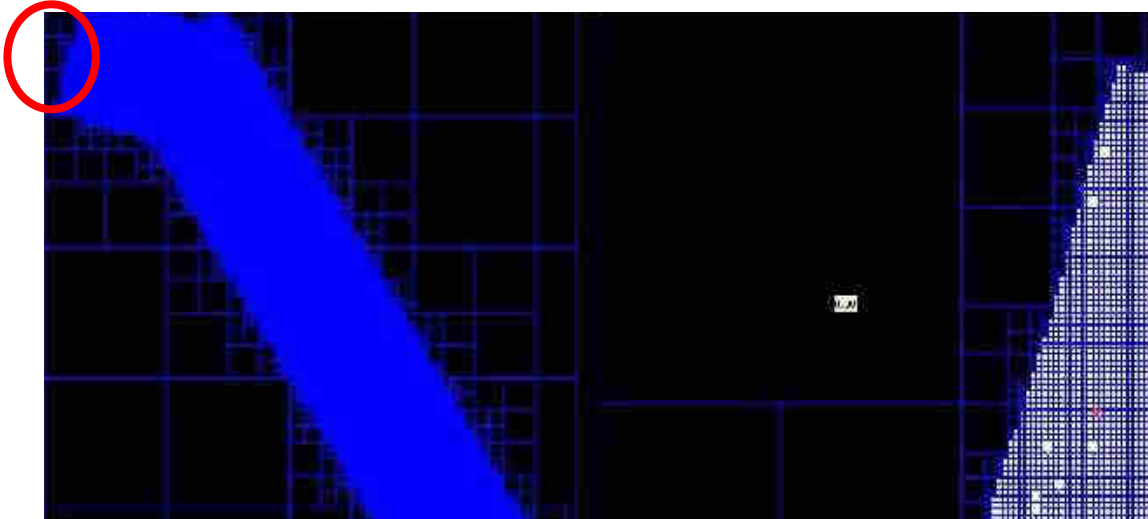
Εικόνα 23 Διάγραμμα ροής μεθόδου κατατμήσεως σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής ανάλυσης **πηγή:** eCognition Reference Book 2009

- **Κατάμηση Chessboard:** κόβει την εικόνα σε τέλεια τετράγωνα, το μέγεθος των οποίων καθορίζει ο χρήστης στην παράμετρο Object Size - μέγεθος αντικειμένου. Δεν λαμβάνει καθόλου υπόψη την φασματική ετερογένεια, συνεπώς δεν ορίζουμε scale parameter, και χρησιμοποιείται συνήθως για να βελτιώσει ταξινομήσεις κυρίως αν τεθεί η παράμετρος μεγέθους αντικειμένου ίση με το μέγεθος του εικονοστοιχείου. (eCognition Reference Book 2009)



Εικόνα 24 Chessboard Segmentation-Κατάμηση Chessboard

- **Κατάτμηση Quadtree based:** είναι παρόμοια με την chessboard, δηλαδή κόβει την εικόνα σε τετράγωνα αλλά λαμβάνει υπόψη της σε ένα βαθμό τις φασματικές ιδιότητες, γι' αυτό και τα τετράγωνα που προκύπτουν έχουν διαφορετικά μεγέθη και τις παραμέτρους της ορίζει ο χρήστης. Η παράμετρος Scale δεν είναι ακριβώς η ίδια με την scale parameter.



Εικόνα 25 Κατάτμηση Quadtree based. Αριστερά φαίνεται η εφαρμογή σε όλη την εικόνα και με τον κύκλο σημειώνεται η περιοχή που εμφανίζεται δεξιά σε μεγέθυνση. **Παραχώρηση DEM: akti engineering**

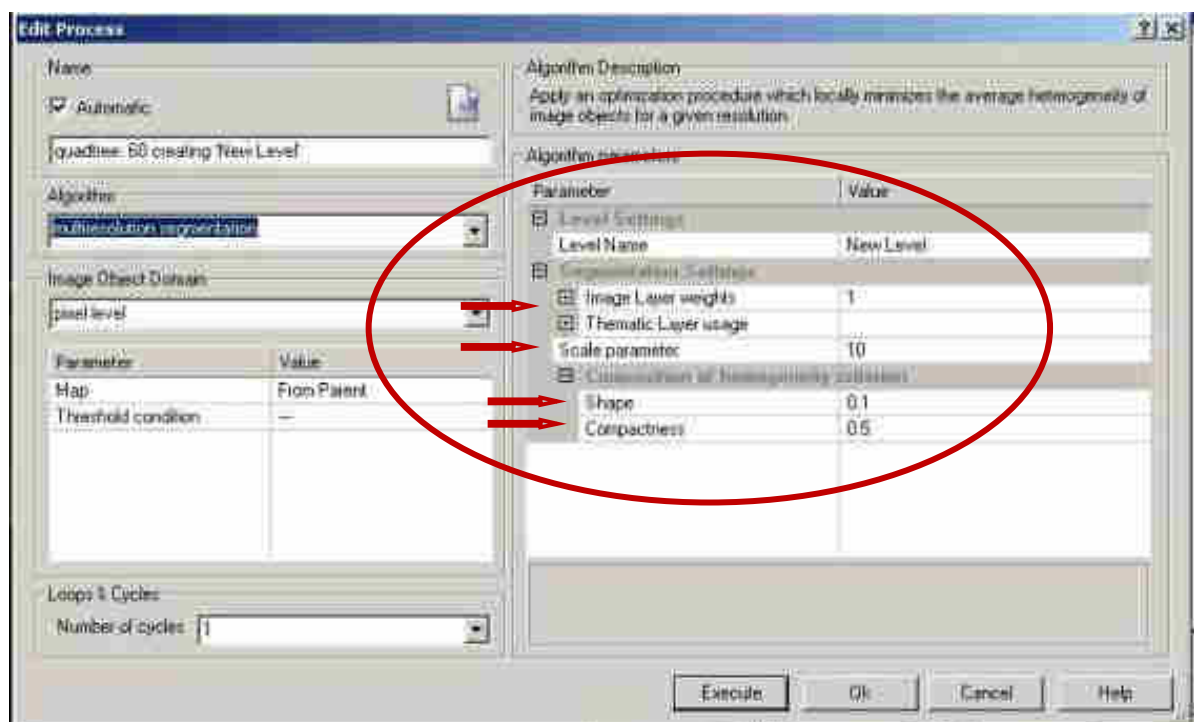
2.4.2.2 Κατάτμηση σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής ανάλυσης

Το eCognition χρησιμοποιεί την κατάτμηση σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής ανάλυσης, **multiresolution segmentation**, μέσω ενός αλγορίθμου (Baatz και Schape 2000), ο οποίος έχει την δυνατότητα να παράγει ομοιογενή αντικείμενα σε διαφορετικές κλίμακες. Γίνεται δυνατή έτσι η ταυτόχρονη αναπαράσταση των πληροφοριών της εικόνας σε διαφορετικές κλίμακες (e-Cognition User's Guide).

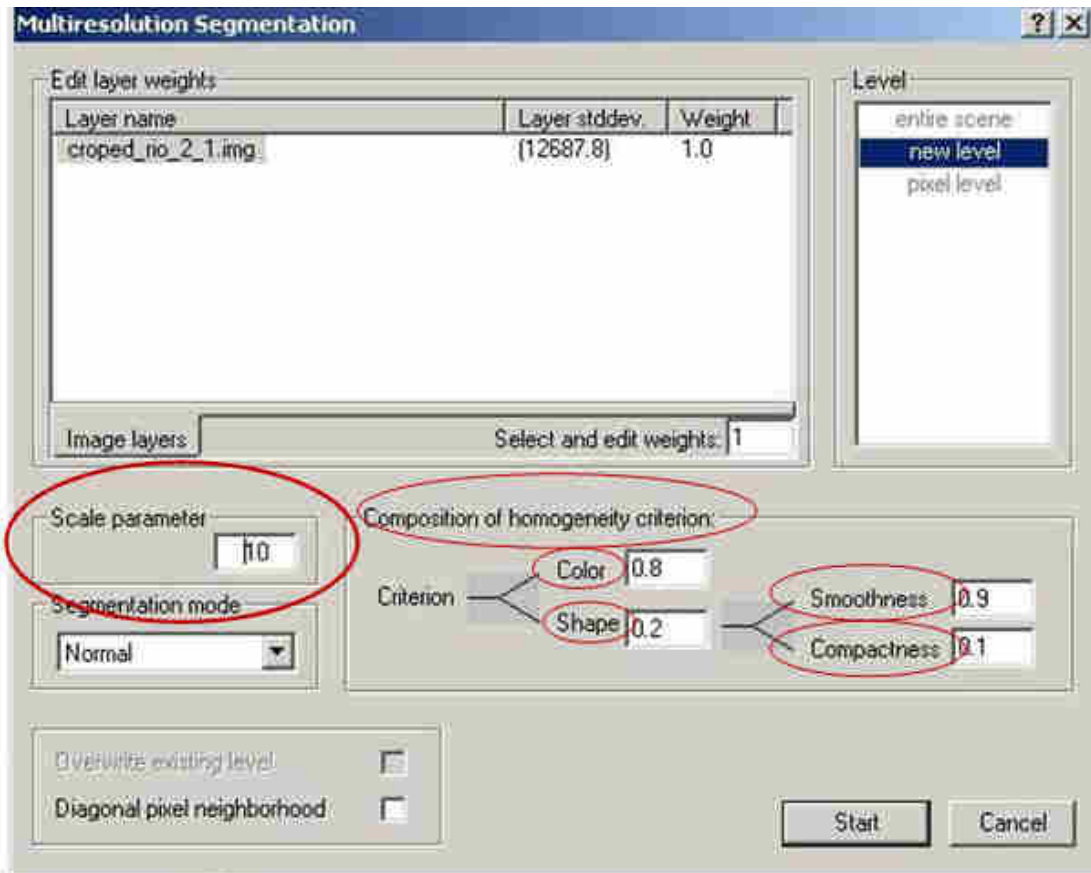
Βασικός στόχος της δημιουργίας του αλγορίθμου είναι η προσομοίωση του με την ανθρώπινη όραση, κάτι που απαιτεί κατά την κατάτμηση να ληφθούν υπόψη οι τοπικές αντιθέσεις. Ο αλγόριθμος της κατάτμησης σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής ανάλυσης θεωρείται ως μια διαδικασία συγχώνευσης περιοχών. Αρχικά με κάθε μεμονωμένο εικονοστοιχείο να θεωρείται ως αντικείμενο, ο αλγόριθμος χρησιμοποιώντας κριτήρια τοπικής ομοιογένειας τα συνενώνει με τα γειτονικά τους. Η ομοιογένεια αυτή (weighted heterogeneity) συμβολίζεται ως nh , με n το μέγεθος του αντικειμένου και h η αποδεκτή ετερογένεια. Η απόφαση για συνένωση ή όχι βασίζεται στο βαθμό προσαρμογής (degree of fitting) ή αλλιώς στο «κόστος συνένωσης/merging cost», το οποίο υπολογίζει στην ουσία τον βαθμό μεταβολής της ομοιογένειας και αναλόγως αποφασίζει αν θα προχωρήσει στην συγχώνευση ή όχι. Το όριο με βάση το οποίο αποφασίζεται η συγχώνευση είναι στην ουσία ο παράγοντας κλίμακας (scale parameter) και καθορίζεται από τον χρήστη. Μια πιθανή συγχώνευση με βαθμό προσαρμογής μικρότερο από τον ορισμένο παράγοντα κλίμακας θεωρείται ότι πληροί τα κριτήρια ομοιογένειας και εκτελείται. Μικρός παράγοντας κλίμακας συνεπάγεται μικρό βαθμό προσαρμογής

συνεπώς λιγότερες συγχωνεύσεις και πολλά δημιουργούμενα αντικείμενα. Η συνένωση αυτή συνεχίζεται ή σταματά ρυθμιζόμενη από την παράμετρο κλίμακας (Baatz και Scharpe 2000). Η κατάτμηση σε πολλαπλά επίπεδα χωρικής λεπτομέρειας δίνει σε γενικές γραμμές ικανοποιητικά αποτελέσματα, αλλά εξαιτίας των υψηλών απαιτήσεων σε επεξεργαστική ισχύ και μνήμη των υπολογιστών δεν αποτελεί πάντα την καλύτερη δυνατή επιλογή, ειδικά σε περιπτώσεις απλών εργασιών. (e-Cognition User's Guide)

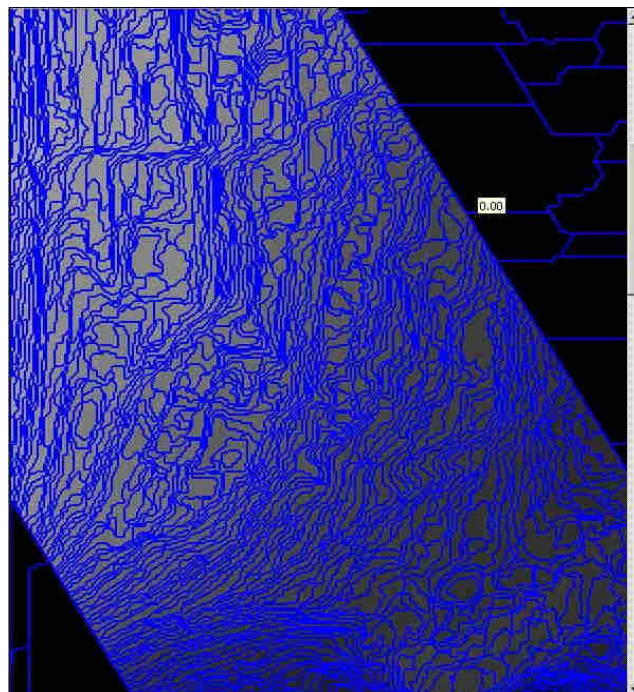
Το κριτήριο ομοιογένειας του αλγορίθμου της κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης μετρά στην ουσία το μέγεθος της ομοιογένειας ή ετερογένειας που παρουσιάζει ένα αντικείμενο μέσα στα όρια του. Ο υπολογισμός του μεγέθους της ετερογένειας ή ομοιογένειας γίνεται με βάση τις ιδιότητες σχήματος και χρώματος των αρχικών αντικειμένων που είναι υποψήφια για συνένωση και των αντικειμένων που αναμένεται να προκύψουν αν η συνένωση εκτελεστεί. Η ομοιογένεια χρώματος βασίζεται στην τυπική απόκλιση των φασματικών χρωμάτων των καναλιών. Η ομοιογένεια του σχήματος βασίζεται σε δυο παράγοντες τον συντελεστή συμπαγότητας, που ορίζει το κατά πόσο τα σχήματα που θα δημιουργηθούν θα είναι συμπαγή, και τον συντελεστή ομαλότητας, ο οποίος αφορά στις οριογραμμές των σχημάτων των αντικειμένων. Τα κριτήρια ομοιογένειας προσαρμόζονται ανάλογα με το βάρος που θα δοθεί στα κριτήρια σχήματος και συμπαγούς. Το πρώτο από αυτά παίρνει τιμές μέχρι 0.9 και ορίζει σε ποιο βαθμό το σχήμα θα επηρεάσει την κατάτμηση εις βάρος του χρώματος, καθώς τα δυο αυτά λειτουργούν ανταγωνιστικά. Με παρόμοιο τρόπο λειτουργούν και τα κριτήρια συμπαγούς του σχήματος και ομαλότητας μεταξύ τους με πεδίο ορισμού [0,1] χωρίς όμως να είναι ανταγωνιστικά (eCognition User's Guide)



Εικόνα 26 Παράθυρο ορισμού παραμέτρων στην multiresolution segmentation στο περιβάλλον του eCognition Developer 8



Εικόνα 27 Παράθυρο ορισμού παραμέτρων στην multiresolution segmentation στο περιβάλλον του eCognition 2.1

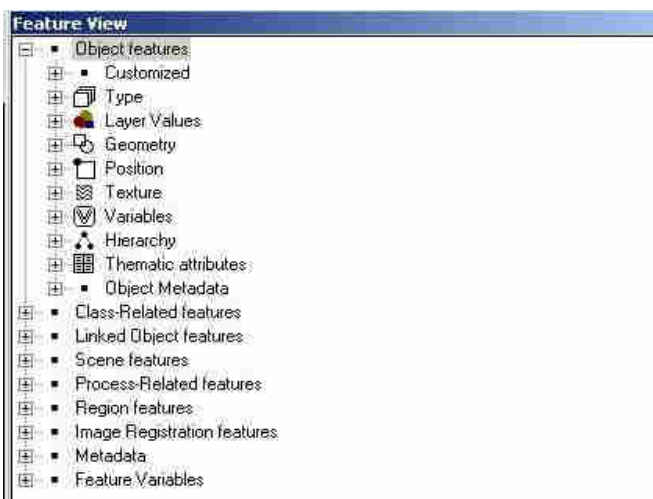


Εικόνα 28 Παράδειγμα αλγορίθμου multiresolution segmentation σε τμήμα του Ψ.Μ.Α (παραχώρηση akti engineering) με scale parameter 30, shape criterion 0.8 και compactness 0.5 σε περιβάλλον eCognition Developer 8. Τα νούμερα είναι τελείως τυχαία και χρησιμοποιήθηκαν μόνο για το παρόν παράδειγμα. Στα μαύρα τμήματα της εικόνας τα αντικείμενα είναι σαφώς μεγαλύτερα καθώς δεν αποτελούν τμήματα του ΨΜΕ και θα απομακρυνθούν από το κομμάτι ενδιαφέροντος στην διαδικασία ταξινόμησης. **Παραχώρηση ΨΜΕ akti engineering**

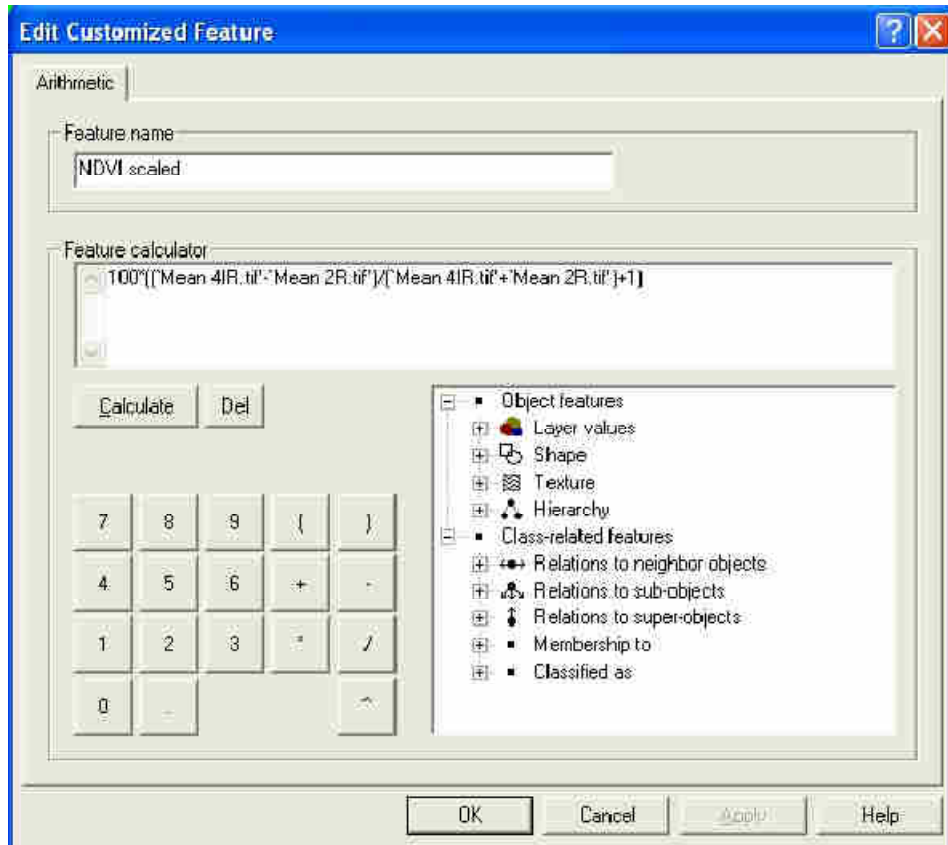
2.4.2.3 Ταξινόμηση

Μετά την κατάτμηση τα διαθέσιμα προς ανάλυση στοιχεία είναι ένα πεπερασμένο πλήθος αντικειμένων και όχι ένα τεράστιο σύνολο μεμονωμένων εικονοστοιχείων. Το λογισμικό παρέχει ένα σύνολο εργαλείων για αξιοποίηση των διαφόρων χαρακτηριστικών των αντικειμένων προκειμένου αυτά να ταξινομηθούν στις κατάλληλες θεματικές κατηγορίες. Η διαδικασία της ταξινόμησης είναι βασισμένη στην ασαφή λογική. Ταξινόμηση στην ουσία είναι η ανάθεση κάποιων αντικειμένων σε μια κλάση ή και σε καμία σύμφωνα με την περιγραφή της, δηλαδή των ιδιοτήτων και των χαρακτηριστικών που της έχουν αποδοθεί (eCognition User's guide). Τα πέντε βασικά στοιχεία της διαδικασίας της ταξινόμησης στα οποία θα γίνει περαιτέρω περιγραφή είναι τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων, η ασαφής λογική, οι κλάσεις, η ιεραρχία κλάσεων καθώς και οι διάφοροι αλγόριθμοι ταξινόμησης που χρησιμοποιούνται.

Τα αντικείμενα που προκύπτουν από την κατάτμηση όταν χρησιμοποιούνται στην διαδικασία της ταξινόμησης προσφέρουν κάποια πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα μεμονωμένα εικονοστοιχεία. Περιέχουν πέραν των φασματικών πληροφοριών των εικονοστοιχείων που τα συνθέτουν και επιπλέον ιδιότητες όπως το σχήμα, η υφή καθώς και πλήθος σχεσιακών πληροφοριών όπως συσχετίσεις με άλλες κατηγορίες ή αντικείμενα στο ίδιο ή διαφορετικό επίπεδο κατάτμησης. Επιπλέον, το λογισμικό παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα να δημιουργήσει νέα χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό των ήδη υπαρχόντων. Ένα από τα ισχυρά εργαλεία του λογισμικού είναι τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις κλάσεις (class related features). Μέσω ενός εργαλείου του λογισμικού, του feature view, γίνεται δυνατή η γραφική απεικόνιση των στατιστικών των ιδιοτήτων των αντικειμένων. Ο χρήστης, επίσης, μπορεί να δημιουργήσει μια βάση γνώσης στην οποία θα περιέχονται όλες οι περιγραφές των διαφόρων θεματικών/εννοιολογικών κατηγοριών (κλάσεις) χρήσεων/κάλυψης γης με χρήση είτε ασαφών συναρτήσεων συμμετοχής είτε κατωφλίων. Τέλος, μέσω της ιεράρχησης οι κατηγορίες ομαδοποιούνται είτε σε ευρύτερες εννοιολογικές ομάδες είτε σε γονικές κατηγορίες και κατηγορίες γόνους. (Αργιαλάς και Δερζέκος 2002, eCognition User's Guide)



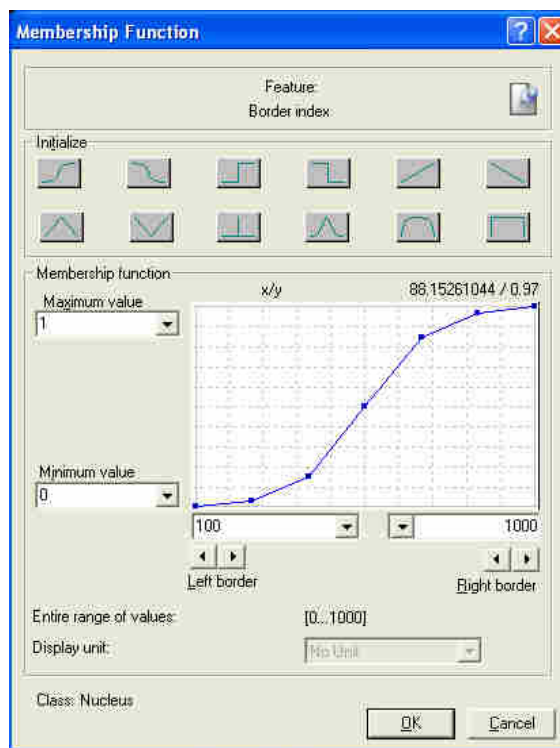
Εικόνα 29 Παράθυρο feature view του λογισμικού με όλα τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά των αντικειμένων



Εικόνα 30 Παράθυρο δημιουργίας νέου χαρακτηριστικού στο περιβάλλον του eCognition 2.1. Εδώ ο χρήστης συντάσσει τον δείκτη βλάστησης NDVI.

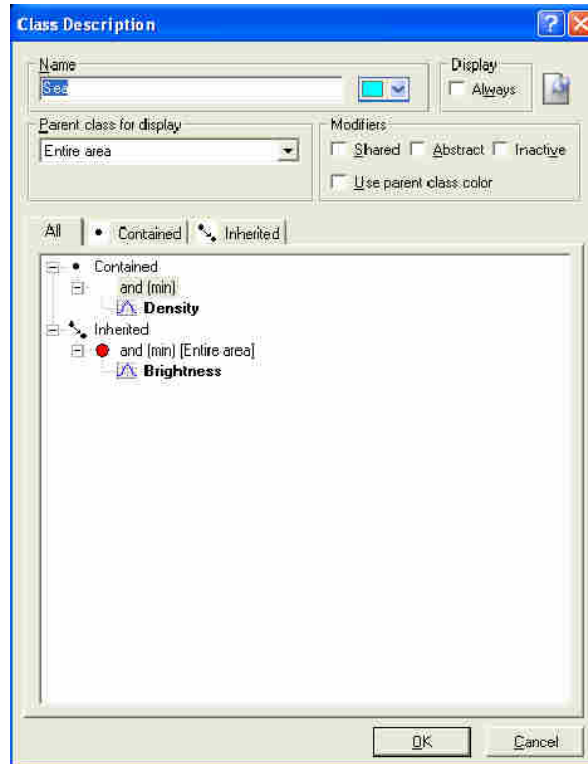
Η ασαφής λογική, την οποία χρησιμοποιούν οι αλγόριθμοι ταξινόμησης του eCognition, αποτελεί μια μαθηματική προσέγγιση ποσοτικοποίησης αβέβαιων μαθηματικών εκφράσεων. Βασική ιδέα είναι η μετατροπή της δυαδικής λογικής των απόλυτων «ΝΑΙ/ΑΛΗΘΕΣ» και «ΟΧΙ/ΨΕΥΔΕΣ» σε διάστημα τιμών συμμετοχής [0,1] με το μηδέν να αντιστοιχεί στο απόλυτο όχι και το 1 στο απόλυτο ναι, ενώ συμμετέχουν και οι ενδιάμεσες τιμές υποδηλώνοντας λιγότερο ή περισσότερο απόλυτες εκφράσεις του ναι και του όχι αντίστοιχα. Η ασαφής λογική προσομοιάζει στην ανθρώπινη σκέψη περισσότερο από την δυαδική λογική. Στο λογισμικό η ασαφής λογική εμφανίζεται με την μορφή ασαφών συναρτήσεων συμμετοχής ή με μια ασαφή εκδοχή του αλγορίθμου του Εγγύτερου Γείτονα (Nearest Neighbor) στην περιγραφή της κλάσης. Έτσι, για κάθε αντικείμενο υπολογίζεται η τιμή συμμετοχής του σε όλες τις θεματικές κατηγορίες και κατατάσσεται σε εκείνη την οποία παίρνει την υψηλότερη τιμή συμμετοχής. Η διαδικασία της ταξινόμησης είναι επαναληπτική με αριθμό επαναλήψεων/κύκλων που ορίζεται από τον χρήστη για την αντιμετώπιση προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν όπως κάποιο αντικείμενο να έχει ίσο βαθμό συμμετοχής σε δύο κλάσεις/κατηγορίες. Το αντικείμενο επανα-ταξινομείται με το λογισμικό και τον εκάστοτε αλγόριθμο να συνυπολογίζει τις αλλαγές στην ταξινόμηση του νέου συνόλου αντικειμένων της εικόνας. Η διαδικασία αυτή συμβάλλει στην βελτιστοποίηση της ταξινόμησης, με το να αποδίδει μια μόνο κατηγορία σε κάθε αντικείμενο. Η συγκεκριμένη προσέγγιση ταξινόμησης επιλέχθηκε για την ανάλυση των αντικειμένων στο eCognition, διότι μεταφράζοντας τιμές ιδιοτήτων σε ασαφείς τιμές, σταθεροποιεί τις ιδιότητες και επιτρέπει τον συνδυασμό τους, ενώ παράλληλα παρέχει

διαφανείς και ευπροσάρμοστες περιγραφές των ιδιοτήτων, ειδικά σε σύγκριση με τα νευρωνικά δίκτυα. Επιπρόσθετα, καθιστά δυνατό το σχηματισμό σύνθετων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων μέσω ιεραρχιών περιγραφής κατηγοριών (class description) και μαθηματικών λογικών τελεστών (AND, OR, MEAN, NOT κ.τ.λ.) (eCognition User's Guide).



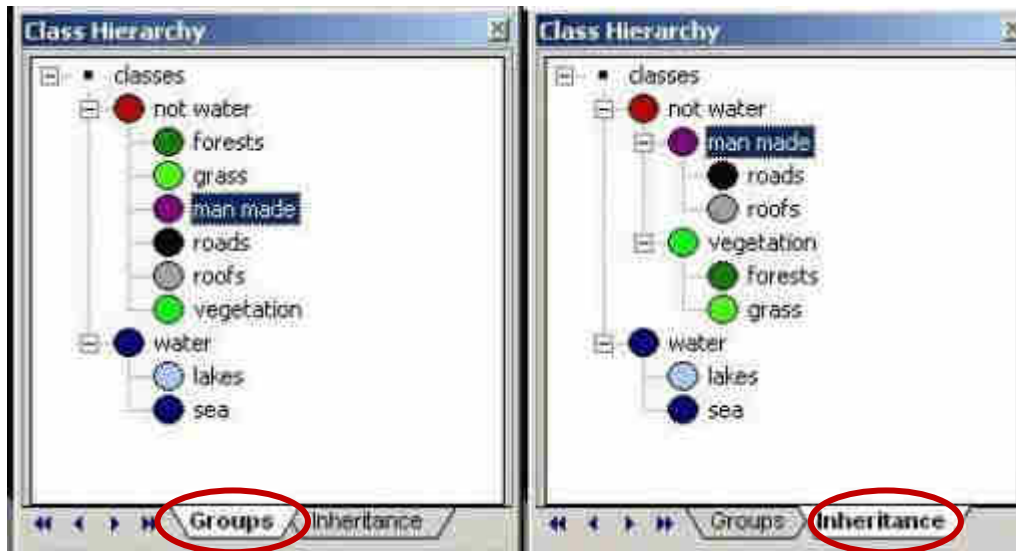
Εικόνα 31 Παράθυρο επιλογής ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής.

Οι κλάσεις, και ιδιαίτερα οι περιγραφές τους, αποτελούν το δομικό στοιχείο για μια επιτυχημένη και αξιόπιστη ταξινόμηση. Οι περιγραφές των κλάσεων γίνονται με την εφαρμογή ασαφών συναρτήσεων και λογικών τελεστών στα χαρακτηριστικά των αντικειμένων και μπορούν να οριστούν είτε στο παράθυρο class hierarchy ή για πιο πρόσφατες εκδόσεις του λογισμικού και στο παράθυρο επιλογής εφαρμογής του εκάστοτε αλγορίθμου ταξινόμησης (βλ Παράρτημα Εικόνα Π3, Εικόνα Π4). Για τις ασαφείς συναρτήσεις συμμετοχής έγινε λόγος προηγουμένως. Στον Πίνακα Π 1 του παραρτήματος εμφανίζονται οι κυριότερες μορφές συναρτήσεων συμμετοχής καθώς και συνοπτικές περιγραφές τους. Σε κάθε συνάρτηση, ο βαθμός συμμετοχής του κάθε αντικειμένου στο χαρακτηριστικό που περιγράφεται αναπαρίσταται στον άξονα των τεταγμένων Y με τιμή που ανήκει στο πεδίο τιμών [0,1], ενώ ο άξονας των τεταγμένων X ορίζει το εύρος του πεδίου τιμών του κάθε χαρακτηριστικού που περιγράφει μια κατηγορία. Επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις οι περιγραφές των κλάσεων, ως κριτήρια ταξινόμησης, διαθέτουν περισσότερες από μια ιδιότητες χρησιμοποιούνται λογικοί τελεστές για τον υπολογισμό μιας τελικής τιμής βαθμού συμμετοχής ανά κατηγορία από τον συνδυασμό των βαθμών συμμετοχής. Η χρήση τελεστών καθιστά δυνατή τη δημιουργία σύνθετων κριτηρίων ταξινόμησης και την δόμηση λεπτομερών εννοιολογικών περιγραφών των θεματικών κατηγοριών. Στον Πίνακα Π 2 του παραρτήματος εμφανίζονται οι τελεστές που χρησιμοποιούνται στο λογισμικό (eCognition User's Guide).



Εικόνα 32 Παράθυρο class description για την εισαγωγή των χαρακτηριστικών που περιγράφουν τις κλάσεις.

Ο σκελετός της βάσης γνώσης για την ανάλυση και ταξινόμηση των αντικειμένων είναι στην ουσία η **ιεραρχία κλάσεων (class hierarchy)**. Περιέχει όλες τις κλάσεις-θεματικές κατηγορίες στις οποίες θα ταξινομηθούν τα αντικείμενα της εικόνας καθώς και τις συναρτήσεις συμμετοχής, τους λογικούς τελεστές και τα χαρακτηριστικά που τις περιγράφουν. Παρέχεται η δυνατότητα ιεράρχησης/ομαδοποίησης των κλάσεων με τρεις τρόπους, την κληροδότηση (inheritance), την ομαδοποίηση σε εννοιολογικές ομάδες (groups) και την ιεραρχία δομής (structure hierarchy). Κατά την ιεράρχηση σε ομάδες (group hierarchy) ομαδοποιούνται εννοιολογικά κλάσεις ακόμα και διαφορετικές μεταξύ τους. Στην ιεραρχία κληροδότησης, υπάρχουν οι κύριες κατηγορίες/γονικές κατηγορίες (parent classes) και οι υποκατηγορίες/κατηγορίες γόνοι (child classes). Οι κατηγορίες γόνοι περιγράφονται από τα χαρακτηριστικά που κληρονομούν από τις γονικές κατηγορίες στις οποίες ανήκουν καθώς και επιπλέον χαρακτηριστικά που αφορούν μόνο σε αυτές (child classes). Μια κατηγορία γόνου μπορεί να έχει περισσότερες από μια γονικές κατηγορίες. Αλλαγές στην γονική κατηγορία ταυτόχρονα κληρονομούνται σε όλες τις child classes της. Πρόκειται για ιεράρχηση βάση ομοιοτήτων των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων με σκοπό την αυτόματη εισαγωγή ή μεταβολή των χαρακτηριστικών των γονικών κατηγοριών στις κατηγορίες γόνου (Εικόνα 33). Τέλος, η ιεραρχία δομής δεν διαφέρει σημαντικά από την ιεράρχηση σε εννοιολογικές ομάδες. Παρέχει την δυνατότητα τοποθέτηση όλων των ειδών των κατηγοριών μαζί, σαν βάση για την διαδικασία κατάτμησης βάσει ταξινόμησης. Σκοπός είναι η ένωση ακόμα και ετερογενών περιοχών σε μεμονωμένα αντικείμενα. (eCognition User's Guide)



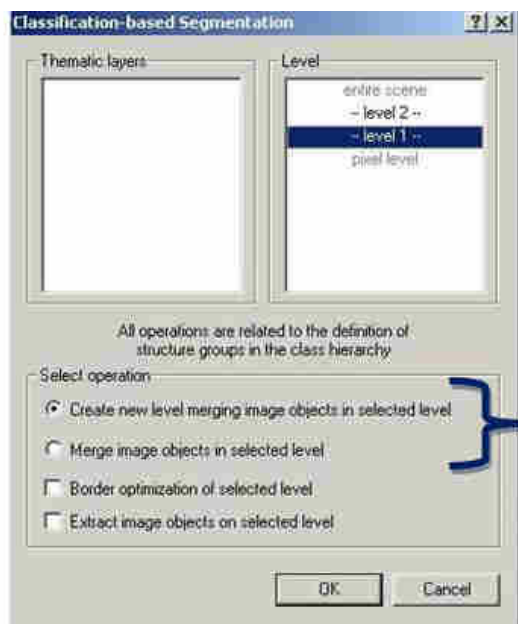
Εικόνα 33 Απλό παράδειγμα ιεράρχησης σε groups (αριστερά) και ιεράρχησης κληροδότησης (δεξιά). Στην καρτέλα Groups οι κλάσεις ομαδοποιούνται σε νερό και μη νερό με την δεύτερη ομάδα να περιέχει κλάσεις τελείως διαφορετικές εννοιολογικά μεταξύ τους. Στην καρτέλα Inheritance η κατηγορία roofs έχει σαν γονική κλάση και την man made και την not water, συνεπώς κληρονομεί τα χαρακτηριστικά και των δύο. Αν την είχαμε ορίσει μόνο σαν κατηγορία γόνου της not water τότε θα έπρεπε να προσθέσουμε χειρωνακτικά όποια επιπλέον χαρακτηριστικά την περιγράφουν. Η κατηγορία γόνου forests κληρονομεί αντίστοιχα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των vegetation και not water.

Δύο μέθοδοι ταξινόμησης χρησιμοποιούνται, γενικά, η επιβλεπόμενη και η μη επιβλεπόμενη, με την πρώτη να απαιτεί την συμμετοχή του χρήστη και την δεύτερη να είναι τελείως ανεξάρτητη του χρήστη. Στην ουσία οι αλγόριθμοι μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ομαδοποιούν αυτόματα αντικείμενα βάση των ιδιοτήτων τους και παρουσιάζουν πλεονεκτήματα όπως μεγάλη ταχύτητα, δυνατότητα ανάλυσης των στατιστικών στοιχείων των αντικειμένων και χρησιμεύουν ως δείκτες ανίχνευσης πιθανών κλάσεων στην εκάστοτε απεικόνιση. Παρουσιάζουν όμως και σημαντικά μειονεκτήματα όπως η ανάγκη ερμηνείας των αποτελεσμάτων από τον χρήστη προκειμένου να αποδοθούν σωστά οι κλάσεις που προκύπτουν. Οι αλγόριθμοι επιβλεπόμενης ταξινόμησης που χρησιμοποιούνται από το λογισμικό eCognition, απαιτούν την εισαγωγή από τον χρήστη είτε δειγμάτων των κλάσεων είτε των λογικών κανόνων και χαρακτηριστικών που περιγράφουν τις κλάσεις. Μειονεκτήματα αυτού του είδους της ταξινόμησης είναι η απαίτηση ακριβών και εκτενώς λεπτομερών περιγραφών των κλάσεων κάτι που είναι σχεδόν ανέφικτο ενώ και οι περιγραφές των κλάσεων δεν μπορούν παρά να είναι εκτιμήσεις των ιδιοτήτων τους καθιστώντας έτσι την επιβλεπόμενη ταξινόμηση αρκετά απαιτητική όσον αφορά σε μέγεθος απαιτούμενης δουλειάς. Από την άλλη όμως παρουσιάζει και πλεονεκτήματα όπως η εκ των προτέρων δημιουργία των επιθυμητών κλάσεων, ο εντοπισμός και η επανα-ταξινόμηση λάθος ταξινομημένων αντικειμένων και η δημιουργία εύκολα κατανοητών κλάσεων αφού αυτές έχουν δημιουργηθεί από ανθρώπους για ανθρώπους (e-Cognition User's Guide).

2.4.2.4 Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης

Στην κατάτμηση βάσει ταξινόμησης (classification based segmentation) η εικόνα διαιρείται με χρήση της βάσης γνώσης που έχει δημιουργηθεί σε προηγούμενο στάδιο ταξινόμησης. Καθίσταται έτσι δυνατός ο συνδυασμός πληροφοριών για το σχήμα των αντικειμένων από διάφορα επίπεδα με διαφορετικές παραμέτρους κλίμακας κατάτμησης, προκειμένου να εκτελεστεί μια νέα κατάτμηση, η οποία θα δημιουργήσει δομικές ομάδες (structural groups) με εννοιολογικά ομογενή αντικείμενα βέλτιστου μεγέθους.

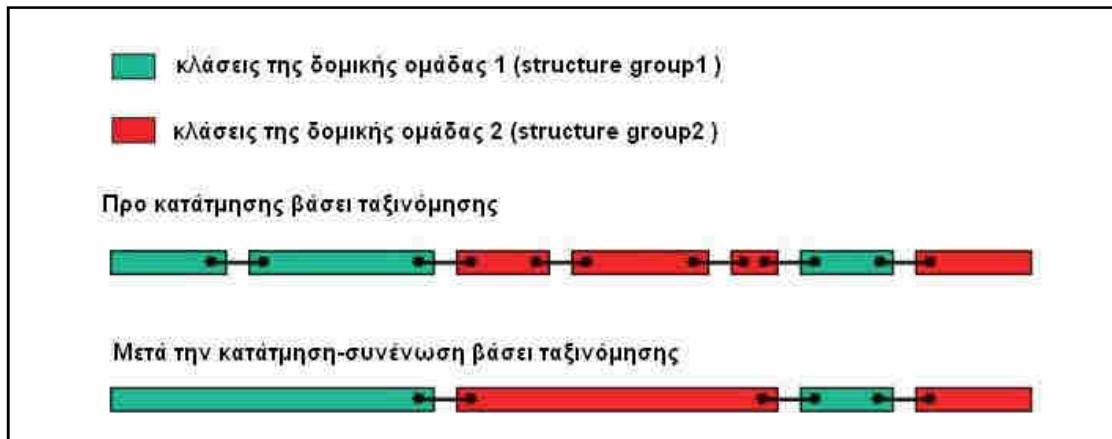
Η κατάτμηση βάσει ταξινόμησης λειτουργεί με δύο βασικούς τρόπους-αλγορίθμους στο λογισμικό eCognition 2.1, την συνένωση βάσει ταξινόμησης (classification based fusion) και την βελτιστοποίηση των ορίων και των σχημάτων με χρήση των υπό-αντικειμένων (classification based shape correction of image objects depending on sub-objects).



*Επιλογές συνένωσης
αντικειμένων στο ίδιο
ή σε διαφορετικό
επίπεδο*

Εικόνα 34: Παράθυρο επιλογής αλγορίθμου κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο περιβάλλον του eCognition 2.1

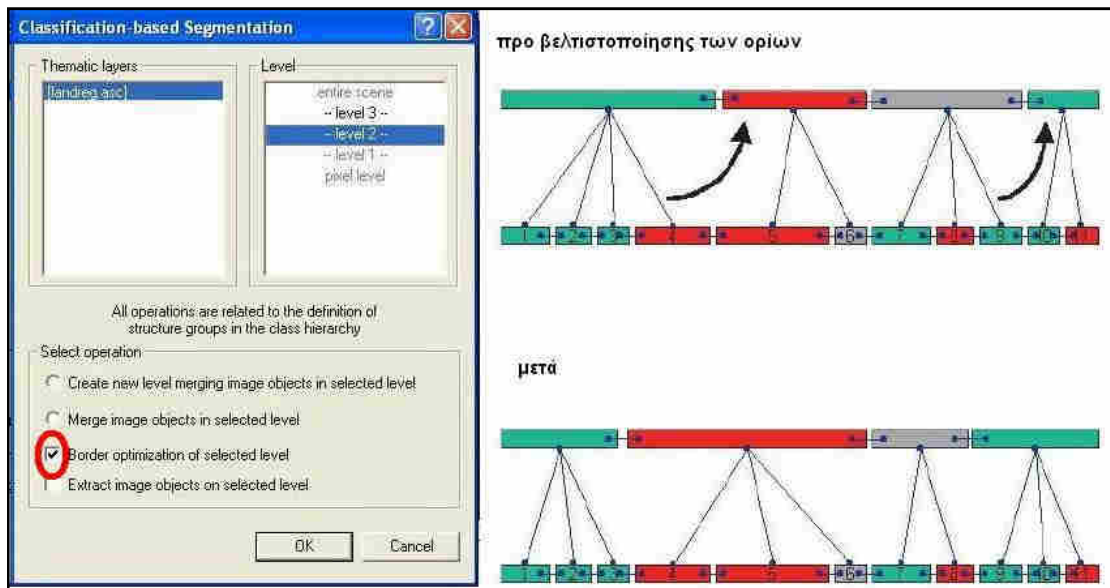
Στη συνένωση βάσει ταξινόμησης (classification based fusion) το γειτονικά αντικείμενα που έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία-δομική ομάδα, σε προηγούμενο στάδιο ταξινόμησης, συγχωνεύονται σε ένα νέο αντικείμενο, είτε στο ίδιο επίπεδο οπότε και τα προηγούμενα αντικείμενα που το συνιστούσαν παύουν να υπάρχουν, είτε σε ένα νέο δημιουργούμενο επίπεδο (e-Cognition User's Guide).



Εικόνα 35 : Η λειτουργία της συνένωσης βάσει ταξινόμησης (classification based fusion) **πηγή:** e-Cognition User's Guide

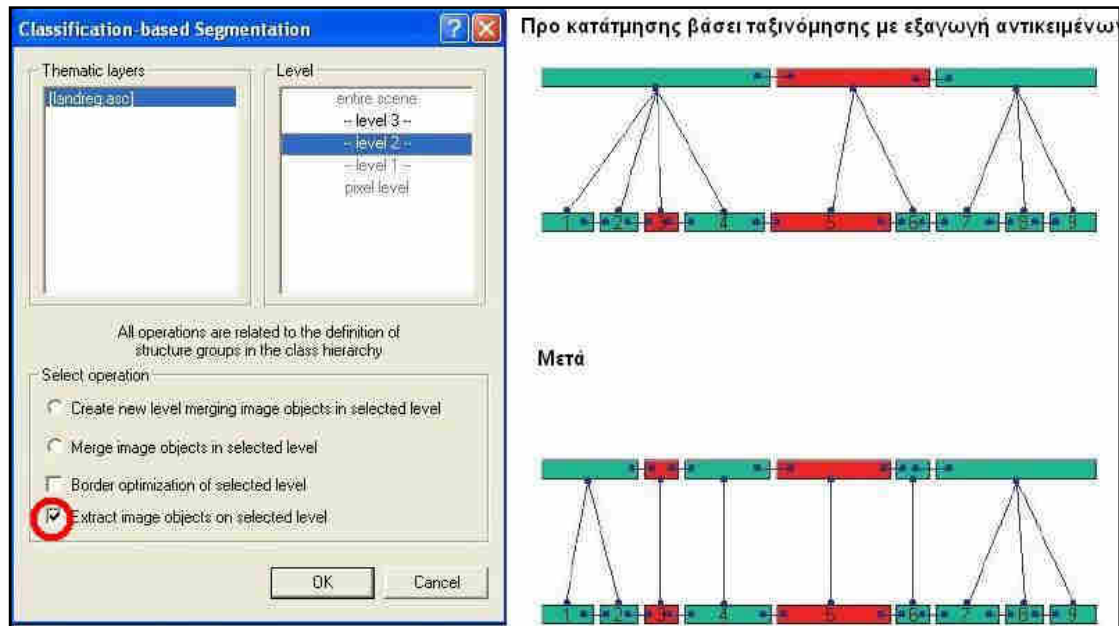
Η βελτιστοποίηση των ορίων και των σχημάτων με χρήση υπό-αντικειμένων (classification based shape correction of image objects depending on sub-objects) επιτυγχάνεται είτε μέσω της βελτιστοποίησης των ορίων (classification based border optimization) είτε μέσω της εξαγωγής αντικειμένων/υπό-αντικειμένων (classification based image object extraction) με επιπλέον προαπαιτούμενο, εκτός της ύπαρξης προηγούμενης ταξινόμησης, την ύπαρξη υπό-αντικειμένων. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί τον ακόλουθο κανόνα: υπό-αντικείμενα που έχουν καταταχθεί σε διαφορετική δομική ομάδα (structure group) από την αντίστοιχη του υπέρ-αντικειμένου τους χαρακτηρίζεται ως ετερογενές και ανακατατάσσεται. (e-Cognition User's Guide)

Στην τεχνική ταξινόμηση βάσει βελτιστοποίησης ορίων αντικειμένων, υπό-αντικείμενα (sub-objects) τα οποία βρίσκονται στο όριο των αντίστοιχων υπέρ-αντικειμένων (super-objects) τους και ανήκουν σε διαφορετική δομική ομάδα από αυτά ανακατατάσσονται ώστε να αποτελέσουν υπό-αντικείμενα γειτονικού αντικειμένου της ίδιας δομικής ομάδας. (Εικόνα 36) (e-Cognition User's Guide).



Εικόνα 36: Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης με βελτιστοποίηση των ορίων. Πηγή: e-Cognition User's Guide

Στην τεχνική ταξινόμησης μέσω εξαγωγής αντικειμένων/υπό-αντικειμένων (classification based image object extraction) όλα τα υπό-αντικείμενα, και όχι μόνο εκείνα που βρίσκονται στα όρια των υπέρ-αντικειμένων, που ανήκουν σε διαφορετική δομική ομάδα από τα υπέρ-αντικείμενα τους, αποσπώνται από τα υπέρ-αντικείμενα τους με αποτέλεσμα αυτά να χάνουν την περιοχή που καταλαμβάνουν τα υπό-αντικείμενα. Έτσι, δημιουργείται και εισάγεται στο ιεραρχικό δίκτυο ένα νέο υπέρ-αντικείμενο, πανομοιότυπο με το εκάστοτε υπό-αντικείμενο που μελετάται. (Εικόνα 37) (e-Cognition User's Guide).



Εικόνα 37: Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης με εξαγωγή αντικειμένων/υπό-αντικειμένων. **Πηγή:** e-Cognition User's Guide

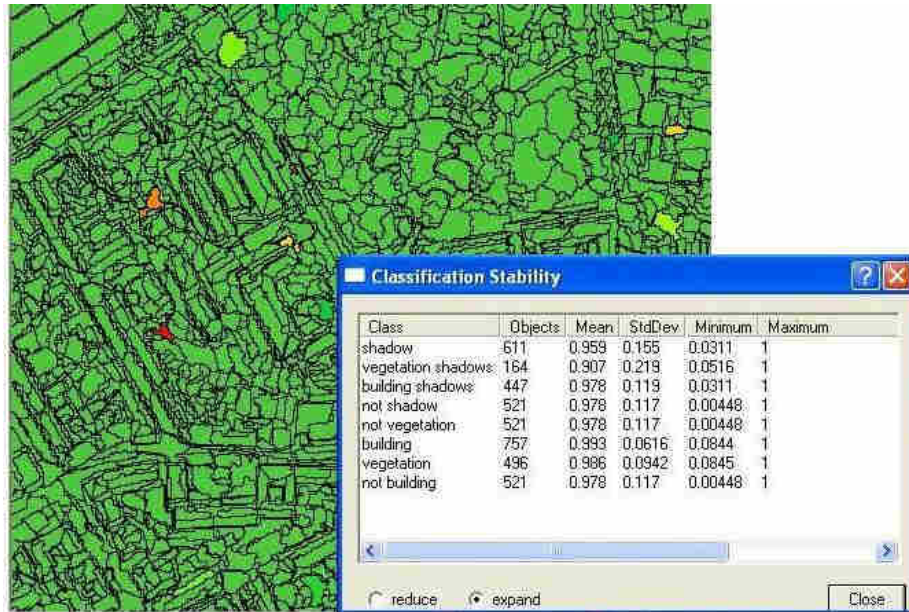
2.4.2.5 Αξιολόγηση ταξινόμησης

Από το λογισμικό παρέχεται και η δυνατότητα αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης, είτε με γραφικό είτε με αριθμητικό τρόπο.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης και με τη χρήση της ασαφούς λογικής κάθε αντικείμενο λαμβάνει μια τιμή συμμετοχής για κάθε κατηγορία-κλάση της ιεραρχίας των κλάσεων. Η κατηγορία για την οποία παρουσιάζει την μεγαλύτερη τιμή συμμετοχής είναι και η κατηγορία στην οποία θα ταξινομηθεί. Μέσω πινάκων με στατιστικά στοιχεία για τους βαθμούς συμμετοχής των αντικειμένων για κάθε κατηγορία, γίνεται δυνατόν να διαπιστωθεί αν υπάρχει αντιπροσωπευτική κατηγορία για το οποιοδήποτε αντικείμενο και ποιες είναι οι τιμές συμμετοχής των αντικειμένων σε κάθε κατηγορία. Έτσι μελετάται τόσο το κατά πόσο ένα αντικείμενο έχει ορθώς ταξινομηθεί σε μια κατηγορία αλλά και το πόσο αξιόπιστη είναι η κάθε κατηγορία αναλόγως με τις τιμές συμμετοχής που έχουν τα αντικείμενα που κατατάχθηκαν σε αυτή.

Πιο αναλυτικά το λογισμικό eCognition 2.1 παρέχει τις ακόλουθες τέσσερις μεθόδους εκτίμησης της ακρίβειας:

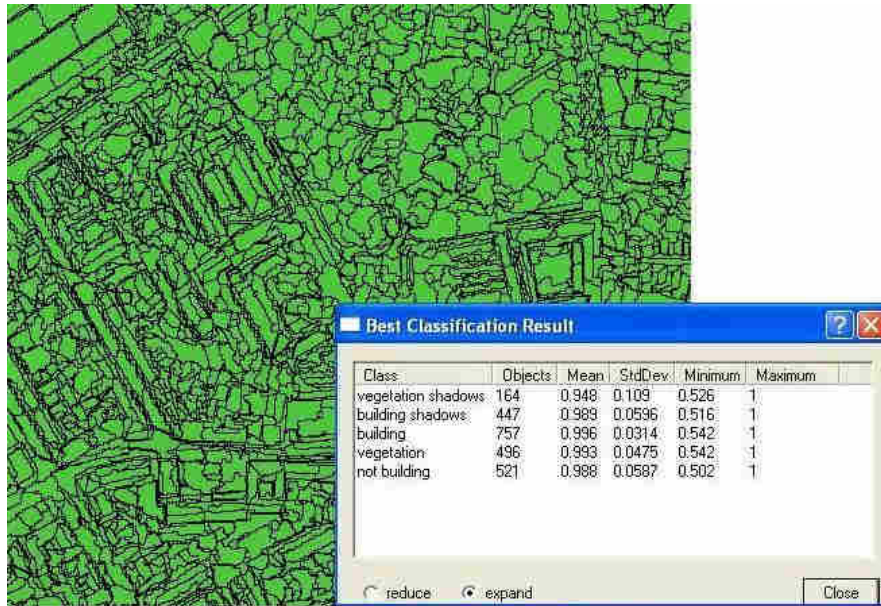
- **Μέθοδος της σταθερότητας ταξινόμησης (classification stability):** η εκάστοτε ταξινόμηση αξιολογείται μέσω του υπολογισμού της απόκλισης των δυο μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής του αντικειμένου. Σαν αριθμητικό εξαγόμενο προκύπτει πίνακας με τιμές που προέκυψαν από στατιστικές συναρτήσεις για τις διαφορές των δυο μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής για κάθε κατηγορία.



Εικόνα 38: Μέθοδος της σταθερότητας της ταξινόμησης. Αριστερά γραφικός τρόπος αναπαράστασης της αξιολόγησης. Η χρωματική κλίμακα κυμαίνεται από το πράσινο για το μη αμφιλεγόμενο αντικείμενο έως το κόκκινο για το απόλυτα αμφιλεγόμενο. Δεξιά ο πίνακας αποτελεί το αριθμητικό εξαγόμενο αποτέλεσμα.

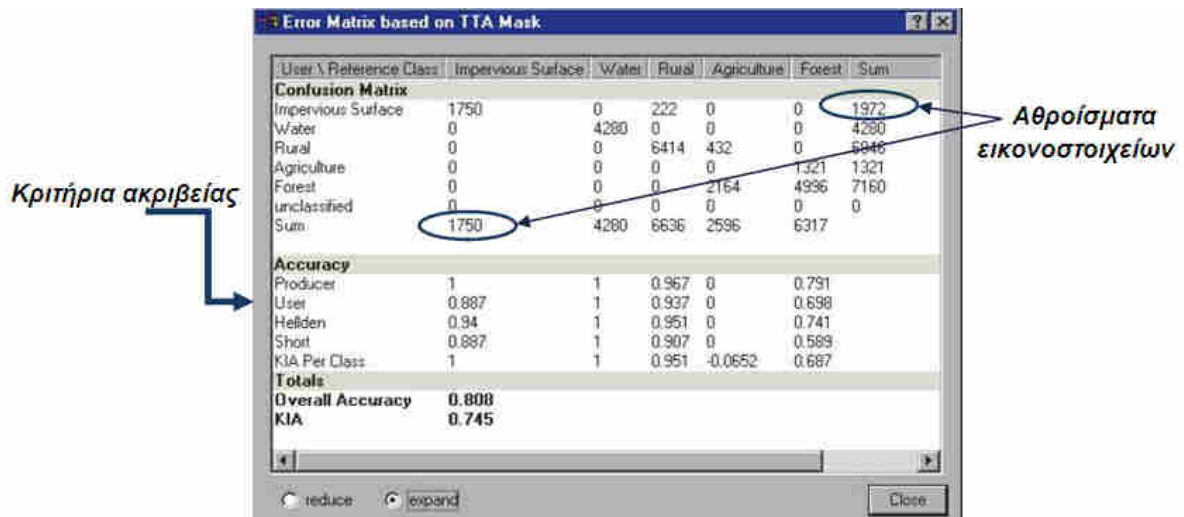
Πηγή: e-Cognition User's Guide

- **Μέθοδος βάσει αποτελέσματος της καλύτερης ταξινόμησης (best classification result):** αξιολογείται η ταξινόμηση μέσω της εκτίμησης του βαθμού συμμετοχής των αντικειμένων στην περιγραφή της κατηγορίας. Σαν αριθμητικό εξαγόμενο παρουσιάζεται πίνακας με τιμές οι οποίες προέκυψαν από στατιστικές συναρτήσεις για τους μέγιστους βαθμούς συμμετοχής με τους οποίους ταξινομήθηκαν τα αντικείμενα στην εκάστοτε κλάση-κατηγορία. Επίσης, είναι δυνατή η αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο τα αντικείμενα της υπό εξέταση κατηγορίας την περιγράφουν. (e-Cognition User's Guide)



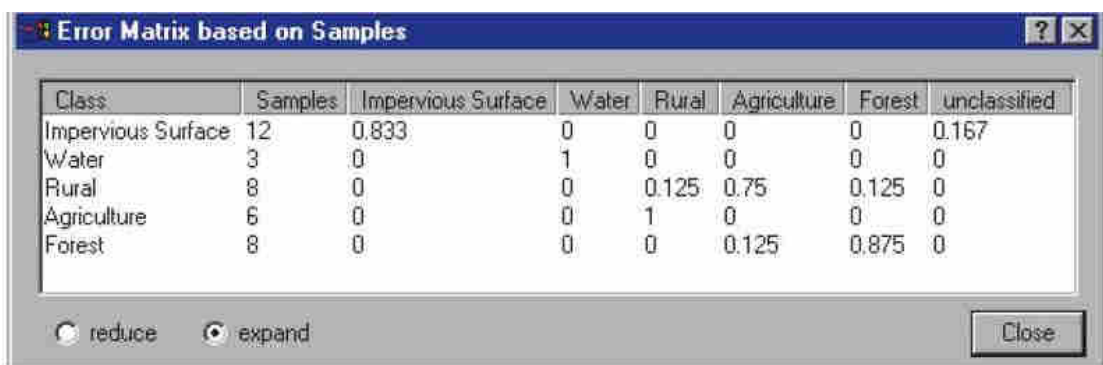
Εικόνα 39: Μέθοδος αποτελέσματος της καλύτερης ταξινόμησης. Αριστερά γραφικός τρόπος αναπαράστασης της αξιολόγησης. Η χρωματική κλίμακα κυμαίνεται από το πράσινο για το μη αμφιλεγόμενο αντικείμενο έως το κόκκινο για το απόλυτα αμφιλεγόμενο. Δεξιά ο πίνακας αποτελεί το αριθμητικό εξαγόμενο αποτέλεσμα. **Πηγή:** e-Cognition User's Guide

- Μέθοδος πίνακα σύγκρισης βασισμένου σε TTA μάσκα (error matrix based on TTA mask):** αξιολογείται η ταξινόμηση μέσω δειγμάτων (samples), τα οποία εισάγονται ως TTA μάσκα και συγκρίνονται με επίγεια δείγματα βάσει εικονοστοιχείων. Συγκρίνονται οι κατηγορίες της μάσκας με τις κατηγορίες-κλάσεις της ταξινόμησης και παράγεται πίνακας σύγκρισης. Στον πίνακα αυτό, εμφανίζονται οι κατηγορίες της ταξινόμησης, η οποία αξιολογείται, το πλήθος των εικονοστοιχείων της ταξινόμησης που καλύπτονται από την TTA μάσκα ανά κατηγορία, τα αθροίσματα των εικονοστοιχείων που ταξινομήθηκαν στην υπό εξέταση ταξινόμηση και τα αθροίσματα των εικονοστοιχείων από την μάσκα ανά κατηγορία. Η ποιότητα της ταξινόμησης καθορίζεται μέσω της διαφοράς των αθροισμάτων καθώς και με χρήση των κριτηρίων ακριβείας (εύρος τιμών 0-1 με 1 την υψηλότερη ακρίβεια ταξινόμησης) που βρίσκονται στον πίνακα σύγκρισης.



Εικόνα 40: Ο πίνακας της μεθόδου πίνακα σύγκρισης βασισμένου σε ΤΤΑ μάσκα. Στα αθροίσματα εικονοστοιχείων που έχουν σημειωθεί, το 1972 αντιστοιχεί στο σύνολο των εικονοστοιχείων που έχουν ταξινομηθεί στην κατηγορία Impervious Surface κατά την ταξινόμηση και το 1750 στα αντίστοιχα της ΤΤΑ μάσκας. **Πηγή:** e-Cognition User's Guide

- Μέθοδος πίνακα σύγκρισης βασισμένου σε δείγματα (error matrix based on samples):** αξιολογείται η ταξινόμηση με δείγματα επιλεγμένα αντικείμενα της εικόνας και όχι εικονοστοιχεία όπως στην προηγούμενη. Τα επιλεγθέντα ως δείγματα αντικείμενα πρέπει να είναι διαφορετικά από αυτά που επιλέχθηκαν για ταξινόμηση με τη μέθοδο του εγγύτερου γείτονα (nearest neighbor) καθώς αυτά θεωρούνται πλήρως ορθά ταξινομημένα και η αξιολόγηση θα δώσει εντελώς αξιόπιστη ταξινόμηση, κάτι που μπορεί να μην ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα. Με λήψη νέων δειγμάτων προκύπτει ο πίνακας σύγκρισης με την πρώτη στήλη να περιέχει τις κατηγορίες, τη δεύτερη το πλήθος των νέων δειγμάτων της κάθε κατηγορίας και στις υπόλοιπες ο λόγος των δειγμάτων που ανήκουν στην κατηγορία προς τα συνολικά δείγματα που συλλέχθηκαν για αυτή.



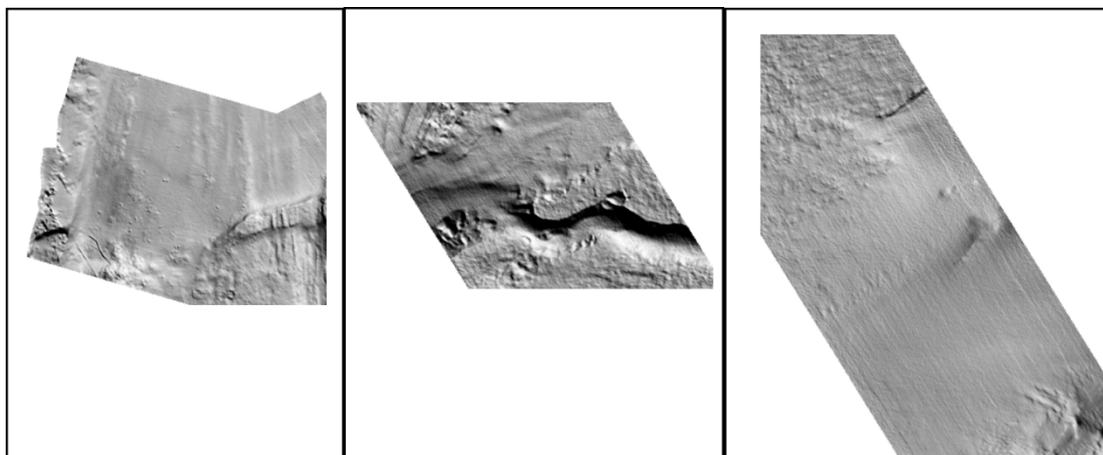
Εικόνα 41: Ο πίνακας της μεθόδου πίνακα σύγκρισης βασισμένου σε δείγματα. Το 0 σημαίνει ότι κανένα από τα δείγματα της κατηγορίας δεν ταξινομήθηκαν σε αυτήν και το 1 ότι όλα τα δείγματα ταξινομήθηκαν σε αυτήν. **Πηγή:** e-Cognition User's Guide

3. ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

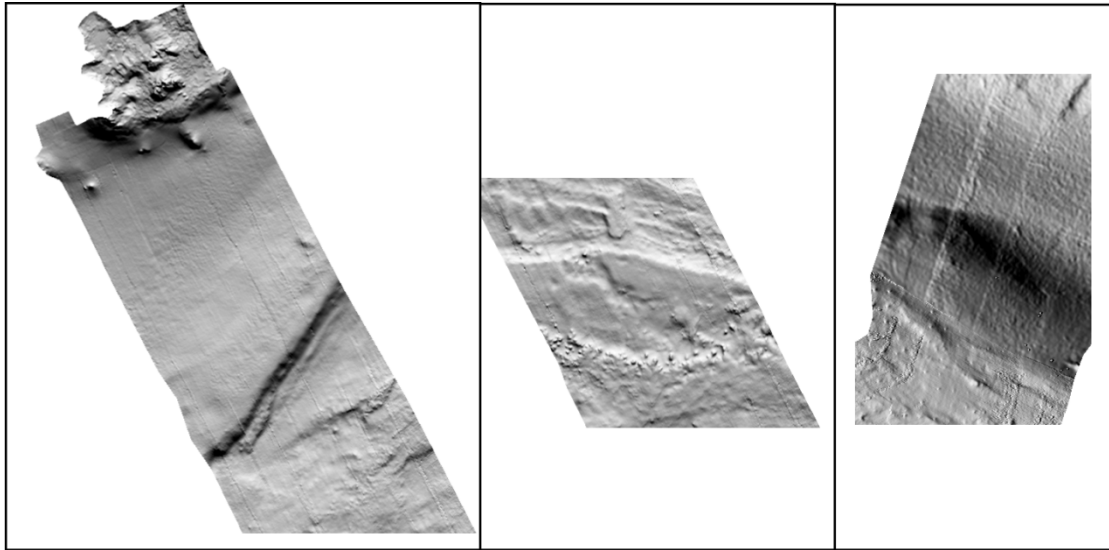
Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία της εταιρίας akti engineering (www.aktieng.gr) και παραχωρήθηκαν αποκλειστικά για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής.

Για την περιοχή του στενού του Ρίου Αντίρριου παραχωρήθηκαν ψηφιακό μοντέλο εδάφους σε μορφή αρχείο .grd (Surfer Grid), .dat καθώς και απεικόνιση του σε shaded relief σε μορφή .tiff διαστάσεων 1112x1123 pixels στα 32-bit. Επίσης δόθηκε η παρουσίαση που έκανε η εταιρεία σε συνέδριο στην Μυτιλήνη του οργάνου Πολυδесμικός Ηχοβολιστής, η οποία περιέχει τα απαραίτητα στοιχεία του οργάνου με το οποίο συλλέχθηκαν τα στοιχεία για το ψηφιακό μοντέλο εδάφους καθώς και στοιχεία για το ψηφιακό μοντέλο εδάφους τα οποία συντέλεσαν τόσο στην αρχική φωτοερμηνεία της εικόνας όσο και στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας.



Εικόνα 42 Τμήματα διαγράμματος φωτοσκιασμένης μορφολογικής απεικόνισης (shaded relief) του ΨΜΕ της περιοχής Ρίου Αντίρριου. **ιδιοκτησία-παραχώρηση: akti engineering**

Για την περιοχή του στενού του Καφηρέα ανάμεσα στα νησιά Άνδρος Εύβοια παραχωρήθηκαν ψηφιακό μοντέλο εδάφους σε μορφή αρχείου .grd (Surfer Grid) και απεικόνιση του σε shaded relief σε μορφή .tiff διαστάσεων 1508x1052 pixels στα 32-bit.



Εικόνα 43 Τμήματα διαγράμματος φωτοσκιασμένης μορφολογικής απεικόνισης (shaded relief) του ΨΜΕ της περιοχής Εύβοια-Άνδρος, Πορθμός Καφηρέα. **ιδιοκτησία-παραχώρηση: akti engineering**

3.1.1 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους

Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους Ρίου Αντίρριου απεικονίζει ζώνη 650 μέτρων εγκάρσια του στενού Ρίο Αντίρριο με ανάλυση 2.5x2.5 μέτρα.



Εικόνα 44: Τμήματα του αρχικού ψηφιακού μοντέλου εδάφους του στενού του Ρίου Αντίρριου όπως παραχωρήθηκε από την εταιρία **akti engineering** σε περιβάλλον ERDAS Imagine και μορφή Erdas Imagine Images (img)

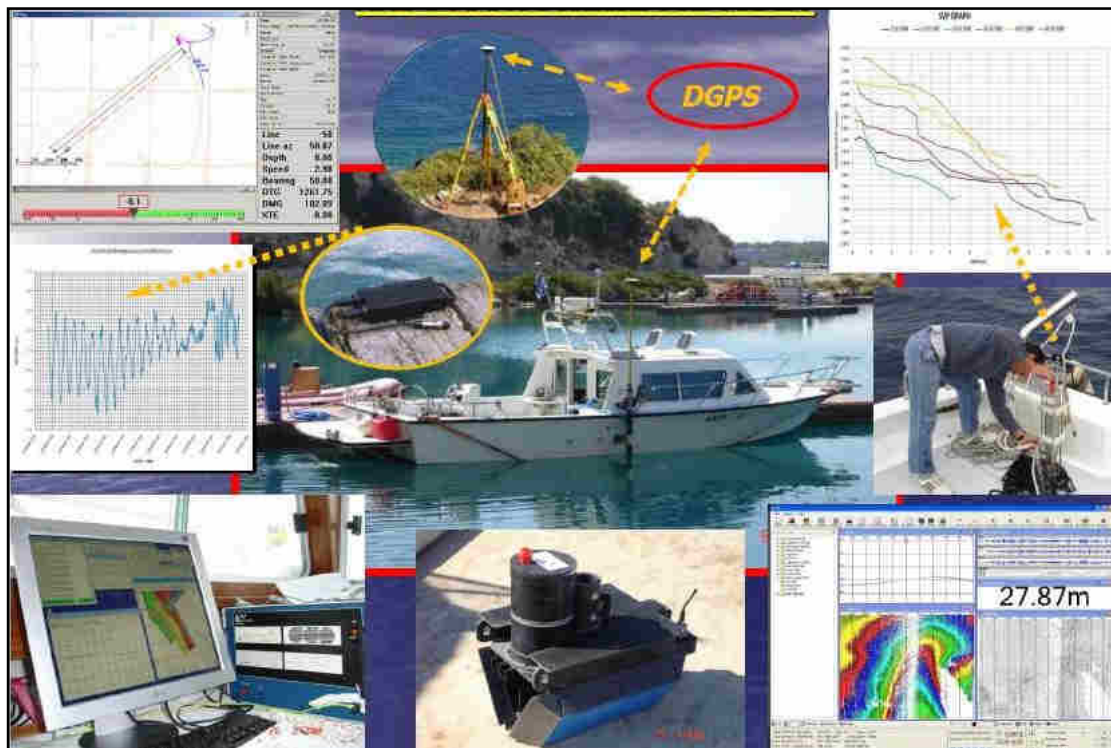
Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους του στενού του Καφηρέα απεικονίζει ζώνη ανάμεσα στα νησιά Άνδρος και Εύβοια με ανάλυση 10x10 μέτρα.



Εικόνα 45 Τμήματα του αρχικού ψηφιακού μοντέλου εδάφους του στενού Καφηρέα- Κάβο Νίτρο όπως παραχωρήθηκε από την εταιρία **akti engineering** σε περιβάλλον ERDAS Imagine και μορφή Erdas Imagine Images (img)

3.1.2 Όργανα της Εταιρίας – ο Πολυδεσμικός Ηχοβολιστής

Ο πολυδεσμικός Ηχοβολιστής ή αλλιώς Multi-beam Echo Sounder (MBES) αποτελεί ένα εργαλείο χαρτογράφησης παράκτιων περιοχών και εγκαταστάσεων τους. Χρησιμοποιείται σε πληθώρα εφαρμογών με θαλάσσιο και παράκτιο υπόβαθρο όπως οι χαρτογραφήσεις παράκτιων περιοχών για σκοπούς όπως σύνταξη ναυτικών χαρτών, η εξερεύνηση και μελέτη των φυσικών διεργασιών στην παράκτια ζώνη καθώς και σε μελέτες κατασκευής και παρακολούθησης θαλάσσιων τεχνικών έργων (Παλαιοκρασσάς κ.α).



Εικόνα 46: AKTI II μια ολοκληρωμένη μονάδα χαρτογράφησης με MBES ιδιοκτησία-παραχώρηση: akti engineering

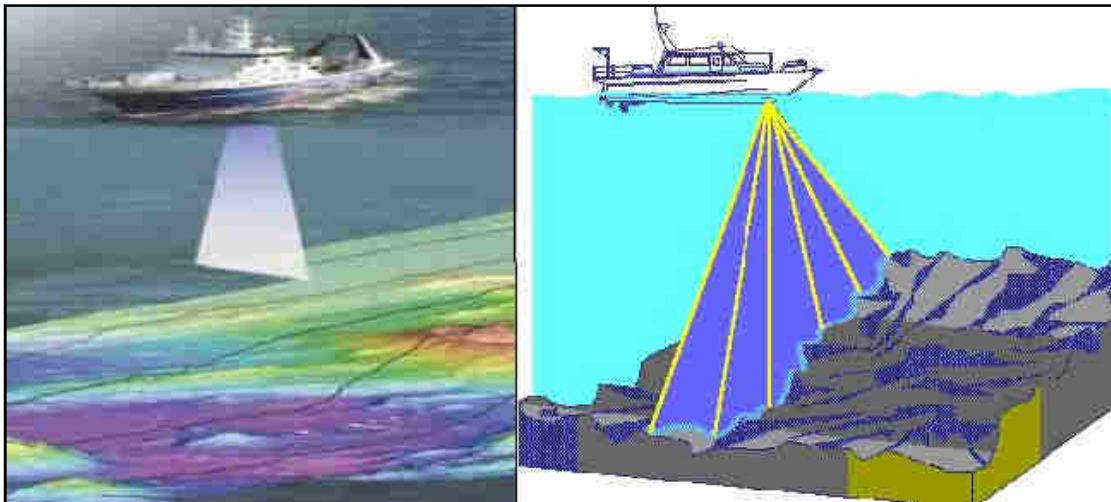
Πρόκειται για ένα σύστημα Sonar, η λειτουργία του οποίου βασίζεται στην εκπομπή ηχητικών παλμών σε συνεχόμενες, συνεπίπεδες και πολύ λεπτές δέσμες σε σχήμα βεντάλιας από ειδικούς πομπούς (Εικόνα 47). Η βεντάλια έχει πάχος τυπικά 1.5° κατά τον διαμήκη άξονα ενώ το εγκάρσιο άνοιγμα της ποικίλει από 90° έως και 180° . Οι δέσμες αυτές τέμνουν τον πυθμένα, δημιουργώντας διατομές εγκάρσιες στην πορεία του σκάφους φορέα σε ζώνες σάρωσης. Το εύρος των ζωνών σάρωσης είναι συνήθως 4-7 φορές πολλαπλάσια του βάθους της περιοχής και καλύπτεται πλήρως από βυθομετρικές μετρήσεις. Η εκπομπή επαναλαμβάνεται πολλές φορές ανά δευτερόλεπτο με συχνότητα που εξαρτάται από το βάθος επιτυγχάνοντας 100% κάλυψη του πυθμένα ενώ το σκάφος κινείται σε προκαθορισμένη γραμμή πλεύσης. Έτσι μέσω παράλληλων γραμμών πλεύσης με επικαλυπτόμενες ζώνες ηχοβολισμού επιτυγχάνεται η πλήρης βυθομετρική/μορφολογική αποτύπωση του θαλάσσιου πυθμένα (Παλαιοκρασσάς κ.α).

Ο MBES χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με επιπλέον βοηθητικά όργανα όπως διαφορικό GPS (Differential GPS), γυροσκοπικές πυξίδες (Gyro compass) κτλ (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-Πίνακας Π3) προκειμένου να επιτευχθεί χωροθέτηση ακριβείας της κάθε ηχοβολιστικής μέτρησης σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς. Με τη χρήση αυτών των βοηθητικών συστημάτων καθίσταται δυνατός ο απόλυτος εντοπισμός της θέσης, ο ακριβής προσανατολισμός και ο προσδιορισμός της τροχιάς της ηχητικής δέσμης κατά την διάρκεια του κάθε ηχοβολισμού (Παλαιοκρασσάς κ.α).

Μέσω της μεγάλης πυκνότητας των ηχοβολιστικών μετρήσεων του MBES και της υψηλής ακρίβειας χωροθέτησης τους επιτυγχάνεται η σχεδόν «φωτογραφική» αποτύπωση της μορφολογίας του βυθού. Οι μετρήσεις του MBES προσφέρουν τα ακόλουθα δύο είδη πληροφορίας: αρχεία με την χωρική γεωαναφερόμενη θέση των μετρημένων σημείων της επιφάνειας του πυθμένα (βαθυμετρία) και αρχεία με μέτρηση του πλάτους του ανακλώμενου σήματος από κάθε ηχοβολιζόμενο σημείο. Οι πληροφορίες αυτές υφίστανται την κατάλληλη επεξεργασία και αφού κωδικοποιηθούν σε υψηλής ανάλυσης ψηφιακά χωροθετημένα μοντέλα του πυθμένα (DEMs) παρέχουν χαρτογραφικά προϊόντα όπως

- λεπτομερείς χάρτες βυθομετρίας,
- τρισδιάστατες απεικονίσεις της μορφολογίας του πυθμένα
- ψευδό-τρειςδιάστατες φωτοσκιασμένες απεικονίσεις του ανάγλυφου του πυθμένα με χρήση A-M ή έγχρωμο φάσματος (shaded-relief - Εικόνα 42)
- χάρτες ηχητικής ανακλαστικότητας του πυθμένα

Όλα τα προϊόντα του MBES μπορούν χωρικά να συνδυαστούν μεταξύ τους ή και με άλλα διαθέσιμα δεδομένα από βάσεις δεδομένων σε μορφές raster ή vector προκειμένου να δημιουργήσουν σύνθετα χαρτογραφικά προϊόντα. (Παλαιοκρασσάς κ.α)



Εικόνα 47: Παράδειγμα εκπομπής ηχητικών παλμών από MBES πηγή: <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=11803>

3.2 ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

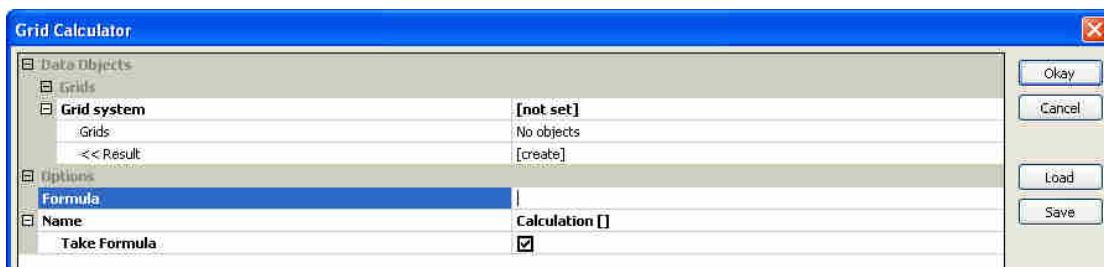
3.2.1 Μετατροπή Τύπου Δεδομένων και Κατάτμηση

Προκειμένου να γίνει δυνατή η εισαγωγή των δεδομένων στη δοκιμαστική έκδοση του λογισμικού eCognition Demo 2.1 πρέπει τα 32-bit grd ψηφιακά μοντέλα εδάφους να μετατραπούν σε 16-bit συμβατή μορφή με το λογισμικό (img, tiff κτλ) καθώς και οι διαστάσεις τους να μην ξεπερνούν τα 1023x1023 εικονοστοιχεία. Για τις μετατροπές-διαδικασίες αυτές χρησιμοποιήθηκαν το ελεύθερο λογισμικό SAGA-GIS (www.saga-gis.org) και το λογισμικό ERDAS Imagine (www.erdas.com).

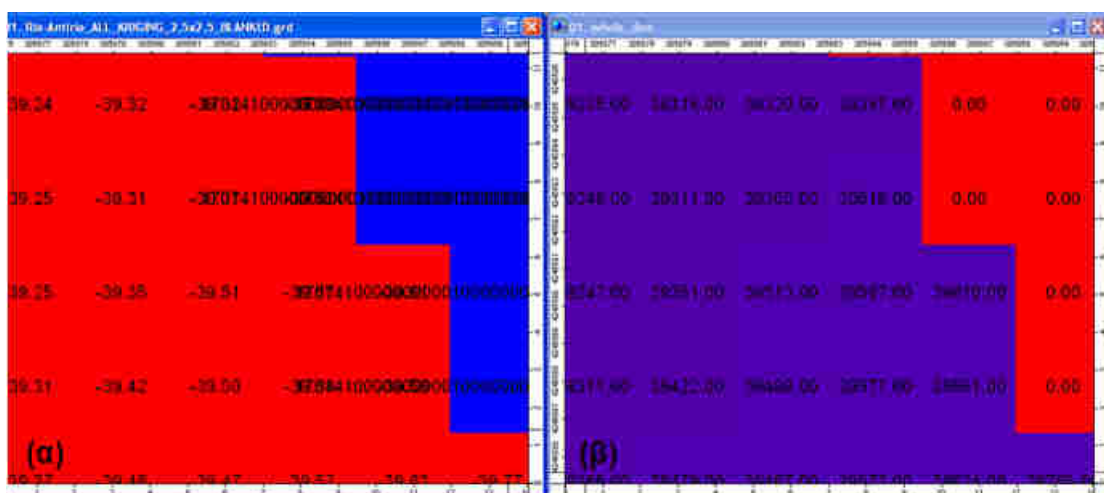
Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους Στενό Ρίο Αντίρριο

Αρχικά στο SAGA-GIS εισήχθη το ψηφιακό μοντέλο εδάφους σε μορφή grd (Surfer Grid). Όπως φαίνεται στην Εικόνα 49α οι τιμές του κάθε rixel που ανήκουν στο τμήμα του ΨΜΕ που αντιστοιχεί στον πυθμένα είναι αρνητικές (κόκκινο χρώμα) καθώς αντιπροσωπεύουν το βάθος, επίσης η τιμή που παίρνουν τα rixel που ανήκουν στο υπόβαθρο της εικόνας (μπλε) είναι 10^{22} . Δοκιμάζοντας εξαγωγή σε 16-bit img με τις δεδομένες τιμές το αποτέλεσμα είναι κάθε εικονοστοιχείο να παίρνει την τιμή 0 καθώς ο αλγόριθμος στρογγυλοποιεί προς τα πάνω στον πρώτο θετικό ακέραιο, άρα στο μηδέν για τις αρνητικές τιμές. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το λογισμικό SAGA-GIS παρέχει τη δυνατότητα πολλαπλασιασμού όλων των εικονοστοιχείων με κάποιο αριθμό (Εικόνα 48). Στην παρούσα περίπτωση το αρχικό ΨΜΕ θα πολλαπλασιαστεί με το -1000 προκειμένου να γίνουν θετικές οι τιμές αλλά και να διατηρηθεί ικανοποιητική πληροφορία στο εξαγόμενο. Να σημειωθεί ότι η υψομετρική πληροφορία που παρέχεται από το ΨΜΕ έχει συνολικά 12 ψηφία μετά την υποδιαστολή παρόλο που αυτά δεν εμφανίζονται πχ η

πραγματική τιμή είναι -64.136773016482 μέτρα ενώ στο παράθυρο εμφανίζεται -64.14. Η λεπτομέρεια αυτή παραμένει όταν εισάγεται στο λογισμικό απλά δεν εμφανίζεται. Αν πολλαπλασιάσαμε απλά με -1 τότε κάποια εικονοστοιχεία με τιμές -39.32... και -39.41... θα εμφανιζόταν στο εξαγόμενο ως 40 δημιουργώντας έτσι μια ανεπιθύμητη γενίκευση, πολλαπλασιάζοντας όμως με -1000 θα δώσουν 39321 και 39412 κάνοντας τον διαχωρισμό τους πιο εύκολο ενώ παράλληλα διατηρείται η κατάλληλη ποσότητα πληροφορίας χωρίς να παρουσιάζεται υπερβολή (Πίνακας 1). Επίσης μέσω ειδικού αλγόριθμου (module) του λογισμικού αντικαθίσταται η τιμή των ρίχει του υπόβαθρου με 0. (Εικόνα 49β).



Εικόνα 48 Το module Grid Calculator. Στο πεδίο Grids ο χρήστης επιλέγει τα grids που θα χρησιμοποιηθούν στον υπολογισμό ενώ στο πεδίο formula εισάγει την επιθυμητή αριθμητική συνάρτηση.



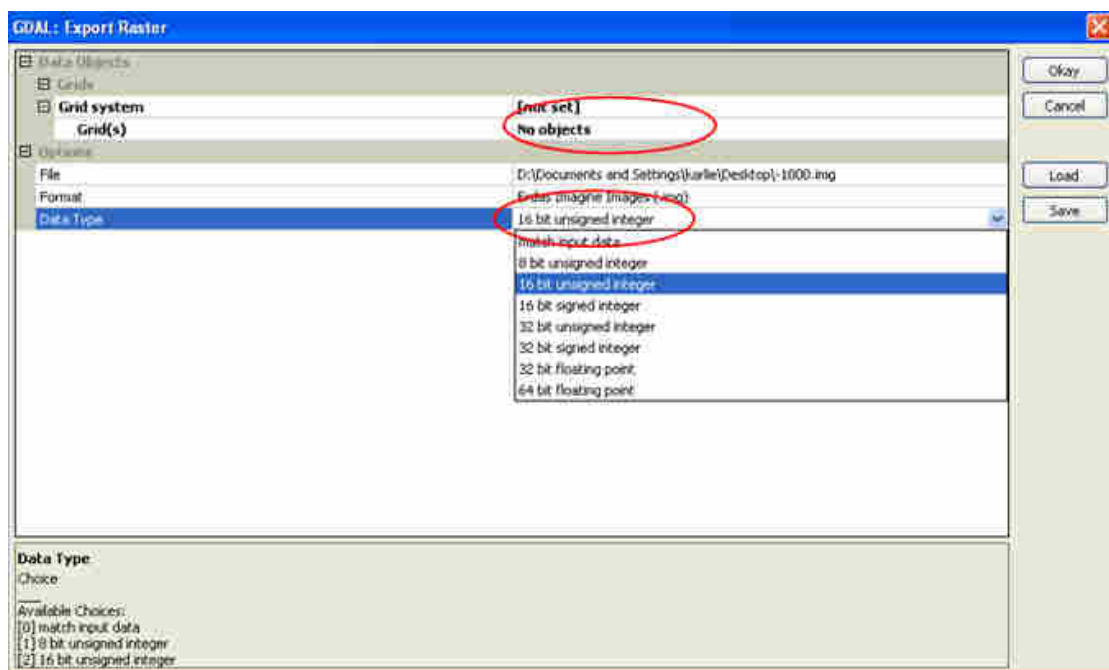
Εικόνα 49 Επεξεργασία των τιμών του αρχικού ψμε μέσω των modules του SAGA-GIS, Grid calculator και Change grid values. (α)πριν την εφαρμογή σε μορφή grd και (β) μετά την εφαρμογή σε μορφή img.
Παραχώρηση ΨΜΕ akti engineering

Αρχική τιμή pixel (όπως εμφανίζεται στο περιβάλλον του SAGA-GIS)	Τιμή στο εξαγόμενο img μετά από εφαρμογή του Module: Grid calculator			
	x (-1)	x (-10)	x (-100)	x (-1000)
-64,33...	64	643	6433	64333
-64,14...	64	641	6414	64137
-64,28...	64	643	6428	64285
-64,35...	64	643	6435	64347
-64,35...	64	643	6435	64346

64,285 μέτρα ή 64285 χιλιοστά περαιτέρω πληροφορία – λεπτομέρεια κρίνεται περιττή

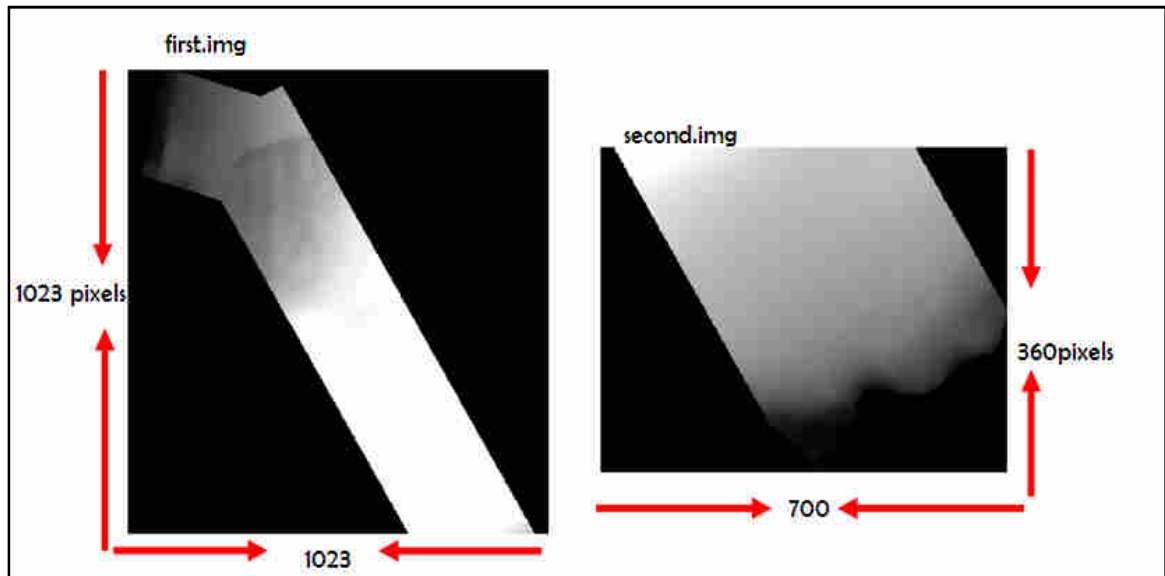
Πίνακας 1 Πως επηρεάζεται η ακρίβεια της υψομετρικής πληροφορίας πολλαπλασιάζοντας με διάφορους συντελεστές και εξαγοντας σε μορφή img. Με χρώμα σημειώνονται οι τιμές οι οποίες ενώ στην ουσία διαφέρουν- όπως φαίνεται στην τελευταία στήλη- όταν πολλαπλασιαστούν με τον εκάστοτε συντελεστή εξαγονται στην τελική απεικόνιση σαν όμοιες. Αντίθετα με τον συντελεστή -1000 γίνεται εφικτός ο διαχωρισμός τους σε ικανό επίπεδο λεπτομέρειας.

Ακολούθως εξάγεται σε μορφή img - 16bit unsigned integer μέσω του module GDAL:Export Raster (Εικόνα 50).



Εικόνα 50 Το module GDAL :Export Raster του SAGA-GIS. Σημειώνονται οι επιλογές που αφορούν στον τύπο του αρχείου που θα εξαχθεί.

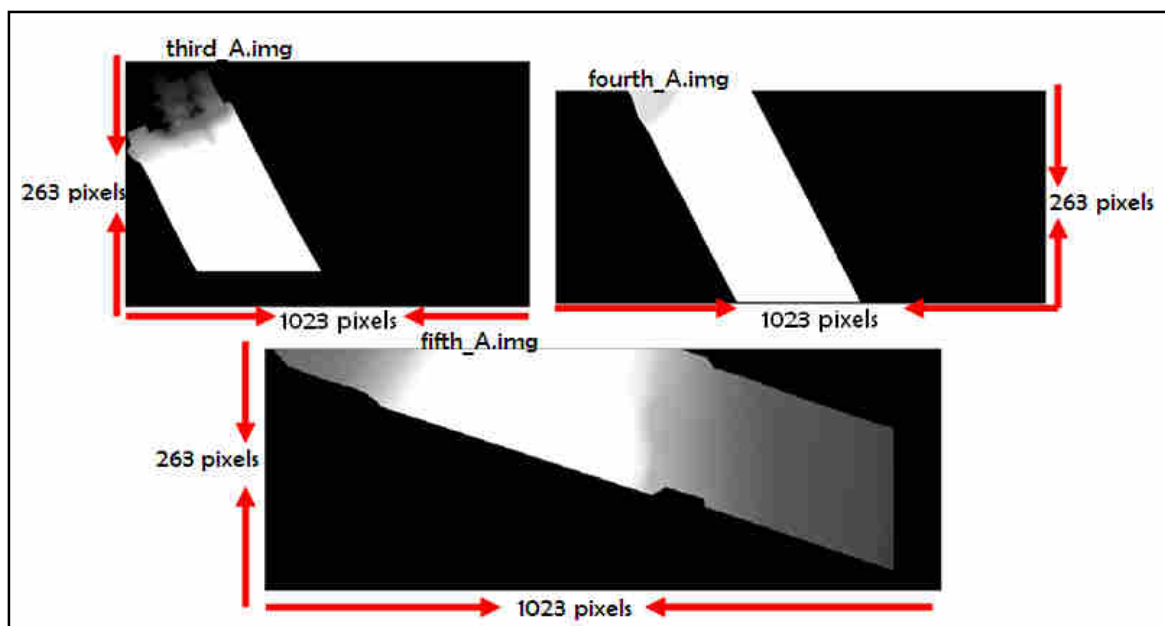
Το αρχείο που δημιουργείται από αυτήν την διαδικασία ονομάζεται **whole.img**. Το αρχείο αυτό εισάγεται στο ERDAS Imagine (Εικόνα Π7) και διαιρείται σε 2 επιμέρους εικόνες με τις κατάλληλες διαστάσεις προκειμένου να γίνει δυνατή η εισαγωγή και επεξεργασία τους στο λογισμικό αντικειμενοστραφούς ανάλυσης eCognition2.1. Προκύπτουν έτσι δυο επιμέρους απεικονίσεις η **first.img** με διαστάσεις 1023x1023pixels και η **second.img** με 700x360pixels. (Εικόνα 51)



Εικόνα 51 Τα δυο τελικά αρχεία img που προκύπτουν μετά την κατάτμηση. (Ρίο Αντίρριο) *Παραχώρηση DEM: akti engineering*

Ψηφιακό Μοντέλο εδάφους Στενό Καφηρέα- Κάβο Ντόρο

Η ίδια διαδικασία εκτελέστηκε και για το δεύτερο ψηφιακό μοντέλο εδάφους με τις εξής διαφορές: οι τιμές πολλαπλασιάστηκαν με -100 αντί για -1000 και στο τέλος αποσπιάστηκαν 3 επιμέρους απεικονίσεις διαφορετικών διαστάσεων οι οποίες ονομάστηκαν **third_A.img**, **fourth_A.img** και **fifth_A.img** (το A υποδηλώνει Άνδρο δηλαδή το στενό Καφηρέα). (Εικόνα 52)



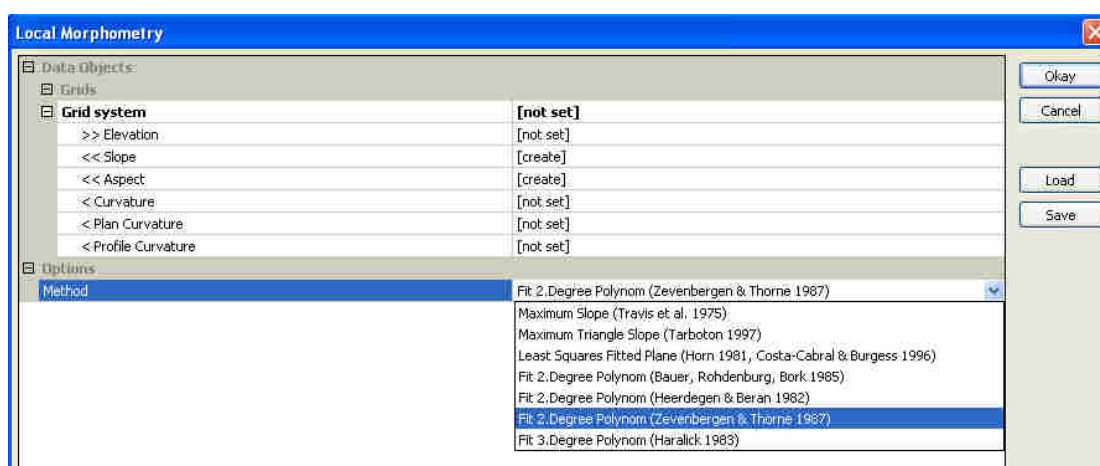
Εικόνα 52 Τα τρία τελικά αρχεία img που προκύπτουν μετά την κατάτμηση. (Καφηρέα- Κάβο Ντόρο) *Παραχώρηση DEM: akti engineering*

3.2.2 Δημιουργία Παραγώγων Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

Αναφέρθηκαν και επεξηγήθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο τα παράγωγα ψηφιακών μοντέλων εδάφους, *slope-gradient*, *slope-aspect*, *θετικό openness-Morphometric Protection Index* τα οποία θα δημιουργηθούν στην παρούσα ενότητα με τη βοήθεια του λογισμικού SAGA-GIS και με χρήση των αρχείων 32-bit Surfer grids (grd) όπως παραχωρήθηκε από την εταιρία akti engineering.

Slope gradient και aspect

Μέσω του ειδικού αλγορίθμου (module: Local Morphometry) (Εικόνα 53) και σύμφωνα με τους Zevenbergen & Thorne (1987) υπολογίζονται τα 2 παράγωγα.

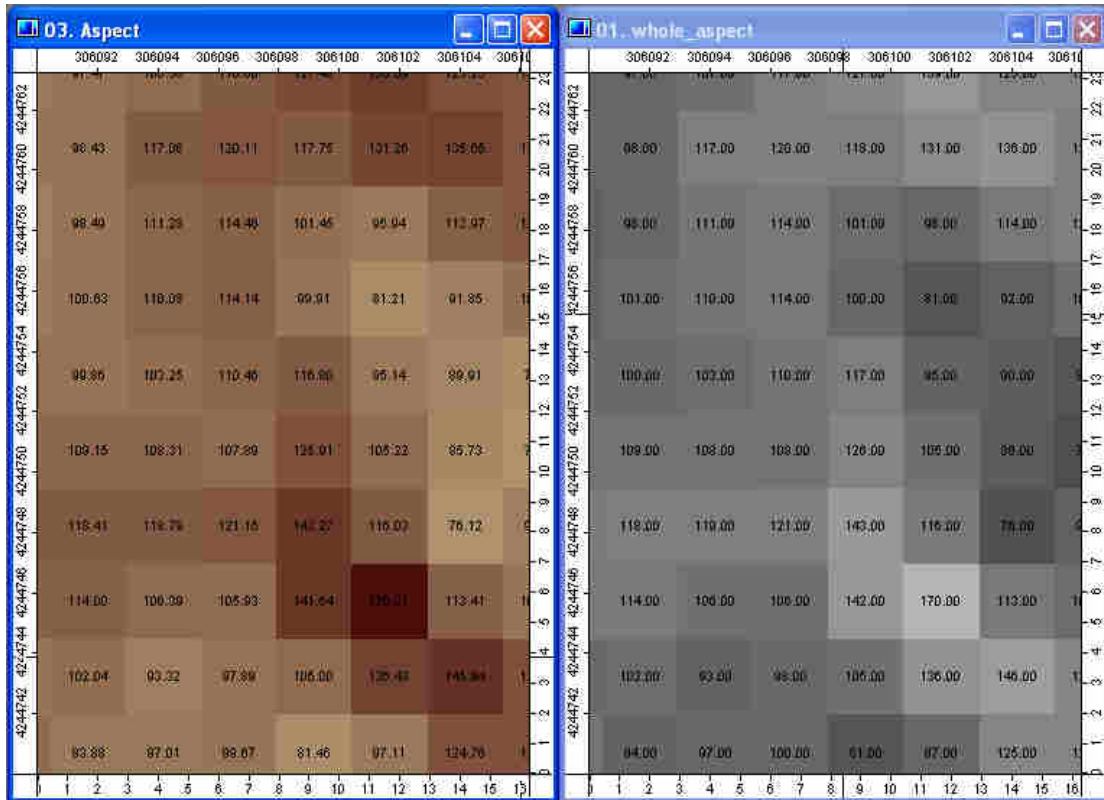


Εικόνα 53 Το παράθυρο του module Local Morphometry. Παρατηρείται δυνατότητα επιλογής μεθόδου υπολογισμού της κλίσης καθώς και άλλων παραγώγων ψμε, όπως curvature κ.α.

Μέσω του module GDAL :Export Raster (Εικόνα 50) εξαγοντας τα δυο παράγωγα, τα rixel στην μορφή img παίρνουν τιμές σε ακτίνια. Χρησιμοποιείται το module: Grid Calculator πολλαπλασιάζοντας με 57,2957795, μετατρέποντας τα εικονοστοιχεία των εξαγόμενων slope gradient και aspect σε μοίρες. Επιπλέον στο slope-gradient με το ίδιο module πολλαπλασιάζουμε και με 100 προκειμένου να αυξήσουμε την πληροφορία-λεπτομέρεια.

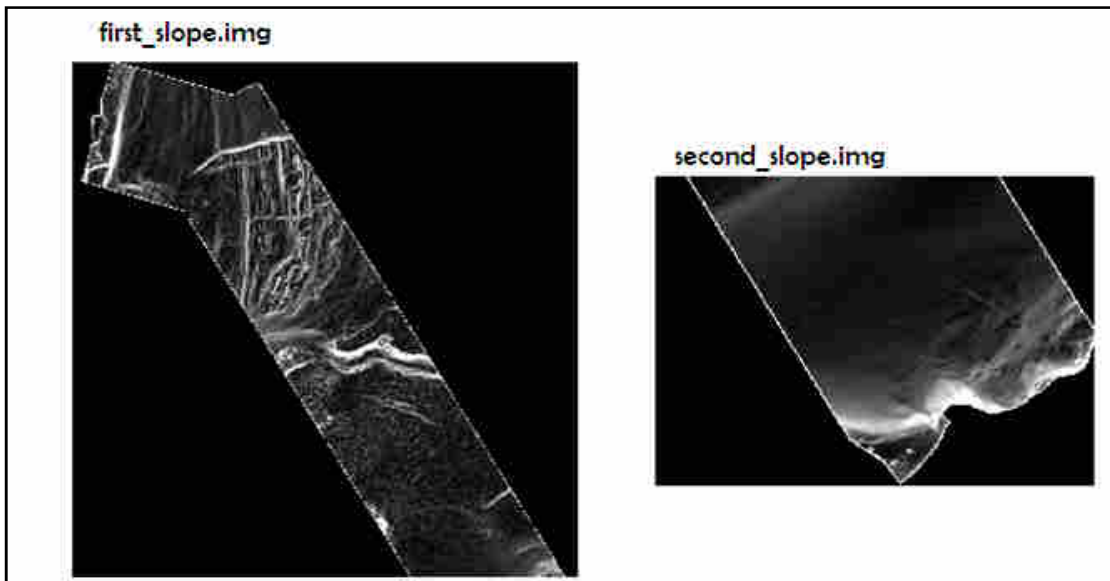


Εικόνα 54 Τμήμα του slope-gradient πριν και μετά την εφαρμογή των modules: Grid Calculator. Αριστερά εμφανίζεται η απεικόνιση slope-gradient όπως ακριβώς είναι αμέσως μετά την εφαρμογή του module υπολογισμού της κλίσης ενώ δεξιά είναι το τελικό εξαγόμενο img. **Παραχώρηση DEM: akti engineering**

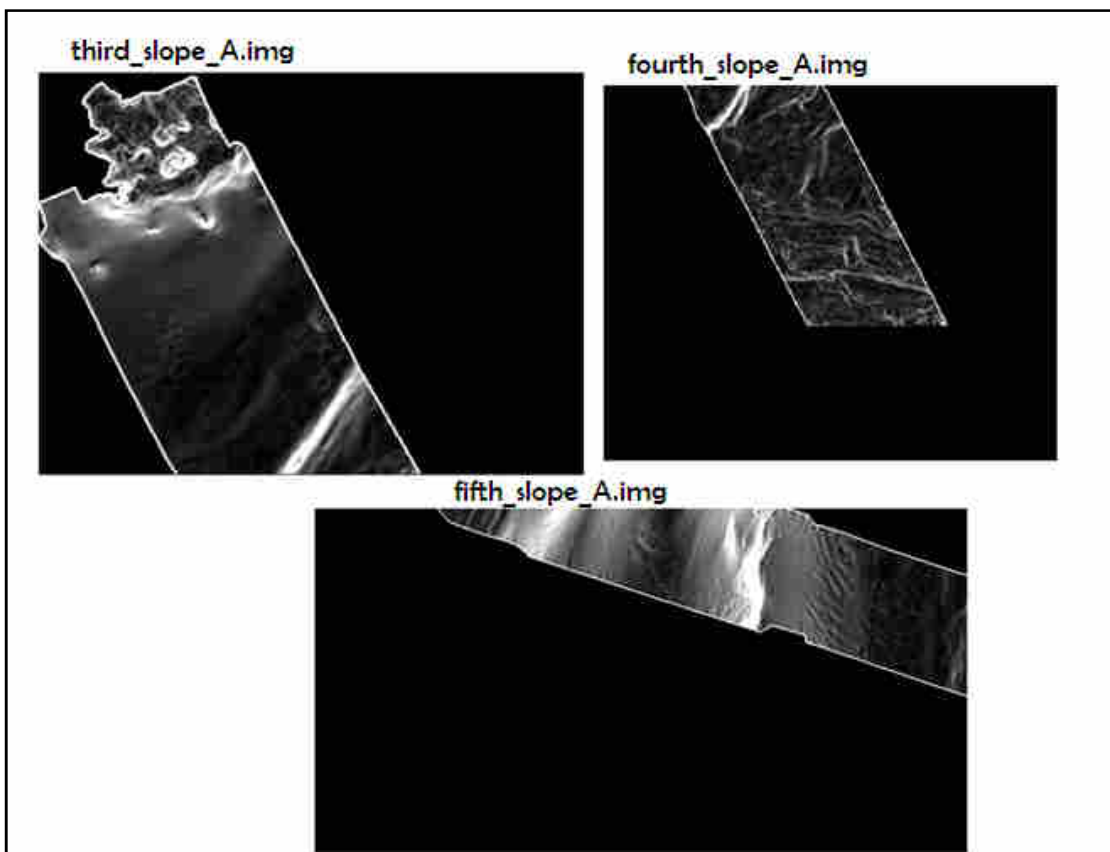


Εικόνα 55 Τμήμα του slope-aspect πριν και μετά την εφαρμογή των modules: Grid Calculator. Αριστερά εμφανίζεται η απεικόνιση slope-aspect όπως ακριβώς είναι αμέσως μετά την εφαρμογή του module υπολογισμού της κλίσης ενώ δεξιά είναι το τελικό εξαγόμενο img. *Παραχώρηση DEM: akti engineering*

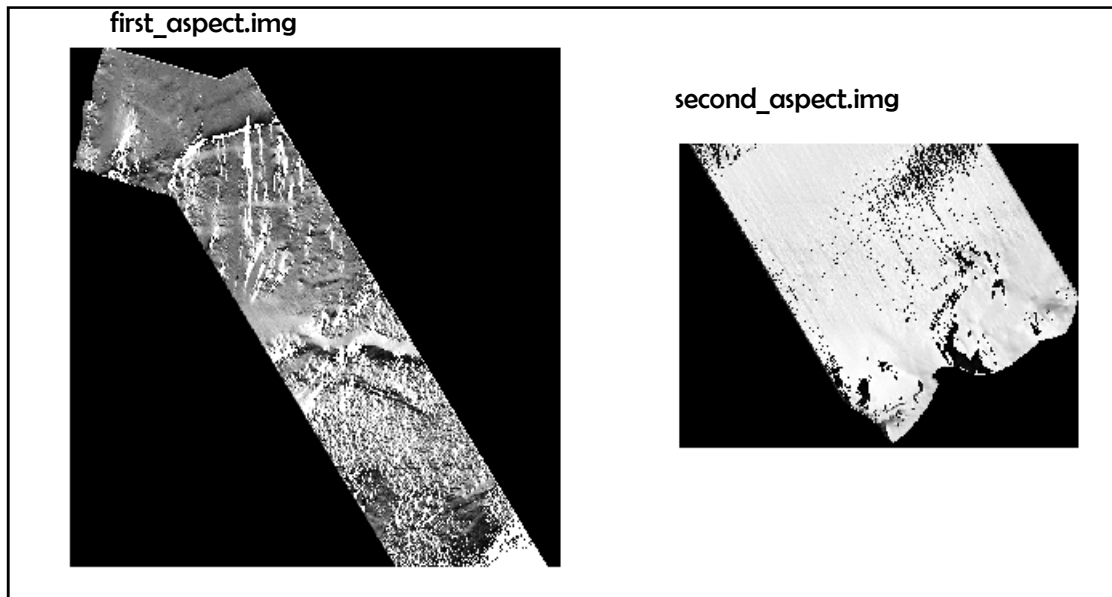
Τα τελικά εξαγόμενα αρχεία ονομάζονται **whole_aspect.img** και **whole_slope.img**, δύο για κάθε ψμε. Ακολούθως εισάγονται στο λογισμικό ERDAS Imagine προκειμένου να καταμηθούν ακριβώς όπως στην προηγούμενη ενότητα. Προκύπτουν έτσι τα τελικά αρχεία που θα χρησιμοποιηθούν κατά την εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης, τα **first_aspect.img**, **second_aspect.img**, **third_aspect_A.img**, **fourth_aspect_A.img**, **fifth_aspect_A.img** και **first_slope.img**, **second_slope.img**, **third_slope_A.img**, **fourth_slope_A.img**, **fifth_slope_A.img** (Εικόνα 56, Εικόνα 57, Εικόνα 58 και Εικόνα 59)



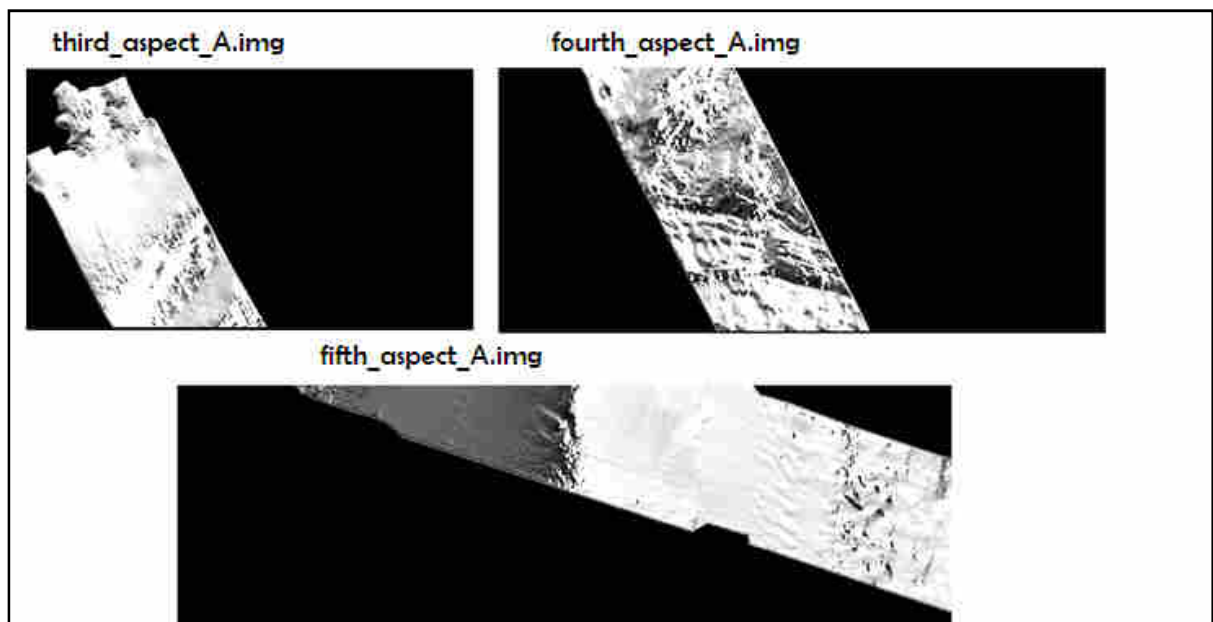
Εικόνα 56 Τα δυο τελικά αρχεία slope που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Ρίο Αντίρριο) *Παραχώρηση DEM: akti engineering*



Εικόνα 57 Τα τρία τελικά αρχεία slope που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Άνδρος- Εύβοια) *Παραχώρηση DEM: akti engineering*



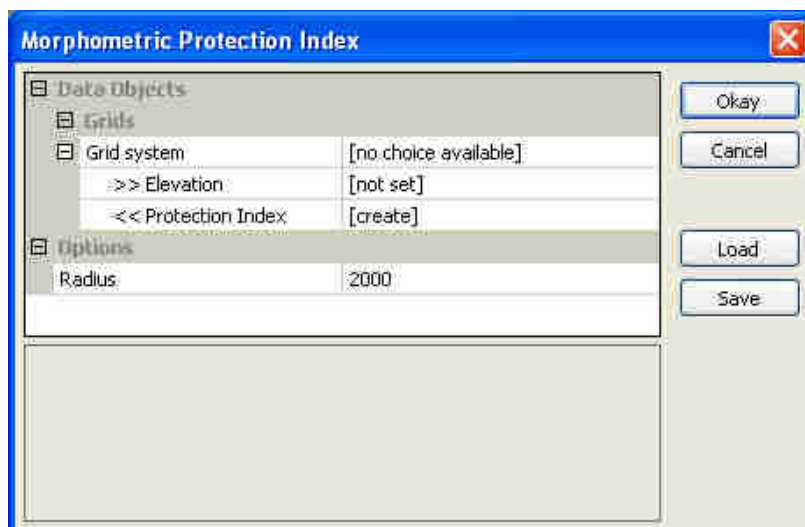
Εικόνα 58 Τα δυο τελικά αρχεία aspect που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Ρίο Αντίρριο). *Παραχώρηση DEM: akti engineering*



Εικόνα 59 Τα τρία τελικά αρχεία aspect που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Ανδρος- Εύβοια) *Παραχώρηση DEM: akti engineering*

Morphometric Protection Index-Θετικό Openness

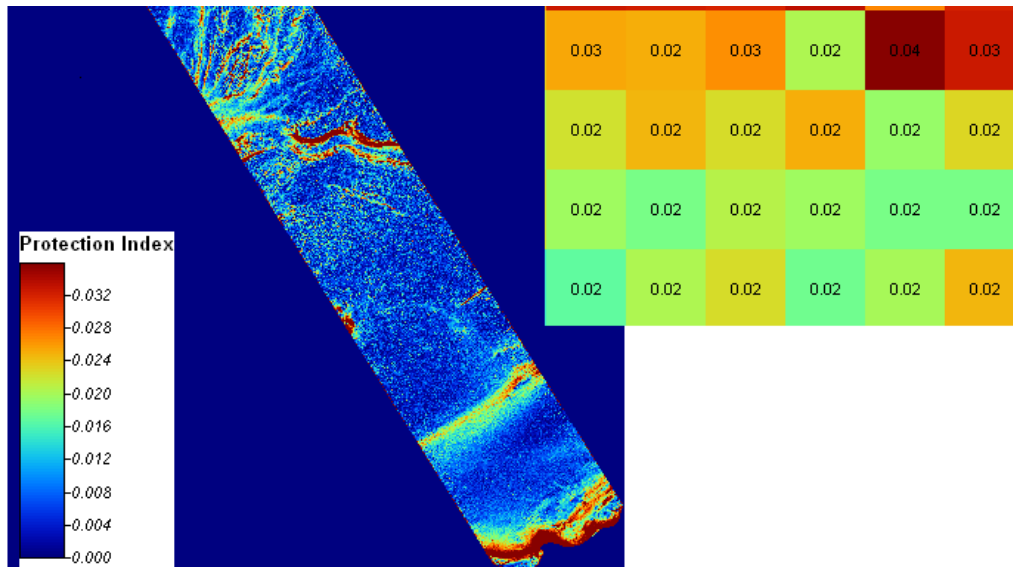
Μέσω του ειδικού αλγορίθμου (module: Morphometric Protection Index) (Εικόνα 60) και σύμφωνα με τους Yokoyama, Shirasawa και Pike (2002) υπολογίζονται τα 2 παράγωγα, ένα για κάθε dem.



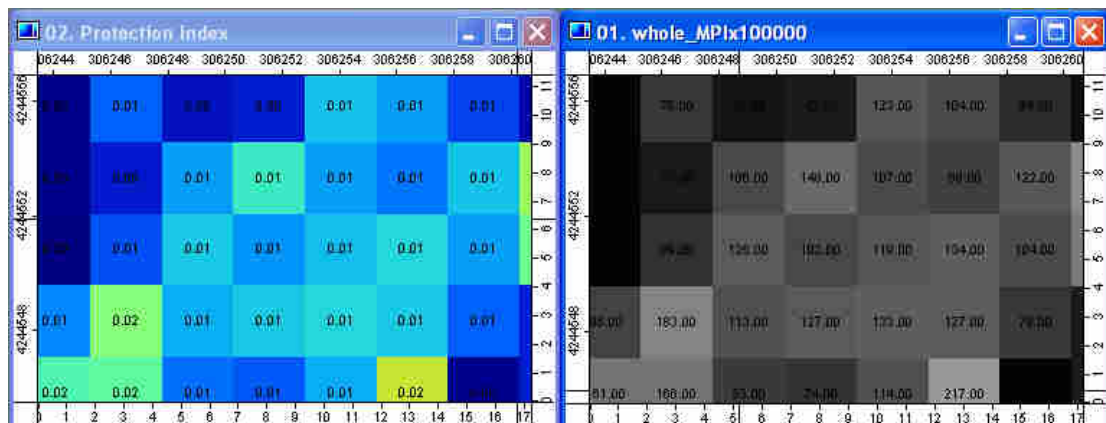
Εικόνα 60 Το module Morphometric Protection Index. Στο πεδίο Grids ο χρήστης επιλέγει τα grids που θα χρησιμοποιηθούν στον υπολογισμό ενώ στο πεδίο Radius εισάγει την επιθυμητή ακτίνα (απόσταση L- παρ. 2.3.2).

Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως (παρ. 2.3.2) η απόσταση L, η οποία στο παράθυρο του module αναφέρεται ως radius, παίζει πρωταρχικό ρόλο στην τελική απεικόνιση και συνδέεται άμεσα με την ευκρίνεια-ανάλυση των δεδομένων. Με τα παρόντα δεδομένα, διακριτικής ικανότητας 2,5x2,5 μέτρα και 10x10 μέτρα, και επιθυμώντας να διακριθούν ακόμα και τα πιο μικρά χαρακτηριστικά του ανάγλυφου, επιλέγεται ως L=2.5 για το DEM Ρίου Αντιρρίου και L=10 για το DEM Άνδρου-Εύβοιας.

Το αποτέλεσμα της εφαρμογής του αλγορίθμου εμφανίζεται στην Εικόνα 61 για το DEM του Ρίου Αντίρριου. Στην ίδια εικόνα εμφανίζονται και οι τιμές που έχουν αποδοθεί στα εικονοστοιχεία. Επειδή οι τιμές είναι δεκαδικοί αριθμοί και μάλιστα πολύ μικροί, με ενδεχόμενη εξαγωγή σε img οι τιμές που θα αποδοθούν στα εικονοστοιχεία θα είναι είτε 0, είτε 1 είτε 2, στερώντας έτσι πολύτιμη λεπτομέρεια. Συνεπώς θα χρησιμοποιηθεί και πάλι το module: Grid calculator (Εικόνα 48) προκειμένου οι τιμές να πολλαπλασιαστούν με το 10000 για να αυξηθεί η εξαγόμενη λεπτομέρεια. Το εξαγόμενο αρχείο ονομάζεται **wholeMPIx10000.img**.

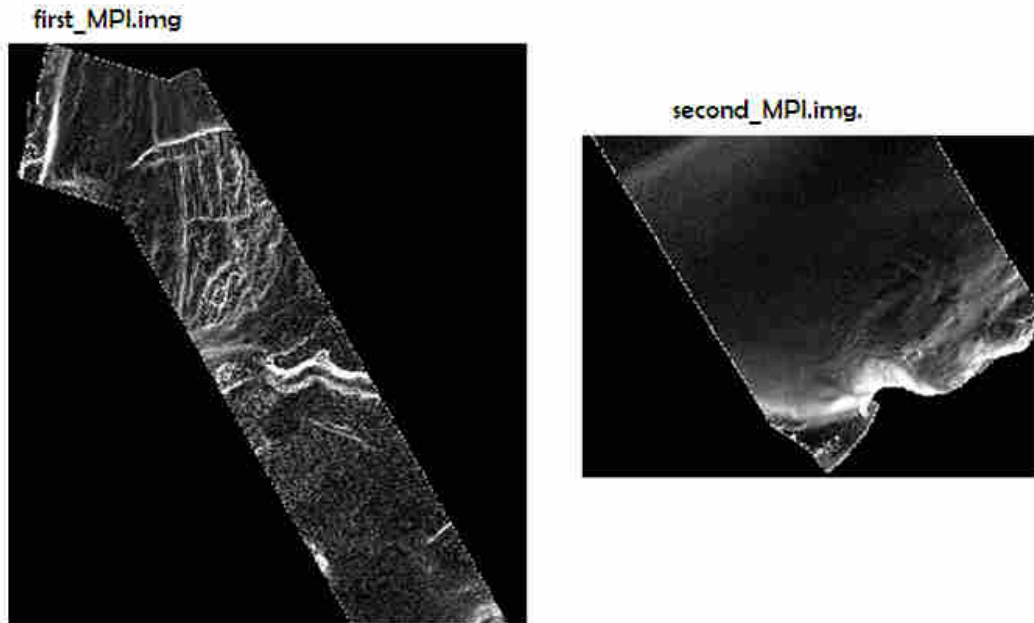


Εικόνα 61 Το παράγωγο Morphometric Protection Index (Ρίο Αντίρριο). Δεξιά εμφανίζεται σε μεγέθυση τμήμα του στο οποίο διακρίνονται οι τιμές που έχουν αποδοθεί στα εικονοστοιχεία. **Παραχώρηση DEM: akti engineering**



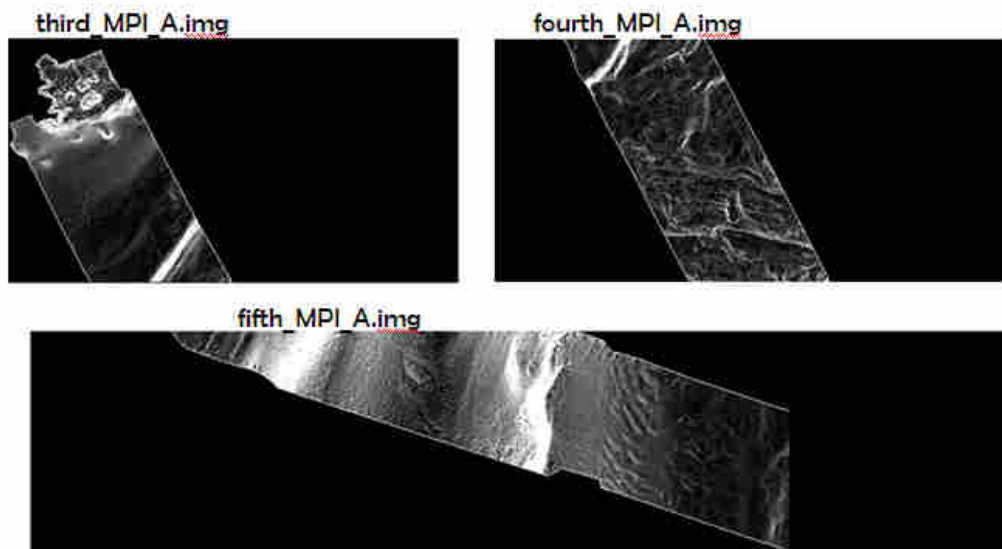
Εικόνα 62 Τμήμα του παραγώγου MPI (Ρίο Αντίρριο) πριν (αριστερά) και μετά την εφαρμογή του module: Grid calculator. Φαίνεται ξεκάθαρα πόση πληροφορία θα χανόταν σε περίπτωση που εξαγόταν αυτούσιο. **Παραχώρηση DEM: akti engineering**

Ακολουθεί κατάτμηση του στο ERDAS Imagine για να προκύψουν τα τελικά αρχεία **first_MPI.img** και **second_MPI.img**. (Εικόνα 63)








Εικόνα 63 Τα δυο τελικά αρχεία Morphometric Protection Index που προκύπτουν μετά την κατάτμηση. (Ρίο Αντίρριο). *Παραχώρηση DEM: akti engineering*

Η ίδια διαδικασία εφαρμόζεται και για το ψηφιακό μοντέλο εδάφους Άνδρος-Εύβοια και με κατάτμηση προκύπτουν τα **third_MPI_A.img**, **fourth_MPI_A.img** και **fifth_MPI_A.img**. (Εικόνα 64)



Εικόνα 64 Τα τρία τελικά αρχεία Morphometric Protection Index που προκύπτουν μετά την κατάτμηση (Άνδρος- Εύβοια) *Παραχώρηση DEM: akti engineering*

Όνομα Αρχείου	Περιοχή Μελέτης- Προέλευσης	ΨΜΕ	Απεικόνιση	Διαστάσεις	Φωτοερμηνεία
first.img	Ρίο Αντίρριο	DEM		1023x1023	Εικόνα 68, Εικόνα 69, Εικόνα 70, Εικόνα 71
second.img	Ρίο Αντίρριο	DEM		700x360	Εικόνα 72
third_A.img	Άνδρος-Εύβοια	DEM		1023x263	Εικόνα 139, Εικόνα 140, Εικόνα 141
fourth_A.img	Άνδρος-Εύβοια	DEM		1023x263	Εικόνα 142, Εικόνα 143
fifth_A.img	Άνδρος-Εύβοια	DEM		1023x263	Εικόνα 144, Εικόνα 145
first_aspect.img	Ρίο Αντίρριο	slope-aspect		1023x1023	-
second_aspect.img	Ρίο Αντίρριο	slope-aspect		700x360	-
third_aspect_A.img	Άνδρος-Εύβοια	slope-aspect		1023x263	-
fourth_aspect_A.img	Άνδρος-Εύβοια	slope-aspect		1023x263	-
fifth_aspect_A.img	Άνδρος-Εύβοια	slope-aspect		1023x263	-
first_slope.img	Ρίο Αντίρριο	slope-gradient		1023x1023	Εικόνα 67,
second_slope.img	Ρίο Αντίρριο	slope-gradient		700x360	-
third_slope_A.img	Άνδρος-Εύβοια	slope-gradient		1023x263	Εικόνα 138
fourth_slope_A.img	Άνδρος-Εύβοια	slope-gradient		1023x263	-
fifth_slope_A.img	Άνδρος-Εύβοια	slope-gradient		1023x263	-
first_MPI.img	Ρίο Αντίρριο	Θετικό openness-Morphometric Protection Index		1023x1023	-
second_MPI.img	Ρίο Αντίρριο	Θετικό openness-Morphometric Protection Index		700x360	-
third_MPI_A.img	Άνδρος-Εύβοια	Θετικό openness-Morphometric Protection Index		1023x263	-
fourth_MPI_A.img	Άνδρος-Εύβοια	Θετικό openness-Morphometric Protection Index		1023x263	-
fifth_MPI_A.img	Άνδρος-Εύβοια	Θετικό openness-Morphometric Protection Index		1023x263	-

Πίνακας 2 Τα τμήματα της απεικόνισης που χρησιμοποιούνται και η φωτοερμηνεία τους.

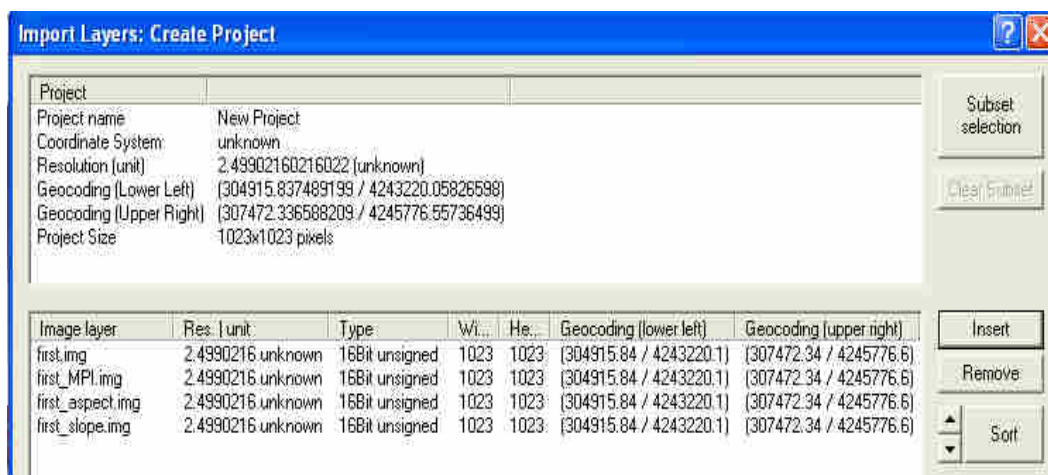
3.3 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Δημιουργούμε στο λογισμικό 5 διαφορετικά projects, ένα για κάθε εικόνα που έχουμε δημιουργήσει μέσω της κατάτμησης στο λογισμικό ERDAS Imagine των αρχικών ψηφιακών μοντέλων εδάφους. Οι πέντε εικόνες μας έχουν τις ονομασίες first έως fifth και τα δημιουργούμενα projects στο λογισμικό θα πάρουν τις ονομασίες **first_project**, **second_project**, **third_project**, **fourth_project** και **fifth_project** αντίστοιχα.

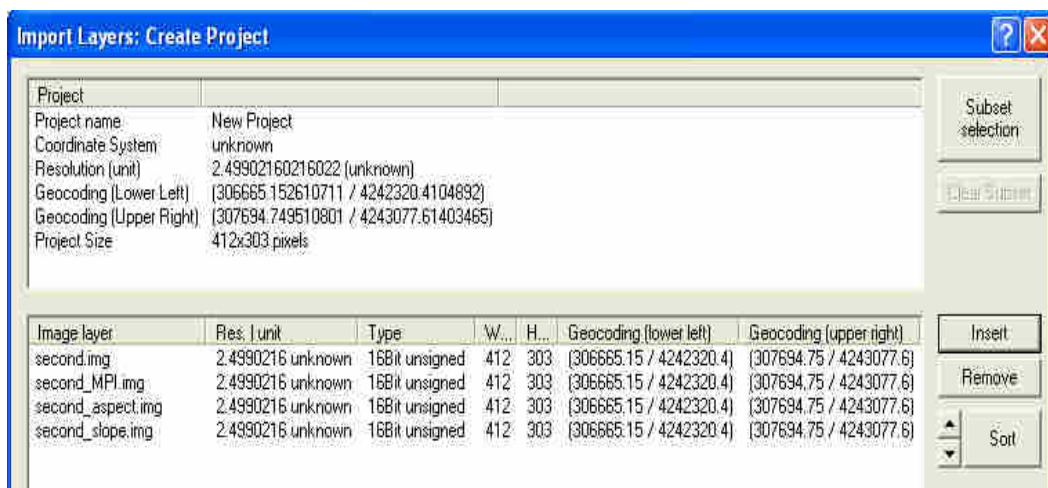
Η αντικειμενοστραφής ανάλυση των υπό μελέτη απεικονίσεων περιλαμβάνει έξι (6) επίπεδα κατάτμησης και ταξινόμησης, εκ των οποίων το τέταρτο (4^ο) και δεύτερο (2^ο) αποτελούν προϊόντα της «κατάτμησης βάσει ταξινόμησης» όπως αυτές υλοποιήθηκαν στο τρίτο (3^ο) και πρώτο (1^ο) αντίστοιχα. Οι κλάσεις που χρησιμοποιούνται σε κάθε project είναι ακριβώς ίδιες για τα τμήματα των ψηφιακών μοντέλων πυθμένα που ανήκουν στο ίδιο αρχικό ψηφιακό μοντέλο πυθμένα, ενώ ανάμεσα στα δυο διαφορετικά ΨΜΕ, Ρίου-Αντίρριου και Άνδρου –Ευβοίας, οι διαφορές είναι πολύ μικρές και αφορούν κυρίως στα ασαφή όρια των κυρτών (convex) και κοίλων (concave) περιοχών στο χαρακτηριστικό (object feature) της μέση τιμής του Morphometric Protection Index (mean MPI) καθώς και σε κάποια όρια του χαρακτηριστικού Area, γεγονός που οφείλεται στις διαφορετικές διακριτικές ικανότητες των μοντέλων. Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιοι αλγόριθμοι κατάτμησης και παρόμοιοι αλγόριθμοι ταξινόμησης για τα δυο ψηφιακά μοντέλα εδάφους προκειμένου να δημιουργηθεί ένας καθολικός αλγόριθμος αναγνώρισης γεωμορφολογικών σχηματισμών πυθμένα και όχι εξειδικευμένοι αλγόριθμοι για το εκάστοτε ψηφιακό μοντέλο εδάφους.

Προτού εισαχθούν τα δεδομένα στο λογισμικό eCognition 2.1 και ξεκινήσει η επεξεργασία τους κρίνεται απαραίτητο να φωτοερμηνευτούν προκειμένου να οριστούν εκ των προτέρων μέχρι κάποιο βαθμό οι κατηγορίες-κλάσεις που θα χρησιμοποιηθούν στο στάδιο της ταξινόμησης. Η φωτοερμηνεία θα διευκολυνθεί με την χρήση πληροφοριών που παραχωρήθηκαν από την εταιρεία, των τεχνητά φωτοσκιασμένων εικόνων (shaded-relief) καθώς και με τη χρήση της παρουσίασης των Παλαιοκρασσά, Τσαβλίρη, Χριστοφόρου και Χασιώτη, η οποία παρουσιάστηκε σε συνέδριο στη Μυτιλήνη και παραχωρήθηκε από την εταιρεία akti engineering αποκλειστικά για την εκπόνηση της παρούσης διπλωματικής. Τονίζεται σε αυτό το σημείο πως **σε αυτήν την φάση της φωτοερμηνείας και με χρήση μόνο shaded relief απεικονίσεων από ψηφιακά μοντέλα εδάφους, τα οποία προήλθαν από χάρτες βυθομετρικής αποτύπωσης, δεν είναι δυνατό να οριστεί απόλυτα αν οι σχηματισμοί της εκάστοτε απεικόνισης είναι κοίλοι, κυρτοί ή και εντελώς επίπεδοι.**

Κατά την επεξεργασία των τμημάτων κάθε ψηφιακού μοντέλου εδάφους εισάγονται στο λογισμικό σαν θεματικά επίπεδα (layers) το αντίστοιχο τμήμα του ΨΜΕ, η απεικόνιση με εφαρμογή του αλγόριθμου slope-gradient, η απεικόνιση με εφαρμογή του αλγόριθμου slope-aspect καθώς και η απεικόνιση με εφαρμογή του αλγόριθμου του θετικού openness- Morphometric Protection Index.



Εικόνα 65 Δημιουργία project της απεικόνισης first με εισαγωγή των αντίστοιχων layers.



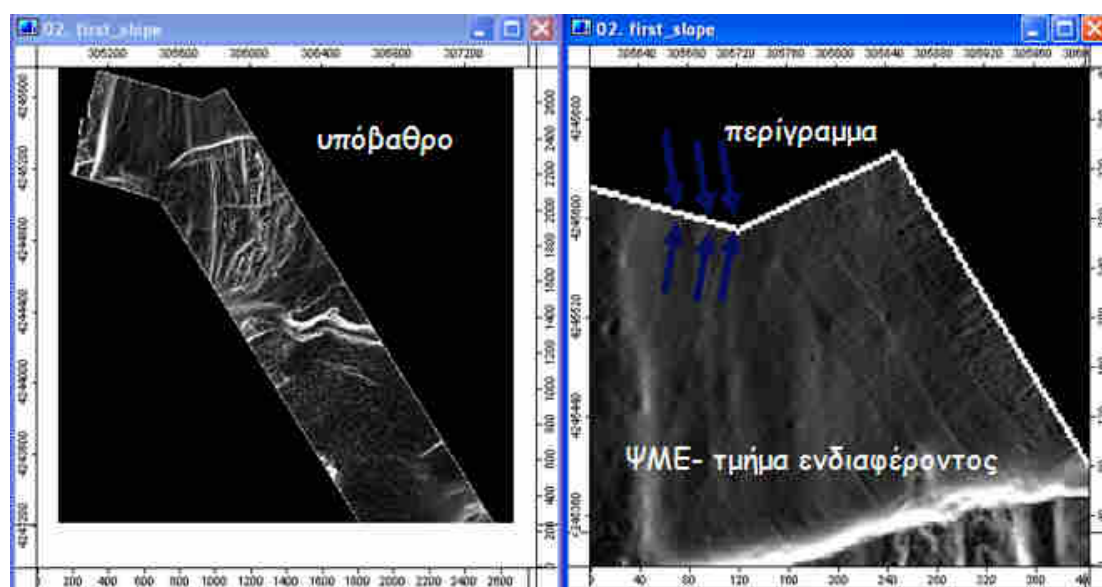
Εικόνα 66 Δημιουργία project της απεικόνισης second με εισαγωγή των αντίστοιχων layers

3.3.1 Υλοποίηση στις Απεικονίσεις Ρίο Αντίρριο

Όπως προαναφέρθηκε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους του πυθμένα στην περιοχή του Ρίου Αντίρριου κατατμήθηκε σε δυο επιμέρους απεικονίσεις.

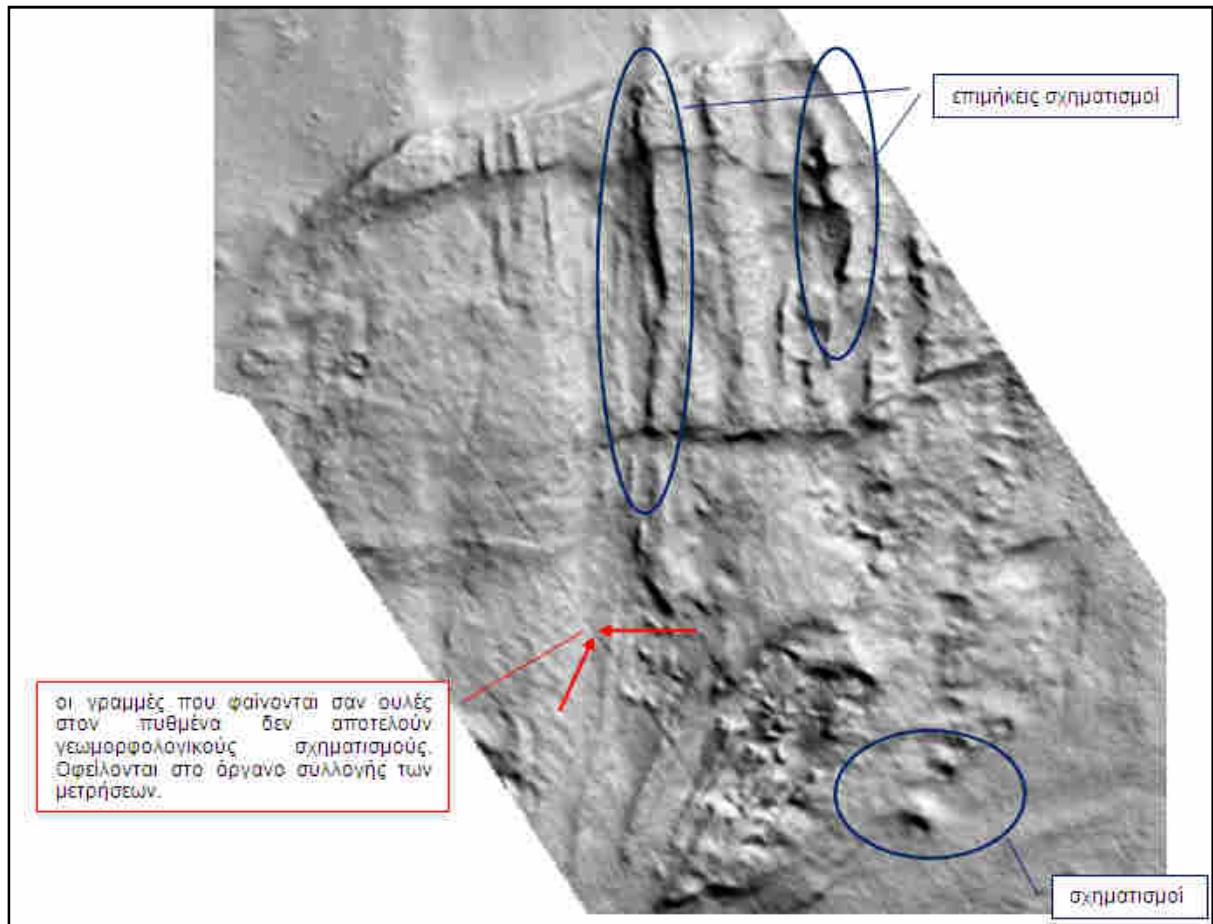
3.3.1.1 Φωτοερμηνεία

Στην **Εικόνα 67** παρουσιάζονται το μαύρο φόντο της εικόνας first_slope.img καθώς και το λευκό περίγραμμα τα οποία δεν περιέχουν κάποια χρήσιμη πληροφορία και πρέπει να «αφαιρεθούν» μέσω κατάλληλης κατάτμησης και ταξινόμησης από την ταξινόμηση των υπολοίπων αντικειμένων που ανήκουν στο dem αυτό καθεαυτό.



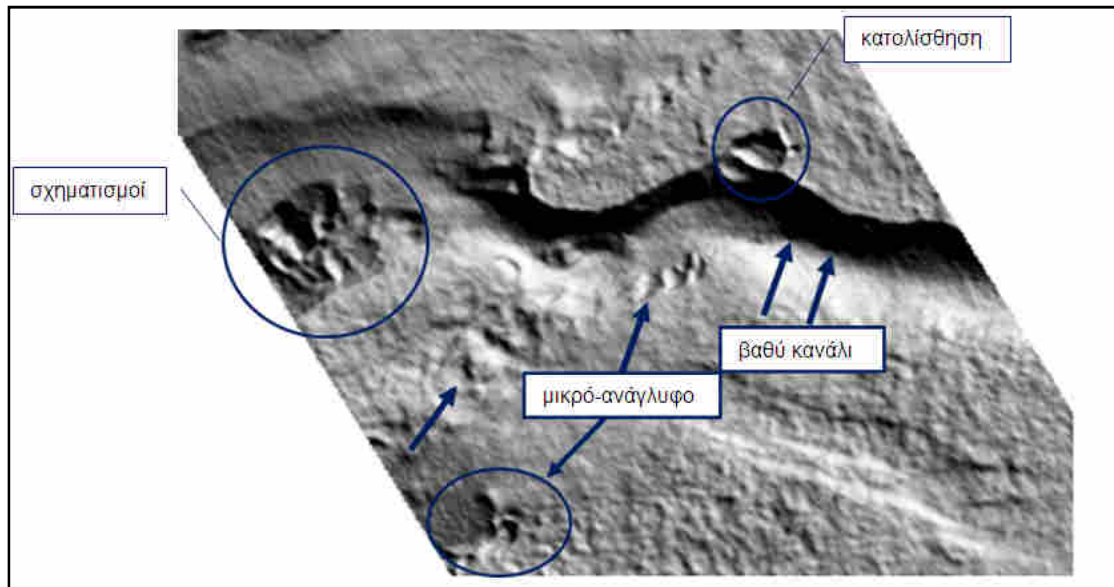
Εικόνα 67 Η απεικόνιση first_slope.img. Τόσο το υπόβαθρο όσο και το περίγραμμα πρέπει να διαχωριστούν μέσω της ταξινόμησης από το τμήμα ενδιαφέροντος. *Παραχώρηση DEM: akti engineering*

Στην **Εικόνα 68** απεικονίζεται τμήμα της υπό μελέτη εικόνας σε shaded relief. Διακρίνεται καθαρά πληθώρα ανωμαλιών ανάγλυφου. Η πλειοψηφία αυτών είναι επιμήκεις σχηματισμοί καθώς και μικρό-ανάγλυφο. Στην εικόνα επίσης σημειώνονται με κόκκινα βέλη κάποιες επιμήκεις ουλές, οι οποίες δεν αποτελούν γεωμορφολογικούς σχηματισμούς αλλά οφείλονται στο όργανο συλλογής των μετρήσεων. Οι ουλές αυτές διαχωρίζονται οπτικά από τις ουλές εκείνες που είναι όντως σχηματισμοί του πυθμένα μέσω χαρακτηριστικών όπως η παραλληλία με το περίγραμμα, από το χαρακτηριστικό σχήμα τους, πολύ στενές γραμμές με πλάτος που δε ξεπερνά το ένα εικονοστοιχείο, καθώς και από την ύπαρξη άλλων παρόμοιων παράλληλων γραμμών.



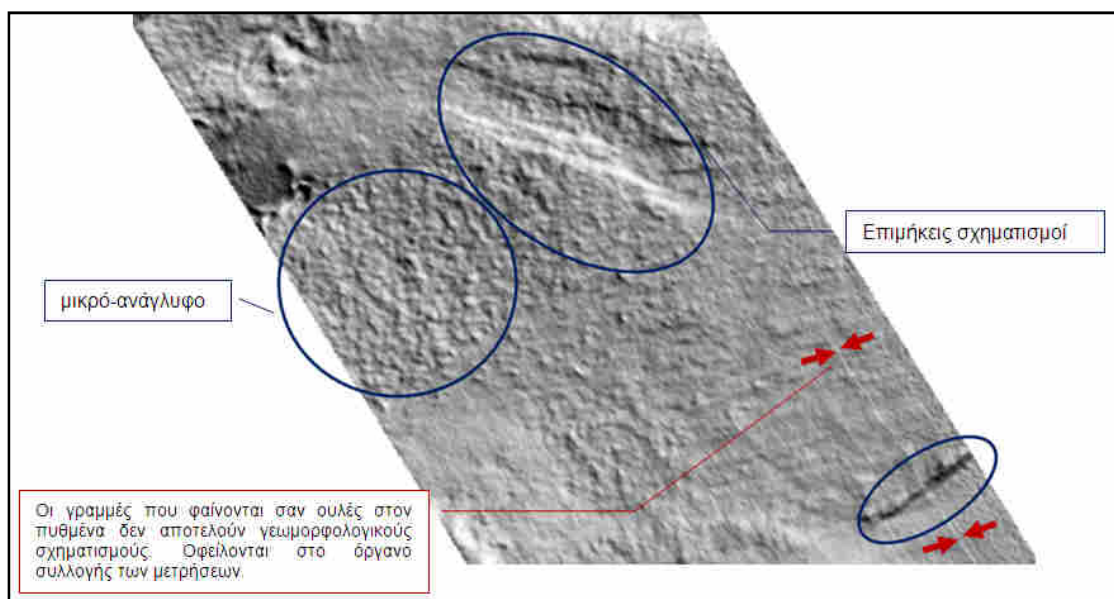
Εικόνα 68 Τμήμα της απεικόνισης first.img σε shaded relief. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

Στο τμήμα στις απεικόνισης σε shaded relief της first.img όπως φαίνεται στην **Εικόνα 69** παρουσιάζεται και πάλι έντονο ανάγλυφο. Διαγράφεται καθαρά ένα βαθύ κανάλι καθώς και περαιτέρω σχηματισμοί. Το τμήμα που σημειώνεται ως κατολίθηση έχει υποδειχθεί από τους Παλαιοκρασσά κ.α στην παρουσίαση τους στο συνέδριο της Μυτιλήνης με συνδυαστική φωτοερμηνεία αποτυπώσεων ηχητικής ανακλαστικότητας , ψηφιακών χαρτών βυθομετρικής αποτύπωσης καθώς και κάθετων διατομών.



Εικόνα 69 Τμήμα της απεικόνισης first.img σε shaded relief. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

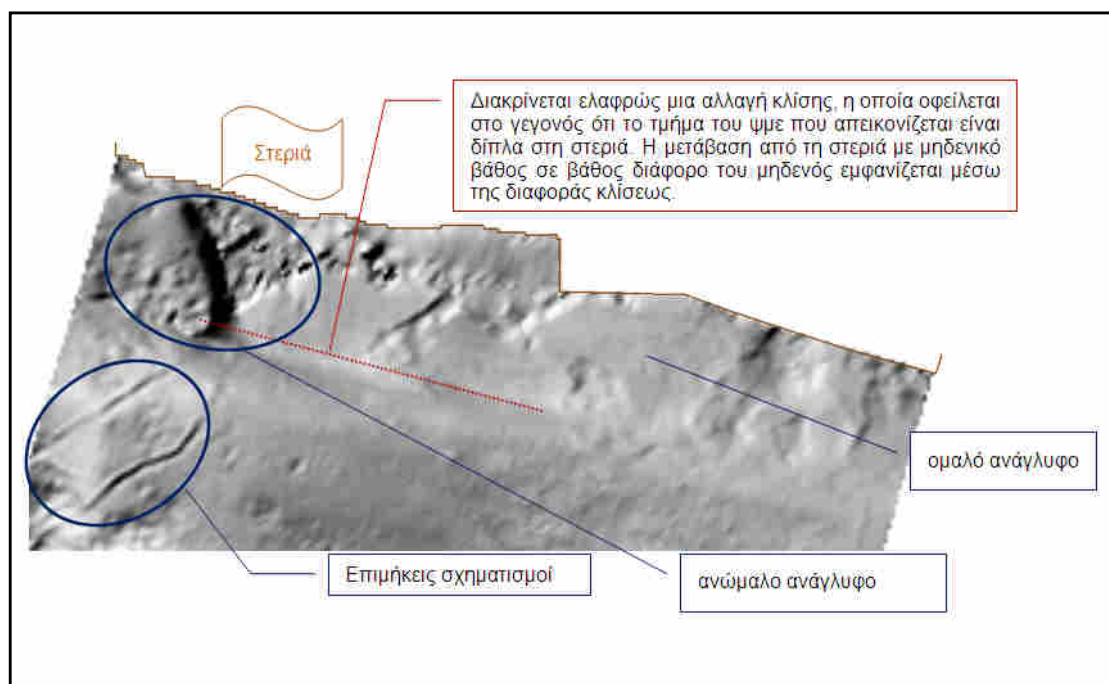
Στην **Εικόνα 70** σημειώνονται επίσης κάποιοι επιμήκεις σχηματισμοί καθώς και μικρό-ανάγλυφο.



Εικόνα 70 Τμήμα της απεικόνισης first.img σε shaded relief. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

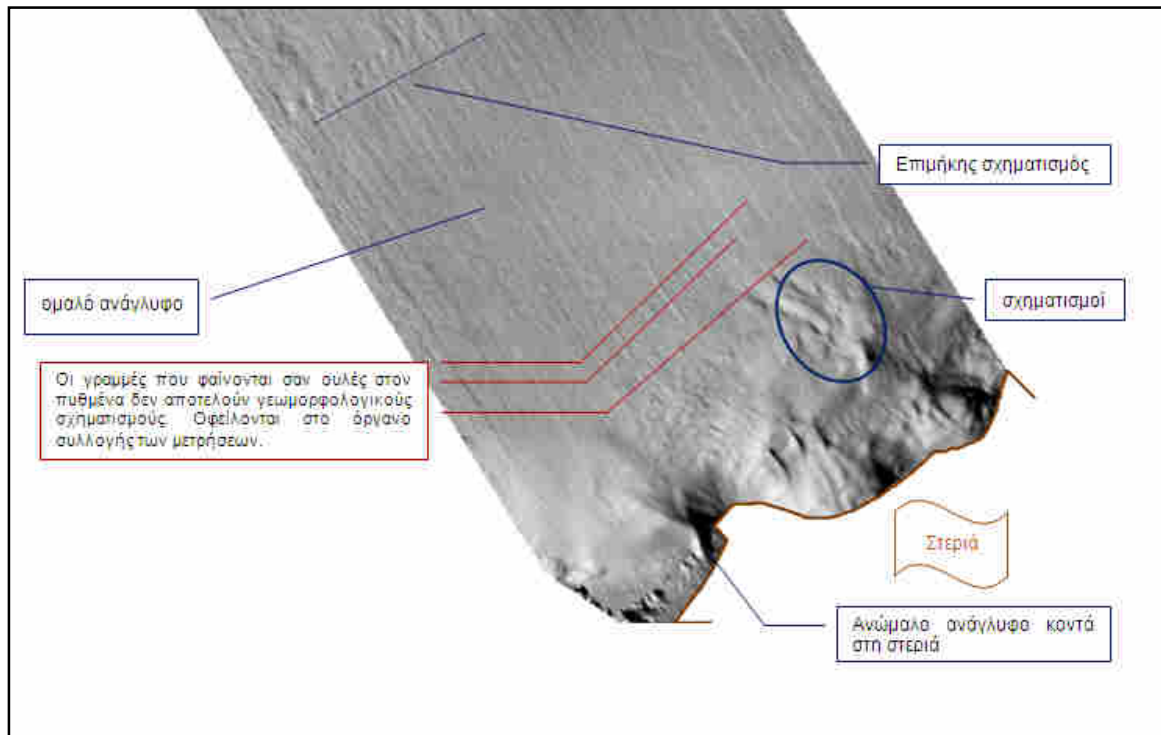
Στην **Εικόνα 71** σημειώνεται η στεριά δίπλα στην οποία διαφαίνεται μια ανεπαίσθητη αλλαγή κλίσης, η οποία οφείλεται στην μετάβαση από μηδενικό βάθος (στεριά) σε βάθος διάφορο του μηδενός. Κατά πάσα πιθανότητα η αλλαγή κλίσης αυτή θα εμφανιστεί στην τελική ταξινόμηση σαν κοίλο κομμάτι ή κανάλι. Επίσης φαίνονται κάποιοι επιμήκεις σχηματισμοί καθώς και πολύ έντονο ανάγλυφο, το οποίο πιθανότατα οφείλεται στην

ύπαρξη της ακτής. Η ακτή στο στενό του Ρίου Αντίρριου είναι αρκετά ανώμαλες-απότομες εξ' ου και το έντονο ανάγλυφο στις άκρες του ΨΜΕ.



Εικόνα 71 Τμήμα της απεικόνισης first.img σε shaded relief. **Παραχώρηση shaded relief: akti engineering**

Η απεικόνιση second.img παρουσιάζεται προκειμένου να φωτοερμηνευτεί σε αρχικό στάδιο, σε shaded relief στην **Εικόνα 72**. Εμφανίζεται πάλι ανώμαλο ανάγλυφο κοντά στη στεριά, κάποιοι επιμήκεις σχηματισμοί, αρκετές γραμμές εξαιτίας του τρόπου συλλογής των δεδομένων καθώς και τμήμα το οποίο προσομοιάζει με ομαλό ανάγλυφο.



Εικόνα 72 Η απεικόνιση second.img σε shaded relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering

3.3.1.2 Κατάτμηση

Η ιεραρχία των επιπέδων που δημιουργούνται για τις επιμέρους απεικονίσεις του ψηφιακού μοντέλου εδάφους-πυθμένα περιλαμβάνουν συνολικά έξι επίπεδα όπως προαναφέρθηκε. Τα τρία από αυτά, το έξι (6), πέντε (5) και τρία (3), προκύπτουν με εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης. Ενώ τα επίπεδα τέσσερα (4) και δύο (2) αποτελούν προϊόντα της «κατάτμησης βάσει ταξινόμησης» όπως αυτές υλοποιήθηκαν στο τρία (3) και ένα (1) αντίστοιχα. Η σειρά δημιουργίας των επιπέδων είναι:

- 1ο. Επίπεδο 6
- 2ο. Επίπεδο 5
- 3ο. Επίπεδο 3
- 4ο. Επίπεδο 4
- 5ο. Επίπεδο 1
- 6ο. Επίπεδο 2

Προκειμένου να επιλεγθούν οι κατάλληλες παράμετροι για την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης στα επίπεδα έξι, πέντε και τέσσερα έγιναν πολλές δοκιμές. Στις δοκιμές αυτές

διαφοροποιούνται τόσο τα βάρη με τα οποία συμμετέχουν τα τρία από τα τέσσερα θεματικά επίπεδα (layers) που εισήχθησαν (slope gradient, slope aspect και MPI) όσο και οι παράμετροι της κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης, δηλαδή η παράμετρος κλίμακας και η σύνθεση του κριτηρίου ομοιογένειας. Δε συμμετέχει σε καμία κατάτμηση το θεματικό επίπεδο που περιέχει τις τιμές του DEM καθώς περιέχει μόνο βυθομετρική πληροφορία η οποία δε μπορεί να βοηθήσει αυτούσια στην αναγνώριση γεωμορφολογικών σχηματισμών.

3.3.1.2.1 Κατάτμηση 6^{ου} επιπέδου

Το έκτο (υψηλότερο) επίπεδο δημιουργήθηκε πρώτο προκειμένου να διαχωριστεί κατά την ταξινόμηση το τμήμα της απεικόνισης που αντιστοιχεί στο κομμάτι ενδιαφέροντος από το υπόβαθρο της εικόνας καθώς και το περίγραμμα. (Εικόνα 67)

Γνωρίζοντας εκ των προτέρων ότι τα εικονοστοιχεία του υπόβαθρου υπόβαθρου έχουν μηδενική κλίση (0

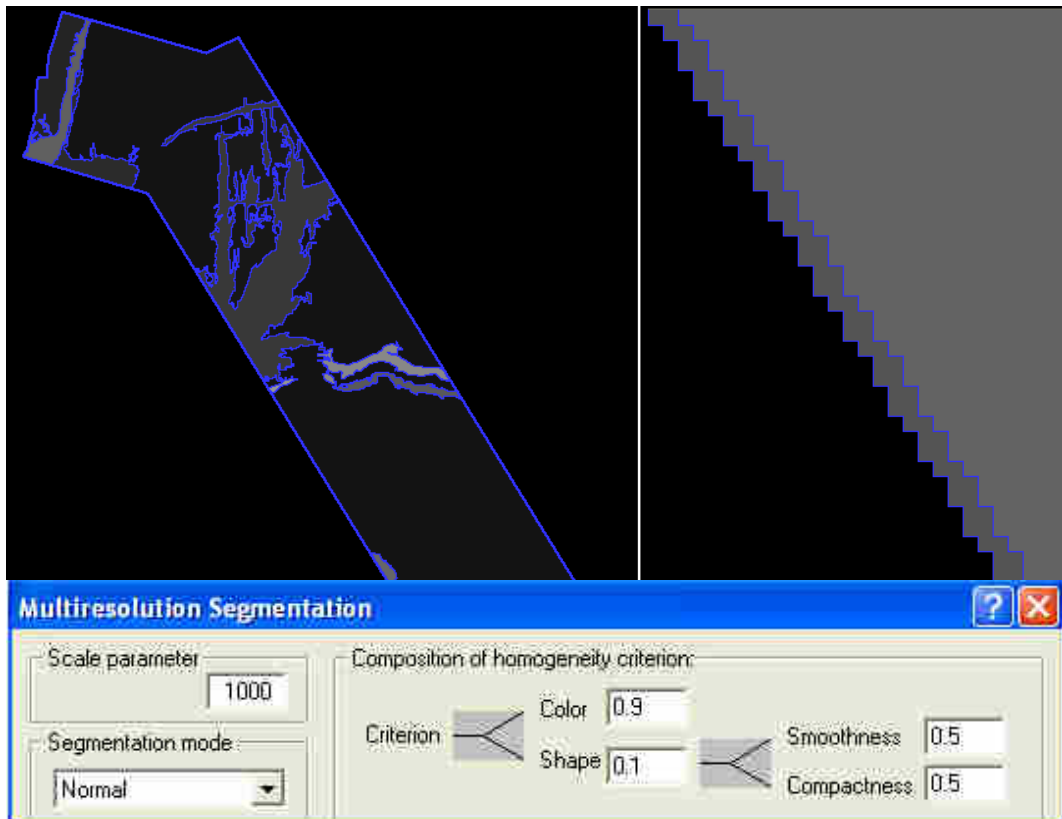
Δημιουργία Παραγώγων Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους) και εκείνα του περιγράμματος πάρα πολύ υψηλές τιμές επιλέχθηκε το βάρος του θεματικού επιπέδου slope να είναι το μόνο με τιμή τη μονάδα και όλα τα υπόλοιπα να μη συμμετέχουν στην κατάτμηση.

Layer name	Layer stddev.	Weight
first_img	(24813.0)	0.0
first_MPI.img	(166.6)	0.0
first_aspect.img	(83.5)	0.0
first_slope.img	(645.6)	1.0

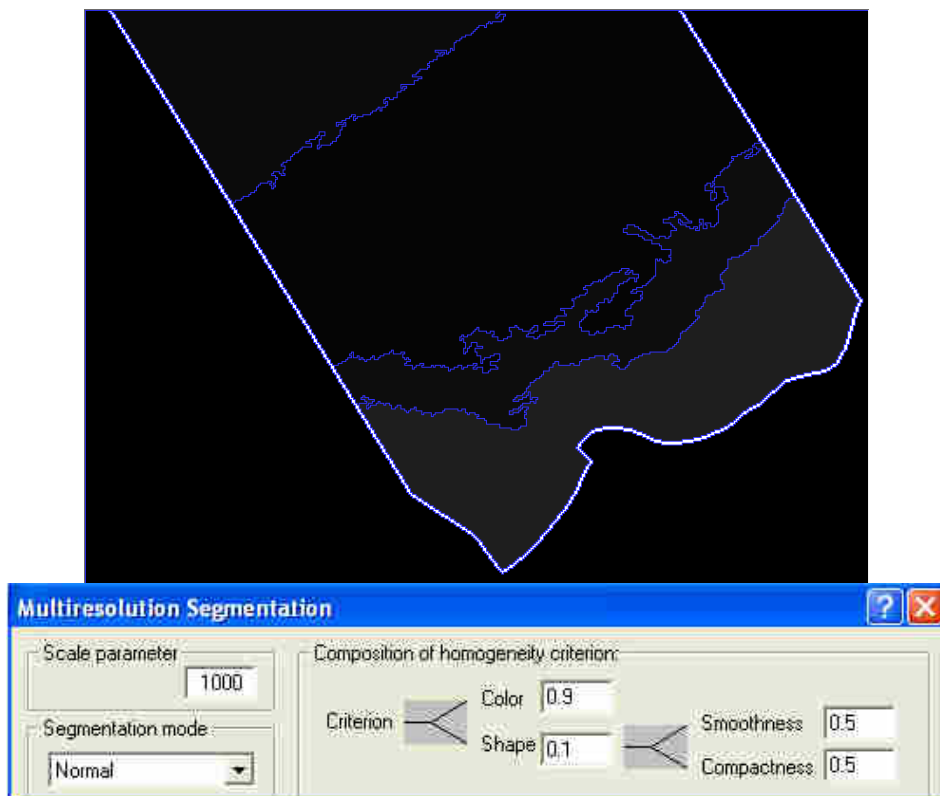
Layer name	Layer stddev.	Weight
second_img	(24813.0)	0.0
second_MPI.img	(166.6)	0.0
second_aspect.img	(83.5)	0.0
second_slope.img	(645.6)	1.0

Εικόνα 73 Τα βάρη που δόθηκαν στα θεματικά επίπεδα για το project της απεικόνισης first αριστερά και δεξιά για το αντίστοιχο της second για την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης στο επίπεδο 5. Για συντομία το slope-gradient αναφέρεται ως slope ενώ το slope-aspect ως aspect.

Δοκιμάζοντας κυρίως μεγάλες τιμές κλίμακας προκειμένου το περίγραμμα να δημιουργήσει ένα ενιαίο αντικείμενο, η πιο κατάλληλη κρίθηκε η $k=1000$. Το βάρος του φασματικού κριτηρίου επιλέχθηκε πολύ υψηλό 0.9 προκειμένου να διατηρηθεί σχεδόν όλη η πληροφορία των παραγώγων του ΨΜΕ και το σχηματικό κριτήριο χαμηλό 0,1 καθώς τα σχήματα δεν ενδιαφέρουν σε αυτό το στάδιο της ταξινόμησης, αφού σκοπός είναι μόνο ο διαχωρισμός του ΨΜΕ από το υπόβαθρο και το περίγραμμά του. Το σχηματικό κριτήριο χωρίστηκε στα επιμέρους κριτήρια του, λείο της οριογραμμής (smoothness) και συμπαγές του σχήματος (compactness) σε 0.5 Με ίση τιμή στα δυο αυτά επιμέρους κριτήρια διασφαλίζονται ομαλά όρια των δημιουργούμενων αντικειμένων (Drăgut και Blaschke, 2006), αν και με τόσο μικρό βάρος στο σχηματικό κριτήριο τα βάρη των επιμέρους κριτηρίων του δεν συμβάλλουν σημαντικά στο αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στις Εικόνα 74 και Εικόνα 75.



Εικόνα 74 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του υψηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 6 στην απεικόνιση first. Δεξιά εμφανίζεται μεγέθυνση της κατάτμησης όπου φαίνεται ότι το περίγραμμα έχει γίνει ένα ενιαίο αντικείμενο.



Εικόνα 75 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του υψηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 6 στην απεικόνιση second.

3.3.1.2.2 Κατάτμηση 5^{ου} επιπέδου

Ακολουθεί το επόμενο επίπεδο κατάτμησης, το πέμπτο (5^ο). Το επίπεδο αυτό αποσκοπεί στον διαχωρισμό σε πρώτη φάση σχετικά μεγάλων τμημάτων του ψηφιακού μοντέλου ανάγλυφου τα οποία είναι ομαλά, δηλαδή χωρίς ανώμαλο ανάγλυφο από εκείνα τα οποία παρουσιάζουν επιφανειακές ανωμαλίες. Ο διαχωρισμός των κλάσεων στο στάδιο της ταξινόμησης θα γίνει με χρήση του Morphometric Protection Index συνεπώς το αντίστοιχο θεματικό του επίπεδο θα πάρει υψηλό βάρος 1 όπως και το θεματικό επίπεδο του slope (gradient).

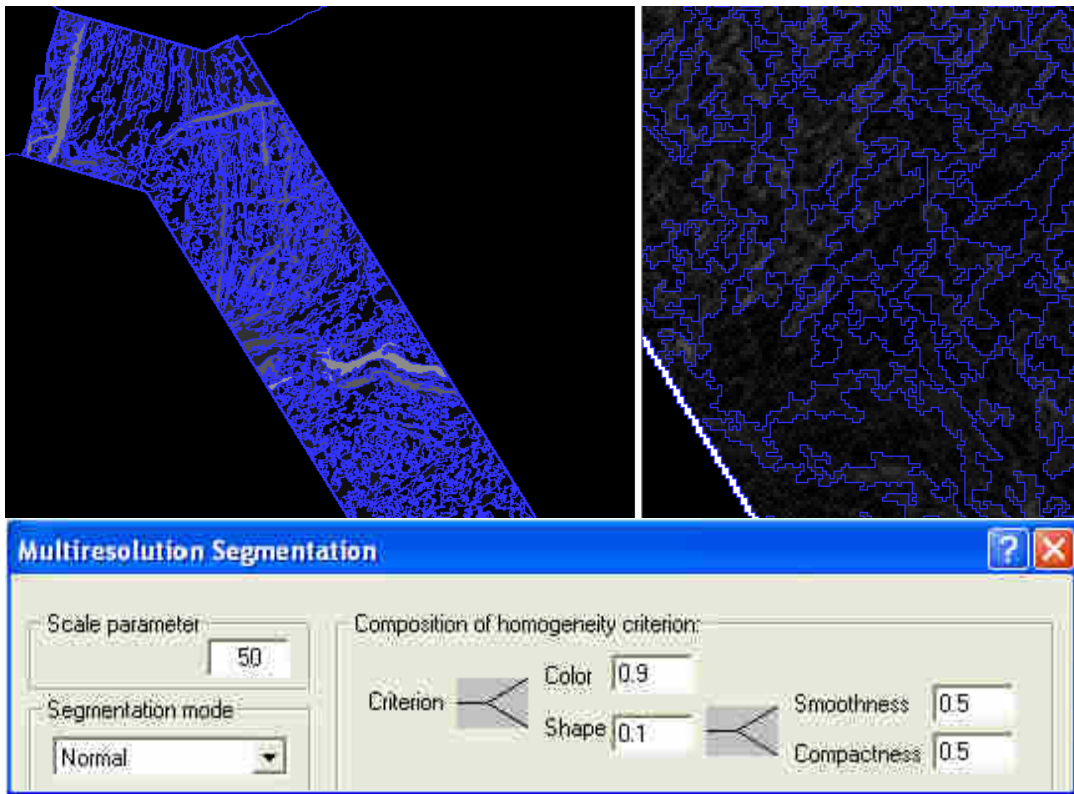
Layer name	Layer stddev.	Weight
first.img	{24813.0}	0.0
first_MPI.img	{166.6}	1.0
first_aspect.img	{83.5}	0.0
first_slope.img	{645.6}	1.0

Layer name	Layer stddev.	Weight
second.img	{24813.0}	0.0
second_MPI.img	{166.6}	1.0
second_aspect.img	{83.5}	0.0
second_slope.img	{645.6}	1.0

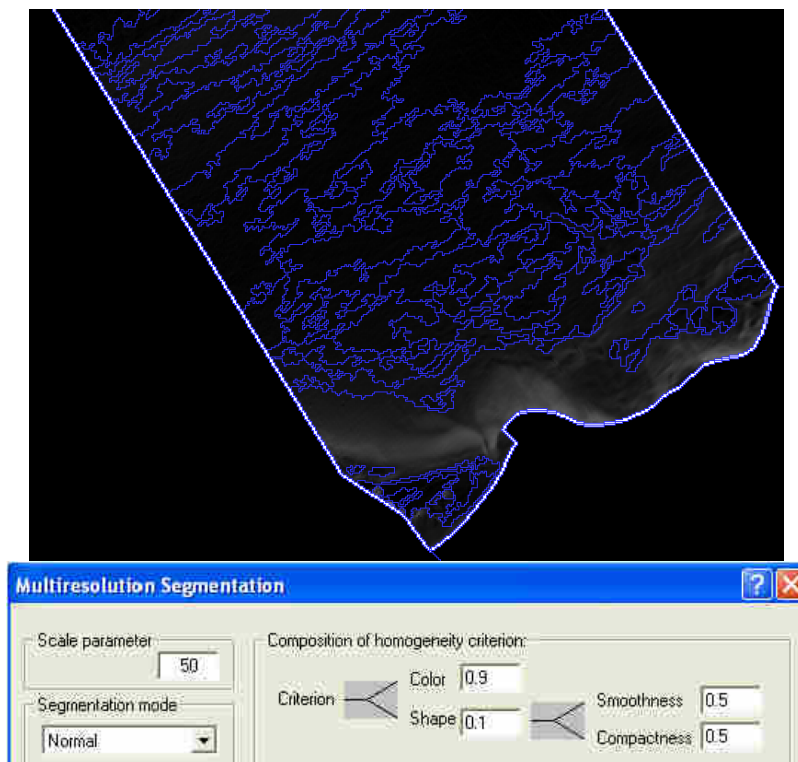
Εικόνα 76 Τα βάρη που δόθηκαν στα θεματικά επίπεδα για το project της απεικόνισης first αριστερά και δεξιά για το αντίστοιχο της second για την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης στο επίπεδο 5. Για συντομία το slope-gradient αναφέρεται ως slope ενώ το slope-aspect ως aspect.

Οι παράμετροι κλίμακας που δοκιμάστηκαν ποικίλουν από 10 έως και 100 για το παρόν επίπεδο. Πιο κατάλληλη κλίμακα θεωρείται η $k=50$.

Το βάρος του φασματικού κριτηρίου θα παραμείνει υψηλό (0,9) όπως και στο προηγούμενο επίπεδο προκειμένου να διατηρηθεί σχεδόν όλη η πληροφορία των παραγώγων ΨΜΕ. Στο σχηματικό κριτήριο δόθηκε χαμηλό βάρος 0,1 το οποίο διαμοιράστηκε στα επιμέρους με ίδια τιμή 0,5. Και πάλι το σχηματικό κριτήριο πήρε χαμηλό βάρος καθώς τα ομαλά τμήματα του πυθμένα που αποτελούν στόχο ταξινόμησης στο παρόν επίπεδο συναντώνται πιο συχνά σε σχηματισμούς με ακανόνιστα σχήματα και περιγράμματα.



Εικόνα 77 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 5 στην απεικόνιση first. Δεξιά εμφανίζεται μεγέθυνση της κατάτμησης.

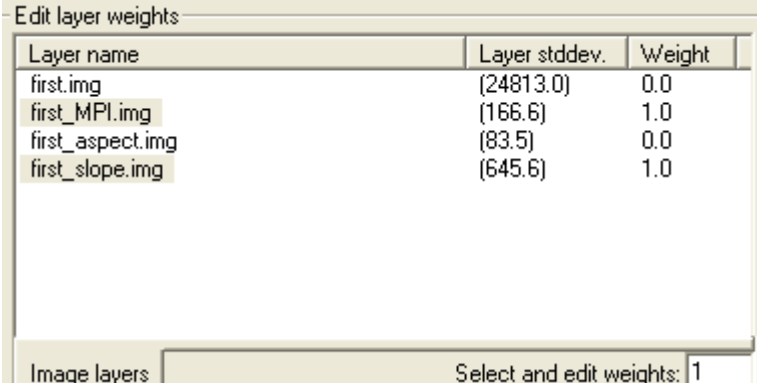


Εικόνα 78 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 5 στην απεικόνιση second.

3.3.1.2.3 Κατάτμηση 3^{ου} επιπέδου

Σκοπός της δημιουργίας του επιπέδου 3 είναι η εξαγωγή σχετικά μεγάλης κλίμακας επιμηκών σχηματισμών του ανάγλυφου του πυθμένα, είτε πρόκειται για κοίλους σχηματισμούς είτε κυρτούς. Συνεπώς στο παρόν επίπεδο το κριτήριο σχήματος θα υπερισχύσει ελαφρώς του φασματικού καθώς και το φασματικό είναι σημαντικό προκειμένου να διατηρηθεί η απαιτούμενη πληροφορία των παραγώγων ΨΜΕ για τον διαχωρισμών κοίλων και κυρτών μορφολογικών σχηματισμών. Έτσι, τα θεματικά επίπεδα που συμμετέχουν στην κατάτμηση με βάρος 1 είναι μόνο τα slope (-gradient) και MPI . Το βάρος φασματικού κριτηρίου ορίζεται 0,4 και το σχηματικό 0,6. Επιπλέον το λείο της οριογραμμής πήρε βάρος 1 ώστε τα αντικείμενα που προκύπτουν να έχουν κυρίως σα χαρακτηριστικό το επίμηκες του σχήματος.

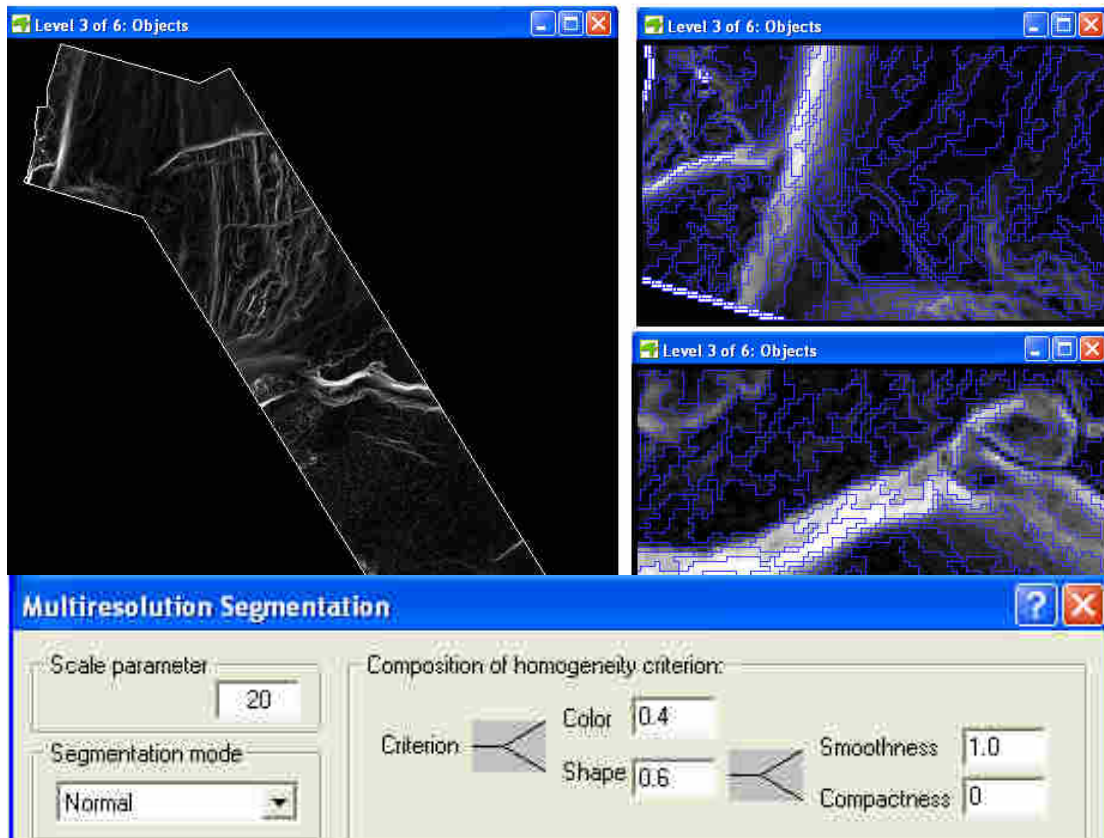
Η κατάλληλη κλίμακα που επιλέγεται είναι η $k=20$, η οποία δοκιμάστηκε κατά την κατάτμηση επιπέδου 4 και φάνηκε να δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα για το παρόν επίπεδο 3.



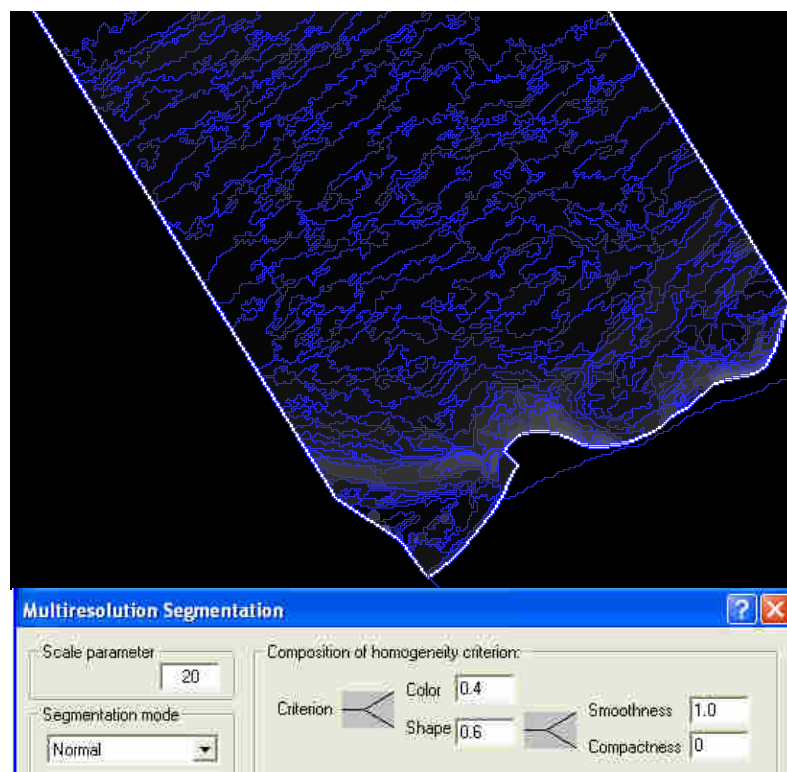
Layer name	Layer stddev.	Weight
first.img	(24813.0)	0.0
first_MPI.img	(166.6)	1.0
first_aspect.img	(83.5)	0.0
first_slope.img	(645.6)	1.0

Image layers: Select and edit weights: 1

Εικόνα 79 Τα βάρη που δόθηκαν στα θεματικά επίπεδα για το project της απεικόνισης first για την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης στο επίπεδο 3. Ομοίως τέθηκαν και στο project της second.



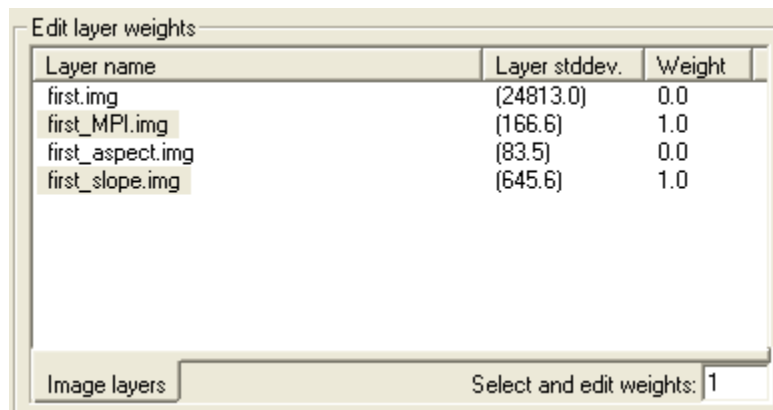
Εικόνα 80 Το επίπεδο κατάτμησης 3 στην απεικόνιση first. Δεξιά εμφανίζεται μεγέθυνση της κατάτμησης.



Εικόνα 81 Το επίπεδο κατάτμησης 3 στην απεικόνιση second.

3.3.1.2.4 Κατάτμηση 1^{ου} επιπέδου

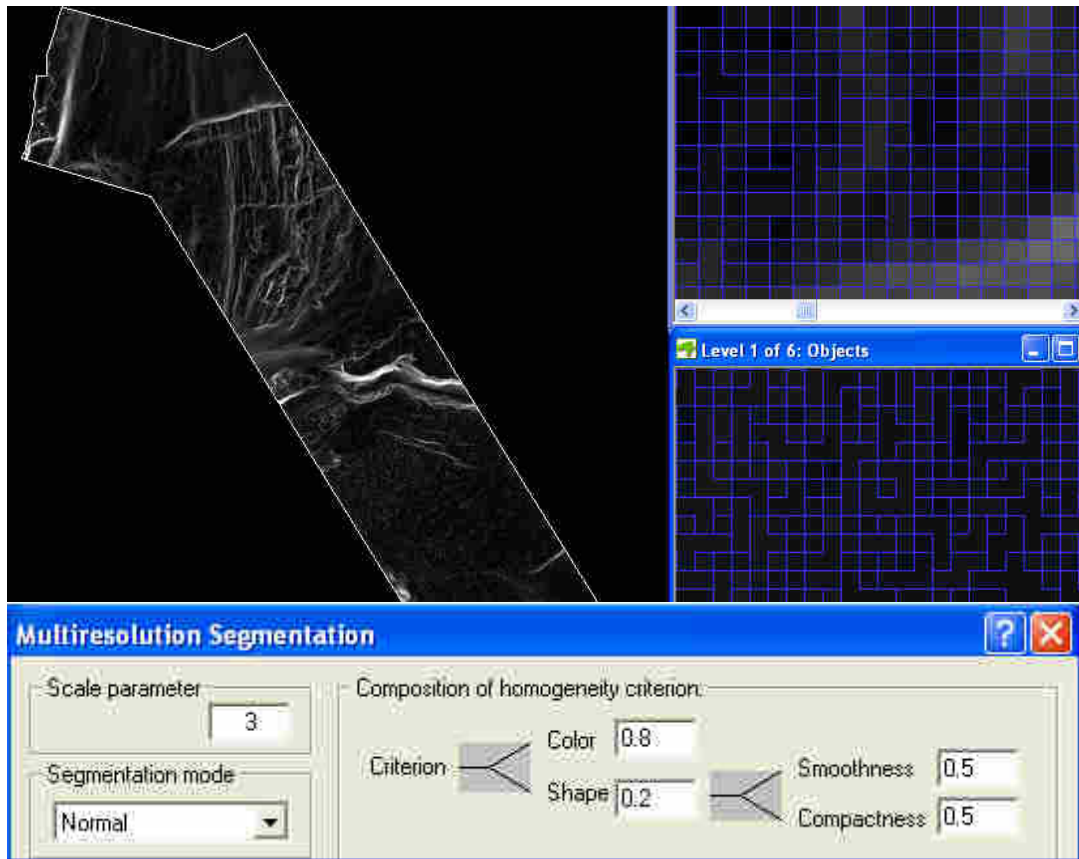
Το χαμηλότερο επίπεδο, επίπεδο 1, δημιουργήθηκε σύμφωνα με τους Αργιαλά και Τζώτσο (2002), οι οποίοι αναφέρουν «βασικός σκοπός της κατάτμησης είναι η ελαχιστοποίηση απώλειας της πληροφορίας του ψμε και ταυτόχρονα η ελάττωση του κατακερματισμού του σχήματος των πρωτογενών αντικειμένων, για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση της πληροφορίας της κλίσης, θα έπρεπε να ελαχιστοποιηθεί το μέγεθος των πρωτογενών αντικειμένων σε βαθμό που να προσεγγίζει το μέγεθος του εικονοστοιχείου. Η μείωση του μεγέθους των πρωτογενών αντικειμένων κατάτμησης σε επίπεδο που να προσεγγίζει το εικονοστοιχείο όχι μόνο δεν θεωρείται μειονέκτημα, αλλά μάλλον στοιχείο της στρατηγικής για την επίτευξη των επιδιωκόμενων αποτελεσμάτων στο λογισμικό». Στο παρόν project εκτός από την μέγιστη δυνατή αξιοποίηση της πληροφορίας της κλίσης επιδιώκεται και η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση της πληροφορίας του δείκτη openness (MPI). Για το λόγο αυτό και πάλι βάρος ίσο με 1 παίρνουν μόνο τα layers slope και MPI.



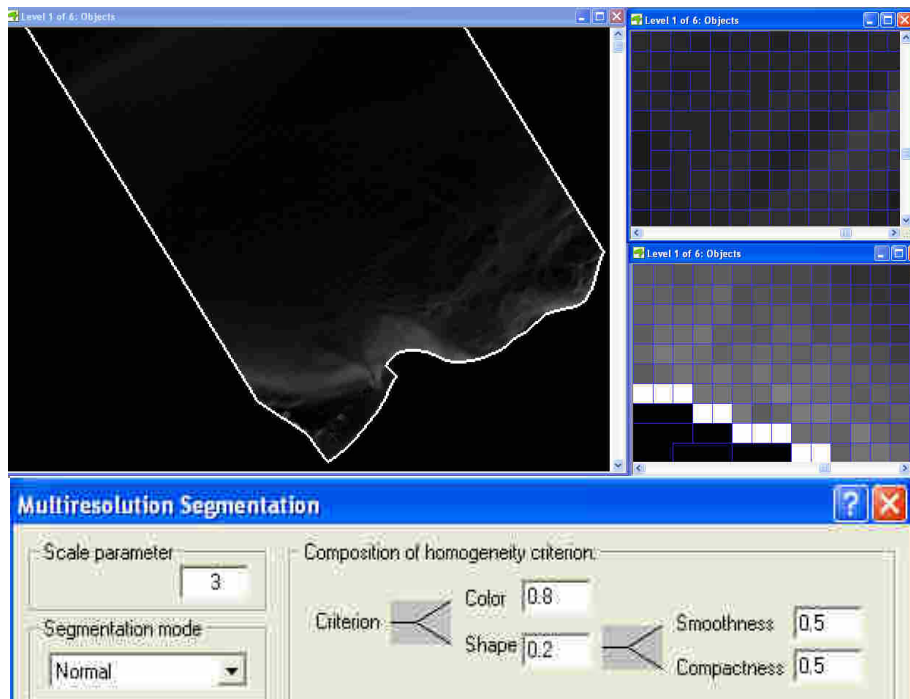
Layer name	Layer stddev.	Weight
first.img	(24813.0)	0.0
first_MPI.img	(166.6)	1.0
first_aspect.img	(83.5)	0.0
first_slope.img	(645.6)	1.0

Εικόνα 82 Τα βάρη που δόθηκαν στα θεματικά επίπεδα για το project της απεικόνισης first για την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης στο επίπεδο 3. Ομοίως τέθηκαν και στο project της second.

Σαν κλίμακα μειώνεται σε επίπεδο εικονοστοιχείου $k=3$, σαν βάρος φασματικού κριτηρίου 0,8 και σχήματος 0,2. Το κριτήριο σχήματος παίρνει μικρό βάρος καθώς «σε επίπεδο εικονοστοιχείου χάνει την σημασία του» (Αργιαλάς και Τζώτσος 2002). Μολοταύτα δεν απενεργοποιείται πλήρως για ενδεχόμενη δημιουργία αντικειμένων μεγέθους μεγαλύτερου του ενός εικονοστοιχείου. Και πάλι διαμοιράζεται ανάμεσα στο λείο της οριογραμμής και στο συμπαγές του σχήματος με 0.5 στο καθένα.



Εικόνα 83 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του χαμηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 1 στην απεικόνιση first. Δεξιά εμφανίζονται μεγεθύνσεις της κατάτμησης στις οποίες διακρίνεται ότι η πλειοψηφία των δημιουργούμενων αντικειμένων έχει μέγεθος που δε ξεπερνά το εικονοστοιχείο. Ωστόσο υπάρχουν και αντικείμενα με μεγαλύτερα μεγέθη.



Εικόνα 84 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του χαμηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 1 στην απεικόνιση second.

Η κατάτμηση των επιπέδων, 4 και 2, περιγράφεται ακολούθως στα εδ. 3.3.1.3.4 και εδ. 3.3.1.3.7.

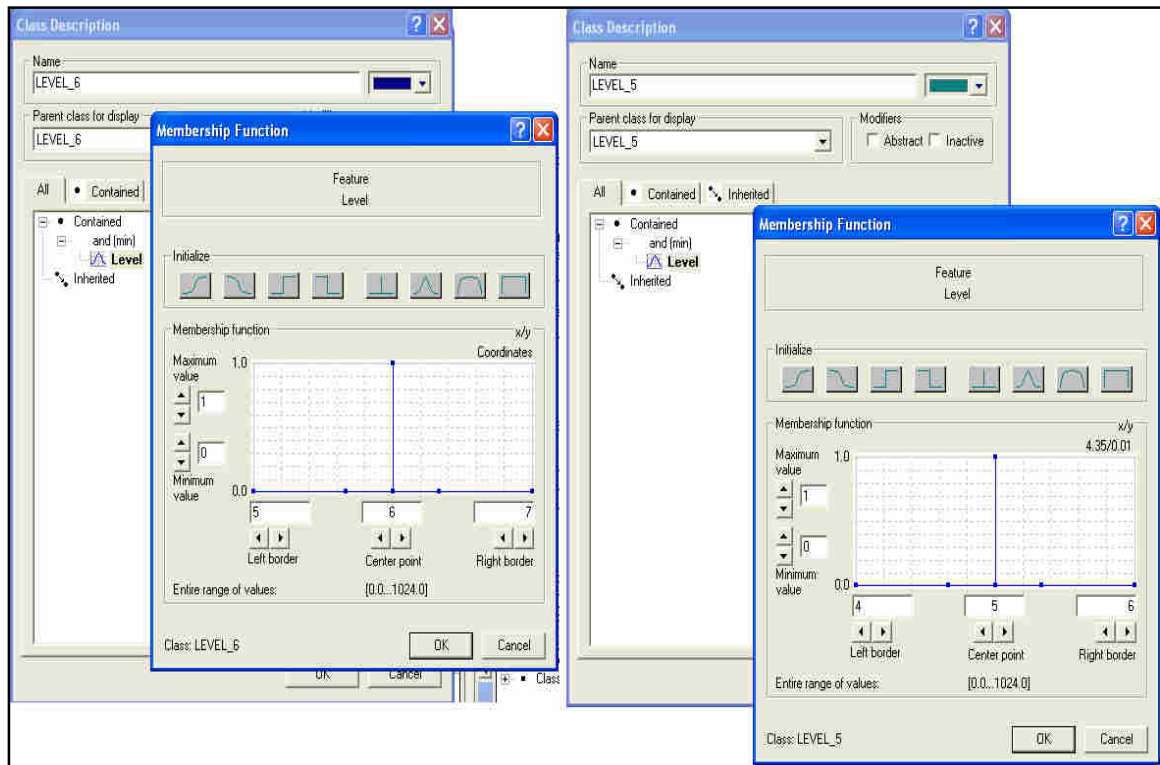
3.3.1.3 Ταξινόμηση

Κατά το στάδιο της κατάτμησης περιγράφηκαν μέχρι κάποιο βαθμό οι κλάσεις στις οποίες αναμένονται να ταξινομηθούν τα αντικείμενα του κάθε επιπέδου. Η σειρά που ακολουθείται κατά την ταξινόμηση ακολουθεί την δημιουργία των επιπέδων. Έτσι, αρχικά ταξινομείται το επίπεδο 6, ακολούθως τα 5 και 3, στη συνέχεια δημιουργείται μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης και συγκεκριμένα της συνένωσης αντικειμένων σε ανώτερο επίπεδο το 4 και ταξινομείται, μετά το επίπεδο 1. Από το επίπεδο 1 προκύπτει μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης και πάλι της συνένωσης αντικειμένων σε ανώτερο επίπεδο το 2. Το 2 ταξινομείται με τις κατάλληλες κλάσεις. Τέλος η αρχική ταξινόμηση του επιπέδου 1 διαγράφεται και επανα-ταξινομείται με νέες κλάσεις στηριζόμενες κυρίως στα υπερ-αντικείμενα του ταξινομημένου επιπέδου 2 αλλά και των υπολοίπων υπερ-αντικειμένων άλλων επιπέδων.

Προτού δημιουργηθούν οι κλάσεις στις οποίες θα ταξινομηθούν τα αντικείμενα του κάθε επιπέδου δημιουργούνται 6 γενικές κατηγορίες- LEVEL_6, LEVEL_5, LEVEL_4, LEVEL_3, LEVEL_2 και LEVEL_1. Οι γενικές αυτές κατηγορίες θα αποτελέσουν τις γονικές κλάσεις (parent classes) των κλάσεων που θα δημιουργηθούν για την ταξινόμηση κάθε επιπέδου. Εξασφαλίζεται έτσι ότι οι κλάσεις θα χρησιμοποιούνται μόνο στο επιθυμητό επίπεδο. Οι περιγραφές των LEVEL_1 έως LEVEL_6 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 και στην Εικόνα 85 εμφανίζονται τα παράθυρα περιγραφής των κλάσεων για τα LEVEL_6 και LEVEL_5.

Όνομα Γενικής Κατηγορίας	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξί όριο
LEVEL_6		5	7
LEVEL_5		4	6
LEVEL_4		3	5
LEVEL_3		2	4
LEVEL_2		1	3
LEVEL_1		0	2

Πίνακας 3 Περιγραφή των γενικών κλάσεων.

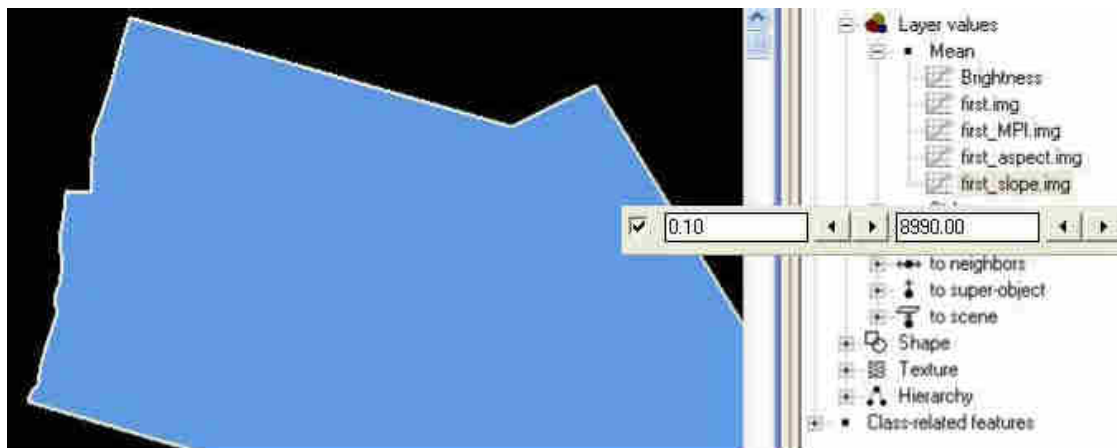


Εικόνα 85 Τα παράθυρα περιγραφής των κλάσεων για τα LEVEL_6 και LEVEL_5 στο περιβάλλον του λογισμικού eCognition 2.1

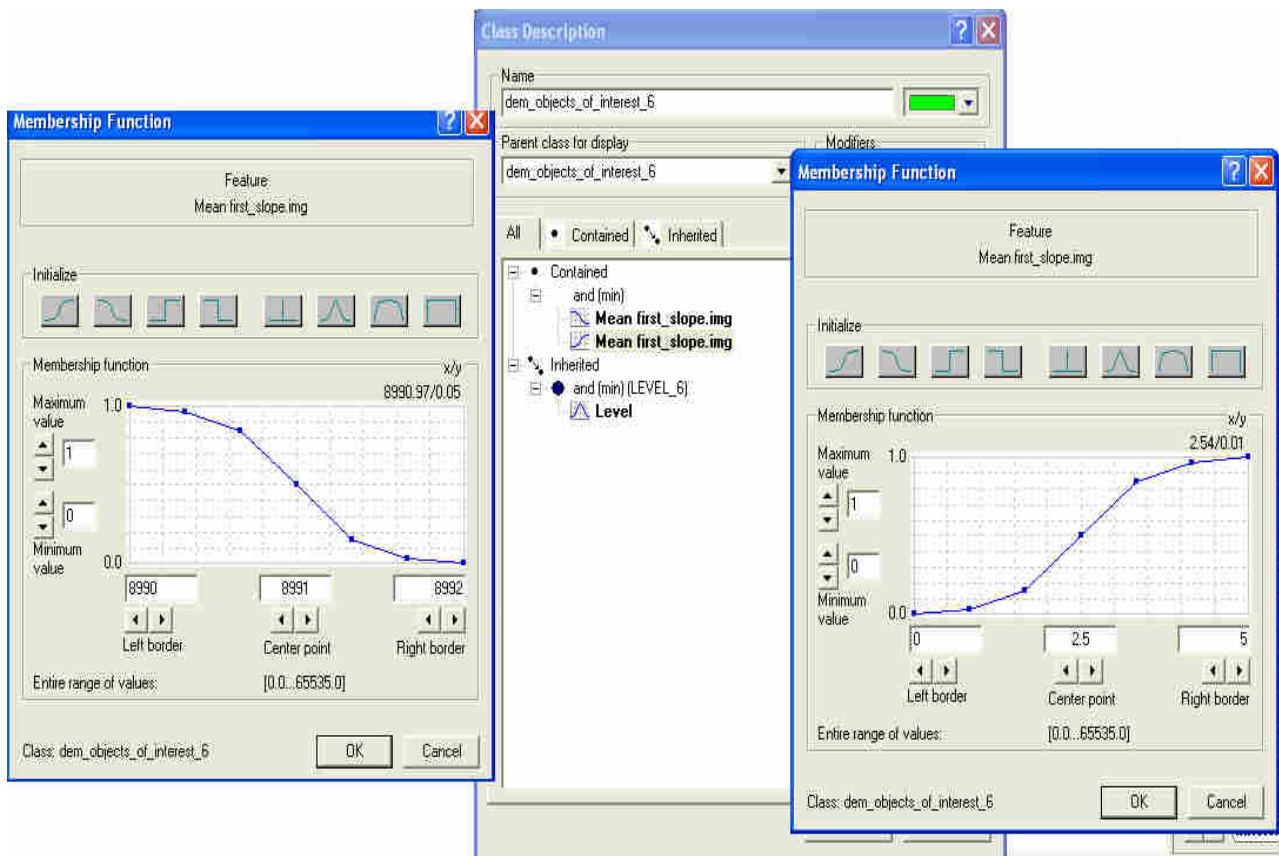
3.3.1.3.1 Ταξινόμηση 6^{ου} επιπέδου

Πρώτο επίπεδο που ταξινομείται είναι το υψηλότερο επίπεδο 6. Το παρόν επίπεδο δημιουργήθηκε προκειμένου να διαχωριστεί το υπόβαθρο και το περίγραμμα από το τμήμα ενδιαφέροντος του ψηφιακού μοντέλου πυθμένα. Για το λόγο αυτό δημιουργούνται δυο κλάσεις-γόνιοι στην ιεραρχία ομαδοποίησης της γενικής κατηγορίας LEVEL_6 οι: background_6 και dem_objects_of_interest. Στην background_6 θα ταξινομηθούν τόσο τα αντικείμενα του υποβάθρου όσο και το περίγραμμα ενώ στην dem_objects_of_interest_6 όλα τα υπόλοιπα. Η διάκριση αυτή επιτυγχάνεται εύκολα με 2 συναρτήσεις ασαφούς συμμετοχής μορφής S με το χαρακτηριστικό Mean της απεικόνισης slope (gradient). Οι δύο κατηγορίες ορίστηκαν ως εξής:

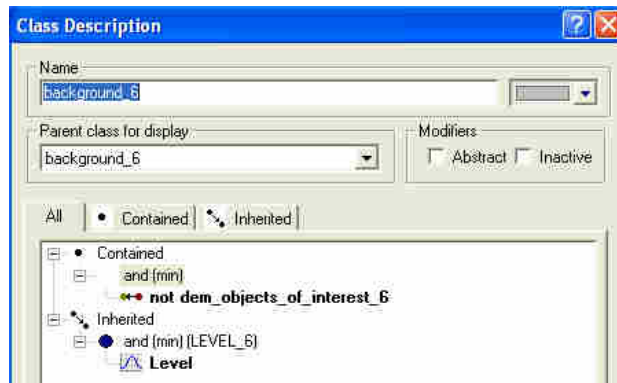
- Σαν dem_objects_of_interest_6 ταξινομούνται μέσω των δυο ασαφών συναρτήσεων συμμετοχής μορφής S του Mean Slope με διαστήματα ασάφειας 0-5 και 8990-8992 όπως φαίνονται στην Εικόνα 87. Τα όρια αυτά καθορίστηκαν με χρήση του εργαλείου feature view όπως φαίνεται στην Εικόνα 86.
- Στην κατηγορία background_6 ορίστηκε να ταξινομηθούν όλα τα αντικείμενα που δε θα άνηκαν στην κατηγορία dem_objects_of_interest_6 (Εικόνα 88)



Εικόνα 86 Χρήση του εργαλείου feature view για τον καθορισμό των διαστημάτων ασάφειας της κλάσης dem_objects_of_interest_6 με το χαρακτηριστικό Layer Values-Mean Slope για την απεικόνιση first. Παρατηρείται ότι για τιμές από 0.10 έως 8990 παραμένει μόνο το κομμάτι ενδιαφέροντος.



Εικόνα 87 Η περιγραφή της κατηγορίας dem_objects_of_interest_6 στην ταξινόμηση του 6^{ου} επιπέδου ανάλυσης

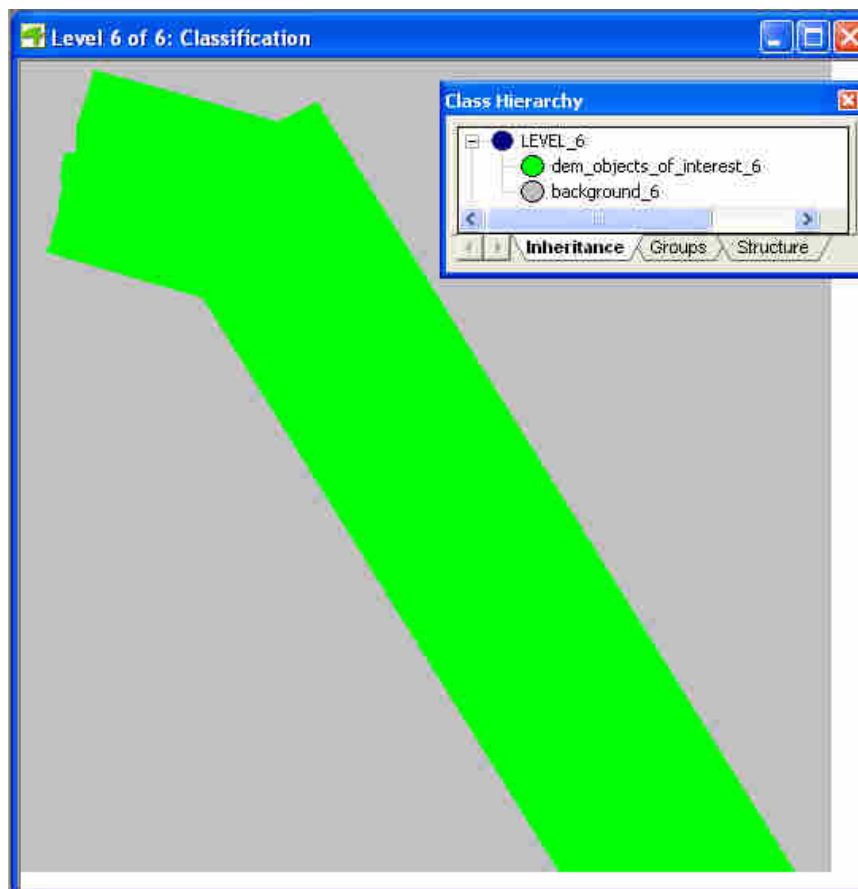


Εικόνα 88 Η περιγραφή της κατηγορίας background_6 στην ταξινόμηση του 6^{ου} επιπέδου ανάλυσης

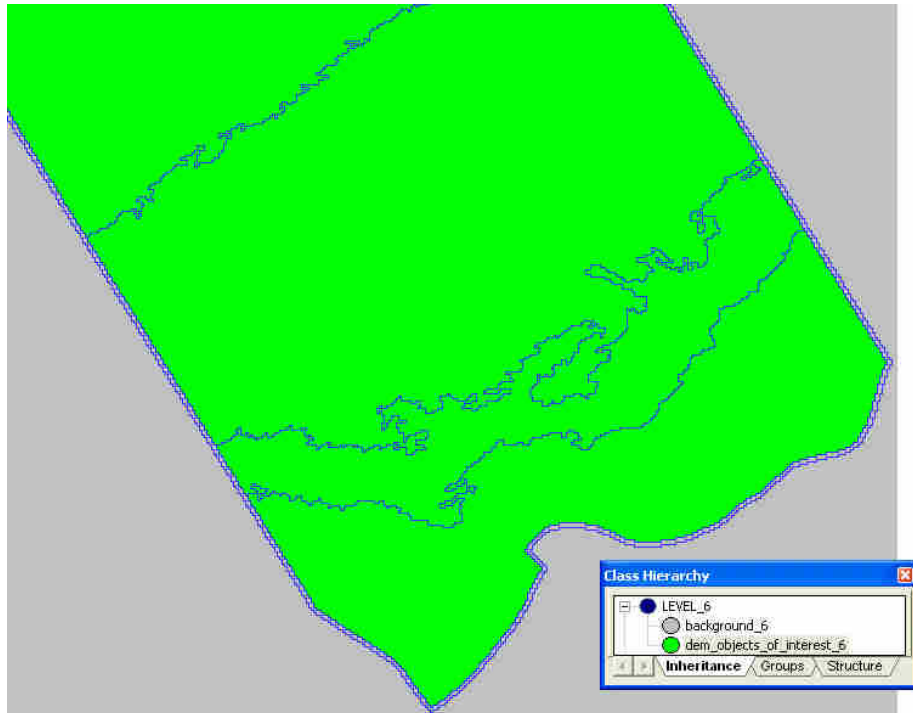
Σύμφωνα με τους παραπάνω ορισμούς ισχύει το εξής:

«**AN** η μέση τιμή της κλίσης ενός αντικείμενου είναι από το λιγότερο 2.5 έως το πολύ 8991 **TOTE** το αντικείμενο αυτό ταξινομείται ως **dem_objects_of_interest_6/ψμε_τμήματα_ενδιαφέροντος_6** **ΑΛΛΙΩΣ** ταξινομείται ως **background_6/υπόβαθρο_6**»

Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης για το πρώτο τμήμα του dem του Ρίου Αντιρρίου (first) παρουσιάζεται στην Εικόνα 89 και για το δεύτερο τμήμα (second) στην Εικόνα 90.



Εικόνα 89 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 6 του first Ρίο Αντίρριο



Εικόνα 90 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 6 του second Río Αντίρριο.

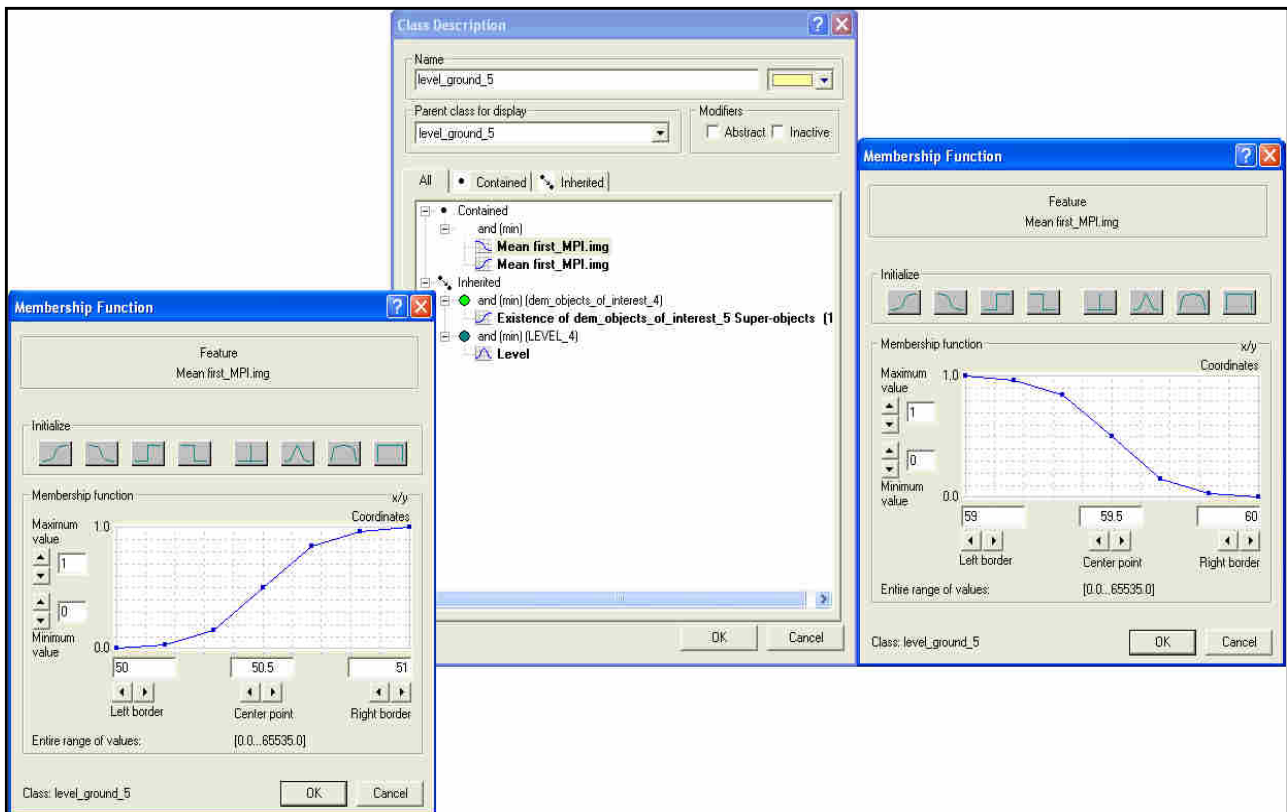
3.3.1.3.2 Ταξινόμηση 5^{ου} επιπέδου

Επόμενο επίπεδο που ταξινομείται είναι το επίπεδο 5. Το συγκεκριμένο επίπεδο δημιουργήθηκε προκειμένου να διαχωριστεί **σε πρώτη φάση** κάποια ομαλά τμήματα (level ground) του ανάγλυφου από τα υπόλοιπα τα οποία παρουσιάζουν διάφορους σχηματισμούς (relief). Για το λόγο αυτό για τον ορισμό των κατηγοριών θα χρησιμοποιηθεί κυρίως το χαρακτηριστικό MPI και συγκεκριμένα η μέση τιμή του (mean) αλλά και η ταξινόμηση του επιπέδου 6. Χρησιμοποιήθηκαν και εδώ συναρτήσεις ασαφούς συμμετοχής μορφής S με το χαρακτηριστικό Mean της απεικόνισης MPI. Οι κατηγορίες ορίστηκαν ως εξής:

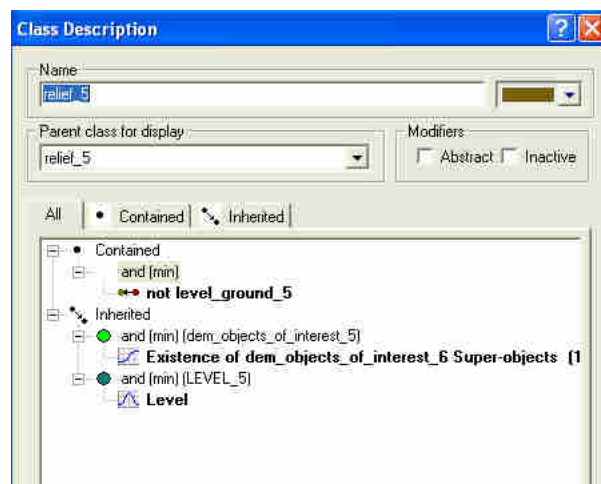
- Η κατηγορία background_5 να περιέχει όλα εκείνα τα αντικείμενα του επιπέδου 5 που έχουν υπέρ-αντικείμενα ταξινομημένα ως background_6
- Η γονική κατηγορία dem_objects_of_interest_5 να περιέχει όλα εκείνα τα αντικείμενα του επιπέδου 5 που έχουν υπέρ-αντικείμενα ταξινομημένα ως dem_objects_of_interest_6 καθώς και δυο κατηγορίες-γόνους (child classes): την level_ground_5 και την relief_5.
- Η κλάση-γόνος level_ground_5 περιγράφεται με 2 S ασαφείς συναρτήσεις συμμετοχής στο Mean MPI όπως φαίνεται στην Εικόνα 91. Η κλίση δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή της κλάσης καθώς δεν εξετάζεται το κατά πόσο είναι οριζόντιο αλλά η ομαλότητα του, το λείο της επιφάνειας. Τα όρια των

ασαφών συναρτήσεων καθορίστηκαν ως εξής: με φωτοερμηνεία στα διαγράμματα φωτοσκιασμένης απεικόνισης εντοπίστηκαν τμήματα του ψηφιακού μοντέλου ανάγλυφου τα οποία προσομοιάζαν με πλήρως ομαλό έδαφος, ακολούθως στο λογισμικό SAGA GIS εντοπίστηκαν τα τμήματα αυτά και πάρθηκαν οι τιμές που έπαιρναν τα εικονοστοιχεία στο θετικό oropness-MPI. Προέκυψε ότι το ομαλό έδαφος παίρνει τιμές κοντά στο 50-60, πάνω από αυτές είναι κοίλοι σχηματισμοί και κάτω από αυτό είναι κυρτοί.

- Στην κλάση relief_5 θα ταξινομηθούν όσα αντικείμενα ανήκουν στην γονική κατηγορία dem_objects_of_interest_5 και δεν έχουν ταξινομηθεί σαν level_ground_5. (Εικόνα 92)



Εικόνα 91 Η περιγραφή της κατηγορίας level_ground_5 στην ταξινόμηση του 5^{ου} επιπέδου ανάλυσης



Εικόνα 92 Η περιγραφή της κατηγορίας relief_5 στην ταξινόμηση του 5^{ου} επιπέδου ανάλυσης

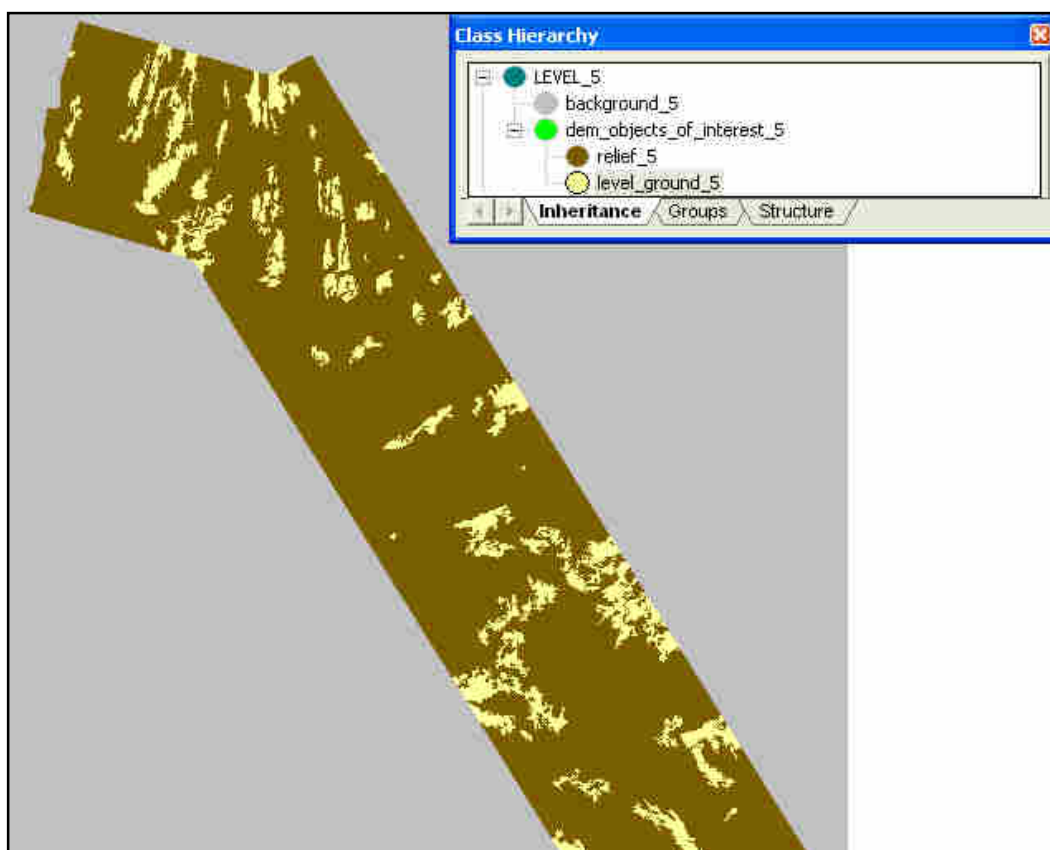
Σύμφωνα με τους παραπάνω ορισμούς ισχύει το εξής:

«**AN** ένα αντικείμενο στο επίπεδο 5 έχει υπέρ-αντικείμενο *background_6* **TOTE** ταξινομείται ως *background_5*. »

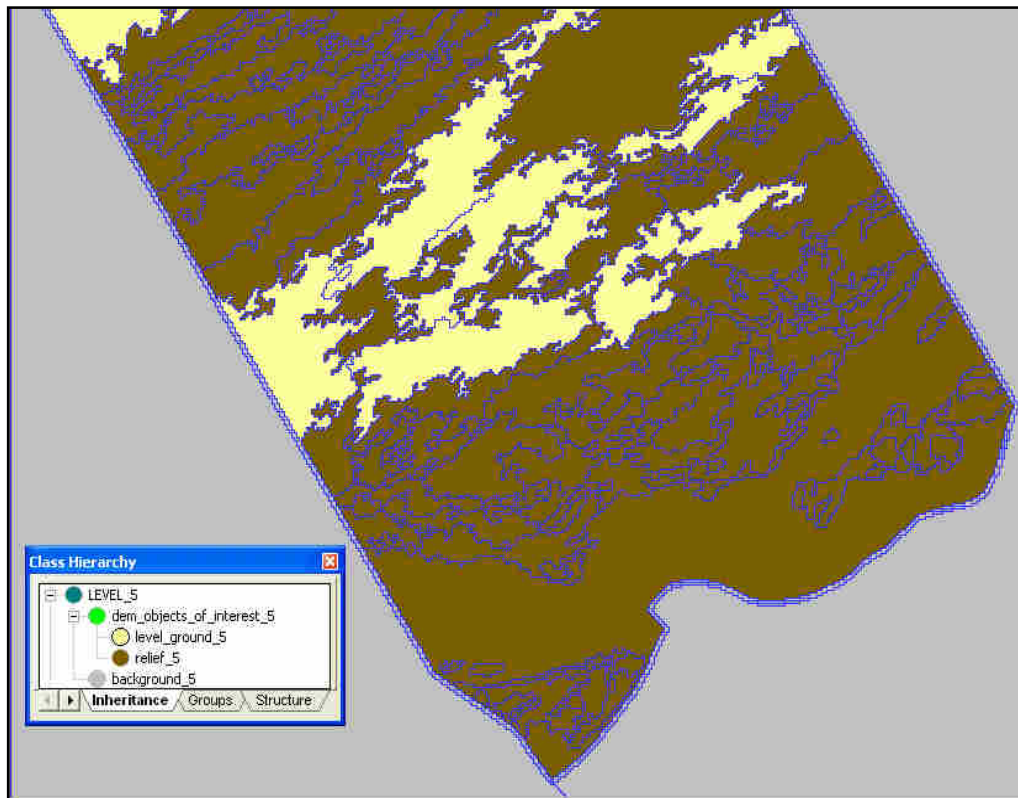
«**AN** ένα αντικείμενο έχει υπέρ-αντικείμενο *dem_objects_of_interest_6* **KAI** η μέση τιμή του *MPI* είναι από το λιγότερο 50.5 έως το πολύ 59.5 **TOTE** ταξινομείται ως ομαλό έδαφος *_5/level_ground_5*. »

«**AN** ένα αντικείμενο έχει υπέρ-αντικείμενο *dem_objects_of_interest_6* **KAI** δεν έχει ταξινομηθεί ως *level_ground_5* **TOTE** ταξινομείται ως ανάγλυφο *_5/relief_5*»






Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης για το πρώτο τμήμα του dtm του Ρίου Αντιρρίου (first) παρουσιάζεται στην Εικόνα 93, για το δεύτερο τμήμα (second) στην Εικόνα 94 και στον Πίνακα 4 συγκεντρώνονται οι περιγραφές των κλάσεων.



Εικόνα 93 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 5 του first.



Εικόνα 94 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 5 του second.

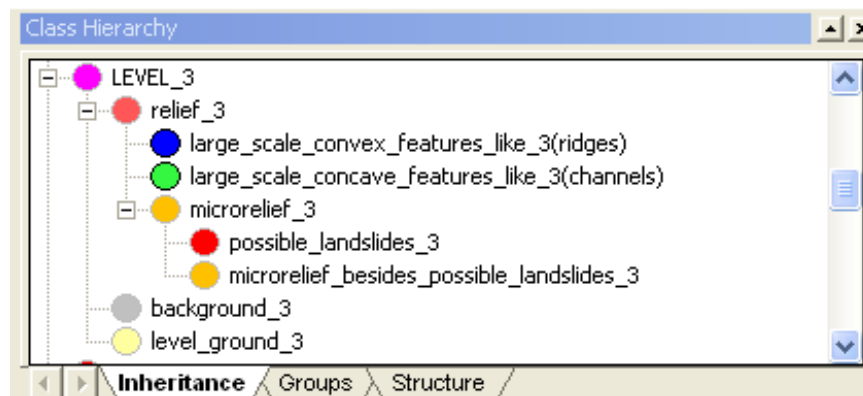
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ-FEATURE	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ
LEVEL_5	level		4	6
dem_objects_of_interest_5	Existence of <i>dem_objects_of_interest_6</i> Super objects		0	2
level_ground_5	Mean MPI		50	51
			59	60
background_5	Existence of: background_6 Super objects		0	2
relief_5	Invert similarity to: <i>level_ground_5</i>			

Πίνακας 4 Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου 5

3.3.1.3.3 Ταξινόμηση 3^{ου} επιπέδου

Μετά την ταξινόμηση του επιπέδου 5 ακολουθεί ταξινόμηση του επιπέδου 3 Άθως αυτό είναι που δημιουργείται αμέσως μετά το 4 με τον αλγόριθμο κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης. Στο επίπεδο αυτό αρχικός στόχος ήταν ο διαχωρισμός σε πρώτο στάδιο μεγάλης κλίμακας κοίλων και κυρτών επιμηκών σχηματισμών. Βλέποντας όμως τα αποτελέσματα της κατάτμησης διαπιστώθηκε ότι διαχωρίζεται και αρκετά καλά η αναγνωρισμένη κατά την φωτοερμηνεία σαν κατολίσθηση (φωτοερμηνεία Εικόνα 69 και κατάτμηση κάτω δεξιά Εικόνα 80). Έτσι οι κλάσεις που θα οριστούν θα είναι

- υπόβαθρο_3/ background_3,
- ομαλό_έδαφος_3/level_ground_3
- ανάγλυφο_3/relief_3 (γονική κλάση)
- μεγάλης_κλίμακας_επιμήκεις_κοίλοι_σχηματισμοί_3/
large_scale_concave_features_like_3 (channels) (κλάση γόνος)
- μεγάλης_κλίμακας_επιμήκεις_κυρτοί_σχηματισμοί_3/
large_scale_convex_features_like_3 (ridges) (κλάση γόνος)
- μικρό-ανάγλυφο_3/microrelief_3 (γονική κλάση και κλάση γόνος)
- πιθανές_κατολισθήσεις_3/ possible_landslides_3 (κλάση γόνος)
- μικρό-ανάγλυφο_πέραν_πιθανών_κατολισθήσεων_3/
microrelief_besides_possible_landslides_3 (κλάση γόνος)



Εικόνα 95 Η ιεραρχία των κατηγοριών στο επίπεδο 3.

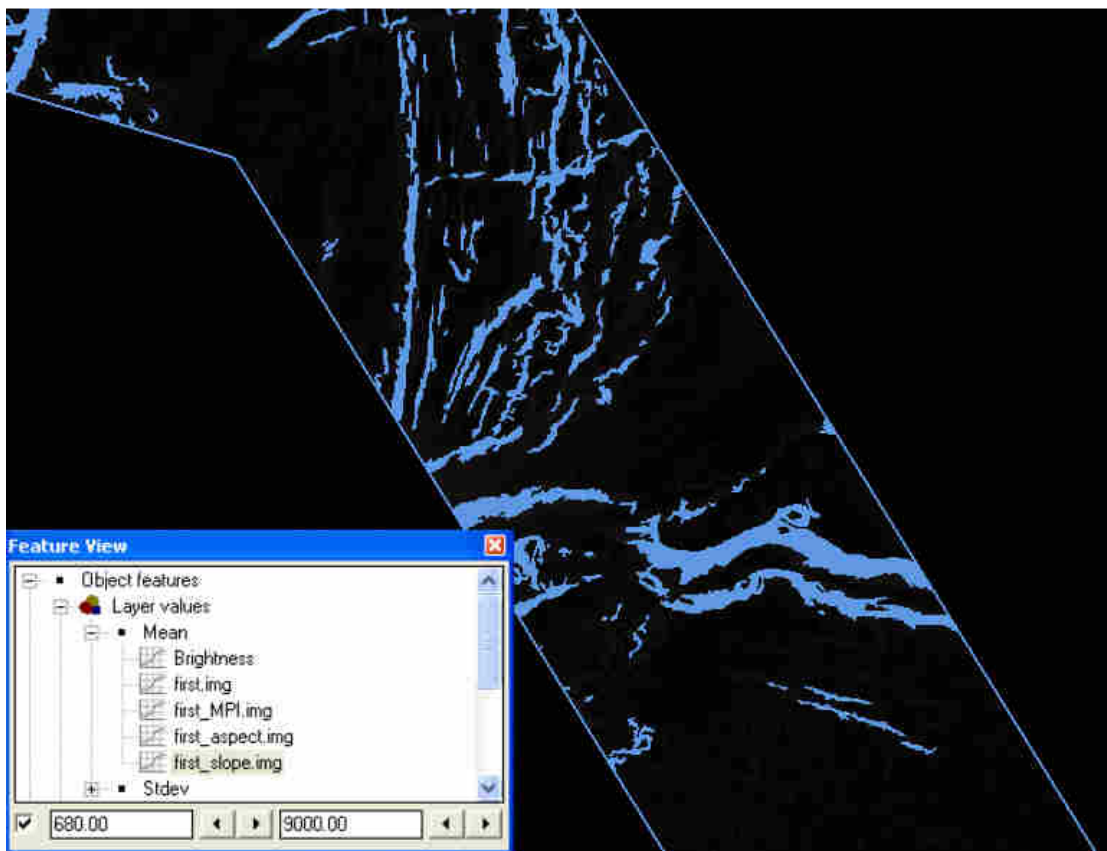
Για τον ορισμό των κατηγοριών θα χρησιμοποιηθεί κυρίως το χαρακτηριστικό MPI και συγκεκριμένα η μέση τιμή του (mean), επίσης θα χρησιμοποιηθεί η μέση τιμή της κλίσης (mean slope) καθώς και η ταξινόμηση του ανώτερου επιπέδου 5. Οι ορισμοί των κατηγοριών είναι:

- Οι κατηγορίες background_3, level_ground_3 και relief_3 ορίζονται να περιέχουν τα αντικείμενα στα οποία υπάρχουν σαν υπέρ-αντικείμενα οι κατηγορίες background_5, level_ground_5 και relief_5 αντίστοιχα.
- Η κατηγορία large_scale_convex_features_like_3 ορίστηκε με ασαφή συνάρτηση μορφής S στο χαρακτηριστικό Mean MPI, γνωρίζοντας ότι τα κοίλα χαρακτηριστικά παίρνουν πολύ χαμηλές τιμές στην απεικόνιση του θετικού openness, μικρότερες από αυτές του ομαλού ανάγλυφου-level ground, οι οποίες

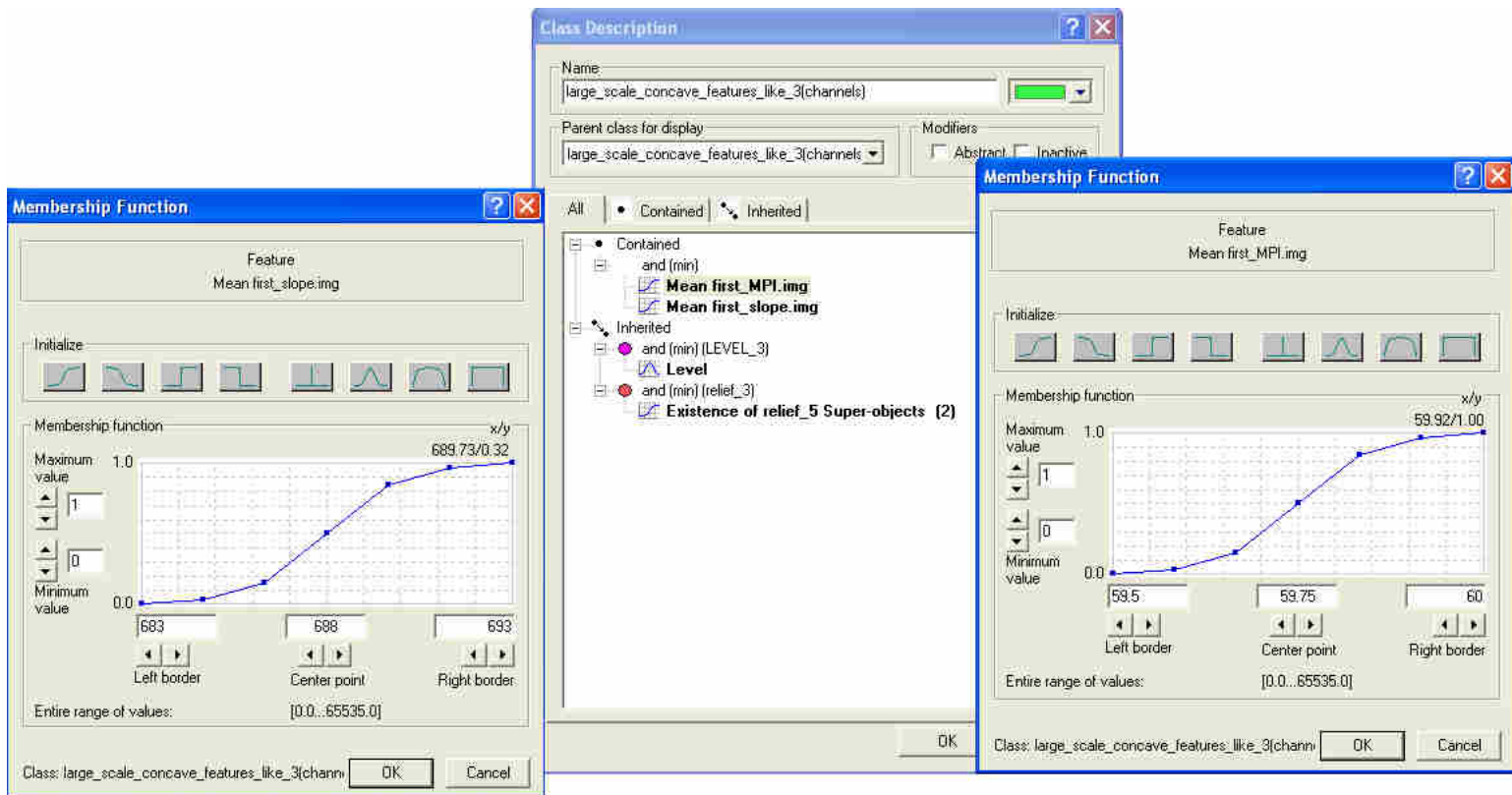
ορίστηκαν κατά την ταξινόμηση του επιπέδου 4. Αποτελεί κλάση-γόνου της κατηγορίας relief_3.

- Η κατηγορία large_scale_concave_features_like_3 ορίστηκε με 2 ασαφείς συναρτήσεις συμμετοχής μορφής S, με χρήση της μέσης τιμής της και της μέσης τιμής του MPI (Εικόνα 97). Τα διαστήματα ασάφειας ορίστηκαν γνωρίζοντας ότι τα κοίλα χαρακτηριστικά εμφανίζουν υψηλές τιμές MPI δηλαδή πάνω από τις τιμές του MPI του ομαλού εδάφους καθώς και υψηλές τιμές κλίσης (χρήση του εργαλείου feature view Εικόνα 96) Αποτελεί κλάση-γόνου της κατηγορίας relief_3. Αποτελεί κλάση-γόνου της κατηγορίας relief_3.
- Η κατηγορία microrelief_3 ορίστηκε προκειμένου να ταξινομηθούν σε αυτήν όλα τα αντικείμενα τα οποία δεν έχουν ταξινομηθεί σε κάποια από τις προηγούμενες κατηγορίες και αποτελεί κλάση-γόνου της κατηγορίας relief_3 και ταυτόχρονα γονική κλάση των δυο ακόλουθων κατηγοριών.

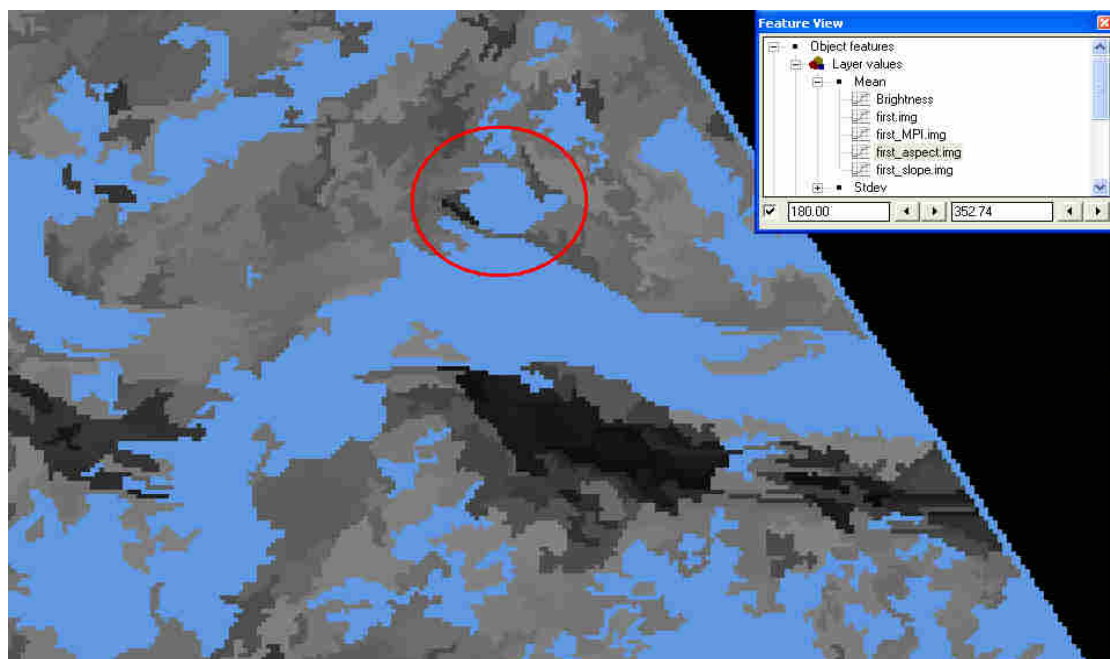
- Η κατηγορία-γόνος της *microrelief_3* καθώς και της *relief_3*, η *possible_landslides_3* ορίστηκε για να περιγράψει τα αντικείμενα εκείνα που είναι πιθανώς κατολισθήσεις οι οποίες έχουν συμβεί και ορίστηκε με 3 ασαφείς συναρτήσεις συμμετοχής μορφής S. Χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή του Aspect (mean Aspect) με διάστημα ασάφειας όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 5 θεωρώντας ότι προκειμένου να έχει γίνει μια κατολίση ο προσανατολισμός της κλίσης (slope aspect) πρέπει να είναι πάνω από 180 μοίρες γεγονός που επιβεβαιώθηκε και από το εργαλείο feature view (Εικόνα 98). Κατολισθήσεις, συναντώνται μόνο δίπλα σε κοίλα τμήματα (πρέπει να υπάρχει χαμηλότερη κλίση προκειμένου να υπάρξει κατολίση) συνεπώς εισάγεται η συνάρτηση συμμετοχής Relative Border to *large_scale_concave_features_like_3* με διάστημα ασάφειας όπως φαίνεται στον Πίνακα 5. Τέλος προκειμένου να είναι κατολισθήσεις πρέπει οι οποίες έχουν γίνει πρέπει να έχουν σχηματιστεί ουλές, δηλαδή κοίλα τμήματα, έτσι εισάγεται και ασαφής συνάρτηση συμμετοχής του χαρακτηριστικού Mean MPI με αριστερό όριο διαστήματος ασάφειας μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του *large_scale_concave_features_like_3* καθώς πρέπει να είναι πιο κοίλο από το γειτονικό του κοίλο αντικείμενο για να θεωρηθεί ως κατολίση. (Εικόνα 99)
- Η κατηγορία *microrelief_besides_possible_landslides_3* ορίστηκε προκειμένου να συμπεριλάβει τα αντικείμενα που έχουν ταξινομηθεί ως *microrelief_3* αλλά δεν ταξινομούνται ως *possible_landslides_3*. Είναι κλάση γόνος των γονικών κατηγοριών *microrelief_3* και *relief_3*.



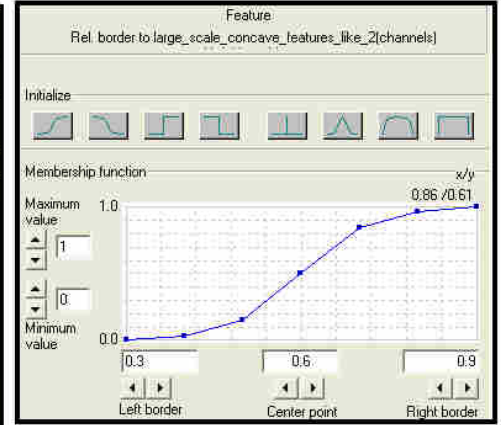
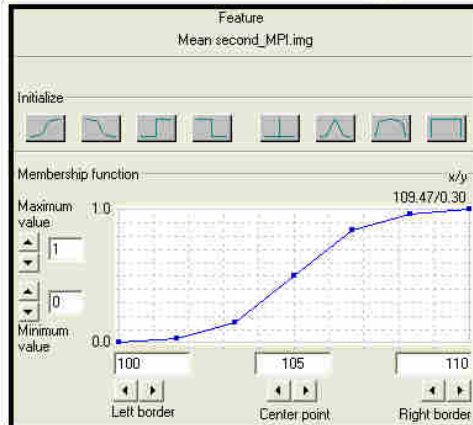
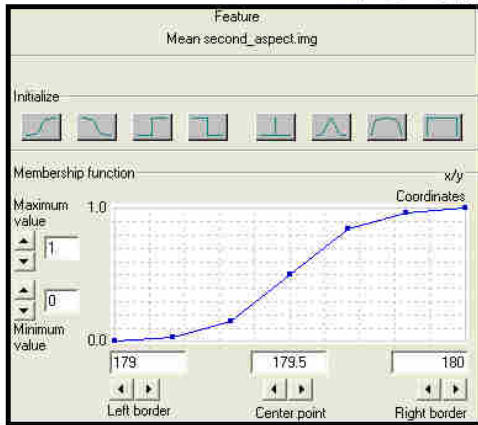
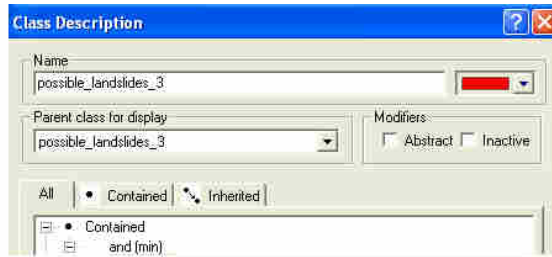
Εικόνα 96 Χρήση του εργαλείου feature view για τον καθορισμό των διαστημάτων ασάφειας της κλάσης *large_scale_concave_features_like_3* με το χαρακτηριστικό Layer Values-Mean Slope για την απεικόνιση *first*. Παρατηρείται ότι για τιμές πάνω από 680 δηλαδή $6,8^\circ$ παραμένουν αρκετά από τα αντικείμενα που είχαν αναγνωρισθεί ως πιθανοί επιμήκεις σχηματισμοί στο στάδιο της φωτοερμηνείας.



Εικόνα 97 Η περιγραφή της κατηγορίας large_scale_concave_features_like_3 στην ταξινόμηση του 3^{ου} επιπέδου.



Εικόνα 98 Χρήση του εργαλείου feature view για τον καθορισμό των διαστημάτων ασάφειας της κλάσης possible_landslides_3 με το χαρακτηριστικό Layer Values-Mean Aspect για την απεικόνιση first. Παρατηρείται ότι για τιμές πάνω από 180 δηλαδή 180° παραμένει το τμήμα που επισημαίνεται με κόκκινο κύκλο και το οποίο έχει φωτοερμηνευτεί ως κατολίσθηση.



Εικόνα 99 Η περιγραφή της κατηγορίας possible_landslides_3 στην ταξινόμηση του 3^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση second.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ-FEATURE	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ
LEVEL_3	level		2	4
background_3	Existence of: <i>background_5</i> Super objects		0	2
level_ground_3	Existence of: <i>Level_ground_5</i> Super objects		0	2
relief_3	Existence of: <i>relief_5</i> Super objects		0	2
large_scale_concave_features_like_3	mean MPI		59.5	60
	mean Slope		683	693
large_scale_convex_features_like_3	mean MPI		50	50.5
microrelief_3	Invert similarity to: large_scale_convex_features_like_3			
	Invert similarity to: large_scale_concave_features_like_3			
possible_landslides_3	mean aspect		179	180
	mean MPI		100	110
	Relative border to: <i>large_scale_concave_features_like_3</i> neighbor objects		0.3	0.9
microrelief_besides_possible_landslides_3	Invert similarity to: possible_landslides_3			

Πίνακας 5 Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου 3

Σύμφωνα με τα παραπάνω οι περιγραφές των κλάσεων για τα αντικείμενα του επιπέδου κατάτμησης 3 έχουν ως εξής:

«**AN** ένα αντικείμενο έχει υπέρ-αντικείμενο *background_5* **TOTE** ταξινομείται ως **background_3**.»

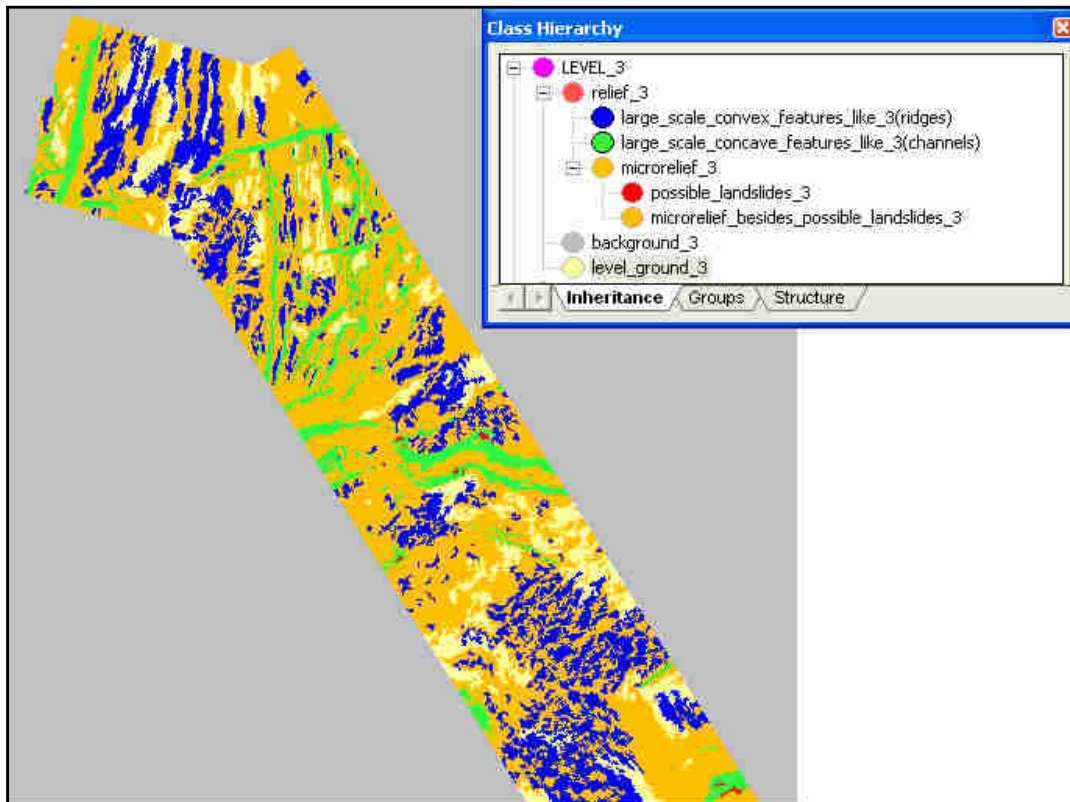
«**AN** ένα αντικείμενο έχει υπέρ-αντικείμενο *level_ground_5* **TOTE** ταξινομείται ως **level_ground_3** »

«**AN** ένα αντικείμενο έχει υπέρ-αντικείμενο *relief_5* **TOTE** ταξινομείται ως **relief_3**. »

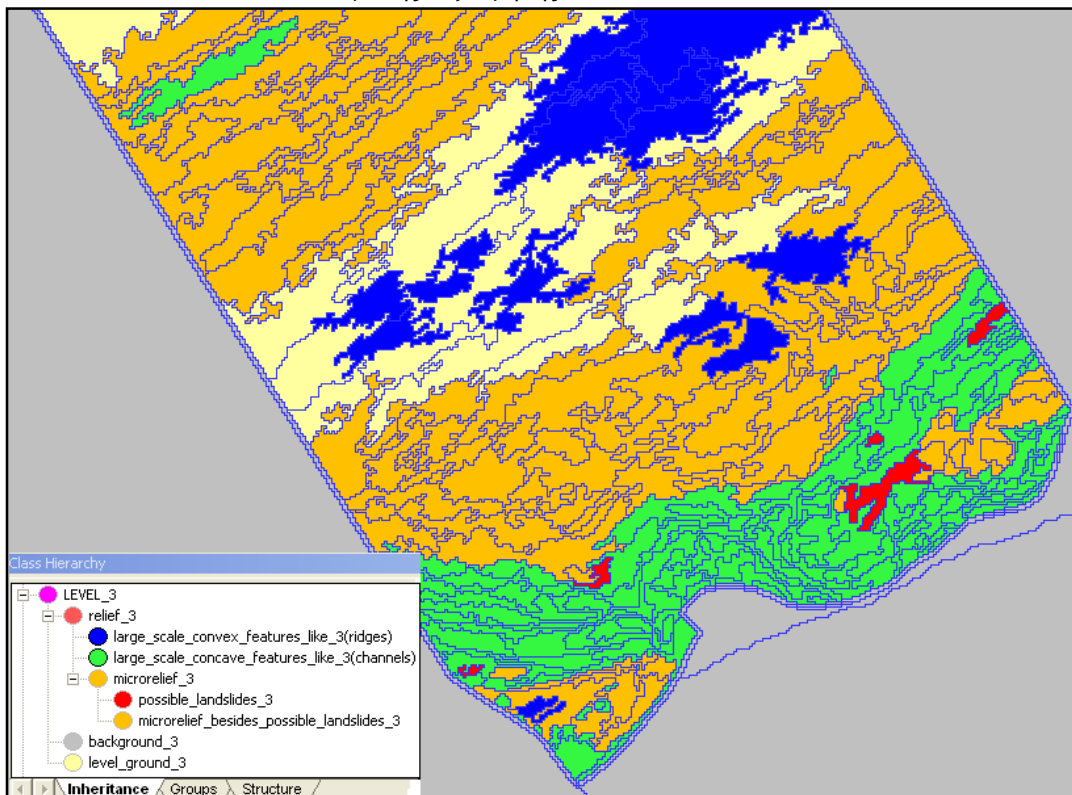
«**AN** αντικείμενο το οποίο έχει ταξινομηθεί ως *relief_3*, η μέση τιμή του MPI του δεν ξεπερνά το 50.25 **TOTE** ταξινομείται ως **large_scale_convex_features_like_3**. **AN** η μέση τιμή του MPI του είναι άνω του 59.75 **KAI** η μέση τιμή της κλίσης του ξεπερνά το 688 **TOTE** ταξινομείται ως **large_scale_concave_features_like_3**. **AN** δεν ισχύει κανένα από τα 2 **AN TOTE** το αντικείμενο ταξινομείται ως **microrelief_3**»

«Αντικείμενο το οποίο έχει ταξινομηθεί ως *microrelief_3* **AN** έχει μέση τιμή *aspect* πάνω από 179.5 **KAI** μέση τιμή MPI πάνω από 105 **KAI** Σχετικό Όριο με γειτονικό αντικείμενο ταξινομημένο ως *large_scale_concave_features_like_3* πάνω από 0.6 **TOTE** ταξινομείται ως **possible_landslides_3**. ΑΛΛΙΩΣ ταξινομείται ως **microrelief_besides_possible_landslides_3** »

Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης για το πρώτο τμήμα του dtm του Ρίου Αντιρρίου (first) παρουσιάζεται στην Εικόνα 100, για το δεύτερο τμήμα (second) στην Εικόνα 101 και στον Πίνακα 5 Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου 3 συγκεντρώνονται οι περιγραφές των κλάσεων.



Εικόνα 100 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 3 του first.

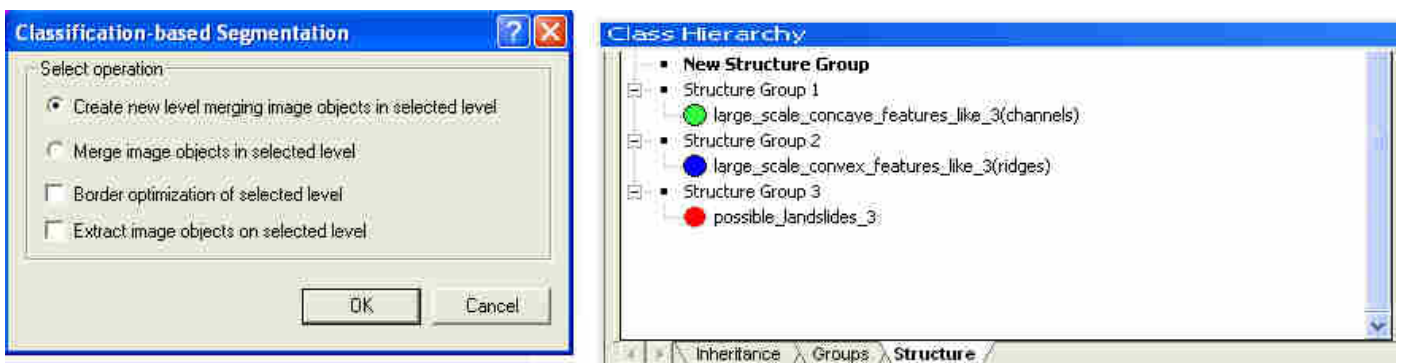


Εικόνα 101 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 3 του second.

3.3.1.3.4 Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης- Δημιουργία 4^{ου} επιπέδου

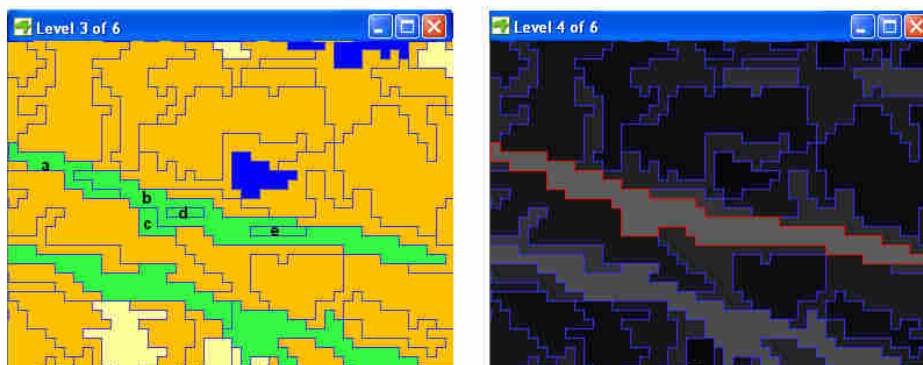
Μετά την ταξινόμηση του 3^{ου} επιπέδου ακολουθεί κατάτμηση βάσει ταξινόμησης (παρ. 2.4.2.4) για την δημιουργία του 4^{ου} επιπέδου. Ο αλγόριθμος που θα χρησιμοποιηθεί είναι αυτός της συνένωσης αντικειμένων σε νέο επίπεδο (Εικόνα 34 και Εικόνα 35) με βάση την ιεραρχία δομής (structure tab) της Εικόνα 102.

Στόχος της δημιουργίας του νέου αυτού επιπέδου είναι η συνένωση γειτονικών αντικειμένων τα οποία έχουν ταξινομηθεί είτε στην κατηγορία `large_scale_convex_features_like_3` είτε στην `large_scale_concave_features_like_3` προκειμένου να δημιουργηθούν νέα μεγαλύτερα αντικείμενα τα οποία θα ταξινομηθούν περαιτέρω με χρήση χαρακτηριστικών σχήματος (Object Features-Shape).

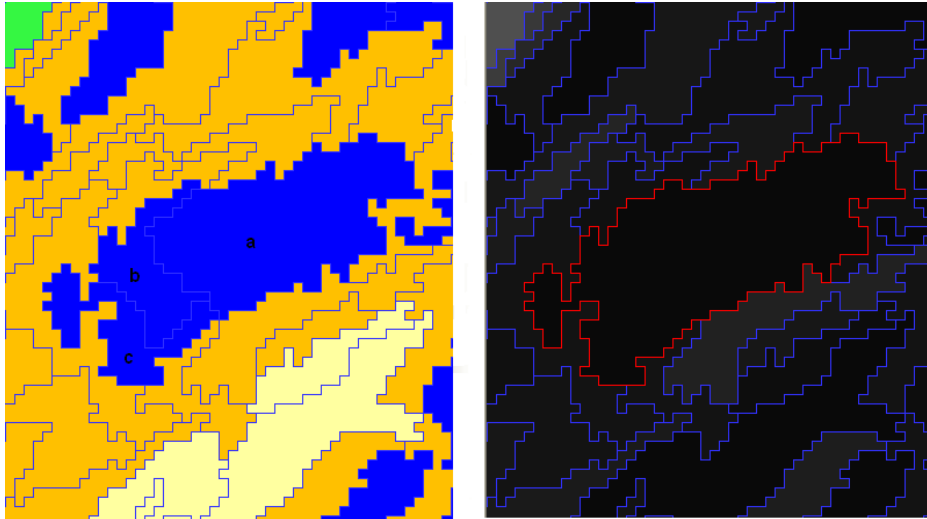


Εικόνα 102 Η ιεραρχία δομής στις κλάσεις του επιπέδου 3 προκειμένου να δημιουργηθούν τα αντικείμενα του επιπέδου 4.

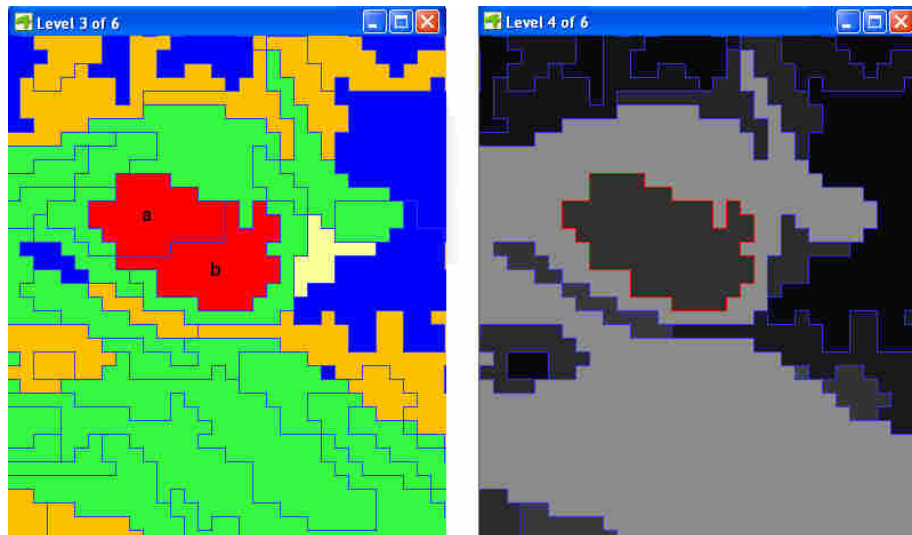
Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στις εικόνες.



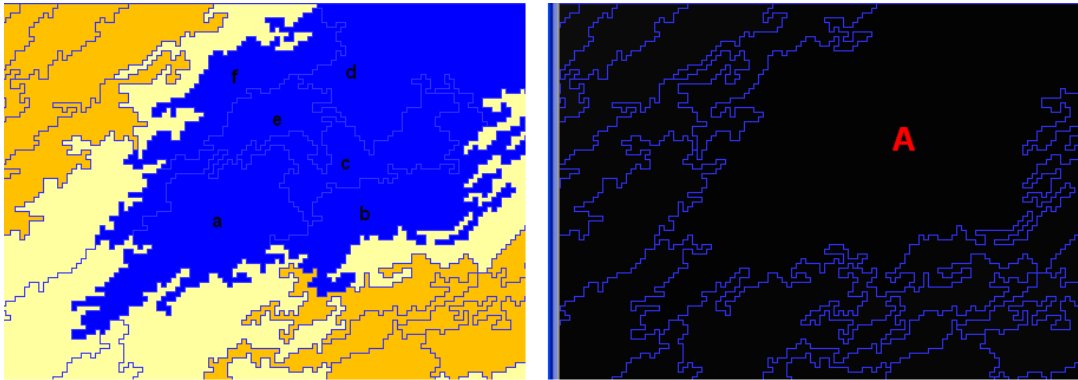
Εικόνα 103 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος first του dtm. Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων. Ενδεικτικά σημειώνονται τα αντικείμενα a,b,c,d,e τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως `large_scale_concave_features_like_3` στο επίπεδο 3 και στο επίπεδο 4 έχουν συνενωθεί σε ένα ενιαίο αντικείμενο τονισμένο με κόκκινο περίγραμμα.



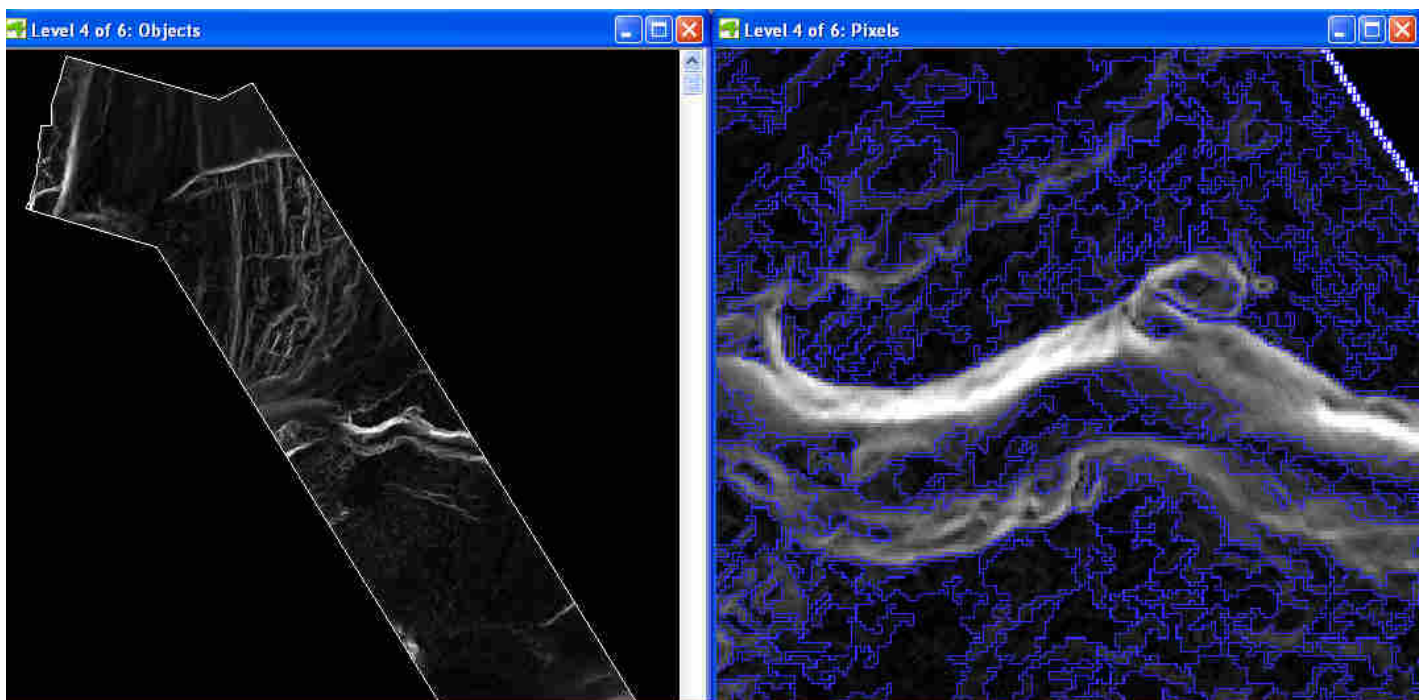
Εικόνα 104 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος first του dtm. Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων. Ενδεικτικά σημειώνονται τα αντικείμενα a,b,c τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως **large_scale_convex_features_like_3** στο επίπεδο 3 και στο επίπεδο 4 έχουν συνενωθεί σε ένα ενιαίο αντικείμενο τονισμένο με κόκκινο περίγραμμα.



Εικόνα 105 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος first του dtm. Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων. Ενδεικτικά σημειώνονται τα αντικείμενα a,b τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως **large_scale_concave_features_like_3** στο επίπεδο 3 και στο επίπεδο 4 έχουν συνενωθεί σε ένα ενιαίο αντικείμενο-κόκκινο περίγραμμα.

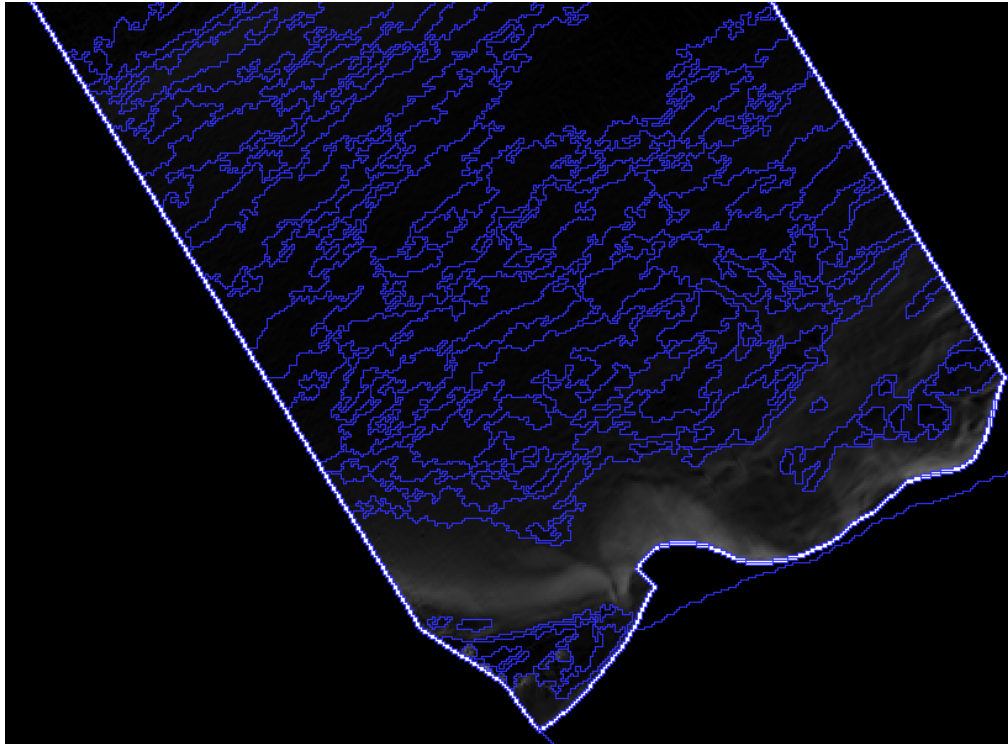


Εικόνα 106 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος second του dtm. Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων. Ενδεικτικά σημειώνονται τα αντικείμενα a,b,c,d,e,f τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως **large_scale_concave_features_like_3** στο επίπεδο 3 και στο επίπεδο 4 έχουν συνενωθεί σε ένα ενιαίο αντικείμενο-A.



Εικόνα 107 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα first του dtm. Αριστερά όλο το κομμάτι στο οποίο δεν διακρίνονται τα νέα όρια των αντικειμένων και δεξιά σε μεγέθυνση ώστε να φανούν.

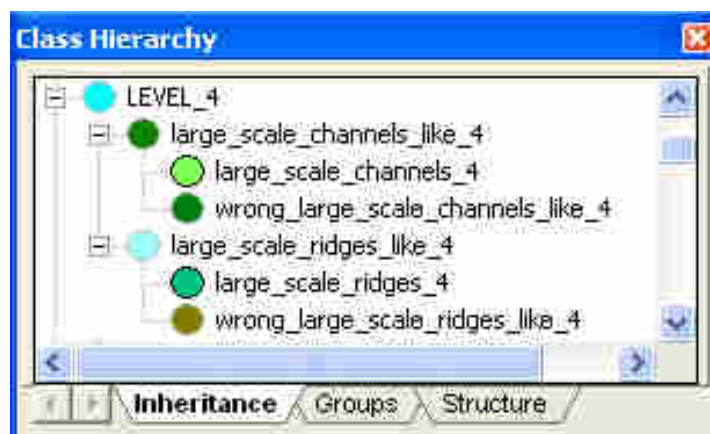
Στην Εικόνα 107 παρατηρώντας την μεγέθυνση ενδεχομένως να παρουσιάζεται η νέα κατάτμηση πολύ γενικευμένη, δεν προβληματίζει όμως αυτή η «γενίκευση» καθώς ακολούθως τα αντικείμενα της θα επανα-ταξινομηθούν σε κατώτερο επίπεδο όπως για παράδειγμα η κλάση **large_scale_concave_features_like_3** η οποία θα διαχωριστεί στο επίπεδο δυο σε **channels_2** με κλάσεις γόνους **gentle_slopes_2** (ελαφριές κλίσεις-ρηχά κανάλια) και **steep_2** (απότομες κλίσεις-βαθιά κανάλια).



Εικόνα 108 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα second του dtm.

3.3.1.3.5 Ταξινόμηση 4^{ου} επιπέδου

Μετά την δημιουργία του 4^{ου} επιπέδου ακολουθεί η ταξινόμηση του. Σκοπός της δημιουργίας και κατ' επέκταση της ταξινόμησης του επιπέδου 4 είναι η χρήση χαρακτηριστικών σχήματος προκειμένου να διαχωριστούν οι επιμήκεις κοίλοι ή κυρτοί σχηματισμοί από τους υπόλοιπους. Δημιουργούνται αρχικά οι κατηγορίες που συνετέλεσαν στην δημιουργία του και μεταφέρονται οι ιδιότητες τους από το κατώτερο επίπεδο 3, ακολούθως οι κατηγορίες χωρίζονται σε δυο κλάσεις-γόνους (child classes) .








Εικόνα 109 Η ιεραρχία των κατηγοριών στο επίπεδο 4.

Στην Εικόνα 109 παρουσιάζονται οι κλάσεις, οι περιγραφές των οποίων είναι:

- Η κατηγορία `large_scale_channels_like_4` ορίζεται να περιέχει τα αντικείμενα του επιπέδου 4 τα οποία είναι υπέρ-αντικείμενα της κλάσης του επιπέδου 3 `large_scale_concave_features_like_3`, δηλαδή τα αντικείμενα αυτά που προσομοιάζουν με κανάλια. Ακολούθως έγινε γονική κλάση των κατηγοριών `large_scale_channels_4` (σωστά ταξινομημένα ως κανάλια) και `wrong_scale_channels_like_4` (λάθος ταξινομημένα ως κανάλια, θα ταξινομηθούν σε κατώτερο επίπεδο). Ο διαχωρισμός ανάμεσα στις δυο αυτές `child classes` έγινε με χρήση του χαρακτηριστικού `Objects Features-Length` αντί του `length-to-width` το οποίο γενικώς χρησιμοποιείται για τον ορισμό των επιμηκών αντικειμένων, καθώς παρατηρήθηκε ότι στο τα αντικείμενα που είχαν ταξινομηθεί ήδη παρουσίαζαν επιμήκες σχήμα. Τα διαστήματα ασάφειας της συνάρτησης μορφής `S` ορίστηκαν με οπτική επισκόπηση μέσω του εργαλείου `feature view` καθώς σε συνδυασμό με την φωτοερμηνεία που διεξήχθη πριν την έναρξη της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης.
- Η κατηγορία `large_scale_ridges_like_4` ορίζεται να περιέχει τα αντικείμενα του επιπέδου 4 τα οποία είναι υπέρ-αντικείμενα της κλάσης του επιπέδου 3 `large_scale_convex_features_like_3`, δηλαδή τα αντικείμενα αυτά που προσομοιάζουν με επιμήκεις κυρτούς σχηματισμούς- ράχες . Ακολούθως έγινε γονική κλάση των κατηγοριών `large_scale_ridges_4` (σωστά ταξινομημένα ως ράχες) και `wrong_scale_ridges_like_4` (λάθος ταξινομημένα ως ράχες, η ταξινόμηση τους θα γίνει σε κατώτερο επίπεδο). Ο διαχωρισμός ανάμεσα στις δυο αυτές `child classes` έγινε με χρήση του χαρακτηριστικού `Objects Features-Length-to-width` το οποίο γενικώς χρησιμοποιείται για τον ορισμό των επιμηκών αντικειμένων. Τα διαστήματα ασάφειας της συνάρτησης μορφής `S` ορίστηκαν με οπτική επισκόπηση μέσω του εργαλείου `feature view` καθώς σε συνδυασμό με την φωτοερμηνεία που διεξήχθη πριν την έναρξη της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης.

Στον Πίνακα 6 συνοψίζονται οι περιγραφές των κλάσεων ταξινόμησης για τα αντικείμενα του τέταρτου επιπέδου κατάτμησης.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ- FEATURE	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ
LEVEL_4	level		3	5
large_scale_channels_like_4	Existence of: large_concave_features_like_3 Sub Objects		0	2
large_scale_channels_4	Length		17	18
wrong_large_scale_channels_like_4	Invert similarity to: large_scale_channels_4			
large_scale_ridges_like_4	Existence of: large_scale_convex_features_like_3 Sub objects		0	2
wrong_large_scale_ridges_like_4	Invert similarity to: large_scale_ridges_4			
large_scale_ridges_4	Length/Width		10	12

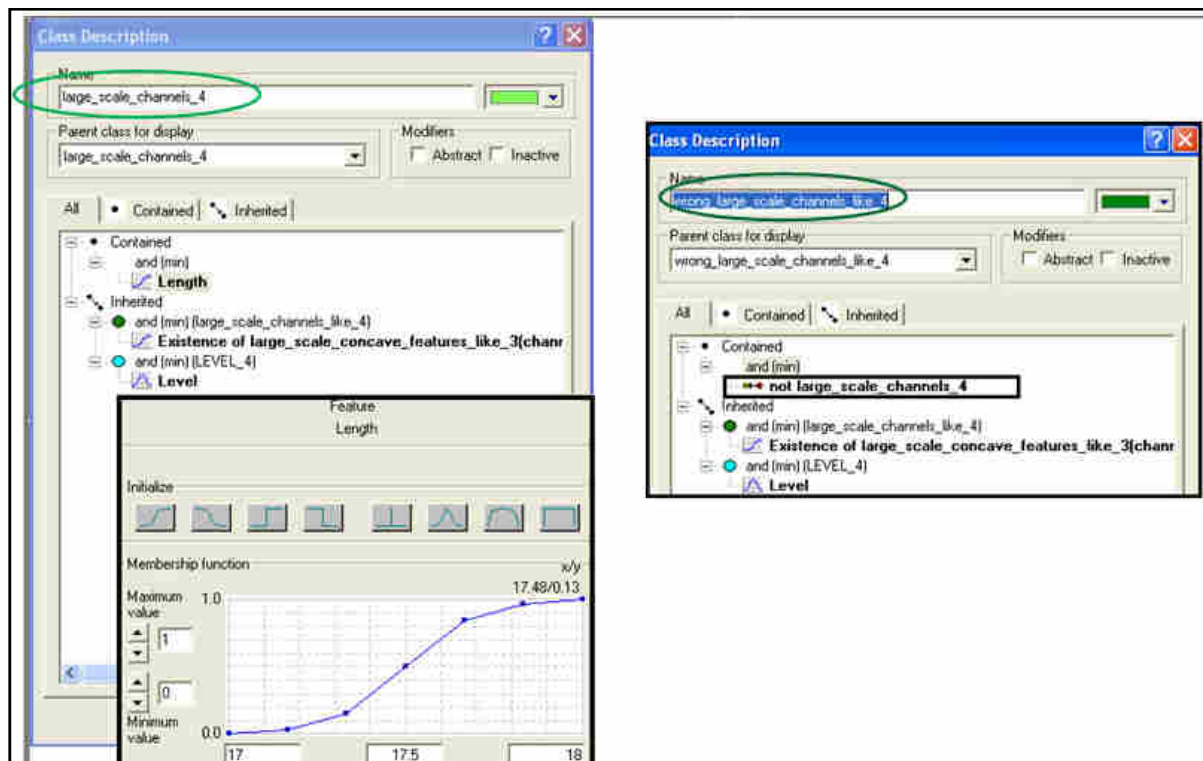
Πίνακας 6 Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου 4

Σύμφωνα με τα παραπάνω οι περιγραφές των κλάσεων για τα αντικείμενα του επιπέδου κατάτμησης 4 είναι:

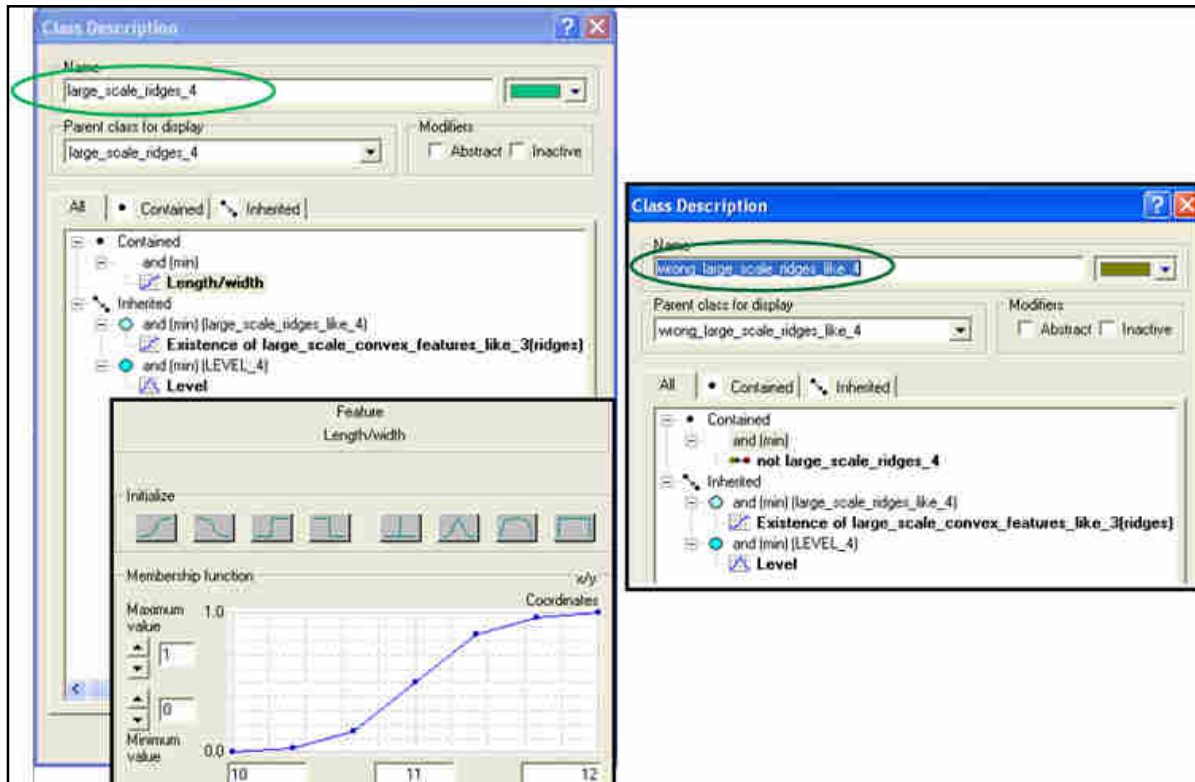
« **AN** ένα αντικείμενο στο επίπεδο 4 έχει έστω και ένα υπό-αντικείμενο το οποίο έχει ταξινομηθεί στο επίπεδο 3 ως *large_scale_concave_features_like_3* **KAI** έχει μήκος από 17.5 και πάνω **TOTE** το αντικείμενο αυτό ταξινομείται σαν **large_scale_channels_4**. **AN** έχει έστω και ένα υπό-αντικείμενο το οποίο έχει ταξινομηθεί στο επίπεδο 3 ως *large_scale_concave_features_like_3* **KAI** δεν έχει ταξινομηθεί ως *large_scale_channels_like_4* δηλαδή έχει μήκος κάτω από 17,5 **TOTE** ταξινομείται ως **wrong_large_scale_channels_like_4**.» (Εικόνα 110)

« **AN** ένα αντικείμενο στο επίπεδο 4 έχει έστω και ένα υπό-αντικείμενο το οποίο έχει ταξινομηθεί στο επίπεδο 3 ως *large_scale_convex_features_like_3* **KAI** έχει αναλογία μήκους/πλάτους από 11 και πάνω **TOTE** το αντικείμενο αυτό ταξινομείται σαν **large_scale_ridges_4**. **AN** έχει έστω και ένα υπό-αντικείμενο το οποίο έχει ταξινομηθεί στο επίπεδο 3 ως *large_scale_convex_features_like_3* **KAI** δεν έχει ταξινομηθεί ως *large_scale_ridges_like_4* δηλαδή έχει λόγο μήκος/πλάτος κάτω από 11 **TOTE** ταξινομείται ως **wrong_large_scale_ridges_like_4**.» (Εικόνα 111)

Οι κατηγορίες level_ground και background επιλέγεται να μην μεταφερθούν καθώς στόχος του παρόντος επιπέδου ήταν ο διαχωρισμός επιμηκών και μη σχηματισμών και μόνο.

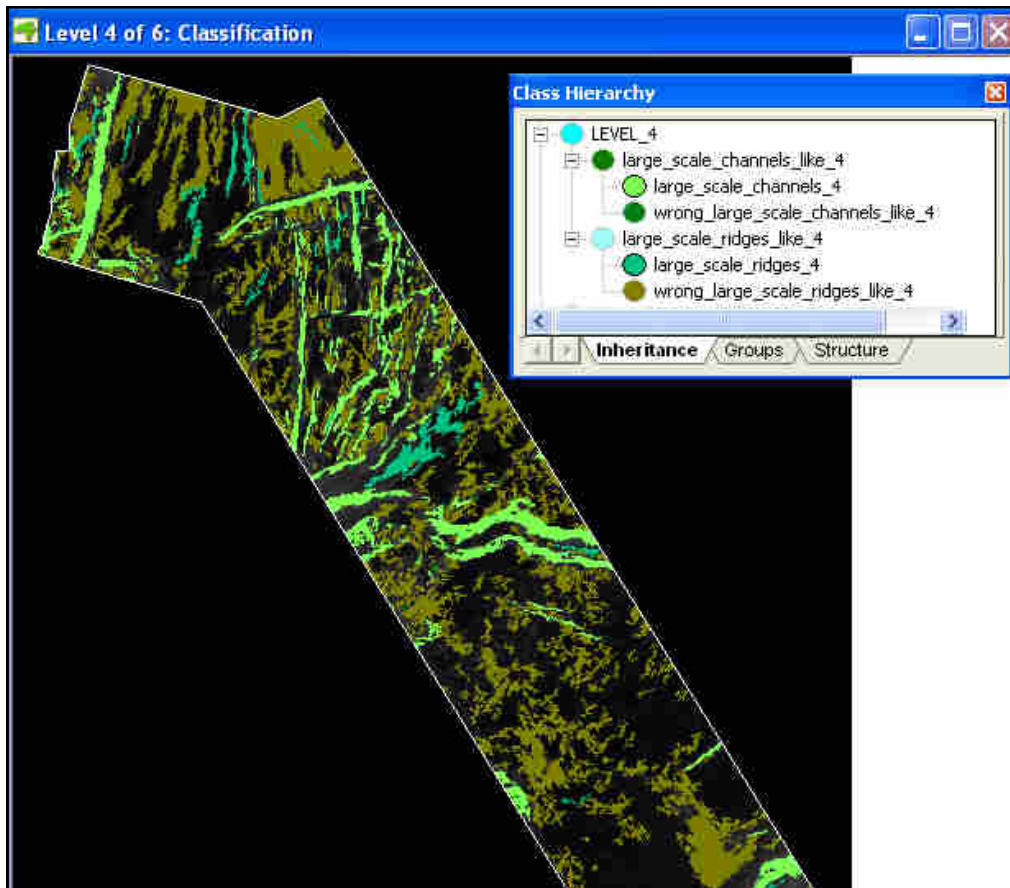


Εικόνα 110 Η περιγραφή των κατηγοριών large_scale_channels_4 και wrong_large_Scale_channels_like_4 στην ταξινόμηση του 4^{ου} επιπέδου. .

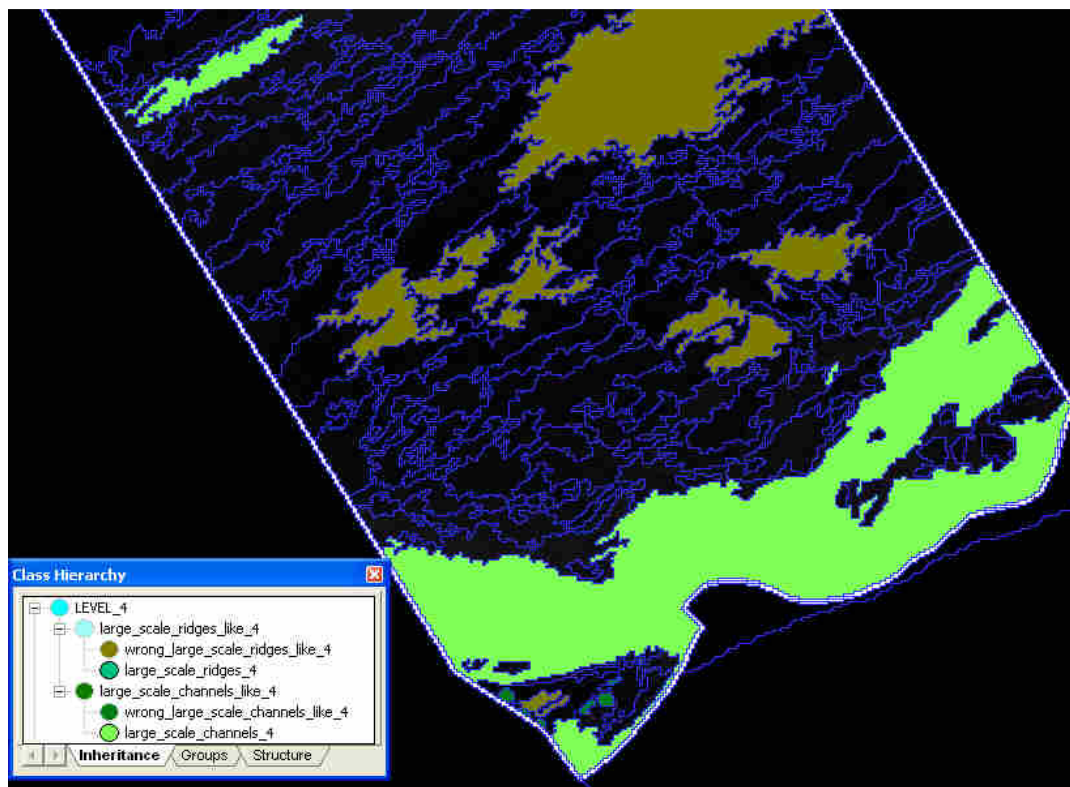


Εικόνα 111 Η περιγραφή των κατηγοριών large_scale_ridges_4 και wrong_large_scale_ridges_like_4 στην ταξινόμηση του 4^{ου} επιπέδου. .

Ολοκληρώνεται έτσι και η ταξινόμηση του επιπέδου 4, τα αποτελέσματα της οποίας για τα δυο τμήματα, first και second, του dtm παρουσιάζονται στις Εικόνα 112 και Εικόνα 113.



Εικόνα 112 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 4 του first.

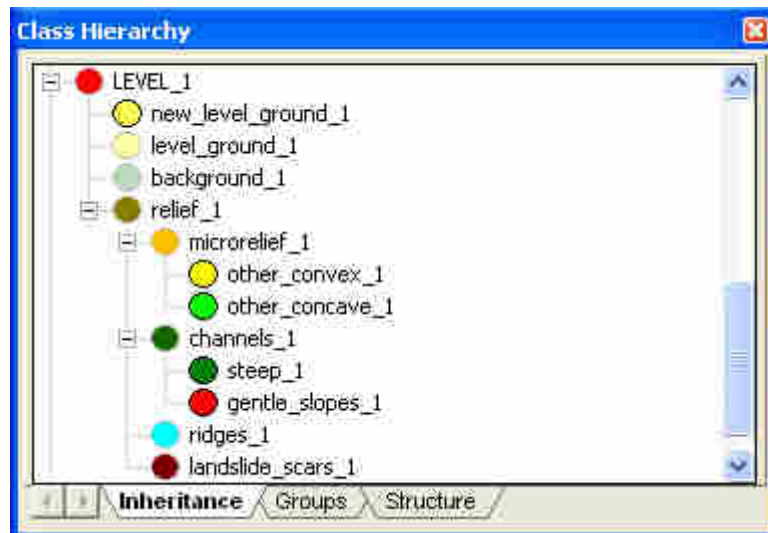


Εικόνα 113 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 4 του second.

3.3.1.3.6 Ταξινόμηση 1^{ου} επιπέδου

Ακολούθως ταξινομείται το επίπεδο 1 το οποίο προηγείται της δημιουργίας του επιπέδου 2 καθώς και το επίπεδο 2 δημιουργείται μέσω της διαδικασίας της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σύμφωνα με την δομική ιεραρχία που θα οριστεί ακολούθως.

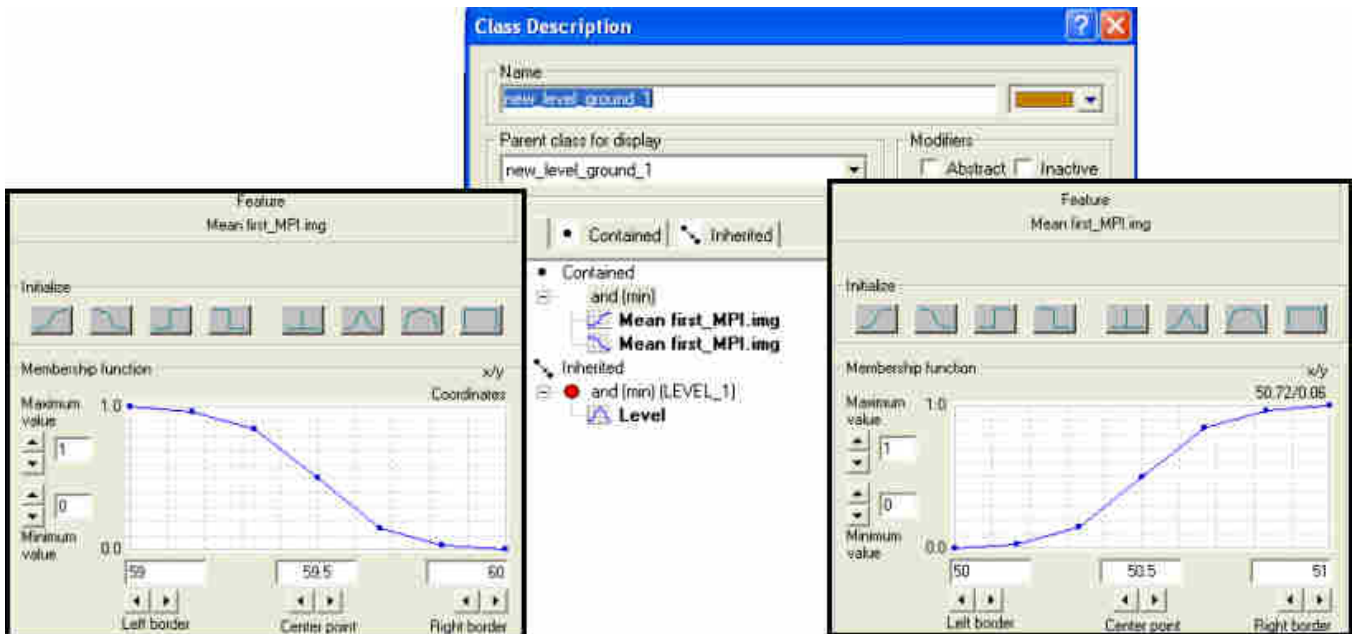
Το επίπεδο αυτό δημιουργήθηκε με πολύ μικρό συντελεστή κλίμακας ($\kappa=3$) και περιέχει μεγάλο αριθμό αντικειμένων στο μέγεθος της εικονοψηφίδας. Το επίπεδο αυτό δημιουργήθηκε προκειμένου να γίνει εκμεταλλεύσιμη η μεγαλύτερη δυνατή περιεχόμενη στα ΨΜΕ πληροφορία. Η ταξινόμηση στο παρόν επίπεδο με τόσο μικρή κλίμακα αποσκοπεί στην περαιτέρω ταξινόμηση αντικειμένων στα οποία είχαν ανατεθεί κλάσεις οι οποίες όμως δε τα χαρακτήριζαν σαν γεωμορφολογικά-τοπογραφικά χαρακτηριστικά στα προηγούμενα επίπεδα, με εξαίρεση το δεύτερο επίπεδο του οποίου η δημιουργία έπεται της ταξινόμησης του πρώτου. Για παράδειγμα κατά την ταξινόμηση στο επίπεδο 3 είχε δημιουργηθεί η κλάση *microrelief_besides_possible_landslides_3* η οποία περιείχε τα αντικείμενα εκείνα τα οποία δεν ταξινομούταν ως *possible_landslides_3*. Αυτά τα αντικείμενα πρέπει να επανα-ταξινομηθούν στις κατάλληλες κλάσεις με χρήση μεγαλύτερης πληροφορίας. Επιδιώκεται επίσης η ταξινόμηση αντικειμένων τα οποία ενώ έπρεπε να είχαν ταξινομηθεί σε κλάση σε ανώτερο επίπεδο, εξαιτίας της μεγαλύτερης κλίμακας σε εκείνο το επίπεδο είχαν χάσει τις ιδιότητες τους μέσα στο μεγαλύτερο αντικείμενο. Για παράδειγμα εισάγεται η κλάση *new_level_ground_1*, προκειμένου να συμπεριλάβει και πολύ μικρά τμήματα του πυθμένα τα οποία είναι επίπεδα. Θα χρησιμοποιηθούν οι πληροφορίες των layers τα οποία και είχαν πάρει βάρος συμμετοχής 1 κατά την κατάτμηση, δηλαδή το MPI καθώς και η τιμή κλίσης *slope* καθώς και ταξινομήσεις ανωτέρων επιπέδων.



Εικόνα 114 Η ιεραρχία των κατηγοριών στο επίπεδο 1.

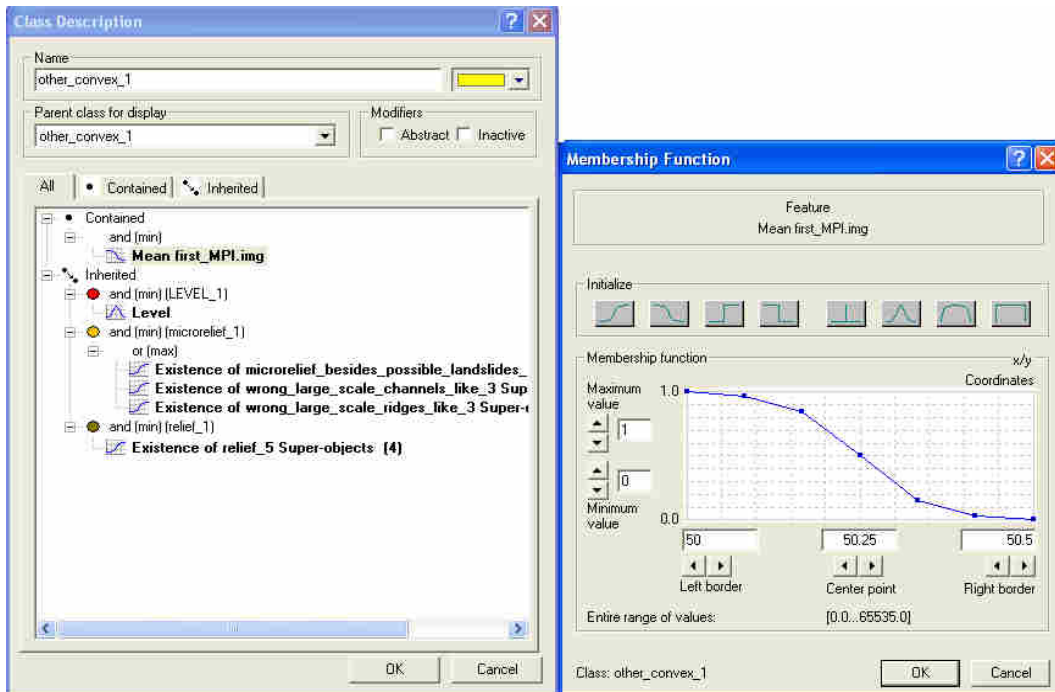
Η ιεραρχία των κατηγοριών του επιπέδου περιλαμβάνει τις ακόλουθες κλάσεις με τις περιγραφές τους:

- new_level_ground_1: «**AN** ένα αντικείμενο έχει μέση τιμή MPI από 50.5 έως 59.5 **TOTE** ταξινομείται ως *new_level_ground_1*» Τα όρια αφορούν σε ασαφή διαστήματα συμμετοχής με συνάρτηση μορφής S. (Εικόνα 115)



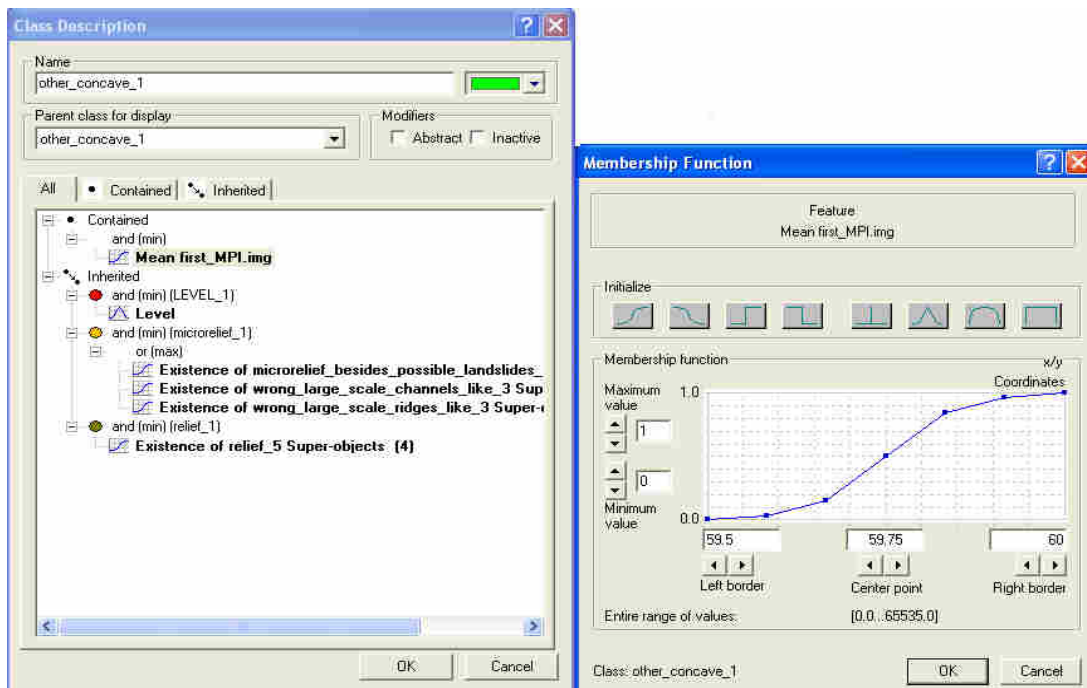
Εικόνα 115 Η περιγραφή της κατηγορίας new_level_ground_1 στην ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση first.

- level_ground_1: «**AN** ένα αντικείμενο έχει ως υπέρ-αντικείμενο ταξινομημένο στο επίπεδο 5 ως *level_ground_5* **TOTE** ταξινομείται ως *level_ground_1* »
- background_1: «**AN** ένα αντικείμενο έχει ως υπέρ-αντικείμενο ταξινομημένο στο επίπεδο 5 ως *background_5* **TOTE** ταξινομείται ως *background_1* »
- relief_1: «**AN** ένα αντικείμενο έχει ως υπέρ-αντικείμενο ταξινομημένο στο επίπεδο 5 ως *relief_5* **TOTE** ταξινομείται ως *relief_1*». Όλες οι ακόλουθες κλάσεις κληρονομούν την ιδιότητα της ως κλάσεις-γόνιοι.
- microrelief_1: «**AN** ένα αντικείμενο έχει **H'** ως υπέρ-αντικείμενο ταξινομημένο στο επίπεδο 3 ως *microrelief_besides_possible_landslides_3* **H'** ως υπέρ-αντικείμενο ταξινομημένο ως *wrong_large_scale_channels_like_3* **H'** ως υπέρ-αντικείμενο ταξινομημένο ως *large_scale_ridges_like_3* **TOTE** το αντικείμενο αυτό ταξινομείται σαν *microrelief_1*». Αυτή η κλάση δημιουργήθηκε προκειμένου να περιλάβει όλα εκείνα τα αντικείμενα τα οποία χρειάζονται περαιτέρω ταξινόμηση όπως προαναφέρθηκε.
- other_convex_1: σαν κλάση γόνος της microrelief_1 κληρονομεί τις ιδιότητες της «**KAI AN** έχει μέσο όρο MPI κάτω από 50,25 **TOTE** ταξινομείται σαν *other_convex_1* » Αυτή η κλάση θα ταξινομήσει όλα εκείνα τα κυρτά τμήματα τα οποία δεν είχαν ταξινομηθεί σε προηγούμενα επίπεδα πέραν του επιπέδου 2 το οποίο δημιουργείται πιο μετά. Η ταξινόμηση γίνεται με ασαφή συνάρτηση συμμετοχής S. (Εικόνα 116)



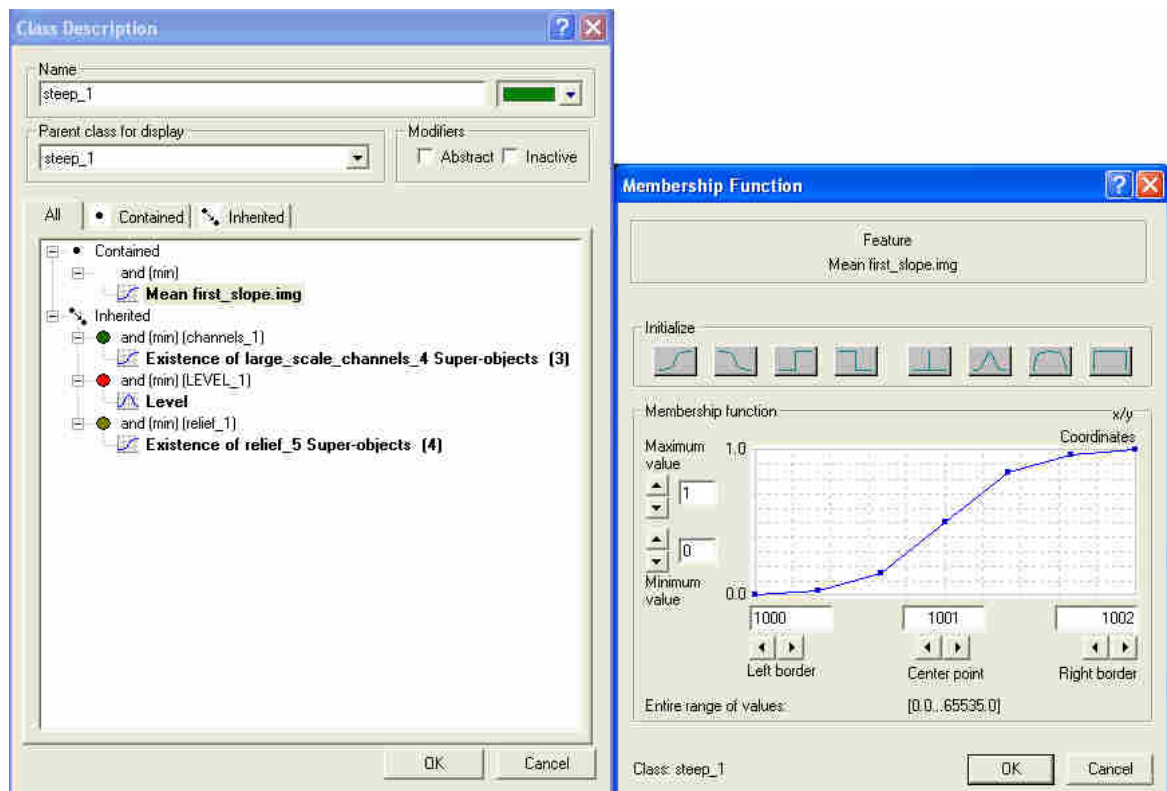
Εικόνα 116 Η περιγραφή της κατηγορίας other_convex_1 στην ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση first.

- other_concave_1: σαν κλάση γόνου της microrelief_1 κληρονομεί τις ιδιότητες της «**ΚΑΙ ΑΝ** έχει μέσο όρο MPI κάτω από 59,75 **TOTE** ταξινομείται σαν **other_concave_1** » Αυτή η κλάση θα ταξινομήσει όλα εκείνα τα κοίλα τμήματα-αντικείμενα τα οποία δεν είχαν ταξινομηθεί σε προηγούμενα επίπεδα πέραν του επιπέδου 2 το οποίο δημιουργείται πιο μετά. (Εικόνα 117)



Εικόνα 117 Η περιγραφή της κατηγορίας other_concave_1 στην ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση first.















- channels_1: «**AN** ένα αντικείμενο έχει ως υπέρ-αντικείμενο ταξινομημένο στο επίπεδο ως *large_scale_channels_5* **TOTE** ταξινομείται ως **channels_1** ». Σκοπός της δημιουργίας της κλάσης είναι ο διαχωρισμός ακολούθως σε απότομα και πιο ομαλά κανάλια (ακόλουθες δυο κλάσεις)
- steep_1: σαν κλάση γόνος της channels_1 κληρονομεί τις ιδιότητες της «**ΚΑΙ AN** έχει μέσο όρο τιμής κλίσης πάνω από 1001 ($10,01^\circ$) **TOTE** ταξινομείται σαν **steep_1** ».



Εικόνα 118 Η περιγραφή της κατηγορίας steep_1 στην ταξινόμηση του 1^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση first.

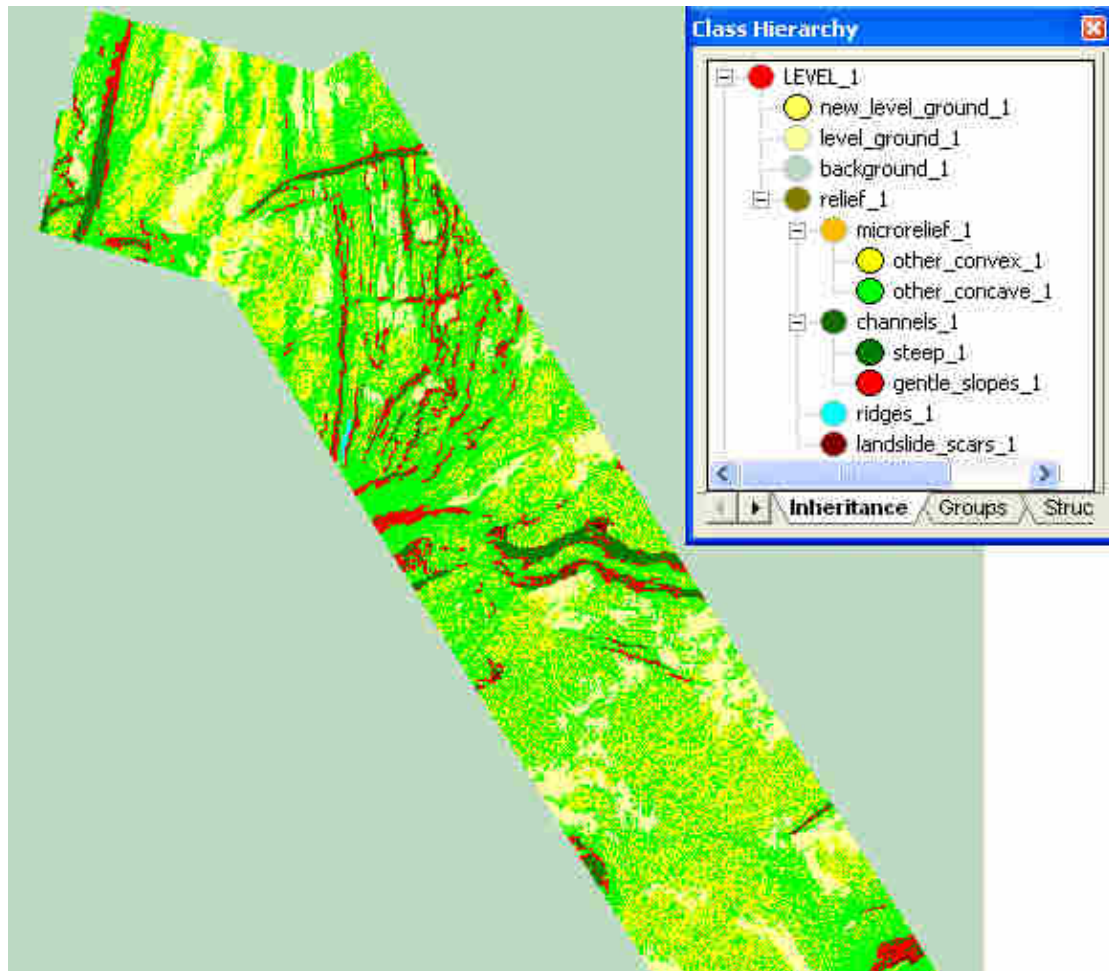
- gentle_slopes_1: σαν κλάση γόνος της channels_1 κληρονομεί τις ιδιότητες της «**ΚΑΙ AN** έχει μέσο όρο τιμής κλίσης κάτω από 1000,5 ($10,005^\circ$) **TOTE** ταξινομείται σαν **gentle_slopes_1** »
- ridges_1: «**AN** ένα αντικείμενο έχει ως υπέρ-αντικείμενο ταξινομημένο στο επίπεδο 4 ως *large_scale_ridges_4* **TOTE** ταξινομείται ως **ridges_1** »
- landslide_scars_1: «**AN** ένα αντικείμενο έχει ως υπέρ-αντικείμενο ταξινομημένο στο επίπεδο 3 ως *possible_landslides_3* **TOTE** ταξινομείται ως **landslide_scars_1**»

Οι περιγραφές των κλάσεων συνοψίζονται στον Πίνακα 7

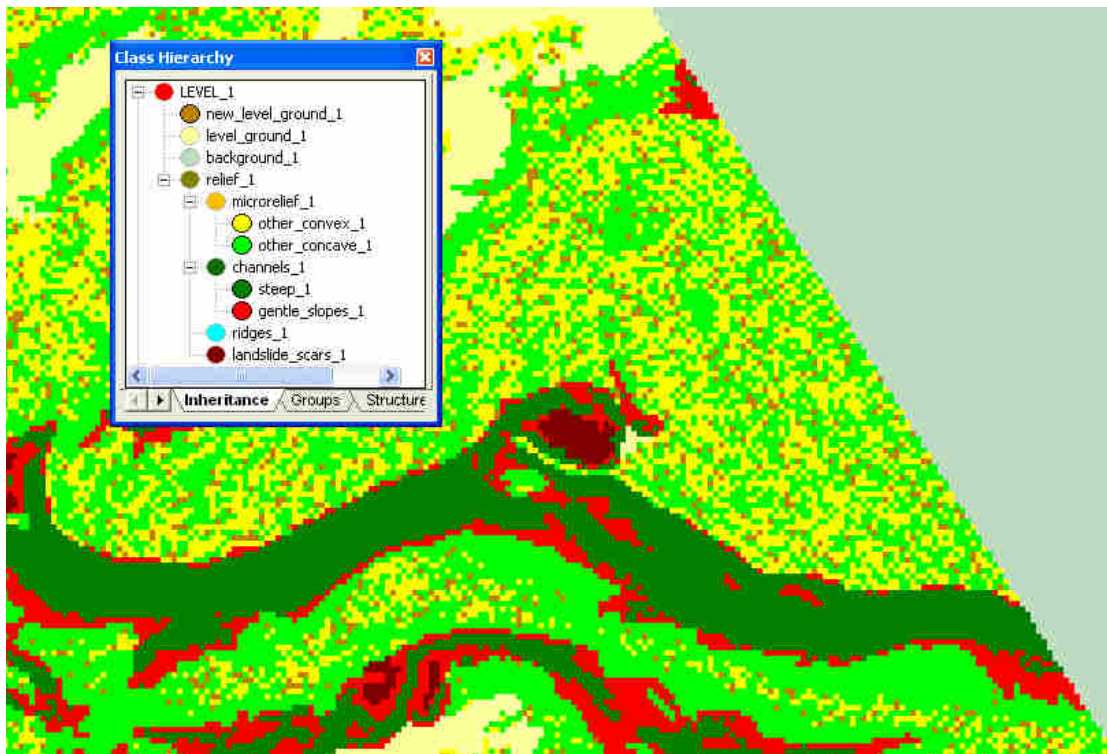
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ- FEATURE	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ
LEVEL_1	level		0	2
new_level_ground_1	mean MPI		50	51
	mean MPI		59	60
level_ground_1	Existence of: <i>Level_ground_5</i> Super objects		0	2
background_1	Existence of: <i>background_5</i> Super objects		0	2
relief_1	Existence of: <i>relief_5</i> Super objects		0	2
microrelief_1	Existence of: <i>wrong_large_scale_ridges_like_3</i> Super objects		0	2
	OR Existence of: <i>wrong_large_scale_channels_like_3</i> Super objects			
	Existence of: <i>microrelief_besides_possible_landslides_3</i> Super objects			
other_convex_1	mean MPI		50	50.5
other_concave_1	mean MPI		59.5	60
channels_1	Existence of: <i>large_scale_channels_4</i> Super objects		0	2
steep_1	mean Slope		1000	1002
gentle_slopes_1	mean Slope		1000	1001
ridges_1	Existence of: <i>large_scale_ridges_4</i> Super objects		0	2
landslide_scars_1	Existence of: <i>possible_landslides_3</i> Super objects		0	2

Πίνακας 7 Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου 1

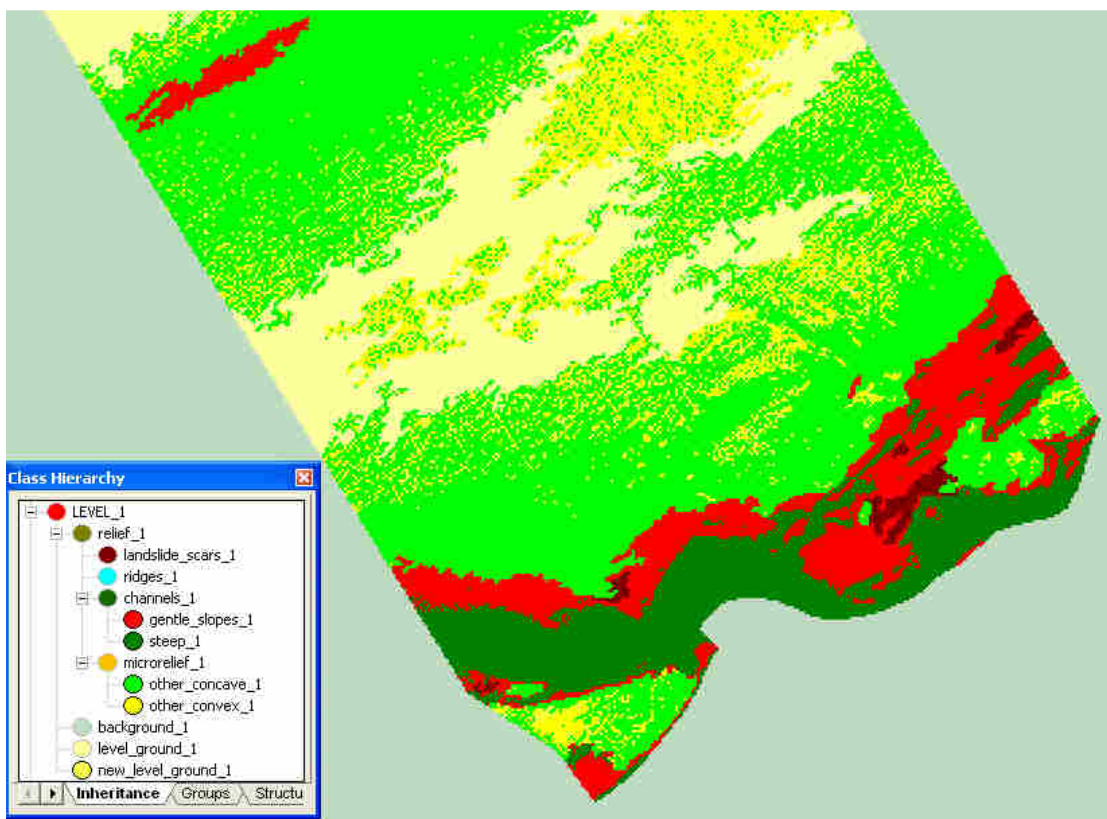
Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κατάτμησης στο επίπεδο 1.



Εικόνα 119 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του first.



Εικόνα 120 Σε μεγέθυνση το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του first. Έχει αλλάξει το χρώμα στην κλάση new_level_ground_1 προκειμένου να γίνουν πιο εμφανή τα αντικείμενα που ταξινομήθηκαν στην κλάση.

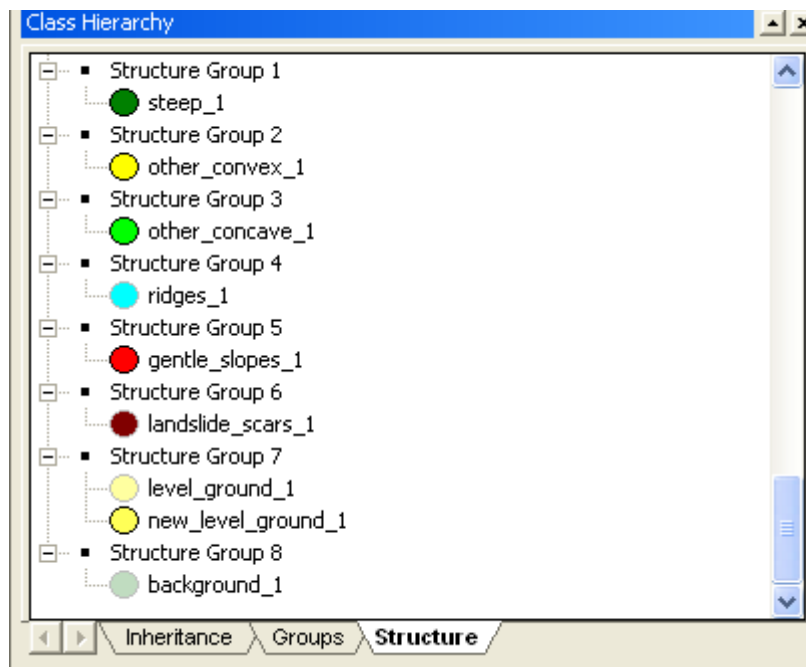


Εικόνα 121 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του second.

3.3.1.3.7 Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης- Δημιουργία 2^{ου} επιπέδου

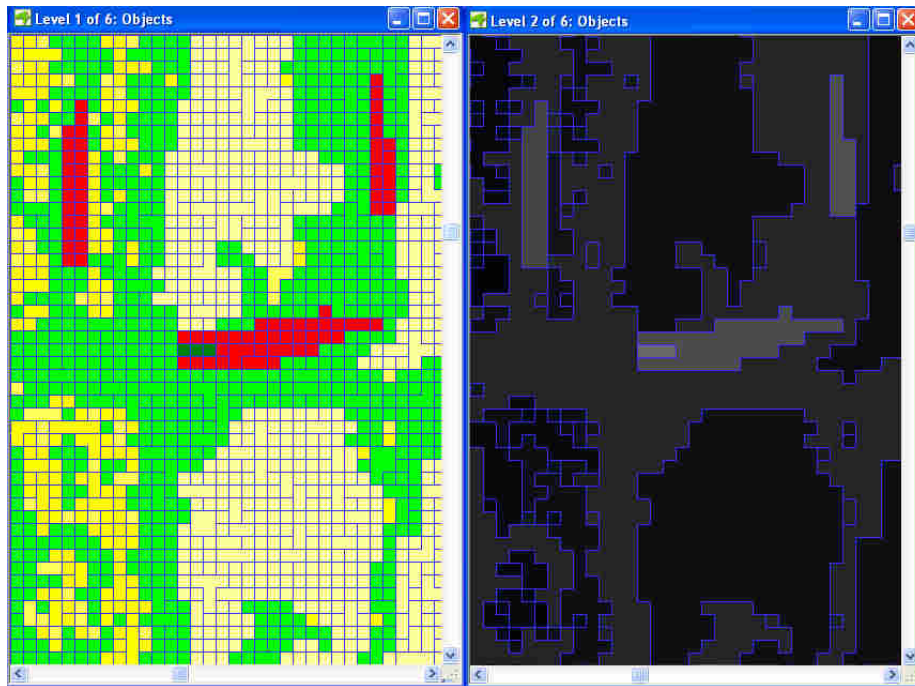
Στόχος της δημιουργίας του νέου επιπέδου, μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης (παρ. 2.4.2.4) του επιπέδου 1, είναι η συνένωση γειτονικών αντικειμένων τα οποία έχουν ταξινομηθεί στην ίδια κατηγορία σε μεγαλύτερα αντικείμενα προκειμένου να βελτιωθεί η ταξινόμηση με χρήση χαρακτηριστικών σχήματος (Object Features-Shape). Επίσης το επίπεδο 2 και κατ' επέκταση η ταξινόμηση του θα χρησιμοποιηθεί για εκ νέου ορθότερη ταξινόμηση του επιπέδου 1.

Η ιεραρχία δομής σύμφωνα με την οποία όσο αντικείμενα ανήκουν στην ίδια δομική ομάδα (structure group) και γειτνιάζουν θα συνενωθούν σε ένα αντικείμενο στο νέο δημιουργούμενο επίπεδο 2 παρουσιάζεται στην Εικόνα 122

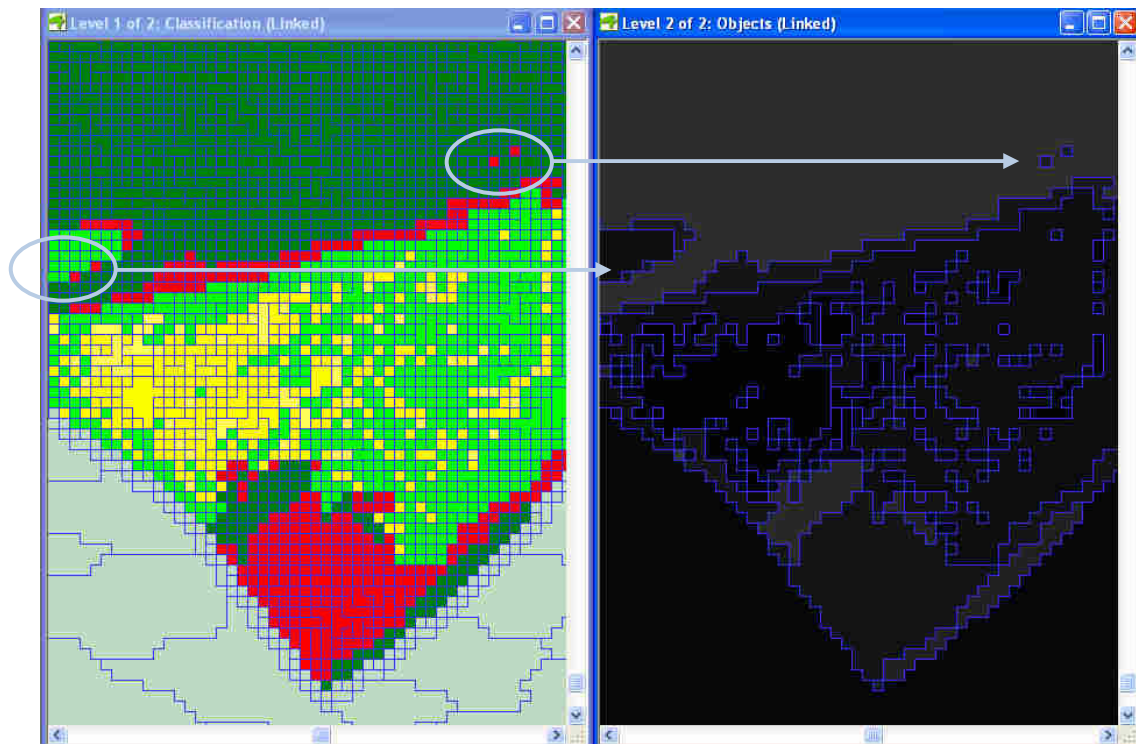


Εικόνα 122 Η ιεραρχία δομής στις επιθυμητές κλάσεις του επιπέδου 1 προκειμένου να δημιουργηθούν τα αντικείμενα του επιπέδου 2.

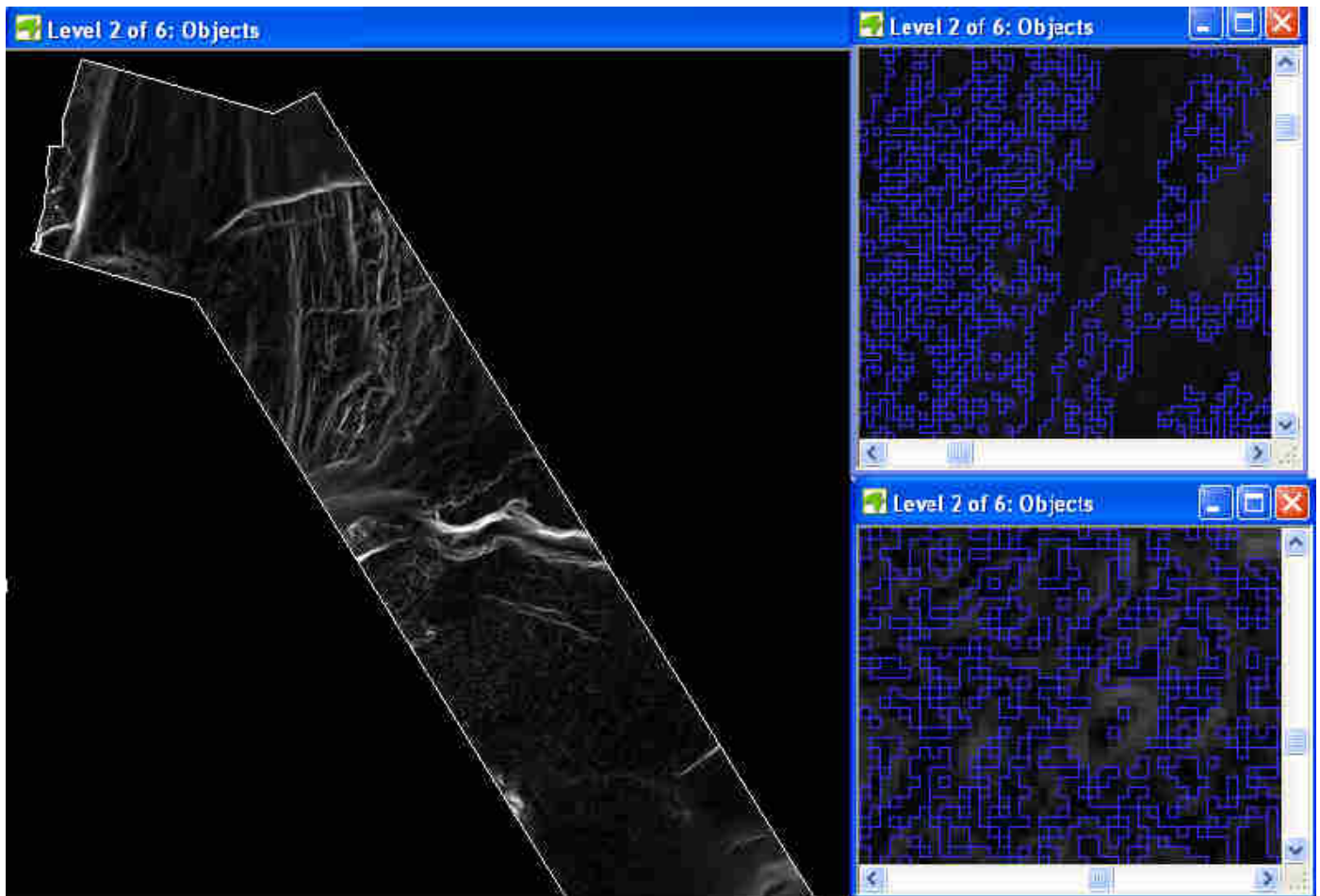
Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στις Εικόνες 123-126:



Εικόνα 123 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος first του dtm. Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 1 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 2 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων.



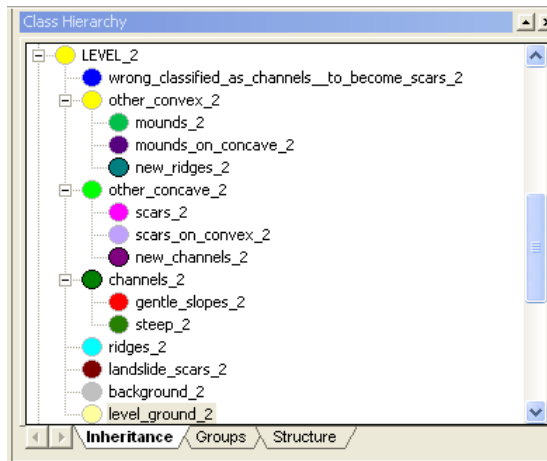
Εικόνα 124 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης σε ένα κομμάτι του τμήματος second του DEM. Αριστερά με κόκκινο είναι τα ταξινομημένα σαν gentle_slopes_1 τα οποία είναι κανάλια. Σημειώνονται με κύκλο ενδεικτικά αντικείμενα τα οποία είναι με βάση την παρούσα ταξινόμηση είναι channels_1 και συγκεκριμένα gentle_slopes_1 παρόλο που το μέγεθος τους δε ξεπερνά το εικονοστοιχείο. Αυτό αποτελεί πρόβλημα που θα αντιμετωπιστεί κατά την ταξινόμηση του επιπέδου 2.



Εικόνα 125 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα first του dtm. Αριστερά όλο το κομμάτι στο οποίο δεν διακρίνονται τα νέα όρια των αντικειμένων και δεξιά τμήματα του σε μεγέθυνση ώστε να γίνουν διακριτά.

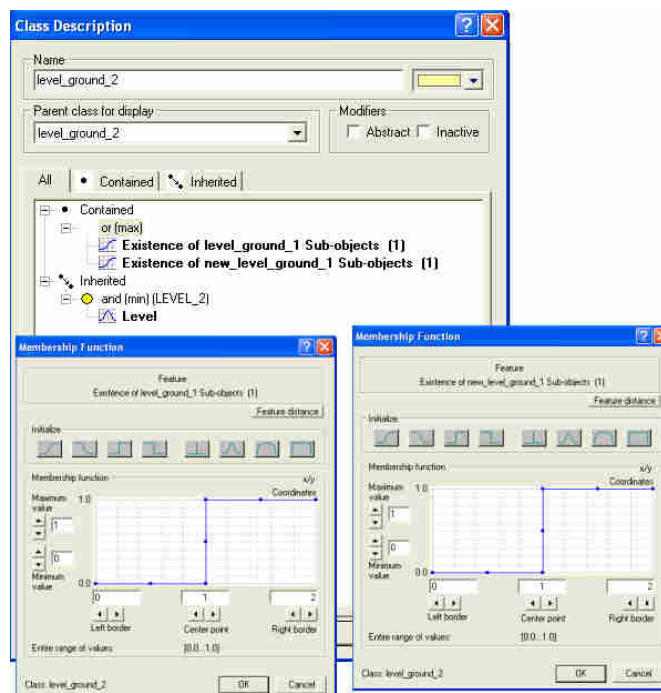
3.3.1.3.8 Ταξινόμηση 2^{ου} επιπέδου

Ακολούθως ταξινομείται το επίπεδο 2. Η ταξινόμηση στο παρόν επίπεδο αποσκοπεί στην βελτίωση της ταξινόμησης του επιπέδου 1 καθώς και στον εντοπισμό αντικειμένων τα οποία είναι τοπογραφικά-γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά και τα οποία όμως δεν είχαν ταξινομηθεί σε ανώτερα επίπεδα εξαιτίας της απώλειας λεπτομέρειας μέσω της κατάτμησης με υψηλότερους συντελεστές κλίμακας. Για παράδειγμα εντοπίζονται νέα κανάλια (new_channels_2) και νέες ράχες (new_ridges_2). Επειδή το πυθμενικό ανάγλυφο χαρακτηρίζεται ως έντονα πολύπλοκο, κρίθηκε αναγκαίο να διαχωριστούν εκτός από ουλές-scars (μη επιμήκεις κοίλοι σχηματισμοί) και μη επιμήκεις κυρτώσεις-mounts, και ουλές που βρίσκονται πάνω σε κυρτούς (scars on convex) σχηματισμούς όπως και το αντίθετο mounts on concave.



Εικόνα 126 Η ιεραρχία των κατηγοριών στο επίπεδο 2.

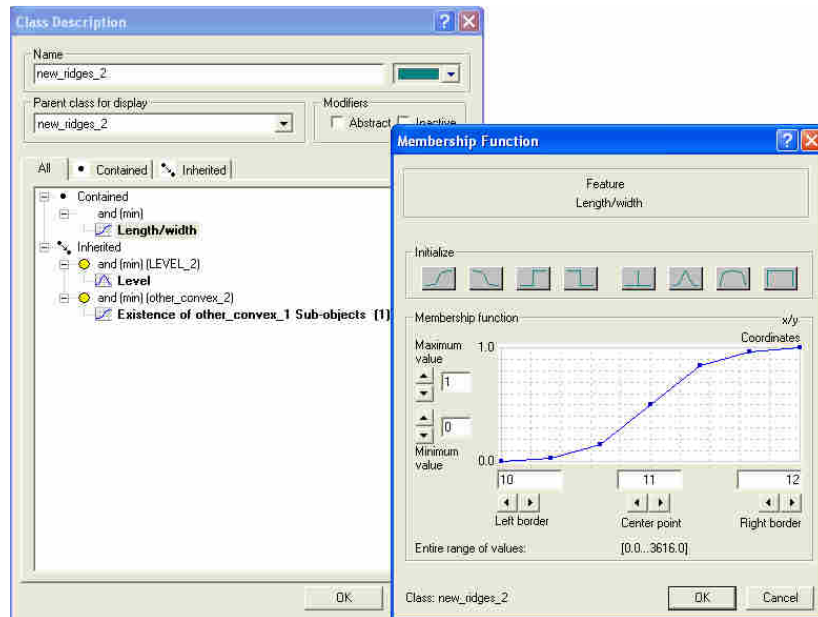
- Η κλάση **background_2** αντιπροσωπεύει το υπόβαθρο της εικόνας. Η περιγραφή του βασίζεται στην ύπαρξη υπό-αντικειμένων του επιπέδου 1 τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως background_1.
- Η κλάση **level_ground_2** δημιουργήθηκε για τη «συγκέντρωση» των αντικειμένων που είχαν ταξινομηθεί ως level_ground_1 και ως new_level_ground_1 στο κατώτερο επίπεδο 1 και αντιπροσωπεύει το εντελώς ομαλό έδαφος. Η περιγραφή του βασίζεται στην ύπαρξη υπό-αντικειμένων του επιπέδου 1 τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως level_ground_1 Η ως new_level_ground_1.



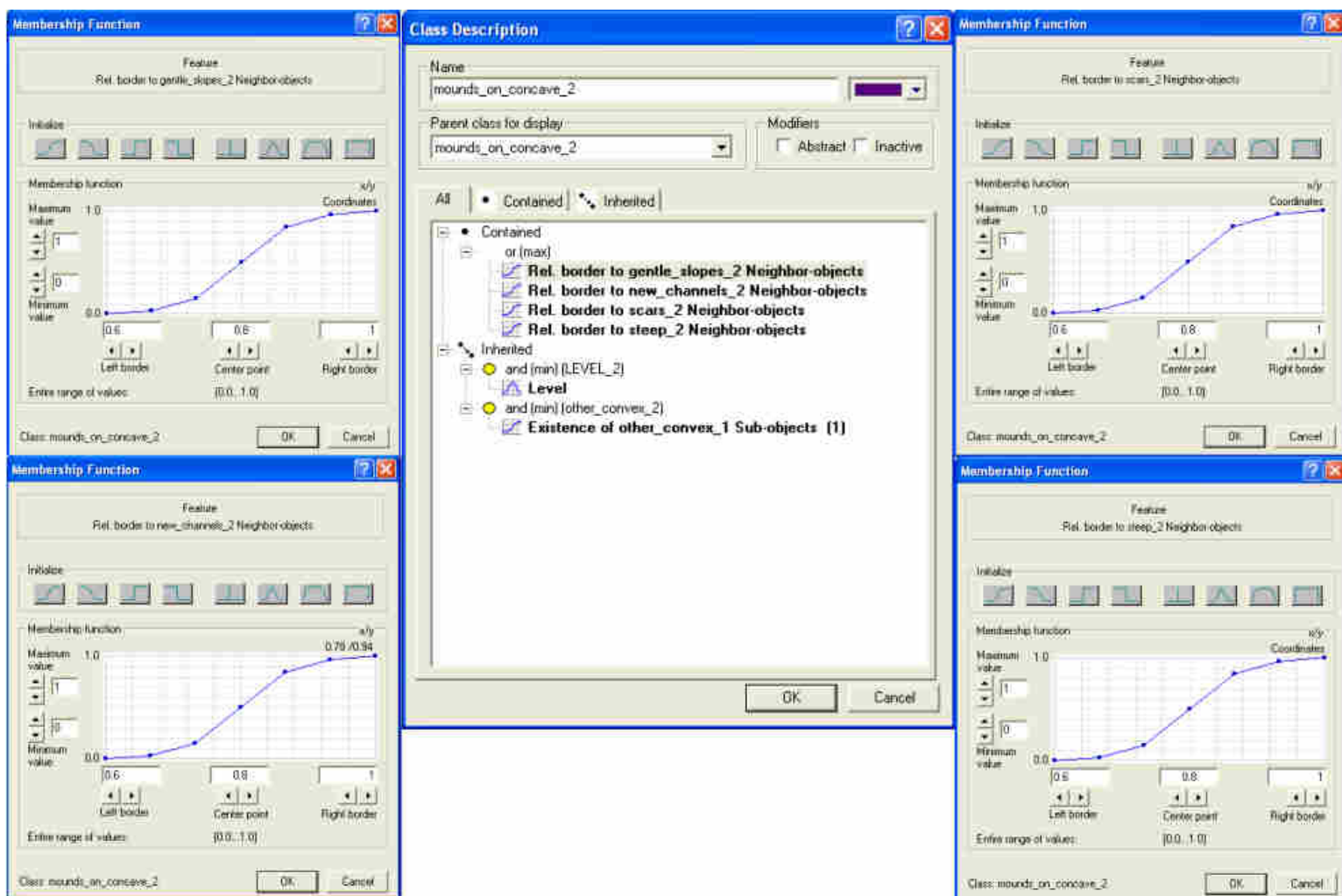
Εικόνα 127 Η περιγραφή της κατηγορίας level_ground_2 στην ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση first.

- Η κλάση **landslide_scars_2** αντιπροσωπεύει τις πιθανές κατολισθήσεις. Η περιγραφή του βασίζεται στην ύπαρξη υπό-αντικειμένων του επιπέδου 1 τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως **landslide_scars_1**.
- Η κλάση **ridges_2** αντιπροσωπεύει τις ράχες- επιμήκεις κυρτοί σχηματισμοί και η περιγραφή της βασίζεται στην ύπαρξη υπό-αντικειμένων ταξινομημένα ως **ridges_1** στο επίπεδο 1.
- Η κλάση **channels_2** αντιπροσωπεύει τα κανάλια-επιμήκεις κοίλοι σχηματισμοί και διαχωρίζεται σε **steep_2** και **gentle_slopes_2** αναλόγως της κλίσης. Η περιγραφή της γονικής κλάσης στη συγκεκριμένη περίπτωση περιλαμβάνει ένα μόνο χαρακτηριστικό (Area) και αποσκοπεί κυρίως στην κληροδότηση της ιδιότητας στις κλάσεις γόνους της. Η ιδιότητα είναι: το εμβαδό του αντικείμενου να ξεπερνά τη μια εικονοψηφίδα (Εικόνα 124). Η προσθήκη αυτή έγινε προκειμένου να εξαιρεθούν από αυτή την κατηγορία αντικείμενα τα οποία είχαν ταξινομηθεί σαν κανάλια στο επίπεδο 1 εξαιτίας της ύπαρξης υπέρ-αντικείμενου **large_scale_channels_4** αλλά είχαν μέγεθος μόλις ένα ή δύο εικονοστοιχεία. Οι περιγραφές των δυο κλάσεων γόνων βασίζονται στην ύπαρξη υπό-αντικειμένων του επιπέδου 1 ταξινομημένα ως **steep_1** και **gentle_slopes_1** αντίστοιχα. Παράδειγμα: «**AN** ένα αντικείμενο έχει εμβαδό (AREA) τουλάχιστον πάνω από ένα *pixel* (*area pixel 6.25*) **KAI** έχει υπό-αντικείμενο ταξινομημένο σαν **gentle_slopes_1** **TOTE** ταξινομείται ως **gentle_slopes_2**.»
- Η κλάση **other_concave_2** αντιπροσωπεύει κοίλους σχηματισμούς και η περιγραφή του βασίζεται στην ύπαρξη υπό-αντικειμένων του επιπέδου 1 τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως **other_concave_1**. Ακολούθως δημιουργούνται οι κλάσεις-γόνους της. Η κλάση **new_channels_2** για την ταξινόμηση καναλιών τα οποία δεν είχαν ταξινομηθεί σε ανώτερο επίπεδο και η περιγραφή της περιλαμβάνει εκτός των κληρονομηθέντων χαρακτηριστικών της γονικής κατηγορίας και ασαφή συνάρτηση συμμετοχής μορφής S του χαρακτηριστικού Shape-length/width. Η επόμενη κλάση γόνου είναι **scars_on_convex_2** και περιλαμβάνει όλους εκείνους τους κοίλους σχηματισμούς οι οποίοι εξαιτίας του σχήματος τους δεν χαρακτηρίζονται ως κανάλια. Επιπλέον οι σχηματισμοί αυτοί βρίσκονται στην επιφάνεια κυρτών σχηματισμών. Τέλος η κλάση **scars_2** περιλαμβάνει όσα αντικείμενα είναι κοίλα αλλά δεν ανήκουν στις δυο προηγούμενη κατηγορία.
- Η κλάση **other_convex_2** αντιπροσωπεύει κυρτούς σχηματισμούς και η περιγραφή του βασίζεται στην ύπαρξη υπό-αντικειμένων του επιπέδου 1 τα οποία είχαν ταξινομηθεί ως **other_convex_1**. Ακολούθως δημιουργούνται οι κλάσεις-γόνους της. Η κλάση **new_ridges_2** για την ταξινόμηση ραχών οι οποίες δεν είχαν ταξινομηθεί σε ανώτερο επίπεδο και η περιγραφή της περιλαμβάνει εκτός των κληρονομηθέντων χαρακτηριστικών της γονικής κλάσης και ασαφή συνάρτηση συμμετοχής μορφής S του χαρακτηριστικού Shape-length/width. Η επόμενη κλάση γόνου είναι **mounds_on_concave_2** και περιλαμβάνει όλους εκείνους τους κυρτούς σχηματισμούς οι οποίοι εξαιτίας του σχήματος τους δεν χαρακτηρίζονται ως ράχες. Επιπλέον οι σχηματισμοί αυτοί βρίσκονται στην

επιφάνεια κοίλων σχηματισμών. Τέλος η κλάση **mounds_2** περιλαμβάνει όσα αντικείμενα είναι κυρτά αλλά δεν ανήκουν στις δυο προηγούμενη κατηγορία.

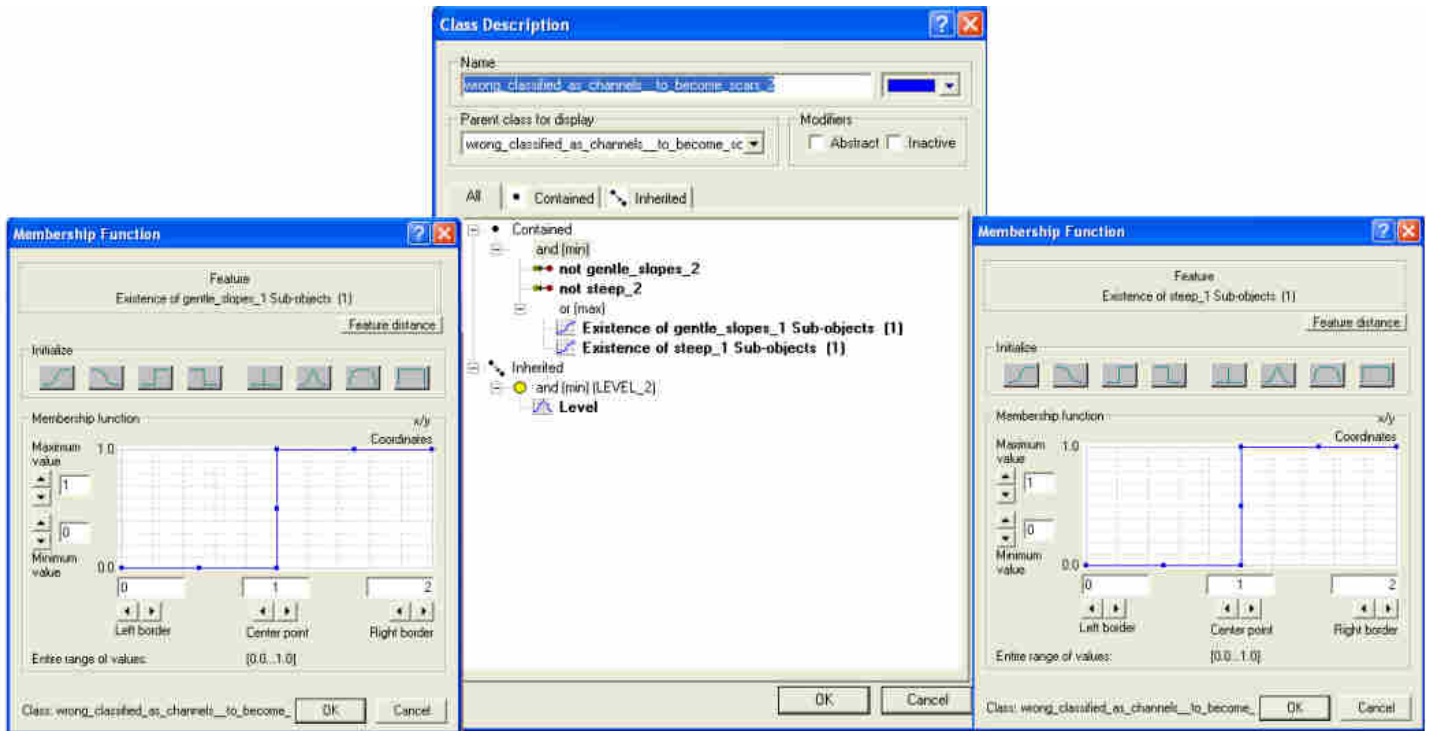


Εικόνα 128 Η περιγραφή της κατηγορίας new_ridges_2 στην ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση first.

























Εικόνα 129 Η περιγραφή της κατηγορίας mounds_on_concave_2 στην ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση first.

- Ορίστηκε η κλάση **wrong_classified_as_channels_to_become_scars_2** για να ταξινομήσει τα αντικείμενα εκείνα τα οποία λανθασμένα είχαν ταξινομηθεί σαν channels_1 (μέσω της ύπαρξης υπέρ-αντικειμένων large_scale_channels_4). Μέσω της διαδικασίας κατά την οποία ταξινομούνται πρώτα στο επίπεδο 4 τα κανάλια και μετά «μεταφέρονται» στο επίπεδο ένα σαν channels_1 στην ουσία η διόρθωση γίνεται στην ταξινόμηση των καναλιών κατά το επίπεδο 4.

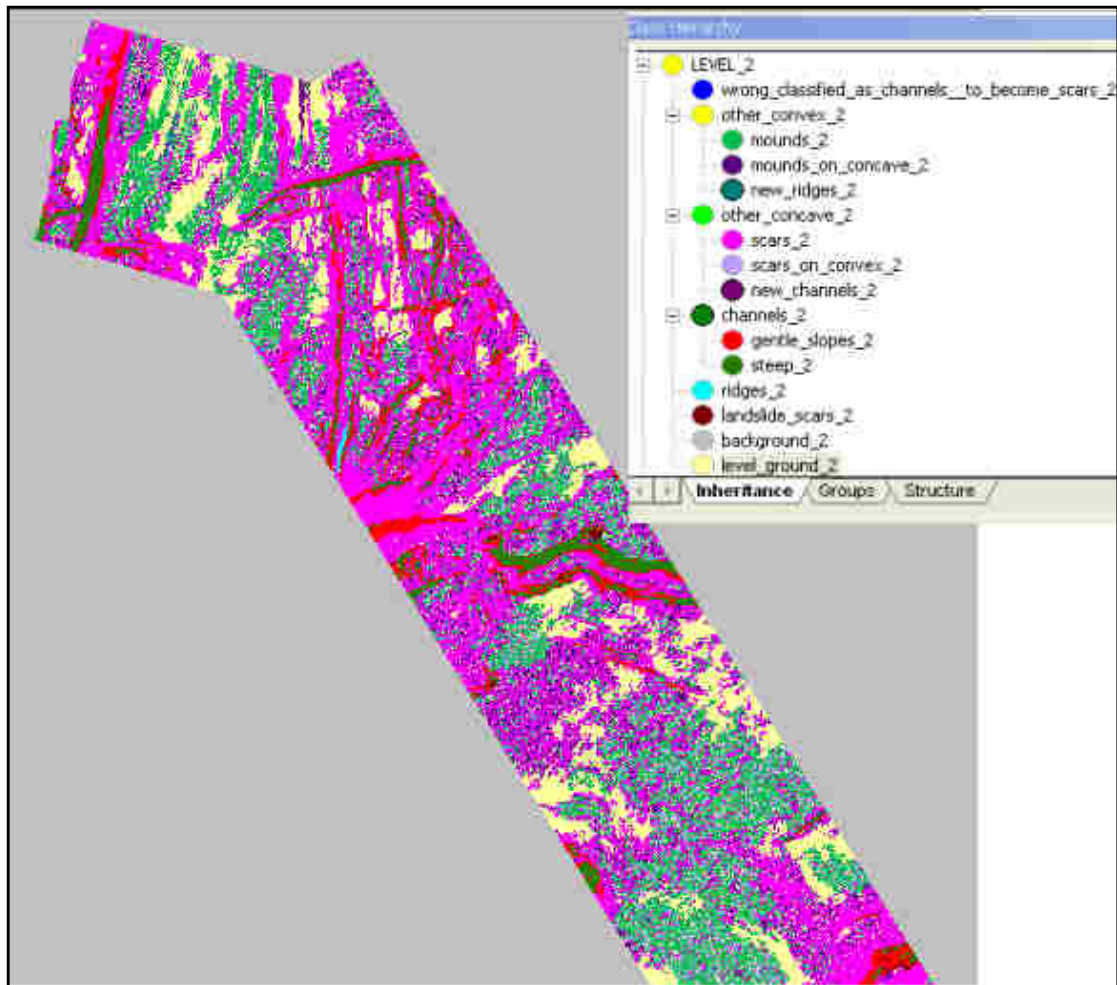


Εικόνα 130 Η περιγραφή της κατηγορίας `wrong_classified_as_channels_to_become_scars_2` στην ταξινόμηση του 2^{ου} επιπέδου στην απεικόνιση first.

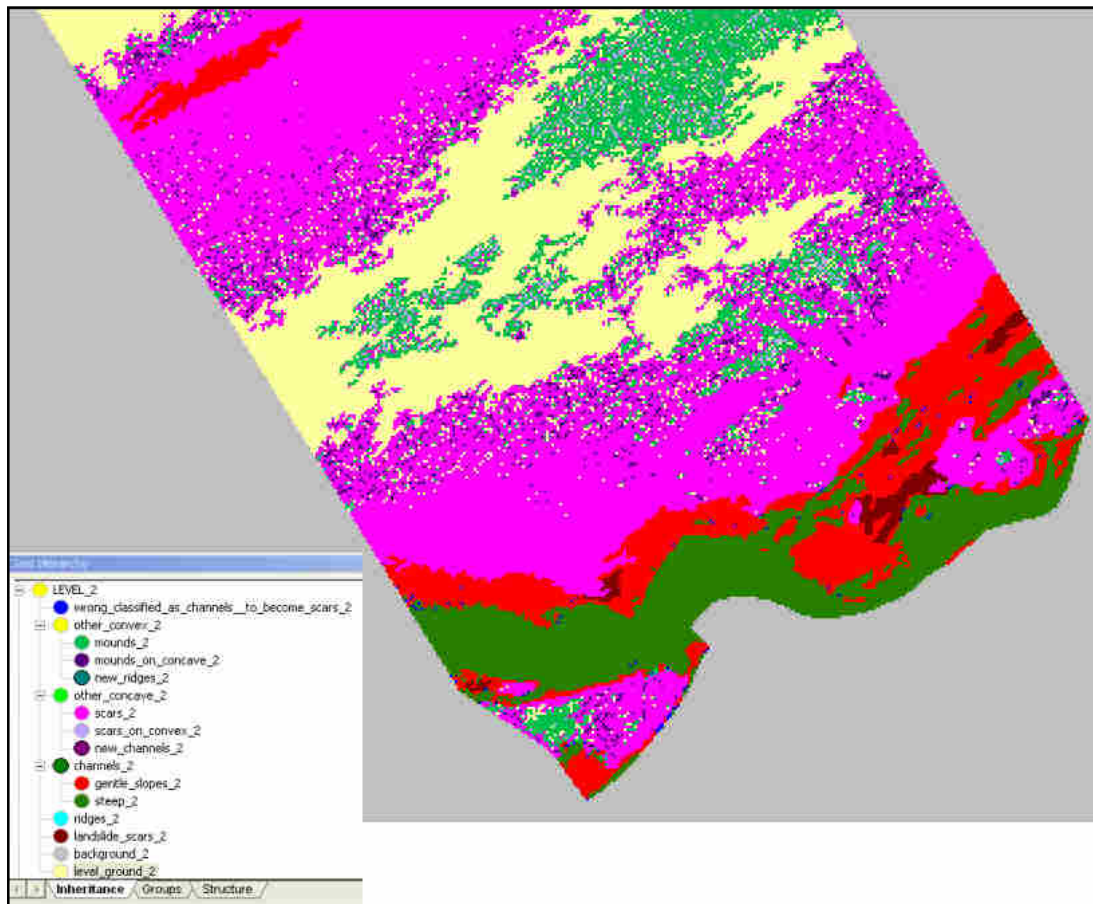
LEVEL_2	level		1	3
background_2	Existence of: <i>background_1</i> Sub objects		0	2
level_ground_2	Existence of: <i>level_ground_1</i> Sub objects		0	2
	Existence of: <i>new_level_ground_1</i> Sub objects		0	2
landslide_scars_2	Existence of: <i>landslide_scars_1</i> Sub objects		0	2
ridges_2	Existence of: <i>ridges_1</i> Sub objects		0	2
channels_2	Area		6.25	6.4
steep_2	Existence of: <i>steep_1</i> Sub objects		0	2
gentle_slopes_2	Existence of: <i>gentle_slopes_1</i> Sub objects		0	2
other_concave_2	Existence of: <i>other_concave_1</i> Sub objects		0	2
new_channels_2	Length/Width		10	12
scars_2	Relative Border to: <i>mounds_2</i> Neighbor objects		0.6	1
	OR Relative Border to: <i>new_ridges_2</i> Neighbor objects		0.6	1
	Relative Border to: <i>ridges_2</i> Neighbor objects		0.6	1
scars_2	Invert similarity to: <i>new_channels_2</i>			
	Invert similarity to: <i>scars_on_convex_2</i>			
other_convex_2	Existence of: <i>other_convex_1</i> Sub objects		0	2
new_ridges_2	Length/Width		10	12
mounds_on_concave_2	Relative Border to: <i>gentle_slopes_2</i> Neighbor objects		0.6	1
	OR Relative Border to: <i>new_channels_2</i> Neighbor objects		0.6	1
	Relative Border to: <i>scars_2</i> Neighbor objects		0.6	1
	Relative Border to: <i>steep_2</i> Neighbor objects		0.6	1
mounds_2	Invert similarity to: <i>mounds_on_concave_2</i>			
	Invert similarity to: <i>new_ridges_2</i>			
wrong_classified_as_channels_to_become_scars_2	AND			
		Invert similarity to: <i>gentle_slopes_2</i>		
		Invert similarity to: <i>steep_2</i>		
	Existence of: <i>gentle_slopes_1</i> Sub objects		0	2
	OR Existence of: <i>steep_1</i> Sub objects		0	2

Πίνακας 8 Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου 2

Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κατάτμησης στο επίπεδο 2.

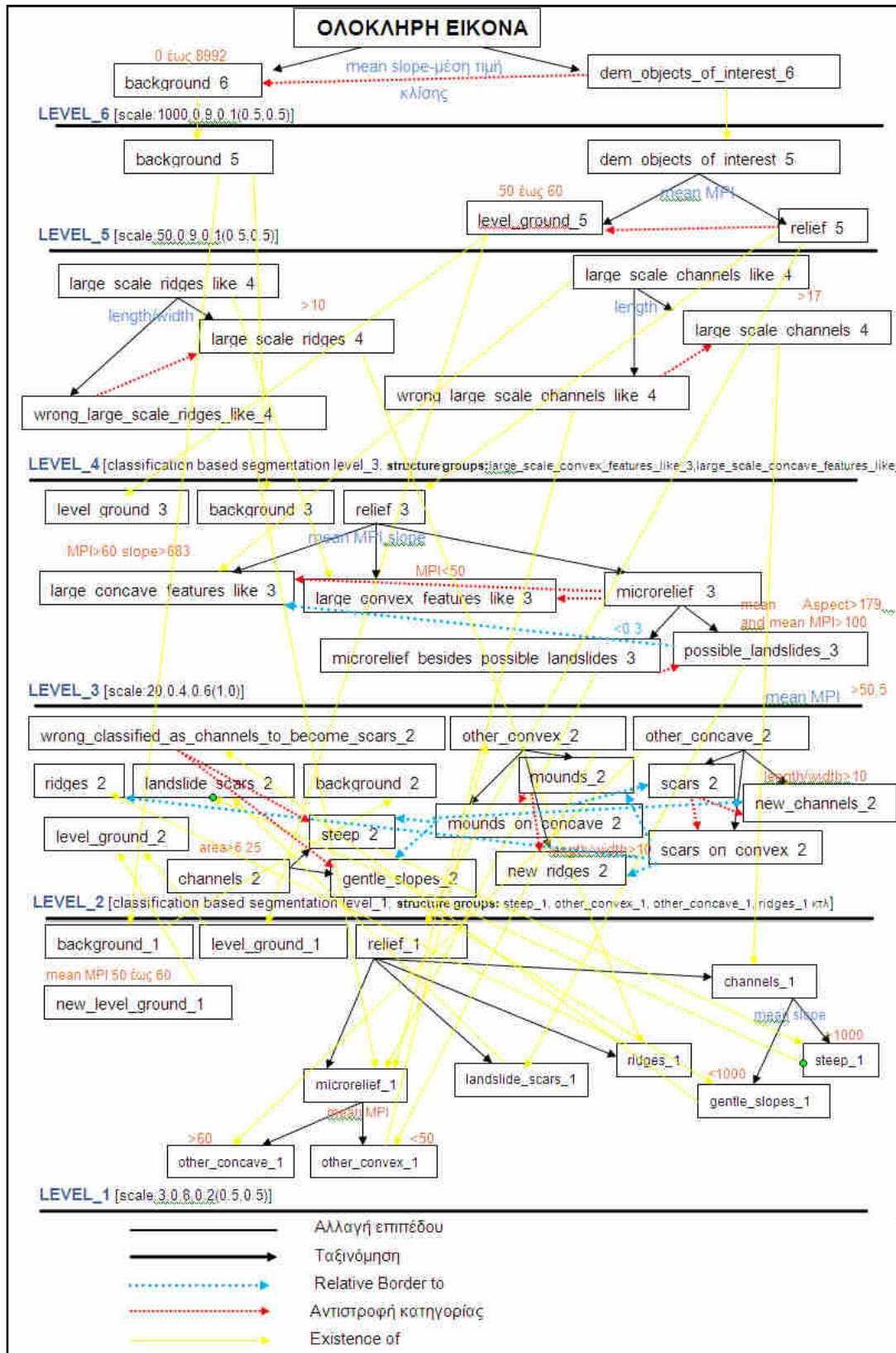


Εικόνα 131 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του first.



Εικόνα 132 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του second.

Ο αλγόριθμος της ταξινόμησης και της κατάμησης μέχρι στιγμής παρουσιάζεται ακολούθως



















Εικόνα 133 Αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων πριν την νέα ταξινόμηση του επιπέδου 1

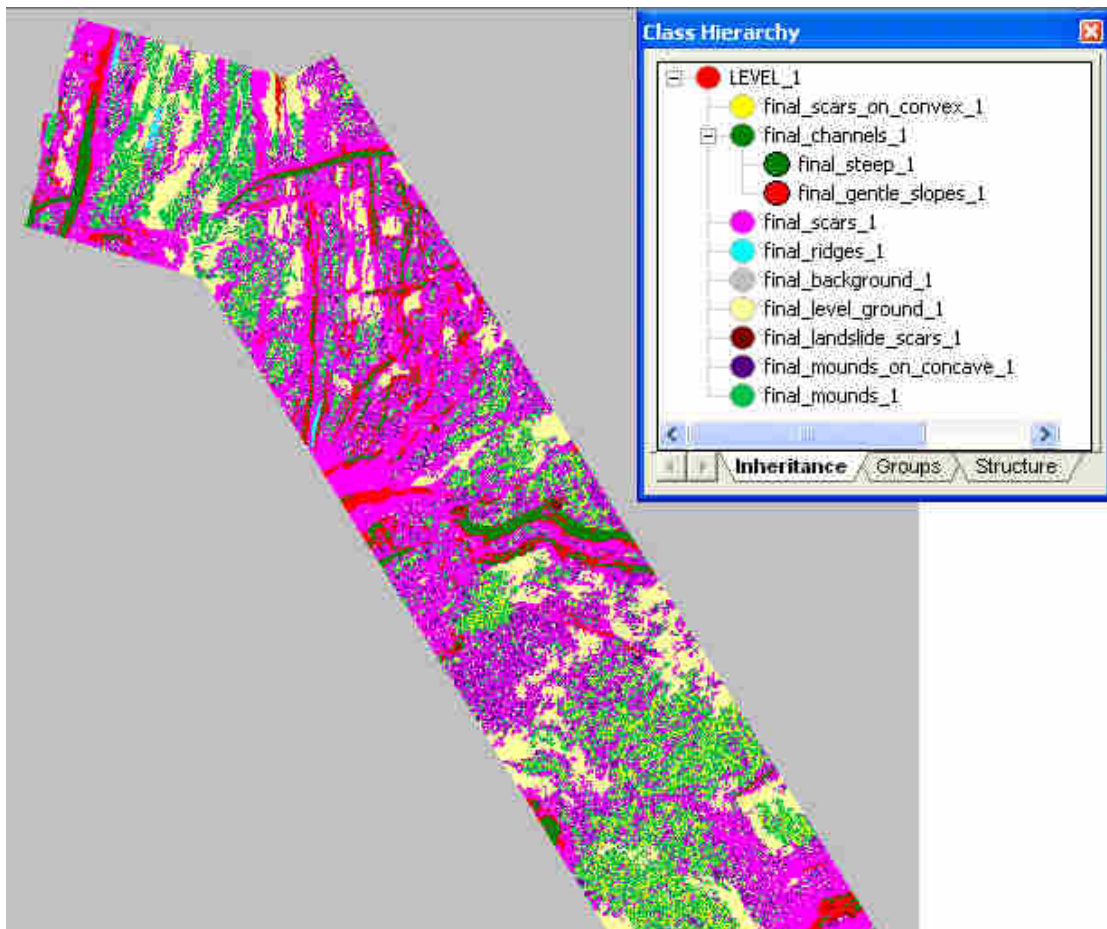
3.3.1.3.9 Επανα-ταξινόμηση 1^{ου} επιπέδου

Τέλος για την ολοκλήρωση του project, η ταξινόμηση στο επίπεδο 1 καθώς και οι κλάσεις γόνοι της γενικής κατηγορίας LEVEL 1 διαγράφονται προκειμένου να επαναταξινομηθούν στην τελική ταξινόμηση με χρήση της ταξινόμησης του επιπέδου 2. Η πλειοψηφία των κλάσεων βασίζεται στην ύπαρξη υπερ-αντικειμένων του επιπέδου 2 για αυτό και παρουσιάζεται μόνο ο συνοπτικός πίνακας περιγραφής κλάσεων καθώς και οι τελικές απεικονίσεις.

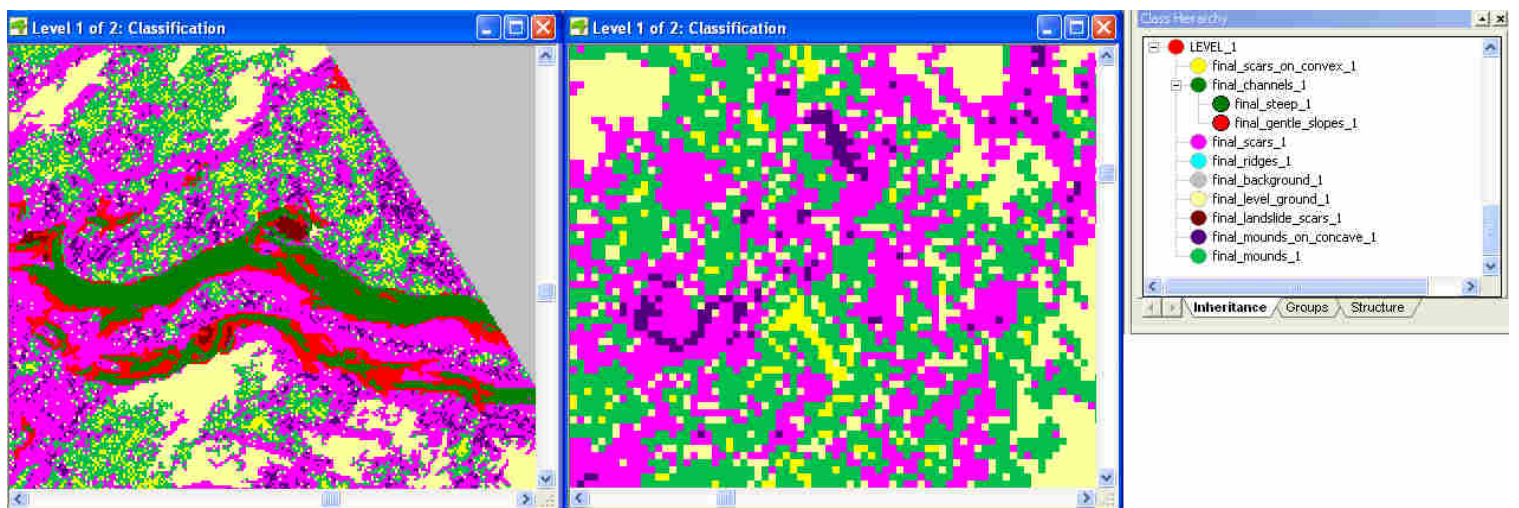
Ουσιαστικά το επίπεδο αυτό περιέχει έμμεσα όλες τις κλάσεις και κατ' επέκταση τις ιδιότητές τους και αποτελεί το τελικό αποτέλεσμα όλης της διαδικασίας.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ- FEATURE	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΟΡΙΟ	ΔΕΞΙ ΟΡΙΟ
LEVEL_1	level		0	2
final_background_1	Existence of: <i>background_2</i> Super objects		0	2
final_channels_1	Existence of: <i>gentle_slopes_2</i> Super objects		0	2
OR	Existence of: <i>new_channels_2</i> Super objects		0	2
	Existence of: <i>steep_2</i> Super objects		0	2
	final_gentle_slopes_1	mean Slope		1000
final_steep_1	mean Slope		1000	1002
final_landslides_1	Existence of: <i>landslide_scars_2</i> Super objects		0	2
final_level_ground_1	Existence of: <i>level_ground_2</i> Super objects		0	2
final_mounds_1	Existence of: <i>mounds_2</i> Super objects		0	2
final_mounds_on_concave_1	Existence of: <i>mounds_on_concave_2</i> Super objects		0	2
final_ridges_1	Existence of: <i>ridges_2</i> Super objects		0	2
	OR Existence of: <i>new_ridges_2</i> Super objects		0	2
final_scars_1	Existence of: <i>scars_2</i> Super objects		0	2
	OR Existence of: <i>wrong_classified_as_</i> <i>channels_to_become_scars_2</i> Super objects		0	2
final_scars_on_convex_1	Existence of: <i>scars_on_convex_2</i> Super objects		0	2

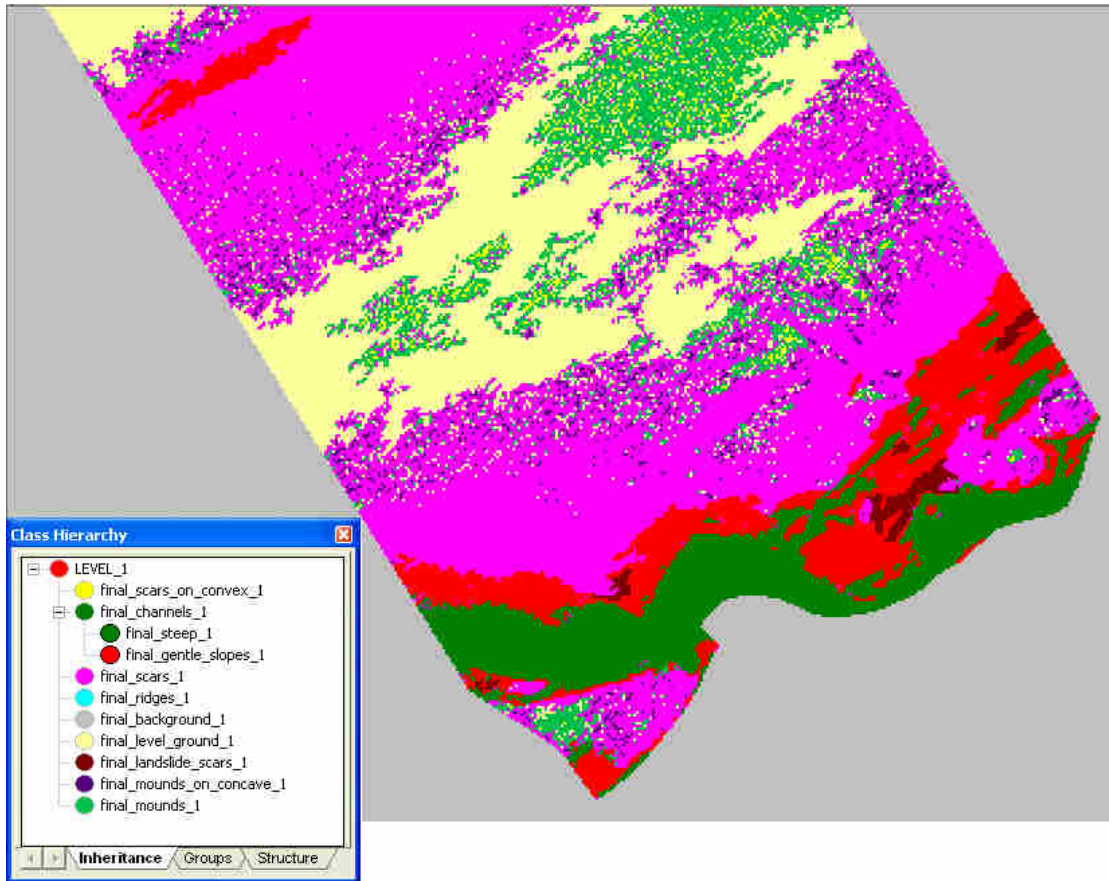
Πίνακας 9 Περιγραφές των νέων κλάσεων του επιπέδου 1



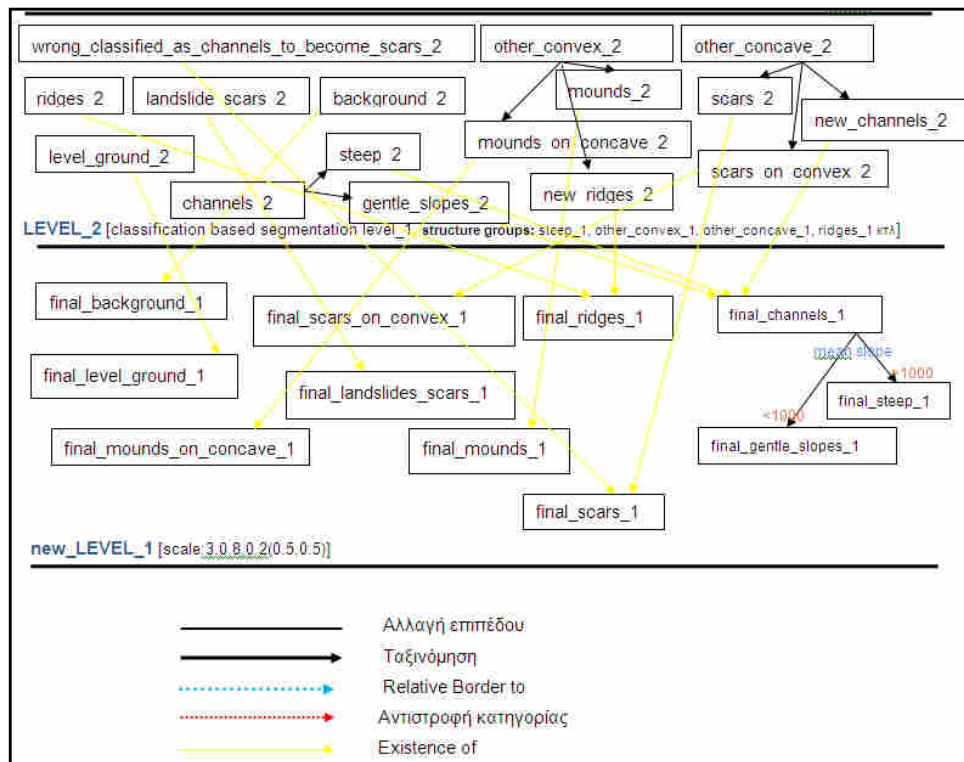
Εικόνα 134 Το τελικό αποτέλεσμα της νέας ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του first.



Εικόνα 135 Σε μεγέθυνση το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του first προκειμένου να φανούν οι λεπτομέρειες.



Εικόνα 136 Το τελικό αποτέλεσμα της νέας ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του second

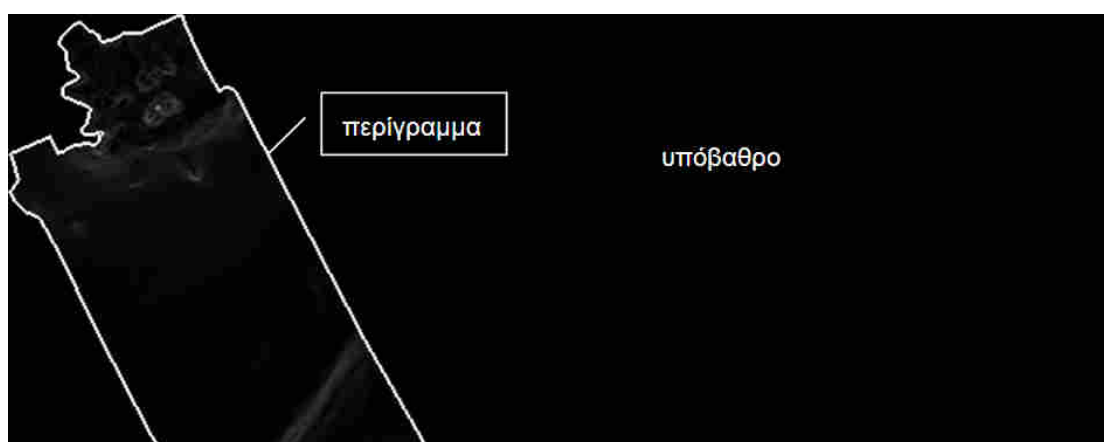


Εικόνα 137 Αναλυτικός αλγόριθμος της ταξινόμησης των δεδομένων στα δυο κατώτερα επίπεδα μετά την νέα ταξινόμηση του επιπέδου 1.

3.3.2 Υλοποίηση στις Απεικονίσεις Άνδρος-Εύβοια

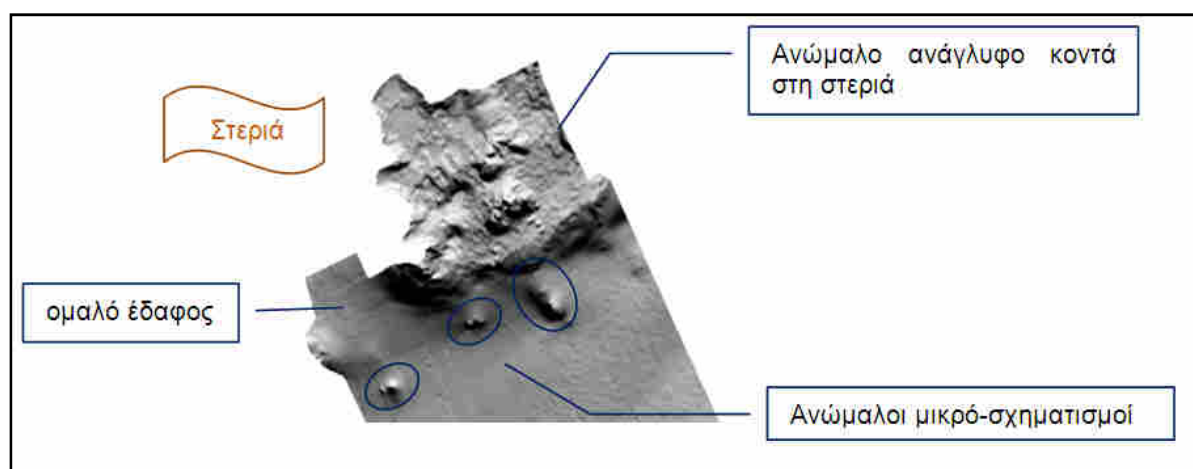
3.3.2.1 Φωτοερμηνεία

Στην **Εικόνα 138** παρουσιάζονται το μαύρο φόντο της εικόνας *third_slope_A.img* καθώς και το λευκό περίγραμμα τα οποία δεν περιέχουν κάποια χρήσιμη πληροφορία και πρέπει να «αφαιρεθούν» μέσω κατάλληλης κατάτμησης και ταξινόμησης από την ταξινόμηση των υπολοίπων αντικειμένων που ανήκουν στο dem αυτό καθεαυτό.



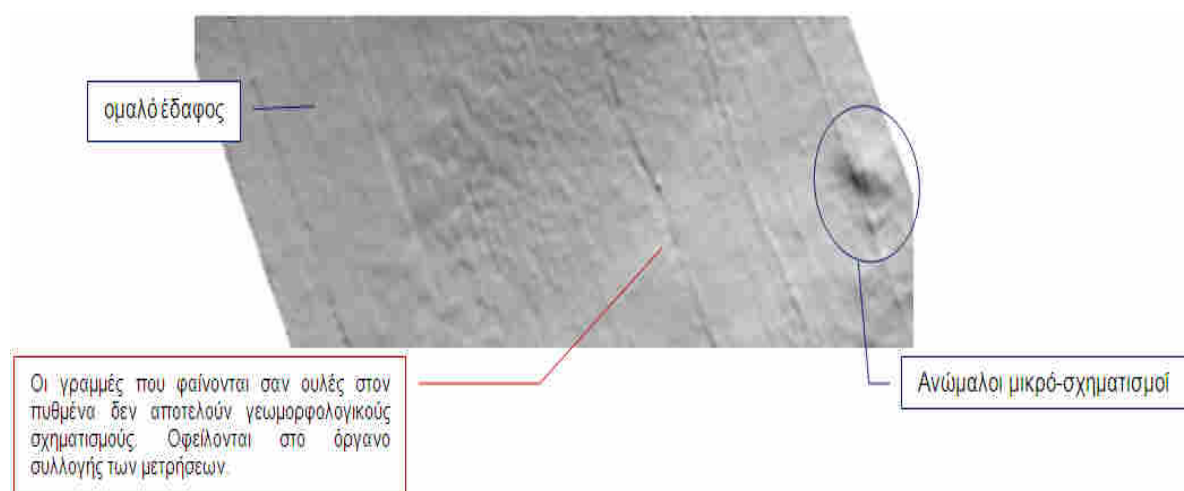
Εικόνα 138 Η απεικόνιση *third_slope_A.img*. Τόσο το υπόβαθρο όσο και το περίγραμμα πρέπει να διαχωριστούν μέσω της ταξινόμησης από το τμήμα ενδιαφέροντος. *Παραχώρηση dem: akti engineering*

Στην **Εικόνα 139** εμφανίζεται ανώμαλο ανάγλυφο κοντά στη στεριά, κάποιοι μικρο-σχηματισμοί καθώς και τμήμα το οποίο προσομοιάζει με ομαλό ανάγλυφο.



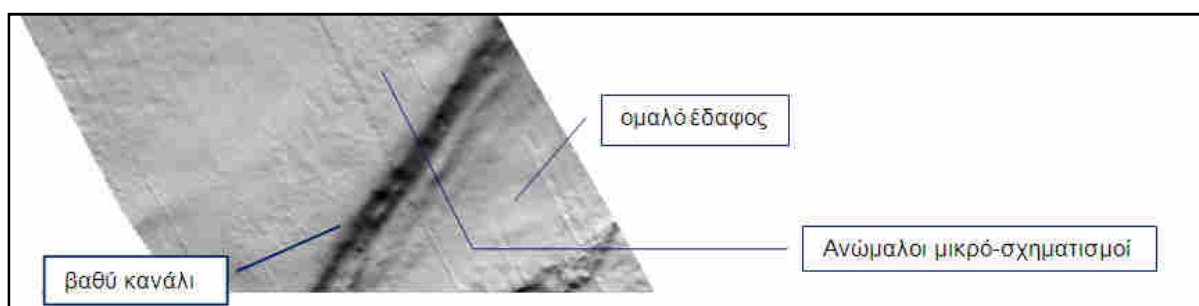
Εικόνα 139 Τμήμα της απεικόνισης *third_A.img* σε shaded relief. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

Στην **Εικόνα 140** έχουν επισημανθεί κάποιοι μικροσχηματισμοί, τμήμα που προσομοιάζει με ομαλό σχεδόν επίπεδο έδαφος καθώς και γραμμές εξαιτίας του τρόπου συλλογής των δεδομένων.



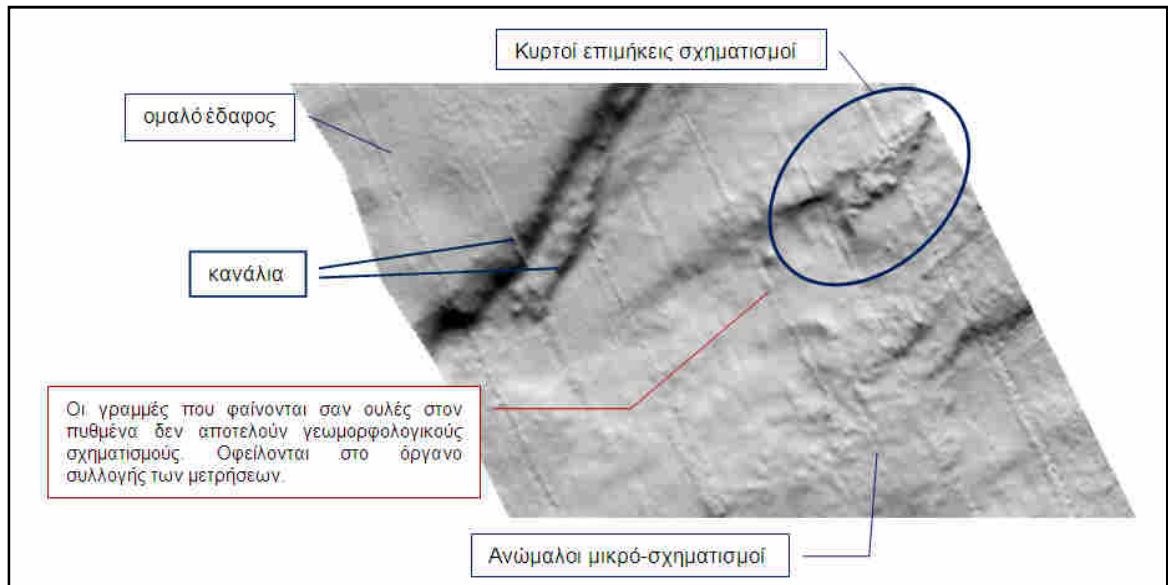
Εικόνα 140 Τμήμα της απεικόνισης third_A.img σε shaded relief. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

Τέλος την **Εικόνα 141** εκτός των τμημάτων ομαλού ανάγλυφου και μικρο-σχηματισμών εμφανίζεται και γεωμορφή η οποία προσομοιάζει με κανάλι.

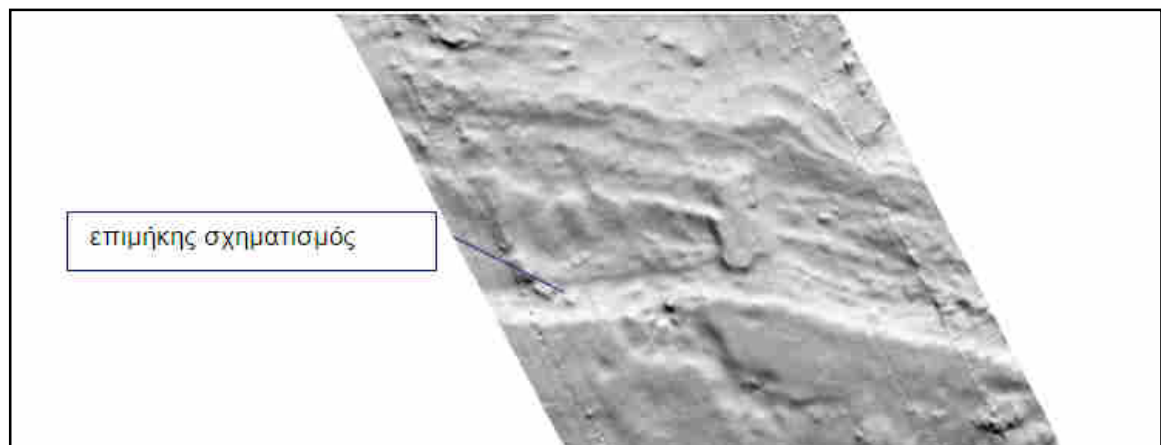


Εικόνα 141 Τμήμα της απεικόνισης third_A.img σε shaded relief. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

Στις **Εικόνα 142** και **Εικόνα 143** παρουσιάζονται τμήματα της απεικόνισης fourth_A.img με εφαρμογή αλγορίθμου τεχνητής σκίασης -shaded relief- στα οποία μπορούν να διακριθούν διάφορες γεωμορφές.

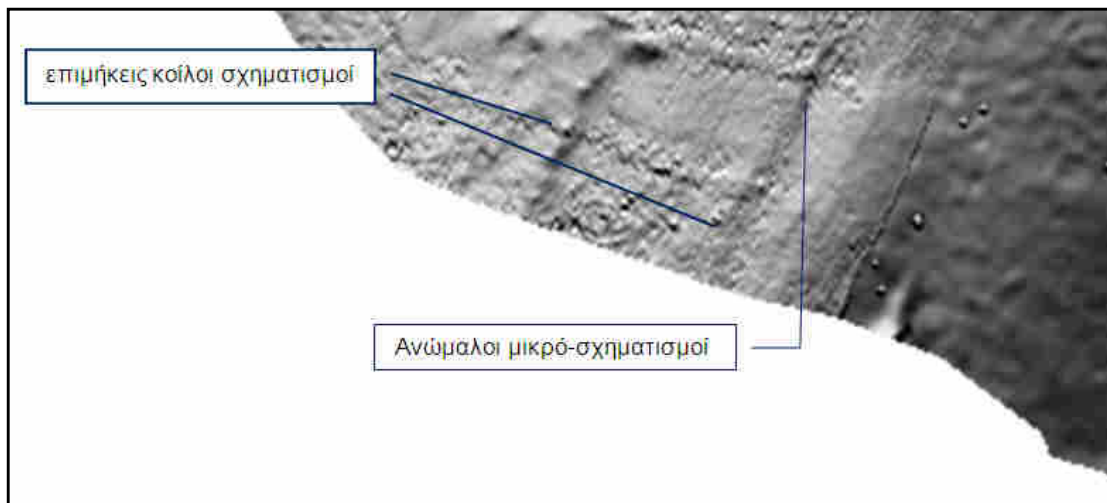


Εικόνα 142 Τμήμα της απεικόνισης fourth_A.img σε shaded relief. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

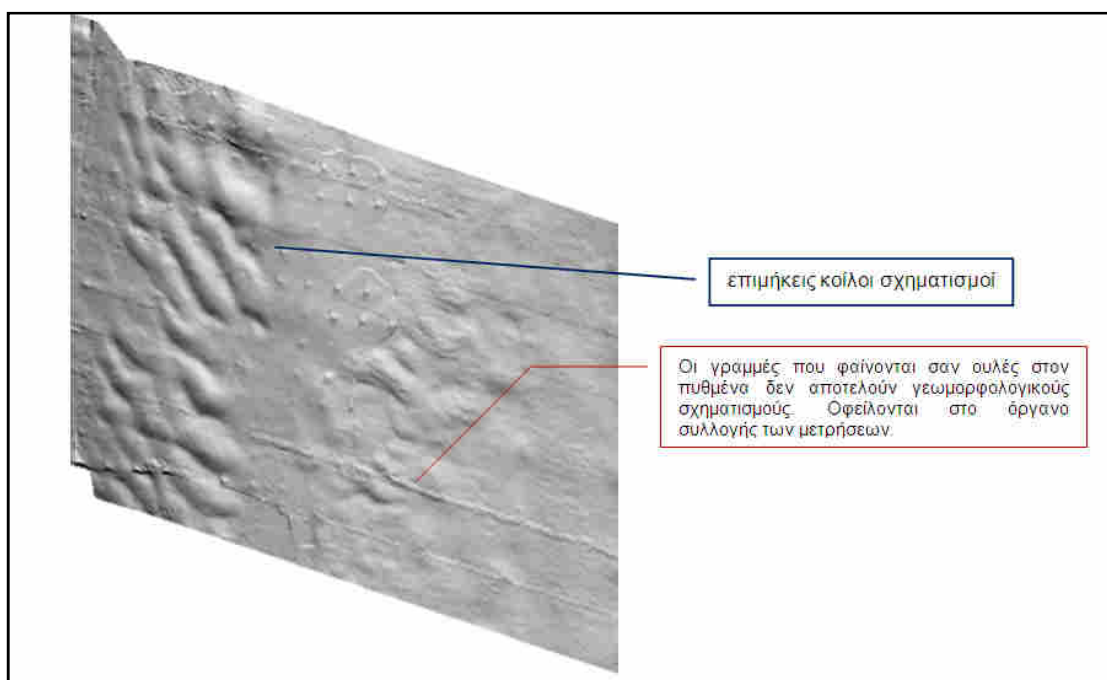


Εικόνα 143 Τμήμα της απεικόνισης fourth_A.img σε shaded relief. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

Στις ακόλουθες εικόνες (**Εικόνα 144, Εικόνα 145**) της απεικόνισης fifth_A.img με τεχνητή σκίαση αναγνωρίζονται και επισημαίνονται γεωμορφές του πυθμένα όπως μικρό-σχηματισμοί και επιμήκεις σχηματισμοί μεγαλύτερου μεγέθους καθώς και παράλληλες λεπτές γραμμές οι οποίες δημιουργούνται κατά την συλλογή και επεξεργασία δεδομένων και οι οποίες όπως έχει προαναφερθεί δεν αποτελούν τμήμα του πυθμενικού ανάγλυφου.



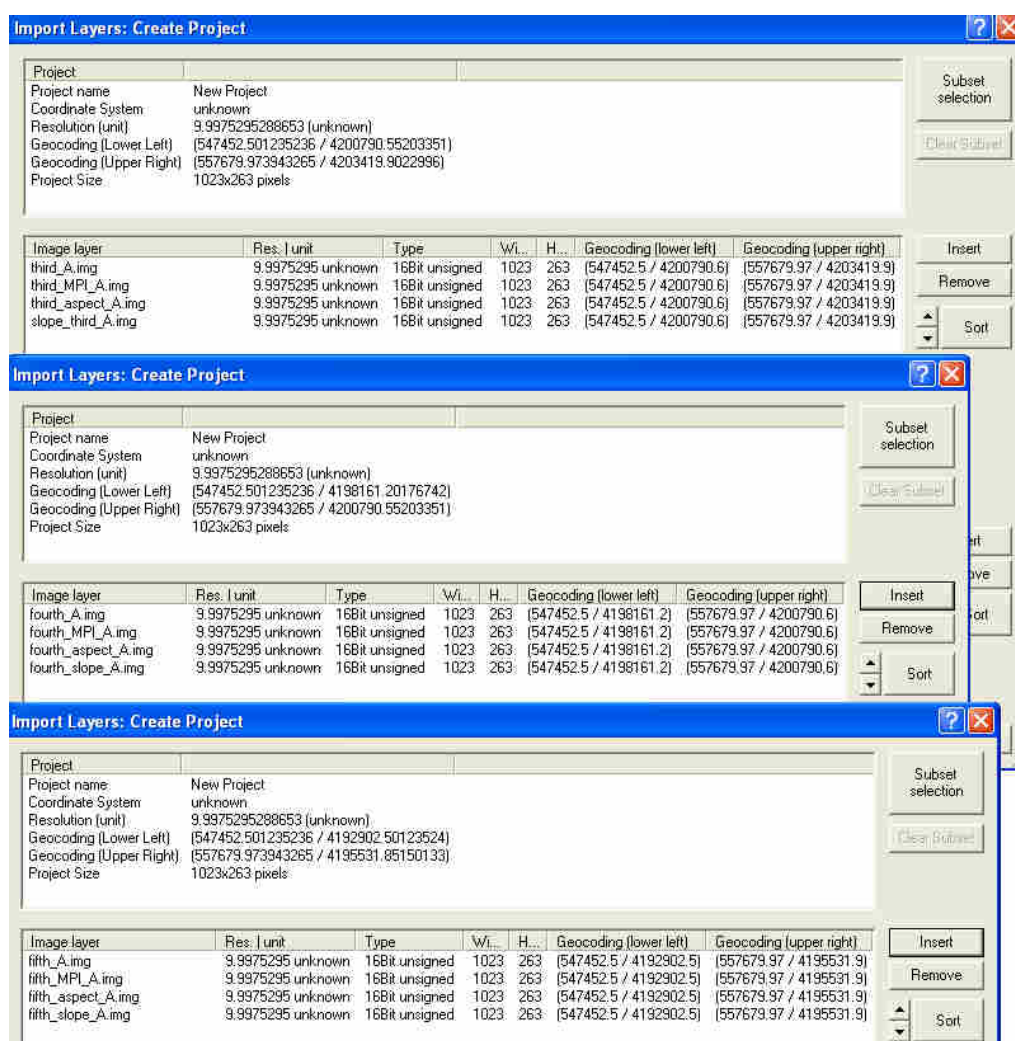
Εικόνα 144 Τμήμα της απεικόνισης fifth_A.img σε shaded relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering



Εικόνα 145 Τμήμα της απεικόνισης fifth_A.img σε shaded relief. Παραχώρηση shaded relief: akti engineering

3.3.2.2 Κατάτμηση

Σκοπός τη εργασίας είναι η διερεύνηση και εύρεση ενός αλγορίθμου αντικειμενοστραφούς ανάλυσης ο οποίος να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα ψηφιακών μοντέλων ανάγλυφου. Για αυτόν τον λόγο κρίθηκε σωστό να δοκιμαστεί και στο dtm Άνδρος Εύβοια ακριβώς οι ίδιες διαδικασίες κατάτμησης. Ακολούθως δεν περιγράφονται το ίδιο αναλυτικά όπως στα προηγούμενα κεφάλαια της κατάτμησης το σκεπτικό πίσω από τη δημιουργία του κάθε επιπέδου αλλά παρατίθενται τα τελικά αποτελέσματα του κάθε επιπέδου. Και στο παρόν project τα επίπεδα 4 και 2 δημιουργούνται μετά την ταξινόμηση των 3 και 1 αντίστοιχα και περιγράφονται ακολούθως στις αντίστοιχες παραγράφους της ταξινόμησης.



Εικόνα 146 Εισαγωγή layer για τη δημιουργία τριών διαφορετικών projects, τα third, fourth και fifth.

3.3.2.2.1 Κατάτμηση 6^{ου} επιπέδου

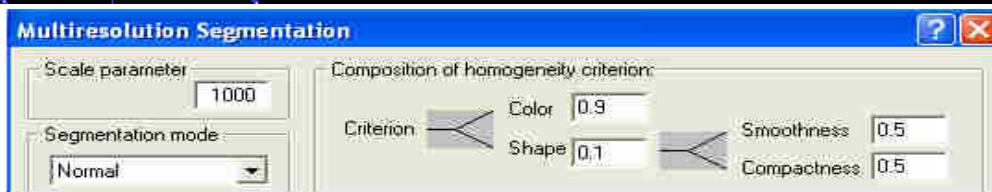
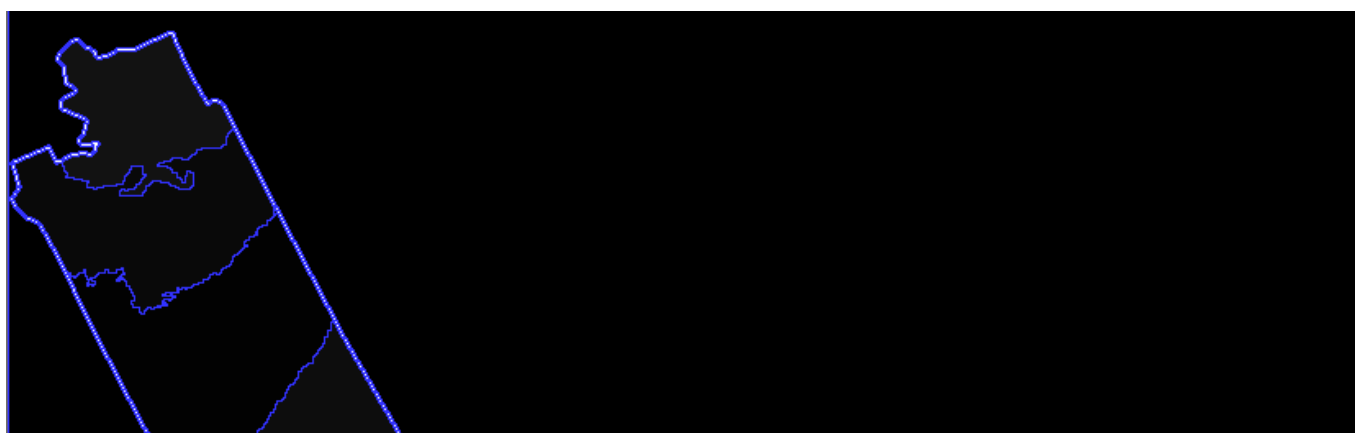
Παρουσιάζονται τα βάρη των θεματικών επιπέδων καθώς και τα αποτελέσματα της κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης για τη δημιουργία του υψηλότερου επιπέδου κατάτμησης, το επίπεδο 6.

Layer name	Layer stddev.	Weight
third_A.img	(2471.0)	0.0
third_MPI_A.img	(160.6)	0.0
third_aspect_A.img	(63.0)	0.0
slope_third_A.img	(636.9)	1.0

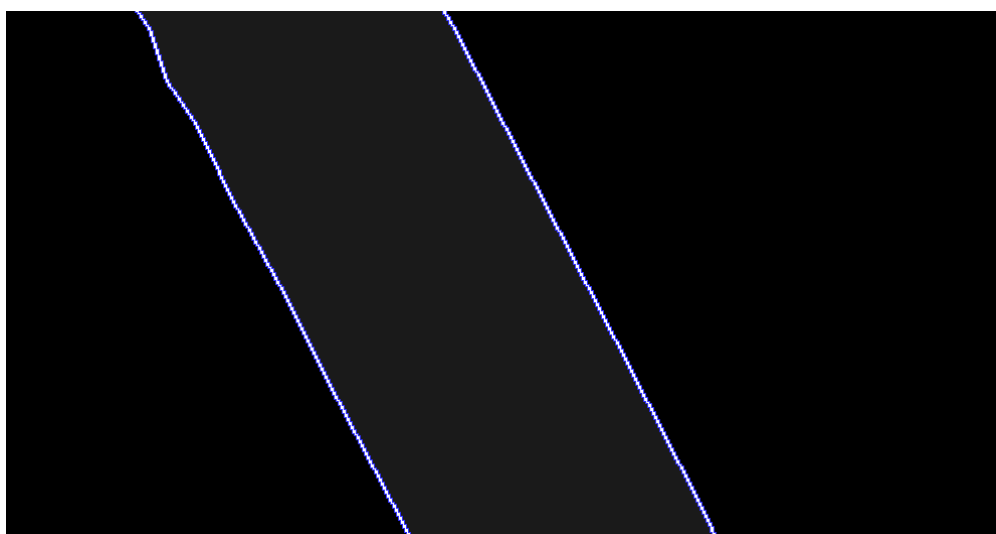
Layer name	Layer stddev.	Weight
fourth_A.img	(4106.9)	0.0
fourth_MPI_A.img	(143.8)	0.0
fourth_aspect_A.img	(66.7)	0.0
fourth_slope_A.img	(569.8)	1.0

Layer name	Layer stddev.	Weight
fifth_A.img	(14187.6)	0.0
fifth_MPI_A.img	(201.4)	0.0
fifth_aspect_A.img	(112.2)	0.0
fifth_slope_A.img	(833.3)	1.0

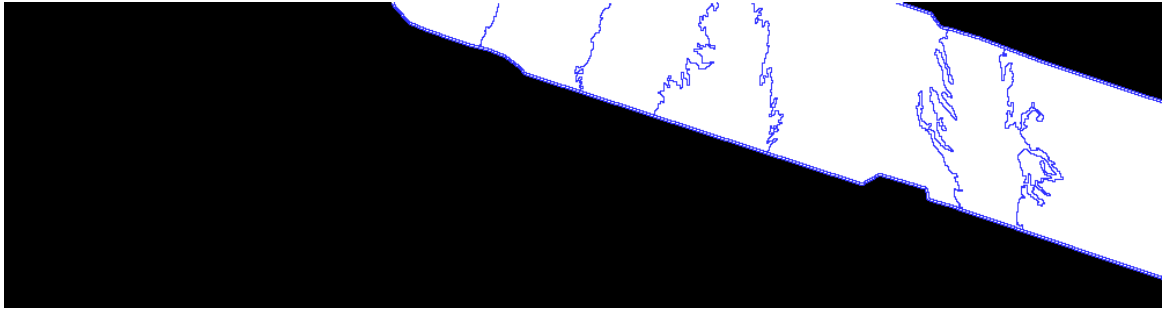
Εικόνα 147 Ορισμός των βαρών για την κατάτμηση του επιπέδου 6 στα project (από αριστερά) third, fourth, fifth.



Εικόνα 148 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του υψηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 6 στην απεικόνιση third. Με προσεκτική παρατήρηση διακρίνεται ότι το περίγραμμα έχει γίνει ένα ενιαίο αντικείμενο.



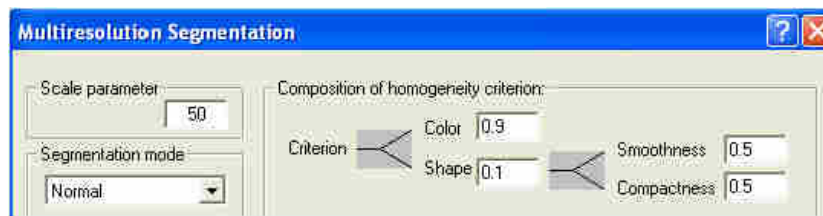
Εικόνα 149 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του υψηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 6 στην απεικόνιση fourth



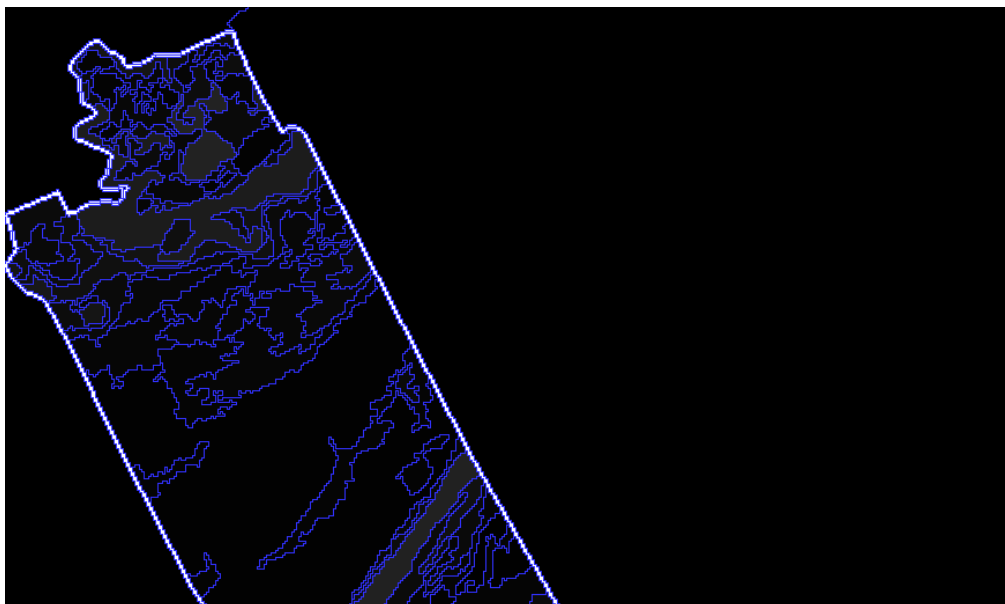
Εικόνα 150 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του υψηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 6 στην απεικόνιση fifth.

3.3.2.2 Κατάτμηση 5^{ου} επιπέδου

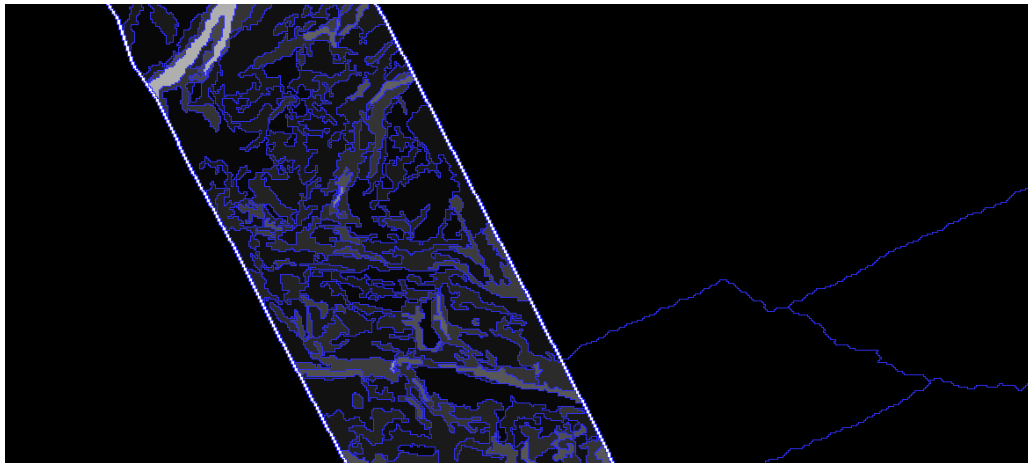
Όπως και στην κατάτμηση για τη δημιουργία του επιπέδου 4 στο dtm Ρίο Αντίρριο έτσι και εδώ τα βάρη που δίνονται στα θεματικά επίπεδα είναι: 1 για τα slope, MPI και 0 για τα aspect, dtm. Η κατάτμηση δίνει τα ακόλουθα αποτελέσματα.



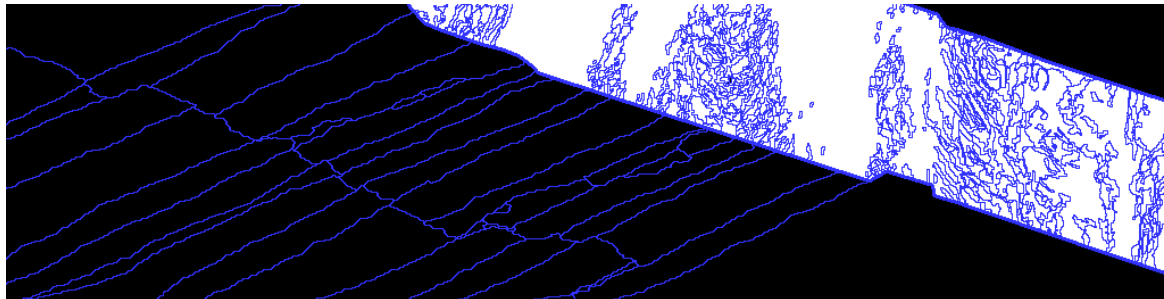
Εικόνα 151 Οι παράμετροι της κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης για τη δημιουργία του επιπέδου 5.



Εικόνα 152 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 5 στην απεικόνιση third.



Εικόνα 153 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 5 στην απεικόνιση fourth.

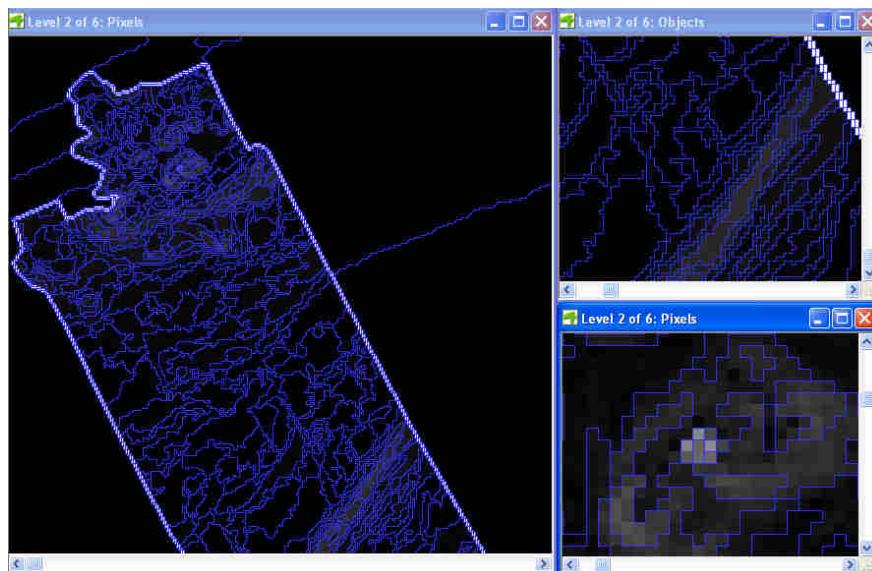


Εικόνα 154 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 5 στην απεικόνιση fifth.

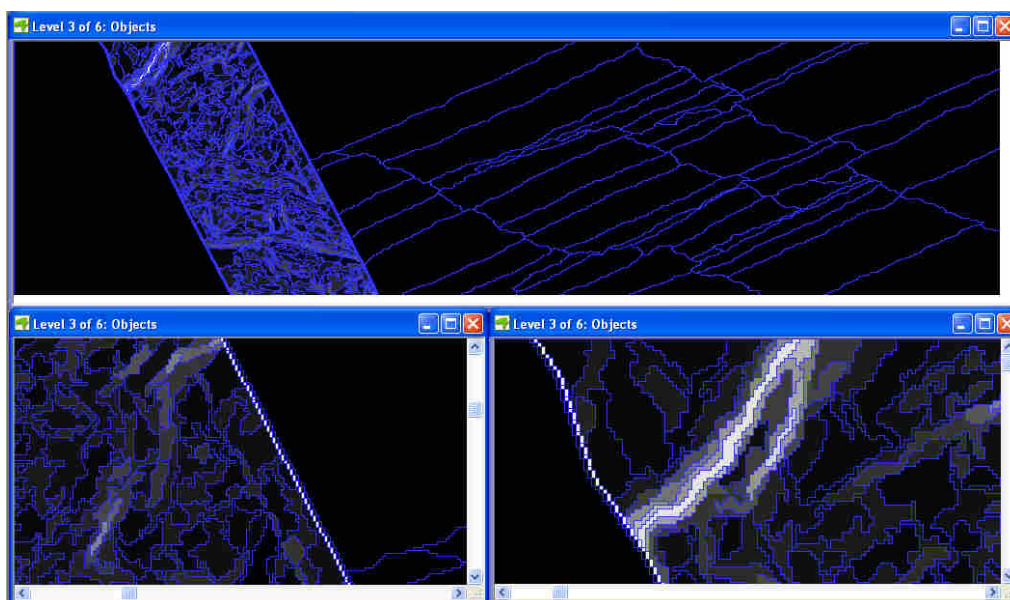
3.3.2.2.3 Κατάτμηση 3^{ου} επιπέδου

Το δημιουργούμενο επίπεδο έχει τις ακόλουθες τιμές παραμέτρων:

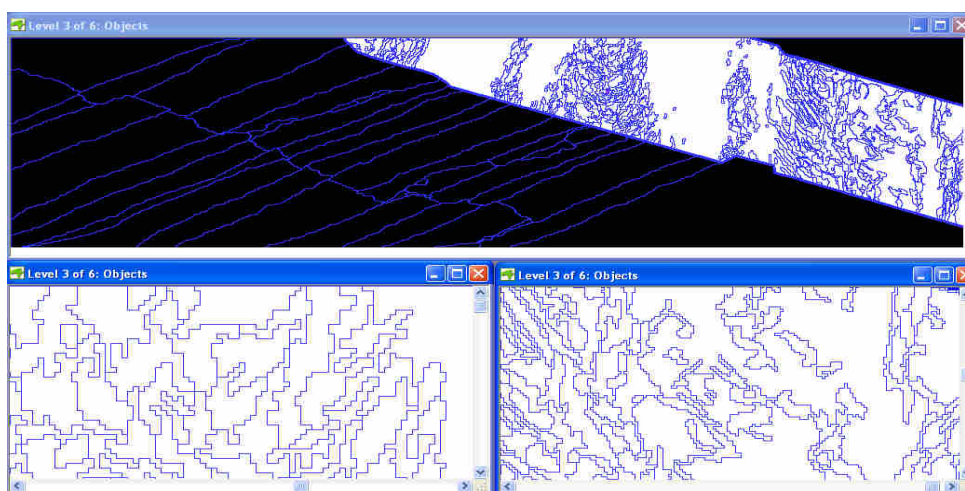
- Βάρος των θεματικών επιπέδων slope, MPI ίσο με τη μονάδα και των aspect, dtm μηδενικό.
- Κλίμακα ίση με 20.
- Βάρος φασματικού κριτηρίου 0,4 και σχηματικού 0,6 το οποίο χωρίζεται στα επιμέρους κριτήρια του δίνοντας βάρη 1 στο λείο της οριογραμμής και 0 στο συμπαγές του σχήματος.



Εικόνα 155 Το επίπεδο κατάτμησης 3 στην απεικόνιση third. Δεξιά εμφανίζονται μεγεθύνσεις της κατάτμησης .

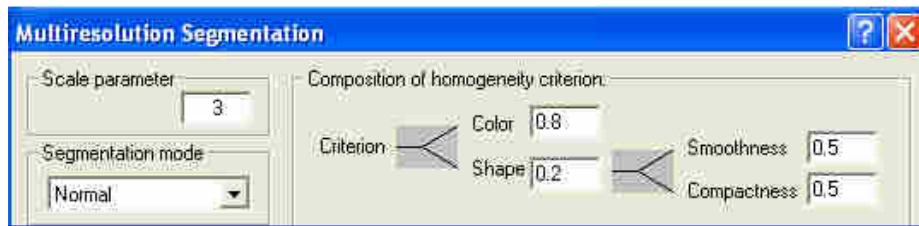


Εικόνα 156 Το επίπεδο κατάτμησης 3 στην απεικόνιση fourth καθώς και μεγεθύνσεις της κατάτμησης.



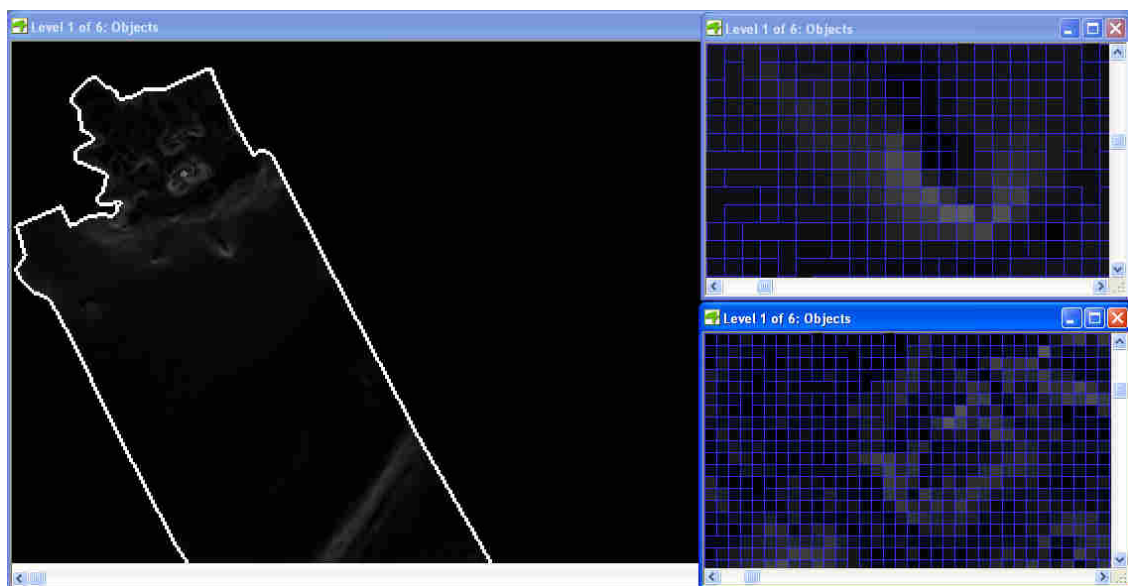
Εικόνα 157 επίπεδο κατάτμησης 3 στην απεικόνιση fifth καθώς και μεγεθύνσεις της κατάτμησης.

3.3.2.2.4 Κατάτμηση 1^{ου} επιπέδου

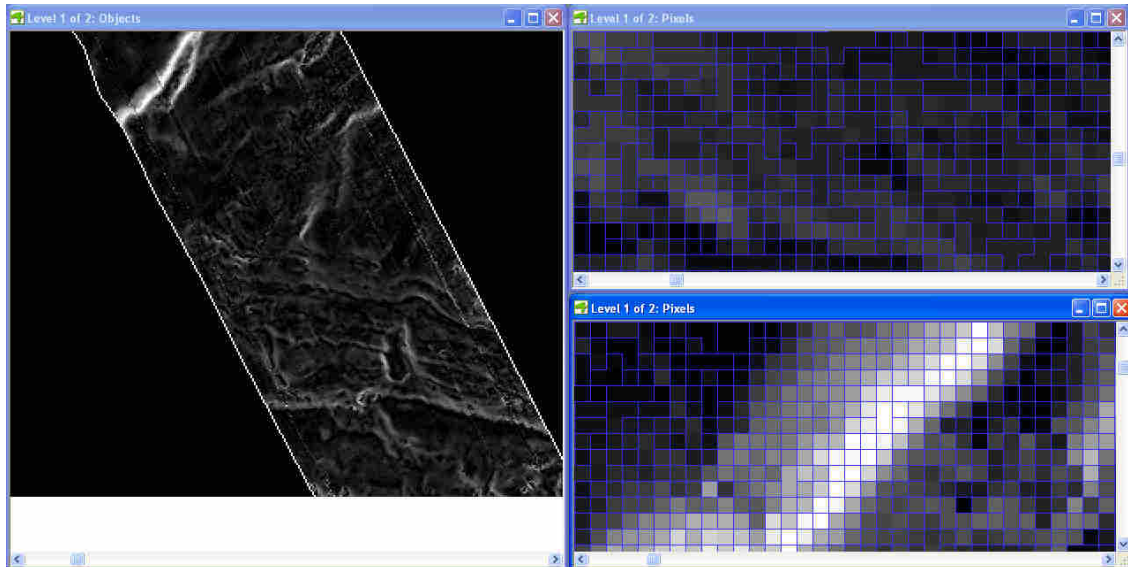


Εικόνα 158 Οι παράμετροι της κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης για τη δημιουργία του επιπέδου 1.

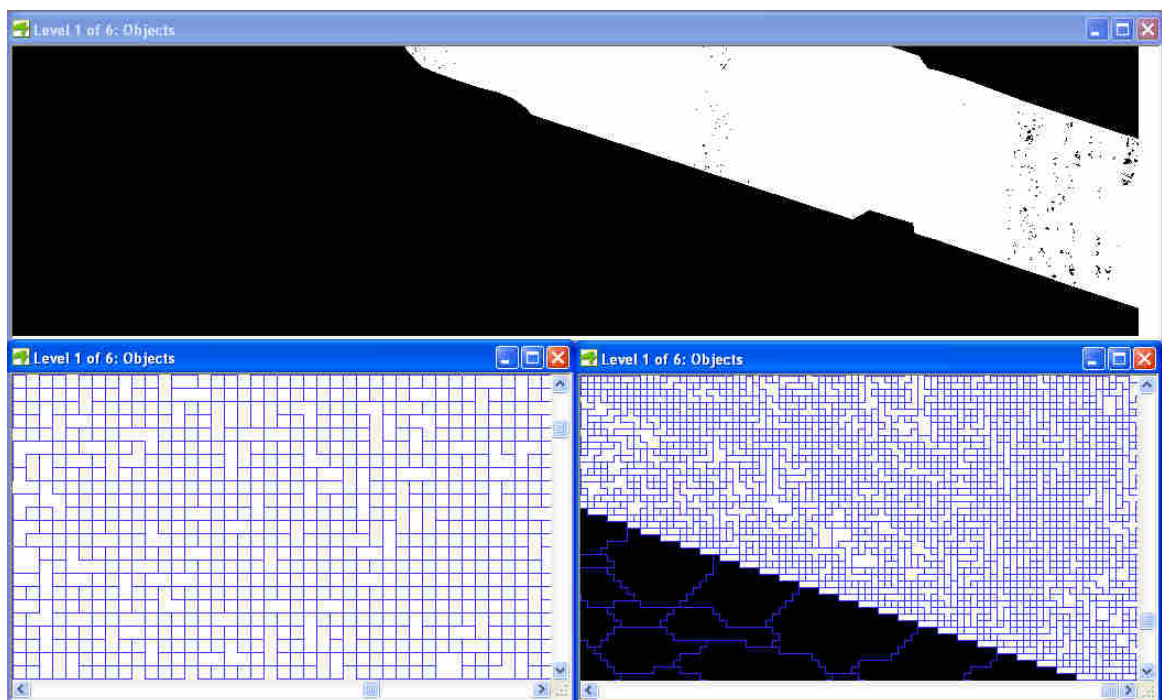
Ακολούθως παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στα τρία κομμάτια του dtm Άνδρος – Εύβοια.



Εικόνα 159 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του χαμηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 1 στην απεικόνιση third. Δεξιά εμφανίζονται μεγεθύνσεις της κατάτμησης στις οποίες διακρίνεται ότι η πλειοψηφία των δημιουργούμενων αντικειμένων έχει μέγεθος που δε ξεπερνά το εικονοστοιχείο. Ωστόσο υπάρχουν και αντικείμενα με μεγαλύτερα μεγέθη.



Εικόνα 160 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του χαμηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 1 στην απεικόνιση fourth. Δεξιά εμφανίζονται μεγεθύνσεις της στις οποίες διακρίνονται τα περιγράμματα των αντικειμένων.



Εικόνα 161 Εφαρμογή του αλγορίθμου κατάτμησης- multiresolution segmentation για τη δημιουργία του χαμηλότερου επιπέδου κατάτμησης-επίπεδο 1 στην απεικόνιση fifth.

Η κατάτμηση των επιπέδων, 4 και 2, περιγράφεται ακολούθως στα εδ. 3.3.2.3.4 και εδ. 3.3.2.3.7

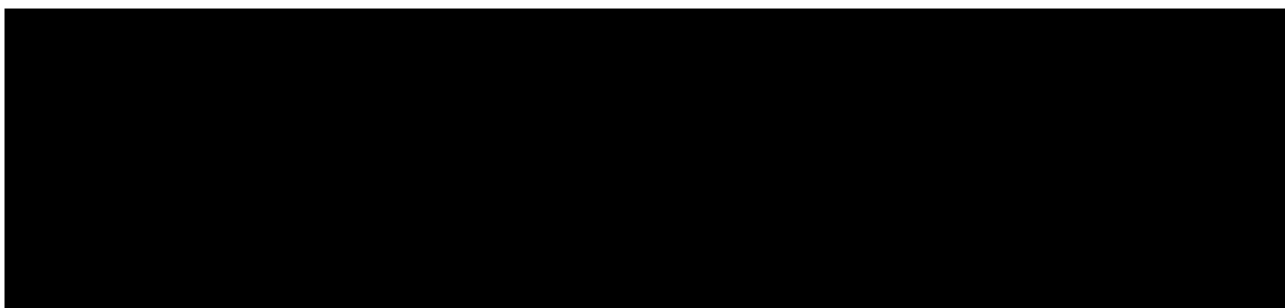
3.3.2.3 Ταξινόμηση

Υπενθυμίζεται ότι αρχικά ταξινομείται το επίπεδο 6, ακολούθως τα 5 και 3, στη συνέχεια δημιουργείται μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης και συγκεκριμένα της συνένωσης αντικειμένων σε ανώτερο επίπεδο το 4 και ταξινομείται , μετά το επίπεδο 1. Από το επίπεδο 1 προκύπτει μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης και πάλι της συνένωσης αντικειμένων σε ανώτερο επίπεδο το 2. Το 2 ταξινομείται με τις κατάλληλες κλάσεις. Τέλος η αρχική ταξινόμηση του επιπέδου 1 διαγράφεται και επανα-ταξινομείται με νέες κλάσεις στηριζόμενες κυρίως στα υπερ-αντικείμενα του ταξινομημένου επιπέδου 2 αλλά και των υπολοίπων υπερ-αντικειμένων άλλων επιπέδων.

Οι γενικές κατηγορίες είναι και εδώ οι LEVEL 6, LEVEL 5, LEVEL 4, LEVEL 3, LEVEL 2, LEVEL 1 και οι περιγραφή τους γίνεται με βάση το χαρακτηριστικό Object feature-Hierarchy-Level και την συνάρτηση Singleton (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Πίνακας Π1).

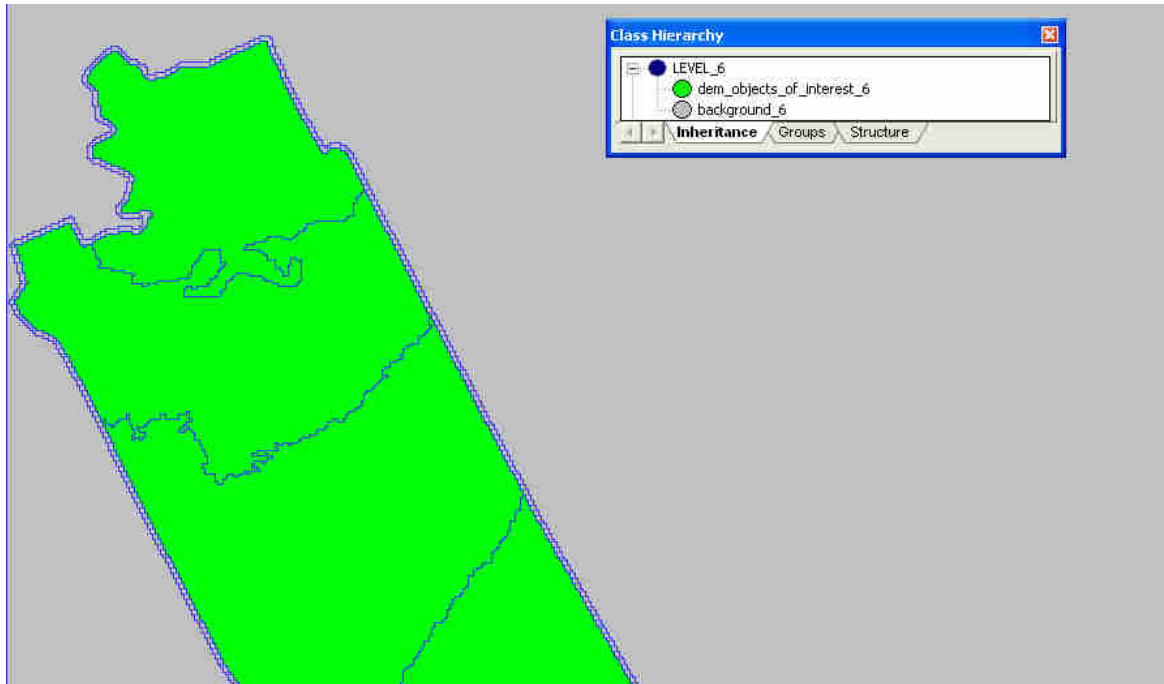
3.3.2.3.1 Ταξινόμηση 6^{ου} επιπέδου

Παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα οι περιγραφές των κλάσεων.

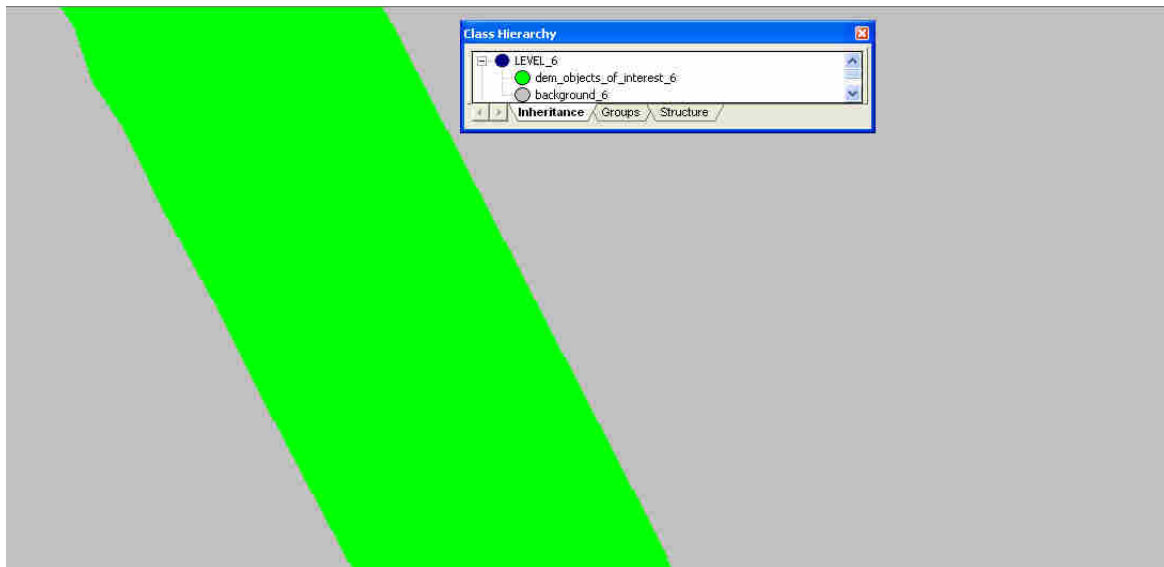


Πίνακας 10 Περιγραφές των κλάσεων του επιπέδου ταξινόμησης 6

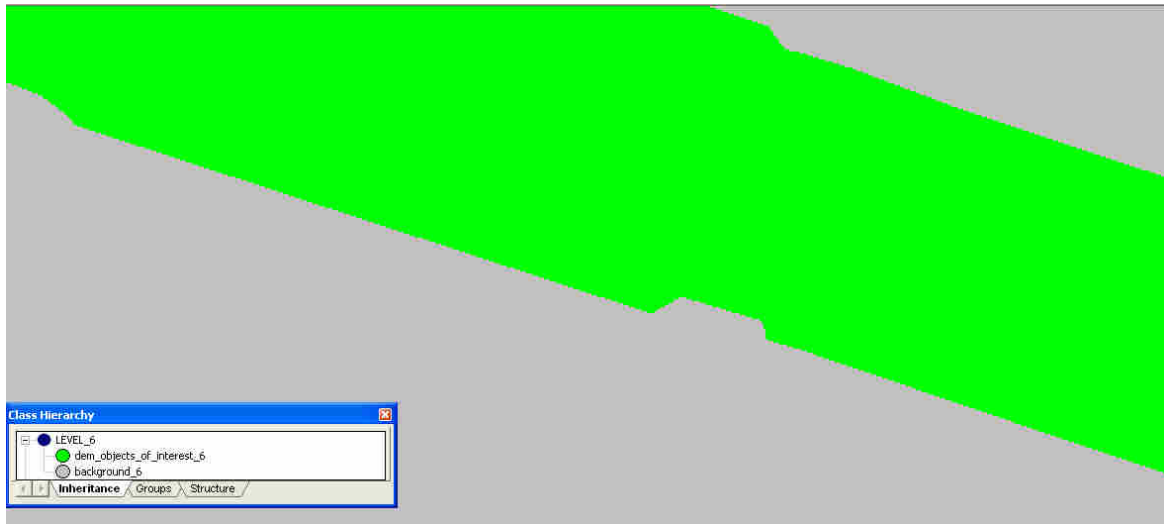
Τα αποτελέσματα της εφαρμογής της ταξινόμησης για τα τρία τμήματα του ψηφιακού μοντέλου ανάγλυφου φαίνονται στις Εικόνες 160, 161, 162.



Εικόνα 162 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 6 του third.



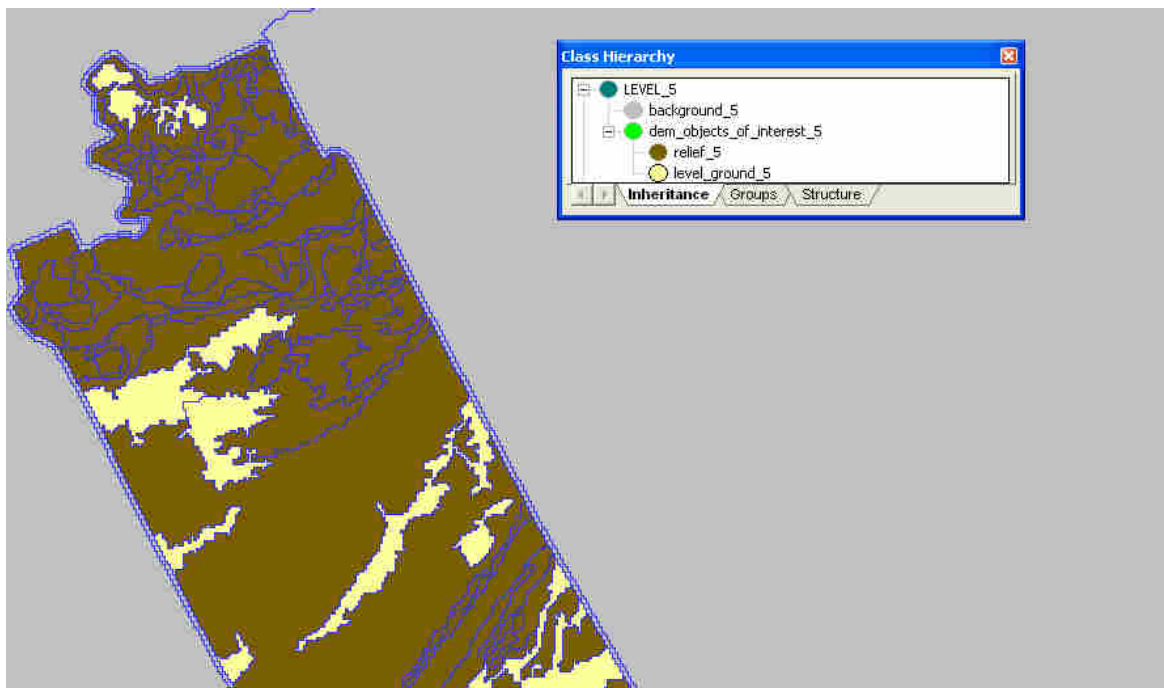
Εικόνα 163 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 6 του fourth.



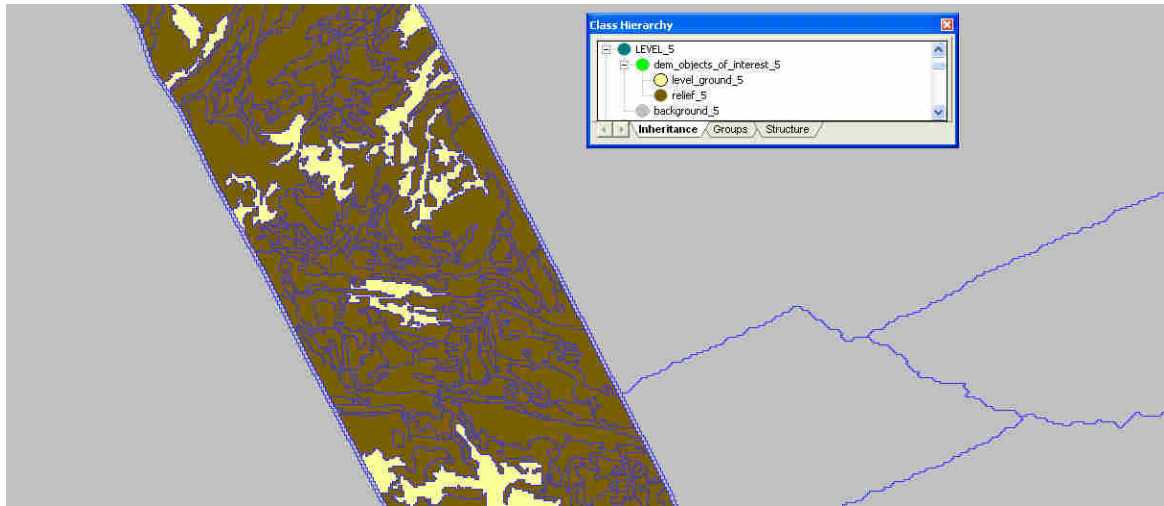
Εικόνα 164 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 6 του fifth.

3.3.2.3.2 Ταξινόμηση 5^{ου} επιπέδου

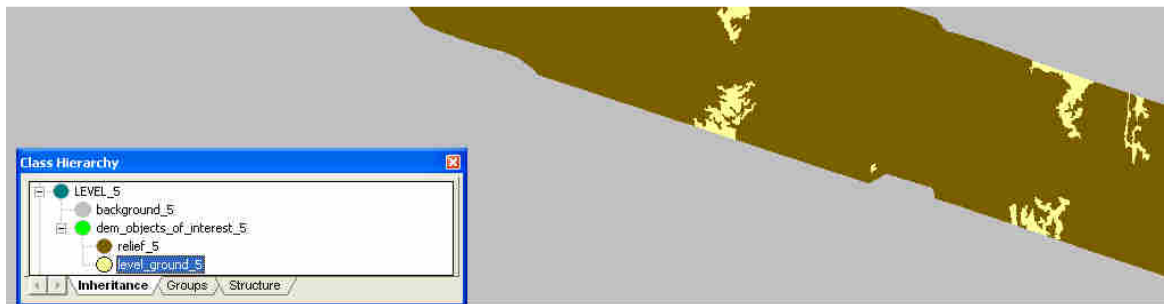
Το πέμπτο επίπεδο των third, fourth και fifth Άνδρος-Εύβοια ταξινομείται με τις ίδιες κλάσεις όπως και τα first-second Ρίο Αντίρριο. Οι περιγραφές των κλάσεων βρίσκονται στην παράγραφο 3.3.1.3.2 και τα αποτελέσματα είναι τα ακόλουθα:



Εικόνα 165 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 5 του third.



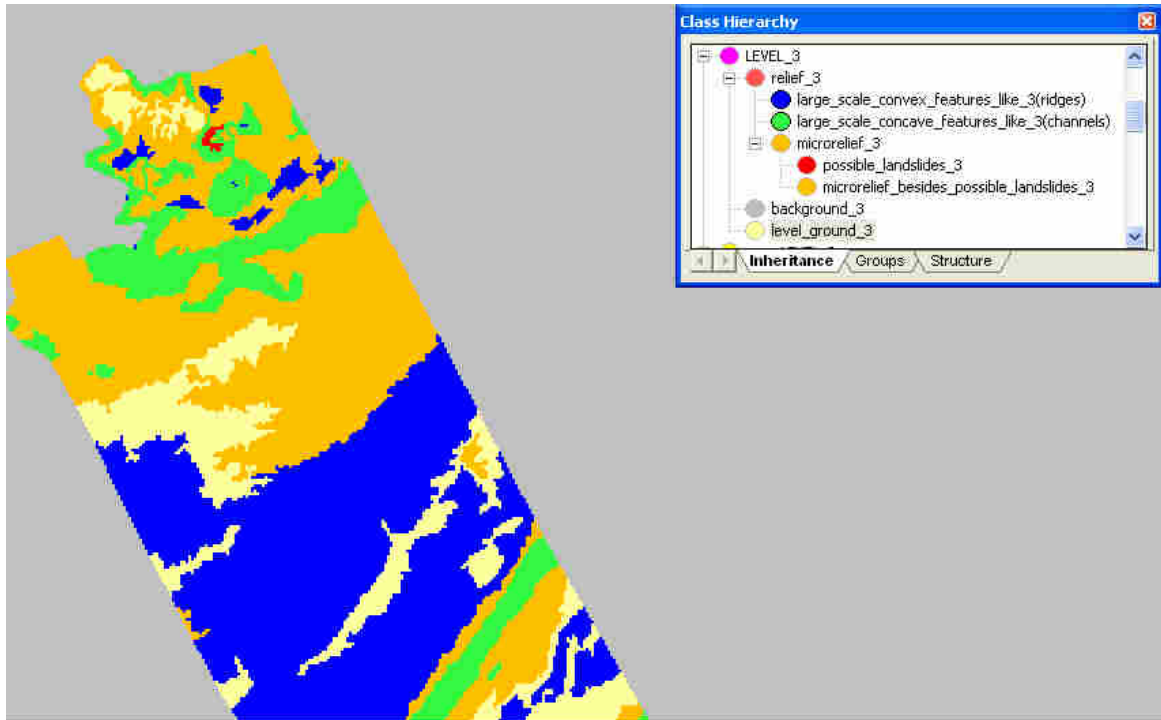
Εικόνα 166 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 5 του fourth



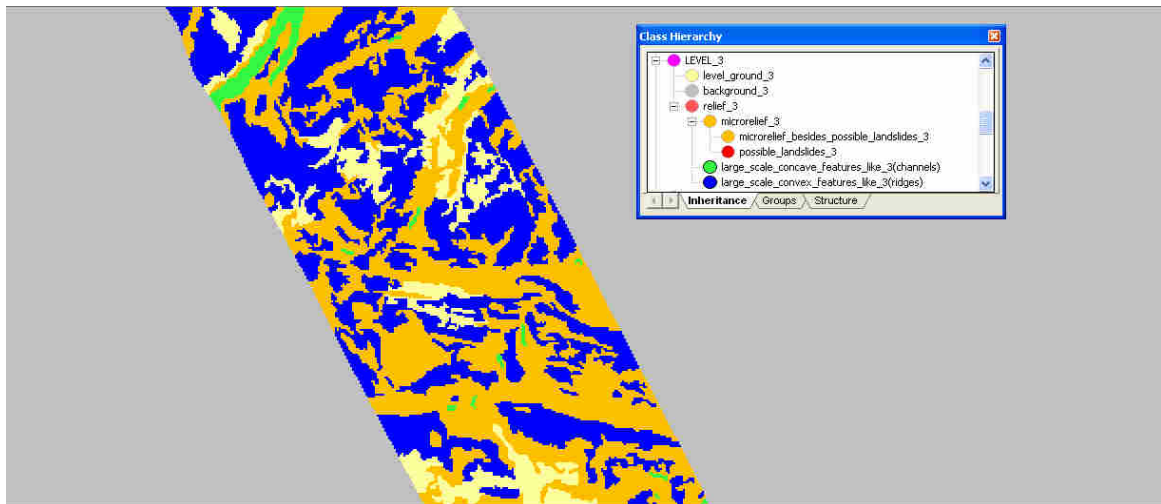
Εικόνα 167 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 5 του fifth.

3.3.2.3.3 Ταξινόμηση 3^{ου} επιπέδου

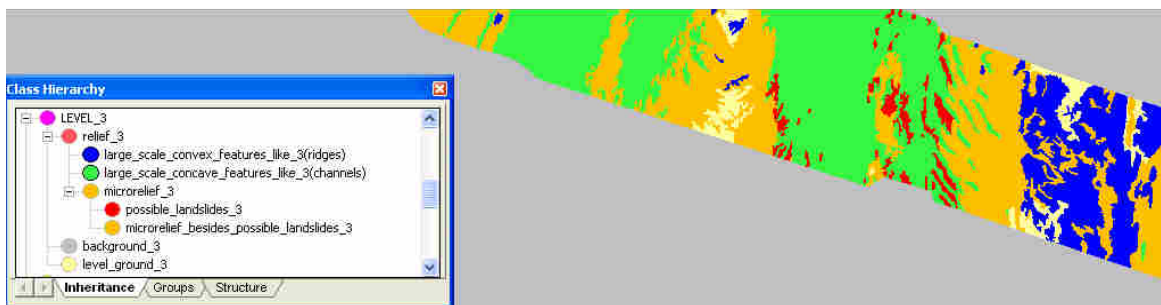
Χρησιμοποιούνται οι ίδιες κλάσεις με αυτές της ταξινόμησης του επιπέδου 3 των απεικονίσεων του ψηφιακού μοντέλου ανάγλυφου Ρίου Αντιρρίου οι οποίες παρουσιάζονται στην παράγραφο 3.3.1.3.3 και στον Πίνακα 5.



Εικόνα 168 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 3 του third.



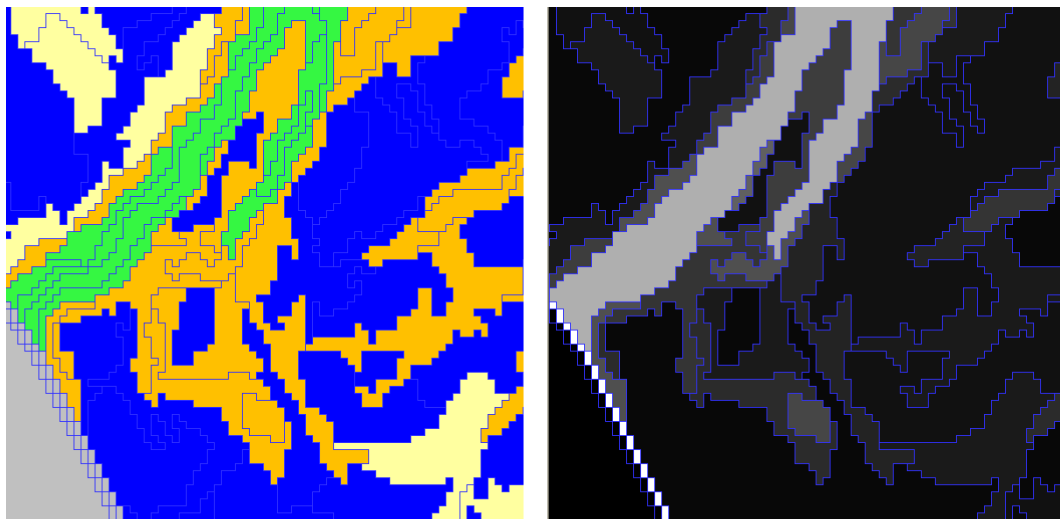
Εικόνα 169 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 3 του fourth.



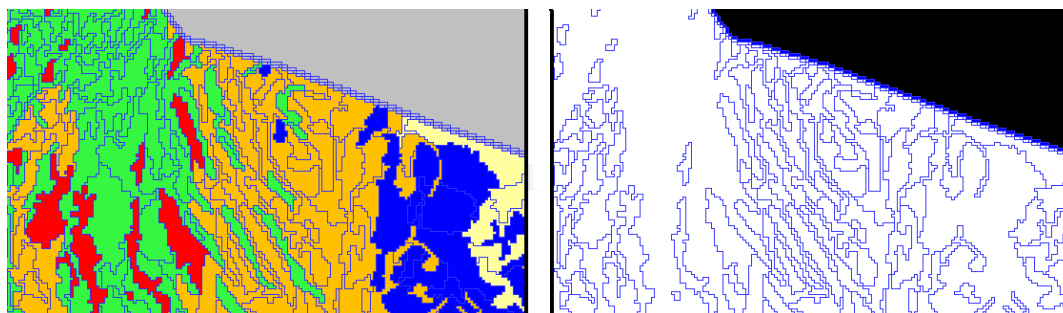
Εικόνα 170 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 3 του fifth.

3.3.2.3.4 Κατάτμηση βάσει ταξινόμησης- Δημιουργία 4^{ου} επιπέδου

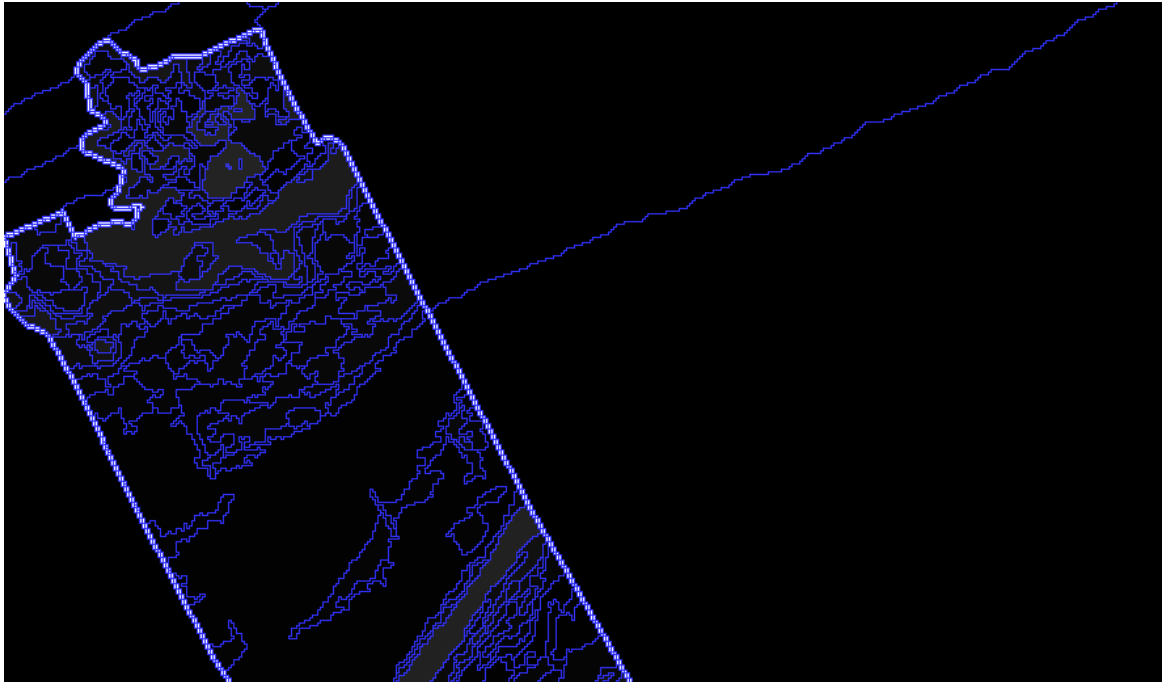
Ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στην παράγραφο 3.3.1.3.4 και τα δημιουργούμενα αντικείμενα του επιπέδου 4 παρουσιάζονται στις εικόνες που ακολουθούν.



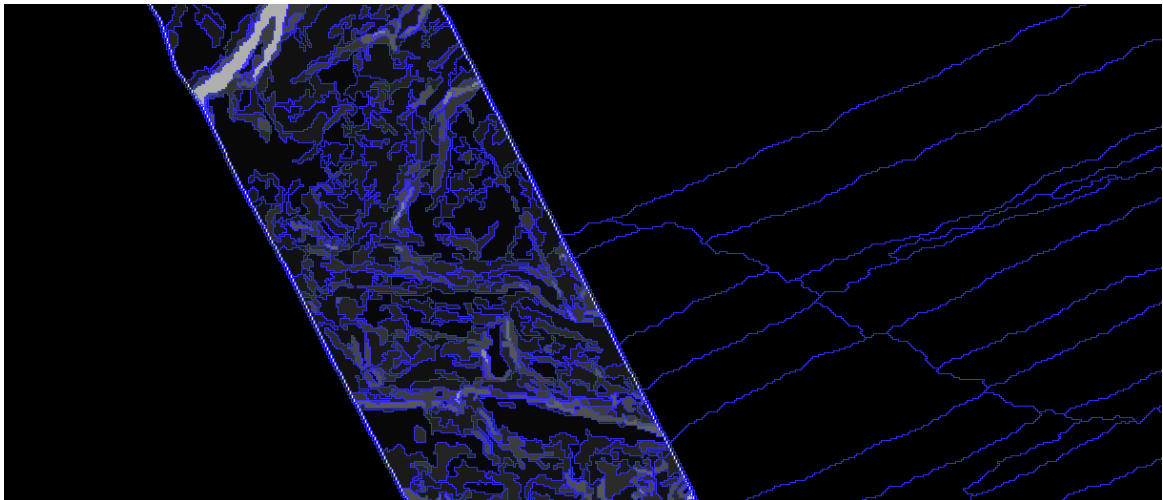
Εικόνα 171 Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων.



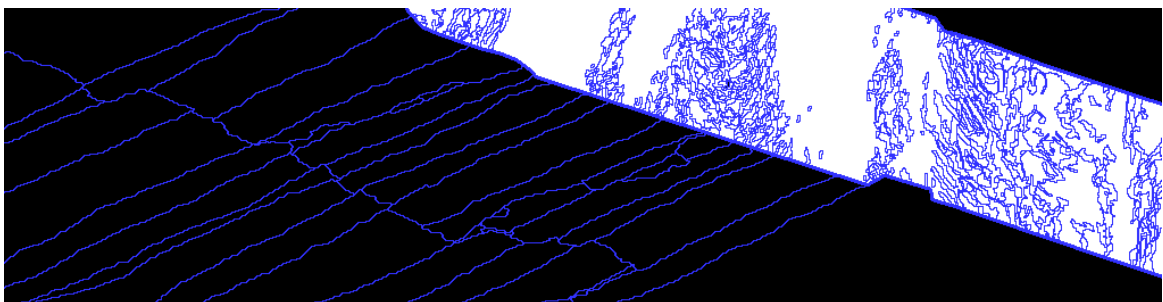
Εικόνα 172 Αριστερά τα ταξινομημένα αντικείμενα στο επίπεδο 3 και δεξιά τα αντικείμενα που δημιουργούνται στο επίπεδο 4 μέσω της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης-συνένωση αντικειμένων.



Εικόνα 173 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα third του dtm.



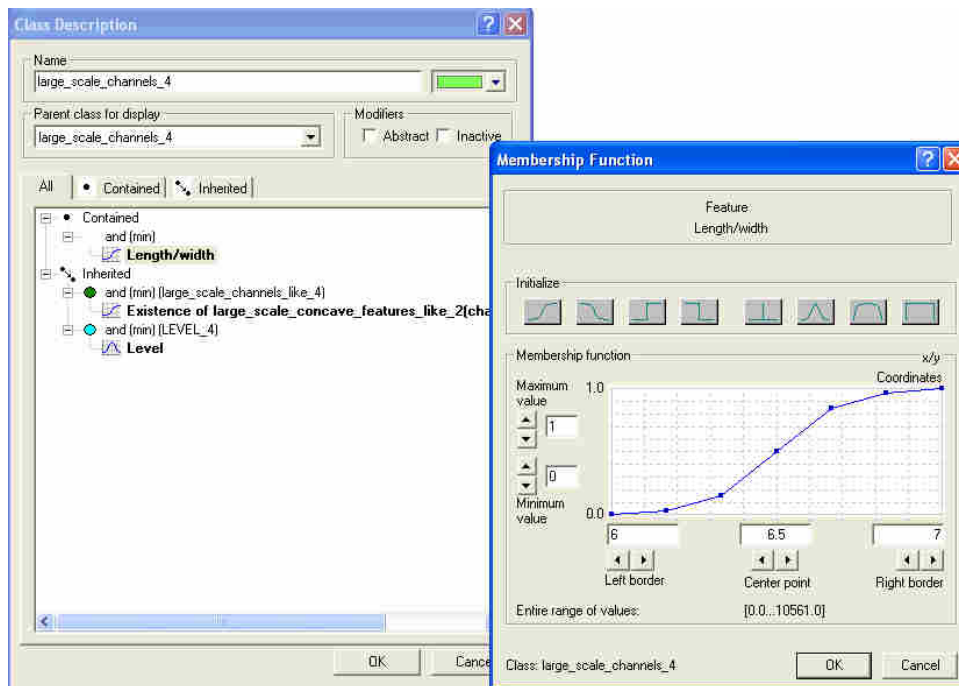
Εικόνα 174 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα fourth του dtm.



Εικόνα 175 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα fifth του dtm.

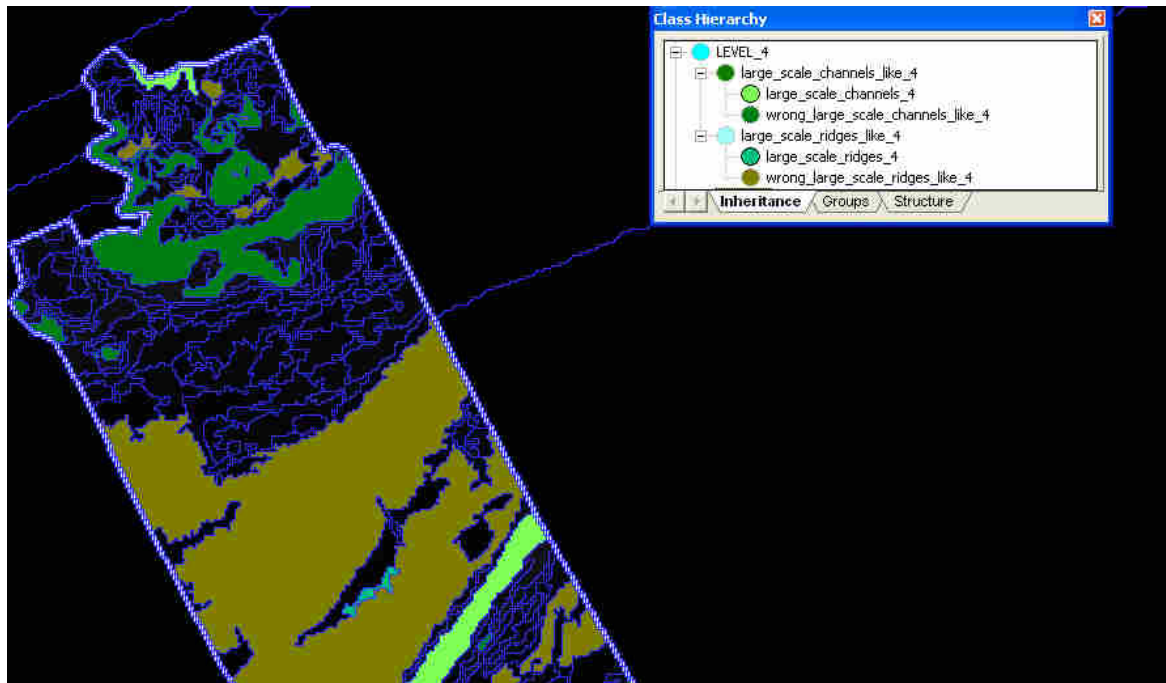
3.3.2.3.5 Ταξινόμηση 4^{ου} επιπέδου

Η ταξινόμηση των αντικειμένων του επιπέδου 4 ακολουθεί πιστά την αντίστοιχη ταξινόμηση του επιπέδου 4 των τμημάτων του dtm Ρίο Αντίρριο με μια διαφορά. Με χρήση του εργαλείου feature view διαπιστώθηκε ότι για την περιγραφή της κλάσης `large_scale_channels_4` λειτουργεί καλύτερα το χαρακτηριστικό `length/width` αντί του `length`, το οποίο είχε χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή της κλάσης στο dtm Ρίο Αντίρριο. Αυτό συμβαίνει ενδεχομένως λόγω της διαφορετικής ανάλυσης των 2 dtm. Έτσι, όλες οι υπόλοιπες κλάσεις παραμένουν ως έχουν (Πίνακας 6) και η νέα περιγραφή της κλάσης `large_scale_channels_4` φαίνεται στην

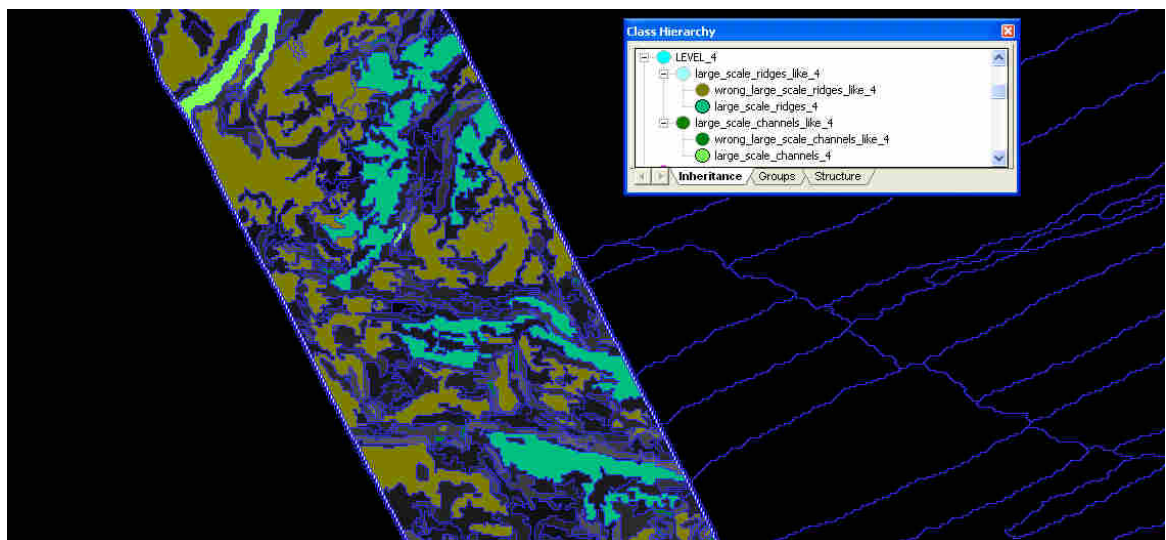


Εικόνα 176 Η περιγραφή της κατηγοριών `large_scale_channels_4` για τα τμήματα `third`, `fourth` και `fifth` του dtm Άνδρος-Εύβοια.

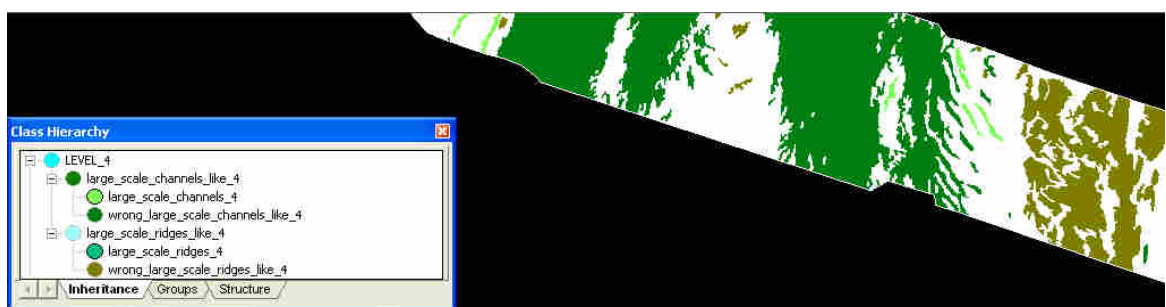
Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του αλγορίθμου της ταξινόμησης για το επίπεδο 4 είναι:



Εικόνα 177 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 4 του third.



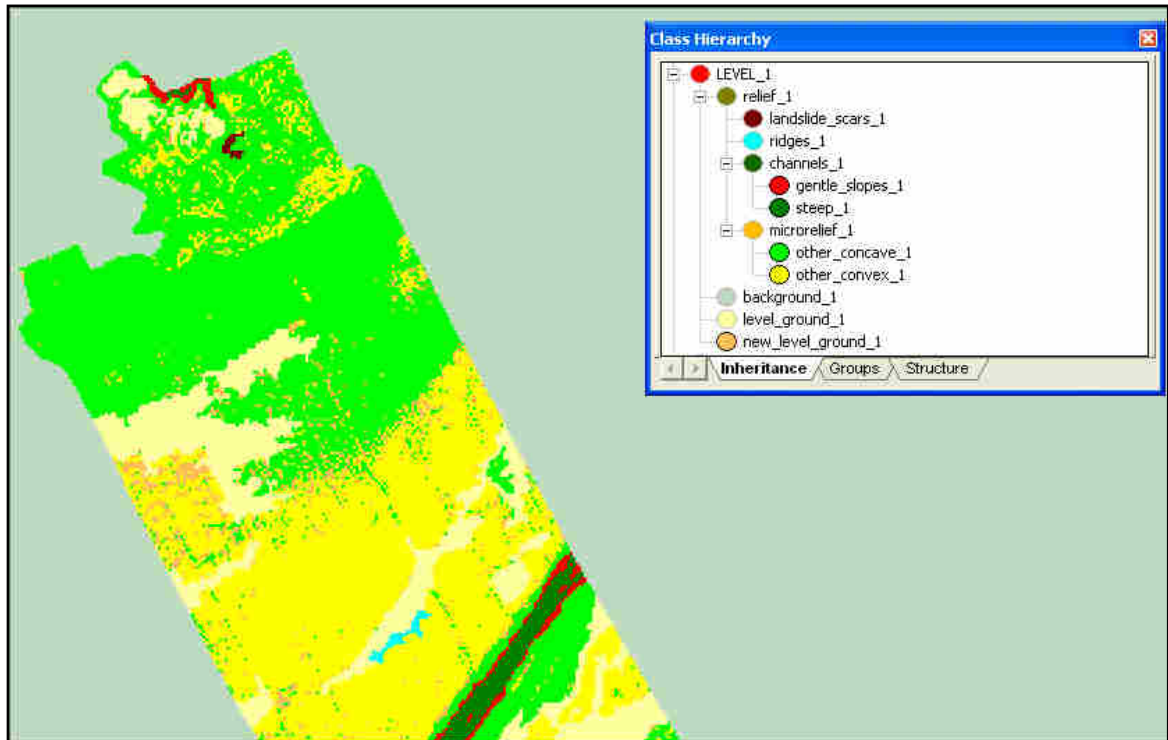
Εικόνα 178 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 4 του fourth.



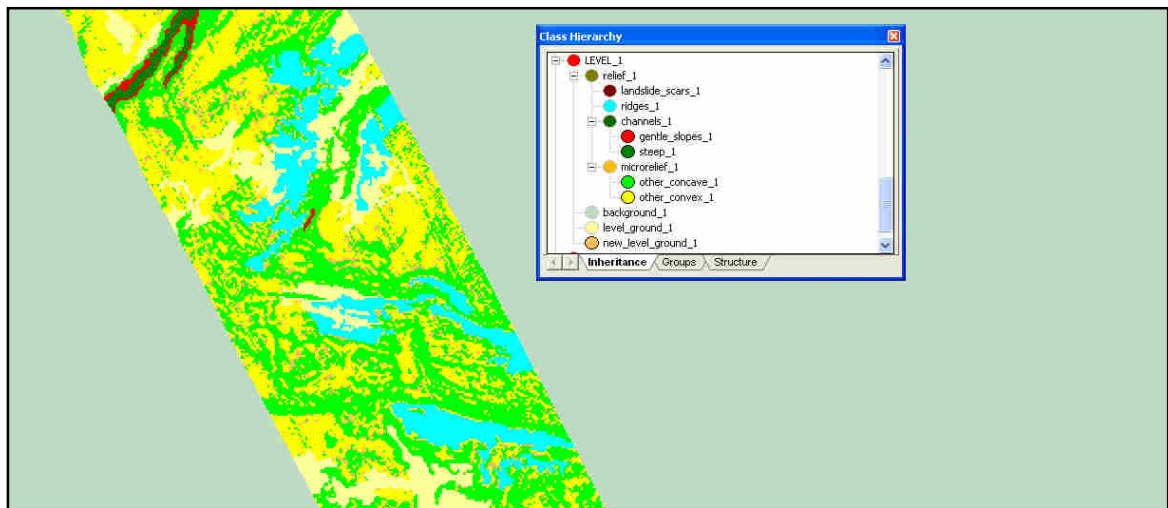
Εικόνα 179 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 4 του fifth.

3.3.2.3.6 Ταξινόμηση 1^{ου} επιπέδου

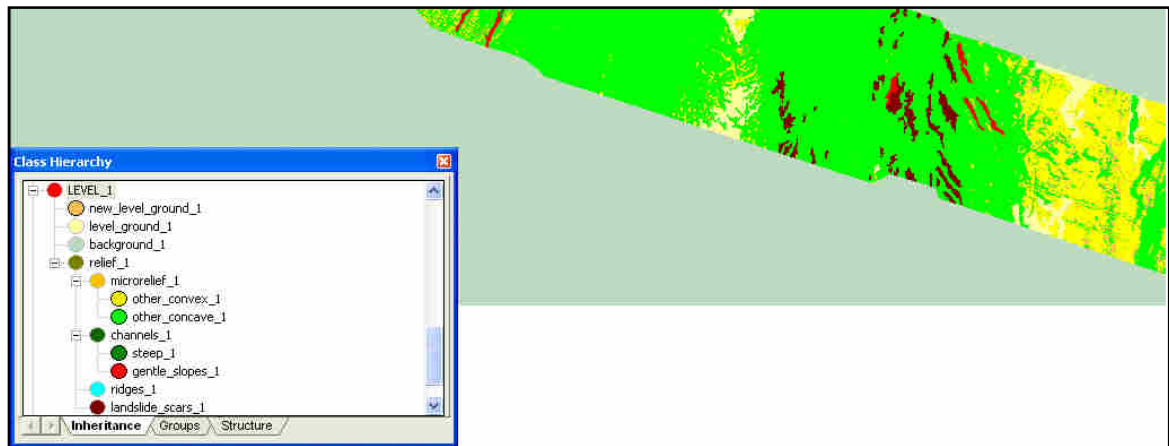
Το επίπεδο 1 στις απεικονίσεις third, fourth και fifth ταξινομείται με την ίδια ιεραρχία κλάσεων όπως και οι απεικονίσεις first, second.



Εικόνα 180 Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του third.



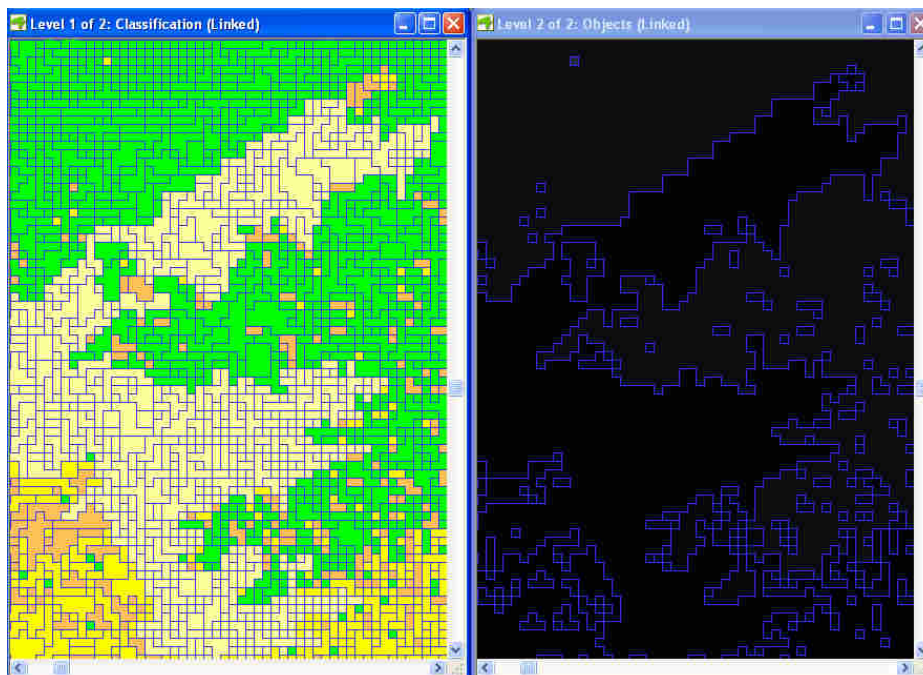
Εικόνα 181 Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του fourth.



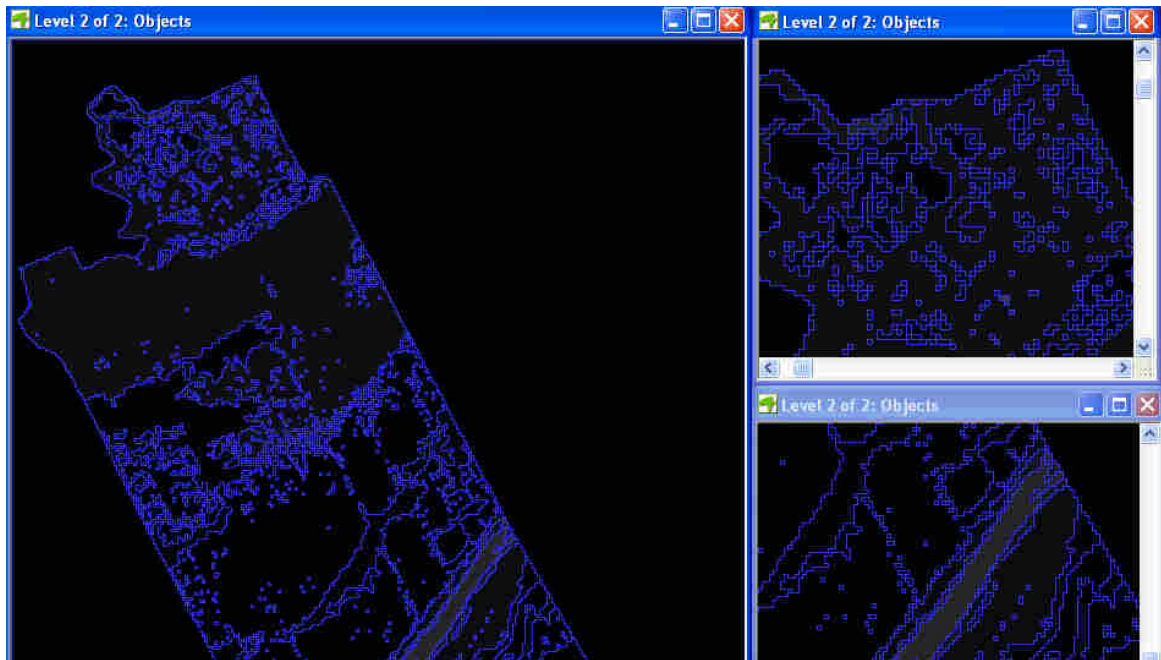
Εικόνα 182 Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του fifth.

3.3.2.3.7 Κατάμηση βάσει ταξινόμησης- Δημιουργία 2^{ου} επιπέδου

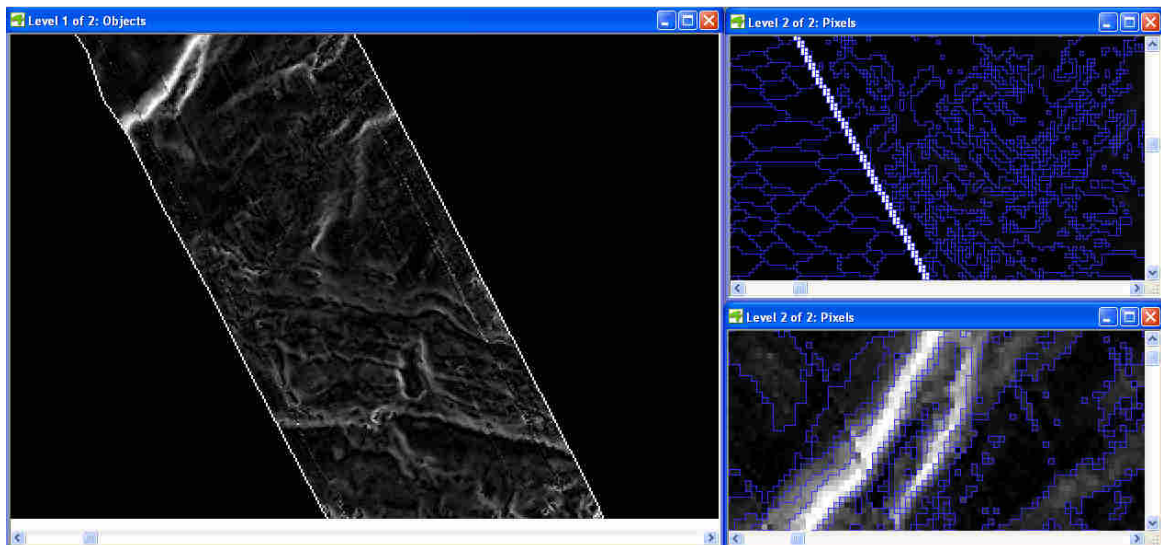
Με τα ίδιες δομικές ομάδες όπως και στις απεικονίσεις του dtm, εκτελείται κατάμηση βάσει ταξινόμησης στο επίπεδο 1 για την δημιουργία του επιπέδου ανάλυσης 2.



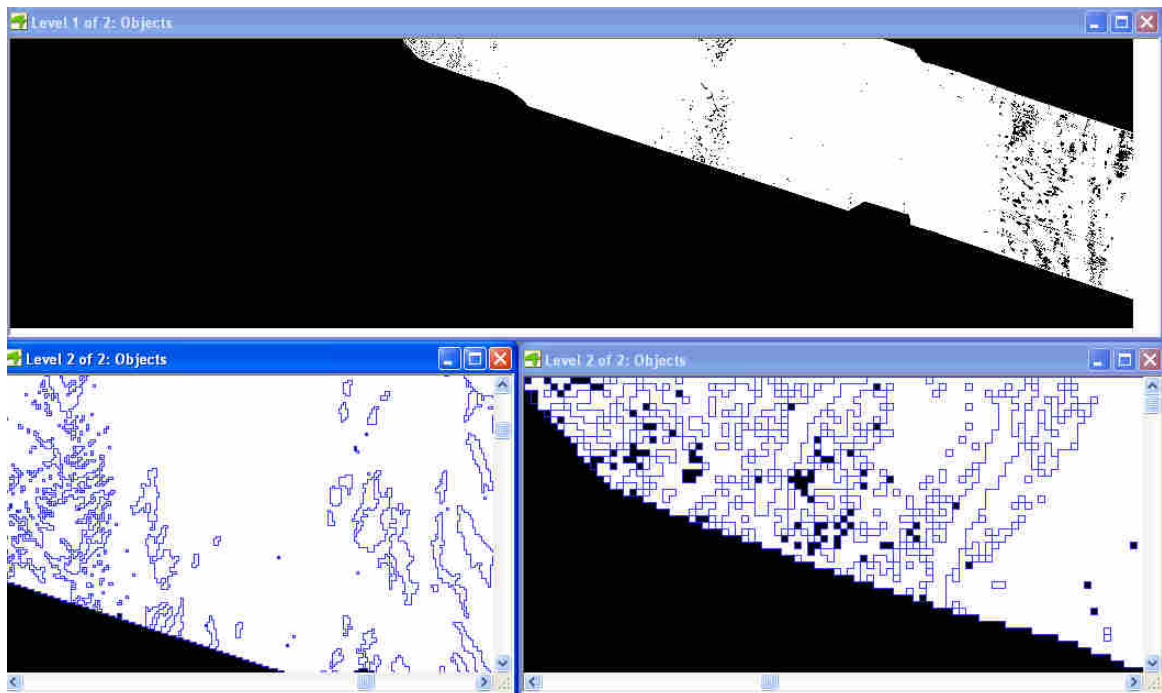
Εικόνα 183 Το αποτέλεσμα της κατάμησης βάσει ταξινόμησης σε περιοχή του τμήματος third του dtm Ρίο Αντίρριο.



Εικόνα 184 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα third του dtm. Αριστερά όλο το κομμάτι στο οποίο δεν διακρίνονται τα νέα όρια των αντικειμένων και δεξιά σε μεγέθυνση ώστε να φανούν.



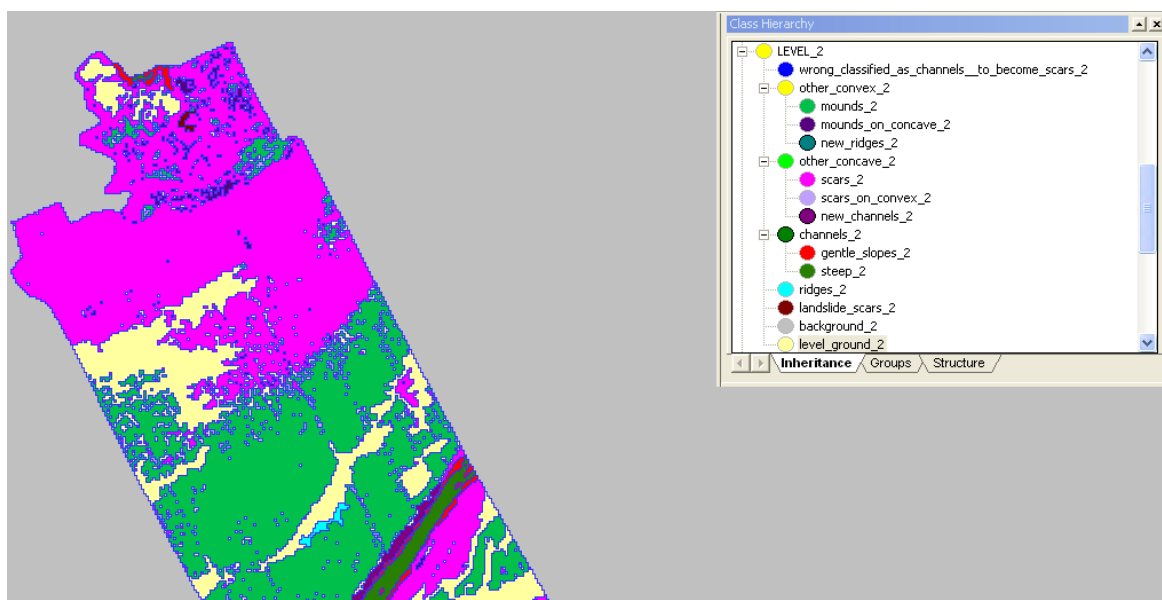
Εικόνα 185 Το αποτέλεσμα της κατάτμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα fourth του dtm. Αριστερά όλο το κομμάτι στο οποίο δεν διακρίνονται τα νέα όρια των αντικειμένων και δεξιά σε μεγέθυνση ώστε να φανούν.



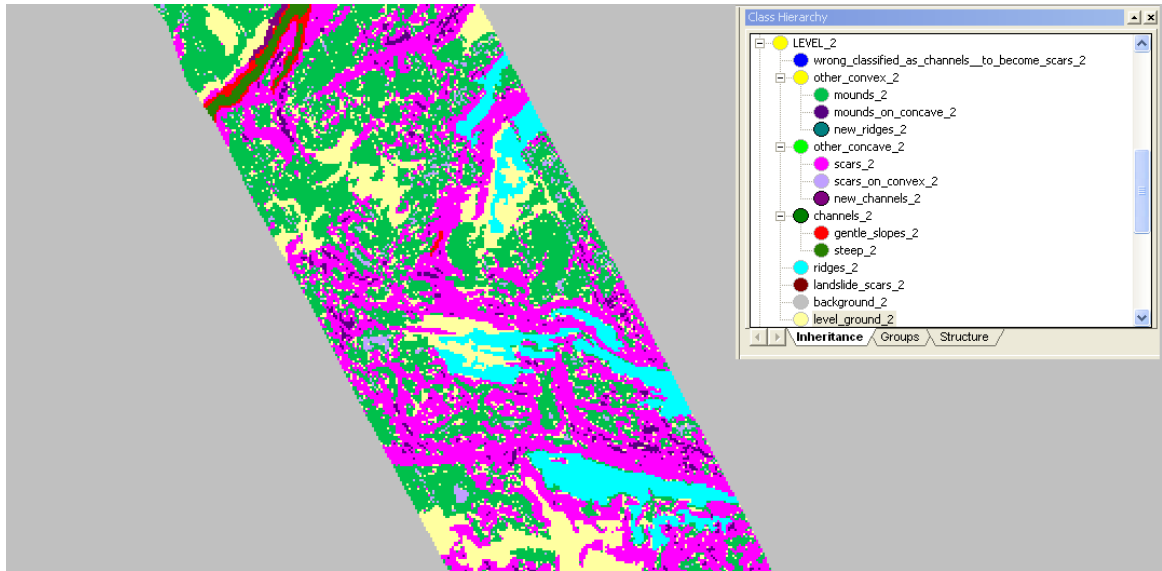
Εικόνα 186 Το αποτέλεσμα της κατάμησης βάσει ταξινόμησης στο τμήμα fifth του dtm. Πάνω όλο το κομμάτι στο οποίο δεν διακρίνονται τα νέα όρια των αντικειμένων και κάτω τμήματα του σε μεγέθυνση ώστε να φανούν.

3.3.2.3.8 Ταξινόμηση 2^{ου} επιπέδου

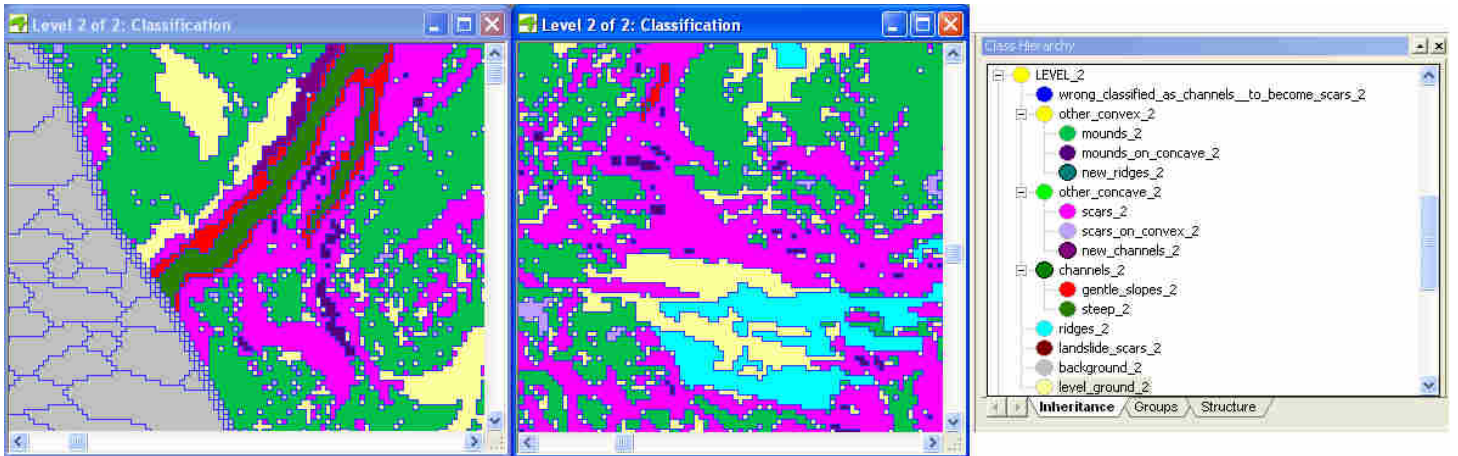
Με ιεραρχία κλάσεων όπως αυτή παρουσιάζεται στην Εικόνα 126 εφαρμόζεται ο αλγόριθμος της ταξινόμησης.



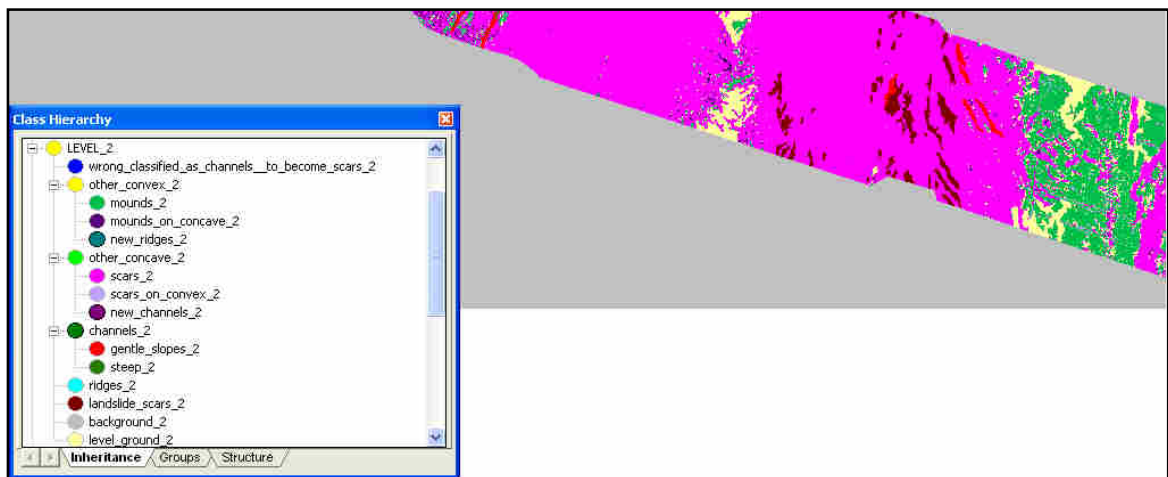
Εικόνα 187 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του third.



Εικόνα 188 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του fourth.



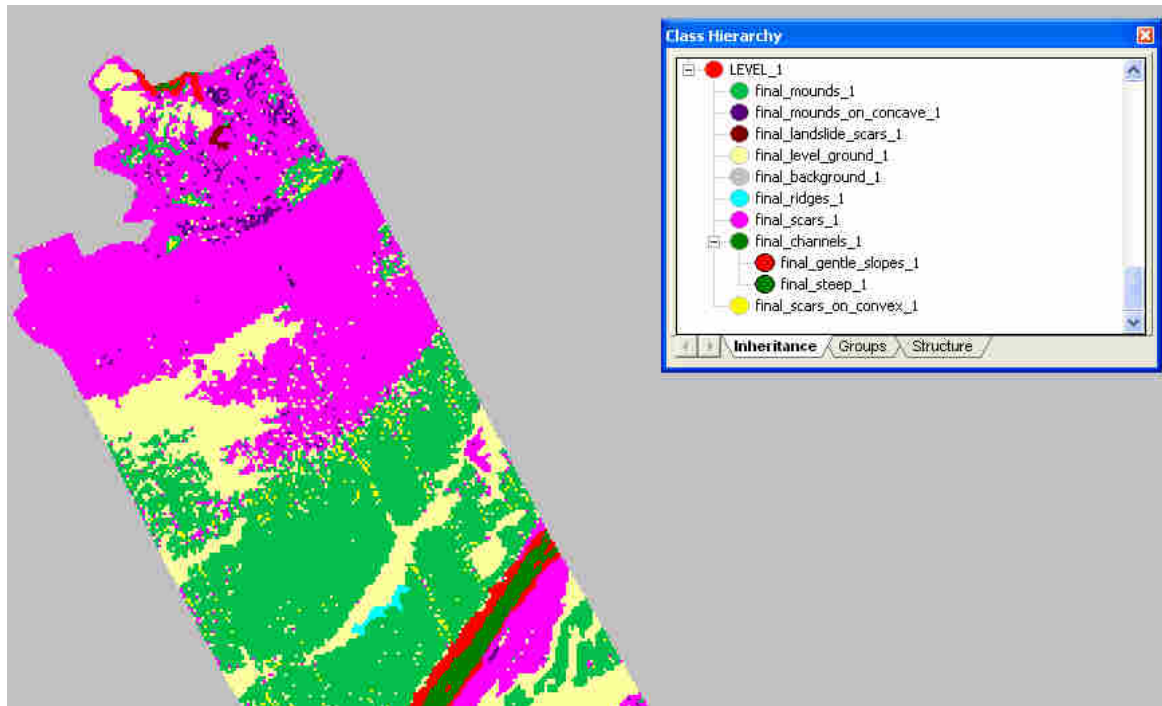
Εικόνα 189 Σε μεγέθυνση, ώστε να φανούν οι λεπτομέρειες, το αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του fourth.



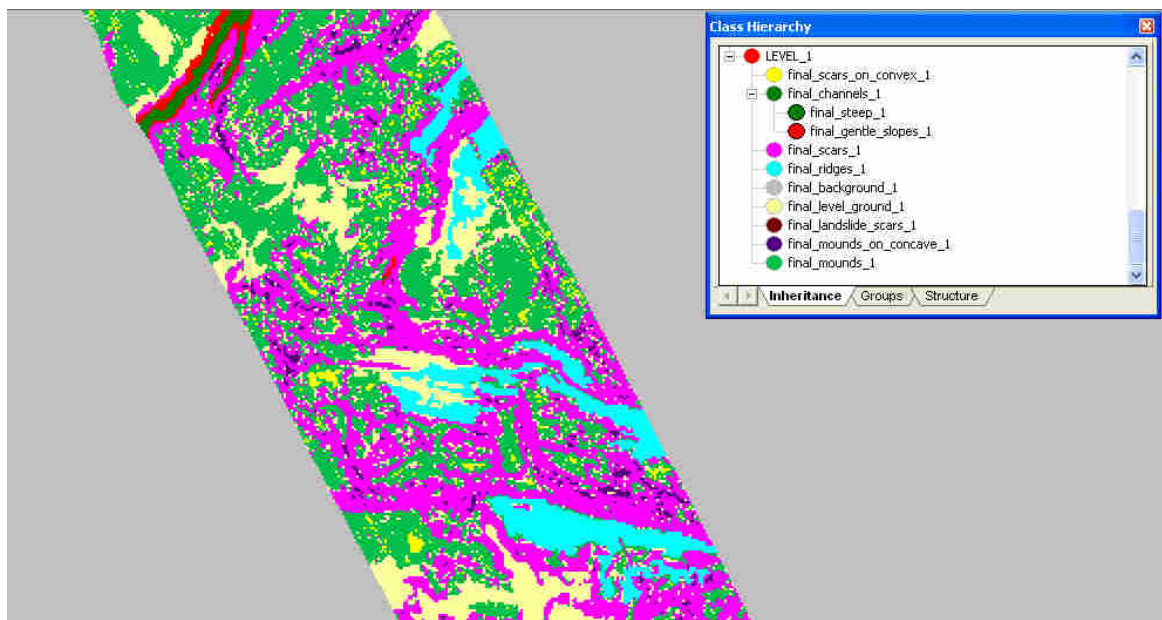
Εικόνα 190 Το τελικό αποτέλεσμα της ταξινόμησης στο επίπεδο 2 του fifth.

3.3.2.3.9 Επανα-ταξινόμηση 1^{ου} επιπέδου

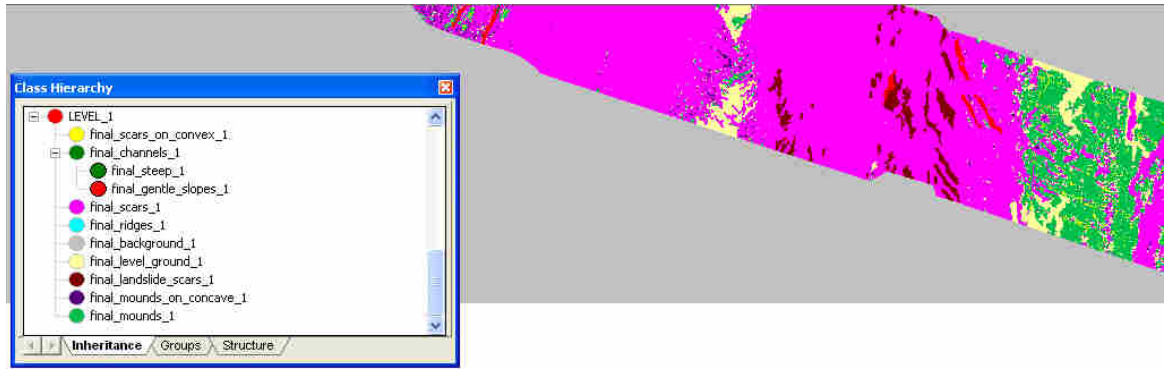
Τέλος, εφαρμόζεται νέα ταξινόμηση στο επίπεδο 1 με νέα ιεραρχία κλάσεων όπως αυτή παρουσιάζεται στον Πίνακα 9



Εικόνα 191 Το τελικό αποτέλεσμα της νέας ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του third.



Εικόνα 192 Το τελικό αποτέλεσμα της νέας ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του fourth.



Εικόνα 193 Το τελικό αποτέλεσμα της νέας ταξινόμησης στο επίπεδο 1 του fifth.

4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ

Μετά το πέρας των ταξινομήσεων κρίνεται απαραίτητο τα αποτελέσματα των ταξινομήσεων να αξιολογηθούν. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται καταρχάς δυο εργαλεία του λογισμικού προκειμένου να ελέγξει πόσο ορθά έχει εκτελεστεί η ταξινόμηση μέσα στο λογισμικό και κατόπιν γίνεται ποιοτική αξιολόγηση η οποία και θα κρίνει αν η ταξινόμηση ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

4.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Το e-Cognition παρέχει μεθόδους αξιολόγησης των ταξινομήσεων καθώς εξαιτίας της ασαφούς λογικής η οποία χρησιμοποιείται το κάθε αντικείμενο ενδέχεται να ανήκει σε περισσότερες από μια κατηγορίες με διαφορετικούς βαθμούς συμμετοχής. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται δυο εκ των τεσσάρων μεθόδων αξιολόγησης ταξινομήσεων όπως αυτές περιγράφηκαν στην παράγραφο 2.4.2.5. Τονίζεται ότι οι ακόλουθες μέθοδοι δεν αποδεικνύουν αν στο αντικείμενο έχει αποδοθεί κατηγορία η οποία ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα αλλά εξετάζουν το κατά πόσο η απόδοση των αντικειμένων σε κατηγορίες έχει γίνει ορθά σε σχέση με τις περιγραφές των κατηγοριών.



Εικόνα 194 Η κλίμακα στις γραφικές απεικονίσεις των αλγορίθμων αξιολόγησης.

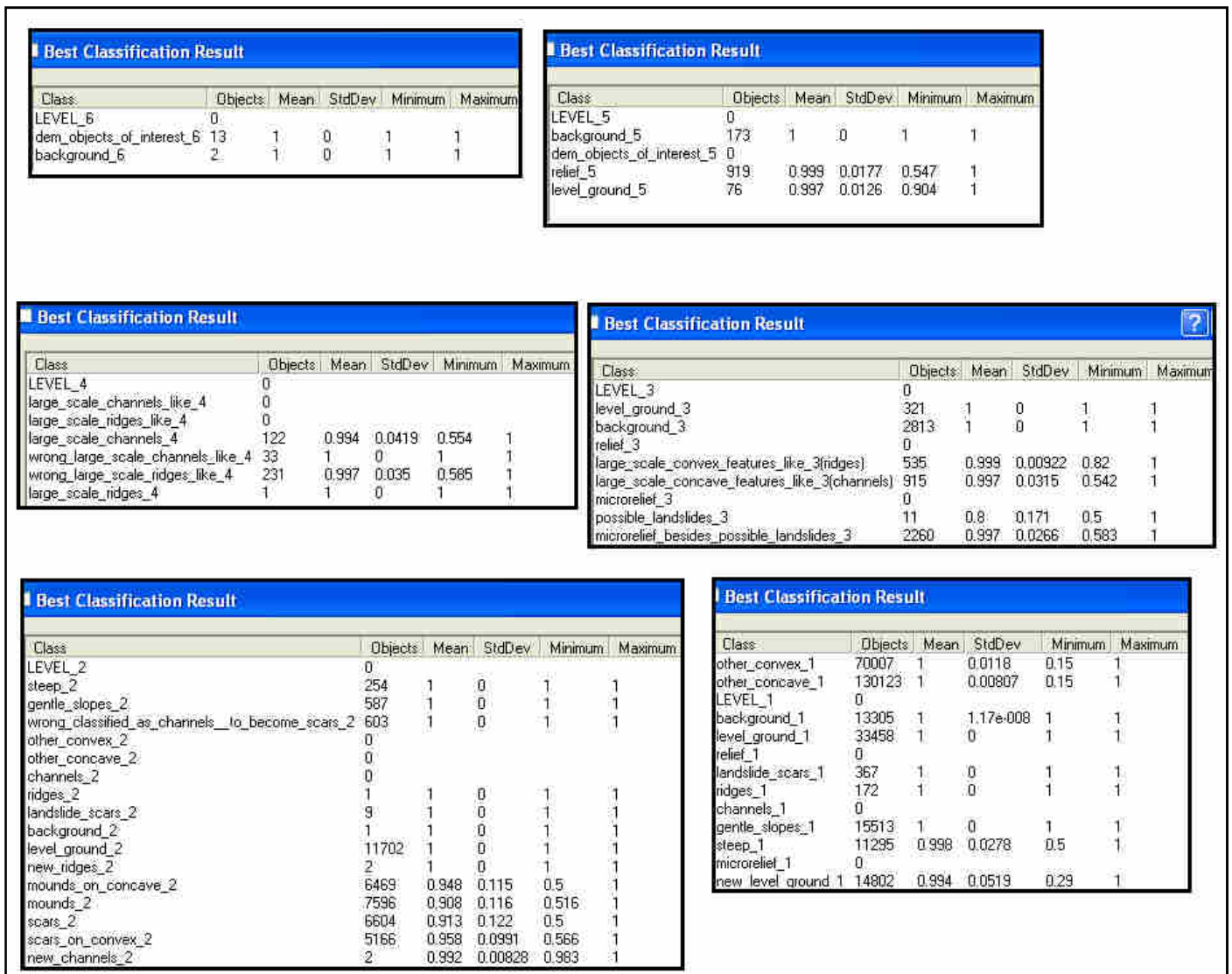
4.1.1 Αξιολόγηση των Ταξινομήσεων Βάσει Αποτελέσματος της Καλύτερης Ταξινόμησης - Best Classification Result

Σαν μέτρο αξιολόγησης της ταξινόμησης στην παρούσα μέθοδο αποτελεί η διερεύνηση των τιμών των βαθμών συμμετοχής σύμφωνα με τις οποίες εκτελέστηκε η ταξινόμηση.

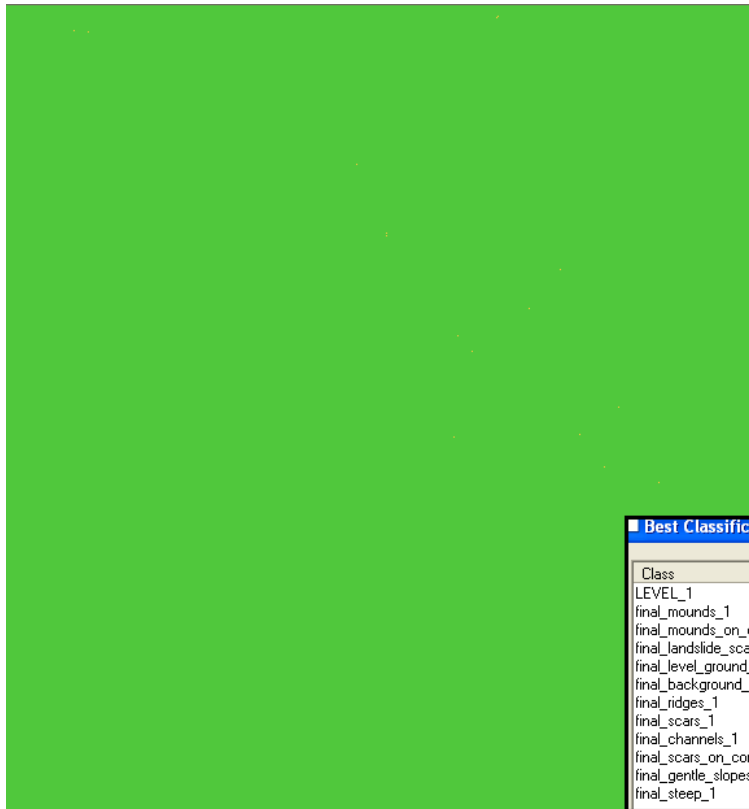
Σαν αποτελέσματα δίνονται στατιστικοί πίνακες καθώς και γραφικές απεικονίσεις με την κλίμακα της Εικόνα 194.

Στους πίνακες η πρώτη στήλη Objects δίνει το σύνολο των αντικειμένων που έχουν ταξινομηθεί στην κλάση, η δεύτερη στήλη Mean το μέσο όρο της διαφοράς ανάμεσα στον πρώτο και δεύτερο βαθμό των βαθμών των συναρτήσεων συμμετοχής των αντικειμένων για την κατηγορία, η τρίτη Mean StdDEV την τυπική απόκλιση, η τέταρτη Minimum παίρνει τιμή διάφορη του 1 αν υπάρχει τουλάχιστον ένα αντικείμενο που έχει ταξινομηθεί με υψηλή αβεβαιότητα στην κατηγορία και η τελευταία στήλη Maximum παίρνει τιμή 1 αν υπάρχει τουλάχιστον ένα αντικείμενο που πληροί 100% τις συνθήκες για να ταξινομηθεί στην κατηγορία που ταξινομήθηκε τελικώς.

Τμήμα του DEM Πίο Αντίρριο first



Εικόνα 195 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος first του dtm Πίο Αντίρριο.



Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_1	0				
final_mounds_1	54489	1	0	1	1
final_mounds_on_concave_1	15263	1	0	1	1
final_landslide_scars_1	367	1	0	1	1
final_level_ground_1	48260	1	0	1	1
final_background_1	13305	1	1.17e-008	1	1
final_ridges_1	427	1	0	1	1
final_scars_1	119606	1	0	1	1
final_channels_1	0				
final_scars_on_convex_1	10883	1	0	1	1
final_gentle_slopes_1	15329	1	0	1	1
final_steep_1	11113	0.999	0.0268	0.5	1

Εικόνα 196 Ο στατιστικός πίνακας αξιολόγησης της επανα-ταξινόμησης του πρώτου επιπέδου του τμήματος first του dtm Ρίο Αντίρριο και γραφική απεικόνιση.

Για το τοπογραφικό-γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό **κανάλια** (κλάσεις final_channels_1, final_steep_1 και final_gentle_slopes_1) το οποίο προκύπτει στην τελική ταξινόμηση μέσω των ταξινομήσεων άλλων επιπέδων και συγκεκριμένα βασίζεται στις κλάσεις:

- dem_objects_of_interest_6,
- relief_5,
- large_scale_concave_features_like_3,
- large_scale_channels_4
- gentle_slopes_1 και steep_1
- gentle_slopes_2 και steep_2
- new_channels_2

είναι:

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 195 εξετάζοντας τις κατηγορίες του επιπέδου 5 έχουν εντοπιστεί 919 αντικείμενα ταξινομημένα ως relief_5 , ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με μέγιστο βαθμό συμμετοχής 1, ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με ελάχιστο βαθμό συμμετοχής ο οποίος για την συγκεκριμένη κατηγορία είναι 0.547 ενώ ο μέσος όρος των βαθμών συμμετοχής όλων των αντικειμένων είναι 0,999 δηλαδή

αρκετά υψηλός με μια τυπική απόκλιση της τάξεως του ± 0.0177 , γεγονός που καθιστά την ταξινόμηση ικανοποιητική. Για το επίπεδο 3 και την κλάση `large_scale_concave_features_like_3` έχουν εντοπιστεί 915 αντικείμενα ταξινομημένα σε αυτήν, ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με μέγιστο βαθμό συμμετοχής 1, ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με ελάχιστο βαθμό συμμετοχής 0.542 ενώ ο μέσος όρος των βαθμών συμμετοχής όλων των αντικειμένων είναι 0,997 επίσης πολύ υψηλός με μια τυπική απόκλιση της τάξεως του ± 0.0315 , η ταξινόμηση θεωρείται ικανοποιητική. Ακολουθώντας στο επίπεδο 4 έχουν εντοπιστεί 122 αντικείμενα ταξινομημένα ως `large_scale_channels_4`, ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με μέγιστο βαθμό συμμετοχής 1, ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με ελάχιστο βαθμό συμμετοχής 0.554, ο μέσος όρος των βαθμών συμμετοχής όλων των αντικειμένων είναι 0,994 δηλαδή αρκετά υψηλός και η τυπική απόκλιση του ± 0.0419 , γεγονός που καθιστά την ταξινόμηση ικανοποιητική. Για τις κλάσεις `gentle_slopes_1`, `gentle_slopes_2` και `steep_2` όλα τα αντικείμενα έχουν ταξινομηθεί σε αυτές με βαθμό συμμετοχής 1. Για την κλάση `steep_1` τουλάχιστον ένα αντικείμενο έχει ταξινομηθεί με ελάχιστο βαθμό 0,5 και τουλάχιστον ένα ταξινομείται με την μέγιστη βεβαιότητα 1, ο μέσος όρος δίνεται επίσης υψηλός με χαμηλή απόκλιση στο $0,998 \pm 0.0278$. Τέλος η κλάση `new_channels_2` έχει 2 αντικείμενα ένα εκ των οποίων έχει ταξινομηθεί με τον μέγιστο βαθμό συμμετοχής 1 και το άλλο με τον ελάχιστο ο οποίος στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 0,983

Για το τοπογραφικό-γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό **κατολισθήσεις** (κλάση `final_landslide_scars_1`), το οποίο προκύπτει στην τελική ταξινόμηση με την «μεταφορά» των αντικειμένων του επιπέδου 3 που είχαν ταξινομηθεί ως `possible_landslides_3`. Από την Εικόνα 195 εξετάζοντας την κατηγορία `possible_landslides_3` στην οποία ταξινομούνται 11 αντικείμενα, ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με μέγιστο βαθμό συμμετοχής 1, ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με ελάχιστο βαθμό συμμετοχής 0.5 ενώ ο μέσος όρος των βαθμών συμμετοχής όλων των αντικειμένων είναι 0,8 δηλαδή αρκετά υψηλός με μια τυπική απόκλιση της τάξεως του ± 0.171 , γεγονός που προβληματίζει ελαφρώς.

Για το τοπογραφικό-γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό **επίπεδο έδαφος** (κλάση `final_level_ground_1`), το οποίο προκύπτει στην τελική ταξινόμηση μέσω των ταξινομήσεων άλλων επιπέδων και συγκεκριμένα βασίζεται στις κλάσεις:

- `dem_objects_of_interest_6`,
- `level_ground_5`
- `new_level_ground_1`

είναι:

Από την Εικόνα 195 εξετάζοντας την κατηγορία `level_ground_5` στην οποία ταξινομούνται 76 αντικείμενα, ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με μέγιστο βαθμό συμμετοχής 1, ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με ελάχιστο βαθμό συμμετοχής 0.904 αρκετά υψηλό ενώ ο μέσος όρος των βαθμών συμμετοχής όλων των αντικειμένων είναι 0,997 δηλαδή αρκετά υψηλός με μια τυπική απόκλιση της τάξεως του ± 0.0126 , γεγονός που καθιστά την ταξινόμηση ικανοποιητική. Για την κλάση

new_level_ground_1 έχουν εντοπιστεί 14802 αντικείμενα ταξινομημένα σε αυτήν, ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με μέγιστο βαθμό συμμετοχής 1, ένα τουλάχιστον από αυτά έχει ταξινομηθεί με ελάχιστο βαθμό συμμετοχής 0.29 ο οποίος θεωρείται πολύ χαμηλός αλλά δεν προβληματίζει και δεν επηρεάζει την ακρίβεια της ταξινόμησης καθώς ο μέσος όρος παραμένει υψηλός στο 0.994 με ± 0.0519 .

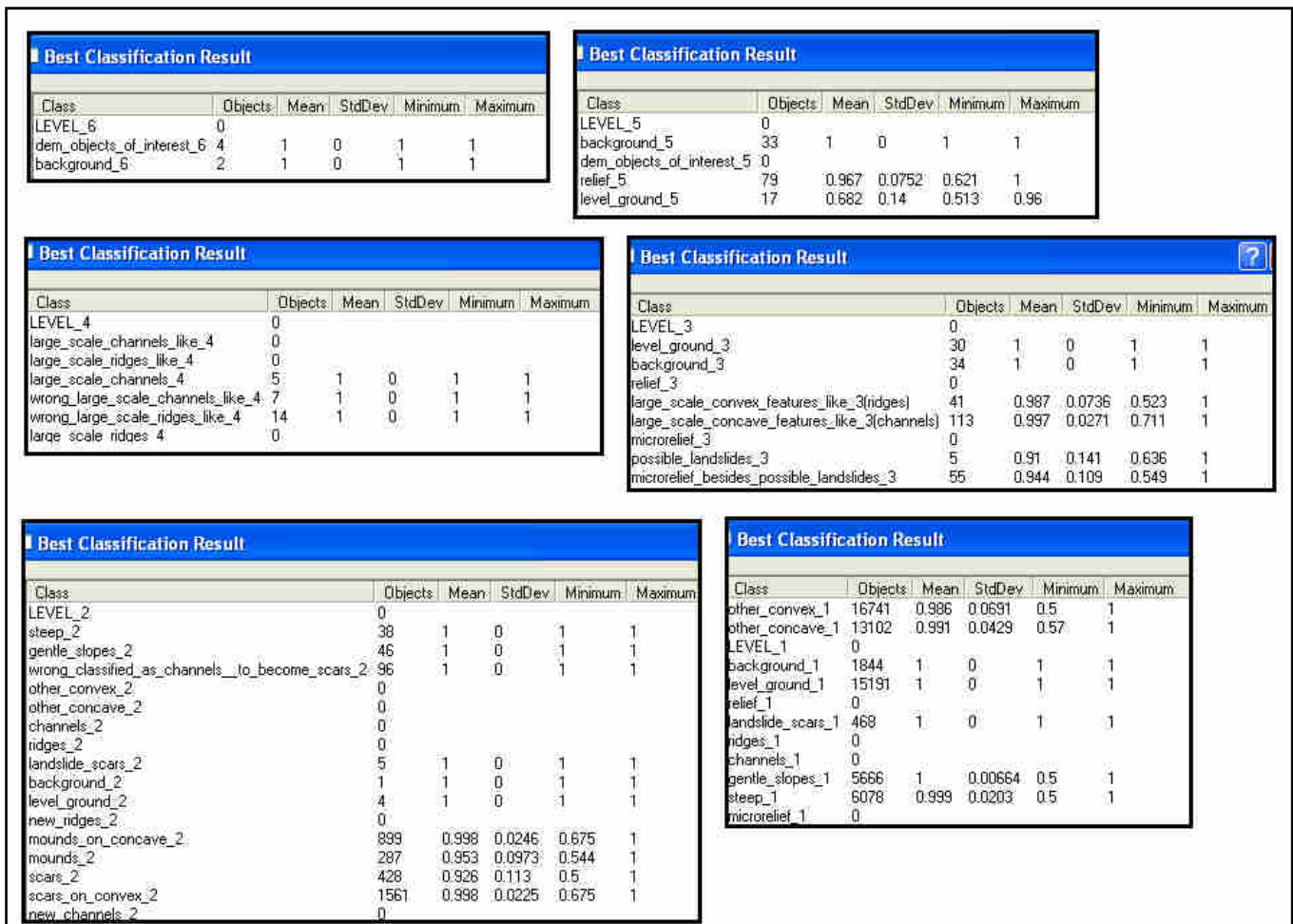
Η αξιολόγηση της ταξινόμησης στο τμήμα first του dtm Ρίο Αντίρριο συνεχίζεται με τον ίδιο τρόπο για τις κατηγορίες **ράχες**, **κοίλοι μη επιμήκεις σχηματισμοί** και **ουλές** οι οποίοι αντιστοιχούν στις κλάσεις final_ridges_1, final_mounds_1 και scars_1 λαμβάνοντας υπόψη ότι ο τελικός σχηματισμός των κατηγοριών αυτών βασίστηκε σε κλάσεις άλλων επιπέδων βλ. Πίνακας 11

ΤΕΛΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΛΛΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ
final_ridges_1	relief_5, large_scale_convex_features_3, large_scale_ridges_4, ridges_1, new_ridges_1
final_mounds_1	mounds_2
scars_1	scars_2, wrong_classified_as_channels_to_become_scars_2

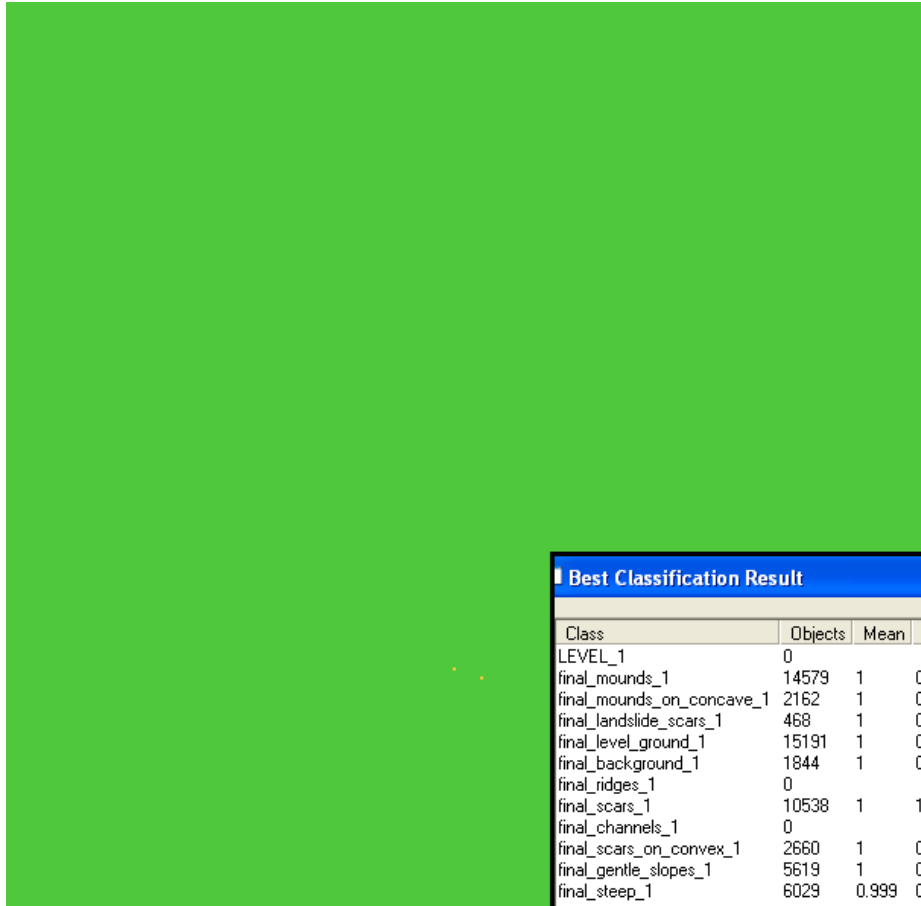
Πίνακας 11 Συμμετοχή κλάσεων άλλων επιπέδων για το σχηματισμό των τελικών κατηγοριών.

Επιθεωρώντας τους στατιστικούς πίνακες των κλάσεων της δεξιάς στήλης δεν παρατηρείται κάποιο ιδιαίτερο σφάλμα στην ταξινόμηση, συνεπώς η ταξινόμηση θεωρείται αξιόπιστη για όλες τις κλάσεις.

Τμήμα του dtm Ρίο Αντίρριο second:



Εικόνα 197 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος second του dtm Ρίο Αντίρριο.



Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_1	0				
final_mounds_1	14579	1	0	1	1
final_mounds_on_concave_1	2162	1	0	1	1
final_landslide_scars_1	468	1	0	1	1
final_level_ground_1	15191	1	0	1	1
final_background_1	1844	1	0	1	1
final_ridges_1	0				
final_scars_1	10538	1	1.31e-008	1	1
final_channels_1	0				
final_scars_on_convex_1	2660	1	0	1	1
final_gentle_slopes_1	5619	1	0.00667	0.5	1
final_steep_1	6029	0.999	0.0182	0.5	1

Εικόνα 198 Ο στατιστικός πίνακας αξιολόγησης της επανα-ταξινόμησης του πρώτου επιπέδου του τμήματος second του dtm Ρίο Αντίρριο και γραφική απεικόνιση.

Με όμοιο με την προηγούμενη ενότητα τρόπο, επιθεωρούνται και οι ταξινομήσεις του project second χωρίς να παρουσιάζεται κάποιο στοιχείο που να προβληματίζει έντονα.

Μόνο για το επίπεδο έδαφος κατά την ταξινόμηση της κλάσης level_ground_5 παρουσιάζεται σχετικά χαμηλός μέσος όρος τιμών συμμετοχής 0.682 ± 0.14 , αλλά επειδή η ελάχιστη τιμή συμμετοχής αντικειμένου στην κατηγορία είναι 0.513 πάνω από το 0.5 δεν επηρεάζει πολύ την ορθότητα της ταξινόμησης.

Τμήμα του dtm Άνδρος-Εύβοια third:

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_6	0				
dem_objects_of_interest_6	4	1	0	1	1
background_6	2	1	0	1	1

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_5	0				
background_5	34	1	0	1	1
dem_objects_of_interest_5	0				
relief_5	63	1	0	1	1
level_ground_5	9	0.998	0.00434	0.986	1

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_4	0				
large_scale_channels_like_4	0				
large_scale_ridges_like_4	0				
large_scale_channels_4	2	0.949	0.0511	0.898	1
wrong_large_scale_channels_like_4	10	1	0	1	1
wrong_large_scale_ridges_like_4	15	1	0	1	1
large_scale_ridges_4	1	1	0	1	1

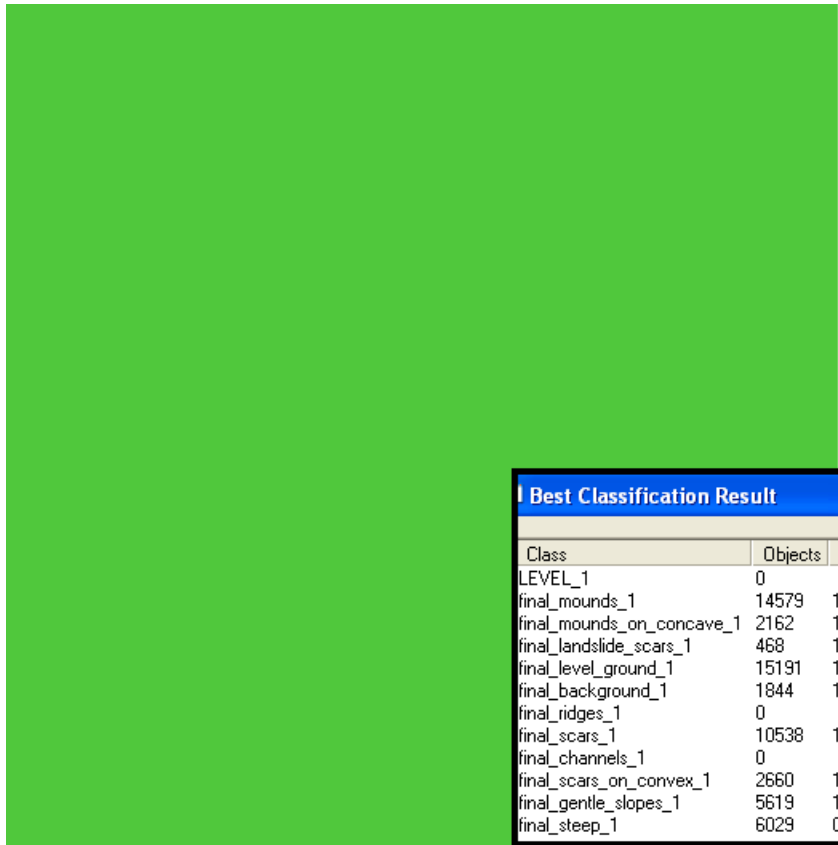
Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_3	0				
level_ground_3	30	1	0	1	1
background_3	692	1	0	1	1
relief_3	0				
large_scale_convex_features_like_3(ridges)	68	0.999	0.00583	0.952	1
large_scale_concave_features_like_3(channels)	118	0.998	0.0184	0.847	1
microrelief_3	0				
possible_landslides_3	1	0.98	0	0.98	0.98
microrelief_besides_possible_landslides_3	142	0.996	0.0351	0.598	1

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_2	0				
steep_2	4	1	0	1	1
gentle_slopes_2	44	1	0	1	1
wrong_classified_as_channels_to_become_scars_2	0				
other_convex_2	0				
other_concave_2	0				
channels_2	0				
ridges_2	1	1	0	1	1
landslide_scars_2	1	1	0	1	1
background_2	1	1	0	1	1
level_ground_2	580	1	0	1	1
new_ridges_2	0				
mounds_on_concave_2	199	0.962	0.101	0.5	1
mounds_2	184	0.908	0.116	0.617	1
scars_2	217	0.899	0.121	0.5	1
scars_on_convex_2	171	0.963	0.0969	0.675	1
new_channels_2	1	1	0	1	1

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
other_convex_1	6104	1	0.0136	0.15	1
other_concave_1	9810	1	0	1	1
LEVEL_1	0				
background_1	4100	1	0	1	1
level_ground_1	2579	1	0	1	1
relief_1	0				
landslide_scars_1	37	1	0	1	1
ridges_1	46	1	0	1	1
channels_1	0				
gentle_slopes_1	313	1	0	1	1
steep_1	505	1	0	1	1
microrelief_1	0				
new_level_ground_1	828	0.989	0.0698	0.5	1

Εικόνα 199 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος third του dtm Άνδρος-Εύβοια.

Με όμοιο με την προηγούμενη ενότητα τρόπο, επιθεωρούνται και οι ταξινομήσεις του project third χωρίς να παρουσιάζεται κάποιο στοιχείο που να προβληματίζει έντονα.



Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_1	0				
final_mounds_1	14579	1	0	1	1
final_mounds_on_concave_1	2162	1	0	1	1
final_landslide_scars_1	468	1	0	1	1
final_level_ground_1	15191	1	0	1	1
final_background_1	1844	1	0	1	1
final_ridges_1	0				
final_scars_1	10538	1	1.31e-008	1	1
final_channels_1	0				
final_scars_on_convex_1	2660	1	0	1	1
final_gentle_slopes_1	5619	1	0.00667	0.5	1
final_steep_1	6029	0.999	0.0182	0.5	1

Εικόνα 200 Ο στατιστικός πίνακας αξιολόγησης της επαναταξινόμησης του πρώτου επιπέδου του τμήματος third του dtm Άνδρος-Εύβοια και γραφική απεικόνιση.

Τμήμα του dtm Άνδρος-Εύβοια fourth:

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_6	0				
dem_objects_of_interest_6	1	1	0	1	1
background_6	4	1	0	1	1

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_5	0				
background_5	9	1	0	1	1
dem_objects_of_interest_5	0				
relief_5	123	0.996	0.0449	0.5	1
level_ground_5	11	1	0	1	1

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_4	0				
large_scale_channels_like_4	0				
large_scale_ridges_like_4	0				
large_scale_channels_4	2	0.925	0.075	0.85	1
wrong_large_scale_channels_like_4	12	0.999	0.00207	0.993	1
wrong_large_scale_ridges_like_4	45	1	3.35e-005	1	1
large scale ridges_4	8	0.983	0.0212	0.943	1

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_3	0				
level_ground_3	46	1	0	1	1
background_3	622	1	0	1	1
relief_3	0				
large_scale_convex_features_like_3(ridges)	146	1	0	1	1
large_scale_concave_features_like_3(channels)	30	1	0	1	1
microrelief_3	0				
possible_landslides_3	0				
microrelief_besides_possible_landslides_3	271	0.997	0.0316	0.6	1

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_2	0				
steep_2	5	1	0	1	1
gentle_slopes_2	45	1	0	1	1
wrong_classified_as_channels_to_become_scars_2	0				
other_convex_2	0				
other_concave_2	0				
channels_2	0				
ridges_2	8	1	0	1	1
landslide_scars_2	0				
background_2	3969	1	0	1	1
level_ground_2	1514	1	0	1	1
new_ridges_2	0				
mounds_on_concave_2	264	0.924	0.138	0.5	1
mounds_2	615	0.938	0.102	0.544	1
scars_2	518	0.915	0.117	0.5	1
scars_on_convex_2	301	0.951	0.109	0.516	1
new_channels_2	1	1	0	1	1

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
other_convex_1	8877	1	0.0138	0.15	1
other_concave_1	11880	1	0.0133	0.15	1
LEVEL_1	0				
background_1	3969	1	0	1	1
level_ground_1	3617	1	0	1	1
relief_1	0				
landslide_scars_1	0				
ridges_1	3765	1	0	1	1
channels_1	0				
gentle_slopes_1	275	1	0	1	1
steep_1	369	1	0	1	1
microrelief_1	0				
new_level_ground_1	1860	0.99	0.0688	0.35	1

Εικόνα 201 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος fourth του dtm Άνδρος-Εύβοια.

Με όμοιο με τις προηγούμενες ενότητες τρόπο, επιθεωρούνται και οι ταξινομήσεις του project fourth χωρίς να παρουσιάζεται κάποιο στοιχείο που να προβληματίζει έντονα.



Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_1	0				
final_mounds_1	9407	1	0	1	1
final_mounds_on_concave_1	782	1	0	1	1
final_landslide_scars_1	0				
final_level_ground_1	5076	1	0	1	1
final_background_1	3969	1	0	1	1
final_ridges_1	2435	1	0	1	1
final_scars_1	11575	1	0	1	1
final_channels_1	0				
final_scars_on_convex_1	648	1	0	1	1
final_gentle_slopes_1	350	1	0	1	1
final_steep_1	370	1	0	1	1

Εικόνα 202 Ο στατιστικός πίνακας αξιολόγησης της επαναταξινόμησης του πρώτου επιπέδου του τμήματος fourth του dtm Άνδρος-Εύβοια και γραφική απεικόνιση.

Τμήμα του dtm Άνδρος-Εύβοια fifth:

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_6	0				
dem_objects_of_interest_6	7	1	0	1	1
background_6	4	1	0	1	1

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_5	0				
background_5	199	1	0	1	1
dem_objects_of_interest_5	0				
relief_5	169	1	0	1	1
evel_ground_5	8	0.946	0.144	0.565	1

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_4	0				
large_scale_channels_like_4	0				
large_scale_ridges_like_4	0				
large_scale_channels_4	6	1	0	1	1
wrong_large_scale_channels_like_4	20	1	0	1	1
wrong_large_scale_ridges_like_4	15	1	0	1	1
large_scale_ridges_4	0				

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_3	0				
level_ground_3	35	1	0	1	1
background_3	950	1	0	1	1
relief_3	0				
large_scale_convex_features_like_3(ridges)	87	0.999	0.0127	0.881	1
large_scale_concave_features_like_3(channels)	529	0.999	0.0191	0.59	1
microrelief_3	0				
possible_landslides_3	41	0.956	0.0841	0.56	1
microrelief_besides_possible_landslides_3	321	0.989	0.0553	0.52	1

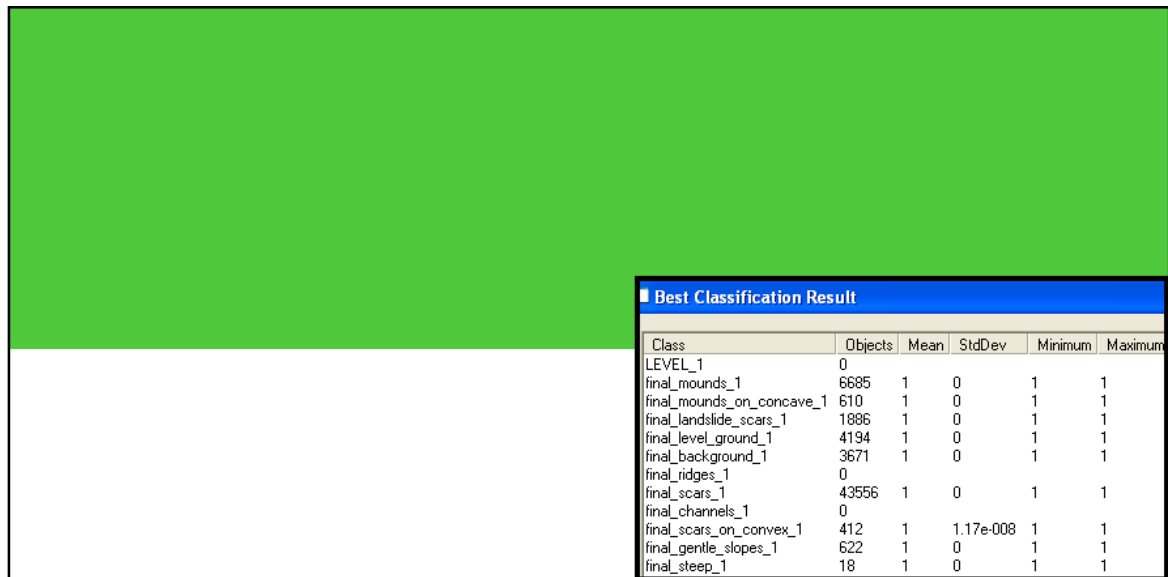
Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_2	0				
steep_2	5	1	0	1	1
gentle_slopes_2	11	1	0	1	1
wrong_classified_as_channels__to_become_scars_2	0				
other_convex_2	0				
other_concave_2	0				
channels_2	0				
ridges_2	0				
landslide_scars_2	40	1	0	1	1
background_2	2	1	0	1	1
level_ground_2	1109	1	0	1	1
new_ridges_2	0				
mounds_on_concave_2	281	0.944	0.121	0.5	1
mounds_2	352	0.905	0.116	0.575	1
scars_2	424	0.922	0.116	0.5	1
scars_on_convex_2	259	0.958	0.0983	0.675	1
new_channels_2	0				

Best Classification Result					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
other_convex_1	7295	1	0.0142	0.15	1
other_concave_1	43968	1	0.0059	0.15	1
LEVEL_1	0				
background_1	3671	1	0	1	1
level_ground_1	2594	1	0	1	1
relief_1	0				
landslide_scars_1	1886	1	0	1	1
ridges_1	0				
channels_1	0				
gentle_slopes_1	622	1	0	1	1
steep_1	18	1	0	1	1
microrelief_1	0				
new_level_ground_1	1600	0.988	0.0763	0.29	1

Εικόνα 203 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος fifth του dtm Άνδρος-Εύβοια.

Με όμοιο με τις προηγούμενες ενότητες τρόπο, επιθεωρούνται και οι ταξινομήσεις του project fifth χωρίς να παρουσιάζεται κάποιο στοιχείο που να προβληματίζει έντονα.

Μόνο για το επίπεδο έδαφος κατά την ταξινόμηση της κλάσης new_level_ground_1 παρουσιάζεται τουλάχιστον ένα αντικείμενο με πολύ χαμηλό βαθμό συμμετοχής 0.29 αλλά επειδή ο μέσος όρος παραμένει υψηλός με τυπική απόκλιση χαμηλή 0.988 ± 0.0763 δεν επηρεάζει σημαντικά την ορθότητα της ταξινόμησης.



Εικόνα 204 Ο στατιστικός πίνακας αξιολόγησης της επανα-ταξινόμησης του πρώτου επιπέδου του τμήματος fifth του dtm Άνδρος-Εύβοια και γραφική απεικόνιση.

4.1.2 Μέθοδος της Σταθερότητας Ταξινόμησης-Classification Stability

Σαν μέτρο αξιολόγησης της ταξινόμησης στην παρούσα μέθοδο χρησιμοποιείται η διαφορά των τιμών των βαθμών συμμετοχής ανάμεσα στον υψηλότερο και χαμηλότερο βαθμό συμμετοχής των αντικειμένων στην εκάστοτε κλάση προκειμένου να αναδειχθεί ενδεχομένη σύγχυση στον ορισμό των κατηγοριών.

Σαν αποτελέσματα δίνονται στατιστικοί πίνακες καθώς και γραφικές απεικονίσεις με την κλίμακα της Εικόνα 194.

Στους στατιστικούς πίνακες η πρώτη στήλη Objects δίνει το σύνολο των αντικειμένων που έχουν ταξινομηθεί στην κλάση, η δεύτερη στήλη Mean το μέσο όρο της διαφοράς ανάμεσα στον πρώτο και δεύτερο βαθμό των βαθμών συμμετοχής των αντικειμένων για την κατηγορία, η τρίτη Mean StdDEV την τυπική απόκλιση, η τέταρτη Minimum παίρνει τιμή την διαφορά των βαθμών των συναρτήσεων συμμετοχής σε περίπτωση αντικειμένου το οποίο παίρνει σχετικά υψηλούς βαθμούς συμμετοχής σε δυο κατηγορίες αλλά έχει ταξινομηθεί στην υπό εξέταση. Η τελευταία στήλη Maximum παίρνει τιμή 1 αν υπάρχει τουλάχιστον ένα αντικείμενο που να έχει ταξινομηθεί με το μέγιστο βαθμό συμμετοχής 1.

Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_6	0				
dem_objects_of_interest_6	13	1	0	1	1
background_6	2	1	0	1	1

Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_5	0				
background_5	173	1	0	1	1
dem_objects_of_interest_5	0				
relief_5	919	0.998	0.0352	0.0941	1
level_ground_5	76	0.997	0.0126	0.904	1

Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_4	0				
large_scale_channels_like_4	0				
large_scale_ridges_like_4	0				
large_scale_channels_4	122	0.99	0.0828	0.109	1
wrong_large_scale_channels_like_4	33	1	0	1	1
wrong_large_scale_ridges_like_4	231	0.993	0.0701	0.17	1
large_scale_ridges_4	1	1	0	1	1

Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_3	0				
level_ground_3	321	1	0	1	1
background_3	2813	1	0	1	1
relief_3	0				
large_scale_convex_features_like_3(ridges)	535	0.999	0.0163	0.639	1
large_scale_concave_features_like_3(channels)	915	0.994	0.0629	0.084	1
microrelief_3	0				
possible_landslides_3	11	0.611	0.35	0	1
microrelief_besides_possible_landslides_3	2260	0.994	0.0527	0.165	1

Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_2	0				
steep_2	254	1	0	1	1
gentle_slopes_2	587	1	0	1	1
wrong_classified_as_channels_to_become_scars_2	603	1	0	1	1
other_convex_2	0				
other_concave_2	0				
channels_2	0				
ridges_2	1	1	0	1	1
landslide_scars_2	9	1	0	1	1
background_2	1	1	0	1	1
level_ground_2	11702	1	0	1	1
new_ridges_2	2	1	0	1	1
mounds_on_concave_2	6469	0.9	0.23	0	1
mounds_2	7596	0.82	0.234	0.0328	1
scars_2	6604	0.829	0.245	0	1
scars_on_convex_2	5166	0.919	0.198	0.131	1
new_channels_2	2	0.992	0.00828	0.983	1

Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
other_convex_1	70007	1	0.0138	0	1
other_concave_1	130123	1	0.0093	0	1
LEVEL_1	0				
background_1	13305	1	1.17e-008	1	1
level_ground_1	33458	0.896	0.304	0	1
relief_1	0				
landslide_scars_1	367	0.986	0.116	0	1
ridges_1	172	0.869	0.331	0	1
channels_1	0				
gentle_slopes_1	15513	0.997	0.0501	0	1
steep_1	11295	0.998	0.0278	0.5	1
microrelief_1	0				
new_level_ground_1	14802	0.994	0.0519	0.29	1

Εικόνα 205 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος first του dtm Πίο Αντίρριο.

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_6	0				
dem_objects_of_interest_6	4	1	0	1	1
background_6	2	1	0	1	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_5	0				
background_5	33	1	0	1	1
dem_objects_of_interest_5	0				
relief_5	79	0.94	0.15	0.243	1
level_ground_5	17	0.371	0.291	0.0261	0.96

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_4	0				
large_scale_channels_like_4	0				
large_scale_ridges_like_4	0				
large_scale_channels_4	5	1	0	1	1
wrong_large_scale_channels_like_4	7	1	0	1	1
wrong_large_scale_ridges_like_4	14	1	0	1	1
large_scale_ridges_4	0				

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_3	0				
level_ground_3	30	1	0	1	1
background_3	34	1	0	1	1
relief_3	0				
large_scale_convex_features_like_3(ridges)	41	0.975	0.147	0.0459	1
large_scale_concave_features_like_3(channels)	113	0.995	0.0541	0.422	1
microrelief_3	0				
possible_landslides_3	5	0.838	0.285	0.272	1
microrelief_besides_possible_landslides_3	55	0.839	0.218	0.0986	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_2	0				
steep_2	38	1	0	1	1
gentle_slopes_2	46	1	0	1	1
wrong_classified_as_channels_to_become_scars_2	96	1	0	1	1
other_convex_2	0				
other_concave_2	0				
channels_2	0				
ridges_2	0				
landslide_scars_2	5	1	0	1	1
background_2	1	1	0	1	1
level_ground_2	4	1	0	1	1
new_ridges_2	0				
mounds_on_concave_2	899	0.995	0.0491	0.35	1
mounds_2	287	0.909	0.195	0.0875	1
scars_2	428	0.856	0.227	0	1
scars_on_convex_2	1561	0.997	0.0446	0.35	1
new_channels_2	0				

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
other_convex_1	16741	0.973	0.138	0	1
other_concave_1	13102	0.984	0.085	0.14	1
LEVEL_1	0				
background_1	1844	1	0	1	1
level_ground_1	15191	1	0	1	1
relief_1	0				
landslide_scars_1	468	1	0	1	1
ridges_1	0				
channels_1	0				
gentle_slopes_1	5666	1	0.00664	0.5	1
steep_1	6078	0.999	0.0203	0.5	1
microrelief_1	0				

Εικόνα 206 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος second του dtm Ρίο Αντίρριο.

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_6	0				
dem_objects_of_interest_6	4	1	0	1	1
background_6	2	1	0	1	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_5	0				
background_5	34	1	0	1	1
dem_objects_of_interest_5	0				
relief_5	63	1	0	1	1
level_ground_5	9	0.998	0.00434	0.986	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_4	0				
large_scale_channels_like_4	0				
large_scale_ridges_like_4	0				
large_scale_channels_4	2	0.898	0.102	0.796	1
wrong_large_scale_channels_like_4	10	1	0	1	1
wrong_large_scale_ridges_like_4	15	1	0	1	1
large_scale_ridges_4	1	1	0	1	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_3	0				
level_ground_3	30	1	0	1	1
background_3	692	1	0	1	1
relief_3	0				
large_scale_convex_features_like_3(ridges)	68	0.999	0.00583	0.952	1
large_scale_concave_features_like_3(channels)	118	0.995	0.0368	0.694	1
microrelief_3	0				
possible_landslides_3	1	0.98	0	0.98	0.98
microrelief_besides_possible_landslides_3	142	0.993	0.0679	0.196	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_2	0				
steep_2	4	1	0	1	1
gentle_slopes_2	44	1	0	1	1
wrong_classified_as_channels_to_become_scars_2	0				
other_convex_2	0				
other_concave_2	0				
channels_2	0				
ridges_2	1	1	0	1	1
landslide_scars_2	1	1	0	1	1
background_2	1	1	0	1	1
level_ground_2	580	1	0	1	1
new_ridges_2	0				
mounds_on_concave_2	199	0.924	0.201	0	1
mounds_2	184	0.819	0.234	0.233	1
scars_2	217	0.8	0.243	0	1
scars_on_convex_2	171	0.927	0.193	0.35	1
new_channels_2	1	1	0	1	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
other_convex_1	6104	1	0.0152	0	1
other_concave_1	9810	1	0	1	1
LEVEL_1	0				
background_1	4100	1	0	1	1
level_ground_1	2579	0.82	0.382	0	1
relief_1	0				
landslide_scars_1	37	0.973	0.162	0	1
ridges_1	46	0.957	0.204	0	1
channels_1	0				
gentle_slopes_1	313	1	0	1	1
steep_1	505	1	0	1	1
microrelief_1	0				
new_level_ground_1	828	0.989	0.0698	0.5	1

Εικόνα 207 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος third του dtm Ανδρος-Εύβοια.

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_6	0				
dem_objects_of_interest_6	4	1	0	1	1
background_6	2	1	0	1	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_5	0				
background_5	34	1	0	1	1
dem_objects_of_interest_5	0				
relief_5	63	1	0	1	1
level_ground_5	9	0.998	0.00434	0.986	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_4	0				
large_scale_channels_like_4	0				
large_scale_ridges_like_4	0				
large_scale_channels_4	2	0.898	0.102	0.796	1
wrong_large_scale_channels_like_4	10	1	0	1	1
wrong_large_scale_ridges_like_4	15	1	0	1	1
large_scale_ridges_4	1	1	0	1	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_3	0				
level_ground_3	30	1	0	1	1
background_3	692	1	0	1	1
relief_3	0				
large_scale_convex_features_like_3(ridges)	68	0.999	0.00583	0.952	1
large_scale_concave_features_like_3(channels)	118	0.995	0.0368	0.694	1
microrelief_3	0				
possible_landslides_3	1	0.98	0	0.98	0.98
microrelief_besides_possible_landslides_3	142	0.993	0.0679	0.196	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_2	0				
steep_2	4	1	0	1	1
gentle_slopes_2	44	1	0	1	1
wrong_classified_as_channels__to_become_scars_2	0				
other_convex_2	0				
other_concave_2	0				
channels_2	0				
ridges_2	1	1	0	1	1
landslide_scars_2	1	1	0	1	1
background_2	1	1	0	1	1
level_ground_2	580	1	0	1	1
new_ridges_2	0				
mounds_on_concave_2	199	0.924	0.201	0	1
mounds_2	184	0.819	0.234	0.233	1
scars_2	217	0.8	0.243	0	1
scars_on_convex_2	171	0.927	0.193	0.35	1
new_channels_2	1	1	0	1	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
other_convex_1	6104	1	0.0152	0	1
other_concave_1	9810	1	0	1	1
LEVEL_1	0				
background_1	4100	1	0	1	1
level_ground_1	2579	0.82	0.382	0	1
relief_1	0				
landslide_scars_1	37	0.973	0.162	0	1
ridges_1	46	0.957	0.204	0	1
channels_1	0				
gentle_slopes_1	313	1	0	1	1
steep_1	505	1	0	1	1
microrelief_1	0				
new_level_ground_1	828	0.989	0.0698	0.5	1

Εικόνα 208 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος fourth του dtm Άνδρος-Εύβοια.

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_6	0				
dem_objects_of_interest_6	7	1	0	1	1
background_6	4	1	0	1	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_5	0				
background_5	199	1	0	1	1
dem_objects_of_interest_5	0				
relief_5	169	1	0	1	1
level_ground_5	9	0.891	0.288	0.13	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_4	0				
large_scale_channels_like_4	0				
large_scale_ridges_like_4	0				
large_scale_channels_4	6	1	0	1	1
wrong_large_scale_channels_like_4	20	1	0	1	1
wrong_large_scale_ridges_like_4	15	1	0	1	1
large_scale_ridges_4	0				

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_3	0				
level_ground_3	35	1	0	1	1
background_3	950	1	0	1	1
relief_3	0				
large_scale_convex_features_like_3(ridges)	87	0.997	0.0254	0.762	1
large_scale_concave_features_like_3(channels)	529	0.998	0.0377	0.18	1
microrelief_3	0				
possible_landslides_2	41	0.923	0.168	0.12	1
microrelief_besides_possible_landslides_3	321	0.979	0.11	0.0396	1

Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
LEVEL_2	0				
steep_2	5	1	0	1	1
gentle_slopes_2	11	1	0	1	1
wrong_classified_as_channels_to_become_scars_2	0				
other_convex_2	0				
other_concave_2	0				
channels_2	0				
ridges_2	0				
landslide_scars_2	40	1	0	1	1
background_2	2	1	0	1	1
level_ground_2	1109	1	0	1	1
new_ridges_2	0				
mounds_on_concave_2	281	0.89	0.242	0	1
mounds_2	352	0.815	0.234	0.15	1
scars_2	424	0.846	0.233	0	1
scars_on_convex_2	259	0.917	0.196	0.35	1
new_channels_2	0				

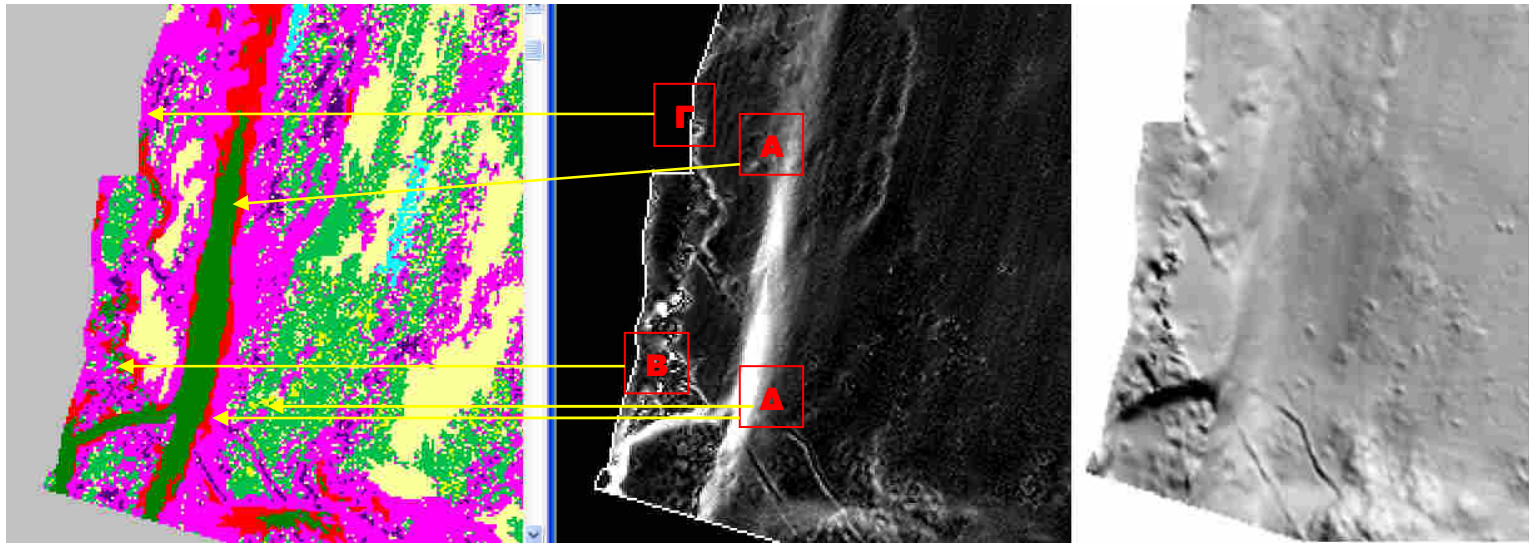
Classification Stability					
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maximum
other_convex_1	7295	1	0.0166	0	1
other_concave_1	43968	1	0.00688	0	1
LEVEL_1	0				
background_1	3671	1	0	1	1
level_ground_1	2594	0.857	0.349	0	1
relief_1	0				
landslide_scars_1	1886	0.997	0.0563	0	1
ridges_1	0				
channels_1	0				
gentle_slopes_1	622	1	0	1	1
steep_1	18	1	0	1	1
microrelief_1	0				
new_level_ground_1	1600	0.988	0.0763	0.29	1

Εικόνα 209 Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης των ταξινομήσεων όλων των επιπέδων του τμήματος fifth του dtm Ανδρος-Εύβοια.

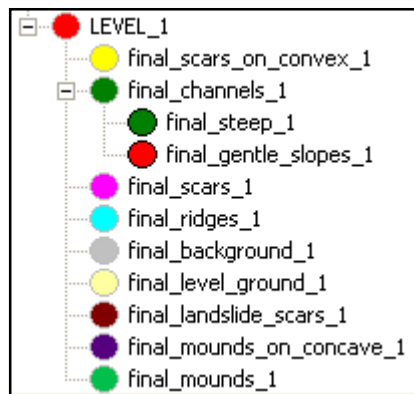
Παρατηρώντας τους στατιστικούς πίνακες παρατηρείται σύγχυση συνήθως στις κλάσεις `large_scale_concave_features_like_3`, `large_scale_convex_features_like_3`, `new_channels_2` και `steep_1` που εμφανίζεται με υψηλές τιμές στη στήλη `minimum`. Ωστόσο οι τιμές των μέσων όρων-στήλη `mean`- είναι υψηλές οπότε ο ορισμός των κλάσεων καθώς και η ταξινόμηση κρίνονται αξιόπιστες.

4.2 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο στάδιο αυτό της εργασίας κρίνεται απαραίτητο να συγκριθούν τα αποτελέσματα της ταξινόμησης με δεδομένα τα οποία να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα προκειμένου να αποδειχθεί η ορθότητα των αποτελεσμάτων. Δεδομένου της έλλειψης διανυσματικών δεδομένων τα οποία να περιγράφουν ολόκληρες τις επιφάνειες των υπό μελέτη ψηφιακών μοντέλων εδάφους θα χρησιμοποιηθούν για οπτική σύγκριση κομμάτια των δοσμένων τεχνητά φωτισμένων απεικονίσεων (`shaded relief`) καθώς και πληροφορίες που παραχωρήθηκαν από την εταιρεία `akti engineering`.

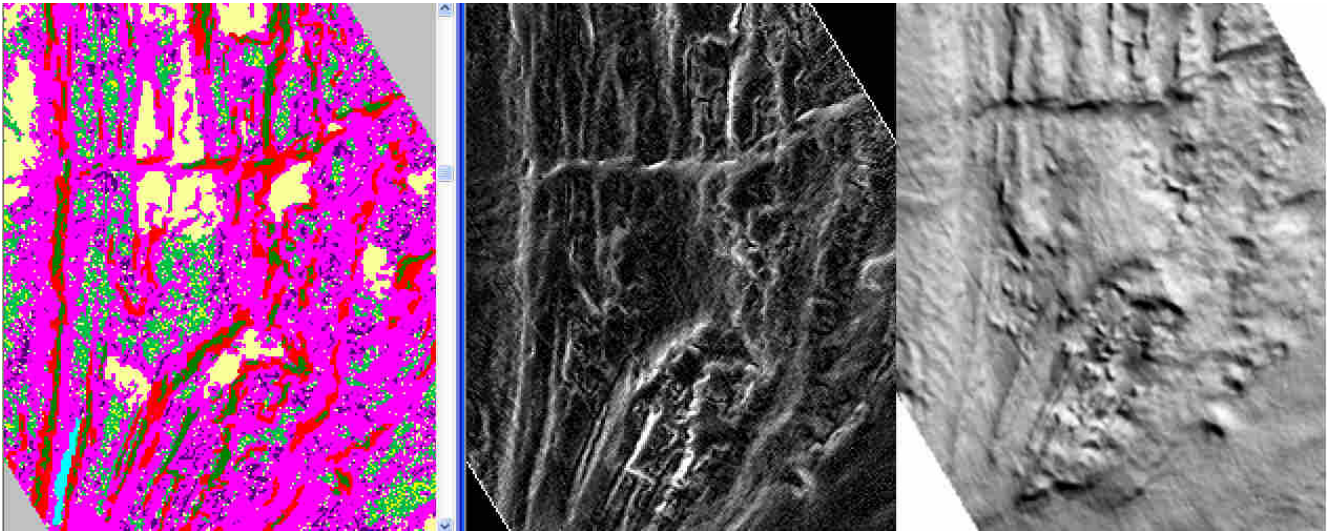


Εικόνα 210 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του first, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. **Παραχώρηση shaded relief: akti engineering**



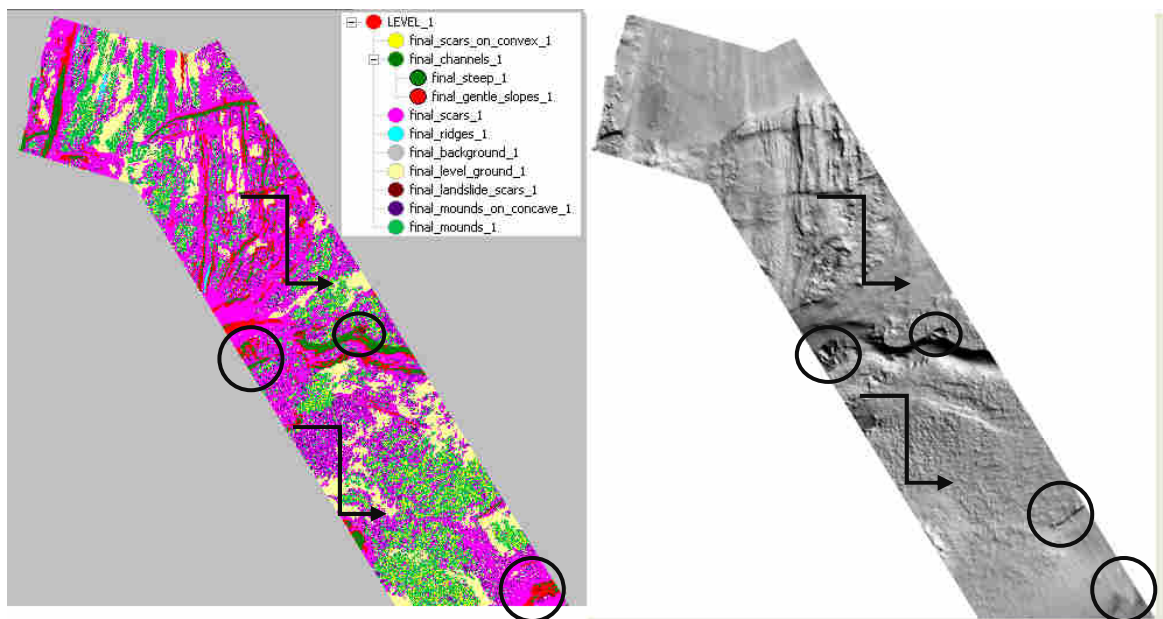
Υπόμνημα 1

Στην Εικόνα 210 παρουσιάζεται τμήμα του first με την τελική ταξινόμηση, με εφαρμογή του δείκτη θετικό oropness (MPI) και σε shaded relief. σύμφωνα με το Υπόμνημα 1 εμφανίζεται στις περιοχές A,B,Γ κανάλι το οποίο επιβεβαιώνεται και από τις υπόλοιπες 2 απεικονίσεις στις οποίες εμφανίζονται σχηματισμοί που προσομοιάζουν με κανάλι, ενώ στην περιοχή Δ παρουσιάζονται δυο επιμήκεις στενοί σχηματισμοί οι οποίοι έχουν ορθώς ταξινομηθεί σαν κανάλια. Στην υπόλοιπη απεικόνιση παρατηρούνται ταξινομημένοι μικροσχηματισμοί όπως final mounds 1, final scars 1 κτλ οι οποίοι εντοπίζονται και επιβεβαιώνονται από τις άλλες δυο απεικονίσεις.



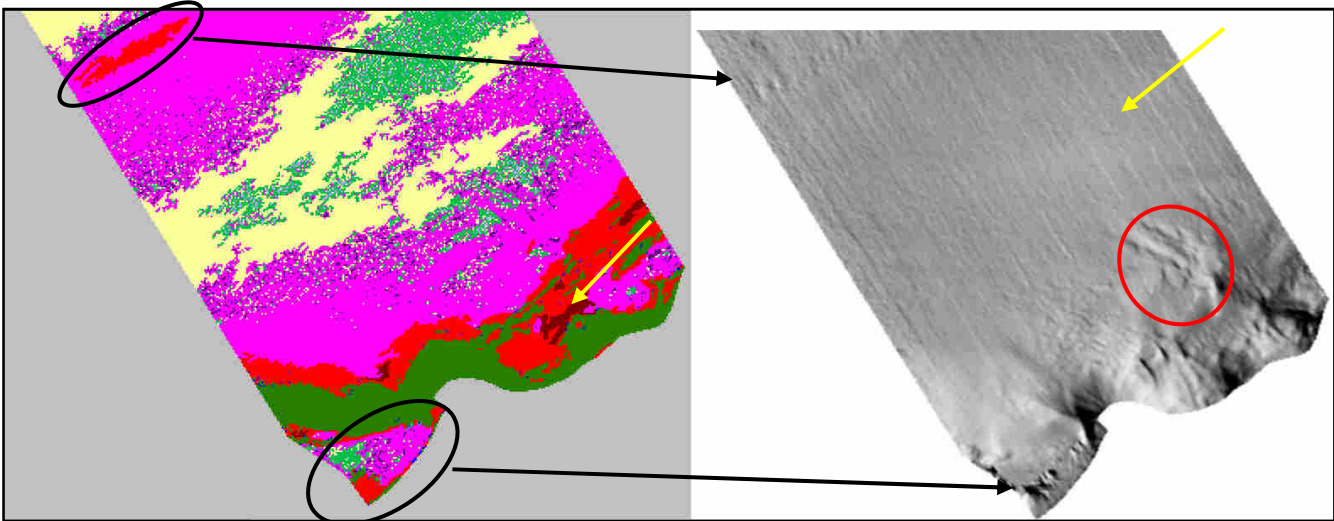
Εικόνα 211 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του first, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. **Παραχώρηση shaded relief: akti engineering**

Στο τμήμα του first στην Εικόνα 211 εμφανίζονται ταξινομημένα διάφορα κανάλια, ράχες, επίπεδο έδαφος καθώς και μικρό-ανάγλυφο. Η ταξινόμηση τους κρίνεται ορθή μέσω της οπτικής επιβεβαίωσης με τις άλλες δυο απεικονίσεις.



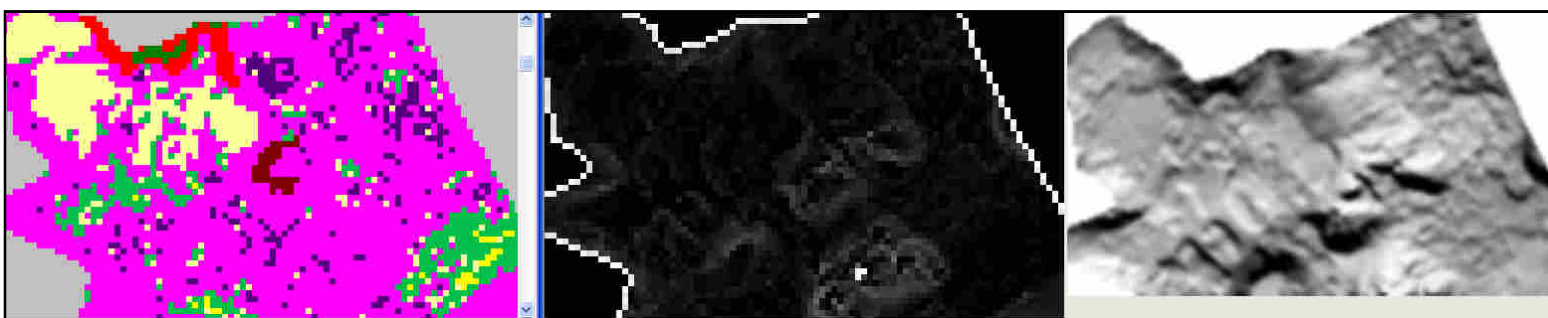
Εικόνα 212 Αριστερά η τελική ταξινόμηση του first και δεξιά δίδεται σε shaded_relief προς επιβεβαίωση της ταξινόμησης. **Παραχώρηση shaded relief: akti engineering**

Στην Εικόνα 212 σημειώνονται με κύκλους τμήματα τα οποία σύμφωνα με οπτική παρατήρηση και πληροφορίες που έχουν παραχωρηθεί από την εταιρεία akti engineering ορθώς έχουν ταξινομηθεί.



Εικόνα 213 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του second και δεξιά δίδεται σε shaded_relief προς επιβεβαίωση της ταξινόμησης. **Παραχώρηση shaded relief: akti engineering**

Στην Εικόνα 213 παρουσιάζεται η ταξινόμηση του second. Με μαύρο χρώμα σημειώνονται τα τμήματα εκείνα τα οποία εμφανίζονται να έχουν ταξινομηθεί ορθά με βάση το Υπόμνημα 1 στους αντίστοιχους γεωμορφολογικούς σχηματισμούς. Αντίθετα με κόκκινο σημειώνονται τμήματα τα οποία ενώ προσομοιάζουν με μορφολογικούς σχηματισμούς δεν έχουν ταξινομηθεί ανάλογα. Με κίτρινο χρώμα σημειώνεται περιοχή για την οποία δεν είναι δυνατό να επιβεβαιωθεί αν είναι σωστά ταξινομημένη ή όχι. Τέλος οι περιοχές του dtm οι οποίες έχουν ταξινομηθεί σαν final landslide_scars 1-ουλές που προήλθαν από κατολίσθηση δεν επιβεβαιώνονται από τις πληροφορίες που παραχωρήθηκαν από την εταιρεία akti engineering.



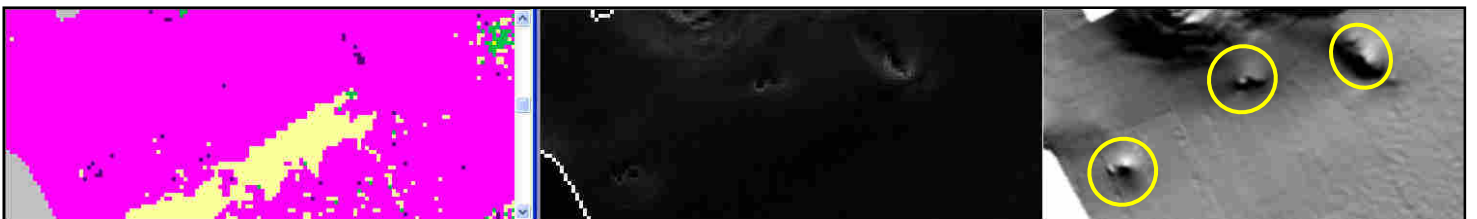
Εικόνα 214 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του third, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. **Παραχώρηση shaded relief: akti engineering**

Στην Εικόνα 214 στο τμήμα της απεικόνισης third παρουσιάζονται ταξινομημένα final landslide_scars 1- ουλές που προήλθαν από κατολίσθηση που δεν επιβεβαιώνονται πλήρως από τις παραχωρημένες πληροφορίες. Το ταξινομημένο σαν final level_ground 1-πλήρως ομαλό έδαφος φαίνεται να έχει ταξινομηθεί απολύτως σωστά με βάση διάγραμμα φωτοσκιασμένης απεικόνισης, ενώ γενικά στην περιοχή εμφανίζεται έντονο μικρό-ανάγλυφο (πολλές ουλές, ένα κανάλι σχετικά μικρό σε μήκος και μικροί κοίλοι σχηματισμοί) καθώς είναι το παράκτιο κομμάτι.



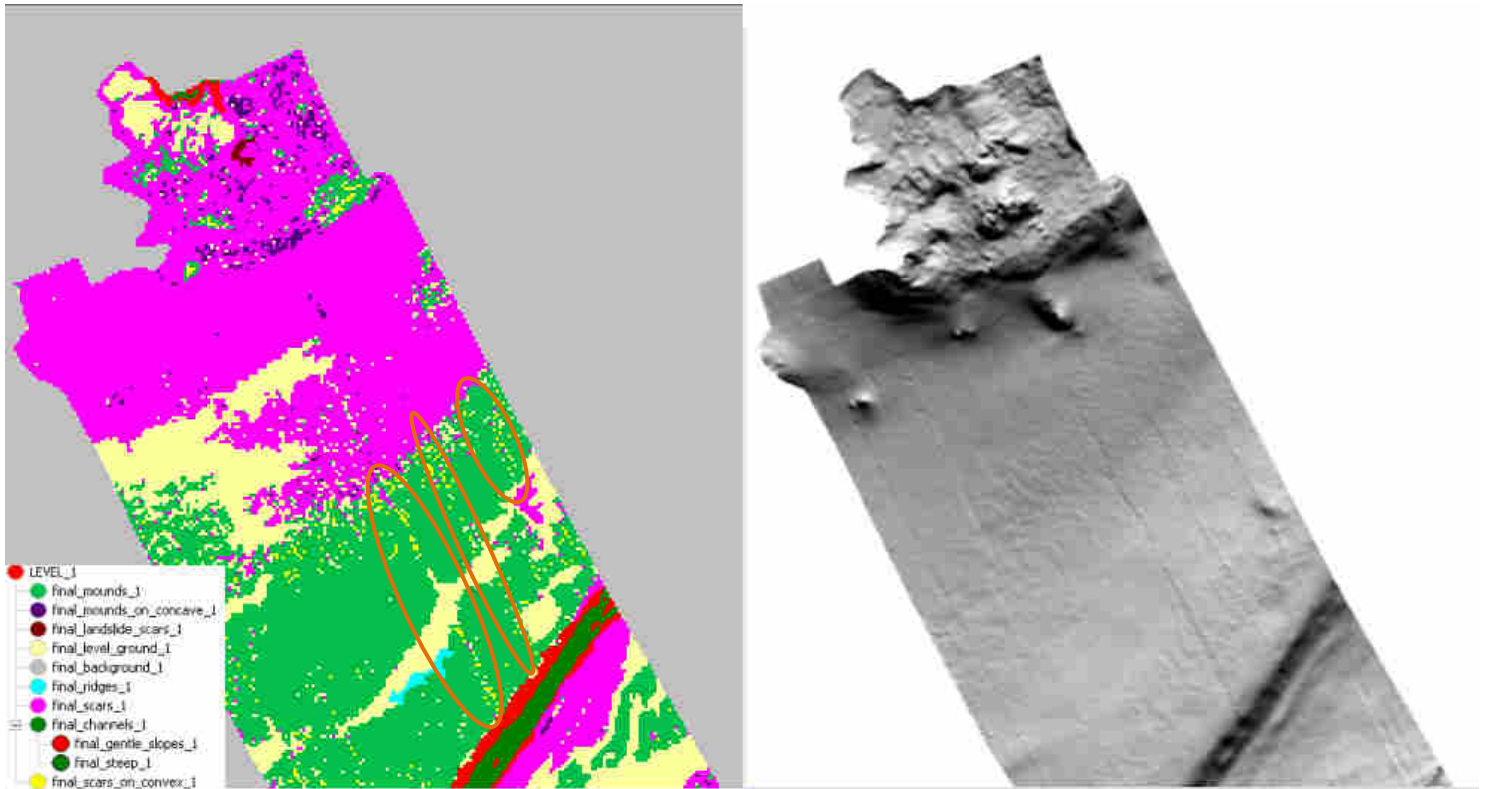
Εικόνα 215 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του third, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

Στην Εικόνα 215 στο ταξινομημένο τμήμα της απεικόνισης third εμφανίζεται ορθά ταξινομημένο κανάλι (Υπόμνημα 1) καθώς και μια ράχη- final ridges 1 η οποία όμως δεν επιβεβαιώνεται ξεκάθαρα από το διάγραμμα φωτοσκιασμένης απεικόνισης. Το υπόλοιπο μικρό-ανάγλυφο καθώς και το επίπεδο έδαφος παρουσιάζονται ορθώς ταξινομημένα. Με πορτοκαλί κύκλο σημειώνονται κάποια μικρά αντικείμενα στο μέγεθος εικονοψηφίδας τα οποία έχουν λανθασμένα ταξινομηθεί σαν final scars on convex 1-ουλές σε κυρτά αντικείμενα καθώς όπως παρατηρείται στο διάγραμμα φωτοσκιασμένης απεικόνισης αποτελούν τις γραμμές εκείνες οι οποίες σχηματίζονται εξαιτίας της μεθόδου συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων για τη δημιουργία του dtm όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 3.3.2.1. Το ενδεχόμενη αυτόματη τεχνική αφαίρεσης αυτών των γραμμών με αντικειμενοστραφή ανάλυση παρουσιάζει ενδιαφέρον και αναφέρεται στο 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.



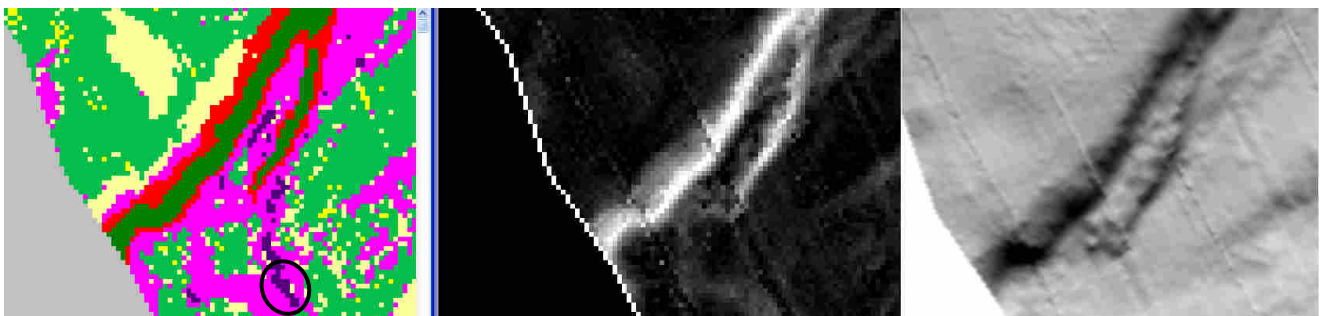
Εικόνα 216 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του third, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

Στην Εικόνα 216 σημειώνονται με κύκλους 2 κομμάτια του third τα οποία ενώ στο διάγραμμα φωτοσκιασμένης απεικόνισης παρουσιάζονται σαν γεωμορφολογικοί σχηματισμοί και μάλιστα μεγάλης σχετικά κλίμακας δεν έχουν ταξινομηθεί αναλόγως. Ωστόσο έχουν ταξινομηθεί σαν ουλές. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι κατά τον ορισμό της κλάσης final scars1-ουλές απλά δόθηκε χαρακτηριστικό MPI πάνω από μια τιμή, έτσι όσες ουλές γειτνιάζουν θα ταξινομηθούν σαν scars παρόλο που ενδεχομένως να είναι βαθύτερες από τις γειτονικές τους. Το φαινόμενο αυτό θα μπορούσε να εξαιρεθεί με μια προσέγγιση η οποία θα δημιουργεί διάφορους τύπους ουλών, πχ πιο ρηχές και βαθιές. Η προσέγγιση αυτή περιγράφεται στις Προοπτικές στο Κεφάλαιο 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.



Εικόνα 217 Αριστερά η τελική ταξινόμηση του third και δεξιά δίδεται σε shaded_relief προς επιβεβαίωση της ταξινόμησης. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

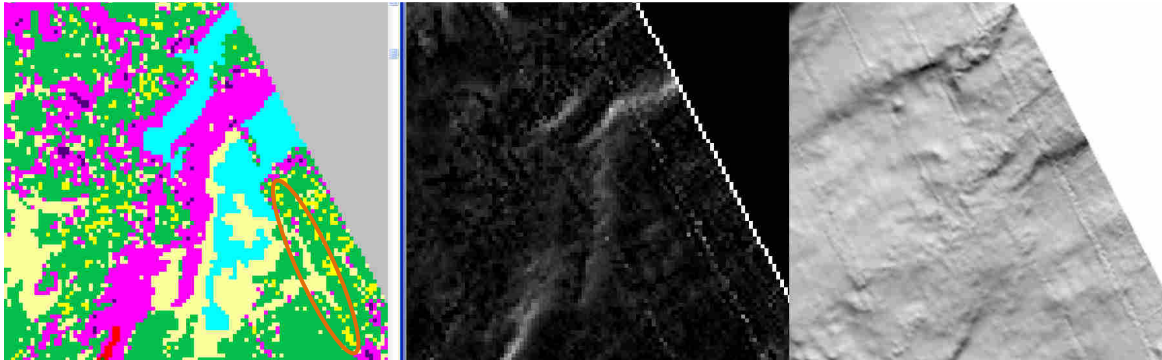
Με πορτοκαλί κύκλο στην Εικόνα 217 σημειώνονται κάποια μικρά αντικείμενα που δεν ξεπερνούν το μέγεθος εικονοστοιχείου τα οποία έχουν λανθασμένα ταξινομηθεί σαν final scars on convex 1-ουλές σε κυρτά αντικείμενα καθώς όπως παρατηρείται στο διάγραμμα φωτοσκιασμένης απεικόνισης αποτελούν τις γραμμές εκείνες οι οποίες σχηματίζονται εξαιτίας της μεθόδου συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων για τη δημιουργία του dtm όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 3.3.2.1.



Εικόνα 218 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του fourth, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

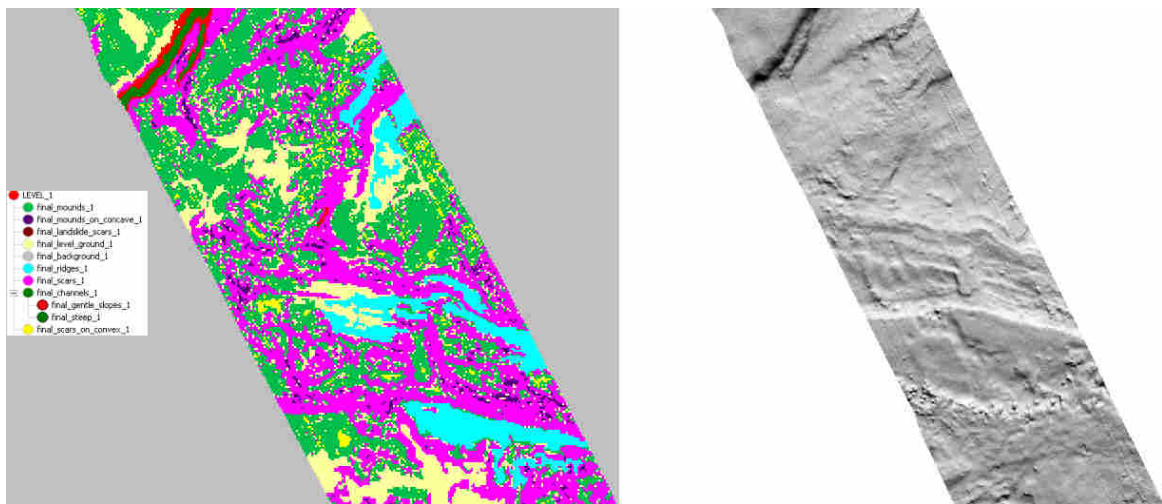
Στην Εικόνα 219 στο ταξινομημένο τμήμα της απεικόνισης fourth εμφανίζονται ορθά ταξινομημένα, σύμφωνα με το διάγραμμα φωτοσκιασμένης απεικόνισης, κανάλια (Υπόμνημα 1). Το υπόλοιπο μικρό-ανάγλυφο καθώς και το επίπεδο έδαφος παρουσιάζονται ορθώς ταξινομημένα εκτός από τα αντικείμενα που περιγράφονται από

μαύρο κύκλο και τα οποία αποτελούν τμήμα των γραμμών που δεν αντιπροσωπεύουν τμήμα του πυθμένα αλλά σχηματίζονται εξαιτίας της μεθόδου συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων για τη δημιουργία του dtm όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 3.3.2.1.



Εικόνα 219 Αριστερά τμήμα της τελικής ταξινόμησης του fourth, στη μέση το ίδιο τμήμα σε απεικόνιση MPI και δεξιά σε shaded_relief. **Παραχώρηση shaded relief: akti engineering**

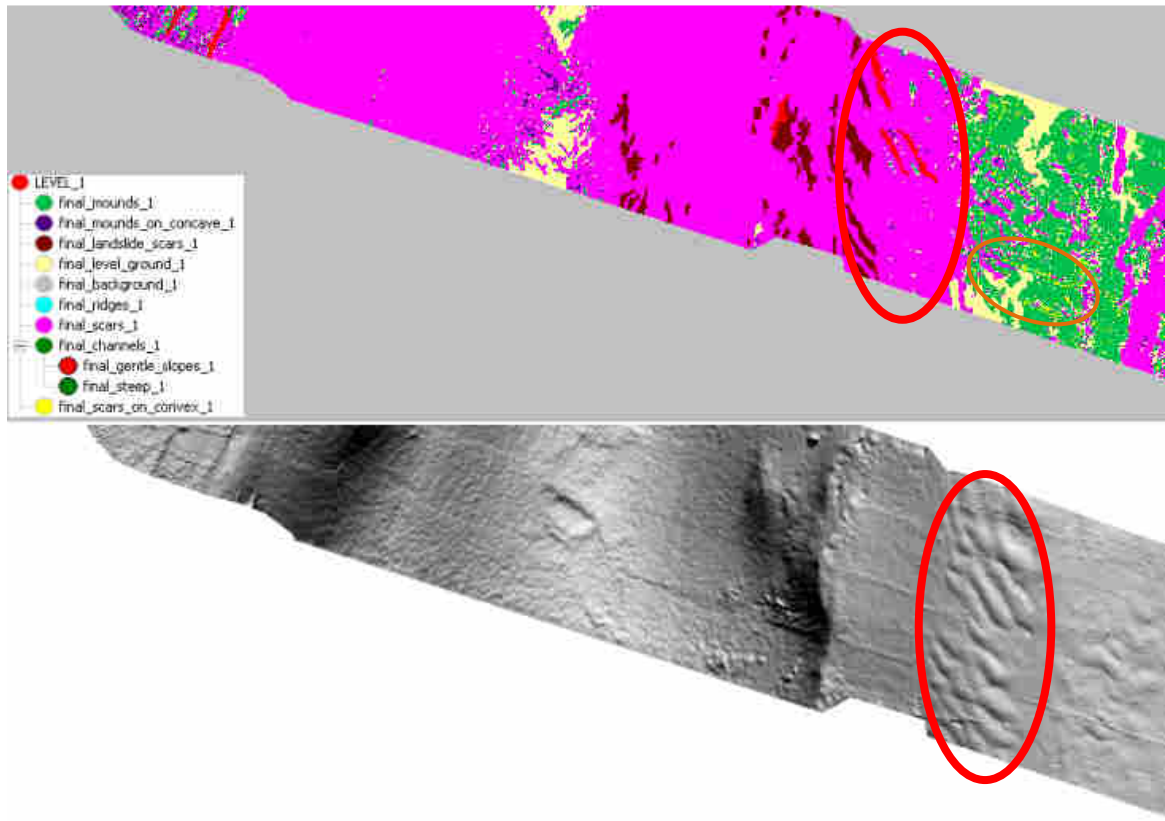
Εικόνα 219: Με πορτοκαλί κύκλο σημειώνονται κάποια μικρά αντικείμενα στο μέγεθος εικονοψηφίδας τα οποία έχουν λανθασμένα ταξινομηθεί σαν scars on convex-ουλές σε κυρτά αντικείμενα είτε σαν ομαλό έδαφος- final level ground 1 καθώς όπως παρατηρείται στο διάγραμμα φωτοσκιασμένης απεικόνισης αποτελούν τις γραμμές εκείνες οι οποίες σχηματίζονται εξαιτίας της μεθόδου συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων για τη δημιουργία του dtm. Σε γενικές γραμμές η ταξινόμηση φαίνεται να ανταποκρίνεται αρκετά ικανοποιητικά στην πραγματικότητα όπως αυτή παρουσιάζεται στις υπόλοιπες δυο εικόνες.



Εικόνα 220 Αριστερά η τελική ταξινόμηση του fourth και δεξιά δίδεται σε shaded_relief προς επιβεβαίωση της ταξινόμησης. **Παραχώρηση shaded relief: akti engineering**

Εικόνα 221: Η ταξινόμηση στο τμήμα fifth προβληματίζει όσον αφορά στην κλάση ουλές που προήλθαν από κατολίσθηση, καθώς πολυάριθμα τμήματα έχουν ταξινομηθεί σε αυτήν την κλάση. Οι πληροφορίες που παραχωρήθηκαν από την εταιρεία akti engineering δεν αναφέρουν αν όντως τα συγκεκριμένα τμήματα είναι ουλές από

κατολίσθηση. Επίσης με κόκκινο κύκλο σημειώνονται σχηματισμοί που προσομοιάζουν με κανάλια στο διάγραμμα φωτοσκιασμένης απεικόνισης αλλά μόνο ένα τμήμα από αυτούς έχει ταξινομηθεί ορθά σαν κανάλια μάλιστα με απότομη κλίση- final steep. Με πορτοκαλί κύκλο σημειώνονται και πάλι οι γραμμές που προαναφέρθηκαν οι οποίες εδώ έχουν ταξινομηθεί σαν ουλές σε κοίλους σχηματισμούς-final scars on convex.



Εικόνα 221 Αριστερά η τελική ταξινόμηση του fifth και κάτω δίδεται σε shaded_relief προς επιβεβαίωση της ταξινόμησης. *Παραχώρηση shaded relief: akti engineering*

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα μελέτη η οποία ασχολήθηκε με την εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης σε ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου πυθμένα υψηλής ανάλυσης για την διερεύνηση των τοπογραφικών-γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του πυθμένα της θάλασσας παρατίθενται κάποια συμπεράσματα. Καταρχάς τα αποτελέσματα κρίνονται άκρως ικανοποιητικά. Όμως πρέπει να αναφερθεί ότι με χρήση μόνο ψηφιακού μοντέλου ανάγλυφου και των παραγώγων του η διερεύνηση και αυτόματη εξαγωγή των χαρακτηριστικών της μορφολογίας του πυθμενικού ανάγλυφου επιτυγχάνεται μέχρι ένα βαθμό. Για την ολοκληρωμένη και πλήρως αξιόπιστη μελέτη είναι απαραίτητα συμπληρωματικά δεδομένα όπως διαγράμματα ή απεικονίσεις ηχητικής ανακλαστικότητας, κάθετες στο επίπεδο του πυθμένα διατομές καθώς και μεγάλη φωτοερμηνευτική εμπειρία στο αντικείμενο. Επίσης, εξαιτίας της πολυπλοκότητας και της δυναμικότητας του πυθμενικού εδάφους ενδεχομένως πληροφορίες που βρέθηκαν σε βιβλιογραφία για το ανάγλυφο της στεριάς και χρησιμοποιήθηκαν με την παραδοχή ότι θα ισχύουν και στον πυθμένα να οδηγήσουν σε αποτελέσματα που δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Και τέλος, ο δείκτης oropness (Yokoyama κ.α, 2002) αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για τη διερεύνηση του πυθμενικού ανάγλυφου καθώς όπως αναφέρεται από τους Yokoyama κ.α, (2002) βρίσκει εφαρμογή σε τέτοιου είδους εργασίες.

Η μελέτη του πυθμενικού ανάγλυφου με χρήση αντικειμενοστραφών μεθόδων συνιστά μια νέα μέθοδο με πολλές προοπτικές εξέλιξης. Σαν μελλοντικές έρευνες προτείνονται η συνδυαστική χρήση ψηφιακών μοντέλων ανάγλυφων, ηχητικών μετρήσεων και κάθετων στο πυθμενικό επίπεδο διατομών για μια πιο ολοκληρωμένη και αξιόπιστη μέθοδο διερεύνησης του πυθμένα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η προοπτική αυτόματης εξαγωγής των γραμμών οι οποίες σχηματίζονται εξαιτίας της μεθόδου συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων για τη δημιουργία του ΨΜΕ (παρ. 3.3.2.1). και οι οποίες όπως φάνηκε παρουσιάζουν σύγχυση στα αποτελέσματα των ταξινομήσεων. Επίσης οι εξαγόμενοι γεωμορφολογικοί σχηματισμοί θα μπορούσαν σε μια μελλοντική εργασία να διακρίνονται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους όπως το βάθος, το μήκος, το ύψος, τα περιβάλλοντα αντικείμενα, για παράδειγμα να διαχωρίζονται τα κανάλια ανάλογα με το βάθος τους ή οι ράχες με το ύψος τους. Τέλος ιδιαίτερο ενδιαφέρον για παρόμοιες μελέτες παρουσιάζει το χαρακτηριστικό dominance σύμφωνα με το οποίο ταξινομούνται γεωμορφολογικοί σχηματισμοί με βάση την κυριαρχία τους στα γειτονικά τους αντικείμενα (Drägut ,Blaschke ,2006).

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Εκδόσεις-Δημοσιεύσεις

Αργιαλάς Δ. και Τζώτσος Α., 2002. Η συμβολή του eCognition στην χαρτογράφηση γεωμορφολογικών σχηματισμών από Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, ΕΜΠ Αθήνα, 28 Φεβρουαρίου και 1 Μαρτίου 2002.

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

Παλαιοκρασσάς Α., Τσαβλίρης Ε., Χριστοφόρου Ι., Χασιώτης Θ., Πολυδεσμικός Ηχοβολιστής (Multi-Beam). Το Σύγχρονο Εργαλείο Χαρτογράφησης Παράκτιων Περιοχών και Εγκαταστάσεων.
(<http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=11803>)

Παλαιοκρασσάς Α., Τσαβλίρης Ε., Χριστοφόρου Ι., Χασιώτης Θ., Πολυδεσμικός Ηχοβολιστής (Multi-Beam). Το Σύγχρονο Εργαλείο Χαρτογράφησης Παράκτιων Περιοχών και Εγκαταστάσεων. *Akti Engineering*, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη. Μυτιλήνη

Παντίσκα Χ., 2007, Αριθμητική Προσομοίωση της Κυκλοφορίας των Υδάτων στον Πατραϊκό Κόλπο. σελ.30-34
(<http://nemertes.lis.upatras.gr/dspace/handle/123456789/547>)

Παπανικολάου Δ., Χρόνης Γ., Λυκούσης Β., Σακελλαρίου Δ., Παπούλια Ι., 1997. Νεοτεκτονική Δομή του Κορινθιακού Κόλπου και Γεωδυναμικά Φαινόμενα του Σεισμού του Αιγίου, Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας, 1997 - ΤΟΜΟΣ Ι, σελ. 415-418

Παπανικόλας Π., 2005, Τεχνικά Γεφύρωσης Διαύλων Κνημίδας και Ωρέων -Σύγκριση με τη Ζεύξη του Ρίου-Αντιρρίου, Βόλος, Δημοσιεύσεις ΤΕΕ,
(http://library.tee.gr/digital/m2448/m2448_papanikolas.pdf)

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

Φουμέλης Μ. και Βασιλάκης Ε., 2004. Αποκλίσεις μεταξύ Μεθόδων Εκτίμησης των Κλίσεων και ο Ρόλος της Ανάλυσης των Ψηφιακών Μοντέλων Ανάγλυφου, Συγκριτική Μελέτη σε Περιβάλλον GIS. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσ/νίκη Απρίλιος 2004, τομ. XXXVI, σελ. 894-903

Anders N. S., Seijmonsbergen A. C., Bouten W., 2009. Multi-Scale and Object-Oriented Image Analysis of High-Res LiDAR Data for Geomorphological Mapping in Alpine Mountains. Proceedings of Geomorphometry 2009. (31 August - 2 September 2009) Zurich, Switzerland, p 61-65

Baatz M., and Schape A., 1999. Object- Oriented and Multi-Scale Image Analysis in Semantic Networks. Proceedings of 2nd International Symposium: Operationalization of Remote Sensing, 16-20 Αυγούστου, ITC, Netherlands.

Barlow J., Martin Y., Franklin S.E., 2003. Detecting translational landslide scars using segmentation of Landsat ETM+ and DEM data in the northern Cascade Mountains, British Columbia. Canadian Journal of Remote Sensing, vol.29, no.4, p 510-517

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

Blaschke T., 2009. Object Based Image Analysis for Remote Sensing. Austria, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing vol.65 2-16, ELSEVIER.

Bue B., Stepinski T.F., 2007. Machine Detection of Martian Impact Craters From Digital Topography Data, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol.45, no.1, p 265-274.

Camargo F., Florenzano T.G., de Almeida C.M., de Oliveira C.G., 2009. Geomorphological mapping using object-based analysis and ASTER DEM in the Paraíba do Sul Valley, Brazil, International Journal of Remote Sensing, 30: 24, 6613 — 6620

Canisius F., Honda K., Tokunaga M. 2009. Updating geomorphic features of watersheds and their boundaries in hazardous areas using satellite synthetic aperture radar, International Journal of Remote Sensing, 30: 22, 5919 — 5933

Drăgut L., Blaschke T., 2006. Automated classification of landform elements using object-based image analysis, ELSEVIER, Geomorphology 81 p 330-344.

Giles P.T., Franklin S.E., 1997. An automated approach to the classification of the slope units using digital data. ELSEVIER, Geomorphology 21 p251-264

Lucieer V.L., 2008, Object-oriented classification on sidescan sonar data for mapping benthic marine habitats, International Journal of Remote Sensing, 29 (3): p 905-921

Mallinis G., Koutsias N., Tsakiri-Strati M., Karteris M., 2007. Object-based classification using Quickbird imagery for delineating forest vegetation polygons in a Mediterranean test site, ELSEVIER, Photogrammetry & Remote Sensing

Nobrega R. A. A., O'Hara C. G., Vijayaraj V., Olson G., Kim S., Quintanilha J. A., Barros M. T. L., 2006. Geographic Information Systems and Water Resources IV AWRA Spring Specialty Conference, Houston, Texas.

Prior D.B., Hooper J.R., 1998. Sea floor engineering geomorphology: recent achievements and future directions, ELSEVIER, Geomorphology 31 p 411-439

Salamuniccar G., Loncaric S., 2010. Method for Crater Detection From Martian Digital Topography Data Using Gradient Value/Orientation, Morphometry, Vote Analysis, Slip

Tuning, and Calibration. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol.48, no.5, p 2317-2329.

Schiewe J., Tuftte L.G., Ehlers M., 2001, Potential and Problems of Multiscale Segmentation Methods in Remote Sensing.

Shepard F.P., 1959. The Earth Beneath the Sea. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD

Smith W.H.F., Sandwell D.T., 1997. Global sea floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings, Science, 277 (5334): p 1956-1962

Urbański J.A, Mazur A., Janas U., 2009. Object-oriented classification of QuickBird data for mapping seagrass spatial structure, International Journal of Oceanography and Hydrobiology, vol. 38, No.1, p. 27-43.

Yokoyama R., Shirasawa M., Pike R.J., 2002, Visualizing topography by Openness: A new application of image processing to digital elevation models. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68 (3) p 257-265.

Zevenbergen, L.W., Thorne, C., 1987. Quantitative analysis of land surface topography, Earth Surface Processes and Landforms, 12, 47-56.

Εγχειρίδια προγραμμάτων-manuals

eCognition Developer 8 Reference Book, 2009 DEFiNiENS, Munich, Germany

eCognition Developer 8 User Guide, 2009, DEFiNiENS, Munich, Germany .

User Guide for SAGA (version 2.0.5) Volume 1 by Vern Cimmery, 2010.

User Guide for SAGA (version 2.0.5) Volume 2 by Vern Cimmery, 2010.

Erdas Imagine Field guide 5th edition, 1999, Atlanta, Usa


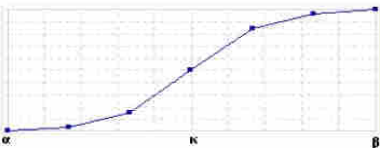

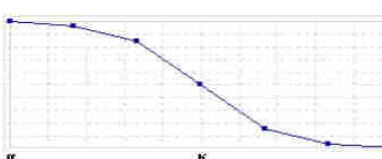

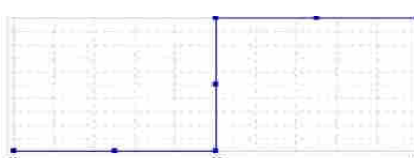

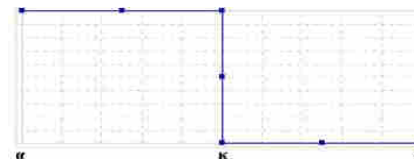



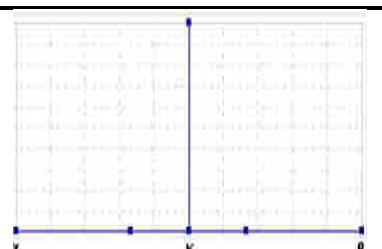

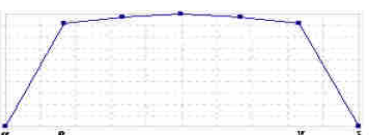

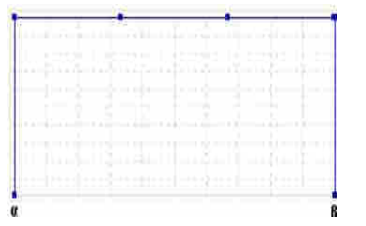
(<http://www.gis.usu.edu/manuals/labbook/erdas/manuals/FieldGuide.pdf>)

Διαδίκτυο

1. [.http://www.aktieng.gr](http://www.aktieng.gr)
2. [.http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B9%CF%81%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CE%A9%CE%BA%CE%B5%CE%B1%CE%BD%CF%8C%CF%82](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B9%CF%81%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CE%A9%CE%BA%CE%B5%CE%B1%CE%BD%CF%8C%CF%82)
3. <http://www.env-edu.gr/Chapters.aspx?id=109>
4. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/10p.html>
5. http://www.metal.ntua.gr/uploads/3128/11b_OKEANOI.pdf

6. <http://www.mar.aegean.gr/greek/student%20notes/%CE%98%CE%91%CE%9B%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%91%20%CE%93%CE%95%CE%A9%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%91.%CE%92%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%9A%CE%97%CE%A3/%CE%98%CE%95%CE%A9%CE%A1%CE%99%CE%91/%CE%98%CE%95%CE%A9%CE%A1%CE%99%CE%91%20%CE%98%CE%91%CE%9B%CE%91%CE%A3%CE%A3%CE%99%CE%91%20%CE%93%CE%95%CE%A9%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%91.%CE%92%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%9A%CE%97%CE%A39.pdf> , σελ 45
7. http://geoinfo.nmt.edu/faq/energy/petroleum/Petroleum_geology_intro.pdf
8. <http://www.gefyra.gr/index.php?ID=e1AvFGGEV1SYJiTk#76>
9. <http://www.tanea.gr/default.asp?pid=2&ct=4&artId=4565335>
10. <http://sourceforge.net/projects/saga-gis>
11. <http://www.dafni.net.gr/gr/members/files/andros/andros-report.pdf>
12. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%8D%CE%B2%CE%BF%CE%B9%CE%B1>

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΟΝΟΜΑ- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΟΥΜΠΙ	ΜΟΡΦΗ
Larger than/μεγαλύτερο από/ συνάρτηση μορφής S , όπου αν x τιμή του χαρακτηριστικού γνωρίσματος, β μέγιστη τιμή του πεδίου τιμών, ισχύει για $x \geq \beta$, το αντικείμενο να συμμετέχει στην κατηγορία που το γνώρισμα περιγράφει, με βαθμό συμμετοχής 1.		
Smaller than/μικρότερο από/ συνάρτηση μορφής Z , η αντίστροφη της S , όπου αν x τιμή του χαρακτηριστικού γνωρίσματος, α ελάχιστη τιμή του πεδίου τιμών, ισχύει για $x \leq \alpha$, το αντικείμενο να συμμετέχει στην κατηγορία που το γνώρισμα περιγράφει, με βαθμό συμμετοχής 1.		
Larger than/ μεγαλύτερο από/ απλοποιημένη συνάρτηση μορφής S ορίζεται και αναπαρίσταται παρόμοια με την S , με τη διαφορά ότι η καμπύλη αντικαθίσταται από ευθεία.		
Smaller than/μικρότερο/ απλοποιημένη συνάρτηση μορφής Z ορίζεται και αναπαρίσταται παρόμοια με την Z , με τη διαφορά ότι η καμπύλη αντικαθίσταται από ευθεία.		
Approximate Gaussian/κατά προσέγγιση Γκαουσιανη συνάρτηση αν x τιμή του χαρακτηριστικού γνωρίσματος, κ αριθμητική μέση τιμή του πεδίου τιμών, ισχύει για x τείνει στο κ , το αντικείμενο να συμμετέχει στην κατηγορία που το γνώρισμα περιγράφει, με βαθμό συμμετοχής 1		
Singleton/singleton συνάρτηση ορίζεται και αναπαρίσταται παρόμοια με την Gaussian με τη διαφορά ότι οι καμπύλες αντικαθίστανται από ευθείες και το αντικείμενο συμμετέχει στην κατηγορία που το γνώρισμα περιγράφει με βαθμό συμμετοχής 1, μόνο για μία συγκεκριμένη τιμή.		
About Range/ συνάρτηση τραπεζοειδούς μορφής αν x τιμή του χαρακτηριστικού γνωρίσματος, α ελάχιστη τιμή του πεδίου τιμών, δ μέγιστη τιμή του πεδίου τιμών, ισχύει για $x \in [\alpha, \delta]$, το αντικείμενο να συμμετέχει στην κατηγορία που το γνώρισμα περιγράφει με βαθμό συμμετοχής που ανήκει στο πεδίο τιμών $[0, 1]$.		
Full range/ απλοποιημένη συνάρτηση τραπεζοειδούς μορφής ορίζεται και αναπαρίσταται παρόμοια με την συνάρτηση τραπ εζοειδούς μορφής, με τη διαφορά ότι τα σκέλη της είναι κατακόρυφα. Ως εκ τούτου, αν x η τιμή του χαρακτηριστικού γνωρίσματος, α ελάχιστη τιμή του πεδίου τιμών, β μέγιστη τιμή του πεδίου τιμών, ισχύει για $x \in [\alpha, \beta]$, το αντικείμενο να συμμετέχει στην κατηγορία που το γνώρισμα περιγράφει με βαθμό συμμετοχής 1.		

Πίνακας Π 1 Κύριες μορφές συναρτήσεων συμμετοχής στο λογισμικό eCognition (eCognition user's guide 2003)

ΛΟΓΙΚΟΙ ΤΕΛΕΣΤΕΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
and (min)	Η τελική τιμή του βαθμού συμμετοχής που προκύπτει από το πεδίο τιμών των ιδιοτήτων που περιγράφουν την κατηγορία, μετά την εφαρμογή του συγκεκριμένου τελεστή ορίζεται ως ο ελάχιστος βαθμός συμμετοχής.
and (*)	Η τελική τιμή του βαθμού συμμετοχής που προκύπτει από το πεδίο τιμών των ιδιοτήτων που περιγράφουν την κατηγορία, μετά την εφαρμογή του συγκεκριμένου τελεστή ορίζεται ως το γινόμενο όλων των βαθμών συμμετοχής.
or (max)	Η τελική τιμή του βαθμού συμμετοχής που προκύπτει από το πεδίο τιμών των ιδιοτήτων που περιγράφουν την κατηγορία, μετά την εφαρμογή του συγκεκριμένου τελεστή ορίζεται ως ο μέγιστος βαθμός συμμετοχής.
mean (arithm.)	Η τελική τιμή του βαθμού συμμετοχής που προκύπτει από το πεδίο τιμών των ιδιοτήτων που περιγράφουν την κατηγορία, μετά την εφαρμογή του συγκεκριμένου τελεστή ορίζεται ως ο αριθμητικός μέσος όρος όλων των βαθμών συμμετοχής.
mean (geo.)	Η τελική τιμή του βαθμού συμμετοχής που προκύπτει από το πεδίο τιμών των ιδιοτήτων που περιγράφουν την κατηγορία, μετά την εφαρμογή του συγκεκριμένου τελεστή ορίζεται ως ο γεωμετρικός μέσος όρος όλων των βαθμών συμμετοχής.
not	Η τελική τιμή του βαθμού συμμετοχής που προκύπτει από το πεδίο τιμών της ιδιότητας που περιγράφει την κατηγορία, μετά την εφαρμογή του συγκεκριμένου τελεστή ορίζεται ως ο συμπληρωματικός βαθμός συμμετοχή

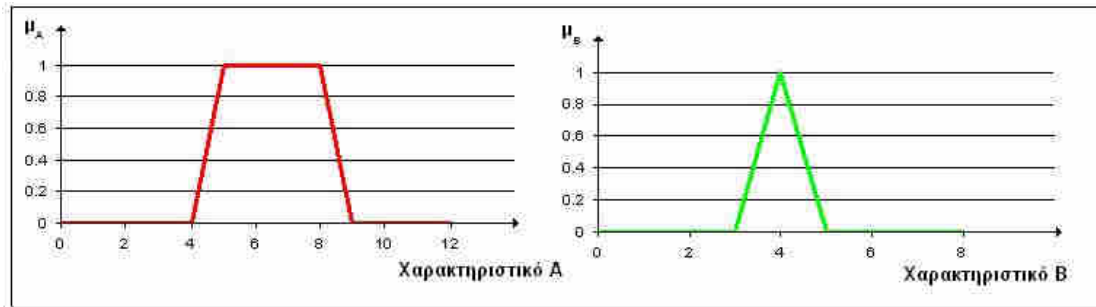
Πίνακας Π 2 Λογικοί τελεστές του eCognition και συνοπτικές περιγραφές (eCognition user's guide 2003)

Ονομασία	Περιγραφή
DGPS	για τον εντοπισμό της θέσης σε απόλυτο σύστημα αναφοράς
MRU	για τον σχετικό εντοπισμό του φορέα με το απόλυτο σύστημα αναφοράς (roll, pitch, yaw)
GYRO	για τον απόλυτο προσανατολισμό
SVP	για την μέτρηση της ταχύτητας του ήχου στην υδάτινη στήλη
TIDE	εξάρτηση της στάθμης της θάλασσας από την κατακόρυφη αφετηρία του συστήματος

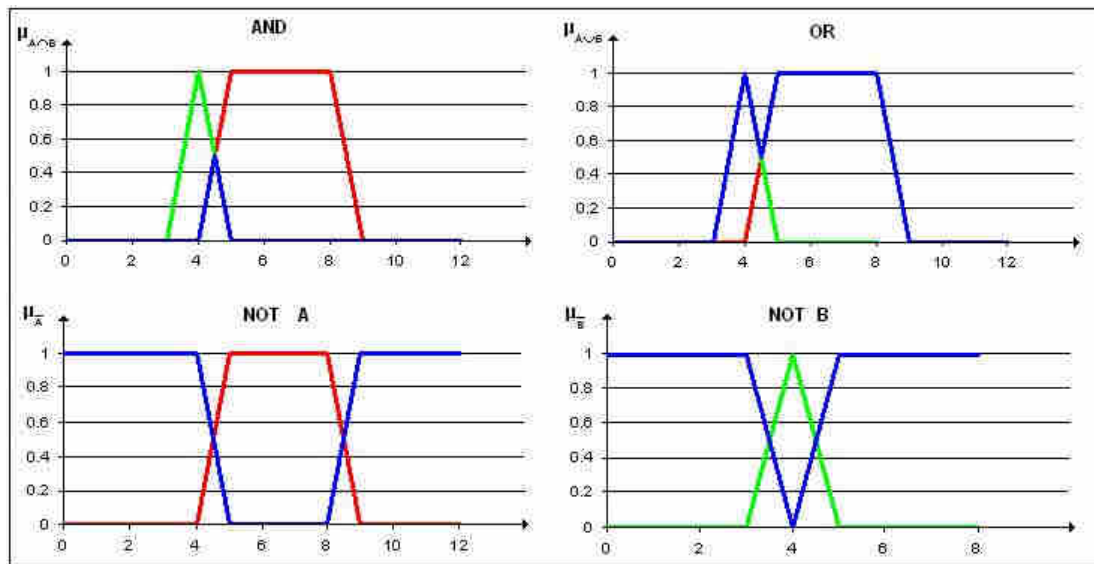
Πίνακας Π 3 Βασικά υποστηρικτικά συστήματα του MBES

πηγή: <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=11803>

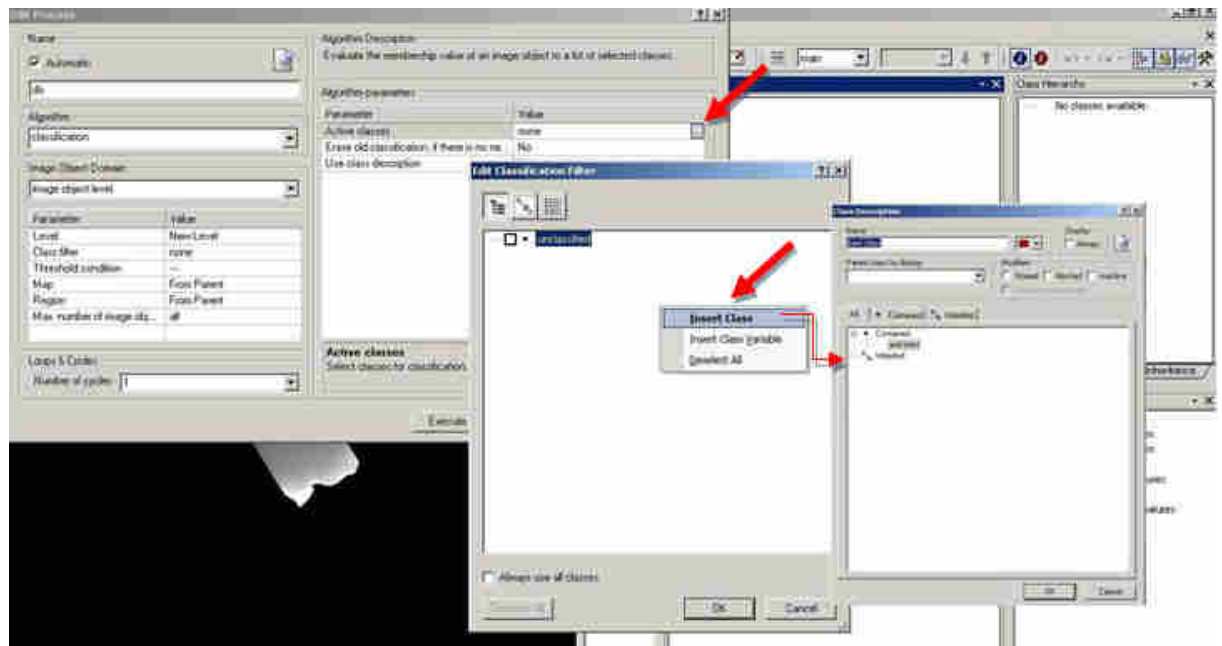
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΛΟΓΙΚΩΝ ΤΕΛΕΣΤΩΝ AND,OR ΚΑΙ NOT ΣΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Α ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΟΥΣ ΜΟΡΦΗΣ ΚΑΙ Β ΤΡΙΦΩΝΙΚΗΣ ΜΟΡΦΗΣ



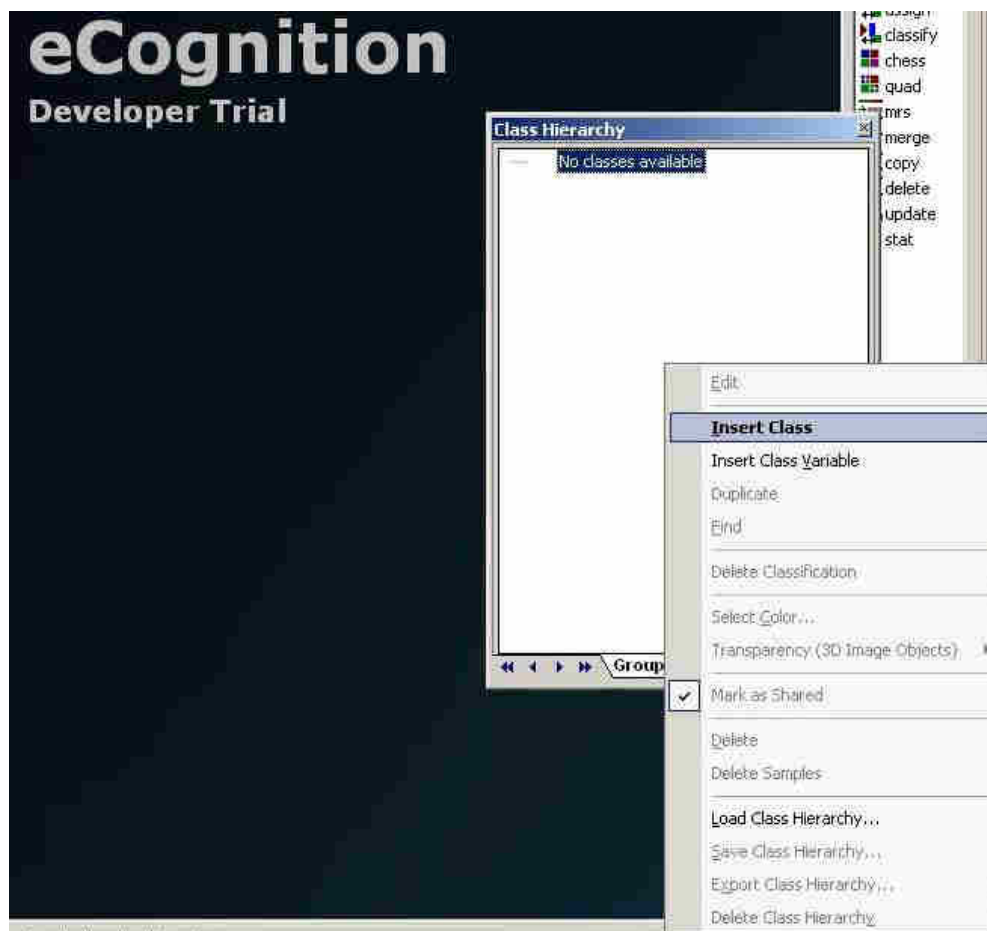
Εικόνα Π1 Οι ιδιότητες A,B



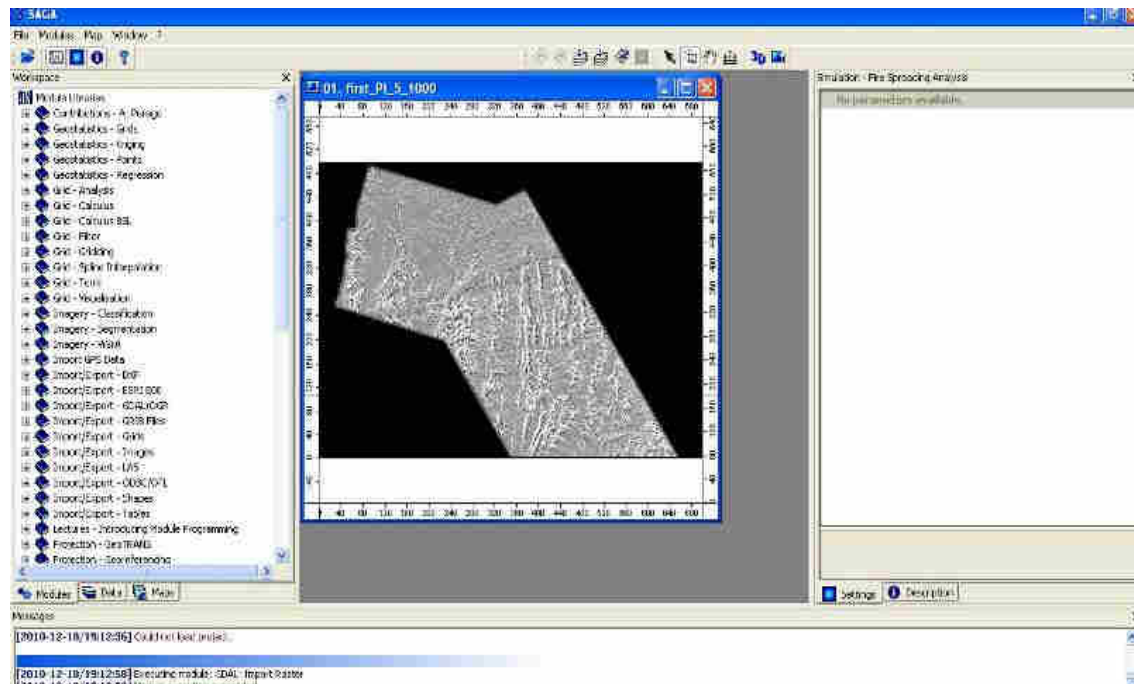
Εικόνα Π2 Εφαρμογές των τελεστών AND, OR και NOT A, NOT B



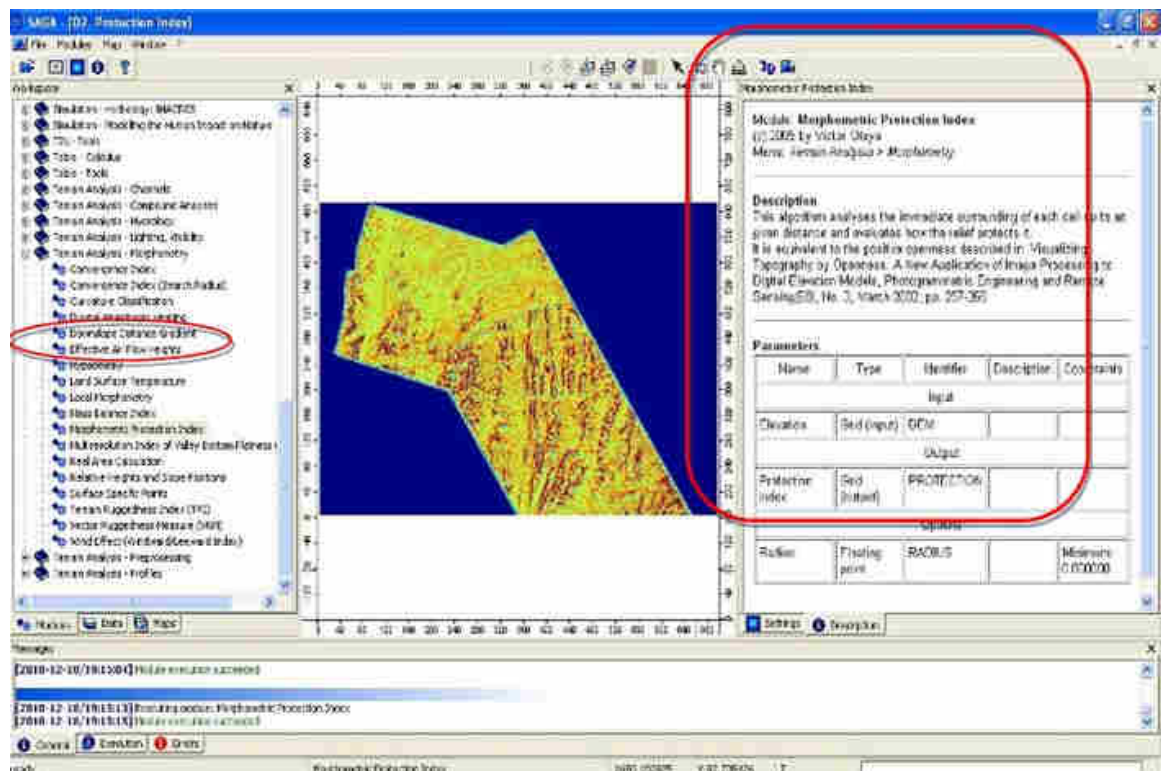
Εικόνα Π3 Εισαγωγή νέας κλάσης και περιγραφής της από το παράθυρο Edit Process του λογισμικού eCognition 8



Εικόνα Π4 Εισαγωγή κλάσης και περιγραφής της από το παράθυρο class hierarchy eCognition 8



Εικόνα Π5 Το περιβάλλον του ελεύθερου λογισμικού SAGA_GIS.



Εικόνα Π6 Υπολογισμός και συνοπτική περιγραφή του δείκτη orerness στο λογισμικό SAGA_GIS.



Εικόνα Π7 Κατάτμηση της αρχικής απεικόνισης στο λογισμικό ERDAS Imagine.