



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

Διπλωματική Εργασία

Ανάλυση χρονοσειρών από δεδομένα Landsat 8 για την αξιολόγηση του αλγορίθμου Fmask

Time series analysis of Landsat 8 data for the assessment of the Fmask algorithm

Γαλανάκης Δημήτριος

Αθήνα, 2016



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

Διπλωματική Εργασία

Ανάλυση χρονοσειρών από δεδομένα Landsat 8 για την αξιολόγηση του αλγορίθμου Fmask

Εγκρίθηκε από την τριμελή
εξεταστική επιτροπή την
..... 2016

.....
.....
Κ. Καραντζαλος
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
.....
Δ. Αργιαλάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
.....
Β. Καραθανάση
Αν. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

.....
.....
Δημήτριος Γαλανάκης
Διπλωματούχος Αγρονόμος και
Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π

Copyright © Δημήτριος Ι. Γαλανάκης, 2016
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας ολοκληρώνεται και ο κύκλος των προπτυχιακών μου σπουδών στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π και σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους συντελεστές που συνέβαλαν σε αυτό τον σκοπό.

Αρχικά, θέλω να ευχαριστήσω εκ βαθέων τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Καράντζαλο τόσο για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας αλλά και για τη συνεχή καθοδήγηση, την υποστήριξη και τις πολύτιμες και καθοριστικής σημασίας συμβουλές του καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησής της.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω βαθύτατα τον κ. Χρήστο Ιωσηφίδη, Αγρονόμο και Τοπογράφο Μηχανικό και επιστημονικό συνεργάτη στο εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε συνεχώς και ανιδιοτελώς, για την υπομονή και επιμονή του. Η καθοδήγησή που μου παρείχε πάνω στην εκμάθηση των προγραμματιστικών γλωσσών C και Bash αλλά και η μύηση στον κόσμο του ελεύθερου λογισμικού ήταν ανεκτίμητη όσον αφορά την παρούσα διπλωματική εργασία αλλά και την σταδιοδρομία μου από εδώ και στο εξής.

Για όλες τις γνώσεις και τις εμπειρίες – ακαδημαϊκές και μη - που αποκόμησα σε όλη την περίοδο των προπτυχιακών μου σπουδών θέλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές αλλά και τους φίλους μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υλική και πνευματική υποστήριξη που μου προσφέρουν ολά αυτά τα χρόνια δίνοντάς μου την δυνατότητα να επιδιώξω τους στόχους μου.

Αθήνα, Απρίλιος 2016
Γαλανάκης Δημήτριος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάγκη για παρακολούθηση και κατανόηση των τάσεων και της δυναμικής των διάφορων οικοσυστημάτων όσον αφορά την κάλυψη/χρήση Γης, γίνεται μέρα με τη μέρα πιο επιτακτική λόγω των συνεχώς αυξανόμενων κοινωνικών και οικονομικών αναγκών σε παγκόσμια κλίμακα. Η μοντελοποίηση αυτών των τάσεων και η εξόρυξη χρήσιμων δεδομένων από αυτές είναι πλέον εφικτή χάρη στα μεγάλου όγκου διαθέσιμα τηλεπισκοπικά δεδομένα (Open Data), τα οποία παρέχουν μακροχρόνιες, συνεχόμενες παρατηρήσεις της επιφάνειας της Γης σε διάφορες περιοχές του φάσματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων δεδομένων αποτελεί το ανοιχτό πλέον αρχείο του προγράμματος Landsat, το οποίο παρέχει δεδομένα υψηλής χωρικής ανάλυσης για χρονικό βάθος μεγαλύτερο των 43 ετών. Παρ' όλα αυτά η ανάπτυξη μεθόδων οι οποίες εκμεταλεύονται αποτελεσματικά αυτές τις χρονοσειρές τηλεπισκοπικών δεδομένων είναι ένα ανοιχτό πρόβλημα.

Προς την κατεύθυνση αυτή, βασική επιδίωξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η διερεύνηση τεχνικών εξόρυξης χρονοσειρών, προεπεξεργασιών για την εξάλειψη θορύβου και η αξιολόγηση του αλγορίθμου Fmask της USGS. Χρησιμοποιήθηκαν εικόνες από όλο το αρχείο του Landsat 8 σε περιοχή μελέτης στο επικαλυπτόμενο τμήμα δύο δορυφορικών διαδρόμων (paths) με συνεχείς παρατηρήσεις δύο ετών, ανά οκτώ ημέρες. Αναπτύχθηκε αλγόριθμος για την αυτόματη εξόρυξη των χρονοσειρών. Εξήχθησαν χρονοσειρές ανακλαστικότητας για πλήθος εικονοστοιχείων (περίπου 1500), τα οποία είχαν συνδεθεί με συγκεκριμένες κατηγορίες κάλυψης/χρήσης γης. Αναπτύχθηκε μία σειρά από προ-επεξεργασίες με βάση την στατιστική και φασματική ανάλυσή τους, τόσο στο σύνολο των δεδομένων όσο και σε επίπεδο κατηγορίας LULC και ανά σημείο.

Μέσω αυτών των αναλύσεων πέρα από την δημιουργία πιο ομοιογενών φασματικά κατηγοριών LULC πραγματοποιήθηκε και η ποιοτική αξιολόγηση του αλγορίθμου Fmask. Από τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν σε όλα τα δεδομένα διαπιστώθηκε ότι αρκετές παρατηρήσεις εικονοστοιχείων ενώ ήταν στην πραγματικότητα επηρεασμένες από νέφη ή σκιές ο αλγόριθμος Fmask είχε αποτύχει να τις εντοπίσει και να τις κατηγοριοποιήσει σωστά. Βασικό συμπέρασμα της εργασίας είναι ότι η σημερινή έκδοση του αλγορίθμου αποτυγχάνει σε ένα ποσοστό τουλάχιστον 5% και είναι απαραίτητες περαιτέρω επεξεργασίες για την απαλοιφή του θορύβου. Το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω έρευνα πάνω στην αποτελεσματική εξόρυξη και αξιοποίηση χρονοσειρών τηλεπισκοπικών δεδομένων προς την ανίχνευση μεταβολών σε κάλυψη/χρήση γης.

ABSTRACT

The necessity for monitoring and understanding of the trends and dynamics of various ecosystems, concerning the Land Use/ Land Cover, becomes more urgent day by day due to the constantly increasing worldwide social and economical needs. The modeling of these trends and the extraction of usefull data from them is now attainable thanks to the large volume of remote sensing Open Data that are now available and provide long, continuous observations of the Earths surface in various regions of the spectrum. Typical example of such data is the recently opened archive of the Landsat Programm, which provides high spatial resolution data for more than 43 years. However, the development of methods that effectively exploit these remote sensing data time series is an open problem.

To this end, the main objective of this thesis was to examine techniques of time series mining, preprocessing for noise elimination and evaluation of the USGS Fmask algorithm. Used images are from the whole Landsat 8 archive referred to the study area, which is located in the overlapping part of two satellite paths, and they provide continuous observations of two years with an interval of eight days. An algorithm for automatic extraction of time series was developed. Time series were extracted for a number of pixels (about 1500), which have been related with specific Land Use Land Cover classes. In addition, a procedure of preprocessing was developed based on statistical and spectral analysis, both to all the data and in LULC class level per point.

Through these analyses, in addition to creating more spectrally homogeneous LULC categories, it was held a qualitative assessment of Fmask algorithm. Inspections that were carried on the whole dataset found that several pixel observations although they were affected by clouds or shadows the Fmask algorithm had failed to identify them and categorize them correctly. The main conclusion of the study is that the current version of the algorithm fails to at least 5% and further processing is necessary in order to eliminate the noise. The methodological framework that was developed can be used for further research on effective extraction and utilization of remote sensing data time series on the detection of changes in land cover / land use.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Χρονοσειρές Τηλεπισκοπικών Δεδομένων.....	2
1.2 Αντικείμενο και Στόχοι.....	3
1.3 Κίνητρο και Συνεισφορά.....	3
1.4 Δομή Εργασίας.....	3
.....	5
2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	5
2.1 Γενική Βιβλιογραφία.....	6
2.2 Ειδική Βιβλιογραφία.....	13
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	24
3.1 Περιοχή Μελέτης και Τηλεπισκοπικά Δεδομένα.....	25
3.2 Επιλογή των σημείων και των κατηγοριών κάλυψης γης.....	28
3.3 Ανάπτυξη Αλγόριθμου Εξόρυξης Χρονοσειρών από Γεωχωρικές Βάσεις Δεδομένων.....	36
3.4 Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων.....	46
4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	53
4.1 Γενικά Στατιστικά Στοιχεία.....	54
4.2 Στατιστικά Στοιχεία Για Κύριες Κατηγορίες Κάλυψης Γης.....	58
4.3 Ανάλυση Αποτελεσμάτων ανά Υποκατηγορία.....	61
4.3.1 Ανάλυση της υποκατηγορίας Δάσος Πλατύφυλλον.....	61
4.3.2 Ανάλυση της υποκατηγορίας Δάσος Κωνοφόρων.....	67
4.3.3 Ανάλυση της υποκατηγορίας Εσωτερικοί Υγρότοποι.....	74
4.3.4 Ανάλυση της υποκατηγορίας Υδάτινοι Όγκοι.....	79
4.3.5 Ανάλυση και σύγκριση των υποκατηγοριών Σκληροφυλλική Βλάστηση και Φυσικοί Βοσκότοποι.....	84
4.3.6 Ανάλυση και σύγκριση των υποκατηγοριών Συνεχής Αστικός Ιστός και Μη Συνεχής Αστικός Ιστός.....	91
4.3.7 Ανάλυση της υποκατηγορίας Ελαιώνες.....	98
4.3.8 Ανάλυση της υποκατηγορίας Μόνιμα Αρδευόμενη Γη.....	106
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	115
5.1 Γενικά Συμπεράσματα.....	116
5.2 Ειδικά Συμπεράσματα.....	117
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	119
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	123
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	123
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	124
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	128
Κώδικας σε γλώσσα Bash ο οποίος αποτελεί το κυρίως πρόγραμμα μέσω του οποίου καλούνται τα εκτελέσιμα προγράμματα σε γλώσσα C.....	128
Κώδικας σε γλώσσα C μέσω του οποίου υπολογίζεται το ποσοστό των “καθαρών” εικονοστοιχείων από σύννεφα, σκιές και χιόνι, σύμφωνα με τον αλγόριθμο Fmask.....	0
Κώδικας σε γλώσσα C μέσω του οποίου διαβάζεται η τιμή του εικονοστοιχείου σε εικόνα τύπου .ers για τα σημεία που έχουν επιλεγεί.....	0

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κεφάλαιο αυτό ξεκινάει με μία γενική αναφορά στις χρονοσειρές τηλεπισκοπικών δεδομένων, στην χρησιμότητα τους σε εφαρμογές τηλεπισκόπησης και στην κατεύθυνση της έρευνας πάνω στην αξιοποίησή τους. Στη συνέχεια αναλύονται τόσο το αντικείμενο και οι στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας αλλά και το κίνητρο το οποίο οδήγησε στην ενασχόληση με το συγκεκριμένο αντικείμενο.

1.1 Χρονοσειρές Τηλεπισκοπικών Δεδομένων

Οι δορυφορικές εικόνες αποτελούν μέσο για την παρατήρηση της επιφάνειας της γης λόγω της επαναλαμβανόμενης συλλογής μετρήσεων σε διάφορες περιοχές του φάσματος (Lambin & Strahler, 1994). Συγκεκριμένα οι εικόνες της σειράς δορυφόρων Landsat είναι κάποιες από τις πιο σημαντικές πηγές δεδομένων για την μελέτη διαφόρων ειδών αλλαγής Χρήσεων Γης όπως η αποψίλωση δασών, η επέκταση και εντατικοποίηση της γεωργίας, η ανάπτυξη του αστικού ιστού και η μείωση των υγρότοπων. Αυτό αφεύεται στο χρονικά μεγάλο αρχείο συνεχών μετρήσεων, την χωρική ανάλυση και τις κοντά στο ναδίρ παρατηρήσεις τους (Pflugmacher, Cohen, & Kennedy, 2012; Woodcock & Strahler, 1987; Wulder et al., 2008).

Τα είδη Κάλυψης Χρήσεων Γης επηρεάζουν το ενεργειακό ισοζύγιο, τον προϋπολογισμό του άνθρακα και τον υδρολογικό κύκλο καθώς πολλά διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά τα οποία συνδέονται με την Κλιματική Αλλαγή. Η αλλαγή της κάλυψης γης μπορεί να είναι είτε φυσική είτε ανθρωπογενής, αλλά με την ανθρώπινη δραστηριότητα να αυξάνεται, η επιφάνεια της γης έχει τροποποιηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια από τις διαφόρων ειδών αλλαγές (Zhu & Woodcock, 2014). Η παρακολούθηση αυτών των αλλαγών συνίσταται ουσιαστικά στην αποτελεσματική παρατήρηση των αλλαγών μεταξύ διαφορετικών, διαδοχικών ή μη χαρτών κάλυψης γης. Πλέον με το άνοιγμα του αρχείου των δεδομένων Landsat διατίθεται όλη η απαραίτητη πληροφορία για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος προκειμένου να μελετηθεί τόσο η ιστορική αλλαγή κάλυψης αλλά και να παρακολουθούνται συνεχώς (με κάθε νέα εικόνα) οι μεταβολές σε σύγκριση με το ήδη υπάρχον μοντέλο χρονοσειρών.

Για τους παραπάνω λόγους έχει αποτελέσει σημαντική επιδίωξη στον κλάδο της Τηλεπισκόπησης η ανάπτυξη ενός αποδοτικού αλγόριθμου για τον εντοπισμό μεταβολών (change detection) στην επιφάνεια της Γης. Οι μεταβολές μπορεί να αναφέρονται σε διαχρονικά δεδομένα μεγάλων χρονικών διαστημάτων αλλά και στη σύγκριση χαρτών κάλυψης γης οι οποίοι διαφέρουν κατά μικρότερα χρονικά διαστήματα όπως από δύο διαδοχικές χρονικά δορυφορικές σκηνές για κάποια περιοχή. Για τον εντοπισμό μεταβολών σε μικρότερα χρονικά διαστήματα, έχουν αναπτυχθεί αρκετοί αλγόριθμοι από διάφορους ερευνητές οι οποίοι χρησιμοποιούν εικόνες Landsat από πολλές ημερομηνίες, συνήθως μία για κάθε χρόνο. Όμως, αυτοί οι πρόσφατα ανεπτυγμένοι αλγόριθμοι παρουσιάζουν ακόμη περιορισμούς οι οποίοι συνδέονται με την επιλογή των ιδανικών εικόνων. Για παράδειγμα, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι επιδράσεις της φαινολογίας και της σχετικής γωνίας του ήλιου, οι ιδανικές εικόνες θα πρέπει να είναι από την ίδια εποχή. Επίσης, παρ' όλο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εικόνες με μερική νεφοκάλυψη, οι περισσότερες εικόνες θα πρέπει να είναι χωρίς σύννεφα. Προκειμένου να ικανοποιηθούν αυτές οι απαιτήσεις αυτοί οι αλγόριθμοι μπορούν τυπικά να παράγουν αποτελέσματα για ετήσια ή διετή αλλαγή (Huang et al., 2010; Kennedy et al., 2007). Όσον αφορά το πλήθος των εικόνων φαινόμενη λύση θα μπορούσε να είναι ο MODIS καθώς παρουσιάζει υψηλότερη χρονική συχνότητα, όμως λόγω της χαμηλής χωρικής ανάλυσης των δεδομένων του περιορίζεται σημαντικά ο εντοπισμός μικρότερης κλίμακας αλλαγών (Jin & Sader, 2005) όπως είναι οι περισσότερες ανθρωπογενείς αλλαγές.

Όσον αφορά την χαρτογράφηση της Κάλυψης/Χρήσης Γης σε παγκόσμια κλίμακα και υψηλή χωρική ανάλυση (<50m), έχουν γίνει ολιγάριθμες προσπάθειες. Κάποιες από τις σημαντικότερες είναι αυτή των Κινέζων ερευνητών οι οποίοι ανέπτυξαν μία POK – based προσέγγιση για παγκόσμιας κλίμακας χαρτογράφηση χρησιμοποιώντας εικόνες Landsat (30m) και αυτή της National Land Cover Dataset (NLCD) η οποία παράχθηκε για τις δασικές εκτάσεις των Ηνωμένων Πολιτειών (Vogelmann et al., 2001). Ιστορικά, αυτού του είδους η χαρτογραφική δραστηριότητα ήταν ανέφικτη λόγω των πρακτικών, οικονομικών και υπολογιστικών προκλήσεων οι οποίες ενυπήρχαν και συνδέονταν κυρίως με την συναρμογή και επεξεργασία μεγάλων αρχείων από εικόνες. Οι πρόσφατες εξελίξεις όπως το άνοιγμα του αρχείου της σειράς δορυφόρων Landsat και οι πρόοδοι στην μεγάλη κλίμακας καταναμημένη διαχείριση τεράστιου όγκου δεδομένων έχουν αμβλύνει αυτούς τους περιορισμούς. Επομένως, παρατηρείται αυξανόμενο ενδιαφέρον στην ανάπτυξη μεθόδων για την αποτελεσματική αξιοποίηση αυτών των αρχείων προκειμένου να μπορούν να γίνουν κατανοητές οι δυναμικές των καλύψεων γης σε πρωτοφανείς χωρικές και χρονικές κλίμακες (Zhu &

Woodcock, 2014).

Συμπερασματικά, οι χρονοσειρές τηλεπισκοπικών δεδομένων παρέχουν πολύτιμη και χρήσιμη πληροφορία για την ιστορική εξέλιξη της επιφάνειας της γης. Η κατάλληλη αξιοποίησή της συμβάλει στην μελέτη και κατανόηση των δυναμικών των διάφορων γήινων συστημάτων πράγμα το οποίο αποτελεί στόχο αλλά και προϋπόθεση για πάρα πολλές και ποικίλες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές δραστηριότητες.

1.2 Αντικείμενο και Στόχοι

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η αξιοποίηση με αποδοτικό τρόπο μεγάλου όγκου τηλεπισκοπικών δεδομένων υψηλής χωρικής ανάλυσης και χρονικής συχνότητας. Επιπρόσθετα, στο αντικείμενο της εργασίας εντάσσεται η παρακολούθηση και κατανόηση των ετήσιων δυναμικών αλλά και των πιθανών αλλαγών στην κάλυψη/χρήση γης μέσω χρονοσειρών δεδομένων ανά εικονοστοιχείο.

Στόχος της εργασίας αποτέλεσε η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του αλγόριθμου Fmask για την δημιουργία χρονοσειρών με δεδομένα ανακλαστικότητας της επιφάνειας από εικόνες Landsat 8 οι οποίες καλύπτουν χρονικό διάστημα δύο ετών. Παράλληλα βασική επιδίωξη αποτέλεσε η διαμόρφωση αποτελεσματικής μεθοδολογίας ως προς την στατιστική και φασματική επεξεργασία των χρονοσειρών τόσο στο σύνολό τους αλλά και σε επίπεδα κατηγοριών κάλυψης/χρήσης γης και σημείου.

1.3 Κίνητρο και Συνεισφορά

Βασικό κίνητρο αποτέλεσε η ανάγκη για αξιοποίηση τόσο των ανοιχτών πλέον δεδομένων Landsat 8 αλλά και των πληροφοριών που μπορεί να δώσει η ανάλυση των χρονοσειρών. Η συνεισφορές της εργασίας συνοψίζονται στην:

- Αξιολόγηση του Αλγόριθμου Fmask, ο οποίος χρησιμοποιείται στις εικόνες Landsat 8, ως προς την αποτελεσματικότητά του στον εντοπισμό καθαρών εικονοστοιχείων
- Ανάπτυξη αυτοματοποιημένου αλγόριθμου εξόρυξης χρονοσειρών από Βάση Δεδομένων
- Ανάπτυξη βασικών προεπεξεργασιών για την ανάλυση χρονοσειρών ανά κατηγορία χρήσης/κάλυψης γης

1.4 Δομή Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε πέντε κεφάλαια.

Στο **Κεφάλαιο 2** παρουσιάζεται η ανασκόπηση που έγινε στην σημαντικότερη διεθνή βιβλιογραφία πάνω στις χρονοσειρές τηλεπισκοπικών δεδομένων. Αρχικά παρουσιάζονται οι τελευταίες εξελίξεις πάνω στην αξιοποίηση χρονοσειρών τηλεπισκοπικών δεδομένων με τρόπο παρόμοιο με την μεθοδολογία η οποία αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται συγκεκριμένες εφαρμογές αντίστοιχων ερευνών.

Στο **Κεφάλαιο 3** αναλύεται η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα περιγράφονται τα τηλεπισκοπικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, αναλύεται ο κώδικας που αναπτύχθηκε και τέλος περιγράφεται ο τρόπος επεξεργασίας και ανάλυσης των παραγόμενων δεδομένων.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τα οποία εξήχθησαν από την επεξεργασία των χρονοσειρών τηλεπισκοπικών δεδομένων με την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε. Αρχικά παρουσιάζονται γενικά αποτελέσματα και στατιστικά στοιχεία ως προς τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και στη συνέχεια τα αντίστοιχα ανά κύρια κατηγορία κάλυψης/χρήσης γης. Τέλος, παρουσιάζονται ανά υποκατηγορία κάλυψης/χρήσης γης αποτελέσματα ως προς την δυνατότητα παρακολούθησης των φασματικών τάσεων και αλλαγών τις οποίες παρουσιάζουν τα σημεία τα οποία αντιπροσωπεύουν κάθε υποκατηγορία καθώς και άλλες παρατηρήσεις σχετικά με την ποιότητα των δεδομένων.

Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν και χωρίζονται σε ειδικά και γενικά, τα οποία εξάγονται από την συνολική διαδικασία εκπόνησης της εργασίας αυτής. Επίσης, παρουσιάζονται κάποιες προτάσεις οι οποίες αναφέρονται στην συνέχιση της συγκεκριμένης έρευνας αλλά και σε διαφορετικές προσεγγίσεις της.

2 **ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ**

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται το θεωρητικό υπόβαθρο που σχετίζεται με το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας όπως αυτό αντλείται από τη διεθνή βιβλιογραφία. Αρχικά γίνεται μία γενική ανασκόπηση της έρευνας και των εξελίξεων στο πεδίο των χρονοσειρών τηλεπισκοπικών δεδομένων και στη συνέχεια περιγράφονται ειδικότερες εφαρμογές και μελέτες οι οποίες αναφέρονται στο συγκεκριμένο πεδίο έρευνας.

2.1 Γενική Βιβλιογραφία

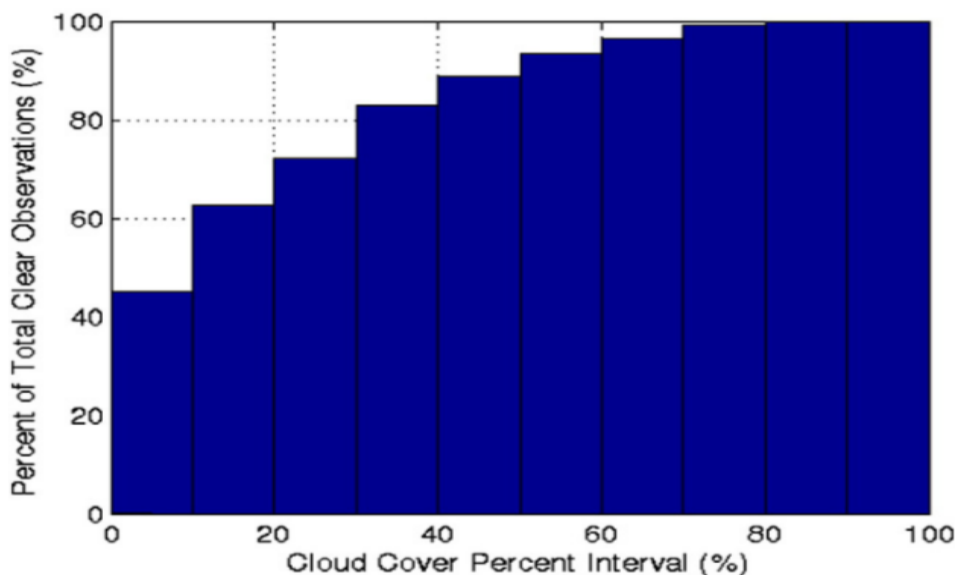
Όσο εντείνονται σε παγκόσμιο επίπεδο οι περιβαλλοντικές κρίσεις σε συνδυασμό με την πληθυσμιακή αύξηση τόσο περισσότερο κρίνεται απαραίτητη η παρακολούθηση και η ερμηνεία των τάσεων και της δυναμικής του κάθε οικοσυστήματος προκειμένου να αξιολογούνται οι δυνατότητες αλλά και οι κίνδυνοι που παρουσιάζονται. Ο χαρακτηρισμός των ιστορικών μοτίβων κάλυψης γης και η παρακολούθηση της παρούσας κατάστασης είναι κρίσιμης σημασίας στις προσπάθειες μοντελοποίησης των διαδικασιών των γήινων συστημάτων και έχουν κινητοποιήσει πολλές προσπάθειες στην χαρτογράφηση αυτών των μοτίβων μέσω τηλεπισκοπικών δεδομένων (Franklin & Wulder, 2002). Η ιστορική εξέλιξη, η παρακολούθηση αλλά και η προβολή στο μέλλον αυτών των τάσεων είναι πλέον εφικτή με την αποτελεσματική και αποδοτική αξιοποίηση χρονοσειρών τηλεπισκοπικών δεδομένων. Για αυτό τον λόγο οι εξελίξεις στην έρευνα πάνω στην αξιοποίηση αυτών των δεδομένων είναι συνεχής και τα αποτελέσματά της είναι διαρκώς πιο εντυπωσιακά και αξιόλογα. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα της διεθνούς βιβλιογραφίας πάνω στην αξιοποίηση των χρονοσειρών τηλεπισκοπικών δεδομένων.

Στην έρευνα των Zhu και Woodcock (2014) πάνω στον συνεχή εντοπισμό αλλαγής και ταξινόμησης κάλυψης γης χρησιμοποιώντας όλα τα διαθέσιμα δεδομένα Landsat αναφέρεται η ανάγκη εντοπισμού της αλλαγής χρήσης γης όταν αυτή συμβαίνει αλλά και η ανάγκη για εντοπισμό μικρών σε έκταση αλλαγών. Για τον σκοπό αυτό χρειάζεται ένας αλγόριθμος ο οποίος θα μπορεί να διαχειριστεί ικανοποιητικής χωρικής ανάλυσης δεδομένα όπως αυτά της σειράς Landsat (30m) και να χρησιμοποιεί όσες παρατηρήσεις είναι απαραίτητες έτσι ώστε να μπορεί να εντοπίζει την αλλαγή με ακρίβεια και ταχύτητα. Παρ' όλο που είναι σχετικά εύκολη η δημιουργία χαρτών κάλυψης γης από τηλεπισκοπικά δεδομένα, είναι δύσκολο αυτοί να είναι ακριβείς. Χρησιμοποιώντας διαχρονικά δεδομένα η ακρίβεια αυτών βελτιώνεται (Carrao, Goncalves, & Caetano, 2008; Guerschman, Paruelo, Bella, Giallorenzi, & Pacin, 2003; Wolter et al., 1995; Zhu, Woodcock, Rogan, & Kellndorfer, 2012), ιδιαίτερα όσον αφορά την βλάστηση, λόγω των μοναδικών φαινολογικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν τα διαφορετικά είδη βλάστησης.

Στην ίδια μελέτη οι Zhu και Woodcock (2014) αναφέρουν τις **δυσκολίες και τα προβλήματα που παρουσιάζονται στους συμβατικούς αυτοματοποιημένους αλγόριθμους ταξινόμησης όσον αφορά την επεξεργασία χρονοσειρών εικόνων**. Πρώτον, χρειάζονται όλες οι εικόνες να είναι καθαρές από σύννεφα προκειμένου να ταξινομήσουν όλα τα εικονοστοιχεία της εικόνας, πράγμα που συχνά είναι αδύνατον, ιδιαίτερα όσον αφορά δορυφόρους με σχετικά χαμηλή χρονική συχνότητα όπως οι Landsat. Συγκεκριμένα για κάποιες νεφώδεις περιοχές μπορεί να χρειαστούν μερικά χρόνια προκειμένου να ληφθούν αρκετές εικόνες μέσα στο ίδιο έτος χωρίς σύννεφα και χιόνι. Επομένως οι περισσότεροι χάρτες κάλυψης γης βασισμένοι σε εικόνες Landsat παράγονται για διαστήματα πέντε ή δέκα ετών, πράγμα που μειώνει αρκετά την εγκυρότητά τους. Δεύτερον, κατά την δημιουργία χαρτών κάλυψης γης με χρονοσειρές δεδομένων, τυπικά υποτίθεται ότι δεν υπάρχει αλλαγή στην κάλυψη γης κατά το χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο εικόνων. Αυτή η υπόθεση δεν είναι πάντα αληθής, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται εικόνες οι οποίες απέχουν μεγάλα χρονικά διαστήματα μεταξύ τους είτε όταν περιέχονται περιοχές στις οποίες συμβαίνουν συχνές αλλαγές (Rogan, Franklin, & Roberts, 2002). Επίσης οι χάρτες κάλυψης γης παραγόμενοι με συμβατικές μεθόδους δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για τον εντοπισμό αλλαγής γιατί συνήθως το σφάλμα ταξινόμησης είναι αρκετά μεγαλύτερο από το μέγεθος της αλλαγής κάλυψης γης (Friedl et al., 2010; Fuller, Smith, & Devereux, 2003).

Η λύση που προτείνεται από τους Zhu και Woodcock (2014) με βάση τους παραπάνω προβληματισμούς ως προς τους συμβατικούς αυτοματοποιημένους αλγόριθμους ταξινόμησης αφορά έναν αλγόριθμο ο οποίος θα έχει τα εξής χαρακτηριστικά: (1) θα αυξάνει τη χρονική περίοδο για την οποία ο χάρτης κάλυψης γης παραμένει έγκυρος, (2) θα λειτουργεί για περιοχές στις οποίες λαμβάνουν χώρα πολλαπλές και συχνές αλλαγές κάλυψης γης και (3) θα καθιστά τους χάρτες συγκρίσιμους μεταξύ διαφορετικών χρονικών στιγμών με σκοπό την αναγνώριση αλλαγής σε αυτούς.

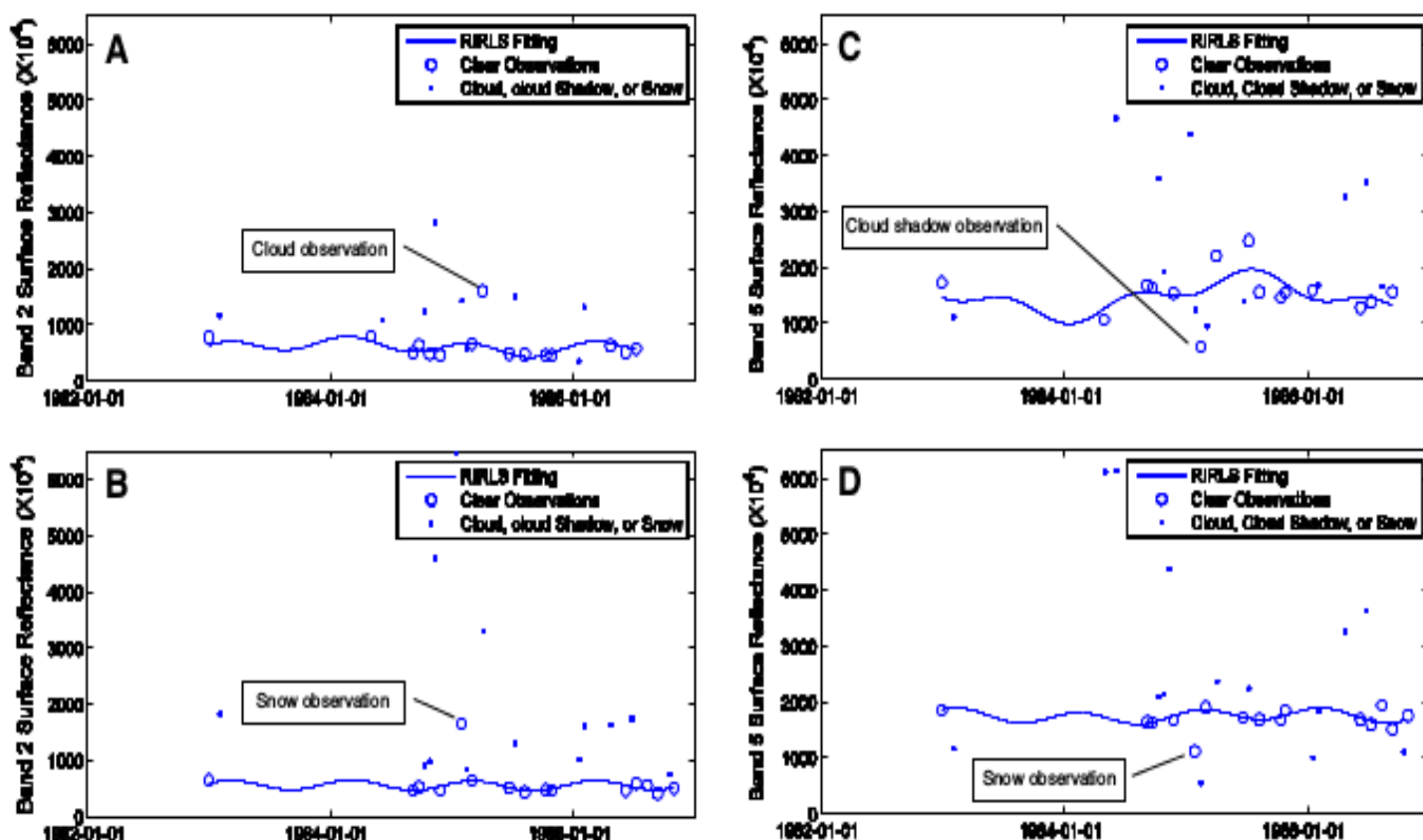
Στην μελέτη για την ανάπτυξη ενός αλγορίθμου με τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν παραπάνω **χρησιμοποιούνται όλα τα διαθέσιμα δεδομένα Landsat** καθώς όπως επισημαίνουν οι Zhu και Woodcock (2014) υπάρχουν πολλές καθαρές παρατηρήσεις σε εικόνες Landsat οι οποίες περιέχουν ένα υψηλό ποσοστό σύννεφων. Στο σχήμα 2.1.1 παρουσιάζεται ένα συσσωρευτικό ιστόγραμμα των ποσοστών των καθαρών παρατηρήσεων σε εικόνες Landsat σε σχέση με το ποσοστό νεφοκάλυψης σε αυτές. Οι εκτιμήσεις της νεφοκάλυψης έχουν γίνει με βάση ένα προσφάτως βελτιωμένο Fmask αλγόριθμο (Zhu & Woodcock, 2012).



Σχήμα 2.1.1 Ποσοστά των συνολικών καθαρών παρατηρήσεων σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσοστά της νεφοκάλυψης για όλα τα διαθέσιμα δεδομένα Landsat TM/ETM+ από το 1982 έως το 2011 για το Path 12 και Row 31

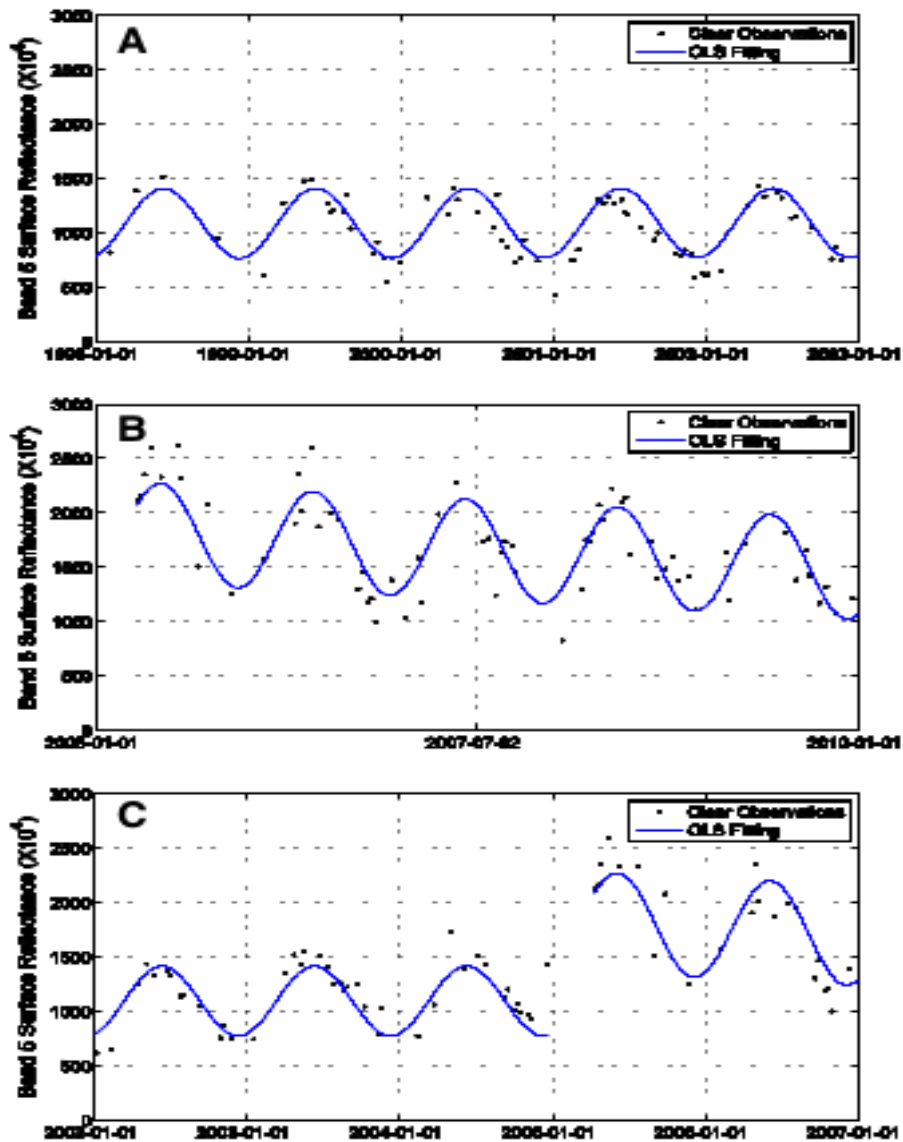
Χρησιμοποιώντας όλα τα διαθέσιμα TM/ETM+ δεδομένα από τους Landsat 4, 5 και 7 οι Zhu και Woodcock (2014) ανέπτυξαν έναν νέο αλγόριθμο Συνεχούς Εντοπισμού Αλλαγής και Ταξινόμησης (Continuous Change Detection and Classification) ο οποίος βοηθάει στην ελαχιστοποίηση των προβλημάτων τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω που αντιμετωπίζουν οι πιο συμβατικοί αλγόριθμοι. Στα πλαίσια της μελέτης τους τα σύννεφα, οι σκιές τους και το χιόνι στις εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά φιλτραρίστηκαν με χρήση του βελτιωμένου **αντικειμενοστραφούς αλγόριθμου Fmask** (Zhu & Woodcock, 2012). Όπως αναφέρουν όμως, παρά την σχετική ακρίβεια που παρουσιάζει ο συγκεκριμένος αλγόριθμος δεν είναι τέλειος. Το συμπέρασμα αυτό εξήχθη και στην παρούσα διπλωματική εργασία καθώς πολλά σφάλματα εντοπίστηκαν ως προς τις εκτιμήσεις του αλγόριθμου Fmask. Επομένως για την απομάκρυνση των εναπομεινάντων σφαλμάτων του αλγόριθμου Fmask, κατά τον CCDC αλγόριθμο χρησιμοποιείται ένα δεύτερο βήμα χρησιμοποιώντας ανάλυση χρονοσειρών δεδομένων Landsat (Zhu & Woodcock, in preparation; Zhu, Woodcock, & Olofsson, 2012). Με αυτή την προσέγγιση αρχικά εκτιμάται ένα μοντέλο χρονοσειρών βασισμένο στις “καθαρές” παρατηρήσεις, οι οποίες έχουν αναγνωριστεί προηγουμένως από τον αλγόριθμο Fmask και στη συνέχεια εντοπίζονται ακραίες τιμές συγκρίνοντας τις εκτιμήσεις του μοντέλου και τις Landsat παρατηρήσεις.

Καθώς τα σύννεφα και το χιόνι εμφανίζονται φωτεινότερα στο κανάλι 2 ενώ οι σκιές νεφών και το χιόνι εμφανίζονται πιο σκούρα στο κανάλι 5, τα μοντέλα χρονοσειρών εκτιμώνται για αυτά τα δύο κανάλια (Zhu, Woodcock 2014). Συγκρίνοντας τις πραγματικές Landsat παρατηρήσεις με τις αντίστοιχες προβλέψεις του μοντέλου είναι σχετικά εύκολο να εντοπιστούν τα εναπομεινάντα σύννεφα, οι σκιές τους, το χιόνι και άλλες εφήμερες αλλαγές (Σχήμα 2.1.2). Οι παρατηρήσεις που ξεχωρίζουν χαρακτηρίζονται ως ακραίες και αφαιρούνται από την περαιτέρω ανάλυση.



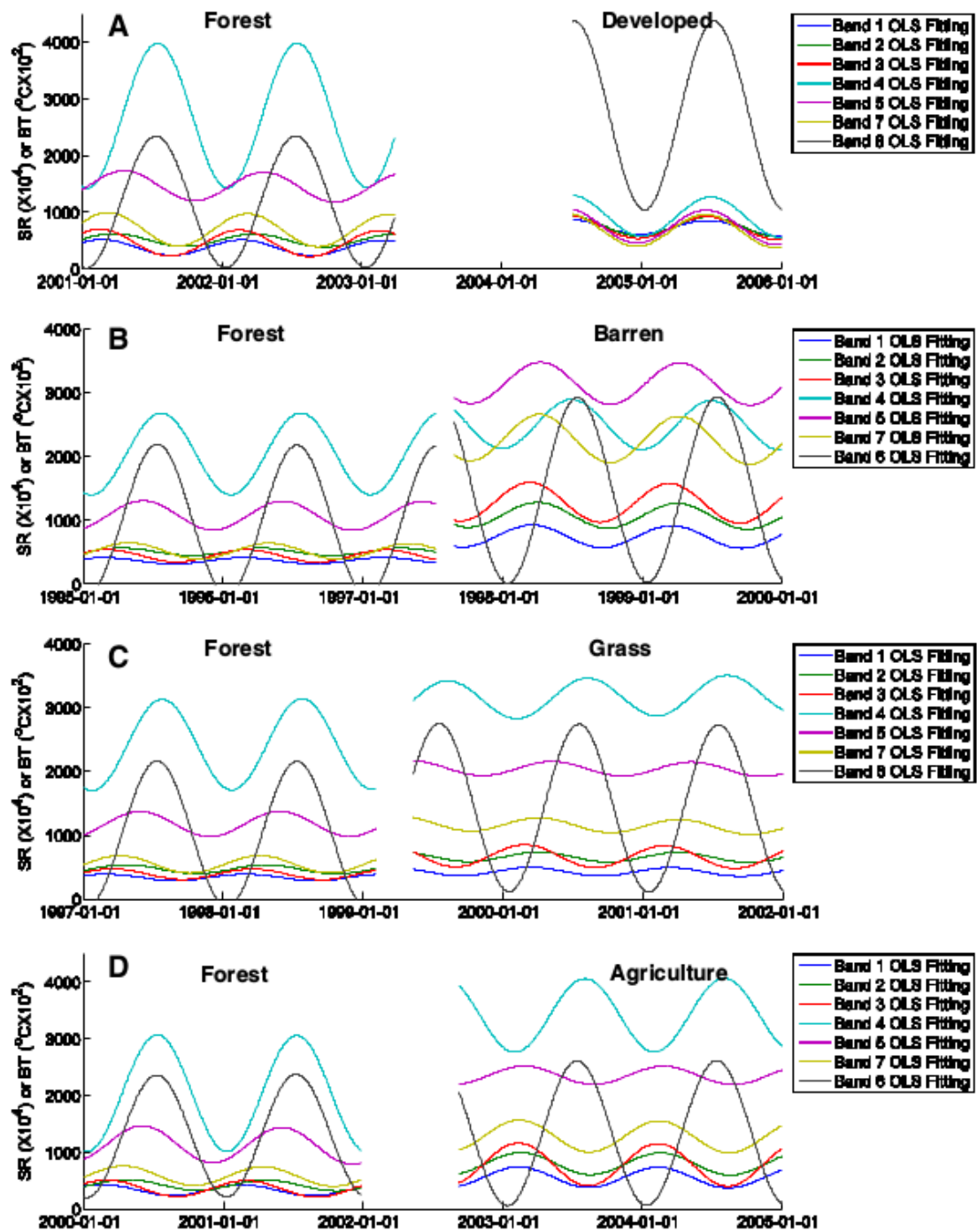
Σχήμα 2.1.2 Παρουσιάζονται παραδείγματα από παρατηρήσεις σύννεφου, νεφοσκίασης και χιονιού τα οποία ξεχωρίζουν στα διαχρονικά δεδομένα. Οι παρατηρήσεις που απεικονίζονται ως κύκλοι είναι αυτές που χαρακτηρίζονται ως “καθαρές” από τον αλγόριθμο Fmask ενώ αυτές που επισημαίνονται πρόκειται για παρατηρήσεις οι οποίες έχουν εντοπιστεί από την ανάλυση χρονοσειρών ως ακραίες τιμές

Όσον αφορά την **αλλαγή στην επιφάνεια της γης** αυτή μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες (Zhu, Woodcock 2014): (1) **ενδο – ετήσια αλλαγή** (Σχήμα 2.1.3 Α), η οποία προκαλείται από την φαινολογία της βλάστησης λόγω των εποχικών προτύπων και άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων όπως η θερμοκρασία και τα κατακρημνίσματα (2) **σταδιακή/βαθμιαία ενδο – ετήσια αλλαγή** (Σχήμα 2.1.3 Β), η οποία προκαλείται από τη μεταβλητότητα του κλίματος, την αύξηση της βλάστησης, την σταδιακή αλλαγή στην διαχείριση της γης ή τον υποβιβασμό της γης (3) **απότομη αλλαγή** (Σχήμα 2.1.3 Γ), η οποία μπορεί να προκαλείται από αποψίλωση των δασών, πλημμύρες, πυρκαγιά, επιδημίες εντόμων, αστικοποίηση και διάφορους άλλους παράγοντες.



Σχήμα 2.1.3 Τρεις κατηγορίες αλλαγής κάλυψης γης παρουσιάζονται στο κανάλι 5 σε τιμές ανακλαστικότητας της επιφάνειας. (Α) ενδο – ετήσια αλλαγή (Β) βαθμιαία ενδο – ετήσια αλλαγή (Γ) απότομη αλλαγή

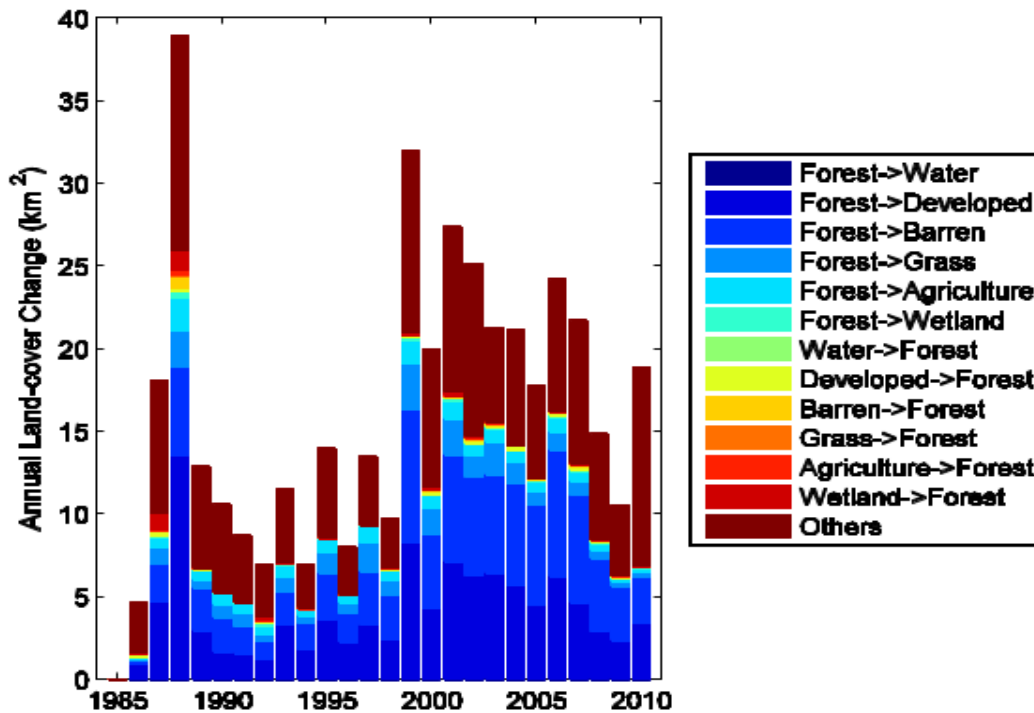
Ο αλγόριθμος των (Zhu & Woodcock 2014) αφορά τον συνεχή εντοπισμό αλλαγής. Με τον όρο συνεχής εννοείται με κάθε νέα εικόνα Landsat που λαμβάνεται σαν είσοδος στον αλγόριθμο. Τα εικονοστοιχεία τα οποία εμφανίζουν αλλαγή για μία ή δύο διαδοχικές φορές επισημαίνονται ως “πιθανή αλλαγή” και εφόσον και η τρίτη διαδοχική παρατήρηση δείξει αλλαγή το εικονοστοιχεία επισημαίνεται ως “αλλαγή”. Στο σχήμα 2.1.4 παρουσιάζονται παραδείγματα αλλαγής κάλυψης γης από εικονοστοιχεία τα οποία ανήκαν στην κατηγορία “Δάσος” και έχουν μετατραπεί σε (1) τεχνητές επιφάνειες (2) άγονες εκτάσεις (3) γρασίδι (4) καλλιέργειες. Τα μοντέλα χρονοσειρών που παρουσιάζονται αφορούν και τα επτά κανάλια Landsat με τα οποία γίνεται άμεση σύγκριση της φασματικής υπογραφής των εικονοστοιχείων πριν και μετά την αλλαγή από δάσος στις τέσσερις πιο συνήθεις κατηγορίες που εντοπίστηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης.



Σχήμα 2.1.4 Παραδείγματα από τα εκτιμώμενα μοντέλα χρονοσειρών για τα επτά κανάλια Landsat τα οποία αφορούν τις τέσσερις πιο συνήθεις αλλαγές κάλυψης γης από την κατηγορία “Δάσος” σε άλλες κατηγορίες

Ποσοτικοποιώντας τις αλλαγές κάλυψης γης όπως οι παραπάνω, ως προς την έκταση που καταλαμβάνουν (km^2) και για το σύνολο του χρονικού διαστήματος το οποίο καλύπτουν τα μοντέλα χρονοσειρών τηλεπισκοπικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται μπορούν να δημιουργηθούν διαγράμματα όπως αυτό του σχήματος 2.1.5 (Zhu, Woodcock 2014). Στο ιστόγραμμα αυτό μπορούν να παρατηρηθούν συνολικές αλλαγές

στην περιοχή μελέτης οι οποίες σχετίζονται με τις δασικές εκτάσεις για το χρονικό διάστημα 1986 έως 2010. Πρόκειται για ένα σημαντικό εργαλείο για την ιστορική επισκόπηση μίας περιοχής όσον αφορά τις αλλαγές που έχουν επέλθει σε αυτήν το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ερμηνεία τους και την κατάστρωση στρατηγικής για την αντιμετώπισή τους.



Σχήμα 2.1.5 Ιστόγραμμα των ετήσιων ποσών (km²) από διάφορα είδη αλλαγής κάλυψης γης σχετιζόμενα με το δάσος για το χρονικό διάστημα 1986 έως 2010

Συμπερασματικά χρησιμοποιώντας την προσέγγιση των Zhu και Woodcock (2014), η οποία μπορεί να λαμβάνει υπόψη όλα τα διαθέσιμα δεδομένα Landsat, είναι εφικτή η ανακατασκευή και μοντελοποίηση της ιστορικής επιφάνειας της γης για όλη την εποχή των Landsat TM και ETM+. Τα μοντέλα τα οποία εκτιμώνται από ημίτονα και συνημίτονα μπορούν να προβλέπουν παρατηρήσεις Landsat για κάθε ημερομηνία υποθέτοντας ότι δεν έχει επέλθει αλλαγή. Ο CCDC αλγόριθμος που ανέπτυξαν εντοπίζει αλλαγές από την διαφοροποίηση των αντίστοιχων προβλεπόμενων και παρατηρούμενων Landsat δεδομένων. Επίσης τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του αλγόριθμου κατάφεραν καθολική ακρίβεια 90.2%. **Πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου αλγορίθμου** είναι η πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία του και η δυνατότητα να εντοπίζει πολλών ειδών αλλαγές κάλυψης γης από εικόνες Landsat με το που γίνονται διαθέσιμες. Επίσης δεν χρησιμοποιούνται εμπειρικά ή παγκόσμια κατώφλια για τον εντοπισμό αλλαγής. Αντιθέτως τα κατώφλια που χρησιμοποιούνται παράγονται από τα αυθεντικά δεδομένα και τις αντίστοιχες προβλέψεις του μοντέλου επομένως είναι ξεχωριστά για κάθε μεμονωμένο εικονοστοιχείο. Ακόμη ένα σημαντικό προτέρημα του CCDC αλγόριθμου είναι το ότι δεν απαιτείται σχετική κανονικοποίηση για κάθε εικόνα όπως σε πολλές άλλες μεθόδους (Huang et al., 2010; Kennedy et al., 2007), καθώς το μοντέλο χρονοσειρών ήδη περιλαμβάνει τις επιδράσεις της φαινολογίας και των διαφορών λόγω θέσης του ηλίου. **Περιορισμοί του συγκεκριμένου αλγορίθμου** αποτελούν το απαιτούμενο υπολογιστικό κόστος αλλά και ο μεγάλος αποθηκευτικός χώρος των δεδομένων. Τα παραπάνω αναφέρονται στο πλήθος των εικόνων αλλά και στην επεξεργασία κάθε νέας εικόνας που διατίθεται. Σημαντικό περιορισμό αποτελεί η ανάγκη του αλγορίθμου για υψηλής χρονικής συχνότητας καθαρές παρατηρήσεις. Επίσης η υπόθεση ότι όλα τα είδη των αλλαγών κάλυψης γης μπορούν να εκφραστούν από τις ημιτονοειδείς μορφές των μοντέλων δεν είναι πάντα

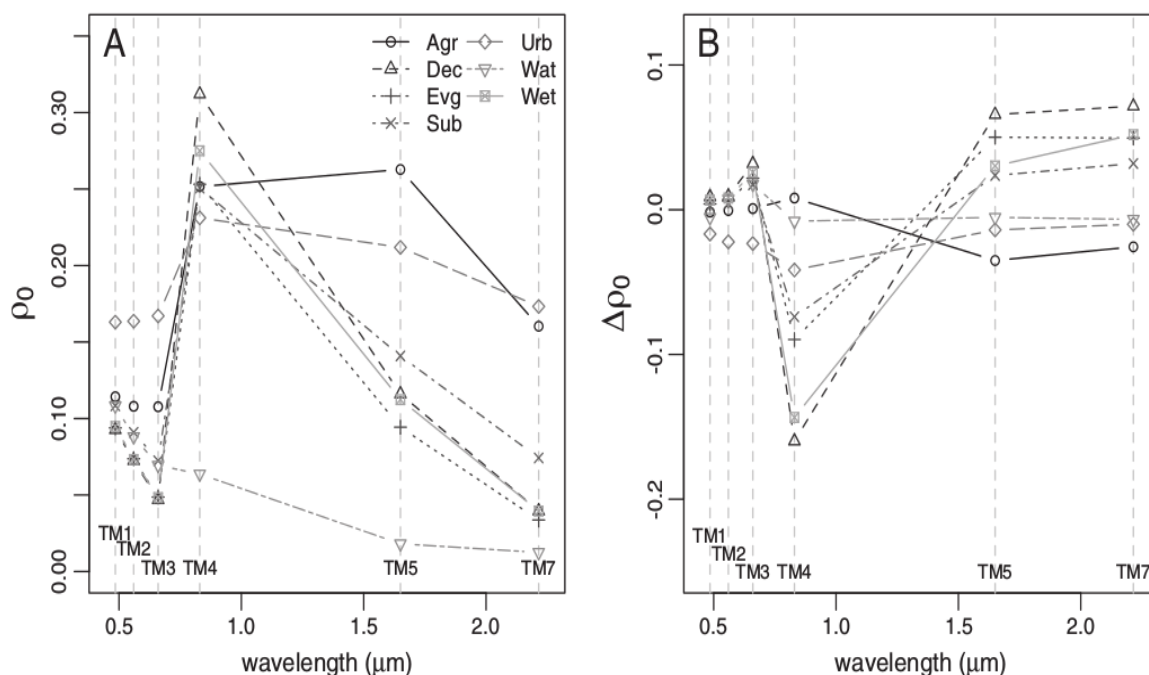
έγκυρη κυρίως για είδη κάλυψης τα οποία παρουσιάζουν πιο πολύπλοκες ενδο – ετήσιες διαφοροποιήσεις π.χ καλλιέργειες. Σύμφωνα με τους Arvidson et al (2006) τόσο ο συγκεκριμένος όπως και άλλοι αλγόριθμοι αυτής της μορφής μπορούν να βελτιωθούν όσο αυξάνεται η χρονική συχνότητα και διαθεσιμότητα εικόνων της μορφής Landsat.

Μία από τις μελέτες οι οποίες έχουν προηγηθεί εκείνης των Zhu και Woodcock (2014), η οποία περιγράφηκε παραπάνω, είναι αυτή των Gray και Song (2013) πάνω στην **συνεπής ταξινόμηση χρονοσειρών εικόνων μέσω αυτόματης, προσαρμοστικής γενίκευσης φασματικής υπογραφής**. Όπως φαίνεται πρόκειται για μία διαφορετική προσέγγιση της ταξινόμησης χρονοσειρών εικόνων. Αντικείμενο της μελέτης αυτής ήταν η ανάπτυξη μίας μεθόδου αυτόματης ταξινόμησης εικόνων από χρονικά ακανόνιστες χρονοσειρές, δηλαδή για εικόνες από μη – επετειακές ημερομηνίες διαδοχικών ετών, με την ελάχιστη δυνατή παραμετροποίηση και a – priori πληροφορία. Η διαδικασία της Αυτόματης Προσαρμοστικής Γενίκευσης της Υπογραφής (AASG) η οποία αναπτύχθηκε προσαρμόζει τις φασματικές υπογραφές κατηγοριών σε μεμονωμένες εικόνες επομένως δεν απαιτείται διαδικασία διόρθωσης εικόνων. Οι φασματικές υπογραφές των κατηγοριών εξάγονται από εικονοστοιχεία στα οποία θεωρείται ότι η κάλυψη γης είναι σταθερή μέσα στον χρόνο. Επιπροσθέτως η διαδικασία AASG έχει την δυνατότητα να προσαρμόζει υπογραφές κατηγοριών σε φαινολογικές διαφορές ταξινομώντας ζεύγη εικόνων καλοκαιριού – χειμώνα με μικρή μείωση τις ολικής ακρίβειας ($\kappa=0.66$) (Gray & Song, 2013).

Σύμφωνα με τους Franklin και Wulder (2002) η **συνοχή ανάμεσα στους χάρτες κάλυψης γης** είναι ουσιώδης για την χαρτογράφηση αλλαγών και επιτυγχάνεται ελαχιστοποιώντας τα σημασιολογικά σφάλματα μεταξύ χαρτών διαφορετικών χρονικών στιγμών. Αυτό ισοδυναμεί με την εξασφάλιση ότι οι φασματικές υπογραφές των κλάσεων προσαρμόζονται στις διαφορές των εικόνων αλλά αντιστοιχούν στην ίδια κλάση κάλυψης γης για προσεγγίσεις επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Οι διαφορές στις εικόνες προέρχονται από διαφοροποίηση της ακτινοβολίας, της γεωμετρίας μεταξύ φωτισμού και θέας, ατμοσφαιρικές επιδράσεις, υγρασία επιφάνειας και άλλες φυσικές αλλαγές όπως ανάπτυξη της φαινολογίας. Βασικά υπάρχουν δύο γενικές επιλογές: (1) η προσαρμογή των φασματικών υπογραφών σε μεμονωμένες εικόνες, (2) η προσαρμογή εικόνων μεταξύ τους ώστε ένα σετ συγκεκριμένο υπογραφών να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλες τις εικόνες από όλες ημερομηνίες.

Όσον αφορά την πρώτη επιλογή, η γενίκευση ενός σετ φασματικών υπογραφών κλάσεων μέσα στον χρόνο και χώρο εξαναγκάζοντας τις σε φασματική συνέπεια ανάμεσα στις εικόνες είναι γνωστή ως “**φασματική επέκταση**” (Minter, 1978) και είναι περισσότερο υπαγόμενη σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες καθώς η μόνη a - priori πληροφορία που χρειάζεται είναι ένα σετ από φασματικές υπογραφές κλάσεων. Η σημασία αυτής της προσέγγισης έγκειται στο ότι είναι σε θέση να αντλεί συνεπείς φασματικές υπογραφές κλάσεων οι οποίες είναι προσαρμοζόμενες σε ένα μεγάλο εύρος διαφορών σε εικόνες ενώ δεν απαιτείται σχετική η απόλυτη διαδικασία διόρθωσης εικόνων. Η κεντρική ιδέα της μεθόδου AASG είναι ότι οι υπογραφές κλάσεων μπορούν να αντλούνται ανεξάρτητα για κάθε εικόνα διαφορετικής ημερομηνίας από περιοχές με σταθερή κάλυψη γης (Gray & Song, 2013).

Προκύπτουν ιδιαίτερες προκλήσεις και θεωρήσεις χρησιμοποιώντας ιστογράμματα διαφορών καναλιών προκειμένου να επιλεγούν σταθερά χαρακτηριστικά εφόσον οι φασματικές υπογραφές κλάσεων έχουν μεταβληθεί μέσα στον χρόνο. Ενώ σε κάποια συγκεκριμένα κανάλια παρατηρούνται μεγάλες ραδιομετρικές διαφορές για κάποιες κλάσεις, άλλες κλάσεις δεν παρουσιάζουν μεταβολές στις φασματικές τους υπογραφές (Σχήμα 2.1.6). Το κανάλι 3 είναι ευαίσθητο σε αλλαγές κλάσεων, ιδίως σε εκείνες που αφορούν εναλλαγή από άγονες/αδιαπέραστες επιφάνειες σε φυσική βλάστηση και σχετίζονται με αστικοποίηση και άλλες ανθρωπογενείς αλλαγές. Παράλληλα επηρεάζεται παρόμοια για όλες τις κλάσεις όσον αφορά τις ατμοσφαιρικές επιδράσεις (Σχήμα 2.1.6), κάνοντάς το την βέλτιστη επιλογή για τον εντοπισμό σταθερών τοποθεσιών στο ζεύγος καλοκαιρινών – χειμερινών εικόνων.



Σχήμα 2.1.6 Μέσες φασματικές υπογραφές καλοκαιριού (A) και οι διαφορές μεταξύ των χειμερινών και καλοκαιρινών μέσω φασματικών υπογραφών (B) για συγκεκριμένες κατηγορίες κάλυψης. Οι κατακόρυφες γραμμές ορίζουν τα Landsat TM κανάλια

2.2 Ειδική Βιβλιογραφία

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται ενδεικτικά μερικές από τις εφαρμογές στην διεθνή έρευνα πάνω στην αξιοποίηση χρονοσειρών τηλεπισκοπικών δεδομένων τόσο από την σειρά δορυφόρων Landsat αλλά και από άλλους δορυφόρους. Ακόμη περιγράφονται με βάση συγκεκριμένες μελέτες η λειτουργία και οι εξελίξεις των αλγορίθμων τύπου Fmask οι οποίοι χρησιμοποιούνται στα δεδομένα Landsat προκειμένου να φιλτράρονται τα εικονοστοιχεία που αφορούν σύννεφα, τις σκιές τους και χιόνι ώστε να μην επηρεάζουν τις αναλύσεις επί των καθαρών εικονοστοιχείων.

Οι ερευνητές Zhang και Weng (2015) ασχολήθηκαν με τις **ετήσιες δυναμικές των αδιαπέραστων επιφανειών** στην περιοχή Pearl River Delta της Κίνας χρησιμοποιώντας χρονοσειρές εικόνων Landsat από το 1988 έως το 2013. Όπως αναφέρουν, προηγούμενες μελέτες πάνω στην εκτίμηση αδιαπέραστων επιφανειών με χρήση είτε μίας εικόνας είτε εικόνες από διάφορες χρονικές στιγμές, έχουν εστιάσει κυρίως στις φασματικές διαφορές μεταξύ αδιαπέραστων επιφανειών και άλλων κατηγοριών κάλυψης, αλλά έχουν προκύψει αναποτελεσματικές σε έναν βαθμό. Αυτό οφείλεται στο πρόβλημα που δημιουργούν τα εικονοστοιχεία με μικτές κατηγορίες κάλυψης στις εικόνες με μέση ή τραχεία χωρική ανάλυση και στις διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται μέσα στην συγκεκριμένη κατηγορία όσον αφορά τις εικόνες με υψηλή ανάλυση. Αντίθετα, **τα πλεονεκτήματα των δεδομένων από χρονοσειρές εικόνων** σε τέτοιες αναλύσεις, όπως έχει τονιστεί και από τον Schneider (2012), αφορούν την επίλυση των προβλημάτων που προκαλεί η φασματική σύγχυση μεταξύ κλάσεων κάλυψης γης με παρόμοια χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, όπως αναφέρουν οι Sexton et al., (2013a), οι χρονοσειρές Landsat δίνουν την δυνατότητα αναγνώρισης αδιαπέραστων επιφανειών σε μεγάλη χρονική κλίμακα λόγω του μεγάλου αρχείου συνεχών παρατηρήσεων

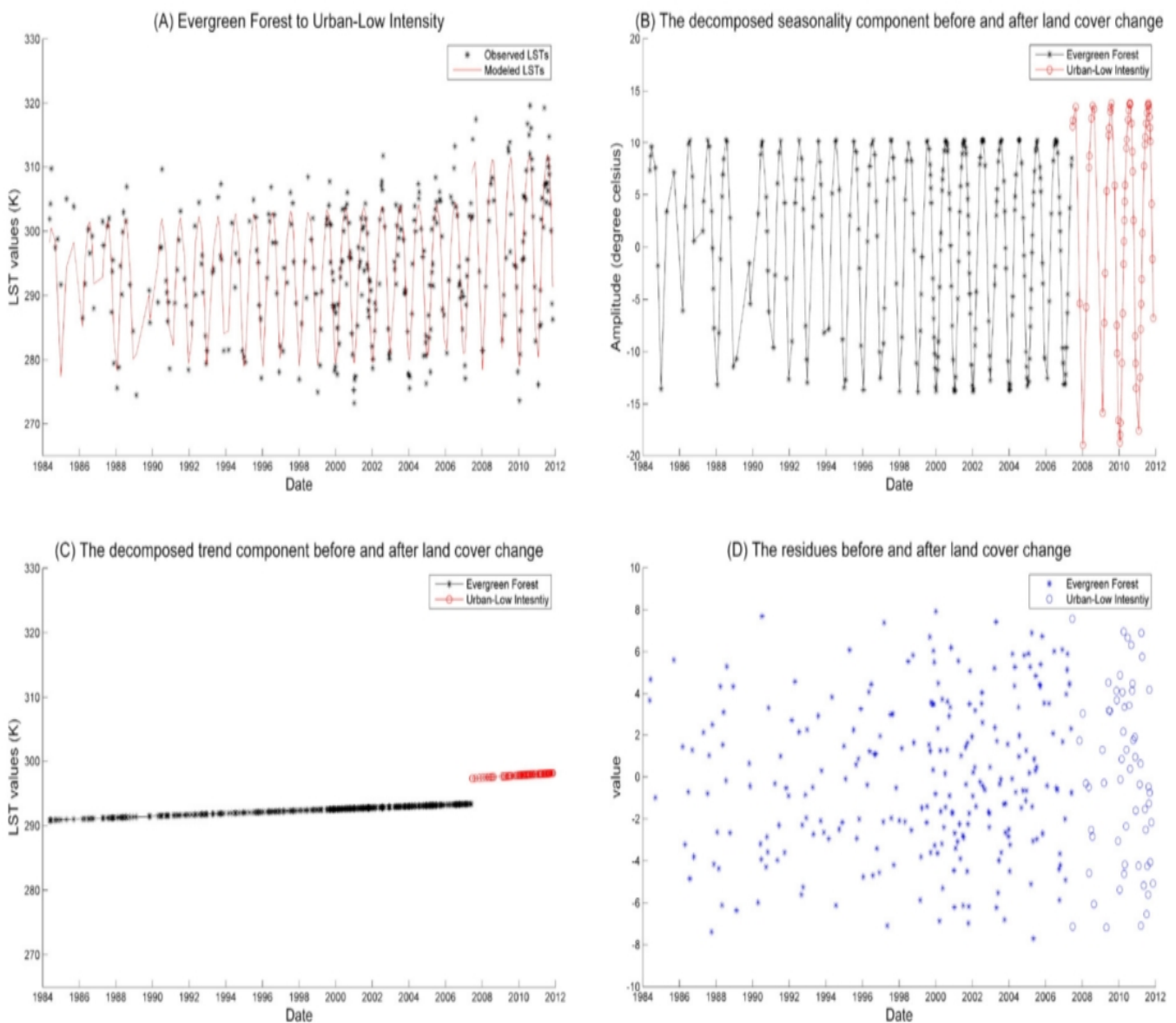
που προσφέρει παρά την μέση χωρική τους ανάλυση και χρονική τους συχνότητα. Αντίστοιχα και οι Bhandari et al. (2012) έχουν δείξει ότι χρονοσειρές δεδομένων Landsat είναι κατάλληλες για την ανάδειξη της αλλαγής σε βλάστηση και σε αδιαπέραστες επιφάνειες λόγω των φαινολογικών αλλαγών, της ενδο – ετήσιας κλιματικής μεταβλητότητας και των μακροπρόθεσμων τάσεων αλλαγής της βλάστησης. Στην συγκεκριμένη μελέτη των Zhang και Weng (2015) επιδιώχθηκε η ανάλυση διαχρονικών φασματικών διαφορών μεταξύ αδιαπέραστων και διαπερατών επιφανειών και η βελτίωση της ακρίβειας στην χαρτογράφηση αδιαπέραστων επιφανειών αναπτύσσοντας πυκνές χρονοσειρές Landsat για την περιοχή μελέτης για το χρονικό διάστημα 1983 έως 2013. Σκοπός της μελέτης τους είναι η ποσοτικοποίηση των χωροχρονικών μοτίβων που παρουσιάζονται.

Οι Sexton et al. (2013b) παρουσίασαν μία **μέθοδο επέκτασης φασματικής υπογραφής** για πυκνές χρονοσειρές εικόνων Landsat TM, η οποία ταξινομεί εικόνες βασιζόμενη σε ενδο – ετήσιους φασματικούς δείκτες με βάση τους οποίους παράγει πιθανολογικούς χάρτες. Πιο πρόσφατα οι Li et al. (2015) παρουσίασαν μία μέθοδο **μακροπρόθεσμης χαρτογράφησης αστικών περιοχών** σε ετήσια συχνότητα χρησιμοποιώντας δεδομένα Landsat, η οποία εστιάζει στον έλεγχο χρονικής συνέπειας μετά την αρχική ταξινόμηση.

Οι Fu και Weng (2015) στην μελέτη τους πάνω στις **αλλαγές στις χρήσεις γης που προκαλεί η αστικοποίηση και στις επιδράσεις τους πάνω στην θερμοκρασία της επιφάνειας της γης** χρησιμοποιούν ανάλυση χρονοσειρών από εικόνες Landsat. Το αντικείμενο της έρευνας αυτής είναι πολύ σημαντικό καθώς όπως αναφέρουν οι (Lo & Quattrochi, 2003), η αστική ανάπτυξη προκαλεί την αντικατάσταση φυσικών επιφανειών με αδιαπέραστα αστικά υλικά, τροποποιεί το βιοφυσικό περιβάλλον και διαταράσσει τις ενεργειακές διεργασίες της φυσικής επιφάνειας. Στην μελέτη αυτή γίνεται σύνδεση και ανάλυση των διαχρονικών δεικτών LST (Land Surface Temperature) με τις κατηγορίες κάλυψης/χρήσης γης (LULC). Σε γενικές γραμμές τα θερμικά χαρακτηριστικά σε μία περιοχή αλλάζουν μέσα στον χρόνο ώστε να ανταποκρίνονται στις αλλαγές κάλυψης γης άρα δεν είναι σταθερά, π.χ το μέσο και το ετήσιο εύρος των LST μπορεί να μεταβάλλεται μέσα στον χρόνο. Επομένως μία χρονική ανάλυση των θερμικών τοπίων απαιτεί την θεώρηση των χρονικά μεταβαλλόμενων θερμικών χαρακτηριστικών τους (Fu & Weng, 2015). Αντίστοιχη μελέτη έχει γίνει και από τους Amiri, Weng, Alimohammadi, και Alavipanah (2009) όπου έγινε συσχέτιση των χρονικών δεικτών LST με τις χρήσεις γης χρησιμοποιώντας ένα δείκτη θερμοκρασίας – βλάστησης. Η μελέτη αυτή υπέδειξε ότι η αστικοποίηση είχε ως αποτέλεσμα την μεταβολή εικονοστοιχείων από την κατάσταση “χαμηλή θερμοκρασία – πυκνή βλάστηση” στην κατάσταση “υψηλή θερμοκρασία – αραιή βλάστηση”.

Προκειμένου να επιτευχθεί η **συνέπεια στην μοντελοποίηση των χρονικών, θερμικών μοτίβων** οι παρατηρήσεις των χρονοσειρών διαιρούνται σε μεμονωμένα ομογενή τμήματα τα οποία αντιστοιχούν σε διαφορετικές κλάσεις κάλυψης γης. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται συνεπή TSLST (Time Series Land Surface Temperature) σύνολα δεδομένων τα οποία καλούνται να αποκαλύψουν τις θερμικές τάσεις στις αστικές περιοχές οι οποίες προκαλούνται από μετατροπές χρήσεων/καλύψεων γης (Weng, 2014). Η μελέτη των Fu και Weng (2015) απέδωσε ένα σύνολο δεδομένων TSLST από 507 Landsat TM/ETM+ εικόνες, μεταξύ 1984 και 2011, και διερεύνησε το αντίκτυπο των αλλαγών χρήσεων γης στα χρονικά θερμικά χαρακτηριστικά διαχωρίζοντας τα δεδομένα της χρονοσειράς σε χρονικά ομοιογενή τμήματα.

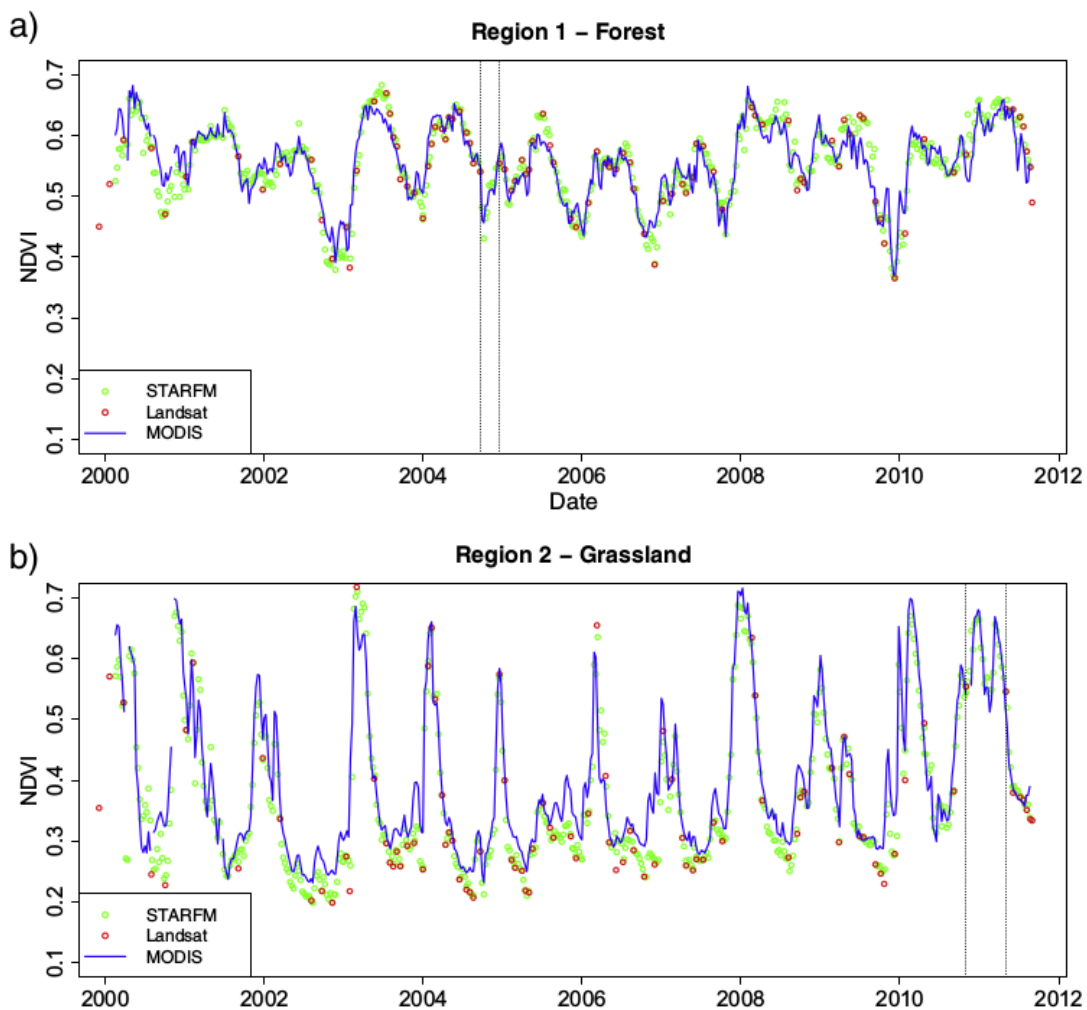
Το σχήμα 2.2.1 αφορά εικονοστοιχεία από περιοχή στην οποία έχει παρατηρηθεί αλλαγή στην κατηγορία κάλυψης γης από αιθαλές δάσος σε ημι – αστική περιοχή. Τα διαγράμματα αφορούν χρονοσειρές παρατηρήσεων θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης (TSLST) από δεδομένα Landsat. Το διάγραμμα (A) παρουσιάζει τις δορυφορικές παρατηρήσεις αυτές και την αντίστοιχη μοντελοποίησή τους (κόκκινη γραμμή). Στο διάγραμμα (B) παρατηρείται η μεταβολή στην εποχικότητα πριν και μετά την αλλαγή στην κάλυψη γης (μετά το 2008). Το διάγραμμα (C) παρουσιάζει την μεταβολή της τάσης που παρουσιάζουν οι παρατηρήσεις LST πριν και μετά την αλλαγή ενώ στο διάγραμμα (D) φαίνονται τα υπόλοιπα από την μοντελοποίηση σε σχέση με τις πραγματικές δορυφορικές παρατηρήσεις.



Σχήμα 2.2.1 Διαδικασία διάσπασης των LST χρησιμοποιώντας χρονοσειρές μέσω τιμών σε σημεία όπου η κάλυψη γης έχει μεταβληθεί από αειθαλές δάσος σε ημι – αστική περιοχή στα τέλη του 2007. Το διάγραμμα A παρουσιάζει τις δορυφορικές παρατηρήσεις και την μοντελοποίησή τους. Τα διαγράμματα B, C και D δείχνουν τον παράγοντα της εποχικότητας, της τάσης και τα υπόλοιπα από την μοντελοποίηση (μεταξύ προβλέψεων μοντέλου και παρατηρήσεων δορυφόρου), αντίστοιχα

Η επόμενη μελέτη που παρουσιάζεται είναι των ερευνητών Schmidt, Lucas, Bunting, Verbesselt και Armston (2014) και αφορά την **παρακολούθηση των διαταράξεων και της επανανάπτυξης δασικών εκτάσεων** στο Queensland της Αυστραλίας με ανάλυση χρονοσειρών εικόνων με μικτές χωρικές αναλύσεις (MODIS, Landsat). Για τον σκοπό αυτό ανέπτυξαν ένα μοντέλο χρονοσειράς 12 ετών (2000 – 2011) με εικόνες χωρικής ανάλυσης 30m και συχνότητας 8 ημερών το οποίο παράχθηκε μέσω του μοντέλου **STARFM** (Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model) χρησιμοποιώντας δεδομένα Landsat και MODIS.

Σε γενικές γραμμές η συμπεριφορά του δείκτη NDVI στις χρονοσειρές ανάμεσα στις προβλέψεις MODIS και STARFM έδειξαν στενή αντιστοιχία όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2.2 για τις περιοχές R1 και R2 οι οποίες αφορούν δάσος και βοσκότοπο αντίστοιχα. Με την βοήθεια του σχήματος 2.2.2 παρατηρείται ότι θα είχαν εξαχθεί αρκετά διαφορετικές παρατηρήσεις ως προς την φαινολογία και την τάση της βλάστησης αν χρησιμοποιούνταν μόνο Landsat δεδομένα (παραδείγματα με κόκκινες βούλες) (Schmidt, Lucas, Bunting, Verbesselt, Armston, 2014).



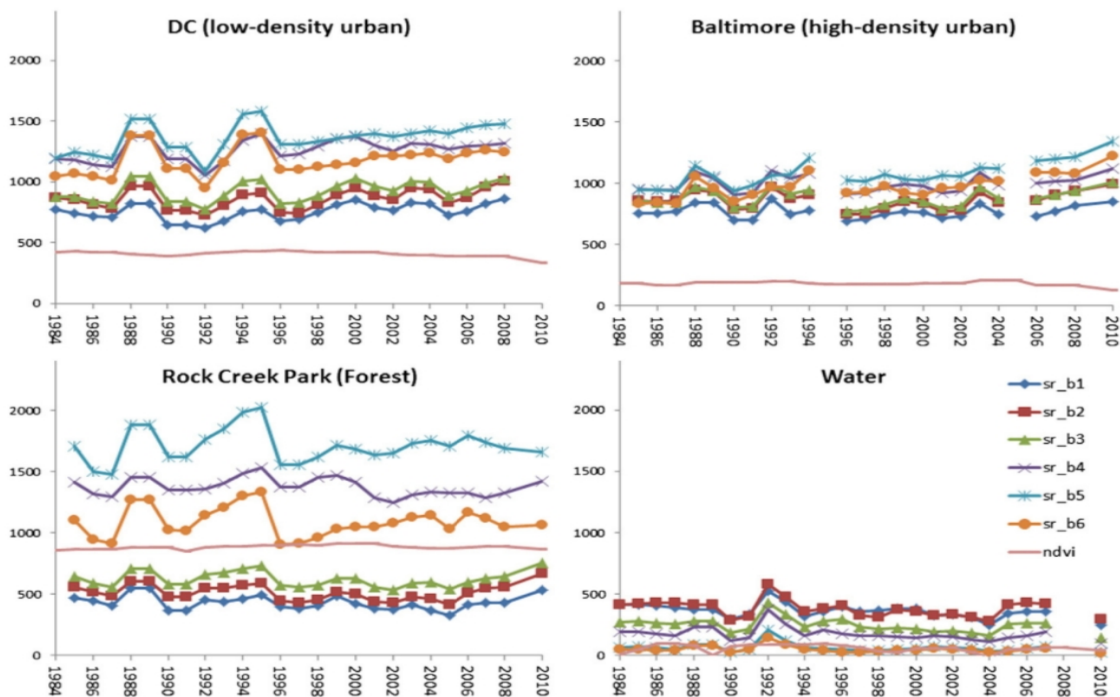
Σχήμα 2.2.2 Δεδομένα χρονοσειρών από δεδομένα Landsat, MODIS και STARFM για ομογενείς περιοχές a) 1.5km x 1.5km δασικής έκτασης και b) 1km x 1km περιοχής βοσκότοπου. Οι κάθετες διακεκομμένες δείχνουν διαστήματα στα οποία το σήμα της φαινολογίας θα διέφερε αν χρησιμοποιούνταν μόνο Landsat δεδομένα

Συμπερασματικά για την παραπάνω έρευνα, διαμορφώθηκαν χρονοσειρές με διάστημα παρεμβολής 8 ημερών μεταξύ των εικόνων οι οποίες παρήχθησαν μέσω του μοντέλου STARFM με 525 εικόνες MODIS και 97 Landsat για διάστημα 12 ετών. Οι συσχετίσεις μεταξύ των χρονοσειρών MODIS και STARFM ήταν 0.92 και 0.96 για τις δύο υπό μελέτη περιοχές οι οποίες αφορούν δάσος και βοσκότοπο αντίστοιχα. Με την συγκεκριμένη μελέτη φαίνεται η δυνατότητα επεξεργασίας χρονοσειρών από δεδομένα με διαφορετικές χωρικές αναλύσεις αλλά με υψηλή χρονική συχνότητα αλλά και τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται ως προς την αναγνώριση αλλαγής και φαινολογίας.

Στην έρευνα των Sexton, Song, Huang, Channan, Baker και Townshend (2012) μελετήθηκε η αστική

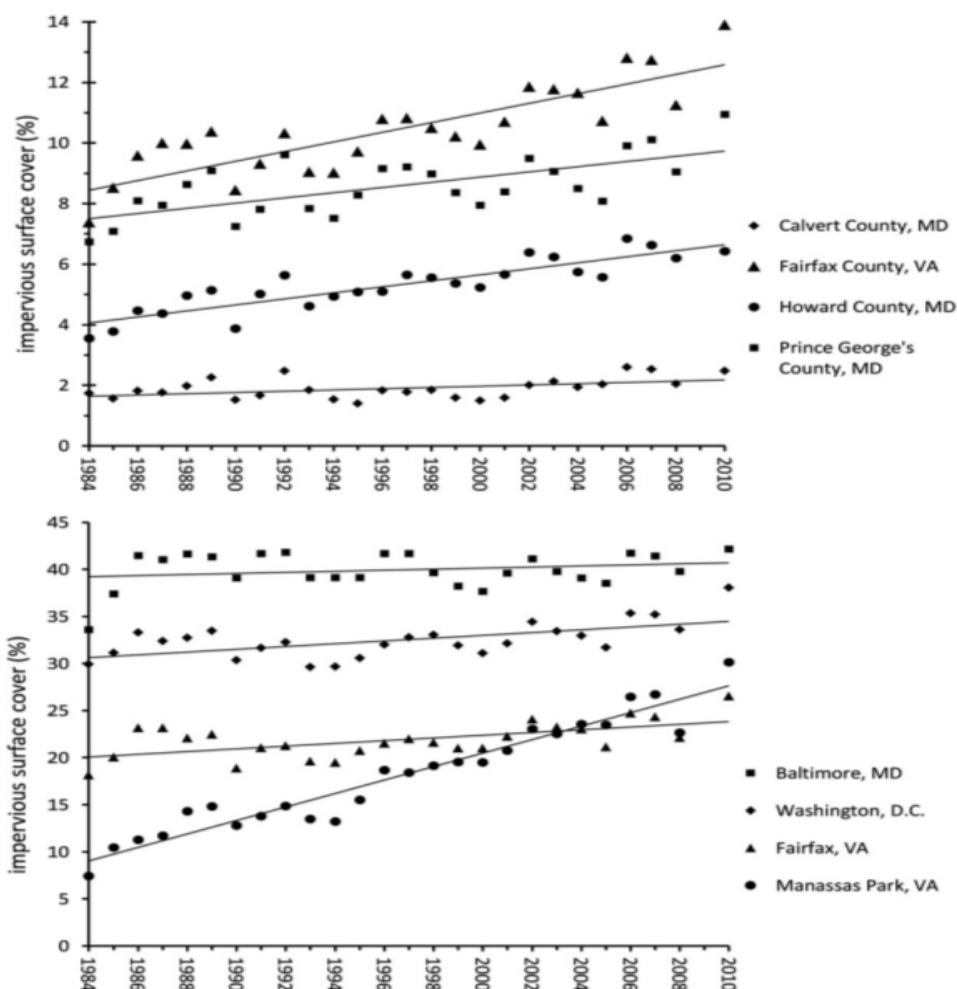
ανάπτυξη στις περιοχές των μητροπόλεων Washington D.C. και Baltimore **χρησιμοποιώντας ετήσιες εκτιμήσεις των αδιαπέραστων επιφανειών με δεδομένα Landsat από το 1984 έως το 2010**. Κατά τη μέθοδο που αναπτύχθηκε προσαρμόζεται και εφαρμόζεται ένα μοντέλο παλινδρόμησης μέσα στο χρόνο το οποίο βασίζεται σε πολυετή δεδομένα εκπαίδευσης τα οποία αφορούν υψηλής χωρικής ανάλυσης παρατηρήσεις αδιαπέραστων επιφανειών οι οποίες συνδέονται με τα συμπίπτοντα ενδο – ετήσια και μεταξύ ετών Landsat σύνθετα. Αυτές οι προγνωστικές εικόνες συνθέτονται και κανικοποιούνται έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η διάκριση των αδιαπέραστων επιφανειών από τα περιοδικώς άγονα χωράφια και να ελαχιστοποιείται η ενδο – ετήσια μεταβλητότητα λόγω της φαινολογίας, της ηλιακής φωτεινότητας και του ατμοσφαιρικού θορύβου (Sexton, Song, Huang, Channan, Baker και Townshend, 2012).

Οι τιμές της ανακλαστικότητας της επιφάνειας τυποποιήθηκαν και κανονικοποιήθηκαν ώστε να αφαιρείται ο εναπομείναν περιβαλλοντικός θόρυβος μετά την ατμοσφαιρική διόρθωση. Για παράδειγμα ως εναπομείναν θόρυβος μπορεί να θεωρηθεί η φωτεινότητα που προκαλούν λεπτά σύννεφα είτε οι χαμηλές τιμές που προκαλούνται από την επίδραση των σκιών τέτοιων νεφών. Στο σχήμα 2.2.3 παρατηρείται η διαχρονική συμπεριφορά ως προς την φασματική τους συμπεριφορά σε ετήσια βάση οι διάφορες περιοχές συγκεκριμένων καλύψεων γης που έχουν ληφθεί για την μελέτη των Sexton, Song, Huang, Channan, Baker και Townshend, (2012). Πέρα από τα 6 κανάλια Landsat στο διάγραμμα απεικονίζεται και ο δείκτης NDVI για τις χρονοσειρές των δεδομένων για το χρονικό διάστημα 1984 – 2010. Σημειώνεται ότι η τιμή του NDVI έχει προσαρμοστεί με βάση τις τιμές των καναλιών για λόγους σύγκρισης. Σημαντική παρατήρηση είναι η σταθερότητα που εμφανίζει ο NDVI σε σχέση με τις διακυμάνσεις που εμφανίζουν τα κανάλια. Οι ασυνέχειες που εμφανίζονται στα διαγράμματα που αφορούν την Βαλτιμόρη (πυκνός αστικός ιστός) και το νερό οφείλονται σε έλλειψη δεδομένων για τις συγκεκριμένες ημερομηνίες λόγω των εκτεταμένων κακοκαιριών.



Σχήμα 2.2.3 Χρονοσειρές μέσω των χειμερινών τιμών ανακλαστικότητας της επιφάνειας για επιλεγμένα σταθερά εικονοστοιχεία από αντιπροσωπευτικές κλάσεις κάλυψης γης

Στο σχήμα 2.2.4 παρατηρείται η γραμμική ανάπτυξη που παρουσιάζουν αρκετές από τις αστικές περιοχές που έχουν επιλεγεί. Οι πόλεις έχουν αναπτυχθεί αναλογικά περισσότερο από τις επαρχίες.



Σχήμα 2.2.4 Αλλαγές σε αδιαπέραστες επιφάνειες από επιλεγμένες επαρχίες (πάνω) και πόλεις (κάτω) οι οποίες έχουν εκτιμηθεί για το διάστημα 1984 -2010. Οι ευθείες γραμμές αναπαριστούν γραμμικά μοντέλα για κάθε περιοχή.

Αλγόριθμοι τύπου Fmask

Η αύξηση της φωτεινότητας που προκαλούν τα σύννεφα και το χιόνι και η συσκότιση που προκαλείται από τις σκιές σύννεφων επηρεάζουν σημαντικά την ανακλαστικότητα σε διαφορετικά κανάλια. Η διαλογή των νεφών, των σκιών τους και του χιονιού είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για τις τηλεπισκοπικές δραστηριότητες όπως ο εντοπισμός αλλαγής καθώς σύννεφα, σκιές και χιόνι τα οποία δεν έχουν εντοπιστεί πιθανόν να θεωρηθούν ως αλλαγές σε σημεία που αυτές δεν έχουν προκύψει. (“θετικά σφάλματα”). Πρόσφατα έχουν αναπτυχθεί πολλοί νέοι αυτόματοι **αλγόριθμοι βασισμένοι σε μονοεικονικές διαδικασίες** για εικόνες Landsat (Huang, Goward, et al., 2010; Huang, Thomas, et al., 2010; Irish et al., 2006; Masek et al., 2006; Oreopoulos, Wilson, & Várnai, 2011; Roy et al., 2010; Scaramuzza, Bouchard, & Dwyer, 2012; Zhu & Woodcock, 2012). Όμως,

για συγκεκριμένα είδη εφαρμογών όπως ο εντοπισμός αλλαγής, οι μονοεικονικοί αλγόριθμοι δεν είναι ακόμα αρκετά ακριβείς (Zhu & Woodcock 2014).

Για καλύτερη ανίχνευση νεφών, των σκιών τους και του χιονιού, νέοι **αλγόριθμοι βασισμένοι σε εικόνες από διάφορες ημερομηνίες** έχουν αναπτυχθεί για διάφορους δορυφορικούς αισθητήρες όπως οι **Landsat** (Goodwin, Collett, Denham, Flood, & Tindall, 2013; Hagolle, Huc, Pascual, & Dedieu, 2010; Jin et al., 2013; Wang, Ono, Muramatsu, & Fujiwara, 1999), **SPOT** (Tseng, Tseng, & Chien, 2008), **SEVIRI** (Derrien & Le Gléau, 2010), και **MODIS** (Liu & Liu, 2013; Lyapustin, Wang, & Frey, 2008). **Η βασική ιδέα** για αυτούς τους αλγόριθμους είναι ότι τα σύννεφα, οι σκιάς τους και το χιόνι προκαλούν ξαφνικές αλλαγές στην ανακλαστικότητα, και συγκρίνοντας μια εικόνα αναφοράς χωρίς νέφη με την παρατηρούμενη εικόνα, τα παραπάνω θα εντοπιστούν εύκολα. Τέτοιοι αλγόριθμοι αναφέρεται να έχουν υψηλότερες ακρίβειες στον εντοπισμό νεφών και νεφοσκιάσεων.

Το μεγαλύτερο **μειονέκτημα** για αλγόριθμους της μορφής που περιγράφηκε παραπάνω είναι ότι μπορεί να προκληθούν προβλήματα όσον αφορά τον εντοπισμό αλλαγής καθώς η αλλαγή κάλυψης γης προκαλεί εξίσου ξαφνικές αλλαγές στις δορυφορικές παρατηρήσεις. Οι περισσότεροι από τους αλγόριθμους πολλαπλών εικόνων βασίζονται στην υπόθεση ότι μεταξύ του χρονικού διαστήματος της εικόνας αναφοράς και της παρατηρούμενης δεν υπάρχει αλλαγή κάλυψης γης και οι διαφορές στην ανακλαστικότητα είναι αποτελέσματα μόνο των νεφών, των σκιών τους και του χιονιού. Επομένως ο συμβιβασμός που γίνεται μεταξύ διαλογής νεφών, των σκιών τους και χιονιού και επίτευξης υψηλής ακρίβειας στον εντοπισμό αλλαγής στην κάλυψη γης είναι αρκετά σημαντικός. Στην προσπάθεια επίλυσης αυτού του προβλήματος οι Zhu και Woodcock, (2014) ανέπτυξαν ένα νέο αλγόριθμο σχεδιασμένο ειδικά για εφαρμογές εντοπισμού αλλαγής ο οποίος λέγεται **Tmask (multiTemporal mask)**. Ο Tmask πραγματοποιεί αυτόματο εντοπισμό νεφών, των σκιών τους και χιονιού σε εικόνες Landsat και έχει τα εξής **πλεονεκτήματα**: (1) επιτυγχάνει πιο ακριβή εντοπισμό (2) δεν αγνοεί τις αλλαγές κάλυψης/χρήσης γης (3) επιτυγχάνει καλύτερο διαχωρισμό νεφών και χιονιού.

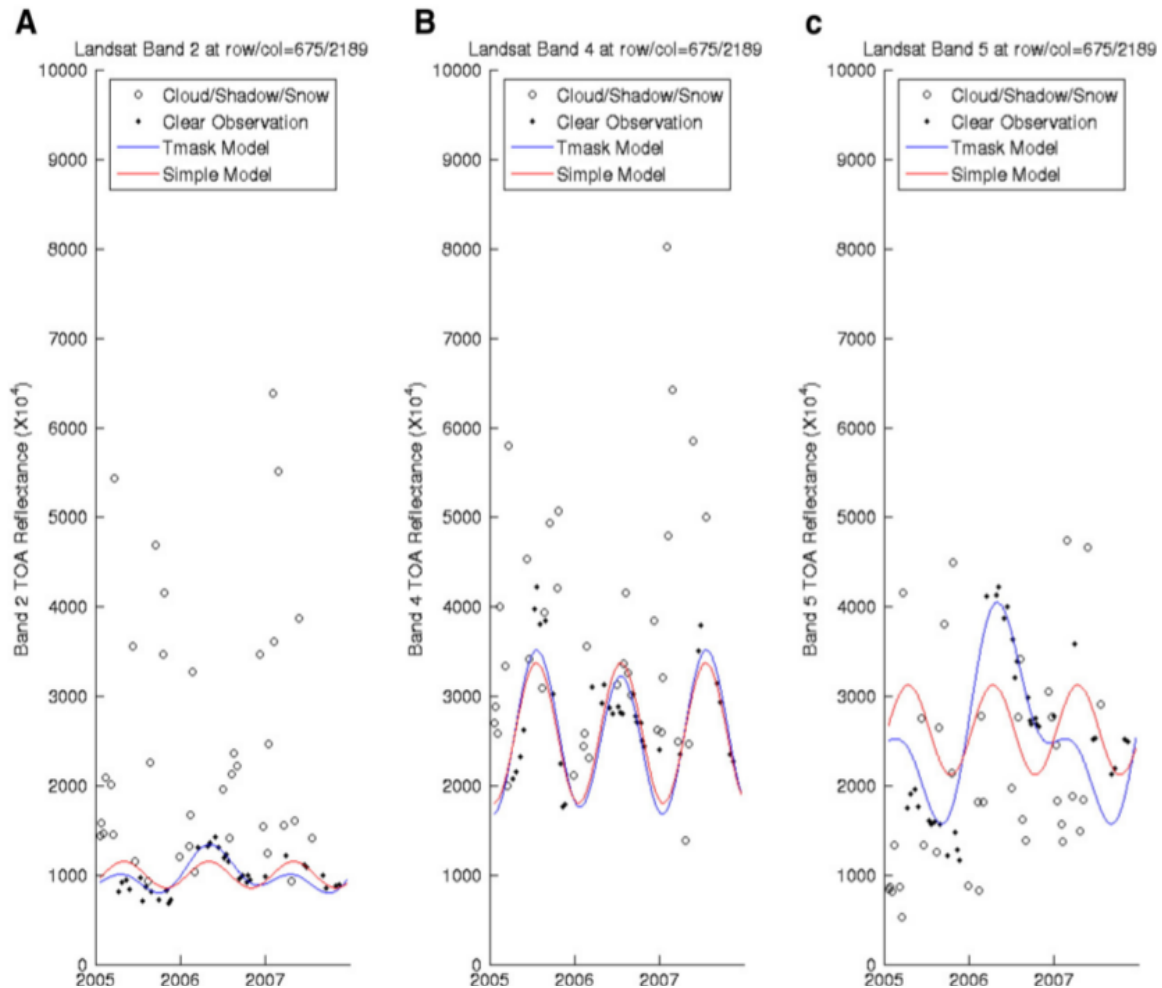
Στον αλγόριθμο Tmask δίνονται σαν είσοδος οι “καθαρές” παρατηρήσεις στα διάφορα κανάλια που έχουν διαλεχτεί αρχικά από τον υπάρχον Fmask αλγόριθμο. Για τον υπολογισμό του μοντέλου χρονοσειρών για κάθε κανάλι χρησιμοποιείται μία εξίσωση της μορφής που φαίνεται στο σχήμα 2.2.5. Η μορφή της εξίσωσης αυτής είναι όμοια με αυτή που έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για την πρόβλεψη μελλοντικών Landsat παρατηρήσεων με σκοπό την παρακολούθηση αλλαγών κάλυψης γης (Zhu & Woodcock, 2014; Zhu et al., 2012). Η παρακάτω εξίσωση χρησιμοποιεί δύο παραμέτρους για να λαμβάνει υπόψη την εποχικότητα, μία παράμετρο την συνολική ανακλαστικότητα. Οι δύο τελευταίες παράμετροι έχουν προστεθεί προκειμένου να μπορεί να ανταποκριθεί το μοντέλο σε διαφορετικά είδη αλλαγών κάλυψης γης.

$$\hat{\rho}(i, x) = a_{0,i} + a_{1,i} \cos\left(\frac{2\pi}{T} x\right) + b_{1,i} \sin\left(\frac{2\pi}{T} x\right) + a_{2,i} \cos\left(\frac{2\pi}{NT} x\right) + b_{2,i} \sin\left(\frac{2\pi}{NT} x\right)$$

Σχήμα 2.2.5 Εξίσωση η οποία χρησιμοποιείται στον Tmask αλγόριθμο για τον υπολογισμό των μοντέλων χρονοσειρών

Για την απεικόνιση της σημασίας των δύο τελευταίων παραμέτρων της εξίσωσης 2.2.5 παρατίθεται το σχήμα 2.2.6 το οποίο αφορά ένα εικονοστοιχείο στο οποίο υπάρχει αλλαγή κάλυψης (αποψίλωση δάσους). Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται τα μοντέλα χρονοσειρών (Tmask και ένα πιο απλό) που έχουν εφαρμοστεί για τα κανάλια 2, 4 και 5 τα οποία αφορούν Top Of Atmosphere ανακλαστικότητα. Τα μοντέλα χρονοσειρών αποτελούνται από 88 εικόνες Landsat μέσα στο χρονικό διάστημα 2005 – 2007. Οι μύρες κουκκίδες απεικονίζουν τις καθαρές παρατηρήσεις ενώ οι κύκλοι τις μη καθαρές με βάση τις εκτιμήσεις του Fmask

αλγόριθμου που έχει προηγηθεί. Το απλό μοντέλο απεικονίζεται με την κόκκινη γραμμή και το Tmask, το οποίο περιλαμβάνει τις δύο επιπλέον παραμέτρους, με την μπλε. Όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα και κυρίως στο κανάλι 5 (C) το απλό μοντέλο αποτυγχάνει να εντοπίσει την αλλαγή χρήσης που έχει επέλθει σε αντίθεση με το Tmask το οποίο επιτυχώς προσαρμόζεται στα δεδομένα.



Σχήμα 2.2.6 Εκτιμήσεις για τα κανάλια 2 (A), 4 (B) και 5 (C) TOA ανακλαστικότητα για εικονοστοιχείο στο οποίο έχει συμβεί αποψίλωση δάσους και στο οποίο **εφαρμόζονται το Tmask μοντέλο χρονοσειρών και ένα πιο απλό**. Οι μαύρες κουκκίδες είναι καθαρές παρατηρήσεις ενώ οι κύκλοι είναι μη καθαρές όπως έχουν διαλεχτεί από τον Fmask. Η κόκκινη γραμμή αφορά μοντέλο χρονοσειράς το οποίο δεν αντιλαμβάνεται την αλλαγή κάλυψης ενώ η μπλε αφορά το Tmask μοντέλο το οποίο την περιλαμβάνει.

Παρ' όλο που ο μονοεικονικός αλγόριθμος Fmask επιτυγχάνει υψηλής ακρίβειας διαλογή νεφών (ολική ακρίβεια 96.4% (Zhu & Woodcock, 2012)), για μερικές εφαρμογές όπως ο εντοπισμός αλλαγών ακόμα και ένα μικρό ποσοστό λάθους δημιουργεί πρόβλημα λόγω τη σχέση ποσοστού λάθους και ποσοστού αλλαγής στην κάλυψη γης. Ο **Tmask** ως βασισμένος σε εικονοστοιχεία (**pixel-based**) αλγόριθμος έχει την δυνατότητα εντοπισμού νεφών με ακρίβεια εικονοστοιχείου, πράγμα που δεν καταφέρνει ο **αντικειμενοστραφής Fmask**. Μία ακόμη σημαντική βελτίωση που προσφέρει ο Tmask αφορά τον εντοπισμό νεφοσκιάσεων. Λόγω της πολυπλοκότητας της αντικειμενοστραφής συνταύτισης σύννεφων – σκιών τους στον Fmask, ο εντοπισμός των σκιών είναι λιγότερο ακριβείς κατά τον Fmask παρά τον εντοπισμό νεφών (Zhu & Woodcock, 2012).

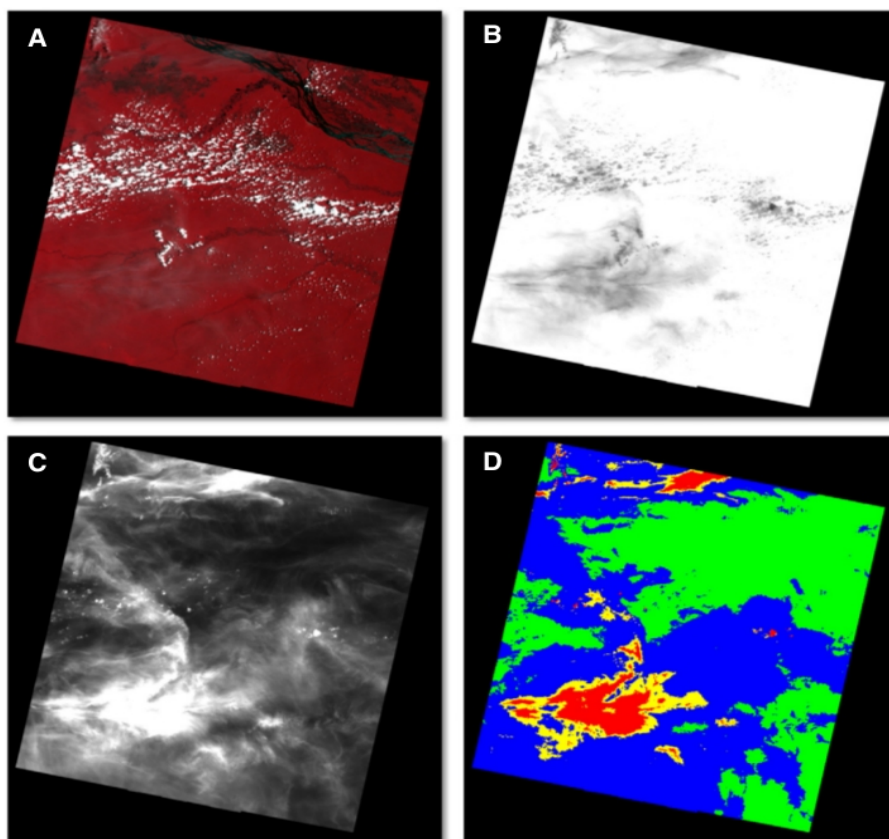
Υπάρχουν και κάποιοι **περιορισμοί όσον αφορά τον Tmask**. Πρώτον, προκειμένου να υλοποιηθεί το μοντέλο χρονοσειράς ο αλγόριθμος χρειάζεται 15 “καθαρές” παρατηρήσεις, πράγμα που τον κάνει λιγότερο εφαρμόσιμο σε μέρη με επίμονη νεφοσκίαση και χιόνι. Δεύτερον, ο Tmask πιθανόν να θεωρήσει λανθασμένα κάποιες εφήμερες αλλαγές ως σύννεφα και σκιές. Τρίτον, με τον Tmask πάντα θα υπάρχει μία καθυστέρηση στην εκτίμηση καθώς χρειάζεται περισσότερες παρατηρήσεις προκειμένου να ανταποκριθεί στον εντοπισμό αλλαγών. Τέλος, ο αλγόριθμος βασίζεται στην υπόθεση ότι μόνο ενός είδους αλλαγή συμβαίνει κατά την εκτίμηση του μοντέλου λόγω των παραμέτρων που χρησιμοποιεί. Επομένως, ο Tmask θα πρέπει να εφαρμόζεται για το φιλτράρισμα χρονοσειρών μεταξύ μερικών ετών (1 – 5) προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα λόγω αλληπάλληλων αλλαγών στην ίδια περιοχή.

Αργότερα το 2014 οι Zhu, Wang και Woodcock δημοσίευσαν μία ακόμα έρευνα κατά την οποία παρουσιάζουν έναν **βελτιωμένο και επεκταμένο αλγόριθμο Fmask**. Στην μελέτη αυτή παρουσιάζουν (1) βελτιώσεις του Fmask όσον αφορά τους δορυφόρους Landsat 4 – 7, (2) μία νέα έκδοση του αλγόριθμου προσαρμοσμένη στον Landsat 8 η οποία εκμεταλλεύεται το νέο κανάλι για τα λεπτά νέφη και (3) έναν πρωτότυπο αλγόριθμο προσαρμοσμένο στον δορυφόρο Sentinel 2.

Όπως έχει αναφερθεί η υψηλής ακρίβειας αναγνώριση των νεφών, των σκιών τους και του χιονιού σε δορυφορικές εικόνες αποτελεί πρόκληση. Η δυσκολία στην διαλογή των νεφών με βάση την ανακλαστικότητα τους στα φασματικά κανάλια έγκειται στο ότι συναντώνται πολλά είδη νεφών και κάθε είδος παρουσιάζει διαφορετικά φασματικά χαρακτηριστικά (Platnick et al., 2003). Πιο συγκεκριμένα τα οπτικά λεπτά νέφη είναι δύσκολο να εντοπιστούν καθώς παρουσιάζουν φασματικές υπογραφές παρόμοιες με αυτές της υποκείμενης επιφάνειας της γης (Zhang et al., 2002; Zhu & Woodcock, 2012). Όσον αφορά τις σκιές νεφών, η δυσκολία στον εντοπισμό τους έγκειται στο ότι υπάρχουν διαφόρων ειδών σκοτεινές επιφάνειες με φασματικές υπογραφές παρόμοιες με αυτές των σκιών, όπως σκιές λόγω αναγλύφου, υγρότοποι και νερό. Ο εντοπισμός χιονιού είναι ευκολότερος λόγω της ξεχωριστής φασματικής του υπογραφής ενώ σε αυτό βοηθάει και ο δείκτης Normalized Difference Snow Index (NDSI) καθώς τα εικονοστοιχεία χιονιού παρουσιάζουν συχνά υψηλές τιμές ως προς τον δείκτη, ενώ τα υπόλοιπα χαμηλές (Dozier, 1989).

Πρόσφατα προστέθηκε ο Landsat 8 στην ομώνυμη οικογένεια δορυφόρων ο οποίος έχει δύο αισθητήρες: τον Operational Landsat Imager (OLI) και τον Thermal Infrared Sensor (TIRS). Ο αισθητήρας OLI έχει όλα τα φασματικά κανάλια που έχουν οι TM και ETM+ αλλά και κάποια επιπλέον. Το νέο Short Wave Infrared (SWIR) κανάλι 9 (1.36 – 1.38 μm) είναι ιδιαίτερα βοηθητικό στον εντοπισμό λεπτών νεφών (cirrus clouds) σε μεγάλα υψόμετρα. Αυτό συμβαίνει καθώς στο συγκεκριμένο κανάλι το νερό παρουσιάζει μεγάλη απορρόφηση της ακτινοβολίας. Έτσι τα νέφη σε μεγάλα υψόμετρα με μικρά μήκη διαδρομών των υδρατμών πάνω από τα σύννεφα θα παρουσιάζουν σχετικά υψηλότερες τιμές στο SWIR κανάλι (Gao, Goetz, & Wiscombe, 1993). Αντιθέτως, για τον ίδιο λόγο τα νέφη σε χαμηλά υψόμετρα, στα περισσότερα γήινα περιβάλλοντα, θα εμφανίζονται σχετικά σκορρότερα στο συγκεκριμένο κανάλι. Όμως, οι φωτεινές επιφάνειες σε ξηρά περιβάλλοντα ή μεγάλα υψόμετρα (π.χ. σε πολικές περιοχές ή ψηλά όρη), μπορούν επίσης να παρουσιάζουν σχετικά υψηλή ανακλαστικότητα στο SWIR κανάλι και άρα να συγχέονται με τα νέφη (Wilson & Oreopoulos, 2013).

Στο σχήμα 2.2.7 παρουσιάζεται εικόνα Landsat 8 με διάφορα είδη νεφοκάλυψης, (A) σε έγχρωμο σύνθετο RGB: NIR, red, green, (B) στο θερμικό κανάλι, (C) στο SWIR κανάλι και (D) σε μία απεικόνιση της πυκνότητας νέφους στο SWIR κανάλι. Στην απεικόνιση (D) με πράσινο εμφανίζονται τα μικρότερης πυκνότητας νέφη (0 – 1%), με μπλε αυτά με πυκνότητα από 1% έως 3%, με κίτρινο αυτά με πυκνότητα έως 4% και με κόκκινο αυτά με πυκνότητα έως 100%. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο έγχρωμο σύνθετο στο οποίο δεν περιλαμβάνεται το κανάλι SWIR τα λεπτότερα νέφη είναι σχεδόν άορατα.

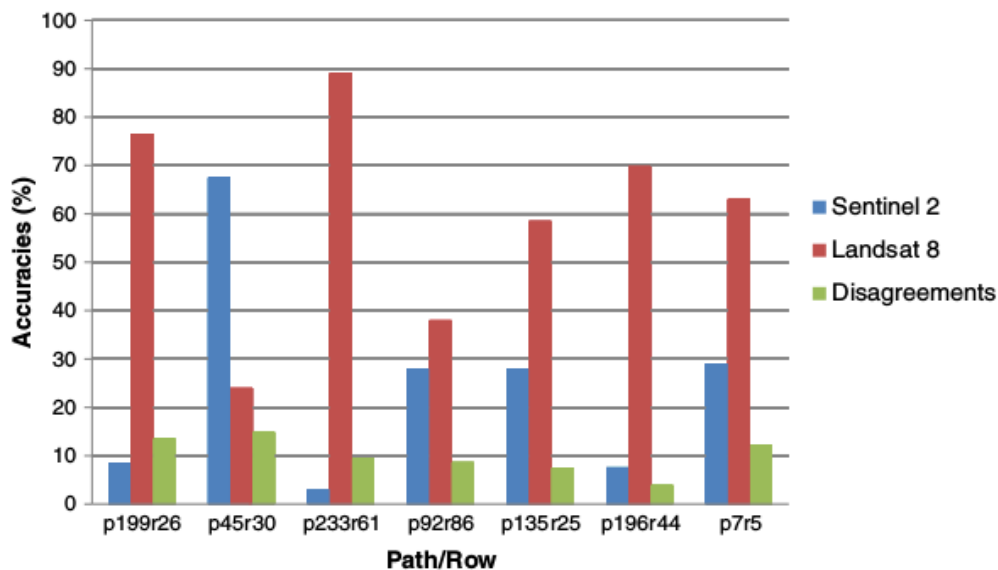


Σχήμα 2.2.7 Δορυφορική σκηνή Landsat 8 (A) σε έγχρωμο σύνθετο RGB: NIR, red, green, (B) στο θερμικό κανάλι, (C) στο SWIR κανάλι και (D) σε μία απεικόνιση της πυκνότητας νέφους στο SWIR κανάλι

Παρακάτω παρουσιάζονται οι **βελτιώσεις** πάνω στον υπάρχον Fmask για τους Landsat 4 – 7 οι οποίες προτείνονται στην μελέτη των Zhu, Wang και Woodcock (2014). Όσον αφορά τον **εντοπισμό νεφών**, η βελτίωση αναφέρεται στην ελάττωση των σφαλμάτων ορισμού για τα καθαρού - ουρανού εικονοστοιχεία τα οποία παρουσιάζουν μεγάλες πιθανότητες για νέφη, όπως έχουν εκτιμηθεί από τον Fmask. Στον αρχικό αλγόριθμο Fmask ένα εικονοστοιχείο επισημαίνεται ως νεφώδες όταν η πιθανότητα για να είναι φτάνει πάνω από 99%, χωρίς να γίνονται φασματικοί έλεγχοι (Zhu & Woodcock, 2012). Όσον αφορά τον **εντοπισμό νεφών πάνω από νερό**, ο αρχικός Fmask χρησιμοποιεί ένα γενικό κατώφλι για τον εντοπισμό τους ενώ ο προτεινόμενος χρησιμοποιεί ένα δυναμικό κατώφλι το οποίο παράγεται από τα συνολικά δεδομένα της εικόνας. Στον προτεινόμενο αλγόριθμο χρησιμοποιούνται τόσο το NIR όσο και το SWIR κανάλι για τον **εντοπισμό πιθανών σκιών νεφών**. Ακόμη για τον **εντοπισμό νεφοσκιάσεων** ο αρχικός Fmask αντιστοιχίζει τα νέφη με τις σκιές τους βασιζόμενο σε μετρήσεις ομοιότητας (Zhu & Woodcock, 2012). Στον προτεινόμενο αλγόριθμο οι μετρήσεις ομοιότητας βελτιώνονται εισάγοντας την έννοια του πιθανού ύψους των νεφών και βελτιώνοντας την διαδικασία συνταύτισης των νεφών με τις πιθανές σκιές τους. Όσον αφορά τον εντοπισμό εικονοστοιχείων χιονιού στον νέο αλγόριθμο μεταβάλλεται το χρησιμοποιούμενο κατώφλι (από 277K σε 283K) για τον εντοπισμό τους με βάση νέα έρευνα επί αυτού (Hall, 2012). Επίσης στον νέο αλγόριθμο τα εικονοστοιχεία που περιβάλλουν αντίστοιχα χιονιού επισημαίνονται και αυτά ως χιόνι καθώς επηρεάζονται και αυτά από το χιόνι κοντά τους μεταβάλλοντας τη φασματική υπογραφή τους.

Ο προτεινόμενος αλγόριθμος Fmask πέρα από τις βελτιώσεις που περιγράφηκαν παραπάνω **προσαρμόστηκε επίσης και για χρήση στις εικόνες Landsat 8**. Για τον σκοπό αυτό η κυριότερη αλλαγή αφορά στην αξιοποίηση του νέου SWIR καναλιού όσον αφορά τα λεπτά νέφη στα οποία έχει ιδιαίτερη εφαρμογή. Το κανάλι αυτό χρησιμοποιείται κατά τον υπολογισμό των πιθανών εικονοστοιχείων με νέφη τα οποία ελέγχονται με ένα κατώφλι (0.01) σε σχέση με το κανάλι, το οποίο έχει υπολογιστεί από τους Wilson και Oteoroulos, (2013).

Η ακρίβεια εντοπισμού του υπάρχοντος αλγόριθμου Fmask για τους Landsat 4 – 7 έχει εκτιμηθεί σε 142 εικόνες αναφοράς (Zhu & Woodcock, 2012). Στο σχήμα 2.2.8 παρουσιάζεται η σύγκριση σε 7 διαφορετικά path – row των ακριβειών που παρουσιάζουν οι αλγόριθμοι Fmask που προκύπτουν από τη μελέτη των Zhu, Wang και Woodcock (2014).



Σχήμα 2.2.8 Σύγκριση των αποτελεσμάτων των ακριβειών των Fmask για 7 τοποθεσίες μεταξύ του Sentinel 2 και Landsat 8. Οι μπλε και κόκκινες στήλες παρουσιάζουν τις ολικές ακρίβειες των Sentinel και Landsat αντίστοιχα ενώ οι πράσινες τις διαφορές τους.

Συμπερασματικά ο αλγόριθμος λειτουργεί καλά και για τα 3 σενάρια (Landsat 4–7, Sentinel 2, and Landsat 8) όμως λόγω των διαφορετικών φασματικών καναλιών που χρησιμοποιούνται σε κάθε ένα από αυτά οι ακρίβειες των αποτελεσμάτων διαφέρουν αρκετά. Τα αποτελέσματα για τον Sentinel 2 δίνουν αρκετά καλύτερες ακρίβειες από αυτά για τους Landsat 4–7. Αντίστοιχα τα αποτελέσματα του σεναρίου για τον Landsat 8 είναι καλύτερα από αυτά του Sentinel 2 για τα περισσότερα από τα path – row (υψηλότερες ακρίβειες στις 6 από τις 7 τοποθεσίες).

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

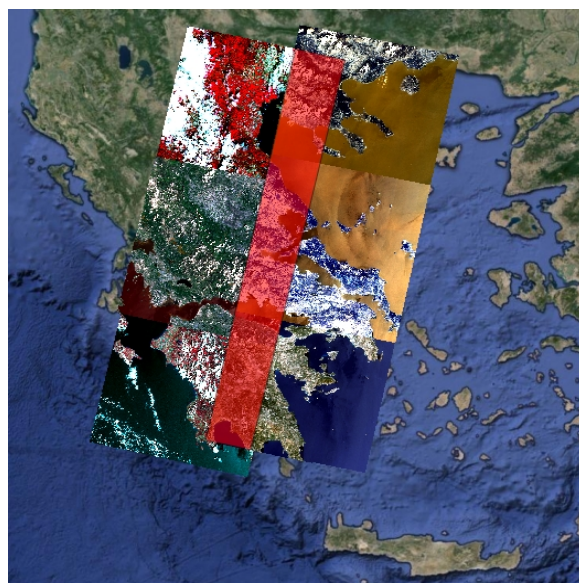
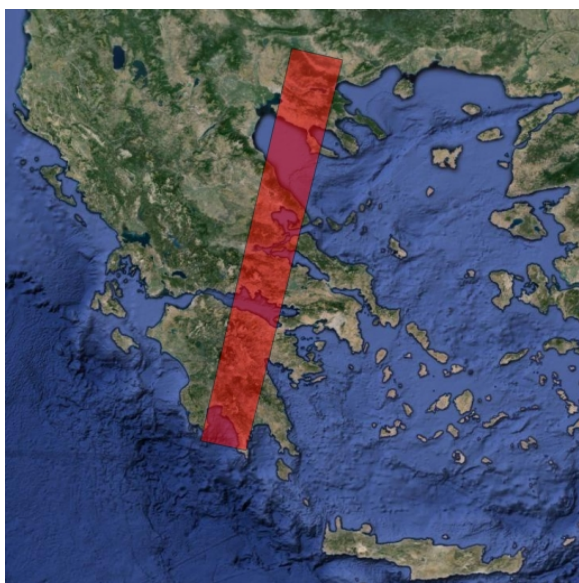
Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μεθοδολογική προσέγγιση που καταστρώθηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας προκειμένου να αντληθούν δεδομένα από χρονοσειρές δορυφορικών σκηνών ώστε να αξιοποιηθούν προς την ανάλυση κατηγοριών κάλυψης γης και εντοπισμού μεταβολών σε αυτές. Αρχικά παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης και τα τηλεπισκοπικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν. Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία ανάπτυξης κώδικα με τον οποίο διαχειρίστηκαν τα αρχεία της χρονοσειράς δορυφορικών σκηνών έτσι ώστε να αντληθούν τα απαραίτητα δεδομένα και αναλύεται η φύση των δεδομένων. Στο τέλος του παρόντος κεφαλαίου παρουσιάζεται η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε με σκοπό την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων.

3.1 Περιοχή Μελέτης και Τηλεπισκοπικά Δεδομένα

Περιγραφή της περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης η οποία επιλέχθηκε για αυτή τη διπλωματική εργασία είναι η λωρίδα που ορίζει το επικαλυπτόμενο τμήμα των διαδρομών (paths) 183 και 184 του δορυφόρου Landsat 8 για τις σειρές (rows) 32, 33 και 34. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε η περιοχή μελέτης να είναι το επικαλυπτόμενο τμήμα των δύο διαδρομών είναι προκειμένου να διατίθενται δορυφορικές εικόνες ανά 8 ημέρες για την περιοχή μελέτης και όχι ανά 16 ημέρες καθώς τόσο είναι το χρονικό διάστημα το οποίο κάνει ο Landsat 8 για περάσει ξανά από το ίδιο σημείο. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1 η λωρίδα αυτή διασχίζει υπό γωνία τμήμα της ηπειρωτικής Ελλάδας ξεκινώντας χαμηλά από Πελοπόννησο, διασχίζοντας την Στερεά Ελλάδα και φτάνοντας πέρα από την Χαλκιδική στο ύψος των Σερρών. Το εμβαδόν της επιφάνειας που καλύπτει αυτή η λωρίδα υπολογίζεται γύρω στα 27.800 km² με το μεγαλύτερο μέρος της να καλύπτεται από στεριά. Για την ακρίβεια η επιφάνεια που καλύπτεται από θαλάσσια ύδατα φτάνει σχεδόν στο 20% της συνολικής έκτασης με εμβαδόν περίπου 6.000 km². Η υπό μελέτη περιοχή είναι αρκετά μεγάλη ώστε να περιλαμβάνει μία πολύ μεγάλη ποικιλία κατηγοριών κάλυψης/χρήσης γης.

Στο σχήμα 3.1 στην εικόνα στα αριστερά απεικονίζεται η περιοχή μελέτης με κόκκινο παραλληλόγραμμο σε εικόνες Google Maps ενώ στην εικόνα στα δεξιά έχουν προστεθεί έγχρωμα σύνθετα από δορυφορικές σκηνές για κάθε path – row. Τα τελευταία είναι διαφορετικά μεταξύ τους ώστε να ξεχωρίζουν και να διακρίνεται το επικαλυπτόμενό τους τμήμα.



Σχήμα 3.1.1 Η περιοχή μελέτης ως το επικαλυπτόμενο τμήμα των διαδρομών 183 και 184 για τις σειρές 32, 33 και 34

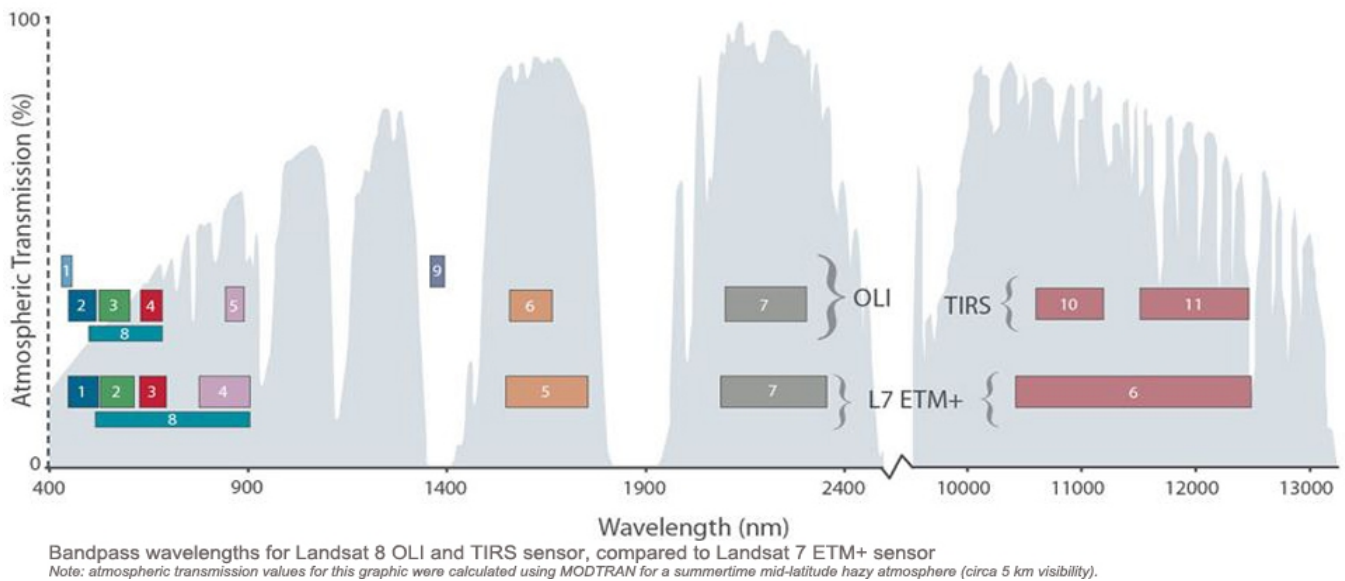
Τηλεπισκοπικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι δορυφορικές σκηνές που χρησιμοποιήθηκαν είναι από τον δορυφόρο Landsat 8. Πρόκειται για τον πιο σύγχρονο δορυφόρο της σειράς Landsat ο οποίος αποτελείται από δύο διαφορετικούς δέκτες, τον Operational Land Imager (OLI), ο οποίος περιλαμβάνει 9 κανάλια και τον Thermal Infrared Sensor (TIRS) με 2 κανάλια. Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα κανάλια με τα αντίστοιχα μήκη κύματος.

Band	Wavelength
Band 1 – coastal aerosol	0.43 - 0.45
Band 2 – blue	0.45 - 0.51
Band 3 - green	0.53 - 0.59
Band 4 - red	0.64 - 0.67
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85-0.88
Band 6 - Short-wave Infrared (SWIR) 1	1.57 - 1.65
Band 7 - Short-wave Infrared (SWIR) 2	2.11 - 2.29
Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68
Band 9 – Cirrus	1.36 - 1.38
Band 10 – TIRS 1	10.60 – 11.19
Band 11 – TIRS 2	11.5 - 12.51

Πίνακας 3.1.1 Κανάλια των δύο δεκτών του Landsat 8 και το φάσμα που αναλύει

Στο επόμενο διάγραμμα περιγράφεται η αντιστοιχία μεταξύ των καναλιών του Landsat 8 και του προηγούμενου δορυφόρου της σειράς αυτής, Landsat 7. Λόγω του ότι στην παρούσα εργασία θα μπορούσαν να είχαν συμπεριληφθεί τηλεπισκοπικά δεδομένα και από τον δορυφόρο Landsat 7 (πράγμα που δεν έγινε εν τέλη λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων που θα έπρεπε να επεξεργαστούν) αναγκαία ήταν η χρήση καναλιών και των δύο δορυφόρων τα οποία να είναι άμεσα συγκρίσιμα μεταξύ τους. Επομένως για τις δορυφορικές σκηνές του Landsat 8 χρησιμοποιήθηκαν τα κανάλια από Band 2 (Blue) μέχρι και Band 7 (SWIR 2). Τα συγκεκριμένα κανάλια του δέκτη OLI χαρακτηρίζονται από γεωμετρική ικανότητα 30m και όπως αναφέρθηκε η περίοδος επαναφοράς στο ίδιο σημείο είναι 16 ημέρες.



Διάγραμμα 3.1.1 Σύγκριση και αντιστοιχία των καναλιών του Landsat 7 και του Landsat 8

Τεχνικά χαρακτηριστικά των τηλεπισκοπικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν

Όσον αφορά τα προϊόντα που παραλαμβάνονται από τον Landsat 8, πρόκειται για συμπιεσμένα αρχεία της μορφής .tar.gz τα οποία συμπιεσμένα καταλαμβάνουν 1GB και ασυμπιεστα 2GB. Κάθε τέτοιο αρχείο δορυφορικής σκηνής περιέχει μία εικόνα 16-bit για κάθε κανάλι σε μορφή GeoTIFF το οποίο πρόκειται για το κλασικό μορφή TIFF αλλά περιέχει επιπλέον την απαραίτητη πληροφορία για γεωαναφορά της εικόνας στο παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα (WGS84) σε προβολικό σύστημα UTM. Εκτός από τις 16-bit εικόνες για κάθε κανάλι κάθε αρχείο περιέχει μία εικόνα 8-bit ως προς τον αλγόριθμο **cfmask** και μία ως προς τον αλγόριθμο cloud. Ο αλγόριθμος cfmask ταξινομεί τα εικονοστοιχεία κάθε δορυφορικής σκηνής σε 5 κατηγορίες δημιουργώντας μία εικόνα με 5 συνολικά διαφορετικές τιμές για ολόκληρη την δορυφορική σκηνή. Αυτές οι κατηγορίες διαχωρίζουν τα εικονοστοιχεία σε καθαρά από νέφη και σκιά (clear), εικονοστοιχεία σε νερό (water), εικονοστοιχεία σε σκιά νέφους (cloud shadow), εικονοστοιχεία σε πάγο/χιόνι (ice / snow) και εικονοστοιχεία σε νέφη (cloud). Στον πίνακα 3.2 αντιστοιχίζονται αυτές οι κατηγορίες με τις τιμές που έχουν στις εικόνες cfmask. Επίσης κάθε αρχείο δορυφορικής σκηνής περιλαμβάνει και ένα αρχείο τύπου xml το οποίο περιέχει όλα τα metadata για τα επιμέρους αρχεία-εικόνες.

cfmask value	meaning
'0'	clear land
'1'	water
'2'	cloud shadow
'3'	ice / snow
'4'	cloud

Πίνακας 3.1.2 Οι τιμές του αποτελέσματος του αλγορίθμου Fmask και η ποιοτική ερμηνεία τους

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα διπλωματική είναι δορυφορικές σκηνές της μορφής που περιγράφηκε παραπάνω τα οποία αναφέρονται στην ανακλαστικότητα εδάφους (Surface Reflectance). Η χρονοσειρά των δεδομένων καλύπτει το χρονικό διάστημα Απρίλιος του 2013 έως Ιούνιος του 2015.

3.2 Επιλογή των σημείων και των κατηγοριών κάλυψης γης

Σε αντίθεση με τις μέχρι τώρα συνήθεις πρακτικές σε αντίστοιχες έρευνες όπου χρησιμοποιούνται πολύγωνα περιοχών για κάθε κατηγορία κάλυψης/χρήσης γης στην συγκεκριμένη χρησιμοποιούνται μεμονωμένα σημεία. Κάθε μία από τις κατηγορίες οι οποίες έχουν ανιχνευτεί αντιπροσωπεύεται από το σύνολο των σημείων τα οποία με φωτοερμηνεία έχουν θεωρηθεί σε αυτήν. Στην παρούσα ενότητα αναλύεται ο τρόπος επιλογής των σημείων και των αντίστοιχων κατηγοριών κάλυψης γης στην οποία ανήκει το κάθε ένα.

Στην διαδικασία που περιγράφεται χρησιμοποιήθηκε το ελεύθερου και ανοικτού κώδικα λογισμικό QGIS. Σε αυτό δημιουργήθηκαν τα έγχρωμα σύνθετα από τις εικόνες – κανάλια των δορυφορικών σκηνών όπου στη συνέχεια με φωτοερμηνεία αυτών και των αντίστοιχων εικόνων από Google Maps επιλέχθηκαν τα σημεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν. Η δημιουργία έγχρωμου σύνθετου στο QGIS γίνεται μέσω του μενού *Raster/Miscellaneous/Build Virtual Raster* με το οποίο επιλέγονται τα αρχεία – εικόνες τα οποία το συνθέτουν. Για την επιλογή των σημείων χρησιμοποιήθηκαν έγχρωμα σύνθετα ίδιας ημερομηνίας και για τα τρία path – row καθώς και οι χάρτες Google Maps μέσω του QGIS από το μενού *Web/OpenLayers Plugin/Google Maps/ Google Satellite*. Η επιλογή των κατηγοριών κάλυψης/χρήσης γης έγινε σύμφωνα με την κωδικοποίηση του Corine Land Cover (Εικόνα 3.2.1).







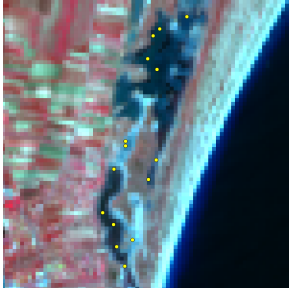

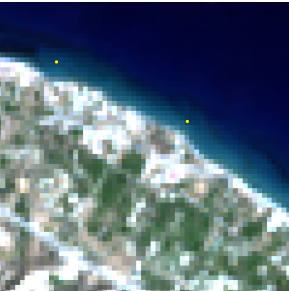
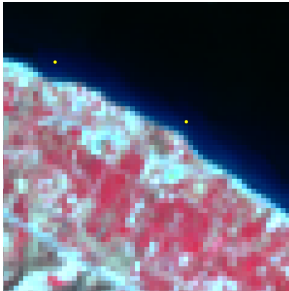
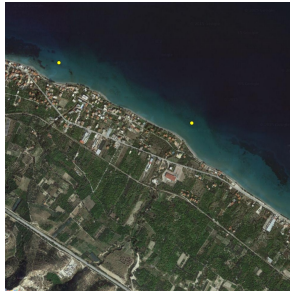

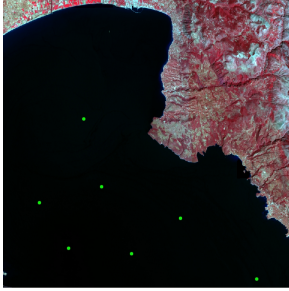
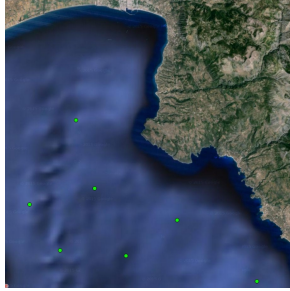
Εικόνα 3.2.1 Κατηγορίες κάλυψης/χρήσης γης του Corine Land Cover


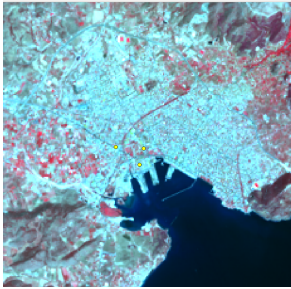
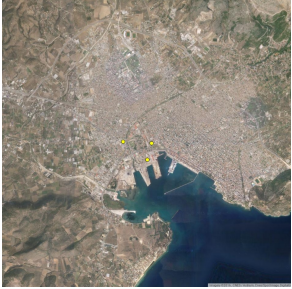
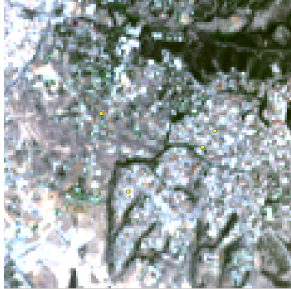
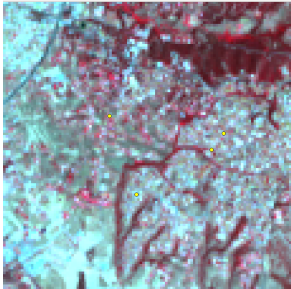
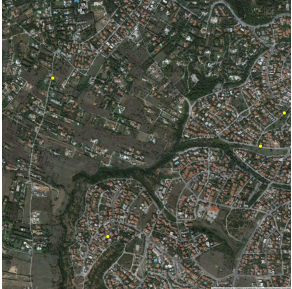

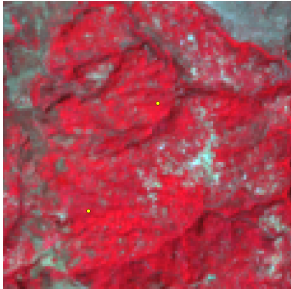
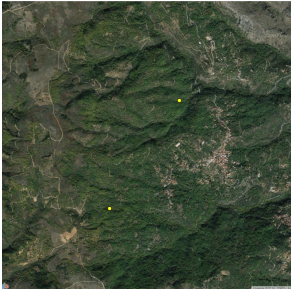
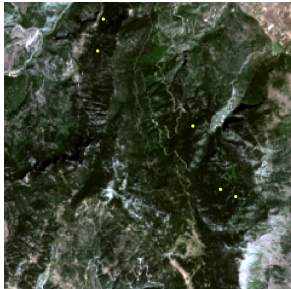
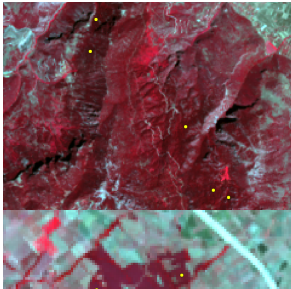
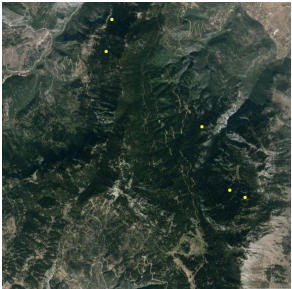

Στον πίνακα 3.2.1 παρουσιάζονται οι 19 υποκατηγορίες που ανιχνεύτηκαν κατά την επιλογή των αντίστοιχων σημείων και ομαδοποιούνται σε 6 κύριες κατηγορίες σύμφωνα με το Corine Land Cover. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι κατά την διαδικασία επιλογής των σημείων ανιχνεύτηκαν περισσότερες κατηγορίες οι οποίες εν τέλει δεν συμπεριλήφθηκαν στο τελικό αποτέλεσμα λόγω του περιορισμένου αριθμού σημείων που ανήκαν σε αυτές. Αυτό συνέβη καθώς η ανίχνευση τέτοιων κατηγοριών είναι πιο δύσκολη λόγω της σπάνιας εμφάνισής τους σε σχέση με τις υπόλοιπες. Για παράδειγμα όσον αφορά την κύρια κατηγορία Artificial Surfaces είχαν επιλεγθεί σημεία που ανήκουν στις κατηγορίες Αεροδρόμια, Χώροι Λιμένων, Λατομεία και Εργοτάξια. Τα σημεία που απαρτίζουν τις συγκεκριμένες κατηγορίες δεν είναι αρκετά για την περαιτέρω επεξεργασία που θα ακολουθήσει και για αυτό τον λόγο δεν χρησιμοποιήθηκαν. Με αυτή την διαλογή μεταξύ των κατηγοριών προκύπτουν αυτές που περιλαμβάνει ο παρακάτω πίνακας.

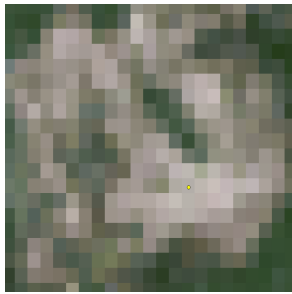
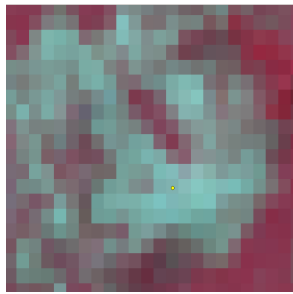


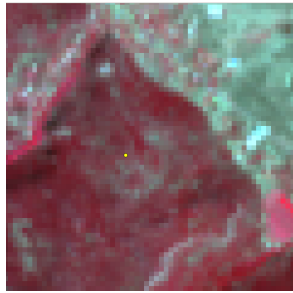

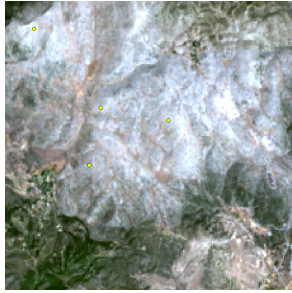
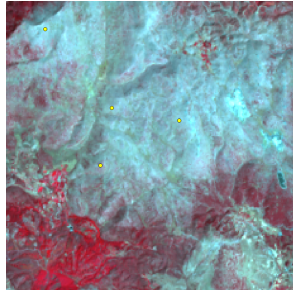
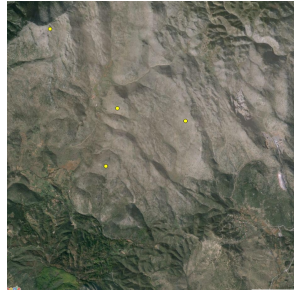
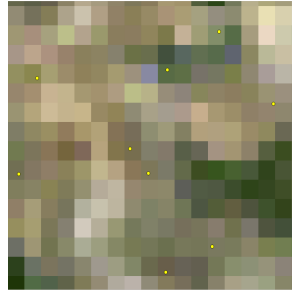
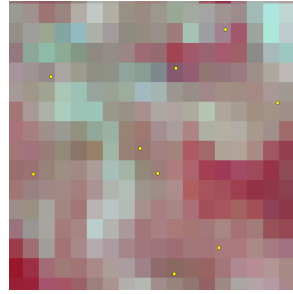

Κατηγορία	Υποκατηγορία
Wetlands	Inland Wetlands #1
	Inland Wetlands #2
Water Bodies	Coastal
	Marine Waters
Artificial Surfaces	Continuous Urban Fabric
	Discontinuous Urban Fabric
Forest	Broad Leaved Forest
	Coniferous Forest #1
	Coniferous Forest #2
Grassland and Shrubs	Natural Grassland
	Sclerophyllous Vegetation
	Bare Rocks
Agricultural Areas	Olive Grooves
	Permanently Irrigated Land #1
	Permanently Irrigated Land #2
	Non – Irrigated Land
	Vineyards
	Fruit Trees


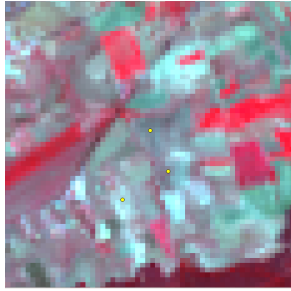
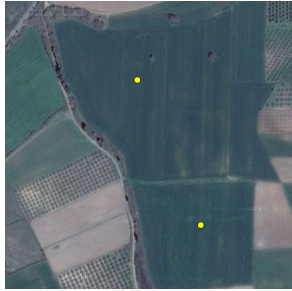

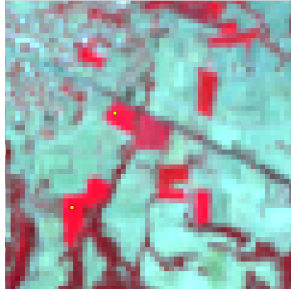


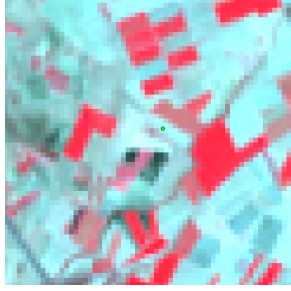


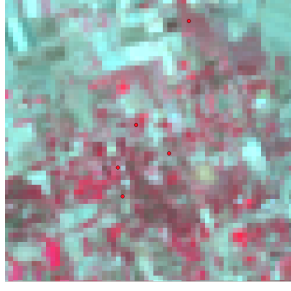


Πίνακας 3.2.1 Κύριες κατηγορίες και υποκατηγορίες που ανιχνεύθηκαν

Στο παρακάτω σχήμα (3.2.1) παρουσιάζονται παραδείγματα σημείων για κάθε κατηγορία που ανιχνεύτηκε ομαδοποιώντας τις υποκατηγορίες σε κύριες κατηγορίες προκειμένου να συγκριθούν οι υποκατηγορίες κάθε κύριας μεταξύ τους. Στα παραδείγματα που παρουσιάζονται για κάθε υποκατηγορία μπορούν να διακριθούν στις περισσότερες περιπτώσεις σημεία που έχουν παρθεί για τις συγκεκριμένες υποκατηγορίες. Σε κάποιες περιπτώσεις τα σημεία δεν είναι ευδιάκριτα καθώς η εστίαση είναι μικρότερη έτσι ώστε η εικόνα να περιλαμβάνει την ευρύτερη περιοχή της εικονιζόμενης υποκατηγορίας. Όσον αφορά τα παραδείγματα με εικόνες από Google Maps αυτά σε πολλές περιπτώσεις έχουν μεγαλύτερη εστίαση προκειμένου να διακρίνονται οι λεπτομέρειες και ιδιαιτερότητες κάθε υποκατηγορίας. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι στις περιπτώσεις των υποκατηγοριών οι οποίες χωρίζονται σε #1 και #2 π.χ. Inland Waters #1 και Inland Waters #2, ο διαχωρισμός πραγματοποιήθηκε μετά από την ανάλυση της αρχικά ενιαίας υποκατηγορίας. Η μεθοδολογία η οποία αναπτύχθηκε για αυτό αναλύεται στην ενότητα 3.4.

Κατηγορία	Υποκατηγορία	RGB 321	RGB 432	Google Maps
Wetlands	Inland Waters #1			
	Inland Waters #2			
Water Bodies	Coastal Wetlands			
	Marine Waters			

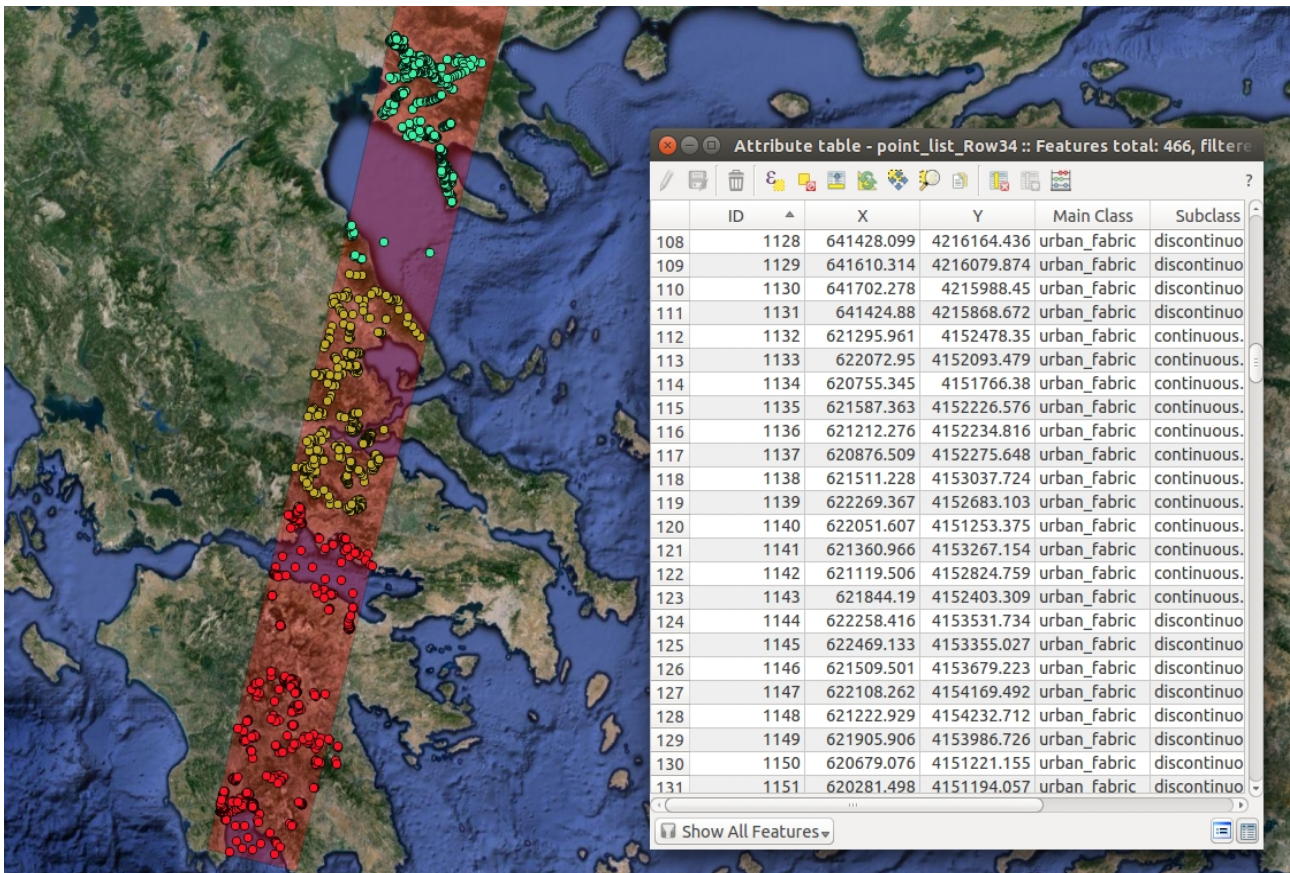
Artificial Surfaces	Continuous Urban Fabric			
	Discontinuous Urban Fabric			
Forest	Broad Leaved Forest			
	Coniferous Forest #1			
	Coniferous Forest #2			

Grassland and Shrubs	Natural Grassland			
	Sclerophyllous Vegetation			
	Bare Rocks			
Agricultural Areas	Olive Groves			

	<p>Permanently Irrigated Land #1</p>			
	<p>Permanently Irrigated Land #2</p>			
	<p>Non – Irrigated Land</p>			
	<p>Vineyards</p>			
	<p>Fruit trees</p>			

Σχήμα 3.2.1 Παραδείγματα σημείων για κάθε κατηγορία σε έγχρωμα σύνθετα RGB: 321 και 432 από εικόνες Landsat 8 και στιγμιότυπα από Google Maps

Στην εικόνα 3.2.2 παρουσιάζονται τα σημεία που έχουν επιλεγεί σε όλη την περιοχή μελέτης στο λογισμικό QGIS καθώς και ο πίνακας χαρακτηριστικών τους ο οποίος περιλαμβάνει πέρα από το ID και τις συντεταγμένες τους την κύρια αλλά και δευτερεύουσα κατηγορία κάθε σημείου. Τα σημεία της σειράς 32 φαίνονται με πράσινο χρώμα, με κίτρινο της σειράς 33 και με κόκκινο της σειράς 34. Πρόκειται για 1483 σημεία τα οποία έχουν επιλεγεί χειροκίνητα και τους έχει αποδοθεί ένας συγκεκριμένος κωδικός ο οποίος αντιστοιχεί στην υποκατηγορία που ανήκουν. Στη συνέχεια με βάση τον κωδικό τους ταξινομούνται στην αντίστοιχη υποκατηγορία και με βάση την τελευταία στην αντίστοιχη κύρια κατηγορία.



Εικόνα 3.2.2 Σύνολο των σημείων που έχουν επιλεγεί καθώς και ο πίνακας χαρακτηριστικών τους στο λογισμικό QGIS

3.3 Ανάπτυξη Αλγόριθμου Εξόρυξης Χρονοσειρών από Γεωχωρικές Βάσεις Δεδομένων

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται και αναλύεται ο κώδικας σε γλώσσες προγραμματισμού **C** και **Bash** μέσω του οποίου γίνεται εφικτή η επεξεργασία μεγάλου όγκου αρχείων από χρονοσειρές τηλεπισκοπικών δεδομένων καθώς και η άντληση δεδομένων χρονοσειρών για πλήθος σημείων. Κατά την περιγραφή αυτής της διαδικασίας αναλύεται η φύση και η μορφή των δεδομένων που αντλήθηκαν καθώς και ο τρόπος επιλογής των σημείων που χρησιμοποιήθηκαν.

Παρουσίαση του κώδικα και ανάλυση της λειτουργίας του σε αποσπάσματα

Χρησιμοποιώντας απλές εντολές σε γλώσσα προγραμματισμού **Bash** αναπτύχθηκαν τα απαραίτητα αρχεία κώδικα (scripts) μέσω των οποίων γίνεται η περιήγηση στο σύστημα οργάνωσης των φακέλων που περιέχουν τα αρχεία των δορυφορικών σκηνών που μελετώνται. Τα τηλεπισκοπικά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν βρίσκονται στον **server “Erato”** του εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. Στον server αυτό συλλέγονται, προεπεξεργάζονται και αρχειοθετούνται με αυτοματοποιημένες διαδικασίες τηλεπισκοπικά δεδομένα από διάφορους δορυφορικούς δέκτες. Η αρχειοθέτηση ακολουθεί σταθερό πρότυπο για όλα τα δεδομένα και γίνεται με βάση: τον δορυφόρο/ τις σταθερές εικόνες που συλλέγει αυτός/ το έτος λήψης/ το μήνα λήψης. Συνέπεια αυτού είναι να υπάρχει ένα μοναδικό path στο δίσκο του server για κάθε δορυφορική σκηνή που διαμορφώνεται ως εξής: **/data/Satellite/path_row/year/month/acquisition/ (εικόνες σε φορμάτ tiff που περιλαμβάνει κάθε αρχείο δορυφορικής σκηνής)**

Ο κώδικας που αναπτύχθηκε σχεδιάστηκε προσαρμοσμένος στην δενδρική μορφή οργάνωσης των δεδομένων η οποία φαίνεται παραπάνω. Στη συνέχεια παρατίθενται αποσπάσματα του κώδικα και περιγράφεται η δομή και η λειτουργία τους.

Αρχικός σκοπός του κώδικα είναι η δημιουργία ενός αρχείου κειμένου (*Images_Path.txt* στην προκειμένη περίπτωση) στο οποίο καταχωρούνται τα paths όλων των αρχείων δορυφορικών σκηνών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Έτσι στην συνέχεια χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο αρχείο σε επαναληπτική δομή οι διεργασίες που θα ακολουθήσουν θα γίνουν για κάθε ένα αρχείο δορυφορικής σκηνής του οποίου το path υπάρχει στο εν λόγω αρχείο κειμένου. Στο παρακάτω απόσπασμα κώδικα χρησιμοποιούνται 4 μεταβλητές, οι **y, j, i** και **k** με τις οποίες μέσω τριών εμφωλευμένων επαναληπτικών διαδικασιών τύπου **for** αποθηκεύεται το path κάθε δορυφορικής σκηνής στο αρχείο **Images_Path.txt** . Δίνοντας αρχικές τιμές στις μεταβλητές **Sat** και **Path_Row** επιλέγεται από ποιο δορυφόρο θα είναι οι εικόνες και για πιο path – row αντίστοιχα.

```
cd ./data1/$Sat
touch Images_Path.txt
```

```

for y in ./Path_Row/*; do
    for j in $y/*; do
        for i in $j/*; do
            k=$(echo $i | sed -r 's/^\{1\}/')
            echo "/server/data1/LC8$k" >> Images_Path.txt
        done
    done
done

```

Όλος ο υπόλοιπος κώδικας αναπτύσσεται μέσα στα όρια μιας επαναληπτικής διαδικασίας τύπου **while** όπως φαίνεται στο επόμενο απόσπασμα. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το αρχείο **Images_Path.txt** λειτουργεί ως δεδομένα εισόδου (input) για αυτή τη διαδικασία καθώς οι εντολές που περιλαμβάνονται μέσα στην δομή while επαναλαμβάνονται για όσο η μεταβλητή **i** (η οποία δεν συγχέεται με την μεταβλητή **i** του προηγούμενου αποσπάσματος) βρίσκει ένα ακόμη path εικόνας στο αρχείο κειμένου.

```

while read i; do
.
.
.
done < Images_Path.txt

```

Στην συνέχεια μέσα στην επαναληπτική δομή που φαίνεται παραπάνω με απλές εντολές διαχείρισης μεταβλητών κειμένου (strings) αντλούνται διάφορες πληροφορίες για κάθε αρχείο δορυφορικής εικόνας οι οποίες ενυπάρχουν στο όνομα του κάθε αρχείου. Αυτό είναι εφικτό και αποτελεσματικό καθώς διατηρείται σταθερό φορμάτ ονόματος για όλα τα αρχεία. Δίνεται για παράδειγμα το αρχείο με όνομα LC81830322014347-SC20150401092322. Στο πρώτο συνθετικό του ονόματος (μέχρι και πριν την παύλα) υπάρχουν όλες οι πληροφορίες για την προέλευση και την ημερομηνία λήψης της εν λόγω δορυφορικής εικόνας. Τα πρώτα 3 ψηφία αφορούν τον δορυφόρο όπου στην περίπτωση αυτή είναι LC8 άρα Landsat 8. Τα επόμενα 3 ψηφία αφορούν τον διάδρομό της (path) όπου στην προκειμένη περίπτωση είναι το path 183 και τα επόμενα 3 ψηφία αφορούν την σειρά (row), εδώ 032. Τα επόμενα 7 ψηφία είναι η ημερομηνία λήψης με τα πρώτα 4 να αφορούν το έτος, εδώ 2014, και τα επόμενα την ημέρα του χρόνου (Day of Year ή αλλιώς DOY), εδώ 347. Τα παραπάνω στοιχεία που εξάγονται από το όνομα του αρχείου εισάγονται σε μεταβλητές για να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα σημεία του κώδικα. Δίνεται παράδειγμα στο επόμενο απόσπασμα του πως υπολογίζεται ο μήνας στον οποίο λήφθηκε η δορυφορική εικόνα μέσω της DOY και ελέγχοντας αν πρόκειται για δίσεκτο έτος.

```

if (($year%4==0)) && ((year%100 != 0)) || (($year%400==0)); then
    leap=0
    if ((1<=$doy && $doy<=31)); then
        month=1
    elif ((32<=$doy && $doy<=59)); then
        month=2
        .
        .
    elif ((335<=$doy && $doy<=365)); then
        month=12
    fi
else
    leap=1

```

```

if ((1<=$doy && $doy<=31)); then
    month=1
elif ((32<=$doy && $doy<=60)); then
    month=2
.
.
.
elif ((336<=$doy && $doy<=366)); then
    month=12
fi
fi

```

Ακολουθεί η διαδικασία μετατροπής των 9 εικόνων που περιλαμβάνει κάθε αρχείο δορυφορικής σκηνής (7 κανάλια, εικόνα cfmask και εικόνα cloud) **από φορμάτ TIFF σε φορμάτ ers**. Αυτό γίνεται μέσω της βιβλιοθήκης GDAL και συγκεκριμένα μέσω της εντολής `gdal_translate`. Η μετατροπή των εικόνων σε φορμάτ ers είναι απαραίτητη προκειμένου να μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω με τον κώδικα τον οποίο αναπτύχθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού C. Μέσω του προτύπου ers η εικόνα μετατρέπεται σε δύο αρχεία. Το ένα από αυτά έχει κατάληξη `.ers` και περιέχει όλες τις πληροφορίες για την εικόνα ενώ το άλλο περιέχει όλες τις τιμές της εικόνας. Δίνεται παράδειγμα χρήσης της εντολής `gdal_translate` όπου μετατρέπεται η εικόνα για το κανάλι 1 από φορμάτ TIFF σε φορμάτ ers. Όπως φαίνεται στο απόσπασμα τα παράγωγα της μετατροπής μπαίνουν στην μεταβλητή **band1** και τους δίνεται νέο όνομα (`{band1}.nb1.ers`) προκειμένου να μεταφερθούν στη συνέχεια σε ξεχωριστό φάκελο ο οποίος δημιουργείται (**paragwga**) για να μην συγχέονται με τα αρχεία TIFF. Στον συγκεκριμένο φάκελο μπαίνουν τα αρχεία με κατάληξη `.ers` τα οποία περιλαμβάνουν τις πληροφορίες για τις εικόνες και τα αρχεία `.xml` τα οποία είναι αντίστοιχα αρχεία με metadata. Στον φάκελο **paragwga** δημιουργείται ο φάκελος **translated_bands** μέσα στον οποίο μεταφέρονται τα αρχεία εικόνων με τις τιμές τους που δημιουργήθηκαν από την `gdal_translate` εφόσον έχουν μπει σε ξεχωριστές μεταβλητές για να μεταφερθούν.

```

mkdir paragwga
band1=$(find -name "*band1.tif" ) && gdal_translate -q -of ERS $band1 ${band1}.nb1.ers
.
.
mv -t paragwga *.ers
mv -t paragwga *.aux.xml
cd ./paragwga
mkdir translated_bands
cd ..
trans_band1=$(find -name "*.nb1" )
.
.
mv -t ./paragwga/translated_bands $trans_band1 . . . $trans_band7 $trans_cfmask $trans_cloud

```

Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας εντολές διαχείρισης μεταβλητών κειμένου (strings) εξάγονται στοιχεία από τα αρχεία με κατάληξη `.ers` απαραίτητα για την περαιτέρω επεξεργασία της εικόνας. Τέτοια στοιχεία είναι ο αριθμός των σειρών (rows) και των στηλών (columns) που σχηματίζονται από τα εικονοστοιχεία κάθε εικόνας καθώς και οι συντεταγμένες του σημείου που βρίσκεται στην πάνω αριστερά γωνία της εικόνας. Γνωρίζοντας αυτά τα στοιχεία και τις πραγματικές διαστάσεις του εικονοστοιχείου (30m) μπορεί να υπολογιστεί η θέση οποιουδήποτε σημείου στην εικόνα. Παρουσιάζεται παράδειγμα από τις εντολές με τις οποίες αντλούνται τα στοιχεία αυτά από κάποια εικόνα `.ers`, στην περίπτωση αυτή από την **translated_cfmask_ers** για τις μεταβλητές **rows** και **cols**.

```
rows=$(grep NrOfLines $(basename "$stranlated_cfmask_ers") | grep -o "[0-9]" | tr -d '[:space:]')
```

```
cols=$(grep NrOfCellsPerLine $(basename "$stranlated_cfmask_ers") | grep -o "[0-9]" | tr -d '[:space:]')
```

Επίσης δίνεται τμήμα του αρχείου με κατάληξη .ers στο οποίο έχουν τονιστεί και υπογραμμιστεί τα στοιχεία τα οποία ψάχνουν οι δύο παραπάνω εντολές και τα αναθέτουν στις μεταβλητές **rows** και **cols**.

CoordinateSpace Begin

Datum = "WGS84"

Projection = "NUTM34"

CoordinateType= EN

Units = "METERS"

Rotation = 0:0:0.0

CoordinateSpace End

RasterInfo Begin

CellType = Unsigned8BitInteger

NrOfLines = 7721

NrOfCellsPerLine = 7591

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της γλώσσας προγραμματισμού Bash, η οποία είναι γλώσσα με την οποία συνθέτονται οι εντολές για την γραμμή εντολών (Command Line) των Linux είναι ότι μπορεί να καλέσει σαν συναρτήσεις ολόκληρα εκτελέσιμα προγράμματα γραμμένα σε διαφορετική γλώσσα (π.χ C). Στην περίπτωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκαν μικρά εκτελέσιμα προγράμματα σε γλώσσα προγραμματισμού C τα οποία χρησιμεύουν στην επεξεργασία εικόνας. Πιο συγκεκριμένα το πρώτο εκτελέσιμο πρόγραμμα που συναντάται στον κώδικα είναι το **cfmaskread.out** το οποίο καλείται από το κύριο script σε Bash και το αποτέλεσμά του (output) όπως φαίνεται στο απόσπασμα που ακολουθεί μεταβιβάζεται στην μεταβλητή **clear**.

```
clear=$(./cfmaskread.out $directory/$(basename -s .ers "$stranlated_cfmask_ers") "$rows" "$cols" "$bands")
```

Το συγκεκριμένο εκτελέσιμο αφορά την εικόνα cfmask κάθε δορυφορικής σκηνής η οποία όπως φαίνεται στο απόσπασμα παραπάνω είναι το αρχείο που διαβάζει. Τα επόμενα "arguments" που δέχεται το πρόγραμμα είναι οι γραμμές (**rows**), οι στήλες (**cols**) και τα κανάλια (**bands**) της εικόνας cfmask. Σημειώνεται ότι πάντα πρόκειται για ένα κανάλι όσον αφορά την cfmask εικόνα.

Λειτουργία του είναι η προσπέλαση όλων των εικονοστοιχείων της εικόνας και η δημιουργία μετρητών ως προς τις τιμές που εμφανίζει κάθε εικονοστοιχείο. Όπως έχει αναφερθεί η εικόνα cfmask περιέχει πέντε συγκεκριμένες τιμές, μία για κάθε κατηγορία cfmask. Στη συνέχεια υπολογίζεται το ποσοστό των καθαρών από νέφη, νεφοσκίαση και πάγο εικονοστοιχείων το οποίο είναι και η έξοδος (output) του προγράμματος. Στο απόσπασμα κώδικα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η προσπέλαση των εικονοστοιχείων της εικόνας σε μορφή .ers καθώς και ο υπολογισμός του ποσοστού των καθαρών εξ αυτών. Σημειώνεται ότι ο μετρητής **cnt_fill** αναφέρεται στα σημεία τα οποία δεν έχουν ταξινομηθεί σε καμία από τις κατηγορίες του αλγόριθμου cfmask και τους έχει δοθεί η τιμή 255.


```

for (i=0; i<rows; i++){
  for (j=0; j<cols; j++){
    if ((int)image [ i*cols + j ]==0)
      cnt_a++;
    else if ((int)image [ i*cols + j ]==1)
      cnt_b++;
    else if ((int)image [ i*cols + j ]==2)
      cnt_c++;
    else if ((int)image [ i*cols + j ]==3)
      cnt_d++;
    else if ((int)image [ i*cols + j ]==4)
      cnt_e++;
    else
      cnt_fill++;
  }
}
sum=cnt_a + cnt_b + cnt_c + cnt_d + cnt_e + cnt_fill;
if (sum==(rows*cols)) {
  clearP=cnt_a + cnt_b;
  clear_perc=(100*(float)clearP)/((float)sum-(float)cnt_fill);
  if (clear_perc>=60){
    clear_images++;
  }
  printf("\t%.1f\n",clear_perc);
}

```

Στην παράγραφο που ακολουθεί αναλύεται ο σκοπός των επόμενων αποσπασμάτων του κώδικα και ανακεφαλαιώνεται η λειτουργία του μέχρι τώρα κώδικα προκειμένου να γίνει σαφής.

Σκοπός της όλης διαδικασίας είναι να καταστρωθεί κώδικας μέσω του οποίου για κάθε δορυφορική σκηνή θα συλλέγονται τα στοιχεία που έχουν παρουσιαστεί μέχρι τώρα (πληροφορίες για δορυφόρο, ημερομηνία, ποσοστό καθαρών εικονοστοιχείων). Στη συνέχεια δοσμένης μία λίστας σημείων τα οποία έχουν επιλεγεί θα ανατρέχει στις θέσεις τους σε όλες τις εικόνες κάθε δορυφορικής σκηνής (9 εικόνες συνολικά για τα 7 κανάλια, cfmask εικόνα και cloud εικόνα) και διαβάζοντας την τιμή του εικονοστοιχείου στη συγκεκριμένη θέση (κάθε σημείο) θα καταχωρεί την τιμή σε μία μεταβλητή. Οι τιμές που συλλέγονται και από τις 9 εικόνες σε μεταβλητές καθώς και τα προηγούμενα στοιχεία που αναφέρθηκαν καταχωρούνται σε μία γραμμή αρχείου τύπου **CSV** (Comma Separated Values) το οποίο θα αποτελεί το αποτέλεσμα της όλης διαδικασίας όταν ολοκληρωθεί. Κάθε γραμμή στο αρχείο CSV αποτελεί μία καταγραφή για το συγκεκριμένο σημείο καθώς περιλαμβάνει τις τιμές του σημείου σε όλα τα κανάλια και τις εικόνες cfmask και cloud για την συγκεκριμένη δορυφορική σκηνή. Περεταίρω θα αναλυθεί το αρχείο CSV κατά την ανάλυση της δομής των δεδομένων. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλα τα σημεία που έχουν επιλεγεί για κάθε path – row και για το σύνολο της χρονοσειράς δορυφορικών σκηνών που ορίζονται από το χρονικό διάστημα Απρίλιος του 2013 έως Ιούνιος του 2015.

Όλα τα επόμενα αποσπάσματα κώδικα που θα περιλαμβάνει το κύριο πρόγραμμα σε Bash βρίσκονται μέσα σε μία επαναληπτική δομή τύπου **while** η οποία δέχεται σαν δεδομένα εισόδου τα περιεχόμενα της λίστας σημείων (**coord_list.txt**) η οποία αναφέρθηκε παραπάνω. Η επαναληπτική δομή έρχεται σε πέρας όταν διαβαστούν όλα τα σημεία (**line**) του αρχείου .txt και εκτελεστούν οι εντολές που περιλαμβάνει και για το τελευταίο.

```
while read line
do
.
.
.
done < coord_list.txt
```

Όπως φαίνεται στο παραπάνω απόσπασμα κάθε σημείο αποτελεί μία γραμμή στο αρχείο **coord_list.txt** η μορφή του οποίου φαίνεται στο τμήμα του που ακολουθεί. Τα αρχεία αυτά μπορούν να εισαχθούν και σε μορφή CSV με τις κατάλληλες μετατροπές σε αυτά και στον κώδικα. Η πρώτη στήλη όπως φαίνεται αφορά το όνομα του σημείου και οι επόμενες δύο τις συντεταγμένες του.

ID	X	Y
1	692894.717	4402053.531
2	667593.733	4407001.849
3	649808.733	4410294.561

Στο επόμενο απόσπασμα φαίνεται με ποιον τρόπο εξάγονται οι πληροφορίες από το αρχείο **coord_list.txt** και μεταβιβάζονται στις μεταβλητές. Κάθε γραμμή (σημείο) του αρχείου μεταβιβάζεται στον μονοδιάστατο πίνακα **arr** και στη συνέχεια από εκεί δίνεται σε κάθε μεταβλητή η αντίστοιχη τιμή.

```
declare -a arr
arr=($line)
N=1
PixID=${arr[$N-1]}
N=2
X=${arr[$N-1]}
N=3
Y=${arr[$N-1]}
```

Σειρά έχει η δήλωση του πίνακα (**pix**) στον οποίο θα αποθηκεύονται τα στοιχεία από την εικόνα που θα επεξεργαστεί. Η μεταβλητή **n** η οποία φαίνεται μετά την δήλωση του πίνακα και αρχικοποιείται με την τιμή 0 πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης για την θέση των σημείων στον πίνακα **pix**. Ακολουθεί η αλλαγή στον **directory** με την ομώνυμη μεταβλητή στον οποίο βρίσκονται τα εκτελέσιμα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στις επόμενες εντολές.

```
declare -a pix
n=0
cd $directory
```

Εφόσον γίνουν τα παραπάνω ακολουθεί το σημαντικότερο τμήμα του κώδικα το οποίο αφορά στην ανάγνωση των τιμών του εικονοστοιχείου για κάθε εικόνα της δορυφορικής σκηνής στη θέση που ορίζει κάθε σημείο της λίστας και η καταχώρισή τους στις καθορισμένες θέσεις του πίνακα **pix**. Όπως φαίνεται στο επόμενο απόσπασμα οι εντολές περικλείονται σε μία επαναληπτική δομή τύπου **for** προκειμένου η

διαδικασία να επαναληφθεί για όλες τις εικόνες που περιλαμβάνει ο φάκελος *translated_bands*. Ο τελευταίος περιλαμβάνει τις αρχεία με τις τιμές των μεταφρασμένων σε πρότυπο .ers εικόνων και σε αυτό το σημείο φαίνεται η χρησιμότητα της μεταφοράς τους σε ένα ξεχωριστό φάκελο. Ακολουθεί μία δομή if με την οποία ελέγχεται αν η εικόνα που πρόκειται να επεξεργαστεί αφορά κάποιο από τα κανάλια είτε είναι εικόνα cfmask ή cloud. Αυτό καθώς όπως έχει αναφερθεί οι εικόνες που αφορούν τα κανάλια είναι 16-bit ενώ οι άλλες 8-bit επομένως χρειάζεται λίγο διαφορετικός κώδικας για τις δύο περιπτώσεις. Όπως φαίνεται στις δύο περιπτώσεις καλείται κάθε φορά από ένα εκτελέσιμο πρόγραμμα, ένα για τις 8-bit και ένα για τις 16-bit, οι έξοδοι των οποίων μεταβιβάζονται στην εκάστοτε θέση του πίνακα *pix[\$n]*.

```
for k in translated_bands/*; do
    if [[ "$k" == *cfmask* || "$k" == *cloud* ]]; then
        pix[$n]=$(./pixel_val8bit.out $directory/$k "$rows" "$cols" "$eastings" "$northings"
"$X" "$Y")
    else
        pix[$n]=$(./pixel_val.out $directory/$k "$rows" "$cols" "$eastings" "$northings" "$X"
"$Y")
    fi
    n=$((n+1))
done
```

Ακολουθεί η παρουσίαση και ανάλυση τμήματος του εκτελέσιμου *pixel_val.out* το οποίο αφορά τις εικόνες 16-bit. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται και οι συγκεκριμένες εντολές είναι αρκετά απλές. Όπως φαίνεται στις πρώτες 6 γραμμές οι μεταβλητές παίρνουν τιμές από τα "arguments" τα οποία ακολουθούν την κλήση του εκτελέσιμου στο προηγούμενο απόσπασμα. Πρόκειται για μεταβλητές οι οποίες έχουν υπολογιστεί προηγουμένως και αφορούν τα μεγέθη της υπό επεξεργασία εικόνας και τις συντεταγμένες του εκάστοτε σημείου. Στις επόμενες 5 γραμμές κώδικα γίνονται οι απαραίτητοι υπολογισμοί προκειμένου να υπολογιστεί η θέση του σημείου στην εικόνα. Συγκεκριμένα η μεταβλητή *offset* ισούται με τον αριθμό των εικονοστοιχείων τα οποία πρέπει να προσπελαστούν για να φτάσουμε στο εκάστοτε σημείο. Στη συνέχεια μέσω της εντολής *fseek* γίνεται η μεταβίβαση στο συγκεκριμένο εικονοστοιχείο, μέσω της *fread* διαβάζεται η τιμή του και με την *printf* μεταβιβάζεται ως έξοδος του εκτελέσιμου στην αντίστοιχη θέση του πίνακα *pix[\$n]* ανάλογα με την τιμή της μεταβλητής n. Σημαντική λεπτομέρεια είναι η επιλογή της τιμής 2 η οποία έχει τονιστεί στις εντολές *fseek* και *fread* καθώς αυτό κάνει κατάλληλο τον κώδικα για εικόνες 16-bit. Πρόκειται για τις θέσεις μνήμης που καταλαμβάνει κάθε εικονοστοιχείο μιάς 16-bit εικόνας ενώ στο αντίστοιχο εκτελέσιμο για εικόνες 8-bit η τιμή αυτή είναι 1 εφόσον κάθε εικονοστοιχείο τους καταλαμβάνει μία θέση μνήμης. Αυτή είναι και η μόνη διαφορά μεταξύ των δύο εκτελέσιμων προγραμμάτων τα οποία καλούνται όπως φαίνεται στο προηγούμενο απόσπασμα.

```
rows=atoi(argv[2]);
cols=atoi(argv[3]);
eastings=atoi(argv[4]);
northings=atoi(argv[5]);
X=atoi(argv[6]);
Y=atoi(argv[7]);

DX=X-eastings;
DY=northings-Y;
DXpix=(DX/30);
```

```

DYpix=(DY/30);
offset=((DYpix)*cols) + DXpix;

if (fseek(fp, offset*2, SEEK_SET)==0){

    fread(&image,2,1,fp);
    printf("%u\n", (int)image);
}

```

Μετά από την κλήση του εκτελέσιμου προγράμματος που περιγράφηκε παραπάνω σειρά έχει η καταχώρηση των τιμών όλων των μεταβλητών που ενδιαφέρουν για το αποτέλεσμα στο τελικό αρχείο τύπου CSV. Αυτό γίνεται με τις παρακάτω εντολές ενώ έχει προηγηθεί η δημιουργία του τελικού αρχείου αποτελέσματος (**RESULT.csv**) καθώς και η επικεφαλίδα του η οποία δείχνει τι στοιχεία περιέχει η κάθε στήλη. Σημειώνεται ότι η δημιουργία του συγκεκριμένου αρχείου γίνεται εκτός της επαναληπτικής διαδικασίας η οποία περιλαμβάνει το σύνολο των εντολών καθώς το αρχείο αφορά το σύνολο των σημείων και το σύνολο των εικόνων κάθε που ανήκουν σε κάθε path – row. Πιο συγκεκριμένα, καθώς αναφερόμαστε στο επικαλυπτόμενο τμήμα των δύο path 183 και 184 πρόκειται για τρία διαφορετικά αρχεία τύπου **RESULT.csv**, ένα για κάθε row (32, 33 και 34). Ακολουθεί η εντολή με την οποία δημιουργείται το αρχείο και του αποδίδεται η επικεφαλίδα.

```

echo PixID ,ID ,SENSOR ,PATH ,ROW ,year ,month ,doy ,%CLEAR, cfmask, cloud, band1, band2, band3,
band4, band5, band6, band7 ,X ,Y > RESULT.csv
.
.
.

if [[ "$id" == *"LC8"* ]]; then

    echo $PixID,$id,$satellite_name,$Path,$Row,$year,$month,$doy,$clear,{pix[0]},{pix[8]},{
pix[2]},{pix[3]},{pix[4]},{pix[5]},{pix[6]},{-},{pix[7]},{X,$Y >> RESULT.csv
else
    echo $PixID,$id,$satellite_name,$Path,$Row,$year,$month,$doy,$clear,{pix[0]},{pix[7]},{
pix[1]},{pix[2]},{pix[3]},{pix[4]},{pix[5]},{-},{pix[6]},{X,$Y >> RESULT.csv
fi

```

Όπως παρατηρείται στις παραπάνω εντολές ελέγχεται αν ο δορυφόρος από τον οποίο προέρχεται η δορυφορική σκηνή είναι ο Landsat 8 ή κάποιος άλλος από τη σειρά Landsat. Αυτό δίνει την δυνατότητα επεξεργασίας εικόνων όχι μόνο από τον Landsat 8 αλλά και από τους προηγούμενους του (Landsat 7, 5, 4). Ο λόγος που γίνεται διαχωρισμός έγκειται στην ανάγκη άμεσα συγκρίσιμων καναλιών στην περίπτωση που θα χρησιμοποιούνταν εικόνες και από προηγούμενους δορυφόρους. Για παράδειγμα στον Landsat 7 το κανάλι 6 αναφέρεται στο θερμικό κανάλι του δορυφόρου και αντίστοιχα στον Landsat 8 το κανάλι 2 αντιστοιχεί στο κανάλι 1 του Landsat 7. Επομένως με τον διαχωρισμό που γίνεται αντιστοιχίζονται τα κανάλια μεταξύ τους προκειμένου να αναφέρονται σε ίδια μήκη κύματος.

Ακολουθεί τμήμα ενός από τα αρχεία **RESULT.csv** στο οποίο στο οποίο απεικονίζονται όλες οι καταγραφές του σημείου με “PixID” 1 για το path – row: 183 – 32 εφόσον έχει γίνει ταξινόμηση του αρχείου ως προς το όνομα των σημείων.

PixelID	ID	SENSOR	PATH	ROW	year	month	day	%CLEAR	cfmask	cloud	band1	band2	band3	band4	band5	band6	band7	Main Class	Subclass	X	Y
1	43360-SC20	LC8	183	32	2013	12	360	26.2	0	132	5360	5218	5236	5294	4610	-	3763	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43120-SC20	LC8	183	32	2013	4	120	99	1	128	475	305	224	180	127	-	100	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43152-SC20	LC8	183	32	2013	5	152	99.2	1	128	350	208	154	139	129	-	107	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43184-SC20	LC8	183	32	2013	7	184	84.7	1	128	398	215	124	71	28	-	16	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43200-SC20	LC8	183	32	2013	7	200	88.8	1	128	381	200	118	64	21	-	13	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43216-SC20	LC8	183	32	2013	8	216	98	1	128	515	330	253	213	149	-	125	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43232-SC20	LC8	183	32	2013	8	232	93.4	1	128	485	294	201	133	58	-	37	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43248-SC20	LC8	183	32	2013	9	248	88	1	128	340	186	115	84	54	-	43	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43264-SC20	LC8	183	32	2013	10	264	99.8	1	128	463	271	171	104	36	-	22	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43312-SC20	LC8	183	32	2013	11	312	92.7	1	128	255	87	20	8	1	-	3	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43344-SC20	LC8	183	32	2013	12	344	31.6	1	128	517	337	240	180	131	-	108	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44075-SC20	LC8	183	32	2014	3	75	46.2	1	128	690	544	468	386	259	-	205	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44091-SC20	LC8	183	32	2014	3	91	60.2	1	130	728	520	400	297	157	-	112	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44107-SC20	LC8	183	32	2014	4	107	24.1	1	128	449	283	216	190	154	-	133	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44171-SC20	LC8	183	32	2014	6	171	70.9	1	128	510	369	321	306	274	-	233	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44187-SC20	LC8	183	32	2014	7	187	85.3	1	128	490	340	267	228	174	-	143	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44203-SC20	LC8	183	32	2014	7	203	85	1	132	746	623	535	466	346	-	292	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44219-SC20	LC8	183	32	2014	8	219	34.8	1	128	476	286	196	157	102	-	80	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44235-SC20	LC8	183	32	2014	8	235	97.5	1	128	399	225	147	100	54	-	35	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44251-SC20	LC8	183	32	2014	9	251	85.9	1	128	410	235	152	102	64	-	49	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44267-SC20	LC8	183	32	2014	9	267	67.3	1	128	420	252	190	158	118	-	104	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44283-SC20	LC8	183	32	2014	10	283	88.5	1	128	544	343	231	152	72	-	45	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44347-SC20	LC8	183	32	2014	12	347	82.8	1	128	505	314	206	115	42	-	19	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44363-SC20	LC8	183	32	2014	12	363	69.6	1	128	438	295	206	153	102	-	84	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	45014-SC20	LC8	183	32	2015	1	14	99.3	1	128	457	282	169	94	36	-	11	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	45046-SC20	LC8	183	32	2015	2	46	71.4	1	128	506	324	213	133	57	-	42	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	45078-SC20	LC8	183	32	2015	3	78	38.2	1	128	516	336	226	129	41	-	21	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	45094-SC20	LC8	183	32	2015	4	94	97.3	1	128	289	173	106	77	71	-	55	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	45126-SC20	LC8	183	32	2015	5	126	99.6	1	128	393	299	163	102	64	-	47	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44011-SC20	LC8	183	32	2014	1	11	44.4	2	136	623	428	319	214	118	-	84	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44139-SC20	LC8	183	32	2014	5	139	51	2	140	598	407	320	285	229	-	193	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43104-SC20	LC8	183	32	2013	4	104	6.9	4	131	10459	10960	11048	10781	3259	-	3626	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43136-SC20	LC8	183	32	2013	5	136	10.5	4	131	4680	5064	5015	4979	4681	-	3809	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43280-SC20	LC8	183	32	2013	10	280	57.2	4	131	5984	6214	6245	6350	5763	-	5001	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	43296-SC20	LC8	183	32	2013	11	328	0	4	131	6722	6592	6539	6410	2764	-	3058	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44027-SC20	LC8	183	32	2014	1	27	0	4	130	4242	4165	4073	4018	3591	-	2881	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44045-SC20	LC8	183	32	2014	2	43	45.8	4	131	5280	5387	5556	5797	5724	-	5371	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44059-SC20	LC8	183	32	2014	2	59	0	4	131	6535	6394	6432	6433	2754	-	3052	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44123-SC20	LC8	183	32	2014	5	123	0	4	131	5786	5643	5632	5568	2403	-	2730	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44155-SC20	LC8	183	32	2014	6	155	0	4	130	8092	8323	8517	8733	5832	-	3984	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44315-SC20	LC8	183	32	2014	11	315	0	4	130	3666	2933	2861	2853	1964	-	1730	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	44331-SC20	LC8	183	32	2014	11	331	0	4	131	10288	10415	10627	10823	6862	-	5470	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53
1	45030-SC20	LC8	183	32	2015	1	30	0	4	131	7918	7795	7791	7640	3651	-	3998	wetlands	water_bodies	692894.717	4402053.53

Εικόνα 3.3.1 Απόσπασμα του αρχείου RESULT.csv από το path – row 183 – 32

3.4 Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων

Στην ενότητα αυτή αναλύεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την επεξεργασία και ανάλυση του όγκου των αρχικών δεδομένων που παρήχθησαν. Ως αρχικά δεδομένα θεωρούνται τα τρία αρχεία RESULT.csv, ένα για κάθε σειρά (rows 32, 33 και 34). Αυτά αποτελούν το αποτέλεσμα του κώδικα που αναπτύχθηκε και διατρήχτηκε για την χρονοσειρά των δορυφορικών σκηνών Landsat 8 από Απρίλιο του 2013 έως Ιούνιο του 2015. Απόσπασμα τέτοιου αρχείου παρατίθεται στην ενότητα 3.3 στην εικόνα 3.3.1.

Για την επεξεργασία των δεδομένων, εξαγωγή στατιστικών στοιχείων και δημιουργία διαγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε κατά κύριο λόγο το λογισμικό LibreOffice Calc. Εξαιρετική αποτελεί η δημιουργία ενός συγκεκριμένου τύπου διαγράμματος, η πολυπλοκότητα του οποίου οδήγησε στην ανάπτυξη κώδικα στο λογισμικό Matlab για την επίτευξή του.

Αρχικά τα δεδομένα κάθε αρχείου RESULT.csv ταξινομούνται ως προς την κύρια κατηγορία προκειμένου να διαχωριστούν και να δημιουργηθούν 6 διαφορετικά αρχεία τύπου **ods** (Open Document Spreadsheet), ένα για κάθε κατηγορία. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται σε κάθε ένα από τα αρχεία κύριας κατηγορίας με ταξινόμηση αυτή τη φορά ως προς την υποκατηγορία προκειμένου να διαχωριστούν δημιουργώντας ένα αρχείο τύπου ods για κάθε μία. Στη συνέχεια τα δεδομένα κάθε αρχείου υποκατηγορίας ταξινομούνται ως προς την στήλη PixID, δηλαδή ως προς το όνομα κάθε σημείου, προκειμένου να διαχωριστούν στην συνέχεια δημιουργώντας μέσα στο αρχείο υποκατηγορίας ένα ξεχωριστό υπολογιστικό φύλλο (spreadsheet) με τα δεδομένα κάθε σημείου. Σε κάθε ξεχωριστό φύλλο σημείου δημιουργείται ένας πίνακας όμοιος με αυτόν που παρουσιάζεται παρακάτω (Πίνακας 3.4.1) στον οποίο μέσω της εντολής *COUNTIF* καταμετρούνται οι καταγραφές του σημείου ανά κατηγορία cfmask.

id	total	Cfmask '0'	Cfmask '1'	Cfmask '2'	Cfmask '3'	Cfmask '4'
1158	85	52	0	2	1	30

Πίνακας 3.4.1 Υπολογισμός στατιστικών στοιχείων του σημείου '1158' ως προς τις κατηγορίες cfmask

Στη συνέχεια στο αρχείο της υποκατηγορίας δημιουργείται ακόμα ένα υπολογιστικό φύλλο (spreadsheet) στο οποίο συγκεντρώνονται τα στατιστικά στοιχεία όλων των σημείων που απαρτίζουν την υποκατηγορία όπως αυτά υπολογίζονται σε κάθε φύλλο σημείου με βάση τον πίνακα αντίστοιχο πίνακα 3.4.1 που υπάρχει σε κάθε ένα. Απόσπασμα ενός τέτοιου φύλλου παρουσιάζεται στον πίνακα 3.4.2 όπου φαίνεται ο υπολογισμός του ποσοστού των καταγραφών (entries) ανά κατηγορία cfmask για κάθε σημείο. Χρησιμότητα του συγκεκριμένου φύλλου είναι η συγκέντρωση των στατιστικών στοιχείων για κάθε σημείο προκειμένου να συγκριθεί η εικόνα του καθενός με το σύνολό τους ως προς τα ποσοστά καταγραφών ανά κατηγορία cfmask.

point id	entries	Cfmask '0'	Cfmask '1'	Cfmask '2'	Cfmask '3'	Cfmask '4'	% '0'	% '1'	% '2'	% '3'	% '4'
1158	85	52	0	2	1	30	61,18	0,00	2,35	1,18	35,29
1159	85	51	0	2	1	31	60,00	0,00	2,35	1,18	36,47
1160	85	53	0	3	1	28	62,35	0,00	3,53	1,18	32,94
1161	85	52	0	2	1	30	61,18	0,00	2,35	1,18	35,29
1162	85	52	0	4	1	28	61,18	0,00	4,71	1,18	32,94
1163	85	52	0	3	0	30	61,18	0,00	3,53	0,00	35,29
1164	85	58	1	3	1	22	68,24	1,18	3,53	1,18	25,88
1165	85	59	0	2	1	23	69,41	0,00	2,35	1,18	27,06
1166	85	59	0	3	1	22	69,41	0,00	3,53	1,18	25,88
1167	85	59	0	3	1	22	69,41	0,00	3,53	1,18	25,88
1168	85	60	0	3	1	21	70,59	0,00	3,53	1,18	24,71
1169	85	59	0	4	1	21	69,41	0,00	4,71	1,18	24,71

Πίνακας 3.4.2 Απόσπασμα από υπολογιστικό φύλλο στο οποίο συγκεντρώνονται τα στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για όλα τα σημεία της υποκατηγορίας και υπολογίζονται τα αντίστοιχα ποσοστά τους

Με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω υπολογίζονται στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για κάθε σημείο κάθε υποκατηγορίας. Για τον υπολογισμό των αντίστοιχων στατιστικών στοιχείων σε επίπεδο υποκατηγορίας αλλά και κύριας κατηγορίας δημιουργούνται πίνακες παράδειγμα των οποίων παρουσιάζεται στον πίνακα 3.4.3. Σε αυτούς καταγράφονται τα σύνολα των καταγραφών ανά κατηγορία cfmask και ανά σειρά (row) της περιοχής μελέτης όπως έχουν υπολογιστεί ταξινομώντας τα δεδομένα κάθε υποκατηγορίας με πρωτεύον κλειδί την σειρά και δευτερεύον την τιμή της κατηγορίας cfmask. Από τα σύνολα των καταγραφών για κάθε κατηγορία cfmask σε σχέση με το σύνολο των καταγραφών που περιλαμβάνει κάθε υποκατηγορία υπολογίζονται τα αντίστοιχα ποσοστά. Ακόμη στον πίνακα αυτόν αναγράφεται το σύνολο των σημείων που περιλαμβάνει η υποκατηγορία. Το παράδειγμα που ακολουθεί αφορά την υποκατηγορία 'Δάσος Πλατύφυλλων' η οποία όπως φαίνεται απαρτίζεται από 144 σημεία τα οποία δίνουν συνολικά 12,380 καταγραφές. Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται για τον υπολογισμό αυτών των στοιχείων σε επίπεδο κύριας κατηγορίας.

Broadleaved Forest					
Landsat Images					
Cfmask Categories	R32	R33	R34	Total	Percentage
clear land	1,919	3,258	1,168	6,345	51%
water	9	42	19	70	1%
cloud shadow	180	272	78	530	4%
snow / ice	63	46	6	115	1%
cloud	1,733	2,716	871	5,320	43%
Total	3,904	6,334	2,142	12,380	100%
Total Points	144				

Πίνακας 3.4.3 Υπολογισμός στατιστικών στοιχείων ως προς τις κατηγορίες cfmask σε επίπεδο υποκατηγορίας.

Η περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων αφορά τις καταγραφές που ανήκουν στις κατηγορίες cfmask 'clear land' και 'water' για τις αντίστοιχες κατηγορίες ξηράς και υδάτων. Οι υπόλοιπες καταγραφές αφορούν σύμφωνα με την cfmask εικονοστοιχεία των οποίων οι τιμές στα διάφορα κανάλια έχουν επηρεαστεί από την ύπαρξη σύννεφου, σκιάς ή πάγου επομένως δεν είναι κατάλληλα για να δώσουν πληροφορία για το σημείο.

Για την απομόνωση των καταγραφών που ενδιαφέρουν όπως περιγράφηκε παραπάνω, για κάθε υποκατηγορία δημιουργείται νέο αρχείο το οποίο περιέχει μόνο τις “καθαρές” καταγραφές που ανήκουν στις συγκεκριμένες κατηγορίες cfmask. Αυτό γίνεται ταξινομώντας τα δεδομένα ως προς την τιμή cfmask τόσο στο υπολογιστικό φύλλο που αφορά το σύνολο των δεδομένων κάθε υποκατηγορίας όσο και στα φύλλα τα οποία αφορούν κάθε σημείο ξεχωριστά. Στο νέο αρχείο της υποκατηγορίας το οποίο περιέχει μόνο τις καθαρές καταγραφές σε κάθε υπολογιστικό φύλλο το οποίο αφορά τις καταγραφές **ενός σημείου** δημιουργείται πίνακας όμοιος με τον παρακάτω (Πίνακας 3.4.4) στον οποίο υπολογίζονται ο **μέσος όρος** και η **τυπική απόκλιση** των τιμών των καταγραφών **ανά κανάλι**.

	band1	band2	band3	band4	band5	band7
AVG	1,157.67	1,689.38	2,040.90	2,797.63	3,116.25	2,747.04
STDEV	143.00	194.02	260.43	245.41	385.73	387.00

Πίνακας 3.4.4 Υπολογισμός μέσου όρου και τυπικής απόκλισης ανά κανάλι για κάθε σημείο

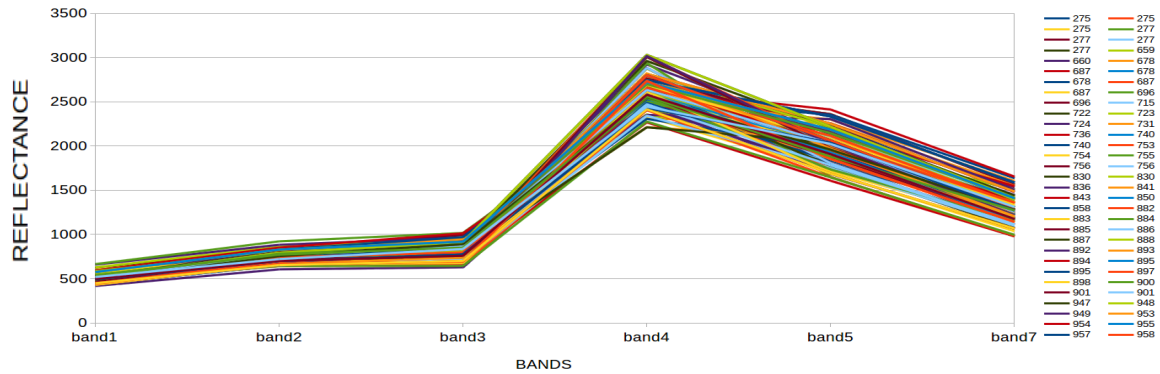
Στη συνέχεια προστίθεται νέο υπολογιστικό φύλλο στο αρχείο της υποκατηγορίας όπου συγκεντρώνονται τα στοιχεία από όλους τους πίνακες μέσω όρων και τυπικών αποκλίσεων όπως τον παραπάνω (3.4.4). Με αυτό τον τρόπο βρίσκονται συγκεντρωμένες αυτές οι πληροφορίες που αφορούν ολόκληρη την υποκατηγορία σε ένα φύλλο επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία των διαγραμμάτων που θα παρουσιαστούν παρακάτω. Στον πίνακα 3.4.5 παρουσιάζεται απόσπασμα από το υπολογιστικό φύλλο που περιγράφηκε σε αυτή την παράγραφο.

AVERAGE							STDEV						
PixID	band1	band2	band3	band4	band5	band7	PixID	band1	band2	band3	band4	band5	band7
1158	1,157.67	1,689.38	2,040.90	2,797.63	3,116.25	2,747.04	1158	143.00	194.02	260.43	245.41	385.73	387.00
1159	973.45	1,395.65	1,688.84	2,470.86	2,677.98	2,259.82	1159	177.78	265.81	346.33	447.05	571.43	519.95
1160	840.30	1,136.57	1,312.53	1,950.58	2,112.04	1,797.70	1160	118.04	151.19	180.77	246.55	277.12	249.01
1161	775.87	1,081.04	1,261.98	1,956.21	2,261.98	1,911.44	1161	115.42	137.73	165.45	278.43	262.77	217.93
1162	735.33	1,039.88	1,215.48	2,146.33	2,504.44	2,007.50	1162	125.98	178.17	227.74	414.36	441.58	387.92
1163	733.52	1,005.10	1,178.29	2,129.37	2,554.77	2,029.69	1163	179.10	198.10	241.69	346.16	442.35	391.73
1164	1,620.93	2,274.47	2,698.21	3,258.67	3,560.12	3,398.60	1164	181.75	224.30	289.13	263.63	324.16	428.19
1165	1,644.97	2,286.71	2,698.17	3,177.22	3,448.61	3,268.58	1165	261.50	340.71	421.74	445.35	530.09	576.39
1167	723.53	1,001.92	1,151.07	1,852.20	1,966.92	1,691.42	1167	140.23	152.91	160.57	378.14	248.10	193.46
1168	1,306.48	1,893.40	2,278.88	3,343.12	4,026.93	3,505.10	1168	132.21	165.26	240.13	231.47	419.40	461.45
1169	738.59	1,051.25	1,201.44	2,241.03	2,359.05	1,898.22	1169	130.09	165.16	214.92	423.39	420.99	352.09

Πίνακας 3.4.5 Απόσπασμα από το υπολογιστικό φύλλο στο οποίο συγκεντρώνονται οι τιμές των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων ανά κανάλι μιας υποκατηγορίας

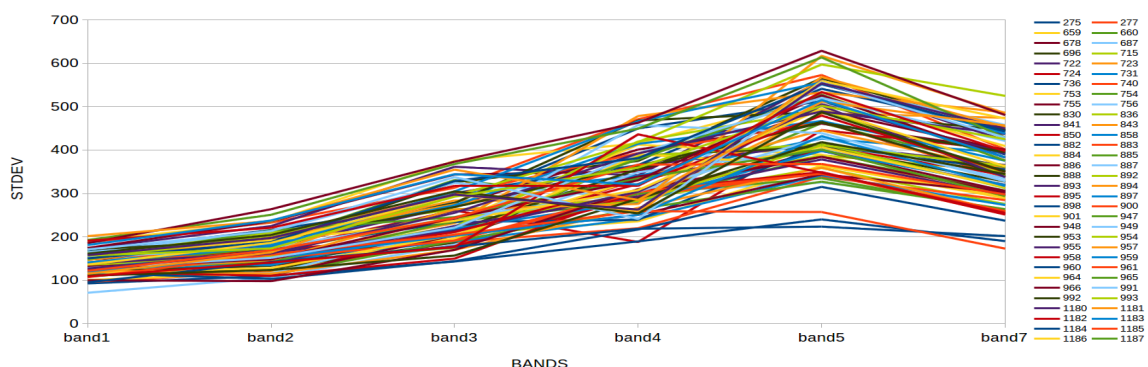
Τα δύο επόμενα διαγράμματα είναι παραδείγματα διαγραμμάτων που παράγονται χρησιμοποιώντας δεδομένα από πίνακες αντίστοιχους του 3.4.5. Το πρώτο αφορά τους μέσους όρους των σημείων ανά κανάλι μίας υποκατηγορίας. Κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει ένα σημείο και ουσιαστικά περιγράφει την **μέση φασματική του υπογραφή** καθώς στον άξονα X βρίσκονται τα κανάλια και στον άξονα Y η τιμή ανακλαστικότητας. Μέσω αυτού του τύπου τα διαγράμματα ελέγχεται η σχετική συνοχή στην φασματική υπογραφή των σημείων αλλά και συνολικά της υποκατηγορίας. Σε επίπεδο σημείου αν κάποια γραμμή διαφέρει αισθητά από την δέσμη που δημιουργούν οι υπόλοιπες αυτό δείχνει την διαφορετικότητα του ως προς την φασματική του υπογραφή. Αντίστοιχα σε επίπεδο υποκατηγορίας αν το εύρος των τιμών σε κάθε

κανάλι είναι μικρό αυτό υποδεικνύει φασματική συνοχή στο σύνολο των σημείων της υποκατηγορίας. Επίσης τα διαγράμματα τέτοιου τύπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για την σύγκριση υποκατηγοριών ως προς τις φασματικές υπογραφές τους όσο και για την ποσοτικοποίηση των τελευταίων.



Διάγραμμα 3.4.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για το σύνολο των σημείων μιας υποκατηγορίας

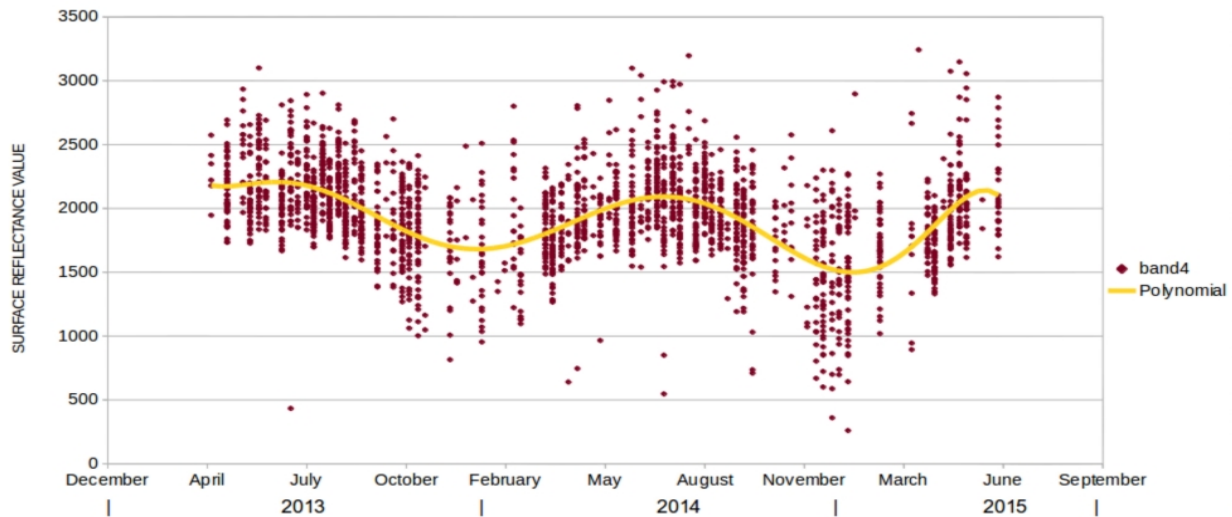
Το παρακάτω διάγραμμα αφορά την τυπική απόκλιση των σημείων της υποκατηγορίας ανά κανάλι. Διαγράμματα αυτού του τύπου χρησιμεύουν στον εντοπισμό σημείων με αρκετά υψηλή τυπική απόκλιση και στον έλεγχο της υποκατηγορίας ως προς την τυπική απόκλιση των σημείων της στο σύνολο. Στην περίπτωση σημείου με αρκετά υψηλές τιμές τυπικής απόκλισης σε σχέση με τα υπόλοιπα ελέγχεται το υπολογιστικό φύλλο του συγκεκριμένου σημείου. Όταν η αυξημένη τυπική απόκλιση φαίνεται να οφείλεται σε μεμονωμένες ακραίες τιμές αυτές μπορούν να ερμηνευθούν ως καταχωρήσεις επηρεασμένες από νέφη και σκίαση. Η περίπτωση στην οποία η πλειοψηφία των σημείων εμφανίζει υψηλές τιμές τυπικής απόκλισης σε ένα ή περισσότερα κανάλια μπορεί να υποδεικνύει χαρακτηριστικά της υποκατηγορίας όπως έντονη περιοδικότητα είτε μεταβολή σε κάποια από τα σημεία της.



Διάγραμμα 3.4.2 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για το σύνολο των σημείων μιας υποκατηγορίας

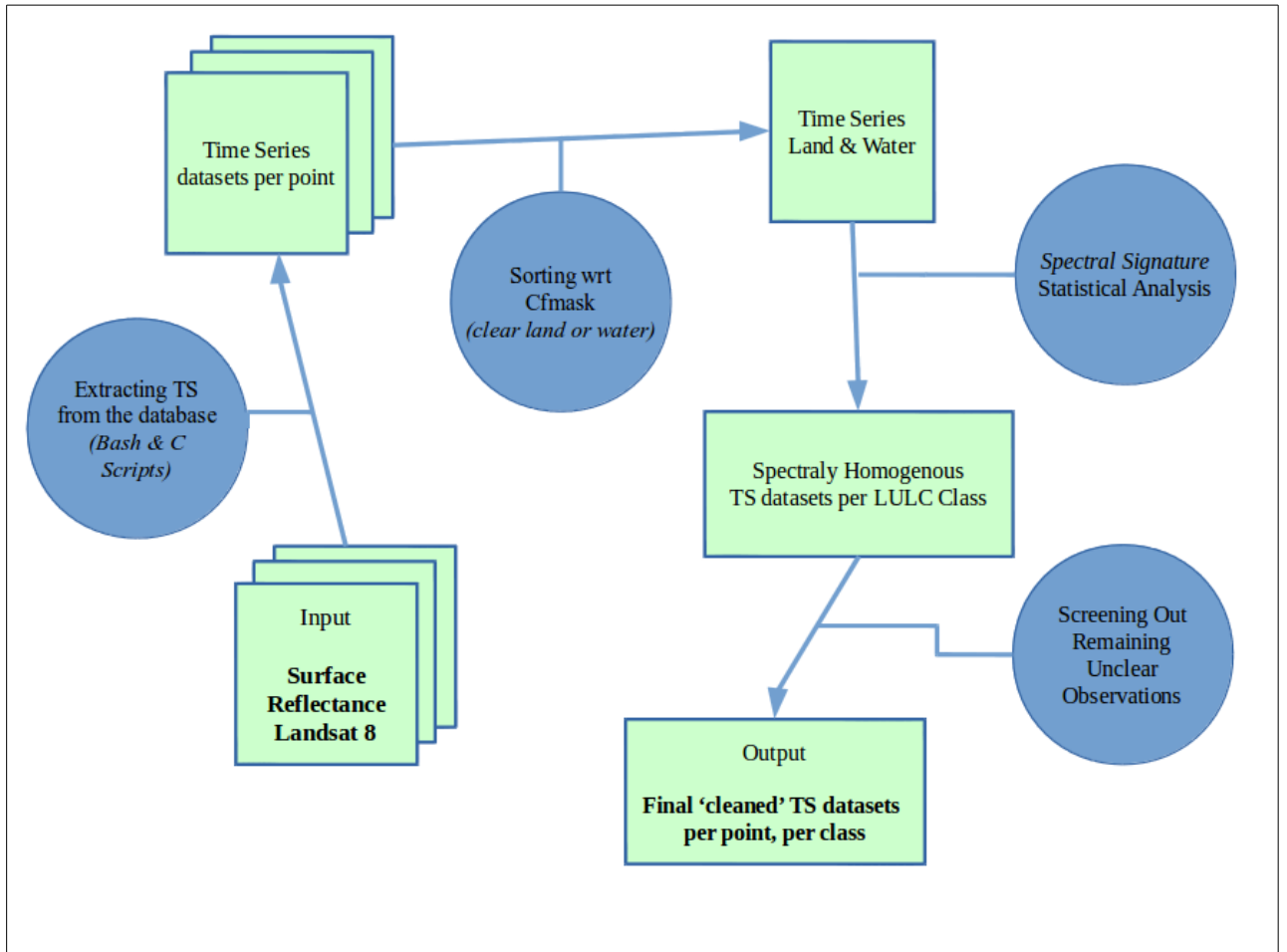
Χρησιμοποιώντας διαγράμματα όπως τα παραπάνω αφαιρέθηκαν σημεία από κάθε υποκατηγορία τα οποία

ξεχωρίζαν παρουσιάζοντας διαφορετική μέση φασματική υπογραφή από το σύνολο των σημείων σε αυτήν καθώς και σημεία με σημαντικά υψηλές τυπικές αποκλίσεις. Με αυτές τις ενέργειες τα εναπομείναντα σημεία για κάθε υποκατηγορία είναι πιο ομοιογενή φασματικά. Εφόσον έχουν επιλεγεί τα σημεία που απαρτίζουν κάθε υποκατηγορία χρησιμοποιώντας το σύνολο των καταγραφών τους δημιουργούνται για κάθε κανάλι διαγράμματα τα οποία καλύπτουν όλο το χρονικό διάστημα της χρονοσειράς που εξετάζεται. Το διάγραμμα 3.4.3 είναι παράδειγμα ενός τέτοιου διαγράμματος. Όπως φαίνεται το διάγραμμα αφορά το κανάλι 4 και στις παρατηρήσεις έχει προσαρμοστεί μία πολυωνμική καμπύλη η οποία εκφράζει τις τάσεις και την μεταβλητότητα των τιμών στο χρονικό διάστημα της συγκεκριμένης χρονοσειράς.



Διάγραμμα 3.4.3 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς το κανάλι 4 μίας υποκατηγορίας για όλες τις ημερομηνίες

Συνοπτικά, η μεθοδολογία που περιγράφηκε στο κεφάλαιο αυτό ως προς την εξαγωγή χρονοσειρών ανά σημείο από γεωχωρική βάση, την διαλογή των καθαρών παρατηρήσεων και την μορφοποίηση φασματικά ομογενών κατηγοριών LULC αναπαριστάται στο παρακάτω διάγραμμα ροής. Σε αυτό διακρίνεται ότι στον αλγόριθμο εξόρυξης χρονοσειρών που αναπτύχθηκε εισάγονται δεδομένα ανακλαστικότητας της επιφάνειας από Landsat 8 και μέσω των προγραμμάτων κώδικα σε γλώσσες Bash και C εξάγονται χρονοσειρές ανά σημείο. Στη συνέχεια με τις κατάλληλες ταξινομήσεις ως προς τις κατηγορίες cfmask διαλέγονται οι “καθαρές” παρατηρήσεις των χρονοσειρών για να ακολουθήσει η στατιστική τους ανάλυση με βάση τη φασματική υπογραφή κάθε σημείου, κάθε κατηγορίας για όλο το χρονικό διάστημα το οποίο καλύπτουν τα δεδομένα. Με αυτό τον τρόπο καταλήγουμε σε φασματικά ομογενείς και συμπαγείς LULC κατηγορίες. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τόσο την στατιστική αλλά και την φασματική ανάλυση εντοπίζονται και ελέγχονται παρατηρήσεις με ακραίες τιμές. Με αυτό τον τρόπο επιδιώκεται το αποτέλεσμα της διαδικασίας να είναι πραγματικά καθαρά από σύννεφα, σκιές και χιόνι δεδομένα χρονοσειρών ανά σημείο κάθε κατηγορίας.



Διάγραμμα 3.4.3 Διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή χρονοσειρών ανά σημείο

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων και των στατιστικών στοιχείων τα οποία προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων χωρίζεται σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη περιγράφονται γενικά στατιστικά στοιχεία, στην δεύτερη τα αντίστοιχα για τις κύριες κατηγορίες κάλυψης γης και στην τρίτη τα στατιστικά στοιχεία και αποτελέσματα για τις επιμέρους υποκατηγορίες.

4.1 Γενικά Στατιστικά Στοιχεία

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα γενικά στατιστικά στοιχεία που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων. Τα τελευταία ελέγχονται ως προς την τιμή τους στην εικόνα cfmask και κατατάσσονται στην αντίστοιχη κατηγορία. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται το πλήθος των καταγραφών ανά λωρίδα του επικαλυπτόμενου τμήματος και χωρίζονται ως προς την τιμή τους στην εικόνα cfmask. Στον πίνακα που ακολουθεί περιγράφεται η αντιστοιχία των τιμών που περιέχει η εικόνα cfmask με τις ερμηνείες τους.

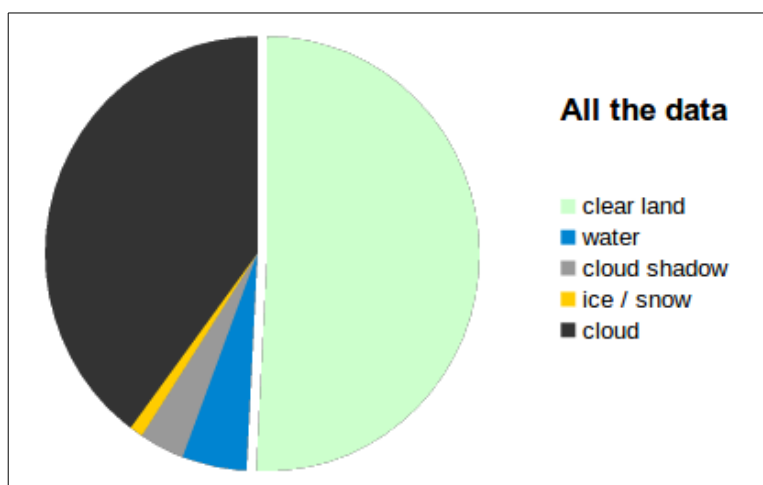
Ποσοστά εικονοστοιχείων που ανήκουν στις 5 κατηγορίες cfmask για όλα τα σημεία σε όλες τις εικόνες

Ο πίνακας 4.1.2 αφορά το σύνολο των καταγραφών που προέκυψαν από την ανάλυση των 1483 σημείων. Οι συνολικές καταγραφές από αυτά τα σημεία είναι 126,511 και από τα επιμέρους αθροίσματα υπολογίζονται τα ποσοστά που αντιστοιχούν στην κάθε κατηγορία. Όπως φαίνεται στον πίνακα, το ποσοστό των καταγραφών που θεωρούνται ως ξηρά χωρίς νεφοκάλυψη (cfmask '0') είναι **51%** ενώ οι καταγραφές που φέρονται ως νερό (cfmask '1') δεν ξεπερνάνε το **5%**. Πρέπει να σημειωθεί ότι η σημαντική αυτή διαφορά στο πλήθος καταγραφών μεταξύ ξηράς και νερού οφείλεται κατά κύριο λόγο στην επιλογή των σημείων και σε μικρότερο ποσοστό στο κατά πόσο συγχέονται μεταξύ τους τα σημεία αυτών των δύο γενικών κατηγοριών. Όσον αφορά τις καταγραφές που αφορούν σκιά σύννεφου (cfmask '2') και χιόνι (cfmask '3') αυτές σημειώνουν μικρά ποσοστά της τάξης 3% και 1% αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες καταγραφές θεωρούνται σύμφωνα με την εικόνα cfmask ως νέφη και το ποσοστό τους είναι 40%. Οι καθαρές από σύννεφο, σκιά, πάγο και χιόνι καταγραφές, οι οποίες είναι αυτές που προσφέρονται προς περαιτέρω ανάλυση, υπολογίζονται αθροίζοντας τις δύο κατηγορίες cfmask '0' και cfmask '1'. Από το άθροισμά τους προκύπτει ότι οι καθαρές καταγραφές φτάνουν σχεδόν στο 56% των συνολικών δεδομένων.

LANSDAT SCENES					
	Row 32	Row 33	Row 34	Total	Percentage
cfmask '0'	27.435	18.991	17.861	64.287	51%
cfmask '1'	1.618	1.094	3.508	6.220	5%
cfmask '2'	2.055	1.199	1.104	4.358	3%
cfmask '3'	816	307	155	1.278	1%
cfmask '4'	22.346	15.058	12.964	50.368	40%
Total	54.270	36.649	35.592	126.511	100%

Πίνακας 4.1.1 Ποσοστά εικονοστοιχείων που ανήκουν στις 5 κατηγορίες του αλγορίθμου Fmask για όλα τα σημεία σε όλες τις εικόνες

Τα στοιχεία από τον πίνακα 4.1.1 παρουσιάζονται και γραφικά στο επόμενο διάγραμμα.



Εικόνα 4.1.1 Διάγραμμα των ποσοστών των εικονοστοιχείων ως προς τις κατηγορίες cfmask για όλα τα σημεία

Ο πίνακας 4.1.3 παρουσιάζει την κατανομή των επιλεγμένων σημείων στις τρεις σειρές (rows 32, 33, 34) τις οποίες καλύπτουν οι δορυφορικές σκηνές της συγκεκριμένης χρονοσειράς.

Row	32	33	34
points	603	416	466

Πίνακας 4.1.2 Κατανομή των επιλεγμένων σημείων ανά σειρά (row) λήψης των δορυφορικών δεδομένων

Ποσοστά εικονοστοιχείων που ανήκουν στις 5 κατηγορίες του cfmask για τα σημεία εδάφους

Από ένα βασικό διαχωρισμό των δεδομένων με κριτήριο το αν αναφέρονται σε κάλυψη γης σε ξηρά είτε σε νερό προκύπτουν οι επόμενοι δύο πίνακες.

Ο παρακάτω πίνακας αφορά τα δεδομένα που αναφέρονται σε κάλυψη γης ξηράς. Οι συνολικές καταγραφές που αφορούν ξηρά φτάνουν τις **113.161** σε ποσοστό **89%** των συνολικών δεδομένων. Από αυτές το **55%** είναι σύμφωνα με τις εικόνες cfmask καθαρές από νεφοκάλυψη, κάποια μικρά ποσοστά της τάξης του **0.4%** έως **3%** αναφέρονται σε νερό, νεφοσκίαση, και πάγο ενώ αυτές που καλύπτονται από σύννεφο φτάνουν το **40%**. Είναι σημαντικό να σημειωθεί η συμφωνία που παρουσιάζουν τα ποσοστά των αντίστοιχων κατηγοριών μεταξύ του παρακάτω πίνακα με αυτά του προηγούμενου ο οποίος αναφέρεται στα συνολικά δεδομένα.

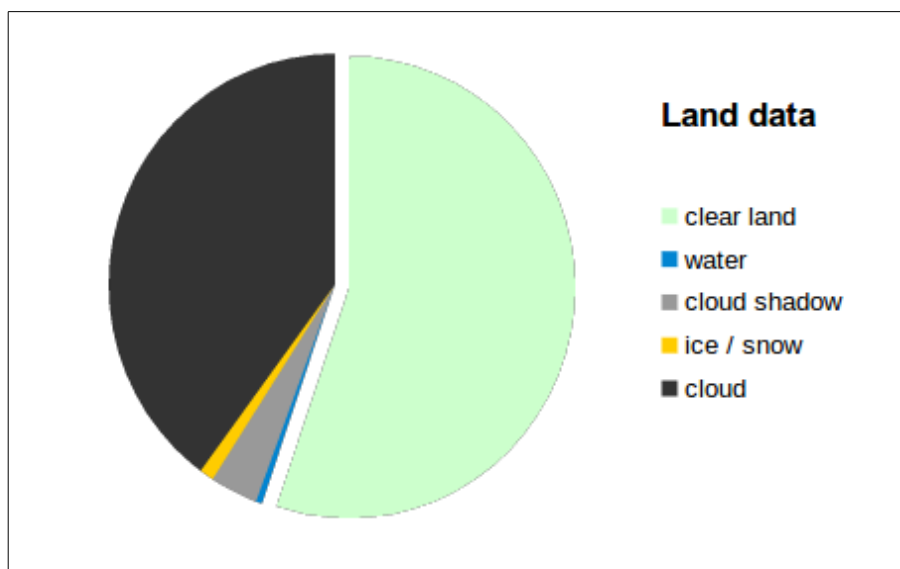
Η βασική διαφορά τους εντοπίζεται στην κατηγορία cfmask '1' όπως είναι λογικό καθώς τα δεδομένα αναφέρονται σε στεριά. Οι λίγες καταγραφές που έχουν καταχωρηθεί ως νερό μπορούν να δικαιολογηθούν είτε ως νερό σε ποτιζόμενες καλλιέργειες είτε ως λανθασμένη επιλογή της κάλυψης γης κάποιου σημείου ή ακόμα ως συγκέντρωση νερού για οποιοδήποτε άλλο λόγο στο σημείο για κάποια χρονική στιγμή. Ακόμη παρατηρείται ότι το ποσοστό των καθαρών από νέφη καταγραφών στεριάς (**55%**) είναι **αρκετά όμοιο** με το ποσοστό των συνολικά καθαρών από νέφη δεδομένων (**56%**) πράγμα που επαληθεύει την σωστή επιλογή των σημείων ως προς τον σαφή διαχωρισμό των κατηγοριών που αφορούν ύδατα και στεριά.

LANDSAT SCENES

	Row 32	Row 33	Row 34	Total	Percentage
cfmask '0'	26.099	18.747	17.635	62.481	55%
cfmask '1'	53	244	212	509	0%
cfmask '2'	1.831	1.146	901	3.878	3%
cfmask '3'	744	284	122	1.150	1%
cfmask '4'	20.068	14.270	10.805	45.143	40%
Total	48.795	34.691	29.675	113.161	100%

Πίνακας 4.1.3 Ποσοστά εικονοστοιχείων που ανήκουν στις 5 κατηγορίες cfmask για τα σημεία εδάφους

Ακολουθεί η γραφική αναπαράσταση του πίνακα 4.1.3.



Εικόνα 4.1.2 Διάγραμμα των ποσοστών των εικονοστοιχείων ως προς τις κατηγορίες cfmask για τα σημεία εδάφους

Ποσοστά εικονοστοιχείων που ανήκουν στις 5 κατηγορίες cfmask για τα σημεία σε ύδατα

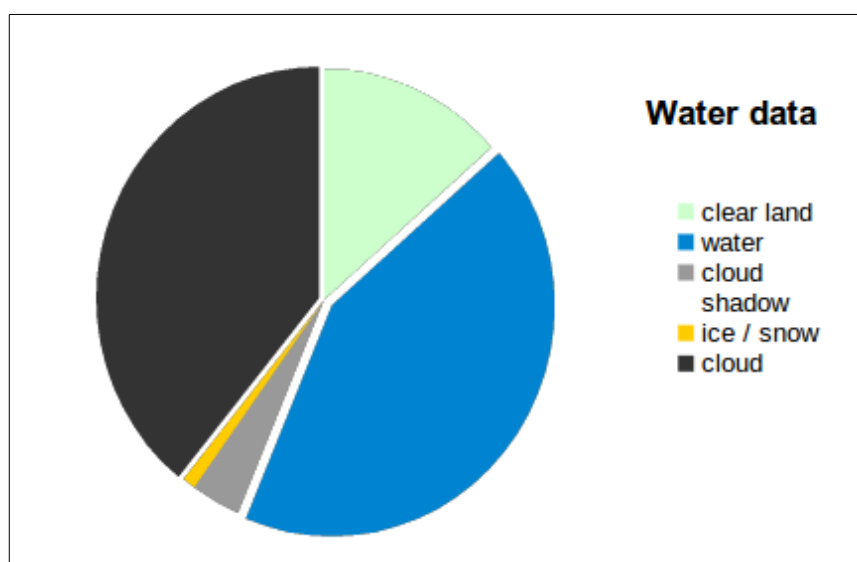
Στον πίνακα που ακολουθεί περιλαμβάνονται τα αντίστοιχα στοιχεία για τα δεδομένα τα οποία αφορούν ύδατα. Το σύνολο αυτών των καταγραφών είναι 13,350 από τις οποίες ένα μικρό ποσοστό (4%) σύμφωνα με τις cfmask πρόκειται για νεφοσκίαση και ένα ακόμη μικρότερο (1%) πρόκειται για πάγο ή χιόνι. Επίσης το 40% των καταγραφών αντιστοιχεί σε νεφοκάλυψη, ποσοστό το οποίο συνάδει και με τα αντίστοιχα

ποσοστά τόσο για των καταγραφών ξηράς όσο και αυτό του πίνακα με τα συνολικά δεδομένα. Σημαντική παρατήρηση πάνω στον συγκεκριμένο πίνακα είναι η κατανομή των καταγραφών μεταξύ των κατηγοριών “ξηρά χωρίς νεφοκάλυψη” και “νερό” καθώς ένα σημαντικό ποσοστό των καταγραφών (14%) φαίνεται να ανήκει στην πρώτη παρ' όλο που τα συγκεκριμένα δεδομένα αναφέρονται σε νερό. Αιτία αυτού είναι το ότι στα δεδομένα αυτά πέρα από θαλάσσια νερά, βαθιά και ρηγά κοντά στις ακτογραμμές περιλαμβάνονται και σημεία από εσωτερικούς υγρότοπους. Στους τελευταίους η στάθμη του νερού χαμηλώνει αρκετά για κάποιες χρονικές περιόδους με αποτέλεσμα η καταγραφή να αναφέρεται σε ξηρά αντί για νερό. Σημεία με αντίστοιχη συμπεριφορά διερευνήθηκαν και παρουσιάζονται στην αντίστοιχη ενότητα. Επομένως οι καθαρές καταγραφές υδάτων με τις οποίες έγιναν και οι περαιτέρω αναλύσεις δεν ξεπερνάνε το 43% των συνολικών δεδομένων.

LANDSAT SCENES					
	Row 32	Row 33	Row 34	Total	Percentage
cfmask '0'	1.336	244	226	1.806	14%
cfmask '1'	1.565	850	3.296	5.711	43%
cfmask '2'	224	53	203	480	4%
cfmask '3'	72	23	33	128	1%
cfmask '4'	2.278	788	2.159	5.225	39%
Total	5.475	1.958	5.917	13.350	100%

Πίνακας 4.1.5 Ποσοστά εικονοστοιχείων που ανήκουν στις 5 κατηγορίες cfmask για τα σημεία σε ύδατα

Ακολουθεί η γραφική αναπαράσταση του παραπάνω πίνακα.



Εικόνα 4.1.3 Διάγραμμα των ποσοστών των εικονοστοιχείων ως προς τις κατηγορίες cfmask για τα σημεία σε ύδατα

4.2 Στατιστικά Στοιχεία Για Κύριες Κατηγορίες Κάλυψης Γης

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα στατιστικά στοιχεία ως προς τις τιμές cfmask για κάθε κύρια κατηγορία ξεχωριστά. Όπως παρατηρείται γενικά για όλες τις κατηγορίες κάλυψης τα ποσοστά που υπολογίστηκαν είναι αρκετά όμοια με τα αντίστοιχά τους στους γενικούς πίνακες της προηγούμενης ενότητας. Προφανώς οι ομοιότητες εντοπίζονται ανάμεσα στις κατηγορίες εδάφους με τον αντίστοιχο γενικό πίνακα για όλα τα σημεία εδάφους. Το ίδιο παρατηρείται και για τις κατηγορίες υδάτων.

Ο παρακάτω συγκεντρωτικός πίνακας δείχνει πόσα σημεία περιλαμβάνει κάθε κύρια κατηγορία, πόσες καταγραφές αυτών είναι καθαρές από νέφη και λοιπά και το αντίστοιχο ποσοστό αυτών σε σχέση με το σύνολο των καταγραφών για κάθε κατηγορία.

Main Class	Points	Clear Entries	Clear Percentage
Forest	278	12.360	52%
Artificial Surfaces	191	8.689	57%
Cultivated Land	666	33.189	57%
Grassland and Shrubs	189	8.243	53%
Wetlands	132	4.459	39%
Water Bodies	27	1.252	61%
Totals	1.483	68.192	

Πίνακας 4.2.1 Σύνολα σημείων και καθαρές καταγραφές ανά κύρια κατηγορία

Ανάλυση και σχολιασμός των ποσοστών ανά κύρια κατηγορία ως προς τις τιμές cfmask

Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται αναλυτικά τα ποσοστά καταγραφών που συγκεντρώνει κάθε τιμή cfmask για κάθε κατηγορία. Όσον αφορά την κατηγορία cfmask '0', δηλαδή τα καθαρά από σύννεφο εικονοστοιχεία εδάφους, στην κατηγορία Δάσος φτάνουν το **52%** των συνολικών και στην κατηγορία Βοσκότοποι και Θάμνοι φτάνουν στο **53%**. Αντίστοιχα στις κατηγορίες Τεχνητές Επιφάνειες και Καλλιεργήσιμη Γη φτάνουν το **57%**. Στην κατηγορία Υδάτινοι Όγκοι εμφανίζεται ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξης του **0.5%** όμως στην κατηγορία Εσωτερικοί Υγρότοποι το **16%** των εικονοστοιχείων ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία cfmask.

Η κατηγορία νερό (cfmask '1') όσον αφορά τις κατηγορίες εδάφους στο Δάσος και τις Τεχνητές Επιφάνειες υπάρχουν **1%** καταγραφές ενώ στην Καλλιεργήσιμη Γη και στους Βοσκότοπους και Θάμνους τα ποσοστά είναι πολύ κοντά στο **0%**. Όσον αφορά τους Υδάτινους Όγκους το ποσοστό φτάνει στο **61%** το οποίο είναι και το υψηλότερο ποσοστό που συναντάται σε κατηγορία ως προς τις τιμές που αναμένεται να εμφανιστούν σε αυτήν. Επομένως στα σημεία αυτά υπάρχει γενικότερα λιγότερη νεφοκάλυψη. Στην κατηγορία Εσωτερικοί Υγρότοποι τα καθαρά από νέφη εικονοστοιχεία νερού φτάνουν μόλις το **39%**.

Όσον αφορά την κατηγορία νεφοσκίαση (cfmask '2') το ποσοστό των εικονοστοιχείων στην κατηγορία Δάσος είναι **5%** και στην κατηγορία Εσωτερικοί Υγρότοποι **4%**. Οι υπόλοιπες κατηγορίες κάλυψης γης παρουσιάζουν ποσοστό **3%** νεφοσκίασης κάθε μία στις καταγραφές τους. Όσον αφορά την κατηγορία χιόνι/πάγος (cfmask '3') όλες οι κύριες κατηγορίες παρουσιάζουν ποσοστό γύρω στο **1%**.

Η κατηγορία νέφη (cfmask '4') είναι η επόμενη πιο μαζική για κάθε κύρια κατηγορία κάλυψης γης μετά από αυτήν που αναφέρεται στα καθαρά από νέφη σημεία είτε αυτά είναι εδάφους είτε νερού. Οι κατηγορίες Δάσος και Βοσκότοποι και Θάμνοι παρουσιάζουν **42%** νέφη, οι Εσωτερικοί Υγρότοποι **40%**, η Καλλιεργήσιμη Γη και οι Τεχνητές Επιφάνειες **39%** και **38%** αντίστοιχα. Μικρότερο ποσοστό νεφών, όπως αναμενόταν λόγω του υψηλού ποσοστού καθαρών, παρουσιάζει η κατηγορία Υδάτινοι Όγκοι.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν μπορούν να παρατηρηθούν όλα όσα αναλύθηκαν παραπάνω και να παρατηρηθούν συγκεντρωτικά για κάθε κύρια κατηγορία κάλυψης γης.

FOREST					
	Row 32	Row 33	Row 34		
				Total	Percentage
cfmask '0'	4.265	4.850	3.245	12.360	52%
cfmask '1'	23	142	29	194	1%
cfmask '2'	398	428	250	1.076	5%
cfmask '3'	133	69	25	227	1%
cfmask '4'	3.726	4.140	2.176	10.042	42%
Total	8.545	9.629	5.725	23.899	100%

Πίνακας 4.2.2 Στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για την κατηγορία **Δάσος**

ARTIFICIAL SURFACES					
	Row 32	Row 33	Row 34		
				Total	Percentage
cfmask '0'	1.791	1.411	5.487	8.689	57%
cfmask '1'	2	4	174	180	1%
cfmask '2'	127	74	273	474	3%
cfmask '3'	50	15	52	117	1%
cfmask '4'	1.351	1.019	3.488	5.858	38%
Total	3.321	2.523	9.474	15.318	100%

Πίνακας 4.2.3 Στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για την κατηγορία **Τεχνητές Επιφάνειες**

GRASSLAND AND SHRUBS					
	Row 32	Row 33	Row 34		
				Total	Percentage
cfmask '0'	2.610	2.599	3.034	8.243	53%
cfmask '1'	23	0	7	30	0%
cfmask '2'	185	205	117	507	3%
cfmask '3'	72	62	14	148	1%
cfmask '4'	2.200	2.313	2.020	6.533	42%
Total	5.090	5.179	5.192	15.461	100%

Πίνακας 4.2.4 Στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για την κατηγορία **Βοσκότοποι και Θάμνοι**

WETLANDS					
	Row 32	Row 33	Row 34		
				Total	Percentage
cfmask '0'	1.332	243	221	1.796	16%
cfmask '1'	1.315	701	2.443	4.459	39%
cfmask '2'	207	50	167	424	4%
cfmask '3'	64	18	30	112	1%
cfmask '4'	2.120	679	1.714	4.513	40%
Total	5.038	1.691	4.575	11.304	100%

Πίνακας 4.2.5 Στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για την κατηγορία **Εσωτερικοί Υγρότοποι**

WATER BODIES					
	Row 32	Row 33	Row 34		
				Total	Percentage %
cfmask '0'	4	1	5	10	0%
cfmask '1'	250	149	853	1.252	61%
cfmask '2'	17	3	36	56	3%
cfmask '3'	8	5	3	16	1%
cfmask '4'	158	109	445	712	35%
Total	437	267	1.342	2.046	100%

Πίνακας 4.2.6 Στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για την κατηγορία **Υδάτινοι Όγκοι**

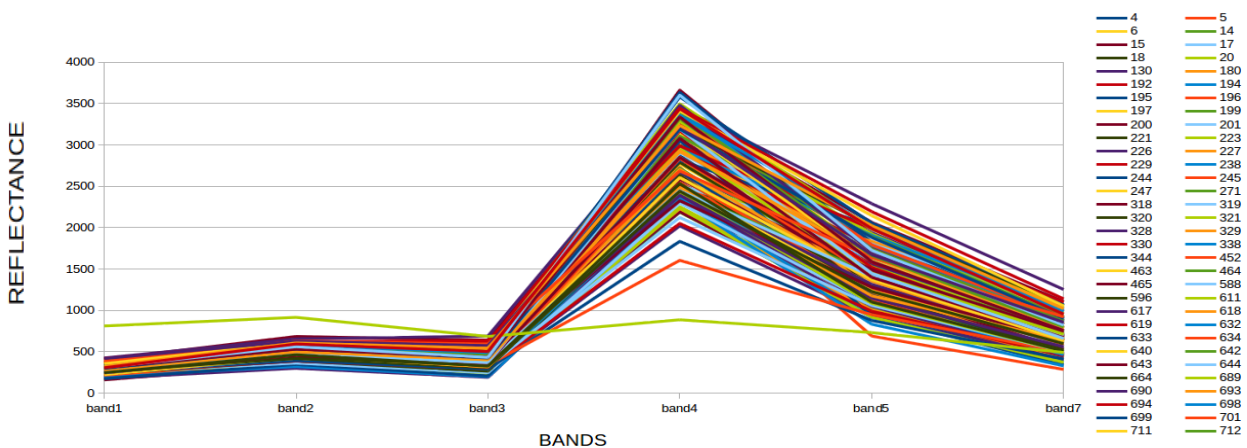
4.3 Ανάλυση Αποτελεσμάτων ανά Υποκατηγορία

Οι παραπάνω κύριες κατηγορίες κάλυψης γης που παρουσιάστηκαν αναλύονται σε υποκατηγορίες σύμφωνα με την αντίστοιχη ιεραρχία και δομή του Corine Land Cover. Όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3, απομονώνονται για κάθε μία από τις υποκατηγορίες οι καθαρές καταγραφές των σημείων που συμμετέχουν και χωρίζονται ανά σημείο. Επομένως για κάθε σημείο υπολογίζεται ο μέσος όρος (Average) και η τυπική απόκλιση (Stdev) της τιμής ανακλαστικότητας (Surface Reflectance) για κάθε κανάλι από το σύνολο των καταγραφών του σημείου. Συγκεντρώνοντας αυτά τα στοιχεία από όλα τα σημεία δημιουργούνται διαγράμματα τα οποία αποτυπώνουν την συμπεριφορά των σημείων ως προς τον μέσο όρο και την τυπική απόκλιση σε κάθε κανάλι. Με αυτό τον τρόπο ελέγχεται η ομοιογένεια των σημείων που απαρτίζουν κάθε υποκατηγορία και οι τυχόν αποκλίσεις μέσω της φασματικής τους υπογραφής. Στις ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας που περιγράφηκε με παραδείγματα από κάποιες υποκατηγορίες.

4.3.1 Ανάλυση της υποκατηγορίας Δάσος Πλατύφυλλων

Διάγραμμα Μέσων Όρων ανά κανάλι

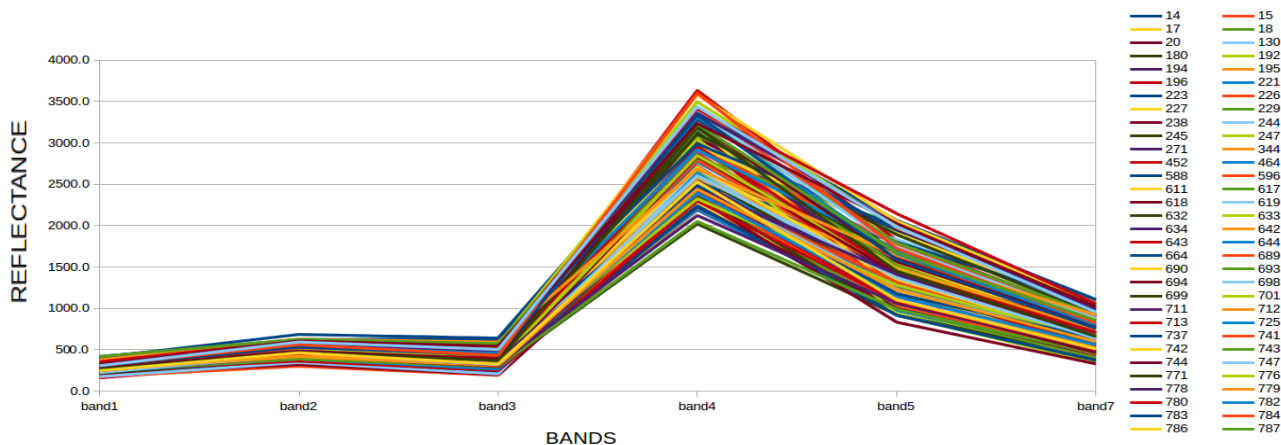
Το διάγραμμα που ακολουθεί είναι της μορφής: άξονας Y=Average, άξονας X=Bands όπου κάθε σημείο απεικονίζεται με μία γραμμή η οποία ορίζει την μέση φασματική υπογραφή του ως προς τα φασματικά κανάλια. Το συγκεκριμένο διάγραμμα περιλαμβάνει όλα τα σημεία που έχουν καταχωρηθεί σε αυτήν την κατηγορία και όπως φαίνεται κάποια από αυτά αποκλίνουν από την μορφή που έχουν τα περισσότερα π.χ. το σημείο με την γραμμή χρώματος ανοιχτό πράσινο. Τα συγκεκριμένα σημεία μετά από έλεγχο των τιμών τους διαπιστώθηκε ότι επρόκειτο είτε για διαφορετική κατηγορία κάλυψης γης είτε για νεφοκάλυψη σε αρκετές από τις καταγραφές τους. Επομένως τα σημεία αυτά αφαιρέθηκαν προκειμένου να παραμείνουν εκείνα που παρουσιάζουν ομοιόμορφη συμπεριφορά και στα έξι κανάλια άρα και συμπαγή φασματική υπογραφή.



Εικόνα 4.3.1.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία Δάσος Πλατύφυλλων πριν την αφαίρεση σημείων με διαφορετική φασματική υπογραφή

Το διάγραμμα 4.3.1.2 πρόκειται για το αντίστοιχο του προηγούμενου μετά από την αφαίρεση των σημείων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τα σημεία-γραμμές που το απαρτίζουν έχουν όλα μία αρκετά ομοιόμορφη συμπεριφορά η οποία είναι χαρακτηριστική για κάθε κατηγορία κάλυψης γης. Εύκολα μπορεί να

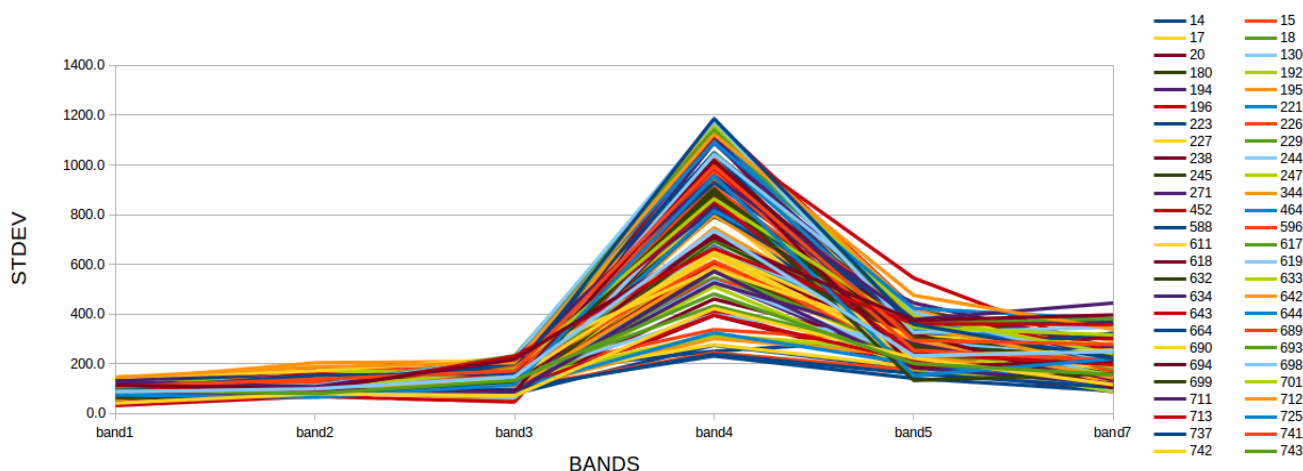
παρατηρηθεί η διαφορά της ομοιογένειας των σημείων στο πέμπτο κατά σειρά κανάλι (Short-Wave Infrared) αλλά κυρίως στο τέταρτο (Near Infrared). Η συγκεκριμένη συμπεριφορά στα δύο αυτά κανάλια παρατηρείται γενικά σε όλες σχεδόν τις κατηγορίες σημείων. Η διασπορά των τιμών στα κανάλια αυτά είναι αρκετά αυξημένη σε σχέση με τα υπόλοιπα τέσσερα κανάλια.



Εικόνα 4.3.1.2 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία Δάσος Πλατύφυλλων μετά την αφαίρεση σημείων με διαφορετική φασματική υπογραφή

Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι

Η διασπορά των τιμών κάθε σημείου και για κάθε κανάλι εξετάζεται μέσω ενός διαγράμματος της μορφής: άξονας Y=Standard Deviation , άξονας X=Bands. Ακολουθεί το αντίστοιχο διάγραμμα για την κατηγορία Δάσος Πλατύφυλλων το οποίο προφανώς περιλαμβάνει τα ίδια σημεία με αυτά του προηγούμενου διαγράμματος (Average-Bands). Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται ξεκάθαρα αυτό για το οποίο προΐδεαζε το προηγούμενο διάγραμμα. Η τυπική απόκλιση στις τιμές των καταγραφών ίσα που ξεπερνάει το 200 μέχρι και το κανάλι 3 (Red) ενώ στο κανάλι 4 (NIR) εκτοξεύεται μέχρι και το 1200. Αυξημένη είναι σχετικά με τα πρώτα τρία κανάλια η τυπική απόκλιση και για τα κανάλια 5 (SWIR 1) και 7 (SWIR 2) με τις τιμές να φτάνουν μέχρι το 500. Όπως αναφέρθηκε το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε όλες τις κατηγορίες που αφορούν κάλυψη γης σε στεριά, με μεγαλύτερη ένταση σε κάποιες και μικρότερη σε άλλες.

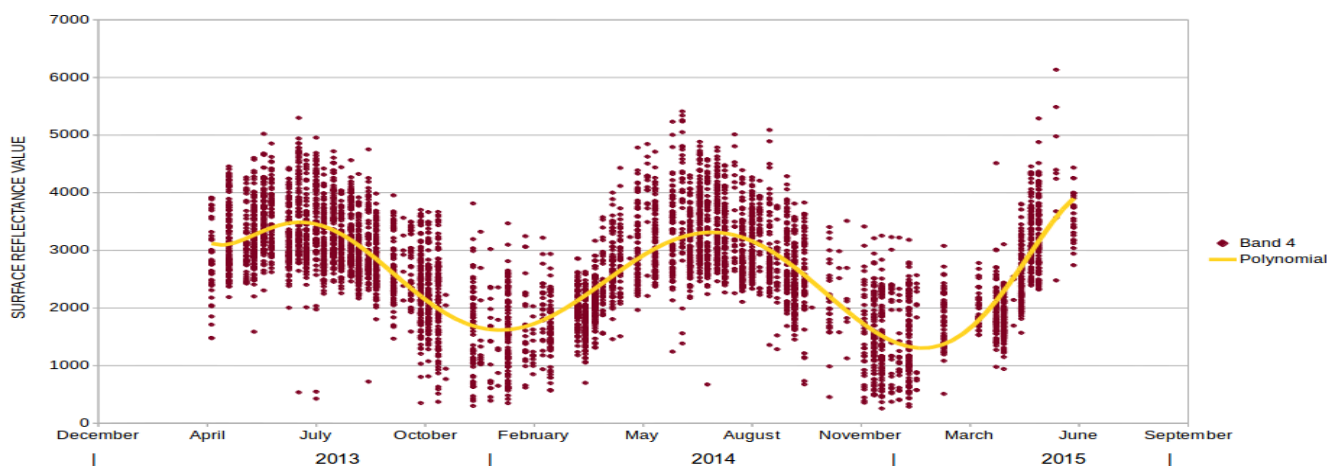


Εικόνα 4.3.1.3 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία Δάσος Πλατύφυλλων

Με την χρήση των παραπάνω δύο διαγραμμάτων, για αυτήν αλλά και για τις υπόλοιπες κατηγορίες κάλυψης γης, επιλέχθηκαν τα σημεία τα οποία ακολουθούν μία κανονικότητα και ομοιομορφία ως προς την φασματική τους υπογραφή προκειμένου να αντιπροσωπεύσουν την κατηγορία. Τα δεδομένα που δίνουν τα παραπάνω σημεία αναφέρονται σε ένα χρονικό φάσμα καταγραφών το οποίο καλύπτει το χρονικό διάστημα: Απρίλιος του 2013 μέχρι Ιούνιος του 2015.

Ανάλυση των δεδομένων με χρήση διαγράμματος ως προς το κανάλι 4 για όλες τις ημερομηνίες

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η χρονοσειρά των δεδομένων για την κατηγορία Δάσος Πλατύφυλλων για το κανάλι 4 (Εγγύς Υπέρυθρο). Το διάγραμμα είναι της μορφής: άξονας Y=Τιμή στο κανάλι, άξονας X=Ημερομηνία. Το συγκεκριμένο κανάλι επιλέχθηκε καθώς λόγω της μεγάλης διασποράς που παρουσιάζεται στις τιμές του είναι πιο έντονο το φαινόμενο της περιοδικότητας που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια αυτών των σχεδόν τριών χρόνων. Με την χρήση του ίδιου καναλιού θα παρουσιαστούν τα αντίστοιχα διαγράμματα και για τις υπόλοιπες κατηγορίες οι οποίες αφορούν βλάστηση και καλλιέργειες για την επίτευξη της σύγκρισής τους. Στα δεδομένα του διαγράμματος έχει προσαρμοστεί πολυώνυμο 7^{ου} βαθμού το οποίο περιγράφει την μέση τάση τους και την περιοδικότητα που εμφανίζουν με περίοδο ενός χρόνου. Συγκρίνοντας την συμπεριφορά των σημείων μέσω της πολυωνυμικής γραμμής παρατηρείται ότι η μορφή της είναι αρκετά όμοια στο χρονικό διάστημα του 2013 με αυτό του 2014 και το αντίστοιχο τμήμα του 2015.



Εικόνα 4.3.1.4 Χρονοσειρά τιμών ανακλαστικότητας στο κανάλι 4 για όλα τα σημεία της υποκατηγορίας **Δάσος Πλατύφυλλων** και για όλες τις ημερομηνίες

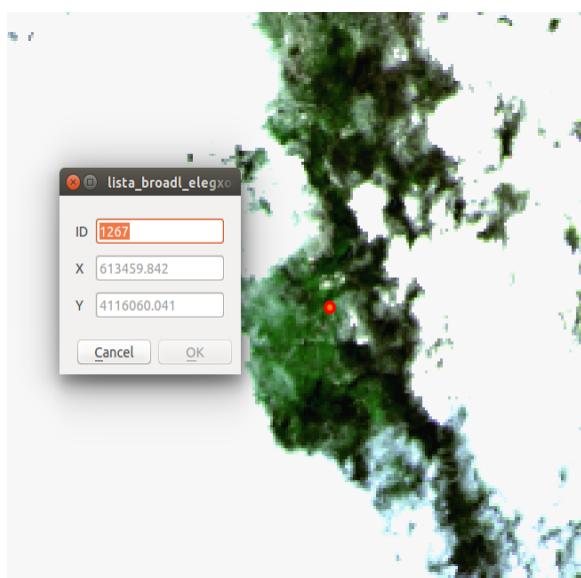
Διερεύνηση καταγραφών με ακραίες τιμές

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, αλλά και σε όλα τα διαγράμματα αυτής της μορφής, όχι μόνο για το κανάλι 4 αλλά και στα υπόλοιπα, εμφανίζονται κάποιες καταγραφές οι οποίες ξεχωρίζουν από το σύνολο των δεδομένων. Αυτές οι καταγραφές έχουν είτε αρκετά υψηλότερες είτε σημαντικά χαμηλότερες τιμές σε σχέση με τις υπόλοιπες καταγραφές που αφορούν την συγκεκριμένη ημερομηνία (ημερομηνία λήψης της δορυφορικής σκηνής) αλλά και σε σχέση με το σύνολο των δεδομένων στις περισσότερες περιπτώσεις. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι πρόκειται για καταγραφές των ίδιων σημείων οι οποίες εμφανίζουν ακραίες τιμές σε όλα τα κανάλια. Προκειμένου να ερμηνευτούν τα αίτια του φαινομένου που περιγράφηκε έγινε έλεγχος σε συγκεκριμένες αντίστοιχες περιπτώσεις. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα από τα αποτελέσματα αυτού του ελέγχου. Στο προηγούμενο διάγραμμα παρατηρείται μία καταγραφή που ξεπερνάει την τιμή 6000 τον Μάιο του 2015 και η ταυτότητα (ID) του σημείου στο οποίο ανήκει η καταγραφή είναι '1267'. Ανατρέχοντας στην συγκεκριμένη καταγραφή μέσω της δημιουργίας έγχρωμων συνθέτων από τα κανάλια της εικόνας για την συγκεκριμένη ημερομηνία διαπιστώθηκε ότι το σημείο αυτό την συγκεκριμένη ημερομηνία περιβάλλεται από νέφη τα οποία έχουν επηρεάσει την τιμή ανακλαστικότητας. Αντίστοιχα ελέγχθηκε με την ίδια μέθοδο μία καταγραφή της ίδιας ημερομηνίας (ID σημείου '617') η οποία όμως βρίσκεται πιο κοντά στην πολυωνυμική γραμμή του παραπάνω διαγράμματος.

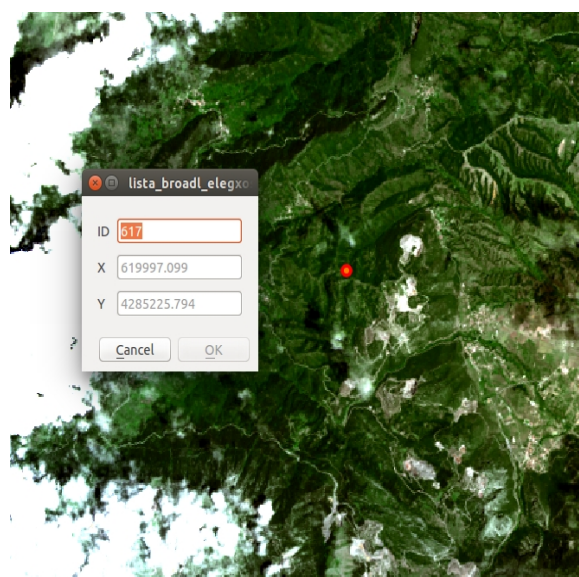
Όπως ήταν αναμενόμενο στο συγκεκριμένο σημείο δεν υπήρχε νεφοκάλυψη την συγκεκριμένη ημερομηνία επομένως η καταγραφή της τιμής ανακλαστικότητας δεν έχει επηρεαστεί. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι δύο περιπτώσεις που αναφέρθηκαν. Οι κίτρινες κουκκίδες δείχνουν τα δύο σημεία. Η πρώτη εικόνα περιέχει και τα δύο σημεία με μικρότερη εστίαση ενώ στις επόμενες δύο μπορούν να παρατηρηθούν με μεγαλύτερη εστίαση.



Εικόνα 4.3.1.5 Έγχρωμο σύνθετο RGB:321 από δορυφορική σκηνή της ημερομηνίας στην οποία εξετάζονται τα δύο σημεία τα οποία φαίνονται με κίτρινες κουκκίδες



Εικόνα 4.3.1.6 Σημείο '1267' το οποίο επηρεάζεται από νεφοκάλυψη στην συγκεκριμένη ημερομηνία



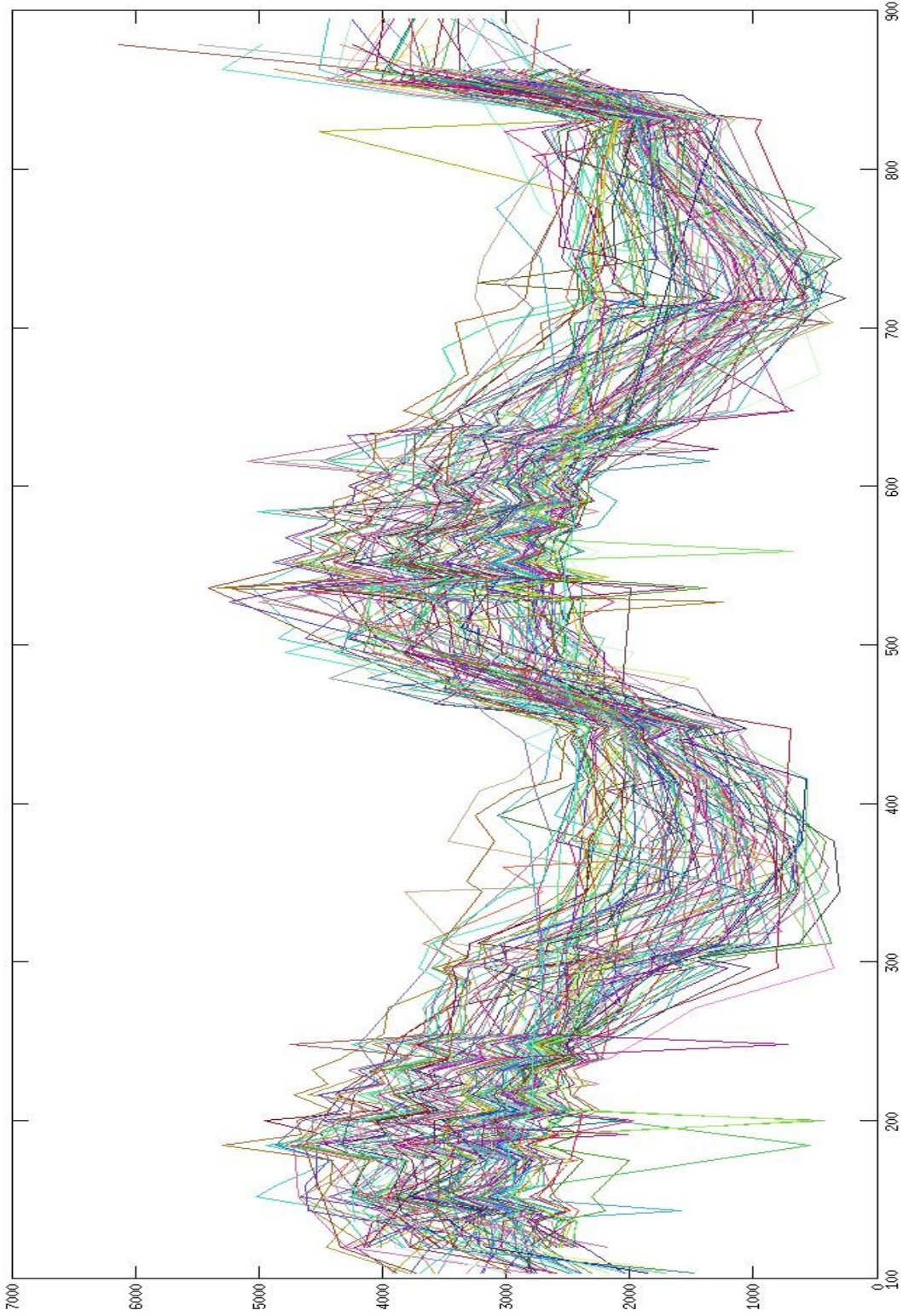
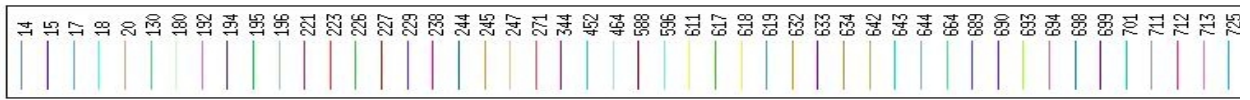
Εικόνα 4.3.1.7 Σημείο '617' του οποίου η καταγραφή είναι καθαρή από νεφοκάλυψη στην συγκεκριμένη ημερομηνία

Αντίστοιχοι έλεγχοι έγιναν σε αρκετές παρόμοιες περιπτώσεις όπου παρατηρούνταν ασυνήθιστα ψηλές τιμές και σε όλες παρατηρήθηκε είτε ότι το σημείο καλυπτόταν από νέφη είτε περιβαλλόταν από πιο αραιά νέφη τα οποία επηρεάζουν την τιμή ανακλαστικότητα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί το ότι για τις συγκεκριμένες καταγραφές η τιμή στην αντίστοιχη εικόνα cfmask υποδεικνύει καθαρό από νεφοκάλυψη εικονοστοιχείο. Η σημασία αυτής της παρατήρησης έγκειται στο γεγονός ότι διαπιστώνονται σφάλματα στην εκτίμηση την οποία δίνει η εικόνα cfmask.

Χρονοσειρές ανακλαστικότητας για ποικίλα σημεία της ίδιας κατηγορίας

Στην συνέχεια έγινε προσπάθεια να αποτυπωθούν σε ένα διάγραμμα η πορεία κάθε σημείου ως προς κάθε κανάλι για το χρονικό διάστημα που ορίζουν τα δεδομένα. Με αυτό τον τρόπο διαπιστώνεται η κοινή συμπεριφορά των σημείων καθώς **οι καταγραφές κάθε σημείου ορίζουν μία τεθλασμένη γραμμή**. Έτσι αν κάποιο σημείο παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά η τεθλασμένη γραμμή του θα ξεχωρίζει από τις υπόλοιπες, οι οποίες θα σχηματίζουν μία δέσμη. Ουσιαστικά το διάγραμμα αυτό είναι όμοιο με το παραπάνω διάγραμμα (Εικόνα 4.3.1.4) το οποίο απεικονίζει τις τιμές των καταγραφών στο κανάλι 4 (NIR) μόνο που οι καταγραφές κάθε σημείου ενώνονται σε μία γραμμή. Λόγω της πολυπλοκότητας του συγκεκριμένου τύπου διαγράμματος αναπτύχθηκε κώδικας στο λογισμικό Matlab για την δημιουργία του. Ο κώδικας παρατίθεται στο παράρτημα. Το αποτέλεσμα, όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα, δείχνει την γενική μορφή και την τάση των σημείων στον χρόνο όμως είναι δύσκολο να διακριθούν και να εξεταστούν οι συμπεριφορές μεμονωμένων γραμμών. Αυτό συμβαίνει καθώς δεν υπάρχουν καταγραφές για κάθε σημείο σε όλες τις ημερομηνίες με αποτέλεσμα οι γραμμές που ορίζουν αυτά τα σημεία να έχουν διαφορετική μορφή σε κάποια διαστήματα. Επίσης η παρουσία κάποιων ιδιαίτερα χαμηλών ή υψηλών τιμών οι οποίες πιθανών να οφείλονται στην παρουσία σκιάς ή νέφους αλλοιώνουν την μορφή κάποιων γραμμών με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα ασαφές εικονιστικό αποτέλεσμα.

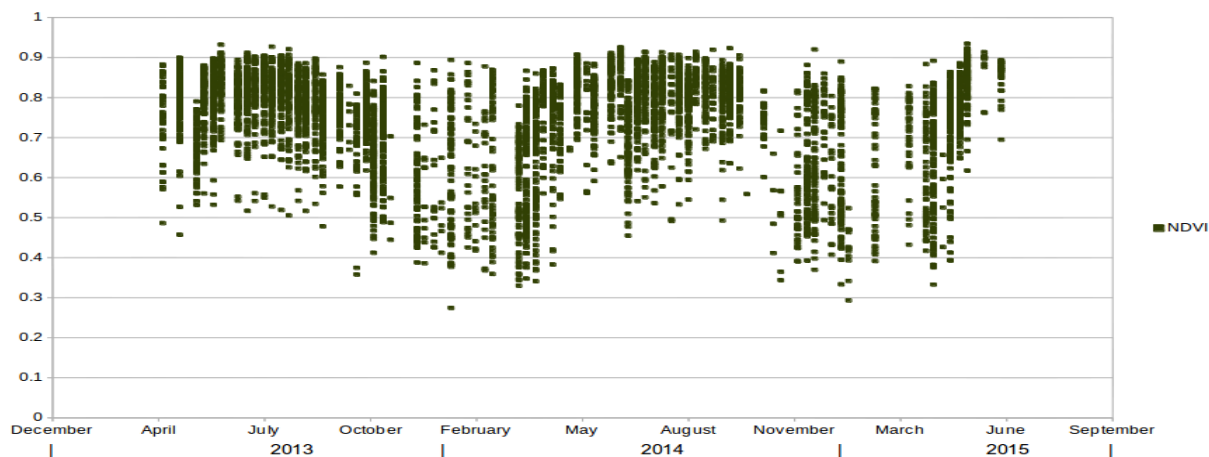
Στην επόμενη εικόνα μπορεί να παρατηρηθεί η διαφοροποίηση κάποιων σημείων – γραμμών από την γενική μορφή αλλά και η ασάφεια που δημιουργείται από τις εναλλαγές των κλίσεων και την διαφορετικότητα των τελευταίων από σημείο σε σημείο. Στο σύνολο των δεδομένων παρουσιάζεται μια γενική μορφή και περιοδικότητα στην δέσμη των γραμμών. Επίσης παρατηρείται η ομαδοποίηση σε πιο μικρές δέσμες γραμμών με κοινή μορφή αλλά η σύγκριση μεμονωμένων σημείων είναι δύσκολη. Αυτό συμβαίνει καθώς οι διαφορετικές αυξομειώσεις των τιμών από την μία καταγραφή στην επόμενη δημιουργεί γραμμές διαφορετικής μορφής. Έτσι όσο περισσότερα σημεία συμπεριλαμβάνονται στο διάγραμμα τόσο πιο δύσκολη γίνεται η παρατήρηση μίας συγκεκριμένης γραμμής. Από την άλλη αν δεν συμπεριληφθούν όλα τα σημεία-γραμμές δεν θα είναι αντικειμενικό το αποτέλεσμα. Επομένως δεν ήταν εφικτή η περαιτέρω ανάλυση με βάση τα συγκεκριμένα διαγράμματα τα οποία όμως δίνουν μία γενική εικόνα για την μορφή των δεδομένων.



Εικόνα 4.3.1.8 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 και την ημερομηνία σε μορφή (Day Of Year) για ποικίλα σημεία ίδιας κατηγορίας

Ανάλυση χρονοσειρών σε κατηγορίες βλάστησης με βάση τον δείκτη NDVI

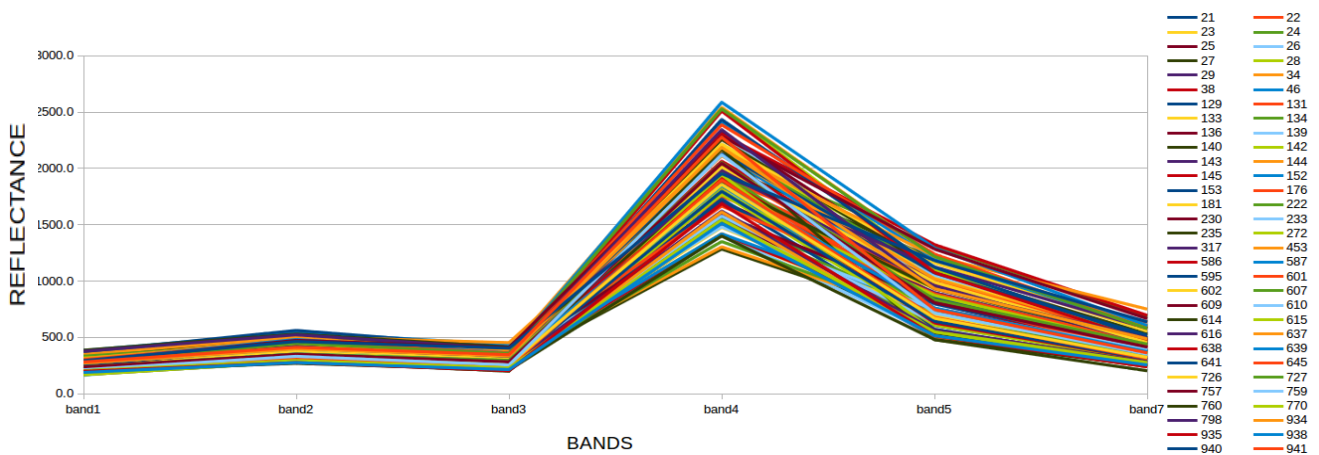
Πέρα από τα διαγράμματα της μορφής $Y=$ κανάλι, $X=$ ημερομηνία για κάθε κανάλι, αντίστοιχο δημιουργήθηκε και για τον δείκτη NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται ο δείκτης NDVI για την κατηγορία Δάσος Πλατύφυλλων προκειμένου να παρατηρηθεί η κατάσταση της υγιούς βλάστησης για την χρονική περίοδο που εξετάζεται. Εύκολα παρατηρείται η διαφορετική συμπεριφορά του συνόλου των τιμών για τα χρονικά διαστήματα που αφορούν περίπου από τον Απρίλιο μέχρι Σεπτέμβριο (άνοιξη-καλοκαίρι) και για τα τρία έτη σε σχέση με τα αντίστοιχα διαστήματα (φθινόπωρο-χειμώνας). Οι τιμές του δείκτη για τα διαστήματα που αφορούν άνοιξη-καλοκαίρι κυμαίνονται από 0.65 μέχρι 0.95 με λίγες εξαιρέσεις χαμηλότερων τιμών. Οι υψηλές αυτές τιμές υποδεικνύουν πυκνό και υγιές φύλλωμα ενώ οι πιο χαμηλές κατά τις περιόδους φθινοπώρου-χειμώνα υποδεικνύουν αρκετά λιγότερο φύλλωμα και ευρωστία της βλάστησης. Η συμπεριφορά αυτή είναι και η αναμενόμενη για την συγκεκριμένη κατηγορία πλατύφυλλων, φυλλοβόλων δέντρων επομένως το διάγραμμα αυτό αποτελεί ένδειξη για την ορθή επιλογή και κατάταξη των σημείων σε αυτή την κατηγορία.



Εικόνα 4.3.1.9 Διάγραμμα στο οποίο απεικονίζονται οι τιμές του δείκτη NDVI των καταγραφών για την υποκατηγορία Δάσος Πλατύφυλλων για όλες τις ημερομηνίες

4.3.2 Ανάλυση της υποκατηγορίας Δάσος Κωνοφόρων

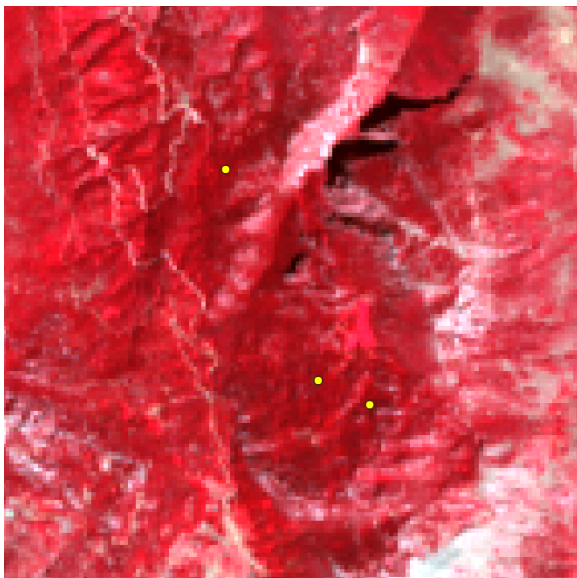
Η συγκεκριμένη κατηγορία κάλυψης γης με την βοήθεια των διαγραμμάτων Μέσου Όρου-Κανάλια και Τυπική Απόκλιση-Κανάλια, καθώς και έλεγχο των αντίστοιχων σημείων σε έγχρωμα σύνθετα χωρίστηκε εκ των υστέρων σε δύο μικρότερες υποκατηγορίες πιο συμπαγείς ως προς την φασματική υπογραφή των σημείων τους. Το διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζει τον Μέσο Όρο για κάθε κανάλι του συνόλου των σημείων πριν διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες.



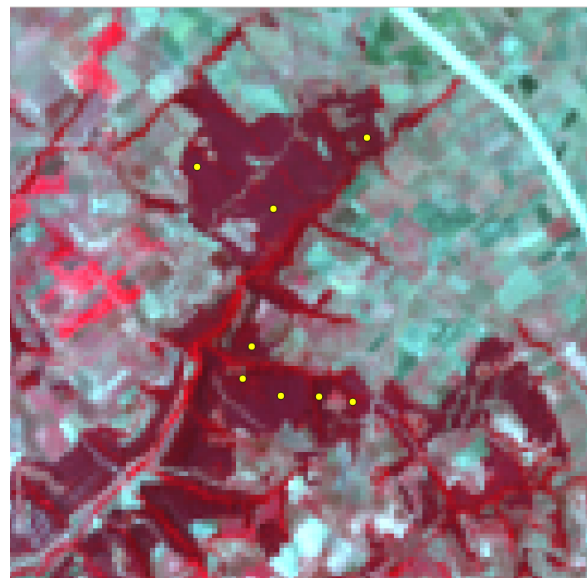
Εικόνα 4.3.2.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητα ανά κανάλι της υποκατηγορίας **Δάσος Κωνοφόρων** για το σύνολο των σημείων **πριν** διαχωριστεί σε δύο υποκατηγορίες

Διαχωρισμός της υποκατηγορίας με βάση τους Μέσους Όρους Ανακλαστικότητα

Λόγω του μεγάλου εύρους τιμών που παρουσιάζεται στο κανάλι 4 έγινε έλεγχος τόσο στα σημεία με τις χαμηλότερες τόσο και σε αυτά με τις ψηλότερες τιμές δημιουργώντας έγχρωμο σύνθετα με τις εικόνες στις οποίες εμφανίζονται. Με αυτό τον τρόπο διαπιστώθηκε ότι οι δύο αυτές κατηγορίες σημείων που ελέγχθηκαν, αυτά με τις ψηλότερες τιμές και αυτά με τις χαμηλότερες στο κανάλι 4, παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και παρουσιάζουν διαφορές στις εικόνες. Ακολουθούν δύο εικόνες ως παραδείγματα αυτών των περιπτώσεων. Οι δύο εικόνες είναι σε έγχρωμο σύνθετο RGB: 432 και σε αυτές εύκολα διακρίνεται η διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών σημείων τα οποία ελέγχθηκαν. Στην εικόνα 4.3.2.2 τα σημεία με τις κίτρινες κουκκίδες είναι αυτά τα οποία έχουν παρθεί για την κατηγορία Δάση Κωνοφόρων όπου εμφανίζονται οι χαμηλότερες τιμές στο κανάλι 4. Οι αποχρώσεις τους σε αυτό το σύνθετο είναι έντονα κόκκινες. Στην εικόνα 4.3.2.3 παρατηρούνται σημεία από αυτά με τις ψηλότερες τιμές στο κανάλι 4 και η διαφορά στις αποχρώσεις τους είναι εμφανείς καθώς έχουν πιο σκούρο μοβ χρώμα.



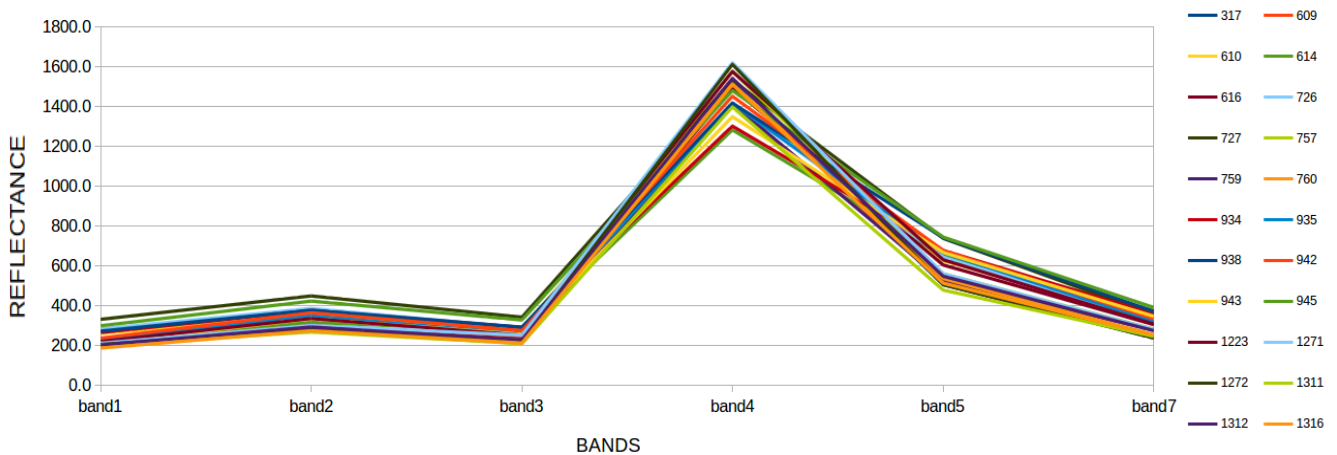
Εικόνα 4.3.2.2 Παραδείγματα σημείων της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 1'



Εικόνα 4.3.2.3 Παραδείγματα σημείων της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 2'

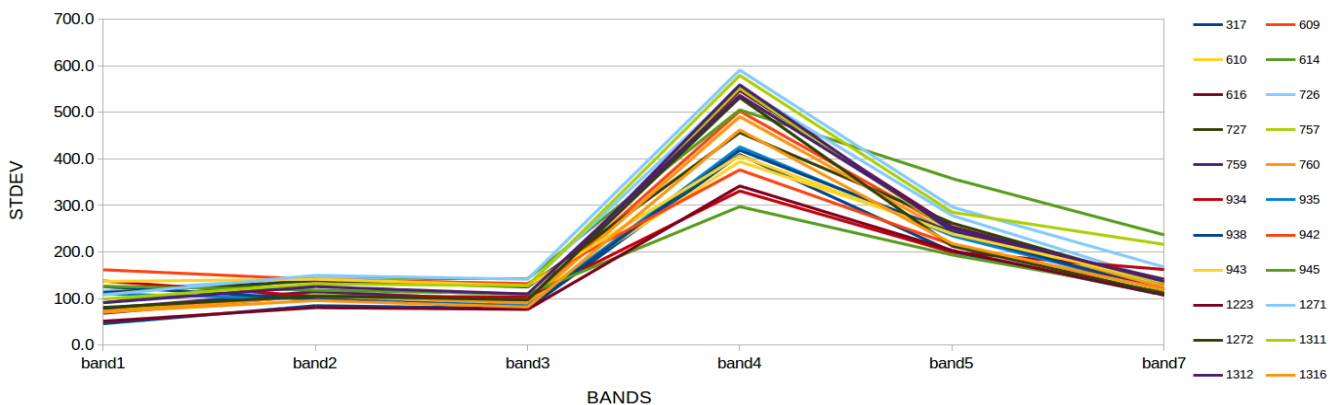
Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας και Τυπικών Αποκλίσεων της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 1'

Σύμφωνα με τα παραπάνω η κατηγορία Δάσος Κωνοφόρων χωρίστηκε σε δύο μικρότερες (Δάσος Κωνοφόρων 1 και 2) των οποίων τα διαγράμματα Μέσου Όρου και Τυπικής Απόκλισης ακολουθούν. Το επόμενο αναφέρεται στην 'Δάσος Κωνοφόρων 1' όπου οι τιμές των μέσων όρων δεν ξεπερνάνε την τιμή 1600 στο τέταρτο κανάλι.



Εικόνα 4.3.2.4 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 1'

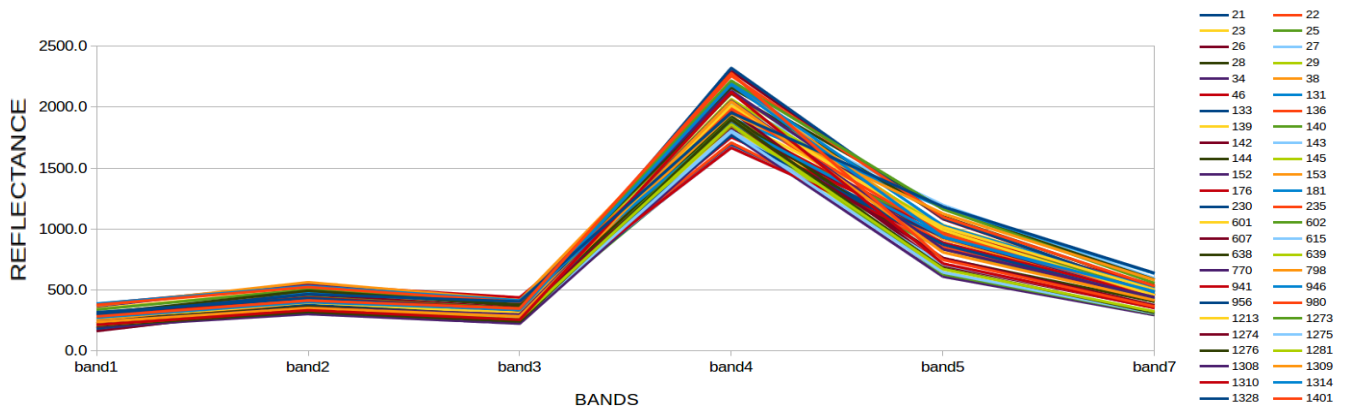
Το επόμενο διάγραμμα αναφέρεται στην τυπική απόκλιση των παραπάνω σημείων. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τυπικές αποκλίσεις των σημείων στο τέταρτο κανάλι, στο οποίο σημειώνουν τις υψηλότερες τιμές, στην συγκεκριμένη κατηγορία δεν ξεπερνάνε την τιμή 600 ενώ στο αντίστοιχο της κατηγορίας Δάσος Πλατύφυλλων φτάνουν το 1200. Η μεγάλη διαφορά αυτή ερμηνεύεται ως ομοιογένεια στην επιλογή των σημείων αυτής της κατηγορίας σε αντίθεση με αυτά της κατηγορίας με τις υψηλές τυπικές αποκλίσεις.



Εικόνα 4.3.2.5 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 1'

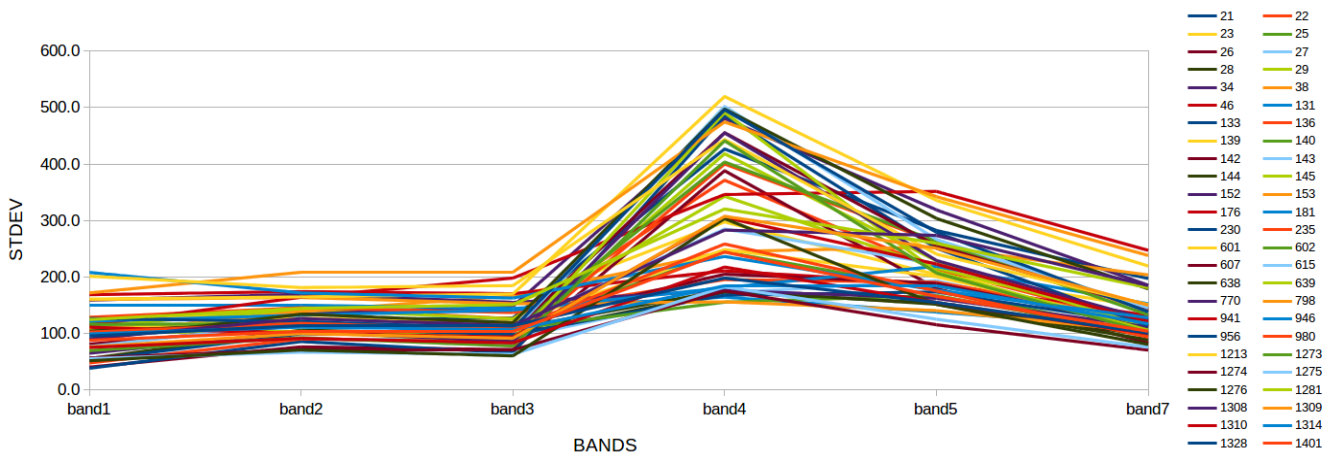
Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας και Τυπικών Αποκλίσεων της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 2'

Ακολουθεί το διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ως προς τα κανάλια για την υποκατηγορία Δάσος Κωνοφόρων 2 όπου οι τιμές στο κανάλι 4 είναι μεγαλύτερες από 1600. Οι δύο νέες υποκατηγορίες που έχουν δημιουργηθεί είναι πιο συμπαγείς καθώς τα διαγράμματα Μέσων Όρων τους είναι πιο πυκνά και με μικρότερη διασπορά στο τέταρτο κανάλι.



Εικόνα 4.3.2.6 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 2'

Παρατίθεται και το αντίστοιχο διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ως προς τα κανάλια στο οποίο παρατηρούνται ακόμα μικρότερες τυπικές αποκλίσεις στο κανάλι 4, όπου ξεπερνάνε για λίγο την τιμή 500. Στα υπόλοιπα κανάλια οι μεγαλύτερες τιμές απόκλισης είναι γύρω στο 200.

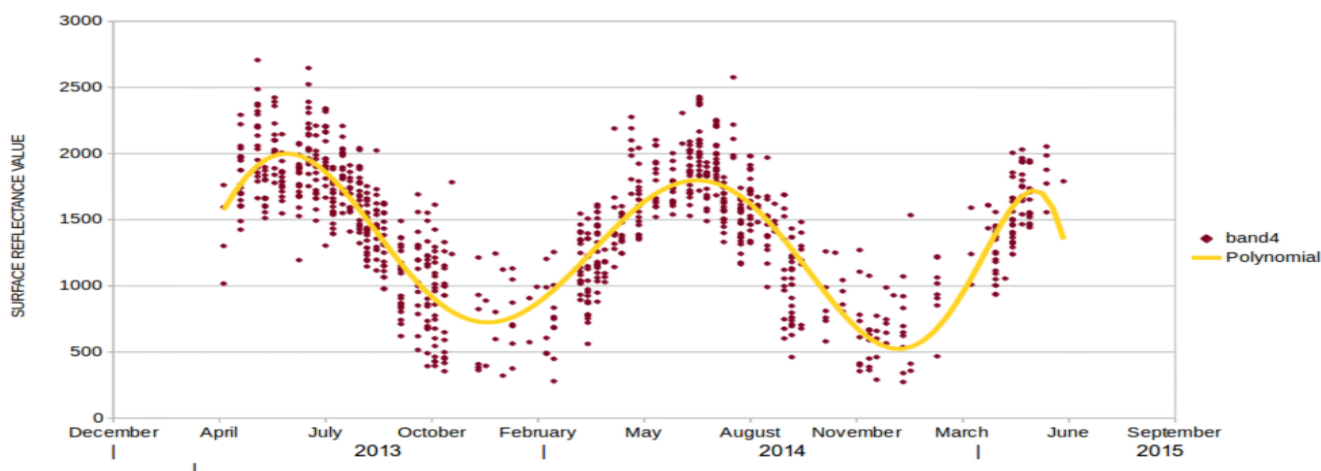


Εικόνα 4.3.2.7 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 2'

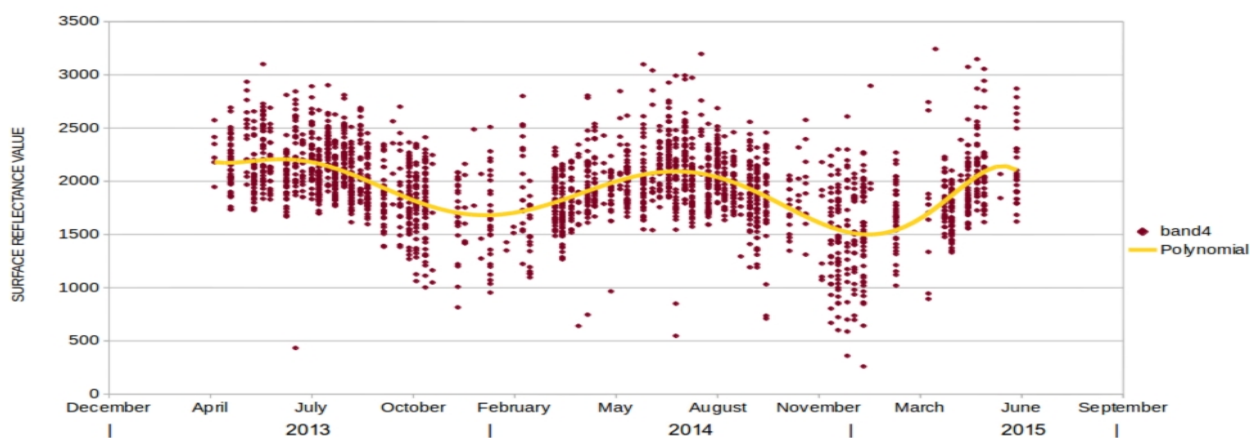
Σύγκριση των διαγραμμάτων ως προς το κανάλι 4 των δύο υποκατηγοριών

Τα σημεία τα οποία εκπροσωπούν τις δύο υποκατηγορίες που δημιουργήθηκαν με την βοήθεια των παραπάνω διαγραμμάτων επιλέχθηκαν έχοντας αφαιρέσει αυτά τα οποία ξεχώριζαν από την γενική μορφή της δέσμης όσον αφορά το διάγραμμα Μέσου Όρου και όσα είχαν σημαντικά μεγαλύτερη τυπική απόκλιση σε κάποιο κανάλι. Ακολουθούν τα διαγράμματα της μορφής $Y=τιμή\ καναλιού$ $X=ημερομηνία$ για το κανάλι

4 (NIR) διαδοχικά για τις κατηγορίες Δάσος Κωνοφόρων 1 και 2 έτσι ώστε να μπορούν να συγκριθούν άμεσα.



Εικόνα 4.3.2.8 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 1' για όλες τις ημερομηνίες

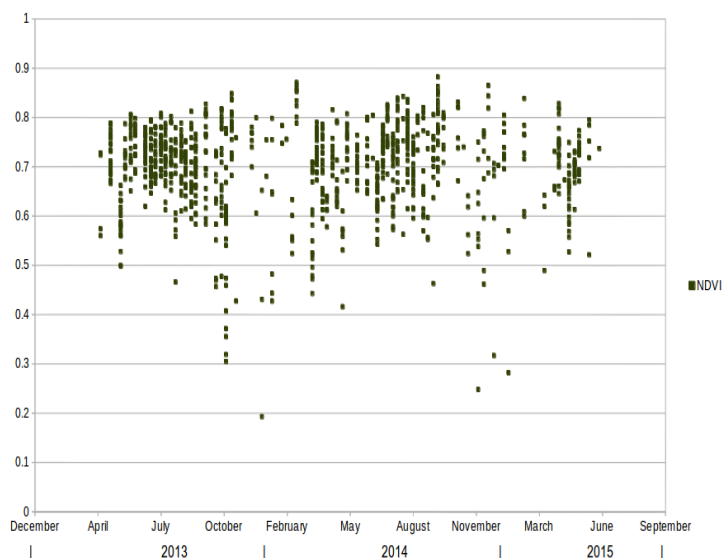


Εικόνα 4.3.2.9 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 2' για όλες τις ημερομηνίες

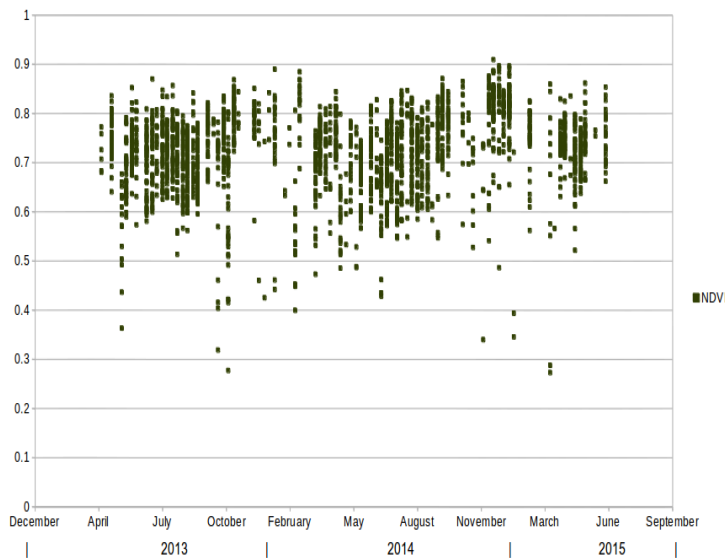
Το διάγραμμα 4.3.2.8 αφορά την κατηγορία Δάσος Κωνοφόρων 1 η οποία περιλαμβάνει τα σημεία με τους χαμηλότερους μέσους όρους στο κανάλι 4. Στο διάγραμμα αυτό οι καταγραφές είναι πιο αραιές από αυτές της κατηγορίας Δάσος Κωνοφόρων 2 στο επόμενο καθώς αποτελείται από λιγότερα σημεία. Παρά αυτή την διαφορά η οποία δεν είναι σημαντική για την παρατήρηση των δύο διαγραμμάτων, η ουσιαστική διαφορά στην μορφή των δύο κατηγοριών διαφαίνεται. Στα δύο αυτά διαγράμματα όπως φαίνεται από το σύνολο των καταγραφών αλλά και πιο ξεκάθαρα από την πολυωνμική γραμμή που παρεμβάλλεται σ' αυτά η εποχικότητα στις τιμές των καταγραφών είναι διαφορετική. Αυτό συμπεραίνεται καθώς στην πρώτη κατηγορία η πολυωνμική γραμμή εμφανίζει πιο έντονες κοιλίες στα διαστήματα φθινοπώρου-χειμώνα σε σχέση με την δεύτερη κατηγορία. Αυτή η διαφορετική συμπεριφορά υποδεικνύει ότι όντως πρόκειται για δύο διαφορετικές κατηγορίες κάλυψης γης λόγω των διαφορών στις φασματικές υπογραφές.

Σύγκριση των δύο υποκατηγοριών αναλύοντας χρονοσειρές των σημείων τους ως προς τον δείκτη NDVI

Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα που απεικονίζουν τον δείκτη NDVI για κάθε κατηγορία από τα οποία όμως δεν αντλείται κάποια πληροφορία για το διαχωρισμό των κατηγοριών καθώς είναι αρκετά όμοια πέρα του ότι αυτό της κατηγορίας 1 είναι πιο αραιό. Το ότι οι τιμές του NDVI είναι παρόμοιες για ίδιες ημερομηνίες στις δύο κατηγορίες και το ότι τα επίπεδα του NDVI δεν παρουσιάζουν σημαντική μείωση στις περιόδους φθινοπώρου-χειμώνα ίσως σημαίνει για τις δύο κατηγορίες ότι πρόκειται για κωνοφόρα, αειθαλή αλλά διαφορετικού τύπου.



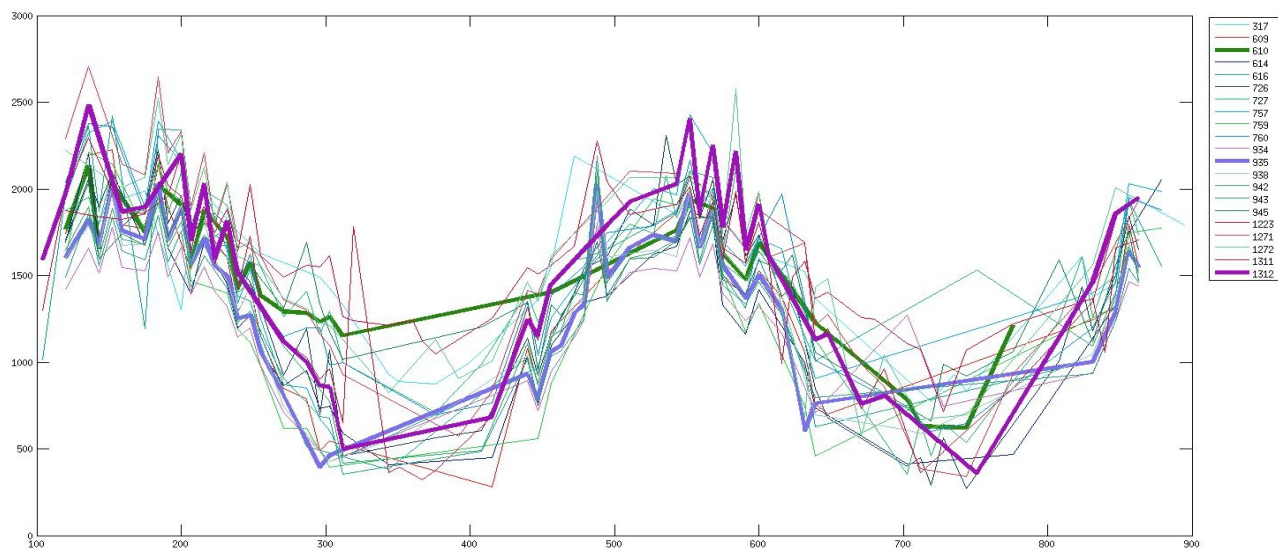
Εικόνα 4.3.2.10 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την υποκατηγορία 'Δάσος Κωνοφόρων 1'



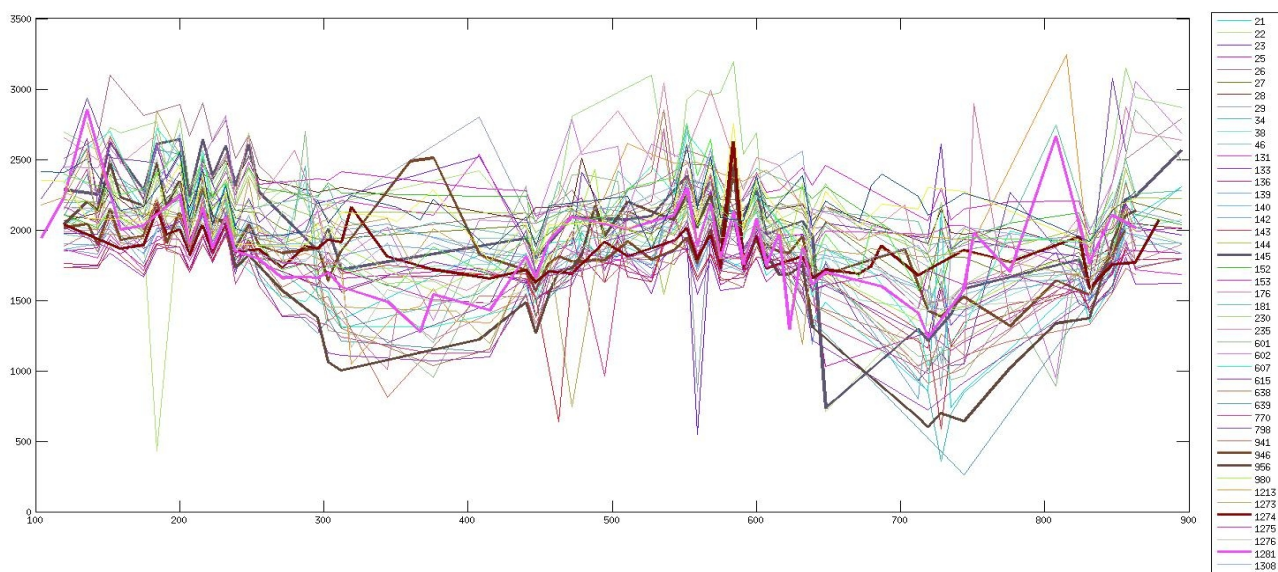
Εικόνα 4.3.2.11 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την υποκατηγορία 'Δάσος Κωνοφόρων 2'

Σύγκριση των δύο υποκατηγοριών μέσω χρονοσειρών ποικίλων σημείων σε κάθε υποκατηγορία

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω στο διάγραμμα 'Κανάλι 4 – Ημερομηνία' της κατηγορίας Δάσος Κωνοφόρων 1 η πολυωνμική γραμμή παρουσιάζει έντονες κοιλίες σε σχέση με αυτήν της κατηγορίας Δάσος Κωνοφόρων 2. Τα διαγράμματα που ακολουθούν χρησιμεύουν στο να διαπιστωθεί αν η μορφή αυτή της γραμμής οφείλεται σε μεμονωμένα σημεία που έχουν στα διαστήματα αυτά χαμηλές τιμές ή αν οι καταγραφές των σημείων ακολουθούν αυτήν την μορφή. Στην πρώτη περίπτωση θα σήμαινε ότι είχαμε οδηγηθεί σε λανθασμένο συμπέρασμα διαχωρίζοντας με αυτό τον τρόπο τα σημεία σε δύο κατηγορίες ενώ στην δεύτερη θα επιβεβαιωνόταν ότι υπάρχει μία κοινή συμπεριφορά των σημείων κάθε μία από τις κατηγορίες. Στο πρώτο κατά σειρά διάγραμμα, το οποίο αναφέρεται στην κατηγορία Δάσος Κωνοφόρων 1, έχουν τονιστεί κάποιες γραμμές σημείων οι οποίες δείχνουν ότι όντως οι καταγραφές των σημείων ακολουθούν την συγκεκριμένη μορφή η οποία περιγράφεται από την αντίστοιχη πολυωνμική. Αντίστοιχα και για το επόμενο διάγραμμα, το οποίο αναφέρεται στην δεύτερη κατηγορία, παρ'όλο που σε αυτό η παρουσία κάποιων ακραίων τιμών αλλοιώνει την γενική εικόνα των δεδομένων και δημιουργεί ασάφεια. Με αυτό τον τρόπο διαπιστώνεται ότι υπάρχουν διαφορετικά μοτίβα σε αυτά τα χρονικά διαστήματα ανάμεσα στις δύο κατηγορίες τα οποία δημιουργούνται από τη συνολική συμπεριφορά των σημείων τους και όχι από κάποιες μεμονωμένες καταγραφές τους.



Εικόνα 4.3.2.12 Διάγραμμα ως προς το κανάλι 4 για την υποκατηγορία 'Δάσος Κωνοφόρων 1'

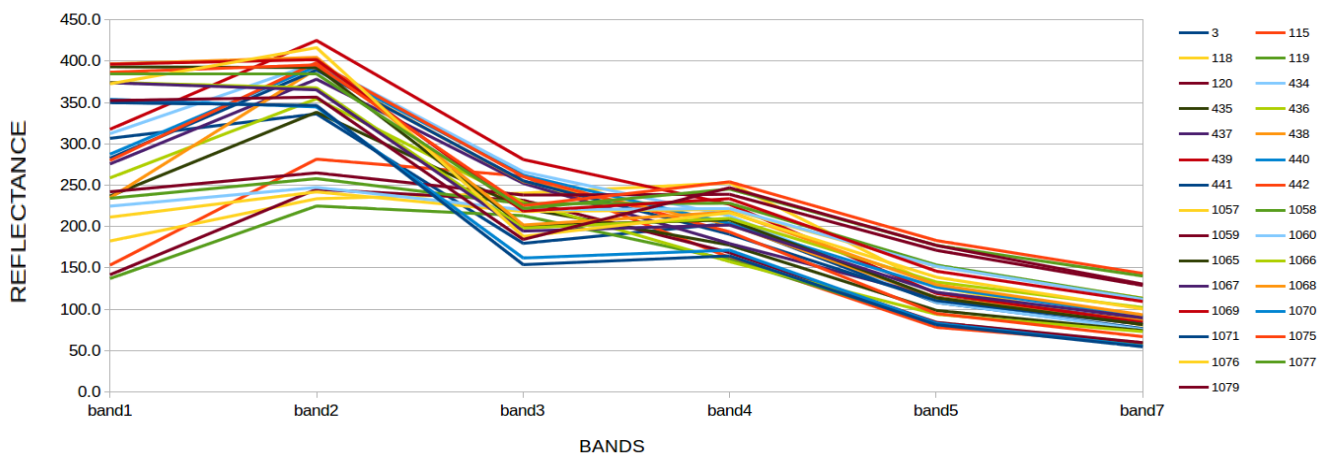


Εικόνα 4.3.2.13 Διάγραμμα ως προς το κανάλι 4 για την υποκατηγορία 'Δάσος Κωνοφόρων 2'

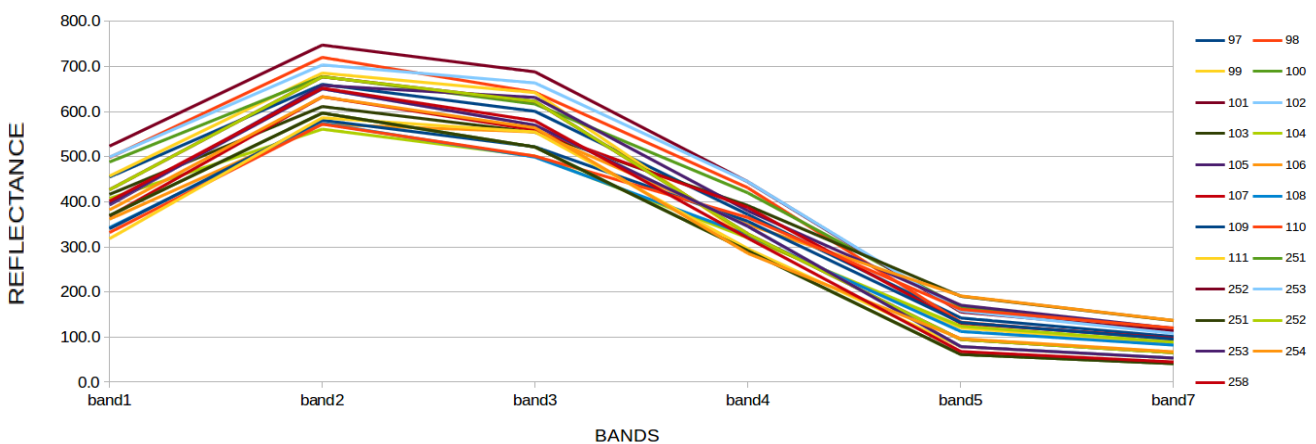
4.3.3 Ανάλυση της υποκατηγορίας Εσωτερικοί Υγρότοποι

Διαχωρισμός της υποκατηγορίας με βάση τα Διαγράμματα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας

Όσον αφορά την υποκατηγορία Εσωτερικοί Υγρότοποι κατά την δημιουργία του διαγράμματος Μέσοι Όροι – Κανάλια χρησιμοποιώντας όλα τα σημεία που έχουν επιλεγεί για αυτή την κατηγορία εντοπίστηκαν εύκολα δύο διαφορετικές ομαδοποιήσεις των σημείων με εμφανώς διαφορετικές μέσες φασματικές υπογραφές. Χρησιμοποιώντας πράξεις μεταξύ καναλιών και συγκεκριμένα τον λόγο των καναλιών 2 και 3 και τον λόγο των καναλιών 3 και 4 διαχωρίστηκαν σε δύο ομάδες τα σημεία τα οποία αποτελούν πλέον τις κατηγορίες Εσωτερικοί Υγρότοποι 1 και 2. Στα επόμενα δύο διαγράμματα παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των σημείων ως προς τα κανάλια όπου μπορούν να παρατηρηθούν οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο κατηγοριών. Στο πρώτο, το οποίο αναφέρεται στην κατηγορία 1, οι τιμές στο δεύτερο κανάλι κυμαίνονται περίπου από 200 μέχρι 400 ενώ στο δεύτερο περίπου από 550 μέχρι 750. Αντίστοιχες διαφορές παρατηρούνται ανάμεσα στις δύο κατηγορίες στο κανάλι 3 και 4. Επίσης σημαντικά διαφορετικές είναι και οι κλίσεις των γραμμών-σημείων μεταξύ των καναλιών 3 και 4.



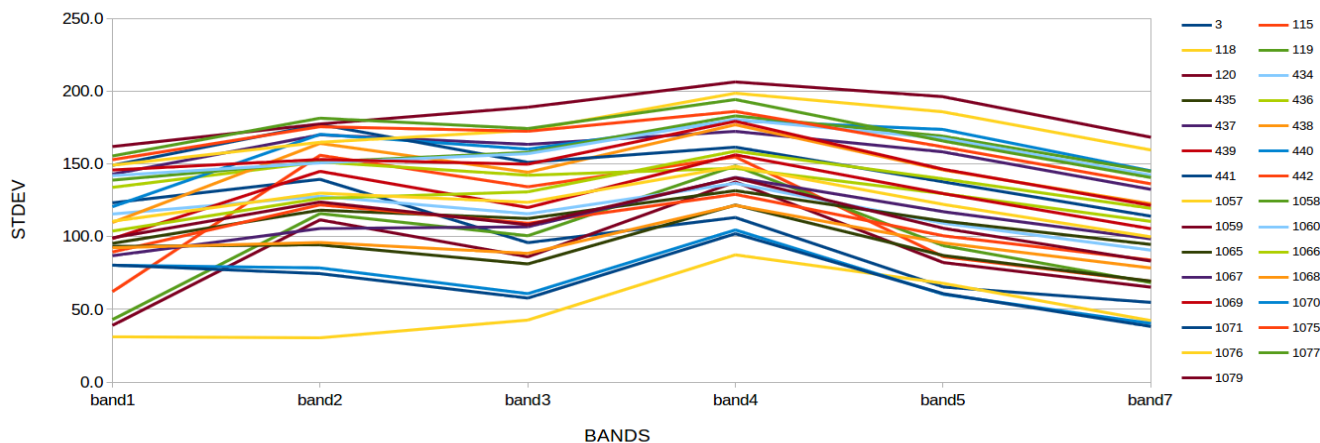
Εικόνα 4.3.3.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 1'



Εικόνα 4.3.3.2 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 2'

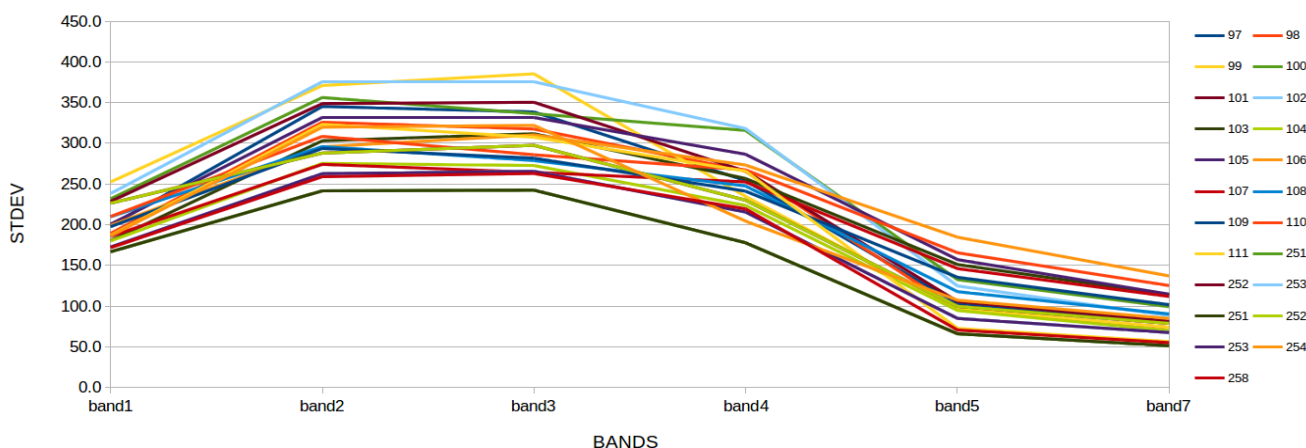
Διαγράμματα Τυπικών Αποκλίσεων για τις δύο πλέον υποκατηγορίες

Ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα Τυπικής Απόκλισης – Κανάλια για τις δύο κατηγορίες. Στο διάγραμμα Μέσων Όρων η κατηγορία 1 φαίνεται κάπως ανομοιογενής λόγω των διαφορετικών κλίσεων που έχουν μερικές γραμμές σημείων μεταξύ τους ανάμεσα στα κανάλια 1 και 2. Όμως όπως φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα οι τυπικές αποκλίσεις διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα καθώς οι διαφορές των σημείων είναι σχετικά μικρές κατ' απόλυτη τιμή.



Εικόνα 4.3.3.3 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 1'

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων της δεύτερης κατηγορίας στο οποίο η μορφή των γραμμών είναι αρκετά όμοια με αυτή των Μέσων Όρων πράγμα που δείχνει αναλογία μεταξύ των τιμών και τυπικών αποκλίσεων. Οι τυπικές αποκλίσεις των σημείων αυτής της κατηγορίας είναι γενικά μεγαλύτερες από αυτές της κατηγορίας 1. Ιδιαίτερα στα κανάλια 2, 3 και 4 παίρνουν τιμές από 200 μέχρι 400 ενώ στην κατηγορία 1 είναι όλες κάτω από 200.



Εικόνα 4.3.3.4 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 2'

Σχολιασμός των διαφορών ανάμεσα στις δύο υποκατηγορίες

Ακολουθούν εικόνες από google maps (για μεγαλύτερη ευκρίνεια) οι οποίες περιέχουν σημεία της κάθε κατηγορίας με τις οποίες εξηγούνται οι διαφορές μεταξύ τους. Η εικόνα στα αριστερά δείχνει σημεία που ανήκουν στην κατηγορία Εσωτερικοί Υγρότοποι 1 όπου τα σημεία έχουν παρθεί σε λίμνη. Όπως φαίνεται

από το σκούρο μπλε χρώμα στα σημεία αυτά το νερό είναι βαθύ και χωρίς συγκεντρώσεις ιζημάτων. Αντιθέτως στην εικόνα στα δεξιά, η οποία αναφέρεται σε σημεία της κατηγορίας 2 πρόκειται για βαλτώδης περιοχή με πιο αβαθή νερά και ιζήματα. Έτσι εξηγούνται οι ψηλότερες τιμές στα κανάλια 2, 3, και 4 στην κατηγορία Εσωτερικοί Υγρότοποι 2 σε σχέση με την 1 αλλά και οι μεγαλύτερες τυπικές αποκλίσεις καθώς στην βαλτώδη περιοχή παρουσιάζονται μεγαλύτερες μεταβολές στο διάστημα ενός έτους (π.χ. περίοδος ξηρασίας).



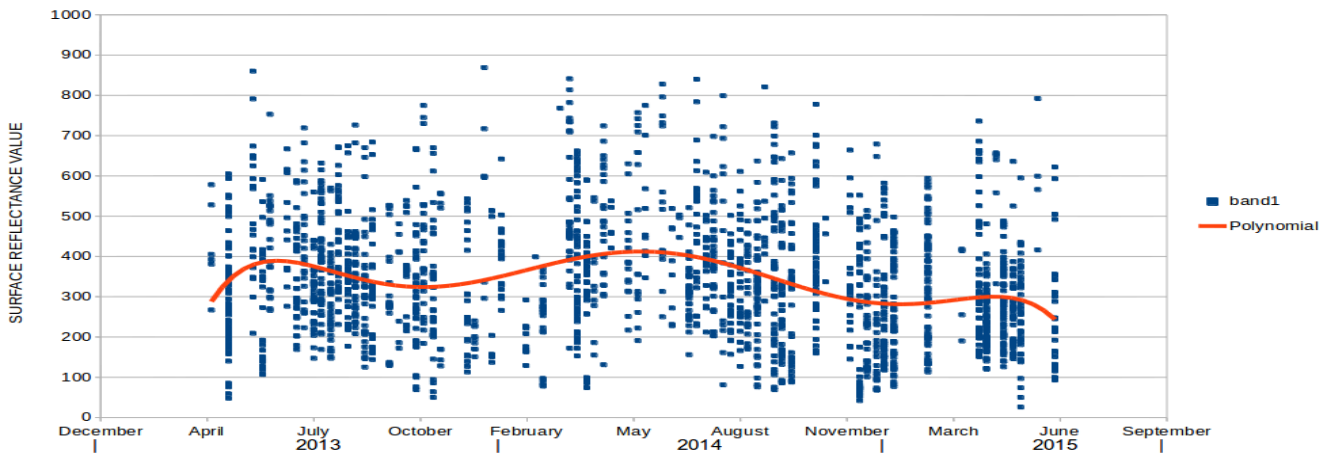
Εικόνα 4.3.3.5 Παραδείγματα σημείων από την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 1'



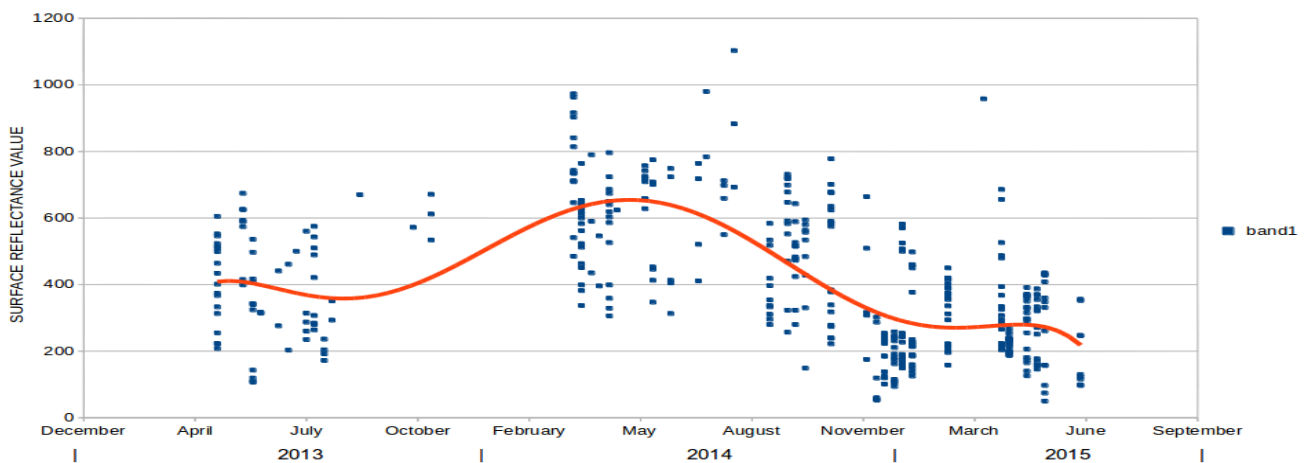
Εικόνα 4.3.3.6 Παραδείγματα σημείων από την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 2'

Σύγκριση των υποκατηγοριών μέσω των διαγραμμάτων του καναλιού 1

Ακολουθούν τα διαγράμματα της μορφής $Y=$ τιμή καναλιού $X=$ ημερομηνία για τη σύγκριση των δύο κατηγοριών ως προς τις τιμές των καταγραφών τους συναρτήσει του χρόνου. Διαγράμματα έχουν δημιουργηθεί για όλα τα κανάλια αλλά αυτά που θα παρουσιαστούν για τις υποκατηγορίες που αφορούν νερό είναι ως προς το κανάλι 1 (Blue) καθώς αυτό σύμφωνα με την USGS είναι κατάλληλο για βυθομετρική χαρτογράφηση. Το πρώτο κατά σειρά αφορά την κατηγορία Εσωτερικοί Υγρότοποι 1, αυτήν η οποία περιλαμβάνει τα σημεία σε βαθύτερα νερά χωρίς ιζήματα. Όπως φαίνεται με την βοήθεια της πολυωνυμικής εμφανίζεται μία περιοδικότητα με περίοδο ενός έτους όμως η καμπύλη έχει διαφορετική μορφή για κάθε έτος. Το δεύτερο κατά σειρά είναι αρκετά αραιό καθώς περιλαμβάνει λίγα σημεία, 20 για την ακρίβεια, και στο διάστημα φθινόπωρο – χειμώνας του 2013 οι καταγραφές είναι ελάχιστες λόγω νεφοκάλυψης. Παρά την έλλειψη δεδομένων όμως παρατηρείται διαφορά στην μορφή της πολυωνυμικής καμπύλης του κυρίως κατά τη διάρκεια του έτους 2014 σε σχέση με το αντίστοιχο διάστημα στην κατηγορία 1. Η καμπύλη της κατηγορίας 2 στο διάστημα αυτό είναι πιο έντονη και η κορυφή της ξεπερνάει την τιμή 600 ενώ στο ίδιο σημείο η καμπύλη της κατηγορίας 1 έχει τιμή 400.



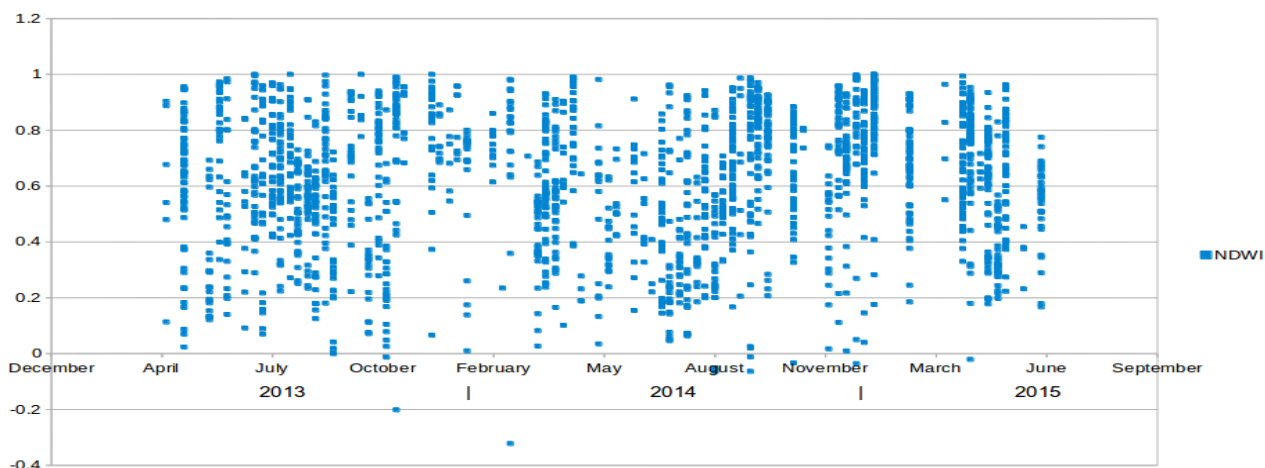
Εικόνα 4.3.3.7 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 1 για όλες τις ημερομηνίες για τα σημεία της υποκατηγορίας 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 1'



Εικόνα 4.3.3.8 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 1 για όλες τις ημερομηνίες για τα σημεία της υποκατηγορίας 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 2'

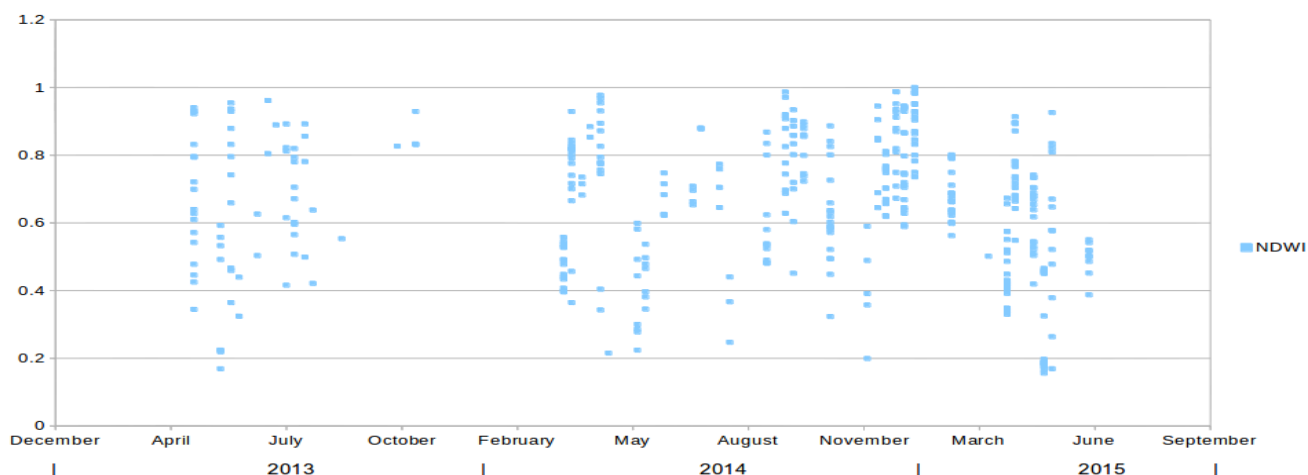
Ανάλυση χρονοσειρών σε κατηγορίες υδάτων με βάση τον δείκτη MNDWI

Στη συνέχεια παρατίθενται τα αντίστοιχα διαγράμματα ως προς τον δείκτη MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index). Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω ο δείκτης αυτός ενισχύει τα υδάτινα στοιχεία υποβιβάζοντας τον θόρυβο από χόμα και βλάστηση Xu (2006). Στο επόμενο διάγραμμα, το οποίο αναφέρεται στην κατηγορία 1 (βαθύτερα νερά), δεν διακρίνεται κάποια διακύμανση των τιμών συναρτήσει του χρόνου αλλά υπάρχει μεγάλο εύρος τιμών στο σύνολο των δεδομένων. Οι περισσότερες καταγραφές έχουν τιμές μεγαλύτερες του 0.4 ενώ υπάρχουν και αρνητικές τιμές οι οποίες υποδεικνύουν τεχνητά αντικείμενα και χόμα είτε βλάστηση.



Εικόνα 4.3.3.9 Χρονοσειρές ως προς τον δείκτη **MNDWI** για όλες τις ημερομηνίες για τα σημεία της υποκατηγορίας **'Εσωτερικοί Υγρότοποι 1'**

Αντίστοιχες παρατηρήσεις γίνονται και για το παρακάτω διάγραμμα το οποίο αναφέρεται στην κατηγορία 2 (βαλτώδης περιοχή). Παρ' όλο όμως που η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει πιο ρηγά νερά και βαλτώδεις εκτάσεις και θα περιμέναμε να υπάρχουν αρνητικές τιμές λόγω βλάστησης και χρώματος δεν παρατηρούνται τέτοιες.

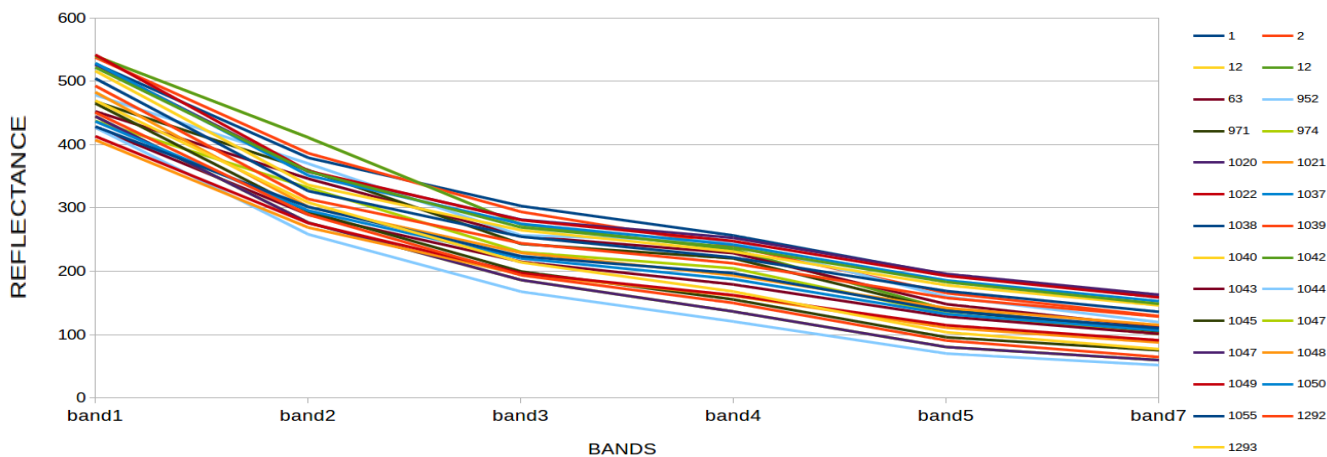


Εικόνα 4.3.3.10 Χρονοσειρές ως προς τον δείκτη **MNDWI** για όλες τις ημερομηνίες για τα σημεία της υποκατηγορίας **'Εσωτερικοί Υγρότοποι 2'**

4.3.4 Ανάλυση της υποκατηγορίας Υδάτινοι Όγκοι

Ανάλυση του διαγράμματος Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι

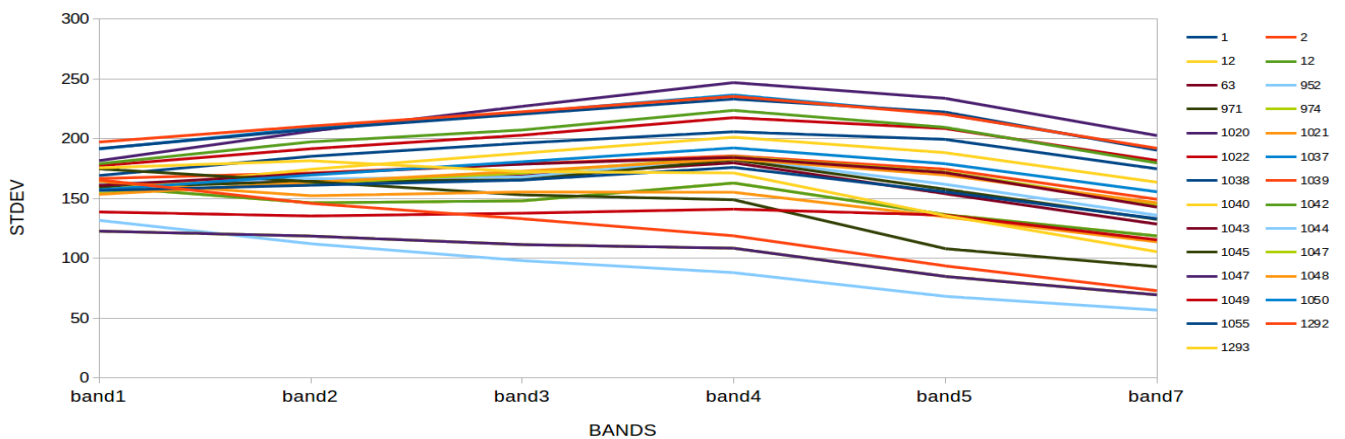
Όπως φαίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα η υποκατηγορία αυτή είναι αρκετά συμπαγής και ομοιογενείς ως προς τα διαφορετικά σημεία που την απαρτίζουν καθώς τα σημεία όλα έχουν παρθεί σε θαλάσσια νερά αρκετού βάθους. Επομένως αναμένεται η φασματικές τους υπογραφές να είναι αρκετά όμοιες μεταξύ τους. Το επόμενο διάγραμμα είναι αυτό των Μέσων Όρων ως προς τα κανάλια. Σε αυτό παρατηρείται ότι οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται στο κανάλι 1 (Blue) και κυμαίνονται από 400 μέχρι 550. Με παρόμοιες κλίσεις των γραμμών - σημείων οι τιμές πέφτουν στο κανάλι 2 (Green) και κυμαίνονται από 250 μέχρι 400. Η καθοδική πορεία των γραμμών συνεχίζει με τις τιμές να κυμαίνονται από 150 μέχρι 300 στο τρίτο κανάλι (Red). Οι τιμές των Μέσων Όρων συνεχίζουν να πέφτουν στα κανάλια του υπέρυθρου για να φτάσουν να κυμαίνονται από 50 μέχρι 150 στο κανάλι 7 (SWIR 2). Παρατηρείται ότι υπάρχει ένα σχεδόν σταθερό εύρος τιμών σε κάθε κανάλι γύρω στο 150 (από την χαμηλότερη έως την υψηλότερη τιμή μέσου όρου κάθε φορά). Πρέπει να αναφερθεί ότι κάποια σημεία που είχαν διαφορετική μορφή γραμμής επομένως επρόκειτο είτε για λανθασμένη επιλογή σημείου (άλλη κατηγορία) είτε λόγω νεφοκάλυψης στις περισσότερες καταγραφές τους, αφαιρέθηκαν για να μείνουν αυτά τα οποία φαίνονται στα επόμενα διαγράμματα.



Εικόνα 4.3.4.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας της υποκατηγορίας Υδάτινοι Όγκοι

Ανάλυση του διαγράμματος Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι

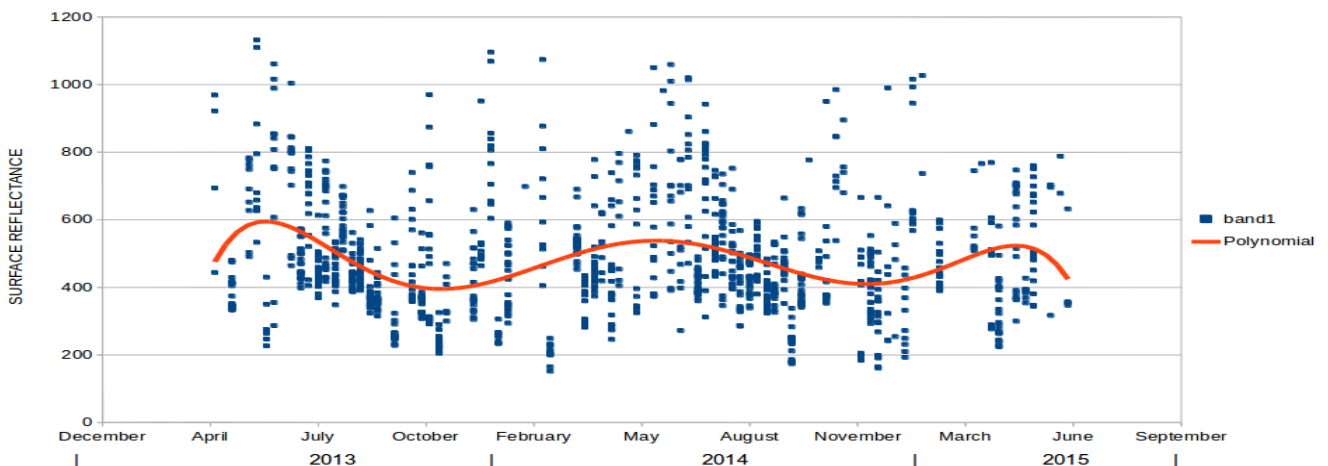
Η παρατήρηση που έγινε παραπάνω για το μικρό εύρος τιμών στους μέσους όρους ανά κανάλι αντικατοπτρίζεται και στο παρακάτω διάγραμμα Τυπικές Αποκλίσεις – Κανάλια καθώς σε όλα τα κανάλια δεν ξεπερνούν την τιμή 200 εκτός από το κανάλι 4 (NIR) όπου κάποιες φτάνουν την τιμή 250. Από το δύο αυτά διαγράμματα συμπεραίνεται ότι τα σημεία της κατηγορίας έχουν αρκετά παρόμοιες φασματικές υπογραφές και ότι οι τιμές των καταγραφών τους ανά κανάλι δεν παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά.



Εικόνα 4.3.4.2 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων της υποκατηγορίας Υδάτινοι Όγκοι

Ανάλυση χρονοσειρών των σημείων της υποκατηγορίας “Υδάτινοι Όγκοι” ως προς το κανάλι 1

Τα σημεία τα οποία φαίνονται στα παραπάνω διαγράμματα είναι αυτά που επιλέχθηκαν για την συγκεκριμένη κατηγορία και με αυτά σχηματίστηκαν τα διαγράμματα Τιμή Καναλιού – Ημερομηνία. Ακολουθεί το αντίστοιχο για το κανάλι 1 (Blue) όπου παρατηρείται οι περισσότερες τιμές των καταγραφών να κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 200 και 600 καθώς εκεί το διάγραμμα είναι πυκνότερο. Σύμφωνα με το διάγραμμα των Τυπικών Αποκλίσεων θα περιμέναμε μία πιο συμπαγή εικόνα των σημείων όμως αρκετές από αυτές έχουν τιμές από 600 μέχρι 800 ενώ ακόμα λιγότερες υπερβαίνουν και την τιμή 1000.

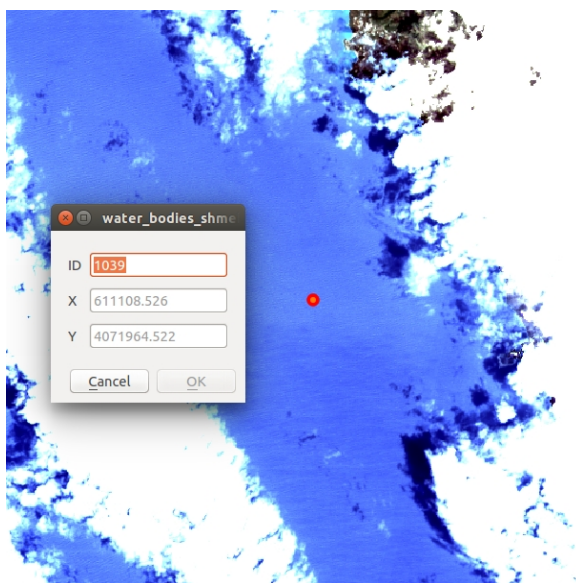


Εικόνα 4.3.4.3 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς το κανάλι 1 της υποκατηγορίας Υδάτινοι Όγκοι για όλες τις ημερομηνίες

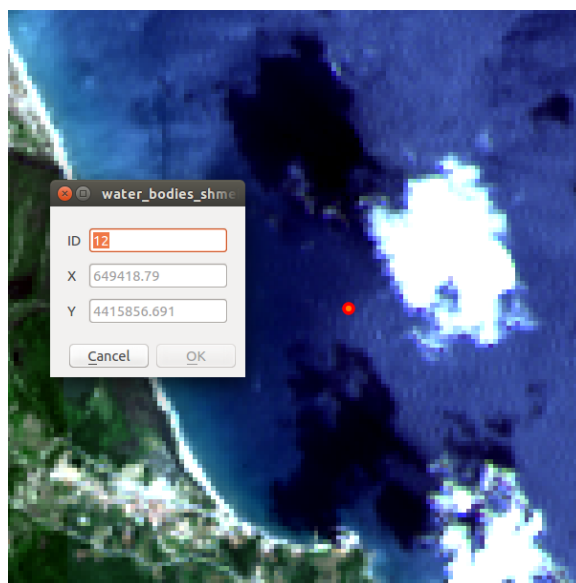
Διερεύνηση ακραίων τιμών

Για την φυσική ερμηνεία των ακραίων τιμών που εμφανίζονται στο διάγραμμα της εικόνας 4.3.4.3 ελέγχθηκαν για μερικές ημερομηνίες ζεύγη σημείων κάθε ένα από τα οποία ανήκε στην ίδια μέρα προκειμένου να διαπιστωθούν οι διαφορές τους πάνω στις αντίστοιχες εικόνες. Από τον έλεγχο αυτό προέκυψαν δύο γενικές περιπτώσεις οι οποίες αναλύονται παρακάτω και για κάθε μία από τις οποίες παρατίθεται ένα ζεύγος εικόνων για την ερμηνεία τους.

Για την πρώτη περίπτωση ως παράδειγμα χρησιμοποιήθηκαν το ζεύγος των σημείων με ταυτότητες '12' και '1039', οι καταγραφές των οποίων αναφέρονται στην ημερομηνία 22 Μαΐου του 2013. Η τιμή στο κανάλι 1 για την καταγραφή της συγκεκριμένης ημερομηνίας του σημείου '1039' είναι 1132 ενώ η αντίστοιχη του σημείου '12' είναι 533. Στις εικόνες που ακολουθούν αριστερά βρίσκεται η εικόνα του σημείου με την υψηλή τιμή και δεξιά αυτή του σημείου με την χαμηλή τιμή. Οι εικόνες από έγχρωμα σύνθετα RGB : 321 από τις εικόνες της συγκεκριμένης ημερομηνίας. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι στην συγκεκριμένη περίπτωση η διαφορά των δύο καταγραφών οφείλεται στην διαφορά φωτεινότητας και στην θέση του ήλιου εκείνη την χρονική στιγμή καθώς στα αριστερά στο σημείο αυτό το χρώμα είναι πιο ανοικτό μπλε. Στα δεξιά είτε λόγω της θέσης του ήλιου σχετικά με το σημείο, είτε λόγω της πιθανής σκίασης που δημιουργεί στην περιοχή του σημείου το σύννεφο που φαίνεται οι τόνοι του μπλε είναι πιο σκούροι.

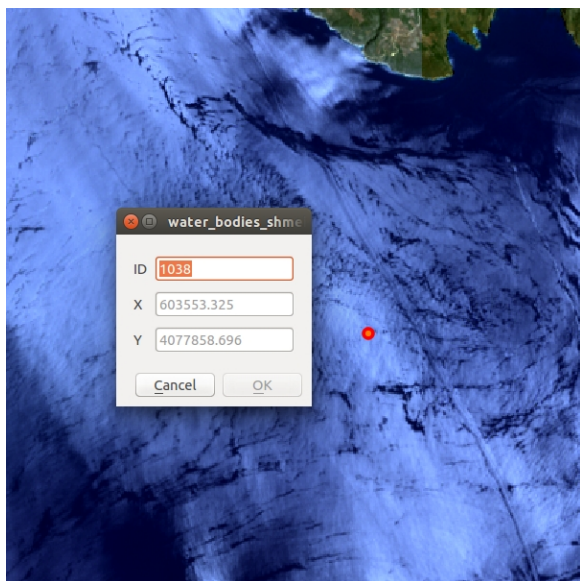


Εικόνα 4.3.4.4 Σημείο '1039' όπου παρατηρείται υψηλή φωτεινότητα στην περιοχή του

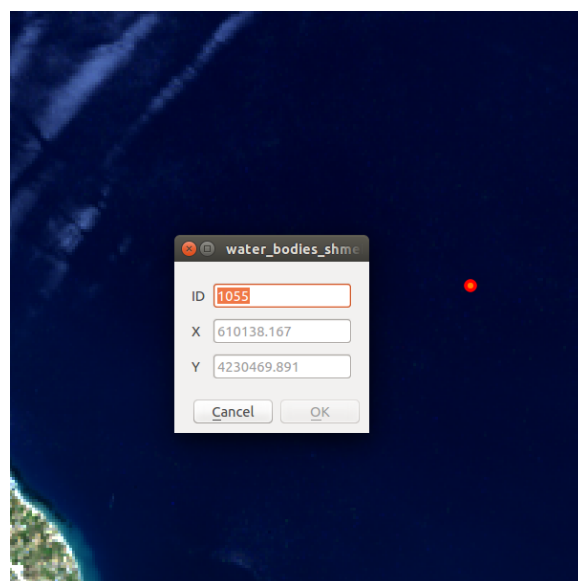


Εικόνα 4.3.4.5 Σημείο '12' με χαμηλότερη φωτεινότητα και πιθανότητα νεφοσκίασης

Για την δεύτερη περίπτωση έχουμε το σημείο '1038' με τιμή καταγραφής στο κανάλι 1 για την ημερομηνία 10 Ιουνίου του 2014 1059 και το σημείο '1055' με αντίστοιχη τιμή 397. Η εικόνα στα δεξιά περιλαμβάνει το σημείο με την υψηλή τιμή το οποίο όπως παρατηρείται καλύπτεται εντελώς από σύννεφο. Πρέπει να σημειωθεί ότι η εκτίμηση της εικόνας cfmask για την συγκεκριμένη καταγραφή όπως και για τις υπόλοιπες με νεφοκάλυψη που συναντήθηκαν σε τέτοιο έλεγχο ήταν '1' δηλαδή νερό. Στα αριστερά το σημείο με την φυσιολογική τιμή (σύμφωνα με την πλειοψηφία των καταγραφών του προηγούμενου διαγράμματος) είναι σε εντελώς καθαρή από νέφη και σκιές τους περιοχή.



Εικόνα 4.3.4.6 Σημείο '1038' το οποίο καλύπτεται από νέφη

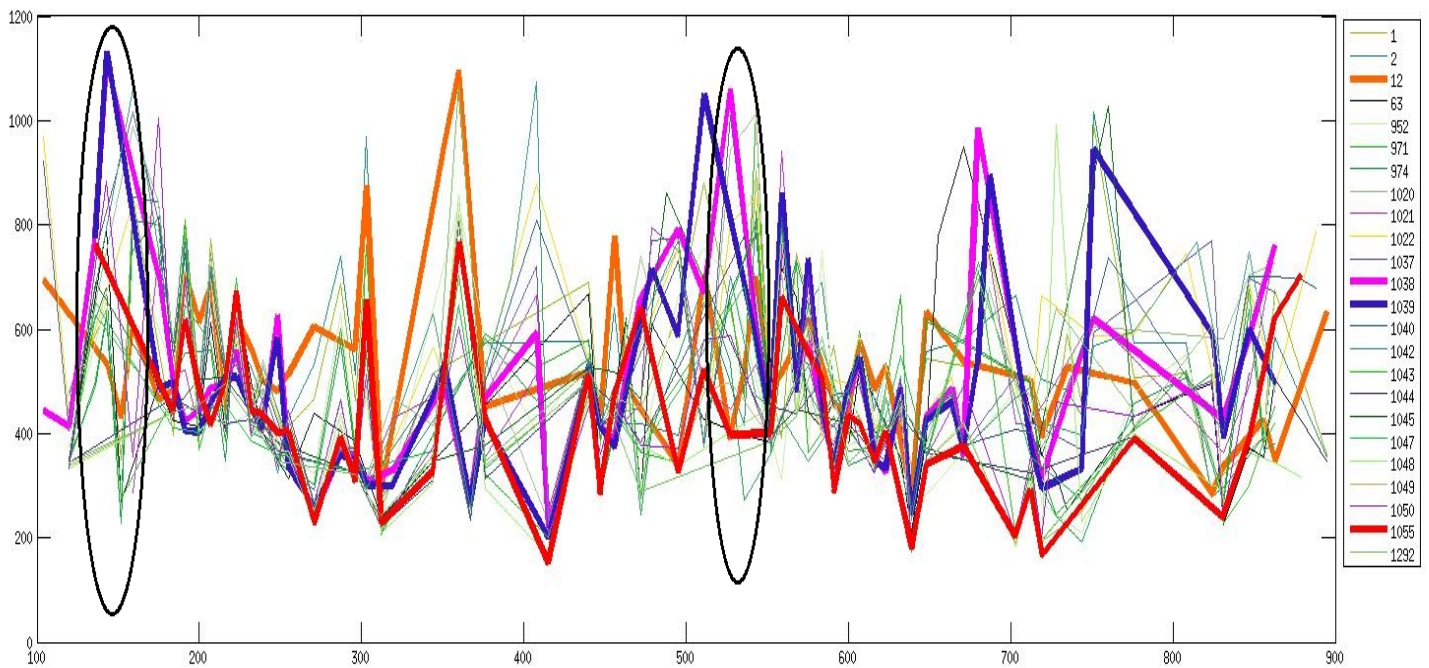


Εικόνα 4.3.4.7 Σημείο '1055' του οποίου η καταγραφή είναι καθαρή από νέφη και άλλες επιρροές

Διερεύνηση των ακραίων τιμών με χρήση διαγράμματος όπου κάθε σημείο περιγράφεται από μία γραμμή

Όπως αναφέρθηκε, τα παραπάνω είναι παραδείγματα από τις δύο περιπτώσεις που εμφανίζονται με αυτό τον έλεγχο σε αρκετά ζεύγη σημείων. Πρέπει να σημειωθεί ότι όσον αφορά τις ψηλές τιμές αυτές που οφείλονται σε νεφοκάλυψη στο σημείο δεν έχουν μεγάλες διαφορές με αυτές κάποιων σημείων που απλά είχαν πιο ανοικτούς τόνους του μπλε. Σε κάποιες περιπτώσεις μάλιστα όπως την παραπάνω η τιμή στο κανάλι 1 του σημείου με σύννεφο είναι μικρότερη από αντίστοιχες υψηλής φωτεινότητας. Επομένως δεν μπορεί να γίνει αυτοματοποιημένος διαχωρισμός αυτών των δύο περιπτώσεων χρησιμοποιώντας μόνο τις τιμές ανακλαστικότητας.

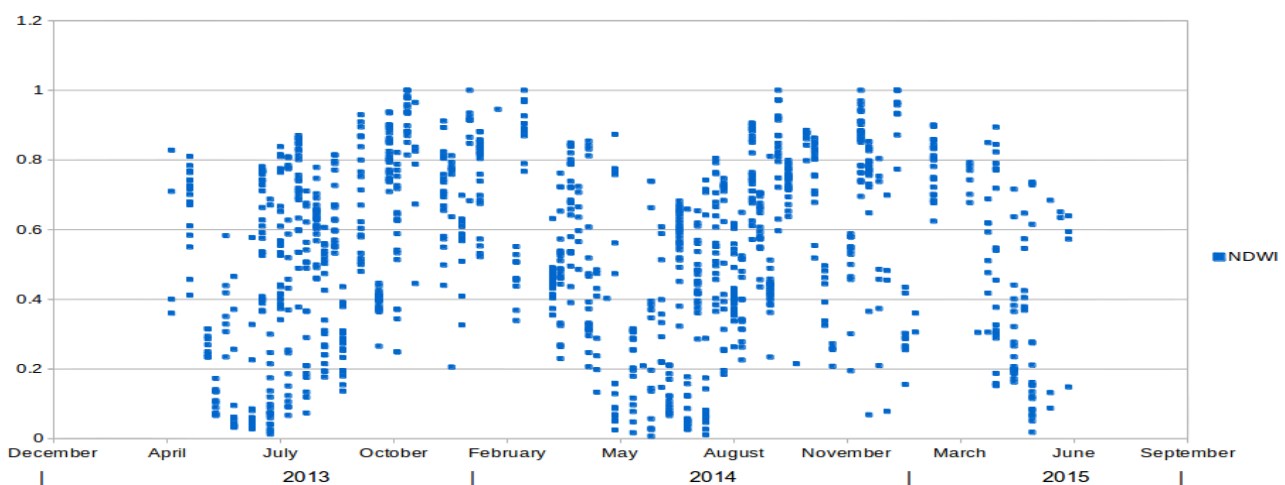
Άλλος ένας τρόπος να εξεταστεί το παραπάνω φαινόμενο είναι μέσω των διαγραμμάτων όπου κάθε σημείο εμφανίζεται με μία γραμμή η οποία συνδέει τις καταγραφές του συναρτήσεως του χρόνου. Στο παρακάτω διάγραμμα στον άξονα X οι ημερομηνίες εμφανίζονται ως Μέρες του Χρόνου (Day Of Year) με αφετηρία το 2013. Οι γραμμές των σημείων που έχουν αναφερθεί παραπάνω έχουν μεγαλύτερο πάχος έτσι ώστε να διακρίνονται. Με μαύρες ελλείψεις έχουν σημειωθεί οι ημερομηνίες οι οποίες αναφέρθηκαν στα παραπάνω παραδείγματα. Στην πρώτη από τα δεξιά έλλειψη (ημέρα 143) παρατηρείται η διαφορά ανάμεσα στο σημείο '1039' με την μπλε γραμμή και στο σημείο '12' με την πορτοκαλί γραμμή. Στην δεύτερη έλλειψη (ημέρα 527) φαίνεται η διαφορά στις τιμές των σημείων '1038' με την ματζέντα γραμμή και '1055' με την κόκκινη. Με αυτό τον τρόπο μπορεί ακόμη να παρατηρηθεί ότι τα σημεία στα οποία εμφανίζονται οι ακραίες τιμές δεν είναι σημεία που έχουν γενικά υψηλότερες τιμές σε σχέση με το σύνολο αλλά πρόκειται για συγκεκριμένες καταγραφές τους οι οποίες βρίσκονται πάνω από τον μέσο όρο.



Εικόνα 4.3.4.8 Διάγραμμα ως προς το κανάλι 1 στο οποίο έχουν τονιστεί οι γραμμές σημείων με ακραίες τιμές προκειμένου να παρατηρηθεί η συνολική τους μορφή

Παρουσίαση του διαγράμματος ως προς τον δείκτη MNDWI

Στη συνέχεια παρατίθεται το διάγραμμα του δείκτη MNDWI όπου παρατηρείται μία περιοδικότητα στις τιμές καθώς στα διαστήματα φθινόπωρο – χειμώνας οι καταγραφές συγκεντρώνονται κυρίως από 0.4 μέχρι 1 ενώ στα διαστήματα άνοιξη – καλοκαίρι παρατηρούνται συγκεντρώσεις των τιμών από 0.4 μέχρι 0.

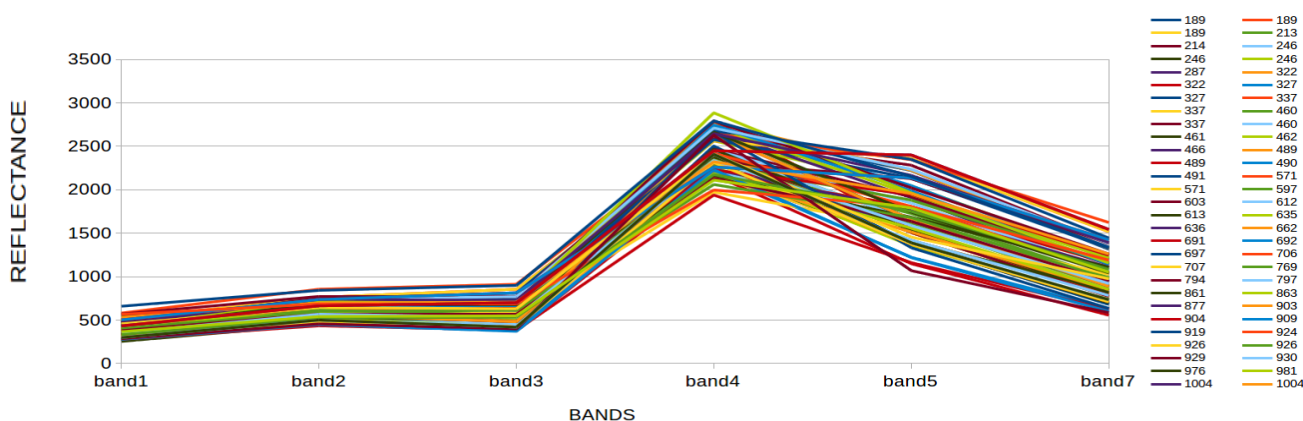


Εικόνα 4.3.4.9 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη MNDWI για την υποκατηγορία Υδάτινοι Όγκοι

4.3.5 Ανάλυση και σύγκριση των υποκατηγοριών Σκληροφυλλική Βλάστηση και Φυσικοί Βοσκότοποι

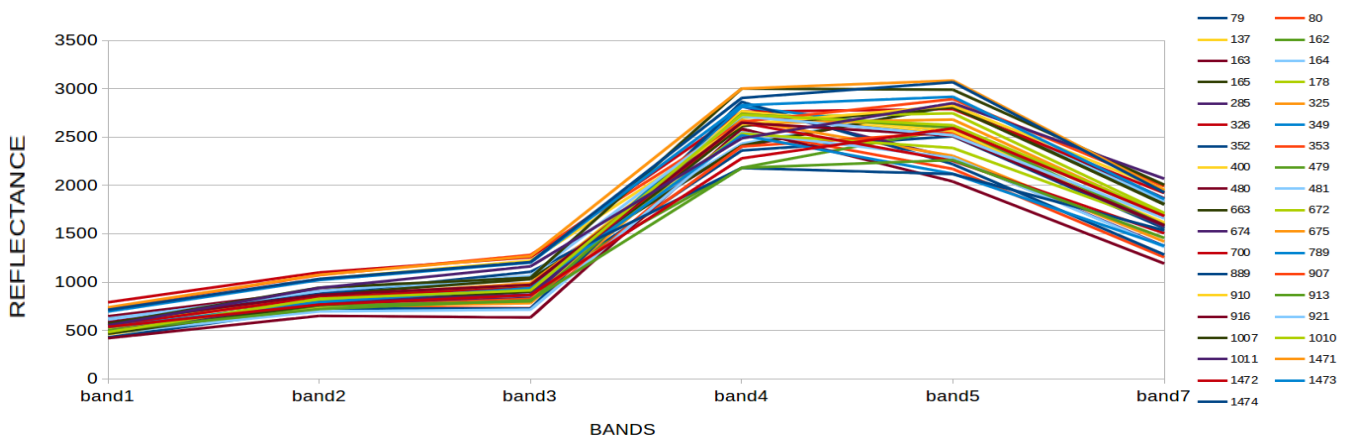
Σύγκριση των δύο υποκατηγοριών μέσω των διαγραμμάτων Μέσου Όρου Ανακλαστικότητα ανά κανάλι

Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζεται η σύγκριση δύο υποκατηγοριών που έχουν εν γένη ομοιότητες στις φασματικές τους υπογραφές μέσω της ανάλυσης και των διαδικασιών που έχουν αναπτυχθεί. Για το σκοπό αυτό κάθε τύπος διαγράμματος θα παρουσιάζεται σε ζεύγη, ένα για κάθε υποκατηγορία. Το πρώτο ζεύγος αφορά τους μέσους όρους των σημείων ανά κανάλι και το πρώτο κατά σειρά διάγραμμα αναφέρεται στην υποκατηγορία Σκληροφυλλική Βλάστηση. Συγκρίνοντας τα δύο διαγράμματα δεν εντοπίζεται κάποια ουσιαστική διαφορά μέχρι και το κανάλι 4. Οι γραμμές των σημείων και στις δύο κατηγορίες είναι αρκετά όμοιες τόσο ως προς τη μορφή αλλά και ως προς τις τιμές τους. Οι μέσοι όροι των σημείων στο κανάλι 1 είναι γύρω στο 500 και μέχρι το κανάλι 3 δεν ξεπερνούν την τιμή 1000 για την υποκατηγορία Σκληροφυλλική Βλάστηση. Αντίστοιχα για την υποκατηγορία Φυσικοί Βοσκότοποι οι τιμές των μέσων όρων είναι γύρω στο 600 στο κανάλι 1 και μέχρι το κανάλι 3 δεν ξεπερνάνε την τιμή 1200. Η βασική διαφορά μεταξύ των δύο υποκατηγοριών έγκειται στο κανάλι 5 (SWIR 1). Όσον αφορά την Σκληροφυλλική Βλάστηση οι τιμές των μέσων όρων κυμαίνονται από 1000 μέχρι 2500 με τις περισσότερες να μην ξεπερνάνε την τιμή 2000. Αντιθέτως οι μέσοι όροι για τους Φυσικούς Βοσκότους παίρνουν τιμές από 2000 έως 3000.



Εικόνα 4.3.5.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητα ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Σκληροφυλλική βλάστηση'

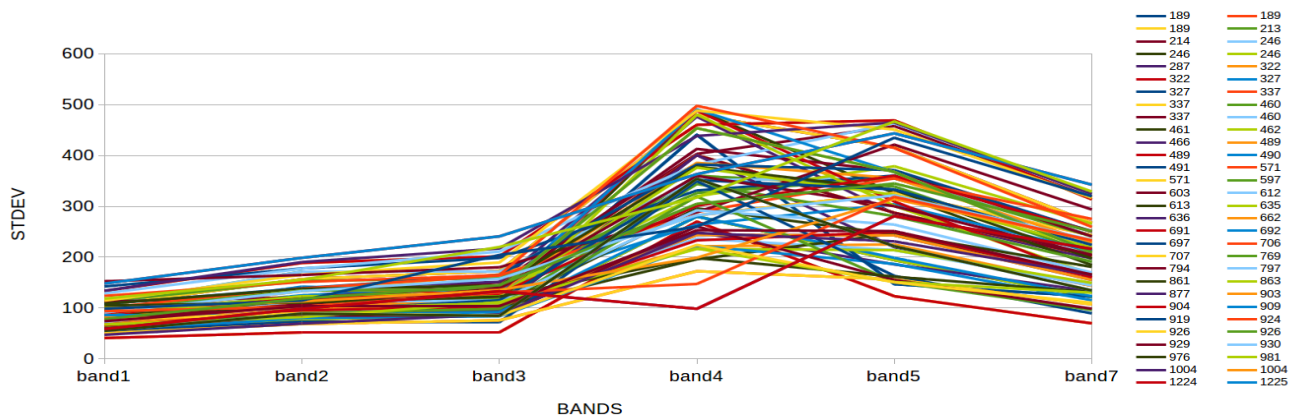
Στο διάγραμμα μέσων όρων ανακλαστικότητα των Φυσικών Βοσκοτόπων παρακάτω, καθώς είναι πιο αραιό λόγω λιγότερων σημείων στην υποκατηγορία αυτή, παρατηρούνται γραμμές σημείων με διαφορετικές κλίσεις από τα περισσότερα μεταξύ των καναλιών 4 και 5. Οι κλίσεις αυτών των σημείων είναι πιο έντονες καθώς η τιμή μειώνεται από το κανάλι 4 στο 5 ενώ στα υπόλοιπα σημεία φαίνεται να μειώνεται ελάχιστα είτε να αυξάνεται η τιμή στο διάστημα αυτό. Το παραπάνω είναι ένδειξη ανομοιογένειας στην κατηγορία εφόσον κάποια σημεία έχουν αυτή την διαφορά στην μέση φασματική υπογραφή τους.



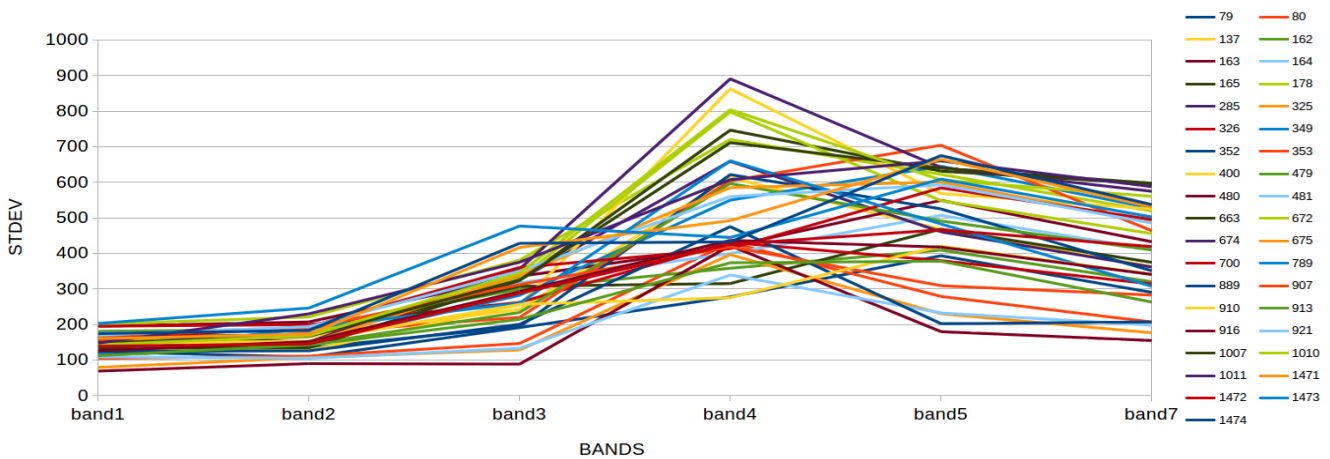
Εικόνα 4.3.5.2 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Φυσικοί Βοσκότοποι'

Σύγκριση των διαγραμμάτων Τυπικών Αποκλίσεων για τις δύο υποκατηγορίες

Ακολουθούν τα διαγράμματα τυπικών αποκλίσεων πρώτα αυτό της Σκληροφυλλικής Βλάστησης και στη συνέχεια των Φυσικών Βοσκοτόπων. Στο πρώτο οι μεγαλύτερες αποκλίσεις παρατηρούνται στα κανάλια 4 και 5 με τιμές να φτάνουν μέχρι το 500. Στο δεύτερο διάγραμμα οι τυπικές αποκλίσεις είναι μεγαλύτερες ακόμα και στο κανάλι 3 όπου φτάνουν την τιμή 500 ενώ στο τέταρτο κανάλι δύο σημεία έχουν τυπική απόκλιση μεγαλύτερη του 800.



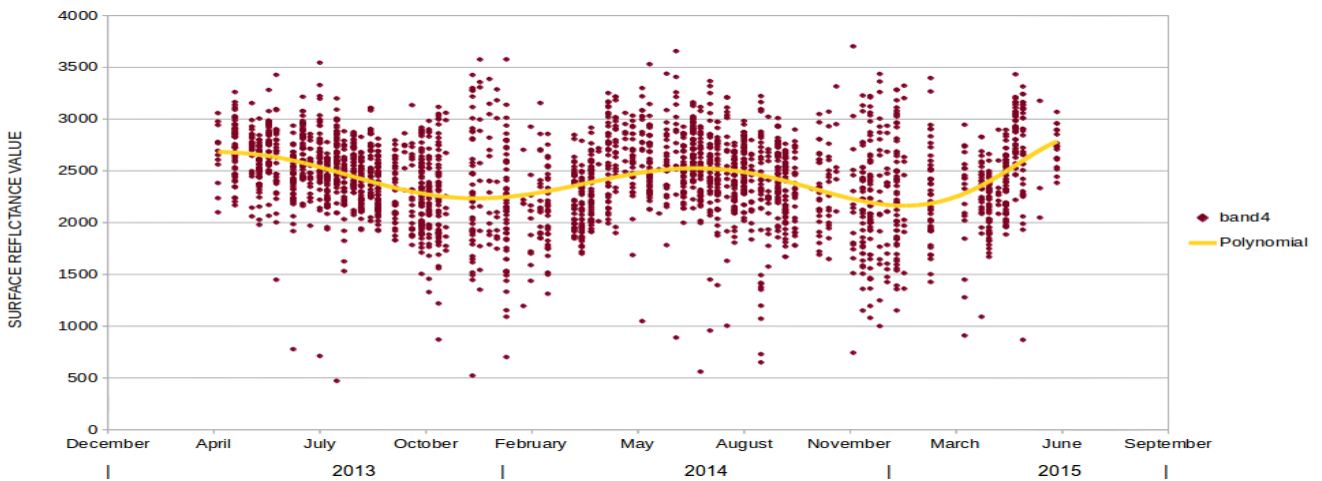
Εικόνα 4.3.5.3 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Σκληροφυλλική βλάστηση'



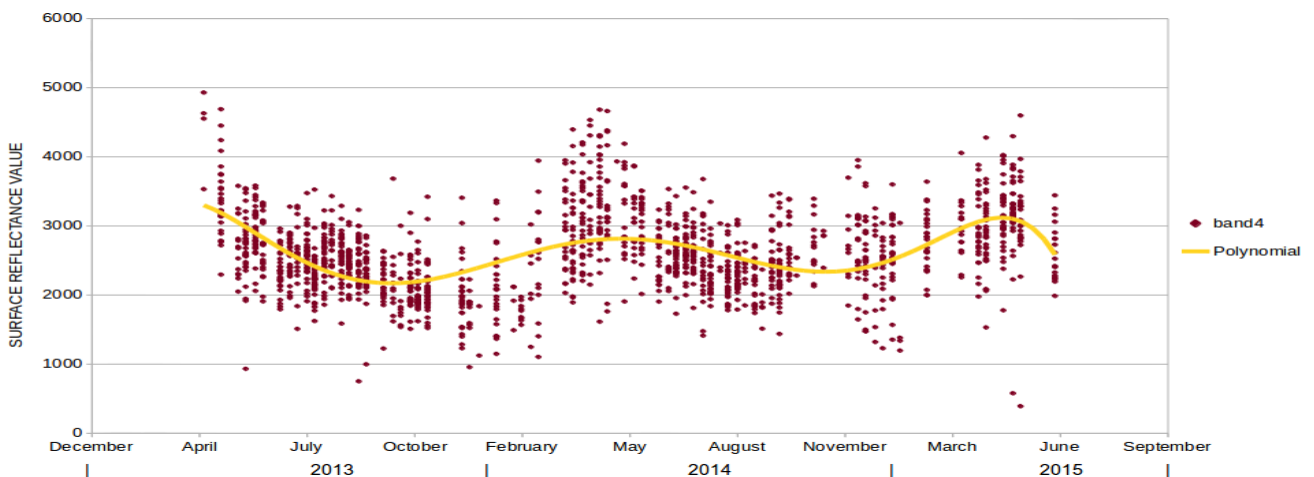
Εικόνα 4.3.5.4 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Φυσικοί Βοσκότοποι'

Σύγκριση των δύο υποκατηγοριών αναλύοντας χρονοσειρές των σημείων τους ως προς το κανάλι 4

Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα της μορφής: Y=κανάλι 4, X=ημερομηνία για τις δύο κατηγορίες με το πρώτο από αριστερά να αναφέρεται στην Σκληροφυλλική Βλάστηση. Σ' αυτό παρατηρείται περιοδικότητα με περίοδο ενός έτους όμως όπως φαίνεται και από την πολυωνυμική γραμμή οι κοιλίες και κορυφές που δημιουργούνται στην καμπύλη δεν είναι τόσο έντονες όσο αυτές του δίπλα διαγράμματος. Πράγμα αναμενόμενο και από τις δύο κατηγορίες καθώς στην πρώτη συμπεριλαμβάνονται κυρίως θάμνοι των οποίων το φύλλωμα δεν μεταβάλλεται τόσο κατά την αλλαγή των εποχών μέσα σε ένα έτος. Αντίθετα οι βοσκότοποι αποτελούνται κυρίως από χορτάρι και πιο ευάλωτα φυτά κι έτσι παρατηρούνται εντονότερες οι διακυμάνσεις στην πολυωνυμική καμπύλη που παρεμβάλλεται στα δεδομένα.



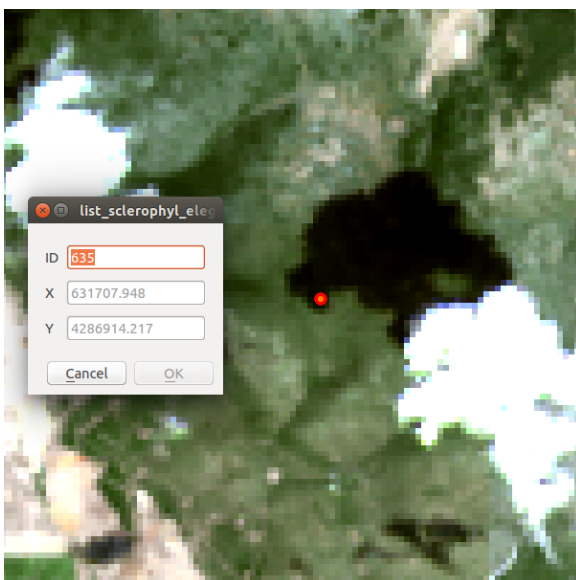
Εικόνα 4.3.5.5 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς το κανάλι 4 της υποκατηγορίας 'Σκληροφυλλική Βλάστηση' για όλες τις ημερομηνίες



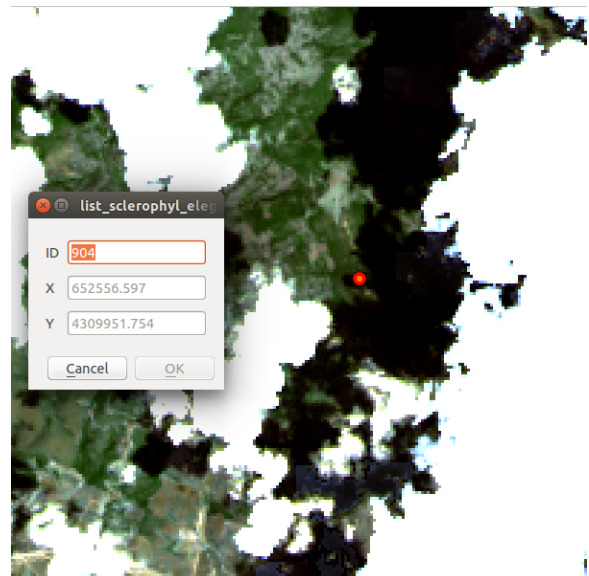
Εικόνα 4.3.5.6 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς το κανάλι 4 της υποκατηγορίας 'Φυσικοί Βοσκότοποι' για όλες τις ημερομηνίες

Διερεύνηση ακραίων τιμών των τιμών των καταγραφών ως προς το κανάλι 4

Όσον αφορά το παραπάνω διάγραμμα στα αριστερά ενώ οι καταγραφές συγκεντρώνονται κυρίως ανάμεσα στις τιμές 2000 μέχρι 3000 παρατηρούνται κάποιες οι οποίες ξεφεύγουν προς τα πάνω και μερικές που βρίσκονται αρκετά πιο χαμηλά, μεταξύ 500 και 1000. Κάποιες από αυτές τις καταγραφές ελέγχθηκαν στις αντίστοιχες εικόνες τους για να διαπιστωθεί ο λόγος αυτής της έντονης διασποράς στην τιμή. Παρουσιάζονται δύο εικόνες ως παραδείγματα από τα δέκα σημεία που ελέγχθηκαν. Όπως φαίνεται στα παραδείγματα αλλά και γενικά στα σημεία που ελέγχθηκαν με τόσο χαμηλές τιμές στο κανάλι 4 στις συγκεκριμένες εικόνες το σημείο βρίσκεται σε περιοχή με σκιά λόγω των υπερκείμενων νεφών.

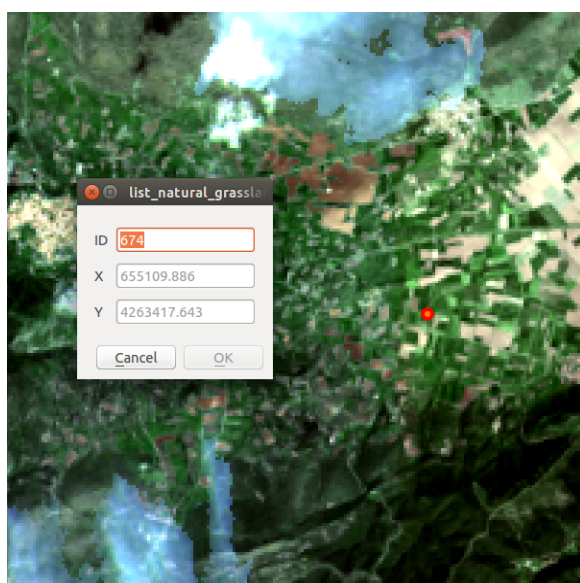


4.3.5.7 Σημείο '635' όπου η καταγραφή του επηρεάζεται από νεφοσκίαση στην περιοχή του

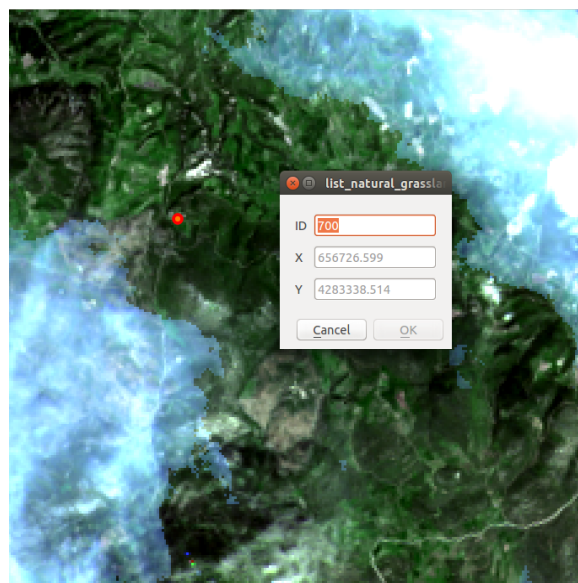


Εικόνα 4.3.5.8 Σημείο '904' όπου η καταγραφή του επηρεάζεται από νεφοσκίαση στην περιοχή του

Στο διάγραμμα ως προς το κανάλι 4 της κατηγορίας Φυσικοί Βοσκότοποι παρατηρούνται κάποιες τιμές που ξεπερνάνε αρκετά τον μέσο όρο και φτάνουν την τιμή 5000 ενώ σχεδόν όλες οι καταγραφές έχουν τιμές από 1500 έως 3500. Έτσι ελέγχθηκαν κάποια από τα σημεία που ξεχωρίζουν σε σχέση με αντίστοιχα σημεία με κανονική τιμή στην ίδια ημερομηνία. Ακολουθεί ένα ζεύγος εικόνων, μία για κάθε σημείο μίας συγκεκριμένης ημερομηνίας. Η εικόνα στα αριστερά περιέχει το σημείο '674' το οποίο στο κανάλι 4 έχει τιμή 4930 και η εικόνα στα δεξιά το σημείο '700' με τιμή 3530. Παρά την υψηλή τιμή του σημείου στην πρώτη εικόνα όπως φαίνεται αυτό δεν οφείλεται σε σύννεφο παρά στο ότι η συγκεκριμένη περιοχή δείχνει έντονα φωτισμένη σε σχέση με την γύρω άρα λόγω της θέσης του ήλιου. Αντίθετα το σημείο με την πιο “κανονική” σύμφωνα με το σύνολο των δεδομένων τιμή δείχνει να έχει επηρεαστεί από την σκιά που δημιουργούν τα σύννεφα γύρω του. Αντίστοιχες παρατηρήσεις έγιναν και σε άλλα ζεύγη σημείων όπου οι υψηλές τιμές δεν οφείλονταν σε νεφοκάλυψη αλλά πιο έντονη φωτεινότητα της περιοχής του σημείου.



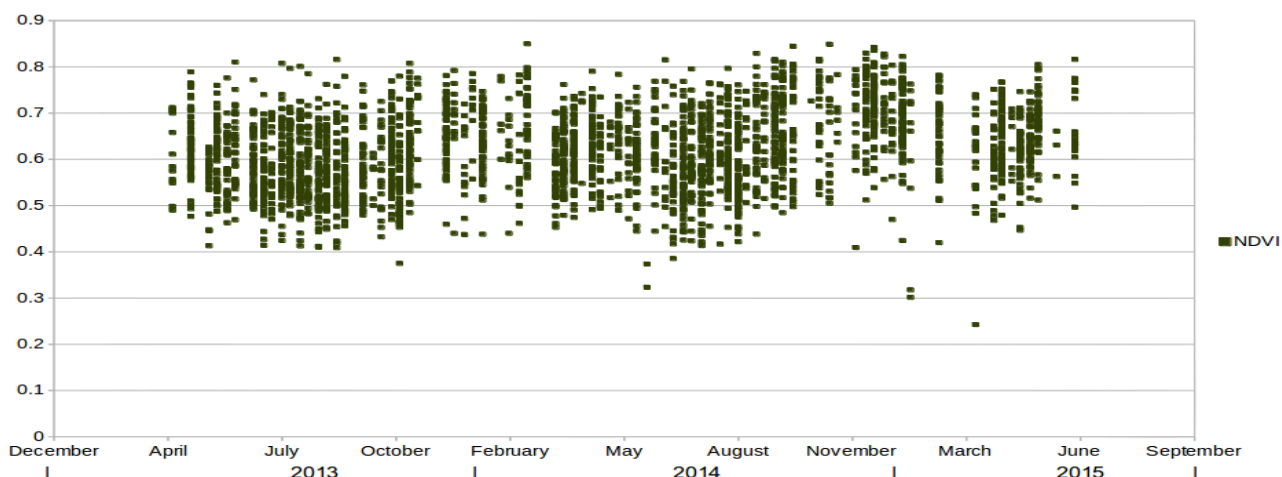
Εικόνα 4.3.5.9 Σημείο '674' με έντονη φωτεινότητα στην περιοχή του



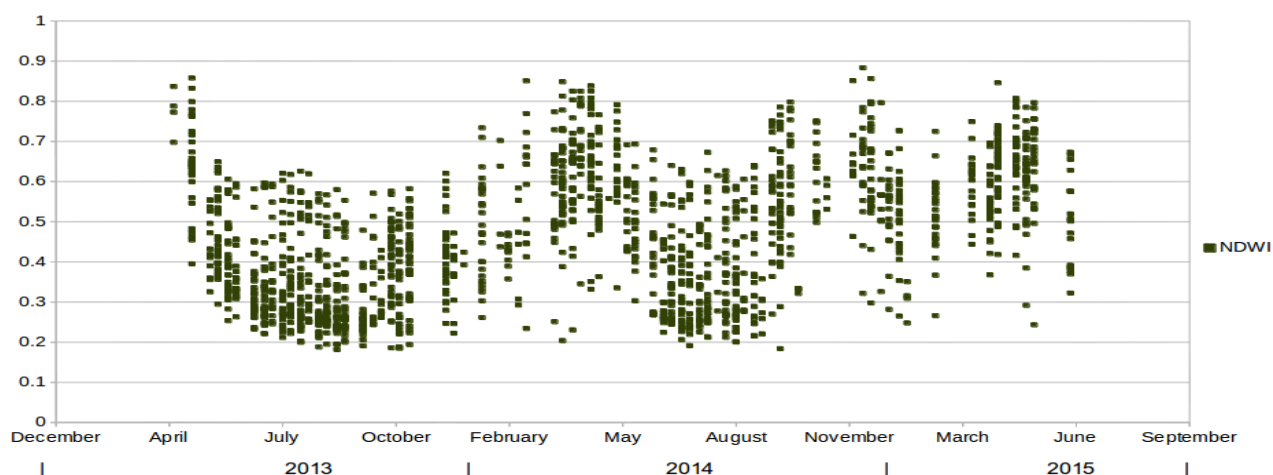
Εικόνα 4.3.5.10 Σημείο '700' όπου η καταγραφή του επηρεάζεται από νεφοσκίαση στην περιοχή του

Σύγκριση των δύο υποκατηγοριών αναλύοντας χρονοσειρές των σημείων τους ως προς τον δείκτη NDVI

Επιστρέφοντας στην σύγκριση των δύο υποκατηγοριών, παρουσιάζονται τα διαγράμματα ως προς τον δείκτη NDVI για κάθε μία. Παρατηρώντας τα δύο διαγράμματα φαίνεται η διαφορετική συμπεριφορά που παρουσιάζουν οι δύο κατηγορίες: Πρώτο το διάγραμμα της Σκληροφυλλικής Βλάστησης έχει ένα σχεδόν σταθερό εύρος τιμών συναρτήσει του χρόνου ενώ αυτό της υποκατηγορίας Φυσικοί Βοσκότοποι εμφανίζει περιοδική μείωση των τιμών του NDVI για κάποια χρονικά διαστήματα με περίοδο ενός χρόνου. Αναμενόμενη συμπεριφορά καθώς όπως αναφέρθηκε η Σκληροφυλλική αναμένεται να έχει μία σταθερότητα ως προς το φύλλωμα σε αντίθεση με τα φυτά που περιλαμβάνονται στους βοσκότοπους.



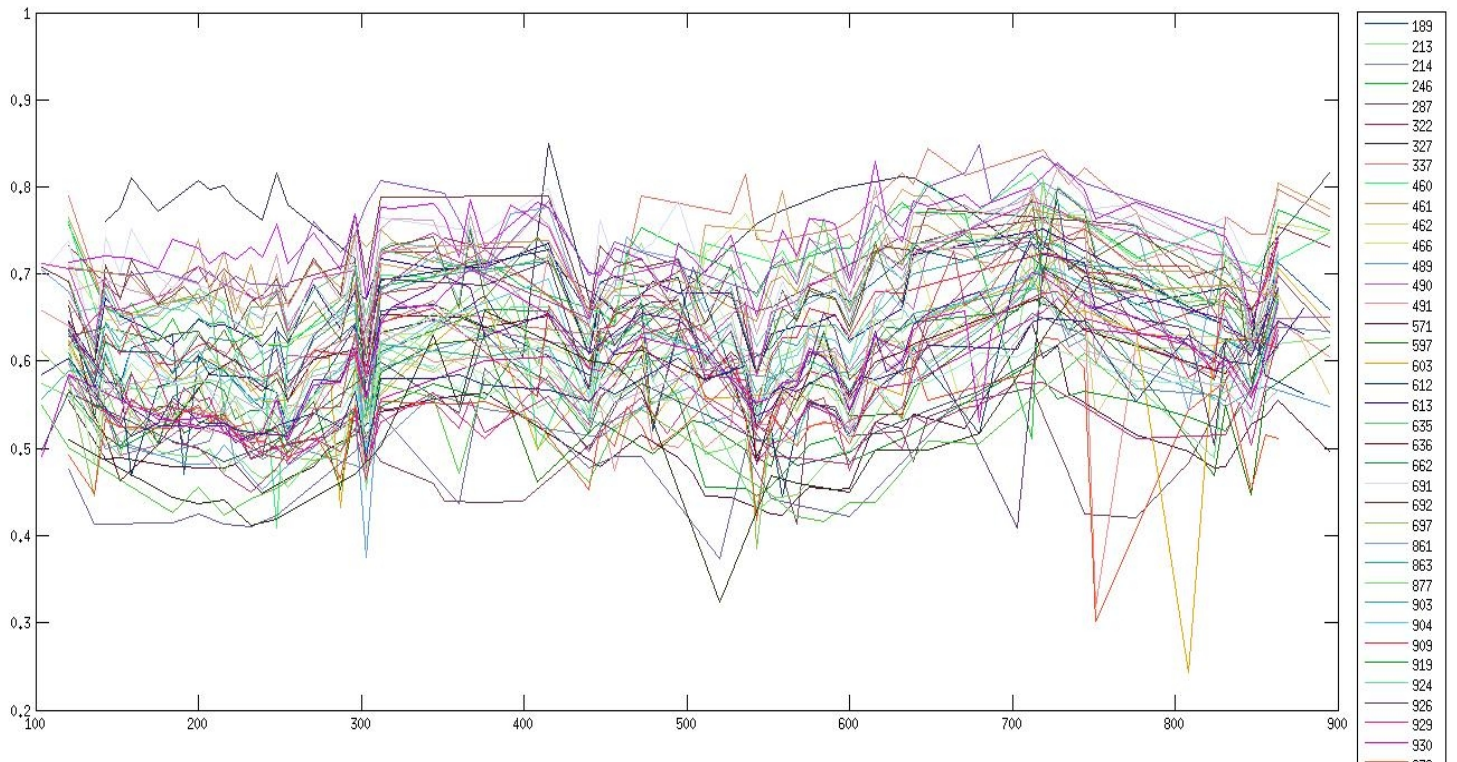
Εικόνα 4.3.5.11 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την υποκατηγορία 'Σκληροφυλλική Βλάστηση'



Εικόνα 4.3.5.12 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την υποκατηγορία 'Φυσικοί Βοσκότοποι'

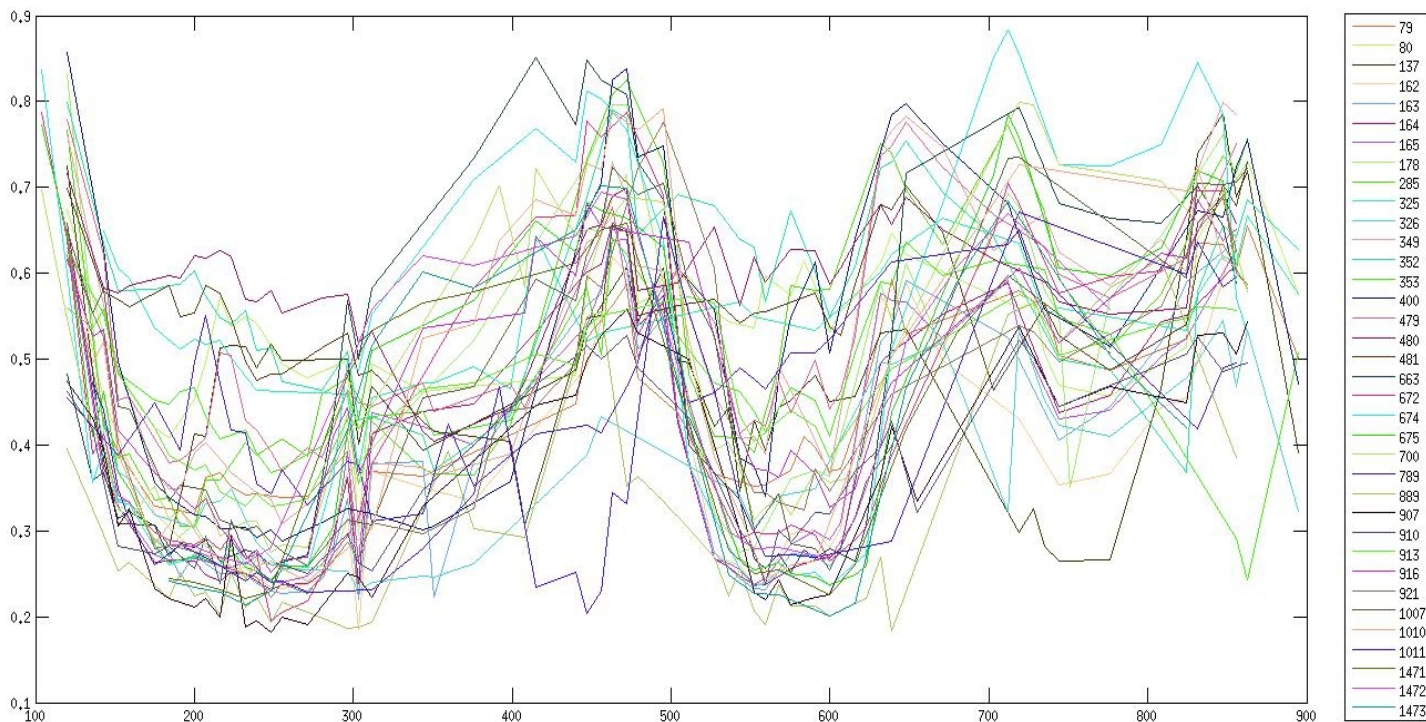
Σύγκριση των δύο υποκατηγοριών αναλύοντας χρονοσειρές ως προς τον δείκτη NDVI για ποικίλα σημεία κάθε υποκατηγορίας

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI της υποκατηγορίας Σκληροφυλλική Βλάστηση όπου κάθε σημείο αντιπροσωπεύεται από μία καμπύλη. Παρά την ασάφεια λόγω του πλήθους των σημείων και τις μικροδιαφορές που σημειώνουν οι καμπύλες τους, διαφαίνονται οι γενικές τάσεις στο σύνολο της υποκατηγορίας. Ακόμη μπορούν να παρατηρηθούν μεμονωμένα σημεία οι γραμμές των οποίων έχουν αρκετά διαφορετική μορφή επομένως προσφέρουν ανομοιογένεια στην υποκατηγορία.



Εικόνα 4.3.5.13 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την κατηγορία 'Σκληροφυλλική Βλάστηση' όπου κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει ένα σημείο της υποκατηγορίας

Το αντίστοιχο διάγραμμα της υποκατηγορίας Φυσικοί Βοσκότοποι είναι αρκετά πιο ευκρινές λόγω των λιγότερων σημείων που απαρτίζουν την κατηγορία αλλά και λόγω της ομοιόμορφης συμπεριφοράς που φαίνεται να έχουν στην πλειοψηφία τους οι καμπύλες – σημεία. Δεν λείπουν όμως και τα σημεία τα οποία φαίνεται να έχουν διαφορετική συμπεριφορά ως προς τον δείκτη NDVI και η καμπύλες τους ξεχωρίζουν από το σύνολο.

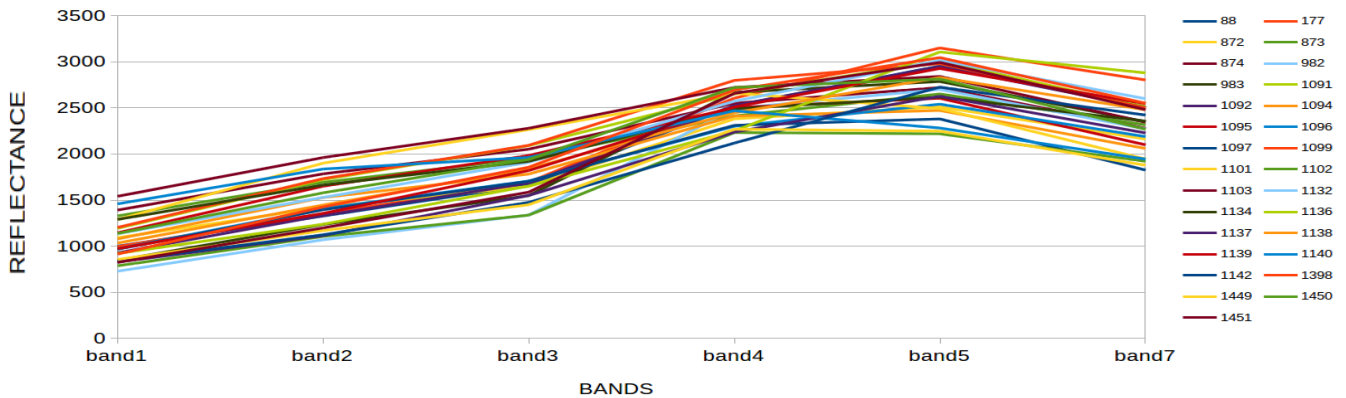


Εικόνα 4.3.5.14 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την κατηγορία 'Φυσικοί Βοσκότοποι' όπου κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει ένα σημείο της υποκατηγορίας

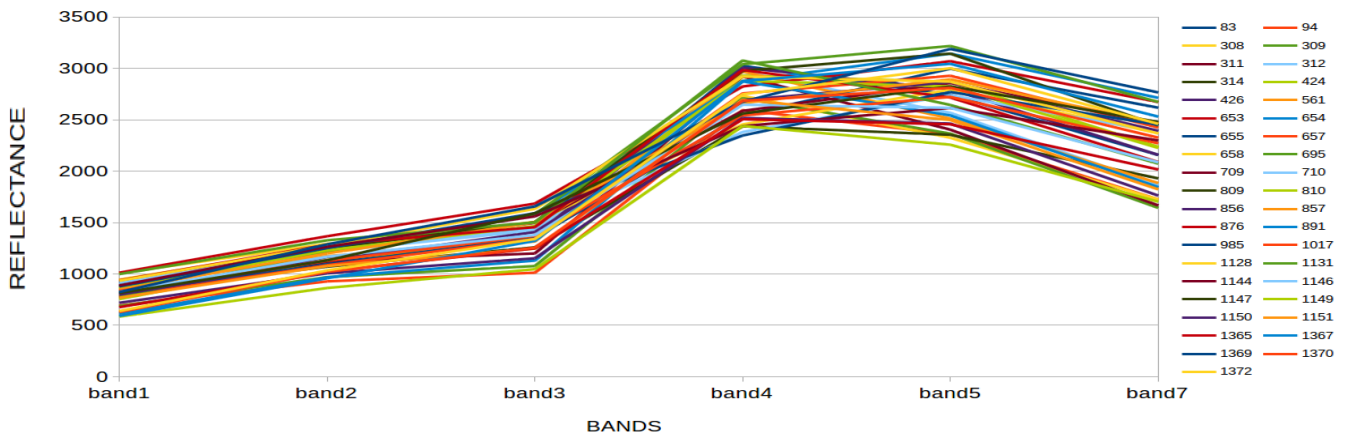
4.3.6 Ανάλυση και σύγκριση των υποκατηγοριών Συνεχής Αστικός Ιστός και Μη Συνεχής Αστικός Ιστός

Σύγκριση των υποκατηγοριών μέσω των διαγραμμάτων Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι

Πρόκειται για δύο υποκατηγορίες στις οποίες αναμένονται κάποιες διαφορές στην φασματική τους υπογραφή οι οποίες θα αναλυθούν και παρουσιαστούν με την διαδικασία που ακολουθήθηκε και στην προηγούμενη ενότητα. Προκειμένου να μην αναφέρεται συνεχώς στις παρακάτω παραγράφους, είτε το πρώτο κατά σειρά είτε το πρώτο από τα αριστερά διάγραμμα θα αναφέρεται στην υποκατηγορία Συνεχής Αστικός Ιστός ενώ το δεύτερο κατά σειρά στην υποκατηγορία Μη Συνεχής Αστικός Ιστός. Αρχικά αναφέρεται ότι για τις δύο αυτές υποκατηγορίες μετά από αφαίρεση των σημείων με διαφορετική φασματική υπογραφή σύμφωνα με τα διαγράμματα τύπου Μέσων Όρων – Κανάλια έχει προκύψει σχεδόν ίδιος αριθμός σημείων (30 στον Συνεχή Αστικό και 40 στον Μη Συνεχή). Επομένως τα διαγράμματά τους θα έχουν σχετικά όμοια πυκνότητα ως προς τις καταγραφές. Το πρώτο ζεύγος διαγραμμάτων είναι αυτά των Μέσων Όρων από τα οποία φαίνεται εξ αρχής η διαφορά στην μέση φασματική υπογραφή μεταξύ των δυο κατηγοριών. Στα πρώτα 3 κανάλια συγκρίνοντας τις δύο κατηγορίες υπάρχει μικρή διαφορά με την πρώτη να έχει γενικά ψηλότερες τιμές οι οποίες αυξάνονται μέχρι το κανάλι 3 με τον ίδιο τρόπο όπως στην δεύτερη κατηγορία. Πιο έντονες είναι οι διαφορές στο κανάλι 4 όπου η δεύτερη κατηγορία παίρνει ψηλότερες τιμές και καθώς στο κανάλι 3 είχε χαμηλότερες τιμές από την κατηγορία 1 οι κλήσεις των γραμμών είναι πιο έντονες. Αυτό δίνει την διαφορετική μορφή στα δύο διαγράμματα καθώς στα επόμενα δύο κανάλια (SWIR1 και SWIR2) οι τιμές των δύο κατηγοριών κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Η διαφορά που παρουσιάζεται στο κανάλι 4 οφείλεται στην βλάστηση που περιέχεται στον μη συνεχή αστικό ιστό η οποία παρουσιάζει υψηλή ανακλαστικότητα στο εγγύς υπέρυθρο.



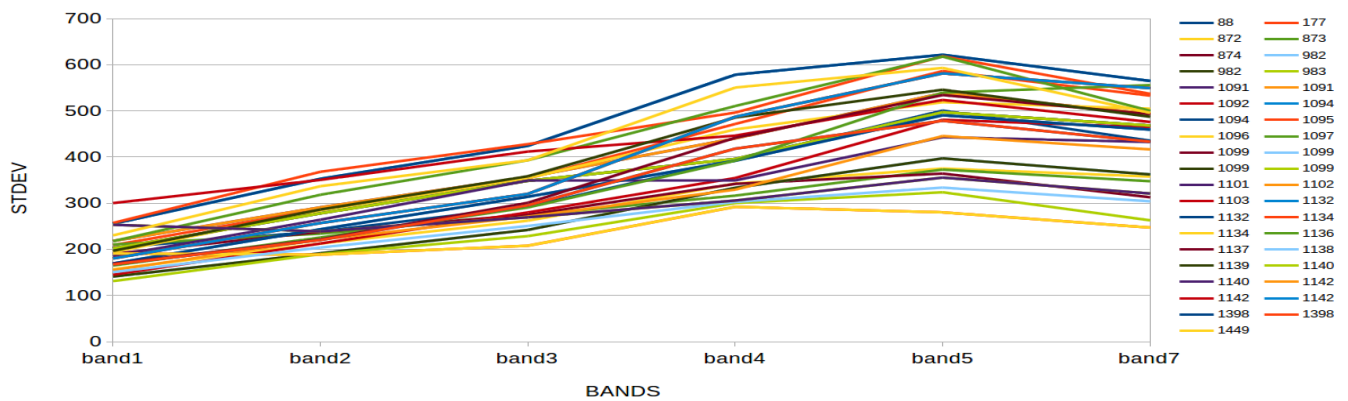
Εικόνα 4.3.6.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητα ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Συνεχής Αστικός Ιστός'



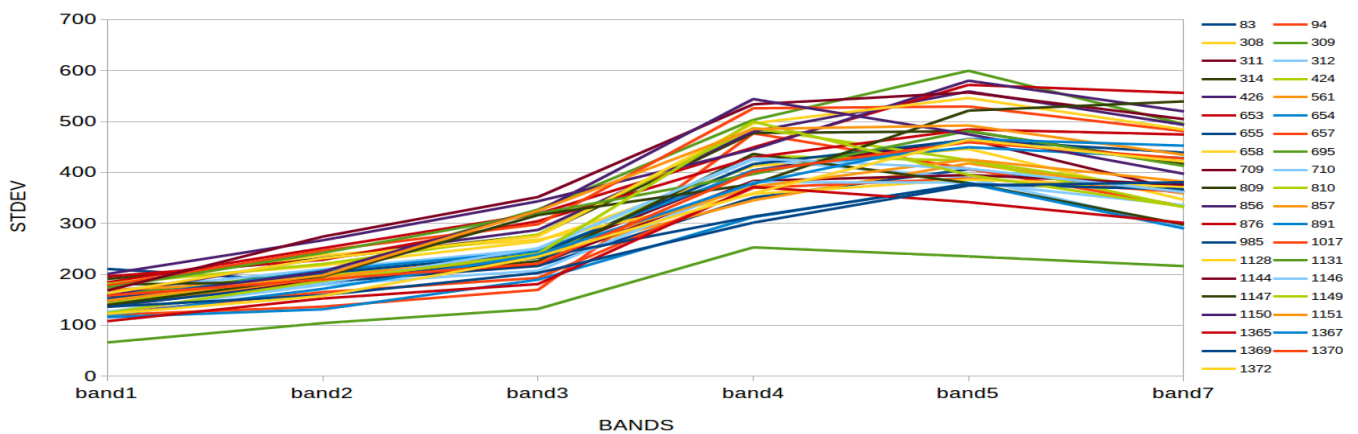
Εικόνα 4.3.6.2 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητα ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μη Συνεχής Αστικός Ιστός'

Σύγκριση των διαγραμμάτων Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για τις δύο υποκατηγορίες

Παρακάτω στα διαγράμματα τύπου Τυπικές Αποκλίσεις – Κανάλια παρατηρείται ότι παρουσιάζουν όμοιες μορφές με τα αντίστοιχα των μέσων όρων. Η τυπική απόκλιση δείχνει αρκετή αναλογία με τον μέσο όρο κάθε σημείου καθώς όσο αυξάνεται η τιμή του ενός με τον ίδιο τρόπο αυξάνεται και του άλλου. Στα παρακάτω διαγράμματα παρατηρούνται σχετικά μικρές αποκλίσεις καθώς και στα δύο οι μέγιστες τιμές τους φτάνουν το 600 στο κανάλι 5 και γύρω στο 550 στα κανάλια 4 και 7. Στα υπόλοιπα κανάλια οι τυπικές τιμές δεν ξεπερνάνε την τιμή 400 και ιδίως στο κανάλι 1 δεν ξεπερνάνε την τιμή 200. Οι παρατηρήσεις αυτές ισχύουν και για τις δύο κατηγορίες.



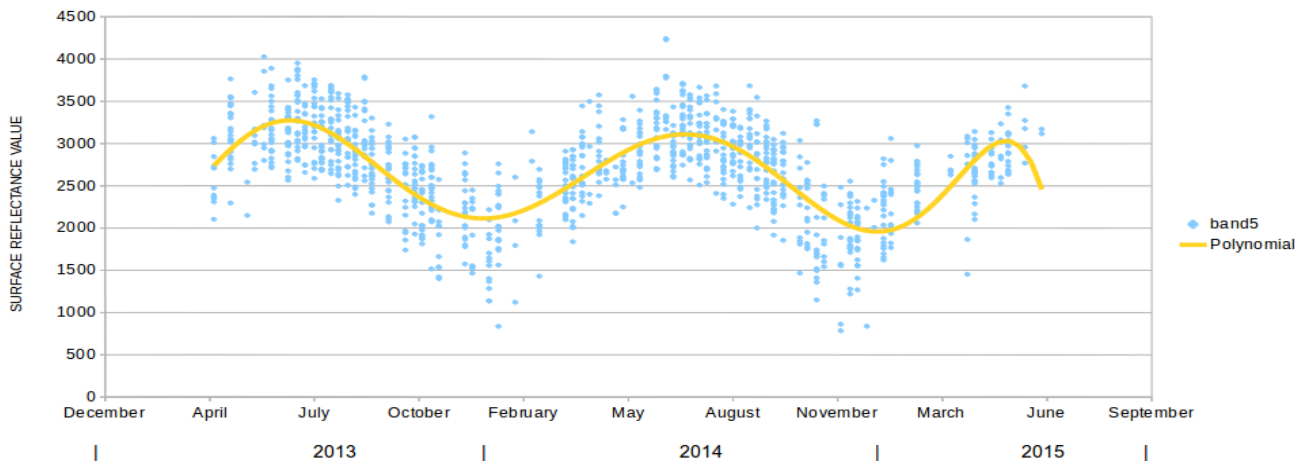
Εικόνα 4.3.6.3 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Συνεχής Αστικός Ιστός'



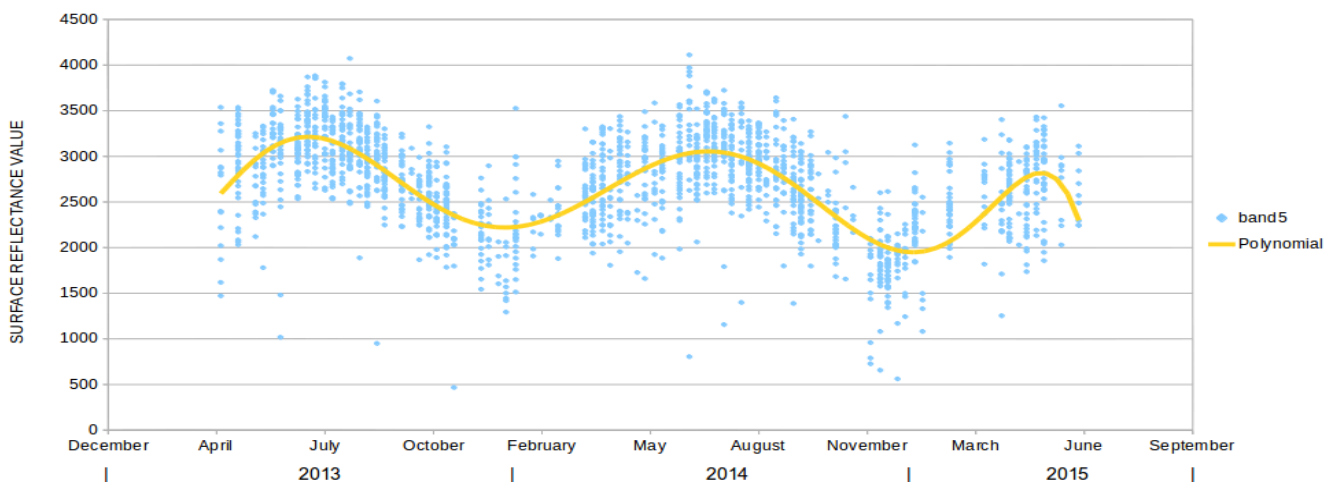
Εικόνα 4.3.6.4 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεις ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Συνεχής Αστικός Ιστός'

Σύγκριση των δύο υποκατηγοριών αναλύοντας χρονοσειρές ανακλαστικότητας των σημείων τους ως προς το κανάλι 5 για όλες τις ημερομηνίες

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα των δύο κατηγοριών ως προς το κανάλι 5 (SWIR 1) όπου τυπικά τα τεχνητά/ανθρωπογενή στοιχεία εμφανίζουν υψηλή ανακλαστικότητα. Όπως παρατηρείται όμως τα δύο διαγράμματα είναι αρκετά όμοια για το συγκεκριμένο κανάλι επομένως αυτό δεν προσφέρεται για την σύγκρισή τους. Τόσο τα γενικά όρια των τιμών στα διαγράμματα (1500 – 4000) όσο και η μορφή της πολυωνυμικής στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα είναι όμοια στις δύο κατηγορίες.



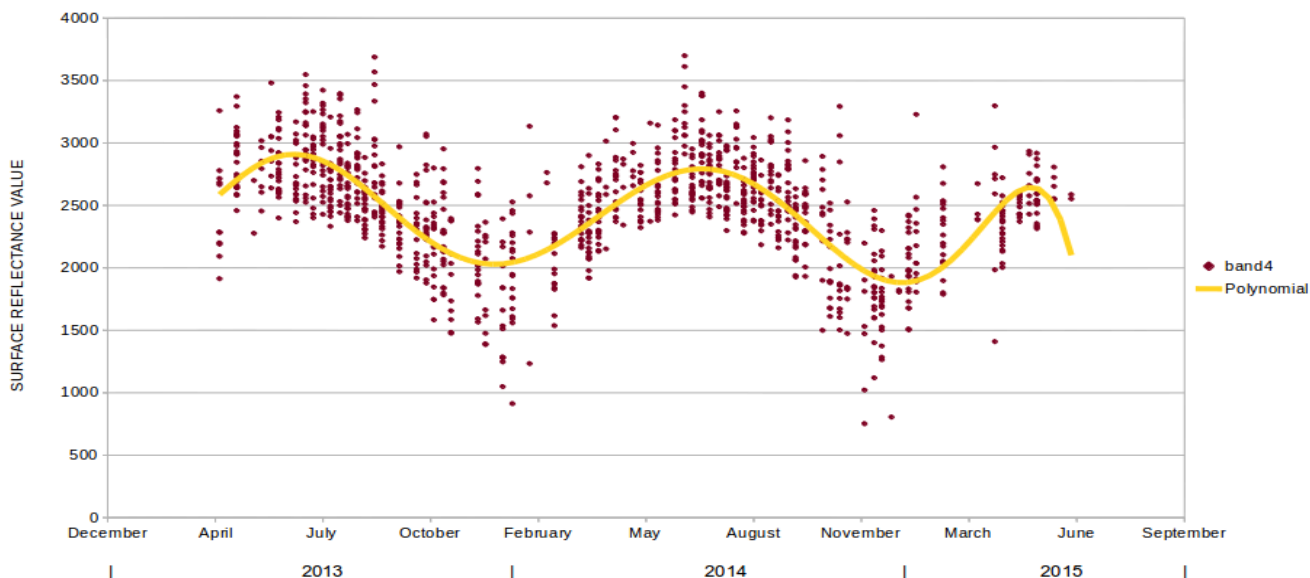
Εικόνα 4.3.6.5 Χρονοσειρές ανακλαστικότητα ως προς το κανάλι 5 των σημείων της υποκατηγορίας 'Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες



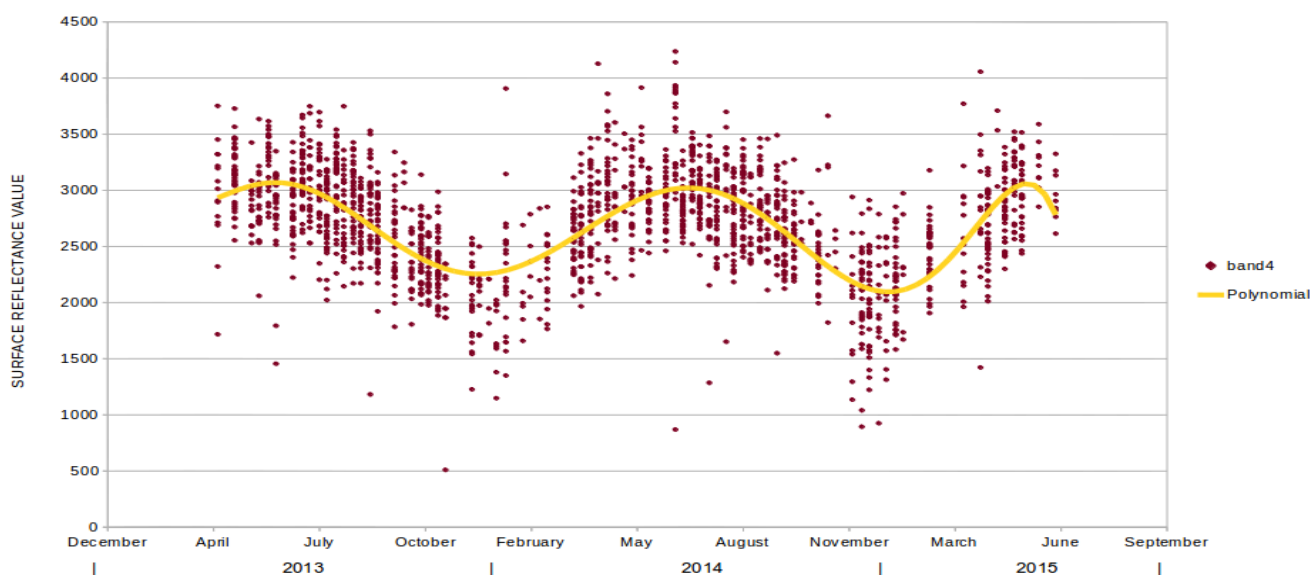
Εικόνα 4.3.6.6 Χρονοσειρές ανακλαστικότητα ως προς το κανάλι 5 των σημείων της υποκατηγορίας 'Μη Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες

Σύγκριση των δύο υποκατηγοριών αναλύοντας χρονοσειρές ανακλαστικότητα των σημείων τους ως προς το κανάλι 4 για όλες τις ημερομηνίες

Για την σύγκριση των δύο κατηγοριών περισσότερο ενδείκνυται το κανάλι 4 (NIR) όπου σημειώνουν τις μεγαλύτερες διαφορές όπως φαίνεται στα διαγράμματα Μέσων Όρων. Ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα ως προς το κανάλι 4 για τις δύο κατηγορίες με πρώτο κατά σειρά αυτό του Συνεχούς Αστικού Ιστού. Όπως φαίνεται οι διαφορές των κατηγοριών δεν είναι και τόσο μεγάλες ακόμα και σε αυτά τα διαγράμματα. Η περιοδικότητα των τιμών είναι όμοια με τις πολυωνυμικές γραμμές τους να έχουν την ίδια μορφή στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα. Η κύρια διαφορά έγκειται στο εύρος τιμών το οποίο στο πρώτο διάγραμμα (Συνεχής Αστικός Ιστός) είναι μικρότερο με τις τιμές να μην ξεπερνάνε την τιμή 3500 εκτός από ελάχιστες καταγραφές. Παράλληλα στο δεύτερο διάγραμμα περισσότερες τιμές ξεπερνάνε την τιμή 3500, γεγονός που αποδίδεται στην ύπαρξη περισσότερης διάσπαρτης βλάστησης στην κατηγορία Μη Συνεχής Αστικός Ιστός.



Εικόνα 4.3.6.7 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες

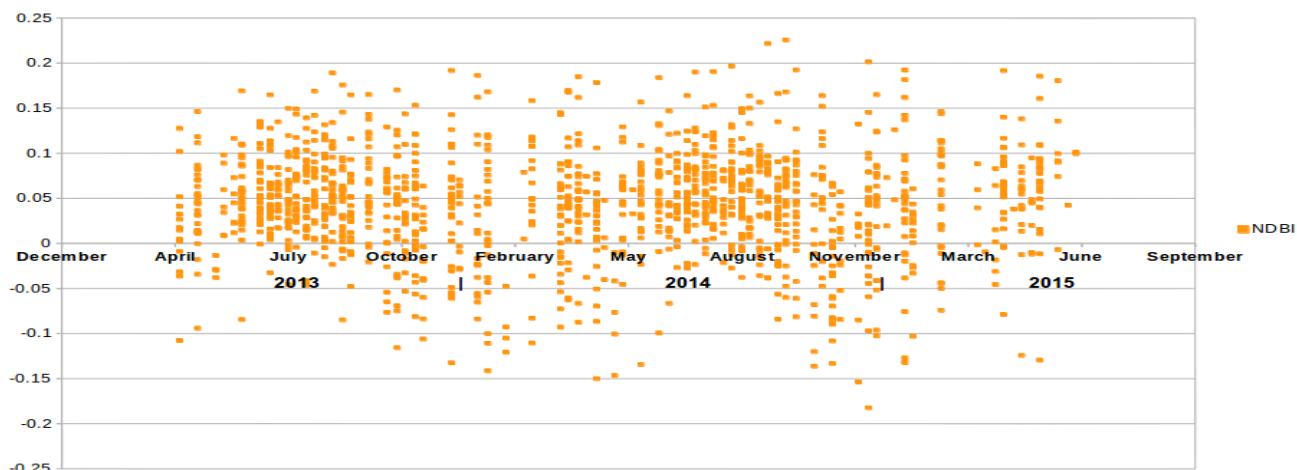


Εικόνα 4.3.6.8 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Μη Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες

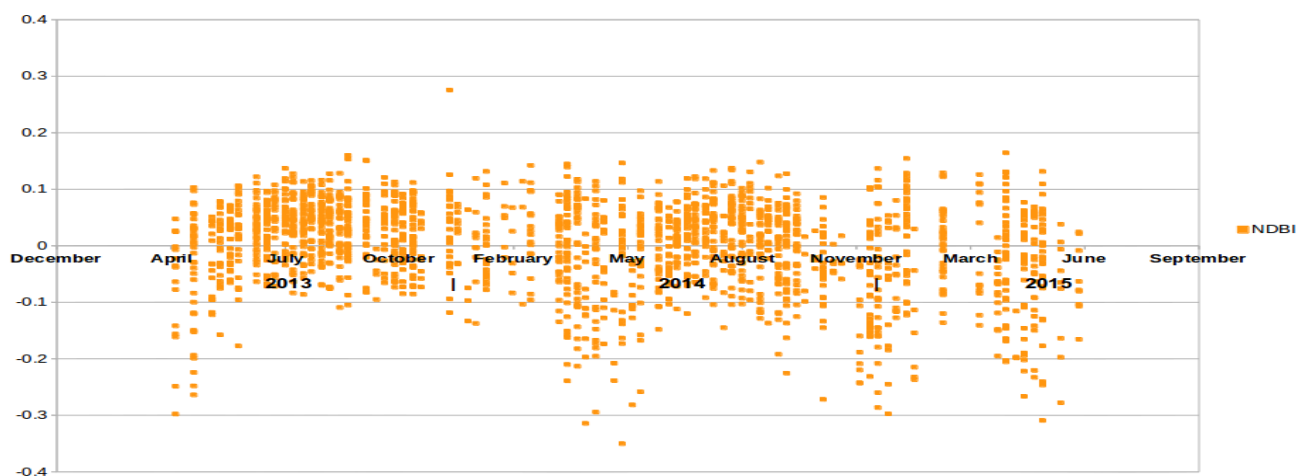
Σύγκριση των δύο υποκατηγοριών αναλύοντας χρονοσειρές με βάση το δείκτη NDBI για κατηγορίες δομημένων επιφανειών

Τέλος, τα διαγράμματα που χρησιμεύουν περισσότερο στον διαχωρισμό αυτών των δύο αρκετά όμοιων κατηγοριών είναι αυτά ως προς τον δείκτη NDBI. Ο δείκτης αυτός ενισχύει τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των καναλιών Near Infrared και Shortwave Infrared. Επομένως στην κατηγορία Συνεχούς Αστικού Ιστού όπου οι διαφορές αυτές είναι μεγαλύτερες και οι τιμές του δείκτη είναι σχετικά ψηλότερες από τις αντίστοιχες στον Μη Συνεχή. Στον τελευταίο οι διαφορές είναι μικρότερες λόγω των ψηλότερων τιμών στο

εγγύς υπέρυθρο κι έτσι έχουμε το αποτέλεσμα που φαίνεται στις επόμενες δύο εικόνες. Στο πρώτο διάγραμμα υπάρχουν λίγες αρνητικές τιμές ενώ πολλές τιμές ξεπερνάνε την τιμή 0,15. Παράλληλα στο δεύτερο διάγραμμα παρατηρούνται περισσότερες καταγραφές με αρνητικές τιμές ενώ ελάχιστες φτάνουν κοντά στο 0,15.



Εικόνα 4.3.6.9 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς τον δείκτη NDBI της υποκατηγορίας 'Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες

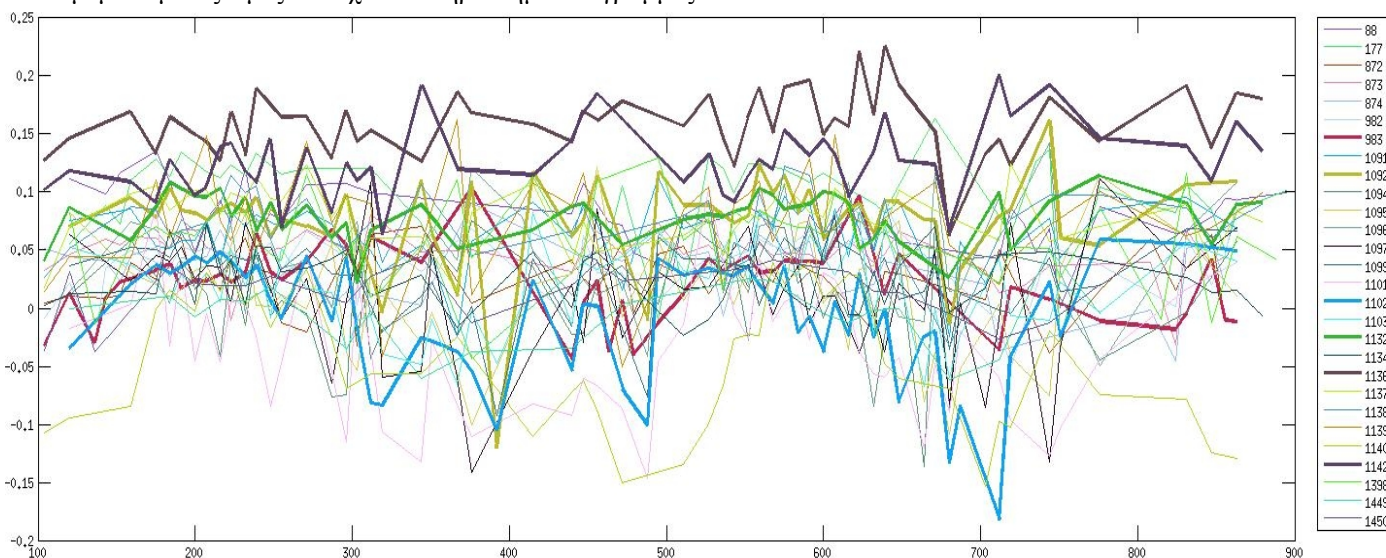


Εικόνα 4.3.6.10 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς τον δείκτη NDBI της υποκατηγορίας 'Μη Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες

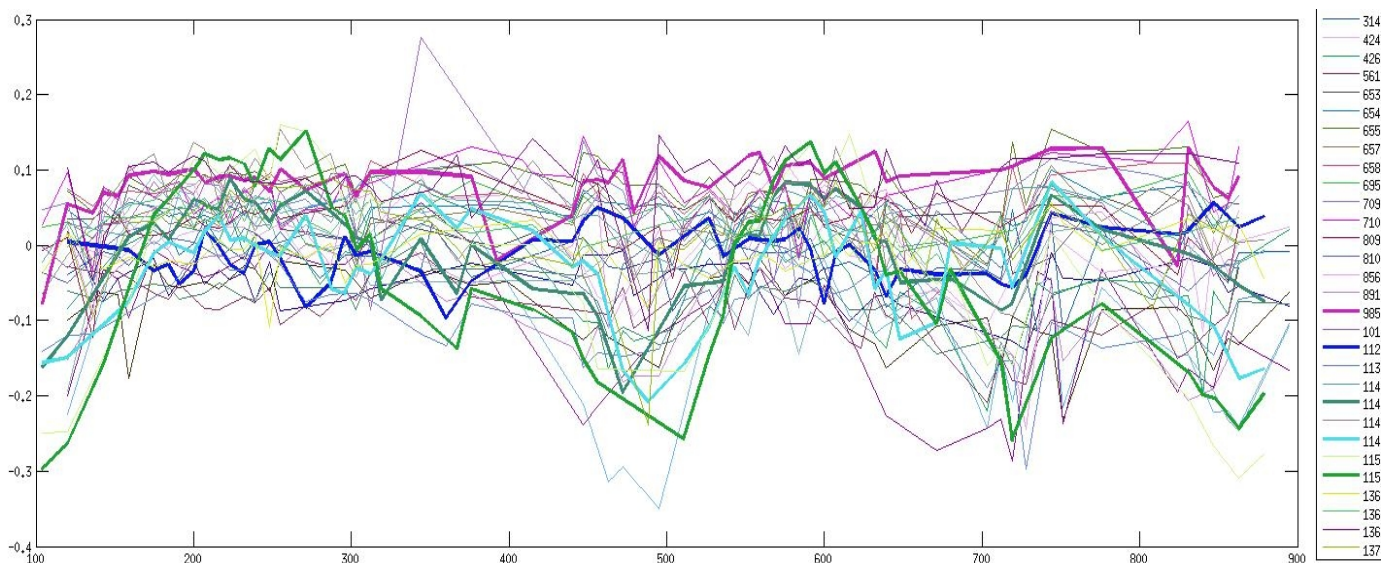
Σύγκριση των δύο υποκατηγοριών αναλύοντας χρονοσειρές ποικίλων σημείων για κάθε υποκατηγορία ως προς τον δείκτη NDBI

Με τα παρακάτω διαγράμματα ελέγχεται η συμπεριφορά των σημείων που συμμετέχουν σε κάθε κατηγορία προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσο η συμπεριφορά τους είναι όμοια σε ίδιες ημερομηνίες. Το επόμενο διάγραμμα αναφέρεται στην υποκατηγορία 'Συνεχής Αστικός Ιστός' και είναι αντίστοιχο εκείνου της εικόνας 4.3.6.9. Σ' αυτό έχουν τονιστεί μερικά σημεία – γραμμές κάποια από τα οποία ακολουθούν την μορφή των

περισσότερων και κάποια από τα οποία διαφέρουν. Για παράδειγμα τα οι γραμμές με χρώματα σκούρο γκρι και μοβ των σημείων '1135' και '1142' ξεχωρίζουν καθώς βρίσκονται σχετικά παράλληλα μετατοπισμένες προς τα πάνω σε σχέση με τις υπόλοιπες. Επομένως με τη βοήθεια του συγκεκριμένου διαγράμματος διαπιστώθηκε ότι οι υψηλότερες τιμές που παρατηρούνται στο διάγραμμα της εικόνας 4.3.6.9 δεν οφείλονται σε μεμονωμένες καταγραφές κάποιων σημείων αλλά σε συγκεκριμένα σημεία τα οποία έχουν γενικά υψηλότερες τιμές ως προς τον NDBI. Όσον αφορά την υποκατηγορία 'Μη Συνεχής Αστικός Ιστός' στο διάγραμμα της εικόνας 4.3.6.12 παρατηρείται ομοιογενής συμπεριφορά στο σύνολο των σημείων πέρα από λίγες καταγραφές (γύρω στις 5) οι οποίες ξεχωρίζουν. Στην προκειμένη περίπτωση όμως πρόκειται για μεμονωμένες τιμές και όχι ολόκληρα σημεία – γραμμές



Εικόνα 4.3.6.11 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDBI για την κατηγορία 'Συνεχής Αστικός Ιστός' όπου κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει ένα σημείο της υποκατηγορίας



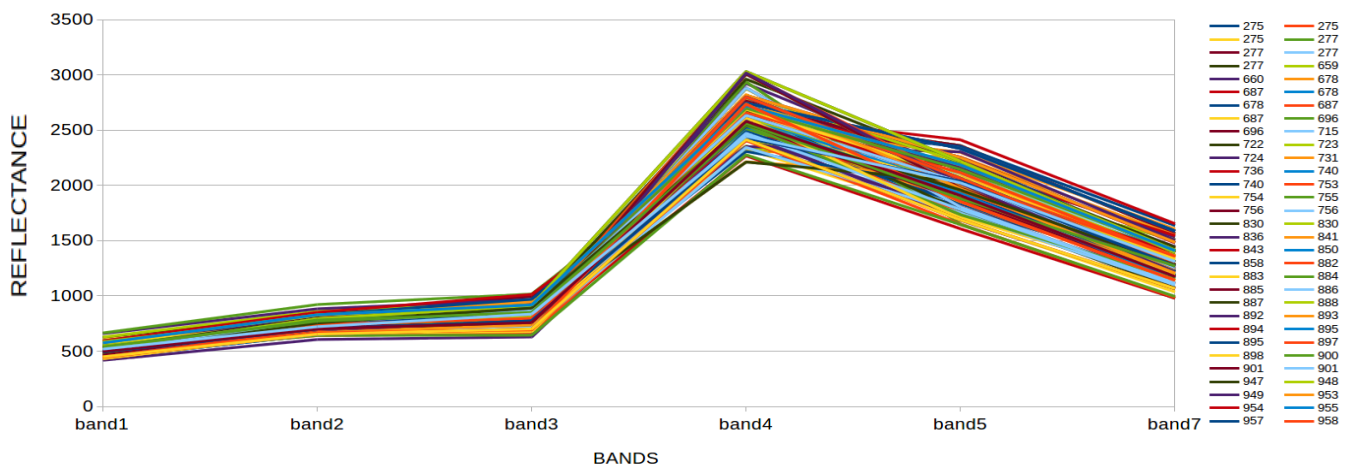
Εικόνα 4.3.6.12 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDBI για την κατηγορία 'Μη Συνεχής Αστικός Ιστός' όπου κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει ένα σημείο της υποκατηγορίας

4.3.7 Ανάλυση της υποκατηγορίας Ελαιώνες

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα σημεία της κατηγορίας αυτής επιλέχθηκαν με την βοήθεια των δορυφορικών σκηνών Landsat σε συνεργασία με χάρτες Google maps όπου με την χωρική ανάλυση των τελευταίων κατέστη δυνατή η φωτοερμηνεία και αναγνώρισή τους.

Ανάλυση του διαγράμματος Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι

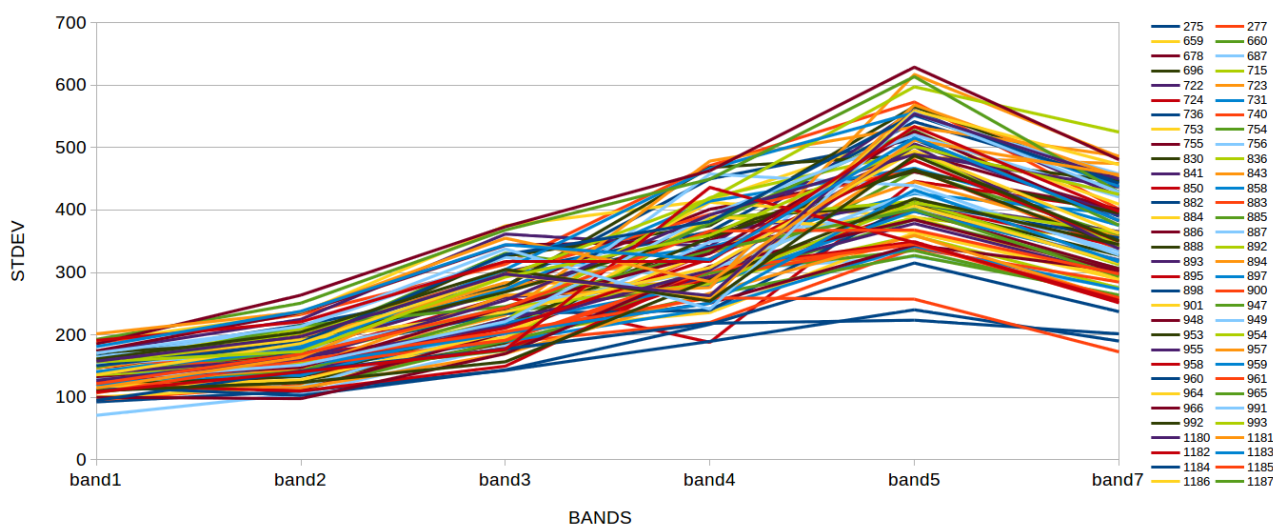
Στην κατηγορία αυτή συμμετέχουν 84 σημεία τα οποία όπως φαίνεται στο διάγραμμα Μέσων Όρων παρουσιάζουν μία αρκετά ομοιογενή συμπεριφορά επομένως αποτελούν μία αρκετά ομοιογενή φασματικά κατηγορία. Τα σημεία των οποίων οι γραμμές μέσων όρων στο παρακάτω διάγραμμα παρουσίαζαν διαφορετική μορφή άρα και αισθητά διαφορετική φασματική υπογραφή αφαιρέθηκαν έτσι ώστε να μην επηρεάσουν αρνητικά την ομοιογένεια της υποκατηγορίας. Για την συγκεκριμένη κατηγορία οι μέσοι όροι στο κανάλι 1 κυμαίνονται από 500 έως 700, στο κανάλι 2 από 600 έως 900 και στο κανάλι 3 όπου το εύρος των τιμών αυξάνεται περισσότερο από 600 έως 1000. Στο κανάλι 4 το εύρος των μέσων όρων έχει αυξηθεί με τις τιμές τους να κυμαίνονται από 2200 έως 3000. Στο κανάλι 5 παρατηρείται το μεγαλύτερο εύρος τιμών με αυτές να ξεκινάνε από 1500 και να φτάνουν μέχρι 2500. Στο κανάλι 7 οι τιμές αλλά και το εύρος τους είναι χαμηλότερες με αυτές να κυμαίνονται από 1000 έως 1500.



Εικόνα 4.3.7.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Ελαιώνες'

Ανάλυση του διαγράμματος Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι

Στο διάγραμμα 4.3.7.2 παρατηρείται ότι η τυπικές αποκλίσεις των σημείων αυξάνονται σχεδόν γραμμικά μέχρι το κανάλι 5. Στο κανάλι 1 αλλά και στο 2 παρατηρούνται χαμηλές τιμές με αυτές να μην ξεπερνούν την τιμή 200 και 300 αντίστοιχα. Ομοίως και στο κανάλι 3 όπου δεν ξεπερνάνε την τιμή 400. Ακόμα και στο κανάλι 4 οι τυπικές αποκλίσεις δεν αυξάνονται εντυπωσιακά όπως σε άλλες υποκατηγορίες όπου οι τυπικές αποκλίσεις παρουσίαζαν γενικά χαμηλές τιμές στα υπόλοιπα κανάλια αλλά στο τέταρτο αυξάνονταν σημαντικά. Αυτή η υποκατηγορία παρουσιάζει την ιδιαιτερότητα ότι οι μέγιστες αποκλίσεις εμφανίζονται στο κανάλι 5 αντί για το 4 με τιμές να ξεπερνάνε το 600 ενώ στο 4 δεν ξεπερνούν την τιμή 500.



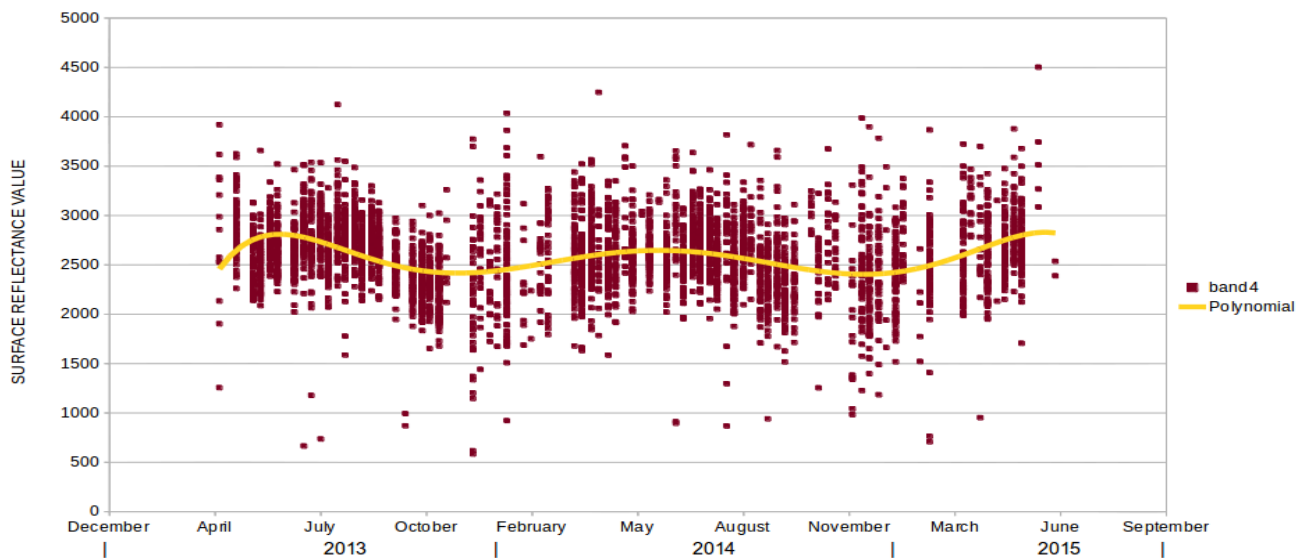
Εικόνα 4.3.7.2 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Ελαιώνες'

Σχολιασμός των απότομων μεταβολών στα διαγράμματα τυπικών αποκλίσεων

Πέρα από την γενική μορφή που δίνουν συνολικά οι γραμμές των σημείων ως προς την τυπική απόκλιση ανά κανάλι παρατηρούνται κάποια σημεία των οποίων οι γραμμές παρουσιάζουν απότομες μεταβολές. Οι μεταβολές αυτές είναι δύο ειδών: Αυτές που προκαλούνται από την χαμηλή τυπική απόκλιση του σημείου στο συγκεκριμένο κανάλι και αυτές που προκαλούνται από την υψηλότερη τιμή της τυπικής απόκλισης σε ένα κανάλι σε σχέση με τα υπόλοιπα. Επομένως υπάρχουν σημεία τα οποία σε κάποια κανάλια παρουσιάζουν αισθητά μεγαλύτερο εύρος τιμών από ότι σε άλλα κανάλια πάντα σε σχέση με το σύνολο των σημείων της υποκατηγορίας από τα οποία μπορεί να υπολογιστεί μία μέση τυπική απόκλιση για κάθε κανάλι. Το παραπάνω οφείλεται είτε στην ύπαρξη και αντίστοιχα στην απουσία ακραίων τιμών στις καταγραφές αυτών των σημείων είτε στην φύση της φασματικής τους υπογραφής.

Παρατηρήσεις που προέκυψαν κατά την ανάλυση χρονοσειρών ως προς το κανάλι 4 της υποκατηγορίας 'Ελαιώνες'

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούνται οι τιμές των καταγραφών των σημείων για την κατηγορία 'Ελαιώνες' συναρτήσει του χρόνου. Με την βοήθεια της πολυωνυμικής αλλά και παρατηρώντας απλά τις καταγραφές για το διάστημα Αύγουστος – Οκτώβριος του 2013 σε σχέση με το αντίστοιχο χρονικό διάστημα του 2014 παρατηρείται διαφορετική συμπεριφορά του συνόλου των καταγραφών. Στο διάστημα του 2013 που αναφέρθηκε υπάρχει πιο απότομη πτώση στις τιμές ως προς το κανάλι 4 σχετικά με το αντίστοιχο χρονικό διάστημα στο έτος 2014. Επίσης οι τιμές στο κανάλι 4 των καταγραφών πριν από τα δύο αυτά χρονικά διαστήματα φαίνονται να είναι υψηλότερες στο διάστημα του 2013 απ' ότι σε αυτό του 2014. Η διαφορετική αυτή συμπεριφορά μπορεί να σημαίνει μεταβολές σε μερικά από τα σημεία της κατηγορίας.

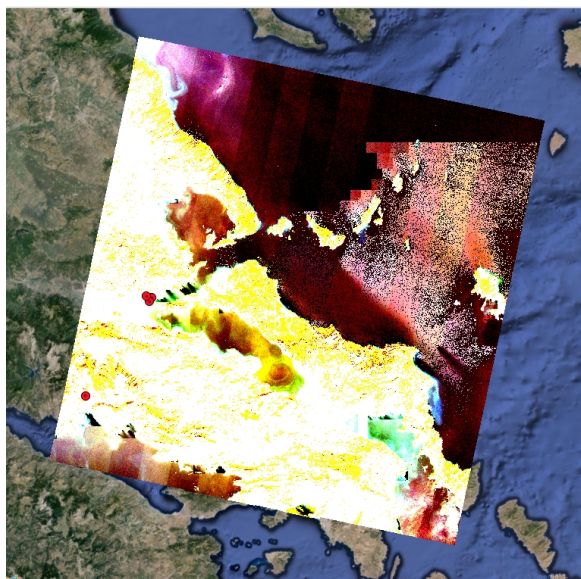


Εικόνα 4.3.7.3 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Ελαιώνες'

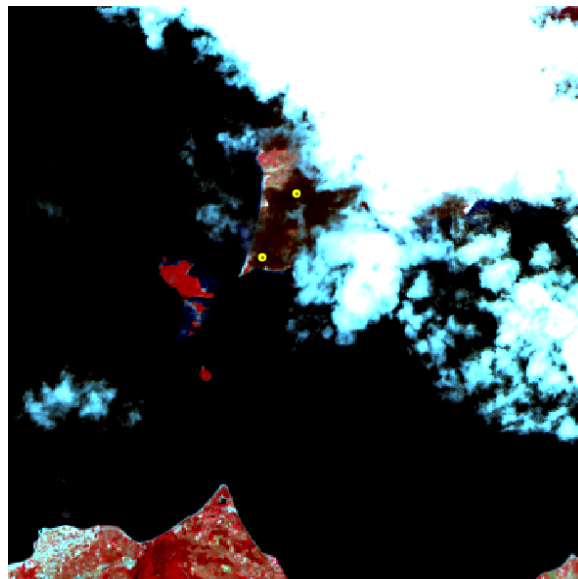
Διερεύνηση ακραίων τιμών των καταγραφών στο κανάλι 4

Στο προηγούμενο διάγραμμα της εικόνας 4.3.7.3 στο οποίο φαίνεται το σύνολο των καταγραφών των σημείων της υποκατηγορίας 'Ελαιώνες' σχεδόν όλες οι καταγραφές έχουν τιμές οι οποίες κυμαίνονται από 1500 έως 3500. Παρατηρούνται όμως και καταγραφές οι οποίες υπερβαίνουν αυτά τα όρια και ξεχωρίζουν από το σύνολο τόσο με αρκετά χαμηλές όσο και υψηλές τιμές. Από την διερεύνηση των καταγραφών αυτών στις αντίστοιχες δορυφορικές σκηνές στις οποίες εμφανίζονται παρουσιάζονται κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα για κάθε περίπτωση αποτελέσματος που εντοπίστηκε.

Όσον αφορά τις αρκετά χαμηλότερες τιμές καταγραφών και ειδικότερα αυτές μεταξύ 500 και 1000 εντοπίστηκαν δύο ειδών περιπτώσεις στο σύνολο των σημείων που ελεγχθηκαν. Στην πρώτη περίπτωση, παράδειγμα της οποίας παρατίθεται στην εικόνα 4.3.7.4 παρατηρείται γενική αλλοίωση της ραδιομετρίας της δορυφορικής σκηνής πιθανώς λόγω της εκτεταμένης νεφοκάλυψης. Στην εικόνα αυτή το έγχρωμο σύνθετο που έχει χρησιμοποιηθεί είναι RGB: 432 και όπως φαίνεται το αποτέλεσμα είναι πολύ διαφορετικό από ότι θα αναμενόταν για το συγκεκριμένο συνδυασμό καναλιών. Λόγω της αλλοιωμένης ραδιομετρίας της εικόνας το σύνολο των εικονοστοιχείων της έχει πολύ χαμηλές τιμές σε όλα τα κανάλια. Στην δεύτερη περίπτωση ανήκουν οι καταγραφές των υπό έλεγχο σημείων στις οι οποίες έχουν επηρεαστεί από την σκιά που δημιουργούν σύννεφα στην περιοχή τους με αποτέλεσμα να εμφανίζουν πολύ χαμηλές τιμές ανακλαστικότητας. Στην εικόνα 4.3.7.5 παρατηρούνται σημεία (κίτρινες κουκκίδες στην εικόνα) σε έγχρωμο σύνθετο RGB: 432 όπου η περιοχή τους καλύπτεται από νεφοσκίαση.

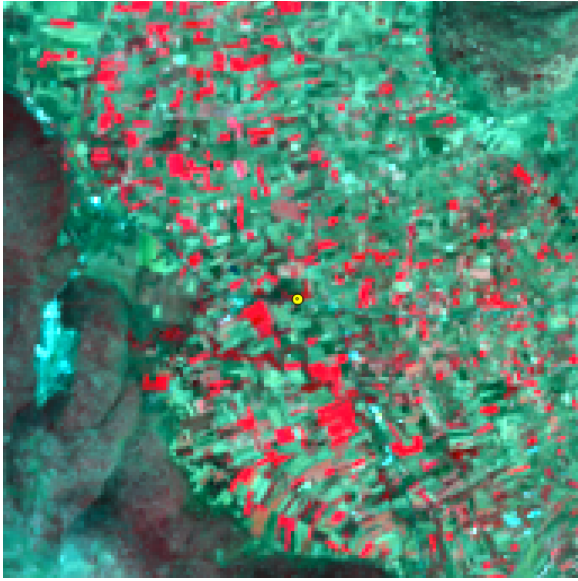


Εικόνα 4.3.7.4 Δορυφορική σκηνή με αλλοιωμένη ραδιομετρία



Εικόνα 4.3.7.5 Σημεία στα οποία παρατηρείται νεφοσκίαση στην περιοχή τους

Όσον αφορά χαμηλές τιμές στο κανάλι 4 οι οποίες κυμαίνονται από 1000 έως 1500, δηλαδή πιο κοντά στα όρια στα οποία κυμαίνονται οι τιμές των περισσότερων καταγραφών, στα σημεία που ελέγχθηκαν δεν παρατηρήθηκε νεφοσκίαση είτε αλλοίωση ραδιομετρίας. Τα σημεία αυτά φαίνονται να έχουν καθαρές καταγραφές απλά με σκουρότερους τόνους. Παράδειγμα από τέτοιες καταγραφές που περιγράφηκαν παρουσιάζεται στις παρακάτω εικόνες (4.3.7.6 και 4.3.7.7) όπου στην πρώτη με μικρότερη εστίαση παρατηρείται η περιοχή του σημείου προκειμένου να φανεί ότι δεν επηρεάζεται από σκιά και στην δεύτερη με μεγαλύτερη εστίαση παρατηρείται το ίδιο σημείο προκειμένου να φανεί ο σκούρος τόνος που έχει το εικονοστοιχείο.

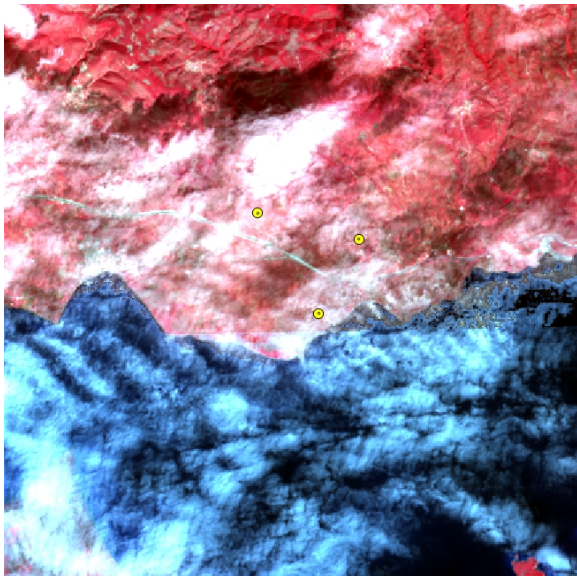


Εικόνα 4.3.7.6 Σημείο με χαμηλή τιμή καταγραφής το οποίο δεν φαίνεται να επηρεάζεται από νεφοσκίαση



Εικόνα 4.3.7.7 Μεγαλύτερη εστίαση στο σημείο της εικόνας 4.3.7.6 για παρατήρηση του εικονοστοιχείου

Στη συνέχεια παρουσιάζονται παραδείγματα από καταγραφές σημείων με αρκετά υψηλές τιμές στο κανάλι 4. Στις δύο εικόνες που ακολουθούν παρατηρείται ότι οι περιοχές των υπό εξέταση σημείων καλύπτονται εντελώς στην περίπτωση της εικόνας 4.3.7.8 και μερικώς στην περίπτωση της εικόνας 4.3.7.9 από νέφη. Επομένως η αρκετά μεγαλύτερη τιμή των συγκεκριμένων καταγραφών σχετικά με τις υπόλοιπες για την συγκεκριμένη ημερομηνία αλλά και σχετικά με το σύνολο των δεδομένων οφείλεται σε αυτές τις περιπτώσεις στην νεφοκάλυψη.

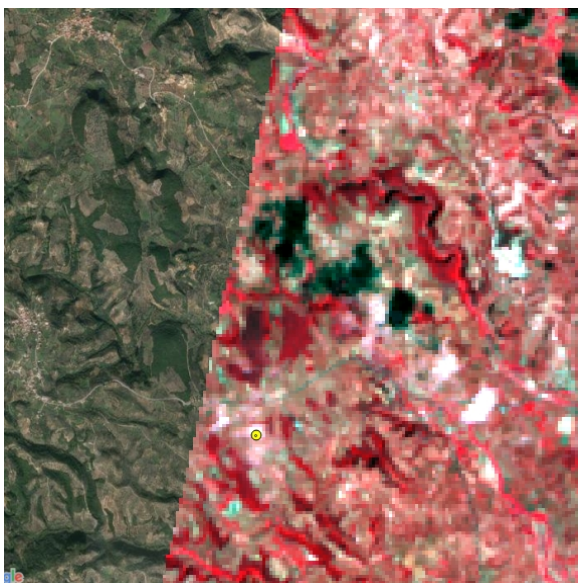


Εικόνα 4.3.7.8 Σημεία με υψηλές τιμές καταγραφών επηρεαζόμενα από νεφοκάλυψη

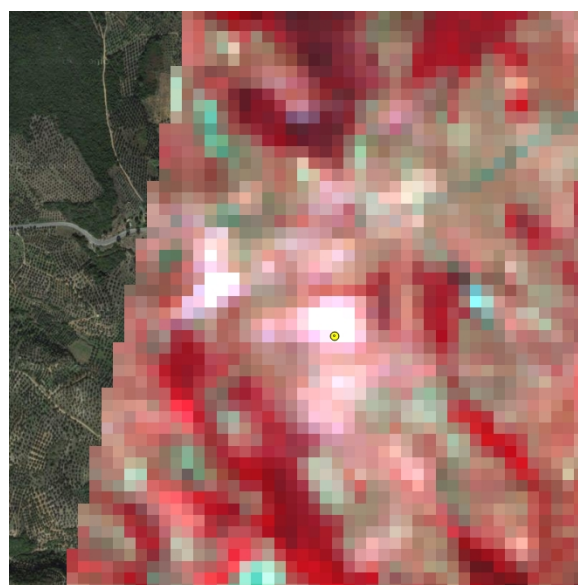


Εικόνα 4.3.7.9 Σημείο με υψηλές τιμές καταγραφών επηρεαζόμενο από νεφοκάλυψη

Στην περίπτωση των σχετικά υψηλότερων τιμών έτσι ώστε να ξεχωρίζουν συναντάται και η περίπτωση στην οποία δεν οφείλονται σε σύννεφο στην περιοχή του σημείου. Στις δύο επόμενες εικόνες φαίνεται παράδειγμα αυτής της περίπτωσης. Στην εικόνα 4.3.7.10 φαίνεται η περιοχή του υπό εξέταση σημείου σε έγχρωμο σύνθετο RGB: 432 όπου δεν παρατηρείται να υπάρχουν σύννεφα στην περιοχή του. Στην εικόνα 4.3.7.11 φαίνεται με μεγαλύτερη εστίαση η περιοχή του σημείου όπου μπορεί να παρατηρηθεί ότι το εικονοστοιχείο στο οποίο βρίσκεται το σημείο έχει άσπρο χρώμα επομένως και αρκετά μεγάλη τιμή ανακλαστικότητας χωρίς όμως επιρροή από νέφη. Στο γεγονός ότι υπάρχουν και κάποια σημεία με τέτοιες τιμές χωρίς εμφανή τουλάχιστον επιρροή της καταγραφής από νέφη οφείλεται το ότι δεν μπορούν να ξεχωριστούν και να θεωρηθούν εικονοστοιχεία με σύννεφο αυτόματα οι καταγραφές αυτές. Για να γίνει αυτό απαιτείται έλεγχος του σημείου στην αντίστοιχη δορυφορική σκηνή.

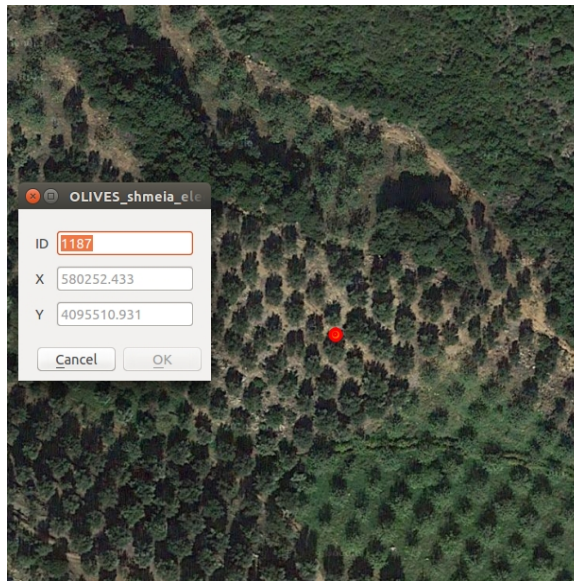


Εικόνα 4.3.7.10 Σημείο με υψηλή τιμή καταγραφής χωρίς επιρροή από νέφη στην περιοχή του

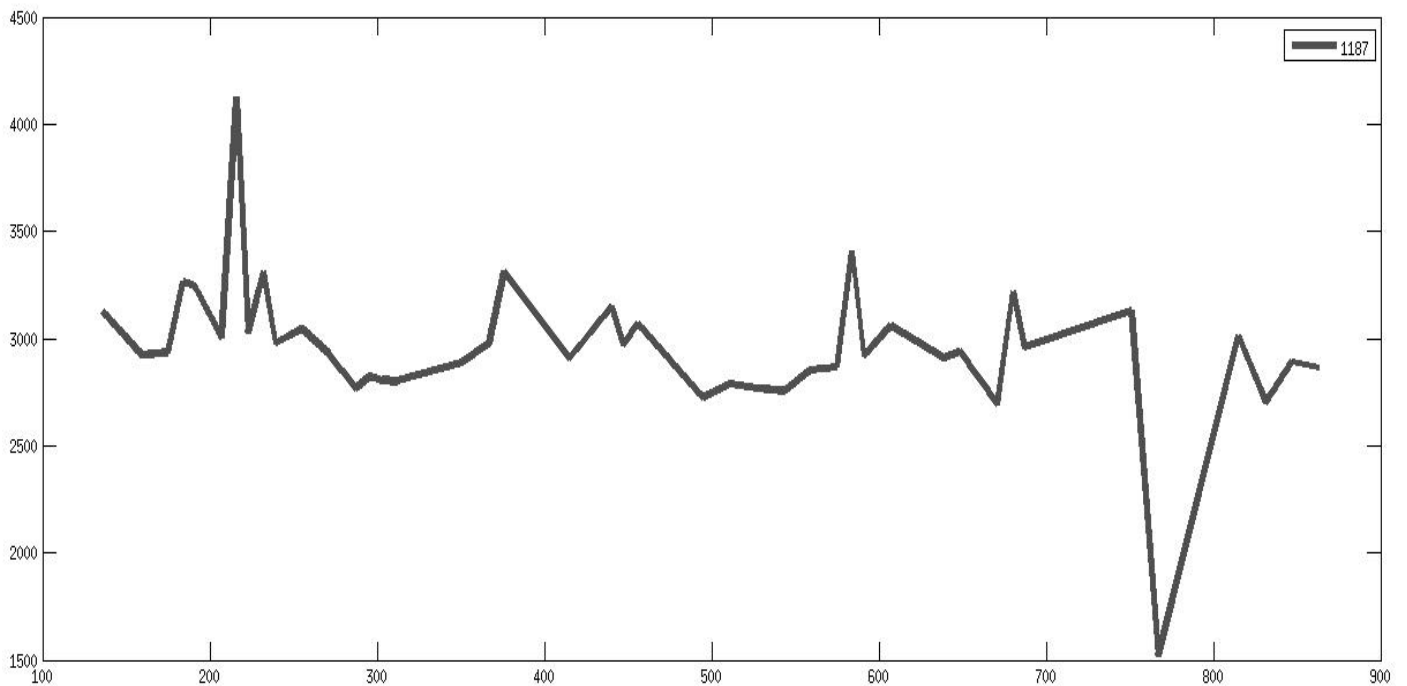


Εικόνα 4.3.7.11 Μεγαλύτερη εστίαση στο σημείο της εικόνας 4.3.7.10 για παρατήρηση του εικονοστοιχείου

Παρατίθεται εικόνα από Google Maps του σημείου (Εικόνα 4.3.7.12) το οποίο απεικονίζεται στις δύο προηγούμενες εικόνες καθώς με την καλύτερη χωρική ανάλυση φαίνεται ξεκάθαρα ότι πρόκειται για ελαιώνα λόγω της χαρακτηριστικής μορφής των ελαιόδεντρων και του φυλλώματός τους. Πρόκειται για το σημείο '1187' το οποίο βρίσκεται στην μέση ενός ελαιώνα. Για να διαπιστωθεί αν το σημείο αυτό έχει μόνιμα τόσο υψηλές τιμές ως προς το κανάλι 4 αλλά και στα υπόλοιπα δημιουργήθηκε διάγραμμα για κάθε κανάλι κάθε ένα από τα οποία περιλαμβάνει μόνο τις καταγραφές του σημείου '1187' συναρτήσει του χρόνου. Στο διάγραμμα της εικόνας 4.3.7.13 παρατηρείται ότι το σημείο έχει δύο ακραίες τιμές, μία κοντά στην ημέρα 200 (Day of Year 2013) και μία κοντά στην ημέρα 770 (Day of Year 2015). Η πρώτη ακραία τιμή ανήκει στην καταγραφή η οποία εξετάστηκε παραπάνω. Μέσω του διαγράμματος αυτού διαπιστώθηκε ότι πρόκειται για σημείο που ανήκει στην κατηγορία καθώς οι υπόλοιπες καταγραφές του παρουσιάζουν κανονικές τιμές σε σχέση με το διάγραμμα του καναλιού 4 με όλα τα σημεία για όλες τις ημερομηνίες. (Εικόνα 4.3.7.3).



Εικόνα 4.3.7.12 Σημείο '1187' το οποίο εξετάστηκε παραπάνω σε εικόνα από Google Maps

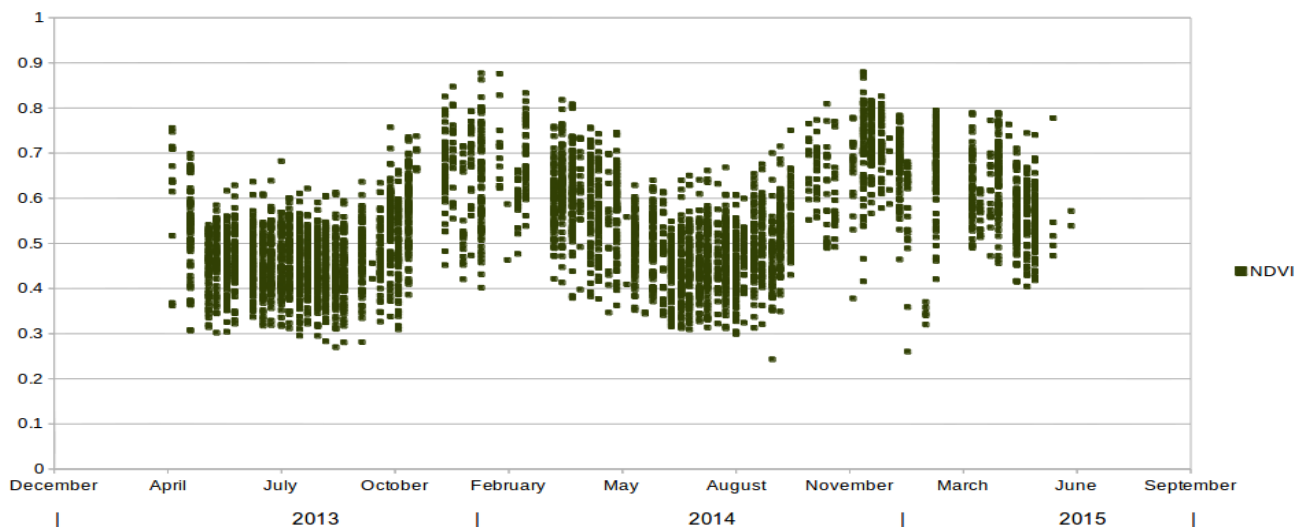


Εικόνα 4.3.7.13 Διάγραμμα του σημείου '1187' ως προς το κανάλι 4 για όλες τις ημερομηνίες

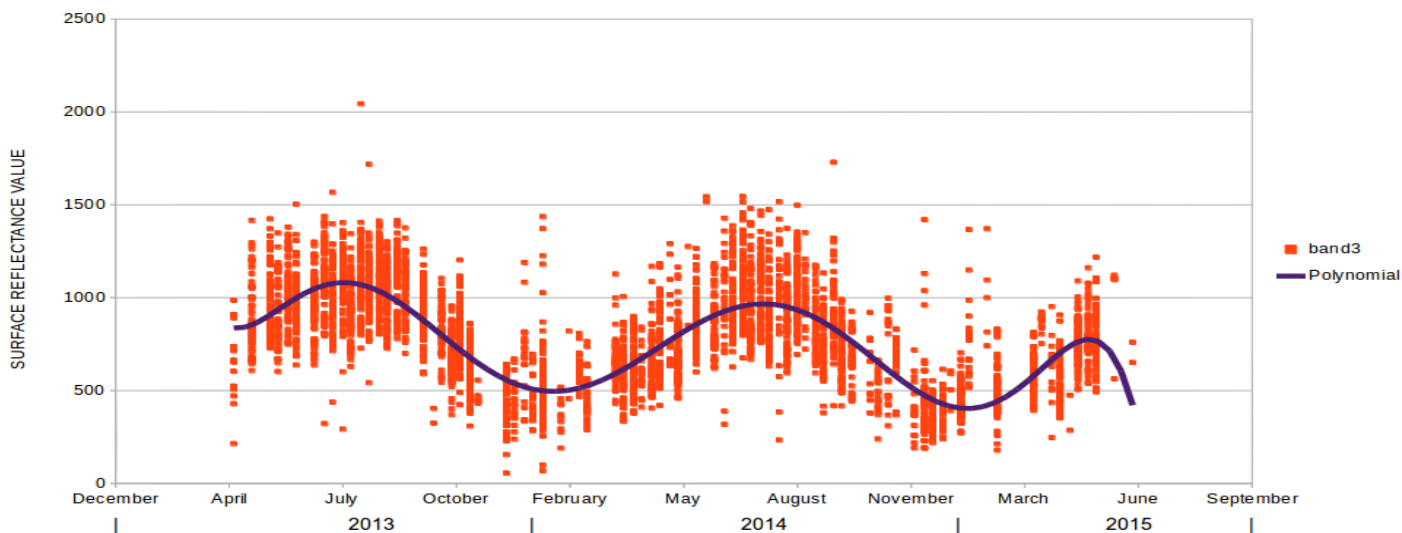
Ανάλυση του διαγράμματος ως προς τον δείκτη NDVI και σύγκρισή του με τα αντίστοιχα ως προς τα κανάλια 3 και 4

Στην εικόνα Εικόνα 4.3.7.14 βλέπουμε το διάγραμμα της υποκατηγορίας ως προς τον δείκτη NDVI. Εύκολα παρατηρείται στο διάγραμμα αυτό ότι η γενική μορφή που δίνουν οι καταγραφές στο διάγραμμα αυτό χονδρικά μπορεί να χαρακτηριστεί ως η αντίθετη από αυτήν του διαγράμματος ως προς το κανάλι 4 (Εικόνα 4.3.7.3). Αυτό καθώς στα χρονικά διαστήματα στα οποία στο διάγραμμα ως προς το κανάλι 4 παρουσιάζονται

κοιλίες στο διάγραμμα του δείκτη NDVI παρουσιάζονται κορυφές και αντίστροφα. Σε αυτό το σημείο υπενθυμίζεται ο τύπος του δείκτη NDVI ο οποίος είναι $(\text{Band 4} - \text{Band 3}) / (\text{Band 4} + \text{Band 3})$. Επομένως θα ήταν αναμενόμενο όταν οι τιμές στο κανάλι 4 είναι πιο χαμηλές (όταν παρουσιάζονται κοιλίες) αντίστοιχα να χαμηλώνουν και στον δείκτη NDVI αλλά συμβαίνει το αντίθετο. Αυτό εξηγείται παρατηρώντας το αντίστοιχο διάγραμμα ως προς το κανάλι 3 (Εικόνα 4.3.7.15) στο οποίο παρατηρείται ότι στα αντίστοιχα σημεία οι τιμές χαμηλώνουν πολύ περισσότερο από όσο μειώνονται στο κανάλι 4. Φαίνεται άλλωστε και από την διαφορά στο μέγεθος των κοιλιών που σχηματίζουν οι πολυωνμικές γραμμές στα διαγράμματα των δύο καναλιών. Έτσι στα χρονικά διαστήματα φθινόπωρο - χειμώνας οι τιμές του δείκτη αυξάνονται. Επίσης πέρα από την περιοδικότητα που παρατηρείται με περίοδο ενός έτους φαίνονται διαφορές στα διαστήματα φθινόπωρο - χειμώνας μεταξύ του έτους 2013 και 2014 πράγμα που μπορεί να σημαίνει μεταβολές σε κάποια από τα σημεία.



Εικόνα 4.3.7.14 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς τον δείκτη NDVI της υποκατηγορίας 'Ελαιώνες' για όλες τις ημερομηνίες

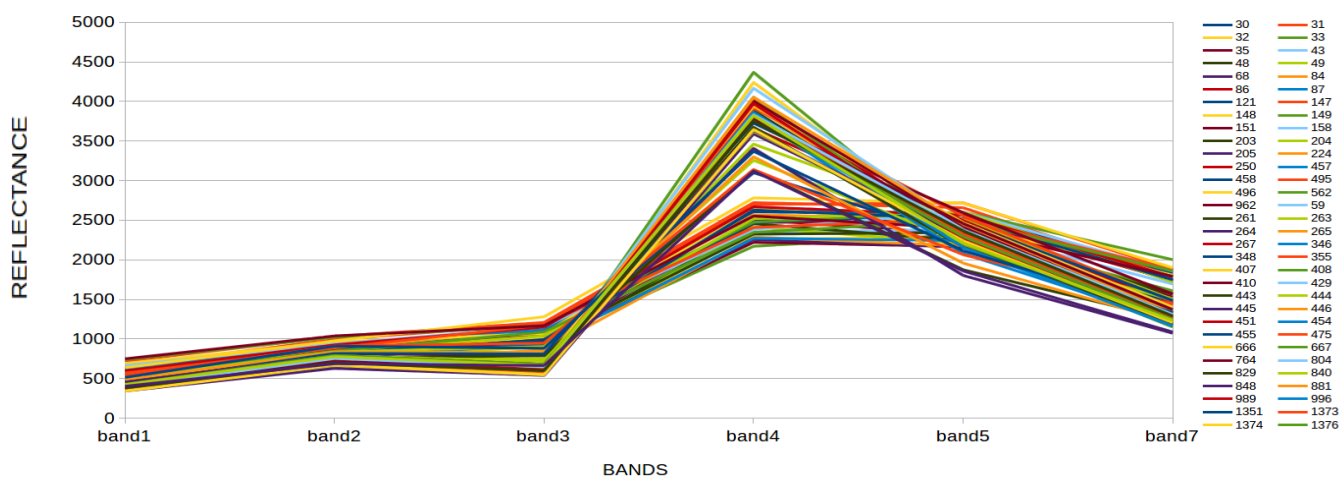


Εικόνα 4.3.7.15 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς το κανάλι 3 της υποκατηγορίας 'Ελαιώνες' για όλες τις ημερομηνίες

4.3.8 Ανάλυση της υποκατηγορίας Μόνιμα Αρδευόμενη Γη

Ανάλυση της υποκατηγορίας με βάση το διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας

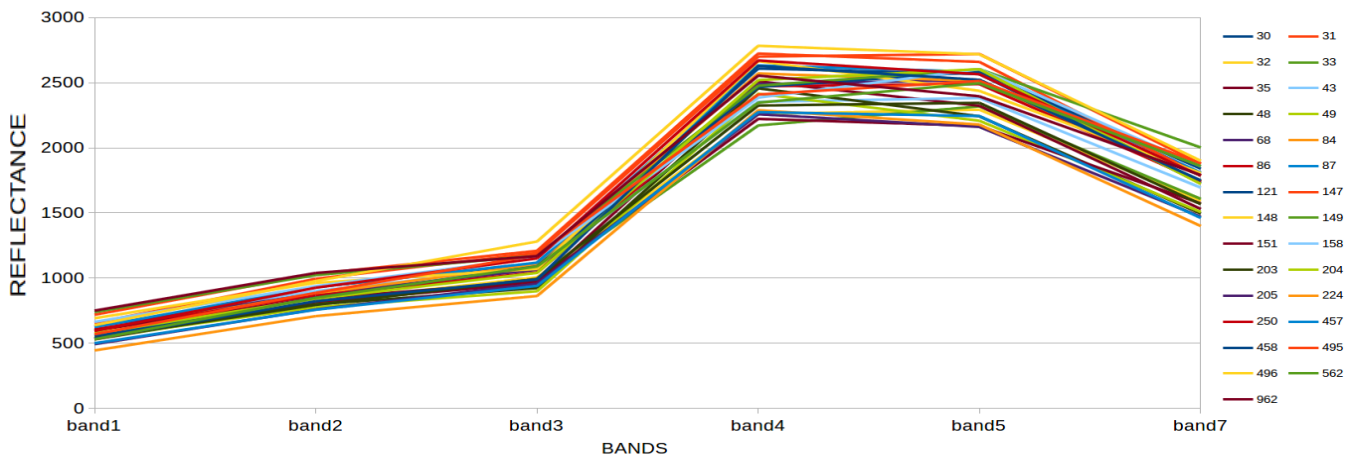
Δημιουργώντας το διάγραμμα μέσων όρων για αυτή την υποκατηγορία εύκολα παρατηρείται ότι τα σημεία που την απαρτίζουν ομαδοποιούνται σε δύο ομάδες με βάση την μέση φασματική τους υπογραφή. Συγκεκριμένα στο διάγραμμα της εικόνας 4.3.8.1 παρατηρείται ότι τα σημεία με χαμηλότερους μέσους όρους στο κανάλι 3 έχουν αρκετά υψηλότερους μέσους όρους στο κανάλι 4 σε σχέση με τα υπόλοιπα. Επίσης φαίνεται να ξεχωρίζουν και ως προς το κανάλι 7 στο οποίο εμφανίζουν πιο χαμηλές τιμές μέσων όρων. Με αυτά τα κριτήρια τα σημεία χωρίστηκαν σε δύο υποκατηγορίες πιο συμπαγής και φασματικά ομοιογενείς.



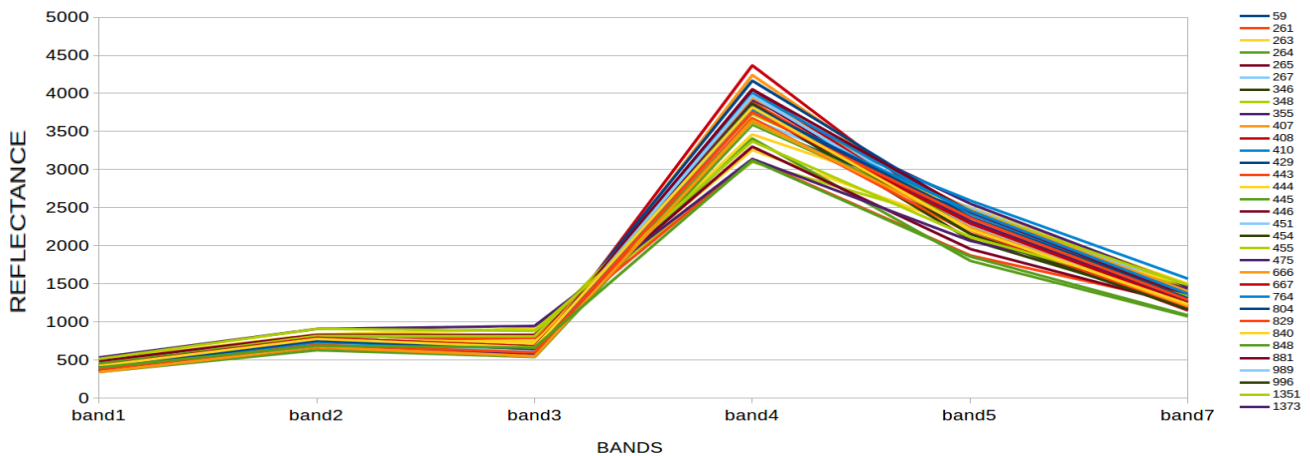
Εικόνα 4.3.8.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη' πριν διαχωριστεί σε 2 υποκατηγορίες

Σύγκριση των δύο νέων υποκατηγοριών χρησιμοποιώντας τα διαγράμματα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας

Συγκρίνοντας τα διαγράμματα των δύο νέων υποκατηγοριών Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1 (Εικόνα 4.3.8.2) και 2 (Εικόνα 4.3.8.3) είναι διακριτές οι διαφορές στις μέσες φασματικές υπογραφές των σημείων. Οι διαφορές τους διαφαίνονται κυρίως στα κανάλια 4, 5 και 7. Αλλά και στο κανάλι 3 οι τιμές είναι υψηλότερες στα σημεία της υποκατηγορίας 1. Στο κανάλι 4 οι τιμές των μέσων όρων της υποκατηγορίας 1 κυμαίνονται από 2200 έως 2700 περίπου ενώ αντίστοιχα στην υποκατηγορία 2 κυμαίνονται από 3000 έως 4500. Η πιο έντονη διαφορά αφορά το κανάλι 5 όπου οι τιμές της υποκατηγορίας 1 κυμαίνονται στα ίδια πλαίσια με αυτές στο κανάλι 4 ενώ στην υποκατηγορία 2 μειώνονται αρκετά και κυμαίνονται από 1800 έως 2500. Στο κανάλι 7 οι τιμές της υποκατηγορίας 1 είναι γενικά λίγο ψηλότερες από αυτές στην υποκατηγορία 2.



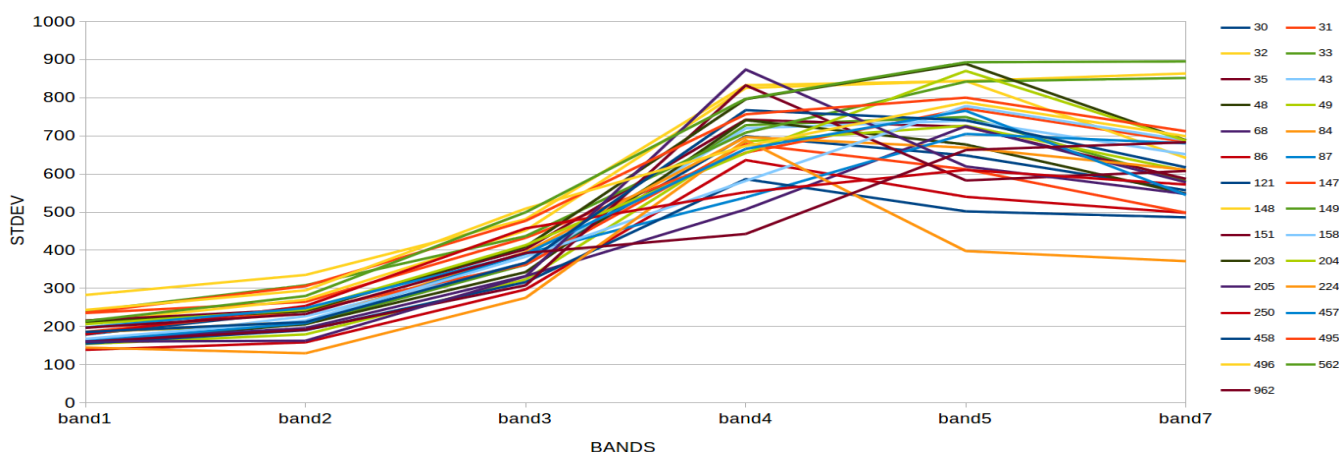
Εικόνα 4.3.8.2 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1'



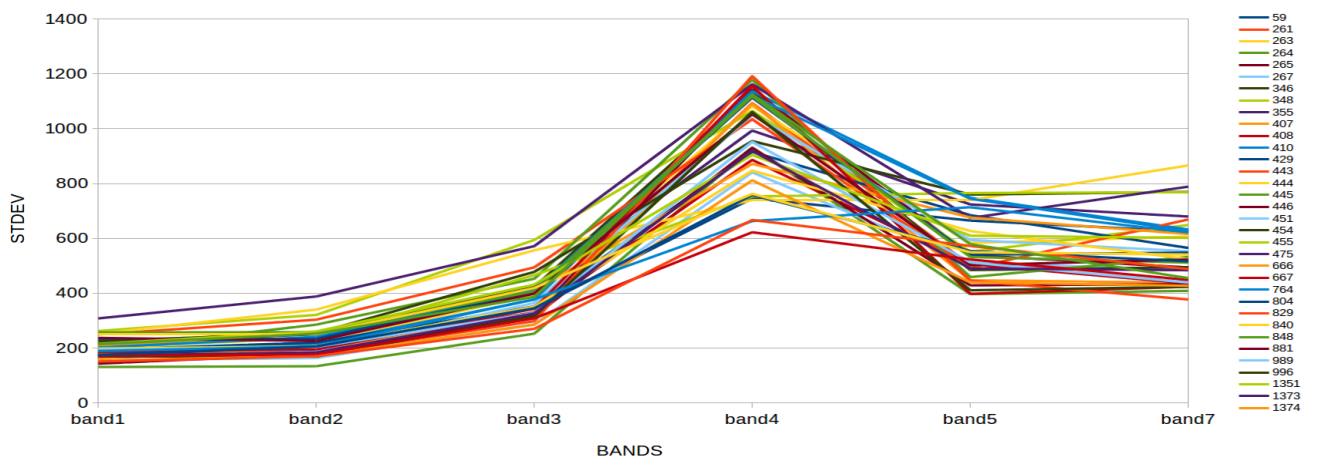
Εικόνα 4.3.8.3 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2'

Σύγκριση των διαγραμμάτων Τυπικών Αποκλίσεων των δύο υποκατηγοριών

Στα τρία πρώτα κανάλια οι τυπικές αποκλίσεις είναι σχετικά μικρές και όμοιες και στις δύο υποκατηγορίες με αυτές να φτάνουν μέχρι 300 στο κανάλι 1 και μέχρι 500 στο κανάλι 3. Στο τελευταίο όσον αφορά την υποκατηγορία 2 φτάνουν μέχρι 600. Οι διαφορές τους εντείνονται με αυτές της υποκατηγορίας 1 (Εικόνα 4.3.8.4) να μην ξεπερνούν την τιμή 900 ενώ στην υποκατηγορία 2 (Εικόνα 4.3.8.5) να φτάνουν μέχρι 1200. Όσον αφορά το κανάλι 5 συγκρίνοντας τις δύο υποκατηγορίες παρατηρείται ότι ακολουθούν την μορφή των διαγραμμάτων Μέσων Όρων με την έννοια ότι στην υποκατηγορία 1 οι τιμές τους μένουν στα ίδια επίπεδα με αυτές του καναλιού 4. Αντίστοιχα αυτές τις υποκατηγορίας 2 μειώνονται αισθητά όπως και οι μέσοι όροι στο κανάλι 5 της υποκατηγορίας 2.



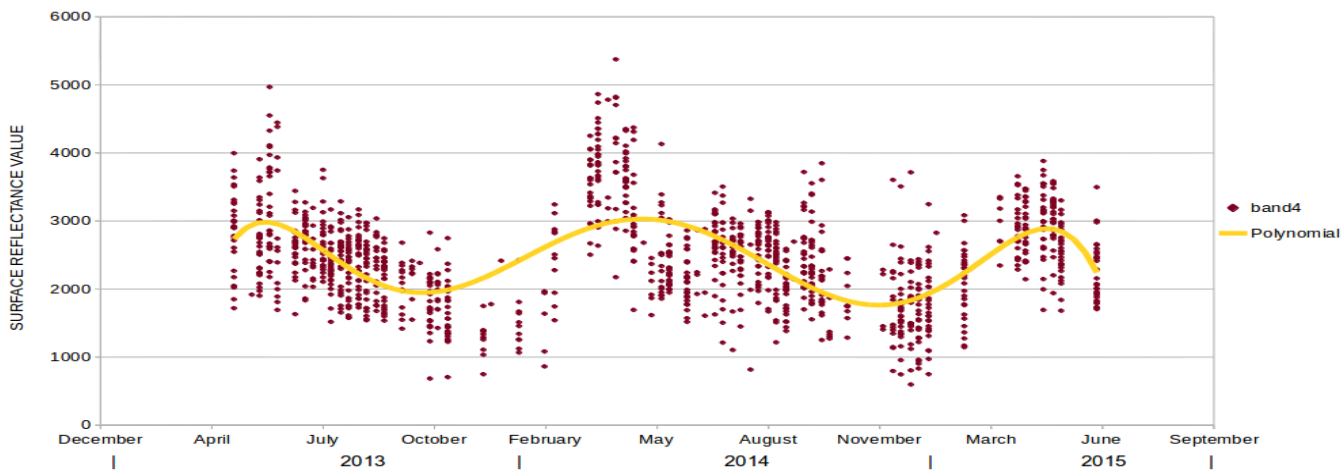
Εικόνα 4.3.8.4 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1'



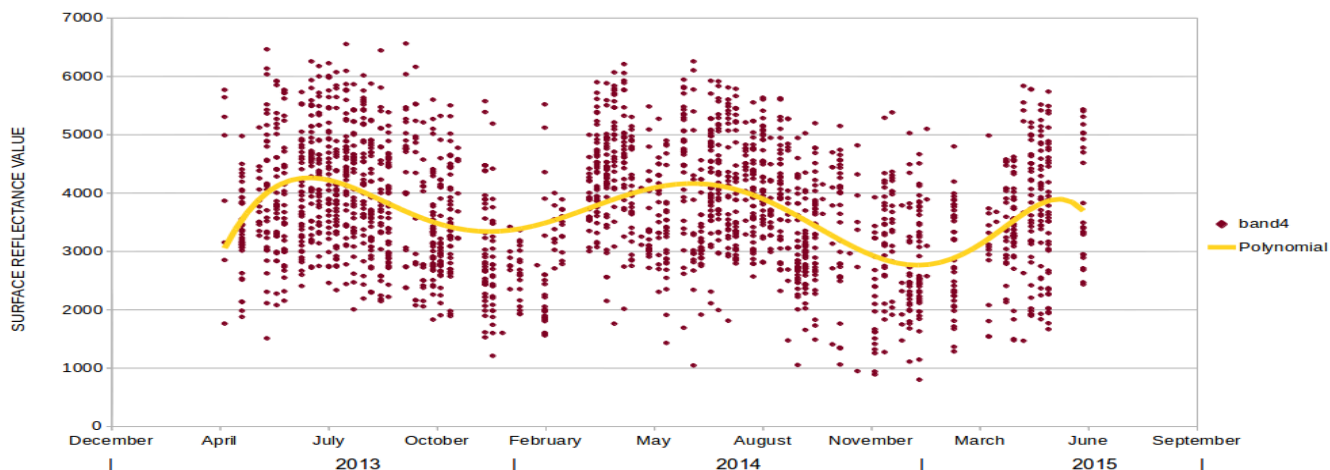
Εικόνα 4.3.8.5 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2'

Ανάλυση και σύγκριση των δύο υποκατηγοριών αναλύοντας χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4

Με τη βοήθεια των διαγραμμάτων αυτής της μορφής μπορούν να συγκριθούν οι δύο υποκατηγορίες ως προς το σύνολο των καταγραφών τους. Στο διάγραμμα της εικόνας 4.3.8.6, το οποίο αναφέρεται στην υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1', παρατηρούνται γενικά χαμηλότερες τιμές στο κανάλι 4 από αυτές της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2'. Αυτό ήταν αναμενόμενο εφόσον παρατηρείται και στα διαγράμματα Μέσων Όρων. Ακόμη παρατηρείται ότι οι καταγραφές στο διάγραμμα της υποκατηγορίας 1 έχουν μικρότερη διασπορά σε επίπεδο ημέρας καθώς πέρα από κάποιες υψηλές τιμές που ξεχωρίζουν το εύρος των τιμών ανά ημέρα είναι χονδρικά 1000 (π.χ. από την τιμή 2000 μέχρι την τιμή 3000 για μία ημερομηνία). Αντιθέτως η υποκατηγορία 2 παρουσιάζει γενικά αρκετά μεγαλύτερο εύρος τιμών ανά ημέρα της τάξης των 3000 μονάδων. Η τελευταία λοιπόν πρόκειται για αρκετά λιγότερο ομοιογενή κατηγορία σημείων τουλάχιστον ως προς το κανάλι 4.



Εικόνα 4.3.8.6 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1'



Εικόνα 4.3.8.7 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2'

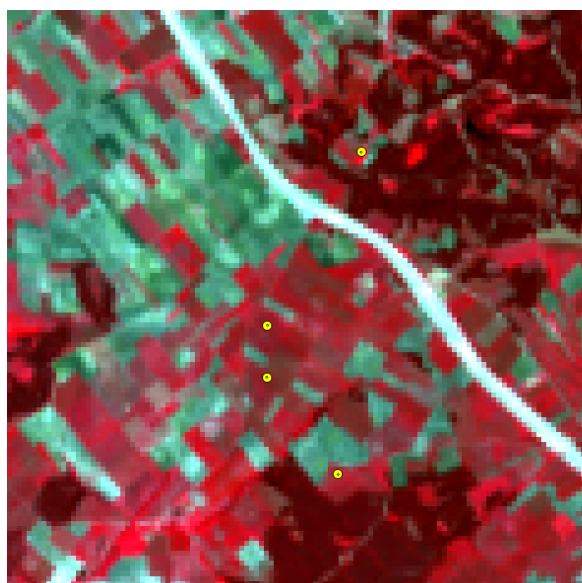
Σύγκριση των δύο υποκατηγοριών μέσω από στιγμιότυπα σημείων τους σε δορυφορικές σκηνές

Στη συνέχεια παρουσιάζονται εικόνες με σημεία και από τις δύο υποκατηγορίες για να υποδειχθούν οι διαφορές που παρατηρούνται στα παραπάνω διαγράμματα πλέον και στις δορυφορικές σκηνές. Αρχικά στην εικόνα 4.3.8.8 παρουσιάζονται σε εικόνα από Google Maps οι δύο ομάδες σημείων που αντιπροσωπεύουν τις δύο υποκατηγορίες. Τα σημεία που φαίνονται με κίτρινες κουκκίδες ανήκουν στην υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1' και αυτά με ματζέντα κουκκίδες στην κατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2'.

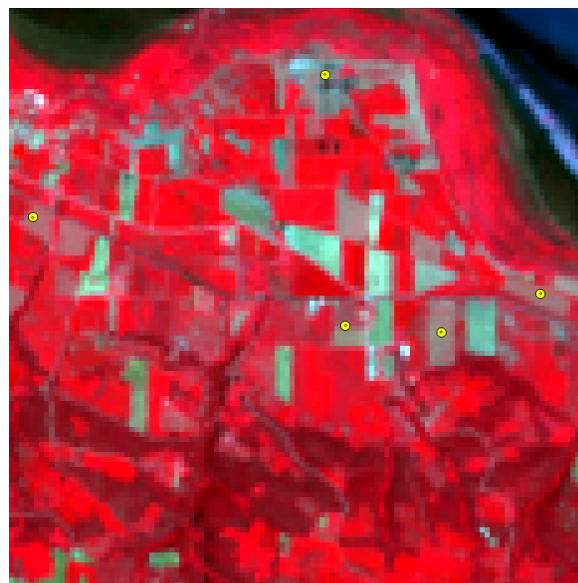


Εικόνα 4.3.8.8 Ομάδες σημείων από τις δύο υποκατηγορίες

Τα σημεία που φαίνονται στην προηγούμενη εικόνα ελέγχονται για τρεις διαφορετικές ημερομηνίες σε έγχρωμα σύνθετα RGB: 432 προκειμένου να διαπιστωθούν οι διαφορές τους και πλέον θα εμφανίζονται με κίτρινες κουκκίδες και για τις δύο υποκατηγορίες για να είναι ορατά στα συγκεκριμένα έγχρωμα σύνθετα. Το πρώτο ζεύγος εικόνων αναφέρεται σε δορυφορική σκηνή η οποία έχει ληφθεί τον Απρίλιο του 2013. Η εικόνα στα δεξιά αναφέρεται στην υποκατηγορία 1 και όπως φαίνεται οι περιοχές των σημείων έχουν σκούρο κόκκινο χρώμα. Αντίθετα στην εικόνα στα αριστερά η οποία αναφέρεται στην υποκατηγορία 2 οι περιοχές των σημείων έχουν γαλαζοπράσινο χρώμα. Επομένως συμπεραίνεται ότι στην συγκεκριμένη ημερομηνία στα σημεία της υποκατηγορίας 1 υπάρχει βλάστηση στις καλλιέργειες που βρίσκονται σε αντίθεση με αυτές της υποκατηγορίας 2.



Εικόνα 4.3.8.9 Σημεία της υποκατηγορίας **'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1'** από δορυφορική σκηνή του **Απριλίου του 2013**

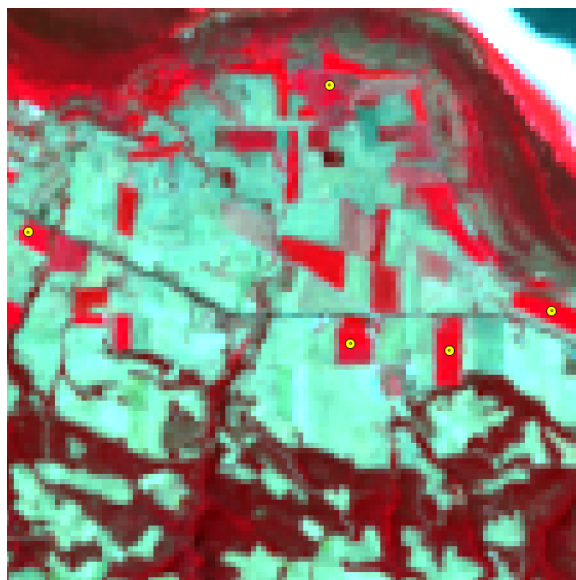


Εικόνα 4.3.8.10 Σημεία της υποκατηγορίας **'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2'** από δορυφορική σκηνή του **Απριλίου του 2013**

Το επόμενο ζεύγος εικόνων αναφέρεται σε έγχρωμο σύνθετο RGB: 432 από δορυφορική σκηνή η οποία έχει ληφθεί τον Αύγουστο του 2013. Σ' αυτές τις εικόνες παρατηρείται το αντίθετο φαινόμενο απ' ότι στις δύο προηγούμενες καθώς τα σημεία της εικόνας 4.3.8.11 τα οποία ανήκουν στην υποκατηγορία 1 φαίνονται με γαλάζιο και πράσινο στην περιοχή τους. Αντιθέτως τα σημεία της υποκατηγορίας 2 στην εικόνα 4.3.8.12 βρίσκονται σε περιοχές με έντονο κόκκινο χρώμα. Άρα σε αυτή την ημερομηνία υπάρχει βλάστηση στις καλλιέργειες της υποκατηγορίας 1 και όχι σε αυτές τις υποκατηγορίας 2.



Εικόνα 4.3.8.11 Σημεία της υποκατηγορίας **'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1'** από δορυφορική σκηνή του **Αυγούστου του 2013**

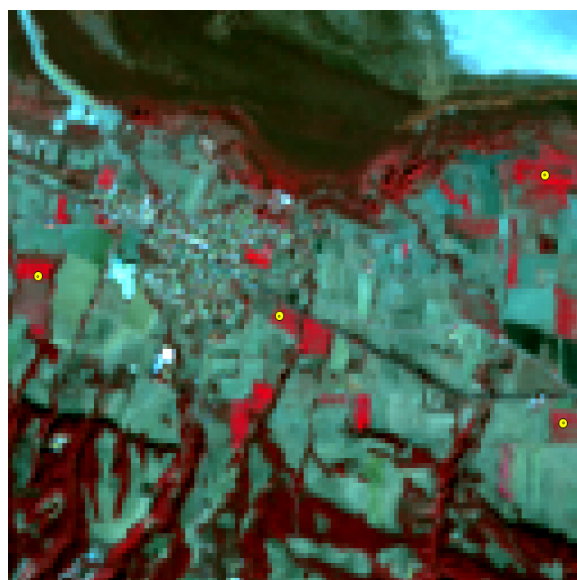


Εικόνα 4.3.8.12 Σημεία της υποκατηγορίας **'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2'** από δορυφορική σκηνή του **Αυγούστου του 2013**

Οι επόμενες δύο εικόνες είναι από έγχρωμο σύνθετο RGB: 432 δορυφορικής σκηνής η οποία έχει ληφθεί τον Νοέμβριο του 2013. Σ' αυτές παρατηρείται ότι η συμπεριφορά των σημείων των δύο υποκατηγοριών έχει ξανά αντιστραφεί. Στην εικόνα 4.3.8.13 τα σημεία της οποίας ανήκουν στην υποκατηγορία 1 δεν υπάρχει ένδειξη βλάστησης στις συγκεκριμένες καλλιέργειες καθώς οι περιοχές τους έχουν πράσινο χρώμα. Αντιθέτως στην εικόνα 4.3.8.14 οι καλλιέργειες στις οποίες βρίσκονται τα σημεία φαίνονται με κόκκινο χρώμα επομένως έχουν βλάστηση στην συγκεκριμένη ημερομηνία.



Εικόνα 4.3.8.13 Σημεία της υποκατηγορίας **'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1'** από δορυφορική σκηνή του **Νοεμβρίου του 2013**



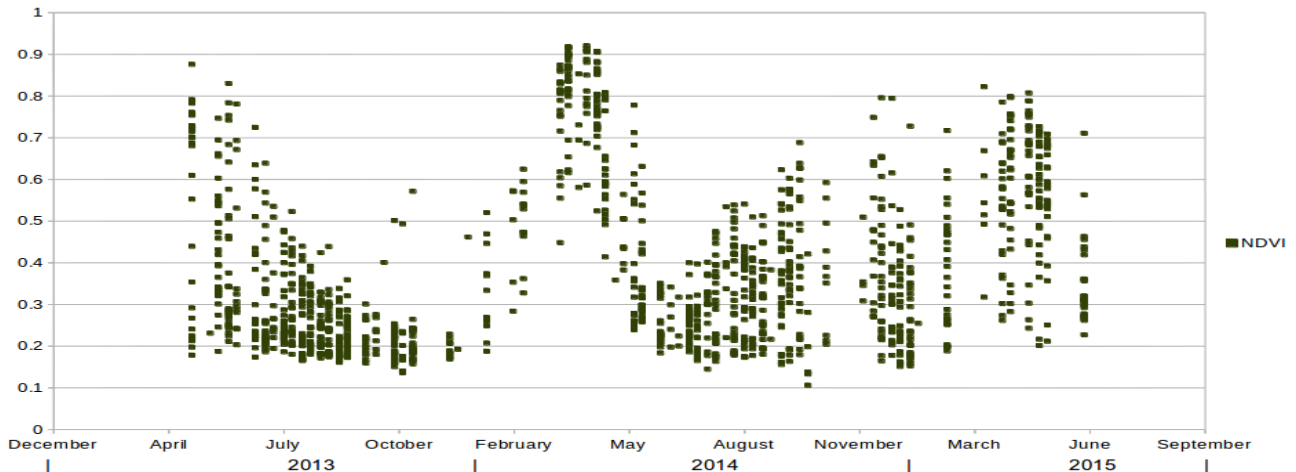
Εικόνα 4.3.8.14 Σημεία της υποκατηγορίας **'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2'** από δορυφορική σκηνή του **Νοεμβρίου του 2013**

Συμπερασματικά από τις προηγούμενες εικόνες φαίνεται ότι οι δύο υποκατηγορίες έχουν διαφορετική φασματική συμπεριφορά μέσα σε διάστημα ενός έτους. Σε τρεις διαφορετικές ημερομηνίες που ελέγχθηκαν τα σημεία παρουσιάζουν εντελώς αντίθετη συμπεριφορά ως προς την βλάστηση στην περιοχή τους. Όπως φαίνεται κατά την επιλογή των σημείων είχαν όμοια χαρακτηριστικά και φασματικές υπογραφές σε μία συγκεκριμένη ημερομηνία. Ελέγχοντας όμως τα σημεία σε διάφορες ημερομηνίες διαπιστώνεται ότι υπάρχουν διαφορές στην περιοδικότητα της βλάστησης στις συγκεκριμένες καλλιέργειες στις οποίες ανήκουν. Επομένως συμπεραίνεται ότι ορθώς διαχωρίστηκαν σε δύο διαφορετικές υποκατηγορίες.

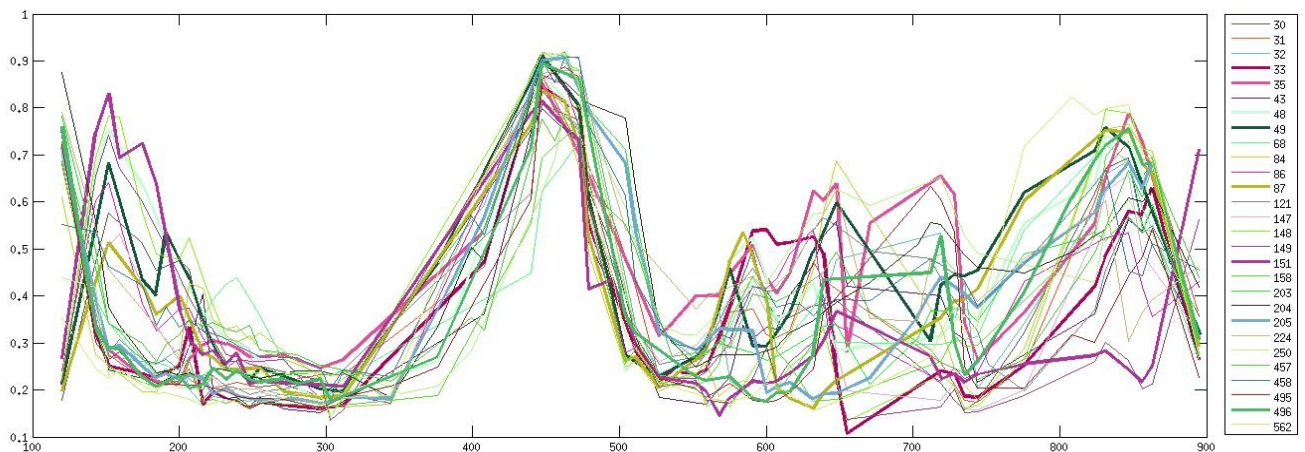
Ανάλυση χρονοσειρών της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1' ως προς τον δείκτη NDVI

Τα επόμενα δύο διαγράμματα αφορούν την υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1' και αναφέρονται στις τιμές του δείκτη NDVI, το πρώτο σαν ξεχωριστές καταγραφές και το δεύτερο ενώνοντας τις καταγραφές κάθε σημείου σε μία γραμμή. Στα δύο αυτά διαγράμματα φαίνεται η έντονη αυξομειώση των τιμών των καταγραφών ως προς τον δείκτη NDVI συναρτήσει του χρόνου. Μάλιστα χάρη στο διάγραμμα της εικόνας 4.3.8.16 διαπιστώνεται ότι μέχρι και τον Ιούνιο του 2014 υπάρχει ομοιογενής συμπεριφορά των σημείων και ότι στο σύνολό τους αυξομειώνονται οι τιμές των σημείων με τον ίδιο τρόπο. Πάλι χάρη στο διάγραμμα αυτό όπου μπορεί να παρατηρηθεί η συμπεριφορά κάθε σημείου συναρτήσει του χρόνου, μπορεί να διαπιστωθεί ότι η αλλαγή στη μορφή του διαγράμματος της εικόνας 4.3.8.15 μετά τον Ιούνιο του 2014 οφείλεται στην διαφορετική συμπεριφορά όλων των σημείων. Εύκολα παρατηρείται ότι μετά από αυτή την ημερομηνία τα σημεία – γραμμές ακολουθούν αρκετά διαφορετικές μορφές τόσο μεταξύ τους όσο και σε

σχέση με την μέχρι τότε σχεδόν περιοδική μορφή καμπύλης που παρουσίαζαν. Η συμπεριφορά αυτή υποδεικνύει **αλλαγή στην χρήση – κάλυψη γης** στις περιοχές αρκετών εκ των σημείων που περιλαμβάνει η υποκατηγορία.



Εικόνα 4.3.8.15 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς τον δείκτη NDVI της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1' για όλες τις ημερομηνίες

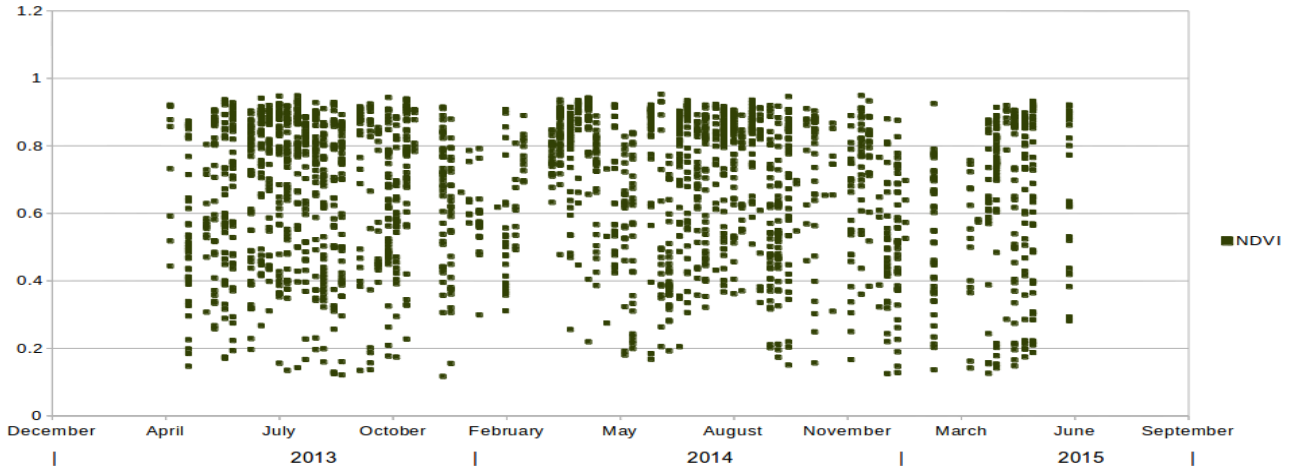


Εικόνα 4.3.8.16 Διάγραμμα στο οποίο ενώνονται οι καταγραφές κάθε σημείου σε γραμμή ως προς τον δείκτη NDVI της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1'

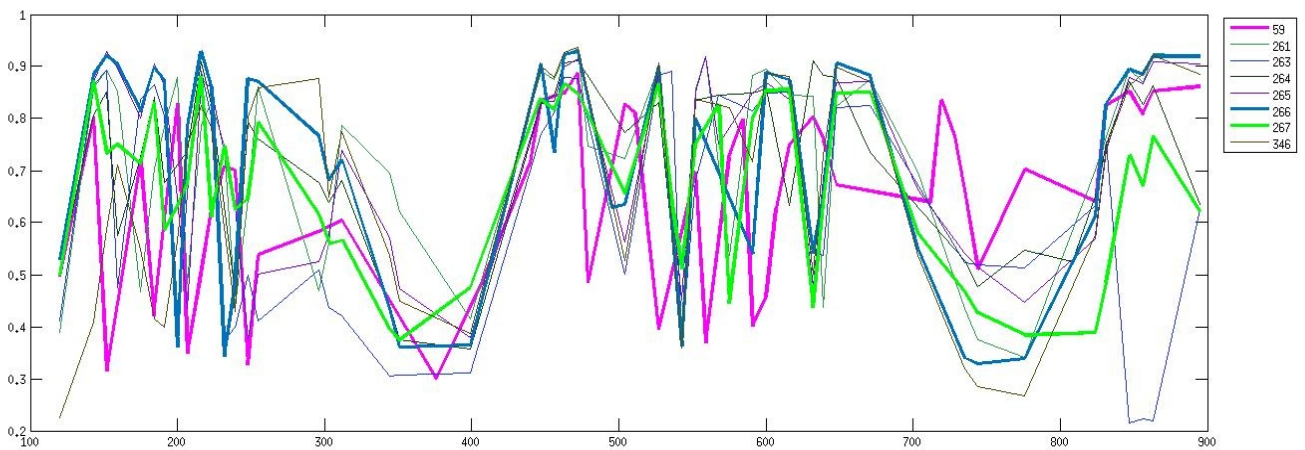
Ανάλυση χρονοσειρών της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2' ως προς τον δείκτη NDVI

Η υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2' σύμφωνα με το διάγραμμα ως προς το κανάλι της εικόνας 4.3.8.7 φαίνεται να εμφανίζει τόσο υψηλότερες τιμές όσο και μεγαλύτερο εύρος τιμών στο κανάλι αυτό. Αντίστοιχη εικόνα παρουσιάζει και στο διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI όπου κάποιες καταγραφές συγκεντρώνονται μεταξύ των τιμών 0,7 και 0,9 αλλά υπάρχουν πιο αραιά κατανεμημένες ίσως και περισσότερες καταγραφές με τιμές χαμηλότερες από 0,7. Χρησιμοποιώντας το διάγραμμα της εικόνας 4.3.8.18 όπου μπορεί να παρατηρηθεί η συμπεριφορά κάθε σημείου συναρτήσει του χρόνου, διαπιστώνεται ότι το εύρος των τιμών που παρατηρείται δεν οφείλεται σε σημεία τα οποία κάποια έχουν γενικά ψηλότερες τιμές και κάποια γενικά πιο χαμηλές. Όπως φαίνεται τα σημεία παρουσιάζουν έντονες μεταβολές στην τιμή του NDVI από καταγραφή σε καταγραφή. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα έχουν συμπεριληφθεί μόνο 8 από τα

σημεία της κατηγορίας για να είναι ευδιάκριτες οι γραμμές τους καθώς λόγω των συνεχών αυξομειώσεων των τιμών δημιουργείται ασάφεια στην εικόνα του. Όμοια συμπεριφορά παρουσιάζουν και τα σημεία τα οποία δεν περιλαμβάνει το διάγραμμα της εικόνας 4.3.8.18.



Εικόνα 4.3.8.17 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς τον δείκτη NDVI της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2' για όλες τις ημερομηνίες



Εικόνα 4.3.8.18 Διάγραμμα στο οποίο ενώνονται οι καταγραφές κάθε σημείου σε γραμμή ως προς τον δείκτη NDVI της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2' (έχουν συμπεριληφθεί μόνο 8 σημεία για να είναι ευκρινές)

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και προτάσεις πάνω στην εξέλιξη και τις προοπτικές της έρευνας πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Αρχικά παρατίθενται τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την συνολική εργασία όσον αφορά τα δεδομένα και τα αποτελέσματα από την επεξεργασία τους και ακολουθούν τα ειδικότερα συμπεράσματα τα οποία αφορούν συγκεκριμένες πτυχές της μελέτης.

5.1 Γενικά Συμπεράσματα

Οι χρονοσειρές εικόνων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία συντίθενται από 92 εικόνες Landsat 8 οι οποίες καλύπτουν το χρονικό διάστημα 2 ετών (Απρίλιος 2013 έως Μάιος 2015). Στο επικαλυπτόμενο τμήμα των δύο διαδοχικών διαδρόμων (path 183, path 184), και στις τρεις σειρές (tows 32, 33, 34) τις οποίες καλύπτουν οι συγκεκριμένες δορυφορικές σκηνές, επιλέχθηκαν με φωτοερμηνεία 1483 σημεία κατανεμημένα στις τρεις αυτές σειρές (Πίνακας 4.1.3). Τα δεδομένα τα οποία εξήχθησαν για την δημιουργία χρονοσειρών από το σύνολο των σημείων και για το σύνολο των εικόνων ήταν 126.511 παρατηρήσεις.

Σύμφωνα με την ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων του αλγόριθμου Fmask **μόλις το 56% των δεδομένων αποτελούν “καθαρές” από σύννεφα, νεφοσκίαση και χιόνι παρατηρήσεις**. Επομένως το υπόλοιπο **44%** των παρατηρήσεων δεν είναι κατάλληλες για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση καθώς είναι επηρεασμένες από τους παράγοντες που αναφέρθηκαν και συνεπώς οι τιμές ανακλαστικότητας τους δεν αναφέρονται στην υποκείμενη χρήση/κάλυψη γης. Από αυτή την παρατήρηση συμπεραίνεται ότι τα κατάλληλα για επεξεργασία δεδομένα τα οποία εξάγονται από μία χρονοσειρά εικόνων αυτής της μορφής είναι περίπου τα μισά σε σχέση με το σύνολο των αρχικών παρατηρήσεων. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να είναι σχετικά υποκειμενικό και να αφορά τα συγκεκριμένα path – tows δείχνει όμως να είναι ο κανόνας σε αυτό το γεωγραφικό μήκος και πλάτος.

Με βάση την διαλογή του αλγόριθμου Fmask, μέσω του οποίου παράγονται οι αντίστοιχες εικόνες cfmask και λειτουργούν ως ταξινομημένοι χάρτες για κάθε δορυφορική σκηνή, επιλέγονται όπως αναφέρθηκε οι “καθαρές παρατηρήσεις”. Όμως κατά την ανάλυση των δεδομένων με τη βοήθεια ειδικών διαγραμμάτων διαπιστώθηκε ότι **αρκετές παρατηρήσεις, οι οποίες με βάση την εικόνα cfmask θεωρούνται “καθαρές”, στην πραγματικότητα να είναι παρατηρήσεις με νέφη και νεφοσκιάσεις**. Λόγω του μεγάλου αριθμού των παρατηρήσεων (70,000) που θα έπρεπε να ελεγχθούν χειροκίνητα για να διαπιστωθεί αν όντως πρόκειται για εικονοστοιχείο με νέφη ή σκιά, δεν επιτεύχθηκε ακριβής υπολογισμός του ποσοστού των λανθασμένα ταξινομημένων εικονοστοιχείων ως καθαρά. Όμως με βάση τον αριθμό των λανθασμένων παρατηρήσεων που εντοπίστηκαν σε σχέση με τις συνολικές παρατηρήσεις σε κάθε υποκατηγορία κάλυψης γης υπολογίζεται ότι το ποσοστό λάθους κυμαίνεται από **5% έως 7%**. Φαίνεται λοιπόν πως η διαλογή του αλγόριθμου Fmask δεν είναι πλήρως αξιόπιστη και για την απομάκρυνση εικονοστοιχείων με νέφη, σκιές και χιόνι θα πρέπει να εφαρμόζεται **επιπλέον έλεγχος**. Σύμφωνα με τα παραπάνω βλέπουμε ότι οι πραγματικά καθαρές από νέφη, νεφοσκίαση και χιόνι παρατηρήσεις είναι ακόμα λιγότερες. Συγκεκριμένα στην παρούσα μελέτη, αφαιρώντας από το ποσοστό των “καθαρών” παρατηρήσεων με βάση τον Fmask το κατά προσέγγιση υπολογισμένο ποσοστό λάθους παρατηρείται ότι οι πραγματικά καθαρές παρατηρήσεις μπορεί να φτάνουν και κάτω από το **50% των συνολικών**.

Ο τρόπος επιλογής των σημείων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία πρόκειται για μία επιλογή μεθοδολογίας η οποία επηρεάζει την συνολική πορεία της μελέτης επομένως και το είδος των αποτελεσμάτων που μπορούν να εξαχθούν από αυτήν. Πιο συγκεκριμένα, τα σημεία για κάθε κατηγορία κάλυψης/χρήσης γης επιλέχθηκαν διάσπαρτα σε όλη την περιοχή μελέτης χωρίς κάποια κανονικότητα ή ομαδοποίηση σημείων ανά περιοχή. Επομένως, έχουμε σημεία για παράδειγμα της υποκατηγορίας “Δάσος Πλατύφυλλων” διάσπαρτα σε όλη την περιοχή μελέτης αντί να έχουμε μικρές υπο-ομάδες σημείων της υποκατηγορίας σε συγκεκριμένες περιοχές. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να μελετηθεί η γενική φασματική συμπεριφορά, οι τάσεις και οι μεταβολές της ανακλαστικότητας των σημείων κάθε υποκατηγορίας αλλά δεν μπορεί να γίνει εντοπισμός αλλαγής κάλυψης/χρήσης γης σε συγκεκριμένες περιοχές. Αντιθέτως αν είχαν επιλεγεί ομάδες σημείων σε συγκεκριμένες περιοχές θα ήταν εφικτή η σύγκριση μεταξύ διαφορετικών περιοχών αλλά και ο πιθανός εντοπισμός αλλαγής κάλυψης/χρήσης γης σε κάποια περιοχή γνωρίζοντας σε ποια τοποθεσία αναφέρονται τα εκάστοτε σημεία και παρακολουθώντας τα ομαδοποιημένα.

Όσον αφορά την **επεξεργασία των δεδομένων**, η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν σε μεγάλο βαθμό μη – αυτοματοποιημένη πράγμα που την κατέστησε αρκετά χρονοβόρα και επιρρεπής σε λάθη του χειριστή λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων. Σε περίπτωση που η χρονοσειρά εικόνων ήταν μεγαλύτερη και τα

σημεία που αναλύθηκαν περισσότερο ο όγκος των δεδομένων θα ήταν μη διαχειρίσιμος με αντίστοιχη μη – αυτοματοποιημένη άρα και μη – πρακτική διαδικασία επεξεργασίας. Η πολύωρη “χειρωνακτική” επεξεργασία η οποία απαιτήθηκε για την σχετικά μικρού μεγέθους χρονοσειράς (2 ετών) στην παρούσα διπλωματική εργασία υποδεικνύει την αναγκαιότητα ανάπτυξης αυτόματων αλγορίθμων επεξεργασίας των δεδομένων. Οι αλγόριθμοι αυτοί θα πρέπει να είναι αξιόπιστοι ως προς την διατήρηση των δεδομένων, να είναι σε θέση να παράγουν τα ζητούμενα διαγράμματα και να εξάγουν στατιστικά στοιχεία από τα δεδομένα για τα διάφορα στάδια επεξεργασίας.

5.2 Ειδικά Συμπεράσματα

Ένα αρχικό συμπέρασμα είναι ότι η ανάλυση των διαγραμμάτων Μέσων Όρων ανά κανάλι και Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για κάθε υποκατηγορία επέτρεψε τη δημιουργία πιο ομογενών και φασματικά συμπαγών υποκατηγοριών. Αυτό πραγματοποιήθηκε μέσω των διαγραμμάτων καθώς έγινε η διαλογή και απομάκρυνση σημείων τα οποία παρουσίαζαν είτε διαφορετική μέση φασματική υπογραφή είτε υψηλή τυπική απόκλιση.

Αναλύοντας τα διαγράμματα Μέσων Όρων ανά κανάλι πραγματοποιήθηκε εντοπισμός και διαχωρισμός διαφορετικών φασματικών ομάδων, τα οποία είχαν επιλεγεί με φωτοερμηνεία και είχαν συνδεθεί με μία κατηγορία χρήσης/κάλυψης γης, με βάση τη μέση φασματική τους υπογραφή. Η διαφορετική φασματική συμπεριφορά σημείων μίας κατηγορίας μπορεί να οφείλεται σε λανθασμένη φωτοερμηνεία των σημείων είτε, ειδικά για τις καλλιέργειες, λόγω της αρκετά διαφορετικής φαινολογίας των διαφορετικών φυτών. Επομένως μία κατηγορία που αρχικά είχε επιλεγεί μπορεί τελικά να διασπαστεί και σε δύο ή περισσότερες φασματικά συμπαγείς υποκατηγορίες.

Με την χρήση διαγραμμάτων στα οποία παρουσιάζονται όλες οι παρατηρήσεις για τα σημεία μίας κατηγορίας (για ολόκληρη την χρονοσειρά) και αφορούν ένα κανάλι ή δείκτη (NDVI, MNDWI), επιτυγχάνεται η αναγνώριση των τάσεων και της δυναμικής που παρουσιάζουν τα συγκεκριμένα σημεία και κατ' επέκταση ολόκληρη η υποκατηγορία. Αυτές οι τάσεις αναλύονται στις εποχιακές ανά έτος αλλαγές, στην σταδιακή αλλαγή αλλά και στην απότομη αλλαγή που μπορεί να παρουσιαστεί στην κατηγορία κάλυψης γης. Επίσης τα διαγράμματα αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται και ως εργαλείο σύγκρισης κατηγοριών κάλυψης γης ως προς τα φασματικά τους χαρακτηριστικά, την επίδραση της φαινολογίας και τη διασπορά των τιμών που εμφανίζεται στο κάθε φασματικό κανάλι ή δείκτη.

Μία ακόμη σημαντική και χρήσιμη λειτουργία των διαγραμμάτων χρονοσειρών είναι η ανάδειξη των παρατηρήσεων με ακραίες τιμές. Συγκρίνοντας τις διαφορές που παρουσιάζουν οι παρατηρήσεις ανά ημερομηνία αλλά και με τη βοήθεια της πολυωνυμικής γραμμής η οποία εφαρμόζεται στα δεδομένα του διαγράμματος είναι εύκολη η διάκριση παρατηρήσεων των οποίων οι τιμές αποκλίνουν σημαντικά. Η διάκριση ακραίων τιμών γίνεται ευκολότερη όταν το εύρος τιμών (ανά ημερομηνία) της πλειοψηφίας των παρατηρήσεων είναι σχετικά μικρό. Η σημασία της διάκρισης ακραίων τιμών έγκειται στο ότι οι περισσότερες εξ αυτών πρόκειται για καταγραφές στις οποίες υπάρχουν σύννεφα και χιόνι (για τις υψηλές τιμές) και σκιές νεφών (στις χαμηλές τιμές), ενώ με βάση την εικόνα cfmask θεωρούνται εικονοστοιχεία “καθαρού – ουρανού”.

Όσον αφορά τις ακραίες τιμές, από το σύνολο των ελέγχων που έγιναν στις αντίστοιχες εικόνες που εμφανίζονται αυτές, παρά το ότι στην πλειοψηφία τους επρόκειτο για καταγραφές σημείων επηρεασμένες είτε από νέφη είτε από τις σκιές τους υπήρχαν και περιπτώσεις στις οποίες υπήρχαν ακραίες τιμές αλλά δεν φαινόταν να επηρεάζονται από αυτούς τους παράγοντες. Επομένως συμπεραίνεται ότι η χρήση ενός κατωφλίου για την διαλογή των ακραίων τιμών και επισήμανσή τους ως νέφη, σκιές, χιόνι, ακόμα και αν αυτό προσαρμόζεται κάθε φορά στα αντίστοιχα δεδομένα κάθε διαγράμματος θα προκαλεί ένα ποσοστό

σφάλματος εφόσον κάποιες από αυτές τις παρατηρήσεις είναι καθαρές.

Σημαντικό για την ανάλυση των δεδομένων κάθε κατηγορίας κάλυψης είναι πέρα από την παρουσίασή τους σαν μεμονωμένες παρατηρήσεις να μπορούμε να τα αναπαραστήσουμε συνδέοντας τις παρατηρήσεις κάθε σημείου μεταξύ τους για κάθε κανάλι. Αυτό επιτυγχάνεται με τα αντίστοιχα διαγράμματα τα οποία αναπαριστούν τα δεδομένα με αυτό τον τρόπο. Το εικονιστικό αποτέλεσμα όμως από τα διαγράμματα στα οποία κάθε σημείο της κατηγορίας περιγράφεται από μία γραμμή που ενώνει τις καταγραφές του διαδοχικά για όλες τις ημερομηνίες, δεν ήταν ικανοποιητικό λόγω της σύγχυσης των γραμμών – σημείων. Το αποτέλεσμα γίνεται πιο ευκρινές όταν επιλέγονται λιγότερα σημεία (π.χ από είκοσι και κάτω) ώστε να συγκριθούν μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση είναι αρκετά χρήσιμος αυτός ο τρόπος ανάλυσης προκειμένου να διαπιστωθεί αν το εύρος των τιμών που παρουσιάζεται προκαλείται από κάποια σημεία τα οποία βρίσκονται φασματικά μετατοπισμένα από τα υπόλοιπα ή αν προκαλείται από ακραίες τιμές καταγραφών όλων των σημείων. Κατά την ανάλυση των υποκατηγοριών κάλυψης γης στην συγκεκριμένη εργασία συναντήθηκαν και οι δύο περιπτώσεις. Στην μία περίπτωση κάποια σημεία παρουσίαζαν γενικά υψηλότερες τιμές από τα υπόλοιπα σε όλες τις ημερομηνίες ενώ στην άλλη περίπτωση (και πιο συνηθισμένη) δεν υπήρχαν σημεία που να ξεχωρίζουν φασματικά από τα υπόλοιπα.

Όσον αφορά την επιλογή των σημείων που χρησιμοποιήθηκαν ιδιαίτερη δυσκολία παρουσιάστηκε μόνο κατά την αναγνώριση διαφορετικών ειδών καλλιέργειας. Η φωτοερμηνεία των συγκεκριμένων κατηγοριών κάλυψης/χρήσης γης κρίθηκε αρκετά δύσκολη χρησιμοποιώντας μόνο εικόνες Landsat 8 λόγω της χωρικής τους ανάλυσης (30m) καθώς δεν είναι δυνατή η αναγνώριση των ιδιαίτερων φασματικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζει κάθε μία. Η φωτοερμηνεία καλλιεργειών βελτιώνεται με την παράλληλη χρήση εικόνων υψηλότερης χωρικής ανάλυσης όπως οι εικόνες του Google Maps Satellite αλλά ακόμη και με αυτές η δυσκολία παραμένει για τον διαχωρισμό συγγενών ειδών καλλιεργειών. Η φασματική ομοιότητα μεταξύ διαφορετικών ειδών καλλιέργειας προκαλεί σύγχυση στην φωτοερμηνεία τους και αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι κατηγορίες κάλυψης/χρήσης που αφορούν καλλιεργείες να είναι λιγότερο ομοιογενείς φασματικά σε σχέση με τις υπόλοιπες.

Η χρήση εικόνων από διάφορες ημερομηνίες (π.χ μία εικόνα για κάθε εποχή του έτους) για την φωτοερμηνεία και επιλογή των σημείων που αντιπροσωπεύουν κάθε κατηγορία κάλυψης/χρήσης γης βελτιώνει σημαντικά τον διαχωρισμό συγγενών κατηγοριών όπως αυτές των διαφόρων ειδών καλλιεργειών. Με αυτό τον τρόπο εντοπίζονται τα διαφορετικά χρονικά μοτίβα ως προς την φαινολογία και τον κύκλο καλλιέργειας και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επιλογή σημείων με φασματική ομοιογένεια και κοινές ενδο – ετήσιες διακυμάνσεις ως προς τις ανακλαστικότητά τους στα φασματικά κανάλια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Amiri, R., Weng, Q. H., Alimohammadi, A., & Alavipanah, S. K. 2009, **Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran.** *Remote Sensing of Environment*, 113(12), 2606–2617.
2. Arvidson, T., Goward, S., Gasch, J., & Williams, D. 2006, **Landsat-7 long-term acquisition plan: Development and validation,** *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(10), 1137–1146.
3. Bhandari, S., Phinn, S., Gill, T., 2012, **Preparing Landsat Image Time Series (LITS) for monitoring changes in vegetation phenology in Queensland, Australia,** *Remote Sens.* 4 (6), 1856–1886.
4. Carrao, H., Goncalves, P., & Caetano, M. 2008. **Contribution of multispectral and multitemporal information from MODIS images to land cover classification,** *Remote Sensing of Environment*, 112(3), 986–997.
5. Dozier, J. 1989, **Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper.** *Remote Sensing of Environment*, 28, 9–22.
6. Franklin, S. E., Wulder, M. A. 2002. **Remote sensing methods in medium spatial resolution satellite data land cover classification of large areas,** *Progress in Physical Geography*, 26, 173–205.
7. Friedl, M.A., Menashe, D. S., Tan, B., Schneider, A., Ramankutty, N., Sibley, A., et al. 2010, **MODIS collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets,** *Remote Sensing of Environment*, 114, 168–182.
8. Fuller, R. M., Smith, G. M., & Devereux, B. J. 2003, **The characterisation and measurement of land cover change through remote sensing: Problems in operational applications?** *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(3), 243–253.
9. Gao, B.C., Goetz, A.F., & Wiscombe, W.J. 1993, **Cirrus cloud detection from airborne imaging spectrometer data using the 1.38 μm water vapor band,** *Geophysical Research Letters*, 20(4), 301–304.
10. Goodwin, N. R., Collett, L. J., Denham, R. J., Flood, N., & Tindall, D. 2013, **Cloud and cloud shadow screening across Queensland, Australia: An automated method for Landsat TM/ETM+ time series.** *Remote Sensing of Environment*, 134, 50–65.
11. Guerschman, J. P., Paruelo, J. M., Bella, C. D. I., Giallorenzi, M. C., & Pacin, F. 2003. **Land cover classification in the Argentine Pampas using multi-temporal Landsat TM data,** *International Journal of Remote Sensing*, 24(17), 3381–3402.

12. Hagolle, O., Huc, M., Pascual, D.V., & Dedieu, G. 2010, **A multi-temporal method for cloud detection, applied to FORMOSAT-2, VEN μ S, LANDSAT and SENTINEL-2 images.** *Remote Sensing of Environment*, 114(8), 1747–1755.
13. Hall, D.K. 2012, June 5. **MODIS snow cover algorithm changes for collection 6. The MODIS snow & sea ice global mapping project** (Online: <http://modis-snow-ice.gsfc.nasa.gov/?c=collection6> (accessed March 19, 2014)).
14. Huang, C., Goward, S. N., Masek, J. G., Thomas, N., Zhu, Z., & Vogelmann, J. E. 2010, **An automated approach for reconstructing recent forest disturbance history using dense Landsat time series stacks,** *Remote Sensing of Environment*, 114, 183–198.
15. Huang, C., Goward, S. N., Masek, J. G., Thomas, N., Zhu, Z., & Vogelmann, J. E. 2010, **An automated approach for reconstructing recent forest disturbance history using dense Landsat time series stacks.** *Remote Sensing of Environment*, 114, 183–198.
16. Huang, C., Thomas, N., Goward, S. N., Masek, J. G., Zhu, Z., Townshend, J. R., et al. 2010 **Automated masking of cloud and cloud shadow for forest change analysis using Landsat images.** *International Journal of Remote Sensing*, 31(20), 5449–5464.
17. Irish, R. R., Barker, J. L., Goward, S. N., & Arvidson, T. 2006, **Characterization of the Landsat-7 ETM+ automated cloud-cover assessment (ACCA) algorithm.** *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72(10), 1179.
18. Jin, S., Homer, C., Yang, L., Xian, G., Fry, J., Danielson, P., et al. 2013, **Automated cloud and shadow detection and filling using two-date Landsat imagery in the USA.** *International Journal of Remote Sensing*, 34(5), 1540–1560.
19. Joseph O. Sexton, Xiao-Peng Song, Chengquan Huang, Saurabh Channan, Matthew E. Baker, John R. Townshend, 2012, **Urban growth of the Washington, D.C.–Baltimore, MD metropolitan region from 1984 to 2010 by annual, Landsat-based estimates of impervious cover,** *Remote Sensing of Environment* 129 (2013) 42–53.
20. Josh Gray, Conghe Song, 2013, **Consistent classification of image time series with automatic adaptive signature generalization,** *Remote Sensing of Environment* 134 (2013) 333–341.
21. Kennedy, R. E., Yang, Z., & Cohen, W. B. 2010, **Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr—Temporal segmentation algorithms,** *Remote Sensing of Environment*, 114(12), 2897–2910.
22. Lei Zhang, Qihao Weng, 2015, **Annual dynamics of impervious surface in the Pearl River Delta, China, from 1988 to 2013, using time series Landsat imagery,** *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 113 (2016) 86–96
23. Li, X., Gong, P., Liang, L., 2015, **A 30-year (1984–2013) record of annual urban dynamics of Beijing City derived from Landsat data.** *Remote Sens. Environ.* 166, 78–90.
24. Lo, C. P., & Quattrochi, D. A. 2003, **Land-use and land-cover change, urban heat island phenomenon, and health implications: A remote sensing approach.** *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69(9), 1053–1063.
25. Masek, J. G., Vermote, E. F., Saleous, N. E., Wolfe, R., Hall, F. G., Huemmrich, K. F., et al. 2006,.

- A Landsat surface reflectance dataset for North America, 1990–2000.** *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3(1), 68–72.
26. Michael Schmidt, Richard Lucas , Peter Bunting, Jan Verbesselt, John Armston, 2014, **Multi-resolution time series imagery for forest disturbance and regrowth monitoring in Queensland, Australia**, *Remote Sensing of Environment* 158 (2015) 156–168.
 27. Minter, T. C. 1978, **Methods of extending crop signatures from one area to another. Proceedings of technical sessions, the LACIE symposium**, *NASA Johnson Space Center*, 1–2. (pp. 757–800).
 28. Oreopoulos, L., Wilson, M. J., & Várnai, T. 2011, **Implementation on Landsat data of a simple cloud-mask algorithm developed for MODIS land bands.** *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 8(4), 597–601.
 29. Platnick, S., King, M.D., Ackerman, S.A., Menzel, W.P., Baum, B.A., Riédi, J.C., et al. 2003, **The MODIS cloud products: Algorithms and examples from Terra.** *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(2), 459–473.
 30. Rogan, J., Franklin, J., & Roberts, D. A. 2002, **A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using Thematic Mapper imagery**, *Remote Sensing of Environment*, 80, 143–156.
 31. Schneider, A., 2012, **Monitoring land cover change in urban and peri-urban areas using dense time stacks of Landsat satellite data and a data mining approach.** *Remote Sens. Environ.* 124, 689–704.
 32. Sexton, J.O., Song, X.P., et al., 2013a, **Urban growth of the Washington, DC– Baltimore, MD metropolitan region from 1984 to 2010 by annual, Landsat- based estimates of impervious cover.** *Remote Sens. Environ.* 129, 42–53.
 33. Sexton, J.O., Urban, D.L., Donohue, M.J., Song, C., 2013b. **Long-term land cover dynamics by multi-temporal classification across the Landsat-5 record**, *Remote Sens. Environ.* 128, 246–258.
 34. Wang, B., Ono, A., Muramatsu, K., & Fujiwara, N. 1999, **Automated detection and removal of clouds and their shadows from Landsat TM images.** *IEICE Transactions on Information and Systems*, 82(2), 453–460.
 35. Wilson, M.J., & Oreopoulos, L. 2013, **Enhancing a simple MODIS cloud mask algorithm for the Landsat data continuity mission**, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 51(2), 723–731.
 36. Zhang, Y., Guindon, B., & Cihlar, J. 2002 **An image transform to characterize and compensate for spatial variations in thin cloud contamination of Landsat images.** *Remote Sensing of Environment*, 82(2), 173–187.
 37. Zhe Zhu, Curtis E. Woodcock 2014 **Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data**, *Remote Sensing of Environment*, 144 (2014) 152–171.
 38. Zhe Zhu, Curtis E. Woodcock, 2014, **Automated cloud, cloud shadow, and snow detection in multitemporal Landsat data: An algorithm designed specifically for monitoring land cover change**, *Remote Sensing of Environment* 152 (2014) 217–234.
 39. Zhe Zhu, Shixiong Wang, Curtis E. Woodcock 2014, **Improvement and expansion of the Fmask**

algorithm: cloud, cloud shadow, and snow detection for Landsats 4–7, 8, and Sentinel 2 images, *Remote Sensing of Environment* 159 (2015) 269–277.

40. Zhu, Z., Woodcock, C. E. 2014, **Automated cloud, cloud shadow, and snow detection based on multitemporal Landsat data: An algorithm designed specifically for monitoring surface change**, submitted to *Remote Sensing of Environment*.
41. Zhu, Z., Woodcock, C. E. 2012, **Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery**. *Remote Sensing of Environment*, 118(15), 83–94.
42. Zhu, Z., Woodcock, C. E., & Olofsson, P. 2012, **Continuous monitoring of forest disturbance using all available Landsat imagery**, *Remote Sensing of Environment*, 122, 75–91.
43. Zhu, Z., Woodcock, C. E., Rogan, J., & Kellndorfer, J. 2012, **Assessment of spectral, polarimetric, temporal, and spatial dimensions for urban and peri-urban land cover classification using Landsat and SAR data**, *Remote Sensing of Environment*, 117, 72–82.

Διαδικτυακοί Τόποι

1. **Landsat**. Διαθέσιμο σε <<http://landsat.usgs.gov>> Ανάκτηση 2016
2. **NASA Earth Observatory**. Διαθέσιμο σε <<http://earthobservatory.nasa.gov>> Ανάκτηση 2016
3. **USGS Earth Explorer**. Διαθέσιμο σε <<http://earthexplorer.usgs.gov/>> Ανάκτηση 2016
4. **GNU**. Διαθέσιμο σε <<https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>> Ανάκτηση 2016
5. **QGIS**. Διαθέσιμο σε <<https://www.qgis.org/en/site/>> Ανάκτηση 2016
6. **The Linux Command Line**. Διαθέσιμο σε <<http://linuxcommand.org/tlcl.php>> Ανάκτηση 2016
7. **C Image Processing**. Διαθέσιμο σε <http://wiki.topografoi.com/doku.php/c_image_processing> Ανάκτηση 2016

Συγγράμματα

1. Αργαλάς, Δ. Π. (1998). **Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση**.
2. Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie (1988). **The C Programming Language**.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.2.1 Κύριες κατηγορίες και υποκατηγορίες που ανιχνεύτηκαν.....	31
Πίνακας 3.4.1 Υπολογισμός στατιστικών στοιχείων του σημείου '1158' ως προς τις κατηγορίες cfmask.....	47
Πίνακας 3.4.2 Απόσπασμα από υπολογιστικό φύλλο στο οποίο συγκεντρώνονται τα στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για όλα τα σημεία της υποκατηγορίας και υπολογίζονται τα αντίστοιχα ποσοστά τους.....	48
Πίνακας 3.4.3 Υπολογισμός στατιστικών στοιχείων ως προς τις κατηγορίες cfmask σε επίπεδο υποκατηγορίας.....	48
Πίνακας 3.4.4 Υπολογισμός μέσου όρου και τυπικής απόκλισης ανά κανάλι για κάθε σημείο.....	49
Πίνακας 3.4.5 Απόσπασμα από το υπολογιστικό φύλλο στο οποίο συγκεντρώνονται οι τιμές των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων ανά κανάλι μιας υποκατηγορίας.....	49
Πίνακας 3.1.1 Κανάλια των δύο δεκτών του Landsat 8 και το φάσμα που αναλύει.....	27
Πίνακας 3.1.2 Οι τιμές του αποτελέσματος του αλγορίθμου Fmask και η ποιοτική ερμηνεία τους.....	28
Πίνακας 4.1.1 Ποσοστά εικονοστοιχείων που ανήκουν στις 5 κατηγορίες του αλγορίθμου Fmask για όλα τα σημεία σε όλες τις εικόνες.....	54
Πίνακας 4.1.2 Κατανομή των επιλεγμένων σημείων ανά σειρά (row) λήψης των δορυφορικών δεδομένων.....	55
Πίνακας 4.1.3 Ποσοστά εικονοστοιχείων που ανήκουν στις 5 κατηγορίες cfmask για τα σημεία εδάφους.....	56
Πίνακας 4.1.5 Ποσοστά εικονοστοιχείων που ανήκουν στις 5 κατηγορίες cfmask για τα σημεία σε ύδατα.....	57
Πίνακας 4.2.1 Σύνολα σημείων και καθαρές καταγραφές ανά κύρια κατηγορία.....	59
Πίνακας 4.2.2 Στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για την κατηγορία Δάσος.....	60
Πίνακας 4.2.3 Στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για την κατηγορία Τεχνητές Επιφάνειες.....	60
Πίνακας 4.2.4 Στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για την κατηγορία Βοσκότοποι και Θάμνοι.....	60
Πίνακας 4.2.5 Στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για την κατηγορία Εσωτερικοί Υγρότοποι.....	61
Πίνακας 4.2.6 Στατιστικά στοιχεία ως προς τις κατηγορίες cfmask για την κατηγορία Υδάτινοι Όγκοι.....	61

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Σχήμα 2.1.1 Ποσοστά των συνολικών καθαρών παρατηρήσεων σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσοστά της νεφοκάλυψης για όλα τα διαθέσιμα δεδομένα Landsat TM/ETM+ από το 1982 έως το 2011 για το Path 12 και Row 31.....	8
Σχήμα 2.1.2 Παρουσιάζονται παραδείγματα από παρατηρήσεις σύννεφου, νεφοσκίασης και χιονιού τα οποία ξεχωρίζουν στα διαχρονικά δεδομένα. Οι παρατηρήσεις που απεικονίζονται ως κύκλοι είναι αυτές που χαρακτηρίζονται ως “καθαρές” από τον αλγόριθμο Fmask ενώ αυτές που επισημαίνονται πρόκειται για παρατηρήσεις οι οποίες έχουν εντοπιστεί από την ανάλυση χρονοσειρών ως ακραίες τιμές.....	9
Σχήμα 2.1.3 Τρεις κατηγορίες αλλαγής κάλυψης γης παρουσιάζονται στο κανάλι 5 σε τιμές ανακλαστικότητας της επιφάνειας. (Α) ενδο – ετήσια αλλαγή (Β) βαθμιαία ενδο – ετήσια αλλαγή (Γ) απότομη αλλαγή.....	10
Σχήμα 2.1.4 Παραδείγματα από τα εκτιμώμενα μοντέλα χρονοσειρών για τα επτά κανάλια Landsat τα οποία αφορούν τις τέσσερις πιο συνήθεις αλλαγές κάλυψης γης από την κατηγορία “Δάσος” σε άλλες κατηγορίες.....	11
Σχήμα 2.1.5 Ιστόγραμμα των ετήσιων ποσών (km ²) από διάφορα είδη αλλαγής κάλυψης γης σχετιζόμενα με το δάσος για το χρονικό διάστημα 1986 έως 2010.....	12
Σχήμα 2.1.6 Μέσες φασματικές υπογραφές καλοκαιριού (Α) και οι διαφορές μεταξύ των χειμερινών και καλοκαιρινών μέσων φασματικών υπογραφών (Β) για συγκεκριμένες κατηγορίες κάλυψης. Οι κατακόρυφες γραμμές ορίζουν τα Landsat TM κανάλια.....	14
Σχήμα 2.2.1 Διαδικασία διάσπασης των LST χρησιμοποιώντας χρονοσειρές μέσων τιμών σε σημεία όπου η κάλυψη γης έχει μεταβληθεί από αειθαλές δάσος σε ημι – αστική περιοχή στα τέλη του 2007. Το διάγραμμα Α παρουσιάζει τις δορυφορικές παρατηρήσεις και την μοντελοποίησή τους. Τα διαγράμματα Β, C και D δείχνουν τον παράγοντα της εποχικότητας, της τάσης και τα υπόλοιπα από την μοντελοποίηση (μεταξύ προβλέψεων μοντέλου και παρατηρήσεων δορυφόρου), αντίστοιχα.....	16
Σχήμα 2.2.1 Διαδικασία διάσπασης των LST χρησιμοποιώντας χρονοσειρές μέσων τιμών.....	16
Σχήμα 2.2.2 Δεδομένα χρονοσειρών από δεδομένα Landsat, MODIS και STARFM για ομογενείς περιοχές a) 1.5km x 1.5km δασικής έκτασης και b) 1km x 1km περιοχής βοσκοτόπου. Οι κάθετες διακεκομμένες δείχνουν διαστήματα στα οποία το σήμα της φαινολογίας θα διέφερε αν χρησιμοποιούνταν μόνο Landsat δεδομένα.....	17
Σχήμα 2.2.2 Δεδομένα χρονοσειρών από δεδομένα Landsat, MODIS και STARFM για ομογενείς περιοχές.....	17
Σχήμα 2.2.3 Χρονοσειρές μέσων χειμερινών τιμών ανακλαστικότητας της επιφάνειας για επιλεγμένα σταθερά εικονοστοιχεία από αντιπροσωπευτικές κλάσεις κάλυψης γης.....	18
Σχήμα 2.2.4 Αλλαγές σε αδιαπέραστες επιφάνειες από επιλεγμένες επαρχίες (πάνω) και πόλεις (κάτω) οι οποίες έχουν εκτιμηθεί για το διάστημα 1984 -2010. Οι ευθείες γραμμές αναπαριστούν γραμμικά μοντέλα για κάθε περιοχή.....	19
Σχήμα 2.2.5 Εξίσωση η οποία χρησιμοποιείται στον Tmask αλγόριθμο για τον υπολογισμό των μοντέλων χρονοσειρών.....	20
Σχήμα 2.2.6 Εκτιμήσεις για τα κανάλια 2 (Α), 4 (Β) και 5 (C) ΤΟΑ ανακλαστικότητας για εικονοστοιχείο στο οποίο έχει συμβεί αποψίλωση δάσους και στο οποίο εφαρμόζονται το Tmask μοντέλο χρονοσειρών και ένα πιο απλό. Οι μαύρες κουκκίδες είναι καθαρές παρατηρήσεις ενώ οι κύκλοι είναι μη καθαρές όπως έχουν διαλεχτεί από τον Fmask. Η κόκκινη γραμμή αφορά μοντέλο χρονοσειράς το οποίο δεν αντιλαμβάνεται την αλλαγή κάλυψης ενώ η μπλε αφορά το Tmask μοντέλο το οποίο την περιλαμβάνει.....	21
Σχήμα 2.2.7 Δορυφορική σκηνή Landsat 8 (Α) σε έγχρωμο σύνθετο RGB: NIR, red, green, (Β) στο θερμικό κανάλι, (C) στο SWIR κανάλι και (D) σε μία απεικόνιση της πυκνότητας νέφους στο SWIR κανάλι.....	23
Σχήμα 2.2.8 Σύγκριση των αποτελεσμάτων των ακριβειών των Fmask για 7 τοποθεσίες μεταξύ του Sentinel 2 και Landsat 8. Οι μπλε και κόκκινες στήλες παρουσιάζουν τις ολικές ακρίβειες των Sentinel και Landsat αντίστοιχα ενώ οι πράσινες τις διαφορές τους.....	24
Σχήμα 3.1.1 Η περιοχή μελέτης ως το επικαλυπτόμενο τμήμα των διαδρομών 183 και 184 για τις σειρές 32,	

33 και 34.....	27
Διάγραμμα 3.1.1 Σύγκριση και αντιστοιχία των καναλιών του Landsat 7 και του Landsat 8.....	29
Εικόνα 3.2.1 Κατηγορίες κάλυψης/χρήσης γης του Corine Land Cover.....	31
Σχήμα 3.2.1 Παραδείγματα σημείων για κάθε κατηγορία σε έγχρωμα σύνθετα RGB: 321 και 432 από εικόνες Landsat 8 και στιγμιότυπα από Google Maps.....	37
Εικόνα 3.2.2 Σύνολο των σημείων που έχουν επιλεγθεί καθώς και ο πίνακας χαρακτηριστικών τους στο λογισμικό QGIS.....	38
Εικόνα 3.3.1 Απόσπασμα του αρχείου RESULT.csv από το path – row 183 – 32.....	47
Διάγραμμα 3.4.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων ανά κανάλι για το σύνολο των σημείων μιας υποκατηγορίας.....	51
Διάγραμμα 3.4.2 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για το σύνολο των σημείων μιας υποκατηγορίας.....	51
Διάγραμμα 3.4.3 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς το κανάλι 4 μίας υποκατηγορίας για όλες τις ημερομηνίες.....	52
Διάγραμμα 3.4.3 Διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή χρονοσειρών ανά σημείο.....	53
Εικόνα 4.1.1 Διάγραμμα των ποσοστών των εικονοστοιχείων ως προς τις κατηγορίες cfmask για όλα τα σημεία.....	57
Εικόνα 4.1.2 Διάγραμμα των ποσοστών των εικονοστοιχείων ως προς τις κατηγορίες cfmask για τα σημεία εδάφους.....	58
Εικόνα 4.1.3 Διάγραμμα των ποσοστών των εικονοστοιχείων ως προς τις κατηγορίες cfmask για τα σημεία σε ύδατα.....	59
Εικόνα 4.3.1.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία Δάσος Πλατύφυλλων πριν την αφαίρεση σημείων με διαφορετική φασματική υπογραφή.....	63
Εικόνα 4.3.1.2 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία Δάσος Πλατύφυλλων μετά την αφαίρεση σημείων με διαφορετική φασματική υπογραφή.....	64
Εικόνα 4.3.1.3 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία Δάσος Πλατύφυλλων.....	64
Εικόνα 4.3.1.4 Χρονοσειρά τιμών ανακλαστικότητας στο κανάλι 4 για όλα τα σημεία της υποκατηγορίας Δάσος Πλατύφυλλων και για όλες τις ημερομηνίες.....	65
Εικόνα 4.3.1.5 Έγχρωμο σύνθετο RGB:321 από δορυφορική σκηνή της ημερομηνίας στην οποία εξετάζονται τα δύο σημεία τα οποία φαίνονται με κίτρινες κουκκίδες.....	66
Εικόνα 4.3.1.6 Σημείο '1267' το οποίο επιρεάζεται από νεφοκάλυψη στην συγκεκριμένη ημερομηνία.....	66
Εικόνα 4.3.1.7 Σημείο '617' του οποίου η καταγραφή είναι καθαρή από νεφοκάλυψη στην συγκεκριμένη ημερομηνία.....	66
Εικόνα 4.3.1.8 Χρονοσειρά ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 και την ημερομηνία σε μορφή (Day Of Year) για ποικίλα σημεία ίδιας κατηγορίας.....	68
Εικόνα 4.3.1.9 Διάγραμμα στο οποίο απεικονίζονται οι τιμές του δείκτη NDVI των καταγραφών για την υποκατηγορία Δάσος Πλατύφυλλων για όλες τις ημερομηνίες.....	69
Εικόνα 4.3.2.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι της υποκατηγορίας Δάσος Κωνοφόρων για το σύνολο των σημείων πριν διαχωριστεί σε δύο υποκατηγορίες.....	70
Εικόνα 4.3.2.2 Παραδείγματα σημείων της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 1'.....	70
Εικόνα 4.3.2.3 Παραδείγματα σημείων της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 2'.....	70
Εικόνα 4.3.2.4 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 1'.....	71
Εικόνα 4.3.2.5 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 1'.....	71
Εικόνα 4.3.2.6 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 2'.....	72
Εικόνα 4.3.2.6 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 2'.....	72
Εικόνα 4.3.2.7 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 2'.....	72
Εικόνα 4.3.2.8 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 1' για όλες τις ημερομηνίες.....	73
Εικόνα 4.3.2.9 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Δάσος Κωνοφόρων 2' για όλες τις ημερομηνίες.....	73
Εικόνα 4.3.2.10 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την υποκατηγορία 'Δάσος Κωνοφόρων 1'.....	74

Εικόνα 4.3.2.11 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την υποκατηγορία 'Δάσος Κωνοφόρων 2'.....	74
Εικόνα 4.3.2.12 Διάγραμμα ως προς το κανάλι 4 για την υποκατηγορία 'Δάσος Κωνοφόρων 1'.....	75
Εικόνα 4.3.2.13 Διάγραμμα ως προς το κανάλι 4 για την υποκατηγορία 'Δάσος Κωνοφόρων 2'.....	75
Εικόνα 4.3.3.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 1'.....	76
Εικόνα 4.3.3.2 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 2'.....	76
Εικόνα 4.3.3.3 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 1'.....	77
Εικόνα 4.3.3.4 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 2'.....	77
Εικόνα 4.3.3.5 Παραδείγματα σημείων από την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 1'.....	78
Εικόνα 4.3.3.6 Παραδείγματα σημείων από την υποκατηγορία 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 2'.....	78
Εικόνα 4.3.3.7 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 1 για όλες τις ημερομηνίες για τα σημεία της υποκατηγορίας 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 1'.....	79
Εικόνα 4.3.3.8 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 1 για όλες τις ημερομηνίες για τα σημεία της υποκατηγορίας 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 2'.....	79
Εικόνα 4.3.3.9 Χρονοσειρές ως προς τον δείκτη MNDWI για όλες τις ημερομηνίες για τα σημεία της υποκατηγορίας 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 1'.....	80
Εικόνα 4.3.3.10 Χρονοσειρές ως προς τον δείκτη MNDWI για όλες τις ημερομηνίες για τα σημεία της υποκατηγορίας 'Εσωτερικοί Υγρότοποι 2'.....	80
Εικόνα 4.3.4.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας της υποκατηγορίας Υδάτινοι Όγκοι.....	81
Εικόνα 4.3.4.2 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων της υποκατηγορίας Υδάτινοι Όγκοι.....	82
Εικόνα 4.3.4.3 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς το κανάλι 1 της υποκατηγορίας Υδάτινοι Όγκοι για όλες τις ημερομηνίες.....	82
Εικόνα 4.3.4.4 Σημείο '1039' όπου παρατηρείται υψηλή φωτεινότητα στην περιοχή του.....	83
Εικόνα 4.3.4.5 Σημείο '12' με χαμηλότερη φωτεινότητα και πιθανότητα νεφοσκίασης.....	83
Εικόνα 4.3.4.6 Σημείο '1038' το οποίο καλύπτεται από νέφη.....	84
Εικόνα 4.3.4.7 Σημείο '1055' του οποίου η καταγραφή είναι καθαρή από νέφη και άλλες επιρροές.....	84
Εικόνα 4.3.4.8 Διάγραμμα ως προς το κανάλι 1 στο οποίο έχουν τονιστεί οι γραμμές σημείων με ακραίες τιμές προκειμένου να παρατηρηθεί η συνολική τους μορφή.....	85
Εικόνα 4.3.4.9 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη MNDWI για την υποκατηγορία Υδάτινοι Όγκοι.....	85
Εικόνα 4.3.5.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Σκληροφυλλική βλάστηση'.....	86
Εικόνα 4.3.5.2 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητας ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Φυσικοί Βοσκότοποι'.....	87
Εικόνα 4.3.5.3 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Σκληροφυλλική βλάστηση'.....	87
Εικόνα 4.3.5.4 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Φυσικοί Βοσκότοποι'.....	88
Εικόνα 4.3.5.5 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς το κανάλι 4 της υποκατηγορίας 'Σκληροφυλλική Βλάστηση' για όλες τις ημερομηνίες.....	88
Εικόνα 4.3.5.6 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς το κανάλι 4 της υποκατηγορίας 'Φυσικοί Βοσκότοποι' για όλες τις ημερομηνίες.....	89
4.3.5.7 Σημείο '635' όπου η καταγραφή του επηρεάζεται από νεφοσκίαση στην περιοχή του.....	89
Εικόνα 4.3.5.8 Σημείο '904' όπου η καταγραφή του επηρεάζεται από νεφοσκίαση στην περιοχή του.....	89
Εικόνα 4.3.5.9 Σημείο '674' με έντονη φωτεινότητα στην περιοχή του.....	90
Εικόνα 4.3.5.10 Σημείο '700' όπου η καταγραφή του επηρεάζεται από νεφοσκίαση στην περιοχή του.....	90
Εικόνα 4.3.5.11 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την υποκατηγορία 'Σκληροφυλλική Βλάστηση'.....	91
Εικόνα 4.3.5.12 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την υποκατηγορία 'Φυσικοί Βοσκότοποι'.....	91
Εικόνα 4.3.5.13 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την κατηγορία 'Σκληροφυλλική Βλάστηση' όπου κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει ένα σημείο της υποκατηγορίας.....	92
Εικόνα 4.3.5.14 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDVI για την κατηγορία 'Φυσικοί Βοσκότοποι' όπου κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει ένα σημείο της υποκατηγορίας.....	93

Εικόνα 4.3.6.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητα ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Συνεχής Αστικός Ιστός'.....	94
Εικόνα 4.3.6.2 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητα ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μη Συνεχής Αστικός Ιστός'.....	94
Εικόνα 4.3.6.3 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Συνεχής Αστικός Ιστός'.....	95
Εικόνα 4.3.6.4 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεις ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Συνεχής Αστικός Ιστός'.....	95
Εικόνα 4.3.6.5 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 5 των σημείων της υποκατηγορίας 'Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες.....	96
Εικόνα 4.3.6.6 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 5 των σημείων της υποκατηγορίας 'Μη Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες.....	96
Εικόνα 4.3.6.7 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες.....	97
Εικόνα 4.3.6.8 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Μη Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες.....	97
Εικόνα 4.3.6.9 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς τον δείκτη NDBI της υποκατηγορίας 'Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες.....	98
Εικόνα 4.3.6.10 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς τον δείκτη NDBI της υποκατηγορίας 'Μη Συνεχής Αστικός Ιστός' για όλες τις ημερομηνίες.....	98
Εικόνα 4.3.6.11 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDBI για την κατηγορία 'Συνεχής Αστικός Ιστός' όπου κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει ένα σημείο της υποκατηγορίας.....	99
Εικόνα 4.3.6.12 Διάγραμμα ως προς τον δείκτη NDBI για την κατηγορία 'Μη Συνεχής Αστικός Ιστός' όπου κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει ένα σημείο της υποκατηγορίας.....	99
Εικόνα 4.3.7.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητα ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Ελαιώνες'.....	100
Εικόνα 4.3.7.2 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Ελαιώνες'.....	101
Εικόνα 4.3.7.3 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Ελαιώνες'.....	102
Εικόνα 4.3.7.4 Δορυφορική σκηνή με αλλοιωμένη ραδιομετρία.....	103
Εικόνα 4.3.7.5 Σημεία στα οποία παρατηρείται νεφοσκίαση στην περιοχή τους.....	103
Εικόνα 4.3.7.6 Σημείο με χαμηλή τιμή καταγραφής το οποίο δεν φαίνεται να επηρεάζεται από νεφοσκίαση.....	104
Εικόνα 4.3.7.7 Μεγαλύτερη εστίαση στο σημείο της εικόνας 4.3.7.6 για παρατήρηση του εικονοστοιχείου.....	104
Εικόνα 4.3.7.8 Σημεία με υψηλές τιμές καταγραφών επηρεαζόμενα από νεφοκάλυψη.....	104
Εικόνα 4.3.7.9 Σημείο με υψηλές τιμές καταγραφών επηρεαζόμενα από νεφοκάλυψη.....	104
Εικόνα 4.3.7.10 Σημείο με υψηλή τιμή καταγραφής χωρίς επιρροή από νέφη στην περιοχή του.....	105
Εικόνα 4.3.7.11 Μεγαλύτερη εστίαση στο σημείο της εικόνας 4.3.7.10 για παρατήρηση του εικονοστοιχείου.....	105
Εικόνα 4.3.7.12 Σημείο '1187' το οποίο εξετάστηκε παραπάνω σε εικόνα από Google Maps.....	106
Εικόνα 4.3.7.13 Διάγραμμα του σημείου '1187' ως προς το κανάλι 4 για όλες τις ημερομηνίες.....	106
Εικόνα 4.3.7.14 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς τον δείκτη NDVI της υποκατηγορίας 'Ελαιώνες' για όλες τις ημερομηνίες.....	107
Εικόνα 4.3.7.15 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς το κανάλι 3 της υποκατηγορίας 'Ελαιώνες' για όλες τις ημερομηνίες.....	107
Εικόνα 4.3.8.1 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητα ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη' πριν διαχωριστεί σε 2 υποκατηγορίες.....	108
Εικόνα 4.3.8.2 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητα ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1'.....	109
Εικόνα 4.3.8.3 Διάγραμμα Μέσων Όρων Ανακλαστικότητα ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2'.....	109
Εικόνα 4.3.8.4 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1'.....	110
Εικόνα 4.3.8.5 Διάγραμμα Τυπικών Αποκλίσεων ανά κανάλι για την υποκατηγορία 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη	

2'.....	110
Εικόνα 4.3.8.6 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1'.....	111
Εικόνα 4.3.8.7 Χρονοσειρές ανακλαστικότητας ως προς το κανάλι 4 των σημείων της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2'.....	111
Εικόνα 4.3.8.8 Ομάδες σημείων από τις δύο υποκατηγορίες.....	112
Εικόνα 4.3.8.9 Σημεία της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1' από δορυφορική σκηνή του Απριλίου του 2013.....	113
Εικόνα 4.3.8.10 Σημεία της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2' από δορυφορική σκηνή του Απριλίου του 2013.....	113
Εικόνα 4.3.8.11 Σημεία της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1' από δορυφορική σκηνή του Αυγούστου του 2013.....	113
Εικόνα 4.3.8.12 Σημεία της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2' από δορυφορική σκηνή του Αυγούστου του 2013.....	113
Εικόνα 4.3.8.13 Σημεία της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1' από δορυφορική σκηνή του Νοεμβρίου του 2013.....	114
Εικόνα 4.3.8.14 Σημεία της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2' από δορυφορική σκηνή του Νοεμβρίου του 2013.....	114
Εικόνα 4.3.8.15 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς τον δείκτη NDVI της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1' για όλες τις ημερομηνίες.....	115
Εικόνα 4.3.8.16 Διάγραμμα στο οποίο ενώνονται οι καταγραφές κάθε σημείου σε γραμμή ως προς τον δείκτη NDVI της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 1'.....	115
Εικόνα 4.3.8.17 Διάγραμμα στο οποίο περιλαμβάνονται οι καταγραφές των σημείων ως προς τον δείκτη NDVI της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2' για όλες τις ημερομηνίες.....	116
Εικόνα 4.3.8.18 Διάγραμμα στο οποίο ενώνονται οι καταγραφές κάθε σημείου σε γραμμή ως προς τον δείκτη NDVI της υποκατηγορίας 'Μόνιμα Αρδευόμενη Γη 2' (έχουν συμπεριληφθεί μόνο 8 σημεία για να είναι ευκρινές).....	116

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Κώδικας σε γλώσσα Bash ο οποίος αποτελεί το κυρίως πρόγραμμα μέσω του οποίου καλούνται τα εκτελέσιμα προγράμματα σε γλώσσα C

1. `#!/bin/bash -x`
- 2.
3. `Sat=LC8`
4. `Path_Row=183_032`
- 5.
6. `echo PixID,ID,SENSOR,PATH,ROW,year,month,doy,%CLEAR,cfmask,cloud,band1,band2,band3,band4,band5,band6,band7,X,Y > RESULT.csv`
- 7.


```

8. cd ./data1/$$Sat
9. for y in ./Path_Row/*; do
10.
11. for j in $y/*; do
12. for i in $j/*; do
13.     pwd
14.
15.     id=$(basename "$i")
16.     if [[ "$id" == *"LC8"* ]]; then
17.         satellite_name=LC8
18.     elif [[ "$id" == *"LE7"* ]]; then
19.         satellite_name=LE7
20.     elif [[ "$id" == *"LT4"* ]]; then
21.         satellite_name=LT4
22.     elif [[ "$id" == *"LT5"* ]]; then
23.         satellite_name=LT5
24.     else
25.         echo "Invalid Input Data. Check the images file"
26.         exit 1
27.     fi
28.
29.     Date_number=${id:9:7}
30.     Path=${id:3:3}
31.     Row=${id:6:3}
32.     year=${Date_number:0:4}
33.     doyA=${id:13:3}
34.     doy=$((10#$doyA))
35.
36.     if (($year%4==0) && ((year%100 != 0) || (($year%400==0))); then
37.         leap=0
38.         if ((1<=$doy && $doy<=31)); then
39.             month=1
40.         elif ((32<=$doy && $doy<=59)); then
41.             month=2
42.         elif ((60<=$doy && $doy<=90)); then
43.             month=3
44.         elif ((91<=$doy && $doy<=120)); then
45.             month=4
46.         elif ((121<=$doy && $doy<=151)); then
47.             month=5
48.         elif ((152<=$doy && $doy<=181)); then
49.             month=6
50.         elif ((182<=$doy && $doy<=212)); then
51.             month=7
52.         elif ((213<=$doy && $doy<=243)); then
53.             month=8
54.         elif ((244<=$doy && $doy<=273)); then
55.             month=9
56.         elif ((274<=$doy && $doy<=304)); then
57.             month=10
58.         elif ((305<=$doy && $doy<=334)); then
59.             month=11
60.         elif ((335<=$doy && $doy<=365)); then

```

```

61.             month=12
62.         else
63.             echo "Invalid DOY. Check the Data."
64.         fi
65.     else
66.         leap=1
67.         if ((1<=$doy && $doy<=31)); then
68.             month=1
69.         elif ((32<=$doy && $doy<=60)); then
70.             month=2
71.         elif ((61<=$doy && $doy<=91)); then
72.             month=3
73.         elif ((92<=$doy && $doy<=121)); then
74.             month=4
75.         elif ((122<=$doy && $doy<=152)); then
76.             month=5
77.         elif ((153<=$doy && $doy<=182)); then
78.             month=6
79.         elif ((183<=$doy && $doy<=213)); then
80.             month=7
81.         elif ((214<=$doy && $doy<=244)); then
82.             month=8
83.         elif ((245<=$doy && $doy<=274)); then
84.             month=9
85.         elif ((275<=$doy && $doy<=305)); then
86.             month=10
87.         elif ((306<=$doy && $doy<=335)); then
88.             month=11
89.         elif ((336<=$doy && $doy<=366)); then
90.             month=12
91.         else
92.             echo "Invalid DOY. Check the Data."
93.         fi
94.     fi
95. cd $i
96.
97.     if [ ! -d paragwga ]; then
98.         mkdir paragwga
99.
100.        eikona_cfmask=$(find -name "*cfmask.tif" ) && gdal_translate -q -of ERS $eikona_cfmask
    ${eikona_cfmask}.new.ers
101.        eikona_cloud=$(find -name "*cloud.tif" ) && gdal_translate -q -of ERS $eikona_cloud $
    {eikona_cloud}.new.ers
102.        band1=$(find -name "*band1.tif" ) && gdal_translate -q -of ERS $band1 ${band1}.nb1.ers
103.        band2=$(find -name "*band2.tif" ) && gdal_translate -q -of ERS $band2 ${band2}.nb2.ers
104.        band3=$(find -name "*band3.tif" ) && gdal_translate -q -of ERS $band3 ${band3}.nb3.ers
105.        band4=$(find -name "*band4.tif" ) && gdal_translate -q -of ERS $band4 ${band4}.nb4.ers
106.        band5=$(find -name "*band5.tif" ) && gdal_translate -q -of ERS $band5 ${band5}.nb5.ers
107.        if [[ $(find -name "*band6.tif" ) ]]; then
108.            band6=$(find -name "*band6.tif" ) && gdal_translate -q -of ERS $band6 ${band6}.nb6.ers
109.        fi
110.        band7=$(find -name "*band7.tif" ) && gdal_translate -q -of ERS $band7 ${band7}.nb7.ers
111.        mv -t paragwga *.ers

```

```

112.         mv -t paragwga *.aux.xml
113.
114.         cd ./paragwga
115.         mkdir translated_bands
116.         cd ..
117.
118.         trans_band1=$(find -name "*.nb1" )
119.         trans_band2=$(find -name "*.nb2" )
120.         trans_band3=$(find -name "*.nb3" )
121.         trans_band4=$(find -name "*.nb4" )
122.         trans_band5=$(find -name "*.nb5" )
123.         trans_band7=$(find -name "*.nb7" )
124.         trans_cfmask=$(find -name "*cfmask.tif.new" )
125.         trans_cloud=$(find -name "*cloud.tif.new" )
126.
127.         cd ./paragwga/translated_bands
128.         directory=$(pwd)
129.         echo $directory
130.         cd ..
131.         cd ..
132.
133.         if [[ $(find -name "*.nb6" ) ]]; then
134.             trans_band6=$(find -name "*.nb6" )
135.             mv -t ./paragwga/translated_bands $trans_band1 $trans_band2 $trans_band3
136.             mv -t ./paragwga/translated_bands $trans_band4 $trans_band5 $trans_band6 $trans_band7 $trans_cfmask $trans_cloud
137.             mv -t ./paragwga/translated_bands $trans_band1 $trans_band2 $trans_band3
138.             mv -t ./paragwga/translated_bands $trans_band4 $trans_band5 $trans_band7 $trans_cfmask $trans_cloud
139.         fi
140.         cd ./paragwga
141.         translated_cfmask_ers=$(find -name "*cfmask.tif.new.ers" )
142.
143.         rows=$(grep NrOfLines $(basename "$translated_cfmask_ers") | grep -o "[0-9]" | tr -d
144.         '[:space:]')
145.         cols=$(grep NrOfCellsPerLine $(basename "$translated_cfmask_ers") | grep -o "[0-9]" | tr -d
146.         '[:space:]')
147.         eastings=$(grep Eastings $(basename "$translated_cfmask_ers") | grep -o "[0-9]" | tr -d
148.         '[:space:]')
149.         northings=$(grep Northings $(basename "$translated_cfmask_ers") | grep -o "[0-9]" | tr -d
150.         '[:space:]')
151.         bands=1
152.
153.         cd /home/dimitris/scripts_copied
154.         clear=$(./cfmaskread.out $directory/$(basename -s .ers "$translated_cfmask_ers") "$rows"
155.         "$cols" "$bands")
156.
157.         cd $directory
158.         cd ..
159.         directory=$(pwd)
160.         cd /home/dimitris/scripts_copied
161.
162.         while read line

```

```

158.     do
159.     declare -a arr
160.     arr=($line)
161.     N=1
162.     PixID=${arr[$N-1]}
163.     N=2
164.     X=${arr[$N-1]}
165.     N=3
166.         Y=${arr[$N-1]}
167.
168.     declare -a pix
169.     n=0
170.     cd $directory
171.     for k in translated_bands/*; do
172.         cd /home/dimitris/scripts_copied
173.         if [[ "$k" == *"cfmask"* || "$k" == *"cloud"* ]]; then
174.             pix[$n]=$(./pixel_val8bit.out $directory/$k "$rows" "$cols" "$eastings"
"$northings" "$X" "$Y")
175.         else
176.             pix[$n]=$(./pixel_val.out $directory/$k "$rows" "$cols" "$eastings" "$northings"
"$X" "$Y")
177.         fi
178.         n=$((n+1))
179.
180.     done
181.
182.     cd /home/dimitris/scripts_copied
183.     if [[ "$id" == *"LC8"* ]]; then
184.
185.         echo $PixID,$id,$satelite_name,$Path,$Row,$year,$month,$doy,$clear,${pix[0]},$
{pix[8]},${pix[2]},${pix[3]},${pix[4]},${pix[5]},${pix[6]},-,$ {pix[7]},$X,$Y >> RESULT.csv
186.     else
187.         echo $PixID,$id,$satelite_name,$Path,$Row,$year,$month,$doy,$clear,${pix[0]},$
{pix[7]},${pix[1]},${pix[2]},${pix[3]},${pix[4]},${pix[5]},-,$ {pix[6]},$X,$Y >> RESULT.csv
188.     fi
189.     cd $directory
190.     done < coord_list.txt
191.     pwd
192.
193.     cd ..
194.     rm -r paragwga
195.     cd ../../..
196.     pwd
197.
198. done
199. done
200. done

```

Κώδικας σε γλώσσα C μέσω του οποίου υπολογίζεται το ποσοστό των “καθαρών” εικονοστοιχείων από σύννεφα, σκιές και χιόνι, σύμφωνα με τον αλγόριθμο Fmask

```
1. #include <stdio.h>
2. #include <stdlib.h>
3. #include <ctype.h>
4. #include <string.h>
5.
6. int main(int argc, char **argv){
7.
8.     FILE *fp;
9.     int rows, cols, bands;
10.    int cnt_a=0, cnt_b=0, cnt_c=0, cnt_d=0, cnt_e=0, cnt_fill=0, sum, clearP;
11.    int clear_images=0;
12.    float clear_perc=0;
13.    unsigned char *image;
14.    register i, j;
15.
16.    if ((fp=fopen(argv[1], "rb"))==NULL){
17.        printf("Error: Bad InputImageFile: <%s>\n", argv[1]);
18.        exit(1);
19.    }
20.
21.    rows=atoi(argv[2]);
22.    cols=atoi(argv[3]);
23.    bands=atoi(argv[4]);
24.    if (rows<1){
25.        printf("Error: Bad rows value: <%s>\n", argv[2]);
26.        exit(1);
27.    }
28.    if (cols<1){
29.        printf("Error: Bad columns value: <%s>\n", argv[3]);
30.        exit(1);
31.    }
32.
33.    if (bands<1){
34.        printf("Error: Bad bands value: <%s>\n", argv[4]);
35.        exit(1);
36.    }
37.    if ((fp=fopen(argv[1], "rb"))==NULL){
38.        printf("Error: Bad InputImageFile: <%s>\n", argv[1]);
39.        exit(1);
40.    }
41.    if ((image=malloc(rows*cols*sizeof(unsigned char)))==NULL){
42.        printf("Error: Not enough memory available\n");
43.        exit(1);
44.    }
45.
46.    if (fread(image, sizeof(unsigned char), rows*cols*bands, fp)!=rows*cols*bands){
```

```

47.     printf("Error: Input file size does not match image dimensions\n");
48.     exit(1);
49.     }
50.  if (fclose(fp)==EOF){
51.     printf("Error: Bad file closing\n");
52.     exit(1);
53.     }
54.
55.  for (i=0; i<rows; i++){
56.     for (j=0; j<cols; j++){
57.         if ((int)image [ i*cols + j ]==0)
58.             cnt_a++;
59.         else if ((int)image [ i*cols + j ]==1)
60.             cnt_b++;
61.         else if ((int)image [ i*cols + j ]==2)
62.             cnt_c++;
63.         else if ((int)image [ i*cols + j ]==3)
64.             cnt_d++;
65.         else if ((int)image [ i*cols + j ]==4)
66.             cnt_e++;
67.         else
68.             cnt_fill++;
69.     }
70. }
71.
72. sum=cnt_a + cnt_b + cnt_c + cnt_d + cnt_e + cnt_fill;
73. if (sum==(rows*cols)) {
74.     clearP=cnt_a + cnt_b;
75.     clear_perc=(100*(float)clearP)/((float)sum-(float)cnt_fill);
76.     if (clear_perc>=60){
77.         clear_images++;
78.     }
79.     printf("\t%.1f\n",clear_perc);
80. }
81. else {
82.     printf("Lathos sto sunolo tw n pixel. SUM:%d PIXELS:%d\n", sum, rows*cols);
83.     printf("A:%d B:%d C:%d D:%d E:%d Fill:%d \n",cnt_a, cnt_b, cnt_c, cnt_d, cnt_e, cnt_fill);
84. }
85.
86. return 0;
87. }

```


Κώδικας σε γλώσσα C μέσω του οποίου διαβάζεται η τιμή του εικονοστοιχείου σε εικόνα τύπου .ers για τα σημεία που έχουν επιλεγεί

```
1. #include <stdio.h>
2. #include <stdlib.h>
3. #include <ctype.h>
4. #include <string.h>
5.
6. int main(int argc, char **argv){
7.
8.     FILE *fp;
9.     int rows, cols, X, Y;
10.    int eastings, northings, DX, DY, DXpix, DYpix, offset;
11.    unsigned short image;
12.
13.    if ((fp=fopen(argv[1], "rb"))==NULL){
14.        printf("Error: Bad InputImageFile: <%s>\n", argv[1]);
15.        exit(1);
16.    }
17.
18.    rows=atoi(argv[2]);
19.    cols=atoi(argv[3]);
20.    eastings=atoi(argv[4]);
21.    northings=atoi(argv[5]);
22.    X=atoi(argv[6]);
23.    Y=atoi(argv[7]);
24.
25.    DX=X-eastings;
26.    DY=northings-Y;
27.    DXpix=(DX/30);
28.    DYpix=(DY/30);
29.    offset=((DYpix)*cols) + DXpix;
30.
31.    if (fseek(fp, offset*2, SEEK_SET )==0){
32.
33.        fread(&image,2,1,fp);
34.        printf("%u\n", (int)image);
35.    }
36.
37.    fclose(fp);
38.    return 0;
39. }
```