



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

**“ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΩΝ ΑΠΟ  
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ  
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΗ ΑΝΑΛΥΣΗ  
ΕΙΚΟΝΑΣ”**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Λήδα Φαναρά

**Επιβλέπων:** Αργιαλός Δημήτριος

**ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011**



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

**“ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΩΝ ΑΠΟ  
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ  
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΗ ΑΝΑΛΥΣΗ  
ΕΙΚΟΝΑΣ”**

**Επιμέλεια:** Λήδα Φαναρά  
**Επιβλέπων:** Αργιαλάς Δημήτριος  
Καθηγητής ΕΜΠ

**Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:**

.....	.....	.....
.....	.....	.....
Δ. Αργιαλάς Καθηγητής ΕΜΠ	Α. Γεωργόπουλος Καθηγητής ΕΜΠ	Β. Καραθανάση Επικ. Καθηγήτρια ΕΜΠ

**ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011**

.....

Λήδα Φαναρά

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

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

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

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η οποία ανατέθηκε από το εργαστήριο Τηλεπισκόπησης της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης σε ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις υψηλής διακριτικής ικανότητας, στην αυτόματη αναγνώριση ελαιόδεντρων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στη διεκπεραίωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Πρώτα από όλα ευχαριστώ τον κύριο Δημήτρη Αργιαλά, καθηγητή Ε.Μ.Π., για την ανάθεση του θέματος της εργασίας και την πολύτιμη καθοδήγησή του. Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Πολ Κολοκούση, μέλος Ε.Ε.ΔΙ.Π. και τον Άγγελο Τζώτσο, υποψήφιο διδάκτορα, για τη συνεχή βοήθεια που μου προσέφεραν από κοντά και από μακριά, καθώς και την Έλυα Μιχαηλίδου από το ΜΕ.Κ.Δ.Ε. για την άμεση απάντηση σε γεωπονικής φύσης ερωτήματα.

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

Αφιερώνω την εργασία αυτή στην οικογένειά μου, που εμπνέει και υποστηρίζει κάθε βήμα της ζωής μου.

## Περίληψη

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως βασική προτεραιότητα στον τομέα της γεωργίας την όσο το δυνατόν γρηγορότερη και αποδοτικότερη αποτίμηση του πλήθους των ελαιόδεντρων στα κράτη μέλη της Μεσογείου. Στην Ελλάδα η καλλιέργειες ελιάς καλύπτουν 6 εκατομμύρια στρέμματα και ως εκ τούτου η αναγνώριση των ελαιόδεντρων είναι θέμα μείζονος σημασίας για την ελληνική γεωργία και οικονομία. Η παρούσα εργασία εστιάζει στη διερεύνηση των δυνατοτήτων της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης στην αυτόματη αναγνώριση των ελαιόδεντρων.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το λογισμικό αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας eCognition 7, της γερμανικής εταιρίας DEFiNiENS Imaging GmbH. Τα δεδομένα της συγκεκριμένης μελέτης είναι δύο ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις από το δορυφόρο Ikonos και μία από τον Quickbird περιοχής του δήμου Αρκαδίου στο νομό Ρεθύμνης.

Η μεθοδολογία αναπτύσσεται σε τρεις περιοχές μίας από τις απεικονίσεις Ikonos και σε δύο περιοχές των υπόλοιπων απεικονίσεων ώστε να αξιολογηθεί ο βαθμός στον οποίο η διαδικασία που ακολουθείται μπορεί να χαρακτηριστεί αυτόματη. Η ανάλυση όλων των περιοχών γίνεται με βάση δύο ειδών αλγόριθμους. Ο πρώτος λειτουργεί σε δύο επίπεδα, χωρίζοντας στο πρώτο την εικόνα σε βλάστηση και μη και στο δεύτερο σε ελιές και μη. Ο δεύτερος αλγόριθμος συμπεριλαμβάνει πολλές διαδοχικές κατατμήσεις και ταξινομήσεις της εικόνας ενταγμένες σε ένα επίπεδο. Η διαδικασία αυτή βασίζεται στη λογική ενός αλγόριθμου-κόσκινου, ο οποίος διχοτομεί κάθε φορά τα αντικείμενα της εικόνας σε ελαιόδεντρα και μη, ταξινομώντας τα μεγαλύτερα.

Η πρώτη κατάτμηση της εικόνας είναι η ίδια και στους δύο αλγόριθμους. Στον πρώτο εστιάζει στην ανίχνευση βλάστησης και μη και στο δεύτερο αν και λεπτόκοκκη εστιάζει στην αναγνώριση των ελαιόδεντρων μεγάλου μεγέθους. Τα λεπτά κατατετμημένα αντικείμενα που ταξινομήθηκαν ως ελιές μεγάλου μεγέθους συγχωνεύονται ώστε να αποτελούν ενιαία μεγάλα αντικείμενα και με νέα ταξινόμηση να εξασφαλιστεί ότι ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

Στον πρώτο αλγόριθμο δημιουργείται ένα δεύτερο επίπεδο με κατάτμηση φασματικής διαφοράς η οποία αναδεικνύει τις ελιές. Ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε περίπτωσης τα αντικείμενα που ταξινομούνται ως ελιές συνενώνονται, ώστε στη συνέχεια με κριτήριο το εμβαδό τους να κατηγοριοποιηθούν σε μονά ή περισσότερα ενωμένα μεταξύ τους ελαιόδεντρα. Στο δεύτερο αλγόριθμο η υπόλοιπη εικόνα διχοτομείται μέσω ταξινόμησης σε ελιές μεσαίου μεγέθους και μη. Οι μεσαίες ελιές

ανιχνεύονται κατά τον ίδιο τρόπο με τις μεγάλες ενώ οι μικρότερες ταξινομούνται μετά από κατάτμηση φασματικής διαφοράς των απομενόντων αντικειμένων.

Η εικόνα χωρίζεται και στις δύο περιπτώσεις αλγόριθμου, σε ελιές και μη.

Ακολουθεί η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και των πέντε περιοχών με δύο τρόπους. Αρχικά υπολογίζονται κάποια στατιστικά στοιχεία για κάθε ταξινόμηση ώστε να ελεγχθεί η ευστάθειά της. Στη συνέχεια συγκρίνεται το αποτελέσματα της ταξινόμησης κάθε περιοχής μελέτης με τα ψηφιοποιημένα δεδομένα της ίδιας περιοχής, ώστε να υπολογιστούν τα σφάλματα παράληψης και συμπερίληψης, καθώς και οι δείκτες πληρότητας, ορθότητας και ποιότητας του αποτελέσματος.

**Λέξεις Κλειδιά:** Ελαιόδεντρο, Τηλεπισκοπικές Απεικονίσεις, Αντικειμενοστραφής Ανάλυση, Βάση Γνώσης, Ασαφής λογική, eCognition

## Abstract

The European Union has attached a high priority to the quickest possible and most effective mapping of olive trees in the agricultural sector of its Mediterranean member states. In Greece, olive cultivations cover six million square kilometres, making olive tree recognition an issue of major importance for the Greek agriculture and economy. This project investigates the possibilities in object-oriented analysis in automated olive tree recognition.

The German company's DEFiNiENS Imaging GmbH object-oriented image analysis software eCognition 7 is used to this purpose. The data used in this investigation consist of two digital remote sensing images from the Ikonos satellite and one from Quickbird of an area in Arkadi municipality of Rethymno county, Crete.

The methodology is developed using one of the two Ikonos images and was then applied onto the remaining images in order to evaluate to what extent this procedure could be characterized as automated. The procedure is based on two algorithms. The first algorithm operates on two levels, separating in the first one the image into vegetation and not-vegetation and in the second one into olive trees and not-olive trees. The second algorithm includes a lot of consecutive segmentations and classifications of the image within one level. This procedure is based on the logic of a "sieve"-algorithm that dissects the image's objects into olive trees and not-olive trees at each stage, classifying the largest ones.

The first image segmentation is the same in both algorithms. The first algorithm focuses on the detection of vegetation or not-vegetation while the second one, although the image is very fine-grained, focuses on the recognition of large olive trees. The fine segmented objects that were classified as large olive trees are merged into large unified objects under a new classification guaranteeing they belong to this category.

In the first algorithm a second level is created after the application of spectral difference segmentation, which highlights the olive trees.

Depending on the needs of individual cases, the objects classified as olive trees are merged so that they can be classified into individual or coalescing olive trees based on their surface area.

The second algorithm dissects the remaining image into medium-sized olive trees and non-medium-sized olive trees. Medium-sized olive trees are detected in the same way as the large ones, while the smaller ones are classified following a spectral difference segmentation of the remaining objects.

The image is split into olive trees and not-olive trees in both cases.

The assessment of the results of all five regions follows. Initially some statistical data for each classification is calculated to test the classification's stability.

Then every area's classification results is compared to the digitalized data of the same region in order to estimate omission and commission errors, as well as the completeness, the correctness and the quality indicators of the result.

**Keywords:** Olive tree, Remotely Sensed Images, Object-oriented Image Analysis, Knowledge Base, Fuzzy Logic, eCognition



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>14</b>
<b>1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ-ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ</b> .....	<b>19</b>
1.1. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας .....	19
1.1.1. Τόπος Προέλευσης Ελιάς - Ιστορικά Στοιχεία.....	19
1.1.2. Χαρακτηριστικά Στοιχεία Ελαιόδεντρων .....	20
1.1.3. Κρήτη - Δήμος Αρκαδίου.....	21
1.1.4. Η Συμβολή της Τηλεπισκόπησης στις Ελαιοκαλλιέργειες και Το Ελαιοκομικό Μητρώο .....	22
1.2. Ανασκόπηση Επιστημονικού Πεδίου .....	23
1.2.1. Τηλεπισκόπηση .....	23
1.2.2. Δορυφόρος QUICKBIRD .....	25
1.2.3. Δορυφόρος IKONOS .....	26
1.2.4. Αντικειμενοστραφής Ανάλυση Εικόνας.....	27
1.2.5. Εισαγωγή στο Λογισμικό eCognition.....	28
1.2.6. Αλγόριθμοι Κατάτμησης Εικόνας - Ιεραρχικό Δίκτυο Αντικειμένων ...	30
1.2.6.1. Αλγόριθμος Κατάτμησης Πολλαπλής Ανάλυσης .....	31
1.2.6.2. Αλγόριθμος Κατάτμησης Φασματικής Διαφοράς .....	32
1.2.7. Ταξινόμηση Βάσει Κατάτμησης - Ασαφής Λογική.....	32
1.2.8. Χαρακτηριστικά Αντικειμένων - Εργαλεία .....	34
1.2.8.1. Κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης .....	34
1.2.8.2. Αντίθεση προς γειτονικά εικονοστοιχεία .....	35
1.2.9. Η ιεραρχία των κατηγοριών.....	35
1.2.10. Κατάτμηση Βάσει Ταξινόμησης.....	36
1.2.10.1. Αλγόριθμος Συγχώνευσης Περιοχών .....	36
1.2.11. Το περιβάλλον του Λογισμικού eCognition 7.....	37
1.2.12. Αξιολόγηση Ταξινόμησης.....	39
<b>2. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ</b> .....	<b>40</b>
2.1. Η Περιοχή Μελέτης και οι Δορυφορικές Εικόνες .....	40
2.1.1. Περιοχή Μελέτης.....	40
2.1.2. Διαθέσιμες Δορυφορικές Εικόνες .....	41
2.1.3. Φωτοερμηνεία.....	43
2.1.4. Επίγειος έλεγχος.....	45
2.2. Μεθοδολογία και Υλοποίηση .....	47
2.2.1. Απεικόνιση Ikonos 1 - Περιοχή Ε .....	47
2.2.1.1. Κατάτμηση 1 <sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής Ε .....	49
2.2.1.2. Ταξινόμηση 1 <sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής Ε .....	49

2.2.1.3. Κατάτμηση 2 <sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής E .....	51
2.2.1.4. Ταξινόμηση 2 <sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής E .....	52
2.2.2. Απεικόνιση Ikonos 2 – Περιοχή Α .....	54
2.2.2.1. Κατάτμηση 1 <sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής Α .....	56
2.2.2.2. Ταξινόμηση 1 <sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής Α .....	56
2.2.2.3. Κατάτμηση 2 <sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής Α .....	57
2.2.2.4. Ταξινόμηση 2 <sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής Α .....	58
2.2.3. Απεικόνιση Ikonos 2 – Περιοχή Β .....	62
2.2.3.1. Κατάτμηση περιοχής Β .....	64
2.2.3.2. Ταξινόμηση περιοχής Β .....	64
2.2.4. Απεικόνιση Ikonos 2 - Περιοχή Κ .....	68
2.2.4.1. Ανίχνευση Ελαιόδεντρων Μεγάλου Μεγέθους.....	72
2.2.4.2. Ανίχνευση Ελαιόδεντρων Μεσαίου Μεγέθους .....	74
2.2.4.3. Ανίχνευση Ελαιόδεντρων Μικρού Μεγέθους .....	76
2.2.5. Απεικόνιση Quickbird – Περιοχή J .....	78
2.2.5.1. Μελέτη περιοχής J .....	80
<b>3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ .....</b>	<b>83</b>
3.1. Αξιολόγηση των Ταξινομήσεων με Βάση τους Μεγαλύτερους Βαθμούς Συμμετοχής (Best Classification Result) .....	83
3.2. Αξιολόγηση των Ταξινομήσεων Με Βάση τη Διαφορά Ανάμεσα στον Πρώτο και Δεύτερο Καλύτερο Βαθμό Συμμετοχής (Classification Stability) .....	86
3.3. Σύγκριση του Αποτελέσματος Ασαφούς Λογικής και των Ψηφιοποιημένων Ελαιόδεντρων .....	88
<b>4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ .....</b>	<b>94</b>
4.1. Συμπεράσματα .....	94
4.2. Προοπτικές.....	95
<b>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>96</b>

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών της ταξινόμησης του 1 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Ε .....	50
Πίνακας 2: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων του 2 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Ε .....	53
Πίνακας 3: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών της ταξινόμησης του 1 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Α .....	57
Πίνακας 4: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων του 2 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Α .....	61
Πίνακας 5: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων της περιοχής Β .....	68
Πίνακας 6: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων της περιοχής Κ για την αναγνώριση μεγάλων ελαιόδεντρων .....	74
Πίνακας 7: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων της περιοχής Κ για την αναγνώριση μεσαίων ελαιόδεντρων .....	76
Πίνακας 8: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων της περιοχής Κ για την αναγνώριση μικρών ελαιόδεντρων .....	78
Πίνακας 6: Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων της περιοχής J για την αναγνώριση μεγάλων ελαιόδεντρων .....	82
Πίνακας 10: Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης του εργαλείου best classification result των ταξινομήσεων όλων των περιοχών μελέτης συνοδευόμενοι από τη γραφική ποιοτική αναπαράστασή τους.....	85
Πίνακας 11: Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης του εργαλείου classification stability των ταξινομήσεων όλων των περιοχών μελέτης συνοδευόμενοι από τη γραφική ποιοτική αναπαράστασή τους.....	87
Πίνακας 12: Δείκτες αξιολόγησης και σφάλματα ανάλυσης.....	93

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

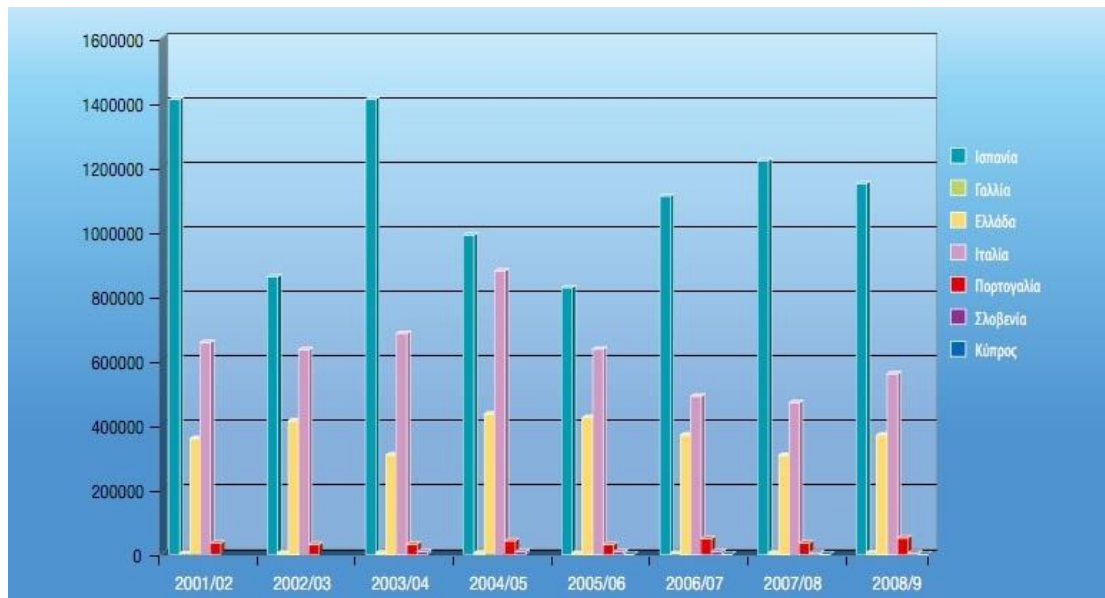
Εικόνα 1: Συνολική ετήσια παραγωγή ελαιόλαδου στα κράτη μέλη της Ε.Ε. (τόνοι). 14	
Εικόνα 2: Δορυφόρος Quickbird .....	25
Εικόνα 3: Δορυφόρος Ikonos.....	26
Εικόνα 4: Το ιεραρχικό δίκτυο των αντικειμένων στο λογισμικό eCognition .....	30
Εικόνα 5: Διάγραμμα ροής αλγόριθμου κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης.....	31
Εικόνα 6: Παράδειγμα αλγόριθμου κατάτμησης φασματικής διαφοράς.....	32
Εικόνα 8: Παράθυρο διαλόγου 'Edit Customized Feature' δημιουργώντας το δείκτη NDVI .....	34
Εικόνα 9: Η γύρω περιοχή ενός αντικειμένου $n$ ορισμένη από ένα πλαίσιο σε απόσταση ενός εικονοστοιχείου και οι παράμετροι του χαρακτηριστικού contrast to neighbor pixels .....	35
Εικόνα 10: Ένα παράδειγμα ιεραρχίας κατηγοριών στο λογισμικό eCognition.....	36
Εικόνα 11: Αποτέλεσμα του αλγορίθμου συγχώνευσης περιοχής σε όλα τα αντικείμενα που είχαν ταξινομηθεί ως parts. ....	37
Εικόνα 12: Το παράθυρο διαλόγου 'Process Tree' του eCognition 7 .....	38
Εικόνα 13: Το παράθυρο διαλόγου 'Edit Process' του eCognition 7 .....	38
Εικόνα 14: Ο Δήμος Αρκαδίου του νομού Ρεθύμνης.....	40
Εικόνα 15: Θέση δορυφορικών εικόνων στο Google Earth (απεικόνιση του 2003) ..	41
Εικόνα 16: Η δορυφορικές εικόνες από το δορυφόρο Ikonos (1 και 2 αντίστοιχα)....	42
Εικόνα 17: Η δορυφορική εικόνα Quickbird .....	42
Εικόνα 18: Φωτοερμηνεία σε έγχρωμο σύνθετο της απεικόνισης Ikonos 2.....	43
Εικόνα 19: Έγχρωμο σύνθετο 432 της απεικόνισης Ikonos 2, όπου παρουσιάζονται οι περιοχές Α, Β και Κ που επιλέχθηκαν για μελέτη .....	44
Εικόνα 20: Η περιοχή μελέτης Ε σε έγχρωμο σύνθετο 432 λωρίδας της απεικόνισης Ikonos 1 και η περιοχή μελέτης J σε έγχρωμο σύνθετο 432 λωρίδας της απεικόνισης Quickbird.....	44
Εικόνα 21: Μέρους ψηφιοποίησης της περιοχής Κ της απεικόνισης Ikonos 2 στο σχεδιαστικό πακέτο AutoCAD .....	45
Εικόνα 22: Η διαδρομή που χαράχθηκε κατά την επί τόπου μελέτη και τα σημεία λήψης φωτογραφιών όπως αυτά εξήχθησαν από το GPS χειρός.....	46
Εικόνα 23: Κολάζ της περιοχής Κ της απεικόνισης Ikonos 2 με τις φωτογραφίες πεδίου που την αφορούν.....	46
Εικόνα 24: Η θέση της περιοχής Ε στην απεικόνιση Ikonos 1.....	47
Εικόνα 25: Το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 1 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Ε με αλγόριθμο κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης (3, 0.1, 0.5).....	49
Εικόνα 26: Σύγκριση της περιοχής Ε σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση του δείκτη NDVI (0.13-0.61) στο feature view.....	50
Εικόνα 27: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Ε.....	51
Εικόνα 28: Το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 2 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Ε με αλγόριθμο κατάτμησης φασματικής διαφοράς (4).....	51
Εικόνα 29: Σύγκριση της περιοχής Ε σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση του brightness (21-38) και του contrast to neighbor pixels Layer 1 (2) (-480 - -100) στο feature view αντίστοιχα .....	52
Εικόνα 30: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης πριν και μετά τη συγχώνευση των αντικειμένων της κατηγορίας olive trees του 2 <sup>ου</sup> επιπέδου .....	53
Εικόνα 31: Το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 1 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Α με αλγόριθμο κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης (3, 0.1, 0.5).....	56
Εικόνα 32: Σύγκριση της περιοχής Α σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση του δείκτη NDVI (0.10-0.53) στο feature view.....	56
Εικόνα 33: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Α.....	57
Εικόνα 34: Το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 2 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Α με αλγόριθμο κατάτμησης φασματικής διαφοράς (3).....	58

Εικόνα 35: Σύγκριση της περιοχής A σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση του χαρακτηριστικού brightness (19-41) στο feature view .....	58
Εικόνα 36: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 2 <sup>ου</sup> επιπέδου πριν τη συγχώνευση περιοχής .....	59
Εικόνα 37: Σύγκριση του 2 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής A μετά τη συγχώνευση σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση του χαρακτηριστικού area (27-5640) στο feature view .....	60
Εικόνα 38: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 2 <sup>ου</sup> επιπέδου μετά τη συγχώνευση περιοχής και τη συμπερίληψη του κριτηρίου area στην ταξινόμηση.....	61
Εικόνα 39: Το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 1 <sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής B με αλγόριθμο κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης (3, 0.1, 0.5).....	64
Εικόνα 40: Το αποτέλεσμα της πρώτης ταξινόμησης της περιοχής B .....	65
Εικόνα 41: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης πριν και μετά τη συγχώνευση των αντικειμένων της κατηγορίας olive tree_like της περιοχής B .....	66
Εικόνα 42: Το αποτέλεσμα της κατάτμησης φασματικής διαφοράς με παράμετρο 3, μόνο των αντικειμένων της κατηγορίας not vegetation_like .....	66
Εικόνα 43: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης πριν και μετά τη συγχώνευση των αντικειμένων της κατηγορίας small olive tree_like της περιοχής B.....	67
Εικόνα 44: Η περιοχή K της απεικόνισης Ikonos 2 .....	69
Εικόνα 45: Η γραφική αναπαράσταση του χαρακτηριστικού brightness (20-36) και το παράθυρο διαλόγου με τη συνάρτηση συμμετοχής του χαρακτηριστικού στην ταξινόμηση .....	72
Εικόνα 46: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης πριν και μετά τη συγχώνευση της κατηγορίας large olive tree_like .....	73
Εικόνα 47: Σύγκριση της περιοχής K σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση στο feature view του χαρακτηριστικού contrast to neighbor pixels Layer 1 (3) με τιμές από .....	74
Εικόνα 48: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης πριν και μετά τη συγχώνευση της κατηγορίας medium olive tree_like .....	75
Εικόνα 49: Το αποτέλεσμα της κατάτμησης φασματικής διαφοράς με παράμετρο 5, όλων των αντικειμένων των κατηγοριών not large olive tree_like, not medium tree_like και not medium olive trees .....	76
Εικόνα 50: Σύγκριση της περιοχής K σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση στο feature view του χαρακτηριστικού contrast to neighbor pixels Layer 1 (1) με τιμές από -660 έως -60 .....	77
Εικόνα 51: Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης της περιοχής K .....	77
Εικόνα 52: Η θέση της περιοχής J στην απεικόνιση Quickbird.....	78
Εικόνα 53: Σύγκριση της περιοχής J σε έγχρωμο σύνθετο 432 με το αποτέλεσμα της ταξινόμησης .....	81
Εικόνα 54: Το ελαιοκομικό μητρώο της περιοχής μελέτης του δήμου Αρκαδίου στην Κρήτη .....	89
Εικόνα 55: Το ελαιοκομικό μητρώο στην περιοχή K .....	89
Εικόνα 56: Η τομή του επιπέδου της ψηφιοποίησης με το επίπεδο της ταξινόμησης βάσει αντικειμενοστραφούς ανάλυσης των περιοχών E (αριστερά) και A (δεξιά).....	90
Εικόνα 57: Η τομή του επιπέδου της ψηφιοποίησης με το επίπεδο της ταξινόμησης βάσει αντικειμενοστραφούς ανάλυσης της περιοχής K .....	91
Εικόνα 58: Η τομή του επιπέδου της ψηφιοποίησης με το επίπεδο της ταξινόμησης βάσει αντικειμενοστραφούς ανάλυσης των περιοχών B (αριστερά) και J (δεξιά).....	91

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το περιεχόμενο της εισαγωγής της παρούσας εργασίας που αφορά στην παρούσα κατάσταση των ελαιοκαλλιιεργειών στην Ευρώπη προέρχεται από το έντυπο «LIFE ανάμεσα στα ελαιόδεντρα: Ορθή πρακτική για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων στον κλάδο του ελαιόλαδου» της Γενικής Διεύθυνσης Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Η καλλιέργεια ελιάς είναι μια σημαντική γεωργική δραστηριότητα των νοτίων κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με συγκομιδή περίπου 5 εκατομμύρια εκτάρια το 2007. Η Ισπανία, με 2,47 εκτάρια, έχει τη μεγαλύτερη καλλιεργούμενη έκταση, και ακολουθείται από την Ιταλία (1,16 εκατομμύρια εκτάρια), την Ελλάδα (0,8 εκατομμύρια εκτάρια) και την Πορτογαλία (0,38 εκατομμύρια εκτάρια).



**Εικόνα 1:** Συνολική ετήσια παραγωγή ελαιόλαδου στα κράτη μέλη της Ε.Ε. (τόνοι)  
Πηγή: Παγκόσμια Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (2007)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση παράγει το 70% περίπου της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής ελιάς, ενώ είναι ο βασικός εξαγωγέας στις μη ελαιοπαραγωγούς περιοχές όπως η Βόρεια Αμερική. Αναφορικά με την έκταση, η ελαιοκαλλιέργεια αντιπροσωπεύει το 8-9% των συνολικών γεωργικών γαιών της Ισπανίας, της Ιταλίας και της Πορτογαλίας, και το 20% στην Ελλάδα. Πάνω από 1,8 εκατομμύρια γεωργικές εκμεταλλεύσεις καλλιεργούν ελαιόδεντρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αντιπροσωπεύοντας το 40% των γεωργικών εκμεταλλεύσεων στην Ισπανία και την Ιταλία, και το 60% στην Ελλάδα.

Η έκταση των ελαιώνων στην Ελλάδα έχει αυξηθεί συστηματικά τα τελευταία είκοσι πέντε χρόνια, λόγω της φύτευσης ελαιώνων υψηλής πυκνότητας. Η έκταση αυτή ανήλθε σε 800.000 εκτάρια το 2007 (+120.000 εκτάρια από το 1991). Οι ελαιώνες για ελαιόλαδο έχουν επεκταθεί σε πολλές ημιορεινές και παράκτιες περιοχές και οι ποικιλίες φιλολιάς, όπως η Κορωνέικη – η σημαντικότερη ποικιλία ελιάς στην Ελλάδα – κυριαρχούν.

Η τάση είναι προς την κατεύθυνση της εντατικοποίησης της παραγωγής μέσω της μηχανοποίησης, της εξομάλυνσης του εδάφους, της στάγδην άρδευσης και της αυξημένης χρήσης εξωτερικών εισροών. Η μεικτή καλλιέργεια ελαιόδεντρων και άλλων δέντρων ή αρόσιμων καλλιεργειών εγκαταλείπεται. Τα ελαιόδεντρα καλλιεργούνται σχεδόν αποκλειστικά σε φυτείες ενός είδους. Οι παλαιοί ελαιώνες με μεγάλα, αρχαία δέντρα έχουν αντικατασταθεί από νέες εντατικές φυτείες. Οι ελαιώνες αυτοί μπορούν να χαρακτηριστούν ως «χαμηλών εισροών» και εγκαταλείπονται ολοένα και περισσότερο λόγω παραγόντων όπως η γήρανση του πληθυσμού, η αστικοποίηση, ο ανταγωνισμός από τον τουριστικό κλάδο για το ανθρώπινο δυναμικό, και οι δύσκολες αγρο-κλιματικές συνθήκες, που συχνά οδηγούν στη δημιουργία ενός ημι-τεχνητού αγρο-οικοσυστήματος.

Το ελαιόλαδο είναι σπουδαίο προϊόν, μεγάλης οικονομικής και κοινωνικής σημασίας γιατί η ακαθάριστη αξία της παραγωγής του αντιπροσωπεύει το 12,5% της ακαθάριστης φυτικής παραγωγής της χώρας και το 46,5% του ακαθάριστου γεωργικού εισοδήματος.

Ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της καλλιέργειας ελιάς και της παραγωγής ελαιόλαδου είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την Ευρωπαϊκή Ένωση διότι τρεις χώρες της Ε.Ε. – Ισπανία, Ιταλία και Ελλάδα – είναι μακράν οι παγκόσμιοι ηγέτες σε αυτούς τους κλάδους. Στα ιδιαίτερα προβλήματα περιλαμβάνεται η διάβρωση του εδάφους, η αυξανόμενη κατανάλωση νερού, η ερημοποίηση, η ρύπανση από τη χρήση χημικών και λιπασμάτων, η ζημιά στη βιοποικιλότητα, και η παραγωγή αποβλήτων. Αρκετές πολιτικές και νόμοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης χειρίζονται τα προβλήματα αυτά, και έτσι, άμεσα ή έμμεσα, η νομοθεσία της Ε.Ε. επιδρά στον κλάδο του ελαιόλαδου με αρκετούς τρόπους.

Οι περιοχές ελαιοκαλλιέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση κάθε άλλο παρά ομοιογενείς είναι, με σημαντικές διαφορές μεταξύ περιφερειών και χωρών, και σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και μεταξύ διαφορετικών αγροκτημάτων στην ίδια περιοχή.

Τα αγροκτήματα ελιάς κυμαίνονται από πολύ μικρά (<0,5 εκτάρια) έως πολύ μεγάλα >500 εκτάρια) και από παραδοσιακούς ελαιώνες χαμηλής έντασης σε εντατικές, ιδιαίτερα εκμηχανισμένες φυτείες. Τα ελαιόδεντρα ποικίλλουν από αιωνόβια δείγματα με τεράστια κλαδιά, που καλλιεργούνται με εμβολιασμό σε άγριες ελιές και

διατηρούνται με κλάδεμα για πάνω από 500 χρόνια, σε σύγχρονες ελιές-νάνους που φυτεύονται σε πυκνές σειρές, οι οποίες ξεριζώνονται και ξαναφυτεύονται κάθε 25 χρόνια. Οι πυκνότητες των δέντρων ποικίλλουν από 40-50 ρίζες ανά εκτάριο σε κάποιες παλαιότερες φυτείες, έως 300-400 ρίζες ή και περισσότερο ανά εκτάριο στις πιο εντατικές φυτείες. Συνολικά, υπάρχουν τρεις γενικοί τύποι φυτείας:

- Παραδοσιακές φυτείες χαμηλών εισροών, που έχουν συχνά αρχαία προέλευση και συχνά φυτεύονται σε αναβαθμίδες. Η διαχείρισή τους γίνεται με ελάχιστες ή και καθόλου χημικές εισροές, ενώ η εισροή εργασίας είναι μεγάλη. Λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους και των αγροτικών πρακτικών όπως βόσκηση των ζώων κάτω από τις ελιές, οι φυτείες αυτές έχουν υψηλή φυσική αξία σε ότι αφορά τη βιοποικιλότητα και το τοπίο, και θετικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Ωστόσο, μπορεί να είναι δύσκολο να αποκομίσει κανείς κέρδη από τις φυτείες αυτές, οι οποίες είναι συνεπώς ευάλωτες στην εγκατάλειψη.
- Οι εντατικοποιημένες παραδοσιακές φυτείες έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά με τις παραδοσιακές φυτείες, αλλά η διαχείρισή τους γίνεται πιο εντατικά. Χρησιμοποιούν περισσότερα τεχνητά λιπάσματα και φυτοφάρμακα, και πιο εντατικές τεχνικές ελέγχου των παρασίτων και διαχείρισης του εδάφους. Επίσης μπορεί να αυξηθεί η πυκνότητα των δέντρων και να χρησιμοποιηθεί άρδευση και μηχανική συγκομιδή. Με την αυξημένη πυκνότητα δέντρων, τα λιπάσματα ή και την άρδευση, αυτές οι φυτείες αναφέρονται απλά ως εντατικές φυτείες.
- Οι υπερεντατικές σύγχρονες φυτείες χρησιμοποιούν μικρότερες ποικιλίες δέντρων που φυτεύονται σε μεγαλύτερες πυκνότητες, της τάξης των 1.600-1.800 δέντρων/ εκτάριο. Επίσης, η διαχείρισή τους γίνεται με εντατικά και ιδιαίτερα εκμηχανισμένα συστήματα, που απαιτούν άρδευση για τη δημιουργία ενός υγρού μικροκλίματος που ευνοεί την ανάπτυξη του ελαιόδεντρου, και εντατική χρήση ορισμένων αγροχημικών ουσιών.

Επιπλέον, υπάρχει αυξανόμενη τάση για βιολογικές φυτείες, η διαχείριση των οποίων γίνεται χωρίς χημικές εισροές, και οι οποίες υπόκεινται στα αυστηρότερα πρότυπα παραγωγής. Η βιολογική καλλιέργεια αναπτύσσεται γρήγορα, αν και απαιτεί υψηλότερες επιδοτήσεις προκειμένου να είναι ανταγωνιστική. Αντιστοιχεί σε σχετικά μικρό αλλά αυξανόμενο μερίδιο της καλλιέργειας της Ε.Ε. (για παράδειγμα, στην Ιταλία περίπου το 15% των εκτάσεων ελαιοκαλλιέργειας έχει πιστοποιηθεί ως βιολογικό). Η τάση για βιολογική καλλιέργεια αναμένεται να ενισχυθεί μετά το νέο κανονισμό βιολογικής καλλιέργειας της Ε.Ε. (834/20071), ο οποίος προωθεί τη συνεχιζόμενη ανάπτυξη αυτού του συστήματος αειφόρου καλλιέργειας.



Τα εντατικοποιημένα παραδοσιακά και σύγχρονα εντατικά συστήματα μπορεί να παρουσιάσουν μειωμένη φυσική αξία και να παράγουν αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ιδιαίτερα προβλήματα είναι η διάβρωση του εδάφους, η απορροή σε υδάτινους όγκους, η εκμετάλλευση ανεπαρκών υδάτινων πόρων και η υποβάθμιση τοπίων και φυσικών οικοτόπων.

Τα τελευταία χρόνια ο επιστημονικός τομέας της Τηλεπισκόπησης (Remote Sensing) έχει σημειώσει μεγάλη εξέλιξη, τόσο σε θέματα τεχνικομηχανικού εξοπλισμού (hardware) όσο και σε θέματα λογισμικού (software). Οι πλείστες εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης που έχουν προταθεί για ένα μεγάλο εύρος της Γεωεπιστήμης έχουν οδηγήσει σε εξελίξεις που προβλέπεται να αξιοποιηθούν και να τελεσφορήσουν περαιτέρω στο μέλλον. Στον τομέα του τεχνικομηχανικού εξοπλισμού παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα προμήθειας πολυφασματικών τηλεπισκοπικών δεδομένων ύψιστης διακριτικής ικανότητας από δορυφορικές και μη πλατφόρμες. Αντίστοιχα στον τομέα του διαθέσιμου λογισμικού καινούριοι αλγόριθμοι για τη ανάλυση και ερμηνεία τηλεπισκοπικών απεικονίσεων προτείνονται. Ολοένα και περισσότερο δεδομένα υψηλής διακριτικής ικανότητας διατίθενται στην αγορά, την πολυπλοκότητα των οποίων δεν μπορούν εύκολα να διαχειριστούν οι τεχνικές ανάλυσης των μεμονωμένων εικονοστοιχείων, λαμβάνοντας απλά υπ' όψιν τις φασματικές υπογραφές αυτών. Η ποικιλία των διαφόρων ειδών και ο όγκος των προς επεξεργασία τηλεπισκοπικών δεδομένων αναδεικνύουν την ανάγκη πιο ευέλικτων και αποτελεσματικών μεθόδων ερμηνείας τους. Η απλοποίηση, η αυτοματοποίηση και η ενσωμάτωση στις μεθόδους αυτές της θεωρητικής ή εμπειρικής γνώσης των ειδικών, αποτελούν πάγια αιτήματα των ασχολούμενων με τον τομέα της Τηλεπισκόπησης (Δερζέκος, 2002).

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

Ο κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αυτόματη αναγνώριση ελαιόδεντρων. Ως προς την προσέγγιση που ακολουθείται για την εξαγωγή του ζητούμενου, επιμέρους μεθοδολογικοί στόχοι της εργασίας αποτελούν:

1. Η διερεύνηση των καινούριων αλγορίθμων της έκδοσης 7 του λογισμικού eCognition, ώστε να εξυπηρετείται η μελέτη των εκάστοτε περιπτώσεων αναγνώρισης ελαιόδεντρων.
2. Η διερεύνηση των κατάλληλων φασματικών ή άλλων (γεωμετρικών, χωρικών) χαρακτηριστικών των κατατετμημένων αντικειμένων στην αναπαράσταση των επιθυμητών κατηγοριών, ώστε να διαφοροποιούνται επαρκώς.
3. Η διερεύνηση της μεθόδου ασαφούς αναπαράστασης και ταξινόμησης (fuzzy logic) των κατατετμημένων αντικειμένων.
4. Η αξιολόγηση ακρίβειας από την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων με διάφορους τρόπους, συμπεριλαμβανομένων εξειδικευμένων εργαλείων που διαθέτει το λογισμικό για τον σκοπό αυτό, καθώς και της σύγκρισης του εξαγόμενου αποτελέσματος, ως αποτέλεσμα της ασαφούς λογικής, με τη ψηφιοποιημένη επιφάνεια στο περιβάλλον AutoCAD.

# 1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ-ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

## 1.1. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Εδώ και χιλιετίες, το κατ' εξοχήν δέντρο του μεσογειακού χώρου, η ελιά, συνυπάρχει με τους λαούς της Μεσογείου, έχει συνδεθεί με την καθημερινότητα και τις συνήθειές τους και, έχοντας ξεπεράσει τα όρια του τοπίου, έχει αφήσει τα ίχνη της σε όλους τους πολιτισμούς που αναπτύχθηκαν στα παράλια της. Η Ελλάδα είναι σπαρμένη με ελαιώνες. Η ελιά ως αυτοφυές δέντρο (αγριελιά) πρωτοεμφανίστηκε στην ανατολική Μεσόγειο, αλλά ήταν στην Ελλάδα όπου καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά. Έκτοτε, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, η παρουσία της ελιάς στον ελληνικό χώρο υπήρξε αδιάλειπτη και άρρηκτα συνυφασμένη με τις παραδόσεις και την κουλτούρα του λαού. Για τους Έλληνες και τους άλλους μεσογειακούς λαούς, η ελιά αποτελεί ένα καρποφόρο δέντρο που επέδρασε όχι μόνο στην κοινωνική και οικονομική πραγματικότητα, αλλά και στο πεδίο της λατρευτικής τους πρακτικής, των δοξασιών και των εθίμων. Δέντρο ιερό, πολύτιμο και αγαπημένο η ελιά έχει σημαδέψει τον ελληνικό πολιτισμό. (Τσούμπας 2010)

### 1.1.1. Τόπος Προέλευσης Ελιάς - Ιστορικά Στοιχεία

Από τη Νεολιθική ακόμα εποχή φαίνεται ότι μαζί με τους καρπούς διαφόρων δέντρων γινόταν και συλλογή των καρπών της αγριελιάς. Από την περίοδο μάλιστα αυτή έχουμε και τα παλιότερα ως τώρα δείγματα από γύρη ελιάς (Κρήτη-Βοιωτία). Έρευνες και ευρήματα (πιθάρι, καταγραφές σε πινακίδες, απομεινάρια ελαιοτριβείων) μαρτυρούν ότι η παραγωγή ελαιόλαδου κατείχε εξέχουσα θέση στην κοινωνία και οικονομία των Μινωιτών και Μυκηναίων. Ήδη από τα μινωικά χρόνια γινόταν επεξεργασία του καρπού της ελιάς και παραγόταν λάδι που αποθηκευόταν σε πήλινους πίθους και αμφορείς και συχνά εξαγόταν στα νησιά του Αιγαίου και την κεντρική Ελλάδα. Από τις διάφορες ιστορικές πηγές φαίνεται ότι και οι Φοίνικες έκαναν χρήση του λαδιού, χωρίς όμως να κάνουν συστηματική καλλιέργεια της ελιάς. Ίσως το λάδι το μάζευαν από τις άγριες ελιές. Άλλωστε την εποχή των Φοινίκων φαίνεται ότι γινόταν αρκετά μεγάλο εμπόριο λαδιού μεταξύ της Φοινίκης και της Κρήτης. Στις Μυκήνες βρέθηκε κομμάτι ασημένιου αγγείου που απεικονίζει ελιά, ενώ στην ίδια περιοχή οι Σλήμαν και Τούντας βρήκαν πυρήνες ήμερης ελιάς. Στη Θήρα και στην Κνωσό βρέθηκαν τοιχογραφίες με θέμα την ελιά

καθώς και συσκευές που έμοιαζαν με ελαιοπιεστήρια. Έτσι, η καλλιέργεια της ελιάς στην Κρήτη κατά το Β. Κριμπιά τοποθετείται μεταξύ 1500 και 2000 π.Χ.

### **1.1.2. Χαρακτηριστικά Στοιχεία Ελαιόδεντρων**

Το ελαιόδεντρο, είναι τυπικός εκπρόσωπος του μεσογειακού υποτροπικού-εύκρατου κλίματος, που χαρακτηρίζεται από τον ήπιο και γλυκό χειμώνα, το δροσερό καλοκαίρι, λόγω της γειννίας με το θαλάσσιο όγκο της Μεσογείου, και από τη μικρή ή μέτρια βροχόπτωση, άνισα κατανεμημένη στις διάφορες εποχές του χρόνου. Η ελιά δεν αντέχει το πολύ κρύο, αλλά αντέχει στην ξηρασία, τους ανέμους και το χαλάζι. Ευδοκίμει σε γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 30° και 45° και σε θερμοκρασία από -3° μέχρι 40°C, γι' αυτό και αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της λεκάνης της Μεσογείου, η οποία παρέχει ιδεώδες περιβάλλον από πλευράς κλιματολογικών και τοπογραφικών συνθηκών για την ελαιοκαλλιέργεια.

Το επιστημονικό όνομα της ελιάς είναι *Olea Europaea* και πρόκειται για ένα αειθαλές δέντρο μέσου μεγέθους με μακρόστενα φύλλα που δεν ξεπερνά σε ύψος τα 10 μέτρα, ενώ σήμερα υπάρχουν και ποικιλίες που δεν ξεπερνούν ούτε τα 5 μέτρα. Το ριζικό σύστημα της ελιάς είναι επιπόλαιο σε πλούσια εδάφη, ενώ σε φτωχά και ξερά εδάφη οι ρίζες της είναι δυνατό να φτάσουν τα 6-10 μέτρα.

Η φυσιολογική διάρκεια ζωής ενός ελαιόδεντρου είναι 300-600 χρόνια. Πολλοί υποστηρίζουν ότι υπάρχουν ελιές με ηλικία που ξεπερνά τα 1.000 χρόνια. Το δέντρο της ελιάς αντέχει πολύ καλά στο χρόνο. Αν πεθάνει ο κυρίως κορμός είναι δυνατόν να εμφανιστεί νέος κορμός από τις ρίζες. Τα ελαιόδεντρα ανθίζουν την άνοιξη και γονιμοποιούνται με τον άνεμο. Δεν παράγουν καρπό τα πρώτα 5-8 χρόνια και δεν αναπτύσσονται πλήρως μέχρι τα 20 χρόνια. Ωριμάζουν και φτάνουν στην πλήρη απόδοση καρπού ανάμεσα στα 35 με 150 χρόνια, και μετά παράγουν καρπό αδιάκοπα κάθε δύο χρόνια.

Ο καρπός τους είναι πολύ βασικός για τη Μεσογειακή διατροφή, τόσο ως εδώδιμος όσο και επειδή από αυτόν παράγεται το ελαιόλαδο. Σήμερα υπάρχουν στην Ελλάδα 150.000.000 περίπου ελαιόδεντρα, λειτουργούν 2.800 ελαιοτριβεία και 500.000 οικογένειες ζουν από την καλλιέργεια της ελιάς. Η παραγωγή λαδιού στη χώρα είναι της τάξης των 400.000 τόνων το χρόνο. Η Ελλάδα κατέχει την τρίτη θέση στον κόσμο σε παραγωγή λαδιού, μετά την Ιταλία και την Ισπανία, ενώ ένα μεγάλο μέρος της παραγωγής του λαδιού εξάγεται σε άλλες χώρες, κυρίως στις ευρωπαϊκές.

Υπάρχουν περισσότερες από 70 ποικιλίες ελαιόδεντρων στον κόσμο. Εκτός από τις Μεσογειακές χώρες, λάδι και ελιές παράγονται και στην Κίνα, στη Χιλή, στο Περού,

στη Βραζιλία, στο Μεξικό, στην Αγκόλα, στη Νότια Αμερική, στην Ουρουγουάη, στο Αφγανιστάν, στην Αυστραλία και στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ.

Τα πιο συνηθισμένα συστήματα για τη φύτευση των ελαιόδεντρων είναι το τετράγωνο, το παραλληλόγραμμο και οι ισοϋψείς γραμμές. Το τετράγωνο είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα που εφαρμόζεται με επιτυχία. Οι αποστάσεις είναι ανάλογες με τη γονιμότητα του εδάφους και το διαθέσιμο νερό για άρδευση. Σε γόνιμα εδάφη και διαθέσιμο νερό για άρδευση οι καλύτερες αποστάσεις είναι 7x7 μέτρα και για μέτριας γονιμότητας εδάφη, 6x6 μέτρα. Στο παραλληλόγραμμο σύστημα οι αποστάσεις είναι 7 μέτρα μεταξύ των γραμμών και 5,5 ή 6 μέτρα μεταξύ των δέντρων της ίδιας γραμμής.

### 1.1.3. Κρήτη - Δήμος Αρκαδίου

Όπως μαρτυρούν τα αρχαιολογικά δεδομένα αλλά και οι ιστορικές πηγές, η ιστορία της Κρήτης είναι στενά συνδεδεμένη με το δέντρο της ελιάς και με το βασικό προϊόν της, το λάδι. Ήδη από τα μινωικά χρόνια, όπως έχει αποδειχθεί από τα αρχαιολογικά ευρήματα της Κνωσού, γινόταν επεξεργασία του καρπού της ελιάς και παραγόταν λάδι που αποθηκευόταν σε πήλινους πίθους και αμφορείς και συχνά εξαγόταν στα νησιά του Αιγαίου και την κεντρική Ελλάδα. Πέρα όμως από τα οικονομικά οφέλη, το δέντρο της ελιάς λατρευόταν ως ιερό και το λάδι εκτός από προσφορά στους θεούς και στους νεκρούς χρησίμευε ακόμα στην ιατρική, στον αθλητισμό και στην καθημερινή ζωή ως προϊόν βασικό για τη διατροφή, το φωτισμό και τη θέρμανση. Η Κρήτη με το μεσογειακό της κλίμα ευνοεί την ανάπτυξη της ελιάς που φύεται τόσο σε πεδινές όσο και σε ορεινές περιοχές και καρποφορεί το χειμώνα. Στο νησί υπάρχουν εκατομμύρια ελαιόδεντρα και χιλιάδες οικογένειες βασίζουν την οικονομική τους ζωή στην καλλιέργειά τους. Ο νομός Ρεθύμνης είναι κατάφυτος από ελιές και η παραγωγή ελαιόλαδου αποτελεί μια από τις βασικές ασχολίες των κατοίκων. Τα είδη που καλλιεργούνται είναι κυρίως χοντρολιές, κορωνίκες και λιγότερες τσουνάτες. Από τα δέντρα αυτά παράγεται εκλεκτής ποιότητας ελαιόλαδο καθώς και βρώσιμες ελιές εξαιρετικής ποιότητας. Ο περίφημος ελαιώνας της περιοχής Άδελε στο Δήμο Αρκαδίου, σε μία τεράστια πεδινή και ημιορεινή έκταση, θεωρείται ένας από τους μεγαλύτερους της Μεσογείου. Τη μακροχρόνια και στενή σχέση της περιοχής αυτής αλλά και ολόκληρου του Ρεθύμνης και της Κρήτης με την ελιά και το λάδι αντανakλά η οργάνωση του Μουσείου της Ελιάς στα Καψαλιανά. Πρόκειται για έναν οικισμό που αποτελούσε μετόχι της Ι. Μ. Αρκαδίου. Εκεί βρισκόταν ο ελαιόμυλος του μοναστηριού που μαζί με άλλα κτίσματα οικοδομήθηκε στο τέλος του 16<sup>ου</sup> και στις αρχές του 17<sup>ου</sup>

αι. Ο οικισμός είναι διατηρητέος και σήμερα έχει αναστηλωθεί και συντηρηθεί σχεδόν εξολοκλήρου. (Τσούμπας 2010)

#### **1.1.4. Η Συμβολή της Τηλεπισκόπησης στις Ελαιοκαλλιέργειες και Το Ελαιοκομικό Μητρώο**

Η σημασία της γεωργίας είναι πολύ μεγάλη για την ανάπτυξη της Ελλάδας και η τηλεπισκόπηση μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο σε αυτή. Με τα εργαλεία που διαθέτει μπορεί να κάνει την παρακολούθηση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και τη χαρτογράφηση των καλλιεργειών εύκολη και γρήγορη σε χαμηλό κόστος.

Τα Ευρωπαϊκά Προγράμματα, που προάγουν την έρευνα για την εφαρμογή ψηφιακών τηλεπισκοπικών μεθόδων στη γεωργία, στρέφονται στην παρακολούθηση των καλλιεργειών με κύριο στόχο τη διασταύρωση των αιτήσεων των παραγωγών για ενισχύσεις, οι οποίες τους αποδίδονται ετησίως, ανάλογα με την έκταση ή πιο πρόσφατα με το ύψος παραγωγής. Η τηλεπισκόπηση μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο για τη διασταύρωση και την επαλήθευση των δηλώσεων των παραγωγών που υποβάλλουν αιτήσεις για ενίσχυση. (Μιχαηλίδου 2001)

Η εκτίμηση και η πρόβλεψη της παραγωγής κρίνονται απαραίτητες για τη χάραξη ολοκληρωμένης πολιτικής στην ανάπτυξη της γεωργίας στον ελληνικό χώρο. Εκτός από την αξιοποίηση των τηλεπισκοπικών μεθόδων χρειάζονται όμως και άλλα δεδομένα, όπως για παράδειγμα επίγειοι έλεγχοι, χάρτες, καθώς και διεπιστημονικές συνεργασίες για την ανάπτυξη κατάλληλης μεθοδολογίας.

Στην Ελλάδα προς αυτή την κατεύθυνση έχει αναπτυχθεί το ελαιοκομικό μητρώο, στόχοι του οποίου είναι η καλύτερη λειτουργία του κοινοτικού καθεστώτος ενισχύσεων, η ταχεία πληρωμή των κοινοτικών ενισχύσεων με διαφάνεια και βάσει αντικειμενικών κριτηρίων και ο σχεδιασμός αγροτικής πολιτικής σε εθνικό και κοινοτικό επίπεδο στον τομέα της ελιάς.

Τα οφέλη για τον αγρότη-παραγωγό είναι:

- Κατοχύρωση των δικαιωμάτων του στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
- Συμμετοχή σε κοινοτικά και εθνικά παρεμβατικά και διαρθρωτικά μέτρα και προγράμματα.
- Τεκμηριωμένη προσαρμογή στις απαιτήσεις της αγοράς των ελαιοκομικών και αμπελουργικών προϊόντων.
- Προώθηση ανταγωνιστικών ποικιλιών αμπέλου.
- Βελτίωση συνεργασίας πολιτείας-αγρότη.

Η υποβολή των δηλώσεων είναι υποχρεωτική προκειμένου οι παραγωγοί να λαμβάνουν τις κοινοτικές ενισχύσεις και να εντάσσονται σε κοινοτικά και εθνικά παρεμβατικά και διαρθρωτικά μέτρα και προγράμματα. (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων)

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η αυτόματη ανίχνευση ελαιόδεντρων βάσει κριτηρίων που αναπτύσσονται με τη βοήθεια της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας και με τη χρήση ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων υψηλής διακριτικής ικανότητας.

## **1.2. Ανασκόπηση Επιστημονικού Πεδίου**

### **1.2.1. Τηλεπισκόπηση**

Η τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη της απόκτησης ποιοτικής και  μετρητικής πληροφορίας ενός φαινομένου ή ενός αντικειμένου από απόσταση, χωρίς δηλαδή φυσική επαφή με το υπό μελέτη φαινόμενο ή αντικείμενο. Πρακτικά στην τηλεπισκόπηση χρησιμοποιούνται καταγραφείς διαφόρων τεχνολογιών (δέκτες) μέσω των οποίων συλλέγεται και στην συνέχεια αναλύεται πληροφορία που αφορά αντικείμενα ή περιοχές. (Τζώτσος, Αργιαλάς) Έχει εφαρμογή σε επιστήμες όπως η δασολογία, η γεωλογία, η γεωμορφολογία, ωκεανογραφία, κλιματολογία, γεωγραφία, περιφερειακή ανάπτυξη αλλά και στην καταγραφή και παρακολούθηση των φυσικών και ανθρώπινων διαθέσιμων γενικότερα (Αργιαλάς 1998).

Η Τηλεπισκόπηση (με την ευρεία έννοια) χρησιμοποιείται ήδη από τους προϊστορικούς χρόνους ως μία προσπάθεια του ανθρώπου για γρήγορη λήψη χωρικών δεδομένων. Πρέπει κανείς να υποθέσει ότι στις σαβάνες της Αφρικής τα ανθρωποειδή έψαχναν απομονωμένα δέντρα ώστε να σαρώνουν από ψηλά τον ορίζοντα για θηράματα ή επικείμενους κινδύνους. Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου έγκειται στη μεγάλη λήψη χωρικών πληροφοριών σε μικρό χρόνο, κάτι που σήμερα καλύπτει μεγάλο εύρος εφαρμογών (Leakey, 1985). Η σύγχρονη επιστήμη της τηλεπισκόπησης προέκυψε με την ανάπτυξη της πτήσης. Ο G. Tournachon (Nadar) πήρε φωτογραφίες του Παρισιού από το αερόστατό του το 1858. Η συστηματική όμως αεροφωτογράφιση αναπτύχθηκε για στρατιωτικούς σκοπούς στον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο και έφτασε στο αποκορύφωμά της κατά τη διάρκεια του ψυχρού πολέμου. Στο δεύτερο μισό του εικοστού αιώνα η ανάπτυξη των τεχνητών δορυφόρων επέτρεψε στην τηλεπισκόπηση να εξελιχθεί σε παγκόσμια κλίμακα.

Η επεξεργασία εικόνων περιλαμβάνει διαδικασίες διόρθωσης και αποκατάστασης, ενίσχυσης και ταξινόμησης. Σκοπός της διόρθωσης εικόνων είναι η εξάλειψη των γεωμετρικών και ραδιομετρικών παραμορφώσεων που υφίσταται η εικόνα κατά τη διαδικασία λήψης. Οι γεωμετρικές παραμορφώσεις οφείλονται στη μεταβολή σε ύψος ή προσανατολισμό των αξόνων, της ταχύτητας της πλατφόρμας που μεταφέρει το δέκτη, στην καμπυλότητα της Γης, την ατμοσφαιρική διάθλαση, τη μετατόπιση λόγω ανάγλυφου κ.α. Αντίθετα οι ραδιομετρικές αφορούν σε παραμορφώσεις της έντασης της ακτινοβολίας και οφείλονται σε μεταβολές στο φωτισμό του αντικειμένου κατά τη λήψη, τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, τη θέση παρατήρησης κ.α. Η ενίσχυση των εικόνων συμβάλλει στην ποιοτικότερη και πιο εύκολη φωτοερμηνεία των δορυφορικών εικόνων καθώς επιχειρεί να βελτιστοποιήσει της συμπληρωματικές ικανότητες ανθρώπου και υπολογιστή (Αργιαλάς 1998).

Η ερμηνεία των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, απαιτεί ένα συνδυασμό γνώσεων, εμπειρίας και κρίσης του φωτοερμηνευτή. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι ανάλυσης των εικόνων, με πιο παλιά την οπτική προσέγγιση που όλα γίνονται από τον φωτοερμηνευτή και μόνο, ο εγκέφαλος του οποίου αντιλαμβάνεται μία εικόνα χωρίζοντάς τη σε ομοιογενείς περιοχές. Στις πιο σύγχρονες μεθόδους, οι οποίες διακρίνονται στις επιβλεπόμενες και μη, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εξαγωγή του αποτελέσματος. Η διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων είναι το στάδιο της επίβλεψης κατά το οποίο ο φωτοερμηνευτής αναγνωρίζει τις κατηγορίες που εμπεριέχονται στην εικόνα και ξεκινά τη δειγματοληψία έτσι ώστε να τις περιγράψει με όσο το δυνατόν καταλληλότερα και αντιπροσωπευτικότερα χαρακτηριστικά. Η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση αντίθετα περιλαμβάνει αλγορίθμους ομαδοποίησης των εικονοστοιχείων με βάση τις φυσικές ομαδοποιήσεις ή συσσωρεύσεις που ενυπάρχουν στις ψηφιακές τιμές της εικόνας (Αργιαλάς 1998).

Μια από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει σήμερα η Τηλεπισκόπηση είναι η καταγραφή τάξεων κάλυψης/χρήσης γης από τις νέες εικόνες υψηλής χωρικής ανάλυσης οι οποίες περιέχουν περισσότερη χωρική πληροφορία από οποιαδήποτε προηγούμενα δεδομένα. Οι εικόνες υψηλής ανάλυσης είναι δύσκολο να ταξινομηθούν με τις συμβατικές τεχνικές πολυφασματικής ταξινόμησης καθώς μια μοναδική θεματική κατηγορία μπορεί να αποτελείται από πολλά εικονοστοιχεία με διαφορετικά φασματικά χαρακτηριστικά. Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς ταξινομητές που βασίζονται αποκλειστικά στη φασματική πληροφορία των εικονοστοιχείων, τα έμπειρα συστήματα μπορούν να ενσωματώσουν κανόνες για χωρικές σχέσεις και βοηθητική πληροφορία (Argialas and Harlow, 1990, ERDAS, 2000).



### 1.2.2. Δορυφόρος QUICKBIRD

Ο QuickBird είναι ένας υψηλής ανάλυσης εμπορικός δορυφόρος που χρησιμοποιείται κυρίως για την παρατήρηση της γήινης επιφάνειας. Ανήκει στην DigitalGlobe και εκτοξεύθηκε στο διάστημα για πρώτη φορά το 2001 ως ο πρώτος δορυφόρος μιας ομάδας δορυφόρων που είχαν προγραμματιστεί να μπουν σε τροχιά ως το 2008.



Εικόνα 2: Δορυφόρος Quickbird

Ο QuickBird χρησιμοποιεί το σύστημα λήψης εικόνων BGIS 2000 (Ball Aerospace's Global Imaging System 2000) το οποίο αποτελείται από μία σταθερή, ευέλικτη και υψηλής ακρίβειας τηλεπισκοπική πλατφόρμα. Η πλατφόρμα αυτή συλλέγει εμπορικά τηλεπισκοπικά δεδομένα που βρίσκονται τέταρτα σε κατάταξη ακρίβειας μετά τους WorldView-1, WorldView-2 και GeoEye-1, παρέχει το μεγαλύτερο μέγεθος εικόνων και τη μεγαλύτερη χωρητικότητα από κάθε άλλο δορυφόρο. Συλλέγει παγχρωματικά δεδομένα (άσπρο και μαύρο) με ακρίβεια 60-70 cm και πολυφασματικά με ακρίβεια 2.4-2.8 m.

Παρακάτω παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δορυφόρου.

- Ακρίβεια στον παγχρωματικό: 60 cm στον πολυφασματικό: 2.4 m
- Μέγεθος εικονοστοιχείου στον παγχρωματικό: 1 m στον πολυφασματικό: 4 m
- Μέγεθος δεδομένων στον παγχρωματικό: 8 Gbits στον πολυφασματικό: 2 Gbits
- Φασματικό εύρος: BLUE (450-520 nm) GREEN (520-600 nm) RED (630-690 nm), NIR(760-900 nm)
- Χωρητικότητα δεδομένων: 128 Gigabit (περίπου 57 λήψεις)
- Ονομαστικό πλάτος λωρίδας σάρωσης: 16.5 km στο ναδίρ
- Πλάτος λωρίδας σάρωσης στο έδαφος: 544 km
- Εμβαδόν μίας λήψης στο έδαφος: 16.5 km\*16.5 km

- Εμβαδόν μίας λωρίδας σάρωσης στο έδαφος: 16.5 km\*165 km
- Υψόμετρο: 450 km με σύγχρονη κλίση προς τον ήλιο 98°
- Συχνότητα επίσκεψης της ίδιας περιοχής: 1 έως 3.5 ημέρες ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος με δ.λ. 60 cm
- Γωνία λήψης: Ευέλικτη πλατφόρμα με εστίαση in-track και cross-track
- Συχνότητα λήψης: 93.4 min
- Καύσιμα: 7 χρόνια
- Βάρος: 950 kg, Μήκος: 3.04m

### 1.2.3. Δορυφόρος IKONOS

Το όνομα Ikonos προέρχεται από την ελληνική λέξη εικόνα. Η εκτόξευση του δορυφόρου της εταιρίας GeoEye, πραγματοποιήθηκε στις 24 Σεπτεμβρίου 1999 από την Καλιφόρνια των ΗΠΑ. Πρόκειται για ένα δορυφόρο παρακολούθησης της γήινης επιφάνειας, ο οποίος ήταν ο πρώτος εμπορικά διαθέσιμος δορυφόρος ικανός να συλλέξει παγχρωματικές εικόνες με διακριτική ικανότητα 82 εκατοστών και πολυφασματικές σε τέσσερα κανάλια με διακριτική ικανότητα 4 μέτρων. Από τη σύντηξη των εικόνων αυτών προκύπτουν έγχρωμα δεδομένα ανάλυσης ενός μέτρου. Η πώληση των εικόνων Ikonos ξεκίνησε την 1η Σεπτεμβρίου του 2000. Περισσότερα από 300 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα εικόνων Ikonos έχει συλλέξει πέρα από κάθε ήπειρο και χρησιμοποιούνται για την εθνική ασφάλεια, τη στρατιωτική χαρτογράφηση, τον αέρα και τη θαλάσσια μεταφορά.



**Εικόνα 3:** Δορυφόρος Ikonos

Ο Ikonos είναι ένα τριαξονικό διαστημόπλοιο που σχεδιάστηκε από τον Lockheed Martin. Το τροχιακό υψόμετρο του δορυφόρου είναι 681 χλμ . Η θέση του δίνεται από έναν δέκτη GPS. Η διάρκεια ζωής του είναι 7 χρόνια. Το μέγεθός του είναι 1.83μ x 1.57μ. με εξαγωνική διάταξη, το βάρος του 817 κιλά και η ενέργεια που απαιτεί είναι 1.5 kW, η οποία παρέχεται από τρία ηλιακά panel. Το διαστημόπλοιο LM900, όπως έγινε γνωστός ο σχεδιασμός του Ikonos, παρέχει πολύ μεγάλη ακρίβεια λόγω της πολύ σταθερής και ευέλικτης του πλατφόρμας. Τα ωφέλιμα φορτία του μπορεί να συνοδευτούν από αισθητήρες laser, ραντάρ, ηλεκτρο-οπτικούς, αστρονομικούς αλλά και πλανητικούς για μια πληθώρα επιστημονικών και τηλεπισκοπικών εφαρμογών.

Ο Ikonos διεξάγει τηλεμετρία, ανίχνευση και έλεγχο στοιχείων στο κανάλι 8345.968-8346.032 MHz (downlink) και στο κανάλι 2025-2110 MHz (uplink).

Ο Ikonos έχει ένα πρωτεύον κατοπτρικό άνοιγμα 0.7 μέτρων και μήκος οπτικού φακού 10 μέτρων χρησιμοποιώντας πέντε κάτοπτρα. Οι ανιχνευτές περιλαμβάνουν έναν παγχρωματικό και έναν πολυφασματικό δέκτη με περίπου 13500 και 3375 εικονοστοιχεία αντίστοιχα.

#### **1.2.4. Αντικειμενοστραφής Ανάλυση Εικόνας**

Οι περισσότεροι αλγόριθμοι ταξινόμησης λειτουργούν με στοιχειώδη μονάδα το εικονοστοιχείο, το οποίο βάσει αποκλειστικά των φασματικών του χαρακτηριστικών εντάσσεται σε κάποια κατηγορία φυσικής σημασίας. Οι μέχρι τώρα προσεγγίσεις βασίζονται σε μεθόδους στατιστικής και αναγνώρισης προτύπων και αναφέρονται σε ένα μόνο επίπεδο, αυτό του εικονοστοιχείου, αγνοώντας τις έννοιες της τοπολογίας και της κλίμακας. Το πιο σύνθητες πρόβλημα που εμφανίζεται σε αυτές τις μεθόδους είναι το φαινόμενο του «αλατοπίπερου», όπου μεμονωμένα εικονοστοιχεία σε διάφορα σημεία ταξινομούνται σε λάθος κατηγορίες, αδυνατώντας να αναγνωρίσουν το περιβάλλον τους.

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση έφερε σημαντική πρόοδο στον τομέα της ανάλυσης ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων χρησιμοποιώντας ως στοιχειώδη μονάδα το αντικείμενο, δηλαδή μια ομάδα εικονοστοιχείων. Ο χρήστης ορίζει τα κριτήρια μέσω των οποίων πραγματοποιείται η κατάτμηση της εικόνας σε ομοιογενείς περιοχές διαφόρων επιπέδων, εισάγοντας έτσι τοπολογικά και ιεραρχικά χαρακτηριστικά στην ανάλυση. Σκοπός της μεθόδου αυτής είναι να προσομοιώσει τη διαδικασία που ακολουθεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος για τη φωτοερμηνεία μίας εικόνας, επιτρέποντας τη χρήση χωρικών πληροφοριών ανάμεσα σε σημασιολογικά αντικείμενα. Επιπρόσθετα δίνει τη δυνατότητα ιεραρχίας και ομαδοποίησης των

αντικειμένων, σχετικά με ιδιότητες που τους προσδίδονται, αλλά και σε σχέση με τα υπο- και τα υπερ-αντικείμενά τους. Δε χρησιμοποιούνται δηλαδή μόνο φασματικά αλλά τοπολογικά και ιεραρχικά κριτήρια για την ταξινόμηση. Η αντικειμενοστραφής ανάλυση επέλυσε έτσι πολλά προβλήματα των παλιών μεθόδων προσδίδοντας γνώση υψηλού επιπέδου στην ταξινόμηση.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία στόχος είναι η αυτόματη αναγνώριση ελαιόδεντρων με τη χρήση της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας. Στα εδάφια που ακολουθούν περιγράφεται αναλυτικά μέσα από το λογισμικό eCognition 7, με έμφαση στα νέα εργαλεία που προσφέρει αυτή η έκδοση, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

### **1.2.5. Εισαγωγή στο Λογισμικό eCognition**

Το λογισμικό eCognition της γερμανικής εταιρίας DEFiNiENS Imaging GmbH βασίζεται στη γενική ιδέα ότι σημαντικές εννοιολογικές πληροφορίες, απαραίτητες για να ερμηνευτεί μία εικόνα, δεν αναπαρίστανται από μεμονωμένα εικονοστοιχεία, αλλά από νοηματικά αντικείμενα της εικόνας και τις αλληλοσυσχετίσεις τους (Definiens, 2000).

Πρόκειται για ένα λογισμικό ανάλυσης εικόνας, όπου η αρχική εικόνα μετατρέπεται μέσα από διαδικασίες κατάτμησης σε ένα σύνολο ομοιογενών αντικειμένων, τα οποία τις περισσότερες φορές δεν αντιστοιχούν ακόμα σε πραγματικά αντικείμενα. Το eCognition παρέχει τη δυνατότητα χρήσης πολλών αλγορίθμων κατάτμησης από τον πιο απλό όπως η κατάτμηση-σκακιέρα έως στον πιο εξειδικευμένο όπως η κατάτμηση πολλαπλών επιπέδων (Definiens 2008). Στον αλγόριθμο κατάτμησης πολλαπλών επιπέδων, ανάλογα με το σκοπό της εκάστοτε εφαρμογής, ο χρήστης υποδεικνύει το μέγεθος που θα έχουν τα αντικείμενα, τη φασματική ομοιογένεια που θα παρουσιάζουν, καθώς και το πόσο συμπαγή ή λεία θα είναι ως σχήματα.

Με το σχηματισμό των πρωτογενών αντικειμένων, δημιουργούνται και οι πρώτες χωρικές σχέσεις μεταξύ τους. Το πακέτο παρέχει πολλά χαρακτηριστικά και εργαλεία με τα οποία αναπτύσσεται η βάση γνώσης για την ταξινόμηση των αντικειμένων. Αρχικά γίνεται προσεκτική φωτοερμηνεία της εικόνας και ορίζονται οι κατηγορίες προς ταξινόμηση, οι οποίες ιεραρχούνται και ομαδοποιούνται, ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής. Με την προσθήκη ιδιοτήτων και τη δημιουργία κανόνων στις κατηγορίες αυτές αναπτύσσεται μία βάση γνώσης, σύμφωνα με την οποία ταξινομούνται τα πρωτογενή αντικείμενα σε σημασιολογικά αντικείμενα.

Οι ιδιότητες σε ένα αντικειμενοστραφές σύστημα ανάλυσης εικόνας μπορούν να αφορούν το χρώμα, το σχήμα, την υφή, την σχέση του αντικειμένου με το περιβάλλον του, την τοπολογία του με άλλες κατηγορίες, την αλληλοκάλυψη με άλλα επίπεδα ανάλυσης κ.α. (Αργιαλάς, Τζώτσος 2007)

Η μέθοδος ταξινόμησης που χρησιμοποιεί το eCognition βασίζεται στην ασαφή λογική, η οποία προσαρμόζεται καλύτερα από την ταξινόμηση με απόλυτα όρια στη φυσική πραγματικότητα. Για κάθε αντικείμενο υπολογίζεται ένας ασαφής βαθμός συμμετοχής σε κάθε μια από τις διαθέσιμες προς ταξινόμηση κατηγορίες. Ο βαθμός συμμετοχής υπολογίζεται με βάση τα χαρακτηριστικά τα οποία έχει η κάθε κατηγορία και την ομοιότητα προς αυτά του αντικειμένου που είναι υποψήφιο προς ταξινόμηση. Στη συνέχεια, ο μέγιστος βαθμός συμμετοχής ταξινομεί το αντικείμενο στην κατηγορία για την οποία αυτός έχει προκύψει. (Αργιαλάς, Τζώτσος 2007) Η ασαφής λογική εισάγεται στην ταξινόμηση με τη χρήση των συναρτήσεων συμμετοχής οι οποίες περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των τιμών του χαρακτηριστικού και του βαθμού συμμετοχής ενός αντικειμένου σε μία κατηγορία.

Ο βέλτιστος συνδυασμός κατατμήσεων με βάση ταξινομήσεις και ταξινομήσεων επί των νέων κατατμήσεων οδηγούν ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε μελέτης στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Για το σωστό σχεδιασμό και τη δημιουργία μίας βάσης γνώσης ειδικά σημεία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, μεταξύ των οποίων ο καθορισμός των περισσότερο κατάλληλων κάθε φορά κατηγοριών, ο καθορισμός των σημαντικότερων ιδιοτήτων των κατηγοριών και ο καθορισμός της χρήσης κατάλληλης κάθε φορά ασαφούς συνάρτησης συμμετοχής, είτε μόνη της είτε σε συνδυασμό με τον ταξινομητή του εγγύτερου γείτονα (Mavrantza, Argialas, 2006).

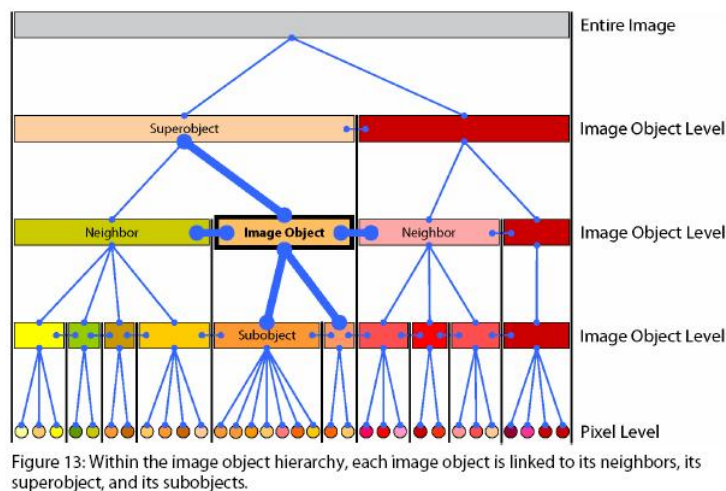
Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στη δυνατότητα συνδυασμού διαφορετικών επιπέδων κατάτμησης και ταξινόμησης. Ένα επίπεδο μπορεί να ταξινομηθεί λαμβάνοντας υπόψη την ταξινόμηση ενός ανώτερου ή κατώτερου ιεραρχικά επιπέδου, δηλαδή με πιο λεπτή ή χοντρή κατάτμηση αντίστοιχα, επιτρέποντας τη διαμόρφωση "σχέσεων μέρους όλου" (Αργιαλάς, Δερζέκος, 2002).

Το λογισμικό δίνει επίσης τη δυνατότητα ποιοτικού ελέγχου της ταξινόμησης με ένα μέτρο αξιολόγησης, που αναδεικνύει τη σύγκριση ανάμεσα στις κατηγορίες που ορίστηκαν και κατ' επέκταση την ευστάθεια της ταξινόμησης.

## 1.2.6. Αλγόριθμοι Κατάτμησης Εικόνας - Ιεραρχικό Δίκτυο Αντικειμένων

Η υποδιαίρεση της εικόνας σε επιμέρους περιοχές έχει ως αποτέλεσμα η ψηφιακή εικόνα να λαμβάνεται ως ένα σύνολο πρωτογενών αντικειμένων, κάθε ένα από τα οποία αποτελεί μία εννοιολογική ενότητα εικονοστοιχείων με παρόμοιες φασματικές ιδιότητες.

Διάφορες τεχνικές για την κατάτμηση εικόνων μπορούν να χρησιμοποιηθούν, προκειμένου να προκύψει ένα ιεραρχικό δίκτυο αντικειμένων. Το ιεραρχικό δίκτυο είναι έτσι δομημένο ώστε κάθε αντικείμενο να γνωρίζει ποια είναι τα γειτονικά του, το περιεχόμενό τους και ποια είναι τα υπο-αντικείμενα και τα υπερ-αντικείμενά του. Συνεπώς μπορούν να οριστούν οι σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων και να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή πληροφοριών για όλη την εικόνα.



**Εικόνα 4:** Το ιεραρχικό δίκτυο των αντικειμένων στο λογισμικό eCognition

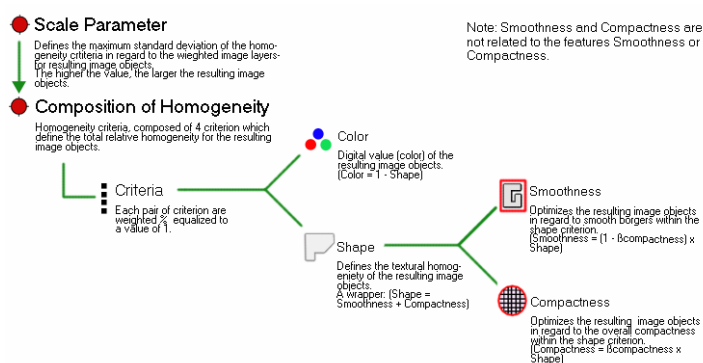
Οι διαδικασίες κατάτμησης, στο σύνολό τους, δρουν σε αυθαίρετα επίπεδα, και εφ' όσον το επίπεδο των εικονοστοιχείων και ολόκληρης της εικόνας υπάρχουν εξ' ορισμού, κάθε κατάτμηση επιπέδου συντάσσεται μεταξύ ενός κατώτερου και ενός ανώτερου επιπέδου. Για τη διασφάλιση της οριστικής ιεραρχίας στο χωρικό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

Το ιεραρχικό δίκτυο είναι έτσι δομημένο ώστε κάθε αντικείμενο να γνωρίζει ποια είναι τα γειτονικά του, το περιεχόμενό τους και ποια είναι τα υπο-αντικείμενα και τα υπερ-αντικείμενά του. Ορίζονται έτσι οι σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων.

Γενικότερα για να μπορεί το αποτέλεσμα της κατάτμησης να θεωρηθεί τουλάχιστον ικανοποιητικό, η διαδικασία θα πρέπει να παράγει όσο μεγαλύτερα αντικείμενα μπορεί, αλλά ταυτόχρονα όσα μικρά αντικείμενα είναι απαραίτητα για να καλύπτει τα κριτήρια του ορίου και της ομοιογένειας του χρώματος (Αργιαλάς, Τζώτσος, 2007).

### 1.2.6.1. Αλγόριθμος Κατάτμησης Πολλαπλής Ανάλυσης

Ο αλγόριθμος κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης συγχωνεύει διαδοχικά εικονοστοιχεία ή υφιστάμενα αντικείμενα της εικόνας. Έτσι, είναι ένας από κάτω προς τα πάνω αλγόριθμος κατάτμησης που βασίζεται σε μία τεχνική συγχώνευσης περιοχών ανά δύο. Η κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης είναι μια διαδικασία βελτιστοποίησης η οποία, για ένα δεδομένο αριθμό αντικειμένων, ελαχιστοποιεί τη μέση ετερογένεια και μεγιστοποιεί την αντίστοιχη ομοιογένειά τους με βάση την ανώτερη τιμή ετερογένειας που έχει εισάγει ο χρήστης με την παράμετρο κλίμακας. Η παράμετρος κλίμακας εισάγεται στο πεδίο Segmentation Settings του παραθύρου διαλόγου Edit Process. Ο χρήστης εισάγει επίσης τις παραμέτρους του κριτηρίου ομοιογένειας, δηλαδή το κριτήριο χρώματος έναντι του σχήματος, το οποίο χωρίζεται περαιτέρω στο συμπαγές του σχήματος έναντι του λείου της οριογραμμής.



Εικόνα 5: Διάγραμμα ροής αλγόριθμου κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης

Οι τιμές των κριτηρίων ομοιογένειας συμπληρώνεται στο πεδίο Κριτήρια ομοιογένειας (Composition of homogeneity Criterion) στα αντίστοιχα υποπεδία Σχήμα (Shape) και Συμπαγές Σχήματος (Compactness).

### 1.2.6.2. Αλγόριθμος Κατάτμησης Φασματικής Διαφοράς

Ο αλγόριθμος κατάτμησης φασματικής διαφοράς συγχωνεύει γειτονικά αντικείμενα της εικόνας σύμφωνα με τις μέσες τιμές της έντασής τους. Τα γειτονικά αντικείμενα της εικόνας συγχωνεύονται, αν η διαφορά μεταξύ των μέσων εντάσεων είναι κάτω από την τιμή που ορίζεται από το χρήστη ως η μέγιστη φασματική διαφορά.



**Εικόνα 6:** Παράδειγμα αλγόριθμου κατάτμησης φασματικής διαφοράς

Αυτός ο αλγόριθμος έχει σχεδιαστεί για να βελτιώσει τα ήδη υπάρχοντα αποτελέσματα κατάτμησης, με τη συγχώνευση φασματικά παρόμοιων αντικειμένων της εικόνας που παράγεται από προηγούμενες κατατμήσεις. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει νέα επίπεδα αντικειμένων της εικόνας με βάση το επίπεδο των εικονοστοιχείων. Ο χρήστης μπορεί και σε αυτό τον αλγόριθμο να σταθμίσει τα κανάλια της εικόνας, ανάλογα με τη σημασία ή την καταλληλότητά τους για το αποτέλεσμα της κατάτμησης.

### 1.2.7. Ταξινόμηση Βάσει Κατάτμησης - Ασαφής Λογική

Βασικός σκοπός μίας διαδικασίας ταξινόμησης είναι η αυτόματη κατηγοριοποίηση όλων των εικονοστοιχείων μίας εικόνας σε διάφορες τάξεις κάλυψης γης ή αντικείμενα (Αργιαλάς, 1999). Στο eCognition, ταξινόμηση είναι η διαδικασία που συνδέει, μέσω μίας ιεραρχίας τάξεων, τις κατηγορίες με τα διάφορα αντικείμενα της εικόνας. Το πακέτο προσφέρει ένα παράθυρο διαλόγου που παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες για τα διάφορα χαρακτηριστικά και ιδιότητες του κάθε αντικειμένου αλλά και πληροφορίες αξιολόγησης για την ίδια την ταξινόμηση (Definiens 2000).



Η ταξινόμηση των κατατετημένων αντικειμένων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με την εισαγωγή δειγμάτων εκπαίδευσης, για την εφαρμογή της μεθόδου του εγγύτερου γείτονα, είτε μέσω των συναρτήσεων συμμετοχής βάσει της θεωρίας ασαφούς λογικής, σε συνδυασμό με κανόνες που ορίζονται από τον ίδιο τον χρήστη (Yunhao Chen, Tung Fung, Wenjuan Lin and Jinfei Wang, 2005).

Οι κατηγορίες προς ταξινόμηση και τα κριτήριά τους αποθηκεύονται στο παράθυρο Class Description και μπορούν να δομηθούν με έναν εννοιολογικό τρόπο στην καρτέλα Class Hierarchy και με αυτόν τον τρόπο να κληροδοτήσουν ή να κληρονομήσουν τα χαρακτηριστικά τους.

Ουσιαστικά με τη δημιουργία κανόνων για κάθε κατηγορία και ιεραρχώντας αυτές τις κατηγορίες αναπτύσσεται μία βάση γνώσης σύμφωνα με την οποία ταξινομούνται τα αντικείμενα της εικόνας. Οι αλγόριθμοι που πραγματοποιούν την ταξινόμηση βασίζονται στην ασαφή λογική, που αντίθετα με τους απόλυτους ταξινομητές προσεγγίζει πολύ καλά την ανθρώπινη λογική απόφασης.

Οι απόλυτοι ταξινομητές εντάσσουν ένα αντικείμενο σε μία τάξη κατά ένα δυαδικό τρόπο, έτσι κάθε αντικείμενο μπορεί να λάβει μόνο τις τιμές 0 και 1 που δηλώνουν ότι το αντικείμενο ανήκει ή δεν ανήκει στην συγκεκριμένη κατηγορία αντίστοιχα. Η πραγματικότητα όμως είναι περισσότερο υποκειμενική. Τα περισσότερα αντικείμενα θα μπορούσαν να ανήκουν ταυτόχρονα σε περισσότερες από μία κατηγορίες σε άλλες λιγότερο και σε άλλες περισσότερο.

Στην ταξινόμηση ασαφούς λογικής, για κάθε αντικείμενο υπολογίζεται ένας βαθμός συμμετοχής σε κάθε μία από τις διαθέσιμες προς ταξινόμηση κατηγορίες στο συνεχές πεδίο τιμών  $[0,1]$ . Η τιμή 0 ορίζει την απόλυτη μη συμμετοχή του αντικειμένου στην κατηγορία και η τιμή 1 την απόλυτη συμμετοχή του. Ο βαθμός συμμετοχής υπολογίζεται με βάση τις ιδιότητες κάθε κατηγορίας και την ομοιότητα προς αυτές του υποψήφιου προς ταξινόμηση αντικειμένου. Τελικά η μεγαλύτερη τιμή συμμετοχής ταξινομεί το αντικείμενο στην αντίστοιχη κατηγορία. Οι υποψήφιες κατηγορίες ορίζονται στο παράθυρο διαλόγου του αλγορίθμου στο πεδίο «Active classes».

Οι κατηγορίες στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν αρκεί να περιγράφονται από έναν μόνο κανόνα, αλλά από συνδυασμούς αυτών. Το σκοπό αυτό εξυπηρετούν οι τελεστές `and`, `or` και `not`, οι οποίοι βοηθούν στη δημιουργία σύνθετων κριτηρίων ταξινόμησης.

Εκτός από την ταξινόμηση με βάση τους κανόνες, δίνεται η δυνατότητα χρήσης της μεθόδου του εγγύτερου γείτονα με εισαγωγή δειγμάτων εκπαίδευσης. Η μέθοδος αυτή είναι προτιμότερη σε περιπτώσεις που οι κατηγορίες ταξινομούνται βάσει πολυάριθμων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων. Η ταξινόμηση των αντικειμένων γίνεται βάσει των φασματικών τιμών τους σε κάποιο δεδομένο χώρο προτύπων. Ο

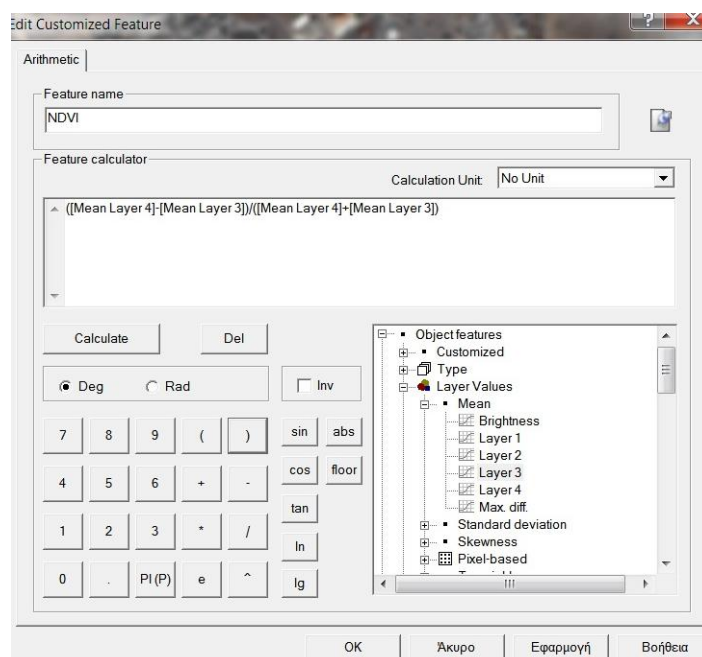
εγγύτερος γείτονας εισάγεται στην περιγραφή της κατηγορίας όπως κάθε άλλος κανόνας. Είναι επίσης δυνατός και ο συνδυασμός των κανόνων ασαφούς λογικής και της μεθόδου του εγγύτερου γείτονα.

### 1.2.8. Χαρακτηριστικά Αντικειμένων - Εργαλεία

Τα χαρακτηριστικά που υπολογίζει το λογισμικό για κάθε αντικείμενο είναι στατιστικά στοιχεία, όπως ο μέσος όρος των φασματικών τιμών των εικονοστοιχείων που το αποτελούν, το συνολικό εμβαδό τους ή ακόμα και το πόσο μακρόστενο είναι ένα αντικείμενο. Το eCognition παρέχει μία οπτική παρουσίαση (Feature View) καθενός από αυτά τα χαρακτηριστικά σε ολόκληρη την εικόνα, ώστε ο χρήστης να ορίσει τις κατάλληλες τιμές των χαρακτηριστικών που χρειάζεται για την ανάπτυξη των κανόνων κάθε κατηγορίας προς ταξινόμηση.

#### 1.2.8.1. Κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης

Εκτός από τα χαρακτηριστικά που παρέχει το λογισμικό, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας καινούριων αριθμητικών και σχεσιακών χαρακτηριστικών, συντιθέμενων από τα ήδη υπάρχοντα.



**Εικόνα 7:** Παράθυρο διαλόγου 'Edit Customized Feature' δημιουργώντας το δείκτη NDVI

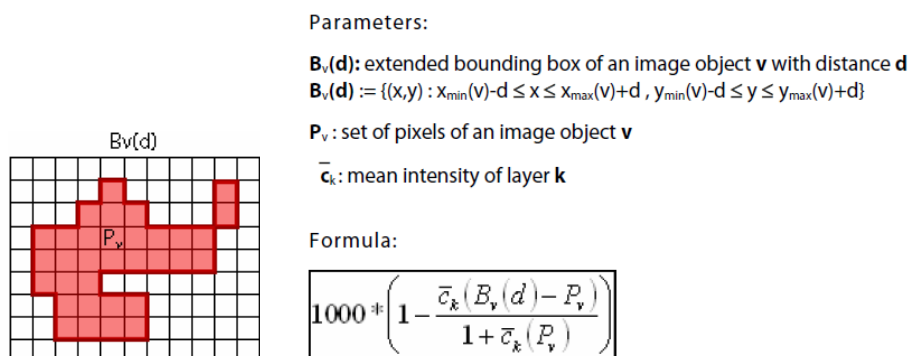
Ένα παράδειγμα τέτοιου αριθμητικού χαρακτηριστικού είναι ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (NDVI), ο οποίος κυμαίνεται ανάμεσα σε -1 και 1 εκτιμώντας αν υπάρχει ή όχι ζωντανή πράσινη βλάστηση. Υπολογίζεται ως εξής:

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}$$

όπου NIR και VIS η φασματική τιμή στο εγγύς υπέρυθρο και στο κόκκινο κανάλι αντίστοιχα.

### 1.2.8.2. Αντίθεση προς γειτονικά εικονοστοιχεία

Ένα πολύ χρήσιμο φασματικό χαρακτηριστικό είναι η μέση διαφορά της αντίθεσης του αντικειμένου σε σύγκριση με ένα δεδομένο όγκο γύρω από αυτό. Αυτό το χαρακτηριστικό χρησιμοποιείται για την εύρεση ορίων και διαβαθμίσεων. Ο χρήστης επιλέγει το κανάλι και την απόσταση, δηλαδή το μέγεθος του όγκου γύρω από το αντικείμενο που θα χρησιμοποιεί το λογισμικό για να υπολογίσει την τιμή του χαρακτηριστικού.



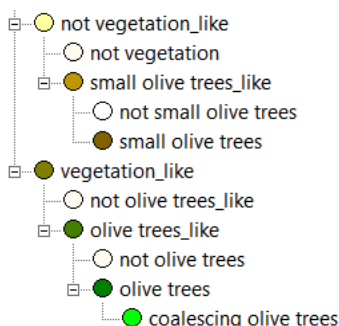
**Εικόνα 8:** Η γύρω περιοχή ενός αντικειμένου  $v$  ορισμένη από ένα πλαίσιο σε απόσταση ενός εικονοστοιχείου και οι παράμετροι του χαρακτηριστικού contrast to neighbor pixels

### 1.2.9. Η ιεραρχία των κατηγοριών

Η ιεραρχία των κατηγοριών αποτελεί την υποδομή για το σχεδιασμό της βάσης γνώσης στο λογισμικό eCognition. Περιέχει όλες τις κατηγορίες της ταξινόμησης σε μία ιεραρχικά δομημένη μορφή. Οι κατηγορίες ιεραρχούνται κληροδοτώντας και κληρονομώντας ιδιότητες. Ανεξάρτητα από την ιεραρχία αυτή, οι κατηγορίες μπορούν να ομαδοποιηθούν και αποκλειστικά εννοιολογικά.

Οι δύο αυτές πλευρές των σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των κατηγοριών αλληλοσυμπληρώνονται καθώς η ιεραρχία της κληροδοσίας χωρίζει και διαφοροποιεί τις κατηγορίες με βάση τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων ενώ η ιεραρχία των

ομάδων επιτρέπει την ένωσή τους σε εννοιολογικό πλαίσιο. (Μηχαηλίδου, Αργιαλάς 2011)



**Εικόνα 9:** Ένα παράδειγμα ιεραρχίας κατηγοριών στο λογισμικό eCognition

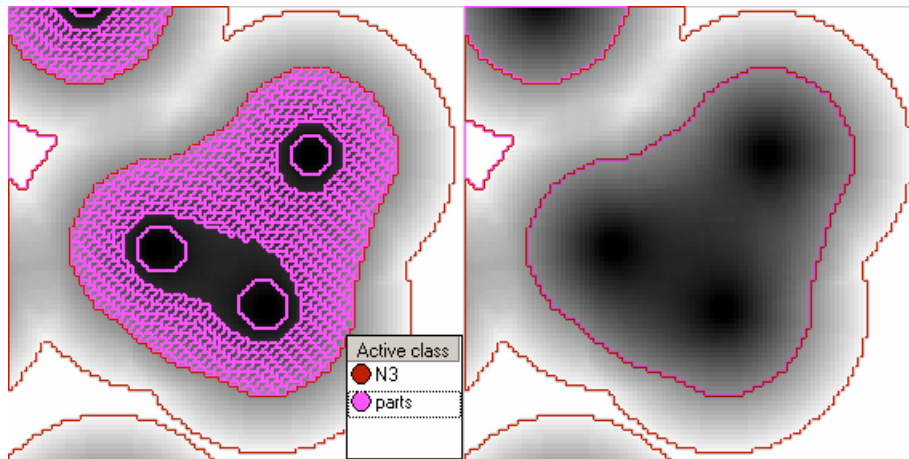
### 1.2.10. Κατάτμηση Βάσει Ταξινόμησης

Η κατάτμηση βάσει ταξινόμησης είναι μία κατάτμηση που περιέχει τη γνώση της ταξινόμησης. Αποτελεί μια διαδικασία βελτίωσης του αρχικού αποτελέσματος, που έχει προκύψει από την κατάτμηση πολλαπλής ανάλυσης και την ταξινόμηση των αντικειμένων της. Τα νέα αντικείμενα που δημιουργούνται αποκτούν έτσι εννοιολογική υπόσταση, σε αντίθεση με τα αρχικά που είχαν μόνο κάποια φασματική ομοιογένεια.

Στην έκδοση 7 του eCognition η κατάτμηση βάσει ταξινόμησης εκτελείται από τους βασικούς αλγόριθμους αναμόρφωσης σχήματος (Reshaping Algorithms). Οι αλγόριθμοι αυτοί συνενώνουν ή διαχωρίζουν τα αντικείμενα στα υπο-αντικείμενά τους.

#### 1.2.10.1. Αλγόριθμος Συγχώνευσης Περιοχών

Πρόκειται για ένα εργαλείο που συγχωνεύει τα αντικείμενα της εικόνας που επιλέγονται από το χρήστη στο πεδίο εφαρμογής. Ανήκει στους βασικούς αλγόριθμους αναμόρφωσης αντικειμένων, οι οποίοι τροποποιούν το σχήμα των υφιστάμενων αντικειμένων της εικόνας, είτε συγχωνεύοντάς τα, είτε διαχωρίζοντάς τα. Για παράδειγμα όλα τα παρακείμενα αντικείμενα που αναπαριστούν ίδια χρήση γης, μπορούν έτσι να συγχωνευτούν σε ένα νέο, μεγαλύτερο αντικείμενο.



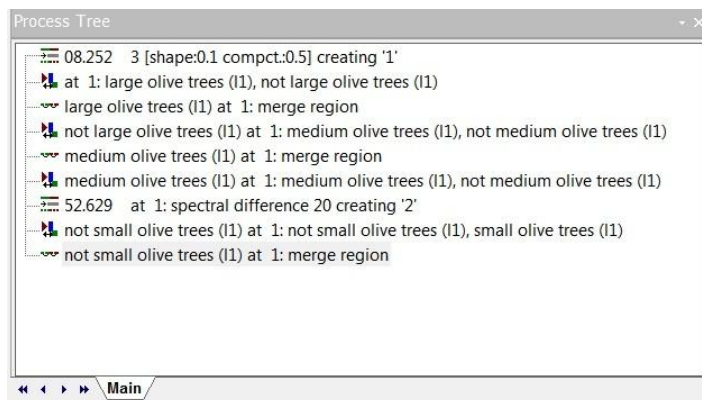
**Εικόνα 10:** Αποτέλεσμα του αλγορίθμου συγχώνευσης περιοχής σε όλα τα αντικείμενα που είχαν ταξινομηθεί ως parts.

Το παράθυρο διαλόγου του αλγορίθμου «Συγχώνευση Περιοχών» περιλαμβάνει τα πεδία «Image Object Domain» όπου συμπληρώνεται το επίπεδο στο οποίο θα εφαρμοστεί ο αλγόριθμος και η κατηγορία ή οι κατηγορίες των οποίων τα αντικείμενα θα ενωθούν. Ο χρήστης ρυθμίζει επίσης εάν επιθυμεί ή όχι τη συγχώνευση συγγενών υπερ-αντικειμένων και αν θα κρατήσει ή όχι τα όρια των αντικειμένων από θεματικά επίπεδα που ήταν ενεργά κατά την αρχική κατάτμηση αυτού του επιπέδου αντικειμένων.

### 1.2.11. Το περιβάλλον του Λογισμικού eCognition 7

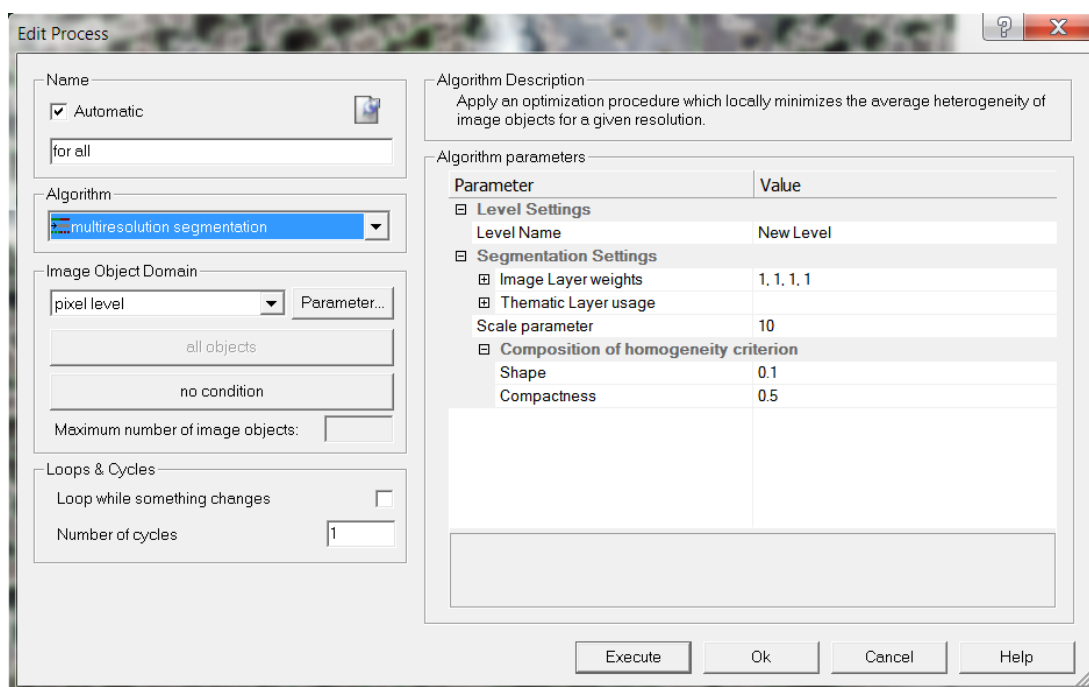
Η έκδοση 7 του λογισμικού eCognition που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει κάποιες διαφορές σε σύγκριση με τις προηγούμενες εκδόσεις του.

Η συγκεκριμένη έκδοση περιλαμβάνει ένα παράθυρο διαλόγου το οποίο ονομάζεται «Δέντρο Διαδικασιών» (Process Tree) όπου ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει όποια διαδικασία επιθυμεί, διαλέγοντας από μία λίστα αλγορίθμων.



**Εικόνα 11:** Το παράθυρο διαλόγου 'Process Tree' του eCognition 7

Στο παράθυρο αυτό διαλόγου εμφανίζονται τα πεδία «Όνομα» (Name), «Αλγόριθμος» (Algorithm) όπου ο χρήστης δηλώνει ποιον αλγόριθμο θα χρησιμοποιήσει, «Πεδίο Εφαρμογής» (Image Object Domain), «Παράμετρος» (Parameter) και «Συνθήκη» (Condition) όπου ο χρήστης αποφασίζει σε ποιο τμήμα ή σε ποια αντικείμενα της εικόνας, σε ποιο επίπεδο και με βάση ποια συνθήκη θα εφαρμοστεί ο αλγόριθμος αντίστοιχα και τέλος οι «Παράμετροι Αλγορίθμου» (Algorithm Parameters) οι οποίοι συμπληρώνονται ανάλογα με τον αλγόριθμο που έχει επιλεγεί. Στο κάτω μέρος του παραθύρου βρίσκονται οι επιλογές «Εκτέλεση» (Execute) δηλαδή εκτέλεση της διαδικασίας, «Επικύρωση» (OK) για μη εκτέλεση αλλά αποθήκευση της διαδικασίας, «Ακύρωση» (Cancel) για ακύρωση και τέλος «Βοήθεια» (Help) για να ανοίξει το παράθυρο με τις οδηγίες. (Μιχαηλίδου 2011)



**Εικόνα 12:** Το παράθυρο διαλόγου 'Edit Process' του eCognition 7

### 1.2.12. Αξιολόγηση Ταξινόμησης

Από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους αξιολόγησης των ταξινομήσεων είναι η σύγκριση τους με άλλες ταξινομήσεις οι οποίες έχουν προέλθει από διαφορετικές πηγές, θεωρώντας τις ακριβείς. Κύρια προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι οι δύο ταξινομήσεις να είναι συγκρίσιμες, δηλαδή είτε να περιλαμβάνουν τις ίδιες κατηγορίες είτε οι κατηγορίες της μίας να μπορούν να εμπίπτουν στις κατηγορίες της άλλης χρησιμοποιώντας κάποιους αλγόριθμους συνένωσης.

Η αξιολόγηση της ταξινόμησης επιβάλλεται μετά την ολοκλήρωση κάθε ταξινόμησης, ώστε να διαπιστωθεί η ικανότητα των αλγορίθμων, των κανόνων, αλλά και των συναρτήσεων συμμετοχής που επιλέχθηκαν να ταξινομήσουν τα αντικείμενα της εικόνας.

Το λογισμικό παρέχει μία πρώτη εκτίμηση της ευστάθειας της ταξινόμησης με ισχυρά στατιστικά εργαλεία ελέγχου. Ένα από αυτά είναι το λεγόμενο *classification stability* που υπολογίζει την απόκλιση των δύο μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής στην ταξινόμηση του εκάστοτε αντικειμένου. Λόγω της ασαφούς λογικής με βάση την οποία ταξινομούνται τα αντικείμενα, ένα αντικείμενο μπορεί να ανήκει σε δύο ή περισσότερες διαφορετικές κατηγορίες, όμως ταξινομείται στην κατηγορία με το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής. Αν ο δεύτερος μεγαλύτερος βαθμός συμμετοχής δε διαφοροποιείται αρκετά από τον πρώτο σημαίνει ότι η ταξινόμηση δεν είναι αρκετά αξιόπιστη. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης αναπαρίστανται γραφικά αλλά και σε πίνακα στατιστικών.

Ένα άλλος τρόπος αξιολόγησης της ταξινόμησης που παρέχει το λογισμικό είναι το *best classification result*. Αυτό το εργαλείο παράγει μια γραφική και στατιστική παραγωγή των καλύτερων αποτελεσμάτων ταξινόμησης για τα αντικείμενα εικόνας ενός επιλεγμένου επιπέδου. Η ταξινόμηση αξιολογείται μέσω του βαθμού συμμετοχής των αντικειμένων στις κατηγορίες και ως το καλύτερο αποτέλεσμα θεωρείται η ταξινόμηση με την υψηλότερη τιμή. Τελικά η ταξινόμηση με την υψηλότερη τιμή, λαμβάνεται ως το καλύτερο αποτέλεσμα ταξινόμησης. Το αριθμητικό εξαγόμενο της αξιολόγησης είναι πίνακας με τιμές που προέκυψαν από στατιστικά στοιχεία για τους μέγιστους βαθμούς συμμετοχής με τους οποίους ταξινομήθηκαν τα αντικείμενα στην εκάστοτε κατηγορία.

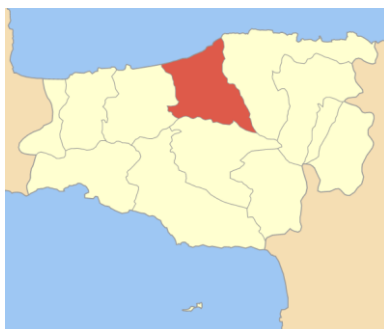
## 2. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Η ανίχνευση των ελαιόδεντρων υλοποιείται με αντικειμενοστραφή ανάλυση εικόνας με τη βοήθεια της έκδοσης 7 του λογισμικού eCognition. Από τις τρεις διαθέσιμες έγχρωμες ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις (2 από το δορυφόρο Ikonos και μία από το δορυφόρο Quickbird) χρησιμοποιήθηκε εκείνη με τις περισσότερες περιπτώσεις μελέτης, η Ikonos 2, για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας. Ύστερα επιλέχθηκαν τμήματα με συγκεκριμένες περιπτώσεις ελαιώνων και από τις τρεις εικόνες για πιο εξειδικευμένη εφαρμογή της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης.

### 2.1. Η Περιοχή Μελέτης και οι Δορυφορικές Εικόνες

#### 2.1.1. Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στον πρώην δήμο Αρκαδίου του νομού Ρεθύμνης. Ο Δήμος Αρκαδίου ήταν δήμος του νομού Ρεθύμνης που συστάθηκε με το πρόγραμμα Καποδίστριας από τη συνένωση παλαιότερων κοινοτήτων της περιοχής, που αποτέλεσαν στη συνέχεια τα δημοτικά διαμερίσματα του δήμου. Λειτουργήσε την περίοδο 1999-2010 οπότε και καταργήθηκε με την εφαρμογή του προγράμματος Καλλικράτης και εντάχθηκε στο νέο δήμο Ρεθύμνης. Βρίσκεται στα βόρεια του νομού Ρεθύμνης και είχε σαν έδρα το χωριό Άδελε. Πρόκειται για παραθαλάσσιο και ημιορεινό δήμο, το νότιο τμήμα του οποίου βρίσκεται στους πρόποδες του Ψηλορείτη.



Εικόνα 13: Ο Δήμος Αρκαδίου του νομού Ρεθύμνης

Ο Δήμος Αρκαδίου καθώς εκτείνεται από τα βόρεια παράλια ως τους πρόποδες του Ψηλορείτη, περιλαμβάνει αρμονικά ημιορεινές και πεδινές περιοχές. Το μεγαλύτερο μέρος της έκτασής του καταλαμβάνουν πεδινές περιοχές με κυρίαρχο τον Αδελιανό



Κάμπος που εκτείνεται σε μεγάλο μήκος της βόρειας παραλιακής ζώνης και σε αρκετό βάθος προς τα νότια. Τόσο ο Αδελιανός Κάμπος όσο και το μεγαλύτερο μέρος του Δήμου Αρκαδίου είναι εκτάσεις καλλιεργήσιμες που καταλαμβάνονται κυρίως από ελαιώνες. Άλλωστε ο ελαιώνας του Δήμου Αρκαδίου θεωρείται ένας από τους μεγαλύτερους και σημαντικότερους της Μεσογείου. Πέρα από την καλλιέργεια της ελιάς, κυρίως κοντά στην παράλια ζώνη, σημαντική θέση κατέχουν και οι υπαίθριες ή σε θερμοκήπια καλλιέργειες κηπευτικών προϊόντων καθώς και οι αμπελοκαλλιέργειες.

## 2.1.2. Διαθέσιμες Δορυφορικές Εικόνες



**Εικόνα 14:** Θέση δορυφορικών εικόνων στο Google Earth (απεικόνιση του 2003)

Οι διαθέσιμες δορυφορικές εικόνες είναι τρεις και η θέση τους παρουσιάζεται παραπάνω. Δύο από αυτές προέρχονται από το δορυφόρο Ikonos και μία από το δορυφόρο Quickbird. Έτσι θα ονομάζονται από εδώ και πέρα Ikonos 1, Ikonos 2 και Quickbird αντίστοιχα. Η ανίχνευση των ελαιόδεντρων πραγματοποιήθηκε σε τρεις περιοχές της απεικόνισης Ikonos 2, όπου υπήρχε μεγαλύτερη ποικιλία περιπτώσεων μελέτης, σε μία περιοχή της απεικόνισης Ikonos 1 και σε μία περιοχή της απεικόνισης Quickbird.



**Εικόνα 15:** Η δορυφορικές εικόνες από το δορυφόρο Ikonos (1 και 2 αντίστοιχα)

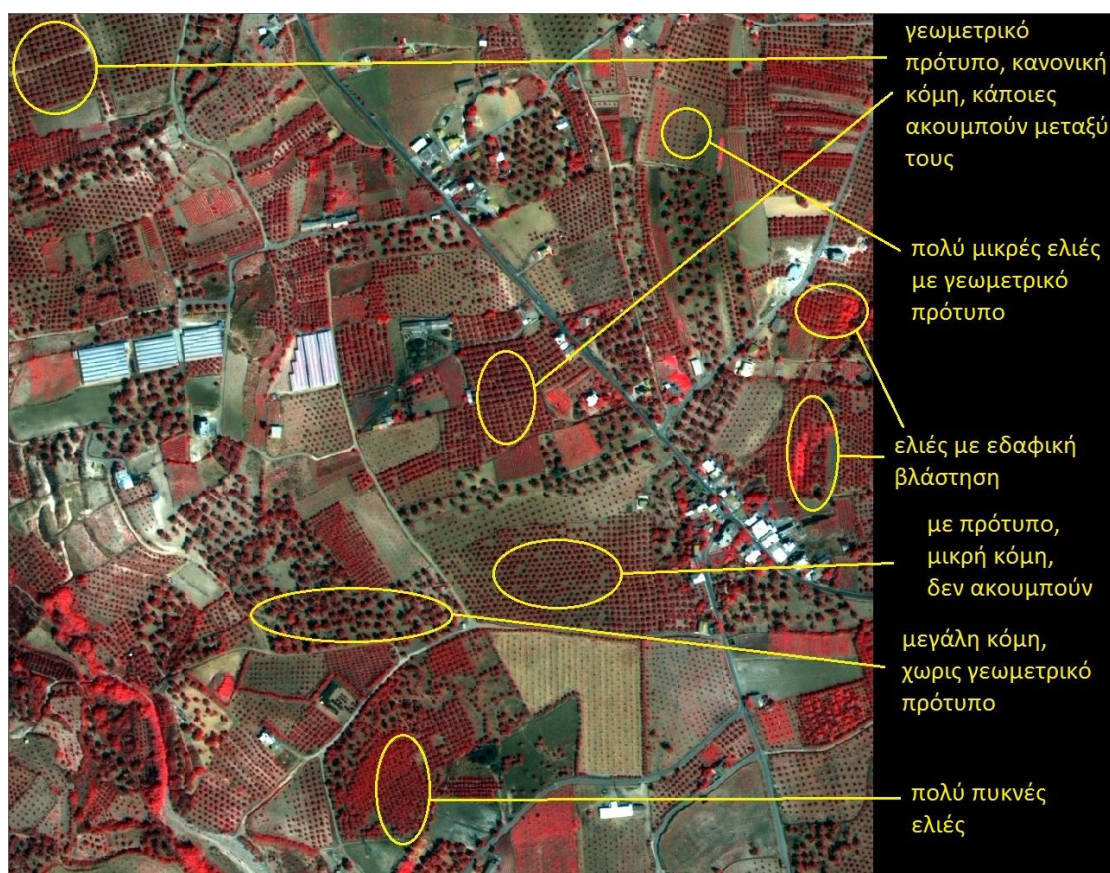


**Εικόνα 16:** Η δορυφορική εικόνα Quickbird

Η Ikonos 2 είναι μία έγχρωμη εικόνα (1001x1001 pixels) λήψης 18/9/2000 της περιοχής Αρκαδίου Κρήτης χωρικής ανάλυσης 1m που προήλθε από τη συγχώνευση εικόνας χωρικής ανάλυσης 1m και πολυφασματικής εικόνας χωρικής ανάλυσης 4m για την ίδια περιοχή. Το αποτέλεσμα είναι μια εικόνα με χωρική ανάλυση 1m εμπλουτισμένη με την πλούσια χρωματική (φασματική) πληροφορία της πολυφασματικής εικόνας. Συγκεκριμένα ακτινοβολία έχει καταγραφεί σε τέσσερα κανάλια: Κανάλι 1 = 0.45 – 0.53  $\mu\text{m}$  (μπλε), Κανάλι 2 = 0.52 – 0.61  $\mu\text{m}$  (πράσινο), Κανάλι 3 = 0.64 – 0.72  $\mu\text{m}$  (κόκκινο), Κανάλι 4 = 0.77 – 0.88  $\mu\text{m}$  (εγγύς υπέρυθρο). Η εικόνα είναι γεωμετρικά διορθωμένη στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ '87) (Προβολή: Transverse Mercator, Ελλειψοειδές: GRS1980). Η γεωγραφική περιοχή που απεικονίζεται οριοθετείται από τα σημεία με συντεταγμένες (X,Y) αντίστοιχα: πάνω αριστερά (550393 m, 3916918 m) και κάτω δεξιά (555973 m, 3913556 m) στο ΕΓΣΑ '87.

### 2.1.3. Φωτοερμηνεία

Η φωτοερμηνεία της απεικόνισης Ikonos 2 έγινε αρχικά για την εύρεση των περιπτώσεων μελέτης σε έγχρωμο σύνθετο 432, όπου αναδεικνύεται η βλάστηση.



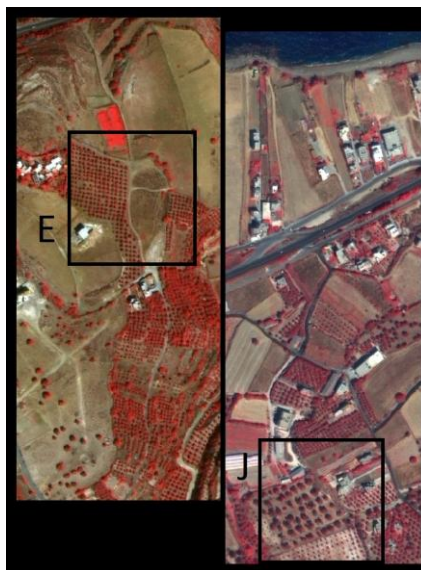
**Εικόνα 17:** Φωτοερμηνεία σε έγχρωμο σύνθετο της απεικόνισης Ikonos 2

Στη συνέχεια επιλέχθηκαν τρεις χαρακτηριστικές περιοχές της απεικόνισης, έτσι ώστε να περιλαμβάνουν διαφορετικούς τύπους ελαιώνων, αποφεύγοντας τους πολύ πυκνούς ως πολύ δύσκολες περιπτώσεις εξαγωγής ελαιόδεντρων. Οι περιοχές μελέτης της απεικόνισης Ikonos 2 που επιλέχθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω σε έγχρωμο σύνθετο 432. Η περιοχή Α, Β αποτελούν μικρά τμήματα περίπου 175x175 εικονοστοιχείων. Η περιοχή Κ που είναι μεγαλύτερη (500x500 pixels) και εμπεριέχει την Α. Σκοπός αυτής της επιλογής είναι να αναπτυχθούν κανόνες και κριτήρια για την ανίχνευση ειδικά επιλεγμένων τύπων ελαιώνων και στη συνέχεια να ελεγχθεί η εφαρμογή τους σε μία περιοχή με μεγαλύτερη ποικιλία, άρα και έκταση.



**Εικόνα 18:** Έγχρωμο σύνθετο 432 της απεικόνισης Ikonos 2, όπου παρουσιάζονται οι περιοχές A, B και K που επιλέχθηκαν για μελέτη

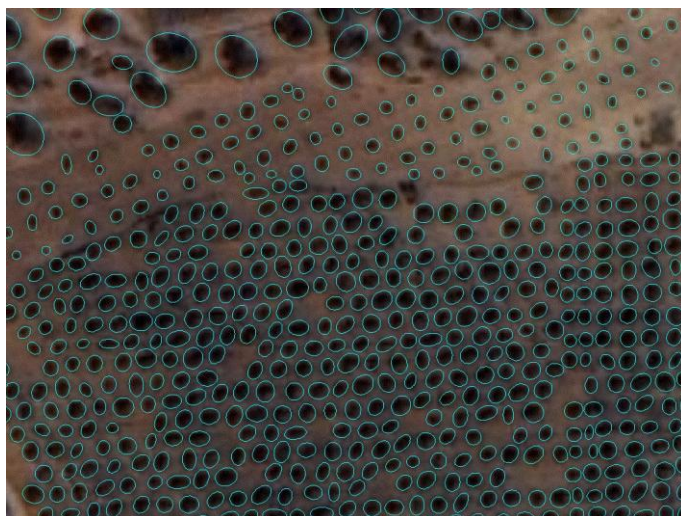
Η αξιοποίηση των απεικονίσεων Ikonos 1 και Quickbird έγκειται στη σύγκριση της αντιμετώπισης ίδιου τύπου περιπτώσεων σε διαφορετικές εικόνες. Έτσι επιλέχθηκαν δύο μικρά τμήματα (περίπου 175x175 pixels), ένα από την απεικόνιση Ikonos 1 και ένα από την Quickbird, όπως παρουσιάζονται παρακάτω.



**Εικόνα 19:** Η περιοχή μελέτης E σε έγχρωμο σύνθετο 432 λωρίδας της απεικόνισης Ikonos 1 και η περιοχή μελέτης J σε έγχρωμο σύνθετο 432 λωρίδας της απεικόνισης Quickbird.

Ακολούθησε ψηφιοποίηση επί της οθόνης στο σχεδιαστικό πακέτο AutoCAD όλων των ελαιόδεντρων των 5 περιοχών που επιλέχθηκαν.

Τα φωτοερμηνευτικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με τα οποία αναγνωρίστηκαν τα ελαιόδεντρα είναι ο τόνος, το σχήμα, το μέγεθος, η σκιά και η χωρική διάταξη των ελαιόδεντρων που γενικά είναι χαρακτηριστική. Σε αυτό το σημείο κρίνεται χρήσιμο να σημειωθεί ότι κατά την ψηφιοποίηση περιλήφθηκε πολλές φορές η σκιά που δημιουργείται βορειοδυτικά κάθε δέντρου, μέσα στην έλλειψή του, αφού δύσκολα ξεχώριζε από το υπόλοιπο δέντρο.



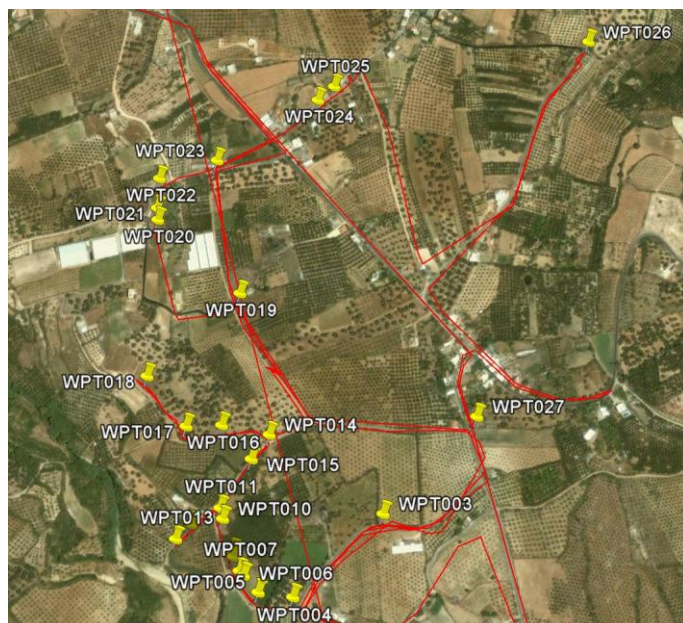
**Εικόνα 20:** Μέρος ψηφιοποίησης της περιοχής Κ της απεικόνισης Ikonos 2 στο σχεδιαστικό πακέτο AutoCAD

#### 2.1.4. Επίγειος έλεγχος

Λόγω διάφορων προβληματισμών που προέκυψαν κατά τη φωτοερμηνεία και καθώς το ελαιοκομικό μητρώο της περιοχής, όπως αναφέρεται σε επόμενο εδάφιο, δεν έδωσε καμία ακριβή απάντηση σε αυτούς, κρίθηκε απαραίτητη η επίσκεψη της περιοχής της απεικόνισης Ikonos 2 για επί τόπου μελέτη.

Τα εργαλεία στο πεδίο ήταν ένα GPS χειρός, μία φωτογραφική μηχανή, μία εκτυπωμένη απεικόνιση της περιοχής από το Google Earth (2003), ένα στυλό και η εκτυπωμένη απεικόνιση της περιοχής Ikonos 2 (2000), όπου είχαν σημειωθεί τα αμφίβολα σημεία.

Κατά τη διερεύνηση της περιοχής παρατηρήθηκε ότι κάποια τμήματα ήταν απροσπέλαστα και ότι άλλα είχαν υποστεί αλλαγές με τον καιρό. Εν τούτοις η επί τόπου έρευνα επέλυσε πολλές απορίες και ανέδειξε κάποια λάθη που είχαν γίνει κατά τη φωτοερμηνεία.



**Εικόνα 21:** Η διαδρομή που χαράχθηκε κατά την επί τόπου μελέτη και τα σημεία λήψης φωτογραφιών όπως αυτά εξήχθησαν από το GPS χειρός

Με τη βοήθεια του λογισμικού OziExplorer πραγματοποιήθηκε εξαγωγή των σημείων λήψης των φωτογραφιών από το GPS χειρός στον υπολογιστή και έπειτα στο Google Earth. Με αυτό τον τρόπο η κάθε παρατήρηση συνδέθηκε με τη φωτογραφία που της αντιστοιχούσε, με το σημείο από όπου αυτή τραβήχτηκε (ΕΓΣΑ '87) και με την κατεύθυνσή της.



**Εικόνα 22:** Κολάζ της περιοχής Κ της απεικόνισης Ikonos 2 με τις φωτογραφίες πεδίου που την αφορούν

## 2.2. Μεθοδολογία και Υλοποίηση

Η αναγνώριση ελαιόδεντρων υλοποιείται ψηφιακά στο λογισμικό eCognition 7, με υπόβαθρο ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις υψηλής διακριτικής ικανότητας Ikonos και Quickbird της περιοχής Αρκαδίου Κρήτης. Παρακάτω θα περιγραφεί η διαδικασία υλοποίησης με χρονολογική σειρά.

Το αποτέλεσμα δεν είναι προϊόν της κλασσικής προσέγγισης με ταξινόμηση όλων των χρήσεων γης της εικόνας. Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια αυτόματης αναγνώρισης των ελαιόδεντρων και μόνο με όσο το δυνατόν πιο απλούς και γενικούς κανόνες και κατηγορίες, ώστε η εφαρμογή τους να μην περιορίζεται μόνο στη συγκεκριμένη απεικόνιση.

### 2.2.1. Απεικόνιση Ikonos 1 - Περιοχή Ε

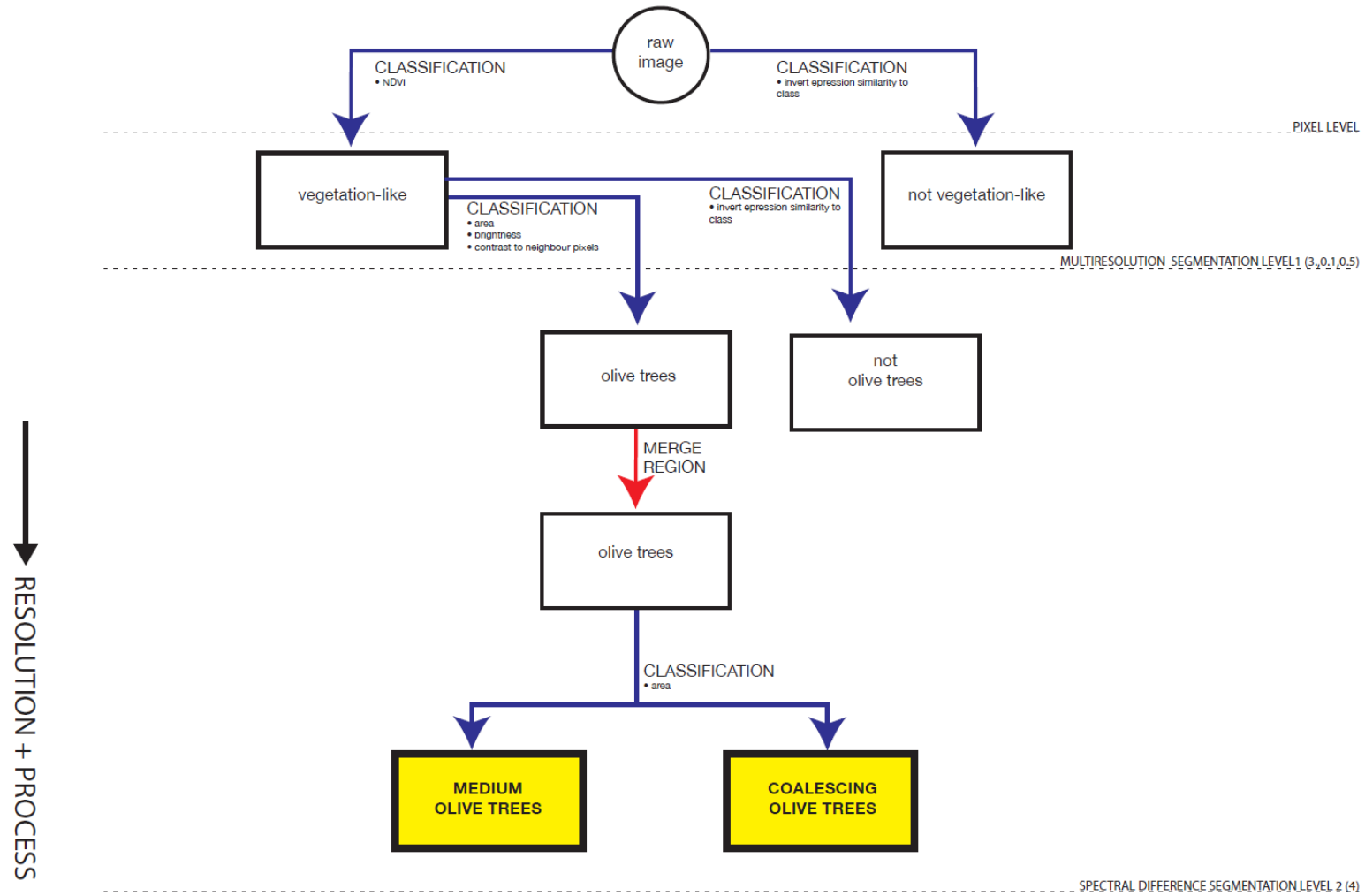
Καθώς η απεικόνιση Ikonos 1 αξιοποιήθηκε μόνο ως συμπληρωματική αξιολόγηση της βάσης γνώσης που αναπτύχθηκε στην απεικόνιση Ikonos 2, επιλέχθηκε μία μικρή περιοχή περίπου 175x175 εικονοστοιχείων, η οποία ονομάστηκε Ε.



**Εικόνα 23:** Η θέση της περιοχής Ε στην απεικόνιση Ikonos 1

Αυτή περιέχει μία και μοναδική περίπτωση ελαιώνα με ελαιόδεντρα μεσαίου μεγέθους και σε τέτοιο γεωμετρικό πρότυπο που σπάνια ακουμπούν μεταξύ τους. Η ανάλυση της εικόνας πραγματοποιήθηκε σε δύο επίπεδα με τη σειρά που περιγράφεται στο παρακάτω διάγραμμα ροής του αλγορίθμου που αναπτύχθηκε (1<sup>ος</sup> αλγόριθμος).

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗΣ Ε

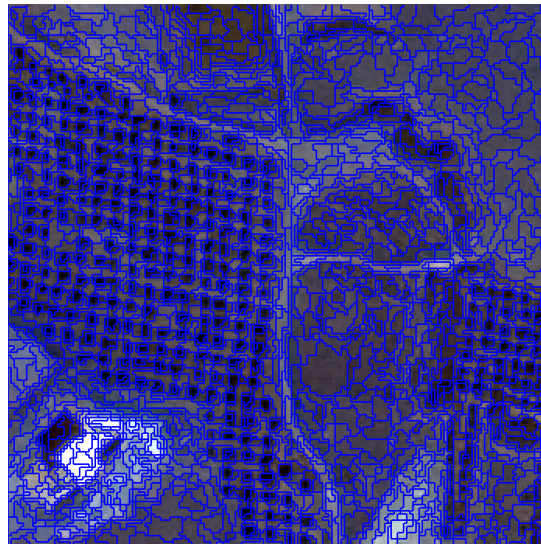




### 2.2.1.1. Κατάτμηση 1<sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής E

Αρχικά η εικόνα κατατμήθηκε με τον αλγόριθμο κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης (multiresolution segmentation) δημιουργώντας ένα λεπτόκοκκο επίπεδο. Σκοπός της λεπτής αυτής κατάτμησης είναι η ανίχνευση της βλάστησης με όσο το δυνατό καλύτερη χρήση του δείκτη NDVI (κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης), ο οποίος έχει περισσότερο νόημα σε πολύ μικρά τμήματα εικόνας. Ο δείκτης αυτός περιγράφηκε αναλυτικά σε προηγούμενο εδάφιο.

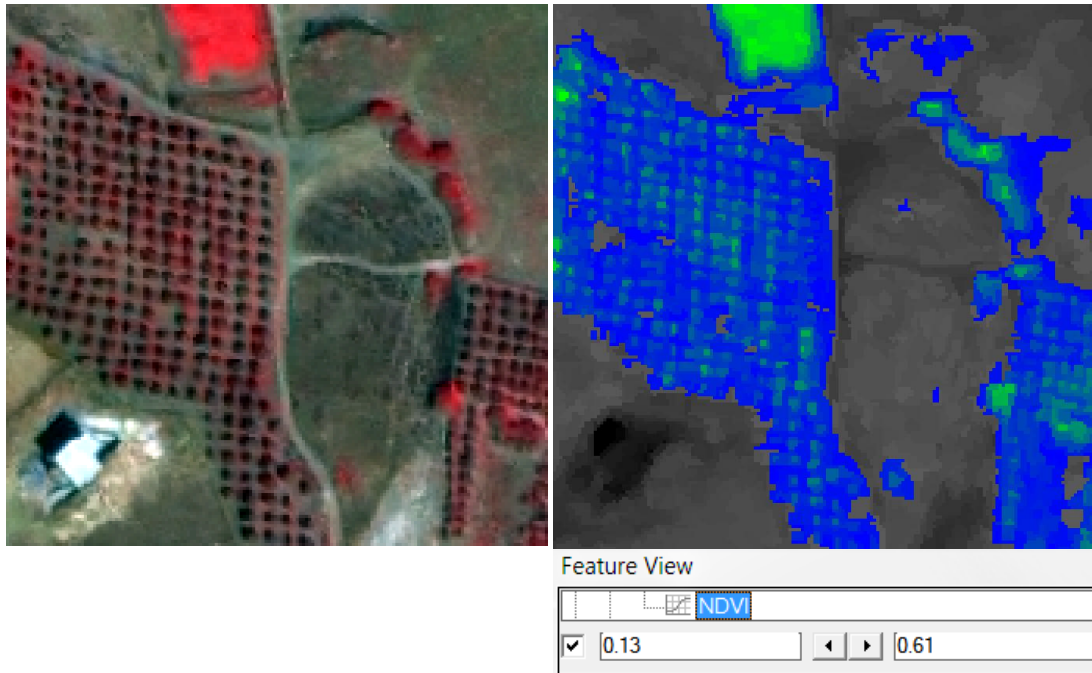
Οι παράμετροι της κατάτμησης του 1<sup>ου</sup> επιπέδου επιλέχθηκαν ως εξής: scale 3, shape 0.1 και compactness 0.5. Έτσι δόθηκε πολύ μεγάλη σημασία στη φασματική τιμή των πρωτογενών αντικειμένων εις βάρος του σχήματος.



**Εικόνα 24:** Το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 1<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής E με αλγόριθμο κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης (3, 0.1, 0.5)

### 2.2.1.2. Ταξινόμηση 1<sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής E

Με το εργαλείο feature view διερευνήθηκε το όριο του δείκτη NDVI πάνω από το οποίο υπάρχει βλάστηση. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα η βλάστηση βρίσκεται πάνω από την τιμή 0.13 του δείκτη NDVI.




**Εικόνα 25:** Σύγκριση της περιοχής E σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση του δείκτη NDVI (0.13-0.61) στο feature view

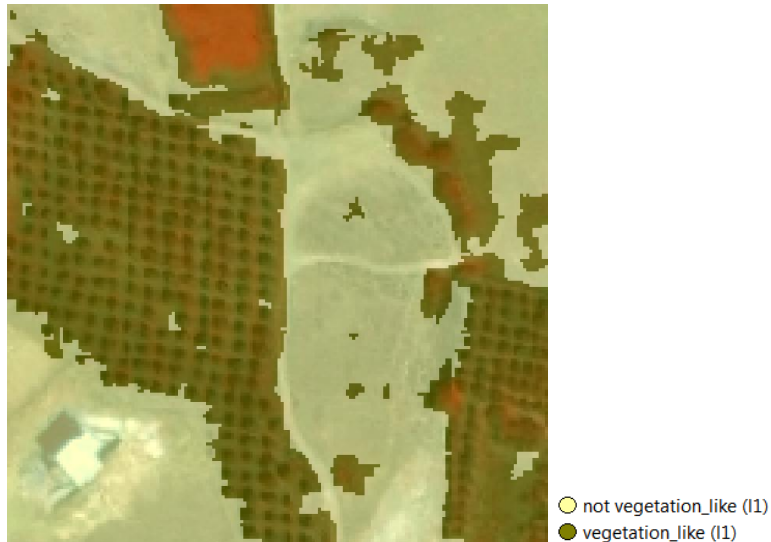
Στη συνέχεια ταξινομήθηκαν όλα τα πρωτογενή αντικείμενα της εικόνας στις δύο κατηγορίες, «σαν βλάστηση» και «σαν όχι βλάστηση». Ο λόγος που χρησιμοποιείται ο όρος «σαν» είναι είτε ότι η βλάστηση που ανιχνεύεται περιέχει στην πραγματικότητα και το έδαφος ανάμεσα στα δέντρα είτε ότι η μη βλάστηση περιέχει κάποια μικρά δέντρα. Όσο πιο μικρά είναι τα ελαιόδεντρα, τόσο μικρότερες τιμές του δείκτη βλάστησης τους αντιστοιχούν, με αποτέλεσμα είτε να ταξινομείται μαζί τους και το έδαφος γύρω τους είτε να ταξινομούνται στην κατηγορία μη βλάστηση. Επίσης όσο πιο πυκνά είναι μεταξύ τους τα ελαιόδεντρα, τόσο πιο δύσκολο είναι να ξεχωρίσει ο δείκτης βλάστησης το έδαφος που τα περιβάλλει.

Πριν την ταξινόμηση, ορίστηκαν οι κατηγορίες `vegetation_like` και `not vegetation_like` με αποκλειστικό χαρακτηριστικό το δείκτη NDVI ως εξής:

- `Vegetation_like`: NDVI πάνω από 0.11 - 0.13 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση
- `Not vegetation_like`: αντιστροφή της παραπάνω έκφρασης

**Πίνακας 1:** Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών της ταξινόμησης του 1<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής E

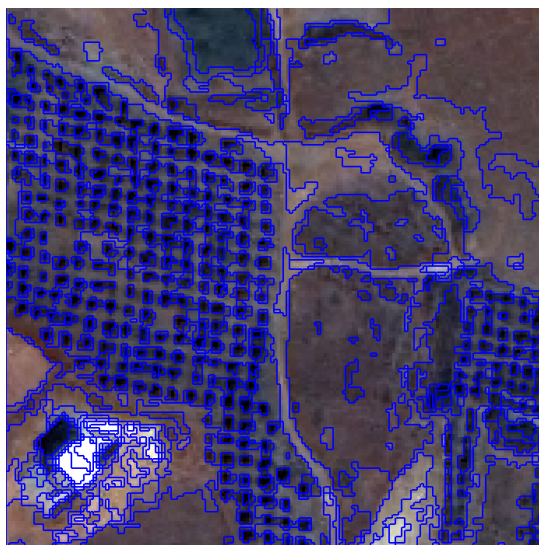
Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
<code>vegetation_like</code>	NDVI		0.11	0.13
<code>not vegetation_like</code>	"not vegetation_like"			



**Εικόνα 26:** Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Ε

### 2.2.1.3. Κατάτμηση 2<sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής Ε

Η κατάτμηση του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της εικόνας έχει ως σκοπό την ανίχνευση των ελαιόδεντρων. Πραγματοποιήθηκε με τον αλγόριθμο κατάτμησης φασματικής διαφοράς (spectral difference segmentation), η οποία ουσιαστικά αποτελεί βελτιστοποίηση του αποτελέσματος της κατάτμησης του 1<sup>ου</sup> επιπέδου, με μοναδική παράμετρο το spectral difference ίσο με 4. Το κατώφλι αυτό κρίθηκε μετά από δοκιμές ότι οδηγεί στην καλύτερη κατάτμηση για την ανίχνευση των ελαιόδεντρων τα οποία έτσι αρχίζουν ήδη να εμφανίζονται πριν την ταξινόμηση.



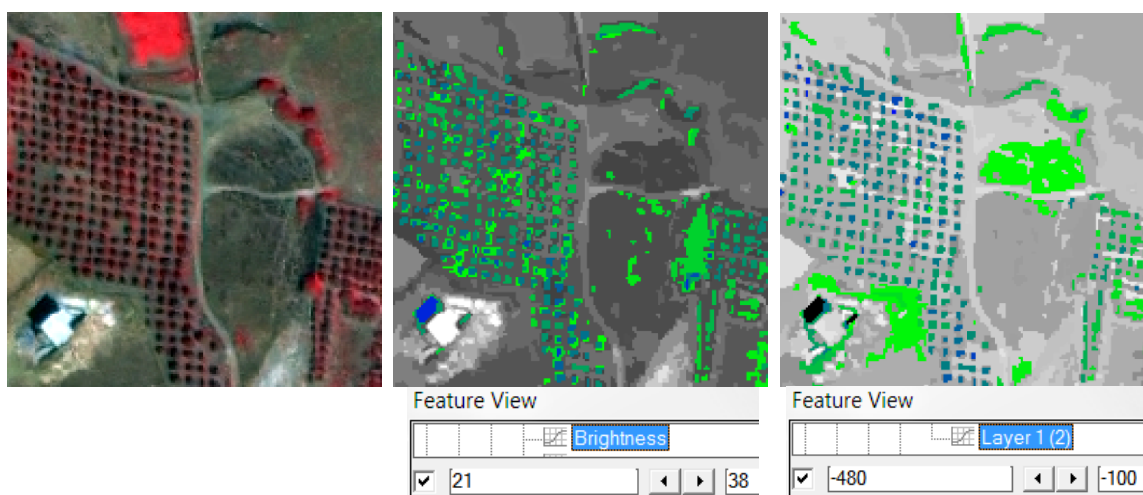
**Εικόνα 27:** Το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής Ε με αλγόριθμο κατάτμησης φασματικής διαφοράς (4)

#### 2.2.1.4. Ταξινόμηση 2<sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής Ε

Οι κατηγορίες που ορίστηκαν για την αναγνώριση των ελαιόδεντρων είναι οι: ελαιόδεντρα (olive trees) και όχι ελαιόδεντρα (not olive trees). Για την κατηγορία Olive trees επιλέχθηκαν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Area: κάτω από 48 - 50 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση ώστε να αποφευχθεί η ταξινόμηση πολύ μεγάλων αντικειμένων που δημιουργήσει η κατάτμηση
- Brightness: ανάμεσα σε 21 και 38 με πολύ μικρά διαστήματα ασάφειας της τάξης δεκαδικών στα όρια
- Contrast to neighbor pixels Layer 1 (2): κάτω από -110 - -90 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση
- Existence of sub-objects vegetation\_like (1): ίσο με 1 ώστε μόνο όταν υπάρχει από κάτω βλάστηση να ανήκει ένα αντικείμενο στην κατηγορία

Η κατηγορία not olive trees δημιουργήθηκε με αντιστροφή των παραπάνω.



**Εικόνα 28:** Σύγκριση της περιοχής Ε σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση του brightness (21-38) και του contrast to neighbor pixels Layer 1 (2) (-480 - -100) στο feature view αντίστοιχα






Τα αντικείμενα του 2<sup>ου</sup> επιπέδου που ταξινομήθηκαν στην κατηγορία ελιές, συνενώθηκαν με συγχώνευση περιοχών (merge region), ώστε με μία περαιτέρω ταξινόμηση να διαχωριστούν εκείνα που είναι μονά από εκείνα που ακουμπούν μεταξύ τους.

Δημιουργήθηκε έτσι μία νέα κατηγορία θυγατρική της olive trees, η coalescing olive trees (ενωμένα ελαιόδεντρα), με χαρακτηριστικό:

- Area: πάνω από 22 – 24 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση

Η ταξινόμηση έγινε αποκλειστικά στα αντικείμενα που πριν τη συγχώνευση είχαν ταξινομηθεί ως olive trees και με ενεργές κατηγορίες μόνο την olive trees και την coalescing olive trees.

**Πίνακας 2:** Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής E

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
olive trees	area		48	50
	brightness		21	38
	contrast to neighbor pixels Layer 1 (2)		-110	-90
	existence of sub-objects vegetation_like (1)		0	2
not olive trees	“not olive trees”			
coalescing olive trees	area		22	24



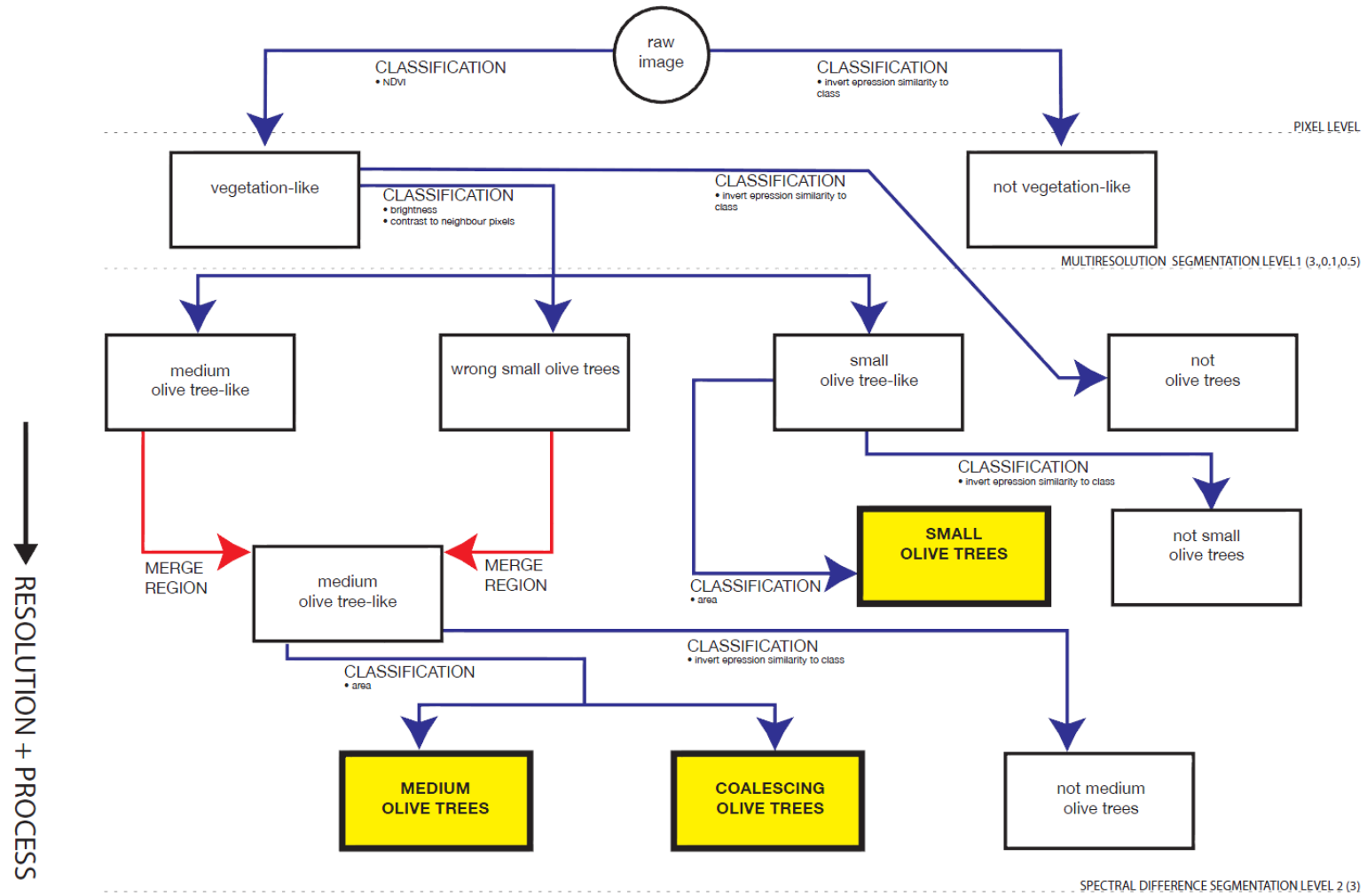
**Εικόνα 29:** Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης πριν και μετά τη συγχώνευση των αντικειμένων της κατηγορίας olive trees του 2<sup>ου</sup> επιπέδου

## 2.2.2. Απεικόνιση Ikonos 2 – Περιοχή A

Η απεικόνιση αυτή είναι και η κύρια απεικόνιση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αφού περιέχει ποικιλία ειδών ελαιώνων που καταλαμβάνουν την μεγαλύτερη επιφάνειά της. Από την απεικόνιση Ikonos 2, όπως ονομάστηκε, επιλέχθηκαν 3 περιοχές προς μελέτη, δύο μικρές (περίπου 175x175 pixels) και μία μεγάλη (500x500 pixels) που περιέχει τη μία από τις μικρές. Οι περιοχές που απεικονίζονται σε αυτά τα 3 τμήματα της εικόνας ονομάστηκαν A, B και K αντίστοιχα.

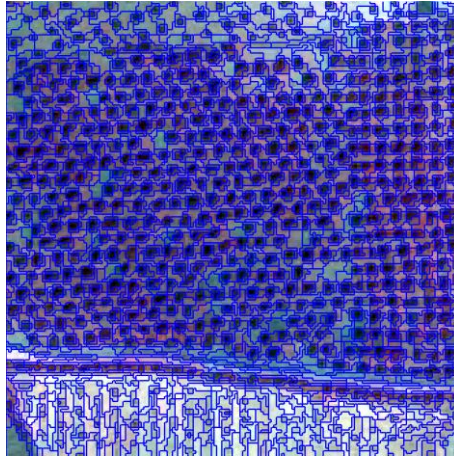
Η περιοχή A αποτελεί μία λίγο πιο σύνθετη περίπτωση σε σχέση με την περιοχή E, που μελετήθηκε προηγουμένως, αφού περιέχει δέντρα δύο μεγεθών, μεσαία και μικρά. Παρατηρείται γεωμετρικό πρότυπο, αλλά και κάποιες περιπτώσεις όπου οι ελιές ακουμπούν μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση αναπτύχθηκε ένας αλγόριθμος βάσει της λογικής του προηγούμενου εδαφίου, αλλά με περισσότερες κατηγορίες προς ταξινόμηση.

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗΣ Α



### 2.2.2.1. Κατάτμηση 1<sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής A

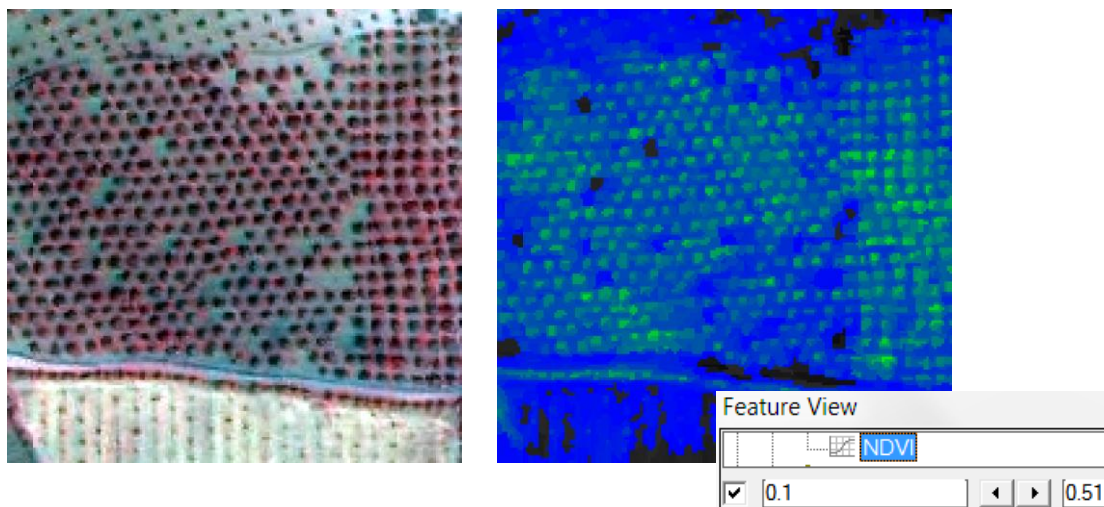
Η κατάτμηση που δημιούργησε το 1<sup>ο</sup> επίπεδο της περιοχής A βασίστηκε στην ίδια λογική με το προηγούμενο εδάφιο. Έτσι ο αλγόριθμος κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης πήρε παραμέτρους: scale 3, shape 0.1 και compactness 0.5.



**Εικόνα 30:** Το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 1<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής A με αλγόριθμο κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης (3, 0.1, 0.5)

### 2.2.2.2. Ταξινόμηση 1<sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής A

Με το εργαλείο feature view διερευνήθηκε το όριο του δείκτη NDVI πάνω από το οποίο υπάρχει βλάστηση. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα η βλάστηση βρίσκεται πάνω από την τιμή 0.10 του δείκτη NDVI.




**Εικόνα 31:** Σύγκριση της περιοχής A σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση του δείκτη NDVI (0.10-0.53) στο feature view



Στη συνέχεια ταξινομήθηκαν όλα τα πρωτογενή αντικείμενα της εικόνας στις δύο κατηγορίες, «σαν βλάστηση» και «σαν όχι βλάστηση». Πριν την ταξινόμηση, ορίστηκαν οι κατηγορίες *vegetation\_like* και *not vegetation\_like* με αποκλειστικό χαρακτηριστικό το δείκτη NDVI ως εξής:

- *Vegetation\_like*: NDVI πάνω από 0.09 - 0.11 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση
- *Not vegetation\_like*: αντιστροφή της παραπάνω έκφρασης

**Πίνακας 3:** Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών της ταξινόμησης του 1<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής A

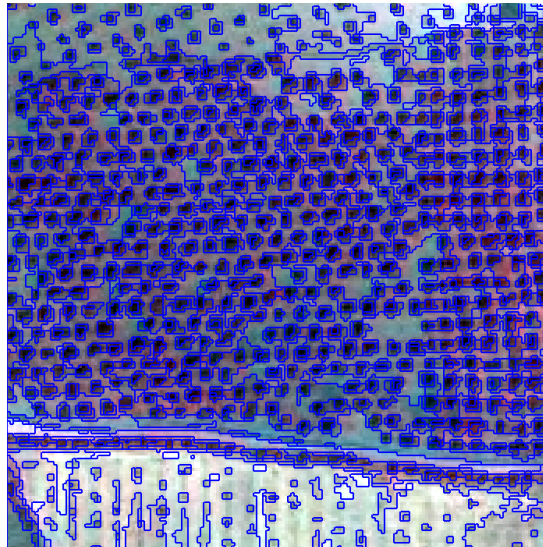
Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
<i>vegetation_like</i>	NDVI		0.09	0.11
<i>not vegetation_like</i>	"not <i>vegetation_like</i> "			



**Εικόνα 32:** Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 1<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής A

### 2.2.2.3. Κατάτμηση 2<sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής A

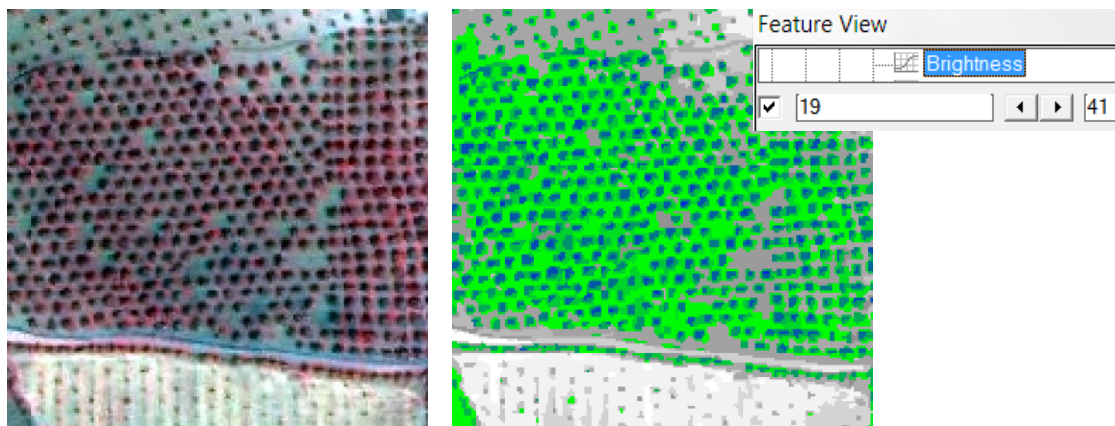
Η κατάτμηση του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της εικόνας έχει ως σκοπό την ανίχνευση των ελαιόδεντρων. Πραγματοποιήθηκε με τον αλγόριθμο κατάτμησης φασματικής διαφοράς (*spectral difference segmentation*), όπως στο προηγούμενο εδάφιο, με μοναδική παράμετρο το *spectral difference* ίσο με 3.



**Εικόνα 33:** Το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής A με αλγόριθμο κατάτμησης φασματικής διαφοράς (3)

#### 2.2.2.4. Ταξινόμηση 2<sup>ου</sup> επιπέδου περιοχής A

Οι κατηγορίες που ορίστηκαν για την αναγνώριση των ελαιόδεντρων είναι οι: medium olive tree\_like, small olive tree\_like, και not olive trees ως αντιστροφή των δύο προηγούμενων.



**Εικόνα 34:** Σύγκριση της περιοχής A σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση του χαρακτηριστικού brightness (19-41) στο feature view

Για την κατηγορία medium olive tree\_like επιλέχθηκαν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Brightness: ανάμεσα σε 19 και 41 με πολύ μικρά διαστήματα ασάφειας της τάξης δεκαδικών στα όρια
- Contrast to neighbor pixels Layer 1 (2): κάτω από 0 - 20 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση

- Existence of sub-objects vegetation\_like (1): ίσο με 1 ώστε μόνο όταν υπάρχει από κάτω βλάστηση να ανήκει ένα αντικείμενο στην κατηγορία

Για την κατηγορία small olive tree\_like επιλέχθηκαν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Brightness: ανάμεσα σε 31 και 50 με πολύ μικρά διαστήματα ασάφειας της τάξης δεκαδικών στα όρια
- Contrast to neighbor pixels Layer 1 (2): κάτω από -90 - -70 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση
- Existence of sub-objects vegetation\_like (1): ίσο με 1 ώστε μόνο όταν υπάρχει από κάτω βλάστηση να ανήκει ένα αντικείμενο στην κατηγορία

Στη συνέχεια κρίθηκε απαραίτητη η δημιουργία μίας θυγατρικής κατηγορίας της small olive tree\_like ώστε να διορθωθεί η ταξινόμηση κάποιων αντικειμένων γύρω από και κολλητά σε μεσαίου μεγέθους ελιές ως μικρές. Ως εκ τούτου η κατηγορία ονομάστηκε wrong small olive trees και το χαρακτηριστικό της είναι:

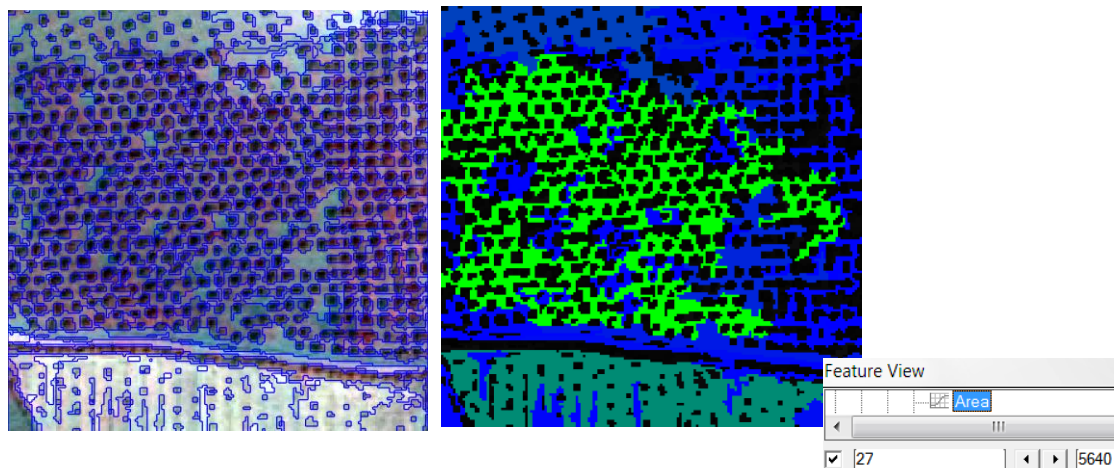
- Existence of medium olive tree\_like (0): ίσο με 1 ώστε το αντικείμενο, όταν υπάρχει παρακείμενο αντικείμενο «σαν μεσαία ελιά», να μην ταξινομείται ως μικρή, διότι το πιο πιθανό είναι να αποτελεί μέρος της μεσαίας ελιάς

Οι κατηγορίες medium olive tree\_like, small olive tree\_like, not olive trees και wrong olive trees ενεργοποιήθηκαν για την ταξινόμηση που ακολούθησε σε όλα τα αντικείμενα του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της εικόνας.



**Εικόνα 35:** Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 2<sup>ου</sup> επιπέδου πριν τη συγχώνευση περιοχής

Τα αντικείμενα του 2<sup>ου</sup> επιπέδου που ταξινομήθηκαν στην κατηγορία medium olive tree\_like, συνενώθηκαν με συγχώνευση περιοχών (merge region) μεταξύ τους και με τα λάθος ταξινομημένα ως μικρές ελιές, ώστε με μία περαιτέρω ταξινόμηση που λαμβάνει υπόψη το εμβαδό των ενιαίων πλέον εννοιολογικών αντικειμένων, να τα διαχωρίσει σε μονά ελαιόδεντρα μεσαίου μεγέθους (medium olive trees), σε ελαιόδεντρα που ενώθηκαν μεταξύ τους (coalescing olive trees) και σε ελαιόδεντρα που δεν είναι αρκετά μεγάλα για να ταξινομηθούν ως μεσαίου μεγέθους (not medium olive trees).



**Εικόνα 36:** Σύγκριση του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής A μετά τη συγχώνευση σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση του χαρακτηριστικού area (27-5640) στο feature view

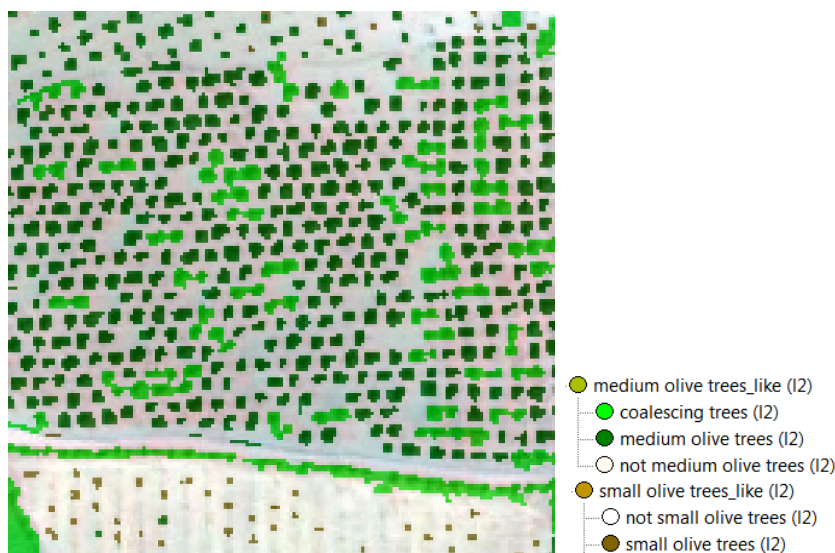
Δημιουργήθηκαν έτσι οι θυγατρικές κατηγορίες της medium olive tree\_like ως εξής:

- Medium olive trees: area πάνω από 2 - 4 με συνάρτηση συμμετοχής  $S$  με θετική κλίση
- Coalescing olive trees: area πάνω από 27 - 28 με συνάρτηση συμμετοχής  $S$  με θετική κλίση
- Not olive trees: Ως αντιστροφή των κανόνων των δύο παραπάνω κατηγοριών

Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν αντίστοιχα οι θυγατρικές κατηγορίες της small olive tree\_like ως εξής:

- Small olive trees: area κάτω από 9 - 10 με συνάρτηση συμμετοχής  $S$  με αρνητική κλίση
- Not small olive trees: Αντιστροφή της παραπάνω κατηγορίας



Η ταξινόμηση έγινε αποκλειστικά στα αντικείμενα που πριν τη συγχώνευση είχαν ταξινομηθεί ως medium olive tree\_like, small olive tree\_like και wrong small olive trees και με ενεργές κατηγορίες τις medium olive trees, coalescing olive trees, not medium olive trees, small olive trees και not small olive trees.



**Εικόνα 37:** Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης του 2<sup>ου</sup> επιπέδου μετά τη συγχώνευση περιοχής και τη συμπερίληψη του κριτηρίου area στην ταξινόμηση

**Πίνακας 4:** Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων του 2<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής A

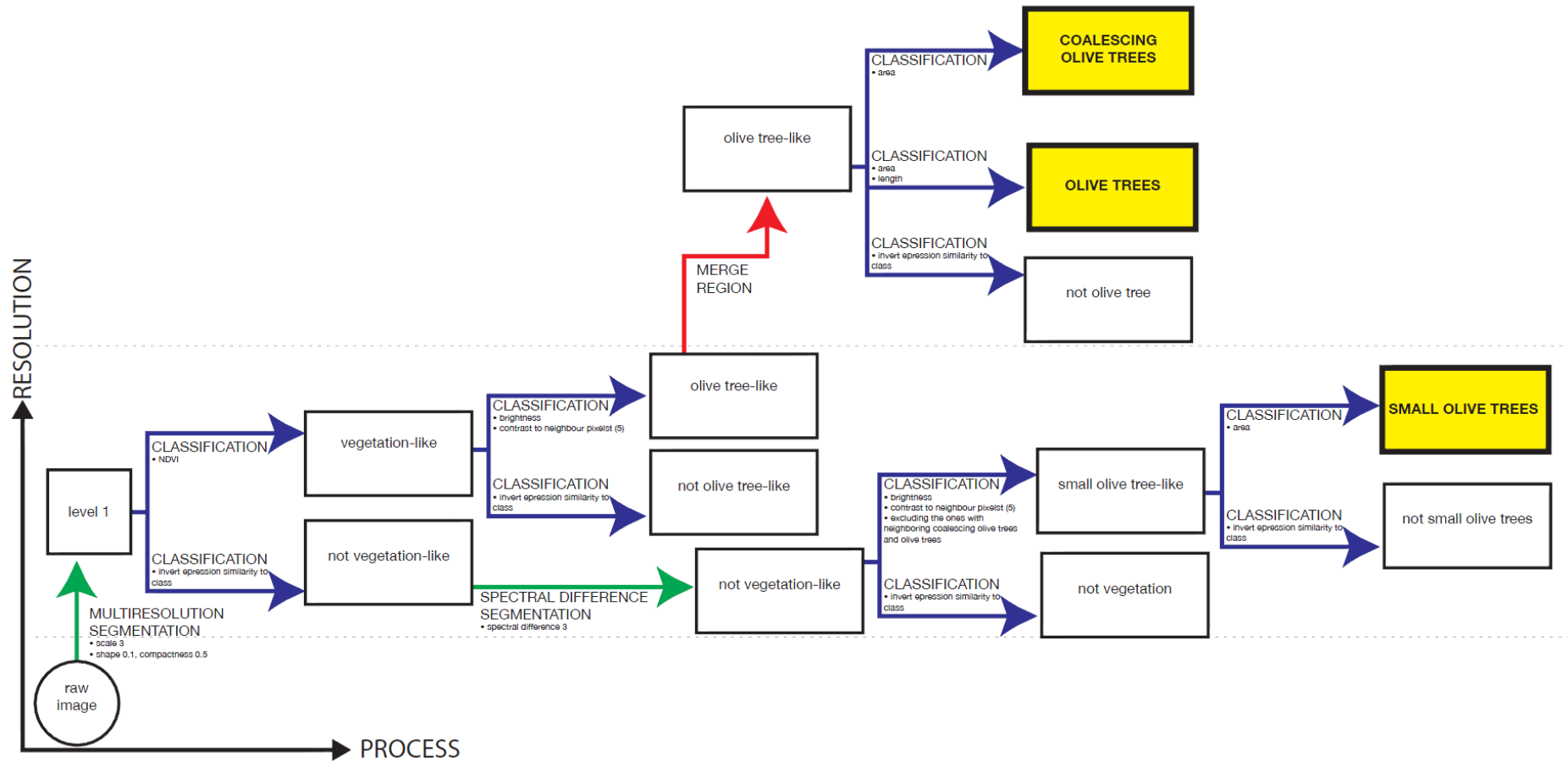
Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
medium olive tree_like	brightness		19	41
	contrast to neighbor pixels Layer 1 (2)		0	20
	existence of sub-objects vegetation_like (1)		0	2
small olive tree_like	brightness		31	50
	contrast to neighbor pixels Layer 1 (2)		-90	-70
	existence of sub-objects vegetation_like (1)		0	2
not olive trees	"not medium olive tree_like"			
	"not small olive tree_like"			
wrong small olive trees	existence of medium olive tree_like (0)		0	2
medium olive trees	area		2	4

coalescing olive trees	area		27	28
not medium olive trees	"not medium olive trees"			
small olive trees	area		9	10
not small olive trees	"not small olive trees"			
	"not wrong small olive trees"			

### 2.2.3. Απεικόνιση Ικonos 2 – Περιοχή Β

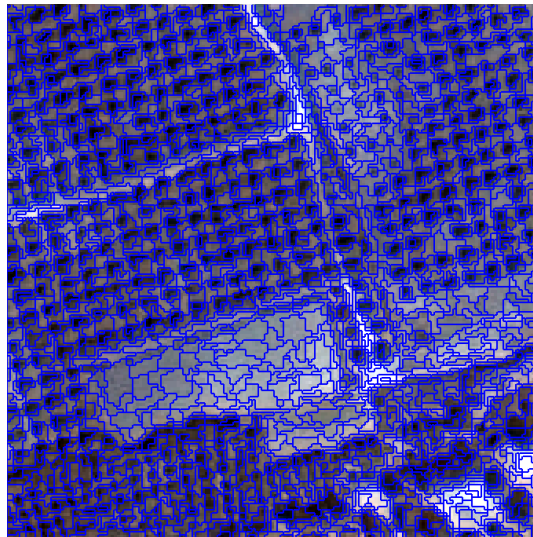
Στην περιοχή αυτή της απεικόνισης Ικonos 2, εμφανίζονται μεσαίου μεγέθους και μικρού μεγέθους δέντρα, όλα σε γεωμετρικό πρότυπο. Η διαφορά με την προηγούμενη περίπτωση είναι ότι η φυτεία των μεσαίων ελαιόδεντρων είναι πολύ πυκνή με αποτέλεσμα να μην είναι ευδιάκριτα τα όρια κάθε δέντρου. Επίσης, τα ελαιόδεντρα μικρού μεγέθους είναι τόσο μικρά που ο δείκτης της βλάστησης NDVI αδυνατεί να τα εντοπίσει. Έτσι η περιοχή Β αποτελεί ειδική περίπτωση και αντιμετωπίζεται ως τέτοια με έναν ειδικά διαμορφωμένο αλγόριθμο. Αυτός έχει στοιχεία από τον πρώτο, όμως υλοποιείται σε ένα μόνο επίπεδο όπως περιγράφεται παρακάτω.

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗΣ Β



### 2.2.3.1. Κατάτμηση περιοχής B

Η κατάτμηση της εικόνας έγινε όπως ακριβώς και στα προηγούμενα εδάφια. Σε αυτή την περίπτωση όμως ήταν και η μοναδική. Δε δημιουργήθηκε δηλαδή άλλο επίπεδο, παρά μόνο μέσω συγχώνευσης περιοχής σε συγκεκριμένες κατηγορίες της ταξινόμησης που ακολουθεί. Ο λόγος που δε χρειάστηκε δεύτερο επίπεδο είναι ότι σε αυτή την περίπτωση δεν ξεχωρίζει το έδαφος γύρω από τις ελιές σε τέτοιο βαθμό ώστε μια κατάτμηση φασματικής διαφοράς να απομονώσει τα δέντρα από το έδαφος. Μία τέτοια κατάτμηση έχει νόημα μόνο για τα μικρά ελαιόδεντρα που περιέχονται στην εικόνα και ως εκ τούτου εφαρμόστηκε αποκλειστικά για την ανίχνευση αυτών στο τέλος της διαδικασίας.



**Εικόνα 38:** Το αποτέλεσμα της κατάτμησης του 1<sup>ου</sup> επιπέδου της περιοχής B με αλγόριθμο κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης (3, 0.1, 0.5)

### 2.2.3.2. Ταξινόμηση περιοχής B

Αρχικά ταξινομήθηκαν όλα τα αντικείμενα της εικόνας στις κατηγορίες *vegetation\_like* και *not vegetation\_like* με μοναδικό χαρακτηριστικό το δείκτη NDVI, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις.

*Vegetation\_like*:

- NDVI πάνω από 0.14 - 0.16 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση

*Not vegetation\_like*:

- αντιστροφή της παραπάνω έκφρασης





**Εικόνα 39:** Το αποτέλεσμα της πρώτης ταξινόμησης της περιοχής Β

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε η κατηγορία *olive tree\_like* ως θυγατρική της *vegetation\_like*:

- **Brightness:** ανάμεσα σε 21 και 39 με πολύ μικρά διαστήματα ασάφειας της τάξης δεκαδικών στα όρια
- **Contrast to neighbor pixels Layer 1 (5):** κάτω από -40 - -20 με συνάρτηση συμμετοχής *S* με αρνητική κλίση

και η αντίστροφή της *not olive tree\_like* και ταξινομήθηκαν τα αντικείμενα της κατηγορίας *vegetation\_like* με ενεργές αυτές τις δύο.

Η κατηγορία *olive tree\_like* μετά από συγχώνευση περιοχών (*merge region*) στα αντικείμενά της, χωρίστηκε σε *olive trees* και *not olive trees* λαμβάνοντας υπόψη το εμβαδό των αντικειμένων:

**Area:** πάνω από 3 - 5 με συνάρτηση συμμετοχής *S* με θετική κλίση

Ταυτόχρονα δημιουργήθηκε η θυγατρική της *olive trees*, *coalescing olive trees*, ώστε να ταξινομηθούν σε αυτή με βάση το εμβαδό αλλά και το μήκος τους, τα αντικείμενα που περιέχουν περισσότερες από μία ελιές:

- **Area:** πάνω από 29 - 31 με συνάρτηση συμμετοχής *S* με θετική κλίση
- **Length:** πάνω από 6 - 8 με συνάρτηση συμμετοχής *S* με θετική κλίση



**Εικόνα 40:** Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης πριν και μετά τη συγχώνευση των αντικειμένων της κατηγορίας olive tree\_like της περιοχής Β

Στη συνέχεια παρατηρήθηκαν κάποια πολύ μικρά ελαιόδεντρα στην περιοχή της κατηγορίας not vegetation\_like, που όπως αναφέρεται σε προηγούμενο εδάφιο, δεν διαφέρουν αρκετά από το έδαφος ώστε να τα ξεχωρίσει ο δείκτης βλάστησης.

Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε κατάτμηση φασματικής διαφοράς στα αντικείμενα της κατηγορίας και μόνο, με παράμετρο φασματικής διαφοράς 3.



**Εικόνα 41:** Το αποτέλεσμα της κατάτμησης φασματικής διαφοράς με παράμετρο 3, μόνο των αντικειμένων της κατηγορίας not vegetation\_like

Οι κατηγορίες που δημιουργήθηκαν ως θυγατρικές της not vegetation\_like, είναι οι:

Small olive tree\_like:

- Brightness: ανάμεσα σε 27 και 45 με πολύ μικρά διαστήματα ασάφειας της τάξης δεκαδικών στα όρια
- Contrast to neighbor pixels Layer 1 (5): κάτω από -50 - -30 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση

- Existence of olive trees (0): ίσο με 0 ώστε το αντικείμενο να μην ταξινομείται ως μικρή ελιά, αν υπάρχει γειτονικό αντικείμενο ταξινομημένο ως ελιά
- Existence of coalescing olive trees (0): ίσο με 0 ώστε το αντικείμενο να μην ταξινομείται ως μικρή ελιά, αν υπάρχει γειτονικό αντικείμενο ταξινομημένο ως ενωμένες ελιές

Not vegetation:

- Αντιστροφή της παραπάνω κατηγορίας

Μετά την ταξινόμηση των αντικειμένων της κατηγορίας not vegetation\_like σε small olive tree\_like και not vegetation, ακολούθησε merge region στα αντικείμενα της δεύτερης, ώστε να ληφθεί υπόψη το εμβαδό τους και αυτά που είναι αρκετά μικρά ώστε να θεωρηθούν μικρές ελιές να ταξινομηθούν στις νέα κατηγορίες, θυγατρικές της small olive tree\_like,

Small olive trees:

- Area: κάτω από 14 - 16 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση

Not small olive trees:

- Αντιστροφή της παραπάνω κατηγορίας



**Εικόνα 42:** Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης πριν και μετά τη συγχώνευση των αντικειμένων της κατηγορίας small olive tree\_like της περιοχής B

**Πίνακας 5:** Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων της περιοχής Β

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
vegetation_like	NDVI		0.14	0.16
not vegetation_like	"not vegetation_like"			
olive tree_like	brightness		21	39
	contrast to neighbor pixels Layer 1 (5)		-40	-20
not olive tree_like	"not olive tree_like"			
olive trees	area		3	5
not olive trees	"not olive trees"			
coalescing olive trees	area		29	31
	length		6	8
small olive tree_like	brightness		27	45
	contrast to neighbor pixels Layer 1 (5)		-50	-30
	existence of olive trees (0):		-1	1
	existence of coalescing olive trees (0)		-1	1
not vegetation	"not small olive tree_like"			
small olive trees	area		14	16
not small olive trees	"not small olive trees"			

#### 2.2.4. Απεικόνιση Ικονος 2 - Περιοχή Κ

Η περιοχή αυτή αποτελεί την πιο περίπλοκη περίπτωση που μελετήθηκε στην παρούσα εργασία, αφού περιέχει από πολύ μικρές ελιές με γεωμετρικό πρότυπο μέχρι μεγάλες ελιές χωρίς καμία συγκεκριμένη χωρική διάταξη. Στην εικόνα αυτή παρατηρούνται επίσης πολύ πυκνές ελιές, καθώς και αμπέλια.



**Εικόνα 43:** Η περιοχή Κ της απεικόνισης Ikonos 2

Μετά από δεκάδες διαφορετικές προσεγγίσεις με διαφορετική κάθε φορά σειρά κατατμήσεων και ταξινομήσεων καθώς και συνδυασμούς πολλών διαφορετικών εργαλείων και χαρακτηριστικών, συντέθηκε η παρακάτω λύση ως η πιο ακριβής και αυτοματοποιημένη.

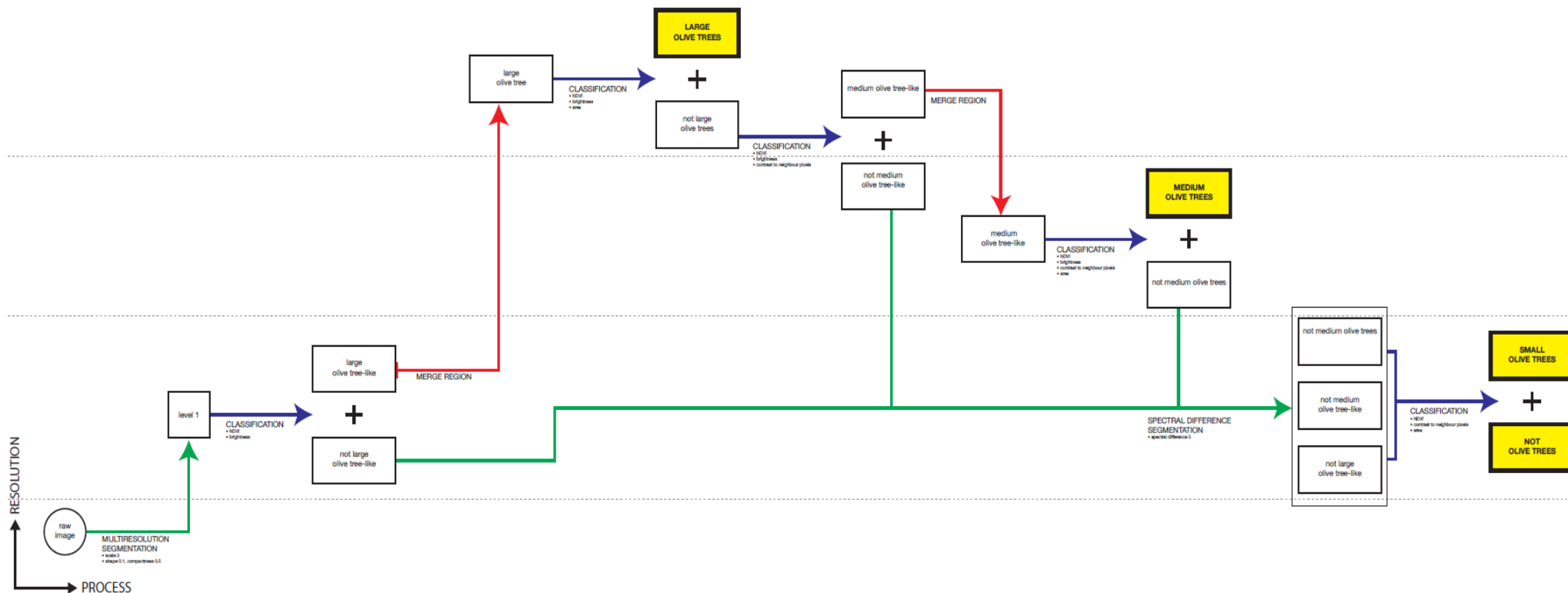
Οι κατηγορίες που ανιχνεύθηκαν είναι μεγάλες ελιές, μεσαίες ελιές και μικρές ελιές. Ουσιαστικά δημιουργείται ένα επίπεδο κατάτμησης για κάθε μία από αυτές, όμως όχι σε όλη την επιφάνεια της εικόνας. Μετά από μία πολλή λεπτή κατάτμηση, διχοτομείται η εικόνα στις κατηγορίες «μεγάλα ελαιόδεντρα» και «όχι μεγάλα ελαιόδεντρα». Συγχωνεύονται τα αντικείμενα που ταξινομήθηκαν ως μεγάλα ελαιόδεντρα και αυτά είναι τα μεγαλύτερα αντικείμενα που θα δημιουργηθούν στην εικόνα. Θεωρητικά αποτελούν το τρίτο και πιο χονδρόκοκκο επίπεδο. Η υπόλοιπη εικόνα μένει λεπτά κατατετημένη. Στη συνέχεια ότι δεν ταξινομήθηκε ως μεγάλο ελαιόδεντρο, δηλαδή η κατηγορία «όχι μεγάλα ελαιόδεντρα» διχοτομείται σε «μεσαία ελαιόδεντρα» και «όχι μεγάλα ούτε μεσαία ελαιόδεντρα». Τα πρώτα συγχωνεύονται μεταξύ τους και έτσι δημιουργείται το υποτιθέμενο δεύτερο επίπεδο κατάτμησης. Τέλος διχοτομείται η κατηγορία «όχι μεγάλα ούτε μεσαία ελαιόδεντρα» στις κατηγορίες «μικρά ελαιόδεντρα» και «όχι ελαιόδεντρα». Αυτό αποτελεί το μικρότερο επίπεδο που υποθετικά θα μπορούσε να είναι το πρώτο επίπεδο κατάτμησης.

Τελικά η διαδικασία αναγνώρισης των ελαιόδεντρων πραγματοποιείται σε ένα και μόνο επίπεδο που όμως περιέχει στην ουσία τρία διαφορετικά επίπεδα κατατμήσεων. Ο λόγος είναι ότι τα αντικείμενα που ανιχνεύονται στην παρούσα εργασία είναι αποκλειστικά και μόνο οι ελιές και όχι για παράδειγμα η χρήση γης «ελαιώνας», η κατάτμηση του οποίου θα απαιτούσε δύο επίπεδα με τελείως διαφορετικά κριτήρια μεταξύ τους ώστε κατά την ταξινόμηση να χρησιμοποιούνται οι σχέσεις μεταξύ υπερ- και υπο-αντικειμένων.

Στη μεθοδολογία που ακολουθείται είναι φανερό ότι απομονώνεται κάθε φορά μία κατηγορία ελαιόδεντρων και η διαδικασία συνεχίζει στην υπόλοιπη εικόνα για την εύρεση της επόμενης. Ως εκ τούτου ποτέ δε συμμετέχουν ταυτόχρονα στην ίδια ταξινόμηση δύο κατηγορίες ελαιόδεντρων. Έτσι η ασαφής λογική, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, δεν αξιοποιείται στην αναγνώριση διαφορετικών μεγεθών ελαιόδεντρων, αλλά μόνο στη διαφοροποίησή τους από τον περιβάλλοντα χώρο. Για την αναγνώριση της βλάστησης, άρα και όλων των ελαιόδεντρων, χρησιμοποιείται ο δείκτης βλάστησης που απαιτεί λεπτά πρωτογενή αντικείμενα. Αυτά ταξινομούνται στη συνέχεια βάσει φασματικών κριτηρίων σε ελαιόδεντρα και μη, ώστε μετά από συγχώνευσή τους σε εννοιολογικά ενιαία αντικείμενα να ταξινομηθούν βάσει μεγέθους. Οι κατηγορίες των ελαιόδεντρων φασματικά βρίσκονται πολύ κοντά, ώστε να ταξινομηθούν αρχικά χωρίς κριτήριο εμβαδού προς τη σωστή κατεύθυνση μεγέθους. Συνεπώς ο μόνος τρόπος να διαχωριστούν είναι αυτός του «κοσκινίσματος».

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ο αλγόριθμος ταξινόμησης αναλυτικά σε δύο άξονες, «διαδικασίας» και «ανάλυσης» σε υποτιθέμενα επίπεδα.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗΣ Κ



### 2.2.4.1. Ανίχνευση Ελαιόδεντρων Μεγάλου Μεγέθους

Σκοπός της πρώτης αυτής κατάτμησης είναι η ανίχνευση των μεγάλου μεγέθους ελαιόδεντρων με τη βοήθεια της φασματικής τιμής των εικονοστοιχείων της εικόνας και του κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης (NDVI), ο οποίος περιγράφηκε αναλυτικά σε προηγούμενο εδάφιο.

Για την καλύτερη δυνατή χρήση αυτού του δείκτη απαιτείται πολύ λεπτή κατάτμηση. Έτσι το επίπεδο αντικειμένων της εικόνας δημιουργήθηκε με τον αλγόριθμο κατάτμησης πολλαπλής ανάλυσης (multiresolution segmentation) και με παραμέτρους: κλίμακα (scale) 3, σχήμα (shape) 0,1 και συμπαγές σχήματος (compactness) 0,5. Δίνεται έτσι μεγάλη έμφαση στη φασματική τιμή έναντι του σχήματος κατά την κατάτμηση.

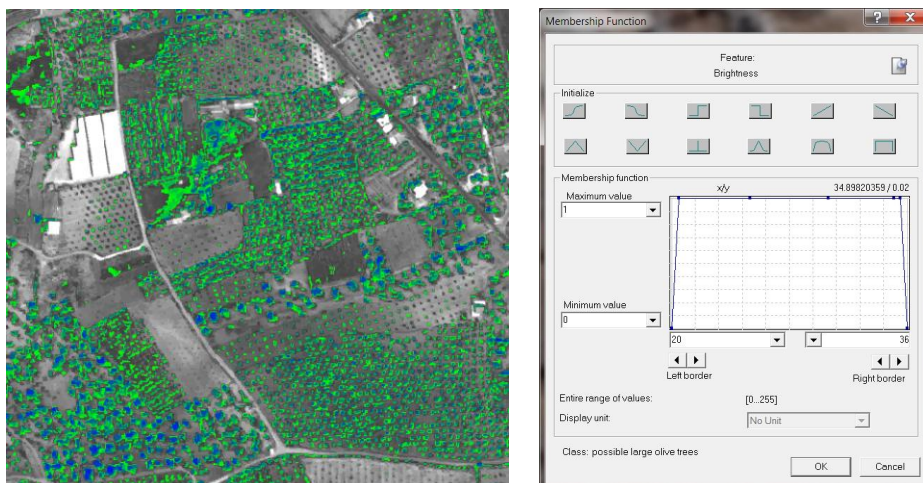
Με εξερεύνηση στο εργαλείο feature view γίνονται εμφανή τα όρια μέσα στα οποία κυμαίνονται αυτά τα δύο χαρακτηριστικά όσον αφορά στα μεγάλα ελαιόδεντρα.

Large olive tree\_like

- NDVI παίρνει τιμές πάνω από 0,15 με διάστημα ασάφειας 0,15 – 0,17 και συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση
- Brightness κυμαίνεται μεταξύ 20 και 36

Not large olive tree\_like

- με αντιστροφή έκφρασης (invert expression) της κατηγορίας large olive trees



**Εικόνα 44:** Η γραφική αναπαράσταση του χαρακτηριστικού brightness (20-36) και το παράθυρο διαλόγου με τη συνάρτηση συμμετοχής του χαρακτηριστικού στην ταξινόμηση



Στη συνέχεια έγινε συγχώνευση περιοχών (merge region) μόνο στα ταξινομημένα ως μεγάλες ελιές τμήματα, ώστε να ενωθούν τα πολύ μικρά τμήματα, που αποτελούν μία μεγάλη ελιά, μεταξύ τους, ενώ η υπόλοιπη εικόνα μένει ως έχει.

Η επόμενη ταξινόμηση έλαβε υπόψη το κριτήριο του εμβαδού και ταξινόμησε τα αντικείμενα της κατηγορίας large olive tree\_like που το ικανοποιούν στη θυγατρική τητ κατηγορία large olive trees:

- Αρεα πάνω από 19 - 20 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση. Σκοπός της ενέργειας αυτής είναι η απαλοιφή των μικρότερων ελαιόδεντρων.

Αυτά που δεν ικανοποιούν το κριτήριο του εμβαδού ταξινομήθηκαν στην κατηγορία Not large olive trees:




- Αντιστροφή της παραπάνω κατηγορίας

Παρατηρήθηκε ότι με από αυτή τη διαδικασία ταξινομήθηκαν ως μεγάλα ελαιόδεντρα εκτός από τις μεγάλες ελιές και αυτές που ακουμπούν μεταξύ τους.



**Εικόνα 45:** Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης πριν και μετά τη συγχώνευση της κατηγορίας large olive tree\_like

**Πίνακας 6:** Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων της περιοχής Κ για την αναγνώριση μεγάλων ελαιόδεντρων

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
large olive tree_like	NDVI		0.15	0.17
	brightness		20	36
not large olive tree_like	not large olive tree_like			
large olive trees	area		19	20
not large olive trees	"not large olive trees"			

### 2.2.4.2. Ανίχνευση Ελαιόδεντρων Μεσαίου Μεγέθους

Στο επόμενο βήμα αναγνωρίστηκαν τα ελαιόδεντρα μεσαίου μεγέθους. Οι κατηγορίες που δημιουργήθηκαν για αυτό το σκοπό είναι:

Medium olive tree\_like

- Brightness μεταξύ 21 και 40
- NDVI πάνω από 0,13 - 0,15 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση
- Contrast to neighbor pixels στο κανάλι 1 (μπλε) και σε απόσταση 3 pixels κάτω από -40 - -20 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση

Not medium olive tree\_like

- Αντιστροφή της παραπάνω κατηγορίας



**Εικόνα 46:** Σύγκριση της περιοχής Κ σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση στο feature view του χαρακτηριστικού contrast to neighbor pixels Layer 1 (3) με τιμές από -900 έως -28

Ο λόγος που επιλέχθηκε το κανάλι 1 για τα τελευταία δύο χαρακτηριστικά είναι ότι εκεί φαινόταν πιο καθαρά η διαφορά ελαιόδεντρων και εδάφους.

Η ταξινόμηση πραγματοποιήθηκε μόνο σε ότι παραλίγο να ταξινομηθεί πριν ως μεγάλη ελιά, δηλαδή μόνο στα αντικείμενα της κατηγορίας not large olive trees.

Στη συνέχεια έγινε συγχώνευση περιοχών (merge region), μόνο στην κατηγορία των μεσαίου μεγέθους ελαιόδεντρων, ώστε να αποτελούν το κάθε ένα, ένα και μοναδικό αντικείμενο.

Η ταξινόμηση που ακολούθησε αφορά στο εμβαδό των αντικειμένων της κατηγορίας medium olive tree\_like, η οποία ταξινομήθηκε στις δύο θυγατρικές κατηγορίες της.

Medium olive trees:

- Άρα πάνω από 2 - 4 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση

Not medium olive trees

- Αντιστροφή της παραπάνω κατηγορίας




Με την ενέργεια αυτή απαλείφονται τα μικρά ελαιόδεντρα και μαζί τους πολλά λάθος ταξινομημένα αντικείμενα.



- large olive trees
- medium olive trees\_like
- medium olive trees
- not medium olive trees

**Εικόνα 47:** Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης πριν και μετά τη συγχώνευση της κατηγορίας medium olive tree\_like

**Πίνακας 7:** Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων της περιοχής Κ για την αναγνώριση μεσαίων ελαιόδεντρων

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
medium olive tree_like	brightness		21	40
	NDVI		0,13	0,15
	contrast to neighbor pixels Layer 1 (3)		-40	-20
not medium olive tree_like	“not medium olive tree_like”			
medium olive trees	area		2	4
not medium olive trees	“not medium olive trees”			

### 2.2.4.3. Ανίχνευση Ελαιόδεντρων Μικρού Μεγέθους

Για την ανίχνευση των μικρών ελαιόδεντρων πραγματοποιήθηκε βοηθητική κατάτμηση των αντικειμένων των κατηγοριών not large olive tree\_like, not medium olive tree\_like και not medium olive trees με τον αλγόριθμο κατάτμησης φασματικής διαφοράς. Η φασματική διαφορά κάτω από την οποία ο αλγόριθμος συνενώνει τα αντικείμενα ορίζεται ίση με 5.



**Εικόνα 48:** Το αποτέλεσμα της κατάτμησης φασματικής διαφοράς με παράμετρο 5, όλων των αντικειμένων των κατηγοριών not large olive tree\_like, not medium tree\_like και not medium olive trees

Οι κατηγορίες που δημιουργήθηκαν για την ταξινόμηση είναι

Small olive trees

- Brightness: μεταξύ 26 και 50
- NDVI: πάνω από 0,1 - 0,25 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση

- Contrast to neighbor pixels στο μπλε κανάλι (Layer1) με απόσταση 1: κάτω από -70 - -50 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση.
- Area: κάτω από 14 - 16 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση.

Not olive trees

- Αντιστροφή της παραπάνω κατηγορίας







**Εικόνα 49:** Σύγκριση της περιοχής Κ σε έγχρωμο σύνθετο 432 με τη γραφική αναπαράσταση στο feature view του χαρακτηριστικού contrast to neighbor pixels Layer 1 (1) με τιμές από -660 έως -60



**Εικόνα 50:** Το αποτέλεσμα της ταξινόμησης της περιοχής Κ

**Πίνακας 8:** Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων της περιοχής Κ για την αναγνώριση μικρών ελαιόδεντρων

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
small olive trees	brightness		26	50
	NDVI		0,1	0,25
	contrast to neighbor pixels Layer1 (1)		-70	-50
	area		14	16
not olive trees	“not small olive trees”			

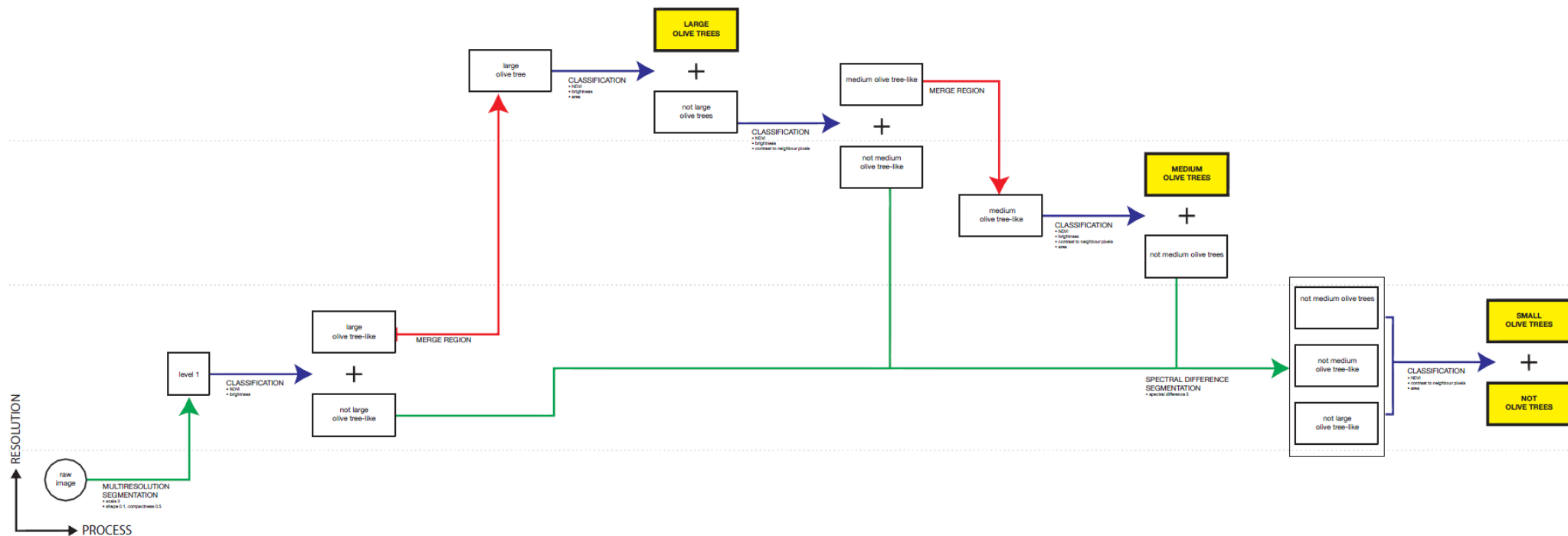
### 2.2.5. Απεικόνιση Quickbird – Περιοχή J

Η απεικόνιση του δορυφόρου Quickbird συνέβαλε συμπληρωματικά στην παρούσα εργασία διερευνώντας το κατά πόσο ο αλγόριθμος που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο εδάφιο μπορεί να εφαρμοστεί σε μία απεικόνιση διαφορετικού δορυφόρου με ίδιου τύπου ποικιλίες ελαιώνων. Επιλέχθηκε για το σκοπό αυτό μία μικρή περιοχή (175x175 pixels) της απεικόνισης, η οποία ονομάστηκε J.



**Εικόνα 51:** Η θέση της περιοχής J στην απεικόνιση Quickbird

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗΣ J



### 2.2.5.1. Μελέτη περιοχής J

Η μελέτη αυτής τη περιοχής ακολούθησε πιστά τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο εδάφιο, λόγω της ύπαρξης ποικιλίας ελαιόδεντρων όπως και στην περιοχή K της απεικόνισης Ikonos 2 και με σκοπό να διαπιστωθεί κατά πόσο αυτή μπορεί να θεωρηθεί αυτόματη.

Οι διαφορές από την προηγούμενη διαδικασία έγκεινται στις τιμές των ορίων των συναρτήσεων συμμετοχής κάθε κατηγορίας και μόνο. Οι τιμές αυτές διερευνήθηκαν στο feature view και παρατίθενται παρακάτω για κάθε κατηγορία.

Large olive tree\_like

- NDVI παίρνει τιμές πάνω από 0,15 με διάστημα ασάφειας 0,13 – 0,15 και συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση
- Brightness κυμαίνεται μεταξύ 21 και 42

Not large olive tree\_like

- με αντιστροφή έκφρασης (invert expression) της κατηγορίας large olive trees

Large olive trees:

- Area πάνω από 19 - 21 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση

Not large olive trees:

- Αντιστροφή της παραπάνω κατηγορίας

Medium olive tree\_like

- Brightness μεταξύ 31 και 45
- NDVI πάνω από 0,17 - 0,19 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση
- Contrast to neighbor pixels στο κανάλι 1 (μπλε) και σε απόσταση 3 pixels κάτω από -80 - -60 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση

Not medium olive tree\_like

- Αντιστροφή της παραπάνω κατηγορίας

Medium olive trees:

- Area πάνω από 3 - 5 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση

Not medium olive trees

- Αντιστροφή της παραπάνω κατηγορίας



### Small olive trees

- Brightness: μεταξύ 34 και 61
- NDVI: πάνω από 0,1 - 0,25 με συνάρτηση συμμετοχής S με θετική κλίση
- Contrast to neighbor pixels στο μπλε κανάλι (Layer1) με απόσταση 1: κάτω από -70 - -50 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση.
- Area: κάτω από 14 - 16 με συνάρτηση συμμετοχής S με αρνητική κλίση.

### Not olive tree












- Αντιστροφή της παραπάνω κατηγορίας



- large olive trees
- medium olive trees
- small olive trees
- not olive trees

**Εικόνα 52:** Σύγκριση της περιοχής J σε έγχρωμο σύνθετο 432 με το αποτέλεσμα της ταξινόμησης

**Πίνακας 9:** Συναρτήσεις συμμετοχής των κατηγοριών των ταξινομήσεων της περιοχής J για την αναγνώριση μεγάλων ελαιόδεντρων

Κατηγορία	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση Συμμετοχής	Αριστερό Όριο	Δεξί όριο
large olive tree_like	NDVI		0,13	0,15
	brightness		21	42
not large olive tree_like	“not large olive tree_like”			
large olive trees	area		19	21
not large olive trees	“not large olive trees”			
medium olive tree_like	brightness		31	45
	NDVI		0,17	0,19
	contrast to neighbor pixels Layer 1 (3)		-80	-60
not medium olive tree_like	“not Medium olive tree_like”			
medium olive trees	area		3	5
not medium olive trees	not medium olive trees			
small olive trees	brightness		34	61
	NDVI		0,1	0,25
	contrast to neighbor pixels Layer1 (1)		-70	-50
	area		14	16
not olive trees	“not small olive trees”			

### 3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ






Μετά το τέλος όλων των ταξινομήσεων, αξιολογήθηκε η ορθότητα των αποτελεσμάτων. Αρχικά υλοποιήθηκαν στατιστικοί έλεγχοι της ποιότητας των αποτελεσμάτων κάθε ταξινόμησης με εργαλεία που παρέχει το λογισμικό eCognition. Στη συνέχεια αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης κάθε περιοχής με βάση την ψηφιοποίησή της με φωτοερμηνεία στο σχεδιαστικό πακέτο AutoCAD.

#### 3.1. Αξιολόγηση των Ταξινομήσεων με Βάση τους Μεγαλύτερους Βαθμούς Συμμετοχής (Best Classification Result)

Το εργαλείο best classification result διερευνά το πόσο υψηλές ήταν οι τιμές των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής σύμφωνα με τις οποίες ταξινομήθηκαν τα αντικείμενα, καθώς η τελική τους ταξινόμηση γίνεται στην κατηγορία που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής σε σχέση με τις υπόλοιπες. Το εξαγόμενο της αξιολόγησης αυτής είναι τόσο αριθμητικό, όσο και γραφικό.

Το αριθμητικό εξαγόμενο της απεικόνισης είναι ένας πίνακας στατιστικών στοιχείων των τιμών των μέγιστων βαθμών συμμετοχής με τους οποίους ταξινομήθηκαν τα αντικείμενα στην εκάστοτε κατηγορία. Στον πίνακα αυτό αναγράφεται για κάθε κατηγορία ο αριθμός των τμημάτων της, η ελάχιστη, η μέγιστη, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής.

Η γραφική απεικόνιση της αξιολόγησης με βάση τους μεγαλύτερους βαθμούς συμμετοχής έγκειται στη δημιουργία ενός έγχρωμου σύνθετου στο οποίο κάθε τμήμα χρωματίζεται σύμφωνα με μία ποιοτική κλίμακα χρωμάτων από το έντονο κόκκινο έως το έντονο πράσινο που δηλώνουν πολύ χαμηλό βαθμό συμμετοχής και πολύ υψηλό βαθμό συμμετοχής αντίστοιχα.

	1 <sup>ο</sup> επίπεδο	2 <sup>ο</sup> επίπεδο																																																												
Περιοχή Ε	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maxi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>vegetation_like (I1)</td> <td>1583</td> <td>0.9943622</td> <td>0.04036502409</td> <td>0.5073619</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not vegetation_like (I1)</td> <td>1021</td> <td>0.9928936</td> <td>0.04021865577</td> <td>0.5223107</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi	vegetation_like (I1)	1583	0.9943622	0.04036502409	0.5073619	1	not vegetation_like (I1)	1021	0.9928936	0.04021865577	0.5223107	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maxi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>olive trees (I2)</td> <td>272</td> <td>0.9998511</td> <td>0.001864183258</td> <td>0.9716439</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not olive trees (I2)</td> <td>676</td> <td>0.9978597</td> <td>0.02331388003</td> <td>0.5098040</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>coalescing olive trees (I2)</td> <td>13</td> <td>0.9615385</td> <td>0.1332347</td> <td>0.5</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi	olive trees (I2)	272	0.9998511	0.001864183258	0.9716439	1	not olive trees (I2)	676	0.9978597	0.02331388003	0.5098040	1	coalescing olive trees (I2)	13	0.9615385	0.1332347	0.5	1																		
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi																																																									
vegetation_like (I1)	1583	0.9943622	0.04036502409	0.5073619	1																																																									
not vegetation_like (I1)	1021	0.9928936	0.04021865577	0.5223107	1																																																									
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi																																																									
olive trees (I2)	272	0.9998511	0.001864183258	0.9716439	1																																																									
not olive trees (I2)	676	0.9978597	0.02331388003	0.5098040	1																																																									
coalescing olive trees (I2)	13	0.9615385	0.1332347	0.5	1																																																									
Περιοχή Α	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maxi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>vegetation_like (I1)</td> <td>2864</td> <td>0.995</td> <td>0.03857110338</td> <td>0.5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not vegetation_like (I1)</td> <td>147</td> <td>0.9384931</td> <td>0.107</td> <td>0.5218295</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi	vegetation_like (I1)	2864	0.995	0.03857110338	0.5	1	not vegetation_like (I1)	147	0.9384931	0.107	0.5218295	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>medium olive trees (I2)</td> <td>398</td> <td>0.9974874</td> <td>0.0353548...</td> <td>0.5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>small olive trees (I2)</td> <td>47</td> <td>0.9905576</td> <td>0.0629854...</td> <td>0.5634278</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not small olive trees (I2)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not medium olive trees (I2)</td> <td>7</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not olive trees (I2)</td> <td>529</td> <td>0.9877432</td> <td>0.0589885...</td> <td>0.5046875</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>coalescing trees (I2)</td> <td>51</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Max	medium olive trees (I2)	398	0.9974874	0.0353548...	0.5	1	small olive trees (I2)	47	0.9905576	0.0629854...	0.5634278	1	not small olive trees (I2)	1	1	0	1	1	not medium olive trees (I2)	7	1	0	1	1	not olive trees (I2)	529	0.9877432	0.0589885...	0.5046875	1	coalescing trees (I2)	51	1	0	1	1
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi																																																									
vegetation_like (I1)	2864	0.995	0.03857110338	0.5	1																																																									
not vegetation_like (I1)	147	0.9384931	0.107	0.5218295	1																																																									
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Max																																																									
medium olive trees (I2)	398	0.9974874	0.0353548...	0.5	1																																																									
small olive trees (I2)	47	0.9905576	0.0629854...	0.5634278	1																																																									
not small olive trees (I2)	1	1	0	1	1																																																									
not medium olive trees (I2)	7	1	0	1	1																																																									
not olive trees (I2)	529	0.9877432	0.0589885...	0.5046875	1																																																									
coalescing trees (I2)	51	1	0	1	1																																																									
Περιοχή Β	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maxi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>not olive trees_like</td> <td>1289</td> <td>0.9887270</td> <td>0.05389821305</td> <td>0.5132076</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>olive trees</td> <td>299</td> <td>0.9971973</td> <td>0.02874272014</td> <td>0.6394737</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not olive trees</td> <td>32</td> <td>0.7945638</td> <td>0.2384849</td> <td>0.5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>coalescing olive trees</td> <td>36</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not vegetation</td> <td>357</td> <td>0.9756174</td> <td>0.08057721857</td> <td>0.5603448</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>small olive trees</td> <td>42</td> <td>0.9964128</td> <td>0.01760562835</td> <td>0.8868317</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not small olive trees</td> <td>8</td> <td>0.8894397</td> <td>0.1936614</td> <td>0.5</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi	not olive trees_like	1289	0.9887270	0.05389821305	0.5132076	1	olive trees	299	0.9971973	0.02874272014	0.6394737	1	not olive trees	32	0.7945638	0.2384849	0.5	1	coalescing olive trees	36	1	0	1	1	not vegetation	357	0.9756174	0.08057721857	0.5603448	1	small olive trees	42	0.9964128	0.01760562835	0.8868317	1	not small olive trees	8	0.8894397	0.1936614	0.5	1													
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi																																																									
not olive trees_like	1289	0.9887270	0.05389821305	0.5132076	1																																																									
olive trees	299	0.9971973	0.02874272014	0.6394737	1																																																									
not olive trees	32	0.7945638	0.2384849	0.5	1																																																									
coalescing olive trees	36	1	0	1	1																																																									
not vegetation	357	0.9756174	0.08057721857	0.5603448	1																																																									
small olive trees	42	0.9964128	0.01760562835	0.8868317	1																																																									
not small olive trees	8	0.8894397	0.1936614	0.5	1																																																									

Περιοχή Κ	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>small olive trees</td> <td>850</td> <td>0.9844306</td> <td>0.06441418375</td> <td>0.5197635</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>large olive trees</td> <td>551</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not large olive trees</td> <td>8</td> <td>0.9908543</td> <td>0.02419720686</td> <td>0.9268345</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>medium olive trees</td> <td>1478</td> <td>0.9778632</td> <td>0.1025791</td> <td>0.5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not olive trees</td> <td>5027</td> <td>0.996</td> <td>0.03764189144</td> <td>0.5</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Max	small olive trees	850	0.9844306	0.06441418375	0.5197635	1	large olive trees	551	1	0	1	1	not large olive trees	8	0.9908543	0.02419720686	0.9268345	1	medium olive trees	1478	0.9778632	0.1025791	0.5	1	not olive trees	5027	0.996	0.03764189144	0.5	1
	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Max																															
small olive trees	850	0.9844306	0.06441418375	0.5197635	1																																
large olive trees	551	1	0	1	1																																
not large olive trees	8	0.9908543	0.02419720686	0.9268345	1																																
medium olive trees	1478	0.9778632	0.1025791	0.5	1																																
not olive trees	5027	0.996	0.03764189144	0.5	1																																
Περιοχή J	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>small olive trees</td> <td>182</td> <td>0.9706655</td> <td>0.09238173567</td> <td>0.52</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>large olive trees</td> <td>62</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not large olive trees</td> <td>24</td> <td>0.961</td> <td>0.09288702759</td> <td>0.5833935</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>medium olive trees</td> <td>66</td> <td>0.89</td> <td>0.2143500</td> <td>0.2036036</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not olive trees</td> <td>1654</td> <td>0.9976632</td> <td>0.02701561522</td> <td>0.5</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Max	small olive trees	182	0.9706655	0.09238173567	0.52	1	large olive trees	62	1	0	1	1	not large olive trees	24	0.961	0.09288702759	0.5833935	1	medium olive trees	66	0.89	0.2143500	0.2036036	1	not olive trees	1654	0.9976632	0.02701561522	0.5	1
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Max																																
small olive trees	182	0.9706655	0.09238173567	0.52	1																																
large olive trees	62	1	0	1	1																																
not large olive trees	24	0.961	0.09288702759	0.5833935	1																																
medium olive trees	66	0.89	0.2143500	0.2036036	1																																
not olive trees	1654	0.9976632	0.02701561522	0.5	1																																

**Πίνακας 10:** Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης του εργαλείου best classification result των ταξινομήσεων όλων των περιοχών μελέτης συνοδεύονται από τη γραφική ποιοτική αναπαράστασή τους

Παρατηρείται από τις μέσες τιμές των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής σε κάθε κατηγορία, ότι τα περισσότερα αντικείμενα σε όλες τις περιπτώσεις ταξινομήθηκαν με ικανοποιητικό βαθμό συμμετοχής, άνω του 0.9. Παρ' όλα αυτά φαίνεται από τις ελάχιστες τιμές των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής, ότι κάποια αντικείμενα κάθε περιοχής ταξινομήθηκαν με βαθμό συμμετοχής μόλις 0.5, αφού δε συμμετείχαν σε καμία άλλη κατηγορία περισσότερο από τόσο.

Αυτό οφείλεται στον τρόπο που διχοτομούταν κάθε φορά η εικόνα σε αντίθετες μεταξύ τους κατηγορίες, όπου αναγκαστικά όλα τα αντικείμενα που συμμετείχαν όφειλαν να ταξινομηθούν σε μία από τις δύο. Όταν λοιπόν ένα αντικείμενο πλησίαζε αλλά αδυνατούσε να συμπεριληφθεί σε μία κατηγορία, αναγκαζόταν να συμπεριληφθεί στην αντίθετή της με λίγο μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής από 0.5. Το φαινόμενο αυτό, όπως διαπιστώνεται από τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των μεγαλύτερων βαθμών συμμετοχής κάθε κατηγορίας, δεν ήταν συχνό.

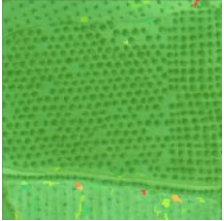
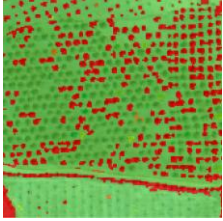
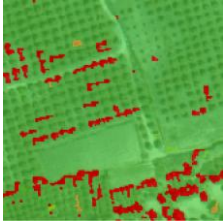


### 3.2. Αξιολόγηση των Ταξινομήσεων Με Βάση τη Διαφορά Ανάμεσα στον Πρώτο και Δεύτερο Καλύτερο Βαθμό Συμμετοχής (Classification Stability)

Ένας άλλος τρόπος αξιολόγησης της ταξινόμησης της ταξινόμησης που προσφέρει το λογισμικό είναι η διερεύνηση της διαφοράς στον πρώτο και δεύτερο μεγαλύτερο συμμετοχής ανά τμήμα. Έτσι αναδεικνύεται η σύγκριση ανάμεσα στις κατηγορίες και άρα η ευστάθεια της ταξινόμησης.

Αν για παράδειγμα ο πρώτος και ο δεύτερος βαθμός συμμετοχής ενός αντικειμένου σε μία κατηγορία είναι πολύ κοντά, αυτό σημαίνει ότι η ταξινόμησή του στην πρώτη δεν είναι απολύτως αξιόπιστη.

Οι πίνακες που παράγει το εργαλείο αυτό περιέχουν τον αριθμό των αντικειμένων που ταξινομήθηκαν σε κάθε κατηγορία, τη μέση, τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή της διαφοράς του πρώτου από το δεύτερο μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής στην κατηγορία, καθώς και την τυπική απόκλιση.

	1 <sup>ο</sup> επίπεδο	2 <sup>ο</sup> επίπεδο																																										
Περιοχή Ε	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maxi..</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>vegetation_like (1)</td> <td>1583</td> <td>0.9892479</td> <td>0.08031407742</td> <td>0.01472389698</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not vegetation_like (1)</td> <td>1021</td> <td>0.9872002</td> <td>0.07940449451</td> <td>0.04462149739</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi..	vegetation_like (1)	1583	0.9892479	0.08031407742	0.01472389698	1	not vegetation_like (1)	1021	0.9872002	0.07940449451	0.04462149739	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maxi..</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>olive trees (2)</td> <td>272</td> <td>0.998</td> <td>0.0303095...</td> <td>0.5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not olive trees (2)</td> <td>676</td> <td>0.9961638</td> <td>0.0457674...</td> <td>0.01960787...</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>coalescing olive trees (2)</td> <td>13</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi..	olive trees (2)	272	0.998	0.0303095...	0.5	1	not olive trees (2)	676	0.9961638	0.0457674...	0.01960787...	1	coalescing olive trees (2)	13	0	0	0	0
	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi..																																						
vegetation_like (1)	1583	0.9892479	0.08031407742	0.01472389698	1																																							
not vegetation_like (1)	1021	0.9872002	0.07940449451	0.04462149739	1																																							
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi..																																							
olive trees (2)	272	0.998	0.0303095...	0.5	1																																							
not olive trees (2)	676	0.9961638	0.0457674...	0.01960787...	1																																							
coalescing olive trees (2)	13	0	0	0	0																																							

Περιοχή Α	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maxi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>vegetation_like (I1)</td> <td>2864</td> <td>0.9904967</td> <td>0.0765949...</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not vegetation_like (I1)</td> <td>147</td> <td>0.8684401</td> <td>0.2148956</td> <td>0.043659...</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi	vegetation_like (I1)	2864	0.9904967	0.0765949...	0	1	not vegetation_like (I1)	147	0.8684401	0.2148956	0.043659...	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maxi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>medium olive trees (I2)</td> <td>398</td> <td>0.4958702</td> <td>0.487</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>small olive trees (I2)</td> <td>47</td> <td>0.9297430</td> <td>0.191</td> <td>0.1268556</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not small olive trees (I2)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not medium olive trees (I2)</td> <td>7</td> <td>0.1428571</td> <td>0.35</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not olive trees (I2)</td> <td>529</td> <td>0.9773287</td> <td>0.1167746</td> <td>0.0093749...</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>coalescing trees (I2)</td> <td>51</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi	medium olive trees (I2)	398	0.4958702	0.487	0	1	small olive trees (I2)	47	0.9297430	0.191	0.1268556	1	not small olive trees (I2)	1	1	0	1	1	not medium olive trees (I2)	7	0.1428571	0.35	0	1	not olive trees (I2)	529	0.9773287	0.1167746	0.0093749...	1	coalescing trees (I2)	51	0	0	0	0
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi																																																									
vegetation_like (I1)	2864	0.9904967	0.0765949...	0	1																																																									
not vegetation_like (I1)	147	0.8684401	0.2148956	0.043659...	1																																																									
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi																																																									
medium olive trees (I2)	398	0.4958702	0.487	0	1																																																									
small olive trees (I2)	47	0.9297430	0.191	0.1268556	1																																																									
not small olive trees (I2)	1	1	0	1	1																																																									
not medium olive trees (I2)	7	0.1428571	0.35	0	1																																																									
not olive trees (I2)	529	0.9773287	0.1167746	0.0093749...	1																																																									
coalescing trees (I2)	51	0	0	0	0																																																									
Περιοχή Β	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maxi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>not olive trees_like</td> <td>1289</td> <td>0.98361...</td> <td>0.0858801...</td> <td>0.02641510...</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>olive trees</td> <td>299</td> <td>0.98947...</td> <td>0.0756883...</td> <td>0.279</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not olive trees</td> <td>32</td> <td>0.607</td> <td>0.4753212</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not vegetation</td> <td>357</td> <td>0.97279...</td> <td>0.0963300...</td> <td>0.2384081</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>small olive trees</td> <td>42</td> <td>0.99371...</td> <td>0.0346144...</td> <td>0.7736634</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not small olive trees</td> <td>8</td> <td>0.827</td> <td>0.337</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi	not olive trees_like	1289	0.98361...	0.0858801...	0.02641510...	1	olive trees	299	0.98947...	0.0756883...	0.279	1	not olive trees	32	0.607	0.4753212	0	1	not vegetation	357	0.97279...	0.0963300...	0.2384081	1	small olive trees	42	0.99371...	0.0346144...	0.7736634	1	not small olive trees	8	0.827	0.337	0	1																			
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi																																																									
not olive trees_like	1289	0.98361...	0.0858801...	0.02641510...	1																																																									
olive trees	299	0.98947...	0.0756883...	0.279	1																																																									
not olive trees	32	0.607	0.4753212	0	1																																																									
not vegetation	357	0.97279...	0.0963300...	0.2384081	1																																																									
small olive trees	42	0.99371...	0.0346144...	0.7736634	1																																																									
not small olive trees	8	0.827	0.337	0	1																																																									
Περιοχή Κ	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maxi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>small olive trees</td> <td>850</td> <td>0.9705307</td> <td>0.128</td> <td>0.039526939...</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>large olive trees</td> <td>551</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>not large olive trees</td> <td>8</td> <td>0.9908543</td> <td>0.024197...</td> <td>0.9268345</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>medium olive trees</td> <td>1478</td> <td>0.9557716</td> <td>0.2051502</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not olive trees</td> <td>5027</td> <td>0.9921909</td> <td>0.074969...</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi	small olive trees	850	0.9705307	0.128	0.039526939...	1	large olive trees	551	0	0	0	0	not large olive trees	8	0.9908543	0.024197...	0.9268345	1	medium olive trees	1478	0.9557716	0.2051502	0	1	not olive trees	5027	0.9921909	0.074969...	0	1																									
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi																																																									
small olive trees	850	0.9705307	0.128	0.039526939...	1																																																									
large olive trees	551	0	0	0	0																																																									
not large olive trees	8	0.9908543	0.024197...	0.9268345	1																																																									
medium olive trees	1478	0.9557716	0.2051502	0	1																																																									
not olive trees	5027	0.9921909	0.074969...	0	1																																																									
Περιοχή Ι	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>Objects</th> <th>Mean</th> <th>StdDev</th> <th>Minimum</th> <th>Maxi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>small olive trees</td> <td>182</td> <td>0.9445774</td> <td>0.184</td> <td>0.03986012...</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>large olive trees</td> <td>62</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>not large olive trees</td> <td>24</td> <td>0.961</td> <td>0.092887...</td> <td>0.5833935</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>medium olive trees</td> <td>66</td> <td>0.7892194</td> <td>0.4055798</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>not olive trees</td> <td>1654</td> <td>0.9955119</td> <td>0.053859...</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 	Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi	small olive trees	182	0.9445774	0.184	0.03986012...	1	large olive trees	62	0	0	0	0	not large olive trees	24	0.961	0.092887...	0.5833935	1	medium olive trees	66	0.7892194	0.4055798	0	1	not olive trees	1654	0.9955119	0.053859...	0	1																									
Class	Objects	Mean	StdDev	Minimum	Maxi																																																									
small olive trees	182	0.9445774	0.184	0.03986012...	1																																																									
large olive trees	62	0	0	0	0																																																									
not large olive trees	24	0.961	0.092887...	0.5833935	1																																																									
medium olive trees	66	0.7892194	0.4055798	0	1																																																									
not olive trees	1654	0.9955119	0.053859...	0	1																																																									

**Πίνακας 11:** Οι στατιστικοί πίνακες αξιολόγησης του εργαλείου classification stability των ταξινομήσεων όλων των περιοχών μελέτης συνοδευόμενοι από τη γραφική ποιοτική αναπαράστασή τους

Παρατηρείται ότι σε όλες τις κατηγορίες που αναφέρονται σε μεγάλα μεσαία ή ενωμένα μεταξύ τους ελαιόδεντρα υπάρχει μεγάλη σύγχυση στην ταξινόμησή τους. Αυτό οφείλεται στον ίδιο λόγο που στη προηγούμενη αξιολόγηση οι ίδιες κατηγορίες εμφάνισαν αντικείμενα με βαθμό συμμετοχής κοντά στο 0.5. Εδώ διαπιστώνεται επιπλέον ποια είναι τα αντικείμενα αυτά (έντονο κόκκινο χρώμα).

Κατά τη διερεύνηση στο feature view των ορίων κάθε χαρακτηριστικού μίας κατηγορίας, λογικό είναι να τέθηκε το διάστημα ασάφειας έτσι ώστε να περιέχει κάποια οριακά αντικείμενα της κατηγορίας. Με τη δημιουργία όμως της ακριβώς αντίθετης κατηγορίας, τα αντικείμενα αυτά βρέθηκαν ταυτόχρονα μέσα στο διάστημα ασάφειας και των δύο κατηγοριών με ελαφρά πάντα κλίση προς τη σωστή. Έτσι προδιαγράφηκε ότι η ταξινόμησή τους θα ήταν οριακή.

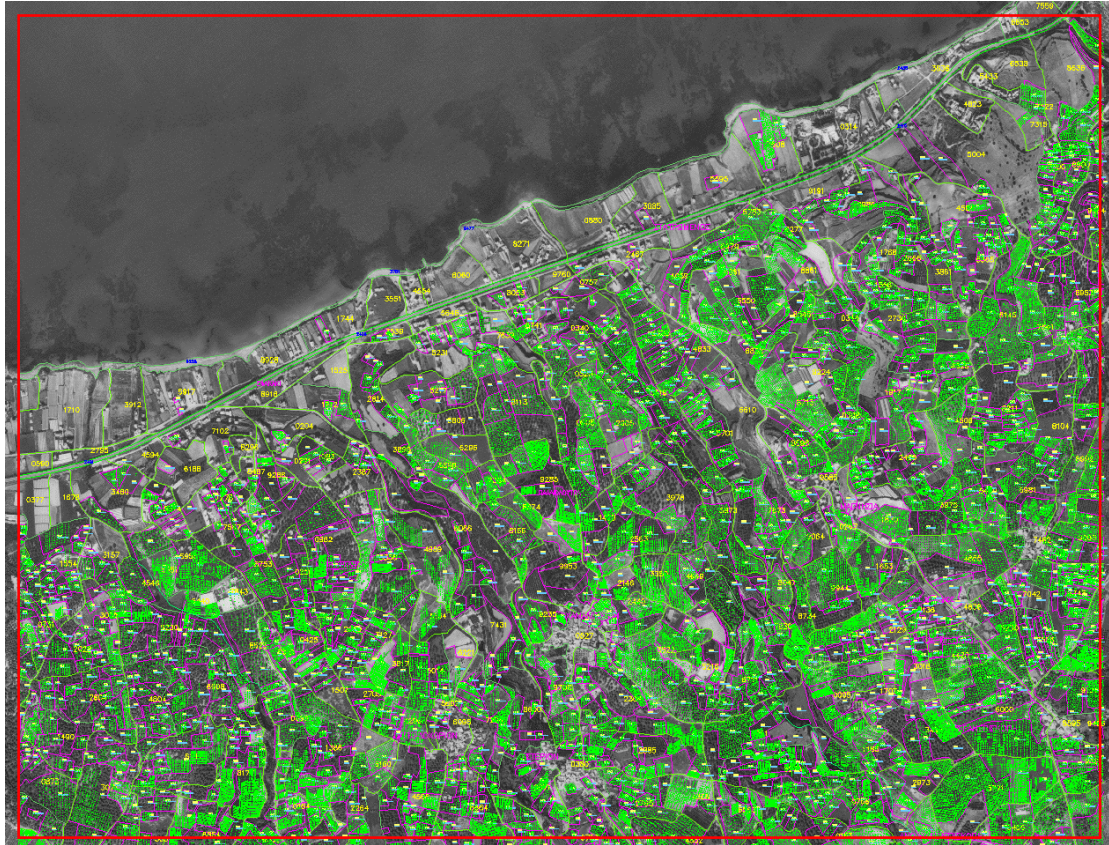
Συνεπώς η ταξινόμηση κρίνεται ασταθής, παρά το γεγονός ότι όλα τα οριακά αντικείμενα ταξινομήθηκαν στη σωστή κατηγορία.

### **3.3. Σύγκριση του Αποτελέσματος Ασαφούς Λογικής και των Ψηφιοποιημένων Ελαιόδεντρων**

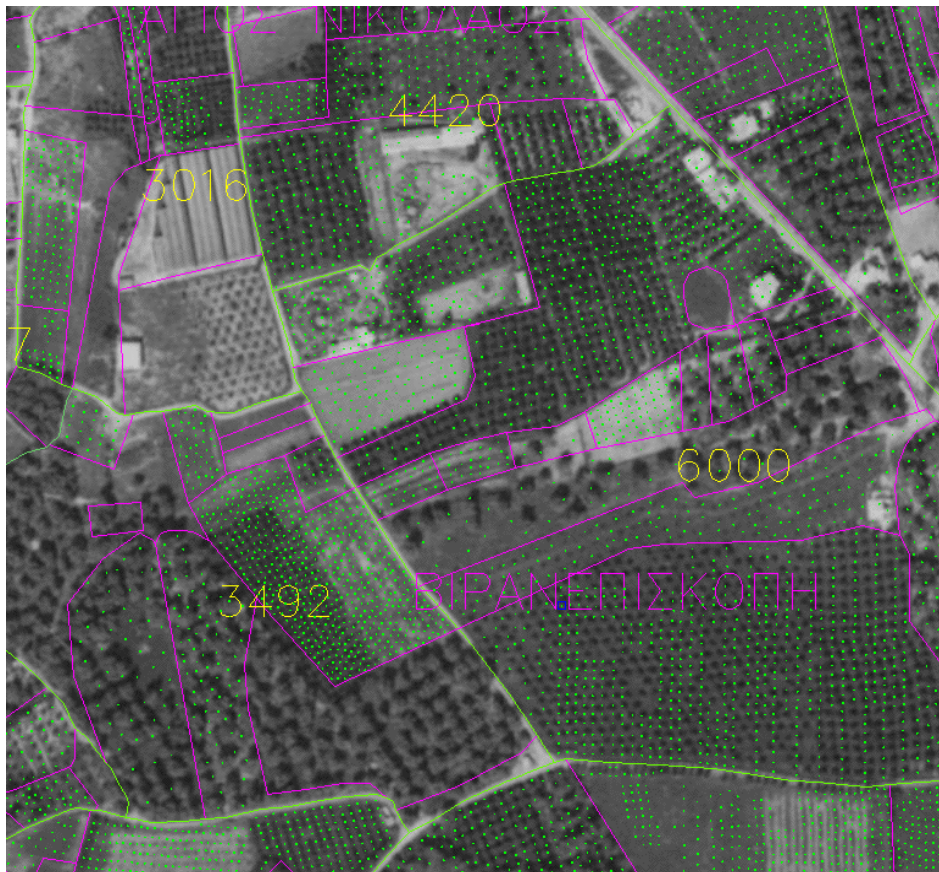
Η ευστάθεια της ταξινόμησης αναδεικνύει απλώς πόσο αποτελεσματικοί είναι οι κανόνες που δημιουργήθηκαν και δεν αποτελεί αξιόπιστη αξιολόγηση της ταξινόμησης. Κανείς από τους δύο τρόπους αξιολόγησης που προηγήθηκαν δεν αξιολογεί την ακρίβεια και την ορθότητα της ταξινόμησης. Αποτελούν απλώς δύο εργαλεία του λογισμικού που λειτουργούν για την ανίχνευση λαθών, ασταθειών ή ακόμη και ενδεχόμενων τυχαιοτήτων κατά το στάδιο της ταξινόμησης. Για τις ανάγκες μίας περισσότερο ουσιαστικής αξιολόγησης του αποτελέσματος ασαφούς λογικής επιλέχθηκε μία τρίτη μέθοδος, η οποία εκφράζει το κατά πόσο οι αλγόριθμοι και οι κανόνες, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν είναι ικανοί να περιγράψουν και να εξάγουν αυτόματα τα ζητούμενα αντικείμενα.

Η μέθοδος αυτή είχε προγραμματιστεί να υλοποιηθεί με τη βοήθεια του ελαιοκομικού μητρώου της περιοχής. Κατά την παρατήρησή του όμως έγινε αμέσως φανερό ότι αυτό δεν ήταν δυνατό. Ο τρόπος που συντάχθηκε το ελαιοκομικό μητρώο δεν ήταν αποκλειστικά φωτοερμηνευτικός, αλλά μετά από δηλώσεις των καλλιεργητών, κάποιοι από τους οποίους δήλωσαν παραπάνω ελαιόδεντρα, ενώ άλλοι δε δήλωσαν κανένα.





**Εικόνα 53:** Το ελαιοκομικό μητρώο της περιοχής μελέτης του δήμου Αρκαδίου στην Κρήτη



**Εικόνα 54:** Το ελαιοκομικό μητρώο στην περιοχή Κ

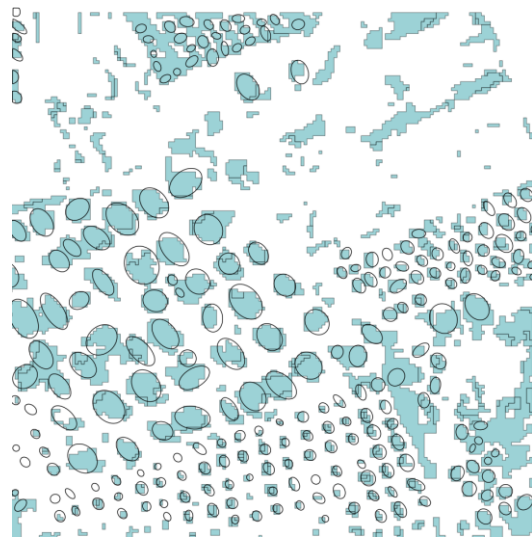
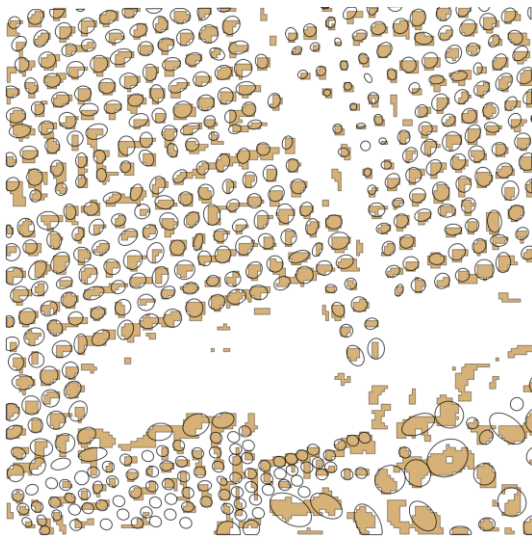
Η μέθοδος αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκε είναι η σύγκριση των αυτόματα εξαγόμενων πολυγώνων από την ανάλυση με ψηφιοποιημένα από το φωτοερμηνευτή δεδομένα. Για να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα των ταξινομήσεων έγινε εξαγωγή των πολυγώνων των ελαιόδεντρων σε αρχείο vector μορφής και εισαγωγή του στο πρόγραμμα ελεύθερου λογισμικού QuantumGIS ώστε να βρεθεί η επικάλυψη μεταξύ αυτόματα εξαγόμενων και ψηφιοποιημένων πολυγώνων. Η αξιολόγηση περιορίστηκε στην ταξινόμηση των κατηγοριών των ελιών, οι οποίες εξήχθησαν ως μία και μοναδική, και δε λήφθηκαν υπόψη οι υπόλοιπες κατηγορίες. Η επεξεργασία των πολυγώνων προς αξιολόγηση έγινε στο περιβάλλον του QGIS με τον αλγόριθμο επεξεργασίας vector αρχείων Select By Location. Ο αλγόριθμος αυτός επιλέγει από ένα vector αρχείο τα πολύγωνα που συμπίπτουν με τα πολύγωνα ενός δεύτερου. Τα κοινά αυτά πολύγωνα εμφανίζονται στον Πίνακα Χαρακτηριστικών (Attribute Table) του εκάστοτε επιπέδου. Τα στοιχεία που προέκυψαν από αυτόν εισήχθησαν σε ένα αρχείο EXCEL για να υπολογιστούν οι δείκτες πληρότητας, ορθότητας και ποιότητας μαζί με τα σφάλματα παράλειψης και συμπερίληψης. Στις εικόνες που ακολουθούν η ψηφιοποίηση αναπαρίστανται με ελλείψεις, ενώ το αποτέλεσμα της ταξινόμησης με συμπαγές χρώμα.



**Εικόνα 55:** Η τομή του επιπέδου της ψηφιοποίησης με το επίπεδο της ταξινόμησης βάσει αντικειμενοστραφούς ανάλυσης των περιοχών E (αριστερά) και A (δεξιά)



**Εικόνα 56:** Η τομή του επιπέδου της ψηφιοποίησης με το επίπεδο της ταξινόμησης βάσει αντικειμενοστραφούς ανάλυσης της περιοχής K



**Εικόνα 57:** Η τομή του επιπέδου της ψηφιοποίησης με το επίπεδο της ταξινόμησης βάσει αντικειμενοστραφούς ανάλυσης των περιοχών B (αριστερά) και J (δεξιά)

Παρατηρούνται αρκετά σφάλματα, όμως η γενική εικόνα είναι ικανοποιητική.

Πέρα από την απλή φωτοερμηνευτική εποπτεία, αξιολογήθηκαν ποιοτικά τα αποτελέσματα, προκειμένου να προσδιοριστεί το ποσοστό επίτευξης του αρχικού στόχου που ήταν η αναγνώριση των ελαιόδεντρων.

Οι βιβλιογραφικά καθιερωμένοι δείκτες ποιότητας [1],[2] ουσιαστικά απαντούν σε δύο ερωτήματα: (α) πόσο ολοκληρωμένο είναι το εξαγόμενο αποτέλεσμα [Completeness:

δείκτης πληρότητας] και (β) πόσο σωστό είναι το αποτέλεσμα [Correctness: δείκτης ορθότητας].

Σε ψηφιδωτά δεδομένα οι δείκτες υπολογίζονται με βάση τον αριθμό των εικονοστοιχείων τα οποία χαρακτηρίζονται ως True Positives [TP] (αριθμός εικονοστοιχείων που έχουν σωστά ανιχνευτεί), False Positives [FP] (αριθμός εικονοστοιχείων που έχουν από λάθος του αλγορίθμου ανιχνευτεί) and False Negatives [FN] (αριθμός εικονοστοιχείων που από λάθος του αλγορίθμου δεν έχουν ανιχνευτεί). Με βάση τις παραπάνω μετρήσεις υπολογίζονται σύμφωνα με τις παρακάτω διατυπώσεις οι διεθνώς καθιερωμένοι δείκτες πληρότητας, ορθότητας, και ολικής ποιότητας του αλγορίθμου [1],[2],[3],[4],[5]:

$$\begin{aligned} \text{Completeness} &= \frac{\text{area of correctly detected segments}}{\text{area of the ground truth}} \\ &= \frac{TP}{TP + FN} \\ \text{Correctness} &= \frac{\text{area of correctly detected segments}}{\text{area of all detected segments}} \\ &= \frac{TP}{TP + FP} \\ \text{Quality} &= \frac{TP}{TP + FP + FN} \end{aligned}$$

Η πληρότητα προσδιορίζει το ποσοστό των δεδομένων ελέγχου που έχουν ανιχνευθεί από τον αλγόριθμο, η ορθότητα το ποσοστό των δεδομένων ελέγχου που έχουν ανιχνευθεί σωστά από τον αλγόριθμο και η ποιότητα προσδιορίζει ένα γενικευμένο που συνδυάζει τις μετρήσεις για την πληρότητα και την ορθότητα των αποτελεσμάτων.

Σε διανυσματικά δεδομένα αντίστοιχοι δείκτες ακρίβειας μπορούν να υπολογιστούν με βάση τον έλεγχο σύμπτωσης των πολυγώνων της αυτόματης εξαγωγής με τα πολύγωνα τα οποία έχουν προκύψει από τη φωτοερμηνεία (δεδομένα ελέγχου). Έτσι τα True Positives [TP] είναι τα πολύγωνα (αντικείμενα) που έχουν ανιχνευτεί σωστά, τα False Positives [FP] είναι τα πολύγωνα που από λάθος του αλγορίθμου έχουν ανιχνευτεί ως ελιές και τα False Negatives [FN] είναι τα πολύγωνα που από λάθος του αλγορίθμου δεν έχουν ανιχνευτεί. Στο συγκεκριμένο έλεγχο δεν πραγματοποιείται έλεγχος σχήματος αλλά ακόμα και με οριακή επικάλυψη ένα πολύγωνο θεωρείται σωστό. Με τον τρόπο αυτό, μετρούνται τα Σωστά και τα Λάθος πολύγωνα από την αυτόματη εξαγωγή και υπολογίζονται το σφάλμα παράλειψης και το σφάλμα συμπερίληψης των ανιχνευμένων ή μη αντικειμένων. Το σφάλμα παράλειψης (omission error) υπολογίζεται διαιρώντας τον αριθμό των πολυγώνων τα οποία δεν ανιχνεύθηκαν από τον αυτόματο αλγόριθμο (False Negatives) προς το θεωρητικά σωστό αριθμό των πολυγώνων τα οποία έχουν προκύψει από τη φωτοερμηνεία

(δεδομένα ελέγχου). Το σφάλμα συμπερίληψης (commission error) υπολογίζεται διαιρώντας τον αριθμό των λανθασμένα αναγνωρισμένων πολυγώνων (False Positives) προς το θεωρητικά σωστό αριθμό των πολυγώνων τα οποία έχουν προκύψει από τη φωτοερμηνεία.

Οι παραπάνω δείκτες υπολογίστηκαν σε αρχείο EXCEL και έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Περιοχή	Σφάλμα παράλειψης %	Σφάλμα συμπερίληψης %	Δείκτης πληρότητας %	Δείκτης ορθότητας %	Δείκτης πληρότητας %
E	3.6	4.5	96.4	95.1	91.6
A	1.7	3.4	98.3	96.0	94.1
B	6.1	6.1	93.9	92.6	86.3
K	9.4	7.7	90.6	90.8	81.6
J	5.9	82.3	94.1	63.5	61.9

**Πίνακας 12:** Δείκτες αξιολόγησης και σφάλματα ανάλυσης

Το πολύ μεγάλο σφάλμα συμπερίληψης που παρατηρείται στην περιοχή J, οφείλεται στην εσφαλμένη ταξινόμηση πολύ παραπάνω πολυγώνων ως ελιές. Γενικά η σκιά των ελαιόδεντρων θεωρήθηκε μέρος τους, χωρίς πολλές φορές να είναι. Η παραδοχή αυτή έγινε για τη διευκόλυνση και της φωτοερμηνείας κατά την ψηφιοποίηση, αλλά και του αλγόριθμου που αναπτύχθηκε στο λογισμικό eCognition. Αυτός είναι και ο λόγος που στην περιοχή J ταξινομήθηκαν αρκετές σκιές ως μεγάλα ελαιόδεντρα. Οι υπόλοιποι δείκτες παρουσιάζονται σε υψηλά επίπεδα και ικανοποιούν σε μεγάλο βαθμό το στόχο της εργασίας.

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκαν δύο ειδών αλγόριθμοι. Ο πρώτος και πιο κλασικός εφαρμόστηκε στις περιοχές E, A και εν μέρει στη B. Ο δεύτερος είναι εκείνος που αναπτύχθηκε κατά τη μελέτη της περιοχής K και εφαρμόστηκε στην περιοχή J και εν μέρει στην περιοχή B.

Από την αξιολόγηση όλων των αποτελεσμάτων κρίνεται ο πρώτος ως πιο σωστός και ο δεύτερος ως πιο αυτόματος. Ο λόγος είναι ότι ο πρώτος τροποποιείτο ελαφρώς σε κάθε περίπτωση λόγω της πολυπλοκότητάς του, ενώ ο δεύτερος εφαρμόζοταν κάθε φορά αυτούσιος με μικρές μετατροπές στα όρια των χαρακτηριστικών του.

Τελικά ο στόχος της παρούσας εργασίας επετεύχθη σε ικανοποιητικό βαθμό, χωρίς παρ' όλα αυτά να χαρακτηρίζεται ως απολύτως αυτόματος.

## 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

### 4.1. Συμπεράσματα

Η ανάλυση δορυφορικών απεικονίσεων πολύ υψηλής ανάλυσης σε αντικειμενοστραφές περιβάλλον δίνει στο φωτοερμηνευτή άπειρες δυνατότητες. Μία από αυτές είναι η αυτοματοποίηση της αναγνώρισης ελαιόδεντρων, αλλά και άλλων καλλιεργειών.

Αυτό επιχειρήθηκε στην παρούσα εργασία με την ανάπτυξη όσο απλούστερων αλγόριθμων και κανόνων ήταν δυνατό, μετά από αλληπάλληλους πειραματισμούς σε διάφορες εκδόσεις του λογισμικού eCognition. Κατά τη διάρκεια των πειραματισμών αυτών διαπιστώθηκε ότι το πρόγραμμα παρέχει πολύ δυνατά εργαλεία για την ανάλυση εικόνας, που μάλιστα βελτιώνονται σε κάθε καινούρια έκδοση.

Εξαιρετικά χρήσιμοι αποδείχτηκαν στην παρούσα εφαρμογή ο αλγόριθμος ανακατασκευής σχήματος και ο αλγόριθμος κατάτμησης φασματικής διαφοράς, ο οποίος ανέδειξε τις μικρές ελιές πριν την ταξινόμησή τους.

Η επί τόπου μελέτη της περιοχής δεν έγινε δυνατό να αξιοποιηθεί πλήρως, διότι η διαπίστωση της ύπαρξης κάποιων διάσπαρτων δέντρων, όπως για παράδειγμα μία μουριά, μέσα στον ελαιώνα δεν είναι δυνατόν να αναγνωριστεί ούτε εμποπτικά, πόσο μάλλον υπολογιστικά.

Στην παρούσα εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν πολύ συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση σε ίδια βάση των δύο διαφορετικών αλγόριθμων που αναπτύχθηκαν. Όπως αναφέρεται και στην αξιολόγηση, ο ένας κρίθηκε πιο ακριβής και πολύπλοκος και ο άλλος πιο αυτόματος με μικρότερη ακρίβεια.

Το αποτέλεσμα της εργασίας κρίνεται γενικά επιτυχές με βάση την αξιολόγηση που αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Όσον αφορά στην αυτοματοποίηση των διαδικασιών που αναπτύχθηκαν, δεν είναι απόλυτη, αφού σε κάθε περίπτωση απαιτούνται δεδομένα εκπαίδευσης, όπως είναι η διερεύνηση των τιμών κάθε χαρακτηριστικού στο πολύ χρήσιμο εργαλείο feature view. Το υψηλό επίπεδο ωστόσο των δεικτών της αξιολόγησης οφείλεται εκτός των άλλων και στην επιλογή από τις διαθέσιμες απεικονίσεις συγκεκριμένων περιοχών χωρίς πολύ δύσκολες περιπτώσεις ελαιώνων, όπως είναι αυτή της πυκνής καλλιέργειας.

## 4.2. Προοπτικές

Η προσπάθεια ανάπτυξης γνώσης για την αυτόματη ανίχνευση ελαιόδεντρων επιδέχεται περιθώρια βελτίωσης και επέκτασης. Τίθενται οι βάσεις για περαιτέρω μελέτη του θέματος με απώτερο στόχο την καταμέτρηση των ελιών, αλλά και την εύρεση των συντεταγμένων του κέντρου της κάθε μίας.

Η προοπτική αυτή θα ήταν πολύ χρήσιμη στην ανάπτυξη πολιτικής γης και στον έλεγχο των ελαιώνων με σκοπό τη σωστή επιχορήγηση, την πρόβλεψη της παραγωγής, καθώς και για τη μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας μπορεί να οδηγήσει προς αυτή την κατεύθυνση με χαμηλό κόστος σε ελάχιστο χρόνο.

Επιπροσθέτως το ελαιοκομικό μητρώο θα μπορούσε να ανασυνταχθεί και να ανανεώνεται εύκολα και γρήγορα σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή καταγράφοντας τις ενδεχόμενες μεταβολές των καλλιεργειών. Με τον τρόπο αυτό κάθε πληροφορία γύρω από τις ελαιοκαλλιέργειες θα ήταν διαθέσιμη ανά πάσα στιγμή.

Επιπλέον δεδομένης της έκτασης που καταλαμβάνουν οι ελαιώνες και άρα του πλήθους των ελαιόδεντρων στην Ελλάδα, η λεπτομερής χαρτογράφηση των τελευταίων θα αποτελούσε σημαντικό οικονομικό και γεωργικό παράγοντα, ενώ θα χρησίμευε και στην αναγνώριση των χρήσεων γης της μεγαλύτερης έκτασης του ελλαδικού χώρου, αλλά και των υπόλοιπων μεσογειακών κρατών, όπως η Ισπανία και η Ιταλία.

## **5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **A. ΒΙΒΛΙΑ**

Αργιαλάς Δ., 1998. Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση. Διδακτικές Σημειώσεις ΣΑΤΜ, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1998

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

### **B. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ – ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ**

#### **B.1. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

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

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

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

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



## **B.2. ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Argialas D. P. and Harlow C. A., 1990. "Computational Image Interpretation Models: An Overview and a Perspective".

Argialas D. P. and Krishnamurthy. "Detection of Lines and Circles in Maps and Engineering Drawings"

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

Argialas D. P. and Mavrantza O. D., 2007. "Edge Detection Techniques For Extracting Linear Information In An Urban / Peri-Urban Environment" Spatial Information Management toward Legalizing Informal Urban Development FIG Commission 3 Workshop Athens, Greece, March 28-31, 2007

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

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

Definiens, 2000 και 2001: *eCognition User Guide*, München

Doucette, P., Agouris, P., and Stefanidis, A., 2004. *Automation and Digital Photogrammetric Workstations*, *Manual of Photogrammetry* (5th edition; C. McGlone, ed.), ASPRS, pp. 949-981.

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

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

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

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

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

Wiedemann, C., Heipke, C., Mayer, H. and Hinz, S., 1998. Automatic Extraction and Evaluation of Road Networks from MOMS-2P Imagery. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. (30) 3/1, pp. 285–291.

## **Γ. ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΣΕ ΑΡΘΡΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΩΝ**

Leakey, 1985. *Homo erectus unearthed*, National Geographic Magazines, Vol. 68

#### **Δ. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ – ΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ**

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

Μιχαηλίδου Ε., 2001. Χρήση Τηλεπισκοπικών Μεθόδων και Ανάπτυξη Βάσης Γνώσης για Εφαρμογή στη Γεωργία: Μελέτη Περίπτωσης Πεδιάδας της Μεσσαράς. ΕΜΠ, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Δ.Π.Μ.Σ Περιβάλλον και ανάπτυξη, Αθήνα, Δεκέμβριος 2001

Μιχαηλίδου Τ., 2011. Αυτόματη ανίχνευση μεταβολών κτισμάτων στο περιαστικό χώρο από δορυφορικές απεικονίσεις πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας μέσω ανάπτυξης ασαφούς βάσης σε αντικειμενοστραφές περιβάλλον ανάλυσης εικόνων. ΕΜΠ, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, Ιούλιος 2011.

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

Σκανδάλη Δ., 2010. Ανάπτυξη βάσης γνώσης σε περιβάλλον αντικειμενοστραφούς ανάλυσης ψηφιακών τηλεπισκοπικών δεδομένων με σκοπό την αυτόματη οριοθέτηση της παράκτιας ζώνης αιγιαλού. ΕΜΠ, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Αθήνα, Ιούλιος 2010.

#### **Ε. ΑΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ**

European Commission, Directorate General JRC (Joint Research Centre), Space Applications Institute, Agricultural Information Systems Unit, Otcoun – Otvales Technical documentation, version 1.01, 30/4/1997.

European Commission, Directorate General JRC (Joint Research Centre), Space Applications Institute, Agricultural Information Systems Unit, OliCount Technical documentation, version 1.0, 1 June 1997

## ΣΤ. ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ – ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Life, 2011. Το χρηματοοικονομικό μέσο για το περιβάλλον.

[http://ec.europa.eu/environment/life/publications/lifepublications/lifefocus/documents/oliveoil\\_gr.pdf](http://ec.europa.eu/environment/life/publications/lifepublications/lifefocus/documents/oliveoil_gr.pdf)

Υπουργείο αγροτικής ανάπτυξης & τροφίμων - Παραγωγικοί κλάδοι, 2011. Το ελαιοκομικό μητρώο. <http://www.minagric.gr/greek/2.1.3.5.html>

Η ελιά και το ελαιόλαδο στην Κρήτη, 2011. Φωτογραφικό ταξίδι.

<http://tsoumpasphotogallery.ning.com/group/membersofcrete/forum/topics/e-eliha-kai-to-elaiholado-sten>

Βικιπαίδεια, η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια, 2011. Δήμος Αρκαδίου.

[http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AE%CE%BC%CE%BF%CF%82\\_%CE%91%CF%81%CE%BA%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BF%CF%85](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AE%CE%BC%CE%BF%CF%82_%CE%91%CF%81%CE%BA%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BF%CF%85)

Digital Globe an imagery and information company, 2011.

<http://www.digitalglobe.com/index.php/85/QuickBird>

Geo Eye, 2011. Imagery Sources.

<http://www.geoeye.com/CorpSite/products-and-services/imagery-sources/>