



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧ/ΚΩΝ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡ. ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

«Τεχνικές διασταύρωσης ελέγχου των δηλώσεων των τύπων καλλιεργειών με τη χρήση μεθόδων τηλεπισκόπησης και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Μελέτη περίπτωσης σε ζώνη του ν. Τρικάλων.»

Όνοματεπώνυμο φοιτητή : Σιούτας Κωνσταντίνος

Επιβλέπων Καθηγητής : Περάκης Κωνσταντίνος

Βόλος, Σεπτέμβριος 2015

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧ/ΚΩΝ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡ. ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

«Τεχνικές διασταύρωσης ελέγχου των δηλώσεων των τύπων καλλιεργειών με τη χρήση μεθόδων τηλεπισκόπισης και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Μελέτη περίπτωσης σε ζώνη του ν. Τρικάλων.»

Εξεταστική επιτροπή : Περάκης Κωνσταντίνος

Γούσιος Δημήτριος

Σταθάκης Δημήτριος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση της συνεισφοράς των σύγχρονων αναπτυξιακών εργαλείων της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στον έλεγχο και τη καταγραφή των ειδών των καλλιεργειών με τη χρήση δορυφορικών εικόνων.

Το αντικείμενο της μελέτης έχει να κάνει με την εξαγωγή αποτελεσμάτων χωρικής πληροφορίας από δορυφορικά και λοιπά χωρικά δεδομένα. Ειδικότερα θα διερευνηθούν οι δυνατότητες των δορυφορικών δεδομένων, παράλληλα και με τη χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, ώστε να παραχθούν χωρικά αποτελέσματα που βοηθούν στην αναγνώριση και την παρακολούθηση των καλλιεργειών και να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την ορθότητα των δηλώσεων των καλλιεργειών.

Η εργασία αποτελείται από έξι μέρη. Το πρώτο μέρος αναφέρεται στην επιστήμη της Τηλεπισκόπησης, στο δεύτερο μέρος γίνεται αναφορά στις κατηγορίες και τα χαρακτηριστικά των Δορυφόρων, και στο τρίτο μέρος παρουσιάζονται τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Στο τέταρτο μέρος ακολουθεί η Τηλεπισκοπική μεθοδολογία με κυριότερα στάδια αυτά της προεπεξεργασίας των δορυφορικών δεδομένων και της ταξινόμησης. Στο πέμπτο μέρος της διπλωματικής μας εργασίας θα ακολουθήσει η πρακτική μελέτη για τη ζώνη του Ν. Τρικάλων με τη βοήθεια των λογισμικών ERDAS IMAGINE 2009 και ArcGIS 9.3 και τέλος στο έκτο μέρος ακολουθούν τα συμπεράσματα που έχουν προκύψει.

Λέξεις κλειδιά: τηλεπισκόπηση, γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, φασματικές υπογραφές, επιβλεπόμενη ταξινόμηση, χωρική ανάλυση,

ABSTRACT

The aim of this study is the valuation of the contribution of Remote Sensing and Geographic Information Systems to control and record the types of crops using satellite images.

The object of the study has to do with the extraction of spatial information results by satellite and other spatial data. They will be examined the possibilities of satellite data, along with the use of geographic information systems , to produce spatial results that helps to identify and monitor crops and to control the correctness of the statements of the crop.

The study consists of six parts. The first part refers to the science of remote sensing, the second part refers to the categories and characteristics of the satellites, and the third part presents geographic information systems. In the fourth part we present a description of the remote sensing methodology and its main stages, such as pre-treatment of satellite data, and classification. In the fifth part of our thesis follows the practical study of the area of Trikala with the use of ERDAS IMAGINE 2009 and ArcGIS 9.3 and finally at the sixth part we have the conclusion.

Keywords : remote sensing, gis , spectral signature , supervised classification , spatial analysis

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	σελ. 3
ABSTRACT	σελ. 4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	σελ. 5
ΕΙΚΟΝΕΣ, ΠΙΝΑΚΕΣ, ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	σελ. 7
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	σελ. 9
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	σελ. 10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ	σελ. 12
1.1 Εισαγωγή	σελ. 12
1.2 Ορισμός της τηλεπισκόπησης	σελ. 12
1.3 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	σελ. 13
1.4 Αλληλεπίδραση ακτινοβολίας και ύλης-Φασματική υπογραφή.....	σελ. 15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ	σελ. 17
2.1 Ορισμός.....	σελ. 17
2.2 Κατηγορίες δορυφόρων	σελ. 18
2.3 Τύποι Δορυφόρων	σελ. 19
2.4 Χαρακτηριστικά Δορυφόρων	σελ. 20
2.5 Οι δορυφόροι WorldView	σελ. 21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	σελ. 23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	σελ. 27
4.1 Προεπεξεργασία δορυφορικών δεδομένων	σελ. 27
4.2 Ταξινόμηση	σελ. 28
4.2.1 Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (Unsupervised Classification)	σελ. 29
4.2.2 Επιβλεπόμενη ταξινόμηση (Supervised Classification)	σελ. 30
4.3 Στάδιο εκπαίδευσης (Training Stage)	σελ. 32
4.4 Αλγόριθμοι ταξινόμησης	σελ. 33

4.5 Προσδιορισμός καλλιιεργειών.....σελ.	33
4.5.1 Προσδιορισμός/Εντοπισμός καλλιιεργειών με τηλεπισκόπηση.....σελ.	33
4.5.2 Δεδομένα τηλεπισκόπησης που απαιτούνται για την αναγνώριση καλλιιεργειών..σελ.	34
4.6 Η καταγραφή πληροφορίας στο κανάλι 4 του πολυφασματικού δορυφόρου WV-2 σελ.	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣσελ. 38

5.1 Δεδομένα και λογισμικά	σελ. 38
5.2 Δημιουργία «μωσαικού»	σελ. 40
5.3 Συγχώνευση WorldView-2	σελ. 42
5.4 Ορθοαναγωγή δορυφορικών εικόνων	σελ. 44
5.5 Μετατροπή αρχείου στιγμάτων επιτοπίου ελέγχου.....σελ.	50
5.6 Ταξινόμηση	σελ. 52
5.7 Δημιουργία διανυσματικών δεδομένων	σελ. 66
5.8 Χωρική ανάλυση	σελ. 75
5.9 Αποτελέσματα	σελ. 86
5.10 Παραδείγματα περιπτώσεων ανά κωδικό ελέγχου.....σελ.	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑσελ. 95

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑσελ. 98

ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 1.1: Τρόπος που λαμβάνονται τα τηλεπισκοπικά δεδομένα. Πηγή: Καπαγερίδης Ι. 2010. «Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και τα Γωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών».
- Εικόνα 1.2: Τυπικό διάγραμμα ανακλαστικότητας για τις κατηγορίες του εδάφους, του νερού και της βλάστησης Πηγή: Αργιαλάς Δ. 1998. «Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση».
- Εικόνα 2.1 : Πολική τροχιά δορυφόρου. Πηγή: www.ssec.wisc.edu/sose/pirs/pirs_m1_leo.html
- Εικόνα 2.2 : Γεωσύγχρονη τροχιά δορυφόρου. Πηγή : www.ssec.wisc.edu Πηγή: cimss.ssec.wisc.edu/sage/remote_sensing/lesson1/concepts.html
- Εικόνα 2.3: Οι δορυφόροι WorldView-1 & WorldView-2. Πηγή : http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEM43O6SXIG_0.html
- Εικόνα 3.1: Διαφορετικά επίπεδα πληροφοριών GIS σε στοίβα. Πηγή: National Coastal Data Development Centre (NCDDC), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA
- Εικόνα 4.1: Η λογική των βημάτων της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης Πηγή: Landgrebe D. 2003. «Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing»
- Εικόνα 4.2: Η λογική των βημάτων της επιβλεπόμενης ταξινόμησης Πηγή: Landgrebe D. 2003. «Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing»
- Εικόνα 4.3: Εικόνα πραγματικών και ψευδών χρωμάτων. Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 4.4 : Εικόνα ψευδών χρωμάτων στο Νομό Τρικάλων (Μάιος 2014). Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 4.5 : Εικόνα ψευδών χρωμάτων στο Νομό Τρικάλων (Αύγουστος 2014). Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 5.1: Ζώνη ελέγχου Ν. Τρικάλων. Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 5.2.a: Περίπτωση κωδικού ελέγχου Α1. Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 5.2.b: Περίπτωση κωδικού ελέγχου Α1. Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 5.3.a: Περίπτωση κωδικού ελέγχου C1d. Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 5.3.b: Περίπτωση κωδικού ελέγχου C1d. Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 5.4.a: Περίπτωση κωδικού ελέγχου C1d. Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 5.4.b: Περίπτωση κωδικού ελέγχου C1d. Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 5.5.a: Περίπτωση κωδικού ελέγχου C3+. Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 5.5.b: Περίπτωση κωδικού ελέγχου C3+. Πηγή: ίδια επεξεργασία.
- Εικόνα 5.6: Αγροτεμάχια σε τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους μέσα στο ίδιο έτος.

Εικόνα 5.7: Αγροτεμάχια σε τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους μέσα στο ίδιο έτος.

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.1: Χαρακτηριστικά δορυφόρου WorldView2. Πηγή: ίδια επεξεργασία.

Πίνακας 5.1: Κωδικοί ελέγχου αγροτεμαχίων. Πηγή: ίδια επεξεργασία.

Πίνακας 5.2 : Πλήθος αγροτεμαχίων ανά κωδικό ελέγχου. Πηγή: ίδια επεξεργασία.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 5.1 : Ποσοστό δηλωθέντων αγροτεμαχίων ανά καλλιέργεια. Πηγή: ίδια επεξεργασία.

Διάγραμμα 5.2 : Ποσοστό δηλωθέντων αγροτεμαχίων ανά έκταση. Πηγή: ίδια επεξεργασία.

Διάγραμμα 5.3: Απεικόνιση δηλωθείσας-ευρεθείσας έκτασης των καλλιεργειών ως προς την ενιαία ενίσχυση. Πηγή: ίδια επεξεργασία.

Διάγραμμα 5.4: Απεικόνιση δηλωθείσας-ευρεθείσας έκτασης των πέντε μεγαλύτερων σε έκταση καλλιεργειών (καλύπτουν το 80% σχεδόν της δηλωθείσας έκτασης) ως προς το ειδικό καθεστώς. Πηγή: ίδια επεξεργασία.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

AOI	Area of Interest
GIS	Geografic Information System
GPS	Global Positionig System
NIR	Nir near infrared
RMS	Root Mean Square
SPOT	Système Pour l'Observation de la Terre
UTM	Universal Transverse Mercator projection
UV	Ultraviolet
WGS	Word Geografic System
ΕΓΣΑ	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς
ΟΠΕΚΕΠΕ	Οργανισμός Πληρωμών & Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού & Εγγυήσεων
ΟΣΔΕ	Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης και Ελέγχου
ΣΓΠ	Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου κ. Περάκη Κωνσταντίνο για την ανάθεση του θέματος, την εύστοχη καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της μελέτης αυτής καθώς και την μετάδοση γνώσεων του σε τηλεπισκοπικά θέματα.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την συμπαράσταση της καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία χορηγήθηκαν από τον ΟΠΕΚΕΠΕ και διέπονται από τα κάτωθι:

- Η πνευματική ιδιοκτησία και τα συναφή πνευματικά δικαιώματα των διατιθέμενων δεδομένων ανήκουν στον ΟΠΕΚΕΠΕ και προστατεύονται από το ισχύον εθνικό, κοινοτικό και διεθνές δίκαιο.*
- Τα δεδομένα που διατίθενται από τον ΟΠΕΚΕΠΕ προορίζονται για χρήση από τον συγκεκριμένο φορέα στον οποίο διατίθενται και δεν επιτρέπεται η παραχώρηση ή μεταβίβαση σε οποιονδήποτε τρίτο. Απαγορεύεται αυστηρά η με οποιονδήποτε τρόπο και μέσο αναπαραγωγή ή αναμετάδοση ή πώληση τους.*
- Τα δεδομένα περιέχουν προσωπικά στοιχεία και η διαχείρισή τους πρέπει να είναι σύμφωνη με τις διατάξεις του Ν.2472/1997 με ενσωματωμένες και τις τελευταίες τροποποιήσεις βάσει του Ν. 4024/2011.*
- Δεν επιτρέπεται η με οποιονδήποτε τρόπο έμμεσα ή άμεσα, μεταπώληση από το φορέα προς τρίτους των παρεχόμενων δεδομένων ή λογισμικών στη μορφή που παρέχονται από τον ΟΠΕΚΕΠΕ ή μετά από οποιαδήποτε τροποποίηση ή προσθήκη.*
- Η παραβίαση των ανωτέρω όρων συνεπάγεται ευθύνη του φορέα για αποκατάσταση κάθε ζημίας του ΟΠΕΚΕΠΕ.*

1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

1.1 Εισαγωγή

Η παρατήρηση και παρακολούθηση της γης από το διάστημα αποτελεί τα τελευταία χρόνια σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη του περιβάλλοντος, την κατανόηση του παγκόσμιου κλίματος, αλλά και το σχεδιασμό και την ενίσχυση αναπτυξιακών και παραγωγικών δραστηριοτήτων σε μια περιοχή. Με αφορμή όλους αυτούς τους λόγους γίνεται μια προσπάθεια να καταγραφούν οι χρήσεις της τηλεπισκόπησης στην εποχή μας και κατά πόσο είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν οι δυνατότητες που προσφέρονται από τις κυβερνήσεις, διάφορες οργανώσεις και εταιρείες.

Ωστόσο, υπάρχουν αρκετοί περιοριστικοί παράγοντες στη χρήση της τηλεπισκόπησης με κυριότερους το κόστος, τη διαθεσιμότητα και την άμεση απόκτηση των δεδομένων καθώς επίσης και τη διαθεσιμότητα ανθρώπινου ειδικευμένου προσωπικού για την τεχνική υποστήριξη της διαδικασίας.

1.2 Ορισμός της Τηλεπισκόπησης

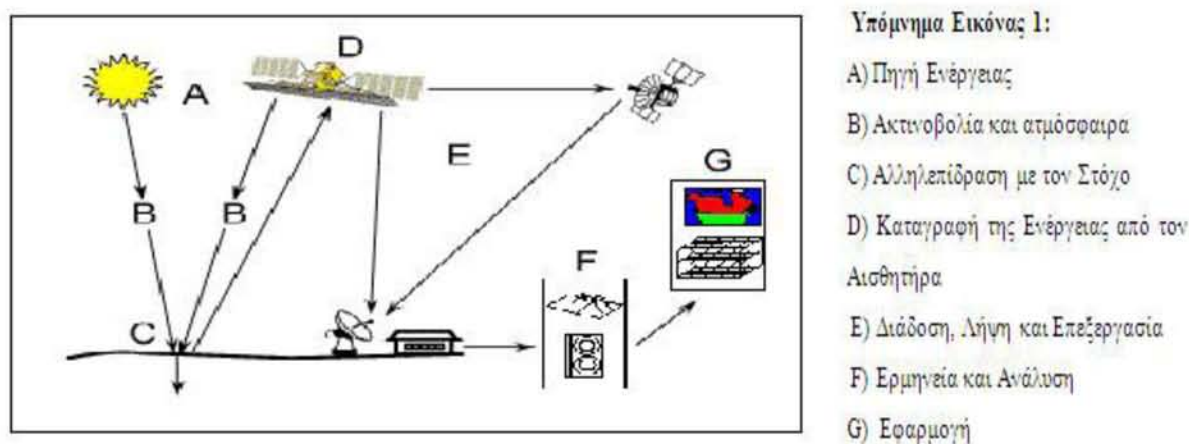
Αναλυτικότερα η Τηλεπισκόπηση « ορίζεται ως η επιστήμη της συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας της πληροφορίας γύρω από ένα στόχο για την αναγνώριση και μέτρηση των ιδιοτήτων του, εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις του με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, χωρίς να έρθουμε σε απευθείας επαφή με αυτόν» (Μερτίκας, 2006). Με πιο απλά λόγια, συλλέγεται η ακτινοβολία που αντανακλάτε από τις επιφάνειες μέσω ειδικών αισθητήρων, και έπειτα αναλύονται οι εικόνες αυτές για την εξαγωγή αποτελεσμάτων. « Κύριος στόχος της Τηλεπισκόπησης είναι η μέτρηση και απεικόνιση της επιφάνειας της Γης, η κατανόηση των διαφόρων αντικειμένων και φαινομένων στον χώρο, καθώς και ο καθορισμός της θέσης και των ιδιοτήτων τους» (Μερτίκας, 2006). Ως συνήθως η Τηλεπισκόπηση χρησιμοποιεί για την συλλογή δεδομένων δορυφόρους, αεροφωτογραφίες ή σε ποιο σπάνιες περιπτώσεις επίγειες λήψεις. Οι δορυφόροι, που είναι και η πιο συνηθισμένη μορφή συλλογής δεδομένων, έχουν ειδικούς αισθητήρες-ανιχνευτές που συλλέγουν την ακτινοβολία που αντανακλάτε από την επιφάνεια της Γης, από το υπέρυθρο φάσμα έως το υπεριώδες ή και τα μικροκύματα . Ο πρώτος δορυφόρος που εκτοξεύθηκε, ήταν το 1972, ο Landsat-I από τις ΗΠΑ, έπειτα ακολούθησαν και άλλες χώρες όπως η Ινδία, Ιαπωνία και η Ρωσία την δεκαετία του '80.

Επίσης όσο εξελίσσεται η τεχνολογία, οι δορυφόροι αποκτούν όλο και καλύτερη ανάλυση αλλά και νέες τεχνολογίες καταγραφής των δεδομένων όπως θεματικούς χαρτογράφους, εικονοληπτικά φασματόμετρα, συσκευές RADAR του τύπου SAR (Synthetic Aperture Radar) , εικονοληπτικών RADAR κτλ. όπου βελτίωσαν σε πολύ μεγάλο βαθμό την ανάλυση και την ποιότητα της εικόνας που συλλέγονταν, επομένως καταλήγουμε σε καλύτερα τελικά αποτελέσματα.

1.3 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Στην τηλεπισκόπηση, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προέρχεται από κάποιο αντικείμενο το οποίο βρίσκεται στην επιφάνεια της γης, μετρίεται και μεταφράζεται σε πληροφορία για το αντικείμενο ή σε διαδικασίες σχετιζόμενες με το αντικείμενο και το περιβάλλον του.

Μια απλή περιγραφή του τρόπου που λαμβάνονται τα τηλεπισκοπικά δεδομένα παρουσιάζεται στην εικόνα 1.1 που ακολουθεί παρακάτω.



Εικόνα 1.1: Τρόπος που λαμβάνονται τα τηλεπισκοπικά δεδομένα. Πηγή: Καπαγερίδης Ι. 2010. «Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και τα Γωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών»

Μία πηγή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπει προς όλες τις κατευθύνσεις, "φωτίζει" την επιφάνεια της γης αφού περάσει μέσα από την ατμόσφαιρα, γεγονός που περιορίζει το φασματικό εύρος της ακτινοβολίας που τελικά θα χτυπήσει στην επιφάνεια. Ένα μέρος της ακτινοβολίας που τελικά φθάνει στη γη, ανακλάται, ένα άλλο μέρος διαχέεται στο περιβάλλον, ένα άλλο μεταδίδεται και ένα άλλο απορροφάται και αποδίδεται και πάλι στο περιβάλλον.

Η ακτινοβολία που ανακλάται διέρχεται και πάλι μέσα από την ατμόσφαιρα με προορισμό το διάστημα. Σε πολύ μεγάλο ύψος (300χλμ. - 800χλμ. συνήθως) βρίσκονται σε τροχιά οι τεχνητοί δορυφόροι που είναι εξοπλισμένοι με ανιχνευτές. Οι τηλεπισκοπικοί ανιχνευτές ανιχνεύουν την ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της γήινης επιφάνειας και την αποδίδουν ως ψηφιακή εικόνα. Οι ανιχνευτές μπορεί να είναι εγκατεστημένοι σε τεχνητούς δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη ή να βρίσκονται σε αερομεταφερόμενα μέσα (αεροσκάφη ή ελικόπτερα). Ένα διαστημικό όχημα μπορεί να μεταφέρει περισσότερους από έναν ανιχνευτές. Ανάλογα με το χαρακτηριστικό που επιθυμούμε να μελετήσουμε, επιλέγεται ο φασματικός τύπος του ανιχνευτή ώστε να ληφθεί η μέγιστη πληροφορία.

Τα όργανα που είναι ικανά να μετρήσουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ονομάζονται αισθητήρες ή δέκτες. Η ταξινόμησή τους μπορεί να γίνει σε δύο κατηγορίες (*Van der Meer and De Jong, 2001*):

1. Στους παθητικούς δέκτες που δεν διαθέτουν τη δική τους πηγή ακτινοβολίας. Είναι ευαίσθητοι μόνο στην ακτινοβολία που έχει φυσική προέλευση και συνήθως είναι η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία ή η ενέργεια που εκπέμπεται από ένα επίγειο αντικείμενο. Ένα κλασικό παράδειγμα παθητικού αισθητήρα είναι η φωτογραφική μηχανή, η οποία καταγράφει την ανακλώμενη ακτινοβολία κάποιου αντικειμένου σε μία φωτοευαίσθητη επιφάνεια και έπειτα πάνω στο φιλμ. Άλλα παραδείγματα είναι οι πολυφασματικοί σαρωτές, οι θερμικοί σαρωτές και τα ραδιόμετρα που χρησιμοποιούν μικροκύματα.

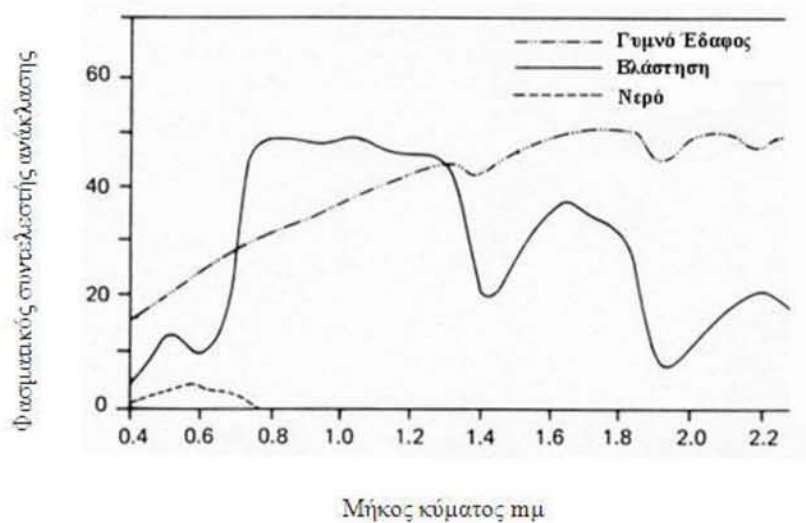
2. Στους ενεργητικούς αισθητήρες που διαθέτουν μία τεχνητή πηγή ακτινοβολίας, η οποία εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα ή σε αντικείμενα στην επιφάνεια της γης και έπειτα η ανακλώμενη ενέργεια που προκύπτει λαμβάνεται πίσω από τον αισθητήρα για την εξαγωγή μετρητικής και ποιοτικής πληροφορίας. Παραδείγματα ενεργητικής τηλεπισκόπησης αποτελούν τα συστήματα radar (radio detection and ranging) και lidar (light detection and ranging).

1.4 Αλληλεπίδραση ακτινοβολίας και ύλης – Φασματική υπογραφή

Όταν η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προσπέσει σε κάποιο αντικείμενο στην επιφάνεια της γης, θα μεταδοθεί, θα απορροφηθεί ή θα ανακλαστεί όπως έχει αναφερθεί στα προηγούμενα. Η ποσότητα ακτινοβολίας που θα διανεμηθεί καθορίζεται από τις ιδιότητες του κάθε αντικειμένου. Το μέγιστο πλεονέκτημα που υπάρχει στην τηλεπισκόπηση, είναι ότι αν και δεν μπορούμε να αναγνωρίσουμε πολλά αντικείμενα σε δορυφορικές απεικονίσεις εξαιτίας της χαμηλής χωρικής ανάλυσης, έχουμε τη δυνατότητα να εκμεταλλευτούμε τις φασματικές ιδιότητες των εικόνων, μετρώντας την ποσότητα της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας σε όρους μήκους κύματος, τη φασματική ανακλαστικότητα (Αργιαλάς 2000).

Με τον όρο ανακλαστικότητα, εννοούμε το ποσοστό της ακτινοβολίας που πέφτει σε ένα αντικείμενο και έπειτα ανακλάται. Κάποια υλικά ανακλούν ακτινοβολία συγκεκριμένου μήκους κύματος, ενώ άλλα απορροφούν τα ίδια μήκη κύματος. Εισάγεται λοιπόν η έννοια της φασματικής υπογραφής επιφανειακών αντικειμένων, όπως του εδάφους, της βλάστησης, του νερού και πολλών άλλων, μέσα στο εύρος του φάσματος. Σε άλλες φασματικές περιοχές, οι υπογραφές που μας ενδιαφέρουν μπορεί να είναι η θερμοκρασία και η εκπομπή ακτινοβολίας, όπως συμβαίνει για το θερμικό υπέρυθρο ή το ανάγλυφο της επιφάνειας της γης για τα συστήματα radar (*Van der Meer and De Jong, 2001*).

Στην εικόνα 1.2 παρουσιάζεται το διάγραμμα ανακλαστικότητας για τρεις κατηγορίες οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον του νερού, της βλάστησης και του εδάφους. Το νερό απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της εισερχόμενης ακτινοβολίας και ανακλά μόνο μία μικρή ποσότητα αυτής, κυρίως στο ορατό κομμάτι του φάσματος, ενώ σε μεγαλύτερα μήκη κύματος δεν ανακλάται σημαντική ποσότητα ακτινοβολίας. Τα χωμάτινα εδάφη παράγουν μία «απαλή» καμπύλη ανακλαστικότητας. Για το λόγο αυτό, διακριτά φασματικά χαρακτηριστικά εξάγονται συνήθως από παρατηρήσεις με ειδικά όργανα που ονομάζονται φασματόμετρα.



Εικόνα 1.2: Τυπικό διάγραμμα ανακλαστικότητας για τις κατηγορίες του εδάφους, του νερού και της βλάστησης Πηγή: Αργιαλάς Δ. 1998. «Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση»

Γενικότερα χαρακτηριστικά φαίνονται σε μήκη κύματος από 1400nm έως 1900nm, λόγω του νερού που έχει απορροφηθεί από το έδαφος. Η περιεκτικότητα σε νερό προκαλεί επίσης και τη σταδιακή μείωση της ανακλαστικότητας στο μέσο υπέρυθρο κομμάτι, όσο αυξάνεται το μήκος κύματος. Το υγρό περιεχόμενο ενός εδάφους προκαλεί τη χαμηλή καμπύλη ανακλαστικότητας, σε αντίθεση με αυτή του ξηρού εδάφους. Μπορούμε έτσι να διαχωρίσουμε δύο ομοειδείς φασματικές κατηγορίες.

Από την άλλη μεριά, η χλωρίδα εμφανίζεται με μία πολύ χαρακτηριστική καμπύλη ανακλαστικότητας. Η ανακλαστικότητα στο ορατό τμήμα της ακτινοβολίας είναι χαμηλή, εξαιτίας της απορρόφησης αυτής της ακτινοβολίας από τη χλωροφύλλη. Στο εγγύς υπέρυθρο δεν υφίσταται σχεδόν καμία απορρόφηση και η ανακλαστικότητα που προκύπτει καθορίζεται από τις μεταβολές των φυλλωμάτων των φυτών. Σαν αποτέλεσμα έχουμε υψηλή ανακλαστικότητα της πράσινης βλάστησης στο εγγύς υπέρυθρο. Στην περιοχή του μέσου υπέρυθρου παρατηρούμε μία όμοια επίδραση του νερού, όπως συμβαίνει με το έδαφος (Clevers and Jongschaap, 2001).

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι στο τμήμα του θερμικού υπέρυθρου η ποσότητα ακτινοβολίας που μετράται είναι αυτή που εκλύεται από τα αντικείμενα. Η ποσότητα αυτή μπορεί να συσχετιστεί με τη θερμοκρασία του αντικειμένου που παρατηρείται, παρέχοντας έτσι και πληροφορίες σχετικές με μελέτες πάνω στην ενέργεια. Μία σημαντική ιδιότητα των μεγάλων μηκών κύματος που χρησιμοποιούνται στα μικροκύματα είναι ότι δεν επηρεάζονται από την ατμόσφαιρα, με συνέπεια να μη διασκορπίζονται. Έχουν τη δυνατότητα να διεισδύουν μέσα από σύννεφα και άλλες δύσκολες συνθήκες, εκτός της ισχυρής βροχόπτωσης.

2. Δορυφόροι

2.1 Ορισμός

Δορυφόρος είναι ένα μη επανδρωμένο διαστημικό όχημα, που τίθεται σε τροχιά γύρω από τη Γη σε ύψος μεταξύ 500 και 35.000 χιλιομέτρων από την επιφάνειά της, και εξοπλισμένο με κατάλληλα όργανα συλλέγει εικόνες και στοιχεία, τα οποία μεταδίδει σε επίγειους σταθμούς. Από το 1957, έτος εκτόξευσης του πρώτου δορυφόρου (Sputnik), έως τα μέσα της δεκαετίας του 1990, έχουν εκτοξευτεί και τεθεί σε τροχιά χιλιάδες δορυφόροι, που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα ερευνών και εφαρμογών, άλλοι πραγματοποιώντας επιστημονικές παρατηρήσεις και μετρήσεις (επιστημονικοί δορυφόροι) και άλλοι εξυπηρετώντας οικονομικούς και εμπορικούς σκοπούς (δορυφόροι εφαρμογής). Έτσι, μέσω δορυφόρων πραγματοποιούνται αστρονομικές παρατηρήσεις, μετρήσεις κοσμικής ακτινοβολίας, μετεωρολογικές προβλέψεις, γεωλογικές έρευνες, χαρτογράφηση ηπείρων και ωκεανών, περιβαλλοντολογικές έρευνες κ.λπ. και διεξάγονται οι τηλεπικοινωνίες, η ναυσιπλοΐα, η κατασκόπευση στρατηγικών στόχων κ.ά.

2.2 Κατηγορίες δορυφόρων

Οι κατηγορίες δορυφόρων είναι οι ακόλουθες:

- Οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι, που διεκπεραιώνουν τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, αναμεταδίδουν τηλεοπτικά προγράμματα, δεδομένα κ.λπ.
- Οι δορυφόροι πλοήγησης, που αποτελούν τη βάση ενός συστήματος προσανατολισμού και καθορισμού πορείας, κυρίως για αεροπλάνα και πλοία.
- Οι δορυφόροι γεωλογικών ερευνών, που χρησιμοποιούνται τόσο για τον εντοπισμό ορυκτών κοιτασμάτων και την παρατήρηση γεωλογικών σχηματισμών όσο και για τη συλλογή σεισμολογικών δεδομένων.
- Οι μετεωρολογικοί δορυφόροι
- Οι δορυφόροι περιβάλλοντος οι οποίοι μελετούν το χερσαίο και θαλάσσιο περιβάλλον και καταγράφουν τα φαινόμενα και τις μεταβολές που συμβαίνουν σ' αυτό, καθώς και στην ατμόσφαιρα του πλανήτη.

Οι περιβαλλοντικοί δορυφόροι συλλέγουν εικόνες και στοιχεία, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για την αντιμετώπιση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, την πρόγνωση μετεωρολογικών φαινομένων, την πρόληψη και τον εντοπισμό πυρκαγιών, την παρακολούθηση καλλιεργειών, την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών, καθώς και για την έρευνα, με απώτερο στόχο τη βελτίωση της ζωής σε όλο τον πλανήτη (Καρτάλης, Φειδάς, 2006).

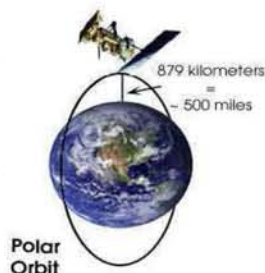
Οι δορυφόροι περιβάλλοντος της δεκαετίας του 1990 ανήκουν στην τρίτη γενιά των δορυφόρων της κατηγορίας αυτής, είναι εξελιγμένοι τεχνολογικά και έχουν δυνατότητα παρατήρησης όλο το 24ωρο. Είναι εξοπλισμένοι με όργανα υψηλής διακριτικής ικανότητας και χαρτογραφούν όλα τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τη βλάστηση, την επιφανειακή θερμοκρασία ποταμών, λιμνών και θαλασσών, τις περιοχές με ηφαιστειακή δραστηριότητα, τις μετεωρολογικές μεταβολές και τα νέφη τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, καθώς και την κατάσταση του όζοντος της στρατόσφαιρας. Τα στοιχεία που συλλέγουν περνούν από επεξεργασία και μετατρέπονται σε εικόνες υψηλής ευκρίνειας. Σ' αυτές χρησιμοποιούνται διαφορετικά χρώματα, για να απεικονιστούν οι διαφορές μεταξύ των περιοχών και οι διακυμάνσεις που παρουσιάζει το κάθε υπό μέτρηση μέγεθος σ' αυτές.

2.3 Τύποι Δορυφόρων

Υπάρχουν δύο τύποι δορυφόρων ανάλογα με την τροχιά την οποία ακολουθούν.

- Πολικής τροχιάς

Πολλά οχήματα τηλεπισκόπησης έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να ακολουθούν μια τροχιά (από βορρά προς νότο) η οποία σε συνδυασμό με την περιστροφή της Γης (δύση προς ανατολή) τους επιτρέπει να καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της Γης, εντός συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Αυτές είναι οι λεγόμενες πολικές τροχιές εξαιτίας της κλίσεως της τροχιάς προς τη νοητή γραμμή που διατρέχει τη Γη μεταξύ Βόρειου και Νότιου πόλου. Πολλές από αυτές τις δορυφορικές τροχιές είναι επίσης ηλιοσύγχρονες έτσι ώστε να καλύπτουν κάθε περιοχή της γης την ίδια τοπική ώρα της ημέρας, που ονομάζεται τοπική ώρα ήλιου.

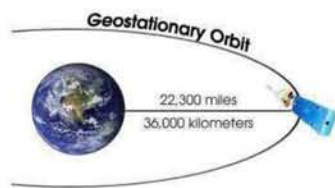


Εικόνα 2.1 : Πολική τροχιά δορυφόρου .Πηγή :www.ssec.wisc.edu

Πολικές τροχιές έχουν πολλοί επιστημονικοί δορυφόροι όπως αυτοί που μας δείχνουν τα επίπεδα του όζοντος, την κατάσταση των δασών και τις καλλιέργειες. Επίσης πολικές τροχιές έχουν ορισμένοι μετεωρολογικοί αλλά και στρατιωτικοί δορυφόροι που μας δίνουν εικόνα της κίνησης των υποβρυχίων στους πόλους.

- Γεωσύγχρονης τροχιάς

Οι γεωσύγχρονοι ή γεωστατικοί δορυφόροι βλέπουν συνεχώς το ίδιο μέρος της επιφάνειας της γης καθώς κινούνται σε συγχρονισμό με τον πλανήτη. Οι δορυφόροι αυτοί, σε υψόμετρο 36.000 χιλιομέτρων περίπου, περιστρέφονται με ταχύτητα αντίστοιχη της ταχύτητας περιστροφής της Γης, έτσι ώστε να φαίνονται ακίνητοι, σε σύγκριση με την επιφάνεια της Γης. Αυτό επιτρέπει στους δορυφόρους να παρατηρούν και να συγκεντρώνουν συνεχώς πληροφορίες πάνω από συγκεκριμένες περιοχές. Οι μετεωρολογικοί και οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι έχουν συνήθως αυτόν τον τύπο τροχιάς.



Εικόνα 2.2 : Γεωσύγχρονη τροχιά δορυφόρου. Πηγή: cimss.ssec.wisc.edu

2.4 Χαρακτηριστικά Δορυφόρων

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθούν και να αναλυθούν τα κυριότερα χαρακτηριστικά των δορυφόρων:

- Φασματική Διακριτική Ικανότητα

Οι περισσότερες έρευνες τηλεπισκόπησης βασίζονται στην ανάπτυξη μιας αιτιοκρατικής σχέσης ανάμεσα στην ποσότητα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που ανακλάται ή εκπέμπεται σε συγκεκριμένα κανάλια ή συχνότητες και στα χημικά, βιολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά των υπό εξέταση φαινομένων (όπως π.χ. η φυτική κόμη σε καλλιέργειες καλαμποκιού). Η φασματική διακριτική ικανότητα (spectral resolution) αναφέρεται στον αριθμό και τη διάσταση (το μέγεθος) συγκεκριμένων διαστημάτων μήκους κύματος στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (τα οποία αναφέρονται ως κανάλια ή ζώνες) στα οποία είναι ευαίσθητο ένα όργανο τηλεπισκόπησης.

- Χωρική Διακριτική Ικανότητα

Οι περισσότερες τηλεπισκοπικές μελέτες καταγράφουν τα χωρικά χαρακτηριστικά επίγειων αντικειμένων. Για παράδειγμα κάθε εικονοστοιχείο σε μια ψηφιακή τηλεπισκοπική εικόνα βρίσκεται σε ένα συγκεκριμένο σημείο της εικόνας και αντιστοιχεί σε συγκεκριμένες συντεταγμένες x, y στο έδαφος. Όταν αναχθεί η εικόνα σε ένα τυπικό χαρτογραφικό σύστημα προβολής, η χωρική πληροφορία που αντιστοιχεί σε κάθε εικονοστοιχείο έχει ιδιαίτερη αξία διότι καθιστά δυνατή τη χρήση της τηλεπισκοπικής πληροφορίας με άλλα χωρικά δεδομένα σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) ή σε ένα χωρικό σύστημα λήψης αποφάσεων (SDSS).

Υπάρχει μία σχέση ανάμεσα στο μέγεθος του αντικειμένου ή της περιοχής που πρέπει να αναγνωρισθεί και στη χωρική διακριτική ικανότητα του τηλεπισκοπικού συστήματος. Η χωρική διακριτική ικανότητα είναι το μέτρο της μικρότερης γωνιακής ή γραμμικής απόστασης ανάμεσα σε δύο αντικείμενα που μπορεί να διακριθεί από το σύστημα τηλεπισκόπησης.

- Χρονική Διακριτική Ικανότητα

Μια από τις πιο σημαντικές δυνατότητες της τηλεπισκόπησης είναι η καταγραφή των τοπίων της Γης σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Πολλαπλές καταγραφές του ίδιου τοπίου με την πάροδο του χρόνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό διεργασιών που βρίσκονται σε εξέλιξη και για προβλέψεις. Η χρονική διακριτική ικανότητα ενός συστήματος τηλεπισκόπησης αναφέρεται στο πόσο συχνά ο αισθητήρας καταγράφει εικόνες από μια συγκεκριμένη περιοχή. Σε ιδανικές συνθήκες, ο αισθητήρας καταγράφει δεδομένα κατ' επανάληψη προκειμένου να συλλάβει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του υπό διερεύνηση αντικειμένου.

Για παράδειγμα οι καλλιέργειες έχουν διαφορετικούς φαινολογικούς κύκλους σε κάθε γεωγραφική περιοχή. Για να μετρήσει κανείς συγκεκριμένες μεταβλητές καλλιεργειών, χρειάζεται να πάρει δεδομένα τηλεπισκόπησης σε κρίσιμα χρονικά σημεία του φαινολογικού κύκλου. Η ανάλυση διαχρονικών εικόνων παρέχει πληροφορίες σχετικά με το πώς αλλάζουν οι μεταβλητές με την πάροδο του χρόνου. Οι πληροφορίες μεταβολών διευκολύνουν την κατανόηση των διεργασιών που επηρεάζουν τα στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών.

2.5 Οι Δορυφόροι WorldView

Οι δορυφόροι WorldView-1 και 2 είναι εμπορικοί, οπτικοί δορυφόροι εικόνων πολύ υψηλής ευκρίνειας που ανήκουν στην εταιρία DigitalGlobe. Ο δορυφόρος WorldView-1 εκτοξεύτηκε τον Σεπτέμβριο του 2007 και ο δορυφόρος WorldView-2 εκτοξεύτηκε τον Οκτώβριο του 2009. Και οι δύο δορυφόροι εκτοξεύτηκαν με πυραύλους Delta 7920 από την αεροπορική βάση Βάντενμπεργκ. Ο WorldView-1 αναμένεται να παραμείνει μέχρι το 2018, ενώ ο δορυφόρος WorldView-2 έχει προγραμματιστεί να παραμείνει μέχρι το 2017.

Και οι δύο δορυφόροι εκτελούν τροχιά σύγχρονη ηλιακά και κατέρχονται πάνω από τον ισημερινό σε κάθε τροχιά στις 10:30 π.μ. Ο WorldView-1 εκτελεί τροχιά σε ύψος 496 χιλιομέτρων, έχει τροχιακή περίοδο 94,6 λεπτών με μέσο χρόνο επανεμφάνισης κάθε 1,7 ημέρες. Μεταφέρει έναν αισθητήρα παγχρωματικής απεικόνισης. Ο WorldView-2 εκτελεί τροχιά σε ύψος 770 χιλιομέτρων, έχει τροχιακή περίοδο 100 λεπτών και μεταφέρει αισθητήρα πολυφασματικής απεικόνισης. (www.esa.int)



Εικόνα 2.3: Οι δορυφόροι WorldView-1 & WorldView-2. Πηγή : <http://www.esa.int>

Ο αισθητήρας του WorldView-1 απεικονίζει σημεία στο έδαφος σε απόσταση δειγματοληψίας 0,50 μέτρων στο ναδίρ και 0,59 μέτρων σε γωνία 25 μοιρών εκτός ναδίρ κατά μήκος της τροχιάς ενεργοποιώντας τη στερεοσκοπική απεικόνιση. Το πλάτος λωρίδας σάρωσης του αισθητήρα είναι 17,6 χιλιόμετρα στο ναδίρ. Ο αισθητήρας στο δορυφόρο WorldView-2 έχει χωρική δειγματοληψία 1,85 μέτρων και κάνει λήψη εικόνων σε 8 διαφορετικές ζώνες και είναι ο πρώτος πολυφασματικός δορυφόρος υψηλής ανάλυσης που παραδίδει 8 ζώνες του χρώματος, εκτός από την παγχρωματική ζώνη του. Ο δορυφόρος WorldView-2 (WV2) αποτελεί δορυφόρο πολύ υψηλής ευκρίνειας με οχτώ(8) πολυφασματικά κανάλια. Ο WV2 παρέχει ανάλυση παγχρωματικής εικόνας 0,46m και πολυφασματικής 1,8m. Επιπρόσθετα, εκτός από τα συνήθη τέσσερα κανάλια Μπλε (Blue), Πράσινο (Green), Κόκκινο (Red) και Εγγύς Υπέρυθρο (NIR) κατακερματίζει περισσότερο το φάσμα και προσφέρει τέσσερα νέα κανάλια τα Παράκτιο Μπλε (Coastal Blue), το Κίτρινο (Yellow), το Οριακό Κόκκινο (Red-Edge) και δεύτερο εγγύς υπέρυθρο (NIR2).

Ο WorldView-2 δίνει την προηγμένη ανίχνευση αλλαγής και αυτοματοποιημένη εξαγωγή χαρακτηριστικών γνωρισμάτων. Οι κύριες εφαρμογές για τους δορυφόρους

WorldView είναι η χαρτογράφηση πολύ υψηλής ευκρίνειας, η ανίχνευση αλλαγών και στερεοσκοπική τρισδιάστατη απεικόνιση.

ΕΙΔΟΣ	Πανγχρωματικό	Πολυφασματικό
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	0,46m	1,8m
ΚΑΝΑΛΙΑ	1	8 (κόκκινο, πράσινο, μπλε, εγγύς υπέρυθρο, παράκτιο μπλέ, κίτρινο, οριακό κόκκινο και δεύτερο εγγύς υπέρυθρο)

Πίνακας 1.1: Χαρακτηριστικά δορυφόρου WorldView2.

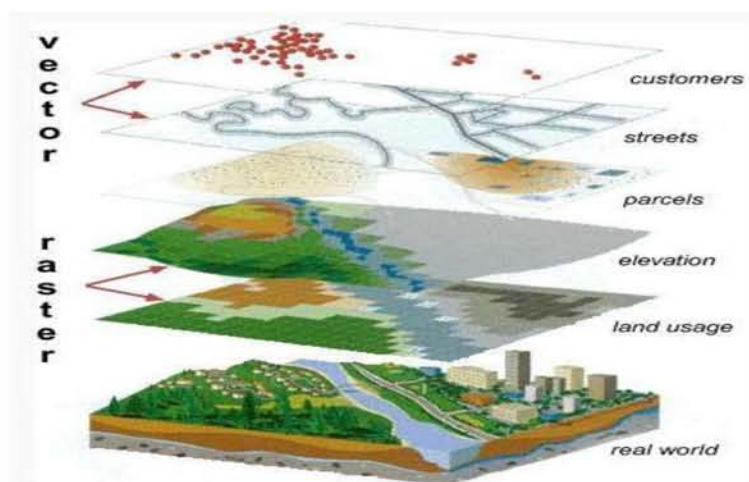
3. Τηλεπισκόπηση και συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)

Το GIS είναι ένα υπολογιστικό σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται για την συλλογή, αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων και πληροφοριών με γεωγραφική διάσταση. Αυτό το σύστημα αποτελείται από hardware (υπολογιστών και περιφερειακών συσκευών, όπως σαρωτή και εκτυπωτή), το λογισμικό (software), τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στον υπολογιστή και το προσωπικό ή τους χρήστες που θα χρησιμοποιήσουν το λογισμικό για την ανάλυση των δεδομένων (Κουτσόπουλος, 2002).

Η γεωγραφική διάσταση των δεδομένων GIS σημαίνει ότι η κάθε οντότητα δεδομένων σχετίζεται με συντεταγμένες στον τρισδιάστατο χώρο και αναφέρονται σε μια τοποθεσία στην επιφάνεια της Γης. Ο χώρος τον οποίο αντιπροσωπεύουν τα δεδομένα μπορεί να είναι ένα σημείο, μια γραμμή ή μια περιοχή (πολύγωνο). Τα δεδομένα είναι οργανωμένα σε θεματικά επίπεδα. Για παράδειγμα, ένα επίπεδο

"ποσότητας παραγωγής καλλιεργειών" θα μπορούσε να είναι το επίπεδο όπου κάποιες περιοχές (πολύγωνα) ορίζονται και αντιπροσωπεύουν τα χωράφια, και έχουν μια τιμή που σχετίζεται με το κάθε χωράφι και αντιπροσωπεύει την παραγωγή του χωραφιού σε μια ορισμένη χρονιά.

Τα δεδομένα σε ένα επίπεδο GIS μπορεί να παρουσιάζονται σε μία από τις δύο μορφές: διανυσματικά (vector) ή σε πλέγμα (raster). Τα διανυσματικά δεδομένα είναι τα πιο κοινά σε ένα GIS. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα χαρακτηριστικά του συστήματος διανυσμάτων μπορεί να είναι σημεία, γραμμές ή πολύγωνα. Κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να συνδέεται με μία ή περισσότερες τιμές στο θεματικό επίπεδο. Τα διανυσματικά δεδομένα είναι χωρικά πολύ ακριβή. Από την άλλη πλευρά, τα δεδομένα σε πλέγμα έχουν μια ή περισσότερες τιμές συσχετισμένες με το κάθε τετράγωνο κελί του πλέγματος. Για να είναι συμβατά με τα διανυσματικά δεδομένα το κάθε ένα από τα κελιά αντιμετωπίζεται ως ένα διανυσματικό πολύγωνο. Τα δεδομένα σε πλέγμα συχνά προέρχονται από την εικόνα τηλεπισκόπησης, επειδή ο αισθητήρας καταγράφει τα δεδομένα σε pixels.



Εικόνα 3.1 Διαφορετικά επίπεδα πληροφοριών GIS σε στοίβα. Πηγή: National Coastal Data Development Centre (NCDDC), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA

Τα τελευταία χρόνια οι απαιτήσεις για πληροφορίες γης είναι πολύ μεγάλες ιδιαίτερα για πληροφορίες που έχουν σχέση με τη χρήση γης για τις αλλαγές της. Επομένως χρειάζεται συνεχής ενημέρωση των χαρτών γεγονός που κάνει τελείως ασύμφορη την χρησιμοποίηση των χαρτών που σχεδιάζονται από χαρτογράφους (Robinson, 2002) για την αποκωδικοποίηση των οποίων δημιουργήθηκαν νέα εργαλεία όπως η τηλεπισκόπηση (remote sensing) και η ανάλυση εικόνας (image analysis) (Κόλλια-

Κουσουρή, 2003). Τα δεδομένα που λαμβάνονται από την τηλεπισκόπηση είναι χωρίς αμφιβολία πρωτεύουσα πηγή δεδομένων, θεωρούνται ολόένα και περισσότερο συμπληρωματικά σε άλλα χωρικά καταναμημένα δεδομένα τα οποία μπορούν να συσχετισθούν για την ικανοποιητική εξαγωγή στοιχείων. Εξού και η επιστήμη της τηλεπισκόπησης είναι στενή συγγενής των ΣΓΠ και από μια άποψη θεωρείται ως κλάδος των ΣΓΠ.

Τα Γεωγραφικά Πληροφορικά Συστήματα όπως αναφέρθηκε είναι συστήματα βασισμένα στη χρήση υπολογιστών τα οποία χρησιμοποιούνται για την μεταχείριση γεωγραφικά εξαρτημένων πληροφοριών (Fabri, 1992). Ο Aronoff (1989) ορίζει ένα ΣΓΠ ως ένα εργαλείο για τη συλλογή, αποθήκευση, και ανάλυση αντικειμένων και φαινομένων όπου γεωγραφική πληροφορία είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό για την ανάλυση.

Τα δεδομένα μιας γεωμετρικά διορθωμένης εικόνας τα οποία αποκτήθηκαν μέσω ενός δορυφορικού φασματικού καναλιού μπορούν να θεωρηθούν ως ένα θεματικό επίπεδο από εικονοστοιχεία. Υπάρχει η δυνατότητα σε κάθε θεματικό επίπεδο από εικονοστοιχεία να αντιστοιχούμε 1 βασικό χρώμα (Red, Green, Blue) με αποτέλεσμα την δημιουργία “ψευδόχρωμων” ψηφιακών εικόνων με πάρα πολλές χρήσεις. Πολυφασματικά δεδομένα μπορούν επομένως να αποτελέσουν θεματικά επίπεδα ενός ΣΓΠ, τα οποία “υπερτίθενται” (overlaid) πάνω σε υπάρχοντα επίπεδα του ΣΓΠ, τα οποία δημιουργήθηκαν με επίγειες μετρήσεις ή από άλλους υπάρχοντες χάρτες ή προήλθαν από μετατροπή άλλων υφιστάμενων ψηφιακών αρχείων. Οι δορυφορικές εικόνες μιας συγκεκριμένης περιοχής που ελήφθησαν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους από ένα δορυφόρο ή σε συνδυασμό με άλλους δορυφόρους μπορούν να προσαρμοστούν στην ίδια χαρτογραφική προβολή, σύστημα συντεταγμένων και μέγεθος εικονοστοιχείου, και επομένως μπορούν να δημιουργήσουν ένα καινούριο επίπεδο ΣΓΠ που “υπερτίθεται” σε άλλα υπάρχοντα.

Τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης είναι μεν σε ψηφιακή μορφή αλλά πρέπει να συσχετισθούν με άλλα δεδομένα από διάφορες πηγές και σε συνδυασμό με τους τοπογραφικούς χάρτες της χώρας. Τα ΣΓΠ δεν αντιμετωπίζουν μόνο το πρόβλημα χειρισμού, αποθήκευσης και επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων από διαφορετικές πηγές αλλά και τα προβλήματα της ανάκτησης των πληροφοριών από ένα μεγάλο εύρος χρηστών.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι χαρτογραφικά επίπεδα σε ταξινομημένη ψηφιδωτή (raster) μορφή (γεωλογία, βλάστηση, κλπ) μπορούν να τοποθετηθούν και να επεξεργαστούν στο ίδιο σύστημα αρκεί οι αντίστοιχες γεωμετρικές και αναφορές στο χάρτη να είναι ίδιες με τις αντίστοιχες οι οποίες χρησιμοποιούνται εκείνη τη στιγμή στο σύστημα. Επίσης έχουμε τη δυνατότητα εισαγωγής στο σύστημα διανυσματικών δεδομένων (vector) όπως είναι προϊόντα ψηφιοποίησης τα οποία μετατρέπονται σε δεδομένα raster χρησιμοποιώντας κατάλληλες συναρτήσεις, μετατροπών και μπορούν να επεξεργαστούν και να αναλυθούν με τον ίδιο τρόπο που έχει περιγραφεί προηγουμένως.

Σε πολλές από τις αναπτυσσόμενες χώρες λείπουν βασικά τοπογραφικά δεδομένα και πολλές φορές οι υφιστάμενοι χάρτες περιέχουν περιορισμένη πληροφορία. Η ανάπτυξη της τηλεπισκόπησης μπορεί να βελτιώσει κάπως τη κατάσταση δημιουργώντας ένα χωρικό πλαίσιο αναφοράς στο οποίο μπορούν να ενταχθούν δεδομένα από άλλες πηγές. Επίσης οι λύσεις που θα υιοθετηθούν κατά την υλοποίηση του ΣΓΠ θα πρέπει να λάβουν υπόψη τους τις δυνατότητες που είναι διαθέσιμες όχι μόνο για την λειτουργία του ΣΓΠ αλλά και τη συντήρηση του (Κόλλια-Κουσουρή, 2003).

Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υφιστάμενοι χάρτες οι οποίοι ψηφιοποιούνται. Όταν όμως δεν υπάρχει κατάλληλος χάρτης ή όταν αυτοί που υπάρχουν χρειάζονται διόρθωση είναι απαραίτητο να συλλεχθούν νέα δεδομένα. Τα δεδομένα μπορεί να είναι υπό μορφή αναλογικών χαρτών ή δεδομένα ψηφιακά ανάλογα με τη μέθοδο συλλογής. Οι μελέτες εδάφους μπορεί να παράγουν ψηφιακά δεδομένα ή δεδομένα που χρειάζονται περαιτέρω ψηφιοποίηση. Οι μελέτες εδάφους είναι πιο κατάλληλες όταν εξετάζεται μικρή περιοχή ή όταν η ζητούμενη χωρική ευκρίνεια είναι τέτοια που δεν μπορεί να ληφθεί με άλλο διαθέσιμο τρόπο. Σε πολλές περιπτώσεις όμως η ζητούμενη πληροφορία μπορεί να ληφθεί πιο οικονομικά από τα δεδομένα τηλεπισκόπησης που μπορεί να ερμηνευθούν είτε με το μάτι είτε με μια μεγάλη ποικιλία τεχνικών αναγνώρισης εικόνας.

4 ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1 Προεπεξεργασία δορυφορικών δεδομένων

Όπως ήδη αναφέρθηκε σκοπός της Τηλεπισκόπησης είναι η μέτρηση και απεικόνιση της επιφάνειας της Γης, η κατανόηση των διαφόρων αντικειμένων και φαινομένων στον χώρο, καθώς και ο καθορισμός της θέσης και των ιδιοτήτων τους (Μερτίκας, 2006) , για να γίνει αυτό όμως απαιτούνται κάποια βήματα. Αρχικά γίνεται η προεπεξεργασία της εικόνας για να επαλειφθούν τα σφάλματα και οι αλλοιώσεις που περιέχει διότι εάν παραμείνουν θα υποβαθμίσουν την ποιότητα της τελικής εικόνας ,επομένως θα καταλήξουμε και σε λανθασμένα συμπεράσματα. Η προεπεξεργασία περιλαμβάνει τις ακόλουθες διεργασίες :

- Γεωμετρικές Διορθώσεις
- Ραδιομετρικές διορθώσεις
- Βελτιώσεις και μετασχηματισμοί

Αναλυτικότερα, οι γεωμετρικές διορθώσεις γίνονται λόγω της καμπυλότητας της γης, της επίδρασης της περιστροφής της γης, της πανοραμικής παραμόρφωσης, της πεπερασμένης ταχύτητας δειγματοληψίας, της μεταβολής στην τροχιά του δορυφόρου και των παραμορφώσεων δειγματοληψίας έτσι ώστε να έχουμε ως τελικό προϊόν μία εικόνα αναφερμένη σε επίπεδη γεωμετρία και αναγόμενη σε ένα σύστημα συντεταγμένων έτσι ώστε να μπορεί να την συνδυαστεί και με άλλα δεδομένα.

Οι ραδιομετρικές διορθώσεις γίνονται για την απαλοιφή σφαλμάτων που οφείλονται στους αισθητήρες καταγραφής, σφάλματα που αφορούν τεχνικά στοιχεία της διαδικασίας αλλά και λόγω ατμοσφαιρικών επιδράσεων. Υπάρχουν δύο τύποι σφαλμάτων, πρώτο, η σχετική φωτεινότητα μιας συγκεκριμένης ψηφίδας (pixel) μπορεί να παραμορφωθεί από διάυλο σε διάυλο ή από ανιχνευτή σε ανιχνευτή και δεύτερο η ακτινοβολία σε έναν συγκεκριμένο διάυλο καταγραφής ενδέχεται να είναι διαφορετική από την ακτινοβολία του στόχου στο έδαφος. Ο πρώτος τύπος σφάλματος αφορά εικόνες όπου υπάρχει τεχνικό σφάλμα στον καταγραφέα, λόγω απορρύθμισης ή λόγω μη καταγραφής, και ο δεύτερος τύπος αφορά εικόνες όπου το σφάλμα προέρχεται λόγω παραμόρφωσης της ακτινοβολίας λόγω της ατμόσφαιρας της γης (διάθλαση, ανάκλαση ακτινοβολίας).

Τέλος οι βελτιώσεις και οι μετασχηματισμοί αφορούν την βελτίωση της εικόνας αποσκοπώντας την καλύτερη εμφάνισή της, για εμάς τους χρήστες, όπως για παράδειγμα ο τονισμός λεπτομερειών, αλλαγή του χρώματος ή της φωτεινότητας και της αντίθεσης της εικόνας, βελτίωσης του ιστογράμματος της εικόνας, εξομάλυνση της εικόνας, ενίσχυση ακμών κτλ (Μερτίκας, 2006).

Αφού γίνουν όλες αυτές οι διορθώσεις μπορούμε να προχωρήσουμε στην ανάλυση της εικόνας. Η ανάλυση της εικόνας περιλαμβάνει 3 κατηγορίες: Ποσοτική , Ποιοτική και Οπτική . Η ποσοτική ανάλυση αφορά την μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών όπως είναι για παράδειγμα η ποσότητα βλάστησης της γης. Η ποιοτική ανάλυση αφορά ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως είναι για παράδειγμα η ποιότητα της βλάστησης, εάν είναι υγιείς ή όχι, οι χρήσεις γης, αναγνώριση συγκεκριμένων υλικών κτλ. και τέλος με την οπτική ανάλυση αναφερόμαστε όταν ο χρήστης ερμηνεύει τα δεδομένα με οπτικό τρόπο, δηλαδή όταν μεταφράζει τα χρώματα της εικόνας, την διάταξη της εικόνας, το μοτίβο της κτλ έτσι ώστε να εξάγει πληροφορίες.

4.2 Ταξινόμηση

Σκοπός της ταξινόμησης είναι η αντικατάσταση της φωτοερμηνείας των εικόνων με ποσοτικές τεχνικές για την αυτοματοποίηση της αναγνώρισης διάφορων χαρακτηριστικών σε μια εικόνα. Σε γενικό πλαίσιο, αυτές οι διαδικασίες της τηλεπισκόπησης περιλαμβάνουν την ανάλυση, συνήθως πολυφασματικών εικόνων, και την εφαρμογή κανόνων απόφασης που βασίζονται στην στατιστική, για να προσδιορίσουν την κατηγορία χρήσης γης, που ανήκει το κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας.

Όταν αυτοί οι κανόνες απόφασης βασίζονται στα φασματικά χαρακτηριστικά των δεδομένων, τότε αναφερόμαστε σε αυτή τη διαδικασία ταξινόμησης, σαν φασματική αναγνώριση προτύπων. Σε αντίθεση, οι κανόνες απόφασης μπορεί να βασίζονται στα γεωμετρικά σχήματα, μεγέθη και πρότυπα που υπάρχουν σε μια εικόνα και τότε αυτού του είδους η ταξινόμηση, αναφέρεται σαν τεχνική χωρικής αναγνώρισης προτύπων. Και στις δυο περιπτώσεις ο σκοπός της ταξινόμησης είναι η κατηγοριοποίηση όλων των εικονοστοιχείων μίας ψηφιακής εικόνας σε μια από ένα σύνολο τάξεων χρήσεων γης, θεματικών κατηγοριών ή αντικειμένων.

Τα ταξινομημένα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παραχθούν θεματικοί χάρτες κάλυψης γης ή για να παραχθούν στατιστικά δεδομένα τα οποία αναφέρονται στις περιοχές της εικόνας που καλύπτονται από την κάθε κατηγορία εδαφοκάλυψης. Δίνεται λοιπόν, έμφαση στις φασματικές τεχνικές αναγνώρισης προτύπων τις οποίες και θα αναλύσουμε στα επόμενα διότι αυτές οι τεχνικές είναι πιο προχωρημένες σήμερα από ότι οι τεχνικές της χωρικής αναγνώρισης προτύπων.

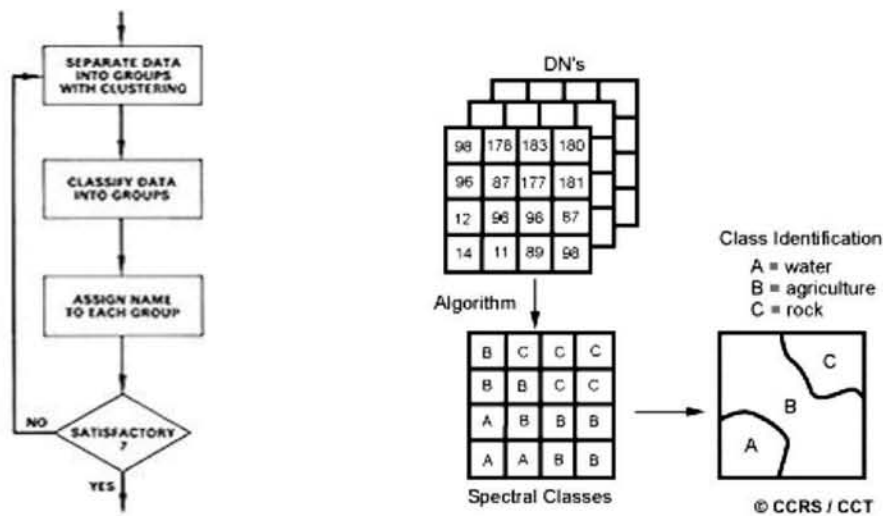
Η ταξινόμηση των φασματικών δεδομένων είναι η διαδικασία ταυτοποίησης και καταχώρησης του κάθε pixel της εικόνας σε μία συγκεκριμένη τάξη σύμφωνα με κάποια στατιστικά χαρακτηριστικά των τιμών των εντάσεων του κάθε pixel. Τα pixels της φασματικής εικόνας εξάγονται για να εκπαιδεύσουν τον ταξινομητή να αναγνωρίζει τα πρότυπα που θα τον βοηθήσουν στη διαφοροποίηση των τάξεων. Βασίζομενος σε αυτά τα πρότυπα ο ταξινομητής δημιουργεί συναρτήσεις διαχωρισμού για την ανάθεση του κάθε pixel σε μία τάξη στο χώρο των χαρακτηριστικών (*Landgrebe 2003*). Δύο είναι κυρίως οι μέθοδοι που χρησιμοποιούμε στην ταξινόμηση εικόνας α) Επιβλεπόμενη (Supervised) και β) Μη επιβλεπόμενη (Unsupervised) ταξινόμηση.

4.2.1 Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (Unsupervised Classification)

Η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση αποβλέπει στην εξαγωγή των κύριων φασματικών τάξεων, οι οποίες εμφανίζονται σε μία τηλεπισκοπική απεικόνιση. Το αποτέλεσμα που προκύπτει από την εφαρμογή των ταξινομήσεων, είναι η παραγωγή θεματικών χαρτών, κατάλληλων για συγκεκριμένες χρήσεις γης που αφορούν κάθε φορά την συγκεκριμένη μελέτη.

Στη μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση, ο υπολογιστής ή ο αλγόριθμος ομαδοποιεί αυτόματα τα pixels που έχουν παρόμοια στατιστικά και φασματικά χαρακτηριστικά (μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις, πίνακες συμμεταβλητότητας κ.α), σε μοναδικές ομάδες (clusters) σύμφωνα με στατιστικά καθορισμένα κριτήρια.

UNSUPERVISED CLASSIFICATION



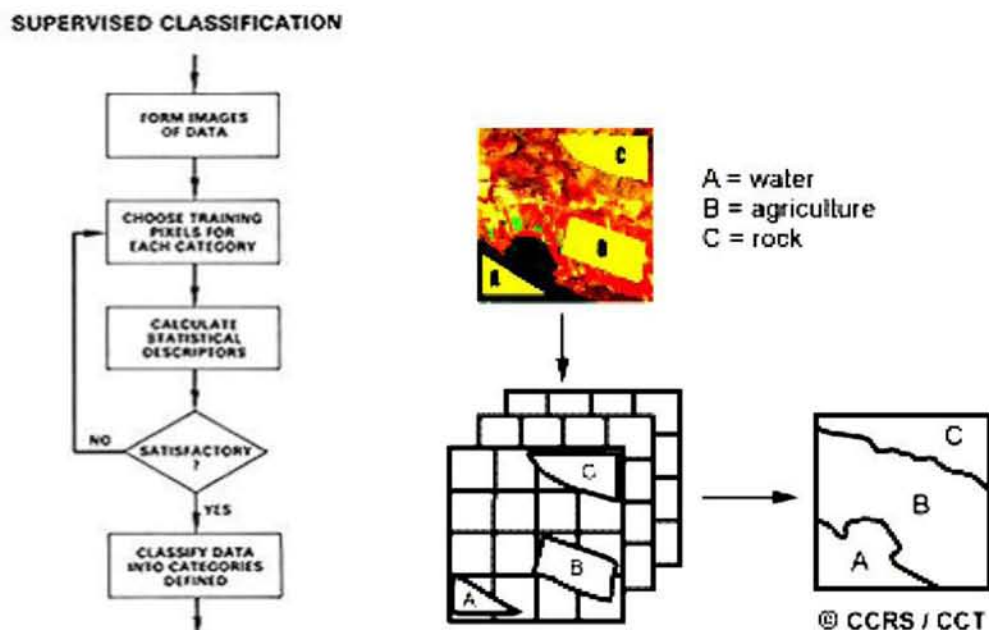
Εικόνα 4.1: Η λογική των βημάτων της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης Πηγή: Landgrebe D. 2003. «Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing»

4.2.2 Επιβλεπόμενη ταξινόμηση (Supervised Classification)

Στόχος της επιβλεπόμενης ταξινόμησης είναι η εξαγωγή των κύριων φασματικών τάξεων, οι οποίες εμφανίζονται σε μία δορυφορική εικόνα, η αναγνώριση και η αναφορά αυτών σε πραγματικές τάξεις αντικειμένων της γήινης επιφάνειας με την χρήση των φασματικών υπογραφών τους.

Στην επιβλεπόμενη ταξινόμηση, υπάρχει μία εκ των προτέρων γνώση για τη χωρική κατανομή των τάξεων στην εικόνα. Έτσι μέσα από μία διαδικασία συλλογής στοιχείων από την απεικονιζόμενη περιοχή δημιουργούνται τα δείγματα εκπαίδευσης (training sites), τα φασματικά χαρακτηριστικά των οποίων χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση του αλγορίθμου για την ταξινόμηση των υπολοίπων pixels της εικόνας. Δηλαδή κάθε pixel της εικόνας, συμπεριλαμβανομένων και των pixels των training sites, αποτιμάται και τοποθετείται στην τάξη στην οποία έχει την μεγαλύτερη πιθανότητα να ανήκει.

Τα βασικά στάδια της επιβλεπόμενης ταξινόμησης είναι η επίβλεψη, η ταξινόμηση και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Κατά την επίβλεψη επιλέγονται περιοχές εκπαίδευσης από την κάθε θεματική κατηγορία της περιοχής μελέτης και υπολογίζονται και αναλύονται οι ψηφιακές φασματικές υπογραφές τους. Κατά την ταξινόμηση το κάθε εικονοστοιχείο κατατάσσεται σε μία από τις θεματικές κατηγορίες της περιοχής μελέτης με χρήση του κατάλληλου αλγορίθμου ταξινόμησης και ελέγχεται η ακρίβεια της ταξινόμησης. Κατά το τελευταίο στάδιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε μορφή χαρτών, πινάκων και ψηφιακών εικόνων.



Εικόνα 4.2: Η λογική των βημάτων της επιβλεπόμενης ταξινόμησης Πηγή: Landgrebe D. 2003. «Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing»

4.3 Στάδιο εκπαίδευσης (Training Stage)

Η καταγραφή των Περιοχών Εκπαίδευσης αποτελεί το σημαντικότερο κομμάτι της επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Ο αναλυτής πρέπει να εντοπίσει και να καταγράψει αντιπροσωπευτικά εικονοστοιχεία για κάθε κατηγορία. Αν η τηλεπισκοπική απεικόνιση διαθέτει αρκετά ευδιάκριτες περιοχές, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει εικονοστοιχεία μέσω οπτικής επιθεώρησης. Συνήθως όμως, ο χρήστης πρέπει να καταφύγει σε επιπρόσθετες πηγές πληροφορίας, όπως επίγειες μετρήσεις (ground truth data), υπάρχοντες χάρτες κ.α..

Ενώ η ταξινόμηση των pixels πραγματοποιείται αυτόματα από κάποιον αλγόριθμο, το στάδιο της εκπαίδευσης πρέπει να γίνει προσεκτικά από τον διαχειριστή του συστήματος. Η ποιότητα της εκπαίδευσης είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στην ταξινόμηση αφού ουσιαστικά καθορίζει την ποιότητα του τελικού αποτελέσματος. Οι βασικοί στόχοι της διαδικασίας εκπαίδευσης είναι: να καθορίσει ποιες τάξεις μπορούν να αναγνωριστούν στην εικόνα και να εξάγει τις στατιστικές παραμέτρους που περιγράφουν την κατανομή των ψηφιακών τιμών των εντάσεων σε κάθε τάξη.

Μία βασική προϋπόθεση της ταξινόμησης είναι η πληρότητα – επάρκεια των δειγμάτων για όλες τις ανακλαστικές επιφάνειες της εικόνας. Η κατάτμηση της εικόνας όμως σε τέτοιες ανακλαστικές επιφάνειες είναι γενικά διαφορετική από την ταυτοποίηση των περιοχών ενδιαφέροντος στην εικόνα. Μερικές φορές μία επιφάνεια αποτελείται από pixels τα οποία παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές φασματικής ανάκλασης. Σε αυτή την περίπτωση είναι απαραίτητη η περαιτέρω διαίρεση σε μικρότερες τάξεις οι οποίες θα μπορούν να αναγνωριστούν από το διαχειριστή.

Μία ακόμη προϋπόθεση που πρέπει να τηρούν τα δείγματα εκπαίδευσης είναι να είναι αντιπροσωπευτικά του πληθυσμού των τάξεων. Αυτό συνεπάγεται ότι:

- Τα δείγματα εκπαίδευσης πρέπει να είναι αρκετά μεγάλα ώστε να περιέχουν έναν επαρκή αριθμό pixels για την εξαγωγή των στατιστικών παραμέτρων κατανομής των τάξεων.
- Τα δείγματα εκπαίδευσης πρέπει να είναι ομοιογενώς κατανεμημένα ώστε να αναπαριστούν τη χωρική διακύμανση των τάξεων στην εικόνα.

Πρέπει δηλαδή να υπάρχει ένας ελάχιστος αριθμός δειγμάτων εκπαίδευσης ο οποίος εξαρτάται από τον αριθμό των φασματικών ζωνών που θα χρησιμοποιηθούν στην ταξινόμηση. Ισχύει ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των δειγμάτων σε μία τάξη τόσο καλύτερη περιγραφή των φασματικών χαρακτηριστικών της τάξης. Σύμφωνα με τους Lillesand και Kiefer (1994) ο ελάχιστος αριθμός των δειγμάτων για ταξινόμηση σε n ζώνες, είναι από $10n$ για κάθε τάξη ως και $100n$. Ενώ ο Richards (1986) προτείνει ότι τα δείγματα εκπαίδευσης πρέπει να καλύπτουν ένα ποσοστό ανάμεσα στο 1% και 3% της συνολικής επιφάνειας της εικόνας.

4.4 Αλγόριθμοι Ταξινόμησης

Η διαδικασία της φασματικής επιβλεπόμενης ταξινόμησης υπόκειται στο πεδίο της αναγνώρισης προτύπων (Pattern Recognition). Με τη βοήθεια κατάλληλων αλγορίθμων αντιστοιχίζονται τα αντικείμενα σε προκαθορισμένες κατηγορίες ή τάξεις.

Οι κυριότεροι αλγόριθμοι ταξινόμησης είναι:

- Ο αλγόριθμος της Μέγιστης Πιθανοφάνειας
- Ο αλγόριθμος της Ελάχιστης Απόστασης
- Ο αλγόριθμος του Παραλληλεπιπέδου

4.5 Προσδιορισμός Καλλιεργειών

4.5.1 Προσδιορισμός/Εντοπισμός Καλλιεργειών με τηλεπισκόπηση.

Με την τηλεπισκόπηση είναι εύκολο να εντοπίσουμε διάφορες καλλιέργειες. Για παράδειγμα παρατηρώντας την παρακάτω δορυφορική εικόνα, μπορούμε να διακρίνουμε ορισμένες διαφορές μεταξύ των φυτών που καλλιεργούνται στα διάφορα χωράφια. Η βλάστηση παρουσιάζεται με συγκεκριμένο χρώμα, πράσινο. Παρόλα αυτά τα διάφορα είδη φυτών έχουν διαφορετικές "αποχρώσεις" του πράσινου. Αυτές οι "αποχρώσεις" μπορεί να αλλάξουν στα διάφορα στάδια του φυτού καθώς αυτά μεγαλώνουν, ωριμάζουν και μαραίνονται. Ωστόσο, οι διαφορετικές αποχρώσεις του πράσινου δεν είναι εύκολες να διακριθούν με το γυμνό μάτι.



Εικόνα 4.3: Εικόνα πραγματικών και ψευδών χρωμάτων

Η εικόνα στα αριστερά είναι ο τρόπος με τον οποίο βλέπει το γυμνό μάτι (και λέγεται εικόνα πραγματικών χρωμάτων). Η εικόνα στα δεξιά δείχνει πως θα φαινόταν αν μπορούσαμε να βλέπουμε στο υπέρυθρο (ονομάζεται εικόνα ψευδών χρωμάτων). Η εικόνα πραγματικών χρωμάτων φαίνεται να έχει ένα ομοιόμορφο πράσινο χρώμα. Ωστόσο, όταν εξετάζουμε την εικόνα ψευδών χρωμάτων, βλέπουμε ότι το χωράφι στην ουσία χωρίζεται σε δύο τμήματα που έχουν μια διαφορετική απόχρωση κόκκινου στη δεύτερη εικόνα. Ο λόγος για τον οποίο τα δύο τμήματα του χωραφιού φαίνονται διαφορετικά είναι επειδή έχουν διαφορετική ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο.

Η βλάστηση έχει γενικά χαμηλή ανάκλαση στην ορατή περιοχή του φάσματος (αυτό που βλέπουμε με τα μάτια μας), καθώς μόνο ένα μικρό ποσό πράσινης ενέργειας δεν είναι απορροφάται. Από την άλλη πλευρά, έχει πολύ υψηλότερη ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο. (<http://www.seos-project.eu>)

4.5.2 Δεδομένα τηλεπισκόπησης που απαιτούνται για την αναγνώριση καλλιεργειών

Οι διάφορες ανακλάσεις στο κοντινό υπέρυθρο μεταξύ των χωραφιών είναι επειδή τα χωράφια αυτά χρησιμοποιούνται για διαφορετικές καλλιέργειες όμως για να προσδιοριστεί μία συγκεκριμένη καλλιέργεια, θα πρέπει να γνωρίζουμε τα στάδια του κύκλου ανάπτυξης του φυτού (βλαστικό στάδιο, στάδιο ανάπτυξης, αναπαραγωγικό στάδιο, γηρασμός). Ο χρόνος κύκλου του φυτού διαφέρει ανάλογα την καλλιέργεια.

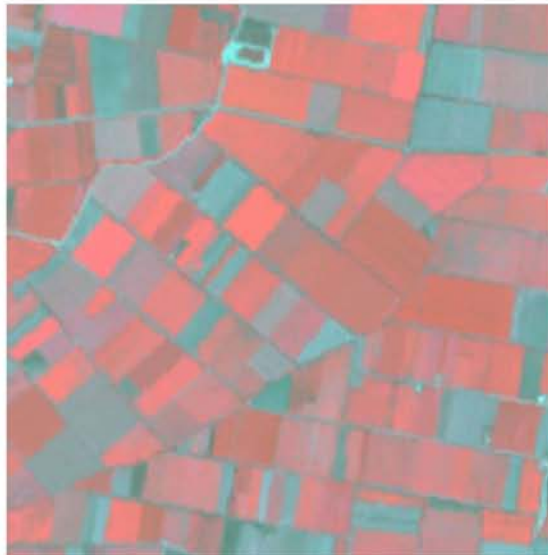
Κάποιες καλλιέργειες διαρκούν για ένα ή δύο μήνες, ενώ άλλες χρειάζονται περισσότερο από 6 μήνες για να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους. Επιπλέον πρέπει να γνωρίζουμε εκ των προτέρων, το ύψος της έντασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας το οποίο κάθε καλλιέργεια ανακλά σε κάθε στάδιο ανάπτυξής της.

Το ηλιακό φως προσπίπτει σε όλα τα αντικείμενα της φυσικής γήινης επιφάνειας και ανακλάται από αυτά με διαφορετικό τρόπο ο οποίος σχετίζεται με τις ιδιότητες του κάθε αντικειμένου. Η χρήση πολυφασματικών δορυφορικών απεικονίσεων δίνει την δυνατότητα να μελετάμε την ανακλαστική αυτή συμπεριφορά των αντικειμένων δεδομένου ότι οι πολυφασματικοί δέκτες καταγράφουν την ανακλώμενη ακτινοβολία σε ένα εύρος του φάσματος που είναι μεγαλύτερο από το ορατό (400 nm - 700 nm μήκος κύματος) με τον τρόπο αυτό, στα διάφορα κανάλια του δέκτη , καταγράφονται οι τιμές της ανακλώμενης ακτινοβολίας από κάθε αντικείμενο το οποίο απεικονίζονται στη διαφορετική σκηνή και οι οποίες διαφέρουν από κανάλι σε κανάλι, δεδομένου ότι η ανακλαστικότητα του κάθε αντικειμένου διαφέρει για διαφορετικά μήκη κύματος. Ο τρόπος αυτός, με τον οποίο κάθε αντικείμενο ανακλά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συνιστά την “φασματική υπογραφή”.



Εικόνα 4.4 : Εικόνα ψευδών χρωμάτων στο Νομό Τρικάλων (Μάιος 2014)

Εξετάζοντας τα κανάλια του θεματικού χαρτογράφου ως προς το μήκος κύματος της ανακλώμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας το οποίο δύναται να καταγράψουν καθώς και ως προς την τοποθέτηση επί του φάσματος των μεταγραφόμενων τιμών (Μηλιαρέσης, 2006).



Εικόνα 4.5 : Εικόνα ψευδών χρωμάτων στο Νομό Τρικάλων (Αύγουστος 2014)

Οι εικόνες ψευδών χρωμάτων 11 και 12 παρουσιάζουν τα ίδια χωράφια στα Τρίκαλα σε δύο διαφορετικές περιόδους, τον Μάιο και τον Αύγουστο. Μέσα σε κάθε χωράφι το σήμα είναι σχετικά σταθερό, γεγονός που υποδηλώνει ότι χρησιμοποιείται μια καλλιέργεια σε κάθε χωράφι.

Εάν συγκρίνουμε τα ίδια χωράφια στις δύο εικόνες, μπορούμε να δούμε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, το σήμα είναι διαφορετικό. Τα χωράφια που εμφανίζονται κόκκινα (υψηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο) είναι γεμάτα βλάστηση, ενώ αυτά που εμφανίζονται μπλε (χαμηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο) είτε έχουν πολύ λίγη βλάστηση ή καθόλου. Στην περίπτωση αυτή, το σήμα που καταγράφεται προέρχεται ουσιαστικά από το έδαφος.

Το ποσοστό της βλαστικής κάλυψης μπορούμε να το εκτιμήσουμε μέσω της περιόδου ανάπτυξης, γνωρίζοντας όμως το πότε μια καλλιέργεια έχει φυτευτεί και συγκομισθεί και υποθέτοντας ότι δεν υπάρχουν εξωτερικοί παράγοντες (καταπόνηση, ασθένειες, κλπ) που επηρεάζουν την ανάπτυξη. Δεδομένου ότι γνωρίζουμε τις παραπάνω πληροφορίες και λαμβάνοντας υπόψη τη μελέτη δύο ή περισσότερων εικόνων από την ίδια περίοδο ανάπτυξης, μπορούμε να εξετάσουμε το σήμα πολυφασματικής ανάκλασης σε κάθε στάδιο ανάπτυξης και να προσδιορίσουμε ποιες καλλιέργειες αναπτύσσονται σε κάθε χωράφι. (<http://www.seos-project.eu>)

4.6 Η καταγραφή πληροφορίας στο κανάλι 4 των πολυφασματικών δορυφόρου WorldView-2

Η χρήση υπερφασματικών δορυφορικών απεικονίσεων όπως ο WorldView-2 που χρησιμοποιούμε στην παρούσα μελέτη, μας δίνει την δυνατότητα να διερευνούμε τις τιμές της ανακλώμενης ακτινοβολίας για κάθε απεικονιζόμενο αντικείμενο στην δορυφορική σκηνή. Ειδικώς για την κατηγορία της βλάστησης, στην οποία υπάγονται και οι διάφορων ειδών καλλιέργειες, εξετάζουμε το κανάλι 4 των δορυφόρων. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να εξάγουμε στατιστικά στοιχεία για την ανακλώμενη από την βλάστηση ακτινοβολία τα οποία και μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως πρότυπο αναγνώρισης καλύψεων βλάστησης.

Το κανάλι 4 των υπερφασματικών δορυφόρων είναι ειδικώς ρυθμισμένο να καταγράφει την ανακλώμενη ακτινοβολίας εντός της περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όπου η βλάστηση (λόγω της χλωροφύλλης) παρουσιάζει την μέγιστη ανακλαστικότητα της και η οποία είναι συνήθως υψηλότερη από τα λοιπά απεικονιζόμενα αντικείμενα. Συνεπώς πολύ υψηλές τιμές καταγεγραμμένης ακτινοβολίας στο κανάλι 4 αντιστοιχούν κατά κύριο λόγο στις περιοχές με έντονη βλάστηση οι οποίες απεικονίζονται στην δορυφορική σκηνή. Το γεγονός αυτό δημιουργεί καλές προϋποθέσεις για την οπτική φωτοερμηνεία επί της δορυφορικής σκηνής με την δημιουργία έγχρωμων σύνθετων τα οποία περιέχουν ως συνιστώσα το κανάλι 4 (Μηλιαρέσης, 2006). Δημιουργώντας συνεπώς έγχρωμα σύνθετα όπως το 4-3-2 (το οποίο και χρησιμοποιούμε στην παρούσα μελέτη) ή το 4-3-1, και αναθέτοντας την απεικόνιση του καναλιού 4 στο χρώμα κόκκινο (από το χρωματικό μοντέλο RGB που χρησιμοποιείται στις οθόνες των ηλεκτρονικών υπολογιστών), επιτυγχάνεται η απεικόνιση των περιοχών βλάστησης της εικόνας με έντονο κόκκινο χρώμα. Το γεγονός αυτό δημιουργεί υψηλή διακριτοποίηση της θεματικής κατηγορίας της βλάστησης από το ευρύτερο περιβάλλον της στα εν λόγω έγχρωμα σύνθετα και αποτελεί ένα γρήγορο εργαλείο ποιοτικής εκτίμησης της από την εκμετάλλευση των δορυφορικών πολυφασματικών απεικονίσεων.

5. ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Το διάγραμμα ροής των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν στο κεφάλαιο της πρακτικής εφαρμογής και αφορά τη φωτογραμμετρική – τηλεπισκοπική μεθοδολογία για την παρούσα μελέτη ακολουθεί τα εξής βήματα:

Δεδομένα και λογισμικά.

Δημιουργία «μωσαϊκού».

Φωτογραμμετρική επεξεργασία δορυφορικών εικόνων και παραγωγή ορθοφωτοχαρτών.

Ραδιομετρική επεξεργασία ορθοφωτοχαρτών.

Τηλεπισκόπηση ορθοφωτοχαρτών.

Διανυσματοποίηση των αποτελεσμάτων της τηλεπισκόπησης.

Χωρική συσχέτιση αγροτεμαχίων και αποτελεσμάτων της τηλεπισκόπησης.

5.1 Δεδομένα και Λογισμικά

Για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω:

- 1) Μία δορυφορική εικόνα πολύ υψηλής ανάλυσης (vhr) WorldView 2 με ημερομηνία λήψης 27/05/2014 με τα εξής χαρακτηριστικά: 4 κανάλια , Pixel_Size: 0.5m στα κανάλια 1,2,3,4 και μηδενική νεφοκάλυψη, Μία δορυφορική εικόνα υψηλής ανάλυσης (hr) Spot6 με ημερομηνία λήψης 21/07/2014 με τα εξής χαρακτηριστικά: 4 κανάλια , Pixel_Size: 7m στα κανάλια 1,2,3,4 και μηδενική νεφοκάλυψη και δύο δορυφορικές εικόνες UK-DMC2 με ημερομηνίες λήψης 20/02/2014 και 11/08/2014 με τα εξής χαρακτηριστικά: 3 κανάλια , Pixel_Size: 22m στα κανάλια 2,3,4. Όλες οι δορυφορικές εικόνες προέρχονται από τον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε.
- 2) Η ζώνη ελέγχου η οποία βρίσκεται στο Νομό Τρικάλων, έχει έκταση 32.000ha περίπου και περικλείει ένα μέρος της πόλης των Τρικάλων, και εκτείνεται ανατολικά και βόρεια περιλαμβάνοντας χωριά όπως το Μεγαλοχώρι, η Ζηλευτή, η Πατουλιά, η Χρυσσαυγή, το Γλίνοσ, η Αγ. Κυριακή, το Φλαμούλι, το Αρδάνι, ο Πλάτανος, ο Παλαιόπυργος, το Ελληνόκαστρο και το Λιόπρασο.
- 3) Η γεωβάση δηλώσεων αγροτεμαχίων του Ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης και Ελέγχων (ΟΣΔΕ) του έτους 2014 που τηρείται στον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε.

- 4) Η γεωβάση ενοτήτων και υποενοτήτων του έτους 2014 που τηρείται στον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε.
- 5) Μεγάλης κλίμακας ορθοεικόνες (LSO) του Κτηματολογίου και το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM) του Κτηματολογίου.
- 6) Αρχείο επιτοπίου ελέγχου με στίγματα καλλιεργειών επί του εδάφους με τη χρήση GPS με ημερομηνίες λήψης 28 & 29 Μαΐου 2014 και 18 Αυγούστου 2014.

Η επεξεργασία και διαχείριση των παραπάνω δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω των παρακάτω λογισμικών: 1) Το Λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S), ArcGIS Desktop, version 9.3 το οποίο περιλαμβάνει τις παρακάτω εφαρμογές: α) ArcMap: εφαρμογή η οποία καλύπτει όλες τις χαρτογραφικές εργασίες, όπως ψηφιοποίηση και διόρθωση δεδομένων, χαρτογραφία, χωρική ανάλυση, διαχείριση και εκτύπωση χαρτών κ.λ.π. , β) ArcCatalog: εφαρμογή η οποία δίνει τη δυνατότητα της δημιουργίας, διαχείρισης, γρήγορης προεπισκόπησης και οργάνωσης των χωρικών δεδομένων και των δεδομένων υπό μορφή πινάκων και γ) ArcToolbox: πρόκειται για μια «βιβλιοθήκη» προγραμμάτων και εργαλείων που αφορούν τη γεωεπεξεργασία, τη μετατροπή των δεδομένων σε διάφορες μορφές, τον καθορισμό του προβολικού συστήματος των χαρτών κ.α. 2) Το λογισμικό Ψηφιακής Επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων ERDAS IMAGINE 2009.

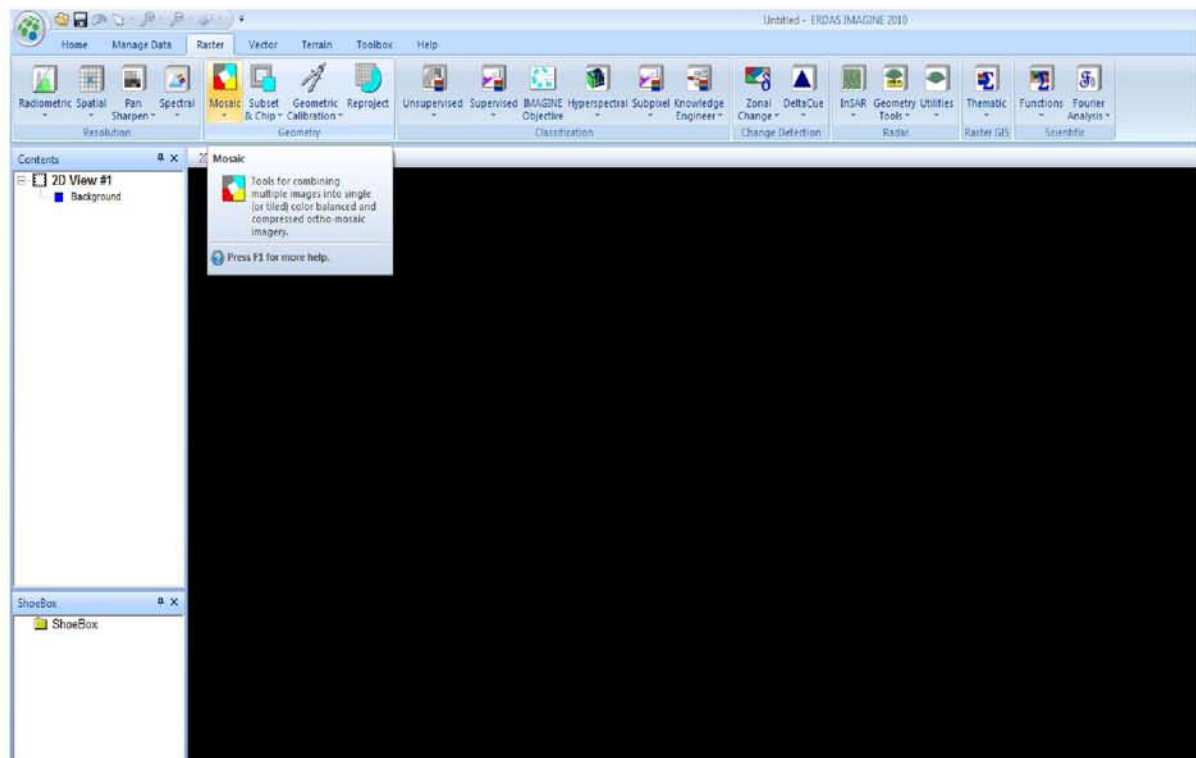



Εικόνα 5.1: Ζώνη ελέγχου Ν. Τρικάλων

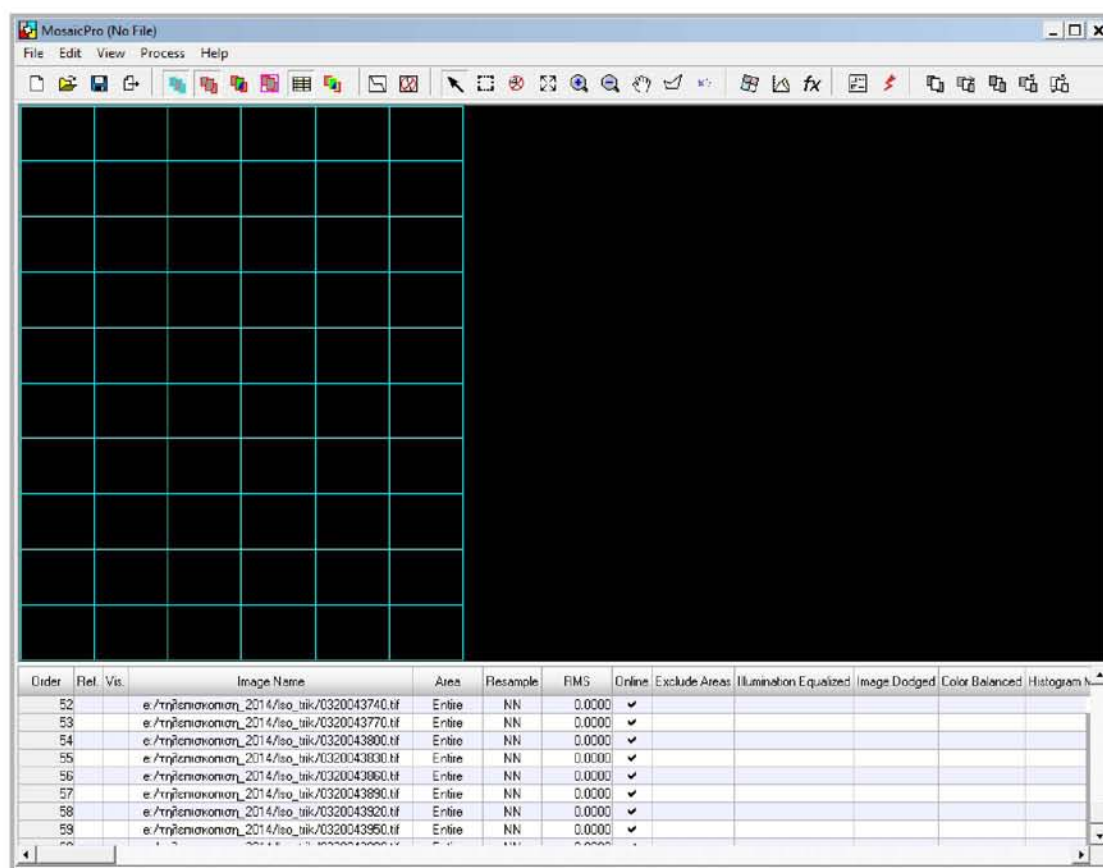
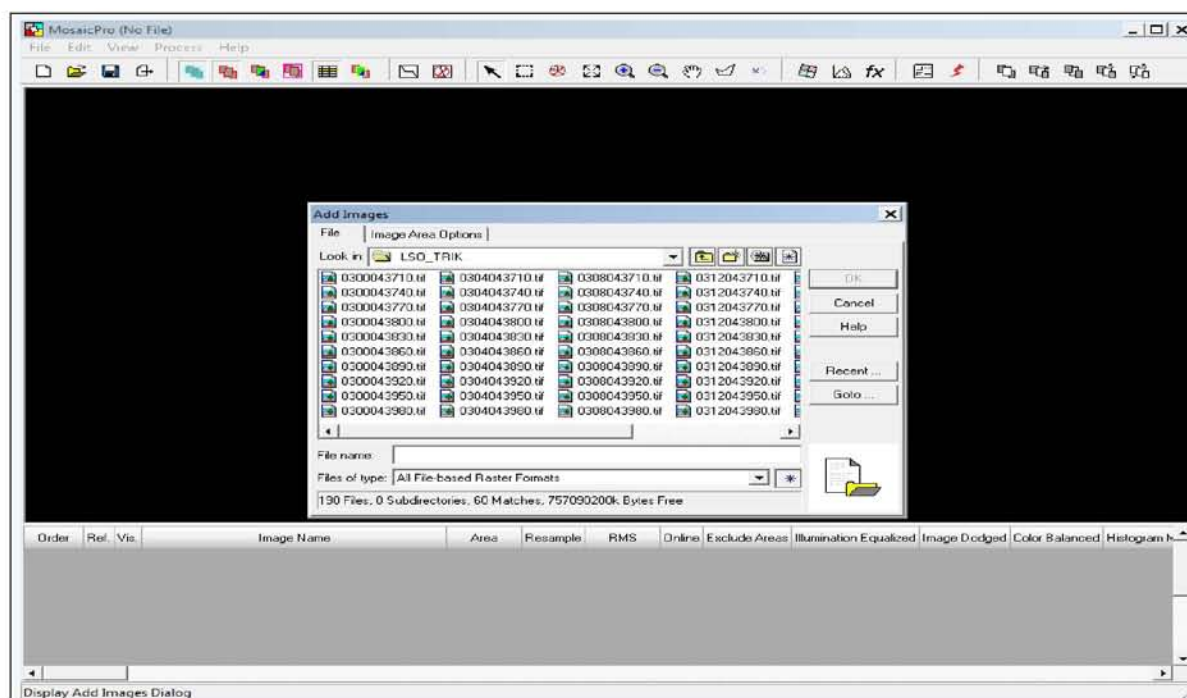
5.2 Δημιουργία «Μωσαϊκού»


Ξεκινάμε την διαδικασία κάνοντας «μωσαϊκό» τις μεγάλης κλίμακας ορθοεικόνες (LSO) του κτηματολογίου και το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM) για την ζώνη ελέγχου ώστε να το χρησιμοποιήσουμε στη φωτογραμμετρική επεξεργασία των εικόνων και στη μετέπειτα παραγωγή των ορθοφωτοχαρτών.

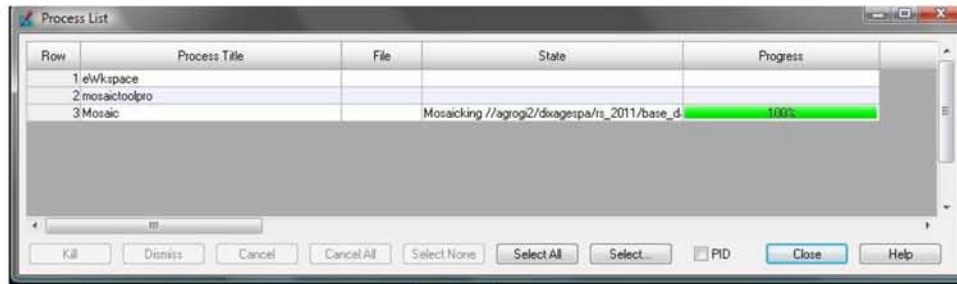
Από το Erdas → Raster → Mosaic → MosaicPro



Φορτώνουμε τις εικόνες που θέλουμε να κάνουμε μωσαϊκό  (Display Add Images Dialog). Στη περίπτωση μας τις LSO του κτηματολογίου.



Πατάμε  (Run The Mosaic Process to Disk) ζητάει να ορίσουμε που θέλουμε να αποθηκεύσουμε την εικόνα ,ονομάζουμε το αρχείο μας mosaic_iso_trik και OK



Όταν τελειώσει η διαδικασία Dismiss → Close

Την ίδια ακριβώς διαδικασία ακολουθούμε για να κάνουμε «μωσαϊκό» και το DTM της ζώνης ελέγχου δημιουργώντας το αρχείο mosaic_dtm_trik. Ομοίως κάνουμε «μωσαϊκό» τις panchromatic και multispectral WV2 εικόνες με τον ίδιο τρόπο όπως πριν δημιουργώντας τα αρχεία mosaic_pan_trik και mosaic_multi_trik

Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των VHR εικόνων, όταν σε μία ζώνη έχουμε πάνω από μία εικόνα, παρατηρήθηκε ότι αν γίνει πρώτα η συγχώνευση (pansharpen) σε μία μία εικόνα και μετά κάνουμε τη διαδικασία του «μωσαϊκού» δεν πέφτουν καλά στην ένωση τους, μένει μία μαύρη λωρίδα. Οπότε κάνουμε mosaic τις panchromatic και multispectral εικόνες και σε αυτές πλέον τις εικόνες πραγματοποιούμε τη διαδικασία της συγχώνευσης (pansharpening).

5.3 Συγχώνευση WorldView2

Η συγχώνευση εικόνων είναι ένα εργαλείο της τηλεπισκόπησης που μας βοηθάει να συνδυάζουμε εικόνες από διαφορετικές πηγές έτσι ώστε να βελτιώνεται η πληροφορία της εικόνας και η αξιοπιστία της ερμηνείας. (Καρτέρης 2004). Το pansharpening αποτελεί μια περίπτωση συγχώνευσης εικόνας και αναφέρεται στη διαδικασία δημιουργίας μιας νέας εικόνας από τη συγχώνευση της παγχρωματικής εικόνας υψηλής χωρικής ανάλυσης με την πολυφασματική εικόνα χαμηλότερης χωρικής ανάλυσης. Η παράγωγη εικόνα φέρει περισσότερη πληροφορία εφόσον συνδυάζει την ανώτερη φασματική ανάλυση της πολυφασματικής εικόνας με την ανώτερη χωρική ανάλυση της παγχρωματικής.

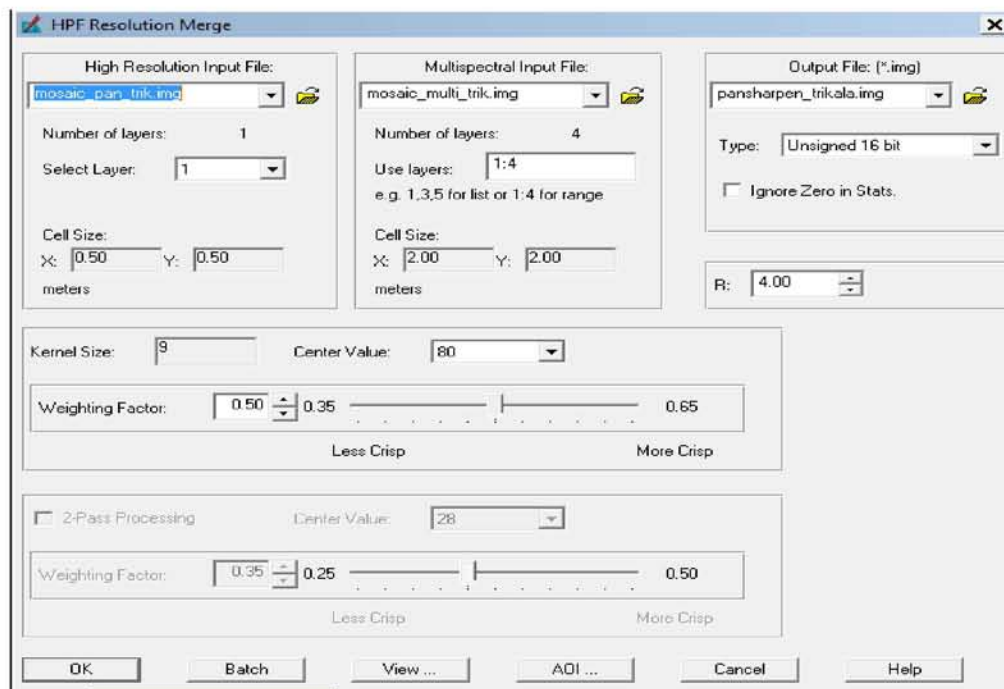
Από το Erdas → Raster → PanSharpen → HPF Resolution Merge



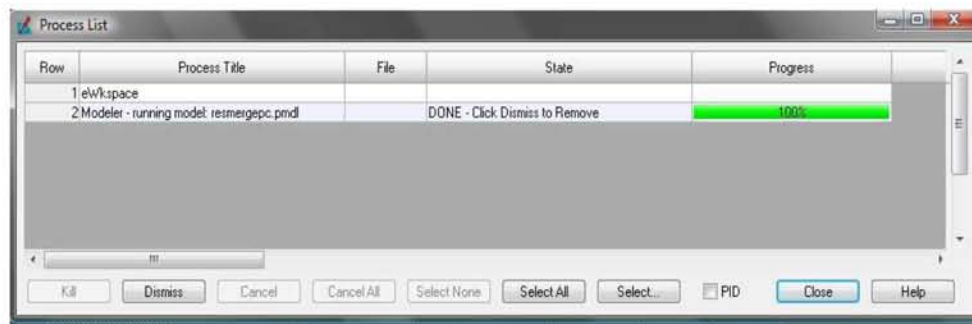
High Resolution Input File: Φορτώνουμε την παγχρωματική εικόνα (mosaic_pan_trik).

Multispectral Input File: Φορτώνουμε την multispectral εικόνα (mosaic_multi_trik).

Output File: Αποθηκεύουμε την εικόνα στην επιθυμητή θέση.

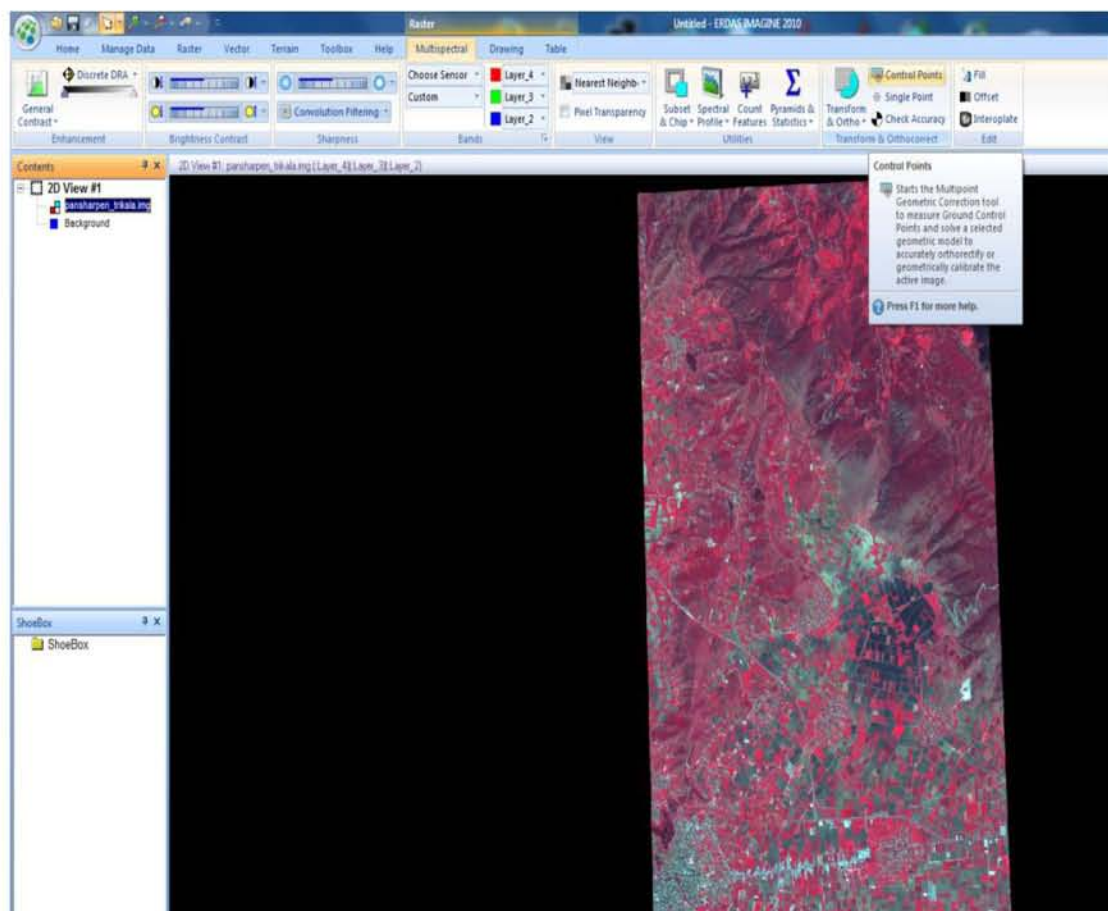


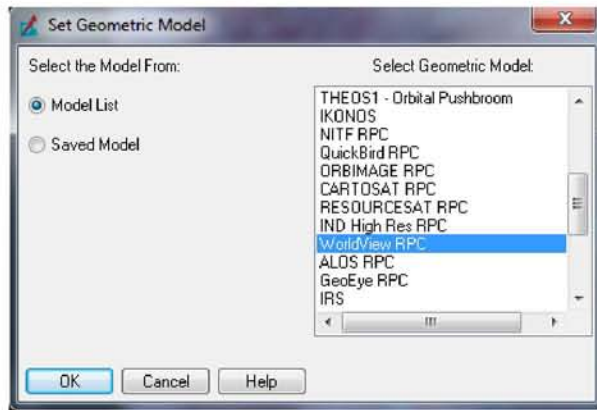
Και πατάμε OK. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία Dismiss → Close



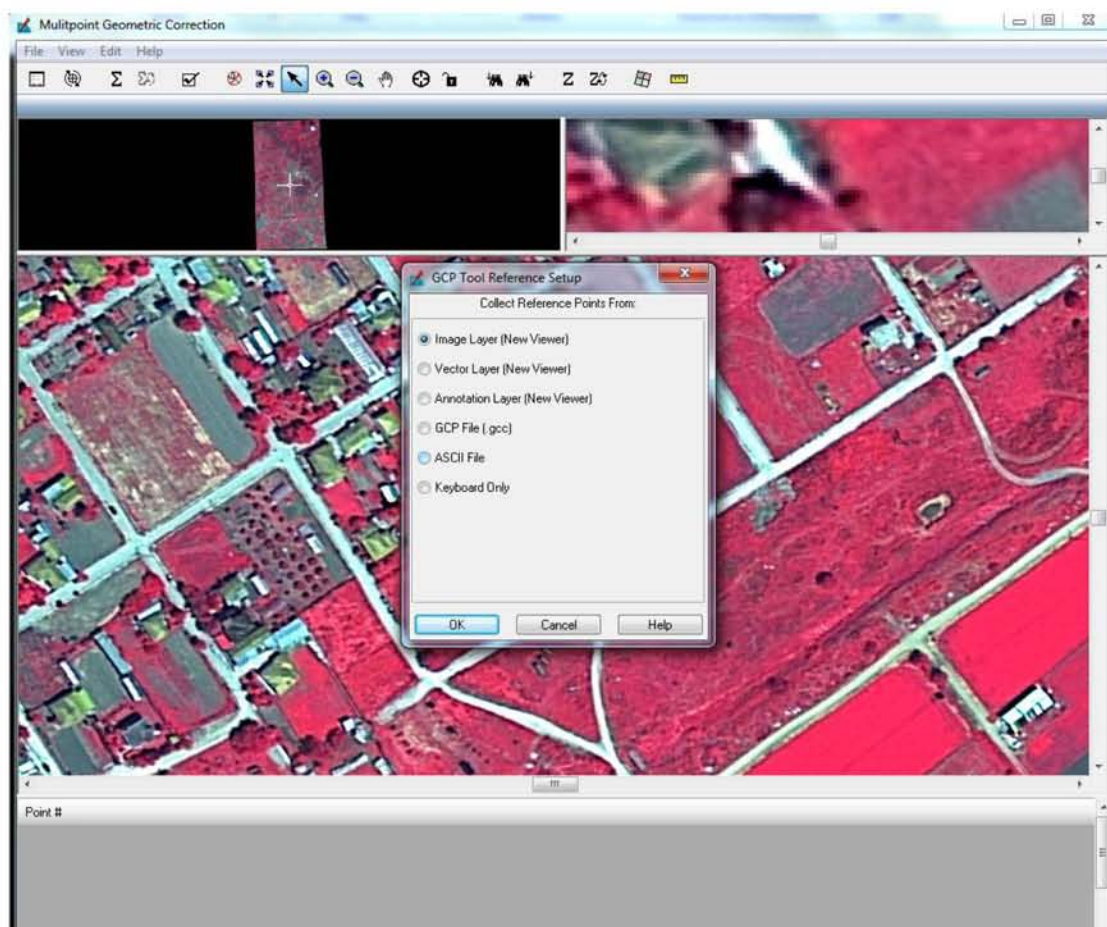
5.4 Ορθοαναγωγή δορυφορικών εικόνων

Στο Erdas φορτώνουμε στο view την εικόνα που θέλουμε να ορθοanáγουμε. Την επιλέγουμε και πάμε στο menu Multispectral → Control Points



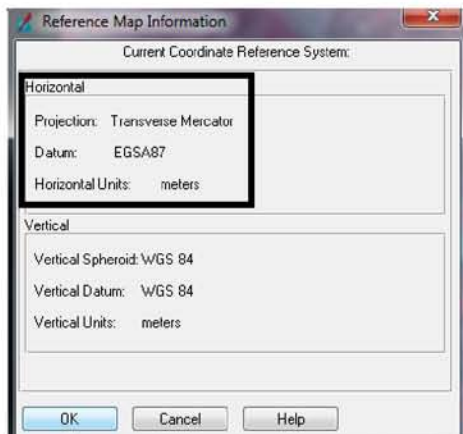


Επιλέγουμε από το Model List τον δορυφόρο της εικόνας μας. Στην περίπτωση αυτή επιλέγουμε WorldView RPC.



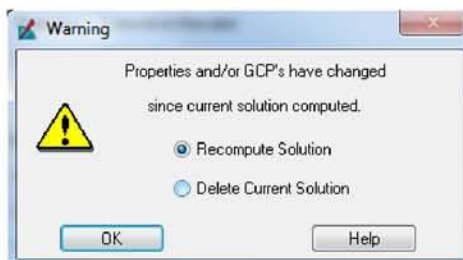
Επιλέγω Image Layer → OK

Φορτώνουμε το mosaic_iso_trik απο το σημείο που το έχουμε αποθηκευμένο και πατάμε ok.



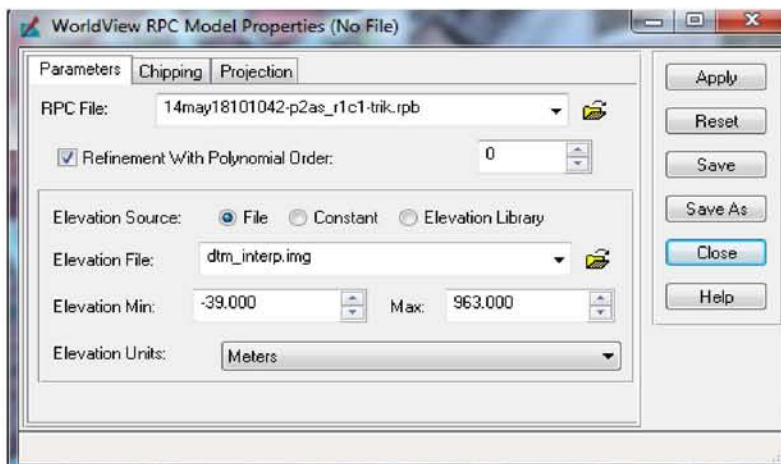
Στο διπλανό παράθυρο που ανοίγει με το που φορτώσουμε το mosaic_Iso θα πρέπει να εμφανίζεται στο Horizontal τις τιμές που φαίνονται στην εικόνα.

Επιλέγουμε OK και εμφανίζεται το παρακάτω μήνυμα.



Επιλέγουμε Recompute Solution → OK

Στη καρτέλα Parameters, στο RPC File φορτώνουμε το rpb file από τον φάκελο της panchromatic εικόνας.



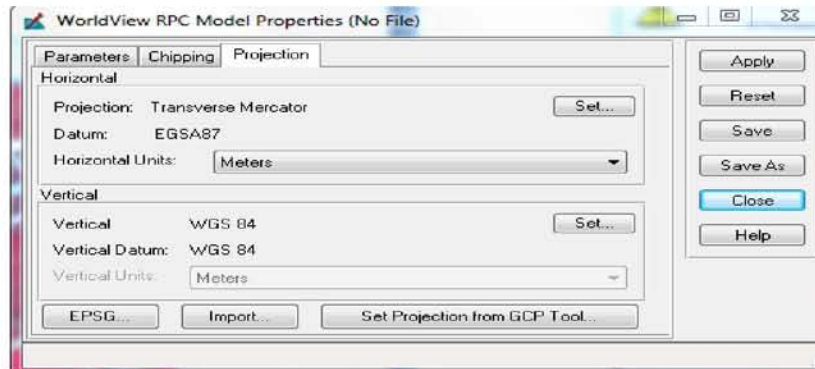
Στα πεδία :

Refinement with Polynomial Order : κάνουμε check και επιλέγουμε 0.

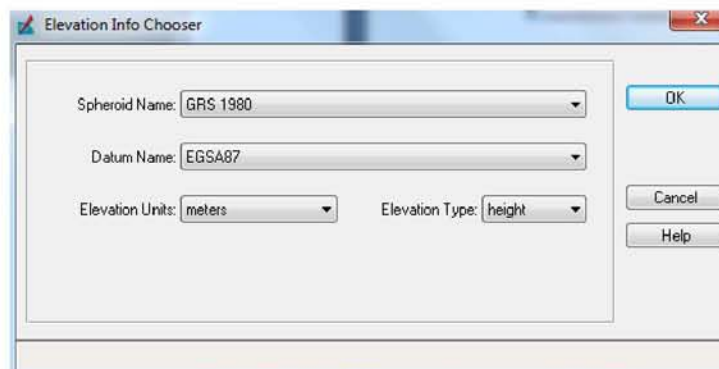
Elevation Source: Επιλέγω File.

Elevation File: Φορτώνουμε το αρχείο DTM που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη ζώνη.

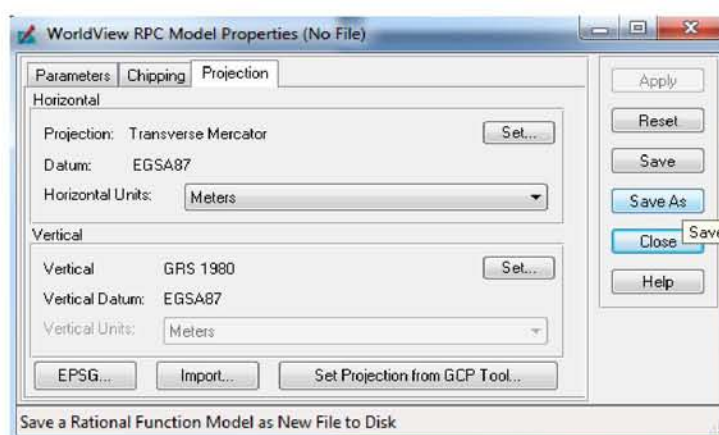
Στη καρτέλα Projection θα πρέπει στο Horizontal να έχει Projection : Transverse Mercator και Datum : EGSA87 ενώ στο Vertical πρέπει Vertical: GRS1980 και Vertical Datum: EGSA87




Στη περίπτωση μας δεν έχει ενημερωθεί το σύστημα στο Vertical, οπότε πατώντας το set βάζουμε στο Spheroid Name : GRS1980 και στο Datum Name: EGSA87 και OK.





Οπότε έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.



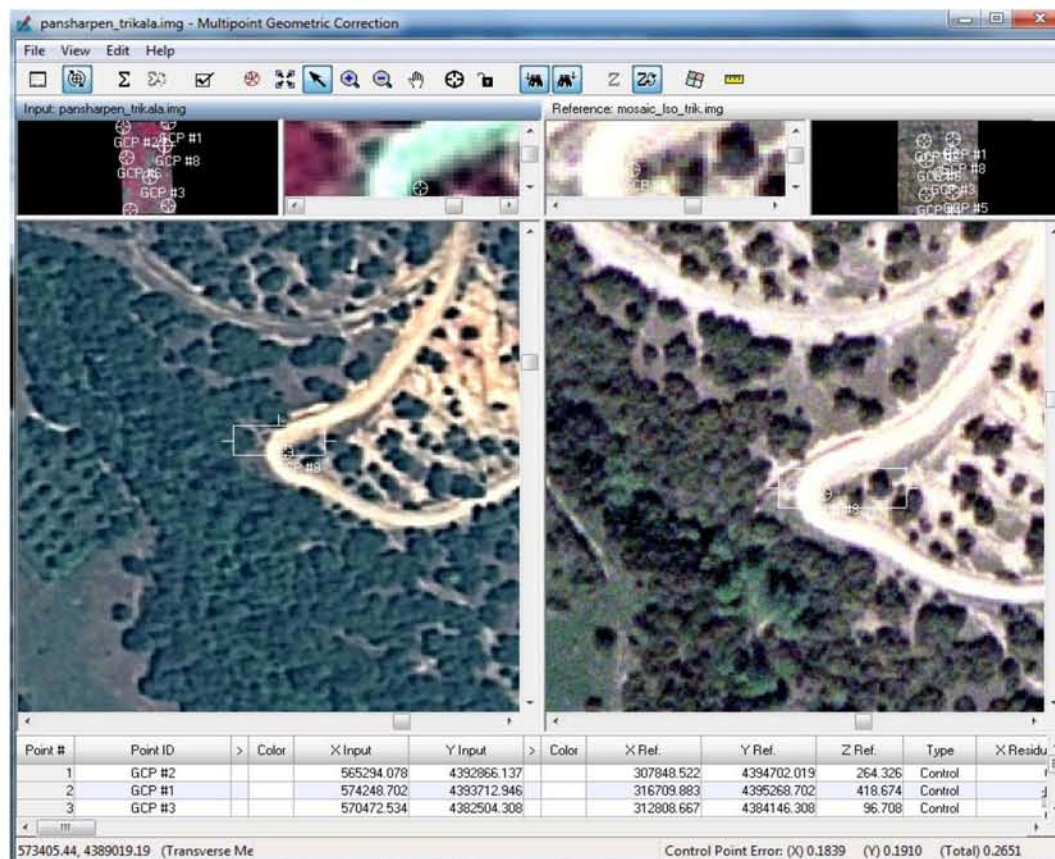
Αφού ολοκληρώσουμε τις παραπάνω εργασίες κάνουμε save το model (πχ. trik_model.gms) και τέλος πατάμε Close.

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω είμαστε έτοιμοι να κάνουμε την εισαγωγή των σημείων αγκίστρωσης της εικόνας. Τσεκάρουμε να είναι επιλεγμένο το  Set Automatic Z Value Updating.


Δεξί κλικ στο αριστερό μέρος της εικόνας Band Combination για να αλλάξουμε τη σειρά των καναλιών των εικόνων ώστε και στις δύο εικόνες να βλέπουμε true color (WorldView2 , True Color : 3-2-1, Infrared : 4-3-2)

Με το  Create GCP βάζουμε σημεία αγκίστρωσης στην εικόνα. Δεν χρειάζεται κάθε φορά που εισάγουμε σημείο να πατάμε το κουμπάκι  Create GCP. Επίσης τα σημεία μας φαίνονται όλα μαζί σε ένα ενιαίο πίνακα και είναι δύσκολο να χαλάσει η αντιστοίχησή τους. Δεν χρειάζεται να βάλουμε 4 σημεία για να μας πηγαίνει στο ίδιο σημείο στην Reference εικόνα (mosaic_Iso_trik).

Τέλος βάζουμε σημεία μόνο στην Input εικόνα (WV2) και μας βάζει σημείο στη Reference εικόνα (mosaic_Iso) αυτόματα. Μετά αν χρειαστεί, και το σημείο δεν έχει μπει στη σωστή θέση κάνουμε κλικ πάνω του και το μετακινούμε στη θέση που πρέπει να είναι.




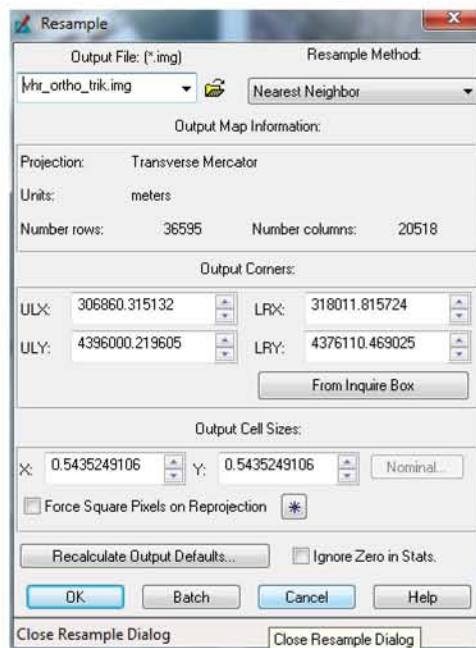
Σε περίπτωση που χρειαστεί να διαγράψουμε κάποιο από τα control points που έχουμε βάλει, πάμε στο κάτω μέρος του παραθύρου μας στο πίνακα με τα σημεία, πατάμε δεξί κλικ πάνω στο σημείο και Delete Selection.

Αφού τοποθετήσουμε τα 5 πρώτα σημεία στην εικόνα πατάμε το  για να κάνουμε υπολογισμό του σφάλματος. Στο πίνακα που βρίσκεται κάτω από τις εικόνες μας μπορούμε να δούμε το σφάλμα του κάθε σημείου. Στο X Residual εμφανίζεται το σφάλμα του σημείου κατά X. Στο Y Residual εμφανίζεται το σφάλμα του σημείου κατά Y και στο RMS error το συνολικό σφάλμα του αρχείου.

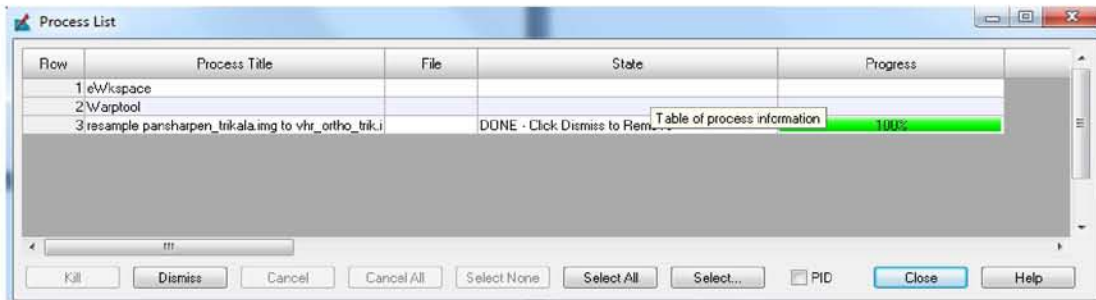
Point #	Point ID	>	Color	X Input	Y Input	>	Color	X Ref.	Y Ref.	Z Ref.	Type	X Residu
1	GCP #2			565294.078	4392866.137			307848.522	4394702.019	264.326	Control	
2	GCP #1			574246.702	4393712.946			316709.883	4395268.702	418.674	Control	
3	GCP #3			570472.534	4382504.308			312808.667	4384146.308	96.708	Control	

573405.44, 4389019.19 (Transverse Me Control Point Error: (X) 0.1839 (Y) 0.1910 (Total) 0.2651

Το RMS error είναι η απόσταση των συντεταγμένων μεταξύ του σημείου του χάρτη, με τις συντεταγμένες που πραγματικά βρίσκεται. Όπως είναι λογικό όσο πιο μεγάλο RMS error έχουμε, τόσο πιο πολύ παραμορφωμένη θα βγεί η εικόνα μας. Θα πρέπει να βάλουμε τόσα σημεία ώστε το συνολικό σφάλμα να είναι κάτω από 1. Στη περίπτωση μας έχουμε πετύχει ένα μικρό σφάλμα μόλις 0,2651, οπότε αποθηκεύουμε τα input και reference και πατάμε  για να τρέξουμε την ορθοαναγωγή.



Στα πεδία Output File αποθηκεύουμε την ορθοαναηγμένη εικόνα (vhr_ortho_trik) και στο Resample method επιλέγουμε τη μέθοδο NearestNeighbor.



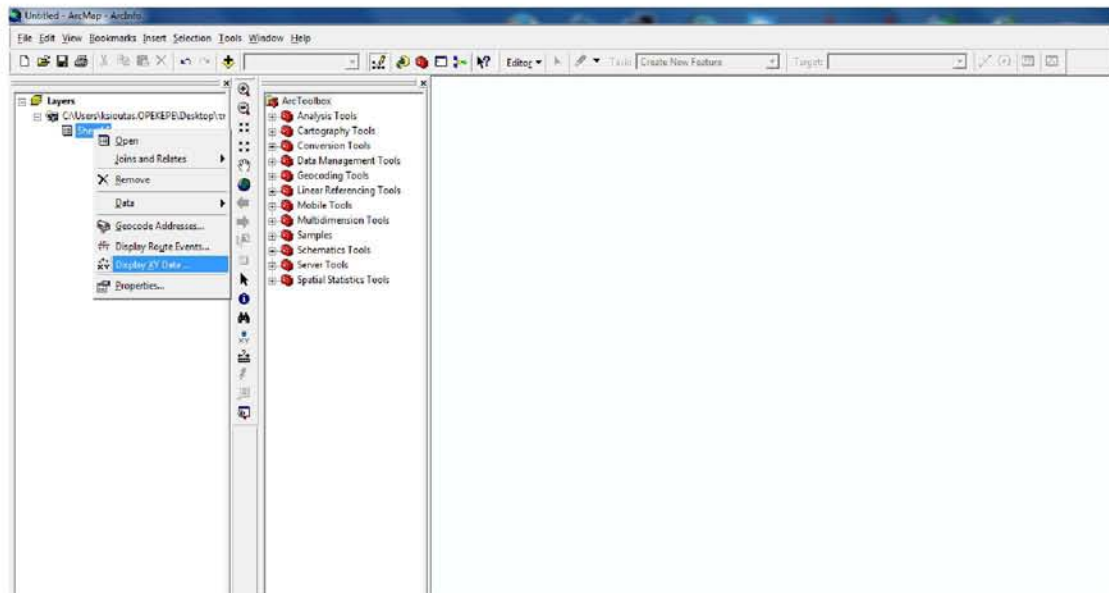
Dismiss → Close

Έχουμε πλέον ορθοαναγμένη την WV2 εικόνα .Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε για να ορθοαναγάμε και τις υπόλοιπες δορυφορικές εικόνες επιλέγοντας από το model list το αντίστοιχο γεωμετρικό μοντέλο κάθε φορά.

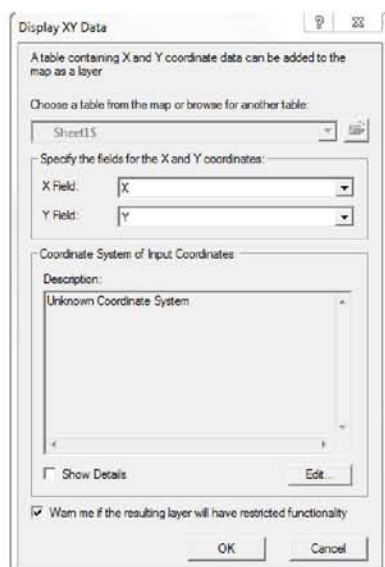
5.5 Μετατροπή αρχείου στιγμάτων επιτοπίου ελέγχου

Θα πρέπει να μετατρέψουμε το αρχείο επιτοπίου ελέγχου με τα στίγματα των καλλιεργειών επί του εδάφους σε τέτοια μορφή (shapfile) ώστε να είναι δυνατή η χρήση και επεξεργασία του μέσω του Erdas. Στο ArcMap φορτώνουμε το αρχείο με τα σημεία του επιτόπιου ελέγχου.

Add data → points_2014_TRIK και στη συνέχεια Display XY Data

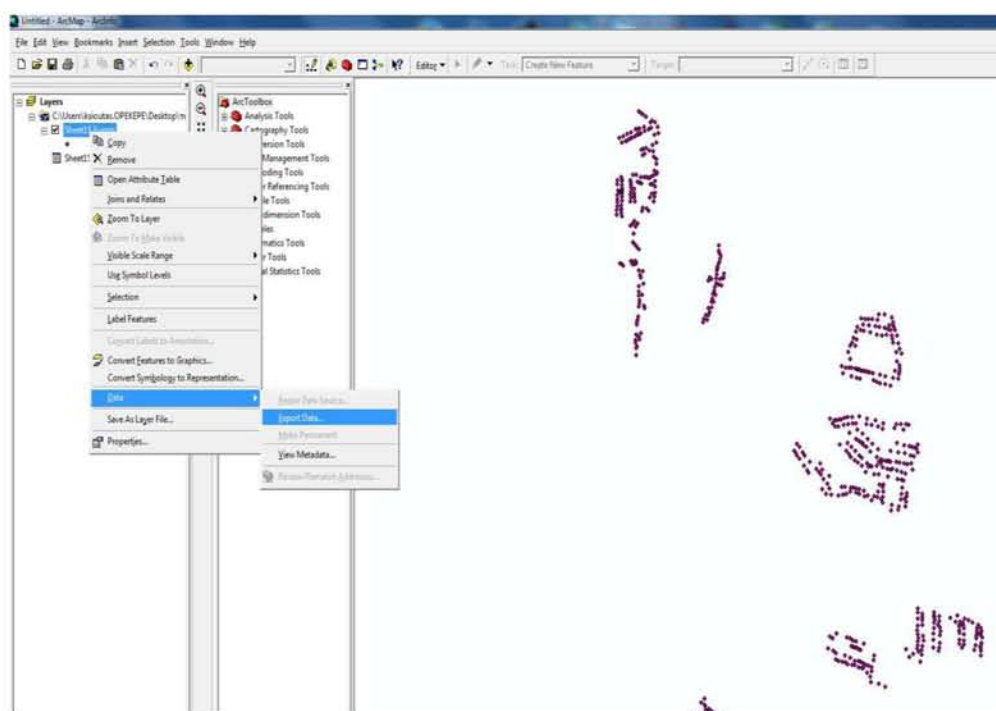


Στα πεδία X και Y field επιλέγουμε αντίστοιχα X και Y



Στη συνέχεια κάνουμε εξαγωγή του αρχείου σε shapefile.

Data → Export Data → points_2014_trikala



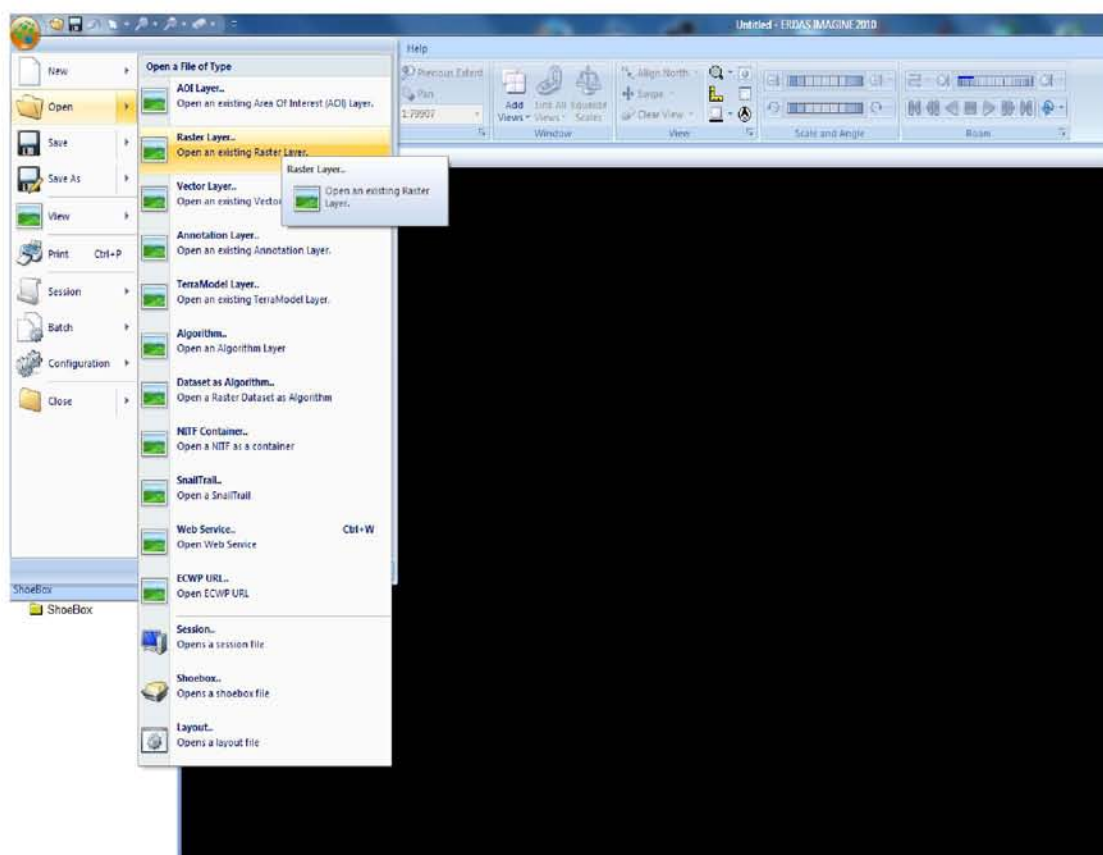
Έχουμε πλέον έτοιμο το αρχείο με τα αποτελέσματα του επιτόπιου ελέγχου σε shapefile.

5.6 Ταξινόμηση

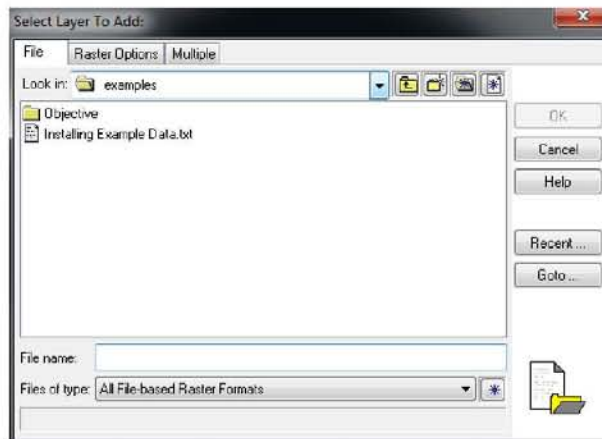
Από προηγούμενο κεφάλαιο, ταξινόμηση είναι η διαδικασία αντιστοίχισης ή τοποθέτησης των τιμών φωτεινότητας των εικονοστοιχείων σε ομάδες που παρουσιάζουν την ίδια μορφή και τις ίδιες περίπου ιδιότητες. Υπάρχουν δύο είδη ταξινόμησης, η επιβλεπόμενη και η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση. Στην παρούσα εργασία θα εργασθούμε με την επιβλεπόμενη ταξινόμηση. Για καλύτερο και ασφαλέστερο αποτέλεσμα πραγματοποιήθηκε επιβλεπόμενη ταξινόμηση με καθορισμό περιοχών εκπαίδευσης οι οποίες διέκριναν περαιτέρω τις κλάσεις της ταξινόμησης και χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος μέγιστης πιθανοφάνειας ως φίλτρο ταξινόμησης.

Ανοίγουμε το Erdas και φορτώνουμε την ορθοανηγμένη εικόνα στην οποία θέλουμε να κάνουμε ταξινόμηση. Στη περίπτωση μας θέλουμε να κάνουμε ταξινόμηση στη νηρ του νομού Τρικάλων.

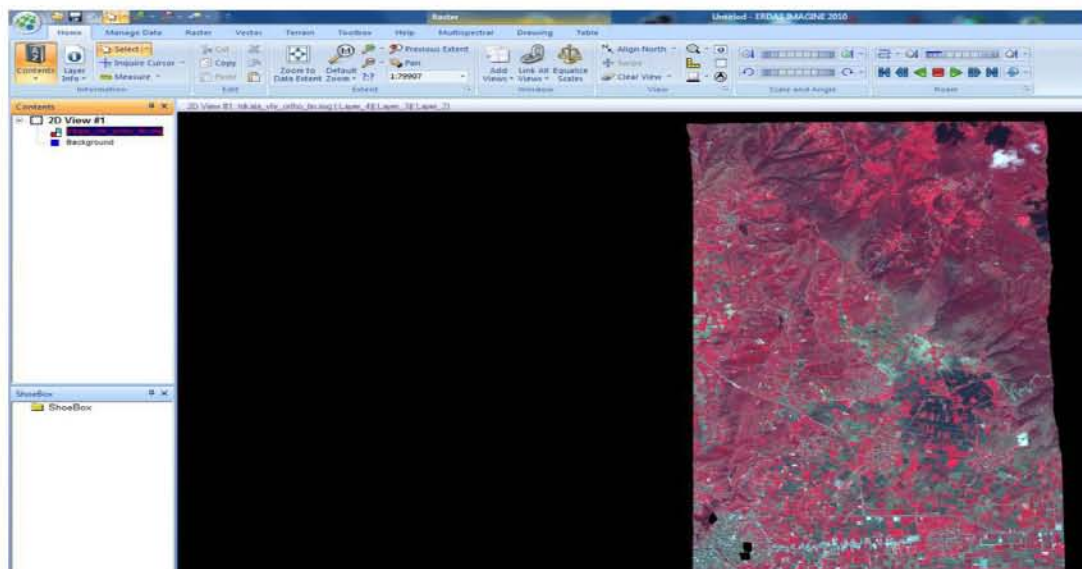
Erdas → open → Raster Layer



Ανοίγει το παρακάτω περιβάλλον:

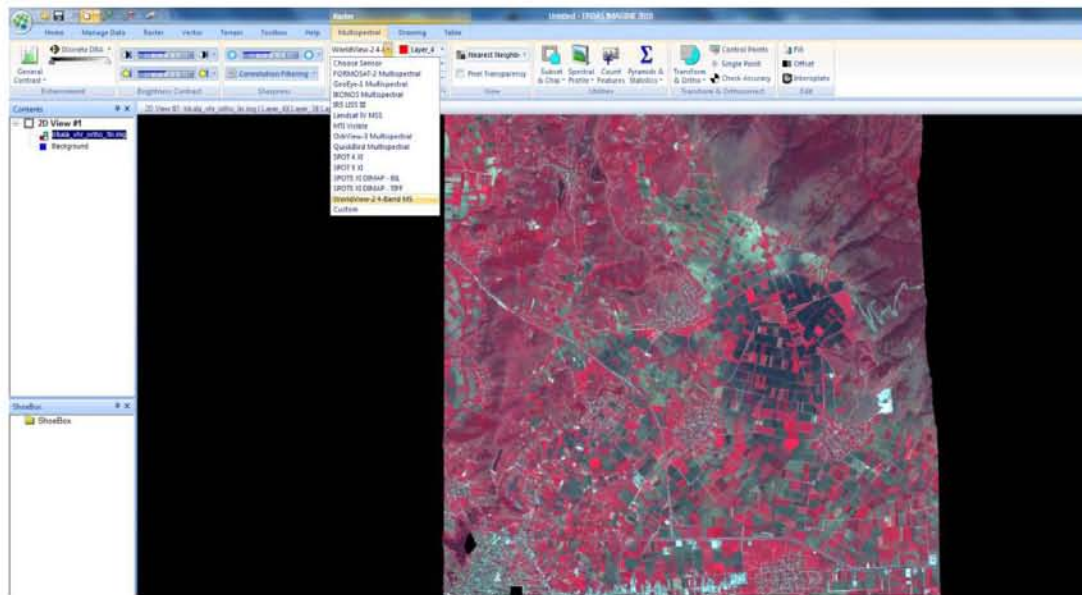


Ακολουθούμε την επιθυμητή διαδρομή, βρίσκουμε την εικόνα, πατάμε OK και η εικόνα φορτώνεται στο Erdas.



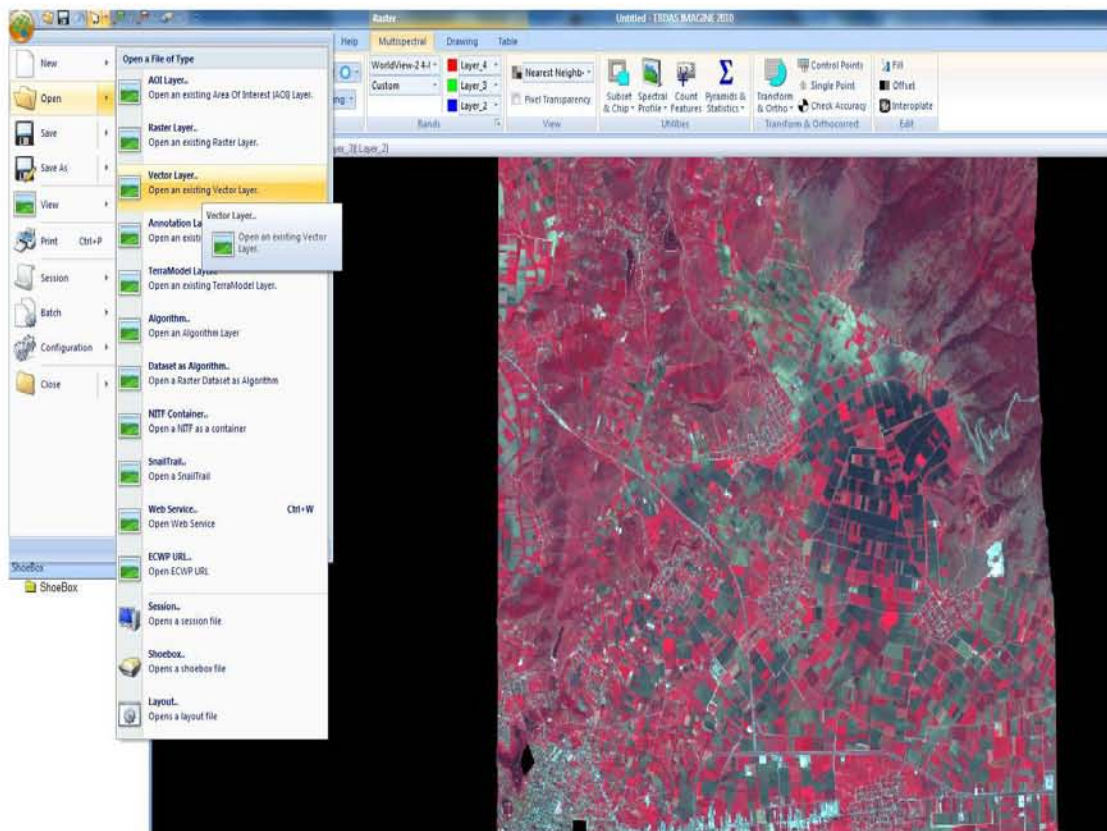
Για να αλλάξουμε τη σειρά των καναλιών της εικόνας ώστε να βλέπουμε στο υπέρυθρο ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

- Κλικάρουμε πάνω στην εικόνα
- Από το menu επιλέγουμε Multispectral
- Τέλος, επιλέγουμε Bands και βάζουμε τα Layers με τη σειρά που θέλουμε.

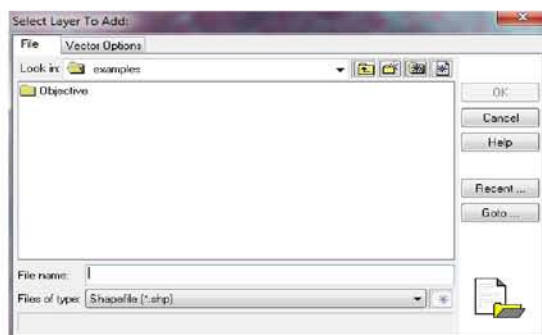


Στη συνέχεια βάζουμε τα στίγματα από τους επιτόπιους ελέγχους.

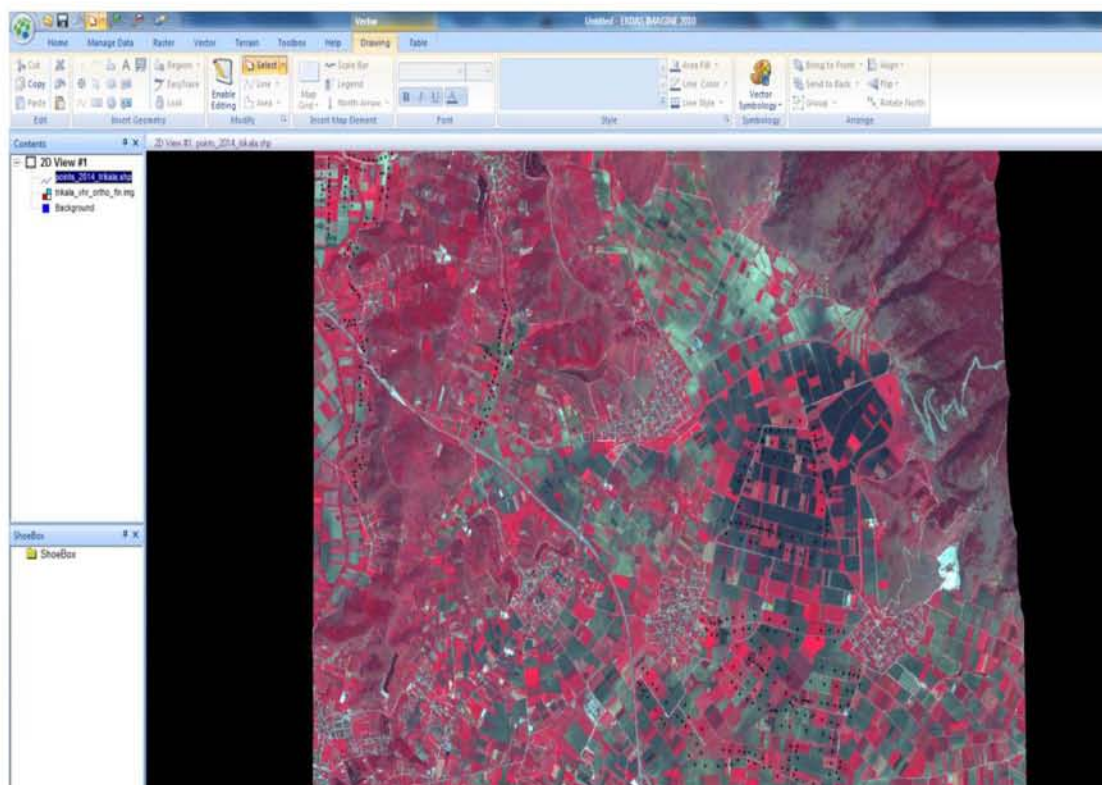
Erdas → open → vector layer



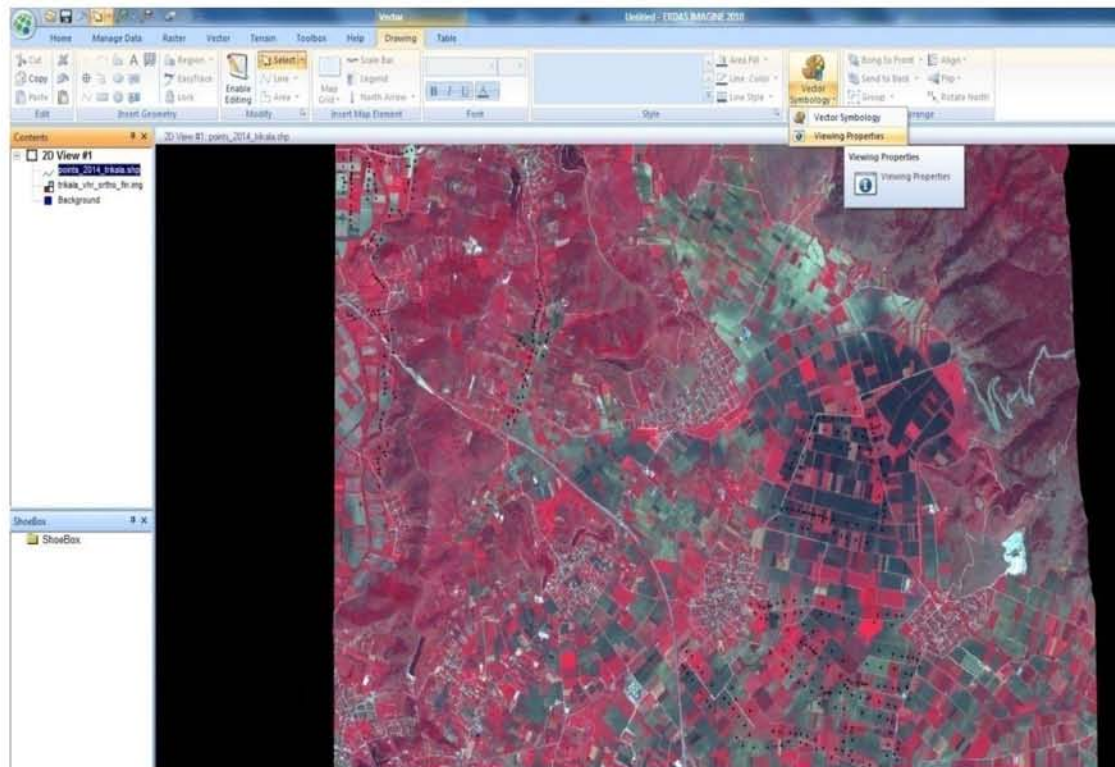
Ανοίγει το παρακάτω περιβάλλον:



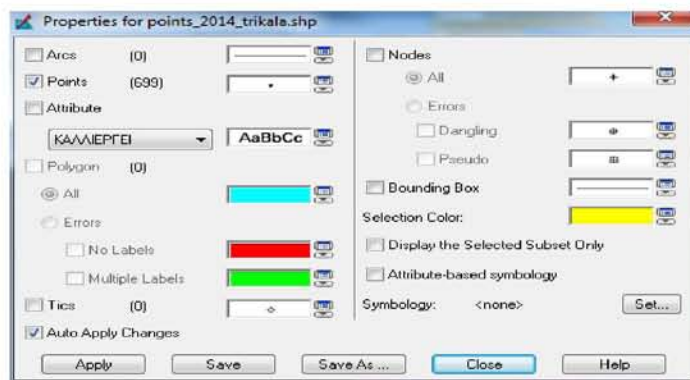
Ακολουθούμε την επιθυμητή διαδρομή μέχρι να βρούμε τα στίγματα μας, τα οποία και τα έχουμε μετατρέψει από πριν σε μορφή .shp (όχι .xls). Στη συνέχεια πατάμε OK και τα σημεία φορτώνονται στο Erdas.



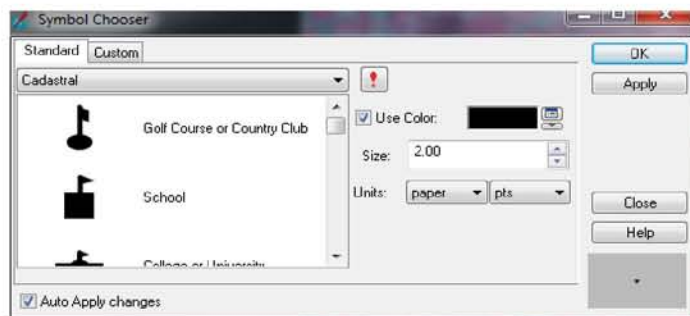
Τα σημεία έχουν εμφανιστεί με μαύρο χρώμα. Αν θέλουμε να αλλάξουμε το συμβολισμό και το χρώμα τους ακολουθούμε τα εξής: Αρχικά κλικάρουμε με τον κέρσορα πάνω στα αρχεία με τα σημεία και έπειτα από το menu → Drawing → Vector Symbology → Viewing Properties



Και εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο:

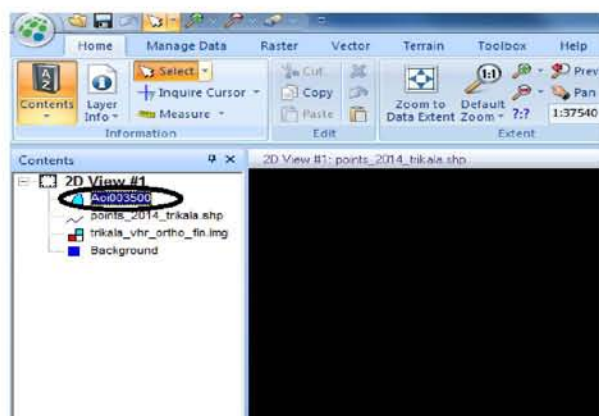
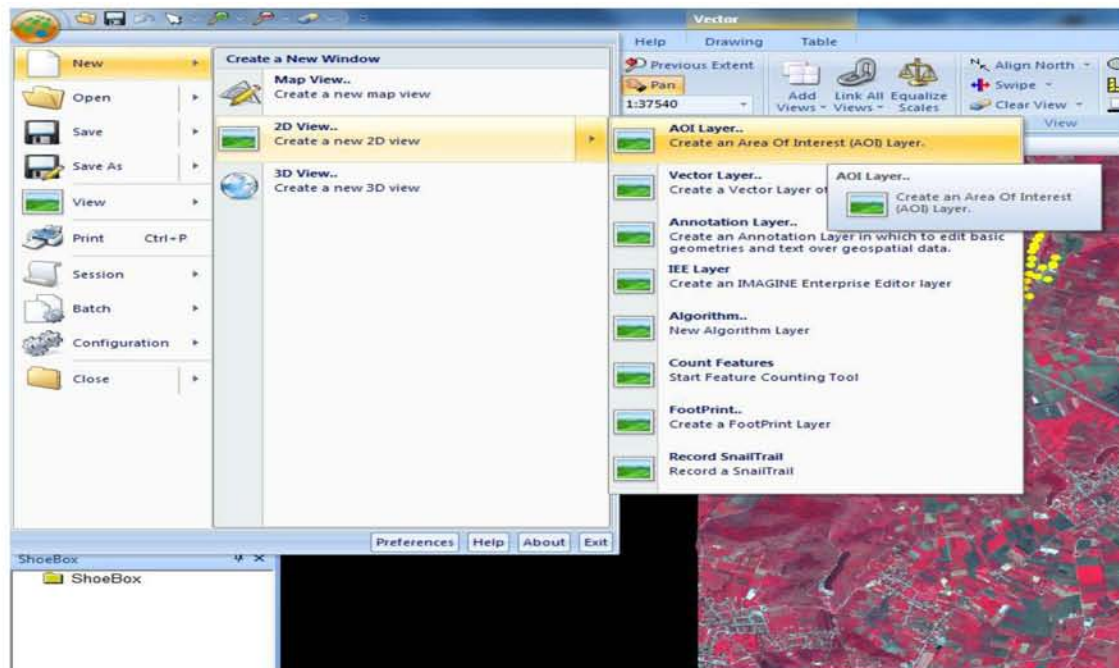


Στο εικονίδιο των points κλικάρω και ανοίγει το παρακάτω παραθυρο:



Αλλάζουμε τα χρώματα και το μέγεθος του εικονιδίου όπως θέλουμε και κάνουμε OK. Το πρόγραμμα θα μας ρωτήσει αν θέλουμε να σώσουμε το νέο συμβολισμό οπότε αν επιθυμούμε το σώζουμε στο C μας ώστε να μην χρειάζεται κάθε φορά να τα φτιάχνουμε από την αρχή.

Στη συνέχεια δημιουργούμε στο Erdas ένα καινούργιο Layer που λέγεται AOI Layer (Area of Interest). Από το Erdas → New → 2D View → AOI Layers

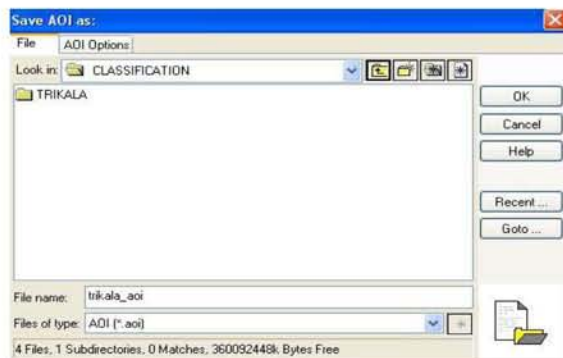


Σε αυτό το σημείο μπορούμε να σώσουμε το αρχείο μας και το aoι layer ώστε να μην χρειάζεται να το φτιάχνουμε από την αρχή κάθε φορά γιατί ενδεχομένως να μην τελειώσουμε την ταξινόμηση με την πρώτη φορά αλλά να χρειαστεί να επαναφέρουμε ξανά το αρχείο. Για να σώσουμε το aoι Layer κάνουμε τα έξης:

Erdas → Save As → AOI Layer As

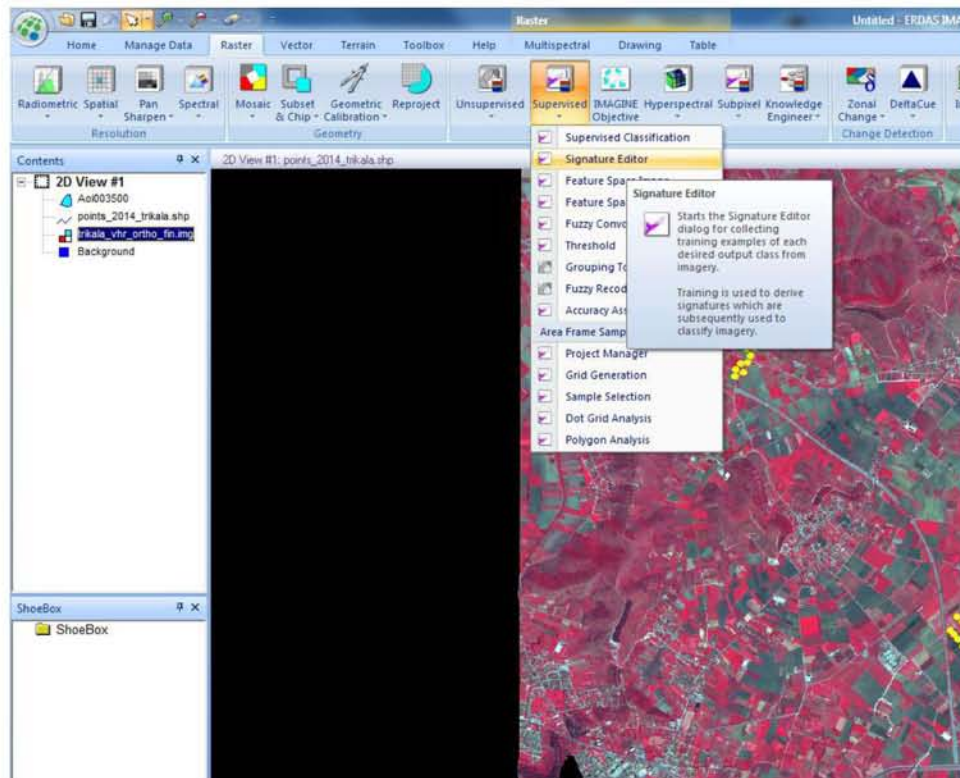


Εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο και σώζουμε το aoι layer με ένα όνομα όπως aoι_trikala.

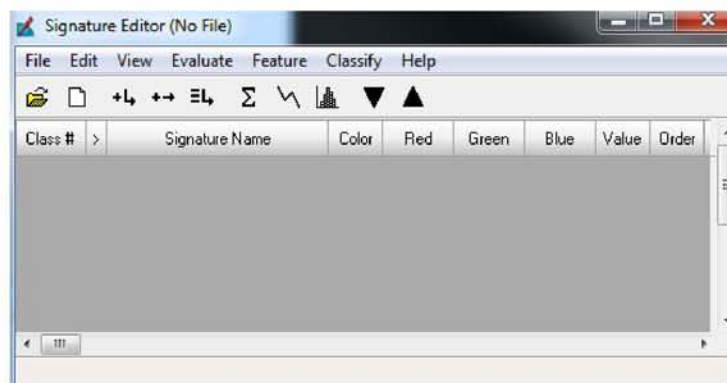


Αφού σώσαμε τα αρχεία μας συνεχίζουμε με τη διαδικασία της ταξινόμησης. Πρέπει να δημιουργήσουμε μία «υπογραφή» απο τις φασματικές υπογραφές που θα πάρουμε στην εικόνα μας.

Από το Erdas → Raster → Supervised → Signature Editor



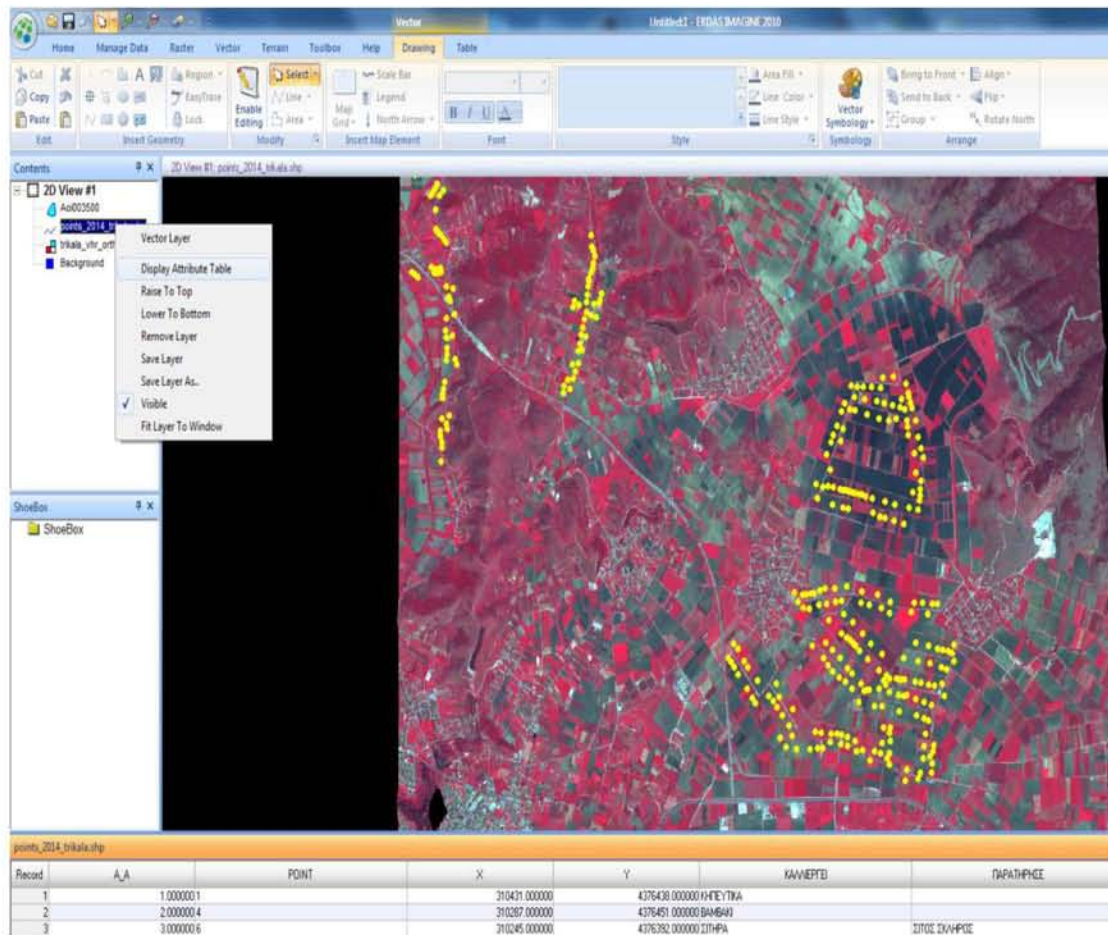
Και εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο:



Σε αυτό το στάδιο είμαστε έτοιμοι να ‘πάρουμε’ τις φασματικές υπογραφές της εικόνας μας. Για να ‘πάρουμε’ τις υπογραφές θα πρέπει να κλικάρουμε πρώτα πάνω στο aoi layer που δημιουργήσαμε.

Από το Erdas → Drawing → Polygon 


Αποφασίζουμε ποια στίγματα θα εξετάσουμε πρώτα και με δεξί κλικ στο αντίστοιχο αρχείο του ανοίγουμε τον attribute table τους.

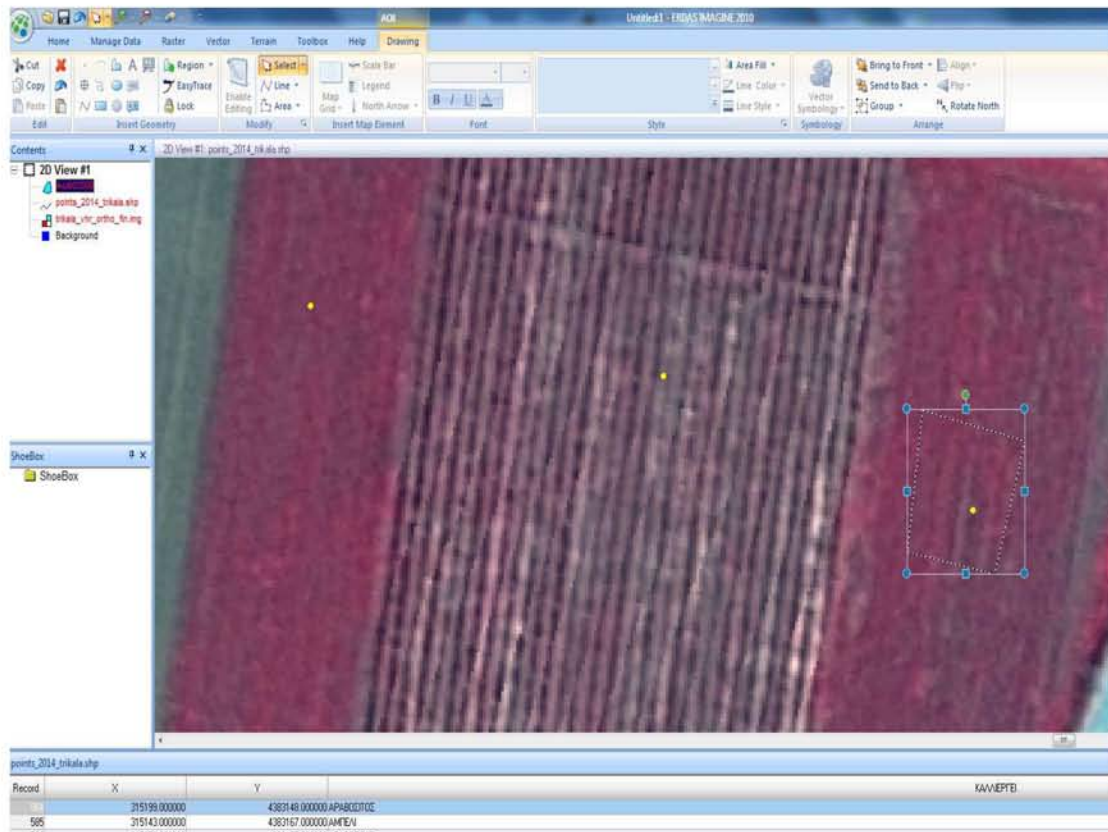


Μπορούμε να σορτάρουμε τις καλλιέργειες ανά είδος με δεξί κλικ στην επιλογή καλλιέργεια και sort.


Τώρα μπορούμε να αρχίσουμε να παίρνουμε φασματικές υπογραφές για κάθε είδος καλλιέργειας. Θα πρέπει να πάρουμε υπογραφές για όλες τις καλλιέργειες π.χ. βαμβάκι, σιτάρι, μηδική, αραβόσιτος, ελιές, βοσκότοποι, κηπευτικά κ.α. αλλά και για τις υπόλοιπες κατηγορίες όπως, δασικά, κτίρια, δρόμους, νερά, φωτοβολταϊκά, χέρσα κτλ.

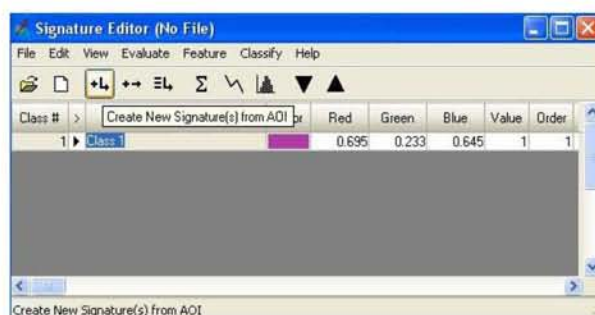
Ζουμάρουμε σε μία περιοχή της εικόνας στην οποία έχουμε στίγματα από τους επιτόπιους και για αυτά ανοίγουμε τον attribute table.

Κλικάρουμε το aoi layer και το polygon (Erdas → Drawing → Polygon )




Στην παραπάνω εικόνα έχουμε στίγμα από επιτόπιο που μας δηλώνει ότι η καλλιέργεια είναι αραβόσιτος οπότε και παίρνουμε μία υπογραφή γι'αυτή την καλλιέργεια. Πατάμε polygon και σχεδιάζουμε ένα πολύγωνο.

Ανοίγουμε το παράθυρο της υπογραφής που είχαμε δημιουργήσει πιο πριν και πατάμε την επιλογή Create new signature from AOI .

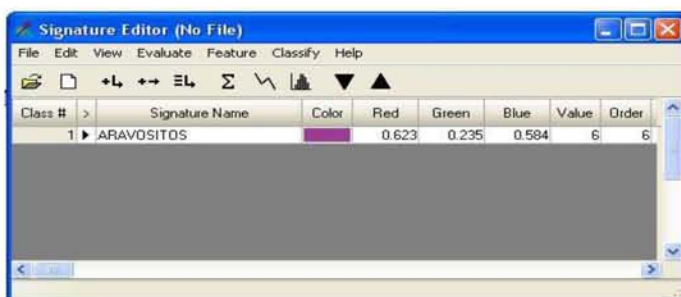


Παίρνουμε τώρα και άλλες υπογραφές από μία συγκεκριμένη καλλιέργεια π.χ. αραβόσιτος και τις προσθέτουμε στο signature editor όπως και πριν. Προσπαθούμε να σχεδιάζουμε πολύγωνα με όσο γίνεται πιο ομοιογενές χρώμα – φασματική υπογραφή. Αφού πάρουμε αρκετές υπογραφές τις ομαδοποιούμε σε μία (χρησιμοποιώντας το σύμβολο merge) και της δίνουμε το όνομα της καλλιέργειας π.χ. αραβόσιτος.

Το merge γίνεται από την επιλογή merge selected signatures 



Διαγράφουμε τις προηγούμενες και κρατάμε μόνο την τελική που έχει προκύψει από το merge.

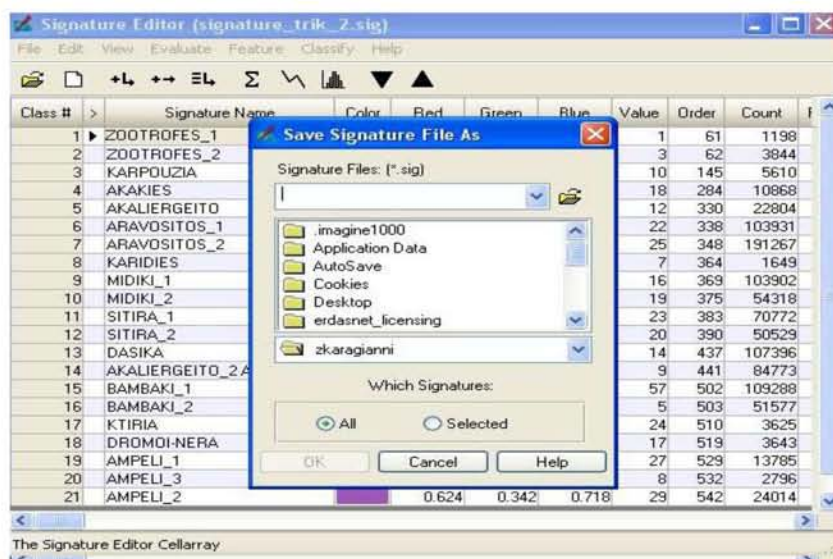


Το ίδιο κάνουμε για όλες τις καλλιέργειες και κατηγορίες παίρνοντας υπογραφές από όλα τα στίγματα των επιτοπίων της περιοχής μας. Πρέπει να σημειωθεί ότι μπορεί να έχουμε δύο κατηγορίες ή και παραπάνω για κάποια καλλιέργεια λόγω του σταδίου ανάπτυξης της ή ποτίσματός της κτλ.(π.χ. βαμβάκι σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης-βαμβάκι σε πληρη ανθοφορία)

Στο τέλος η υπογραφή μας θα έχει αυτή τη μορφή (ανάλογα βέβαια με τις καλλιέργειες της περιοχής) :

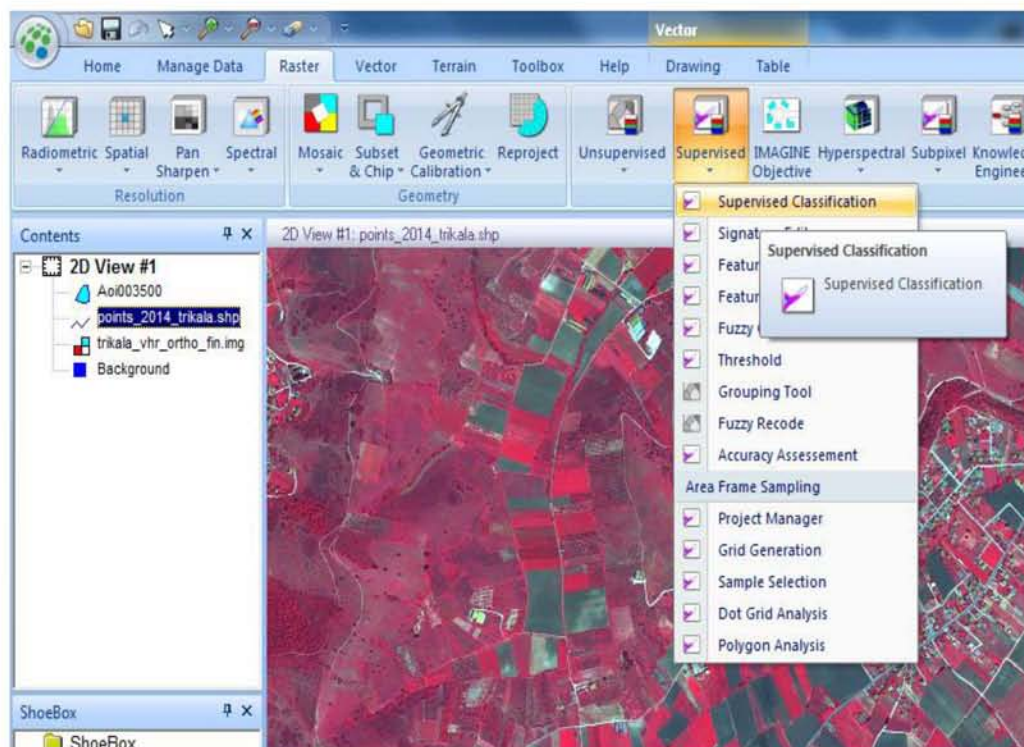
Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order	Count	Prob.	P	H	A	FS
1	dromoi-nera1		0.578	1.000	1.000	9	22	10620	1.000	✓	✓	✓	✓
2	dromoi-nera2		0.465	0.948	0.926	2	23	22361	1.000	✓	✓	✓	✓
3	dromoi-nera3		0.353	0.839	0.862	3	24	1900	1.000	✓	✓	✓	✓
4	lotovoltika3		0.631	1.000	1.000	1	25	1026	1.000	✓	✓	✓	✓
5	lotovoltika2		0.245	0.549	0.589	4	36	563	1.000	✓	✓	✓	✓
6	lotovoltika1		0.225	0.407	0.455	5	37	315	1.000	✓	✓	✓	✓
7	ktira5		0.951	1.000	0.568	14	45	1116	1.000	✓	✓	✓	✓
8	ktira6		0.644	1.000	0.678	7	46	1674	1.000	✓	✓	✓	✓
9	ktira4		0.510	0.734	0.868	16	54	1838	1.000	✓	✓	✓	✓
10	ktira1		0.473	1.000	1.000	19	57	71632	1.000	✓	✓	✓	✓
11	ktira2		0.361	1.000	1.000	11	58	4025	1.000	✓	✓	✓	✓
12	ktira3		0.743	0.570	1.000	6	59	3086	1.000	✓	✓	✓	✓
13	midiki2		0.835	0.373	0.483	8	102	10914	1.000	✓	✓	✓	✓
14	midiki3		0.951	0.343	0.463	10	103	115904	1.000	✓	✓	✓	✓
15	midiki1		0.743	0.447	0.532	12	104	216229	1.000	✓	✓	✓	✓
16	midiki4		0.665	0.490	0.541	13	105	25354	1.000	✓	✓	✓	✓
17	midiki5		0.593	0.525	0.543	15	106	151205	1.000	✓	✓	✓	✓
18	vamvaki1		0.388	0.743	0.863	81	170	425030	1.000	✓	✓	✓	✓
19	vamvaki2		0.352	0.677	0.803	40	171	331638	1.000	✓	✓	✓	✓
20	vamvaki3		0.177	0.427	0.425	39	172	364342	1.000	✓	✓	✓	✓
21	vamvaki4		0.253	0.540	0.507	17	173	246376	1.000	✓	✓	✓	✓
22	vamvaki5		0.302	0.610	0.545	18	174	347111	1.000	✓	✓	✓	✓
23	vamvaki6		0.425	0.816	0.732	20	175	194732	1.000	✓	✓	✓	✓
24	vamvaki7		0.310	0.631	0.576	21	176	162093	1.000	✓	✓	✓	✓
25	aravositos1		0.439	0.519	0.529	50	203	80946	1.000	✓	✓	✓	✓
26	aravositos3		0.528	0.478	0.515	22	205	101870	1.000	✓	✓	✓	✓
27	aravositos4		0.276	0.405	0.444	23	206	72506	1.000	✓	✓	✓	✓
28	aravositos5		0.546	0.426	0.476	24	207	74055	1.000	✓	✓	✓	✓
29	aravositos6		0.537	0.522	0.563	25	208	28599	1.000	✓	✓	✓	✓
30	aravositos2		0.443	0.393	0.443	26	209	110940	1.000	✓	✓	✓	✓
31	sitira1		0.850	0.438	0.467	75	255	237304	1.000	✓	✓	✓	✓
32	sitira2		0.761	0.420	0.491	34	256	216057	1.000	✓	✓	✓	✓
33	sitira3		0.544	0.510	0.500	28	257	129596	1.000	✓	✓	✓	✓
34	sitira4		0.700	0.426	0.494	29	258	110941	1.000	✓	✓	✓	✓
35	sitira5		0.912	0.362	0.462	30	259	32583	1.000	✓	✓	✓	✓
36	sitira6		0.823	0.414	0.490	32	260	118519	1.000	✓	✓	✓	✓
37	elies1		0.670	0.407	0.474	52	278	16357	1.000	✓	✓	✓	✓
38	elies2		0.564	0.442	0.465	35	260	22359	1.000	✓	✓	✓	✓
39	elies4		0.476	0.461	0.479	27	281	77582	1.000	✓	✓	✓	✓
40	karpouzia-peponia1		0.459	0.624	0.638	44	290	63876	1.000	✓	✓	✓	✓
41	karpouzia-peponia2		0.641	0.715	0.755	31	291	32345	1.000	✓	✓	✓	✓
42	rodies		0.569	0.470	0.512	33	292	21456	1.000	✓	✓	✓	✓

Σώζουμε τώρα την υπογραφή που δημιουργήσαμε στο C μας με ένα όνομα όπως trikala_signature.

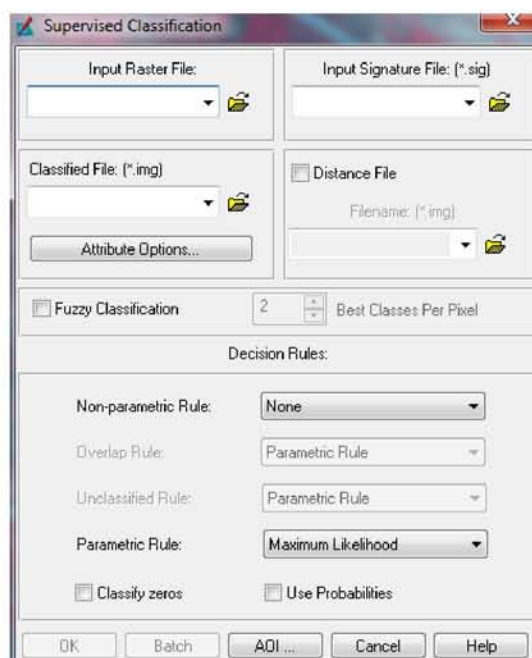


Σε αυτό το σημείο έχουμε τελειώσει την υπογραφή και είμαστε έτοιμοι να τρέξουμε την ταξινόμηση.

Από το Erdas → Raster → Supervised → Supervised Classification



Και ανοίγει το ακόλουθο παράθυρο:



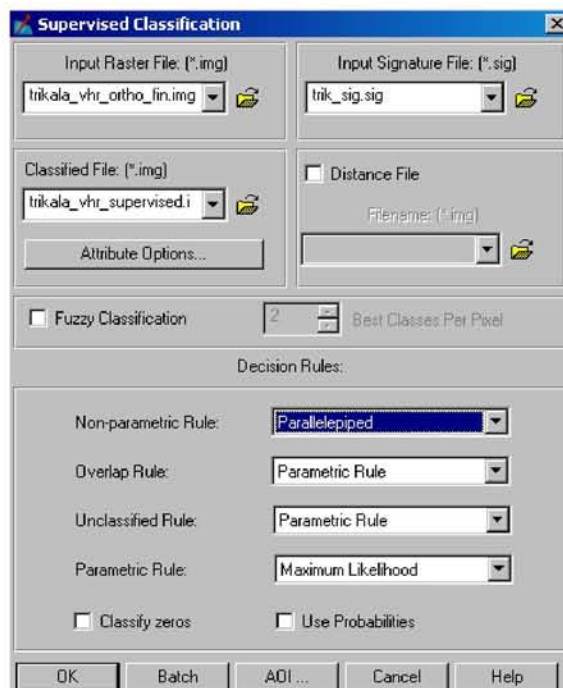
Στο Input Raster File υπάρχει η εικόνα στην οποία κάνουμε ταξινόμηση.

Στο Input Signature File βάζουμε την υπογραφή που έχουμε προηγουμένως δημιουργήσει και σώσει.

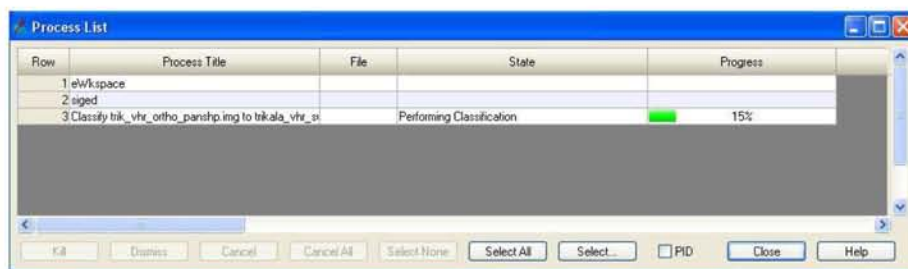
Στο Classified File δίνουμε ένα όνομα στην ταξινομημένη εικόνα (trikala_vhr_supervised) που θα δημιουργηθεί και τη σώζουμε.

Στην επιλογή Non-parametric Rule βάζουμε parallelepiped.

Στην επιλογή Parametric Rule βάζουμε Maximum Likelihood.



Πατάμε OK και το πρόγραμμα αρχίζει και τρέχει την ταξινόμηση.



Όταν φτάσει στο 100% και κάνει και πυραμίδες πατάμε dismiss και done. Τώρα το μόνο που μένει είναι να βάλουμε και την ταξινομημένη εικόνα που δημιουργήσαμε στο Erdas για να δούμε αν είναι καλή.

Πολλές φορές χρειάζεται να διορθώσουμε τις θεματικές μας τάξεις (τις υπογραφές μας) είτε διαγράφοντας κάποια κατηγορία, είτε προσθέτοντας νέα, είτε παίρνοντας και άλλα δείγματα μέχρι να φτάσουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

5.7 Δημιουργία διανυσματικών δεδομένων.

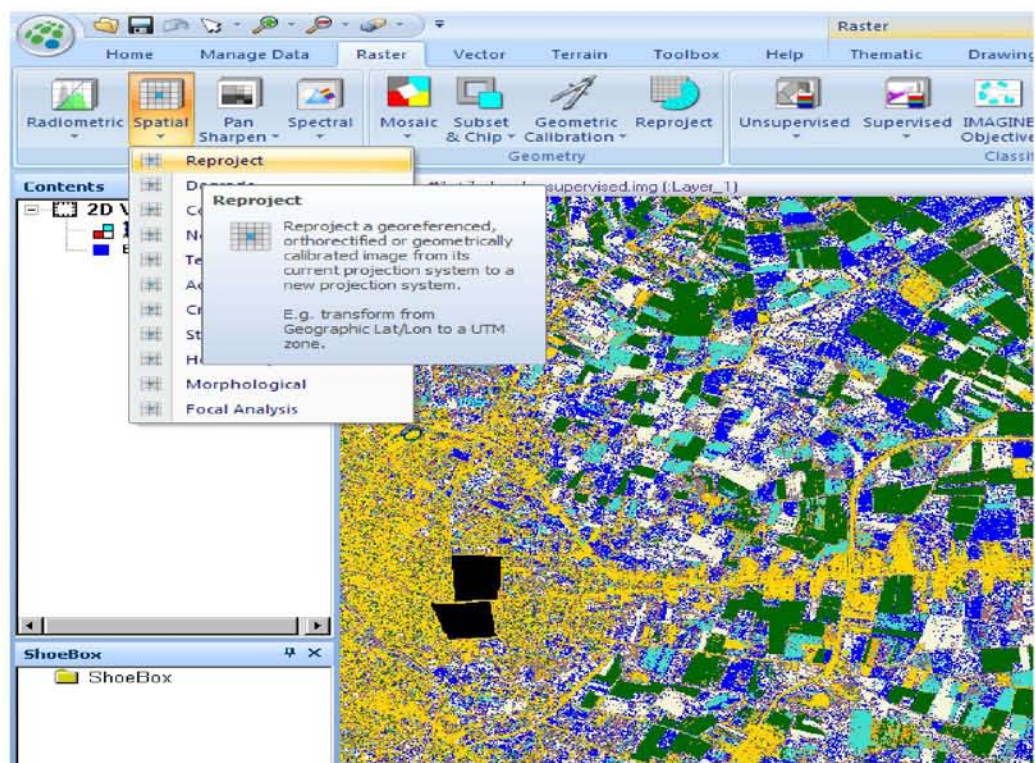
Μετά το πέρας της ταξινόμησης ακολουθεί η διανυσματοποίηση των κλάσεων της τηλεπισκόπησης. Πρόκειται για μια διαδικασία με την οποία ο θεματικός χάρτης των κλάσεων μετατρέπεται σε διανυσματικό θεματικό επίπεδο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια σε περιβάλλον GIS. Ως ελάχιστη απόσταση γειτονικών κόμβων επιλέχθηκαν τα 5 μ.. Με τον τρόπο αυτό θα προκύψει το διανυσματικό θεματικό επίπεδο καλλιεργειών σύμφωνα με τη τηλεπισκόπηση. Με την ολοκλήρωση του ανωτέρω σταδίου ολοκληρώνεται το τμήμα της φωτογραμμετρίας και της τηλεπισκόπησης και ξεκινά το μέρος του GIS.

Μετά την ολοκλήρωση των προσπαθειών ταξινόμησης καταλήγουμε στο τελικό επιθυμητό αποτέλεσμα (αφού ομαδοποιήσουμε τις διάφορες κλάσεις πχ. βαμβάκι1, βαμβάκι2...βαμβάκι7 σε μία με χρώμα πράσινο, δρόμοι-νερά-κτίρια με χρώμα κίτρινο, αραβόσιτος μπλέ, σιτηρά μπεζ κ.ο.κ.).

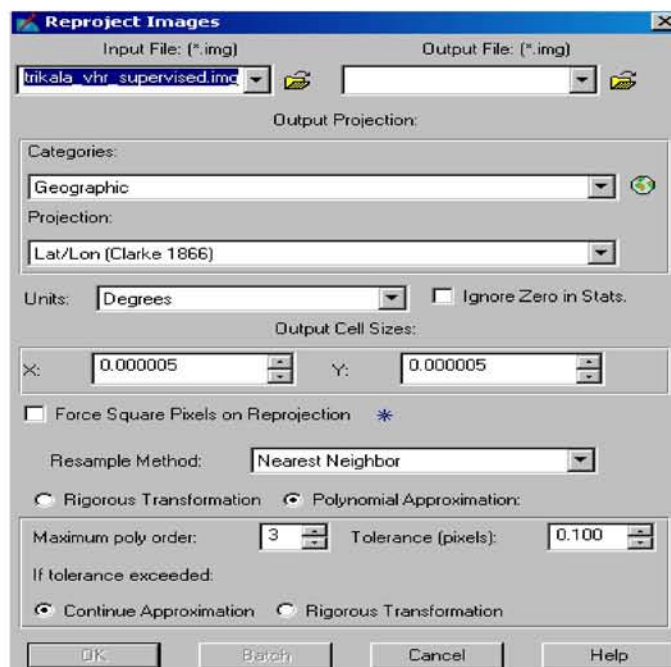


Επειδή αυτή η raster εικόνα έχει pixel size 0,5μ επιλέγουμε να πραγματοποιήσουμε μια γενίκευση ώστε το pixel size να μετατραπεί 5μ.

Οπότε Spatial → Reproject



Ανοίγει το ακόλουθο παράθυρο :



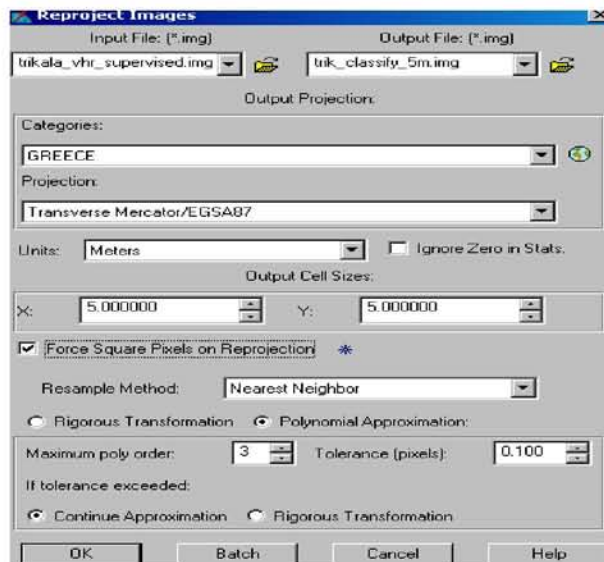
Στο Input File υπάρχει η ταξινομημένη εικόνα μας.

Στο Output File σώζουμε το αποτέλεσμα της ταξινομημένης εικόνας μετά τη γενίκευση πχ. trik_classify_5m

Στο Categories επιλέγουμε GREECE.

Και αυτόματα ενημερώνεται το σωστό Projection Transverse Mercator/EGSA87

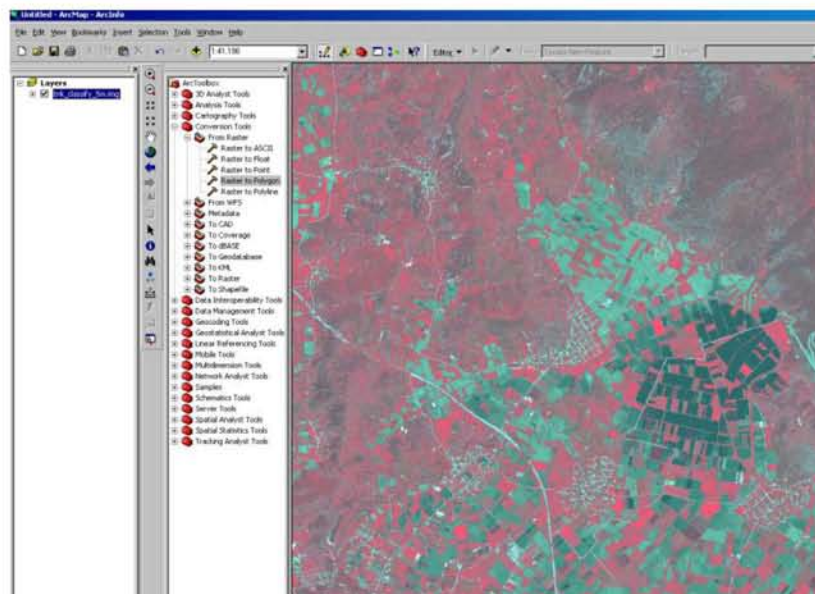
Στο output cell sizes βάζουμε X=5, Y=5. Αρχικά είναι X=0,5 Y=0,5.



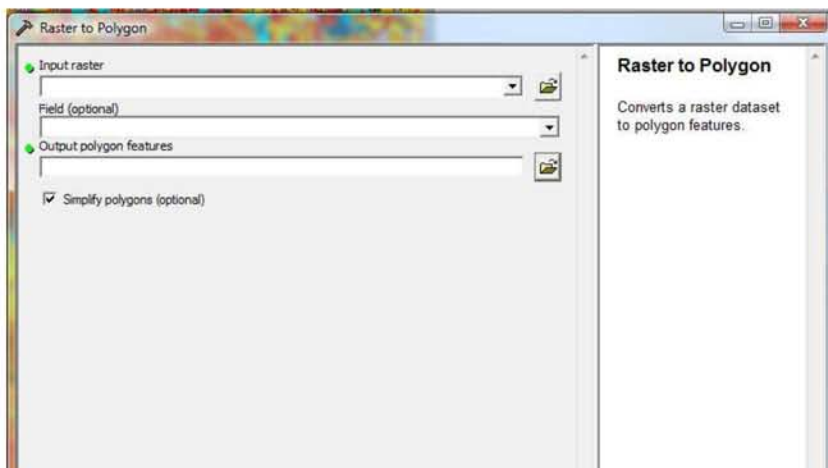
Πατάμε OK και τρέχει.

Στη συνέχεια μεταφερόμαστε στο ArcMap.

Στην εργαλειοθήκη ArcToolbox → Conversion Tools → From Raster → Raster to Polygon



Ανοίγει το ακόλουθο παράθυρο :



Βάζουμε

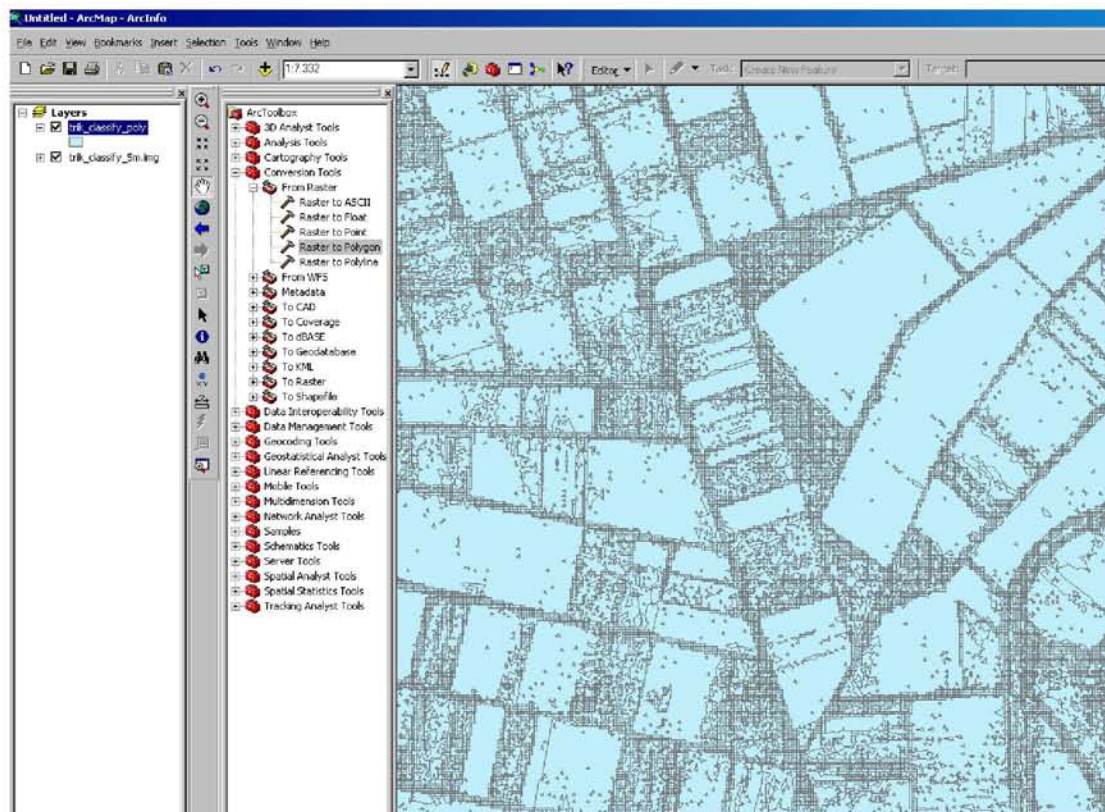
Input raster : trik_classify_5m

Output polygon features : trik_classify_poly

Και πατάμε OK.

Έχουμε πλέον το αποτέλεσμα της ταξινόμησης (μετά την γενίκευση) σε ένα πολυγωνικό – Vector αρχείο.

Με πολύ zoom ως αποτέλεσμα βλέπουμε αυτό:



Κάνοντας δεξί κλικ πάνω στην γενικευμένη ταξινομημένη raster εικόνα και επιλέγοντας Attribute Table ανοίγει ο ακόλουθος πίνακας:

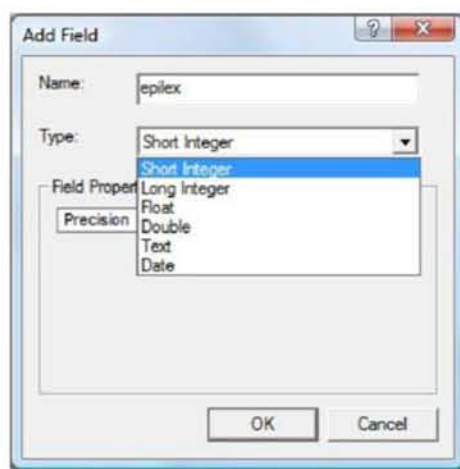
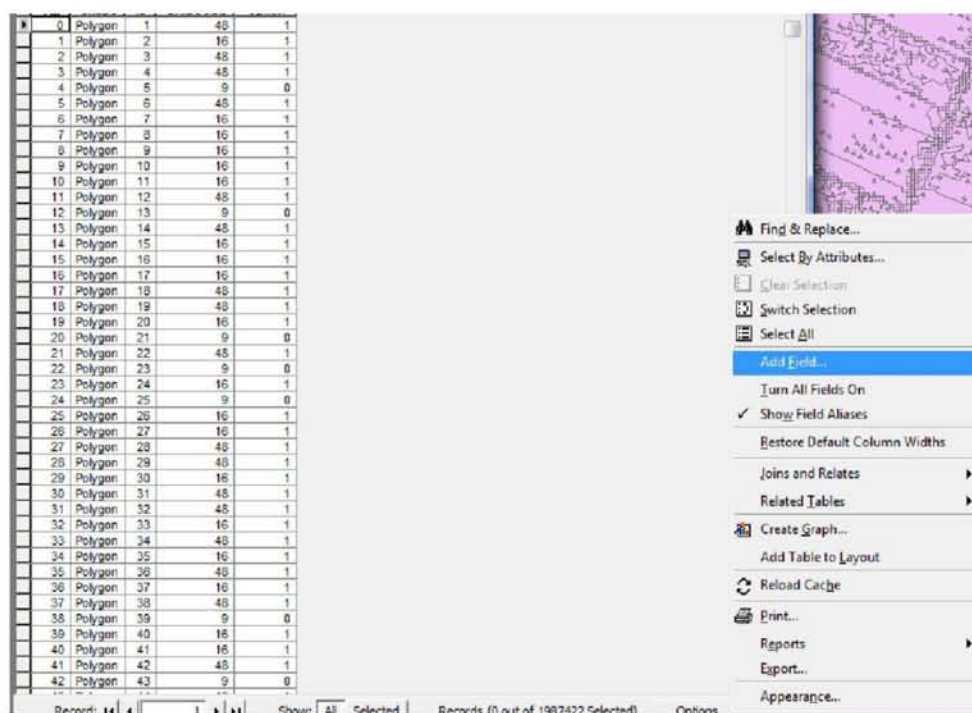
O/P	Value	Class name	Red	Green	Blue	Count
3	3	dromoi-nera3	0,353064	0,838941	0,862204	62416
4	4	fotovoitaika2	0,244664	0,549092	0,58829	23464
5	5	fotovoitaika1	0,224943	0,406771	0,456458	24581
6	6	ktiria3	0,743427	0,970262	1	532
7	7	ktiria6	0,643902	1	0,677533	12999
8	8	midiki2	0,83525	0,373462	0,483276	147289
9	9	dromoi-nera1	0,577684	1	1	38507
10	10	midiki3	0,991105	0,342879	0,463205	51291
11	11	ktiria2	0,99063	1	1	39498
12	12	midiki1	0,742841	0,447404	0,531654	252314
13	13	midiki4	0,665871	0,479736	0,541311	279125
14	14	ktiria5	0,551123	1	0,567773	24674
15	15	midiki5	0,598099	0,524618	0,54936	463531
16	16	ktiria4	0,510258	0,733523	0,858203	8273
17	17	vamvaki4	0,252923	0,540423	0,507043	111693
18	18	vamvaki5	0,302236	0,61044	0,546252	159203
19	19	ktiria1	0,473473	1	1	8448
20	20	vamvaki6	0,425454	0,816258	0,732412	157100
21	21	vamvaki7	0,309588	0,630675	0,576271	140577
22	22	aravositos3	0,527525	0,477644	0,515345	159490
23	23	aravositos4	0,275755	0,405373	0,444011	15427
24	24	aravositos5	0,545537	0,425655	0,476022	234097
25	25	aravositos6	0,63745	0,521628	0,562591	229668
26	26	aravositos2	0,442738	0,392817	0,443379	281631
27	27	elies4	0,476349	0,460972	0,479474	966218
28	28	stira3	0,544097	0,510164	0,49969	247000
29	29	stira4	0,700237	0,425907	0,494405	233383
30	30	stira5	0,912006	0,36232	0,462195	190297
31	31	karpouzia-peponia2	0,640546	0,714591	0,755234	858215
32	32	stira6	0,823144	0,413552	0,490148	180156
33	33	mdies	0,568777	0,470381	0,511672	330402

Αντίστοιχα, κάνοντας δεξί κλικ πάνω στο πολυγωνικό-vector layer και επιλέγοντας Attribute Table ανοίγει ο ακόλουθος πίνακας:

FID	Shape	ID	GRIDCODE
18	Polygon	19	23
19	Polygon	20	27
20	Polygon	21	16
21	Polygon	22	27
22	Polygon	23	16
23	Polygon	24	16
24	Polygon	25	0
25	Polygon	26	33
26	Polygon	27	33
27	Polygon	28	33
28	Polygon	29	26
29	Polygon	30	26
30	Polygon	31	22
31	Polygon	32	26
32	Polygon	33	15
33	Polygon	34	52
34	Polygon	35	24
35	Polygon	36	35
36	Polygon	37	35
37	Polygon	38	15
38	Polygon	39	28
39	Polygon	40	33
40	Polygon	41	44
41	Polygon	42	27
42	Polygon	43	33
43	Polygon	44	15
44	Polygon	45	22
45	Polygon	46	50
46	Polygon	47	26
47	Polygon	48	35
48	Polygon	49	24
49	Polygon	50	27
50	Polygon	51	33

Στον πίνακα αυτό φτιάχνουμε extra στήλη epilex

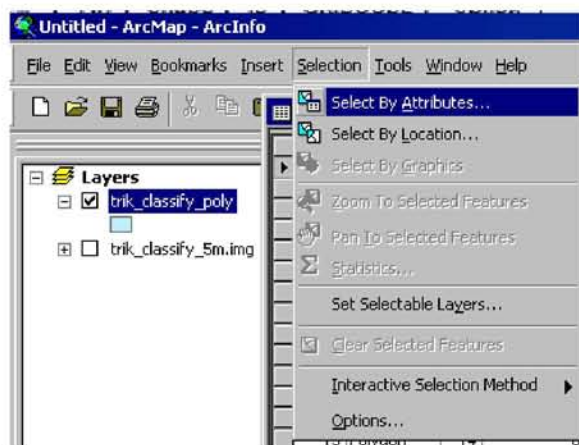
Options → Add Field



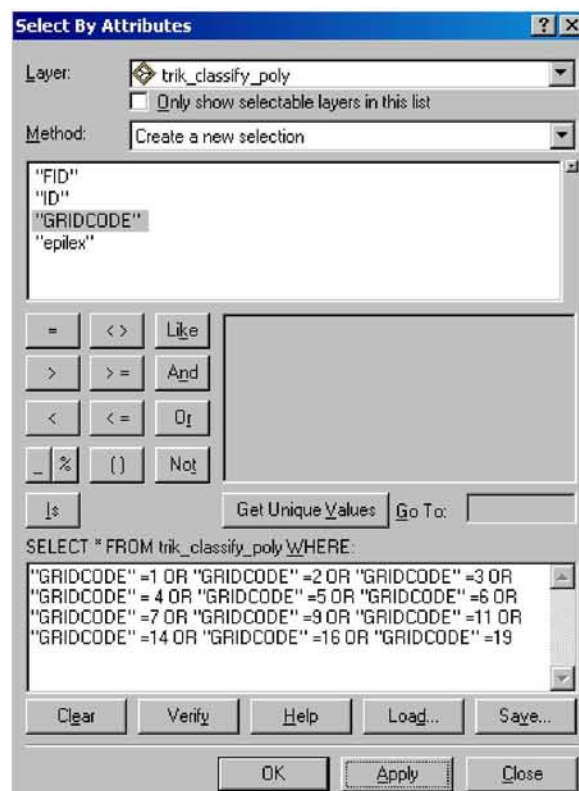
Σε αυτή τη νέα στήλη epilex, επιλέγω από τη στήλη GRICCODE τους κωδικούς που αντιστοιχούν σε μη επιλέξιμες κλάσεις-θεματικές τάξεις. Η αντιστοίχιση μεταξύ των δυο πινάκων γίνεται με τις στήλες Value <->GRIDCODE.

Δηλαδή όποια κατηγορία είναι μη επιλέξιμη στην ταξινόμηση πχ. value 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 14, 16, 19 αντίστοιχα την επιλέγουμε και στο vector layer (ως gridcode) και δίνουμε τιμή «1». Σε όποια κατηγορία αντιστοιχεί σε βαμβάκι δίνουμε τιμή «2», για τον αραβόσιτο τιμή «3» κ.ο.κ για όλες τις καλλιέργειες της ταξινόμησης.

Η επιλογή γίνεται από το MENU → SELECT BY ATTRIBUTES



Επιλέγουμε το πολυγωνικό layer, επιλέγουμε το πεδίο που θέλουμε (GRIDCODE) και συνθέτουμε το ερώτημα.



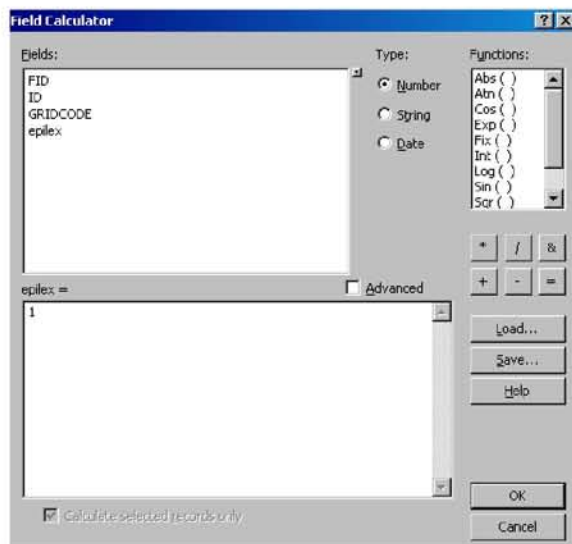
Το αποτέλεσμα του ερωτήματος είναι να επιλεγούν οι επιθυμητές εγγραφές και πατάμε selected.

FID	Shape	ID	GRIDCODE	erilex
15	Polygon	16	5	0
16	Polygon	17	5	0
20	Polygon	21	16	0
22	Polygon	23	16	0
23	Polygon	24	16	0
182	Polygon	183	5	0
183	Polygon	184	5	0
257	Polygon	258	11	0
489	Polygon	490	5	0
490	Polygon	491	5	0
491	Polygon	492	5	0
492	Polygon	493	5	0
585	Polygon	586	9	0
684	Polygon	685	11	0
726	Polygon	727	11	0
929	Polygon	930	5	0
960	Polygon	961	5	0
961	Polygon	962	5	0
962	Polygon	963	5	0
1060	Polygon	106	9	0
1058	Polygon	105	9	0
1191	Polygon	119	9	0
1502	Polygon	150	5	0
1530	Polygon	153	5	0
1532	Polygon	153	5	0
1534	Polygon	153	5	0
1535	Polygon	153	5	0
1597	Polygon	159	5	0
1782	Polygon	178	1	0
1821	Polygon	182	11	0
2118	Polygon	211	5	0
2148	Polygon	214	5	0
2149	Polygon	215	5	0
2150	Polygon	215	5	0
2151	Polygon	215	5	0
2210	Polygon	221	2	0
2237	Polygon	223	16	0
2387	Polygon	239	1	0
2448	Polygon	245	11	0
2718	Polygon	271	5	0
2720	Polygon	272	5	0
2749	Polygon	275	5	0
2750	Polygon	275	5	0
2751	Polygon	275	5	0

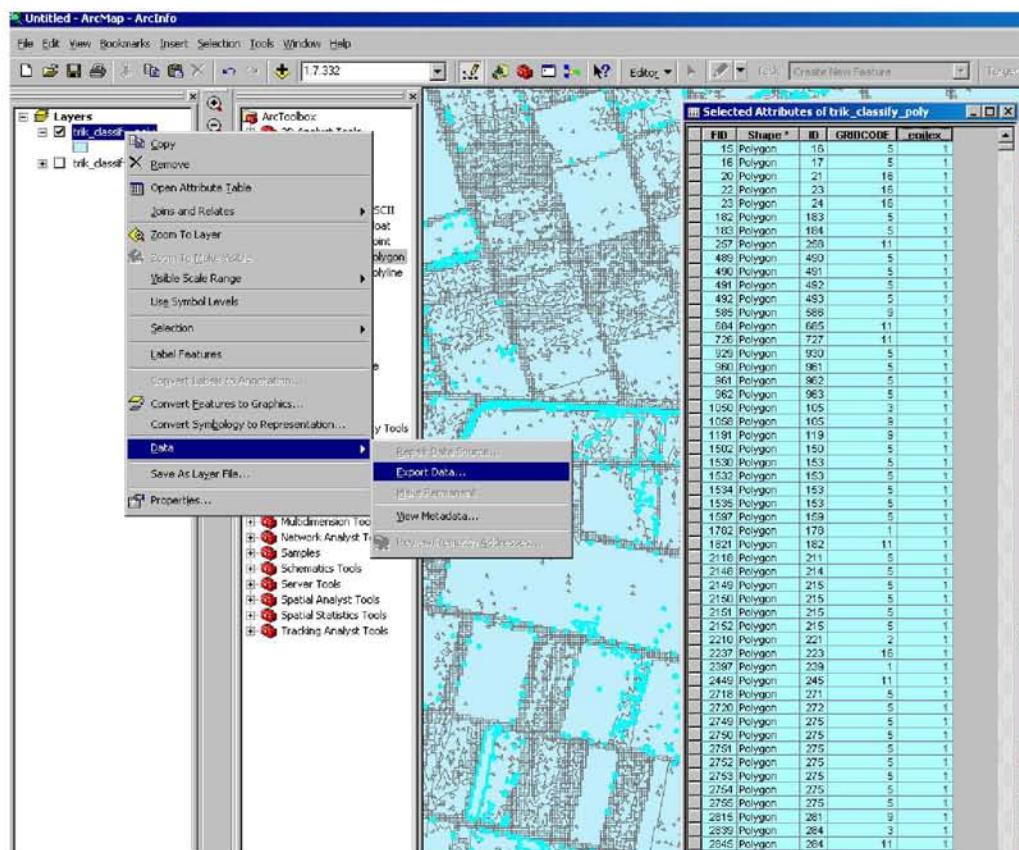
Με δεξί κλικ στη στήλη erilex επιλέγουμε Field Calculator.

FID	Shape	ID	GRIDCODE	erilex
15	Polygon	16	5	0
16	Polygon	17	5	0
20	Polygon	21	16	0
22	Polygon	23	16	0
23	Polygon	24	16	0
182	Polygon	183	5	0
183	Polygon	184	5	0
257	Polygon	258	11	0
489	Polygon	490	5	0
490	Polygon	491	5	0
491	Polygon	492	5	0
492	Polygon	493	5	0
585	Polygon	586	9	0
684	Polygon	685	11	0
726	Polygon	727	11	0
929	Polygon	930	5	0
960	Polygon	961	5	0
961	Polygon	962	5	0
962	Polygon	963	5	0
1060	Polygon	106	9	0
1058	Polygon	105	9	0
1191	Polygon	119	9	0
1502	Polygon	150	5	0
1530	Polygon	153	5	0
1532	Polygon	153	5	0
1534	Polygon	153	5	0
1535	Polygon	153	5	0
1597	Polygon	159	5	0
1782	Polygon	178	1	0
1821	Polygon	182	11	0
2118	Polygon	211	5	0
2148	Polygon	214	5	0
2149	Polygon	215	5	0
2150	Polygon	215	5	0
2151	Polygon	215	5	0
2210	Polygon	221	2	0
2237	Polygon	223	16	0
2387	Polygon	239	1	0
2448	Polygon	245	11	0
2718	Polygon	271	5	0
2720	Polygon	272	5	0
2749	Polygon	275	5	0
2750	Polygon	275	5	0
2751	Polygon	275	5	0

Και ανοίγει το ακόλουθο παράθυρο όπου βάζουμε 1 και πατάμε OK.



Στη συνέχεια κάνουμε εξαγωγή αυτές τις εγγραφές (μη επιλέξιμες κλάσεις):



Στο παράθυρο που ανοίγει αποθηκεύουμε το καινούργιο shapefile και έχει πλέον ολοκληρωθεί η διαδικασία. Έχουμε πλέον καταλήξει να διαθέτουμε ένα vector layer με μόνο τις μη επιλέξιμες κλάσεις. Το ίδιο κάνουμε και για όλες τις καλλιέργειες της ταξινόμησης (βαμβάκι, αραβόσιτος, σιτηρά, ζωοτροφές, ελιές κ.α.).

5.8 Χωρική Ανάλυση

Μετά το πέρας της διανυσματοποίησης των κλάσεων της τηλεπισκόπησης ακολούθησε η χωρική συσχέτιση των αγροτεμαχίων με τα εν λόγω πολύγωνα. Με τη βοήθεια των δηλώσεων ΟΣΔΕ για το Νομό Τρικάλων που χορηγήθηκαν από τον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε. στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε η χωρική συσχέτιση των εν λόγω δηλώσεων - τεμαχίων με τα πολύγωνα των καλλιεργειών που προέκυψαν από τη διανυσματοποίηση των κλάσεων της ταξινόμησης. Η συσχέτιση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του τελεστή επικάλυψης. Έτσι για κάθε πολύγωνο τεμαχίου υπολογίστηκε το εμβαδόν της καλλιέργειας.

Ξεκινάμε την διαδικασία με τον εντοπισμό των πλήρων αιτήσεων. Στο αρχείο (.gdb) με τα αλφαριθμητικά και γεωχωρικά δεδομένα των δηλώσεων των αγροτεμαχίων των παραγωγών κάνουμε SUMMARIZE το πεδίο των EDE_ID, ώστε να έχουμε count parcels ανά EDE_ID (ΑΦΜ), όπου EDE_ID είναι ο μοναδιαίος κωδικός/κλειδί για παραγωγό –ΑΦΜ και EDA_ID είναι ο μοναδιαίος κωδικός/κλειδί για αγροτεμάχιο.

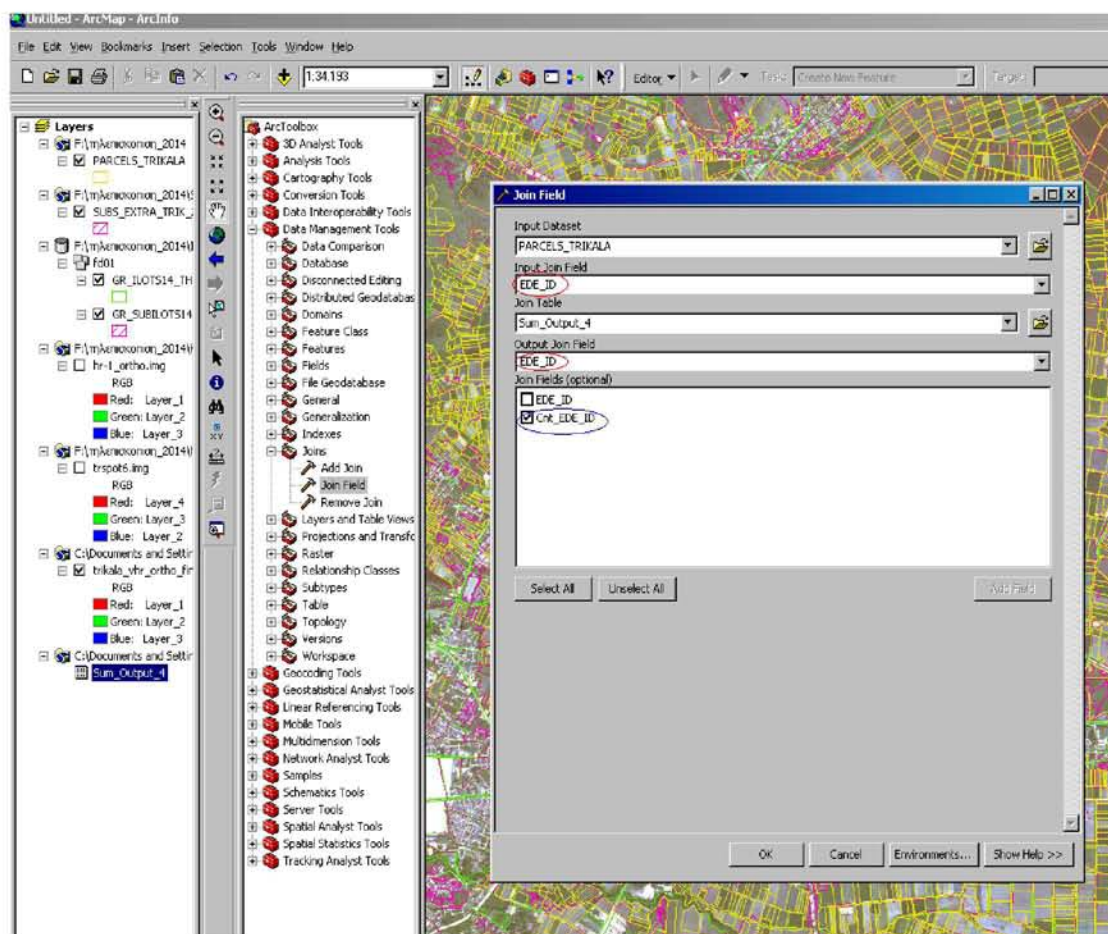
The screenshot displays the ArcMap interface. The main map area shows a complex network of agricultural parcels outlined in yellow and pink. The 'Layers' panel on the left lists several data layers, including 'PARCELS_TRIKALIA'. The 'ArcToolbox' panel is also visible. At the bottom, the 'Attributes of PARCELS TRIKALIA' table is open, showing a list of parcels with various attributes. The 'SUMMARIZE' menu option is highlighted in the table's context menu.

SEX_ID	PAR	EDE	AREA_P	AREA_PH	PERIM_P	EPILEX	EPILEX_ELE	SYNHROFLA	KOFLAG	SYNHROID	TSI	TSU
44585	13801	3113833205	6974	1	415	0	0	0	0	-1	140828162562	140828163301_02
44585	13801	3093865880	4958	0,5	370	-1	0	0	0	-1	140828162563	140828163301_04
44585	13801	3113833205	4002	0,4	300	0	0	0	0	-1	140828162563	140828163301_06
44585	13601	3103850332	2958	0,3	290	0	0	0	0	-1	140828162563	140828163301_09
44585	13601	3113833205	2958	0,3	302	0	0	0	0	-1	140828162564	140828163301_11
44585	13910	3093836509	3795	0,38	257	0	0	0	0	-1	140828163437	140828164220_44
44585	13910	3093832472	1351	0,19	181	0	0	0	0	-1	140828163437	140828164220_49
44585	13910	3093832394	2972	0,4	276	-1	0	0	0	-1	140828163438	140828164220_51
44585	13910	3093825187	975	0,1	162	0	0	0	0	-1	140828163438	140828164220_53
44585	13910	3093838456	7490	0,75	372	0	0	0	0	-1	140828163438	140828164220_56
44585	13910	3093827173	903	0,09	152	0	0	0	0	-1	140828163438	140828164220_58
44585	13910	3093832472	288	1508	0,15	181	0	0	0	-1	140828163438	140828164220_61
44585	13910	3093831539	040	4885	0,47	285	0	0	0	-1	140828163438	140828164220_63
44585	13810	3093831157	030	1186	0,12	144	0	0	0	-1	140828163439	140828164220_65
44585	13810	3093834290	103	1188	0,12	228	0	0	0	-1	140828164332	140828164911_23

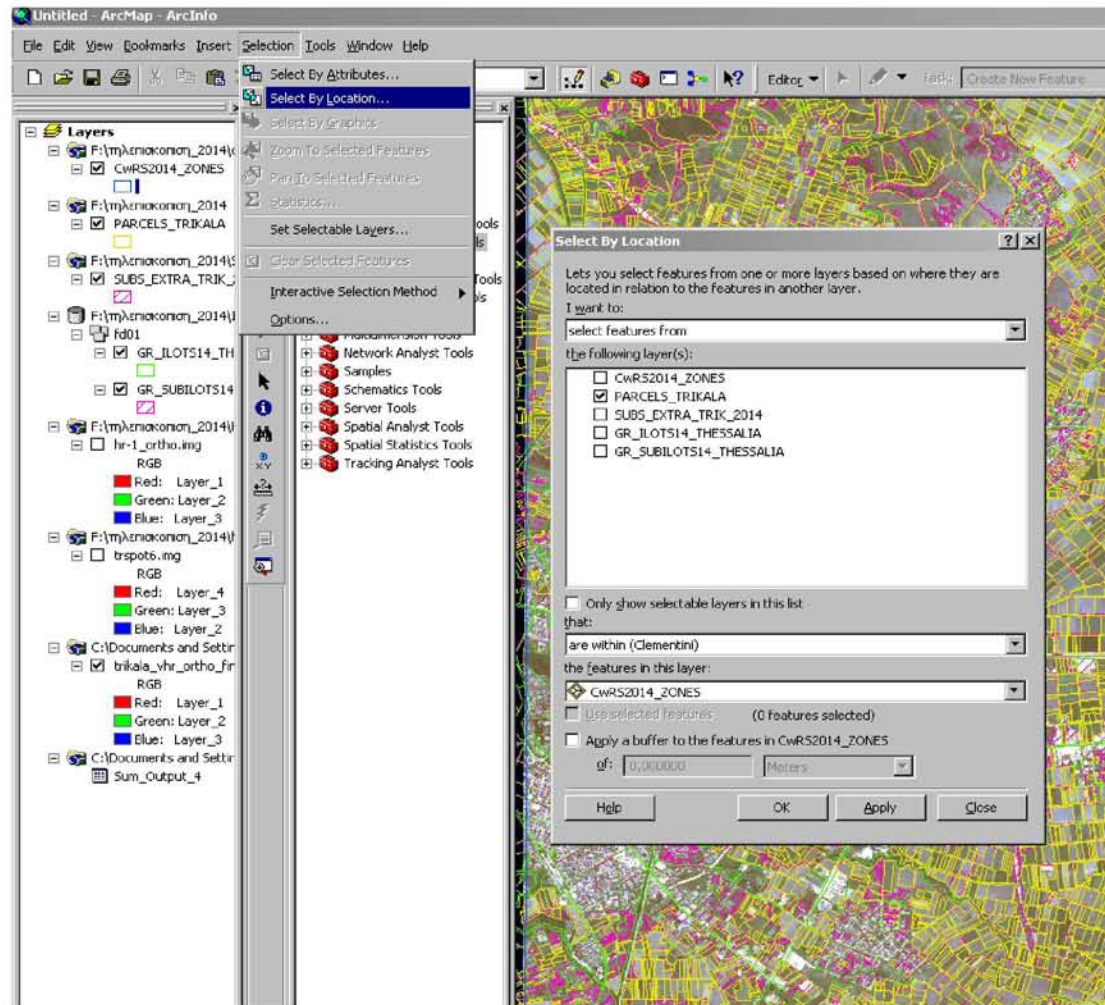
Το αποτέλεσμα είναι ότι έχουμε βρει πόσα τεμάχια έχει κάθε ΑΦΜ.

OJD	EDE_ID	Count	EDE_ID
0	63439391	1	
1	63439581	1	
2	63439634	3	
3	63440285	8	
4	63441962	1	
5	63442038	1	
6	63462843	3	
7	63484288	1	
8	63528346	8	
9	63562882	2	
10	63605891	1	
11	63605967	2	
12	63606028	1	
13	63610623	2	
14	63621396	2	
15	63621500	4	
16	63621812	1	
17	63622230	1	
18	63622833	3	
19	63622963	3	
20	63623174	4	
21	63629158	2	
22	63629657	1	
23	63634801	2	

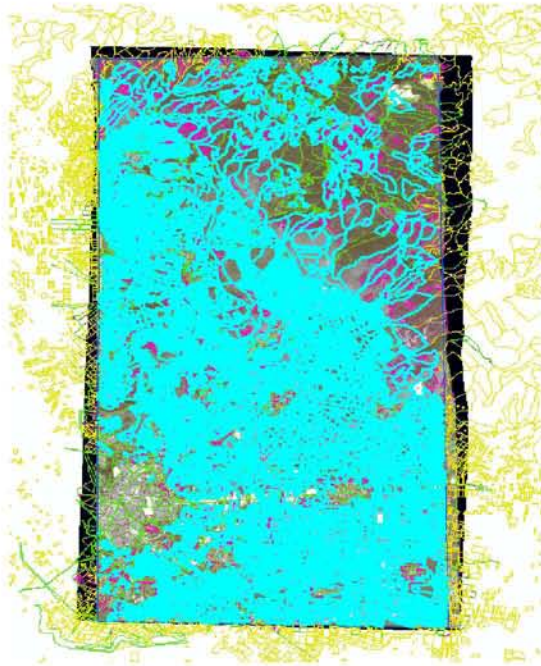
Ακολουθως, το αποτέλεσμα γίνεται join με το αρχικό αρχείο των αγροτεμαχίων. Στην ουσία θέλουμε να προσθέτουμε («κολλήσουμε») την νέα στήλη Cnt_EDE στο αρχείο των αγροτεμαχίων. Αυτό γίνεται με την εντολή join field. Το join field θα είναι το EDE_ID, προσθέτουμε τη νέα στήλη Cnt_EDE_ID και μετά OK.



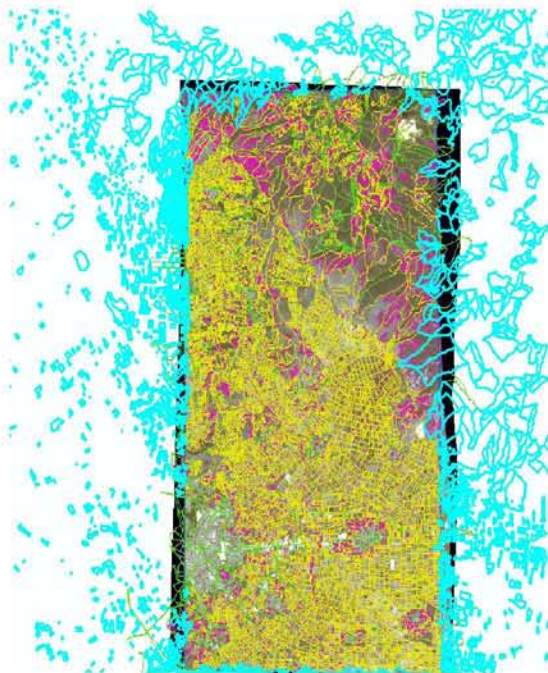
Στη συνέχεια SELECT BY LOCATION, όσα αγροτεμάχια πέφτουν εντός (are within clementini) των ζωνών ελέγχου ή της εκάστοτε ζώνης ελέγχου όπως στην περίπτωση μας, η οποία έχει προσαρμοσθεί στα όρια της ορθοανηγμένης εικόνας.



Οπότε ως αποτέλεσμα έχουμε τα τεμάχια τα οποία είναι εντός ζώνης.



Όσα επιλεγθούν να μπει σήμανση (flag) (σε νέο πεδίο IN_OUT) για 'IN'. Στη συνέχεια με switch selection αντιστρέφεται η επιλογή και έχουμε πλέον τα 'OUT'.



Επιπλέον πρέπει να δούμε αν στη ζώνη ελέγχου μας έχουμε σε κάποιο σημείο σύννεφα ή σβησμένη διαβαθμισμένη περιοχή, οπότε όλα τα τεμάχια που βρίσκονται πάνω σε τέτοιες περιοχές τα επιλέγουμε και τα βάζουμε και αυτά ως 'OUT'. Στη περίπτωση μας δεν έχουμε σύννεφα ενώ παρόλο που υπάρχουν διαβαθμισμένες περιοχές δεν υπάρχει κάποιο αγροτεμάχιο δηλωμένο εντός και αγνοούμε αυτό το βήμα.

Στα IN τεμάχια κάνουμε SUMMARIZE το πεδίο των EDE_ID, ώστε να έχουμε count parcels ανά EDE_ID (ΑΦΜ). Το αποτέλεσμα είναι ότι έχουμε βρει πόσα τεμάχια έχει κάθε ΑΦΜ εντός της ζώνης ελέγχου.

Στη συνέχεια κάνουμε join με το αρχικό αρχείο των parcels ώστε να «κολλήσει» και αυτή η στήλη (ΑΦΜ_COUNT_IN).

Στη συνέχεια διαιρούμε τα 2 πεδία όπου έχει γίνει count parcels ανά ΑΦΜ (count in/count all) σε νέα στήλη (POSOSTO, type double). Προκύπτουν τα αγροτεμάχια των πλήρων ΑΦΜ (όταν ≥ 0.5). Δηλαδή όταν το ποσοστό των εντός ζώνης τεμαχίων ενός ΑΦΜ είναι $\geq 50\%$ από το σύνολο των τεμαχίων του.

Κάνουμε λοιπόν SUMMARIZE σε αυτά τα EDE_ID και έχουμε πλέον τη λίστα με τα πλήρη ΑΦΜ της ζώνης ελέγχου.

Τέλος κάνουμε join με το αρχικό αρχείο των parcels και μετά export τα parcels τα οποία δεν είναι «null» στα ΑΦΜ από το join. Είμαστε πλέον έτοιμοι με τα τεμάχια των πλήρων αιτήσεων.

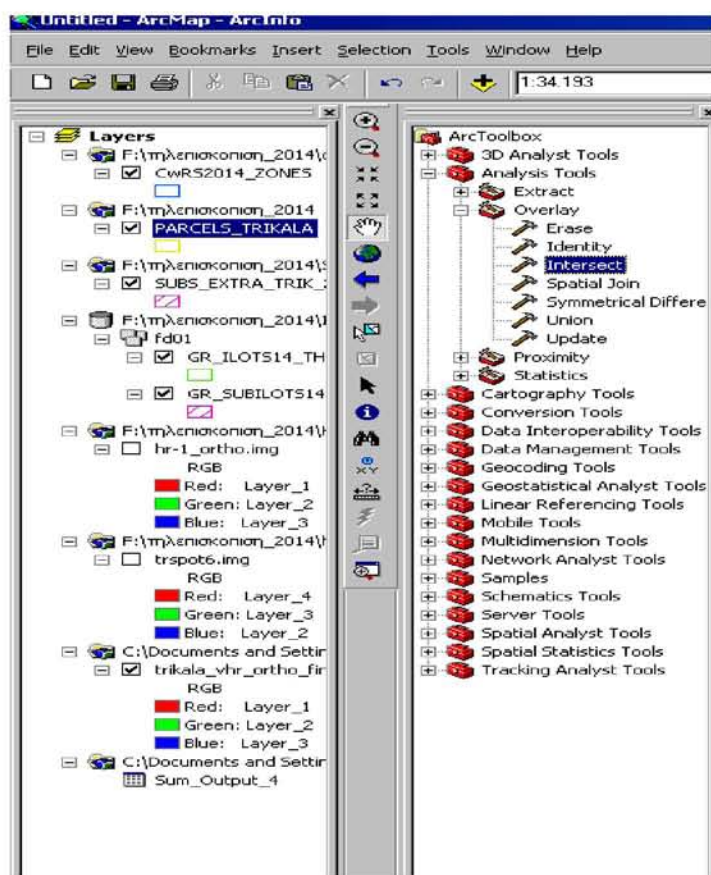
Ακολουθεί ο εντοπισμός των αγροτεμαχών των πλήρων αιτήσεων τα οποία πέφτουν εκτός ζώνης ελέγχου. Σε αυτό το έτοιμο αρχείο πλέον, φτιάχνω πεδίο SPS_CHECK. Όπου στο πεδίο IN_OUT είναι 'OUT', βάζουμε στο SPS_CHECK κωδικό ελέγχου "T3".

Στη συνέχεια γίνεται ο εντοπισμός των τεμαχίων με αιτούμενο εμβαδό κάτω από το ελάχιστο επιτρεπτό. Στα αγροτεμάχια αυτά βάζουμε κωδικό ελέγχου 'A1'. Στο πεδίο AIT_EKTASH επιλέγω όσα τεμάχια έχουν έκταση < 0.05 , εκτός και αν είναι ελιές δηλαδή στο πεδίο EFY_KODIKOS=15 οπότε έκταση $< 0.03\text{ha}$ ή EFY_KODIKOS=30 (αμπέλι) οπότε έκταση $< 0.01\text{ha}$.

Τα T3 & A1 τεμάχια, μόλις εντοπιστούν, βγαίνουν εκτός των ελέγχων από εδώ και πέρα (export σε άλλο αρχείο). Και συνεχίζουμε με τα υπόλοιπα αγροτεμάχια.

Έπειτα κάνουμε τον εντοπισμό των επικαλυπτόμενων αγροτεμαχίων (πλήρως ή μερικώς). Κάνω intersect το layer με τον εαυτό του (μία φορά βάζω το αρχείο).

Από ArcToolbox → Analysis Tools → overlay → intersect

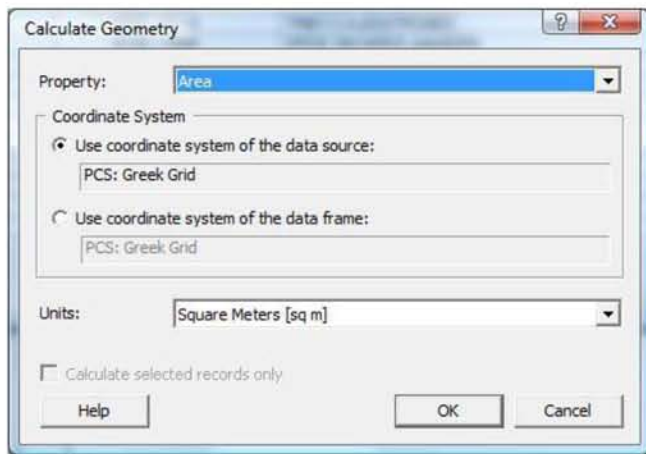


Σαν αποτέλεσμα θα δώσει ένα καινούργιο layer όπου θα εμφανίζονται μόνο τα επικαλυπτόμενα τμήματα/κομμάτια από τα τεμάχια. Σε αυτό το καινούργιο layer φτιάχνω νέο πεδίο (Add field), το οποίο ονομάζω πχ. INTERS_AREA.



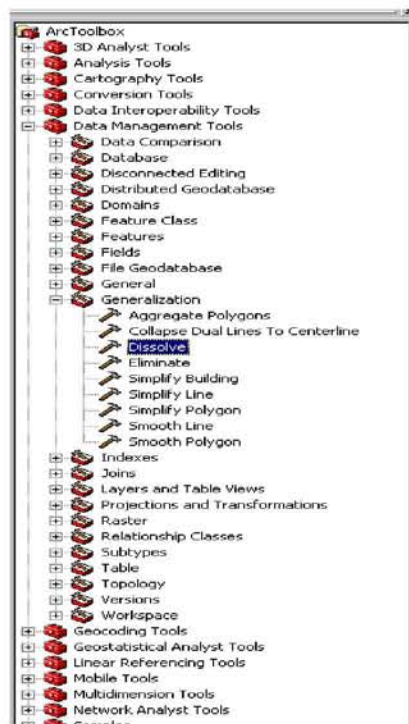
Σε αυτό το πεδίο υπολογίζω έκταση με calculate area.

Δεξί κλικ πάνω στο πεδίο → calculate geometry → OK

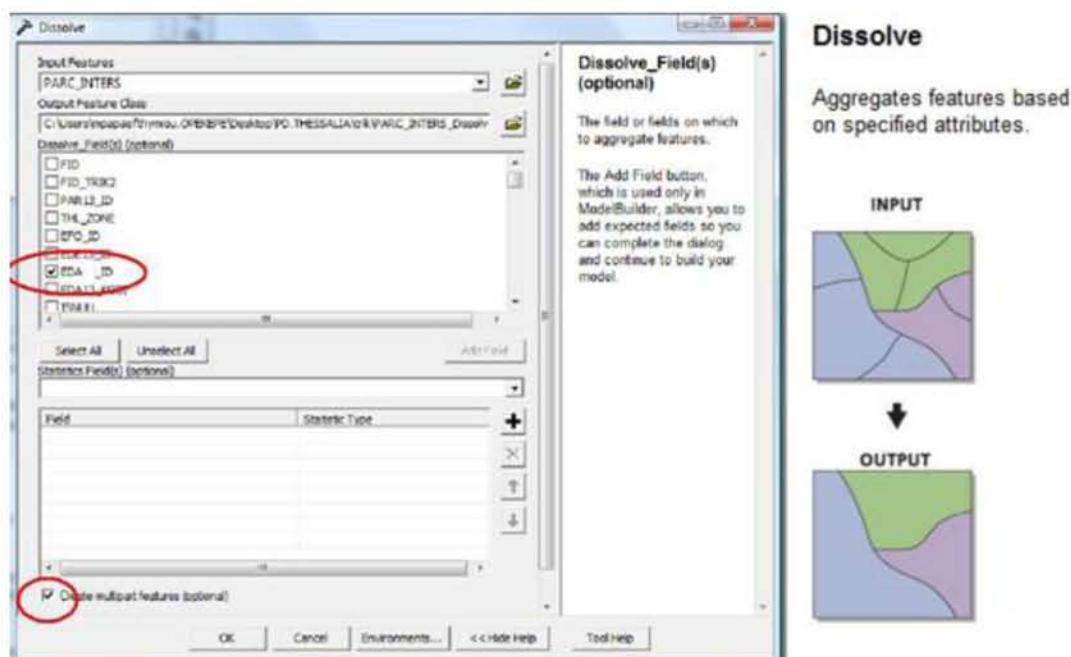


Γεμίζουν τα κελιά με τιμές εμβαδού. Όσα προκύψουν <math><2 \mu\text{m}^2</math> τα σβήνω. Δεν θεωρούμε ότι έχουν κάποια επικάλυψη η οποία αξίζει να σημειωθεί. Όσα μείνουν, τα κάνουμε dissolve (διπλά πολύγωνα να γίνουν ένα).

Από ArcToolbox → Data Management Tools → Generalization → Dissolve



Στο dissolve field επιλέγεις EDA_ID, το output feature class θα είναι .shp και τέλος επιλέγουμε create multipart features. Στην ουσία μένουν στο layer δύο στήλες EDA_ID και έκταση (area).



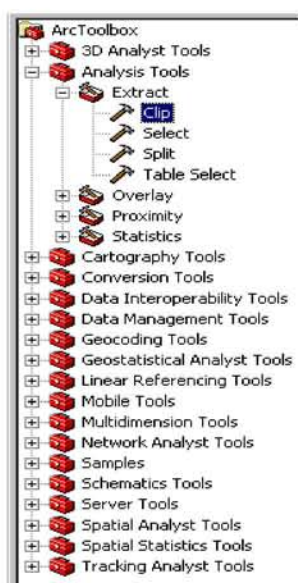
Στη συνέχεια όσα μείνουν, τα κάνουμε join (κλειδί το field EDA_ID) με το αρχείο των αγροτεμαχίων μας και βάζουμε στο SPS_CHECK ως αποτέλεσμα ελέγχου 'A2'. Αυτά τα τεμάχια A2 τα κάνουμε export ώστε να τα διαχειριστούμε. Κάνουμε sort ascending στο ilot_no και ελέγχουμε αν υπάρχουν flag στην συνιδιοκτησία (πεδίο SYNIDIOFLAG). Αν υπάρχει flag 1 δικαιολογείται η επικάλυψη λόγω ποσοστού και αφού αθροίζω τα επιμέρους ποσοστά ώστε να μην κάνουν >100% , σβήνω τον κωδικό A2.

Όταν ολοκληρώσουμε τους ελέγχους στα A2 τα κάνουμε ξανά Join με το αρχείο μας και βάζουμε τα τελικά πλέον A2 στο πεδίο SPS_CHECK (σε όσες εγγραφές ενώνονται). Πρέπει ως τελική έκταση μετρηθείσα από τηλεπισκόπηση (νέο field measured_area) να μείνει η αφαίρεση του εμβαδού όλου τεμαχίου - intersect_area. Αυτή η αφαίρεση θα γίνει αλφαριθμητικά μόνο, όχι χωρικά.

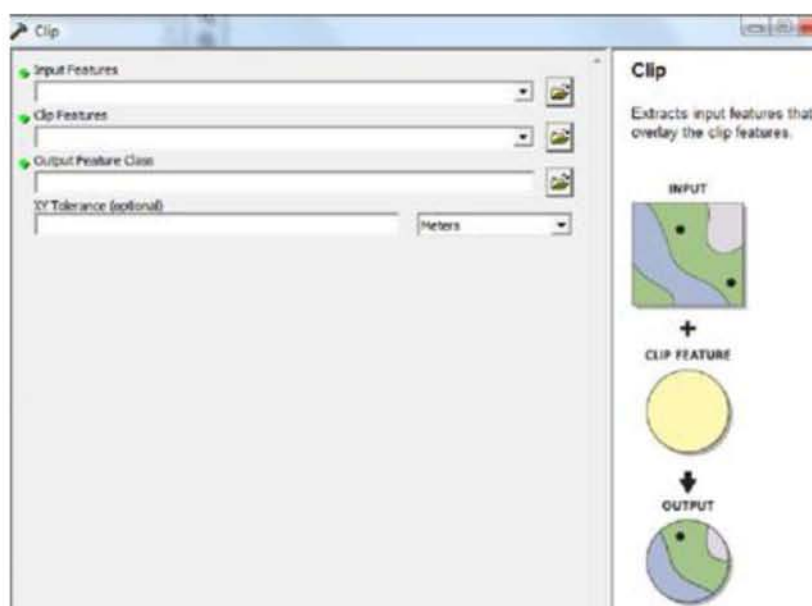
Ακολουθεί ο εντοπισμός των μη επιλέξιμων τεμαχίων (πλήρως ή μερικώς). Πραγματοποιούμε join τα parcels του αρχείου μας με τα ilots τα οποία έχουν μη επιλέξιμο cover_id (10,12,20,21,90,91,92). Η ένωση θα γίνει μεταξύ των parcels και του επιπέδου των ILOTS με πεδίο κλειδί το ILOT_NO. Όσα τεμάχια μετά την ένωση πέσουν σε αυτές τις κατηγορίες των ilots βάζουμε στο πεδίο SPS_CHECK ='C1d'.

Στη συνέχεια πραγματοποιούμε την χωρική εντολή CLIP.

Από ArcToolbox → Analysis Tools → Extract → Clip



Κάνουμε clip τα parcels με τα sublots και μένει το ‘προβληματικό’ τμήμα του parcel.
(output feature class : CLIP_PARCELS_SUBS).



Στη συνέχεια πρέπει να πραγματοποιήσουμε split multipart to singlepart.

Από ArcToolbox → Data Management Tools → Features → Multipart to Singlepart



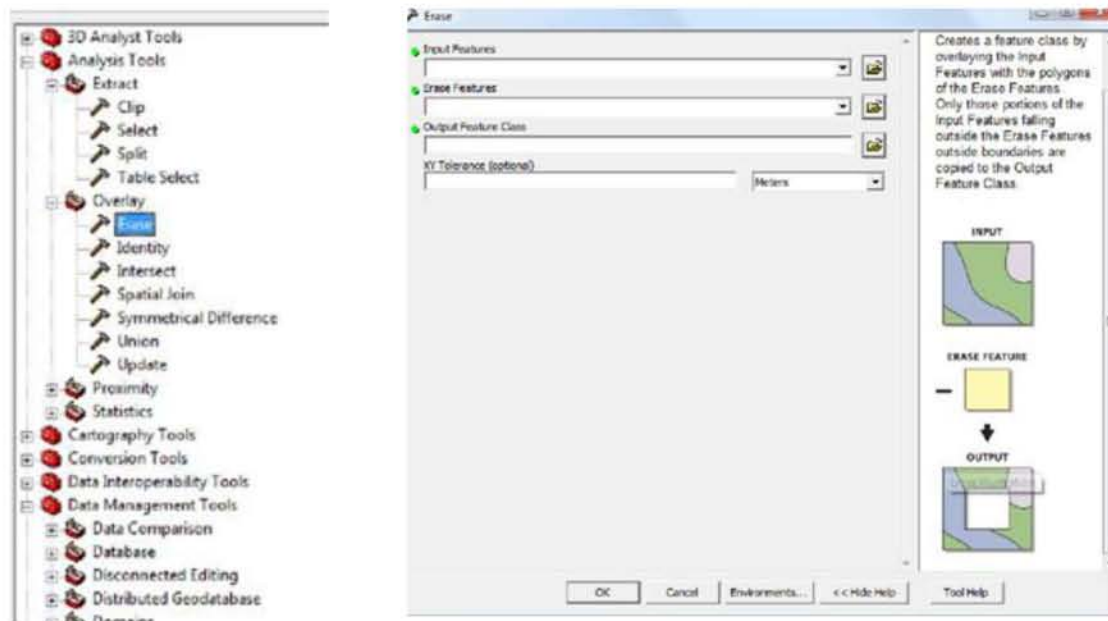
Δημιουργείται νέο layer στο οποίο φτιάχνω νέο πεδίο CLIP_SUB_AREA και κάνω calculate area (το έχουμε επαναλάβει πιο πριν ως διαδικασία). Όσα τεμάχια προκύψουν με εμβαδόν <math><50\mu^2</math> τα σβήνουμε, θεωρούμε ότι δεν έχουν αξιόλογο εμβαδόν ώστε να ασχοληθούμε.

Όσα μείνουν, τα κάνουμε dissolve (διπλά πολύγωνα να γίνουν ένα) και εκ νέου calculate area. Έχει πλέον υπολογιστεί η έκταση των μη επιλέξιμων κομματιών κάθε αγροτεμαχίου.

Οπότε, στη συνέχεια όσα μείνουν, τα κάνουμε join με το αρχείο μας (κλειδί για το join το πεδίο EDA_ID).

Αν οι συνολικές εγγραφές του αρχικού αρχείου μας ελαττωθούν, σημαίνει ότι κάποια parcels έχουν σβηστεί εξολοκλήρου λόγω sublots. Δηλαδή τα sublots έχουν μηδενίσει την έκταση του αρχικού τεμαχίου, διότι το καλύπτουν πλήρως. Πρέπει αυτές τις εγγραφές (μηδενισμένες εκτάσεις) να τις επαναφέρουμε και μετά σε αυτές τις εγγραφές βάζουμε στο SPS_CHECK = 'C1d'.

Στα υπόλοιπα κάνουμε τα parcels erase με τα subs κομμάτια του parcel (CLIP_PARCELS_SUBS) και μένει το καθαρό κομμάτι (νέο και τελικό πλέον αρχείο).



Στο σημείο αυτό αξιοποιούμε το αποτέλεσμα της ταξινόμησης. Πραγματοποιούμε erase (με τα μη επιλέξιμα από την ταξινόμηση στα οποία έχουμε ήδη βάλει σήμανση '1') από το αρχείο των parcels και προκύπτει νέο layer PARCELS_after_classify. Κάνουμε calculate area σε νέο field ώστε να βρεθεί η νέα 'καθαρή' έκταση για κάθε τεμάχιο. Κάνουμε join field από τα δύο layers, parcels & parcels_after_classify. Ενώνουμε στο κύριο layer parcels το πεδίο της έκτασης από το άλλο layer (area_after_classify). Ότι μείνει χωρικά, θα είναι για το κάθε ένα τελικό εναπομείναν επιλέξιμο αγροτεμάχιο και η τελική μετρηθείσα του έκταση, πάνω στην οποία θα εφαρμοστούν οι ανοχές.

Ακολουθεί ο υπολογισμός των ανοχών. Οι ανοχές υπολογίζονται σε όσα αγροτεμάχια δεν έχουν ήδη κωδικούς ελέγχου: T3, A1, A2, C1d.

Φτιάχνουμε νέο πεδίο (AREA_TOL, double) και υπολογίζουμε την ανοχή με field calculator $1,5 * \text{pixel size} * \text{PERIMETER}$ (στην περίπτωση μας το pixel size είναι 0.5). Την διαιρούμε/10.000 για να μετατραπεί σε HA. Και έχει πλέον υπολογιστεί η ανοχή.

Την πράξεις για να δούμε αν η μέτρηση είναι εντός ή εκτός ορίων ανοχής τις πραγματοποιούμε σε νέο βοηθητικό πεδίο 'RETAIN_AREA'.

Εάν $ΑΙΤΗΘΕΙΣΑ > ΜΕΤΡΗΘΕΙΣΑ + ΑΝΟΧΗ$ το τεμάχιο είναι υπερδηλωμένο.

Εάν $ΑΙΤΗΘΕΙΣΑ < ΜΕΤΡΗΘΕΙΣΑ - ΑΝΟΧΗ$ το τεμάχιο είναι υποδηλωμένο.

Τα υπερδηλωμένα τεμάχια παίρνουν κωδικό ελέγχου C3+.

Τα υποδηλωμένα τεμάχια παίρνουν κωδικό ελέγχου C3-.

Όσα τεμάχια δεν έχουν κανένα κωδικό έως τώρα είναι όσο είναι OK.

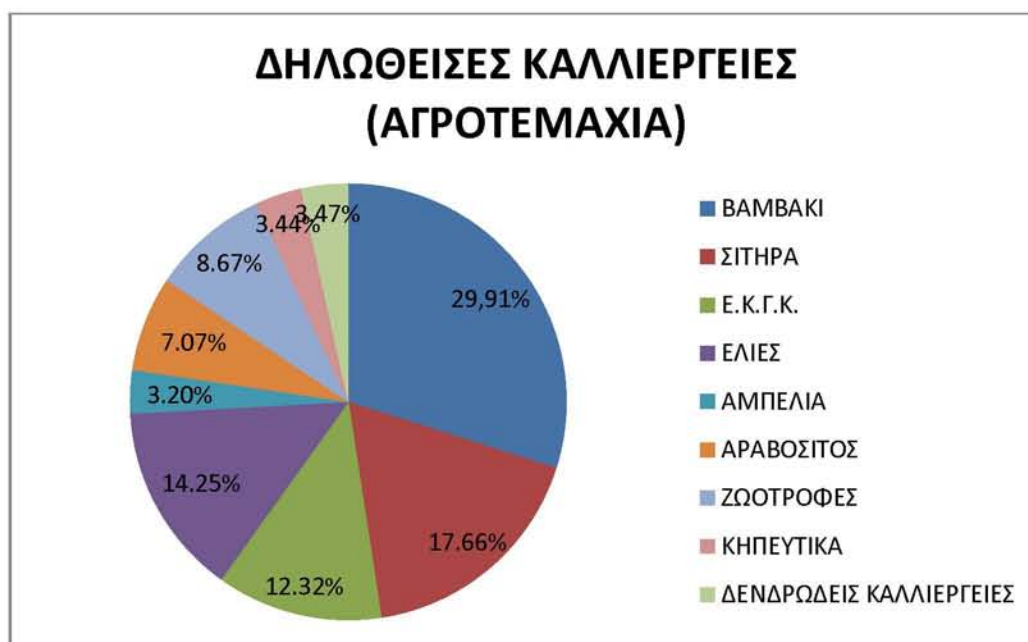
Όλες οι εκτάσεις και η περίμετρος χρειάζονται στρογγυλοποίηση σε 2 δεκαδικά (εντολή round). Μόνο η έκταση ανοχής (AREA_TOL) είναι χωρίς στρογγυλοποίηση.

Όταν έχουμε φτάσει στο τέλος της διαδικασίας πρέπει να πραγματοποιηθεί ένας τελευταίος έλεγχος γεωμετρίας. Ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

1. Multipart to singlepart (σε περίπτωση που έχει ξεμείνει κάποιο multipolygon).
2. Summarize στο πεδίο EDA_ID (σε περίπτωση που έχουν ξεμείνει δύο εγγραφές για ένα τεμάχιο, να εντοπιστούν και να διορθωθούν).
3. Check geometry (Data management tools → features → check geometry). Θα προκύψουν τα λάθη γεωμετρίας.
4. Repair geometry (Data management tools → features → repair geometry). Θα διορθωθούν τα λάθη γεωμετρίας.
5. Για επιβεβαίωση επαναλαμβάνουμε Check geometry. Θα πρέπει το αποτέλεσμα να είναι καθαρό.

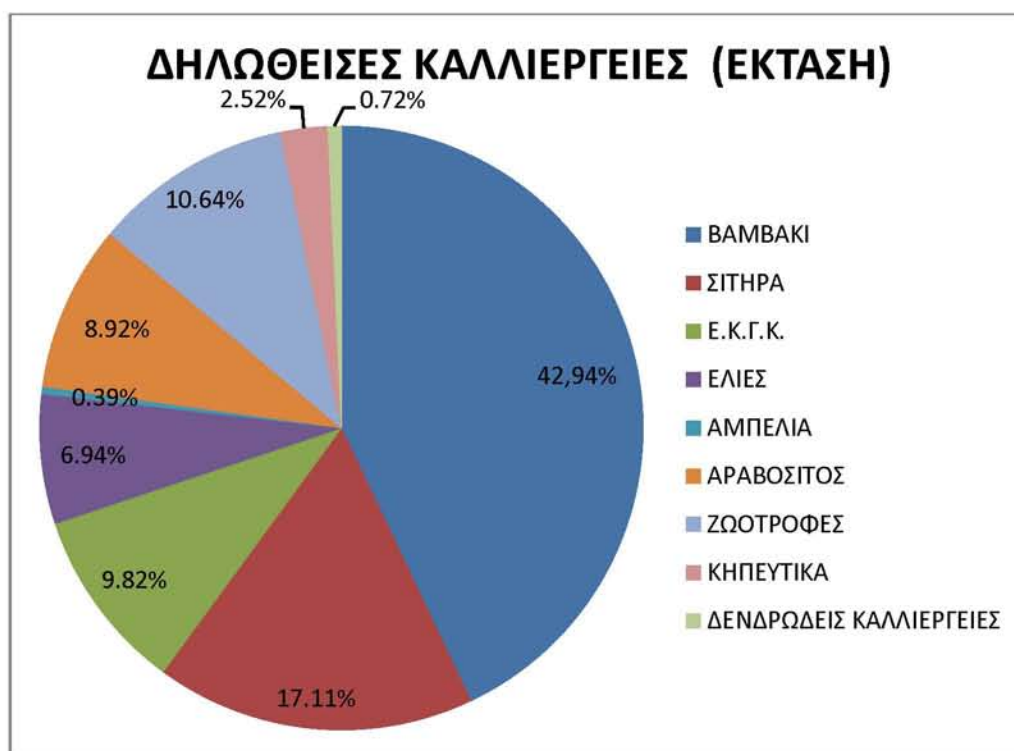
5.9 Αποτελέσματα

Συνολικά το αρχείο των πλήρων αιτήσεων που ελέγχθησαν περιελάμβανε 8.438 αγροτεμάχια από 1720 παραγωγούς. Με βάση λοιπόν την δήλωση των παραγωγών για το έτος 2014 εντός της ζώνης ελέγχου του Νομού Τρικάλων το μεγαλύτερο ποσοστό των αγροτεμαχίων που δηλώθηκαν ήταν βαμβάκια και ακολουθούν σιτηρά, ελιές, εκτάσεις σε καλή γεωργική κατάσταση (ε.κ.γ.κ.), ζωοτροφές, αραβόσιτος, δενδρώδεις καλλιέργειες, κηπευτικά και αμπέλια.



Διάγραμμα 5.1 : Ποσοστό δηλωθέντων αγροτεμάχιων ανά καλλιέργεια

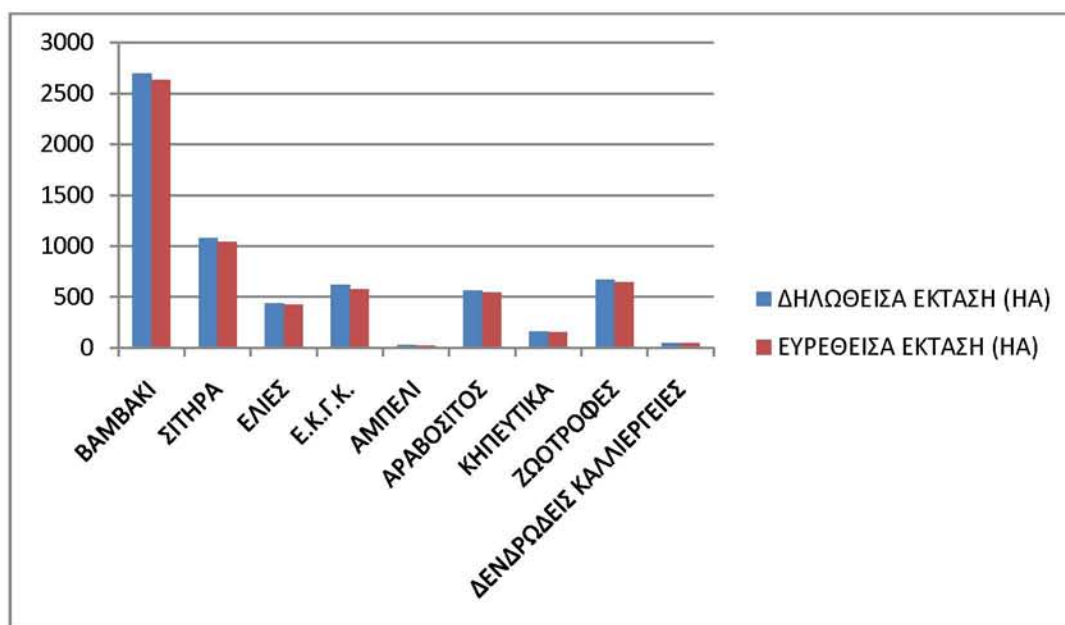
Η συνολική έκταση που δηλώθηκε και ελέγχθηκε ήταν 6.639,1ha. Από αυτή επιλέξιμα κρίθηκαν 6.299,18ha δηλ. το 94,88% της δηλωθείσας έκτασης. Συνολικά το 42,94% 2.697,84ha της αιτηθείσας έκτασης δηλώθηκε ότι καλλιεργήθηκε με βαμβάκι ενώ τα υπόλοιπα 9 είδη καλλιεργειών (σιτηρά, αραβόσιτος, ζωοτροφές, ελιές, ε.κ.γ.κ., κ.α.) κάλυπταν το 57,06 % της αιτηθείσας έκτασης προς επιδότηση.



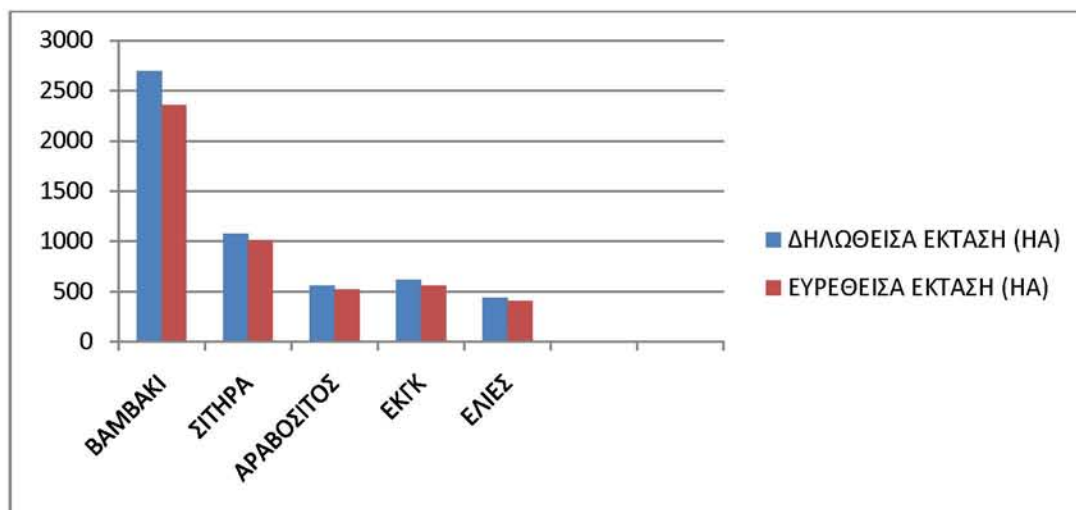
Διάγραμμα 5.2 : Ποσοστό δηλωθέντων αγροτεμαχίων ανά έκταση

Σε σύνολο Ν. Τρικάλων για το έτος 2014 δηλώθηκαν ότι καλλιεργήθηκαν 10.813,38ha βαμβακιού. Με την μέθοδο της τηλεπισκόπησης ελέγχθηκαν 2.697,84ha βαμβακιού που αντιστοιχεί στο 24,95% της συνολικά δηλωθείσας έκτασης σε βαμβάκι για το νομό. Από τον έλεγχο μέσω τηλεπισκόπησης-φωτοερμηνείας βρέθηκαν 2.357,11ha (340,73ha λιγότερα).

Στο παρακάτω διάγραμμα (5.3) βλέπουμε την διαφορά μεταξύ δηλωθείσας-ευρεθείσας έκτασης των καλλιεργειών ως προς την ενιαία ενίσχυση από την πραγματοποίηση του ελέγχου με τηλεπισκόπηση. Παρατηρούμε ότι η απόκλιση κυμαίνεται για όλα τα είδη καλλιεργειών περί του 3-4% , πέραν των καλλιεργειών που δηλώθηκαν ως εκτάσεις σε καλή γεωργική κατάσταση , όπου η απόκλιση φτάνει το 7%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ενώ η συγκεκριμένη καλλιέργεια προυποθέτει ένα τουλάχιστον όργωμα το χρόνο οι περισσότεροι παραγωγοί δηλώνουν σε αυτό τον κωδικό τα πιο δυσπρόσιτα αγροτεμάχια στα οποία δεν εφαρμόζουν τις κατάλληλες γεωργικές πρακτικές για πολλά χρόνια με αποτέλεσμα να θεωρούνται μη επιλέξιμα. Στη περίπτωση που πέραν της επιλεξιμότητας ελέγχουμε και το είδος της καλλιέργειας (βαμβάκι, σιτάρι, αραβόσιτος, κ.ο.κ.) το ποσοστό της διαφοράς αυξάνεται πολύ και συγκεκριμένα στο 12.25% για το βαμβάκι ενώ για τις υπόλοιπες καλλιέργειες κυμαίνεται από 6 έως 9% (διάγραμμα 5.4).



Διάγραμμα 5.3: Απεικόνιση δηλωθείσας-ευρεθείσας έκτασης των καλλιεργειών ως προς την ενιαία ενίσχυση.



Διάγραμμα 5.4: Απεικόνιση δηλωθείσας-ευρεθείσας έκτασης των πέντε μεγαλύτερων σε έκταση καλλιεργειών (καλύπτουν το 80% σχεδόν της δηλωθείσας έκτασης) ως προς το ειδικό καθεστώς.

Ακολουθεί ο πίνακας με όλους τους κωδικούς ελέγχου που προέκυψαν από τον έλεγχο με τηλεπισκόπηση και την επίπτωση που έχει ο κάθε κωδικός στην έκταση.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΓΙΑ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟ	ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΤΑΣΗ
T3	ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟ ΕΚΤΟΣ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	ΑΠΟΔΟΧΗ ΤΗΣ ΔΗΛΩΘΕΙΣΑΣ ΕΚΤΑΣΗΣ (ΔΕΝ ΕΛΕΓΧΕΤΑΙ ΜΕ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ)
A1	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΕΜΒΑΔΟ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟΥ	ΜΗΔΕΝΙΖΕΤΑΙ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΔΗΛΟΥΜΕΝΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ
A2	ΔΙΠΛΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟ	ΜΗΔΕΝΙΖΕΤΑΙ ΤΟ ΚΟΙΝΟ ΤΜΗΜΑ ΕΚΤΑΣΗΣ
C1d	ΜΗ ΕΠΙΛΕΞΙΜΟ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟ ΓΙΑ ΕΝΙΑΙΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗ	ΜΗΔΕΝΙΖΕΤΑΙ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ
C1c	ΜΗ ΕΠΙΛΕΞΙΜΟ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟ ΓΙΑ ΕΙΔΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ- ΑΛΛΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	ΜΗΔΕΝΙΖΕΤΑΙ ΓΙΑ ΕΙΔΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ, ΟΧΙ ΓΙΑ ΕΝΙΑΙΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗ
C3+	ΕΚΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΘΕΙΣΑ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΑΠΟ ΤΗ ΔΗΛΩΘΕΙΣΑ	ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ Η ΕΚΤΑΣΗ ΟΣΟ Η ΜΕΤΡΗΘΕΙΣΑ
C3-	ΕΚΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΘΕΙΣΑ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΑΠΟ ΤΗ ΔΗΛΩΘΕΙΣΑ	ΜΕΤΡΗΘΕΙΣΑ ΕΚΤΑΣΗ
Ok	ΣΩΣΤΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΕΚΤΑΣΗ ΕΝΤΟΣ ΟΡΙΩΝ ΑΝΟΧΗΣ	ΑΠΟΔΟΧΗ ΔΗΛΩΘΕΙΣΑΣ ΕΚΤΑΣΗΣ

Πίνακας 5.1: Κωδικοί έλεγχου αγροτεμαχίων.

ΚΩΔΙΚΟ Σ	ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΑ ΑΝΑ ΚΩΔΙΚΟ ΓΙΑ ΕΝΙΑΙΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗ	ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΑ ΑΝΑ ΚΩΔΙΚΟ ΓΙΑ ΕΙΔΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΟΣ ΒΑΜΒΑΚΟΣ
T3	914	189
A1	72	31
A2	32	4
C1d	76	-
C1c	-	325
C3+	1747	891
C3-	35	2
Ok	5562	1082

Πίνακας 5.2 : Πλήθος αγροτεμαχίων ανά κωδικό ελέγχου.

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε συγκεντρωτικά το πλήθος των αγροτεμαχίων ανά κωδικό ελέγχου. Εστιάζουμε περισσότερο στα αγροτεμάχια με καλλιέργεια βαμβακιού γιατί εκτός του ότι καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό της δηλωθείσας έκτασης (σχεδόν 43%) έχουν και την μεγαλύτερη στρεμματική επιδότηση σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες καλλιέργειες. Όσον αφορά τα αγροτεμάχια που δηλώθηκαν ως καλλιέργεια βάμβακος το 14.1% μηδενίζεται πλήρως, για το 47.58% των αγροτεμαχίων η μετρηθείσα έκταση προκύπτει από τον έλεγχο ίδια με την αιτηθείσα (υπολογιζόμενης και της ανοχής), ενώ το 35.3% των αγροτεμαχίων παρουσιάζουν απόκλιση πέραν της επιτρεπτής ανοχής μεταξύ της μετρηθείσας από τηλεπισκόπηση έκτασης και της αρχικής αιτηθείσας προς επιδότηση έκτασης. Στη τελευταία περίπτωση συγκεκριμένα, 762 αγροτεμάχια εμφανίζουν απόκλιση έως και 25% στην μετρηθείσα έκταση, 105 αγροτεμάχια έχουν απόκλιση πάνω από 25% έως και 50%, 20 αγροτεμάχια έχουν απόκλιση πάνω από 50% έως και 75% ενώ 4 αγροτεμάχια εμφανίζουν μεγαλύτερη απόκλιση από 75% στην μετρηθείσα έκταση από τηλεπισκόπηση.

5.10 Παραδείγματα περιπτώσεων ανά κωδικό ελέγχου

Στη συνέχεια θα δούμε χαρακτηριστικές περιπτώσεις για κάποιους από τους κωδικούς ελέγχου της μελέτης μας. Ξεκινάμε με δύο εικόνες της περίπτωσης όπου η έκταση του αγροτεμαχίου είναι μικρότερη της ελάχιστης επιτρεπτής έκτασης (κωδικός ελέγχου A1).



Εικόνα 5.2.a



Εικόνα 5.2.b

Στην εικόνα 5.2.a το αγροτεμάχιο έχει ψηφιοποιηθεί πάνω σε δρόμο (δεν υπήρχε στην παλαιά εικόνα). Η αιτηθείσα έκταση είναι 0.1ha, η ευρεθείσα 0.04 ha , μικρότερη από την επιτρεπτή έκταση των 0.05ha , άρα κωδικός ελέγχου A1. Στην εικόνα 5.2.a το αγροτεμάχιο έχει ψηφιοποιηθεί εντός οικοπέδου με οικία (που δεν υπήρχε στην παλαιά εικόνα). Η αιτηθείσα έκταση είναι 0.2ha, η ευρεθείσα 0.04 ha , μικρότερη από την επιτρεπτή έκταση των 0.05ha , άρα κωδικός ελέγχου A1 και σε αυτή την περίπτωση.

Συνεχίζουμε με την περίπτωση όπου έχουμε μερική ή πλήρη επικάλυψη μεταξύ των αγροτεμαχίων (κωδικός ελέγχου A2). Στην εικόνα 5.3.a έχουμε περίπτωση μερικής επικάλυψης ενώ στην εικόνα 5.3.b έχουμε ολική επικάλυψη του ενός αγροτεμαχίου οπότε η έκταση του μηδενίζεται πλήρως ενώ για το άλλο αγροτεμάχιο παραμένει το υπόλοιπο τμήμα του αφού αφαιρεθεί η κοινή επικαλυπτόμενη έκταση.



Εικόνα 5.3.a



Εικόνα 5.3.b

Στις επόμενες εικόνες 5.4.a και 5.4.b βλέπουμε δύο περιπτώσεις μη επιλέξιμων αγροτεμαχίων όπου η έκταση τους μηδενίζεται (κωδικός ελέγχου C1d). Στη μεν πρώτη περίπτωση το αγροτεμάχιο έχει ψηφιοποιηθεί εντός εγκαταστάσεως φωτοβολταϊκών, στη δε δεύτερη εικόνα έχει ψηφιοποιηθεί εντός θαμνώδους έκτασης και οι οποίες εντοπίστηκαν μέσω της ταξινόμησης.

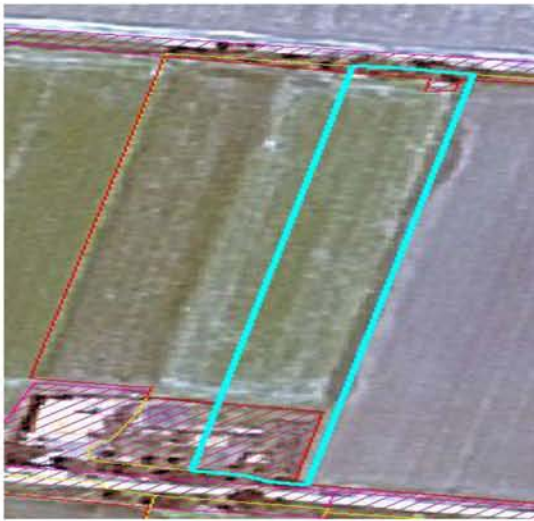


Εικόνα 5.4.a

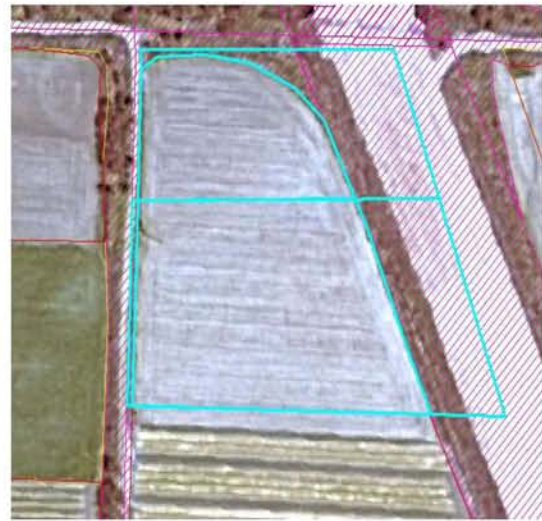


Εικόνα 5.4.b

Ακολουθεί η περίπτωση των υπερδηλωμένων αγροτεμαχίων (εικόνες 5.5.a και 5.5.b) στα οποία έχει δοθεί ο κωδικός ελέγχου C3+. Πρόκειται για αγροτεμάχια στα οποία αιτηθείσα έκταση είναι μεγαλύτερη από την μετρηθείσα συν την ανοχή. Στη δεύτερη περίπτωση βλέπουμε δύο αγροτεμάχια που ένα μέρος τους έχει δηλωθεί εντός της χάραξης του νέου αυτοκινητόδρομου E65.

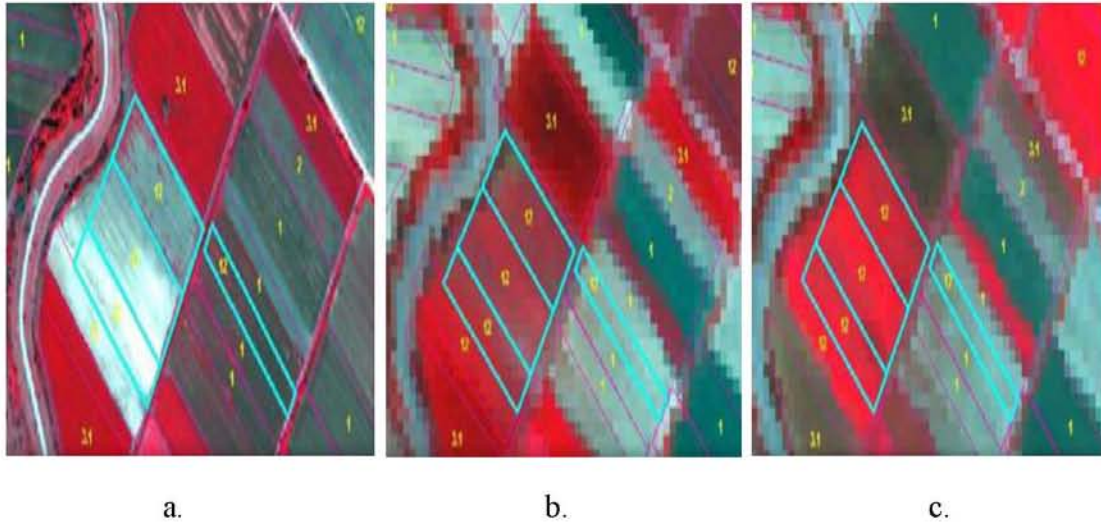


Εικόνα 5.5.a



Εικόνα 5.5.b

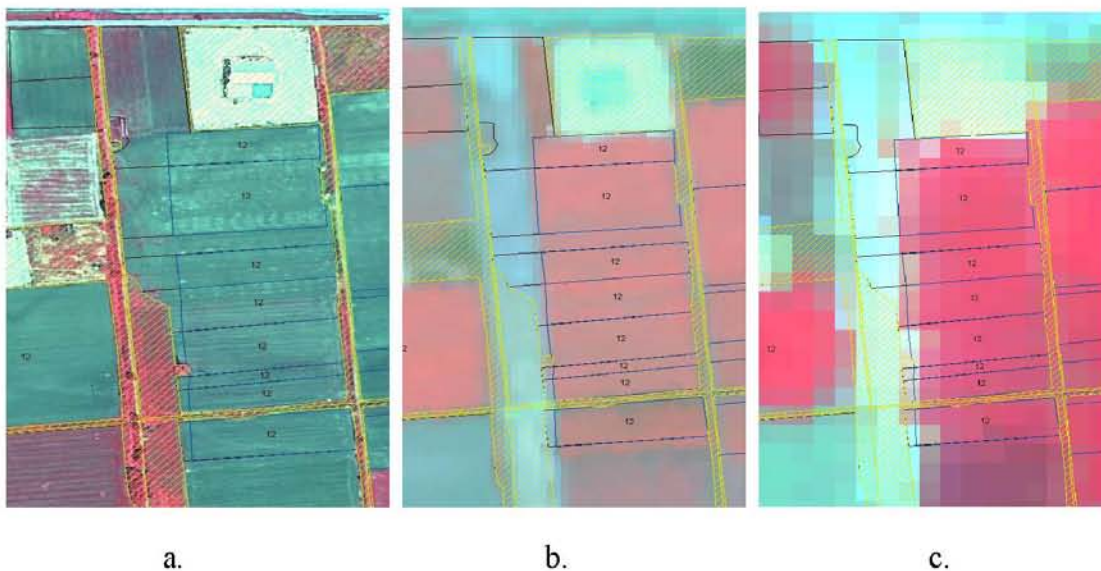
Σε κάθε μία από τις παρακάτω εικόνες (5.6, 5.7) βλέπουμε τα ίδια αγροτεμάχια σε τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους μέσα στο ίδιο έτος τον Μάιο(a), τον Ιούλιο(b) και τον Αύγουστο(c). Συγκρίνοντας τα ίδια χωράφια στις τρεις εικόνες (a, b, c), μπορούμε να δούμε ότι το σήμα είναι διαφορετικό. Τα χωράφια που εμφανίζονται κόκκινα (υψηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο) είναι γεμάτα βλάστηση, ενώ αυτά που εμφανίζονται γαλαζοπράσινα (χαμηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο) είτε έχουν πολύ λίγη βλάστηση ή καθόλου. Γνωρίζοντας τα είδη των καλλιεργειών της ζώνης ελέγχου και τα χαρακτηριστικά κάθε καλλιέργειας, όπως το πότε μια καλλιέργεια έχει φυτευτεί και συγκομισθεί, μπορούμε να εξετάσουμε το σήμα πολυφασματικής ανάκλασης σε κάθε στάδιο ανάπτυξης και να προσδιορίσουμε ποιές καλλιέργειες αναπτύσσονται σε κάθε χωράφι.



Εικόνα 5.6

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε τέσσερα αγροτεμάχια που έχουν δηλωθεί με καλλιέργεια βάμβακος. Το δεξί αγροτεμάχιο δεν εμφανίζεται κόκκινο τον Ιούλιο και τον Αύγουστο όπου το βαμβάκι έχει υψηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο εκείνους τους μήνες, σε αντίθεση με τα τρία αγροτεμάχια στα αριστερά της εικόνας επομένως το συγκεκριμένο αγροτεμάχιο μηδενίζεται.

Στην περίπτωση της εικόνας 5.7 βλέπουμε ότι δυτικά των αγροτεμάχιων έχουμε την χάραξη νέου δρόμου που δεν υπήρχε τον Μάιο, όπου βλέπουμε τα αγροτεμάχια οργωμένα και σπαρμένα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η έκτασή τους.



Εικόνα 5.7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το περιβάλλον, η αειφορική ανάπτυξη, η ατμόσφαιρα, το νερό και η βλάστηση, είναι πλέον θέματα παγκόσμιου ενδιαφέροντος και η προστασία τους απαιτεί την συλλογή στοιχείων, με αξιόπιστες μεθόδους σε πραγματικό (σε πολλές περιπτώσεις) χρόνο και την εξαγωγή πληροφοριών σε μορφή κατανοητή και άμεσα επεξεργάσιμη από χρήστες. Η Τηλεπισκόπηση και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν δύο σύγχρονα εργαλεία για τη πραγματοποίηση των παραπάνω καθώς διέπονται από το αναμφισβήτητο πλεονεκτήματα της αμερόληπτης συλλογής στοιχείων και πληροφοριών, σε (σχεδόν) πραγματικό χρόνο. Η τεχνολογική εξέλιξη των μεθόδων και τεχνικών της Τηλεπισκόπησης και των Γ.Σ.Π. δημιουργούν τις προϋποθέσεις για μια ολοκληρωμένη προσπάθεια διαχείρισης και προστασίας του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος.

Η παρούσα μελέτη εστιάζει στις τεχνικές διασταύρωσης ελέγχου των δηλώσεων των τύπων καλλιεργειών με τη χρήση μεθόδων τηλεπισκόπησης και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών σε ζώνη ελέγχου του νομού Τρικάλων για το έτος 2014.

Η επιλογή της μελέτης περίπτωσης ελέγχου των δηλώσεων των τύπων καλλιεργειών υπό την σκοπιά της αξιοποίησης δορυφορικών ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων μέσω της τεχνικής ψηφιακής ανίχνευσης μεταβολών και την μετέπειτα διαχείριση, χωρική ανάλυση και οπτικοποίηση των εξαγόμενων πληροφοριών - συμπερασμάτων, αποτελεί ένα χειροπιαστό επίτευγμα συγκερασμού των μεθόδων και τεχνικών της Τηλεπισκόπησης και των Γ.Σ.Π. προκειμένου τα εν λόγω εργαλεία να ενσωματωθούν σε μια ολοκληρωμένη διαχειριστική, αλλά και δυναμική προσέγγιση.

Η παρούσα διπλωματική εργασία κατέδειξε και παρουσίασε τις πολλαπλές δυνατότητες χρήσεως και επιλογών των εξελεγμένων τεχνικών και μεθόδων της ψηφιακής επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων και συγκεκριμένα των τεχνικών ταξινόμησης στην ανίχνευση, τον προσδιορισμό και την ανάδειξη ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών, για τη γη και το περιβάλλον γενικότερα.

Το οικονομικό όφελος από την εφαρμογή της ανωτέρω μεθοδολογίας είναι μεγάλο τόσο κατά τον άξονα της δίκαιης επιδότησης των πραγματικών παραγωγών όσο και κατά τον άξονα της διαχείρισης του ανθρώπινου δυναμικού. Σε ότι αφορά τον πρώτο, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης σύμφωνα με τα οποία η συνολική έκταση των επιλέξιμων αγροτεμάχιων που προέκυψαν από την Τηλεπισκόπηση ανέρχονται σε 6.299,18ha σε αντίθεση με τη συνολικά δηλωθείσα έκτασή των 6.639,1ha μια διαφορά της τάξης του 5,18% που αντιστοιχούν σε περίπου 270.000€ ποσού επιδότησης, ενώ όσον αφορά την καλλιέργεια βαμβακιού βρέθηκαν 340,73ha ή 12,63% λιγότερα από όσα δηλώθηκαν που αντιστοιχούν στο ποσό των 245.000€ περίπου. Παρατηρείται από τα προηγούμενα, ότι τα προς επιδότηση αγροτεμάχια έχουν σημαντικά μειωμένη έκταση και θα μπορούσαν τα χρήματα αυτά να δοθούν σε εκείνους που πραγματικά καλλιεργήσαν.

Επιπλέον, όσο αφορά το κόστος διαχείρισης του ανθρώπινου δυναμικού επισημαίνεται ότι με την χρήση της Τηλεπισκόπησης αυτό διατηρείται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα, εν αντιθέσει με τις παραδοσιακές μεθόδους που χρησιμοποιούνται και οι οποίες απαιτούν τη συμμετοχή πολυάριθμης ομάδας ανθρώπων σε μία συνήθως εκτός έδρας εξόρμηση για μεγάλο χρονικό διάστημα. Πιο συγκεκριμένα, αν αναλογιστούμε ότι προκειμένου να ελεγχθούν μόνο τα αγροτεμάχια βάμβακος (2.524) και όχι το σύνολο των δηλωμένων αγροτεμαχίων (8.438) σε εύλογο χρονικό διάστημα της τάξης του ενός μήνα (20 εργάσιμες ημέρες) και υπό την προϋπόθεση ότι κάθε ελεγκτής μπορεί να ελέγχει περίπου 20 αγροτεμάχια την ημέρα, τότε χρειάζεται μία ομάδα των 6-7 ατόμων για να φέρει σε πέρας το εν λόγω έργο. Επιπλέον, γνωρίζοντας ότι ο κάθε ελεγκτής κοστίζει περίπου 75€ την ημέρα πέραν του μισθού του τότε το κόστος με αυτή τη μέθοδο ανέρχεται σε 10.500€. Για τον έλεγχο του συνόλου των δηλωμένων αγροτεμαχίων με τον παραδοσιακό τρόπο το κόστος ανέρχεται σε 35.000€ περίπου. Αντιθέτως, το κόστος με τη μέθοδο της Τηλεπισκόπησης για την ίδια μελέτη περίπτωσης ανέρχεται σε περίπου σε 250€ (το κόστος ενός ελεγκτή για στίγματα επιτοπίου ελέγχου, οι εικόνες προμηθεύονται δωρεάν).

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι το κόστος με την παραδοσιακή μέθοδο είναι υπέρογκο σε σχέση με το κόστος της Τηλεπισκόπησης. Συνοψίζοντας, η Τηλεπισκόπηση αποτελεί μια ποιοτικά ελεγχόμενη μέθοδο αισθητά χαμηλού κόστους, η οποία απαιτεί περιορισμένο ανθρώπινο δυναμικό και ελάχιστες εξορμήσεις στο ύπαιθρο για να οδηγήσει σε ένα αποτέλεσμα συγκεκριμένης μετρητικής ακρίβειας. Επιπλέον, με την χρήση της Τηλεπισκόπησης, οι παραγωγοί λαμβάνουν τις επιδοτήσεις της πολιτείας έγκυρα και έγκαιρα, ενώ το κράτος μπορεί να προβεί σε χρηστή διαχείριση των οικονομικών του πόρων προς όφελος του πολίτη.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αργιαλάς Δ.(1998).«Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση», Εγχειρίδιο μαθήματος, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα.
2. Αργιαλάς Δ.(2000).«Φωτοερμηνεία – Τηλεπισκόπηση», Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών , Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα.
3. Καπαγερίδης Ι.(2010).«Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών», ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη.
4. Καρτάλης Κ., Φειδάς Χ. (2006). «Αρχές & Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης», Εκδόσεις Γκιούρδας, Αθήνα.
5. Καρτέρης Μ. Α., (2004). « Τηλεπισκόπηση περιβάλλοντος», ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
6. Κόλλια–Κουσουρή Β., (2003). « Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών Σημειώσεις διδασκαλίας», Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
7. Κουτσόπουλος Κ. (2002).«Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
8. Μέρτικας Σ. (2006). «Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας», Εκδόσεις Ίων, Αθήνα.
9. Μηλιαρέσης Γ. (2006).«Φωτοερμηνεία Τηλεπισκόπηση », Εκδόσεις Ίων , Αθήνα.
10. Robinson, (2002). « Στοιχεία χαρτογραφίας » . Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Aronoff S, (1989). Geographic information systems: a management perspective, publ, Ottawa.
2. Clevers, Jongschaap R.(2001).«Imaging spectrometry for agricultural applications. Imaging Spectrometry: Basic Principles and Prospective Applications», Kluwer Academic Publishers.
3. Fabri, A.G., (1992). Remote sensing, geographic information systems and the environment: a review of interdisciplinary issue. ITC journal.
4. Landgrebe David A.(2003). «Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing, Wiley Interscience.
5. Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., (1994). Remote and image interpretation. John Willy and Sons. Inc. (third edition).

6. Richards J.A. (1986). «Remote Sensing Image Analysis», Berlin.
7. Van der Meer, De Jong(2001).«Imaging Spectrometry. Basic Principles and Prospective Applications», Kluwer Academic Publishers.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. http://lms.seos-project.eu/learning_modules/agriculture/agriculture-c00-p01.html
2. http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_GR/SEMH8NJSNDG_0.html
3. http://www.ssec.wisc.edu/sose/pirs/pirs_m1_leo.html
4. http://cimss.ssec.wisc.edu/sage/remote_sensing/lesson1/concepts.html
5. http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEM43O6SXIG_0.html

