



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Πληροφορική»



Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Περιβαλλοντικές Εφαρμογές με Λογισμικά Ανοικτού Κώδικα / Environmental Applications using Open Source Software
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Δημήτριος Γαλιώνης
Πατρώνυμο	Νικόλαος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ 09057
Επιβλέπουσα	Αικατερίνη Καμπάση, Διδάκτωρ

Ημερομηνία Παράδοσης

Οκτώβριος 2013

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	9
Abstract	9
1. Εισαγωγή.....	10
1.1 Γενικά	10
1.2 Στόχος της εργασίας	10
1.3 Οργάνωση.....	11
2. Ανασκόπηση Επιστημονικού Πεδίου.....	12
2.1 Τηλεπισκόπηση.....	12
2.2 Αρχές φωτοερμηνείας	13
2.3 Περιγραφή δεδομένων για την Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση	13
2.4 Λογισμικά τηλεπισκόπησης	14
2.4.1 Κλασικά λογισμικά τηλεπισκόπησης	14
2.4.2 Εξειδικευμένα λογισμικά τηλεπισκόπησης	15
2.4.3 Διαχωρισμός εμπορικών και ελεύθερων λογισμικών	16
2.4.4 Διαχωρισμός ανάλογα με το δομικό στοιχείο	17
2.5 Τηλεπισκοπικοί Δέκτες.....	18
2.5.1 Οπτικοί – Παθητικοί δέκτες.....	18
2.5.2 Ενεργητικοί δέκτες	19
2.6 Τηλεπισκοπικά δεδομένα IKONOS.....	19
2.6.1. Γενικά Στοιχεία	19
2.6.2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	19
2.7 Δορυφόρος Envisat - Δεδομένα Meris	20
2.8 Τεχνολογία LIDAR.....	21
2.8.1. Γενικά.....	21
2.8.2. Μέθοδος Λειτουργίας Lidar.....	22
2.8.3. Γενική Οργανολογία Συστήματος Lidar	24
2.8.4. Είδη Συστημάτων Lidar	24
2.8.5. Εφαρμογές Τεχνολογίας Lidar	25
2.8.6. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Τεχνολογίας Lidar.....	27
2.9 Ψηφιακό Υψομετρικό μοντέλο – Αρχεία DEM.....	27
2.9.1 Γενικά	27
2.9.2 Διαχωρισμός DEM, DSM και DTM	27
2.9.3 Τύποι DEM	28
2.9.4 Παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων	28
2.9.5 Μέθοδοι δημιουργίας DEM	29
2.9.6 Χρήσεις	29
3. Λογισμικό Beam Visat	30
3.1 Βασικά χαρακτηριστικά	30
3.2 Υποστηριζόμενα δεδομένα	31
4. Λογισμικό Orfeo Toolbox και Monteverdi	32
4.1 Βασικά Χαρακτηριστικά.....	32
4.2 Εγκατάσταση OTB και Monteverdi.....	35
4.3 Περιεχόμενα μενού του Monteverdi	35

4.3.1 Μενού File.....	37
4.3.2 Μενού Visualisation	40
4.3.3 Μενού Learning	41
5. Λογισμικό QuantumGIS.....	43
5.1 Βασικά χαρακτηριστικά	43
5.2 Περιεχόμενα Μενού.....	44
6. Παρακολούθηση Δείκτη Βλάστησης NDVI	45
6.1 Περιοχή Μελέτης.....	45
6.2 Δεδομένα.....	46
6.3 Μεθοδολογία	46
6.3.1 Δείκτης βλάστησης NDVI.....	46
6.1.4 Αλγόριθμος NDVI Beam Visat.....	47
7 Ταξινόμηση χρήσεων γης.....	56
7.1 Περιοχή Μελέτης.....	56
7.2 Δεδομένα.....	56
7.3 Μεθοδολογία	56
7.3.1 Μηχανές Διανυσματικής Υποστήριξης – Support Vector Machine (SVM)	61
7.3.2 Ταξινόμηση σε χρήση γης με εφαρμογή SVM.....	63
8. Συμπεράσματα - Ανάλυση Αποτελεσμάτων.....	75
8.1 Παρακολούθηση Δείκτη Βλάστησης NDVI.....	75
8.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων ταξινόμησης χρήσεων γης	80
9.Βιβλιογραφία.....	81

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Όργανα δορυφόρου Envisat.....	21
Εικόνα 2.2 : Αερομεταφερόμενο Σύστημα Lidar τεχνολογίας.....	23
Εικόνα 2.3 : Πολλαπλές επιστροφές παλμών συστήματος Lidar	24
Εικόνα 2.4 : Γενική αρχή λειτουργίας Lidar τεχνολογίας	24
Εικόνα 2.5 : Απεικόνιση DSM και DTM	27
Εικόνα 4.1 : Κεντρικό μενού Monteverdi	37
Εικόνα 4.2 : Κεντρικό μενού File Monteverdi	38
Εικόνα 4.3 : Κεντρικό μενού Visualisation Monteverdi	40
Εικόνα 4.4 : Κεντρικό μενού Learning Monteverdi	42
Εικόνα 5.1 : Σύστημα διεπαφής Quantum GIS	44
Εικόνα 6.1 : Στιγμιότυπο οθόνης υπολογισμού NDVI	48
Εικόνα 6.2 : Στιγμιότυπο οθόνης καθορισμού παραμέτρων NDVI.....	49
Εικόνα 6.3 : Εικόνα Meris έτους 2007	50
Εικόνα 6.4 : Εικόνα NDVI έτους 2007	50
Εικόνα 6.6 : Εικόνα NDVI έτους 2008	52
Εικόνα 6.7 : Εικόνα Meris έτους 2009	52
Εικόνα 6.8 : Εικόνα NDVI έτους 2009	53
Εικόνα 6.9 : Εικόνα Meris έτους 2010	54
Εικόνα 6.10 : Εικόνα NDVI έτους 2010	54
Εικόνα 6.11 : Εικόνα Meris έτους 2011	55
Εικόνα 6.12 : Εικόνα NDVI έτους 2011	55
Εικόνα 7.1 : Εισαγωγή των δορυφορικών δεδομένων ως raster αρχεία.....	57
Εικόνα 7.2 : Εμφάνιση LIDAR αρχείου πριν την διαδικασία contrast enhancement.....	57
Εικόνα 7.3 : Διαδικασία contrast enhancement.....	58
Εικόνα 7.4 : Οπτικοποίηση του LIDAR αρχείου μετά την ‘Stretch to MinMax’ εφαρμογή	58
Εικόνα 7.5 : Δημιουργία shapfile από το μενού επίπεδο.	59
Εικόνα 7.6 : Επιλογή τύπου shapfile και συστήματος αναφοράς συντεταγμένων.	59
Εικόνα 7.7 : Λειτουργία επεξεργασίας (editing) του shapfile	60
Εικόνα 7.8 : Δημιουργία πολυγώνου περιοχής ενδιαφέροντος	60
Εικόνα 7.9 : Μέθοδος clip(συνδετήρα) για εξαγωγή τμήματος από μια εικόνα raster.....	61
Εικόνα 7.10 : Υπερεπίπεδα για ταξινόμηση των δεδομένων	62
Εικόνα 7.11 : Αναπαράσταση γραμμικών μηχανών υποστήριξης διανυσμάτων	62
Εικόνα 7.12 : Πιθανά υπερεπίπεδα	63
Εικόνα 7.13 : Μενού για την επιλογή Open dataset	64
Εικόνα 7.14 : Άνοιγμα και επιλογή δορυφορικών αρχείων	64

Εικόνα 7.15 : Επιλογή της λειτουργίας concatenate	65
Εικόνα 7.16 : Επιλογή αρχείων για εφαρμογή concatenate.....	65
Εικόνα 7.17 : Απεικόνιση αρχείων από το μενού Visualization.....	66
Εικόνα 7.18 : Επιλογή αρχείων για απεικόνιση μέσω Viewer	66
Εικόνα 7.19 : Δορυφορική εικόνα IKONOS – band 1	67
Εικόνα 7.20 : Ιστόγραμμα και πληροφορίες εικονοστοιχείου	67
Εικόνα 7.21 : Δορυφορική εικόνα IKONOS – band 2.....	68
Εικόνα 7.22 : Δορυφορική εικόνα IKONOS – band 3.....	68
Εικόνα 7.23 : Παραγόμενη εικόνα με την εφαρμογή της λειτουργίας concatenate	69
Εικόνα 7.24 : Λειτουργία ‘Extract ROI from dataset’	70
Εικόνα 7.25 : Επιλογή περιοχής ενδιαφέροντος και ορισμός συντεταγμένων	71
Εικόνα 7.26 : Νέα περιοχή ενδιαφέροντος	71
Εικόνα 7.27 : SVM classification	72
Εικόνα 7.28 : Επιλογή αρχείου για ταξινόμηση	72
Εικόνα 7.29 : Περιβάλλον για δημιουργία κλάσεων	73
Εικόνα 7.30 : Ορισμός πολυγώνων ως training sets	73
Εικόνα 7.31 : Τελικό αποτέλεσμα SVM ταξινόμησης	74
Εικόνα 7.32 : Ποιοτική αξιολόγηση πρωτογενούς εικόνας και της SVM ταξινόμησης.	74
Εικόνα 7.33 Προετοιμασία αξιολόγησης (validation).....	75
Εικόνα 7.34 : Πίνακας Σύγχυσης.....	75
Εικόνα 8.1 : Χρονική κατανομή τιμών NDVI.....	76
Εικόνα 8.2 : Δείκτης Βλάστησης για Burn01	77
Εικόνα 8.3 : Δείκτης Βλάστησης για Burn06	77
Εικόνα 8.4 : Δείκτης Βλάστησης για Burn07	78
Εικόνα 8.5 : Δείκτης Βλάστησης για Burn08	78
Εικόνα 8.6 : Δείκτης Βλάστησης για UnBurn13.....	79
Εικόνα 8.7 : Δείκτης Βλάστησης για UnBurn15.....	79

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2.1: Διάκριση λογισμικών σε ελεύθερα και εμπορικά	17
Πίνακας 2.2: Διάκριση λογισμικών ανάλογα με το δομικό τους στοιχείο.....	18
Πίνακας 2.3: Φασματική Διακριτική Ικανότητα	20
Πίνακας 3.1 : Format δεδομένων που υποστηρίζονται από Beam	31
Πίνακας 3.2 : Υποστηριζόμενες μορφές Raster	32
Πίνακας 4.1 : Βασικές εφαρμογές OTB	35
Πίνακας 4.2 : Διαθέσιμα πακέτα OTB	35

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πειραιώς και ακολουθεί τη δομή που προβλέπεται από τον αντίστοιχο Οδηγό Σπουδών της σχολής. Το συγκεκριμένο θέμα ανατέθηκε από τον Λέκτορα Δρ. Ευθύμιο Αλέπη και η επεξεργασία και ανάπτυξη του θεματος υλοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του Εθνικού Κέντρου Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος» στα εργαστήρια του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, υπό τη συνεχή καθοδήγηση της ερευνήτριας Δρ. Ελένης Χάρου. Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όσους βοήθησαν να υλοποιηθεί η παρούσα εργασία. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Ευθύμιο Αλέπη, που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ και να συνδέσω δύο διαφορετικές επιστήμες, τη δασολογία και την πληροφορική και την Ερευνήτρια Δρ. Ελένη Χάρου για την απεριόριστη εμπιστοσύνη, περισσή υπομονή και την αμέριστη συμπαράσταση που επέδειξε κατά την διάρκεια εκπόνησής της μεταπτυχιακής διατριβής. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Δρ. Καμπάση Αικατερίνη, η οποία αποτέλεσε το συνδετικό κρίκο για την επαφή μου και συνεργασία με την Ερευνήτρια Δρ. Ελένη Χάρου.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιδιώκεται αξιολόγηση ελεύθερων λογισμικών για την επεξεργασία τηλεπισκοπικών δεδομένων για την εξαγωγή χρήσιμων περιβαλλοντικών πληροφοριών. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζονται α) τα ελεύθερα λογισμικά Beam Visat και Eoli-sa για τη διαχρονική παρακολούθηση και ανάλυση βλάστησης καμένων δασικών εκτάσεων στην περιοχή της Πάρνηθας για τα έτη 2007-2011 με τη χρήση μεσαίας ανάλυσης (300μ) δορυφορικών εικόνων MERIS ENVISAT. .και β) τα ελεύθερα λογισμικά Quantum GIS και OTB Monteverdi για την ταξινόμηση χρήσεων γης στην περιοχή Καλλιθέας- Φιλοπάππου με τη χρήση υψηλής ανάλυσης (1μν) δορυφορικών εικόνων Ikonos και δεδομένων Lidar

Το γενικότερο συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι τα ελεύθερα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν ανταποκρίνονται πλήρως στις ανάγκες των συγκεκριμένων εφαρμογών και μπορούν να χρησιμοποιούνται με ασφάλεια. Σαν ειδικότερα συμπεράσματα και αποτελέσματα της διατριβής προκύπτουν μια αιτιολογημένη παρουσίαση και ανάλυση της πορείας αναγέννησης καμένων δασικών εκτάσεων στην Πάρνηθα και μια ενημερωμένη χαρτογραφική και ποσοτική απεικόνιση των χρήσεων γης στην περιοχή Καλλιθέας Φιλοπάππου.

Abstract

This dissertation seeks free evaluation software for processing satellite data and to extract useful environmental information. The first case concerns the free software and Beam Visat Eoli-sa for analyzing vegetation burnt forest area of Parnitha, with satellite data Meris satellite system Envisat, calculating the vegetation index NDVI during 2007-2011. Satellite images are retrieved from the internet and more specifically from the website <https://oa-es.eo.esa.int/ra/> (website for downloading satellite images of various types) in combination with software Eoli-sa 7.22 and the treatment was with software Beam Visat 4.9.

In the second case evaluated free software Quantum GIS in conjunction with the GUI Monteverdi Orfeo Toolbox library for the analysis of satellite images Ikonos high-resolution analysis, pictures and images Lidar DEM - Digital Terrain Model in order to classify land uses and identify the urban green area of Filopapou in Attica. The study area extends in Attica between Kallithea Municipality and the Municipality of Athens. The aim is to develop methodology and application, investigation and classification of land cover cases reflected in the available images, for the automated identification of urban green space and creating a sequence of processes that are flexible and applicable in different situations.

The process of remote sensing data processing and object-oriented image analysis is done with free software Quantum Gis and OTB Monteverdi. The Quantum GIS (QGIS) is an open source GIS software, user-friendly, which can be viewed, management, processing, analysis and synthesis of images that are in raster / grid files (raster) or vector files (vector). The GUI library Monteverdi CTB provides sorting objects using techniques of supervised and unsupervised classification, feasibility object model work for the automatic classification categories, ability to use multiple satellite data of different spatial and radiometric resolution in single interface for simultaneous processing, possibility of enhancing images using techniques for transforming histogram, channel operations and mathematical transformations.

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις για αειφόρο διαχείριση του περιβάλλοντος παράλληλα με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, αλλά και με την πληθώρα των δορυφορικών και εναέριων πληροφοριών, επιτρέπουν σήμερα την παρακολούθηση και προγραμματισμό διαδικασιών στη κατεύθυνση .

Παλαιότερα πολλές από αυτές τις εργασίες γίνονταν με Φωτοερμηνεία, η οποία είναι όμως υποκειμενική, χρονοβόρα και δαπανηρή. Με την είσοδο της τεχνολογίας στο αντικείμενο της Φωτοερμηνείας-Τηλεπισκόπησης, υπάρχει δυνατότητα για μεγάλη βελτίωση στην αντικειμενικότητα, ταχύτητα και ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί και διατίθενται κατάλληλα λογισμικά, κυρίως εμπορικά, αλλά, στη συνέχεια, και ελεύθερα – ανοικτού κώδικα λογισμικά.

Τα εμπορικά λογισμικά είναι κλειστά, δεν αφήνουν τον χρήστη να προσαρμόσει τις λειτουργίες τους σύμφωνα με τις ανάγκες του, ούτε να προσαρμόσει τους αλγορίθμους που υπάρχουν σε αυτά μην γνωρίζοντας σε κάποιες περιπτώσεις τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για το τελικό αποτέλεσμα. Αντίθετα, τα ανοικτού κώδικα λογισμικά, δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να γνωρίσει και να επέμβει αν το επιθυμεί στους αλγορίθμους και σε όλα τα όλα τα διαθέσιμα εργαλεία.

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να οριστεί το ελεύθερο – ανοικτού κώδικα λογισμικό και να προσδιοριστούν οι αρχές και τα πλεονεκτήματά του. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα για οποιαδήποτε χρήση, ο κώδικάς του είναι διαθέσιμος και μπορεί να μελετηθεί ελεύθερα, μπορεί να διανεμηθεί ελεύθερα καθώς είναι νόμιμη η αντιγραφή του και τέλος μπορεί να τροποποιηθεί ελεύθερα από οποιονδήποτε, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βελτίωσή του.

Συνήθως τα ελεύθερα λογισμικά διανέμονται δωρεάν. Τα πλεονεκτήματα του ελεύθερου λογισμικού είναι πάρα πολλά. Αρχικά ήδη υπάρχει πληθώρα σχετικού λογισμικού διαθέσιμη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιονδήποτε, έπειτα μπορεί να γίνει πολύ εύκολα μεταφορά και εξάπλωση της τεχνογνωσίας καθώς όλος ο κώδικας είναι ανοιχτός σε οποιονδήποτε.

Επίσης ένα άλλο πλεονέκτημα του ελεύθερου λογισμικού είναι το γεγονός πως με την απόκτηση ενός ορισμένου επιπέδου γνώσης, ο καθένας μπορεί να τροποποιήσει τον κώδικα σύμφωνα με τις ανάγκες και τις προτιμήσεις του, ενώ παράλληλα μπορεί να ελέγξει τα αποτελέσματά του καθώς αυτός είναι υπεύθυνος για αυτά. Τέλος, στο ελεύθερο λογισμικό πολύ σημαντική θέση έχει η κοινότητα η οποία το υποστηρίζει. Με την είσοδο του κάθε χρήστη στο ελεύθερο λογισμικό, αυτομάτως υπάρχει και η αντίστοιχη κοινότητα η οποία τον υποστηρίζει και τον βοηθάει σε τυχόν προβλήματα και απορίες του. Με την σειρά του, όταν αυτός θα γίνει πιο έμπειρος χρήστης θα συνεχίσει την αλυσίδα, λύνοντας απορίες των νεώτερων χρηστών.

Ένα λογισμικό που διανέμεται δωρεάν ενδιαφέρει φορείς που ασχολούνται με το περιβάλλον, όπως φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης, ΜΚΟ κ.λ.π., οι οποίοι δεν έχουν τη δυνατότητα να προμηθευτούν εμπορικά λογισμικά.

1.2 Στόχος της εργασίας

Στόχος της συγκεκριμένη εργασίας, είναι η παρουσίαση και αξιολόγηση ελεύθερων λογισμικών επεξεργασίας τηλεπισκοπικών δεδομένων για την υλοποίηση βασικών εφαρμογών περιβαλλοντικής διαχείρισης. Οι εφαρμογές πάνω στις οποίες εξετάστηκαν τα λογισμικά αφορούν α) την παρακολούθηση της αναγέννησης καμένων δασικών εκτάσεων μέσω δεικτών βλάστησης και β) την ταξινόμηση χρήσεων γης αστικής περιοχής και ειδικότερα τον εντοπισμό αστικού πρασίνου. Στην πρώτη εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες μεσαίας ανάλυσης (300μ) από τον ανενεργό πλέον δορυφόρο Envisat, συγκεκριμένα από τον αισθητήρα Meris, και στη δεύτερη συνδυασμός υψηλής ανάλυσης (1μ) δορυφορικών εικόνων Ikonos και δεδομένων Light Detection and Ranging (LIDAR).

Τα ελεύθερα λογισμικά που εξετάστηκαν είναι τα λογισμικά Beam Visat 4.9 (<http://www.brockmann-consult.de/cms/web/beam/>), Quantum GIS 1.8.0 (<http://www.qgis.org/en/about-qgis/qgis-releases/149-qgis-18-release.html>) και Orfeo ToolBox

Monteverdi 1.12 (<http://www.orfeo-toolbox.org/otb/monteverdi.html>).

Το Beam Visat είναι ένα ανοιχτού κώδικα εργαλείο και πλατφόρμα ανάπτυξης για την προβολή, ανάλυση και επεξεργασία ψηφιδωτών δεδομένων τηλεπισκόπησης (raster). Αρχικά αναπτύχθηκε για να διευκολύνει την αξιοποίηση δεδομένων από οπτικά όργανα του δορυφόρου **Envisat**, τώρα όμως υποστηρίζει έναν αυξανόμενο αριθμός από άλλες μορφές δεδομένων raster, όπως GeoTIFF και NetCDF καθώς κι από άλλους αισθητήρες παρατήρησης γης όπως MODIS, AVHRR, AVNIR, PRISM και CHRIS / Proba.

Το Quantum GIS είναι ένα desktop GIS με δυνατότητες διαχείρισης, εισαγωγής, οπτικοποίησης και διόρθωσης γεωγραφικών δεδομένων. Στο Quantum GIS μπορούμε να εισάγουμε δεδομένα χωρικά και να τα επεξεργαστούμε με πολύ απλό τρόπο. Το Quantum GIS είναι μία εφαρμογή ανοικτού κώδικα που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία, τροποποίηση, ανάλυση και παρουσίαση των γεωγραφικών δεδομένων.

Το γραφικό περιβάλλον Monteverdi της βιβλιοθήκης OTB προσφέρει συγκεκριμένες λειτουργίες για την επεξεργασία τηλεσκοπικών εικόνων σε γενικές γραμμές, αλλά και για εικόνες με υψηλή χωρική ανάλυση. Οι κύριες λειτουργίες που έχει σήμερα το Monteverdi αποτελούν τα βασικά εργαλεία της τηλεπισκόπησης, δηλαδή, φίλτρα, γεωμετρικές διορθώσεις, καταμήσεις, ταξινόμησης, πράξεις καναλιών, επεξεργασία SAR εικόνων και απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Το περιβάλλον του μπορεί να προσαρμοστεί τόσο από εφαρμογές που στηρίζονται σε εικονοστοιχεία (pixel) όσο και από εφαρμογές που στηρίζονται σε αντικείμενα.

Η ενασχόληση με τα συγκεκριμένα εργαλεία τηλεπισκόπησης προέκυψε καθώς είναι σχετικά καινούργια εργαλεία με πολλές δυνατότητες. Ο κώδικάς τους είναι ελεύθερος και ανοιχτός, οπότε δίνει την δυνατότητα να μελετηθεί αλλά και να χρησιμοποιηθεί με όποιο στόχο κρίνεται σκόπιμο στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας. Έχουν προκαλέσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών αλλά και γενικότερα χρηστών από πανεπιστήμια, ερευνητικούς οργανισμούς και εταιρίες σε πολλά μέρη του κόσμου.

Πέρα από μια γενική προσέγγιση στα περιβάλλοντα διεπαφής των λογισμικών, το θέμα της συγκεκριμένης εργασίας επικεντρώνεται στην χρηστικότητα και πολυπλοκότητα διαφόρων λειτουργιών για δορυφορικές εικόνες με σκοπό την εξαγωγή πληροφοριών. Η βιβλιογραφία για το συγκεκριμένο θέμα είναι πολύ μεγάλη καθώς διάφορες μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για το σκοπό αυτό.

1.3 Οργάνωση

Η οργάνωση της παρούσας διπλωματικής γίνεται σε δύο βασικά στάδια. Στο πρώτο στάδιο γίνεται η παρουσίαση και ανάλυση ελεύθερων λογισμικών, συγκεκριμένα του Beam Visat, QuantumGIS και του γραφικού περιβάλλοντος Monteverdi της βιβλιοθήκης OTB, με ανάλυση όλων των διατιθέμενων εργαλείων και υλοποίηση βασικών εφαρμογών τηλεπισκόπησης έτσι ώστε κάθε νέος χρήστης να μπορεί να απευθυνθεί σε αυτή για εύρεση κάθε πληροφορίας και επίλυση κάθε προβλήματος. Στο δεύτερο στάδιο, έχοντας αποκτήσει μια βάση γνώσης για τις δυνατότητες και τον τρόπο δόμησης των προγραμμάτων, γίνεται επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων και εφαρμογή αλγορίθμων για σύγκριση και παραγωγή αποτελεσμάτων.

Αναλυτικότερα, στο πρώτο μέρος της εργασίας παρουσιάζονται τα ελεύθερα και τα εμπορικά λογισμικά τηλεπισκόπησης, καθώς και οι χρήσεις αυτών. Γίνεται αναφορά για τα δορυφορικά δεδομένα Meris, Ikonos, Lidar και για τα διάφορα δεδομένα τύπου DEM – Digital Elevation Model. Στη συνέχεια εξηγείται ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκαν τα ελεύθερα λογισμικά για την παραγωγή αποτελεσμάτων και αναλύεται ο τρόπος που δουλεύουν οι αλγόριθμοι NDVI - Normalized Difference Vegetation Index του Beam Visat και ο SVM – Support Vector Machine της βιβλιοθήκης OTB με το γραφικό περιβάλλον Monteverdi.

Στη συνέχεια και σε δεύτερο στάδιο αναλύονται και εφαρμόζονται οι παραπάνω αλγόριθμοι. Στο σημείο αυτό γίνεται σύγκριση, αξιολόγηση και ανάλυση για τον σκοπό που χρησιμοποιήθηκε το κάθε λογισμικό. Παρουσιάζονται τα τελικά αποτελέσματα για τον κάθε αλγόριθμο σε μορφή screenshot και το ποσοστό επιτυχίας σύμφωνα με το τελικό στόχο.

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας οι παραπάνω αλγόριθμοι χρησιμοποιήθηκαν σε πέντε

δορυφορικές εικόνες Meris – Envisat για το όρος της Πάρνηθας, τρεις εικόνες Ikonos και μία Lidar για ένα τμήμα του Δήμου Καλλιθέας στο Νομό Αττικής.

2. Ανασκόπηση Επιστημονικού Πεδίου

2.1 Τηλεπισκόπηση

Η Τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη και τεχνική που ασχολείται με τις αρχές, τις αναλογικές και ψηφιακές μεθόδους και τα όργανα με τα οποία επιτυγχάνεται από απόσταση η συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών για τα διάφορα φαινόμενα ή αντικείμενα. Έχει εφαρμογή σε επιστήμες όπως η δασολογία, η γεωλογία, η γεωμορφολογία, ωκεανογραφία, κλιματολογία, γεωγραφία, περιφερειακή ανάπτυξη αλλά και στην καταγραφή και παρακολούθηση των φυσικών και ανθρώπινων διαθέσιμων γενικότερα (Αργιαλάς 1998).

Οι πηγές ψηφιακών δεδομένων περιλαμβάνουν όχι μόνο τους γνωστούς δορυφόρους παρατήρησης της γης αλλά και μετεωρολογικούς δορυφόρους, αερομεταφερόμενους σαρωτές ή τη σάρωση υπαρχόντων αεροφωτογραφιών ή δορυφορικών εικόνων ακόμα και δεδομένα υψηλής διακριτικής ικανότητας από βιντεοκάμερες.

Τα τηλεπισκοπικά δεδομένα αποτελούν διάφορες καταγραφές της φυσικής και κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας και του περιβάλλοντος όπως αυτά προκύπτουν σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή από τους αντίστοιχους δέκτες. Τα δεδομένα που μεταδίδονται από τους δέκτες μετατρέπονται σε 2-διάστατους πίνακες n γραμμών x επί m στηλών όπου η τιμή κάθε εικονοστοιχείου αντιπροσωπεύει την αντανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

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

Η ψηφιακή επεξεργασία δορυφορικών εικόνων στηρίζεται στην ανάλυση και περιγραφή των αντικειμένων και των χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας περισσότερο ως κατηγορίες, δηλαδή ως ομάδες όμοιων αντικειμένων παρά ως υλικά. Αυτός είναι άλλωστε και ο τρόπος που αντιλαμβάνεται μία εικόνα ο ανθρώπινος εγκέφαλος, δηλαδή χωρίζοντάς τη σε ομοιογενείς περιοχές. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ταξινόμηση. Υπάρχουν δύο ιδιότητες, το σχήμα και το γενικότερο περιβάλλον, με βάση τις οποίες διαχωρίζουμε τις κατηγορίες που εμπεριέχονται σε μία εικόνα ακόμα και αν κάποιες από αυτές αποτελούνται από τα ίδια υλικά. Υπάρχουν δύο είδη ταξινόμησης με βάση τα φασματικά κριτήρια των αντικειμένων της εικόνας, η επιβλεπόμενη και η μη επιβλεπόμενη. Η διαφορά μεταξύ των δύο είναι το στάδιο της επίβλεψης κατά το οποίο ο φωτοερμηνευτής αναγνωρίζει τις κατηγορίες που εμπεριέχονται στην εικόνα και ξεκινά τη δειγματοληψία έτσι ώστε να τις περιγράψει με όσο το δυνατόν καταλληλότερα και αντιπροσωπευτικότερα χαρακτηριστικά. Η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση αντίθετα περιλαμβάνει αλγορίθμους ομαδοποίησης των εικονοστοιχείων με βάση τις φυσικές ομαδοποιήσεις ή συσσωρεύσεις που ενυπάρχουν στις ψηφιακές τιμές της εικόνας (Αργιαλάς 1998).

Η διαδικασία της ταξινόμησης εξελίχθηκε με την εισαγωγή του όρου «αντικείμενο» στην ανάλυση της εικόνας. Δε χρησιμοποιούνται μόνο φασματικά αλλά τοπολογικά και ιεραρχικά κριτήρια για την ταξινόμηση όχι πλέον εικονοστοιχείων αλλά αντικειμένων που προέκυψαν από μία επιβλεπόμενη διαδικασία κατάτμησης της εικόνας σε ομοιογενείς περιοχές. Αυτού του είδους η ταξινόμηση επιτρέπει την ανάπτυξη βάσης γνώσης και έμπειρων συστημάτων

ανάλυσης των τηλεπισκοπικών δεδομένων.

2.2 Αρχές φωτοερμηνείας

Η ερμηνεία εναέριων και δορυφορικών εικόνων, αποκλίνει από την ερμηνεία εικόνων σε καθημερινό επίπεδο στα εξής (Campbell 2002, http://en.wikipedia.org/wiki/Remote_sensing_application):

- Την απεικόνιση χαρακτηριστικών από ψηλά (overhead), μια μη συνηθισμένη προοπτική
- Τη συχνή χρήση δεδομένων καταγεγραμμένων σε μήκος κύματος εκτός του ορατού μέρους του φάσματος.
- Την απεικόνιση της επιφάνειας της γης σε μη οικείες κλίμακες και αναλύσεις εικόνων

Η συστηματική μελέτη δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών περιλαμβάνει πολλά γνωρίσματα των χαρακτηριστικών που διακρίνονται σε μια εικόνα. Τα βασικότερα γνωρίσματα εξ' αυτών αν και διαφέρουν ανάλογα με την εφαρμογή, είναι το σχήμα, η διάταξη, ο τόνος (ή απόχρωση), η υφή, οι σκιές, η τοποθεσία, η γεινίαση και η ανάλυση (Olson 1963).

Το σχήμα αναφέρεται στη γενικότερη μορφή, σύνθεση ή περίγραμμα μεμονωμένων αντικειμένων. Το μέγεθος των αντικειμένων πρέπει να μελετάται στο πλαίσιο της κλίμακας της εικόνας. Επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το σχετικό μέγεθος μεταξύ των αντικειμένων σε διαφορετικές εικόνες, της ίδιας όμως κλίμακας.

Η διάταξη ή πρότυπο, σχετίζεται με την κατά χώρο θέση (διάταξη) των αντικειμένων στην εικόνα. Για παράδειγμα η ανά προκαθορισμένα διαστήματα διάταξη των δένδρων ενός οπωρώνα έρχεται σε αντίθεση με την ακανόνιστη διάταξη των δένδρων σε ένα φυσικό δάσος.

Ο τόνος ή απόχρωση αναφέρεται στη σχετική φωτεινότητα ή χρώμα των αντικειμένων στην εικόνα. Χωρίς την ύπαρξη των σχετικών διαφορών στον τόνο, πληροφορία σε σχέση με το σχήμα, τη διάταξη, ή την υφή των αντικειμένων θα ήταν αδύνατο να διακριθεί.

Υφή είναι η συχνότητα αλλαγών του τόνου σε μια εικόνα. Η υφή προκύπτει από τη γενίκευση χαρακτηριστικών των αντικειμένων, τα οποία μπορεί να είναι πολύ μικρά για να διακριθούν μεμονωμένα στην εικόνα, όπως τα δένδρα των φύλλων ή οι σκιές των φύλλων. Γενικά είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού στοιχείων των αντικειμένων όπως σχήμα μέγεθος, διάταξη, σκιά και τόνος. Καθώς η κλίμακα της εικόνας μειώνεται η υφή ενός αντικειμένου ή μιας περιοχής γίνεται σταδιακά λεπτότερη και εξαφανίζεται.

Οι σκιές είναι σημαντικές για τη φωτοερμηνεία από δυο διαφορετικές απόψεις. Αφενός το σχήμα ή το περίγραμμα μιας σκιάς επιτρέπει το σχηματισμό μιας εικόνας προφίλ για τα αντικείμενα αλλά από την άλλη τα αντικείμενα εντός των σκιών αντανακλούν λίγο φως και είναι δύσκολο να διαχωριστούν σε μια εικόνα-κατάσταση η οποία δυσκολεύει την ερμηνεία.

Η τοποθεσία αναφέρεται στην τοπογραφική ή γεωγραφική τοποθεσία και είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αναγνώριση τύπων βλάστησης. Η συνάφεια αναφέρεται στην ύπαρξη ορισμένων αντικειμένων σε σχέση με άλλα.

Η ανάλυση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, αλλά πάντα θέτει ένα πρακτικό όριο στη φωτοερμηνεία καθώς ορισμένα αντικείμενα μπορεί να είναι πολύ μικρά ή να έχουν πολύ χαμηλή αντίθεση με το γεινιάζον περιβάλλον τους ώστε να διακρίνονται καθαρά στην εικόνα.

2.3 Περιγραφή δεδομένων για την Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση

Όπως έχει αναφερθεί ήδη, η Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη της παρατήρησης της επιφάνειας της γης. Η παρατήρηση αυτή επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης ψηφιακών σαρωτών (τηλεπισκοπικών ανιχνευτών) που ανιχνεύουν την ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της γήινης επιφάνειας και την αποδίδουν ως ψηφιακή εικόνα. Οι σαρωτές μπορεί να είναι εγκατεστημένοι σε τεχνητούς δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη ή να βρίσκονται σε αερομεταφερόμενα μέσα (αεροσκάφη, ελικόπτερα). Ένα διαστημικό όχημα μπορεί να μεταφέρει περισσότερους από ένα ανιχνευτές, έτσι πολλές φορές προκαλείται σύγχυση μεταξύ οχήματος και σαρωτή.

Ανάλογα με την προέλευση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η οποία αντανακλάται και στη συνέχεια ανιχνεύεται, οι δέκτες - σαρωτές (ή αισθητήρες) μπορούν να διακριθούν σε παθητικούς και σε ενεργητικούς.

Παθητικοί είναι εκείνοι που ανιχνεύουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προερχόμενη από μία φυσική πηγή (συνήθως ο ήλιος), ενώ ενεργητικοί σαρωτές είναι εκείνοι που φωτίζουν (προσβάλλουν) οι ίδιοι το στόχο χρησιμοποιώντας την δική τους πηγή ακτινοβολίας, π.χ. εικονοληπτικά ραντάρ. Τα δεδομένα λοιπόν που χρησιμοποιούνται μπορούν να προέρχονται είτε από ενεργητικούς ανιχνευτές είτε από ραντάρ. Και οι δύο τύποι δεδομένων χρησιμοποιούνται ευρέως ανάλογα με την εφαρμογή κάθε φορά, απλά σε κάθε περίπτωση η μεθοδολογία προσέγγισης και οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται είναι διαφορετικοί.

Τα δεδομένα που μεταδίδονται από τους ανιχνευτές μετατρέπονται σε 2-διαστους πίνακες n γραμμών και m στηλών, όπου η τιμή του κάθε εικονοστοιχείου αντιπροσωπεύει την αντανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Γενικά τα τηλεπισκοπικά δεδομένα δηλαδή οι ψηφιακές εικόνες χαρακτηρίζονται από τις παρακάτω ιδιότητες:

- Χωρική ανάλυση: Είναι η χωρική διακριτική ικανότητα της εικόνας, δηλαδή το μέγεθος του *pixel* σε πραγματικές διαστάσεις. Στην πράξη η χωρική ανάλυση καθορίζει τις ελάχιστες διαστάσεις των αντικειμένων ικανών να αποτυπωθούν στη ψηφιακή εικόνα. Υψηλής χωρικής ανάλυσης εικόνες, διαθέσιμες για πολιτική χρήση, έχουν μέγεθος *pixel* από 15 μέτρα έως και 0.6 μέτρα.
- Φασματική Ανάλυση: Αποτελεί το φασματικό εύρος κάθε φασματικού καναλιού. Εικόνες με μικρό φασματικό εύρος (π.χ. 10 νανόμετρα) είναι εικόνες υψηλής φασματικής ανάλυσης και προσφέρονται για λεπτομερή εξέταση και αναγνώριση των υλικών που αποτυπώνονται, χρησιμοποιώντας τεχνικές υπερφασματικής ανάλυσης.
- Ραδιομετρική Ανάλυση: Είναι η φασματική διακριτική ικανότητα, δηλαδή το πόσο εύκολα ή δύσκολα μπορούν να διακριθούν υλικά γειτονικής φασματικής συμπεριφοράς σε μια εικόνα.

2.4 Λογισμικά τηλεπισκόπησης

Με την όλο και μεγαλύτερη πληθώρα και βελτίωση των δεδομένων της τηλεπισκόπησης, δημιουργείται η όλο και μεγαλύτερη ανάγκη για λογισμικά που να επεξεργάζονται τα δεδομένα που παρέχονται. Τα περισσότερα από τα λογισμικά αυτά είναι κλειστά και σε τακτά χρονικά διαστήματα αλλάζουν εκδόσεις, δηλαδή αυξάνουν και τις δυνατότητές τους. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια από τα γνωστότερα λογισμικά τηλεπισκόπησης και οι δυνατότητές τους. Η διάκριση των λογισμικών αυτών, έγινε σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο αφορούσε το εύρος των τηλεπισκοπικών τους εφαρμογών και έτσι διακρίθηκαν τα κλασικά και τα εξειδικευμένα λογισμικά, ενώ το δεύτερο επίπεδο της διάκρισής τους έγινε με βάση το αν είναι εμπορικά ή ελεύθερα και αν έχουν ως βάση το εικονοστοιχείο ή το αντικείμενο.

2.4.1 Κλασικά λογισμικά τηλεπισκόπησης

- **ERDAS Imagine**

Το λογισμικό ERDAS Imagine αποτελεί ένα κλειστό λογισμικό τηλεπισκόπησης που σχεδιάστηκε για γεωχωρικές εφαρμογές. Η πρώτη επίσημη έκδοσή του έγινε το 1978, ενώ η τελευταία είναι αυτή του 2010 και αποτελεί την 10.1. Το λογισμικό αυτό αποτελείται από επιμέρους ανεξάρτητα τμήματα και χρησιμοποιείται κυρίως στην τηλεπισκόπηση. Το ERDAS αποτελεί ένα εργαλείο που επιτρέπει στον χρήστη να πραγματοποιήσει αρκετές εφαρμογές σε μια εικόνα και να απαντήσει σε συγκεκριμένες γεωχωρικές ερωτήσεις. Χρησιμοποιώντας τις τιμές των δεδομένων και την θέση τους, έχει την ικανότητα να εξαγει αντικείμενα που δεν είναι ορατά και να προσδιορίζει την γεωγραφική τους θέση. Οι εφαρμογές του συγκεκριμένου λογισμικού είναι πολλές και τα αποτελέσματά του πολύ καλά. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιήσει μια ποικιλία από *format* εικόνων τόσο οπτικών όσο και *radar*. Τέλος, διαθέτει και αυτό την δική του κοινότητα για όλους τους χρήστες. Οι εφαρμογές του, αγγίζουν όλο το εύρος της τηλεπισκόπησης, για το λόγο αυτό κατατάσσεται και στα κλασικά λογισμικά.

- **ENVI**

Το κλειστό λογισμικό ENVI (Environment for Visualizing Images) χρησιμοποιείται για εφαρμογές και ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων. Το λογισμικό διαθέτει δυνατότητες επεξεργασίας προχωρημένων εφαρμογών που αφορούν τα γεωχωρικά δεδομένα και μπορεί να επεξεργαστεί εικόνες σε όλα τα επίπεδα γεωπληροφορίας. Με άλλα λόγια, παρέχει εργαλεία τα οποία βοηθούν τον χρήστη να εξάγει την πληροφορία που τον ενδιαφέρει ανεξάρτητα από την εφαρμογή. Ο χρήστης μπορεί να εφαρμόσει όλες τις ενέργειές του μέσω ενός φιλικού περιβάλλοντος που είναι συμβατό με όλους τους τύπους δεδομένων. Το ENVI κατασκευάστηκε από την εταιρία U.S. Geological Survey και ήταν κατασκευασμένο σε περιβάλλον DOS. Σήμερα η εξελιγμένη του μορφή, βρίσκεται στην έκδοση 4.8. Όπως σε όλα τα λογισμικά διαθέτει και την δική του κοινότητα για παροχή απαντήσεων στους χρήστες του.

- **ERMapper**

Το κλειστό λογισμικό ERMapper παρέχει ένα σύστημα συμπίεσης πολυ-φασματικών εικόνων, η συμπίεση μπορεί να φτάσει από το 2% μέχρι το 5% της αρχικής διάστασης της εικόνας. Με τον τρόπο αυτό εξοικονομείται πολύ χώρος αποθήκευσης δεδομένων. Εκτός όμως από τις μετατροπές στις πολυφασματικές εικόνες, το λογισμικό μπορεί να πραγματοποιήσει πληθώρα τηλεπισκοπικών εφαρμογών χάρις στην ποικιλία των αλγορίθμων που περιέχει. Σήμερα το λογισμικό αυτό ανήκει στην εταιρία ERDAS, ενώ η τελευταία έκδοσή του είναι η 7.2.

- **Grass**

Το λογισμικό GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) αποτελεί ένα ελεύθερο GIS λογισμικό που χρησιμοποιείται για επεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων. Το συγκεκριμένο λογισμικό είναι ένας συνδυασμός επεξεργασίας raster/vector δεδομένων, ανάλυσης εικόνας και απεικόνισης δεδομένων. Περιέχει ένα μεγάλο πλήθος μοντέλων για διαχείριση, επεξεργασία και απεικόνιση των γεωχωρικών δεδομένων. Ανεξάρτητα με όλα τα υπάρχοντα λογισμικά GIS το GRASS παρέχει εξολοκλήρου πρόσβαση στους αλγορίθμους του, δίνοντας την δυνατότητα στους χρήστες να γράψουν τα δικά του GIS μοντέλα είτε μελετώντας τα ήδη υπάρχοντα είτε διαβάζοντας το αντίστοιχο εγχειρίδιο του λογισμικού που υπάρχει. Η χρήση του λογισμικού είναι μεγάλη και για το λόγο αυτό υπάρχει και η αντίστοιχη κοινότητα που το υποστηρίζει, αλλά παράλληλα υπάρχουν και εταιρίες που παρέχουν επαγγελματική υποστήριξη του λογισμικού. Το λογισμικό είναι γραμμένο σε C, C++, Python, Tcl, η σημερινή έκδοσή του είναι η 6.4.1, ενώ η άδειά του είναι η GNU General Public License.

- **Orfeo ToolBox**

Το OTB αποτελεί όπως έχει αναφερθεί, μια βιβλιοθήκη, η οποία παρέχει όλους τους βασικούς αλγορίθμους για εργασίες τηλεπισκόπησης. Η ανάπτυξη της βιβλιοθήκης συνεχώς εξελίσσεται, παρέχοντας στον χρήστη όλο και μεγαλύτερη γκάμα εφαρμογών, πολλές φορές και πιο εξειδικευμένων. Δεν κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί κάτι παραπάνω καθώς η συγκεκριμένη βιβλιοθήκη αναπτύσσεται σε μεγάλο βαθμό σε όλο το εύρος της διπλωματικής.

2.4.2 Εξειδικευμένα λογισμικά τηλεπισκόπησης

- **eCognition**

Το λογισμικό eCognition αποτελεί ένα από τα γνωστότερα και με πολλές εφαρμογές κλειστά λογισμικά τηλεπισκόπησης. Αποτελεί ένα λογισμικό που στηρίζεται στην αντικειμενοστραφή ανάλυση. Η πρώτη επίσημη έκδοσή του έγινε το Μάιο του 2000 και σήμερα βρίσκεται στην έκδοση 8.64. Παρουσιάζει μια υπολογιστική μέθοδο για εξαγωγή πληροφορίας από εικόνες, χρησιμοποιώντας ιεραρχίες από αντικείμενα (ομάδες από εικονοστοιχεία) κάτι που ήταν πολύ διαφορετικό από τον παραδοσιακό τρόπο επεξεργασίας εικόνων. Ήταν πρωτοπόρο στην επεξεργασία 64bit εικόνων. Προσπαθώντας να μιμηθεί το ανθρώπινο μυαλό, το συγκεκριμένο λογισμικό χρησιμοποιεί διαδικασίες κατάτμησης και ταξινόμησης εξετάζοντας τα εικονοστοιχεία όχι μεμονωμένα αλλά σαν ομάδα. Με τον τρόπο αυτό κατασκευάζει αντικείμενα

χρησιμοποιώντας κάποια χαρακτηριστικά όπως χρώμα, μέγεθος, σχήμα, υφή αλλά και τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων γενικότερα. Οι ιδιότητες αυτές είναι πάρα πολλές και δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να εξάγει οποιαδήποτε πληροφορία με μεμονωμένη αλλά και συνδυασμένη χρήση τους. Τέλος, για το συγκεκριμένο λογισμικό, υπάρχει και η αντίστοιχη κοινότητα στην οποία μπορεί να απευθυνθεί ο χρήστης για οποιαδήποτε πληροφορία.

- **Erdas DeltaCue**

Το συγκεκριμένο εργαλείο, αποτελούσε κομμάτι του Erdas Imagine, απλά παρέχόταν ξεχωριστά στον χρήστη. Το εργαλείο αυτό λοιπόν, χρησιμοποιήθηκε για εφαρμογές ανίχνευσης μεταβολών. Παρείχε δηλαδή μια σειρά αλγορίθμους και τα αντίστοιχα εργαλεία που χρειαζόταν ο χρήστης για εφαρμογές ανίχνευσης μεταβολών.

- **Erdas Feature Analyst**

Το συγκεκριμένο πακέτο, αποτελεί ένα κομμάτι του Erdas Imagine, με την διαφορά ότι παρέχεται ξεχωριστά στον χρήστη. Χρησιμοποιείται για εφαρμογές που χρησιμοποιούν το αντικείμενο ως δομικό στοιχείο. Οι εφαρμογές του δηλαδή είναι αρκετά περιορισμένες σε σχέση με το εύρος των τηλεπισκοπικών εφαρμογών.

- **Erdas Objective**

Το συγκεκριμένο εργαλείο, αποτέλεσε ξεχωριστό πακέτο του Erdas Imagine, το οποίο διαθέτει μια σειρά από εργαλεία, που δημιουργούν μια σειρά από γεωχωρικά layers σε τηλεπισκοπικές απεικονίσεις. Συνδυάζει την επαγγελματική γνώση με την γνώση των expert, σε ένα περιβάλλον καθαρά αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας.

- **ENVI Feature Extraction and Zoom**

Όπως και παραπάνω, το πακέτο αυτό, αποτελεί ένα κομμάτι του ENVI, το οποίο παρέχεται ξεχωριστά από το βασικό πακέτο. Η λειτουργία του είναι η εξαγωγή και επεξεργασία αντικειμένων από την αρχική εικόνα. Με λίγα λόγια, εξάγει διάφορα επίπεδα πληροφορίας από τις εικόνες, και με βάση αυτά γίνεται η όποια περαιτέρω επεξεργασία πάνω σε αυτές.

- **Matlab**

Το λογισμικό Matlab, αποτελεί μια υψηλού επιπέδου γλώσσα με διαδραστικό περιβάλλον, το οποίο βοηθάει στην επίλυση μεγάλου εύρους εφαρμογών. Το συγκεκριμένο περιβάλλον, χρησιμοποιείται από πολλούς κλάδους, ένας από τους οποίους είναι η τηλεπισκόπηση. Παρέχει πολλά εργαλεία για επεξεργασία εικόνων, συνήθως μικρών διαστάσεων, τα οποία όμως είναι αρκετά εξειδικευμένα, καθώς δεν παρέχουν όλο το εύρος των τηλεπισκοπικών εφαρμογών. Για το λόγο αυτό και κατατάσσεται σε αυτή την κατηγορία.

- **QuantumGis**

Αποτελεί ένα ανοιχτό λογισμικό επεξεργασίας εικόνων, που υποστηρίζεται από τις περισσότερες πλατφόρμες συστημάτων. Οι εφαρμογές του δεν αφορούν μόνο τηλεπισκόπηση, αλλά και εφαρμογές GIS. Για το λόγο αυτό κατατάσσεται στα εξειδικευμένα λογισμικά τηλεπισκόπησης.

2.4.3 Διαχωρισμός εμπορικών και ελεύθερων λογισμικών

Στο σημείο αυτό, κρίνεται σκόπιμο, να δημιουργηθεί ένας πίνακας που να ξεχωρίζει τα εμπορικά και ιδιωτικά λογισμικά τηλεπισκόπησης, από τα ελεύθερα και ανοιχτού κώδικα. Η διάκριση αυτή έχει προκύψει από το παραπάνω κεφάλαιο.

Λογισμικό	Εμπορικό λογισμικό	Ελεύθερο λογισμικό
-----------	--------------------	--------------------

Τηλεπισκόπησης		
eCognition	✓	
ERMapper	✓	
ERDAS Imagine	✓	
ERDAS DeltaCue	✓	
ERDAS Feature Analyst	✓	
ERDAS Objective	✓	
ENVI	✓	
ENVI Feature Extraction and Zoom	✓	
Grass		✓
QGIS		✓
OTB		✓

Πίνακας 2.1: Διάκριση λογισμικών σε ελεύθερα και εμπορικά

2.4.4 Διαχωρισμός ανάλογα με το δομικό στοιχείο

Πλαισιότερα, όλες οι εφαρμογές τηλεπισκόπησης, γίνονταν με δομικό στοιχείο το εικονοστοιχείο της δορυφορικής εικόνας. Σήμερα, οι μέθοδοι αυτοί έχουν εξελιχθεί, χρησιμοποιώντας πολλές φορές ως δομικό στοιχείο το αντικείμενο, δηλαδή μια συστάδα εικονοστοιχείων. Έτσι λοιπόν, δημιουργήθηκε η Αντικειμενοστραφής Ανάλυση εικόνας, που λαμβάνει υπόψη της την τηλεπισκοπική απεικόνιση σαν ένα σύνολο ομοιογενών περιοχών-αντικειμένων.

Η διαδικασία λοιπόν με την οποία πραγματοποιείται η αντικειμενοστραφής προσέγγιση είναι η ακόλουθη. Στην αρχική εικόνα, εφαρμόζονται διαδικασίες κατάτμησης, με τις οποίες η εικόνα μετατρέπεται σε ένα σύνολο πρωτογενών αντικειμένων. Οι διαδικασίες κατάτμησης είναι διαδικασίες χαμηλού ή μέσου επιπέδου που δεν χρησιμοποιούν γνώση. Οι αλγόριθμοι κατάτμησης εικόνων, γενικά δεν αποσκοπούν να εντοπίσουν και να οριοθετήσουν σημασιολογικά αντικείμενα, αλλά να παράγουν πρωτογενή αντικείμενα τα οποία στη συνέχεια θα υποστούν διαδικασίες επεξεργασίας και ταξινόμησης από "έξυπνους" αλγορίθμους ή από συστήματα στηριγμένα στη γνώση. (Αργιάλας Δ. και Τζώτσος Α., 2011)

Έτσι λοιπόν, δημιουργήθηκε ένας πίνακας που διαχωρίζει τα λογισμικά ανάλογα με το πιο δομικό στοιχείο χρησιμοποιούν για την εφαρμογή των αλγορίθμων τους.

Λογισμικό Τηλεπισκόπησης	Pixel Based	Object based	Mixed
eCognition		✓	
ERMapper	✓		
ERDAS DeltaCue	✓		
ERDAS Feature Analyst		✓	

ERDAS Objective		✓	
ENVI			✓
ENVI Feature Extraction and Zoom		✓	
Grass	✓		
QGIS		✓	
OTB			✓

Πίνακας 2.2: Διάκριση λογισμικών ανάλογα με το δομικό τους στοιχείο

2.5 Τηλεπισκοπικοί Δέκτες

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύονται οι τηλεπισκοπικοί δέκτες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τηλεπισκοπικών δεδομένων. Το σύνολο των τηλεπισκοπικών δεκτών μπορεί να αναλυθεί σε δύο είδη: τους ενεργητικούς δέκτες και τους οπτικούς ή παθητικούς δέκτες. Η διάκριση αυτή προέρχεται από το είδος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η οποία ανακλάται και στη συνέχεια ανιχνεύεται από τους δέκτες. Παθητικοί είναι οι δέκτες που ανιχνεύουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προερχόμενη από μια φυσική πηγή (συνήθως ο ήλιος), ενώ ενεργητικοί δέκτες είναι εκείνοι που φωτίζουν (προσβάλλουν) οι ίδιοι το στόχο χρησιμοποιώντας την δική του πηγή ακτινοβολίας, π.χ.εικονοληπτικά ραντάρ.

2.5.1 Οπτικοί – Παθητικοί δέκτες

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οπτικοί ή παθητικοί δέκτες είναι αυτοί που λαμβάνουν και καταγράφουν την ανακλώμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ή την εκπεμπόμενη θερμότητα. Ευαισθητοποιούνται στο τμήμα του φάσματος, το οποίο εκτείνεται από την περιοχή των πολύ μικρών μηκών κύματος (μικρότερα των 4μm) της υπεριώδους ακτινοβολίας, έως την περιοχή του μήκους κύματος των 1.000μm. Ανάλογα δε με την εφαρμογή στην οποία θα αξιοποιηθούν απεικονίσεις από οπτικό δέκτη, επιλέγεται και η αντίστοιχη φασματική περιοχή. Οι δέκτες αυτοί τοποθετούνται πάνω σε πλατφόρμες και έτσι δημιουργήθηκαν δύο είδη απεικονίσεων για την τηλεπισκόπηση: οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες. Μάλιστα, οι δορυφόροι αποτελούν τις ιδανικότερες πλατφόρμες για την τοποθέτηση των τηλεπισκοπικών δεκτών καθώς διαθέτουν προκαθορισμένη τροχιά, η διάρκεια πτήσης τους είναι πολύ μεγαλύτερη και επιτρέπει μια συνεχή παρακολούθηση της γης. Παρακάτω αναλύονται οι δορυφορικοί τηλεπισκοπικοί δέκτες καθώς αυτοί είναι που χρησιμοποιούνται κυρίως στις εφαρμογές τηλεπισκόπησης.

Οι οπτικοί δορυφορικοί τηλεπισκοπικοί δέκτες (οι δυνατότητες των οποίων περιορίζονται από δυσμενείς καιρικές συνθήκες), έχουν ως κύρια αποστολή την παρατήρηση και συστηματική παρακολούθηση της φυσικής γήινης επιφάνειας όπως αυτή διαμορφώνεται από φυσικές και ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Είναι δέκτες παγχρωματικοί και πολυφασματικοί, με δυνατότητες ταυτόχρονης παρατήρησης στο ορατό αλλά και σε τμήματα του υπερέυθρου του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Λειτουργούν σε φασματικά παράθυρα ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη δυνατή ευκρίνεια. Η τυπική διακριτική τους ικανότητα κυμαίνεται από 0.60 έως 100 μέτρα ενώ το δυνατό πλάτος αποτύπωσης κυμαίνεται από 11 έως 180 χιλιόμετρα. (<http://www.gisfun.50meps.com/Tilepiskopisi.html>, 2011)

Σήμερα υπάρχει μια πληθώρα δορυφορικών προγραμμάτων τηλεπισκόπησης και κατ' επέκταση και δεκτών. Κάποια από τα πιο γνωστά προγράμματα που υπάρχουν σήμερα είναι οι LandsatTM, LandsatMSS, Spot, Modis, Aster, Ikonos, ο QuickBird και πολλοί άλλοι που χρησιμοποιούνται και παρέχουν πληθώρα τηλεπισκοπικών δεδομένων. Με τα προγράμματα αυτά δεν επιτυγχάνεται μόνο η συνεχής παροχή τηλεπισκοπικών δεδομένων μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα και με χαμηλό κόστος, αλλά παράλληλα παρέχεται και μεγάλη διακριτική

ικανότητα για μεγάλες περιοχές απεικόνισης. Η πολύ καλή χωρική διακριτική ικανότητα των δεδομένων αυτών δίνει την δυνατότητα επεξεργασίας τους με πληθώρα αλγορίθμων των οποίων τα αποτελέσματα έχουν μεγάλη ακρίβεια.

2.5.2 Ενεργητικοί δέκτες

Το μήκος της ακτινοβολίας που λειτουργούν οι συγκεκριμένοι δέκτες είναι μεταξύ 1mm-1m. Παρά την εξαιρετική αναλυτικότητα των εναέριων φωτογραφιών, τα μικροκυματικά αισθητήρια παρουσιάζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα που τα καθιστούν χρήσιμα για μια σειρά από εφαρμογές. Ο σημαντικότερος λόγος για την χρήση μικροκυμάτων στην τηλεπισκόπηση είναι ότι διαπερνούν τα σύννεφα και ως ένα βαθμό και την βροχή, ενώ επιπλέον είναι ανεξάρτητα της ύπαρξης ηλιακού φωτός πράγμα που τα καθιστά ικανά να χρησιμοποιηθούν και νύχτα. Επίσης, ένα σημαντικό πλεονέκτημα των ενεργητικών δεκτών, αποτελεί το γεγονός ότι οι ιδιότητες της εκπεμπόμενης και λαμβανόμενης ακτινοβολίας (όπως η ισχύς, η συχνότητα και η πόλωση) μπορούν να προκαθοριστούν ανάλογα με το σκοπό της χρήσης των απεικονίσεων.

Υπάρχουν πολλά είδη ενεργητικών τηλεπισκοπικών δεκτών και συστημάτων που παρέχουν πληθώρα δεδομένων στους χρήστες. Το σύστημα SAR (Synthetic Aperture Radar) ή αλλιώς ραντάρ συνθετικού ανοίγματος είναι ένα από αυτά. Αποτελεί την εξελιγμένη μορφή του SLAR (Side Looking Airborne Radar), διαθέτει μια σταθερή κεραία που σαρώνει μια λωρίδα γήινης επιφάνειας εκπέμποντας πλευρικά της πλατφόρμας μικροκύματα, ενώ στην συνέχεια δέχεται το τμήμα της ακτινοβολίας που ανακλάται από το αντικείμενο και καταγράφει την ένταση του σήματος και το χρόνο επιστροφής του. Επίσης μια βελτίωση σε σχέση με το SLAR αποτελεί το γεγονός ότι πετυχαίνει κατά τεχνητό τρόπο συνθετικό μήκος-διάφραγμα κεραίας πολύ μεγαλύτερο του φυσικού και έτσι βελτιώνει σημαντικά την διαμήκη αναλυτικότητα του SLAR. Αυτό πετυχαίνεται με σύμφωνη αποθήκευση της επιστροφής από τον ίδιο στόχο, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. [<http://www.gisfun.50megs.com/Tilepiskopisi.html>, 2011]

2.6 Τηλεπισκοπικά δεδομένα IKONOS

2.6.1. Γενικά Στοιχεία

Το όνομα IKONOS προέρχεται από την ελληνική λέξη εικόνα. Ο IKONOS είναι ένας εμπορικός δορυφόρος παρακολούθησης της γήινης επιφάνειας. Είναι παγκοσμίως ο πρώτος εμπορικός δορυφόρος ικανός να συλλέξει παγχρωματικές εικόνες με διακριτική ικανότητα 82 εκατοστών και πολυφασματικά με διακριτική ικανότητα 4 μέτρων. Χρησιμοποιώντας τις εικόνες και από τους δύο αισθητήρες μπορούν να συγχωνευθούν για να δημιουργήσουν εικόνα 1 μέτρου (pan-sharpened). Περισσότερα από 300 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα εικόνων IKONOS έχει συλλέξει πέρα από κάθε ήπειρο και χρησιμοποιούνται για την εθνική ασφάλεια, τη στρατιωτική χαρτογράφηση, τον αέρα και τη θαλάσσια μεταφορά.

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

2.6.2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Ο IKONOS διεξάγει τηλεμετρία, ανίχνευση και έλεγχο στοιχείων στο κανάλι 8345.968 - 8346.032 MHz (downlink) και στο κανάλι 2025-2110 MHz (uplink). Έχει ένα πρωτεύον κατοπτρικό άνοιγμα 0.7 μέτρων και μήκος οπτικού φακού 10 μέτρων χρησιμοποιώντας πέντε κάτοπτρα. Οι ανιχνευτές περιλαμβάνουν έναν παγχρωματικό και έναν πολυφασματικό δέκτη με περίπου 13.500 και 3.375 εικονοστοιχεία αντίστοιχα.

- ❖ Χωρική Διακριτική Ικανότητα:
 - 0.8 μέτρα στον παγχρωματικό (1-m PAN)
 - 4 μέτρα στον πολυφασματικό (4-m MS)
 - 1 μέτρο στον ενισχυμένο παγχρωματικό (1-m PS)
- ❖ Φασματική Διακριτική Ικανότητα

Κανάλι	1-m PAN	4-m MS & 1-m PS
Μπλε	0.45-0.90 μm	0.445-0.516 μm
Πράσινο	0.45-0.90 μm	0.506-0.595 μm
Κόκκινο	0.45-0.90 μm	0.632-0.698 μm
Εγγύς Υπέρυθρο	0.45-0.90 μm	0.757-0.853 μm

Πίνακας 2.3: Φασματική Διακριτική Ικανότητα

- Χρονική Διακριτική Ικανότητα
Οι επανεπισκέψεις του δορυφόρου από το ίδιο σημείο είναι 3 έως 5 μέρες off-ναδίρ και 144 μέρες από το πραγματικό ναδίρ.

- Ραδιομετρική Διακριτική Ικανότητα
Ο δέκτης συλλέγει δεδομένα χωρητικότητας 11-bit (0-2047) και τα μετατρέπει σε θετικούς ακεραίους 16-bit (0-65535). Ανά διαστήματα τα δεδομένα μετατρέπονται σε 8-bit (0 - 255) για να μειωθεί το μέγεθος των αρχείων. Εμβαδόν μίας λήψης στο έδαφος: 11.3 χλμ * 11.3 χλμ.

Οι απεικονίσεις του IKONOS imagery χρησιμοποιούνται σε φωτοερμηνευτικές εφαρμογές, χαρτογραφικές και φωτογραμμετρικές. Η φωτοερμηνεία μπορεί να γίνει είτε από χρήστη οπτικά είτε αυτόματα με χρήση υπολογιστών. Η φωτοερμηνεία από χρήστη συνήθως χρησιμοποιείται σε εφαρμογές αντιμετώπισης κινδύνων ενώ η αυτόματη για ταξινομήσεις εδαφοκάλυψης και εξαγωγής χαρακτηριστικών. Για τη χαρτογραφία χρησιμοποιούνται ορθοαπεικονίσεις IKONOS και DEM για τη μονοσκοπική εξαγωγή χαρακτηριστικών ή IKONOS στερεο 3D για στερεοσκοπική εξαγωγή χαρακτηριστικών. Ο IKONOS λόγω της υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας που διαθέτει παρέχει απεικονίσεις κατάλληλες για μελέτες αλλαγών στις εδαφοκαλύψεις είτε σε αστικές ή εξωαστικές περιοχές.

2.7 Δορυφόρος Envisat - Δεδομένα Meris

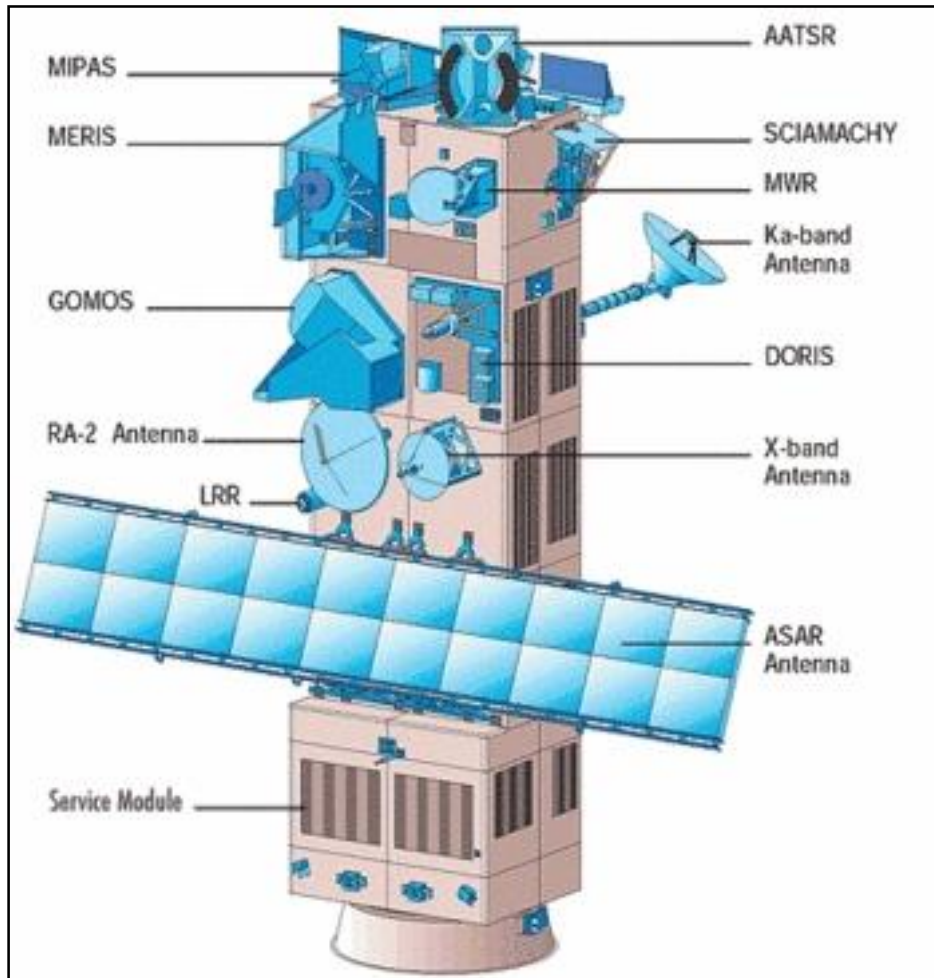
Ο Envisat είναι από τα μεγαλύτερα διαστημικά σκάφη παρατήρησης της Γης που έχουν κατασκευαστεί. Είναι ένας ανενεργός δορυφόρος, ο οποίος βρίσκεται ακόμα σε τροχιά, ξεκίνησε το Μάρτιο του 2002 από την Ευρωπαϊκή Διαστημική Υπηρεσία (European Space Agency, ESA) και παρέχει μετρήσεις της ατμόσφαιρας, ωκεανού, γης και πάγου, σε πολική τροχιά σύγχρονη του ήλιου σε υψόμετρο περίπου 800 km. Σταμάτησε την αποστολή του στις 9 Μαΐου 2012.

Φέρει δέκα περίπλοκα οπτικά όργανα και radar για να παρέχει τη δυνατότητα συνεχούς παρατήρησης και ελέγχου του γήινου εδάφους, της ατμόσφαιρας και των υγρών περιοχών. Τα δεδομένα του Envisat παρέχουν ένα πλούτο πληροφοριών σχετικά με τη λειτουργία του γήινου συστήματος, καθώς και πληροφορίες που δίνουν στους ερευνητές τη δυνατότητα να μελετήσουν τους παράγοντες που επηρεάζουν κλιματικές αλλαγές. Επιπλέον, η ανάγκη ερμηνείας των στοιχείων που επιστρέφονται από το σύνολο των οργάνων καταγραφής συμβάλουν στην ανάπτυξη διαφόρων λειτουργικών και εμπορικών εφαρμογών.

Το Medium Resolution Imaging Spectrometer – MERIS αποτελεί ένα προγραμματιζόμενο, μεσαίας ανάλυσης φάσματος, απεικονιστικό φασματόμετρο που λειτουργεί στο πεδίο φάσματος της ηλιακής ανάκλασης κάνοντας χρήση 15 φασματικών μπαντών που

μπορούν να επιλεγούν με εντολή από το έδαφος και καταγράφει την ηλιακή ακτινοβολία που ανακλάται από την γήινη επιφάνεια, τα σύννεφα και τη συγκέντρωση χλωροφύλλης.

Ο MERIS είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να μπορεί να αποκτή δεδομένα πάνω από τη Γη όταν οι συνθήκες φωτισμού είναι κατάλληλες. Τα δεδομένα του διατίθενται σε δύο χωρικές αναλύσεις, σε full resolution με χωρική διακριτική 300 μέτρα και low resolution, με χωρική διακριτική ικανότητα 1000 μέτρα.



Εικόνα 2.1: Όργανα δορυφόρου Envisat

2.8 Τεχνολογία LIDAR

2.8.1. Γενικά

Η τεχνολογία Lidar αναπτύχθηκε τα τελευταία 15 έτη. Η λειτουργία των αισθητήρων Lidar εκμεταλλεύεται την τεχνολογία laser, χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνητικά κύματα στο ορατό ή εγγύς ορατό φάσμα για τη μέτρηση των ιδιοτήτων του σκεδαζόμενου φωτός με σκοπό την εύρεση απόστασης και άλλων πληροφοριών απομακρυσμένου στόχου. Όπως και η παρόμοιας αρχής λειτουργίας τεχνολογία των radar, η οποία χρησιμοποιεί ραδιοκύματα αντί για φως, η μέτρηση αποστάσεων μεταξύ αισθητήρα και αντικειμένου πραγματοποιείται μέσω του υπολογισμού του χρόνου από τη στιγμή μετάδοσης του παλμού laser ως τη στιγμή ανίχνευσης του ανακλώμενου σήματος. Τα δεδομένα που προκύπτουν από τις μετρήσεις χρησιμοποιούνται σε σωρεία εφαρμογών, από την εκτίμηση ατμοσφαιρικών ρύπων, την πιθανότητα πλημμύρας έως και την σύλληψη παραβατών ορίου ταχύτητας κυκλοφορίας στοχεύοντας με laser ανιχνευτή ταχύτητας.

Η αερομεταφερόμενη τεχνολογία σάρωσης με laser είναι ένας εξειδικευμένος τύπος Lidar βασισμένος στα αεροσκάφη, που διασφαλίζει εξαιρετικά ακριβείς τρισδιάστατες μετρήσεις εδάφους, βλάστησης και ανθρωπογενών κατασκευών, για την παραγωγή χαρτών της γήινης επιφάνειας, των επονομαζόμενων και ως Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (Digital Elevation Models-DEM), απαλλαγμένων από χρονοβόρα και δαπανηρά επίγεια συνεργεία επίβλεψης. Μετά από κάθε πτήση, τα συλλεχθέντα δεδομένα αποθηκεύονται και ελέγχεται η επάρκεια κάλυψης της στοχευθείσας περιοχής, ώστε να προγραμματιστεί ανάλογα η επόμενη πτήση.

2.8.2. Μέθοδος Λειτουργίας Lidar

Οι τηλεπισκοπικοί δέκτες Lidar (Light Detection and Ranging) επιτρέπουν τη συλλογή υψομετρικών δεδομένων μεγάλης πυκνότητας και εξαιρετικής ακρίβειας, κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες φωτισμού ή νέφωσης, χρησιμοποιώντας τεχνικές σάρωσης με παλμούς laser. Κάθε παλμός παρομοιάζεται με κύλινδρο φωτός με διάμετρο και μήκος. Ως εκ τούτου ορίζεται με πλάτος, διαμέτρου που κυμαίνεται μεταξύ 0.5 και 1 μέτρου, και με μήκος, που ισοδυναμεί με το σύντομο διάστημα κατά το οποίο η ακτίνα laser ενεργοποιείται και απενεργοποιείται.

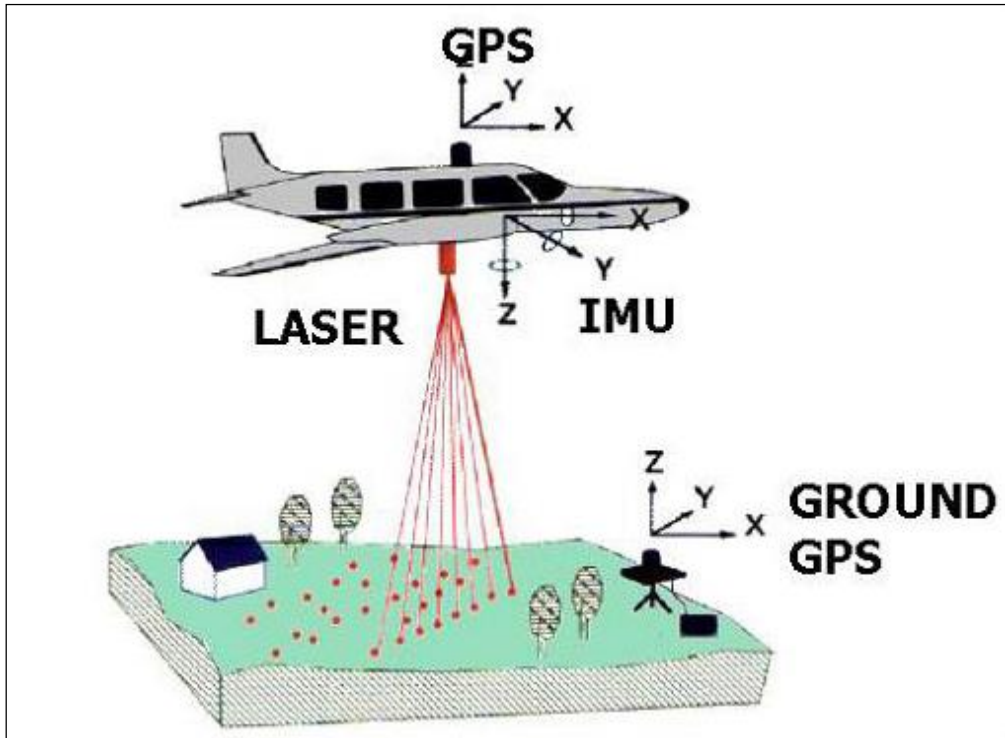
Οι αισθητήρες Lidar βασίζονται στην αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με τα άτομα της ύλης. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ως μορφή ενέργειας, διαθέτει τις ιδιότητες σωματιδίου και κύματος και αποτελείται από σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια. Η απορρόφηση της ακτινοβολίας από την ύλη του στόχου πραγματοποιείται, επειδή τα φωτόνια αλληλεπιδρούν με αυτήν, μεταφέροντας έτσι ενέργεια από τη δέσμη της στην ύλη. Η ύλη του στόχου, σε διεγερμένη πλέον κατάσταση, ανακλά ακτινοβολία εκπέμποντας φωτόνια με χαρακτηριστικές ενέργειες καθώς επιστρέφει σε καταστάσεις χαμηλότερης ενέργειας ή στην θεμελιώδη κατάσταση. Εν προκειμένω, σαρώνεται περιοχή με παλμούς laser, μήκους κύματος κατάλληλα επιλεγμένου για το αντικείμενο εξέτασης. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλληλεπιδρά με σημεία της γήινης επιφάνειας και η ποσότητα αυτής που επιστρέφει, συλλέγεται και καταγράφεται από έναν οπτικό ανιχνευτή συστήματος laser. Οι μετρήσεις αυτές εμπεριέχουν πληροφορίες για την σύσταση των στοχευθέντων σημείων, τις αποστάσεις τους από τη γήινη επιφάνεια, καθώς και τη χωροταξική κατανομή τους. Επιπρόσθετα, καθίσταται δυνατή η εξαγωγή πληροφοριών για τα υψόμετρα τους, αν έχει καταγραφεί η θέση του αεροσκάφους και η ακριβής θέση του αισθητήρα Lidar πάνω σε αυτό.

Ειδικότερα, ο αισθητήρας Lidar εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υπό τύπου ακτινών φωτός laser σε ένα στόχο, τα άτομα της ύλης του οποίου αλληλεπιδρούν με αυτήν και την μεταβάλλουν. Μέρος των ακτινών ανακλάται πίσω στο όργανο, όπου αναλύεται. Μετά από συλλογή και επεξεργασία της ανάκλασης από το στόχο, καθίσταται δυνατός ο καθορισμός ιδιοτήτων του στόχου, ως αποτέλεσμα της αλλαγής των ιδιοτήτων του ανακλώμενου φωτός, ενώ προκύπτουν και άλλες πληροφορίες για το στόχο και την πορεία της ακτίνας προς αυτόν. Η απόσταση μεταξύ αισθητήρα και στόχου προσδιορίζεται από τον χρόνο μετάβασης και επιστροφής της ακτίνας laser.

Η καταγραφή των δεδομένων πραγματοποιείται με αεροσκάφος στο κάτω μέρος του οποίου έχουν τοποθετηθεί οι ενεργοί αυτοί αισθητήρες, σε συνδυασμό με αερομεταφερόμενο δέκτη Παγκοσμίου Συστήματος Τοποθέτησης (Global Positioning System - GPS) και αδρανειακό σύστημα πλοήγησης (Inertial Measurement Unit - IMU). Το GPS είναι απαραίτητο για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων του μετακινούμενου Lidar αισθητήρα στον αέρα, σε τρεις διαστάσεις (x, y, z), σε σχέση με μία ή περισσότερες επίγειες σταθμούς – βάσεις GPS. Το IMU μετρά άμεσα την κατεύθυνση και τις αναταράξεις του αεροσκάφους, ορίζοντας το γωνιακό προσανατολισμό του Lidar αισθητήρα με τους άξονες x, y και z (Εικόνα 2.2).

Ο αισθητήρας Lidar μετρά τόσο τη γωνία σάρωσης των παλμών laser, με την οποία σε συνδυασμό με τις μετρήσεις από το IMU, ορίζεται ο γωνιακός προσανατολισμός κάθε παλμού, όσο και το χρόνο που απαιτείται για κάθε εκπεμπόμενο παλμό να ανακλαστεί από το έδαφος, ή από χαρακτηριστικά επί αυτού, και να επιστρέψει στον αισθητήρα. Ανάλογα με τον τύπο του αισθητήρα, εκπέμπονται σε μια σάρωση 5,000 έως 100,000 παλμοί laser το δευτερόλεπτο και καταγράφεται ο χρόνος που χρειάζεται ο παλμός για να επιστρέψει στο δέκτη του αισθητήρα. Από τον επιστρέφοντα παλμό προσδιορίζονται τα υψόμετρα της σαρωθείσας επιφάνειας, με ακρίβεια μερικών δεκάδων εκατοστών. Στη διαγώνια κατεύθυνση πτήση το μέσο διάστημα των σημείων καθορίζεται από τη γωνία σάρωσης και το ύψος πτήσης του αεροσκάφους, ενώ

στην ευθείας κατεύθυνση πτήση από το ύψος πτήσης και την ταχύτητα του αεροσκάφους σε σχέση με τον αέρα.

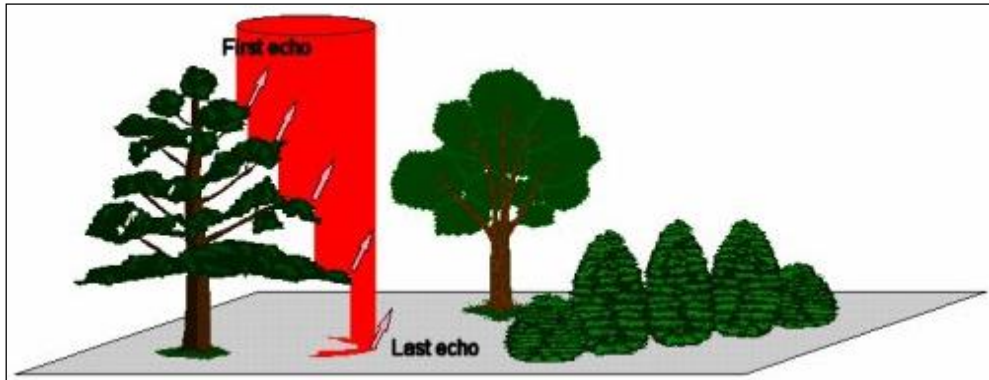


Εικόνα 2.2 : Αερομεταφερόμενο Σύστημα Lidar τεχνολογίας

Με την τεχνική Lidar καταγράφεται το εκτιμώμενο υψόμετρο της πρώτης και της τελευταίας επιφάνειας από την οποία ανακλάται ο παλμός laser, ενώ παράλληλα λαμβάνονται πολλαπλές επιστροφές παλμών, για την ακρίβεια έως και πέντε ανά παλμό (Εικόνα 2.3).

Η πρώτη ανάκλαση του παλμού που καταγράφεται από το αεροσκάφος συγκροτεί το πρώτο αντικείμενο που στοχεύθηκε από τον παλμό laser, το οποίο ενδέχεται να ανήκει σε κορυφή δέντρου, στέγη κτηρίου, σημείο στο έδαφος ή ακόμη και ένα πουλί σε πτήση, και για το οποίο υπολογίζεται η απόσταση του από τον αισθητήρα Lidar. Όταν ο παλμός ανακλαστεί από μικρής διεισδυτικότητας, «μαλακό», στόχο όπως θόλο από φυλλώματα δέντρων, ο πρώτος παλμός αναπαριστά το ανώτατο επίπεδο αυτού του χαρακτηριστικού. Ωστόσο, η πορεία ενός τμήματος της δέσμης φωτός laser ενδέχεται να μην ανακοπεί από το θόλο των φυλλωμάτων και να συναντήσει ένα κλαδί δένδρου, οπότε συγκροτεί τη δεύτερη επιστροφή παλμού. Κατά την τελευταία ανάκλαση υπολογίζεται και καταγράφεται η απόσταση αισθητήρα και γήινης επιφάνειας.

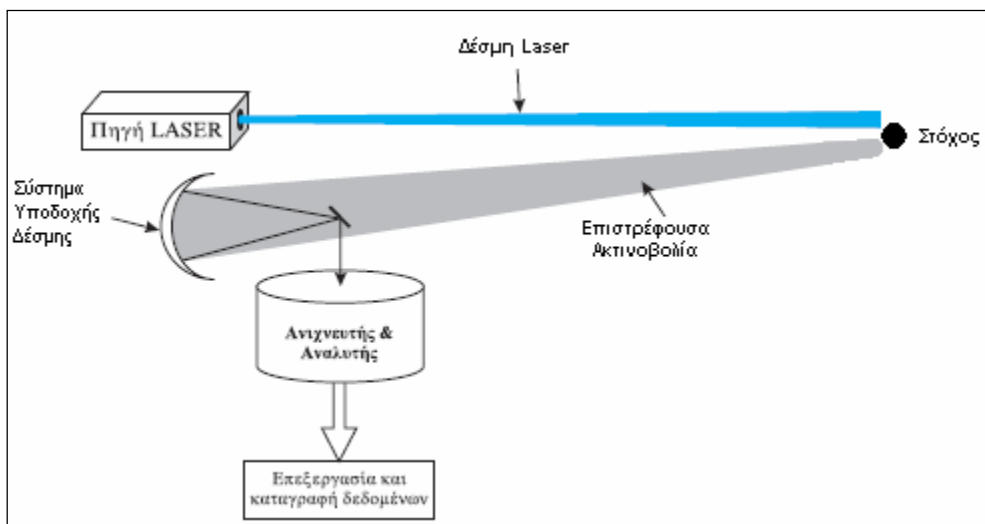
Θεωρητικά, η τελευταία επιστροφή αναπαριστά το γυμνό έδαφος, χωρίς αυτό να αποτελεί απαραίτητο κανόνα, καθώς σε περιοχές πυκνής βλάστησης κανένα τμήμα του παλμού δεν διεισδύει έως το έδαφος. Σε τέτοιες περιπτώσεις, τα δεδομένα του αναγλύφου συλλέγονται μετά από περιόδους πτώσης των φυλλωμάτων. Από την αντιπαραβολή των εικόνων που δημιουργήθηκαν από τον πρώτο και από τον τελευταίο παλμό προκύπτει μία γενική ιδέα για το ανάγλυφο.



Εικόνα 2.3 : Πολλαπλές επιστροφές παλμών συστήματος Lidar

2.8.3. Γενική Οργανολογία Συστήματος Lidar

Γενικά, για να θεωρηθεί ολοκληρωμένο ένα σύστημα Lidar απαιτείται η ύπαρξη πηγής παλμικής ακτινοβολίας laser, δέκτη της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας, φασματικού αναλυτή για την ανάλυση της επιστρεφουσας ακτινοβολίας, φωτοανιχνευτή για να κατευθυνθεί το επιλεγμένο οπτικό σήμα και μετατροπέα του οπτικού σήματος σε ηλεκτρικό σήμα. Η διάταξη περιγράφεται σχηματικά στην Εικόνα 2.4



Εικόνα 2.4 : Γενική αρχή λειτουργίας Lidar τεχνολογίας

2.8.4. Είδη Συστημάτων Lidar

Τα συστήματα Lidar διακρίνονται σε κατηγορίες, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί για την κάλυψη διάφορων εφαρμογών. Συνοπτικά, αναφέρονται τα ακόλουθα αερομεταφερόμενα και διαστημικά συστήματα:

- Lidar τύπου Doppler:

Βασίζεται στο φαινόμενο Doppler και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ταχύτητας

στόχου. Όταν η ακτίνα φωτός που εκπέμπεται από το Lidar προσκρούει σε στόχο κινούμενο από ή προς το όργανο, το μήκος κύματος του ηλεκτρομαγνητικού κύματος που ανακλάται από το στόχο διαφέρει ελαφρώς από αυτό που εκπέμπεται. Αν ο στόχος απομακρύνεται από το όργανο, το ανακλώμενο φως έχει μεγαλύτερο μήκος κύματος (red shift), ενώ στην αντίθετη περίπτωση θα έχει μικρότερο (blue shift). Ο στόχος ενδέχεται να είναι είτε συμπαγές αντικείμενο είτε ατμοσφαιρικός στόχος, όπως σκόνη και στελέχη αερολυμάτων μεταφερόμενο από τον αέρα, οπότε και προσδιορίζεται η ταχύτητα και η διεύθυνση του αέρα.

- Lidar Διαφορικής Απορρόφησης (Differential Absorption Lidar-DIAL):

Επιλέγονται δύο διαφορετικά μήκη κύματος, τα οποία επιλέγονται έτσι ώστε το ένα να απορροφάται από τα μόρια του προς εξέταση στόχου, ενώ το άλλο όχι. Από τη διαφορά έντασης των δύο επιστρεφόντων κυμάτων συμπεραίνεται η συγκέντρωση χημικών συγκεντρώσεων στην ατμόσφαιρα, όπως όζοντος, υδρατμών, ρύπων.

- Lidar τύπου Raman:

Συλλέγει την σκεδαζόμενη ακτινοβολία μέσω μηχανισμού Raman με μήκη κύματος διαφορετικά της εκπεμπόμενης δέσμης με σκοπό τον προσδιορισμό του είδους μορίων και την συγκέντρωσή τους. Από τον τύπο αυτόν καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός της θερμοκρασίας στην κατώτερη ατμόσφαιρα.

- Lidar φθορισμού (Fluorescence Lidar-LIF):

Συλλέγει την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον διεγερμένο φθορίζον στόχο, της οποίας το μήκος κύματος είναι μεγαλύτερο αυτού της πηγής. Με τον τρόπο αυτόν προσδιορίζεται το είδος των μορίων του στοχευθέντος αντικειμένου, η θερμοκρασία, η πυκνότητα του ανέμου και τα νέφη στην μέσο-άνω ατμόσφαιρα και επιπλέον η πυκνότητα και η θερμοκρασία της στρατόσφαιρας και της μεσόσφαιρας, οι οποίες καθορίζεται πρόσθετα και από τον τύπο Lidar Rayleigh.

- Lidar απορρόφησης:

Το μετρούμενο μέγεθος είναι η ένταση της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας. Η εξασθένηση της δέσμης του laser και η συχνότητα της ακτινοβολίας περιέχει πληροφορίες για τη συγκέντρωση και το είδος των μορίων των στοχευθέντων αντικειμένων.

- Lidar διπλής δέσμης:

Διαθέτει δύο δέσμες λέιζερ με μήκη κύματος που διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους. Εκπέμπονται διαδοχικά και διατρέχουν την ίδια διαδρομή στην ατμόσφαιρα. Σύγκριση των επιστρεφόμενων σημάτων εμπεριέχει πληροφορίες για το είδος και την συγκέντρωση των μορίων των στοχευθέντων αντικειμένων.

- Lidar υψομετρίας:

Παρέχει ακριβείς μετρήσεις της απόστασης του στόχου σε σχέση με ύψος-αναφορά, για τον προσδιορισμό του γήινου αναγλύφου.

2.8.5. Εφαρμογές Τεχνολογίας Lidar

Η τεχνολογία Lidar βρίσκει ευρύ φάσμα εφαρμογών, λόγω της μεγάλης ακρίβειας συλλογής δεδομένων. Μερικές από αυτές περιγράφονται συνοπτικά ακολούθως :

- Παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους στον κατασκευαστικό και μεταλλευτικό τομέα (οδικά και σιδηροδρομικά έργα, μεγάλα χωματουργικά έργα, επιφανειακά ορυχεία) για ογκομετρήσεις εκσκαφών & επιχωμάτων.

- Παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων Πόλεων (Digital City Models) για ανάγκες μελετών τηλεπικοινωνιακών δικτύων και εφαρμογές G.I.S.
- Παραγωγή υψηλής ακρίβειας τρισδιάστατων μοντέλων για προσομοίωση πλημμυρών, θορύβου και ρύπανσης σε αστικές περιοχές.
- Παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους (Digital Elevation Models) στη γεωλογία και στη σεισμολογία, για εύρεση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τεκτονικών ρηγμάτων και ανοδικών μετατοπίσεων του φλοιού της γης.
- Χαρτογράφηση δασικών εκτάσεων, προσδιορισμός ύψους δένδρων, βιομάζας, δασικά μητρώα.
- Ταχεία χαρτογράφηση παράκτιων ζωνών, έλεγχος διάβρωσης ακτών και αποτύπωση μεταβολών, παρακολούθηση ρυθμού μεταβολών παγετώνων.
- Χαρτογράφηση περιοχών που καλύπτονται από πλημμύρες, προσομοίωση πλημμυρών με χρήση υψηλής ακρίβειας Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους.
- Χαρτογράφηση ηλεκτρικών γραμμών υψηλής τάσης με υψηλής ακρίβειας αποτύπωση αγωγών και πυλώνων.
- Απεικόνιση περιβάλλοντος χώρου, εδάφους και βλάστησης, για προσδιορισμό του ελεύθερου ύψους (clearance) των αγωγών από τη στέψη της βλάστησης.
- Μέτρηση ατμοσφαιρικών ανέμων για προσδιορισμό κάθετης κατανομής μορίων αερολυμάτων και πυκνότητας στοιχείων της μέσο και άνω ατμόσφαιρας, όπως ποτάσσιο, νάτριο, άζωτο, οξυγόνο, στον τομέα της Φυσικής Περιβάλλοντος.
- Εκτίμηση του φωσφορίζοντος φυτοπλαγκτού και γενικότερα της βιομάζας στα επιφανειακά στρώματα των ωκεανών, αλλά και του βάθους των θαλάσσιων επιφανειών για την εύρεση ρηχών υδρογραφικών λεκανών, στην ωκεανογραφία.
- Στρατιωτικές εφαρμογές, απόρρητες για λόγους ασφαλείας, όπως εύρεση ταγκ, λαμβάνουν χώρα εκμεταλλευόμενοι την τεχνολογία Lidar.
- Μέτρηση της θέσης της σελήνης με ακρίβεια mm, έλεγχος της σχετικής της θέσης μέσω ανακλαστών τοποθετημένων στην επιφάνειά της, τοπογραφική αποτύπωση του Άρη μέσω οργάνου Lidar επί δορυφόρου της NASA, στην αστρονομία.
- Έλεγχος του ορίου ταχύτητας κυκλοφορίας των οχημάτων για επιβολή του νόμου.
- Δημιουργία «έξυπνων» συστημάτων πλοήγησης (Adaptive Cruise Control) σε οχήματα νέας τεχνολογίας, αποσκοπώντας στον έλεγχο της οδού για προπορευμένα οχήματα και ανάλογη προσαρμογή της ταχύτητας του φερόμενου οχήματος υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες. Η ανίχνευση των προπορευμένων οχημάτων σε συνδυασμό με τη γεωμετρία της κυκλοφοριακής λωρίδας, αλλά και περικλείοντας πληροφορίες σχετικά με τις τελευταίες κινήσεις των προπορευμένων οχημάτων, καθιστά δυνατή τη βελτίωση του σχήματος της οδού. (Joint road geometry estimation and vehicle tracking, Andreas Eidehall, Jochen Pohl, Fredrik Gustafsson).

2.8.6. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Τεχνολογίας Lidar

Γενικά, η τεχνολογία Lidar χρησιμοποιείται για τοπογραφική χαρτογράφηση υψηλής ανάλυσης και κατασκευή ψηφιακών υψομετρικών μοντέλων. Παρά την υψηλή ακρίβεια φέρει ένα σημαντικό μειονέκτημα. Κατά την αυτοματοποιημένη και μη μετα-επεξεργασία των δεδομένων για την κατασκευή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, εξαλείφονται σημεία που συγκρούονται με ιδιότητες των υψομέτρων, με παρεπόμενο την ανομοιογένεια των διαστημάτων των σημείων του συνόλου των δεδομένων στο έδαφος, και κατά συνέπεια τη δημιουργία κενών δεδομένων.

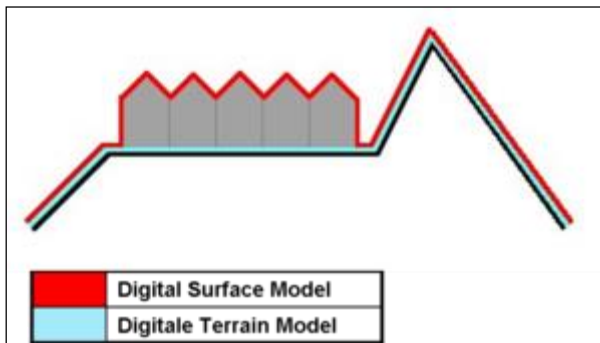
Εν τούτοις υπερέχει αναφορικά στη χαρτογράφηση των υψομέτρων γυμνού εδάφους σε περιοχές βλάστησης ή δάσους, διότι αρκεί ένας παλμός laser να επιτύχει να φθάσει μεταξύ δένδρων και εδάφους. Επιπλέον, η πυκνότητα υψομετρικών σημείων που παράγεται από τους Lidar αισθητήρες, είναι σαφώς μεγαλύτερη συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους, και λιγότερο δαπανηρή και χρονοβόρα.

2.9 Ψηφιακό Υψομετρικό μοντέλο – Αρχεία DEM

2.9.1 Γενικά

Ένα ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο είναι ένα ψηφιακό μοντέλο ή μια τρισδιάστατη απεικόνιση της επιφάνειας του εδάφους της Γης, αλλά και για οποιοδήποτε άλλο πλανήτη και δημιουργήθηκε από δεδομένα που προσδιορίζουν το έδαφος και το υψόμετρο.

Δεν υπάρχει κοινή χρήση των όρων ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM), ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM) και ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας (DSM) στην επιστημονική βιβλιογραφία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο όρος DSM αντιπροσωπεύει την επιφάνεια της γης και περιλαμβάνει όλα τα αντικείμενα πάνω σε αυτή. Σε αντίθεση με το DSM, το DTM αντιπροσωπεύει την γυμνή επιφάνεια του εδάφους, δηλαδή το ανάγλυφο χωρίς αντικείμενα όπως είναι τα φυτά και τα κτίρια (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5 : Απεικόνιση DSM και DTM

2.9.2 Διαχωρισμός DEM, DSM και DTM

Ο όρος DEM συχνά χρησιμοποιείται ως γενικός όρος για DSM και DTM, και αντιπροσωπεύει μόνο πληροφορίες ύψους χωρίς επιπλέον πληροφορίες για την επιφάνεια. Το DEM μπορεί να οριστεί ως υποσύνολο του DTM, το οποίο όμως μπορεί να περιέχει πληροφορίες και για άλλα μορφολογικά στοιχεία.

Υπάρχουν επίσης ορισμοί που εξισώνουν τους όρους DEM και DSM. Στο διαδίκτυο υπάρχουν ορισμοί που καθορίζουν το DEM ως ένα ψηφιακό με τακτικά διαστήματα, GRID αρχείο και το DTM ως ένα πραγματικό τρισδιάστατο μοντέλο (TIN). Οι περισσότεροι από τους φορείς παροχής δεδομένων, όπως οι USGS, ERSDAC και CGIAR χρησιμοποιούν τον όρο DEM ως έναν γενικό όρο για DSM και DTM αρχεία. Όλα τα δεδομένων που συλλαμβάνονται με δορυφόρους, αεροπλάνα ή άλλες αερομεταφερόμενες πλατφόρμες είναι αρχικά DSM αρχεία

(όπως το SRTM ή το ASTER GDEM). Το DTM είναι δυνατόν να υπολογιστεί από σύνολα δεδομένων υψηλής ανάλυσης DSM με πολύπλοκους αλγόριθμους.

2.9.3 Τύποι DEM

Παρακάτω ο όρος DEM χρησιμοποιείται ως γενικός όρος για DSM και DTM αρχεία. Ένα DEM αρχείο μπορεί να αναπαρασταθεί ως ένα πλεγματοειδές αρχείο Raster ή ως Raster Heightmap όταν έχει υψόμετρο, ή ως ένα αρχείο TIN. Το σύνολο δεδομένων DEM σε μορφή TIN είναι γνωστό ως πρωταρχικό (μετρούμενο) DEM, ενώ το Raster DEM αναφέρεται ως δευτερεύων (αξονικό) DEM αρχείο. Τα DEM συνήθως κατασκευάζονται με τεχνικές τηλεπισκόπησης, αλλά μπορούν επίσης να κατασκευαστούν κι από εφαρμογές κτηματολογίου και αποτύπωσης χερσαίων μεθόδων.

Χρησιμοποιούνται κυρίως σε γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών - GIS, και είναι η πιο κοινή βάση για ψηφιακά παραγόμενους χάρτες. Το DEM μπορεί να αποκτηθεί μέσω τεχνικών όπως φωτογραμμετρίας, Lidar, IfSAR, αποτύπωσης χερσαίων κ.λπ. Ενώ ένα DSM αρχείο είναι χρήσιμο για την μοντελοποίηση τοπίων και πόλεων και για εφαρμογές απεικόνισης, ένα DTM αρχείο συχνά απαιτείται για την μοντελοποίηση των πλημμυρών ή αποστράγγισης, για μελέτες χρήσεων γης και για γεωλογικές εφαρμογές.

2.9.4 Παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων

Οι επιστήμονες χαρτογραφίας μπορούν να δημιουργήσουν ψηφιακά μοντέλα εδάφους με διάφορους τρόπους, αλλά συχνά χρησιμοποιούν την τηλεπισκόπηση και λιγότερο την τοπογραφία. Μία ισχυρή τεχνική για την παραγωγή ψηφιακών υψομετρικών μοντέλων είναι η τεχνική του Συμβολομετρικού Συνθετικού Διαφράγματος Ραντάρ - Interferometric Synthetic Aperture Radar. Άλλα είδη στερεοσκοπικών ζευγών μπορεί να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ψηφιακής συσχέτιση εικόνας, όπου δύο οπτικές εικόνες που αποκτήθηκαν με διαφορετικές γωνίες λαμβάνονται από το ίδιο πέρασμα ενός αεροπλάνου.

Το 1986, ο SPOT 1 δορυφόρος παρείχε τα πρώτα δεδομένα ανύψωσης για ένα αρκετά μεγάλο τμήμα της ξηράς του πλανήτη, με τη χρήση των δύο περασμάτων στερεοσκοπικής συσχέτισης.

Παλαιότερες μέθοδοι παραγωγής DEM συχνά χρησιμοποιούν την παρεμβολή ψηφιακών χαρτών περιγράμματος που μπορεί να έχουν παραχθεί με άμεση έρευνα επιφάνειας της γης. Η μέθοδος αυτή εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε ορεινές περιοχές, όπου η συμβολομετρία δεν είναι πάντα ικανοποιητική. Σημειώνεται ότι οι ισούψεις καμπύλες των δεδομένων ή οποιοδήποτε άλλο δείγμα από υψομετρικά δεδομένα τα οποία έχουν ληφθεί από GPS δεν είναι DEM, αλλά μπορούν να θεωρηθούν ψηφιακά μοντέλα εδάφους DTM.

Η ποιότητα ενός DEM εξαρτάται από την ακρίβεια του υψομέτρου (απόλυτη ακρίβεια) και της μορφολογίας (σχετική ακρίβεια) σε κάθε εικονοστοιχείο.

Παρακάτω είναι διάφοροι παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο για την ποιότητα των παραγόμενων DEM :

- Τραχύτητα εδάφους
- Πυκνότητα δειγματοληψίας (Μέθοδος Συλλογής Υψομετρικών δεδομένων)
- Ανάλυση πλέγματος ή μέγεθος pixel
- Αλγόριθμος παρεμβολής
- Κάθετη ανάλυση
- Αλγόριθμος ανάλυσης εδάφους

2.9.5 Μέθοδοι δημιουργίας DEM

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες από τις μεθόδους δημιουργίας DEM αρχείων:

- Τεχνική lidar
- Στερεοφωτογραμμετρία από εναέριες λήψεις
- Αποκλεισμός προσαρμογής από οπτικές δορυφορικές εικόνες
- Συμβολομετρία από δεδομένα ραντάρ
- Κινηματικό GPS σε πραγματικό χρόνο
- Τοπογραφικοί χάρτες
- Θεοδολικός ή γεωδαιτικός σταθμός
- Ραντάρ Doppler
- Αποτύπωση και χαρτογράφηση από μη επανδρωμένα αεροσκάφη

2.9.6 Χρήσεις

Οι χρήσεις του DEMs περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- Εξαγωγή παραμέτρων εδάφους
- Μοντελοποίηση ροής νερού ή κίνησης μάζας
- Τρισδιάστατες απεικονίσεις .
- Τρισδιάστατος σχεδιασμός πτήσεων
- Δημιουργία φυσικών μοντέλων
- Διόρθωση αεροφωτογραφιών ή δορυφορικών εικόνων .
- Μείωση (διόρθωση εδάφους) βαρύτητας μετρήσεων (σταθμική ανάλυση, φυσική γεωδαισία).
- Αναλύσεις γεωμορφολογίας και φυσικής γεωγραφίας
- Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS)
- Μηχανική και υποδομές σχεδιασμού
- Παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS)

- Προσομοίωση πτήσης
- Γεωργία και δασοπονία
- Ευφυή Συστήματα Μεταφορών (ITS)
- Αυτόματη ασφάλεια / Προηγμένα Συστήματα Υποβοήθησης Οδηγού (ADAS)
- Αρχαιολογία

3. Λογισμικό Beam Visat

3.1 Βασικά χαρακτηριστικά

Το BEAM είναι ένα open-source εργαλείο και μια πλατφόρμα ανάπτυξης για την προβολή, ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων τηλεπισκόπησης raster. Αρχικά αναπτύχθηκε για να διευκολύνει την αξιοποίηση των δεδομένων εικόνας από τους αισθητήρες και τα οπτικά όργανα του δορυφόρου Envisat, τώρα όμως πλέον υποστηρίζει έναν αυξανόμενο αριθμό από άλλες μορφές δεδομένων raster όπως GeoTIFF και NetCDF καθώς και δεδομένα από άλλους αισθητήρες παρακολούθησης γης όπως MODIS, AVHRR, AVNIR, PRISM και CHRIS / Proba.

Το BEAM Visat είναι μια desktop εφαρμογή που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση, ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων τηλεπισκόπησης raster. Διαθέτει μια σειρά από διάφορα επιστημονικά εργαλεία τα οποία τρέχουν από τη γραμμή εντολών ή μέσα από το Visat, γραμμένα εξ 'ολοκλήρου σε Java και ένα πλούσιο Application Programming Interface της Java για την ανάπτυξη νέων εφαρμογών τηλεπισκόπησης και επέκτασης BEAM plugins.

Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά παρατίθενται παρακάτω:

- Πολύ γρήγορη προβολή εικόνων και πλοήγηση ακόμη gigapixel εικόνων
- Προηγμένη διαχείριση στρωμάτων επιτρέποντας την προσθήκη και το χειρισμό νέων επιστρώσεων, όπως εικόνων από άλλες μπάντες ή εικόνων από Web Map Service διακομιστές ή ESRI shapefiles
- Ορισμός περιοχών ενδιαφέροντος με πλούσιες στατιστικές και διάφορα γραφήματα
- Εύκολος ορισμός δυαδικής μάσκας και επικάλυψης
- Ευέλικτη αριθμητική μπάντα χρησιμοποιώντας αυθαίρετες μαθηματικές εκφράσεις
- Ακριβής επαναπροβολή και ορθοδιόρθωση στα συνήθη προβολικά συστήματα
- Γεωκωδικοποίηση και διόρθωση χρησιμοποιώντας σημεία ελέγχου εδάφους
- Αποθήκευση και επαναφορά της τρέχουσας περιόδου λειτουργίας, συμπεριλαμβανομένων όλων των ανοιγμένων αρχείων, όψεων και στρωμάτων
- Επεξεργαστές επιστημονικών δεδομένων που περιλαμβάνουν

- Επίπεδο 3 Binning και mosaicing
- Expectation Maximization, K-Means Clustering, Linear Spectral Unmixing

3.2 Υποστηριζόμενα δεδομένα

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα δεδομένα που υποστηρίζονται από το BEAM VISAT (<http://www.brockmann-consult.de/cms/web/beam/>).

Όργανο	Πλατφόρμα	Format
MERIS L1b/L2	Envisat	Envisat N1
MERIS L3	Envisat	NetCDF
AATSR L1b/L2	Envisat	Envisat N1
ASAR	Envisat	Envisat N1
ATSR L1b/L2	ERS	Envisat N1, ERS
SAR	ERS	Envisat N1
CHRIS L1	Proba	HDF4
AVNIR-2 L1/L2	ALOS	CEOS
PRISM L1/L2	ALOS	CEOS
MODIS L2	Aqua, Terra	HDF4
AVHRR/3 L1b	NOAA-KLM	NOAA, METOP
TM	Landsat 5	FAST, GeoTIFF
SPOT VEGETATION	SPOT	HDF

Πίνακας 3.1 : Format δεδομένων που υποστηρίζονται από Beam

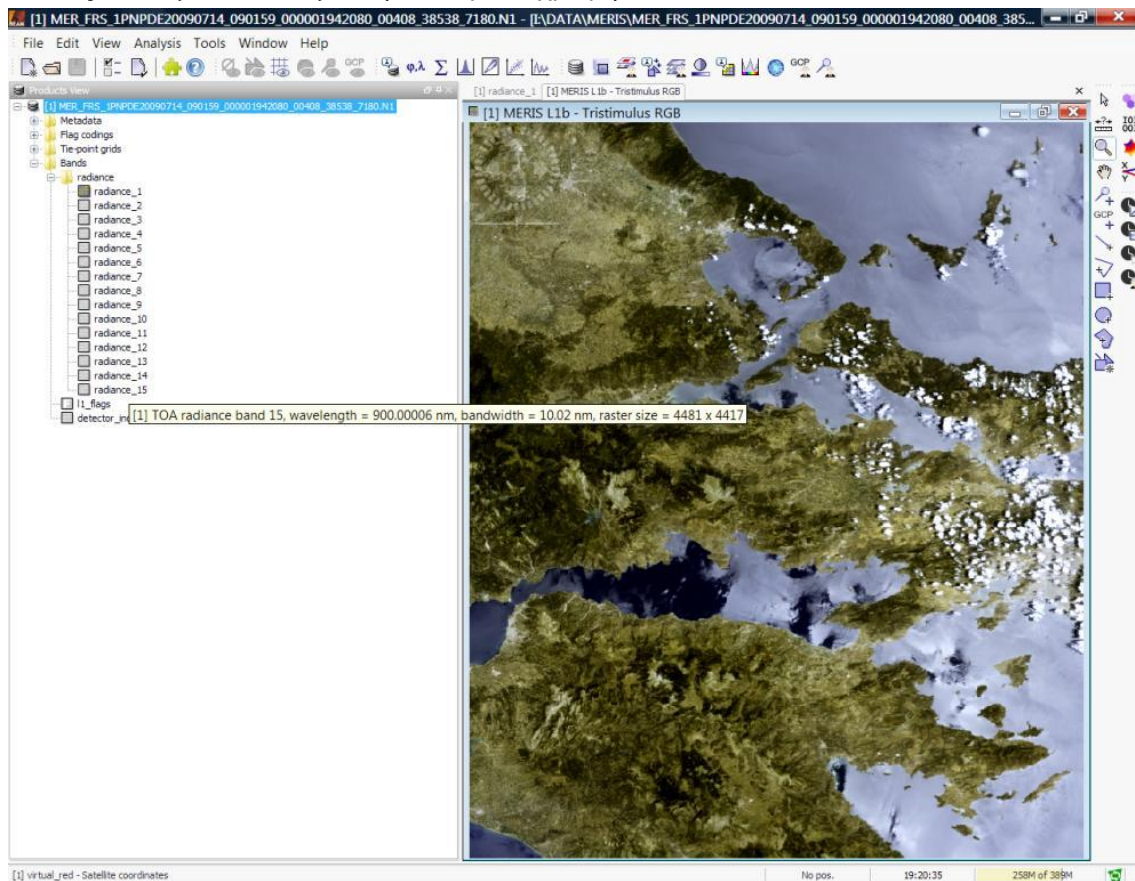
Το BEAM υποστηρίζει τις ακόλουθες μορφές ψηφιδωτών (raster):

Μορφή	Υποστήριξη	Περιγραφή
BEAM-DIMAP	Ανάγνωση - Εγγραφή	Το πρότυπο BEAM Input / Output format. Αποτελείται από μια επικεφαλίδα XML με βάση τις SpotImage / CNES, DIMAP σχήμα και ENVI εικόνες για τα δεδομένα raster.
GeoTIFF	Ανάγνωση - Εγγραφή	Μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μορφή δορυφορικών δεδομένων, π.χ. για Quickbird, LANDSAT, SPOT.
NetCDF	Ανάγνωση -	Μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μορφή δορυφορικών δεδομένων. Το

	Εγγραφή	BEAM υποστηρίζει NetCDF αρχεία σύμφωνα με τη NetCDF CF Σύμβαση Μεταδεδομένων .
HDF-EOS	Ανάγνωση	Το BEAM υποστηρίζει το HDF-EOS προφίλ (HDF4) που χρησιμοποιείται από τη NASA για δεδομένα της SeaWiFS, MODIS, ΥΧΕ, CZCS, και τα πλεγματικά MODIS προϊόντα L3.

Πίνακας 3.2 : Υποστηριζόμενες μορφές Raster

Παρακάτω φαίνεται ένα στιγμιότυπο οθόνης από το περιβάλλον του BEAM Visat. Έχει εισαχθεί μία εικόνα MERIS που θα χρησιμοποιήσουμε για τον υπολογισμό του δείκτη βλάστησης. Αριστερά διακρίνεται το αναδιπλωμένο μενού με τις 15 μπάντες της δορυφορικής εικόνας και δεξιά απεικονίζεται η RGB ψευδόχρωμη εικόνα MERIS.



Εικόνα 3.1 : Στιγμιότυπο περιβάλλοντος εργασίας BEAM VISAT

4. Λογισμικό Orfeo Toolbox και Monteverdi

4.1 Βασικά Χαρακτηριστικά

Το Orfeo Toolbox αποτελεί μια βιβλιοθήκη γραμμένη σε C++, ενώ περιέχει αλγορίθμους τηλεπισκόπησης και επεξεργασίας εικόνας. Από την άλλη μεριά, το Monteverdi αποτελεί το γραφικό περιβάλλον που προσφέρει η συγκεκριμένη βιβλιοθήκη για όλους τους χρήστες της.

Το λογισμικό, πραγματοποιήθηκε από τον Γαλλικό Οργανισμό Διαστήματος CNES, το

2006, και ακόμα και σήμερα αναπτύσσεται, με την όλο και μεγαλύτερη συμμετοχή της Κοινότητας του Ελεύθερου Λογισμικού. Τα μέλη που ασχολούνται με την ανάπτυξη των αλγορίθμων που περιέχει η βιβλιοθήκη όλο και πληθαίνουν με αποτέλεσμα να πληθαίνουν και να βελτιώνονται και οι εφαρμογές που παρέχει. Σκοπός το συγκεκριμένου πακέτου είναι να παρέχει στον χρήστη όλα τα απαραίτητα εργαλεία για να χρησιμοποιήσει και να επεξεργαστεί τις δορυφορικές του εικόνες. Η βιβλιοθήκη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υψηλής ευκρίνειας δορυφορικές εικόνες όπως αυτές που προκύπτουν από τους δορυφόρους Pleiades και Cosmo-SkyMed καθώς επίσης και σε ένα ευρύ φάσμα άλλων αισθητήρων. [The ORFEO Tool Box Software Guide Updated for OTB-3.10, June 30, 2011]

Το OTB όπως επίσης και το γραφικό του περιβάλλον Monteverdi δημιουργήθηκαν από την συνεργασία και την προσπάθεια μιας ολόκληρης κοινότητας. Το συγκεκριμένο εργαλείο μπορεί και αναμένεται να χρησιμοποιηθεί τόσο για σκοπούς έρευνας, διδασκαλίας όσο και για εμπορικούς σκοπούς. Έτσι και αλλιώς το πακέτο μπορεί να διανεμηθεί κάτω από την ελεύθερη άδεια CeCILL. Η συγκεκριμένη άδεια είναι συμβατή με την GPL (GNU General Public License) η οποία αποτελεί ελεύθερη άδεια για λειτουργικά και οποιαδήποτε άλλη χρήση. Η συγκεκριμένη άδεια διασφαλίζει στην ουσία ότι όλες οι εκδόσεις οποιουδήποτε προγράμματος που την διαθέτει είναι ελεύθερες και θα παραμείνουν ελεύθερες για όλους τους χρήστες.

Η δημιουργία του συγκεκριμένου προγράμματος χρειαζόταν καθώς:

- Δημιούργησε νέες δυνατότητες και επιδόσεις (υψηλή ευκρίνεια σε οπτικά δορυφορικά αποτελέσματα και αποτελέσματα από ραντάρ, ποιότητα αποτελεσμάτων, δυνατότητα να συνδυαστούν δορυφορικά δεδομένα και δεδομένα από radar). [Emmanuel Christophe, Jordi Inglada, 2009]
- Ήταν απαραίτητη η δημιουργία νέων μεθόδων επεξεργασίας ή ακόμα και προσαρμογή των ήδη υπαρχόντων.
- Η ανάγκη κατανόησης όλων των νέων μεθόδων επεξεργασίας έτσι ώστε να αποκτήσει αποτελέσματα στο σύστημά του.

Προτού αρχίσει ο χρήστης να εξοικειώνεται με το πλήθος των αλγορίθμων που παρέχει το OTB, καλό είναι να εξοικειωθεί με τον τρόπο που είναι οργανωμένο το λογισμικό και την δομή των αρχείων του. Είναι πολύ σημαντικό να μπορεί ο χρήστης να πλοηγηθεί μέσα στην βάση του κώδικα του προγράμματος προκειμένου να βρει λυμένα παραδείγματα, κώδικα ή ακόμα και έγγραφα έτσι ώστε να λύσει κάθε είδους πρόβλημά του. Έτσι λοιπόν το OTB είναι οργανωμένο σε επιμέρους τρεις ενότητες: το OTB, το OTB-Documents και το OTB-Applications. Ο πηγαίος κώδικας του προγράμματος μαζί με τα παραδείγματα και τις εφαρμογές μπορεί να βρεθεί στην ενότητα του OTB, τα έγγραφα και οι οδηγίες εκπαίδευσης μπορούν να βρεθούν στην ενότητα του OTB-Documents, ενώ τέλος, σύνθετες εφαρμογές με χρήση του OTB (και άλλων συστημάτων όπως του ΙTK και της FLTK είναι διαθέσιμα στην ενότητα του OTB-Applications). Συνήθως ο χρήστης θα ασχοληθεί με την ενότητα του OTB εκτός και άμα ανήκει στην ομάδα των προγραμματιστών, διδάσκει ένα μάθημα, ή ψάχνει για λεπτομέρειες σε κάποιο είδος προβλήματος. [The ORFEO Tool Box Software Guide Updated for OTB-3.10, June 30, 2011]

Όπως έχει προαναφερθεί το OTB είναι μια βιβλιοθήκη γραμμένη σε C++ και βασισμένη στην βιβλιοθήκη ΙTK, βιβλιοθήκη για ιατρικές εφαρμογές. Παρόλο που η γλώσσα που είναι γραμμένη το OTB είναι η C++ εφαρμογές έχουν γραφτεί και σε υπόλοιπες ελεύθερες γλώσσες προγραμματισμού (FLOSS) όπως η Python και η Java, όπου και οι εφαρμογές αυτές είναι διαθέσιμες σε ξεχωριστό πρόγραμμα OTB-Wrapping. Ένα ακόμα πολύ σημαντικό σημείο αποτελεί το γεγονός ότι το OTB μπορεί να εγκατασταθεί πολύ εύκολα σε πληθώρα λειτουργικών συστημάτων όπως τα Windows, το MacOS, και διάφορες διανομές GNU/Linux όπως το Ubuntu και το Open Suse. Το γεγονός αυτό το κάνει προσιτό σε μεγάλο μέρος χρηστών ανεξάρτητα με ποια γλώσσα προγραμματισμού είναι εξοικειωμένη ή ποιο λειτουργικό σύστημα χρησιμοποιούν. [The ORFEO Tool Box Software Guide Updated for OTB-3.10, June 30, 2011]

Ο κώδικας του OTB είναι πολύ πλούσιος σε πολλές εφαρμογές, πράγμα που το καθιστά ένα επιπλέον πολύ σημαντικό εργαλείο τηλεπισκόπησης. Όλος ο κώδικας του OTB προκειμένου να γίνει compile με τον σωστό τρόπο, χρησιμοποιείται η CMake, ένα ανοιχτού λογισμικού σύστημα δόμησης (build) προγραμμάτων. Ο ρόλος της CMake είναι να ελέγχει την διαδικασία μεταγλώττισης (compilation) του κώδικα χρησιμοποιώντας μια πλατφόρμα και ανεξάρτητα αρχεία διαμόρφωσης. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο για την CMake είναι το γεγονός ότι είναι αρκετά πολύπλοκη και υποστηρίζει περίπλοκα συστήματα, σαν το OTB. Οι

πληροφορίες που χρειάζεται η CMake για να μεταγλωττίσει τον κώδικα βρίσκονται σε ένα αρχείο CMake-List.txt το οποίο βρίσκεται σε κάθε φάκελο που υπάρχει ο αντίστοιχος κώδικας. Συνήθως η πληροφορία που περιέχει το αρχείο, οδηγεί στις βιβλιοθήκες και τα αρχεία επικεφαλίδες (header files) που έχουν προσδιοριστεί από τον χρήστη και είναι απαραίτητα για την εκτέλεση του προγράμματος.

Προκειμένου ο χρήστης να εξοικειωθεί πολύ πιο εύκολα και ομαλά με το περιβάλλον του OTB, μπορεί να διαβάσει εκτός από τον αναλυτικό οδηγό του λογισμικού, και έναν οδηγό που περιγράφει τις εφαρμογές του OTB Applications αλλά και του Monteverdi. Ο συγκεκριμένος οδηγός (CookBook) είναι πολύ χρήσιμος για τους μη προγραμματιστές που θέλουν απλά να καταλάβουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι εφαρμογές του OTB. Στην συνέχεια, ο χρήστης μπορεί να απευθυνθεί στο doxygen όπου αποτελεί τον λεπτομερή οδηγό για όλον τον κώδικα του προγράμματος. Στον συγκεκριμένο οδηγό, εμφανίζονται όλες οι κλάσεις και οι υποκλάσεις που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο πρότυπο (template) έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να ελέγξει το διάγραμμα ροής του. Τέλος, οι προγραμματιστές του περιβάλλοντος, έχουν δημιουργήσει ένα ολόκληρο wiki που περιέχει όλες τις απαραίτητες για τον χρήστη πληροφορίες.

Σήμερα σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της επίσημης σελίδας του OTB υπάρχουν περίπου 21 άτομα που ασχολούνται με την βελτίωση του OTB, ενώ ο κώδικας του έχει περάσει τα 6 εκατομμύρια γραμμές. Παράλληλα, τα άτομα που ασχολούνται με το συγκεκριμένο περιβάλλον πραγματοποιούν διάφορες παρουσιάσεις σε όλο το κόσμο προκειμένου να το κάνουν περισσότερο γνωστό. Τα παραπάνω στοιχεία αποδεικνύουν πως το περιβάλλον αυτό αποτελεί ένα αναπτυσσόμενο λογισμικό, με πολλές δυνατότητες για εφαρμογές τηλεπισκόπησης.

Τέλος στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστεί ένας πίνακας που να περιέχει τις βασικές εφαρμογές που μπορεί σήμερα να πραγματοποιήσει το OTB.

Εφαρμογή	Λεπτομέρειες
Επεξεργασία εικόνας	Ανάγνωση και επεξεργασία των περισσότερων τύπων τηλεπισκοπικών εικόνων (με χρήση της GDAL), πρόσβαση στα μεταδεδομένα της εικόνας, οπτικοποίηση της εικόνας
Πρόσβαση δεδομένων	πρόσβαση σε διανυσματικά δεδομένα (shapefile, kml), μοντέλα DEM, δεδομένα Lidar
Φίλτρα εικόνων	φίλτρα για θόρυβο, ενίσχυση οπτικών και radar δεδομένων
Εξαγωγή αντικειμένων	εξαγωγή υψής με χρήση των Haralick, SFS, Pantex, ένταση των ακμών, εξαγωγή σημείων και γραμμών ενδιαφέροντος
Κατάτμηση εικόνας	αλγόριθμοι region growing, watershed, level sets
Ταξινόμησης	αλγόριθμοι K-Means, SVM, Markov random fields
Ανίχνευση μεταβολών	—
Ορθοδιόρθωση και προβολή σε χάρτη	χρήση ossim
Ραδιομετρικοί δείκτες	βλάστηση, νερό, έδαφος
Αντικειμενοστραφής κατάτμηση και φίλτρα	
Υπολογισμός PCA	—
Απεικονίσεις	παρέχει ένα ευέλικτο σύστημα απεικόνισης

Πίνακας 4.1 : Βασικές εφαρμογές OTB

Η εφαρμογή Monteverdi αποτελεί το γραφικό περιβάλλον του OTB, παρέχοντας στον χρήστη τα κύρια εργαλεία που χρειάζεται για οποιαδήποτε τηλεπισκοπική εφαρμογή. Η εφαρμογή του Monteverdi είναι τελείως ανεξάρτητη από αυτή του OTB καθώς δεν περιέχει όλους τους αλγορίθμους του OTB και απευθύνεται απλά σε χρήστες που δεν έχουν εξοικειωθεί ακόμα με την χρήση του συγκεκριμένου κώδικα.

Η συγκεκριμένη εφαρμογή αποτελεί μια έξυπνη αρχιτεκτονική λογισμικού, το οποίο επιτρέπει αλυσιδωτές ενέργειες που πραγματοποιούνται με την επιλογή της κατάλληλης φόρμουλας από ένα σετ από μενού που θα αναφερθούν σε επόμενο κεφάλαιο. Η εφαρμογή υποστηρίζει τόσο raster (ψηφιδωτά δεδομένα) τύπους δεδομένων όσο και vector (διανυσματικά δεδομένα). Ένα ακόμα πολύ σημαντικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής είναι το γεγονός ότι χρησιμοποιεί τα πλεονεκτήματα της διαχείρισης ροών στα δεδομένα (streaming) και πολλαπλών νημάτων (multi threading) στο προγραμματισμό, τα οποία χρησιμοποιούν ως τρόπο λειτουργίας τις διαχειρίσεις ροών (pipelines) όπως άλλωστε και ο ίδιος ο κώδικας του OTB στηρίζεται στον ίδιο τρόπο. [Emmanuel Christophe, Julien Michel and Jordi Inglada,2011] Τέλος, ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί τόσο αρχεία δορυφορικών εικόνων όσο και εικόνων ραντάρ.

Οι κύριες λειτουργίες που έχει σήμερα το Monteverdi αποτελούν τα βασικά εργαλεία της τηλεπισκόπησης, δηλαδή, φίλτρα, γεωμετρικές διορθώσεις, καταμήσεις, ταξινομήσεις, πράξεις καναλιών, επεξεργασία SAR εικόνων και απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Το περιβάλλον του μπορεί να προσαρμοστεί τόσο από εφαρμογές που στηρίζονται σε εικονοστοιχεία όσο και από εφαρμογές που στηρίζονται σε αντικείμενα. Παρόλο που οι εφαρμογές που υποστηρίζει το περιβάλλον είναι περιορισμένες σε σχέση με τις δυνατότητες του κώδικα, συνεχώς οι developers αναπτύσσουν το γραφικό περιβάλλον, προσθέτοντας και άλλες.

4.2 Εγκατάσταση OTB και Monteverdi

Προκειμένου η χρήση του OTB να γίνει πιο εύκολη στους χρήστες τους, οι προγραμματιστές του έφτιαξαν έτοιμα πακέτα για μια σειρά από λειτουργικά συστήματα, έτσι ώστε η εγκατάστασή του να γίνει αυτόματη. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα πακέτα για κάθε τμήμα του OTB και για κάθε λειτουργικό τμήμα. Τα κελιά που είναι κενά, δεν έχουν κάποιο πακέτο έτοιμο για εγκατάσταση και ο χρήστης πρέπει να το εγκαταστήσει από το πηγαίο κώδικα όπως θα παρουσιαστεί παρακάτω. [The ORFEO Tool Box Software Guide Updated for OTB-3.10, June 30, 2011]

Λειτουργικά Συστήματα	OTB library	Monteverdi	OTB Applications	Wrapping (Java and Python)
Windows 2000/XP/Vista/Seven		Windows installer	Windows installer	Windows installer
MacOs X		app's DMG file		
Ubuntu Linux	APT repository	APT repository	APT repository	
OpenSuse	RPM package	RPM package	RPM package	

Πίνακας 4.2 : Διαθέσιμα πακέτα OTB

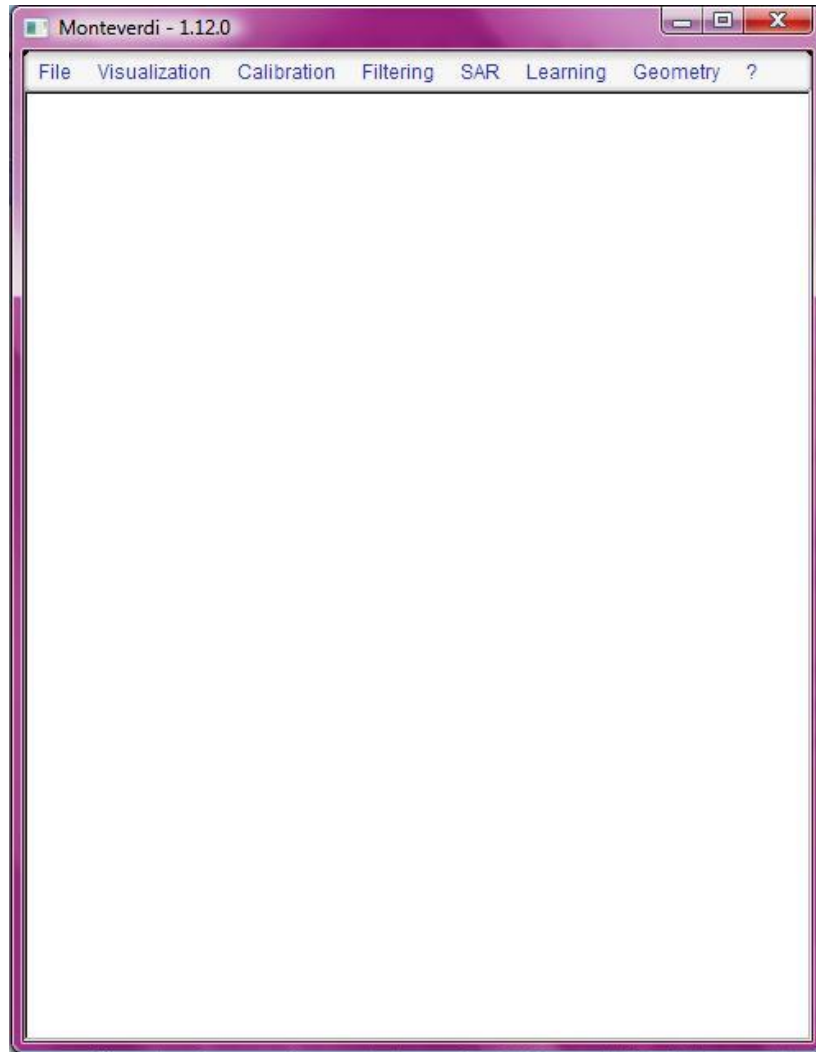
4.3 Περιεχόμενα μενού του Monteverdi

Πριν αρχίσει οποιαδήποτε εφαρμογή στον κώδικα του OTB καλό είναι να εξοικειωθεί ο χρήστης και με το γραφικό περιβάλλον που παρέχει το OTB. Για το λόγο αυτό στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθούν κάποιες εφαρμογές με το Monteverdi. Το Monteverdi χρησιμοποιείται

κυρίως από τους χρήστες που δεν έχουν εξοικειωθεί με το περιβάλλον του OTB και χρειάζονται ένα εργαλείο για να πραγματοποιήσουν κάποιες βασικές εφαρμογές τηλεπισκόπησης. Αποτελεί δηλαδή, έναν προθάλαμο μέχρι ο χρήστης να εξοικειωθεί με τον τρόπο που είναι δομημένο το OTB και να αρχίσει να πραγματοποιεί τις εφαρμογές του σε αυτό.

Αρχικά, στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί πως το Monteverdi δεν περιέχει όλους τους αλγορίθμους και τις εφαρμογές που βρίσκονται στον κώδικα του OTB, αλλά περιέχει κάποιες από αυτές που είναι απαραίτητες για τις κύριες εφαρμογές τηλεπισκόπησης. Κάθε νέα εισαγωγή δεδομένων γίνεται με χρήση του δείκτη reader. Τα δεδομένα που εισάγει ο χρήστης μπορεί να είναι είτε raster είτε vector, και για το λόγο αυτό έχουν το χαρακτηρισμό δεδομένα, data set και όχι εικόνες. Με αυτό τον τρόπο, ο χρήστης δεν χρειάζεται να κάνει καμία ειδική ενέργεια προκειμένου να αναγνωρισθεί το συγκεκριμένο ανά περίπτωση format των δεδομένων. Έτσι λοιπόν όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.1) υπάρχουν τα εξής μενού επιλογών:

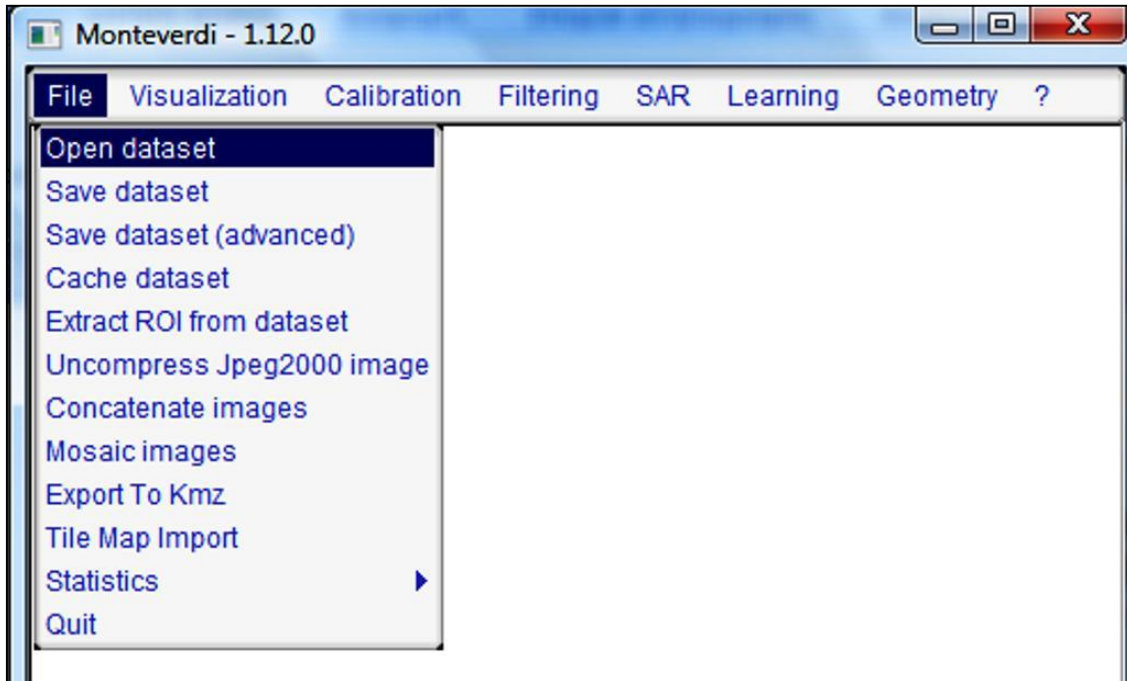
- Το μενού επιλογών file περιέχει όλα τα εργαλεία για άνοιγμα της εικόνας (Open dataset), αποθήκευση κάποιας υποεικόνας που δημιουργείται (Save dataset, Save dataset (advanced)), εργαλείο για να μπορεί ο χρήστης να εφαρμόζει σταδιακά ένα πλήθος ενεργειών χωρίς να θέλει να αποθηκεύσει τα αποτελέσματα (Cache dataset), εργαλείο για κοπή εικόνας (Extract Roi from dataset), ένωση εικόνων ή καναλιών εικόνων σε μια εικόνα με πολλά κανάλια (Concatenate images), υπολογισμό των στατιστικών της εικόνας κ.α.
- Το μενού επιλογών Visualization περιέχει όλα τα εργαλεία για εμφάνιση της εικόνας στον χρήστη μέσω διαφόρων εφαρμογών.
- Το μενού επιλογών Calibration περιέχει όλες τις ενέργειες για διόρθωση της δορυφορικής εικόνας (Optical Calibration) ή μιας εικόνας από ραντάρ (SAR Calibration) από την επιρροή της ατμόσφαιρας.
- Το μενού επιλογών Filtering περιέχει, το εργαλείο BandMath, για να μπορεί ο χρήστης να πραγματοποιήσει τις δικές του αριθμητικές πράξεις μεταξύ των καναλιών της εικόνας (π.χ. λόγοι), το εργαλείο για κατωφλίωση της εικόνας Threshold, μια σειρά από φίλτρα Feature Extraction, το εργαλείο για να πραγματοποιείται σε πανχρωματικές εικόνες. Pansharpening, φίλτρα για change detection καθώς επίσης και το εργαλείο για διαχωρισμό αντικειμένων mean shift clustering τα οποία θα χρησιμοποιηθούν σε ταξινομήσεις



Εικόνα 4.1 : Κεντρικό μενού Monteverti

- Το μενού επιλογών SAR περιέχει όλα τα εργαλεία για επεξεργασία εικόνων ραντάρ.
- Το μενού επιλογών Learning περιέχει τις ταξινομήσεις που έχει το Monteverti δηλαδή επιβλεπόμενη ταξινόμηση SVM classification και μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση KMeans clustering.
- Τέλος, το μενού επιλογών Geometry περιέχει όλα τα εργαλεία για την γεωμετρική διόρθωση της εικόνας.

4.3.1 Μενού File



Εικόνα 4.2 : Κεντρικό μενού File Monteverdi

Open dataset

Από το συγκεκριμένο υπομενού μπορεί ο χρήστης να φορτώσει την εικόνα του στο σύστημα προκειμένου να ξεκινήσει την επεξεργασία της. Το εργαλείο αναγνωρίζει αμέσως τον τύπο του δεδομένου που φορτώνει ο χρήστης, δηλαδή αν πρόκειται για δορυφορική εικόνα ή εικόνα ραντάρ, οπότε η εικόνα φορτώνεται στο σύστημα. Αυτόματως, δημιουργείται ένας δείκτης reader, που περιέχει την εικόνα. Η εικόνα αυτή αναλύεται από το σύστημα στα συστατικά της.

Αρχικά εμφανίζεται όλη η εικόνα έτσι όπως έχει εισαχθεί από τον χρήστη, στην συνέχεια εμφανίζεται η εικόνα που περιέχει τις πληροφορίες για τις γεωμετρικές συντεταγμένες των pixel της, ενώ από κάτω ακολουθούν τα κανάλια της εικόνας ένα ένα ξεχωριστά. Παράλληλα, ο χρήστης, μπορεί να δει σε κάθε περίπτωση τον τύπο δεδομένων με το οποίο το σύστημα διαβάζει την εικόνα, καθώς επίσης και από ποια πηγή αντλεί τις πληροφορίες για τα επιμέρους μέρη που δημιουργεί.

Save dataset

Στο υπομενού αυτό, ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει την εικόνα που θέλει να εξάγει και έχει δημιουργηθεί μέσα από μια σειρά από διαδικασίες. Το μόνο που έχει να κάνει ο χρήστης, είναι να επιλέξει την εικόνα που θέλει και στην συνέχεια του εμφανίζεται ένα παράθυρο στο οποίο επιλέγει τον φάκελο στον οποίο θα αποθηκεύσει την εικόνα, αλλά και τον τύπο των δεδομένων για τα pixel της εικόνας. Προτείνεται ο χρήστης να αφήνει τον τύπο που είναι προ επιλεγμένος από το σύστημα, εκτός και άμα έχει συγκεκριμένο λόγο που να επιθυμεί αλλαγή του τύπου των δεδομένων της εικόνας. Οι τύποι των δεδομένων που υποστηρίζονται καθώς επίσης και το μέγεθός τους είναι τα εξής: unsigned char (8bits), short (16 bits), int (32 bits), float (32 bits), double (64 bits), unsigned short (16 bits), unsigned int (32 bits).

Η ύπαρξη τόσων πολλών τύπων δεδομένων είναι απαραίτητη καθώς όλες οι διαδικασίες που πραγματοποιούνται στο monteverdi οδηγούν σε float τύπο δεδομένου για τα εικονοστοιχεία μιας εικόνας. Σε μεγάλες τηλεπισκοπικές όμως εφαρμογές αυτό οδηγεί σε μεγάλο όγκο δεδομένων. Έτσι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα άλλο τύπο δεδομένου για τα εικονοστοιχεία της εικόνας του, έτσι ώστε το μέγεθός της να είναι μικρότερο και παράλληλα το αποτέλεσμα του ικανοποιητικό. Τέλος, ο χρήστης έχει την δυνατότητα, να επιλέξει να αποθηκευτούν τα metadata της εικόνας ή όχι.

Save dataset(advanced)

Στο συγκεκριμένο υπομενού ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει τα δεδομένα του με περισσότερες όμως δυνατότητες. Αρχικά, αφού επιλέξει το μενού, εμφανίζεται ένα παράθυρο (writer application) στο οποίο εμφανίζονται η εικόνα, το αποτέλεσμα καθώς και ο τύπος των εικονοστοιχείων της εικόνας. Στο παράθυρο αυτό, ο χρήστης, μπορεί να πραγματοποιήσει μια σειρά από ενέργειες.

Αρχικά μπορεί να εξάγει ένα κανάλι από την εικόνα που θέλει να αποθηκεύσει και να αποθηκεύσει μόνο αυτό ή ένα συνδυασμό καναλιών από τα παρεχόμενα από αυτή. Επίσης μια πολύ σημαντική εφαρμογή που μπορεί να γίνει από το συγκεκριμένο μενού είναι ότι μπορεί να γίνει μετατροπή της εικόνας από 64bit σε 32bit και οποιοδήποτε συνδυασμό τους. Έτσι από οποιοδήποτε τύπο δεδομένων μπορεί να παραχθεί μια σειρά από άλλους.

Cache dataset

Το υπομενού αυτό είναι πολύ ενδιαφέρον να αναλυθεί. Ο κώδικας του OTB προκειμένου να υλοποιηθεί, δημιουργεί μια σειρά από διοχέτευση ροών(pipeline). Καμία ενέργεια από αυτές που πραγματοποιεί ο χρήστης δεν πραγματοποιείται εκτός και άμα το ζητήσει ο ίδιος συγκεκριμένα. Με αυτό τον τρόπο λοιπόν ο χρήστης μπορεί ταυτόχρονα να ανοίγει μια εικόνα, να πραγματοποιεί γεωμετρική διόρθωση και να εφαρμόζει ένα φίλτρο για παράδειγμα, χωρίς να πραγματοποιείται τίποτα, μέχρι να ενεργοποιηθεί την εκτέλεση της ροής. Η λειτουργία αυτή είναι πολύ βολική καθώς ο χρήστης μπορεί να εφαρμόσει όλες τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν στην εικόνα και μετά αυτές να πραγματοποιηθούν αυτόματα χωρίς την επιτήρησή του σε κάθε επιμέρους στάδιο.

Στο γραφικό περιβάλλον όμως του OTB, κάθε ενέργεια που κάνει ο χρήστης αποθηκεύεται στο τελευταίο μοντέλο της ροής. Παρόλα αυτά, μερικές φορές, ο χρήστης μπορεί να θέλει να εφαρμόσει ένα μέρος της ροής που έχει δημιουργήσει, χωρίς να θέλει να δώσει σε αυτό ένα όνομα ή να πάρει κάποιο αποτέλεσμα. Η ενέργεια αυτή πραγματοποιείται από το συγκεκριμένο μενού. Με λίγα λόγια, το αποτέλεσμα της διαδικασίας μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα προσωρινό αρχείο το οποίο μπορεί να βρεθεί στο αρχείο Caching το οποίο δημιουργείται από την εφαρμογή. Μια άλλη περίπτωση που ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την συγκεκριμένη εφαρμογή είναι όταν χρειάζεται μια εισαγωγή ενός μοντέλου που ήδη υπάρχει. Σε περίπτωση που ο χρήστης χρησιμοποιήσει το συγκεκριμένο εργαλείο πριν την οριστικοποίηση του αποτελέσματος, δημιουργεί ένα ολοκληρω σετ από δεδομένα για μια πιο ομαλή λειτουργία. [The Orfeo ToolBox Cookbook, a guide for non-developers Updated for OTB-3.10, 2011]

Extract ROI from dataset

Το υπομενού αυτό χρησιμοποιείται έτσι ώστε ο χρήστης σε περίπτωση που θέλει να απομονώσει ένα κομμάτι της εικόνας για να δουλέψει σε αυτό. Αφού λοιπόν πρώτα, από το αντίστοιχο παράθυρο ο χρήστης επιλέξει την εικόνα από την οποία θα απομονώσει κομμάτι της, στην συνέχεια εμφανίζεται ένα παράθυρο στο οποίο φαίνεται η εικόνα στο αριστερό μέρος, ενώ στο δεξί μέρος έχουμε τα εξής στοιχεία: το μέγεθος σε pixels της εικόνας, τις συντεταγμένες των τεσσάρων άκρων του τετραγώνου που προσδιορίζει την προς εξαγωγή εικόνα καθώς επίσης και τις γεωγραφικές τους συντεταγμένες.

Έτσι, ο χρήστης έχει απλά να επιλέξει την εικόνα που θέλει κεντράροντας το τετράγωνο στην περιοχή ενδιαφέροντος και απλά να πατήσει το save. Αυτή η ενέργεια μπορεί να γίνει είτε γραφικά πειράζοντας τα όρια του αρχικού τετραγώνου, είτε προσδιορίζοντας ακριβώς τα όρια του καινούργιου τετραγώνου πληκτρολογώντας τα. Αμέσως με την εκτέλεση της ενέργειας, θα δημιουργηθεί στο Monteverdi ένας δείκτης Extract ROI, ο οποίος θα περιέχει την απομονωμένη εικόνα. Καλό είναι το υπο-μενού αυτό να χρησιμοποιείται σε πολύ μεγάλες εικόνες, έτσι ώστε όλη η μετέπειτα επεξεργασία να γίνεται πολύ πιο γρήγορα.

Concatenate images

Με αυτή την λειτουργία ο χρήστης μπορεί να ενώσει εικόνες οι οποίες έχουν τις ίδιες διαστάσεις και να φτιάξει μια εικόνα με πολλά κανάλια. Έτσι ο χρήστης μπορεί για παράδειγμα να φτιάξει

μια εικόνα που περιέχει την αρχική εικόνα σε συνδυασμό με την ίδια εικόνα έχοντας όμως εφαρμόσει ένα φίλτρο. Στην συνέχεια μπορεί να διαλέξει τον κατάλληλο κατά την γνώμη του συνδυασμό καναλιών στην νέα εικόνα και να τα προβάλει στην οθόνη ώστε να ολοκληρώσει την εφαρμογή του. Προκειμένου να γίνει αυτό, αρκεί να χρησιμοποιήσει το συγκεκριμένο μενού και απλά να φορτώσει όσα κανάλια από όποια εικόνα θέλει. Αυτόματα πάλι δημιουργείται ένας δείκτης concatenate ο οποίος περιέχει τόσα κανάλια όσα έχει περάσει ο χρήστης από την αντίστοιχη εικόνα.

Export to Kmz

Με το υπομενού αυτό, ο χρήστης μπορεί να εξάγει τα δεδομένα του (είτε είναι raster είτε vector) στο Google Earth. Έτσι και αλλιώς το σύστημα έχει τις γεωγραφικές συντεταγμένες των δεδομένων που εισάγει ο χρήστης καθώς αυτές βρίσκονται στα metadata της εικόνας. Έτσι ο χρήστης απλά φορτώνει την εικόνα από το μενού και συμπληρώνει όλα τα στοιχεία της.

Tile Map Import

Στο συγκεκριμένο υπομενού ο χρήστης μπορεί να δει τον χάρτη της περιοχής που θέλει. Με το μενού αυτό ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο ο χρήστης εισάγει το όνομα της περιοχής και πατώντας το search το σύστημα προσδιορίζει τις γεωδαιτικές συντεταγμένες του ονόματος που εισάγει ο χρήστης και του εμφανίζει τον χάρτη που επιλέγει.

4.3.2 Μενού Visualisation



Εικόνα 4.3 : Κεντρικό μενού Visualisation Monteverdi

Viewer

Το συγκεκριμένου υπο-μενού είναι υπεύθυνο για την εμφάνιση των δεδομένων που εισάγει ο χρήστης στην οθόνη του. Έτσι λοιπόν από το παράθυρο που εμφανίζεται και αφού πρώτα έχει φορτωθεί η εικόνα στο σύστημα, ο χρήστης επιλέγει την εικόνα που θέλει να εμφανίσει στην οθόνη του, πατάει το (+) προκειμένου να φορτωθεί στο σύστημα και μετά ok. Στην συνέχεια εμφανίζονται δύο παράθυρα.

Standard image viewer

Στο συγκεκριμένο εργαλείο, εμφανίζεται η εικόνα του χρήστη. Στο πάνω αριστερά παράθυρο φαίνεται το σύνολο της εικόνας και η περιοχή στην οποία έχει εστιάσει ο χρήστης. Το παράθυρο αυτό χρησιμοποιείται κυρίως για γρήγορη πλοήγηση πάνω στην εικόνα (Scroll window). Στο ακριβώς από κάτω παράθυρο εμφανίζεται η περιοχή η οποία ο χρήστης έχει κάνει zoom, ενώ από κάτω έχουμε το ιστόγραμμα της εικόνας και παρακάτω την περιγραφή του κάθε pixel στο οποίο ο χρήστης ακουμπάει το ποντίκι του. Τέλος, το μεγάλο παράθυρο εμφανίζει το μέρος της εικόνας στο οποίο έχει εστιάσει ο χρήστης (Full resolution window), ενώ το παράθυρο που βρίσκεται μέσα στο τετράγωνο, εμφανίζει την περιοχή που έχει μεγεθυνθεί στα αριστερά.

Data Properties

Στο συγκεκριμένο παράθυρο βρίσκονται όλες οι επιλογές για την εικόνα όσον αφορά την οριστικοποίησή της. Το παράθυρο αυτό αποτελείται από τέσσερις καρτέλες. Η καρτέλα **Data** περιέχει γενικές πληροφορίες που αφορούν την εικόνα και γενικότερα εντολές που χρησιμοποιούνται κυρίως στους vector τύπους δεδομένων. Η καρτέλα **Setup** περιέχει τους συνδυασμούς των καναλιών που μπορεί να κάνει ο χρήστης. Έτσι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να εμφανίσει την εικόνα σε grayscale mode, ή να επιλέξει τον συνδυασμό καναλιών που χρειάζεται για την εφαρμογή του. Όλες οι ενέργειές του μπορούν να εμφανιστούν στην οθόνη με το πλήκτρο update channels. Επίσης στην συγκεκριμένη καρτέλα, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την μέθοδο με την οποία γίνεται το contrast της εικόνας. Από μόνο του το πρόγραμμα έχει προεπιλεγμένη την μέθοδο Linear X% και τα όρια min +2% και max -2%. Τέλος, οι άλλες δύο επιλογές που υπάρχουν στην καρτέλα χρησιμεύουν για να χωρίσουν ή όχι τα παράθυρα που υπάρχουν και αναλύθηκαν στο Standard image viewer.

Η καρτέλα **Histogram** παρουσιάζει τα ιστογράμματα του κάθε καναλιού. Ο χρήστης μπορεί να ελέγξει και να αλλάξει την κατωφλίωση των ιστογραμμάτων απλά αλλάζοντας τις ακραίες θέσεις των γραμμών που περιβάλλουν το ιστόγραμμα. Τέλος, η καρτέλα **Pixel Description** περιέχει όλες τις πληροφορίες για όποιο pixel της εικόνας θελήσει ο χρήστης. Οι πληροφορίες που παρέχονται στην συγκεκριμένη καρτέλα αφορούν τις διαστάσεις της εικόνας, τις τιμές του συγκεκριμένου pixel στα διάφορα κανάλια που είναι διαθέσιμα, τις τιμές του pixel στα κανάλια που απεικονίζονται, τις συντεταγμένες του σημείου (γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος) και τέλος σε περίπτωση που ο χρήστης διαθέτει σύνδεση στο Internet εμφανίζει την περιοχή που υπολογίζεται ότι είναι η εικόνα που εισήγαγε ο χρήστης (χώρα και πόλη). Στις Ελληνικές περιοχές αναγνωρίζει την χώρα και την πόλη από την οποία προέκυψε η εικόνα.

SpectralViewer

Το υπομενού αυτό χρησιμεύει για να μπορέσει ο χρήστης να προσδιορίσει τις φασματικές υπογραφές για κάθε pixel της εικόνας. Με άλλα λόγια, εμφανίζει για κάθε pixel της εικόνας τιμή της έντασής του σε κάθε κανάλι. Πάλι ο χρήστης έρχεται αντιμέτωπος με δύο παράθυρα.

- Spectrume analysis module

Στο παράθυρο αυτό, ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί σε όλα τα pixel της εικόνας, ενώ στο κάτω μέρος του παραθύρου μπορεί να επιλέξει τον κατάλληλο συνδυασμό καναλιών για την απεικόνιση του αρχείου του. Το συγκεκριμένο παράθυρο είναι δομημένο με τον ίδιο περίπου τρόπο με το οποίο είναι δομημένο και το παράθυρο του Viewer

- Curve Display

Στο παράθυρο αυτό εμφανίζεται το διάγραμμα που δείχνει την τιμή της έντασης σε κάθε ένα κανάλι του κάθε pixel. Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τον τρόπο που εμφανίζεται η κλίμακα στον άξονα των y, όπως επίσης και το zoom στο οποίο φαίνεται το διάγραμμα.

Color Mapping

Το συγκεκριμένο εργαλείο κατασκευάζει τον χρωματικό χάρτη του αρχείου που εισάγει ο χρήστης. Ο χρήστης εισάγει την εικόνα και επιλέγει το χρώμα με το οποίο θέλει να γίνει ο χάρτης.

4.3.3 Μενού Learning



Εικόνα 4.4 : Κεντρικό μενού Learning Monteverdi

Στο συγκεκριμένου μενού επιλογών βρίσκονται όλες οι ταξινομήσεις που διαθέτει το σύστημα. Η ταξινόμηση μπορεί να είναι **επιβλεπόμενη** ή **μή επιβλεπόμενη**. Στην επιβλεπόμενη ταξινόμηση, ο ταξινομητής, εφοδιάζεται με το **εκπαιδευτικό δείγμα** (ή εκπαιδευτικό σύνολο) που είναι ένα γνωστής ταξινόμησης (ερμηνευμένο) υποσύνολο των δεδομένων. Με βάση τις πληροφορίες από το εκπαιδευτικό δείγμα, και σύμφωνα με τον αλγόριθμο του κάθε ταξινομητή, καθορίζονται οι παράμετροι του ταξινομητή, οι οποίες θα του επιτρέψουν στη συνέχεια να ταξινομήσει το σύνολο των δεδομένων.[Χάρου, 2001]. Στη μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση, ο ταξινομητής κατατάσσει τα δεδομένα σε ομάδες, ανακαλύπτοντας μόνος του, χωρίς τη βοήθεια του εκπαιδευτικού δείγματος, τις υπάρχουσες ομοιότητες των διανυσμάτων χαρακτηριστικών. Ένας ταξινομητής μπορεί να προέρχεται από διάφορα επιστημονικά πεδία, όπως Στατιστική, Νευρωνικά Δίκτυα, ασαφή Λογική, ή συνδυασμό τους.

Το περιβάλλον του Monteverdi επιτρέπει την ταξινόμηση τόσο με επιβλεπόμενους όσο και με μη επιβλεπόμενους αλγορίθμους. Επίσης επιτρέπει ταξινόμηση τόσο με βάση το εικονοστοιχείο, όσο και με βάση το αντικείμενο.

SVM Classification

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση αποτελεί μια διαδικασία με την οποία κάθε ξεχωριστό στοιχείο ταξινομείται στην αντίστοιχη κλάση με βάση την πληροφορία που έχουν ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά της αλλά και με βάση τις περιοχές εκπαίδευσης που έχει επιλέξει ο χρήστης. Το μοντέλο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης που χρησιμοποιεί το σύστημα είναι βασισμένο στη μέθοδο Support Vector Machine, η οποία χρησιμοποιεί την έρευνα μεταξύ δύο ξεχωριστών κλάσεων με βάση τα δείγματα εκπαίδευσής τους. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί και για ταξινομήσεις με παραπάνω από 2 κλάσεις. Σε κάθε περίπτωση, ο χρήστης φορτώνει την εικόνα του στο σύστημα και με βάση το παράθυρο που δημιουργείται, δημιουργεί κλάσεις (κατηγορίες), φτιάχνοντας πολύγωνα για κάθε κλάση. Με αυτό τον τρόπο το σύστημα πραγματοποιεί μια ταξινόμηση με βάση τα χαρακτηριστικά της κάθε κλάσης, έτσι όπως προκύπτουν από τις περιοχές εκπαίδευσης που επέλεξε ο χρήστης και κάθε pixel ταξινομείται στην αντίστοιχη κατηγορία.

SVM Classification(Experimental)

Το υπομενού αυτό, πραγματοποιεί την ίδια δουλειά με το παραπάνω, με την μόνη διαφορά ότι ο χρήστης σε αυτή την περίπτωση πρέπει να φορτώσει μαζί με την εικόνα και τις περιοχές εκπαίδευσης. Με άλλα λόγια, χρησιμοποιείται στην περίπτωση που ο χρήστης έχει έτοιμες τις περιοχές εκπαίδευσης της εικόνας και απλά θέλει να τρέξει τον αλγόριθμο.

KMeans clustering

Το υπομενού αυτό αποτελεί μια μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση με χρήση του αλγορίθμου KMeans. Ο χρήστης εισάγει την εικόνα και στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγει πόσες κλάσεις θέλει να δημιουργήσει ο αλγόριθμος, πόσα δείγματα θα πάρει από την εικόνα και ποιο θα είναι ο μέγιστος αριθμός επαναλήψεων. Έτσι, αφού τελειώσει η όλη επεξεργασία του αλγορίθμου,

δημιουργείται και ο αντίστοιχος δείκτης, που περιέχει την εικόνα που έχει ταξινομηθεί.

5. Λογισμικό QuantumGIS

5.1 Βασικά χαρακτηριστικά

Το Quantum GIS 1.8.0 (QGIS) είναι ένα ανοικτού κώδικα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών. Το συγκεκριμένο λογισμικό δημιουργήθηκε τον Μάιο του 2002 και καθιερώθηκε ως ένα πρόγραμμα ανοικτού κώδικα, τον Ιούνιο του ίδιου έτους. Το QGIS επί του παρόντος τρέχει στις περισσότερες πλατφόρμες Unix, Windows και λειτουργικά OS X. Το QGIS αναπτύσσεται χρησιμοποιώντας το Qt toolkit (<http://qt.digia.com>) και τη γλώσσα προγραμματισμού C++. Αυτό σημαίνει ότι το QGIS είναι εύχρηστο και φιλικό προς τον τελικό χρήστη, λόγω του εύκολου συστήματος διεπαφής.

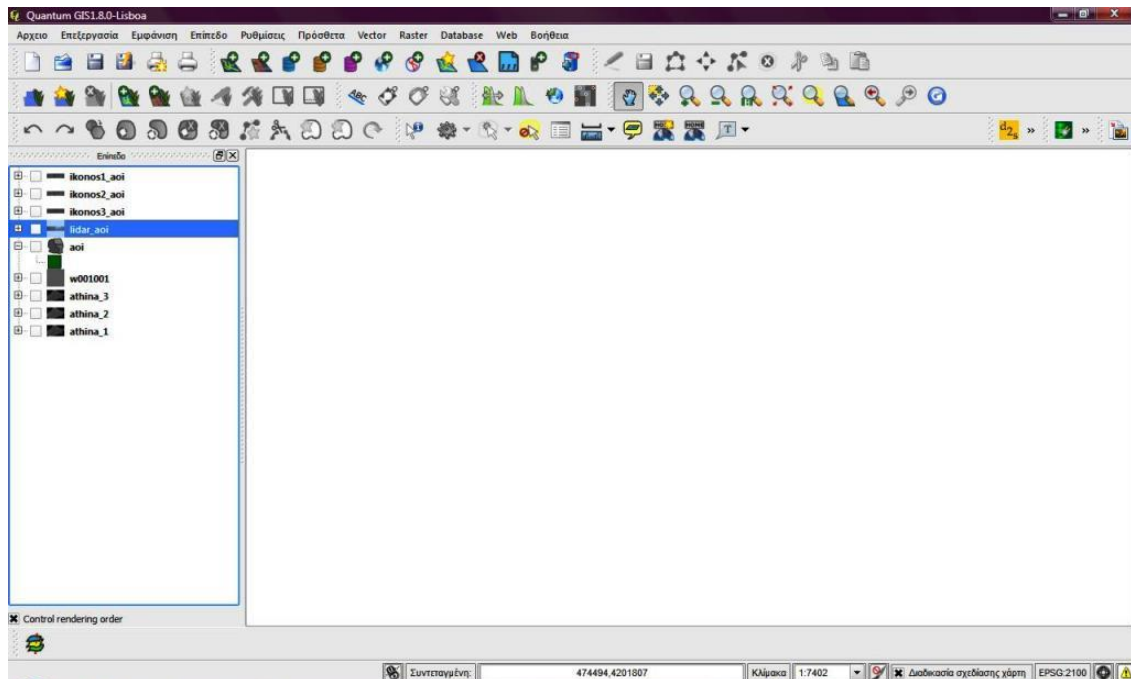
Το QGIS στοχεύει να είναι ένα εύκολο πρόγραμμα στη χρήση του, να παρέχει κοινές λειτουργίες και χαρακτηριστικά γνωρίσματα GIS. Ο αρχικός στόχος ήταν να παρέχει ένα πρόγραμμα προβολής δεδομένων GIS, αλλά μετέπειτα έφθασε στο σημείο να χρησιμοποιείται για επεξεργασία των δεδομένων GIS. Επίσης υποστηρίζει μια σειρά από μορφές πλεγματικών δεδομένων (raster) και διανυσματικών δεδομένων (vector), με νέες λειτουργίες υπό τη μορφή plugin.

Το QGIS έχει κυκλοφορήσει υπό τη Γενική Άδεια Δημόσιας Χρήσης GNU (GNU GPL). Προγραμματίζοντας το QGIS με αυτή την άδεια σημαίνει ότι μπορεί να τροποποιηθεί ο πηγαίος κώδικας ελεύθερα.

Το λογισμικό QuantumGIS είναι ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) που επιτρέπει στον χρήστη να δημιουργήσει, απεικονίσει, κατασκευάσει ερωτήματα και ν'αναλύσει γεωχωρικά δεδομένα. Ο όρος γεωχωρικά δεδομένα αναφέρεται σε πληροφορίες σχετικά με τη γεωγραφική θέση μιας οντότητας. Αυτό συχνά περιλαμβάνει τη χρήση γεωγραφικών συντεταγμένων, όπως το γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος. Ο όρος χωρικά δεδομένα είναι ένας άλλος όρος που χρησιμοποιείται συνήθως για γεωγραφικά δεδομένα, GIS δεδομένα, δεδομένα χάρτη, τοπολογικά δεδομένα, συντεταγμένες και δεδομένα χωρικής γεωμετρίας. Εφαρμογές που χρησιμοποιούν τα γεωχωρικά δεδομένα μπορούν να εκτελέσουν μια μεγάλη ποικιλία λειτουργιών. Η παραγωγή του χάρτη είναι ευκολότερη και πιο κατανοητή λειτουργία γεωχωρικών εφαρμογών. Τα προγράμματα χαρτογράφησης επεξεργάζονται τα γεωχωρικά δεδομένα και μπορούν να τα μετατρέψουν σε μια μορφή που είναι ορατή από το ανθρώπινο μάτι, συνήθως στην οθόνη υπολογιστή ή σε μια εκτυπωμένη σελίδα. Το QuantumGIS μπορεί να προβάλει στατικούς χάρτες (μια απλή εικόνα) ή δυναμικούς χάρτες των οποίων η προβολή έχει προσαρμοστεί από τον χρήστη. Εσφαλμένα επικρατεί η άποψη ότι οι γεωχωρικές εφαρμογές παράγουν μόνο χάρτες, αποκλείοντας τη γεωχωρική ανάλυση δεδομένων η οποία είναι μια άλλη κύρια λειτουργία των γεωχωρικών εφαρμογών.

Με το QGIS μπορούν να γίνουν διάφοροι υπολογισμοί όπως:

- Αποστάσεις μεταξύ γεωγραφικών τοποθεσιών
- Το εμβαδό μιας περιοχής (π.χ. σε τετραγωνικά μέτρα) μέσα σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή
- Δυνατότητα συσχέτισης γεωγραφικών χαρακτηριστικών
- Βαθμός επικάλυψης μεταξύ γεωγραφικών χαρακτηριστικών



Εικόνα 5.1 : Σύστημα διεπαφής Quantum GIS

Το πρόγραμμα QGIS γεννήθηκε το Μάιο του 2002 και καθιερώθηκε τον Ιούνιο του ίδιου έτους. "Τρέχει" αυτήν την περίοδο στις περισσότερες πλατφόρμες Unix, windows, και OS X. Το λογισμικό QGIS αναπτύσσεται χρησιμοποιώντας το πακέτο εργαλείων Qt (<http://www.trolltech.com>) και τη C ++, Αυτό σημαίνει ότι το QGIS παρέχει ένα λειτουργικό, εύχρηστο και ευχάριστο γραφικό περιβάλλον για τον χρήστη. Το QGIS στοχεύει στο να είναι ένα εύχρηστο GIS, που παρέχει όλες τις κοινές λειτουργίες και χαρακτηριστικά γνωρίσματα αντίστοιχων συστημάτων. Υποστηρίζει διάφορες ψηφιδωτές (raster) και διανυσματικές (vector) μορφές στοιχείων, με δυνατότητα να προσθέτονται εύκολα νέες δυνατότητες χρησιμοποιώντας «πρόσθετα» (plugins). Όπως όλα τα freeGIS προστατεύεται από μία άδεια για τα λογισμικά ανοικτού κώδικα και συγκεκριμένα την GNU Public License (GPL). Η ανάπτυξη του QGIS με την άδεια αυτή σημαίνει ότι υπάρχει η δυνατότητα τροποποίησης του πηγαίου κώδικα ελεύθερα. Σημείωση: Η πιο πρόσφατη έκδοση μπορεί να βρεθεί στον ιστότοπο : <http://www.ggis.com>

5.2 Περιεχόμενα Μενού

Το QGIS έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά γνωρίσματα και λειτουργίες GIS. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αναφέρονται παρακάτω.

- Υποστήριξη των πινάκων της χωρικά επεκτάσιμης βάσης PostgreSQL με τη χρήση PostGIS. 2. Υποστήριξη των shapefiles της ESRI και άλλων vector μορφότυπων από τη βιβλιοθήκη OGR, συμπεριλαμβανομένου και του MapInfo.
- Υποστήριξη ενσωμάτωσης του GRASS.
- On the fly προβολή των vector layers.
- Σύνθεση χαρτών.
- Αναγνώριση γνωρισμάτων (identify features).
- Προβολή πίνακα χαρακτηριστικών (attribute table).
- Επιλογή χαρακτηριστικών γνωρισμάτων.
- Τοποθέτηση ετικέτας στα γνωρίσματα.
- Διαρκείς επιλογές (persistent selections).
- Αποθήκευση και αποκατάσταση των εργασιών (save and restore) .
- Υποστήριξη μορφότυπων raster που υποστηρίζει η βιβλιοθήκη GDAL.

- Αλλαγή συμβολισμού των vector γεωμετρικών συμβόλων (single, graduated, unique value, continuous) ανάλογα με την Θεματική τους πληροφορία.
- SVG σύμβολα (single, graduated, unique value).
- Απεικόνιση raster δεδομένων, όπως αεροφωτογραφίες.
- Αλλαγή raster συμβόλων (grayscale, pseudocolor, multiband RGB).
- Εξαγωγή σε μορφή αρχείου Mapserver.
- Ψηφιοποίηση.
- Επισκόπηση χάρτη.
- Plugins.
 - Η έκδοση 1.8 του QGIS περιλαμβάνει τα ακόλουθα νέα χαρακτηριστικά γνωρίσματα:
 - Υποστήριξη και WMS
 - Βελτιωμένη επεξεργασία διανυσματικών αρχείων καθώς και των ιδιοτήτων τους. • Βελτιωμένα εργαλεία μέτρησης
 - Έρευνα ιδιοτήτων
 - Νέα δομή για την εισαγωγή και την επεξεργασία λεζάντας
 - Βελτιωμένο εργαλείο εξαγωγής MapServer
 - Antialiasing layer
 - Υποστήριξη του GRASS σε όλες τις πλατφόρμες
 - Ενισχυμένες εντολές υποστήριξης των εργαλειοθηκών του GRASS
 - Νέες δυνατότητες επεξεργασίας των διανυσματικών αρχείων, συμπεριλαμβανομένης της αντιγραφής, περικοπής, επικόλλησης, snap και επεξεργασίας vertex.
 - Επεξεργασία Shapefile/OGR layer

6. Παρακολούθηση Δείκτη Βλάστησης NDVI

6.1 Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Πάρνηθα. Η βλάστηση που αναπτύσσεται στην Πάρνηθα στις χαμηλότερες περιοχές του βουνού, και συγκεκριμένα κάτω από τα 1000 μέτρα για τις νότιες και κάτω από τα 500 μέτρα για τις βορινές εκθέσεις, σκεπάζεται από δάσος χαλεπίου πεύκης και θάμνους της μεσογειακής βλάστησης, όπως το πουρνάρι, το φυλλίκι, η κουμαριά, η αγριελιά, η κοκορεβιθιά, το χρυσόξυλο και μεμονωμένα άτομα βελανιδιάς στα χαμηλότερα σημεία, ενώ πάνω από τα 800 μέτρα συναντάται το μοναδικό, στην Αττική, δάσος κεφαλληνιακής ελάτης, που σχηματίζει πυκνές συστάδες και ανήκει στον πυρήνα του εθνικού δρυμού κατά το μεγαλύτερο μέρος του (Αμοργιανιώτης και άλλοι, 1997).

Ο κίνδυνος πυρκαγιάς είναι εντονότερος στα χαμηλά υψόμετρα όπου κυριαρχεί η χαλέπιος πεύκη και τα αείφυλλα σκληρόφυλλα, ενώ υψηλότερα όπου κυριαρχεί η ελάτη ο κίνδυνος περιορίζεται αισθητά. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι η ελάτη εμφανίζεται πάνω από τα 800 μέτρα όπου η διάρκεια της ξηρής θερινής περιόδου και ο αριθμός των βιολογικά ξηρών ημερών είναι μικρότερα, η μέση θερμοκρασία του αέρα είναι περίπου 6 °C χαμηλότερη στις κορυφογραμμές της Πάρνηθας από ότι στους πρόποδες, οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι περιορισμένες και η πίεση για οικιστική ανάπτυξη μηδενική.

Επιπλέον, στην περιοχή του όρους Πάρνηθα, η μεγάλη συχνότητα εμφάνισης των πυρκαγιών, το έντονο ανάγλυφο, με βαθιά ρέματα, χαράδρες και πλήθος απόκρημνων βραχωδών συγκροτημάτων, η κυριαρχία των σκληρών ασβεστόλιθων με τα φτωχά και σκελετικά εδάφη, δημιουργούν δυσμενείς συνθήκες αναγέννησης της βλάστησης μετά από φωτιά. Συνεπώς, η ανάγκη προστασίας αυτών των οικοσυστημάτων είναι επιτακτική, αφού η επανειλημμένη εμφάνιση πυρκαγιών σε αυτά, οδηγεί στην υποβάθμισή τους και ορισμένες φορές στη βραχοποίηση, που είναι μη αναστρέψιμη κατάσταση (Αμοργιανιώτης και άλλοι, 1997).

6.2 Δεδομένα

Χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες Meris χρονολογιών 2007,2008,2009,2010 και 2011, μία από κάθε έτος αντίστοιχα. Οι δορυφορικές εικόνες ανακτήθηκαν από το διαδίκτυο και συγκεκριμένα από την ιστοσελίδα <https://oa-es.eo.esa.int/ra/> (ιστοσελίδα για μεταφόρτωση δορυφορικών εικόνων διαφόρων τύπων) σε συνδυασμό με το λογισμικό Eoli-sa 7.22 και η επεξεργασία έγινε με το λογισμικό Beam Visat 4.9. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα full resolution. Τα δεδομένα παραχωρήθηκαν από την ESA (European Space Agency) στο εργαστήριο υπολογιστικής ευφυΐας του ΙΠΤ του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» στο πλαίσιο του προγράμματος CAT 1P 4864.

6.3 Μεθοδολογία

Αρχικά έγινε εξαγωγή της περιοχής μελέτης (Πάρνηθα) από την ευρύτερη εικόνα Meris. Εντοπίστηκαν με τη βοήθεια δορυφορικών εικόνων αρχείου από το Google Earth δεκαπέντε εικονοστοιχεία, από τα οποία τα δέκα αφορούν καμένες κυρίως δασικές εκτάσεις, περισσότερο από την πυρκαγιά του Ιουνίου 2007 και λιγότερο από την πυρκαγιά του 2009, και τα υπόλοιπα πέντε αντιπροσωπεύουν εκτάσεις που δεν έχουν καεί τα τελευταία χρόνια, όχι αργότερα από τη μεγάλη πυρκαγιά του 1965. Το κάθε ένα από τα επιλεγμένα εικονοστοιχεία αντιστοιχεί σε μία έκταση 300 μέτρων πλάτους επί 300 μέτρων μήκους και χρησιμοποιήθηκε σαν δοκιμαστική επιφάνεια για τη διαχρονική παρακολούθηση της βλάστησης. Σκοπός είναι να υπολογιστεί ο δείκτης βλάστησης NDVI για τα έτη 2007-2011.

6.3.1 Δείκτης βλάστησης NDVI

Όπως προαναφέραμε παραπάνω βασική αρχή λειτουργίας των τηλεπισκοπικών ανιχνευτών (ψηφιακών σαρωτών) είναι ότι η γήινη επιφάνεια απορροφά, εκπέμπει ή ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται. Έτσι, διαφορετικά υλικά ανακλούν και απορροφούν με διαφορετικό τρόπο στα διάφορα μήκη κύματος. Η κατανομή της ανακλώμενης, εκπεμπόμενης ή απορροφώμενης ακτινοβολίας από μια επιφάνεια σε σχέση με το μήκος κύματος λ καλείται ως φασματική απόκριση (Καρτάλης και Φεΐδας, 2006).

Κάθε υλικό παρουσιάζει διαφορετική φασματική απόκριση η μελέτη της οποίας μας επιτρέπει τη διάκριση μιας επιφάνειας από κάποια άλλη και την εξαγωγή πληροφορίας σχετικά με το σχήμα, το μέγεθος, τις φυσικές ακόμα και τις χημικές ιδιότητές της. Η μορφή της καμπύλης της φασματικής απόκρισης μιας επιφάνειας σε σχέση με το μήκος κύματος λ καλείται φασματική υπογραφή της επιφάνειας και είναι μοναδική για κάθε επιφάνεια (Μερτίκας, 1999).

Η βλάστηση έχει μια μοναδική φασματική υπογραφή η οποία καθιστά ικανό τον άμεσο διαχωρισμό της από άλλους τύπους εδαφοκάλυψης σε μια εικόνα στο ορατό ή στο εγγύς υπέρυθρο. Οι φωτοχρωστικές ουσίες του φύλλου των φυτών (κυρίως η χλωροφύλλη) απορροφούν κυρίως στο ορατό φάσμα για τη φωτοσύνθεση. Η υγιής πράσινη βλάστηση απορροφά ισχυρά στο ορατό φάσμα και ιδιαίτερα στην ερυθρή ακτινοβολία (0.63-0.69 μm), ενώ ταυτόχρονα ανακλά ισχυρά στο κοντινό υπέρυθρο μέρος του φάσματος (0.76-0.90 μm). Κατά συνέπεια, στο ερυθρό η φασματική υπογραφή της βλάστησης παρουσιάζει ελάχιστο, ενώ στο εγγύς υπέρυθρο παρουσιάζει τοπικό μέγιστο. Η αντίθεση (διαφορά) μεταξύ της ανάκλασης στο ερυθρό και στο κοντινό υπέρυθρο είναι μια ευαίσθητη μέτρηση της ποσότητας της βλάστησης.

Έτσι, τα τηλεπισκοπικά δεδομένα από το ερυθρό (RED) και το κοντινό υπέρυθρο (NIR) μπορούν να συνδυαστούν και να αποτελέσουν τους λεγόμενους δείκτες βλάστησης – vegetation indices. Οι δείκτες βλάστησης είναι φασματικοί μετασχηματισμοί δύο ή περισσότερων καναλιών μιας δορυφορικής εικόνας, συνήθως του ερυθρού και του κοντινού υπέρυθρου, και έχουν σχεδιαστεί για να βελτιώσουν το σήμα της βλάστησης, ώστε να επιτρέπουν αξιόπιστες χωρικές και χρονικές συγκρίσεις της επίγειας φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και των δομικών μεταβολών της κόμης.

Ο περισσότερο χρησιμοποιημένος δείκτης βλάστησης είναι ο Κανονικοποιημένος Δείκτης Βλάστησης (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) που ορίζεται ως εξής (Rouse et al., 1974):

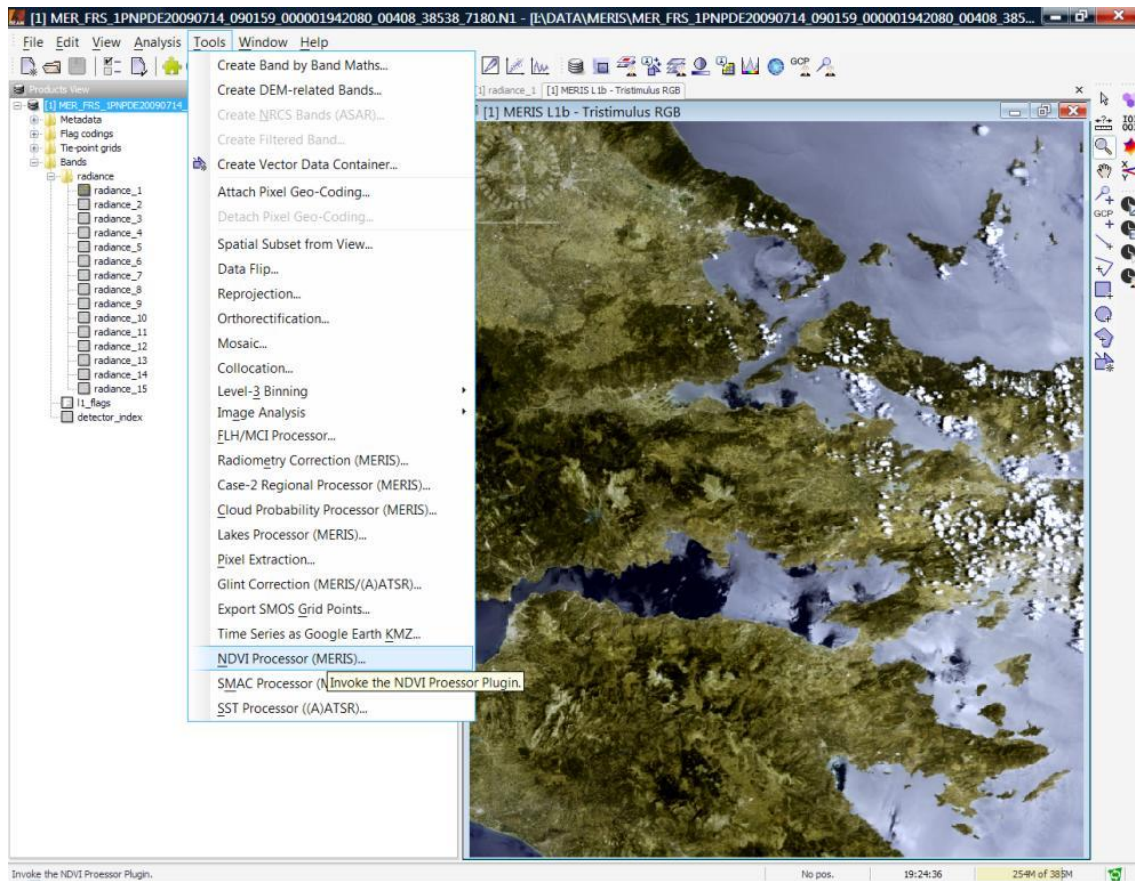
$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

όπου NIR είναι η ανακλαστικότητα στο κοντινό υπέρυθρο και RED η ανακλαστικότητα στο ερυθρό κανάλι.

Το συγκριτικό πλεονέκτημα του Κανονικοποιημένου Δείκτη Βλάστησης (NDVI) με τους άλλους δείκτες είναι οι ιδιότητες που προκύπτουν από το γεγονός ότι είναι λόγος. Η κανονικοποίηση μέσω διαίρεσης με άθροισμα ελαχιστοποιεί την πιθανότητα διαίρεσης με μηδέν. Επίσης, ο δείκτης NDVI βοηθάει στην εξομάλυνση διαφόρων εξωτερικών παραγόντων, όπως οι αλλαγές στις συνθήκες φωτισμού, η επιφανειακή κλίση και η έκθεση. Ο λόγος που ο Κανονικοποιημένος Δείκτης Βλάστησης (NDVI) σχετίζεται με τη βλάστηση είναι ότι στο κοντινό υπέρυθρο μέρος του φάσματος η ανάκλαση της υγιούς βλάστησης αυξάνει πάρα πολύ (40-50%) λόγω της εσωτερικής δομής των φύλλων, ενώ στην περιοχή του ορατού (μπλε ως ερυθρό) η ανάκλαση της υγιούς βλάστησης είναι πολύ μικρότερη (20% ή λιγότερη) εξαιτίας της μεγάλης απορρόφησης της ακτινοβολίας από τη χλωροφύλλη για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Συνεπώς η υγιής βλάστηση απορροφά περισσότερη ερυθρά ακτινοβολία από ότι η ασθενής βλάστηση. Το εύρος των τιμών του NDVI κυμαίνεται από -1 έως +1. Μεγάλες τιμές του δείκτη αντιπροσωπεύουν πυκνή βλάστηση με υγιές και πράσινο φύλλωμα, εξαιτίας της μεγάλης διαφοράς ανακλαστικότητας μεταξύ του κοντινού υπέρυθρου και του ορατού φάσματος.

6.1.4 Αλγόριθμος NDVI Beam Visat

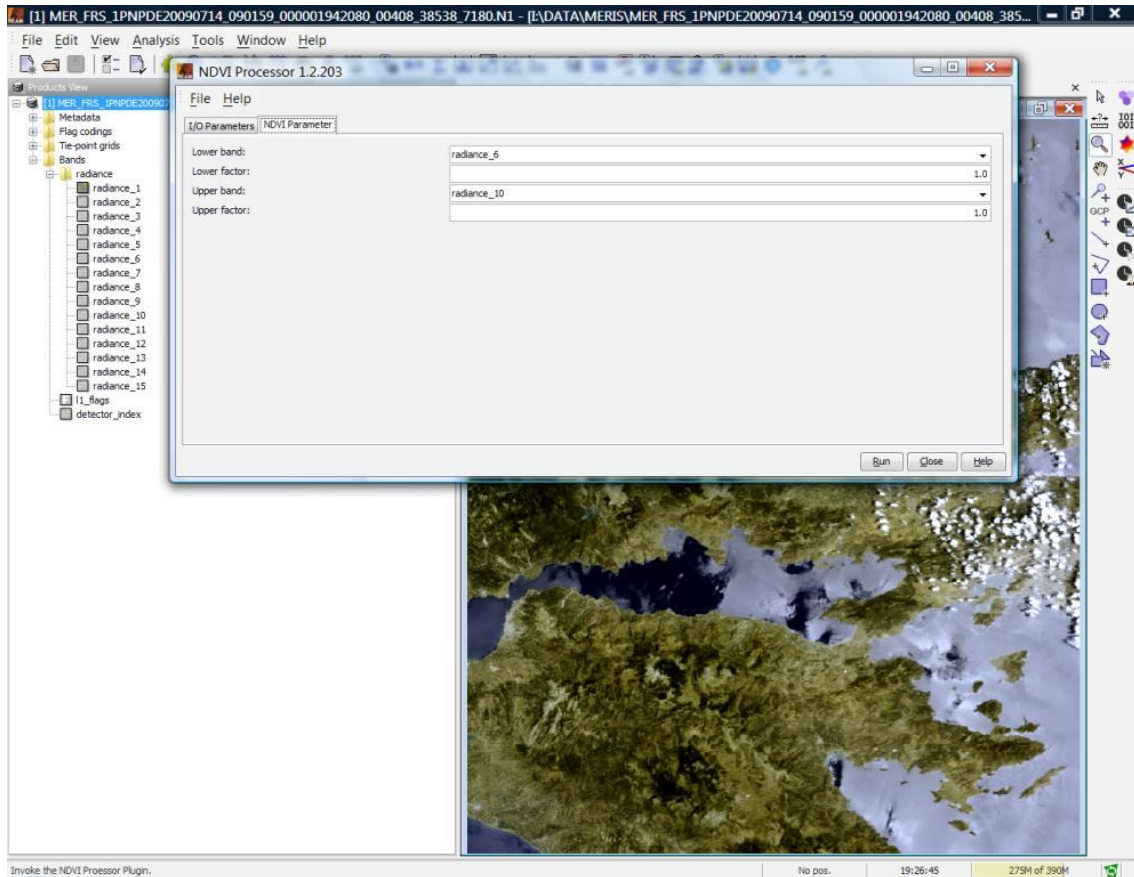
Στην παρούσα εργασία υπολογίστηκαν οι δείκτες βλάστησης στις πέντε δορυφορικές εικόνες μέσω του εργαλείου NDVI Processor του πακέτου Beam Visat. Ο NDVI ανάλογα με τα δεδομένα που χρησιμοποιεί επιλέγει εξ ορισμού το εγγύς υπέρυθρο και το ορατό κόκκινο, όπου για τα δεδομένα του Meris είναι το κανάλι 10 και το κανάλι 6 αντίστοιχα. Οι αλγόριθμοι Normalized Difference Vegetation Index, που χρησιμοποιεί το Beam Visat, στηρίζονται στη δύναμη και τη ζωτικότητα της βλάστησης στην επιφάνεια της γης. Από το μενού Tools επιλέγουμε το πρόσθετο NDVI Processor για την εκτέλεση του αλγορίθμου.



Εικόνα 6.1 : Στιγμιότυπο οθόνης υπολογισμού NDVI

Η φασματική υπογραφή της υγιούς βλάστησης προβάλλει μια απότομη άνοδο του επιπέδου αντανάκλασης σε $0.7 \mu\text{m}$, ενώ η γη χωρίς βλάστηση, ανάλογα με το είδος της επιφάνειας, έχει μια συνεχή γραμμική πορεία. Έτσι όσο μεγαλύτερο είναι το επίπεδο της χλωροφύλλης των φυτών, τόσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση στο εγγύς υπέρυθρο ($0,78 - 1 \mu\text{m}$). Επίσης εκτός από τον προσδιορισμό της βλάστησης επιτρέπει την ανίχνευση της ζωτικότητας της. Τα αποτελέσματα NDVI παράγονται από την ακόλουθη εξίσωση: $\text{NDVI} = (\text{IR_factor} * \text{near_IR} - \text{red_factor} * \text{red}) / (\text{IR_factor} * \text{near_IR} + \text{red_factor} * \text{red})$. Στην περιοχή του κόκκινου η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία θα απορροφηθεί σε μεγάλο βαθμό από τις χρωστικές του μεσόφυλλου (στρώση ανάμεσα στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου), και κυρίως από την χλωροφύλλη. Σε αντίθεση το εγγύς υπέρυθρο, αντανακλάται από το μεγαλύτερο μέρος της εισερχόμενης ακτινοβολίας.

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος NDVI του Beam Visat μετρά τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και συσχετίζεται με την πυκνότητα και τη ζωτικότητα της βλάστησης.

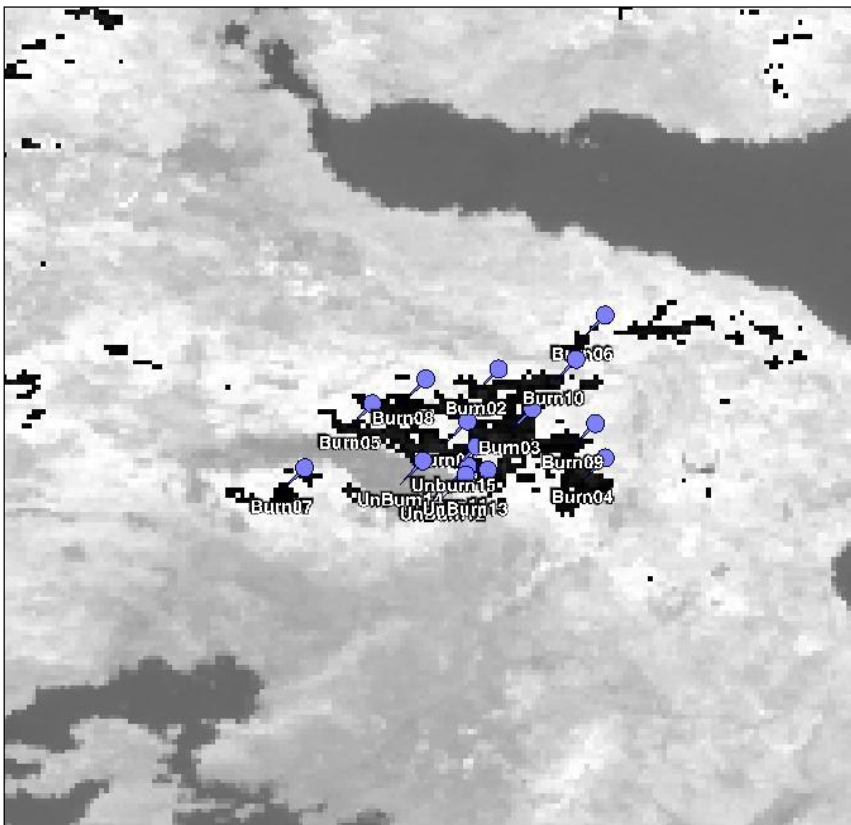


Εικόνα 6.2 : Στιγμιότυπο οθόνης καθορισμού παραμέτρων NDVI

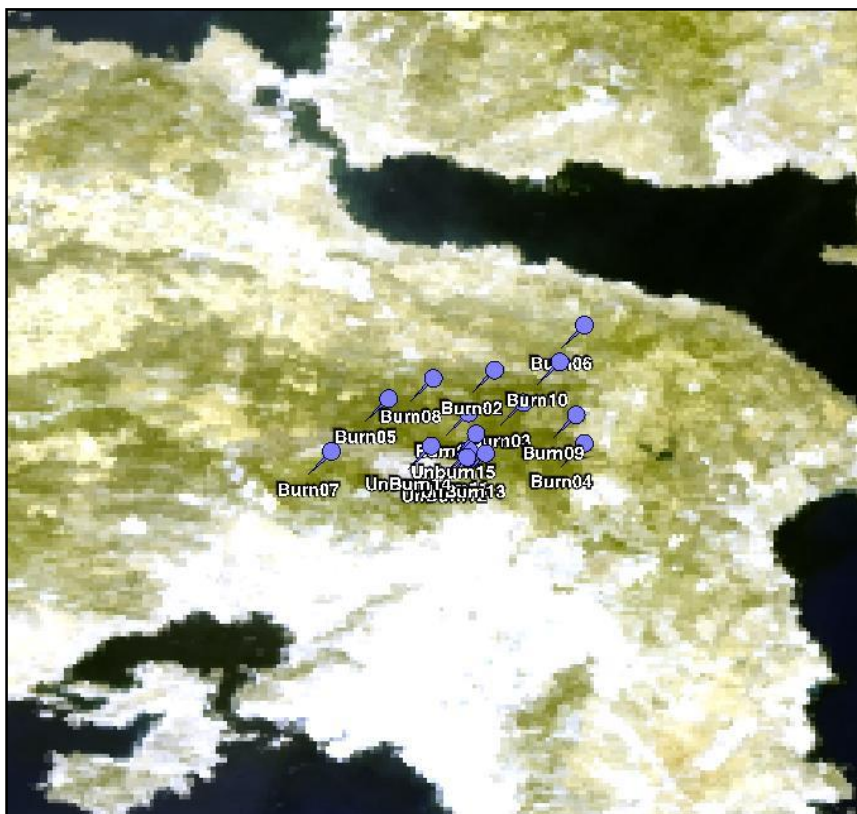
Παρακάτω παρουσιάζονται επεξεργασμένες εικόνες για την περιοχή μελέτης της Πάρνηθας με τα σημεία ενδιαφέροντος. Η πρώτη εικόνα σε κάθε ζεύγος ετών 2007 έως 2011 είναι μία κοινή εικόνα, τύπου RGB, της πρωτογενούς εικόνας Meris και η δεύτερη είναι η παραγόμενη ασπρόμαυρη εικόνα που δηλώνει χρωματικά και αριθμητικά τους δείκτες βλάστησης, εφαρμόζοντας τον ενσωματωμένο αλγόριθμο NDVI που εμπεριέχεται στις βιβλιοθήκες του Beam Visat. Στις ασπρόμαυρες εικόνες κάθε pixel δηλώνει το NDVI. Σκούρα pixels έχουν χαμηλή τιμή NDVI, λευκά pixels έχουν υψηλή τιμή NDVI και γκρι μέσες τιμές.



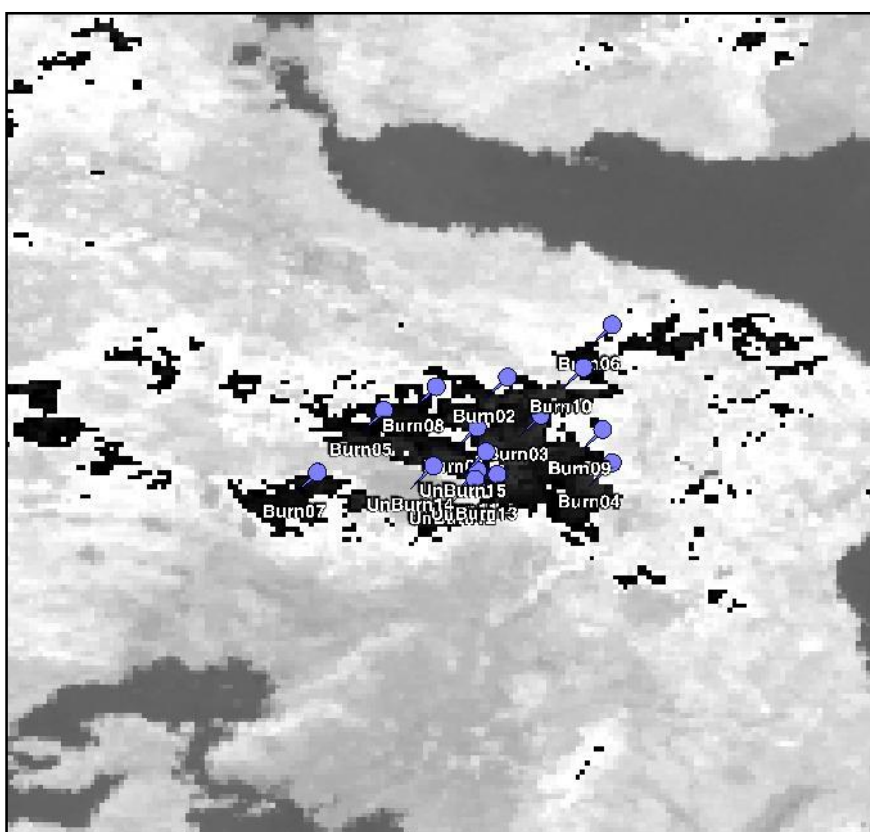
Εικόνα 6.3 : Εικόνα Meris έτους 2007



Εικόνα 6.4 : Εικόνα NDVI έτους 2007



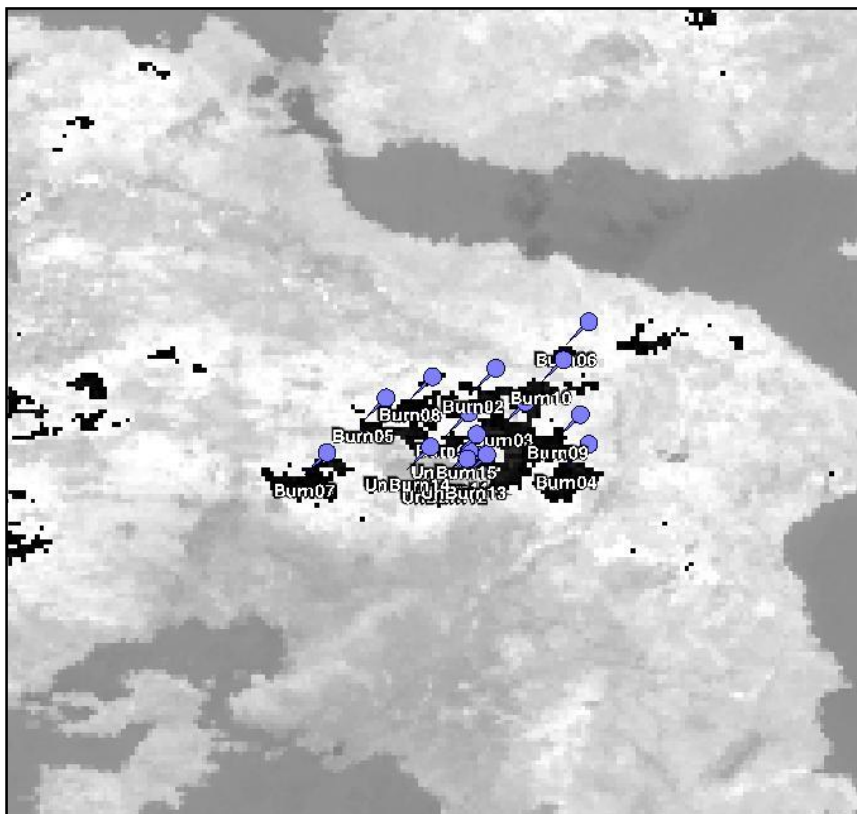
Εικόνα 6.5: Εικόνα Meris έτους 2008



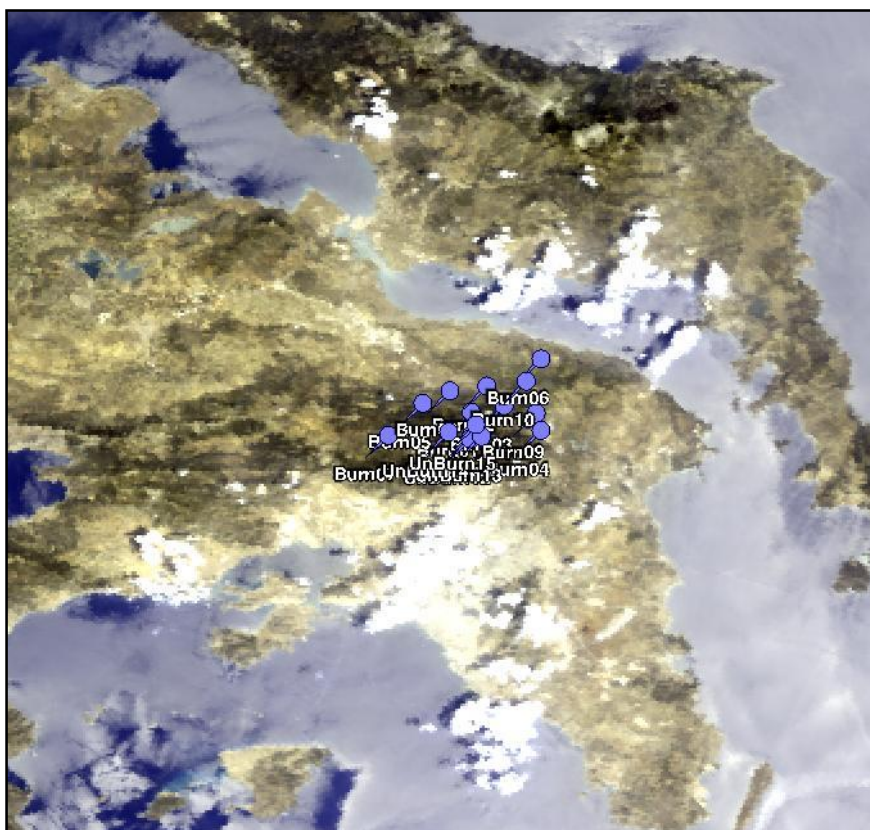
Εικόνα 6.6 : Εικόνα NDVI έτους 2008



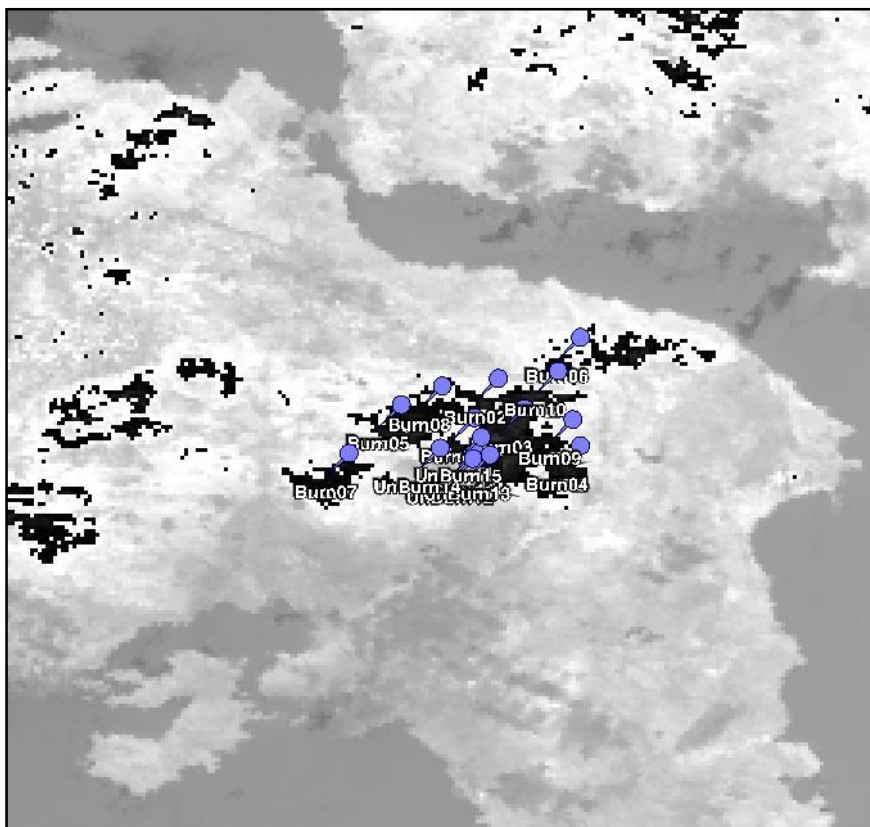
Εικόνα 6.7 : Εικόνα Meris έτους 2009



Εικόνα 6.8 : Εικόνα NDVI έτους 2009



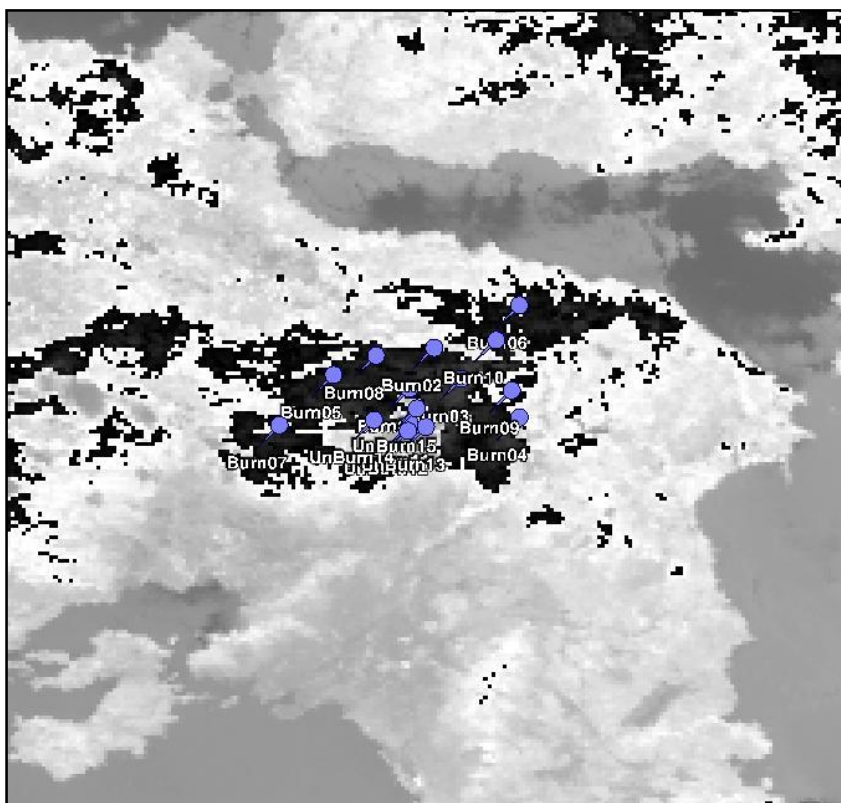
Εικόνα 6.9 : Εικόνα Meris έτους 2010



Εικόνα 6.10 : Εικόνα NDVI έτους 2010



Εικόνα 6.11 : Εικόνα Meris έτους 2011



Εικόνα 6.12 : Εικόνα NDVI έτους 2011

7 Ταξινόμηση χρήσεων γης

7.1 Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης εκτείνεται ανάμεσα στο Δήμο Καλλιθέας και στο Δήμο Αθηναίων. Η **Καλλιθέα** είναι δήμος του πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας. Το κέντρο του δήμου είναι η πλατεία Δαβάκη, που βρίσκεται σε απόσταση 3 χιλιάμετρα νότια της Αθήνας και 3 χιλιάμετρα βορειοανατολικά από το κέντρο του Πειραιά. Η Καλλιθέα επεκτείνεται από τους λόφους Φιλοπάππου και Σικελίας βόρεια ως τον όρμο Φαλήρου νότια. Δύο άλλες πλευρές της αποτελούνται από τη λεωφόρο Συγγρού ανατολικά (σύνορα στους δήμους Νέας Σμύρνης και Παλαιού Φαλήρου) και τον ποταμό Ιλισό στα δυτικά (σύνορα στους δήμους Ταύρου και Μοσχάτου). Εντός του χώρου συναντά κανείς κυρίως δέντρα και θάμνους ελληνικής και μεσογειακής προέλευσης.

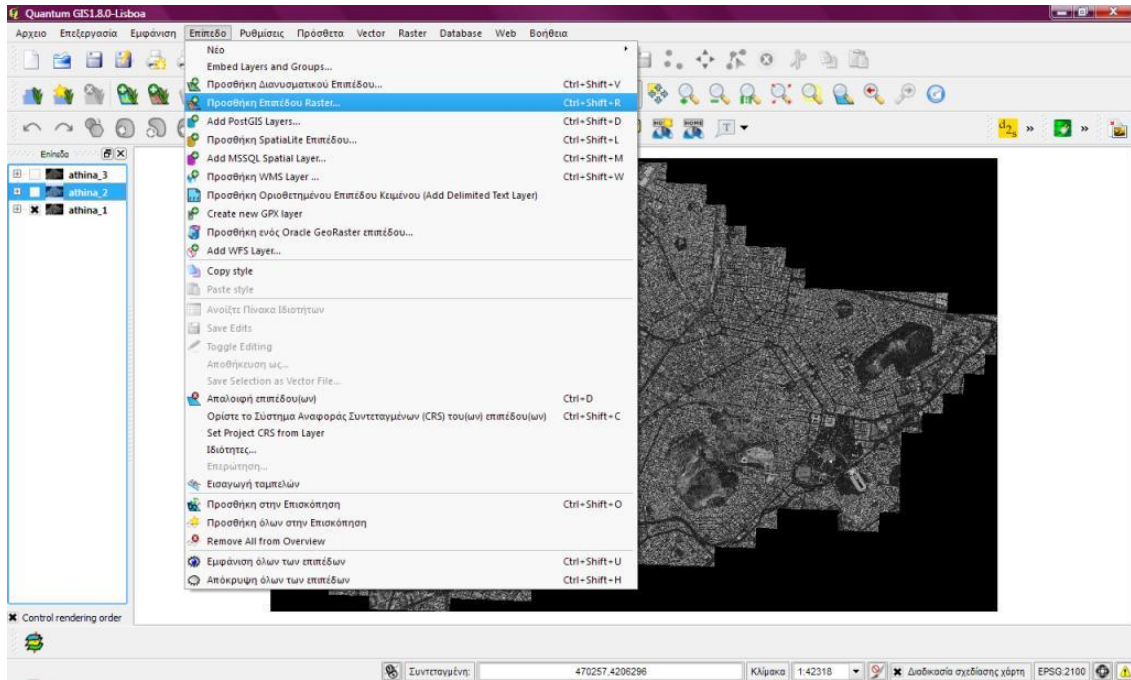
7.2 Δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την συγκεκριμένη περιοχή μελέτης είναι τα τρία οπτικά κανάλια δορυφορικής εικόνας IKONOS, ορθογραφικής προβολής, μηδενικής νεφοκάλυψης και τελικής ανάλυσης 1m (pan-sharpened), από τμήμα του λεκανοπεδίου Αττικής, χρονολογίας 2005, η οποία μας παραχωρήθηκε από το Εργαστήριο Υπολογιστικής Ευφυΐας του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος». Δεδομένα LiDAR από περιοχή της Καλλιθέας τα οποία ελήφθησαν το 2003 και παραχωρήθηκαν από την εταιρεία Geointelligence στο Εργαστήριο Υπολογιστικής Ευφυΐας του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος». Τα δεδομένα αυτά δεν είναι τα πρωτογενή καθώς έχουν υποστεί επαναδειγματοληψία (μέσω παρεμβολής) ώστε να αποδοθούν σε κανονικό κάναβρο - ως εικόνες - με χωρική ανάλυση (βήμα δειγματοληψίας) 1m. Η υψομετρική ανάλυση των δεδομένων LiDAR είναι 20cm. Τα δεδομένα αυτά αποτελούν το ψηφιακό ανάγλυφο της περιοχής συμπεριλαμβανομένων και των κτηρίων (Digital Surface Map – DSM)

7.3 Μεθοδολογία

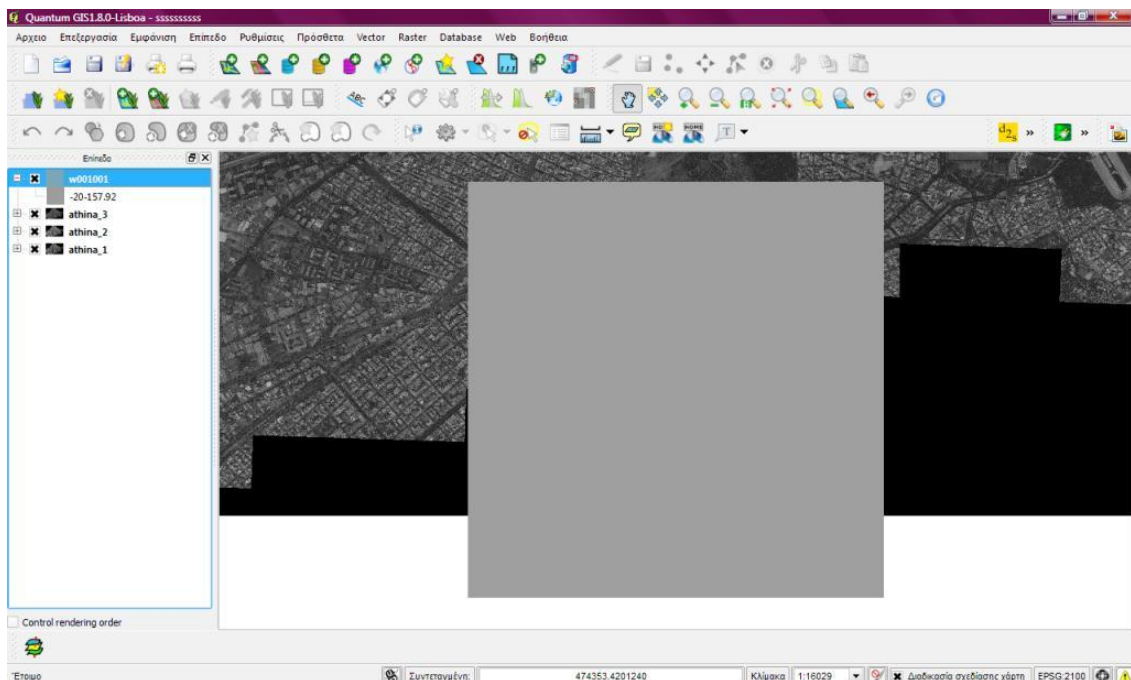
Οι 3 μπάντες Ikonos και η εικόνα lidar εισήχθησαν αρχικά στο QuantumGIS. Ως σύστημα συντεταγμένων ορίστηκε το ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ87. Στη συνέχεια έγινε η επιλογή μιας συγκεκριμένης περιοχής μελέτης μικρότερης σε εμβαδό από τις πρωτογενείς εικόνες. Αφού δημιουργήσαμε το sharfile προχωρήσαμε στην εξαγωγή της περιοχής ενδιαφέροντος για κάθε εικόνα ξεχωριστά. Οι εικόνες με τις νέες περιοχές ενδιαφέροντος εισήχθησαν στο OTB Monteverdi, όπου έγινε η συνένωση τους (concatenate) για την υλοποίηση του αλγόριθμου SVM της ταξινόμησης.

Αρχικά εισήχθησαν οι εικόνες IKONOS και LIDAR στο Quantum GIS από το μενού Επίπεδο -- > Προσθήκη επιπέδου Raster.

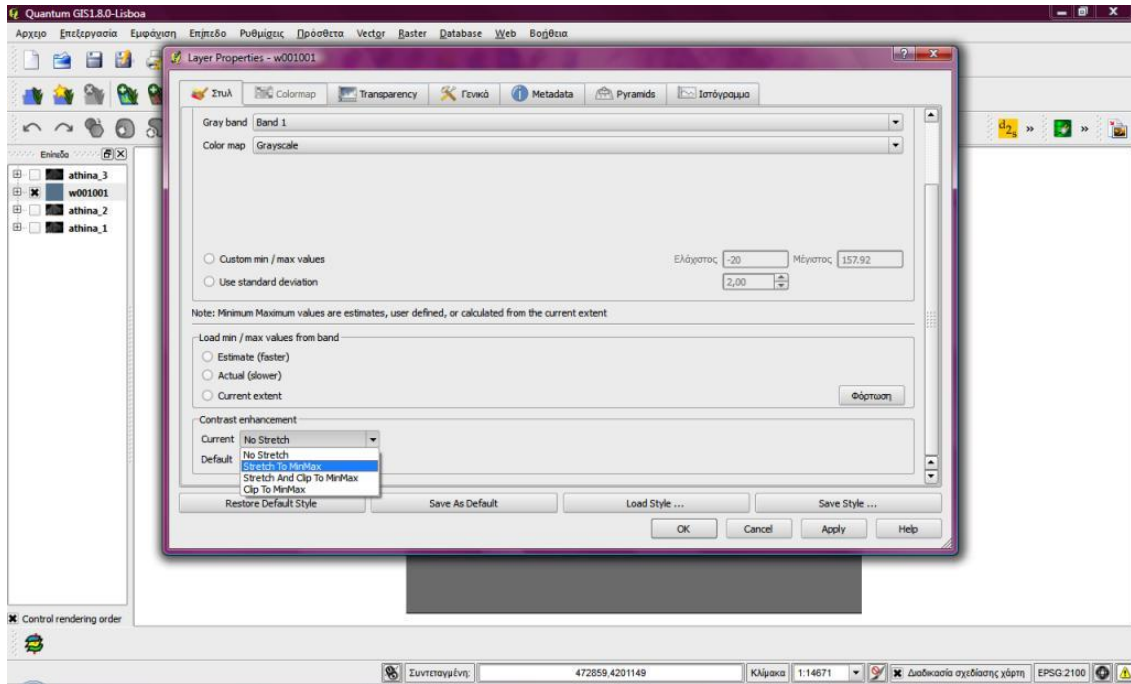


Εικόνα 7.1 : Εισαγωγή των δορυφορικών δεδομένων ως raster αρχεία

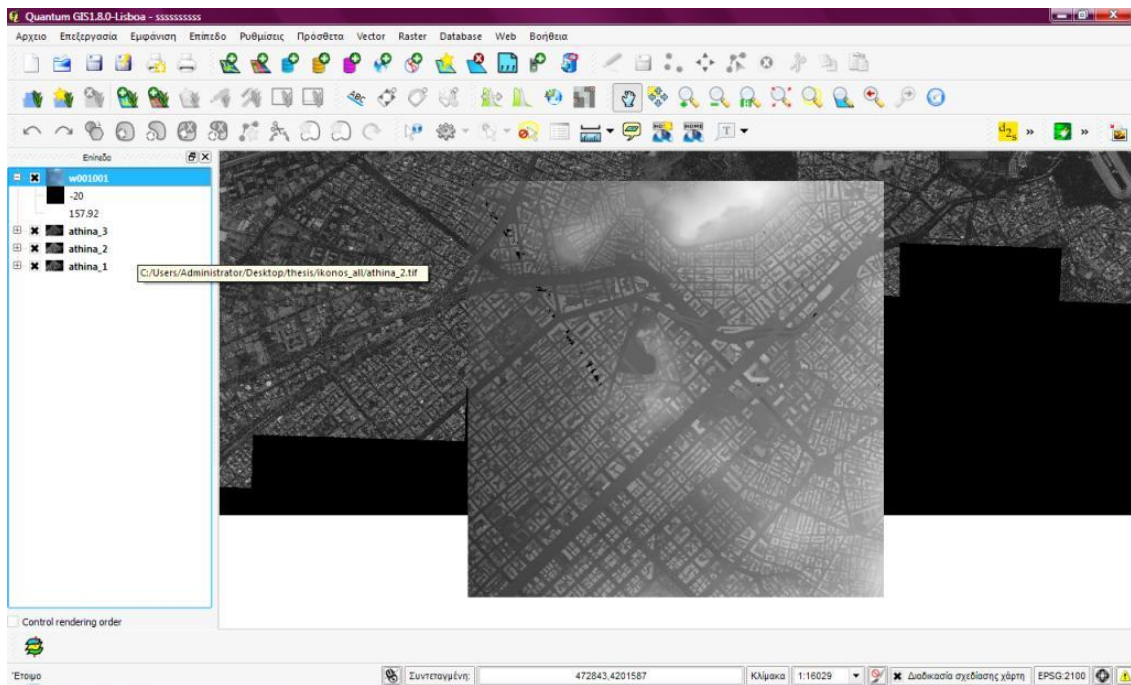
Για το αρχείο LIDAR υλοποιήθηκε η λειτουργία contrast enhancement (ενίσχυση της αντίθεσης) και εφαρμόστηκε ο τύπος Stretch to MinMax (ορισμός χρωμάτων με βάση τη μικρότερη και μεγαλύτερη τιμή της συγκεκριμένης μπάντας) για να μπορεί να είναι ορατό από το ανθρώπινο μάτι το αρχείο raster.



Εικόνα 7.2 : Εμφάνιση LIDAR αρχείου πριν την διαδικασία contrast enhancement



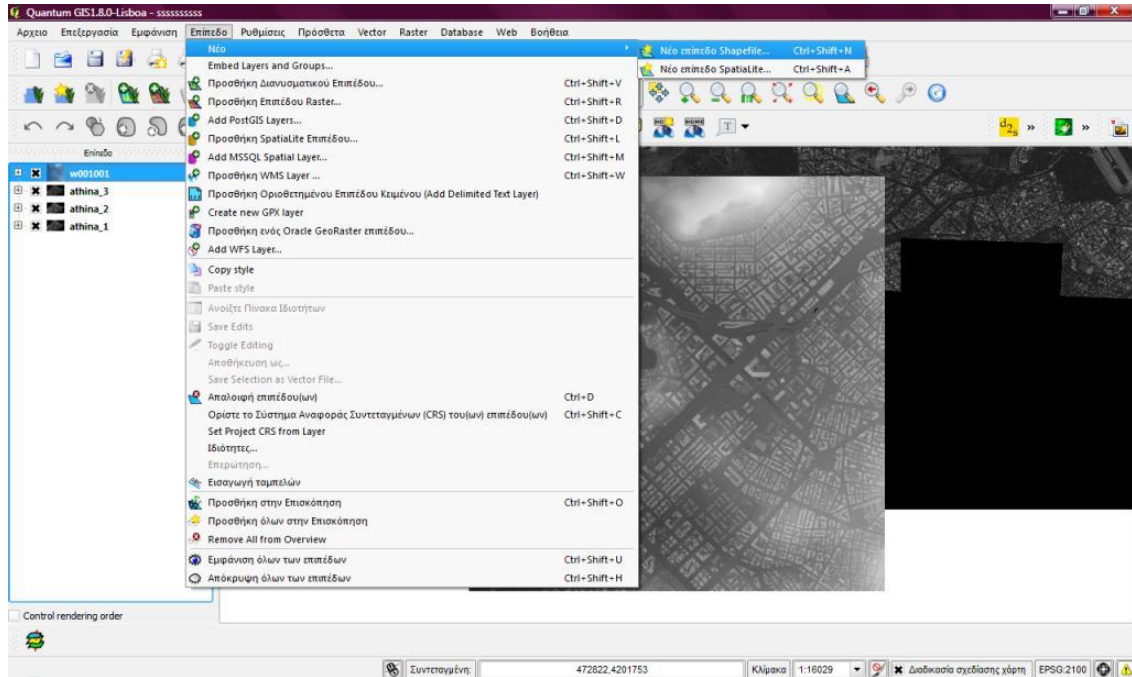
Εικόνα 7.3 : Διαδικασία contrast enhancement



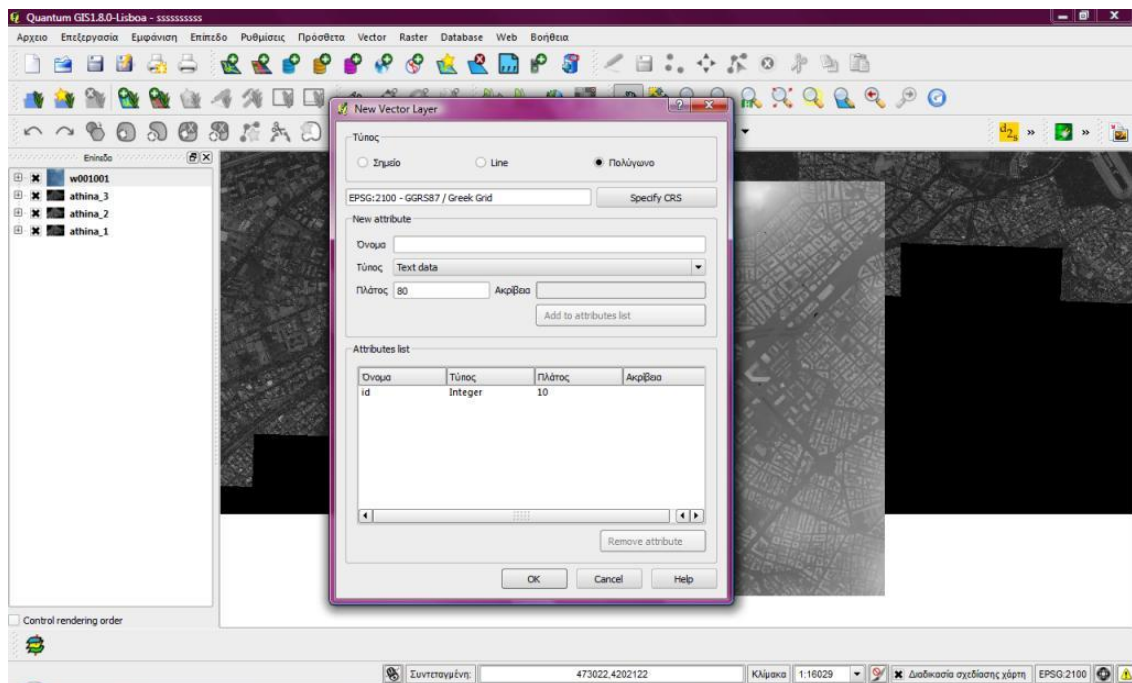
Εικόνα 7.4 : Οπτικοποίηση του LIDAR αρχείου μετά την 'Stretch to MinMax' εφαρμογή

Στη συνέχεια επιλέξαμε μια συγκεκριμένη περιοχή μελέτης ως περιοχή ενδιαφέροντος μέσω του Quantum GIS, αφού δημιουργήθηκε το αντίστοιχο shapefile από το μενού Επίπεδο --> Νέο -->

Νέο επίπεδο shapefile και επιλέχθηκε το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ87) με SRID 2100 (αναγνωριστικό χωρικού συστήματος αναφοράς).



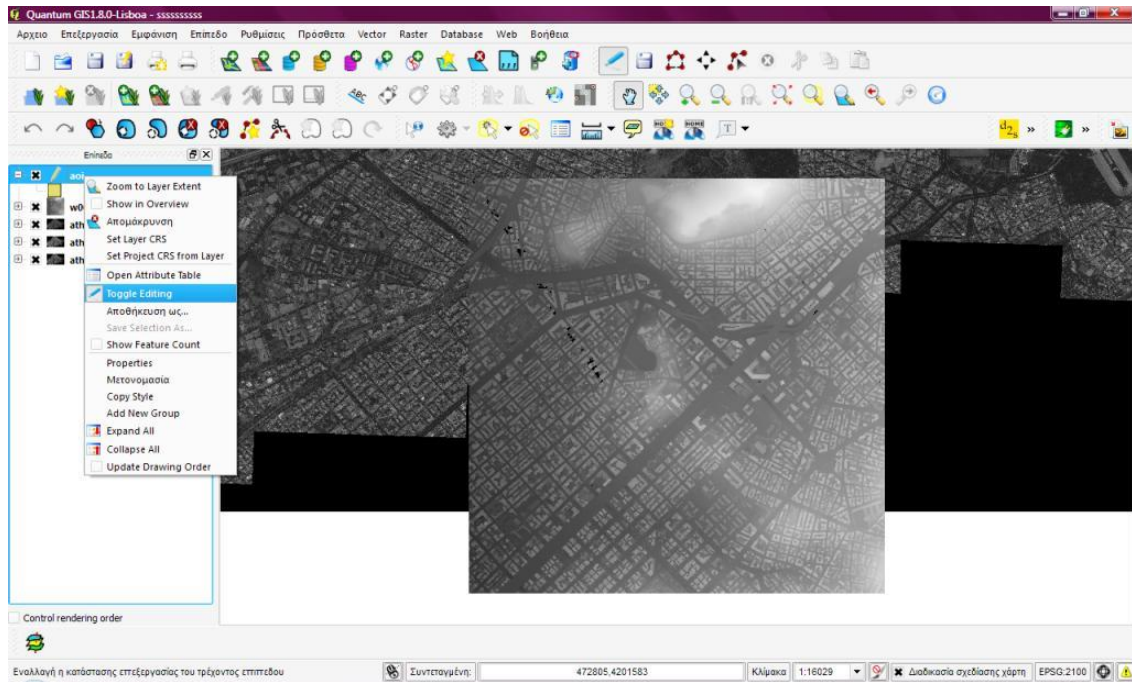
Εικόνα 7.5 : Δημιουργία shapefile από το μενού επίπεδο.



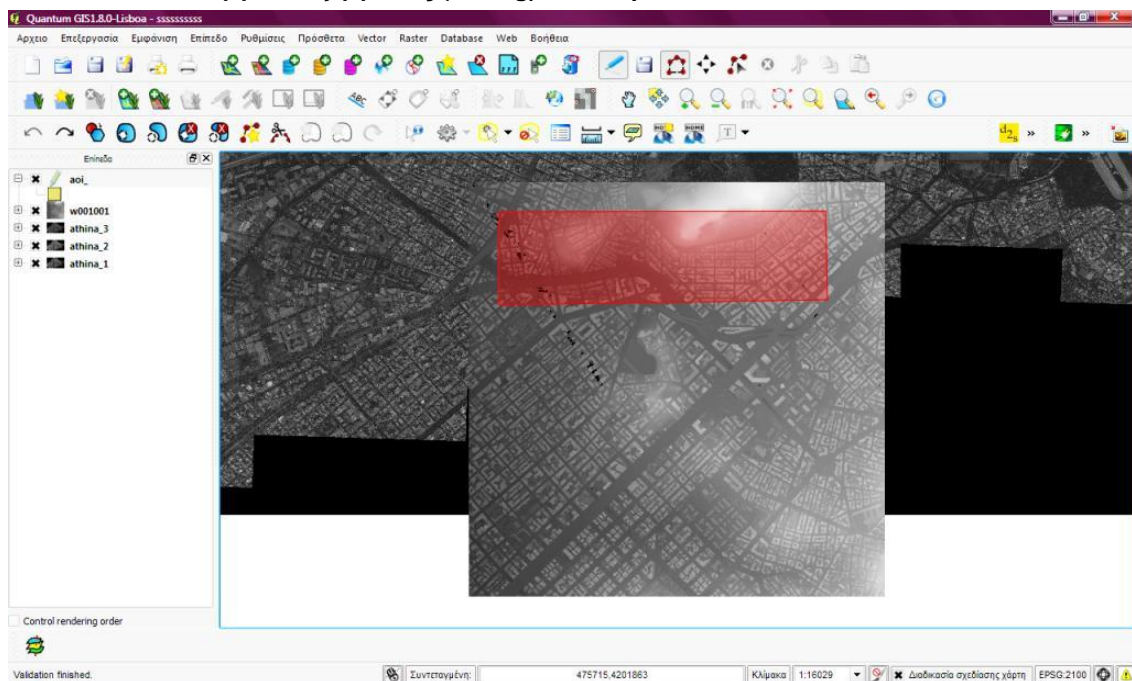
Εικόνα 7.6 : Επιλογή τύπου shapefile και συστήματος αναφοράς συντεταγμένων.

Ορίζουμε την περιοχή ενδιαφέροντος ως ένα πολύγωνο, στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι

ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, με σκοπό να καλύπτει περιοχή από όλες τις δορυφορικές εικόνες.



Εικόνα 7.7 : Λειτουργία επεξεργασίας (editing) του shapefile

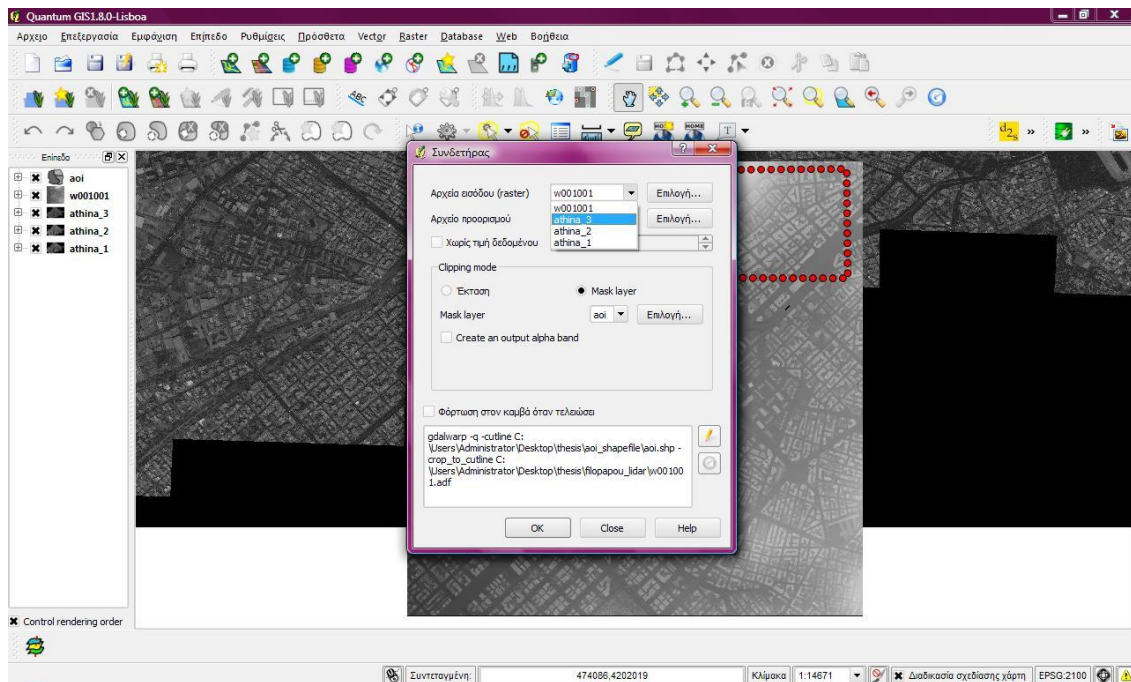


Εικόνα 7.8 : Δημιουργία πολυγώνου περιοχής ενδιαφέροντος

Αφού ορίσαμε την περιοχή ενδιαφέροντος ως ένα πολύγωνο με τρόπο τέτοιο ώστε να καλύπτει την ίδια έκταση από τις τέσσερις δορυφορικές εικόνες, επιλέγουμε από το μενού Raster την επιλογή extraction -- > συνδετήρας, επιλέγοντας κάθε φορά σαν είσοδο μία από τις τέσσερις δορυφορικές εικόνες.

Άρα με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας έχουμε τέσσερα αρχεία, τρία IKONOS και

ένα LIDAR σαν περιοχές ενδιαφέροντος, τα οποία εισήχθησαν στο OTB Monteverdi για το στάδιο της ταξινόμησης.



Εικόνα 7.9 : Μέθοδος clip(συνδετήρα) για εξαγωγή τμήματος από μια εικόνα raster

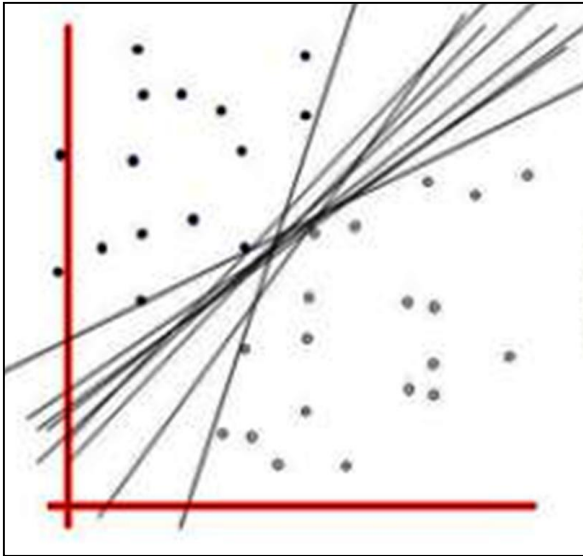
7.3.1 Μηχανές Διανυσματικής Υποστήριξης – Support Vector Machine (SVM)

Η SVM τεχνική είναι μια χρήσιμη τεχνική για την ταξινόμηση δεδομένων. Αν και θεωρείται ότι τα Νευρωνικά Δίκτυα είναι πιο εύκολα στην χρήση από ότι τα SVM μερικές φορές φέρνουν μη ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σε μια διαδικασία επιβλεπόμενης ταξινόμησης συμμετέχουν δεδομένα εκπαίδευσης (training sets) και δεδομένα δοκιμής (testing sets) τα οποία είναι (ερμηνευμένα) γνωστής ταξινόμησης (Duda and Hart, 1973). Τα δεδομένα εκπαίδευσης περιέχουν τα διάφορα χαρακτηριστικά γνωρίσματα (μεταβλητές) και μία τιμή στόχου. Σκοπός της SVM τεχνικής είναι να παράγει ένα μοντέλο που να προβλέπει την τιμή στόχο για άγνωστα (μη ερμηνευμένα) δεδομένα (Christianini and Shawe-Taylor, 2000).

Η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) είναι το επιστημονικό υποπεδίο της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence) που προέκυψε από την ανάγκη να εκπαιδύσουμε τους υπολογιστές πώς να μαθαίνουν από τα δεδομένα. Η Μηχανική Μάθηση έχει επιστημονική συγγένεια με την επιστήμη της στατιστικής.

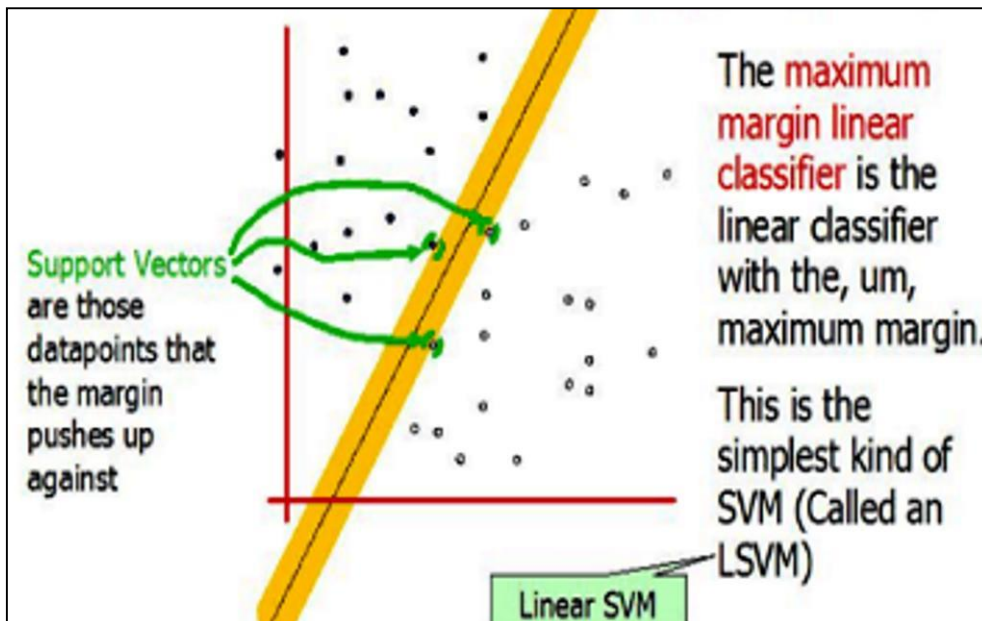
Ο όρος Support Vector Machine (Διανυσματική Υποστήριξη μηχανής) εμφανίστηκε το 1992 και εισήχθη από τους Boser, Guyon και Vapnik στο συνέδριο υπολογιστικής εκμάθησης COLT-92. Οι Διανυσματικές Μηχανές Υποστήριξης είναι ένα σύνολο συσχετισμένων μεθόδων εκμάθησης με επίβλεψη, που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση και την παλινδρόμηση (regression). Η μέθοδος SVM (Support Vector Machine) αναπτύχθηκε από τον Vladimir N. Vapnik και είναι μία από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνικές μηχανικής μάθησης. Πρόκειται για μία μέθοδο η οποία διαχωρίζει τα δεδομένα δύο κατηγοριών δημιουργώντας ένα υπερεπίπεδο. Αν και η επιφάνεια αυτή είναι γραμμική πετυχαίνει να διαχωρίζει και μη γραμμικά διαχωρίσιμα δεδομένα καθώς τα αναπαριστά σε ένα χώρο μεγαλύτερης διάστασης από τον αρχικό και σε αυτόν φέρει το υπερεπίπεδο. Να τονίσουμε ότι το υπερεπίπεδο που δημιουργεί είναι αυτό που διαχωρίζει τις κατηγορίες με το βέλτιστο τρόπο και όχι ένα οποιοδήποτε. Τέλος οι ταξινομητές SVM για να φέρουν το υπερεπίπεδο χρησιμοποιούν ένα μέρος του συνόλου εκπαίδευσης τα λεγόμενα support vectors απ' όπου προήλθε και το όνομα της μεθόδου

Ας θεωρήσουμε το παράδειγμα της εικόνας 7.10 , στο οποίο υπάρχουν δύο κατηγορίες δεδομένων, (έντονο μπλε και ανοιχτό μπλε). Παρατηρούμε ότι υπάρχουν πολλά επίπεδα που μπορούν να διαχωρίσουν τα δεδομένα μας. Το πρόβλημα έγκειται στο να βρεθεί το καλύτερο από αυτά, δηλαδή εκείνο το επίπεδο που θα επιτύχει το μέγιστο διαχωρισμό.



Εικόνα 7.10 : Υπερεπίπεδα για ταξινόμηση των δεδομένων

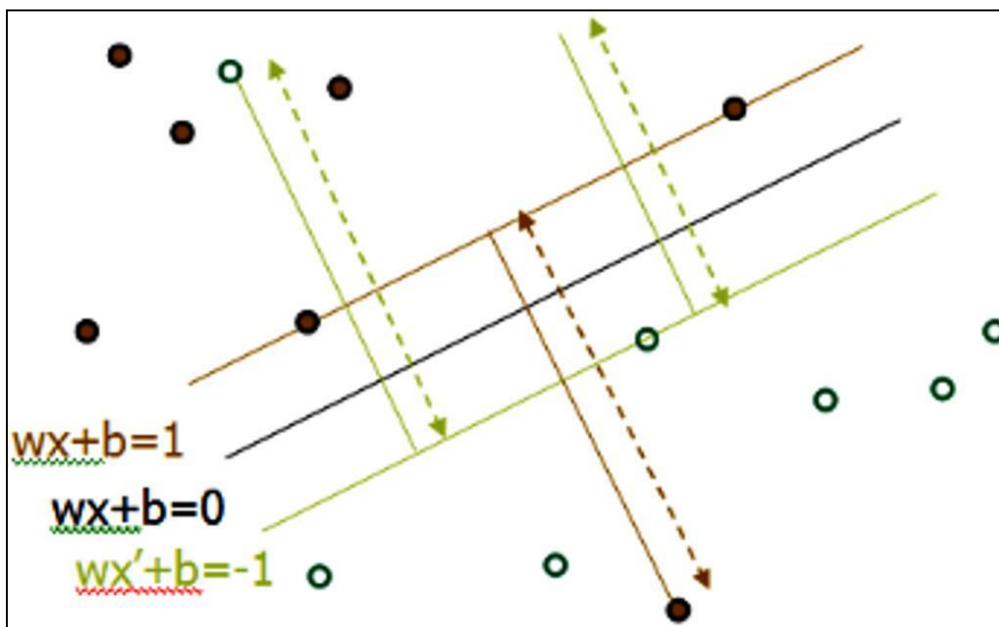
Ο λόγος που χρειαζόμαστε το μέγιστο δυνατό διαχωρισμό είναι για να εξασφαλίσουμε όσον το δυνατόν καλύτερο διαχωρισμό. Επομένως μια λύση είναι η ιδέα του ταξινομητή μέγιστου περιθωρίου που παρέχει μία λύση στο πρόβλημα που αναφέρθηκε παραπάνω (Christianini and Shawe-Taylor, 2000).



Εικόνα 7.11 : Αναπαράσταση γραμμικών μηχανών υποστήριξης διανυσμάτων

Η Εικόνα 7.11 απεικονίζει τον καλύτερο γραμμικό ταξινομητή. Με κίτρινο χρώμα φαίνεται το εύρος του περιθωρίου, ασφάλειας του ταξινομητή.

Όπως είπαμε η μέθοδος SVM προσπαθεί να διαχωρίσει τα δεδομένα των δύο κατηγοριών βρίσκοντας ένα υπερεπίπεδο απόφασης (decision hyperplane). Όπως είναι φανερό υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος υπερεπιπέδων τα οποία μπορούν να διαχωρίσουν τα δεδομένα των δύο κατηγοριών και μάλιστα χωρίς να κάνουν κανένα λάθος, καθώς τα δεδομένα είναι γραμμικά διαχωρίσιμα. Αν και αυτά τα υπερεπίπεδα κατορθώνουν στο σύνολο εκπαίδευσης να έχουν μηδενικό σφάλμα δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι θα έχουν την ίδια ικανότητα ταξινόμησης νέων άγνωστων δεδομένων. Για τον παραπάνω λόγο η μέθοδος SVM προσπαθεί να εντοπίσει το καλύτερο απ' όλα τα υπερεπίπεδα. Η έννοια του καλύτερου αντιπροσωπεύεται από αυτό που ονομάζουμε υπερεπίπεδο μέγιστου εύρους (maximum margin hyperplane). Ουσιαστικά προσπαθούμε να βρούμε το υπερεπίπεδο που διαχωρίζει τα δεδομένα των δύο κατηγοριών του συνόλου εκπαίδευσης με τη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση. Για να γίνει αυτό επιλέγουμε δύο παράλληλα υπερεπίπεδα που το καθένα περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα στιγμιότυπο καθένα για διαφορετική κατηγορία (tangential hyperplanes). Τα υπερεπίπεδα είναι τέτοια ώστε ανάμεσα τους να μην υπάρχουν δεδομένα του συνόλου εκπαίδευσης και άρα να το διαχωρίζουν τέλεια. Τα στιγμιότυπα που βρίσκονται πάνω σε αυτά ονομάζονται support vectors. Η απόσταση των παράλληλων υπερεπιπέδων είναι το εύρος (margin). Επιλέγουμε αυτά με το μεγαλύτερο εύρος. Το υπερεπίπεδο απόφασης είναι αυτό που βρίσκεται στο μέσο των παράλληλων υπερεπιπέδων με το μεγαλύτερο εύρος. Το κίνητρο για την εύρεση του συγκεκριμένου υπερεπιπέδου είναι ότι δίνει την δυνατότητα ο ταξινομητής που δημιουργούμε να μπορεί να δίνει ορθά αποτελέσματα και για άγνωστα δεδομένα.

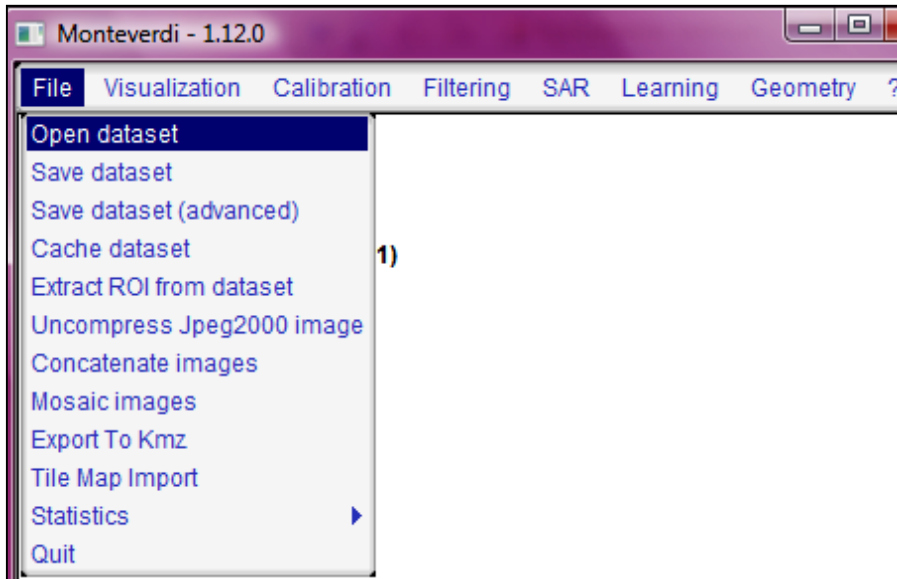


Εικόνα 7.12 : Πιθανά υπερεπίπεδα

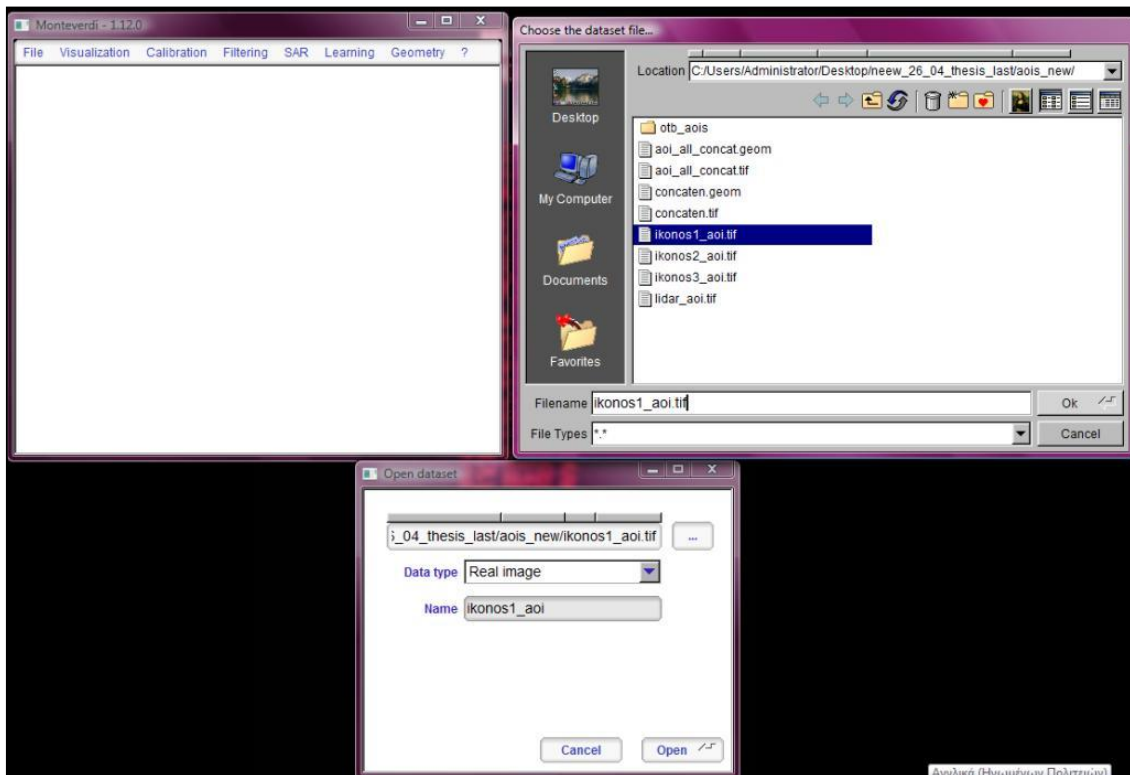
7.3.2 Ταξινόμηση σε χρήση γης με εφαρμογή SVM

Μέσω της λειτουργίας concatenate οι εικόνες ενώθηκαν σε ένα κανάλι και ακολούθησε η διαδικασία της εκμάθησης ταξινόμησης.

Από το μενού File επιλέγουμε την επιλογή Open dataset για την εισαγωγή των δορυφορικών δεδομένων.

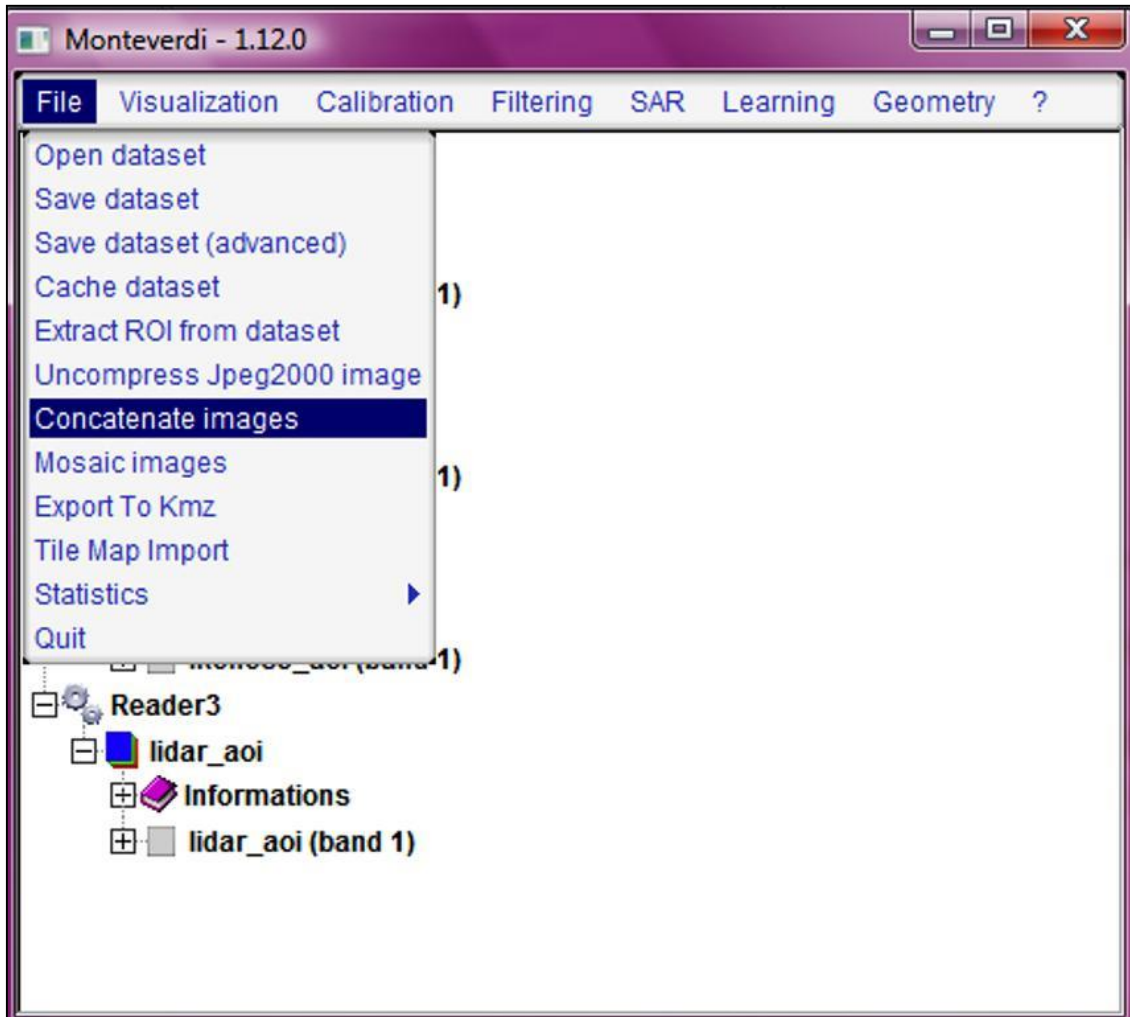


Εικόνα 7.13 : Μενού για την επιλογή Open dataset

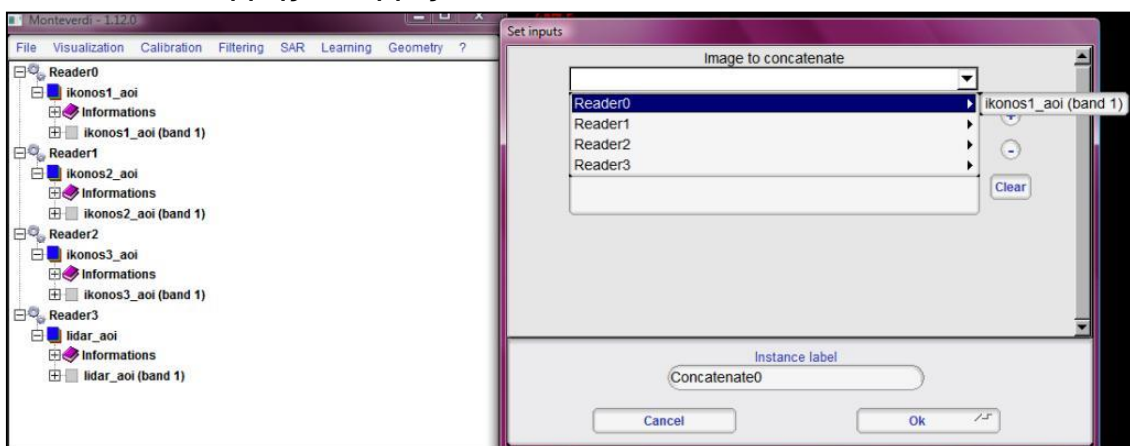


Εικόνα 7.14 : Άνοιγμα και επιλογή δορυφορικών αρχείων

Αφού λοιπόν ανοίξουμε τα αρχεία που θα χρησιμοποιήσουμε, ενώνουμε όλες τις εικόνες σε ένα κανάλι με τη λειτουργία concatenate από το μενού File.

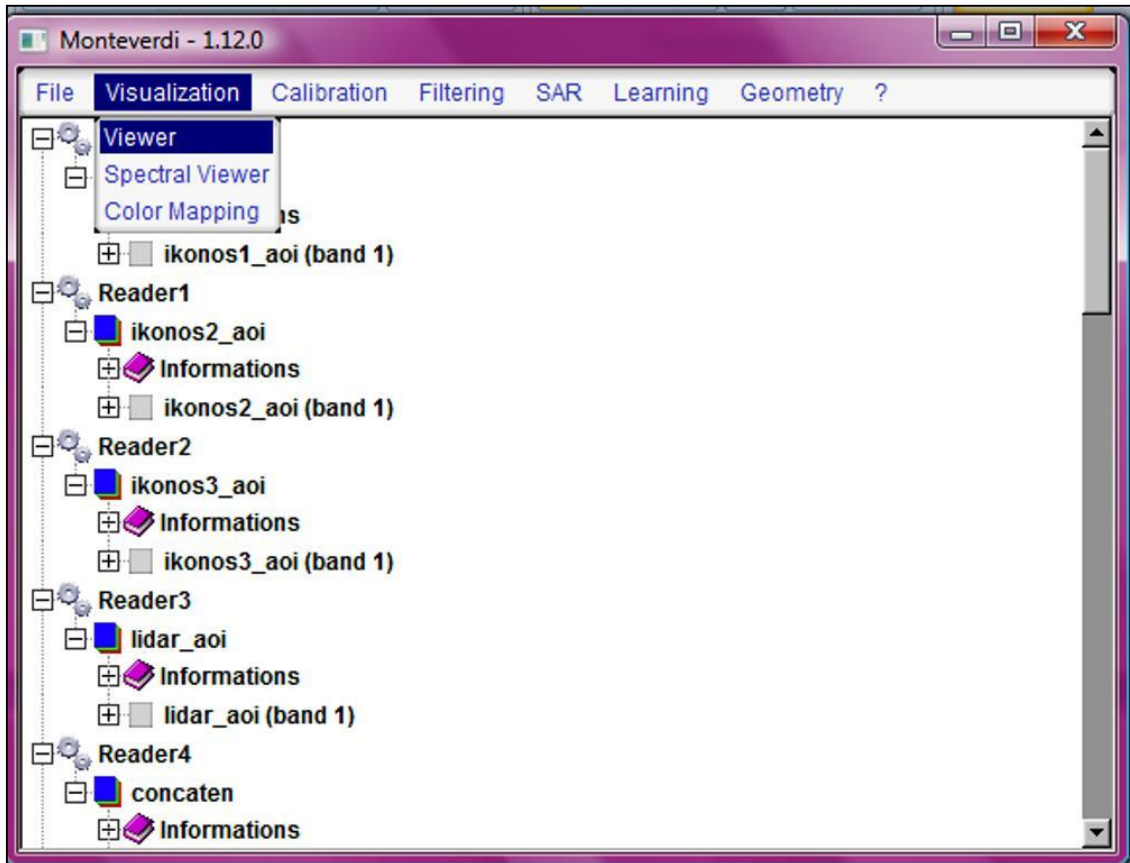


Εικόνα 7.15 : Επιλογή της λειτουργίας concatenate

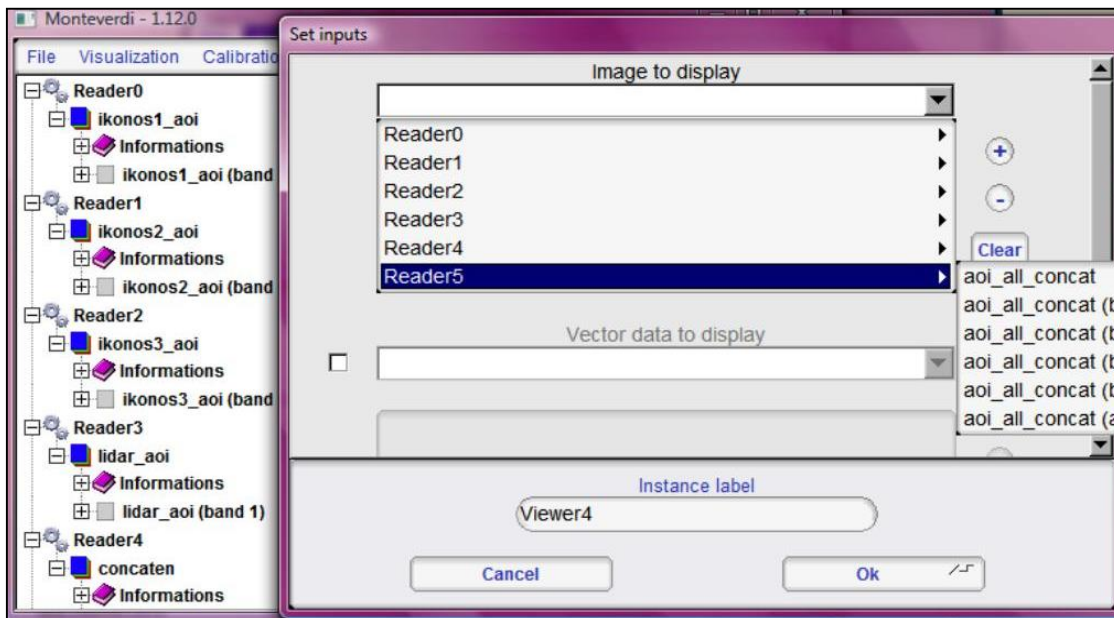


Εικόνα 7.16 : Επιλογή αρχείων για εφαρμογή concatenate

Συνεχίζοντας επιλέγουμε από το μενού Visualization την επιλογή Viewer για να απεικονίσουμε τα αρχεία μας στην οθόνη και να ελέγξουμε αν υπάρχουν σφάλματα κατά την εισαγωγή κι αν μπορούν να ανοιχτούν για επεξεργασία.

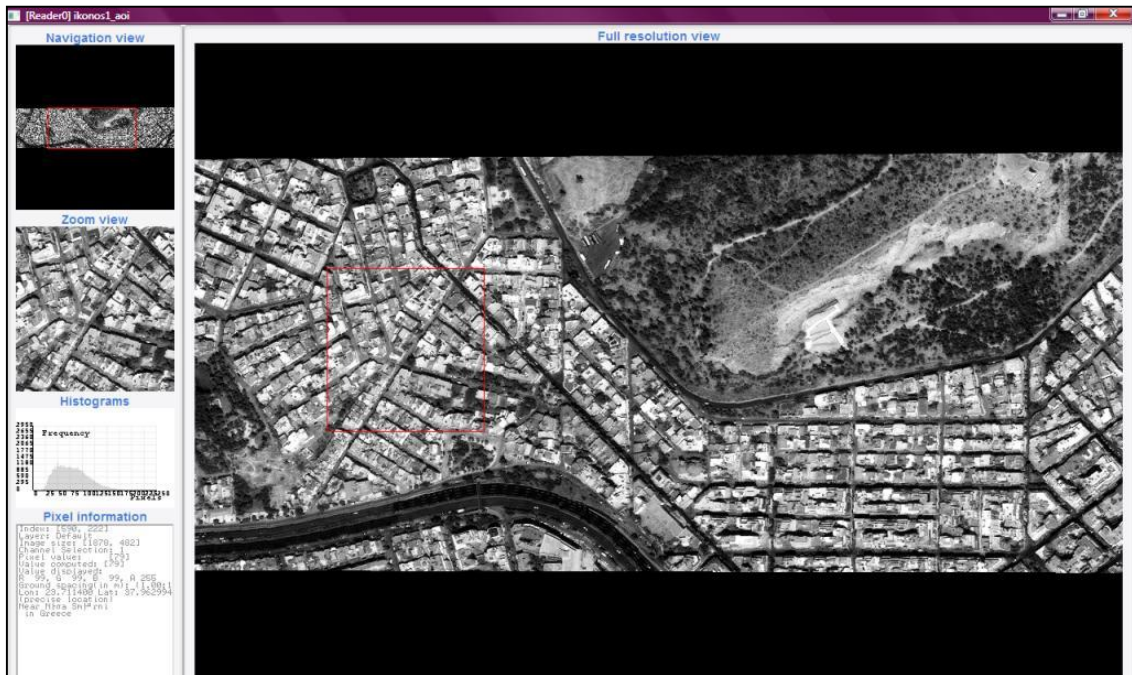


Εικόνα 7.17 : Απεικόνιση αρχείων από το μενού Visualization



Εικόνα 7.18 : Επιλογή αρχείων για απεικόνιση μέσω Viewer

Παρακάτω ακολουθούν screenshots από το κάθε αρχείο ξεχωριστά. Το γραφικό περιβάλλον του OTB Monteverdi μας δίνει τη δυνατότητα να βλέπουμε τις τιμές του κάθε ρixel, καθώς και πληροφορίες για το μέγεθος και την ανάλυση της εικόνας.



Εικόνα 7.19 : Δορυφορική εικόνα IKONOS – band 1

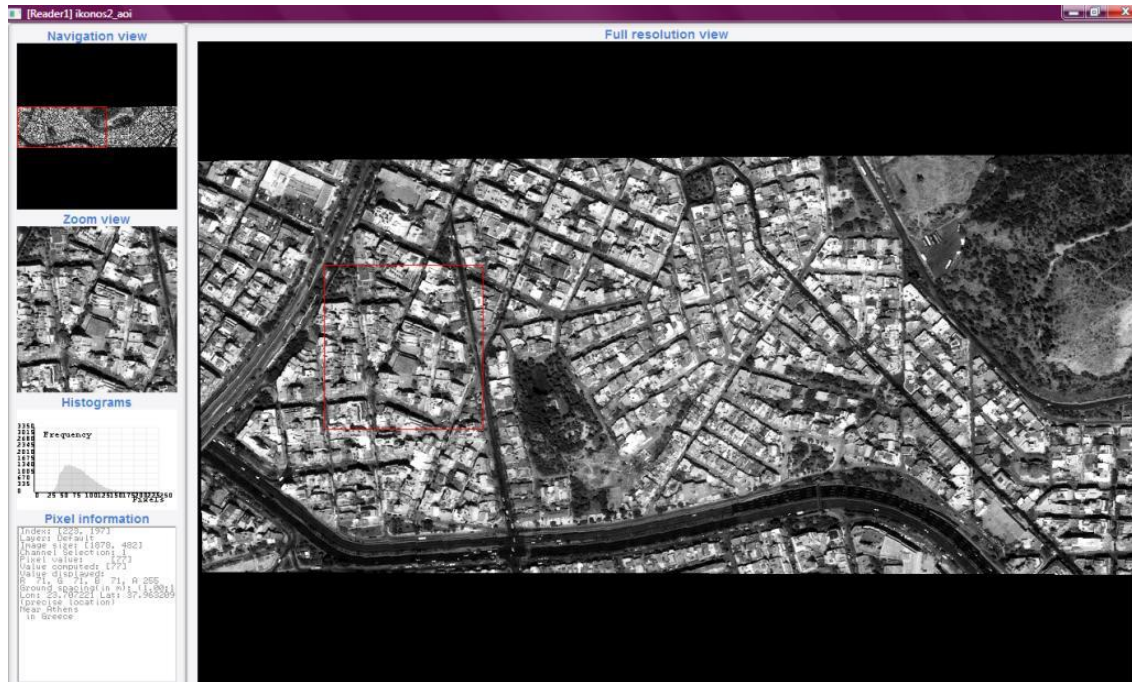
Μετά τη διαδικασία επιλογής περιοχής ενδιαφέροντος, όπως υλοποιήθηκε από το Quantum GIS και περιγράψαμε παραπάνω, το μέγεθος όλων των εικόνων είναι 1878 x 482 με ανάλυση 1 pixel. Παρατηρώντας την παραπάνω απεικόνιση ξεχωρίζουμε, στο κάτω αριστερό τμήμα, στοιχεία για τη συγκεκριμένη εικόνα. Στο παρακάτω screenshot έχουμε απομονώσει το ιστόγραμμα και τις πληροφορίες για το pixel που βρίσκεται εκείνη τη στιγμή ο κέρσορας του υπολογιστή μας για την εικόνα IKONOS band 1.



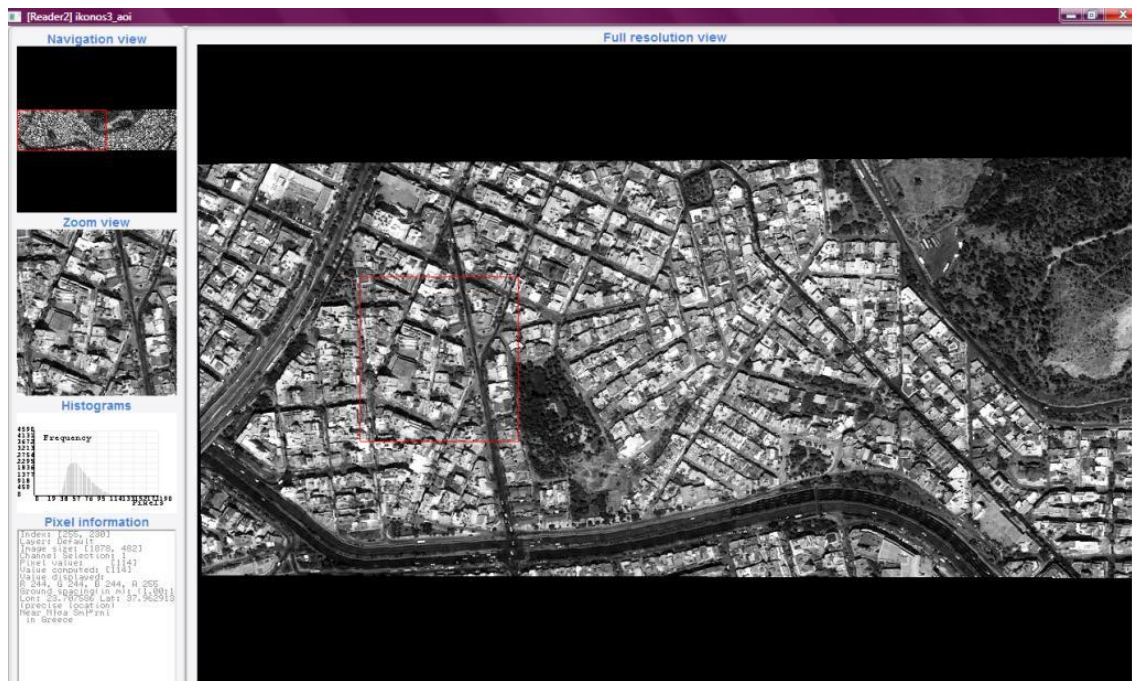
Εικόνα 7.20 : Ιστόγραμμα και πληροφορίες εικονοστοιχείου

Στο παραπάνω screenshot παρατηρούμε τη συχνότητα των τιμών για το κάθε εικονοστοιχείο, καθώς και τις πληροφορίες για την ανάλυση, το κανάλι, την τιμή του εικονοστοιχείου για το σημείο που βρίσκεται τη δεδομένη χρονική στιγμή ο κέρσορας(mouse) του υπολογιστή μας, τις γεωγραφικές συντεταγμένες του εικονοστοιχείου και σε περίπτωση που έχει καταχωρηθεί, την

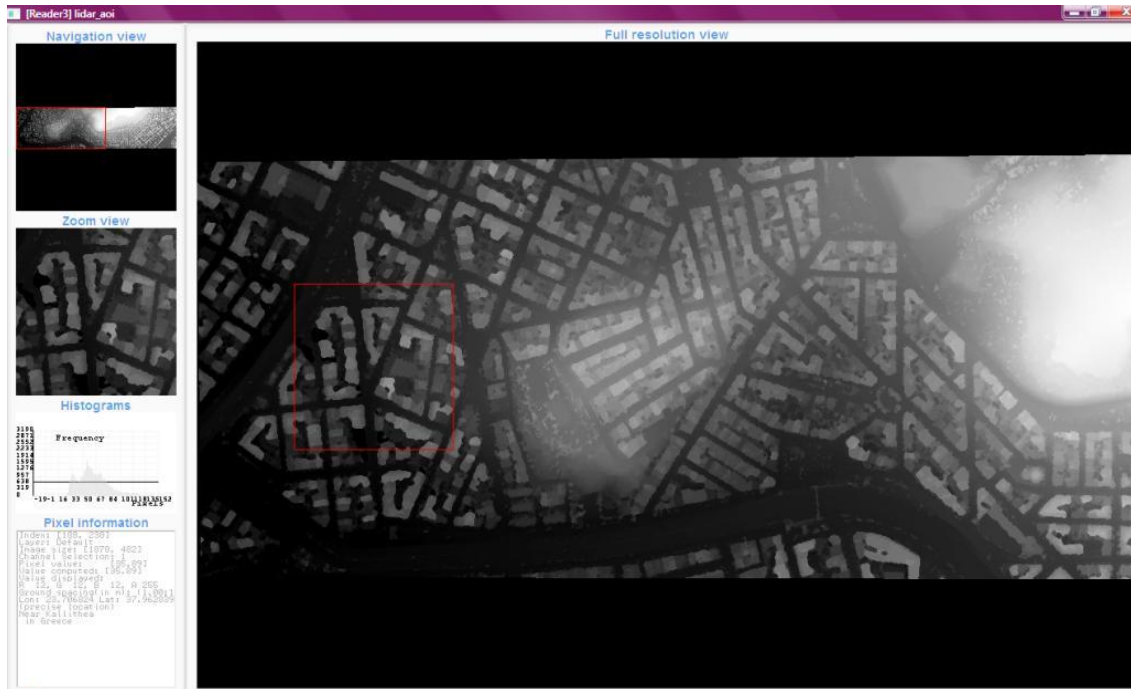
περιγραφή τοποθεσίας. Εδώ παρατηρούμε ότι αναγράφεται η έκφραση “Near Kallithea in Greece”, δηλαδή το συγκεκριμένο εικονοστοιχείο είναι στην περιοχή της Καλλιθέας.



Εικόνα 7.21 : Δορυφορική εικόνα IKONOS – band 2

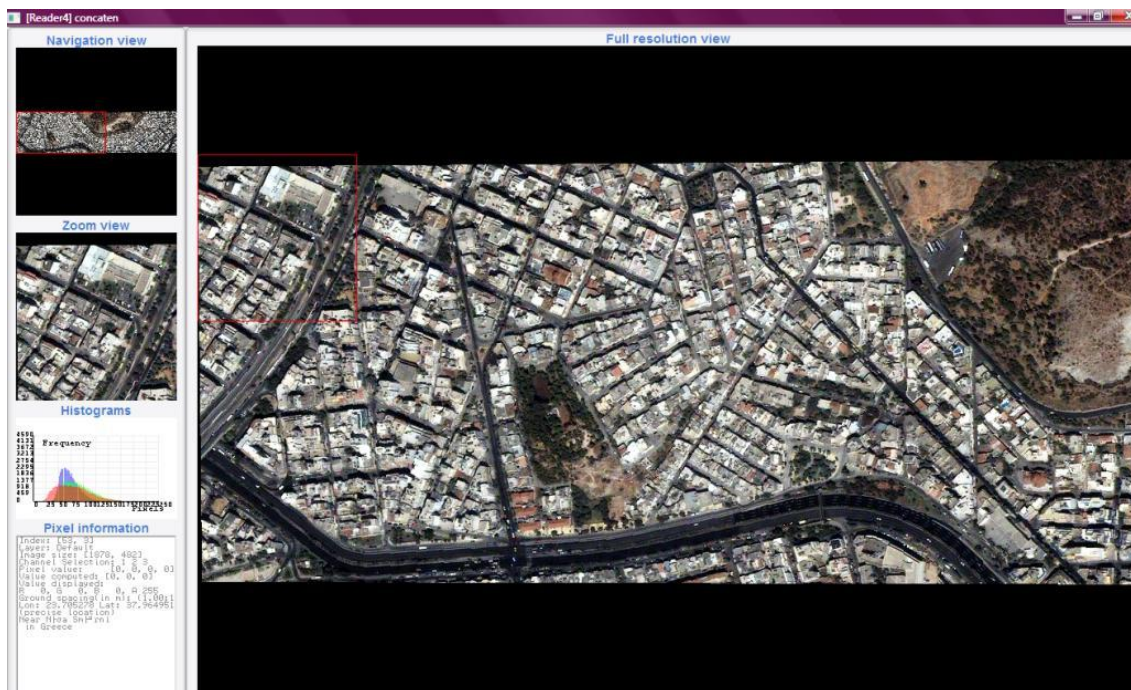


Εικόνα 7.22 : Δορυφορική εικόνα IKONOS – band 3



Εικόνα 7.24 Δορυφορική εικόνα LIDAR

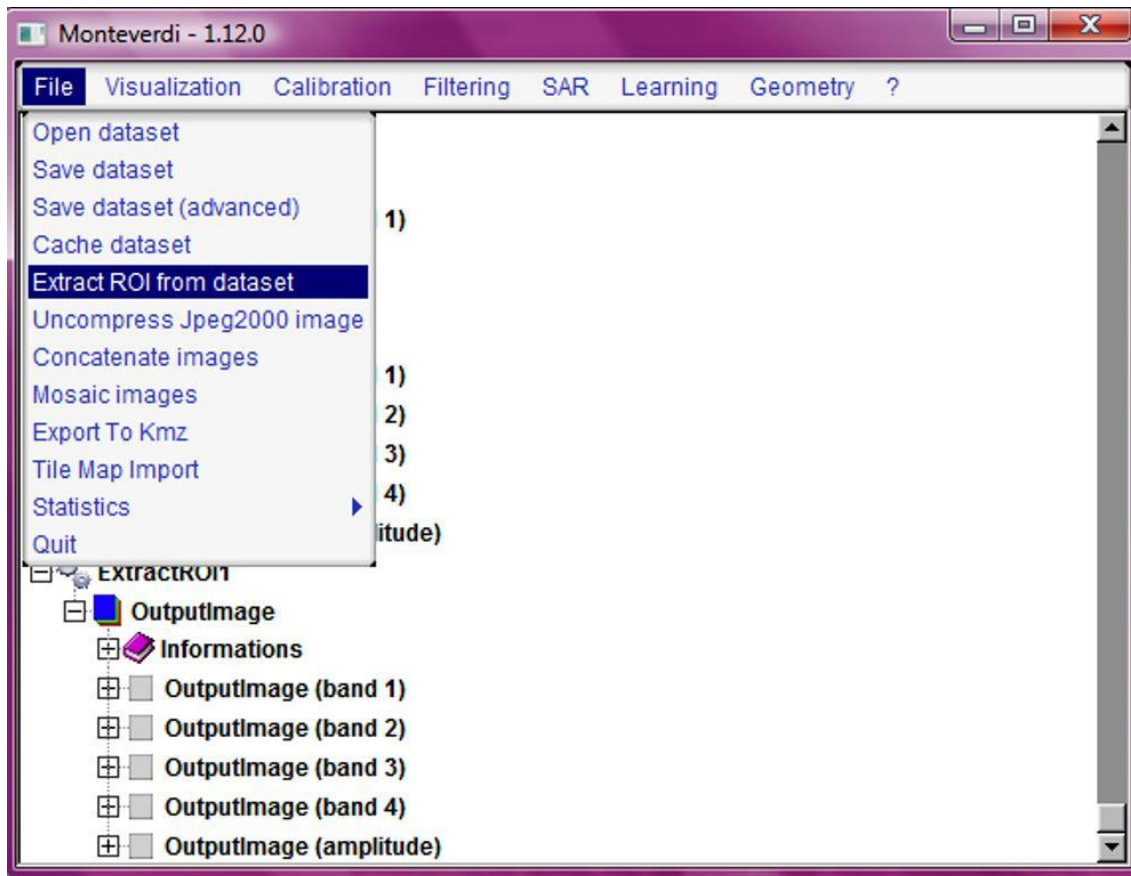
Αφού λοιπόν εκτελέσαμε τη λειτουργία concatenate προέκυψε η παρακάτω εικόνα.



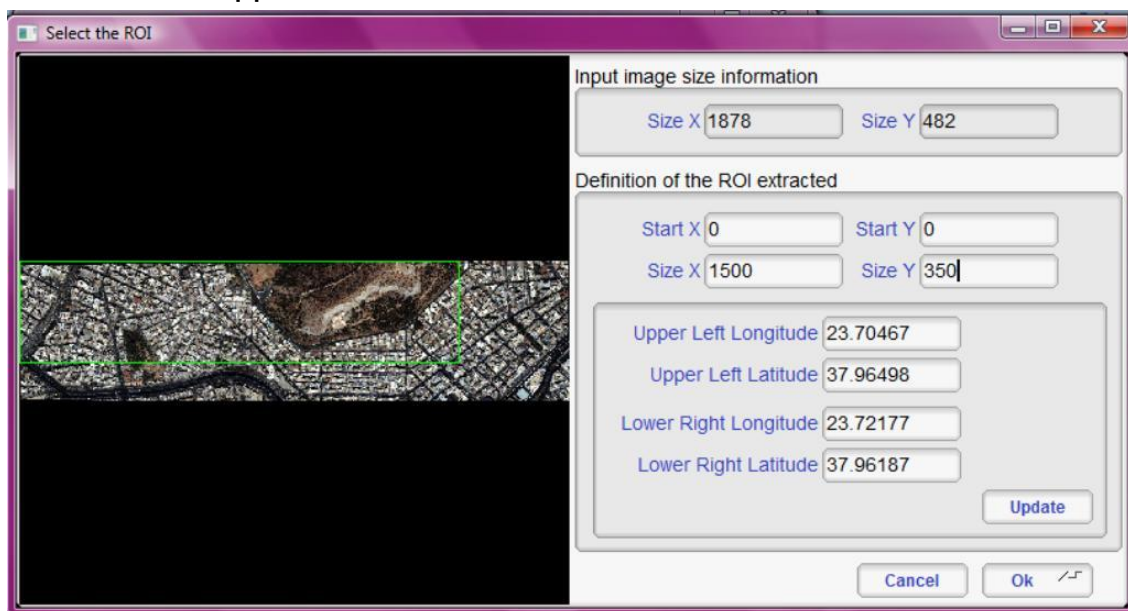
Εικόνα 7.23 : Παραγόμενη εικόνα με την εφαρμογή της λειτουργίας concatenate

Παρατηρώντας την παραγόμενη εικόνα στην αριστερή γωνία του κόκκινου πλαισίου, διαπιστώνουμε ότι υπάρχουν ρίxel εκτός της περιοχής ενδιαφέροντος με μηδενικές τιμές. Αυτό συμβαίνει λόγω ασυμβατότητας των λογισμικών προγραμμάτων Quantum GIS και OTB

Monteverdi. Γι'αυτό το λόγο επιλέξαμε από το μενού File του Monteverdi την επιλογή 'Extract ROI from Dataset' έτσι ώστε να αφαιρέσουμε τα εικονοστοιχεία με μηδενικές τιμές για να είναι ο αλγόριθμος ταξινόμησης της εικόνας περισσότερο αξιόπιστος και αποτελεσματικός.

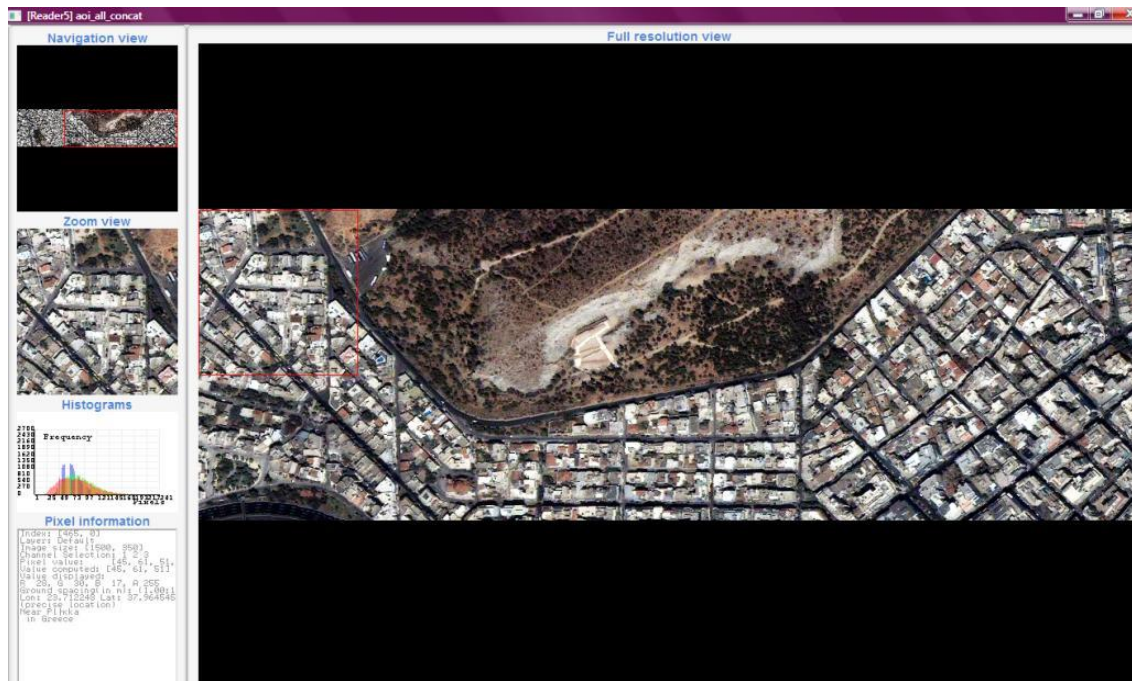


Εικόνα 7.24 : Λειτουργία 'Extract ROI from dataset'

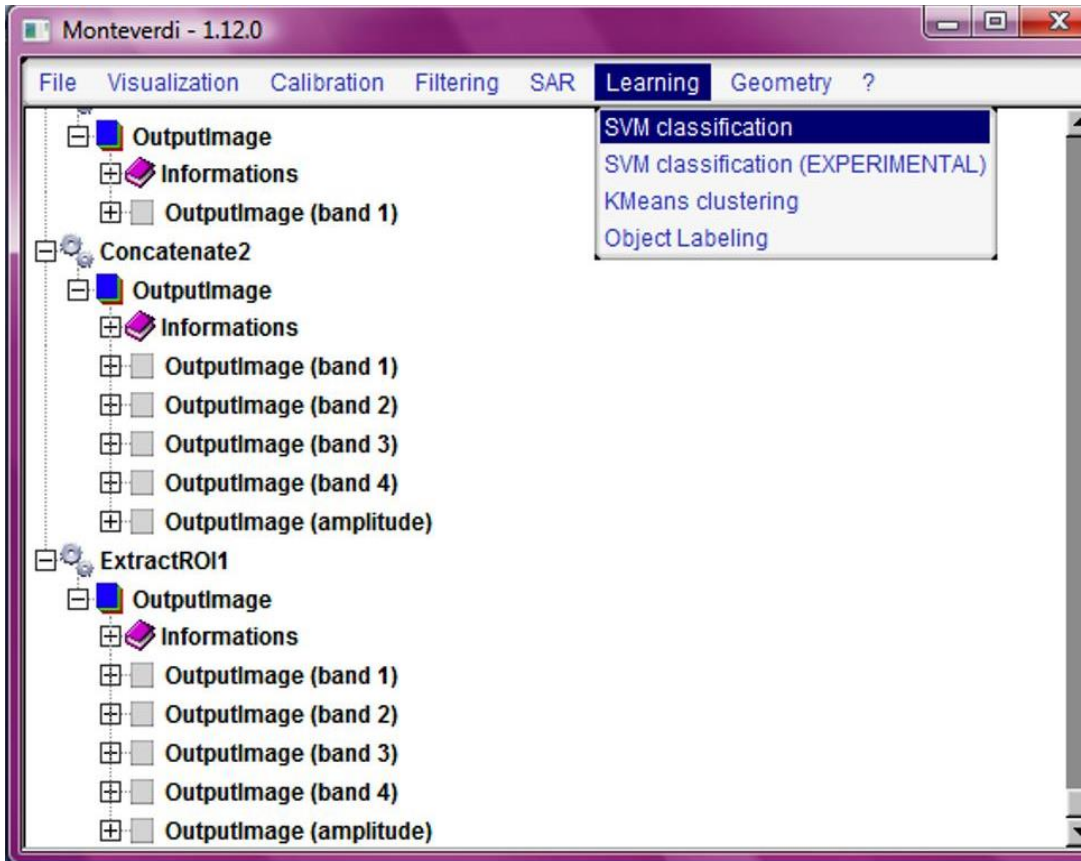


Εικόνα 7.25 : Επιλογή περιοχής ενδιαφέροντος και ορισμός συντεταγμένων

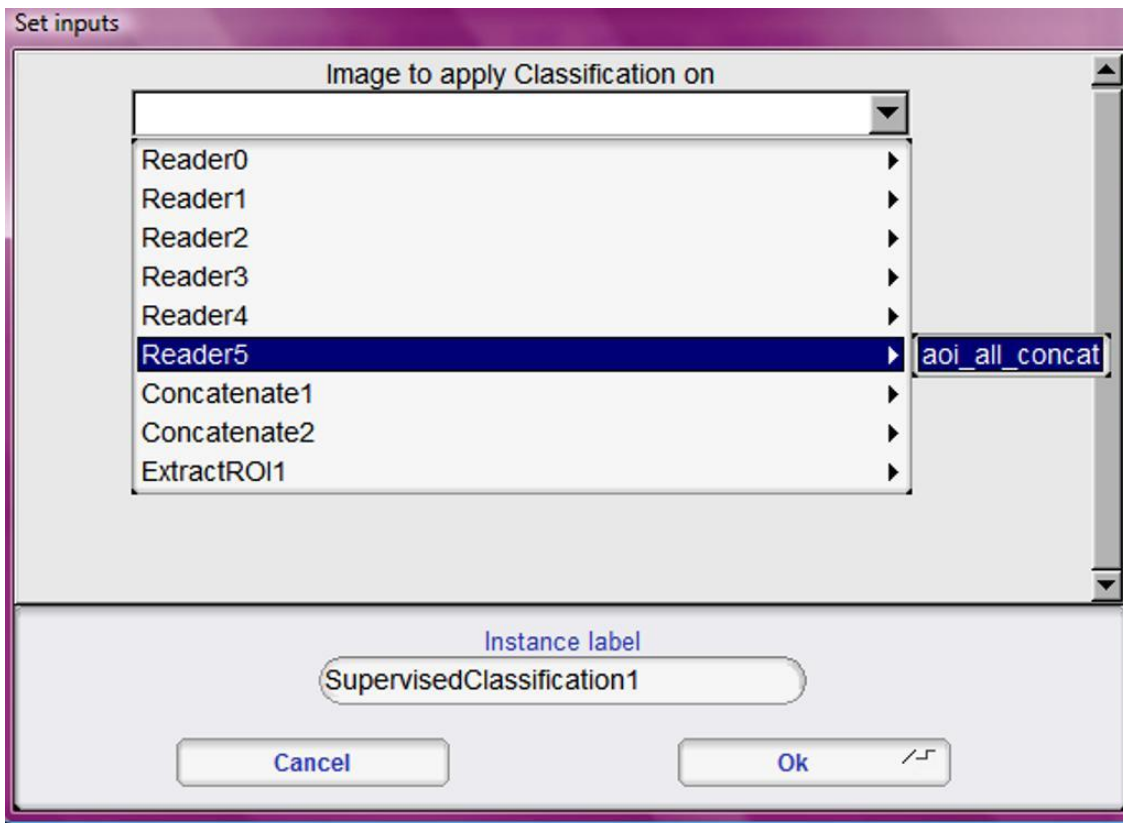
Επομένως η δορυφορική εικόνα με τη νέα περιοχή ενδιαφέροντος θα έχει διαστάσεις 1500 x 350.

**Εικόνα 7.26 : Νέα περιοχή ενδιαφέροντος**

Αφού επεξεργαστήκαμε την περιοχή ενδιαφέροντος και αποκλείσαμε τις μηδενικές τιμές των εικονοστοιχείων μπορούμε να προχωρήσουμε στην διαδικασία της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με εκμάθηση. Από το μενού Learning διαλέγουμε την επιλογή SVM classification.

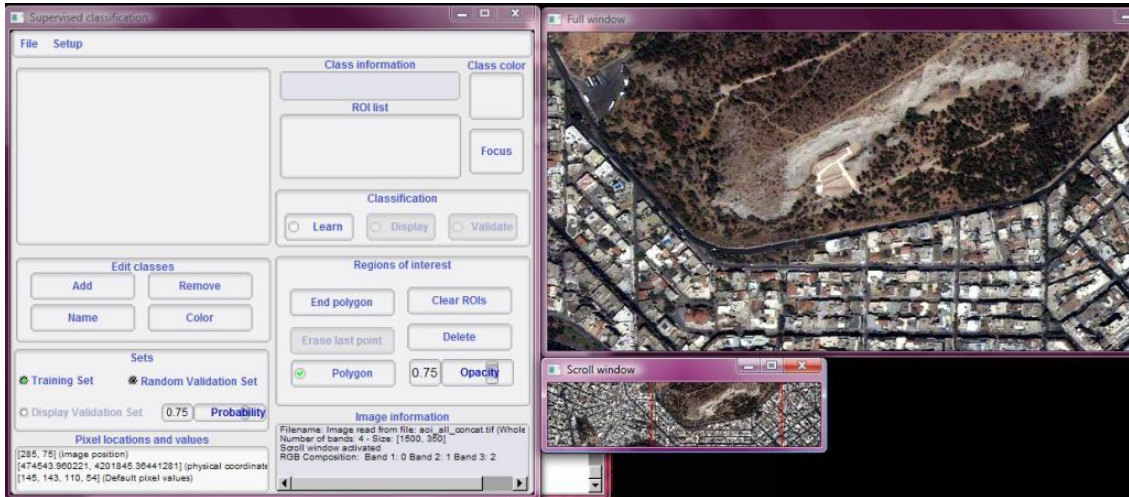


Εικόνα 7.27 : SVM classification



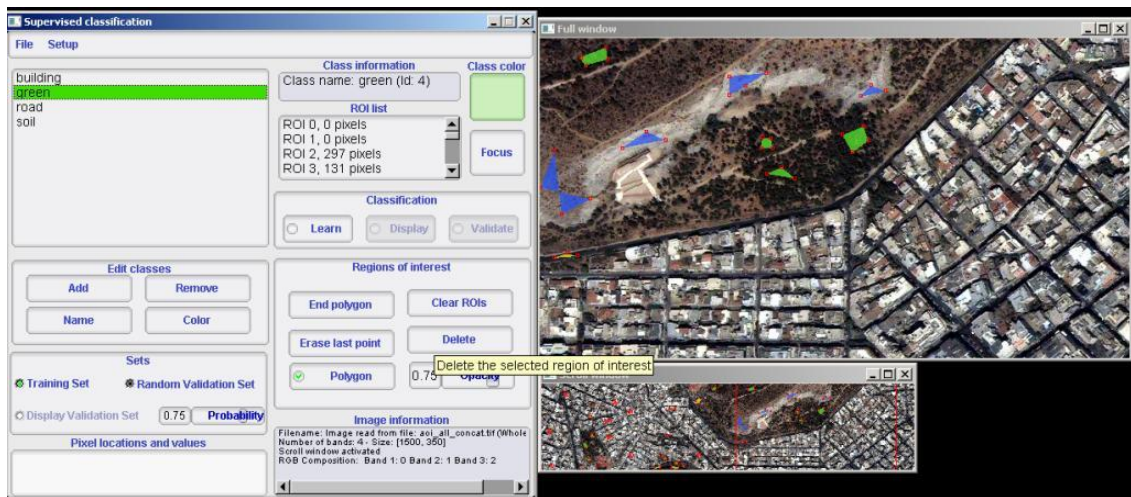
Εικόνα 7.28 : Επιλογή αρχείου για ταξινόμηση

Αφού επιλέξουμε το αρχείο της νέας δορυφορικής εικόνας με την περιοχή ενδιαφέροντος δημιουργούμε τις κλάσεις.



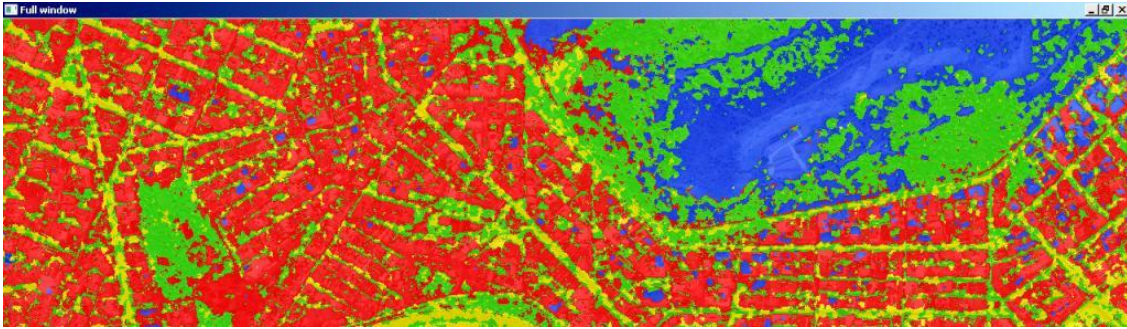
Εικόνα 7.29 : Περιβάλλον για δημιουργία κλάσεων

Οι κλάσεις που θα δημιουργήσουμε είναι οι εξής τέσσερις : Green (πράσινο), Building (κτίριο), Road (δρόμος) και Soil (έδαφος). Με το κουμπί add προσθέτουμε την επιθυμητή κλάση, με το κουμπί Name επιλέγουμε το δοσμένο όνομα και με το κουμπί Color δίνουμε το χρώμα που επιθυμούμε. Αφού ορίσουμε τα πολύγωνα για κάθε κλάση, ορίζουμε τον πυρήνα (kernel) του SVM από το μενού Setup → SVM → Kernel type σε rbf και στη συνέχεια με το κουμπί learn υλοποιείται η διαδικασία της εκμάθησης.



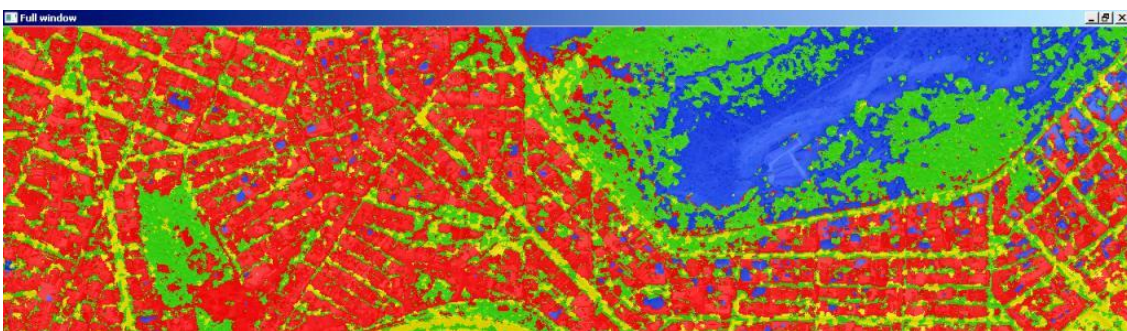
Εικόνα 7.30 : Ορισμός πολυγώνων ως training sets

Συνεχίζοντας πατώντας το κουμπί display εμφανίζουμε στην οθόνη το αποτέλεσμα της εκμάθησης.



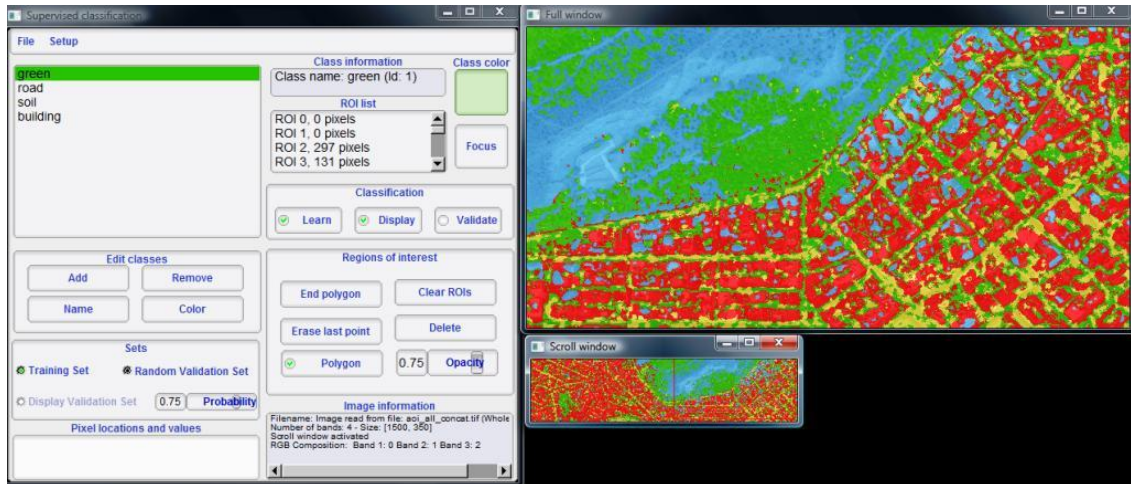
Εικόνα 7.31 : Τελικό αποτέλεσμα SVM ταξινόμησης

Συγκρίνοντας την αρχική εικόνα που δώσαμε σαν είσοδο για την διαδικασία της ταξινόμησης με την τελική διαπιστώνουμε ότι ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήσαμε είναι αρκετά ικανοποιητικός.



Εικόνα 7.32 : Ποιοτική αξιολόγηση πρωτογενούς εικόνας και της SVM ταξινόμησης.

Πατώντας το κουμπί validate δημιουργείται ένας πίνακας σύγχυσης(confusion matrix) ο οποίος εμφανίζει στατιστικά για την αποδοτικότητα του αλγορίθμου ταξινόμησης. Πρέπει να τονίσουμε ότι το σύνολο αξιολόγησης(validation set) έχει επιλεγθεί αυτόματα από τον αλγόριθμο με τυχαίο τρόπο, και δεν έχει καμία απολύτως συσχέτιση με το σύνολο εκμάθησης.



Εικόνα 7.33 Προετοιμασία αξιολόγησης (validation)

Για την αποτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας σύγχυσης.

Confusion matrix					
	green	road	soil	building	Sum
green	563 (94.46%)	26 (12.94%)	1 (0.21%)	6 (1.43%)	596
road	59 (9.90%)	141 (70.15%)	0 (0.00%)	1 (0.24%)	201
soil	0 (0.00%)	0 (0.00%)	443 (95.06%)	23 (5.46%)	466
building	15 (2.52%)	3 (1.49%)	4 (0.86%)	399 (94.77%)	421
Sum	637	170	448	429	

Accuracy	
Kappa	0.8857
Overall Accuracy	0.9181

Εικόνα 7.34 : Πίνακας Σύγχυσης

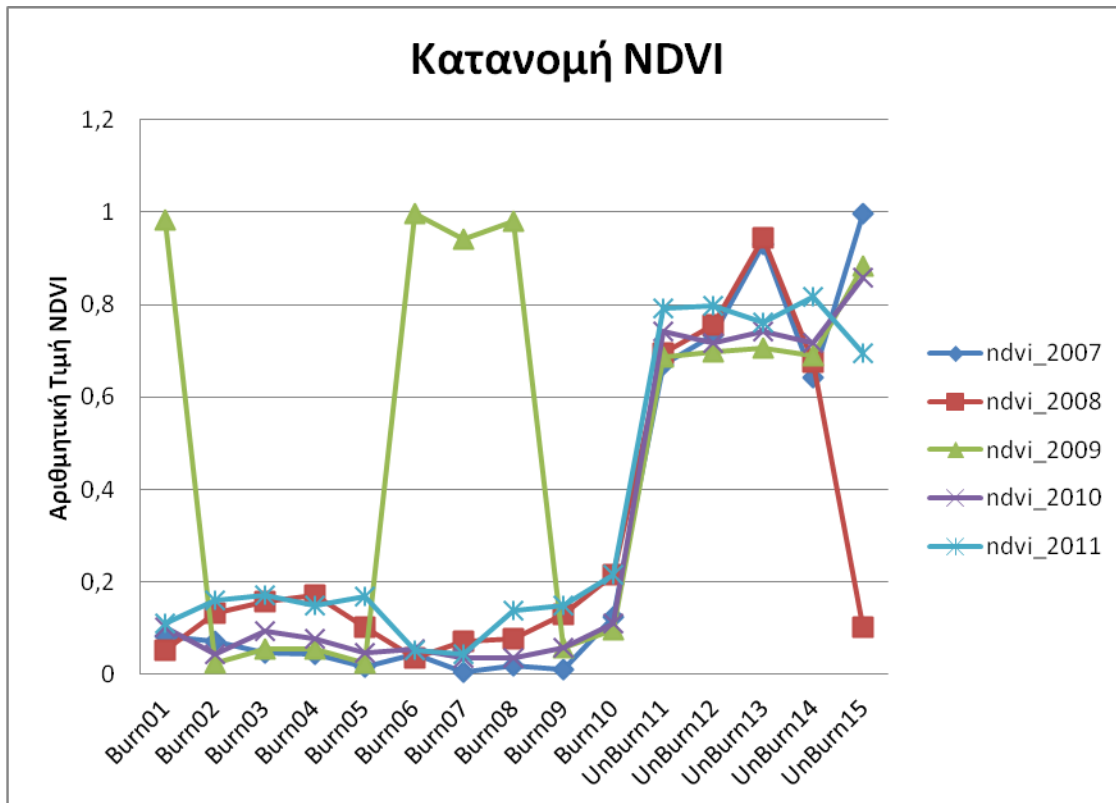
8. Συμπεράσματα - Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Το γενικότερο συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι τα ελεύθερα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν ανταποκρίνονται πλήρως στις ανάγκες των συγκεκριμένων εφαρμογών και μπορούν να χρησιμοποιούνται με ασφάλεια. Σαν ειδικότερα συμπεράσματα και αποτελέσματα της διατριβής προκύπτουν μια αιτιολογημένη παρουσίαση και ανάλυση της πορείας αναγέννησης καμένων δασικών εκτάσεων στην Πάρνηθα και μια ενημερωμένη χαρτογραφική και ποσοτική απεικόνιση των χρήσεων γης στην περιοχή Καλλιθέας Φιλοτάππου.

8.1 Παρακολούθηση Δείκτη Βλάστησης NDVI

Μετά την εφαρμογή του αλγόριθμου υπολογισμού NDVI οι τιμές δεικτών βλάστησης,

εισήχθησαν στο λογισμικό Microsoft Excel για περαιτέρω ανάλυση και δημιουργία γραφημάτων. Αρχικά, παρουσιάζεται η πορεία των δεικτών βλάστησης από 2007 έως 2011 για όλα τα σημεία και στη συνέχεια αναλύονται και ερμηνεύονται περαιτέρω, κάποια σημεία που παρουσιάζουν αρκετά μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές NDVI.



Εικόνα 8.1 : Χρονική κατανομή τιμών NDVI

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα για το ndvi_2007, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι τιμές στις καμένες περιοχές δεν έχουν μεγάλη απόκλιση και κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα, ενώ αντιστοίχως σε υψηλά στις άκαυτες. Άρα μπορούμε να πούμε ότι ο δείκτης ndvi_2007 είναι αρκετά ικανοποιητικός ως προς το τελικό συμπέρασμα, εφόσον η πυρκαγιά του 2007 είχε σημαντικές επιπτώσεις στη χλωρίδα της Πάρνηθας.

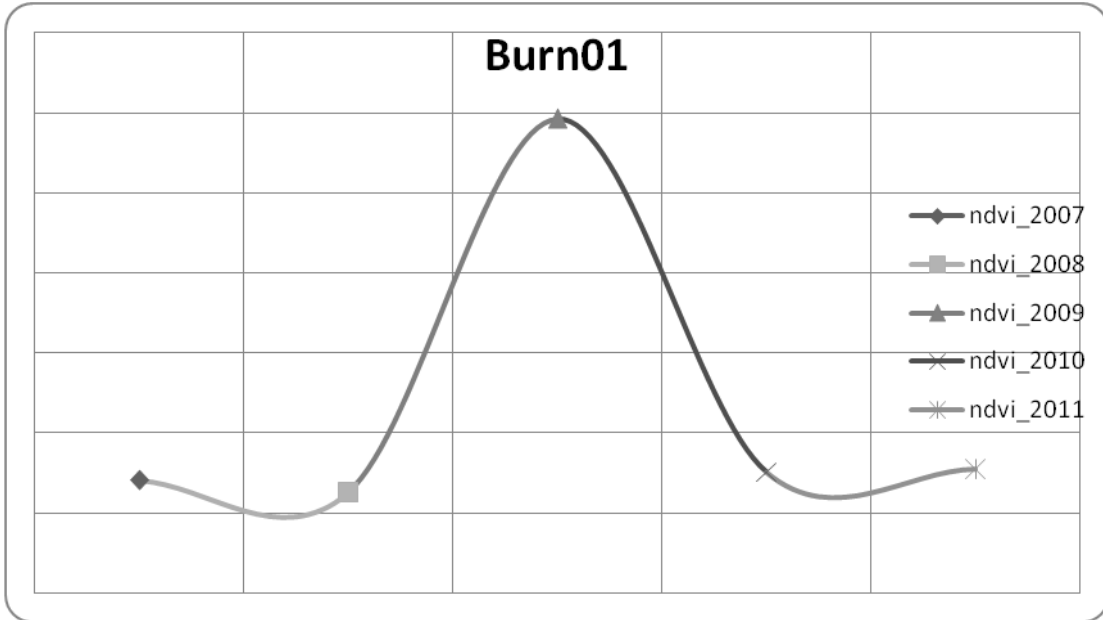
Στη συνέχεια μπορούμε να πούμε ότι συμβαίνει κάτι ανάλογο στο δείκτη ndvi_2008, όμως εάν παρατηρήσουμε τη μετάβαση από το σημείο UnBurn14 στο σημείο UnBurn15 υπάρχει μεγάλη διαφορά στη τιμή. Γι'αυτό το λόγο θα εξετάσουμε στη συνέχεια το σημείο UnBurn15 μεμονωμένα.

Προχωρώντας στο ndvi_2009 παρατηρούμε τεράστιες διαφορές στα επίπεδα του δείκτη βλάστησης στις καμένες περιοχές, σε τέτοιο βαθμό ώστε να χρειάζεται εκτενέστερη μελέτη, την οποία θα πράξουμε παρακάτω.

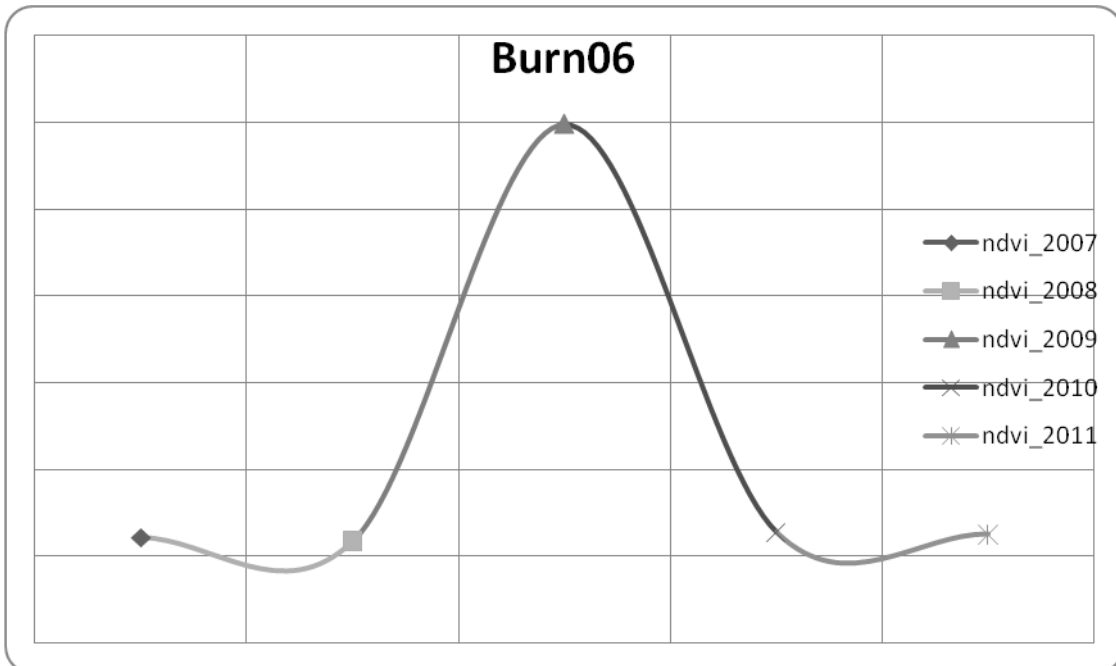
Τέλος, οι δείκτες ndvi_2010 και ndvi_2011 κυμαίνονται στα ίδια μεγέθη, με το δείκτη ndvi_2011 να είναι λίγο μεγαλύτερος σε όλα τα σημεία, εκτός του UnBurn15, το οποίο αναφέραμε παραπάνω. Αυτό φαίνεται, από άποψη ζωτικότητας της βλάστησης, ορθό, διότι το χρονικό διάστημα που έχει μεσολαβήσει από την τελευταία πυρκαγιά του 2009 έως το 2011 είναι κατά ένα χρόνο μεγαλύτερο, σε σχέση με το χρονικό διάστημα έως το 2010, γεγονός που επιτρέπει και την ανάπτυξη μονοετών φυτών.

Επιπρόσθετα εάν εξετάσουμε την πορεία των τιμών βλάστησης του 2007 και 2009, εκτός των σημείων με μεγάλες αποκλίσεις, βλέπουμε ότι αποτελούν τις μικρότερες σε σχέση με τα άλλα έτη και παρατηρείται μια αυξητική τάση το 2008, η οποία δε διαρκεί πολύ λόγω της πυρκαγιάς του 2009. Σχεδόν σε όλα τα σημεία οι τιμές ndvi_2011 είναι οι μεγαλύτερες από όλες, εκτός από τρεις.

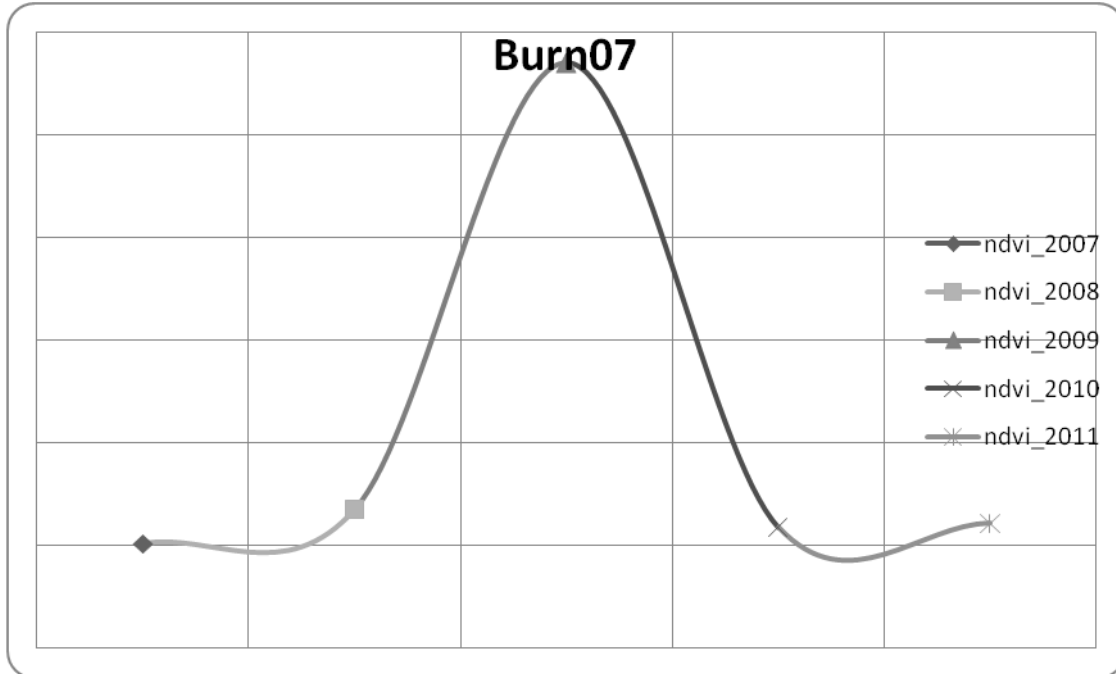
Παρακάτω θα εξετάσουμε τα σημεία εκείνα που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στις τιμές ανά έτος. Αυτά είναι τα σημεία Burn1, Burn6, Burn7, Burn8, UnBurn13 και UnBurn15.



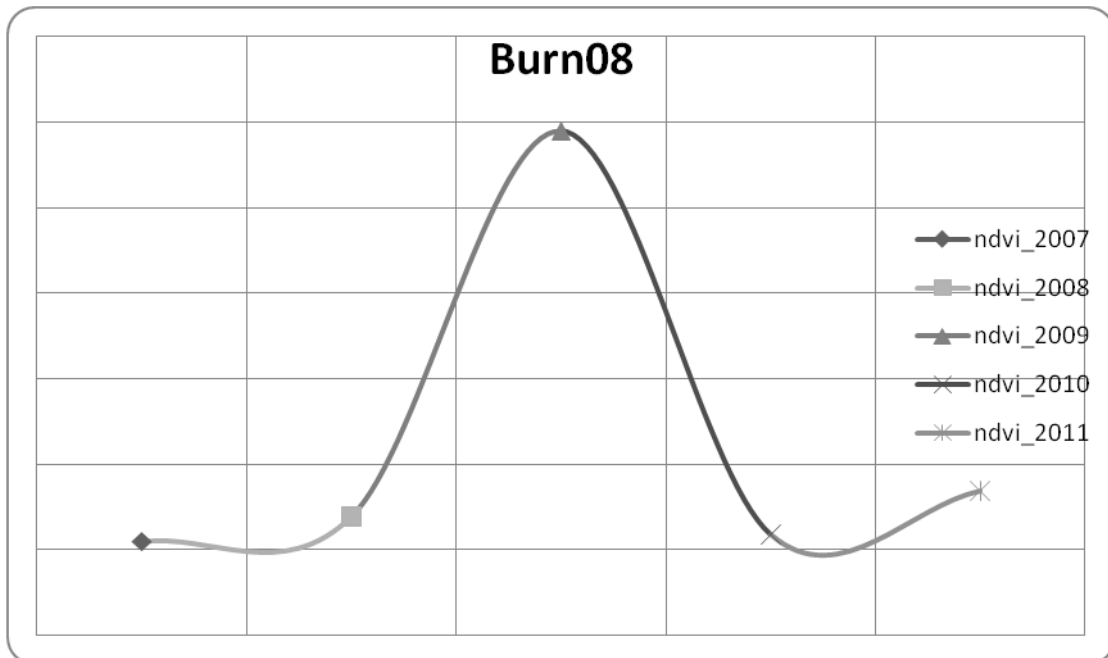
Εικόνα 8.2 : Δείκτης Βλάστησης για Burn01



Εικόνα 8.3 : Δείκτης Βλάστησης για Burn06

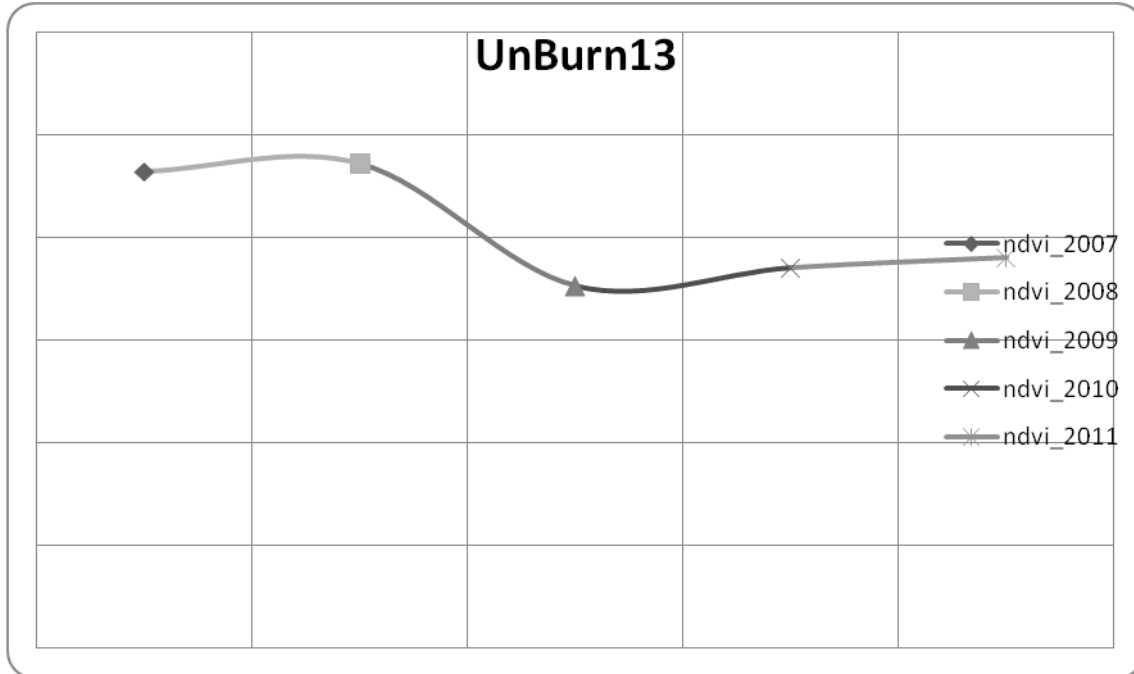


Εικόνα 8.4 : Δείκτης Βλάστησης για Burn07



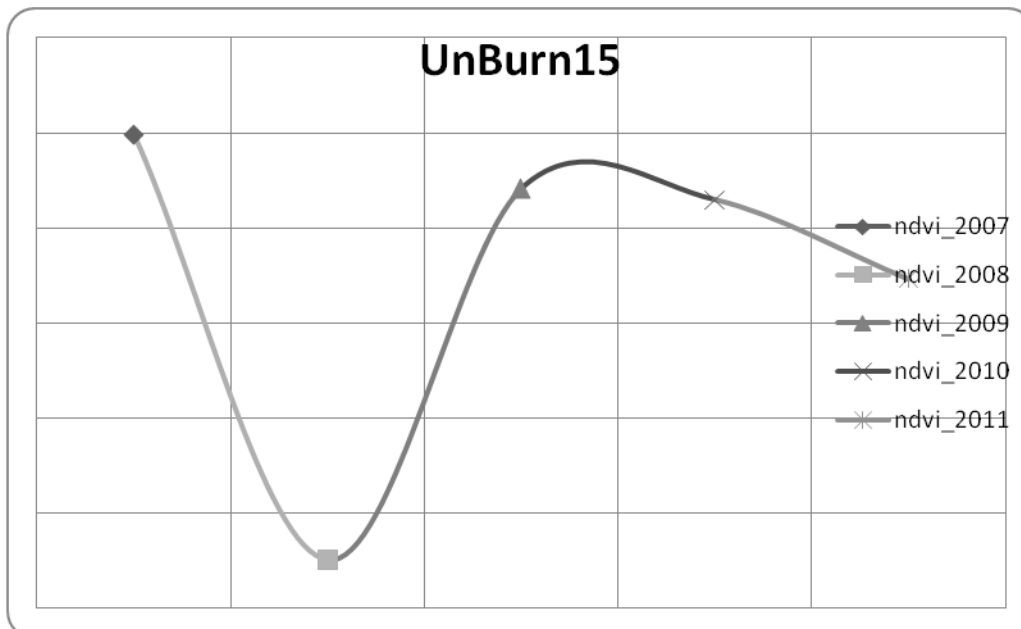
Εικόνα 8.5 : Δείκτης Βλάστησης για Burn08

Παρατηρείται απότομη αλλαγή τιμής δείκτη το έτος 2009 και στις 4 επιφάνειες, πράγμα που δηλώνει ότι υπάρχει πιθανότητα νεφώσεων ή δυσκολία λήψης του δορυφόρου λόγω καιρικών συνθηκών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση αποκλείουμε την περίπτωση σφάλματος του αισθητήρα λόγω δυσλειτουργίας, αφού εμφανίζεται παραπάνω από μία φορές το ίδιο έτος.



Εικόνα 8.6 : Δείκτης Βλάστησης για UnBurn13

Στη συγκεκριμένη επιφάνεια παρατηρούμε πτώση του δείκτη βλάστησης το έτος 2009 αλλά και παραμονή αυτού σε χαμηλά επίπεδα. Παρόλο που είναι μία μη καμένη εκτάση προφανώς η πυρκαγιά του 2009 συνέβαλλε αρνητικά στην υποβάθμιση του οικοσυστήματος και επηρέασε την βιωσιμότητα, ακόμα και των μη καμένων εκτάσεων του όρους.



Εικόνα 8.7 : Δείκτης Βλάστησης για UnBurn15

Σε αυτή τη περίπτωση ενώ ο $ndvi_{2007}$ είναι σχεδόν μονάδα, δηλαδή πλούσια βλάστηση, ο $ndvi_{2008}$ παίρνει τιμή 0,1 που εκφράζει ασθενή βλάστηση και στη συνέχεια μειώνεται. Μία πρώτη προσέγγιση είναι νέφος κατά την εκπομπή ακτινοβολίας.

Από τα παραπάνω φαίνεται πως η μελέτη μιας δασικής περιοχής με τη χρήση δορυφορικών εικόνων αποτελεί μια αξιόπιστη και γρήγορη λύση για τη δυναμική της βλάστησης. Στη συγκεκριμένη εργασία διαπιστώσαμε ότι οι δείκτες βλάστησης αποτελούν κριτήριο για την συνολική εικόνα και κατάσταση ενός οικοσυστήματος, παρουσιάζοντας με επιπλέον εργαλεία την περαιτέρω εξέλιξη αυτού μέσω μοντελοποιημένων διαδικασιών.

Από το συνολικό διάγραμμα, φτάσαμε στο συμπέρασμα να υποστηρίξουμε αυτό που αναφέραμε παραπάνω ότι ο κίνδυνος πυρκαγιάς είναι εντονότερος στα χαμηλά υψόμετρα, ενώ στα υψηλά περιορίζεται πολύ περισσότερο, εφόσον ελέγξαμε πως οι καμένες περιοχές βρίσκονταν σε χαμηλά υψόμετρα και οι άκαυτες σε υψηλά αντίστοιχα μέσω του Google Earth.

Οι πληροφορίες τηλεπισκόπισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν, εκτός από εργαλεία για τη μελέτη και ανάλυση δεικτών βλάστησης και περιβάλλοντος γενικότερα, και ως εργαλεία λήψης αποφάσεων για τον καθορισμό σχετικών μέτρων με σκοπό την περιβαλλοντική αποκατάσταση και αειφορική διαχείριση.

8.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων ταξινόμησης χρήσεων γης

Σύμφωνα λοιπόν με τον πίνακα σύγχυσης (Εικόνα 7.34) καταλήξαμε στα παρακάτω συμπεράσματα.

Οι τιμές στη διαγώνιο του Πίνακα Σύγχυσης αντιπροσωπεύουν τα εικονοστοιχεία που ταξινομήθηκαν επιτυχώς. Αντιθέτως, οι τιμές των εικονοστοιχείων εκτός διαγώνιου αντιπροσωπεύουν τα εικονοστοιχεία που ταξινομήθηκαν λανθασμένα.

Αναλύοντας την κατηγορία 'green' από τα δεδομένα του παρακάτω Πίνακα Σύγχυσης, παρατηρούμε τα εξής:

Η πραγματική τιμή για την κλάση 'green' είναι 596 εικονοστοιχεία, ενώ ο ταξινομητής SVM απέδωσε στη συγκεκριμένη κατηγορία 637 εικονοστοιχεία.

Το σφάλμα οφείλεται τόσο στο ότι εικονοστοιχεία που ανήκουν στην κατηγορία 'green' ταξινομήθηκαν λανθασμένα στις υπόλοιπες κατηγορίες (26 ως δρόμος, 1 ως έδαφος και 6 εικονοστοιχεία ως κτίριο), όσο και στο ότι εικονοστοιχεία από τις άλλες κατηγορίες τα απέδωσε ο αλγόριθμος λανθασμένα στην κατηγορία 'green' (59 εικονοστοιχεία από την κατηγορία 'road', 0 από την κατηγορία 'soil' και 15 από την κατηγορία 'building').

Η πραγματική τιμή για την κλάση 'road' είναι 201 εικονοστοιχεία, ενώ ο ταξινομητής SVM απέδωσε στη συγκεκριμένη κατηγορία 170 εικονοστοιχεία.

Το σφάλμα οφείλεται τόσο στο ότι εικονοστοιχεία που ανήκουν στην κατηγορία 'road' ταξινομήθηκαν λανθασμένα στις υπόλοιπες κατηγορίες (59 ως πράσινο, 0 ως έδαφος και 1 εικονοστοιχείο ως κτίριο), όσο και στο ότι εικονοστοιχεία από τις άλλες κατηγορίες τα απέδωσε ο αλγόριθμος λανθασμένα στην κατηγορία 'road' (26 εικονοστοιχεία από την κατηγορία 'green', 0 από την κατηγορία 'soil' και 3 από την κατηγορία 'building').

Η πραγματική τιμή για την κλάση 'soil' είναι 466 εικονοστοιχεία, ενώ ο ταξινομητής SVM απέδωσε στη συγκεκριμένη κατηγορία 448 εικονοστοιχεία.

Το σφάλμα οφείλεται τόσο στο ότι εικονοστοιχεία που ανήκουν στην κατηγορία 'soil' ταξινομήθηκαν λανθασμένα στις υπόλοιπες κατηγορίες (0 ως πράσινο, 0 ως έδαφος και 23 εικονοστοιχεία ως κτίριο), όσο και στο ότι εικονοστοιχεία από τις άλλες κατηγορίες τα απέδωσε ο αλγόριθμος λανθασμένα στην κατηγορία 'soil' (1 εικονοστοιχεία από την κατηγορία 'green', 0 από την κατηγορία 'road' και 4 από την κατηγορία 'building').

Τέλος, η πραγματική τιμή για την κλάση 'building' είναι 421 εικονοστοιχεία, ενώ ο ταξινομητής SVM απέδωσε στη συγκεκριμένη κατηγορία 429 εικονοστοιχεία.

Το σφάλμα οφείλεται τόσο στο ότι εικονοστοιχεία που ανήκουν στην κατηγορία 'building' ταξινομήθηκαν λανθασμένα στις υπόλοιπες κατηγορίες (15 ως πράσινο, 3 ως δρόμος και 4 εικονοστοιχεία ως έδαφος), όσο και στο ότι εικονοστοιχεία από τις άλλες κατηγορίες τα απέδωσε ο αλγόριθμος λανθασμένα στην κατηγορία 'building' (6 εικονοστοιχεία από την κατηγορία 'green', 1 από την κατηγορία 'road' και 23 από την κατηγορία 'soil').

Ο συντελεστής K θεωρείται το πλέον αξιόπιστο μέτρο εκτίμησης της ακρίβειας της ταξινόμησης (Hudson & Ramm. 1987, Congalton, 1991), διότι υπολογίζεται από όλα τα στοιχεία της μήτρας σφαλμάτων και διότι αντισταθμίζει την πιθανότητα του τυχαίου στην ταξινόμηση. Παρατηρούμε ότι ο συντελεστής K είναι 0,8857, δηλαδή τείνει να είναι κοντά στη μονάδα και

καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο αλγόριθμος ταξινόμησης SVM είναι αρκετά ικανοποιητικός.

9.Βιβλιογραφία

Βακαλοπούλου Μ. 2011. Διερεύνηση μεθόδων ανίχνευσης μεταβολών σε τηλεπισκοπικές εικόνες, με ανάπτυξη ελεύθερου λογισμικού στην πλατφόρμα Orfeo Toolbox. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας-Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης

Μιχαηλίδου Σ. 2011. Αυτόματη ανίχνευση μεταβολών κτισμάτων στο περιστατικό χώρο από δορυφορικές απεικονίσεις πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας μέσω ανάπτυξης ασαφούς βάσης γνώσης σε αντικειμενοστραφές περιβάλλον ανάλυσης εικόνων. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας-Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης

Χαραλάμπους Ν. 2011. Παρακολούθηση ατμοσφαιρικής ρύπανσης με συστήματα laser και ηλιακά φωτόμετρα στην περιοχή της Λεμεσού. Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου. Σχολή Μηχανικής και Τεχνολογίας

Μαλλίνης Γ. 2006. Αξιολόγηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης δορυφορικών δεδομένων πολύ υψηλής ευκρινείας και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών στα πλαίσια σύνταξης του δασολογίου. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Σχολή Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος Τομέας Σχεδιασμού & Ανάπτυξης Φυσικών Πόρων Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής & Τηλεπισκόπησης

Χάρου Ε. Μάιος 2001. Ανάπτυξη και εφαρμογή προηγμένων μεθόδων Πληροφορικής για την ταξινόμηση τύπων δασοκάλυψης και την αναγνώριση γραμμικών σχηματισμών από δορυφορικές εικόνες, Σχολή Θετικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ζαρωτιάδου Α. 2011 Εφαρμογή των SVM και kNN τεχνικών σε προβλήματα Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών & Φυσικών Επιστημών. Τομέας Μαθηματικών

Αμοργιανιώτης, (Γ). (1997). Σχέδιο Διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας. Δασική Υπηρεσία Πάρνηθα, Αθήνα.

Φωτή Ε., Οκτώβριος 2011, Αντικειμενοστραφής ανάλυση δορυφορικών εικόνων με σκοπό την αυτόματη ταξινόμηση χρήσεων / καλύψεων γης σε αγροτικές περιοχές για τον έλεγχο των αγροτικών επιδοτήσεων

Rouse J.W., Haas K.H., Schell ü.A. & Deering D.W. 1974. Συστήματα παρακολούθησης βλάστησης σε πεδιάδες με ERTS

<http://en.wikipedia.org/wiki/Envisat#Specifications>

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

http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_elevation_model

<http://www.brockmann-consult.de/cms/web/beam/>

<http://www.gisfun.50megs.com/Tilepiskopisi.html>, 2011

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

The ORFEO Tool Box Software Guide Updated for OTB-3.10, June 30, 2011

QGIS-1.8-UserGuide