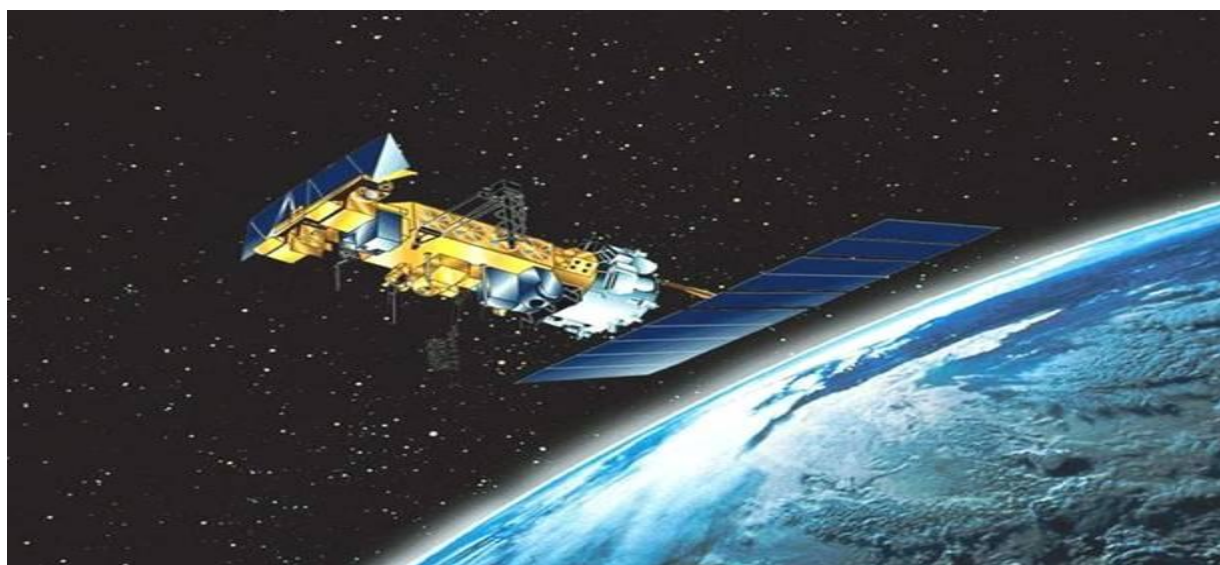


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ & ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διαχρονική παρακολούθηση των μεταβολών των χρήσεων γης στο Δήμο Χανίων, με χρήση λόγων φασματικών καναλιών του δορυφόρου Landsat.

Μανατάκης Χαράλαμπος – Δραγατογιάννη Ευγενία

Επιβλέπουσα καθηγήτρια : Δρ. Κούλη Μαρία

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της πτυχιακής μας εργασίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την επιβλέπουσα καθηγήτριά μας Δρ. Μαρία Κούλη για την πολύτιμη καθοδήγηση της καθώς επίσης και όλους τους καθηγητές με τους οποίους μας δόθηκε η ευκαιρία να συνεργαστούμε μαζί τους. Και τέλος τους γονείς και φίλους μας που μας στήριξαν όλο αυτό τον καιρό.

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1. Δρ Κούλη Μαρία*
- 2. Δρ Βαλλιανάτος Φίλιππος*
- 3. Δρ Σάλτας Βασίλειος*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εστιάζει στην παρατήρηση και τον εντοπισμό των μεταβολών των χρήσεων γης του Καλλικρατικού δήμου Χανίων με τη βοήθεια διαχρονικών δορυφορικών εικόνων των δορυφόρων Landsat 5, Landsat 7 και Landsat 8. Οι δορυφορικές αυτές εικόνες έχουν ημερομηνία λήψης κυρίως καλοκαιρινούς μήνες, με σχεδόν μηδενική νέφωση, σε ένα εύρος 30 χρόνων (1986-2016). Εντός ενός περιβάλλοντος Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, επεξεργαστήκαμε και αναλύσαμε αυτές τις δορυφορικές εικόνες χρησιμοποιώντας λόγους φασματικών καναλιών. Τελικά καταφέραμε να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για τις όποιες μεταβολές υπέστησαν η βλάστηση της περιοχής ενδιαφέροντος, η έκταση της αστικής περιοχής, το έδαφος καθώς και η αλατότητα του εδάφους.

ABSTRACT

This undergraduate thesis focuses on observing and locating the land use changes of the Kallikratian municipality of Chania using satellite images of the Landsat 5, Landsat 7 and Landsat 8 satellites. These satellite images have a record date of summer months, with almost zero cloud cover and cover a time period of 30 years (1986 – 2016). The satellite data were processed in Geographic Information Systems environment and several spectral indices were created. We have been able to draw useful conclusions about any changes that have occurred the vegetation of the area of the interest, the extend of building areas, the rocks that are on relatively high surface level as well as the salinity of the soil.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

- 1.1 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ
- 1.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ
- 1.3 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ
- 1.4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ
- 1.4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ

- 2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ
- 2.2 ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ
 - 2.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΕΝΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ
 - 2.2.2 ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΧΑΜΗΛΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ (LEO)
 - 2.2.3 ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΜΕΣΑΙΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ (ΜΕΟ)
 - 2.2.4 ΓΕΩΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΜΕΓΑΛΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ (GEO)
- 2.3 ΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ LANDSAT
- 2.4 ΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ LANDSAT

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΦΑΣΜΑΤΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ

- 3.1 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ
 - 3.1.1 ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΩΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ
- 3.2 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ
- 3.3 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ
- 3.4 ΛΟΓΟΙ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ
 - 3.4.1 ΔΕΙΚΤΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (VEGETATION INDICES)

3.4.1.1 Λόγος SR (SIMPLE RATION INDEX)

3.4.1.2 ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ NDVI (NORMALISED DIFFERENCE VEGETATION INDEX)

3.4.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΔΟΜΗΣΗΣ

3.4.2.1 ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΟΜΗΣΗΣ NDBI (NORMALISED DIFFERENCE BUILT-UP INDEX)

3.4.2.2 IBI (INDEX BUILT-UP INDEX)

3.4.2.3 UI (URBAN INDEX)

3.4.3 ΔΕΙΚΤΕΣ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

3.4.3.2 ΛΟΓΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ 3/1 – ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ

3.4.3.3 ΛΟΓΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ 5/7 – ΑΡΓΙΛΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΕΞΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ

3.4.4 ΦΑΣΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

4.1 ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

4.2 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

4.3 ΤΥΠΟΙ ΔΙΟΡΘΩΣΕΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ - ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (ΓΣΠ)

5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΓΣΠ

5.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΣΠ

5.3 ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΓΣΠ 5.3

5.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΓΣΠ

5.5 ΤΑ Γ.Σ.Π. ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΙΣ ΓΕΩΠΙΣΤΗΜΕΣ

5.6 ΤΑ Γ.Σ.Π ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

*Διαχρονική παρακολούθηση των μεταβολών των χρήσεων γης
στο Δήμο Χανίων, με χρήση λόγων φασματικών καναλιών του δορυφόρου Landsat.
ΜΑΝΑΤΑΚΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ – ΔΡΑΓΑΤΟΓΙΑΝΝΗ ΕΥΓΕΝΙΑ*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή έγινε με σκοπό τον εντοπισμό μεταβολών των χρήσεων γης στον Δήμο Χανίων από το 1986 έως το 2016 και πιο συγκεκριμένα τις μεταβολές που αφορούν τη βλάστηση, τη δόμηση, τα πετρώματα, και την αλατότητα. Το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας πραγματοποιήθηκε στο χώρο του ΤΕΙ Χανίων, στο εργαστήριο Γεωφυσικής και Σεισμολογίας. Τις δορυφορικές εικόνες τις οποίες επεξεργαστήκαμε ώστε να φτάσουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα τις αποκτήσαμε δωρεάν από τον ιστότοπο : <https://www.usgs.gov>. Στο πρώτο κεφάλαιο, το οποίο είναι εισαγωγικό, γίνεται αναφορά στην επιστήμη της Τηλεπισκόπησης και στον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται οι δορυφορικές εικόνες. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους δορυφόρους και σε ποιες κατηγορίες εντάσσονται. Το τρίτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στους φασματικούς λόγους και στις φασματικές αποκρίσεις της βλάστησης, των πετρωμάτων και του εδάφους. Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η ψηφιακή επεξεργασία εικόνων και η διόρθωση των σφαλμάτων-θορύβου. Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Στο κεφάλαιο έξι παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήσαμε για την επεξεργασία των δεδομένων, καθώς και η έκθεση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Στο κεφάλαιο επτά δίνονται τα τελικά συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Χρησιμοποιώντας τον όρο **Τηλεπισκόπηση** εννοούμε την επιστήμη της παρατήρησης διαφόρων φαινομένων και χαρακτηριστικών από απόσταση. Είναι μια σύνθετη λέξη και αποτελείται από δύο συνθετικά, το επίρρημα *τηλε-* και το ρήμα *επισκοπέω/-ώ*, που σημαίνει παρατηρώ από μακριά.

Με τον τρόπο αυτό μας δίνεται η δυνατότητα να λάβουμε χρήσιμες και αξιόπιστες πληροφορίες, για φυσικά αντικείμενα και το περιβάλλον, καταγράφοντας ,μετρώντας και ερμηνεύοντας εικόνες και ψηφιακές αναπαραστάσεις της ενέργειας, η οποία καταγράφεται από συστήματα ανιχνευτών, τα οποία δεν βρίσκονται σε άμεση επαφή με τα προς παρατήρηση αντικείμενα.

Διεθνώς χρησιμοποιείται ο όρος *remote sensing*, ενώ στην Ελλάδα έχει μεταφραστεί ως *τηλεανίχνευση*, τελικά επικράτησε ο όρος *Τηλεπισκόπηση*. Βάση του αρχικού ορισμού, η έννοια της *Τηλεπισκόπησης* περιλαμβάνει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών, τεχνικών ή και φυσιολογικών λειτουργιών, όπως για παράδειγμα την ανθρώπινη όραση. Για την ακρίβεια, *Τηλεπισκόπηση* εννοούμε την επιστήμη και την τεχνολογία παρατήρησης και μελέτης των χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας από απόσταση, βάσει της αλληλεπίδρασης των υλικών που βρίσκονται επάνω σε αυτή με την βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Σήμερα συναντάται σε μεγάλο πεδίο εφαρμογών τόσο στην καθημερινή μας ζωή όσο και σε πολύ εξειδικευμένα τμήματα επιστημονικών ερευνών. Καθημερινά, η πρόγνωση του καιρού, γίνεται χρησιμοποιώντας δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από μετεωρολογικούς δορυφόρους, καθώς και η παγκόσμια κλιματική αλλαγή μπορεί να τεκμηριωθεί με τη χρήση δορυφόρων οι οποίοι παρακολουθούν τη θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη κ.ά..
<https://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεπισκόπηση>

Η παρατήρηση της επιφάνειας της Γης επιτυγχάνεται με τη χρήση ψηφιακών σαρωτών (*τηλεπισκοπικών ανιχνευτών*) που ανιχνεύουν την ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της γήινης επιφάνειας και την αποδίδουν ως ψηφιακή εικόνα. Οι σαρωτές μπορεί να είναι τοποθετημένοι σε τεχνητούς δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη ή να βρίσκονται σε αερομεταφερόμενα μέσα (αεροσκάφη, ελικόπτερα).

Τα βιοφυσικά χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να καταγραφούν άμεσα ή έμμεσα με τηλεσκοπικές μεθόδους είναι :

1. Η χωρική θέση.
2. Το υψόμετρο.
3. Το χρώμα.
4. Η φασματική συμπεριφορά της χλωροφύλλης.
5. Η βιομάζα.
6. Το ποσοστό υγρασίας της βλάστησης.

7. Το ποσοστό υγρασίας του εδάφους.
8. Η θερμοκρασία.
9. Η υφή, δομή διαφόρων στοιχείων. (Νικόλαος Γ. Συλλαίος 2000)

Η Τηλεπισκόπηση εστιάζει στα εξής θέματα:

1. Την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία για τον τρόπο διάδοσης και μεταφοράς της.
2. Την ατμόσφαιρα, πώς δηλαδή αυτή επιδρά στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
3. Τους δέκτες, δηλαδή τα μέσα με τα οποία καταγράφεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
4. Τις πλατφόρμες, δηλαδή τα μέσα που μεταφέρουν τους δέκτες.
5. Τα αντικείμενα, τα οποία βρίσκονται στην γήινη επιφάνεια και καταγράφονται με τους διάφορους δέκτες.
6. Τα μέσα επεξεργασίας και ανάλυσης των τηλεπισκοπικών δεδομένων.

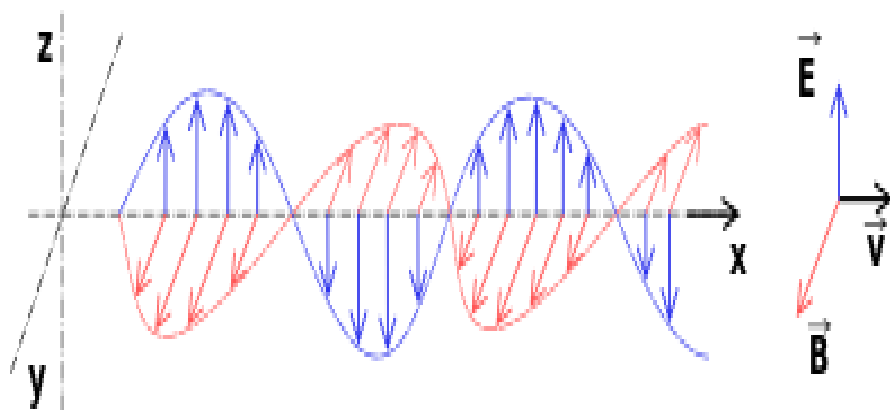
Η επιστήμη της Τηλεπισκόπησης παρέχει λύσεις στα προβλήματα συλλογής δεδομένων από περιοχές μεγάλης έκτασης. Το κόστος αγοράς και επεξεργασίας των δορυφορικών εικόνων είναι ιδιαίτερα χαμηλό σε σχέση με την έκταση της περιοχής που καλύπτουν και την ακρίβεια της πληροφορίας που παρέχουν. Η παρατήρηση και παρακολούθηση της γης από το διάστημα αποτελεί τα τελευταία χρόνια σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη του περιβάλλοντος, τη κατανομή του παγκόσμιου κλίματος αλλά και το σχεδιασμό και την ενίσχυση αναπτυξιακών και παραγωγικών δραστηριοτήτων σε μία περιοχή, σε μία χώρα ή ακόμα και σε ολόκληρο τον πλανήτη.

Οι εμπορικοί δορυφόροι που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη συλλέγουν σε καθημερινή βάση εικόνες σε διάφορα τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Οι εικόνες στο ορατό τμήμα μας παρέχουν πληροφορίες για τις ανθρώπινες δραστηριότητες, οι εικόνες στο υπέρυθρο τμήμα είναι ευαίσθητες στην παρουσία και την ανάπτυξη της βλάστησης και οι εικόνες στο θερμικό τμήμα παράγουν θερμοκρασιακούς χάρτες και μπορούν να καταγράψουν τις περιοχές στις οποίες υπάρχει αυξημένη εξάτμιση. Οι εικόνες που λαμβάνονται από δορυφόρους προσφέρουν μία μοναδική άποψη όχι μόνο της Γης, αλλά και των αποτελεσμάτων της ανθρώπινης παρέμβασης σε αυτή. Σε λιγότερο από μία δεκαετία έχει αποδειχθεί ότι τα δορυφορικά δεδομένα είναι μία οικονομική πηγή εξαιρετικά χρήσιμων πληροφοριών για μία πληθώρα εφαρμογών, όπως για παράδειγμα σχεδιασμού πόλεων, παρακολούθησης και διαχείρισης του περιβάλλοντος, εξόρυξη μετάλλων και πετρελαίου κλπ. Για παράδειγμα, μερικές εικόνες μπορούν να δείξουν ασθένειες και μολύνσεις στη βλάστηση, μεταλλεύματα σε βραχώδης εκτάσεις, ακόμα και μολύνσεις σε θάλασσες και ποταμούς. Ή μπορούν να διαπεράσουν τα σύννεφα, την πάχνη, την ομίχλη και άλλα καιρικά φαινόμενα, και να αποκαλύψουν περιοχές στη Γη.
<http://dasodata.gr/index.php/doryforiki-tilepiskopisi>

1.1 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η **Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία** είναι εκπομπή στον χώρο ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας υπό μορφή κυμάτων που ονομάζονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι συγχρονισμένα ταλαντούμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία τα οποία ταλαντώνονται σε κάθετα επίπεδα μεταξύ τους και κάθετα προς την διεύθυνση διάδοσης. Διαδίδονται στο κενό με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του φωτός ($c=299.792.458$ m/s) αλλά και μέσα στην ύλη με ταχύτητα λίγο μικρότερη απ' την ταχύτητα του φωτός.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται από επιταχυνόμενα ηλεκτρικά φορτία. Δημιουργούνται επίσης όταν ένα ηλεκτρόνιο κάποιου ατόμου χάνει μέρος της ενέργειάς του και μεταπίπτει σε χαμηλότερη τροχιά ή ενεργειακή στάθμη κοντά στον πυρήνα. Αυτό έχει ως συνέπεια να δημιουργηθεί μια ταλάντωση που διαδίδεται πλέον στο χώρο με τη μορφή ενός ταυτόχρονα ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου. Τα δύο αυτά πεδία είναι, αφενός μεν, κάθετα μεταξύ τους, αφετέρου και κάθετα με τη διεύθυνση διάδοσης του παραγόμενου κύματος, του λεγόμενου ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Όταν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα προσκρούσει σε κάποιο άτομο τα δύο συνδυαζόμενα αυτού πεδία μπορούν να προσφέρουν μεταφερόμενη ενέργεια σε ένα ηλεκτρόνιο με αποτέλεσμα να το εξαναγκάσουν να μεταπηδήσει αυτό σε ανώτερη ενεργειακή στάθμη, ή ακόμα και να το απελευθερώσει από το άτομο σε περίπτωση που βρίσκεται στην εξωτερική στοιβάδα (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο). https://el.wikipedia.org/wiki/Ηλεκτρομαγνητική_ακτινοβολία



Εικόνα 1 Γραφική αναπαράσταση ηλεκτρομαγνητικού κύματος.

Βάση της θεωρίας της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, η ενέργεια μεταδίδεται με τη μορφή αρμονικού ημιτονοειδούς κύματος. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αποτελείται από ένα ηλεκτρικό πεδίο το οποίο αντιπροσωπεύει τις ηλεκτρικές μεταβολές και μεταβάλλεται εγκάρσια προς τη διεύθυνση διάδοσής του.

Επίσης υπάρχει και ένα μαγνητικό πεδίο που είναι αλληλένδετο με το προηγούμενο όμως είναι προσανατολισμένο κάθετα προς το ηλεκτρικό πεδίο και διαδίδεται με την ίδια φάση.

Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, όπως και κάθε αρμονικό κύμα, εμφανίζει τρία χαρακτηριστικά :

Μήκος κύματος, είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών του αρμονικού μήκους κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το μήκος κύματος μετριέται σε μονάδες μήκους.

Συχνότητα, ισούται με τον αριθμό των κορυφών του αρμονικού κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που διέρχονται από συγκεκριμένο σταθερό σημείο στη μονάδα του χρόνου. Η συχνότητα ν συχνά μετριέται σε Hertz, που ισοδυναμεί με ένα κύκλο (cycle) ανά δευτερόλεπτο (second) και σε πολλαπλάσια του Hertz.

Πλάτος, ισούται με το ύψος της κάθε κορυφής του αρμονικού κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το πλάτος συνήθως μετριέται σε επίπεδα ενέργειας (spectral irradiance).

Η ταχύτητα διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας c είναι σταθερή στο κενό και ισούται περίπου με 300 km/s. Η σχέση που συνδέει το μήκος κύματος λ και τη συχνότητα ν είναι η εξής :

$$c = \lambda / \nu$$

Έτσι τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας μπορούν να καθορισθούν χρησιμοποιώντας ή το μήκος κύματος λ ή τη συχνότητα ν .

(Στέλιος Π. Μερτίκας 1999)

1.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

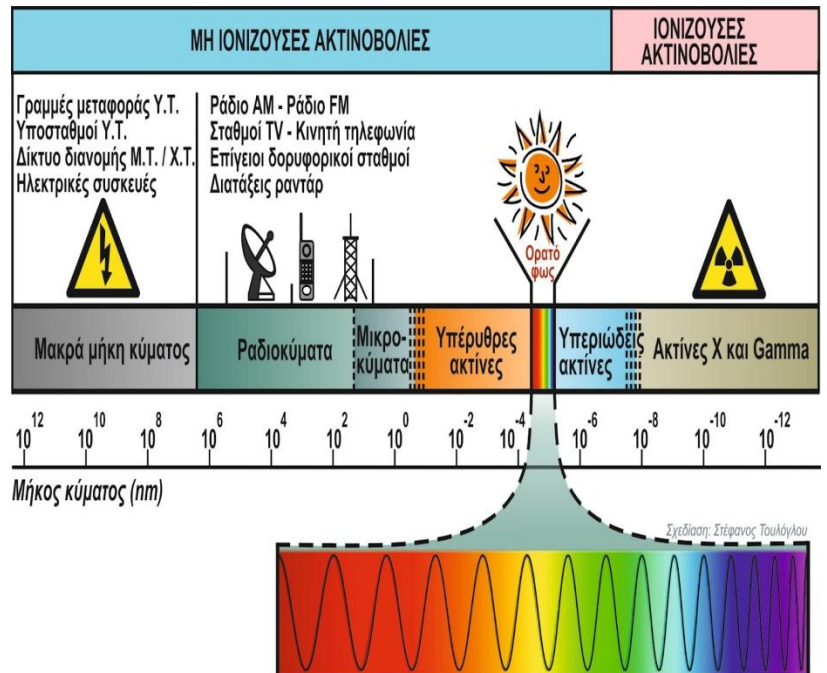
Ως ηλεκτρομαγνητικό φάσμα θεωρούμε την ταξινόμηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σύμφωνα με το μήκος κύματος ή σύμφωνα με τη συχνότητα ή την ενέργεια. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα συνήθως εκτείνεται μεταξύ των κοσμικών ακτίνων και των ραδιοκυμάτων. Για την Τηλεπισκόπηση, το πιο σημαντικό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος είναι εκείνο που δημιουργείται από την ακτινοβολία του Ήλιου. (Στέλιος Π. Μερτίκας 1999)

Μή ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία :

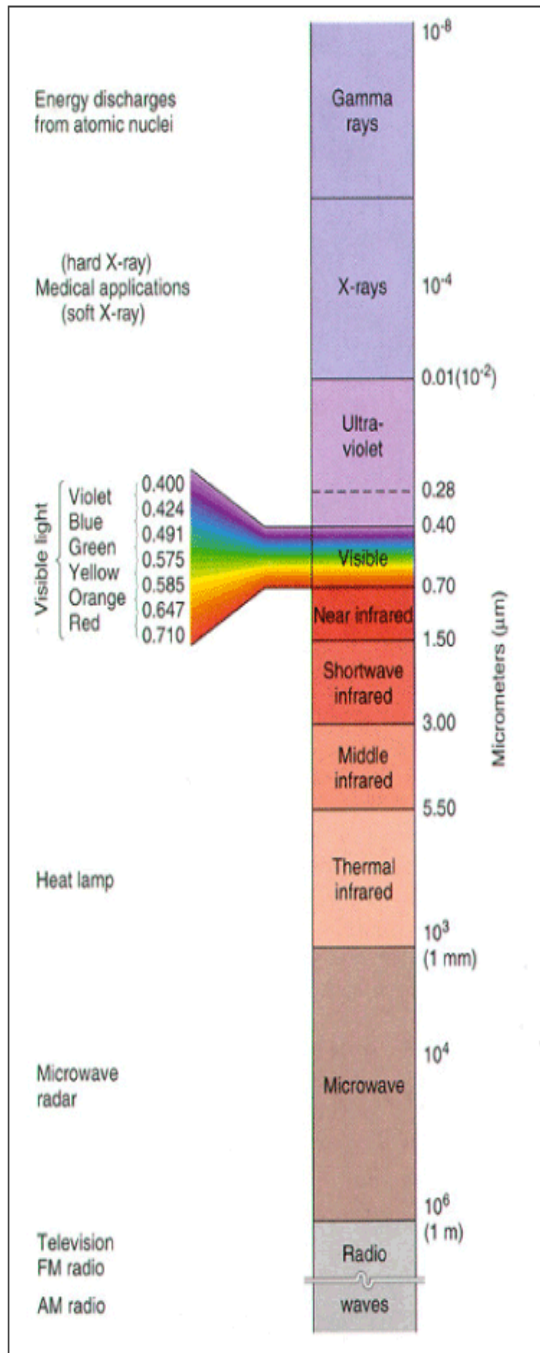
- 0-300 MHz ραδιοκύματα
- 300 MHz – 300 GHz μικροκύματα
- 300 GHz – 400 THz υπέρυθρες ακτίνες
- 400 MHz – 800 MHz φώς

Ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία :

- 800 THZ – 3×10^{17} Hz υπεριώδεις ακτίνες
- $3 \cdot 10^{17}$ Hz - $5 \cdot 10^{19}$ Hz Ακτίνες X
- $5 \cdot 10^{19}$ Hz - $3 \cdot 10^{22}$ Hz Ακτίνες γ
- 3×10^{22} - Κοσμικές ακτίνες



Εικόνα 2 Ζώνες ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.



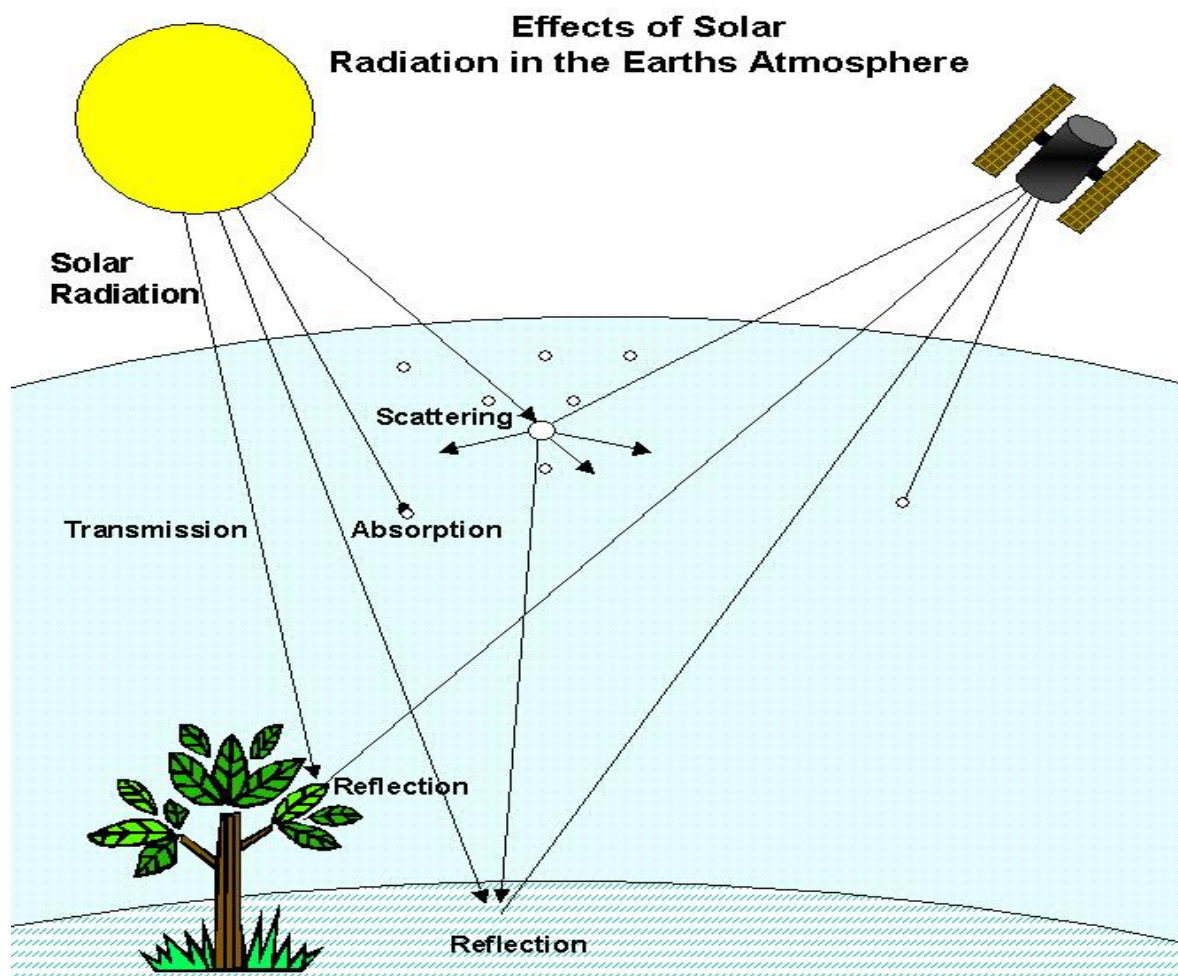
Τα δορυφορικά συστήματα Τηλεπισκόπησης λειτουργούν, κυρίως, στο ορατό και υπέρυθρο φάσμα καθώς και στη περιοχή των μικροκυμάτων.

Η ορατή περιοχή του φάσματος έχει όρια που καθορίζονται από την ανθρώπινη όραση (0.38 μm – 0.72 μm). Η ορατή ακτινοβολία υποδιαιρείται σε τρία βασικά χρώματα, το ιώδες-μπλε (0.4 – 0.5 μm), το πράσινο (0.5 – 0.6 μm) και το κόκκινο (0.6 – 0.7 μm), τα οποία ονομάζονται πρωτεύοντα αθροιστικά χρώματα καθώς κανένα από αυτά τα χρώματα δεν μπορεί να παραχθεί από τη σύνθεση των άλλων δύο. Όλα τα υπόλοιπα χρώματα προκύπτουν από το κατάλληλο συνδυασμό των τριών πρωτεύοντων χρωμάτων με τη κατάλληλη αναλογία.

Η υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος περιλαμβάνει μήκη κύματος μεγαλύτερα από την περιοχή του κόκκινου τμήματος του ορατού και εκτείνεται από 0.7 μm – 1000 μm . Διαιρείται σε τρεις ζώνες, αν και τα όρια τους δεν είναι πλήρως καθορισμένα : στο εγγύς, μέσο και απότερο υπέρυθρο. Το εύρος του υπέρυθρου που χρησιμοποιείται στη τηλεπισκόπηση είναι μικρότερο, και εκτείνεται από 0.72 μm έως 15 μm . Η εγγύς υπέρυθρη φασματική ζώνη συνίσταται από μήκη κύματος μεγαλύτερα από αυτά του ορατού, εκτεινόμενη από το 0.72 μm έως το 1.5 μm . Η μέση υπέρυθρη ακτινοβολία περιλαμβάνει μήκη κύματος από 1.5 μm έως 5.6 μm ενώ η απότερη υπέρυθρη ακτινοβολία καταλαμβάνει μια ευρεία περιοχή του φάσματος με μήκη κύματος από 5.6 μm έως 1000 μm που εκτείνεται ως τη περιοχή των μικροκυμάτων. Το υπέρυθρο χωρίζεται επίσης σε ανακλώμενο και θερμικό. Η υπέρυθρη ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται από τον ήλιο και ανακλάται από τη γήινη επιφάνεια, πριν φτάσει

στο δορυφορικό ανιχνευτή ονομάζεται ανακλώμενη υπέρυθρη. Περιλαμβάνει μήκη κύματος λίγο μεγαλύτερα από αυτά του κόκκινου (0.7 μm έως 3.0 μm) και συμπεριφέρεται με τρόπο ανάλογο με το ορατό φάσμα. Αντίθετα η υπέρυθρη ακτινοβολία με μήκη κύματος που εκτείνονται από 3.0 μm έως και 1000 μm εκπέμπεται από τη γη και για αυτό το λόγο καλείται θερμική υπέρυθρη ακτινοβολία.

Η μικροκυματική ακτινοβολία ή αλλιώς μικροκύματα περιλαμβάνει μεγάλα μήκη κύματος που εκτείνονται από 1mm έως 1m. Η φασματική περιοχή των μικροκυμάτων με τα μικρότερα μήκη κύματος έχει παρόμοιες ιδιότητες με τη θερμική υπέρυθη ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή έχει την ιδιότητα να διαπερνά τα νέφη και να εισχωρεί βαθιά σε μια γήινη επιφάνεια ανάλογα με το μήκος κύματός της. Η ατμόσφαιρα της γης λειτουργεί σαν προστατευτική ασπίδα για τις επικίνδυνες ακτινοβολίες πολύ υψηλής συχνότητας. Η ατμόσφαιρα απορροφά το μεγαλύτερο μέρος των κοσμικών ακτίνων αλλά και της υπεριώδους ακτινοβολίας. Αντίθετα επιτρέπει πλήρως την διέλευση των ραδιοκυμάτων υψηλής συχνότητας, των μικροκυμάτων χαμηλότερης συχνότητας, του φωτός και ενός τμήματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Τα ραδιοκύματα χαμηλών συχνοτήτων ανακλώνται σ' ένα μεγάλο ποσοστό στο ατμοσφαιρικό στρώμα της ιονόσφαιρας. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)

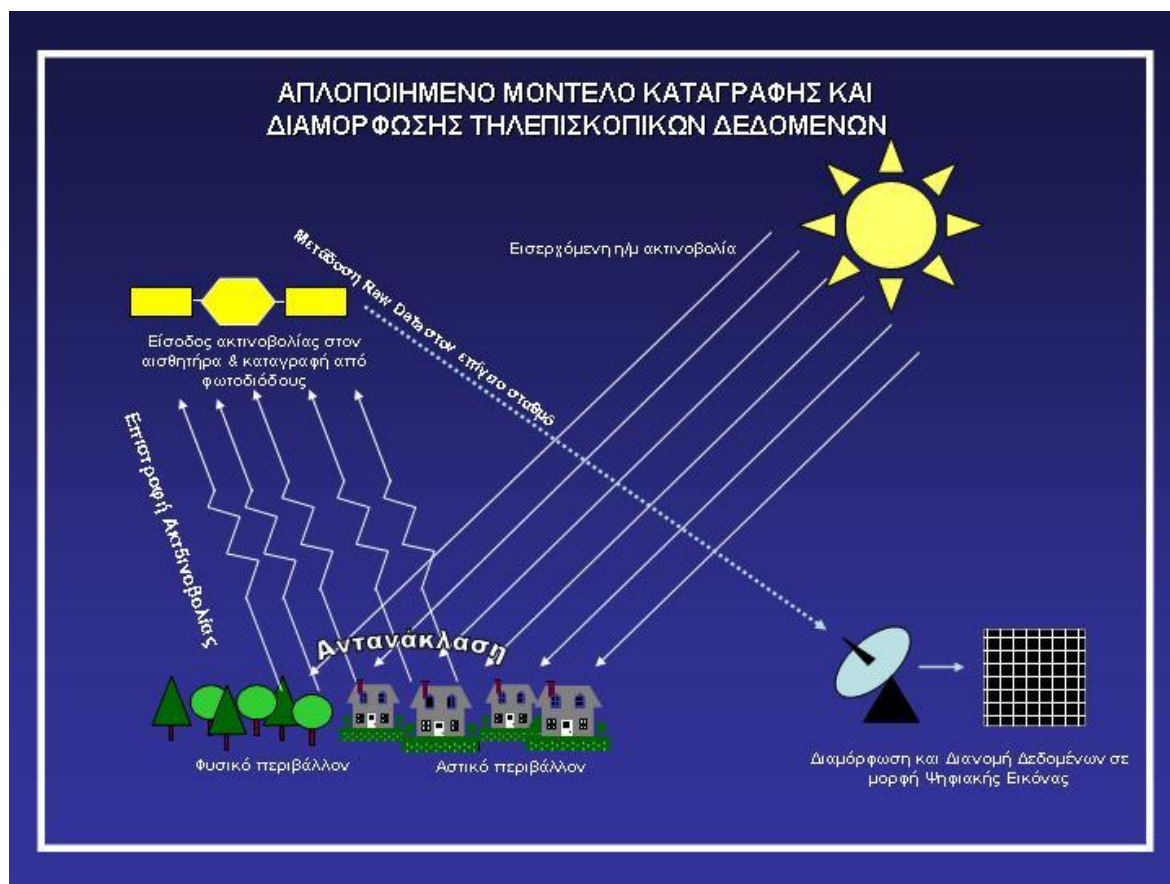


Εικόνα 4 Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα της γης.

1.3 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ

Οι ανιχνευτές μετρούν το ποσοστό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται από τα διάφορα υλικά που υπάρχουν στην επιφάνεια της γης. Κάθε υλικό-επιφάνεια ή αντικείμενο που υπάρχει επάνω στη γη, ανακλά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος με μοναδικό τρόπο. Για παράδειγμα η χλωροφύλλη που υπάρχει στα πράσινα μέρη των φυτών, έχει την ιδιότητα να ανακλά έντονα την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο πράσινο τμήμα του ορατού ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ενώ στο μπλε και κόκκινο τμήμα απορροφά, με συνέπεια να αντιλαμβανόμαστε το πράσινο χρώμα των ζωντανών φυτών. Με παρόμοιο τρόπο χρησιμοποιώντας την ανακλαστική συμπεριφορά μπορούμε να μελετήσουμε, να εντοπίσουμε και να απεικονίσουμε κάθε αντικείμενο που υπάρχει στην γήινη επιφάνεια. Χρησιμοποιώντας το ορατό τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας για την αναπαράσταση, τότε λαμβάνουμε σαν αποτέλεσμα μια πραγματική έγχρωμη εικόνα, που ισοδυναμεί με αυτές που καταγράφουν οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές. Στην Τηλεπισκόπηση οι ανιχνευτές δεν περιορίζονται μόνο στο ορατό φάσμα. Υπάρχουν αισθητήρες ικανοί να ανιχνεύσουν ακτινοβολία στο εγγύς υπέρυθρο, στο μέσο υπέρυθρο, στο θερμικό υπέρυθρο, στα μικροκύματα κ.λ.π. με αποτέλεσμα να λαμβάνουμε μια ποικιλία εικόνων. Έτσι το αποτέλεσμα διαφέρει ανάλογα με τη φασματική ζώνη που λειτουργεί ο αισθητήρας, ένας ανιχνευτής που λειτουργεί στο θερμικό υπέρυθρο θα δώσει μια θερμική εικόνα ενώ ένας ανιχνευτής που λειτουργεί στο ορατό φάσμα θα δώσει μια έγχρωμη εικόνα πραγματικού χρώματος (True Color).

Ο τρόπος με τον οποίο λαμβάνονται τα τηλεπισκοπικά δεδομένα με μια απλή περιγραφή λειτουργεί ως εξής: Μία πηγή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (π.χ. ο ήλιος) που εκπέμπει προς όλες τις κατευθύνσεις, "φωτίζει" την επιφάνεια της γης αφού διαπεράσει μέσα από την ατμόσφαιρα, γεγονός που μειώνει το φασματικό εύρος της ακτινοβολίας που τελικά θα φτάσει στην επιφάνεια. Το μέρος της ακτινοβολίας που τελικά φθάνει στη γη, ανακλάται, ένα άλλο μέρος διαχέεται στο περιβάλλον, ένα άλλο μεταδίδεται και ένα άλλο απορροφάται και αποδίδεται και πάλι στο περιβάλλον. Η ακτινοβολία που ανακλάται διέρχεται και πάλι μέσα από την ατμόσφαιρα κατευθυνόμενη προς το διάστημα. Οι τεχνητοί δορυφόροι που μεταφέρουν τους ανιχνευτές βρίσκονται σε τροχιά σε πολύ μεγάλο ύψος (300χλμ - 800χλμ συνήθως). Η ακτινοβολία που ανακλάστηκε προς το διάστημα, διέρχεται μέσω πρισματικών διατάξεων, οι οποίες την διαχωρίζουν σε φασματικές ζώνες προκαθορισμένου εύρους και εν συνεχεία οδηγείται σε φωτοδιόδους που μετατρέπουν την ακτινοβολία σε ηλεκτρικό σήμα. Το σήμα αυτό μετατρέπεται σε μορφή δυαδικών αριθμών και μεταδίδεται προς τη γη στους επίγειους σταθμούς όπου επεξεργάζεται, διορθώνεται και λαμβάνει την τελική μορφή ψηφιακής εικόνας που διανέμεται στους τελικούς χρήστες. Για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα χρησιμοποιείται ο καταλληλότερος τύπος ανιχνευτή ανάλογα με το υλικό που θέλουμε να μελετήσουμε. (<https://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεπισκόπηση>)



Εικόνα 5 Απλοποιημένο μοντέλο καταγραφής και διαμόρφωσης τηλεπισκοπικών δεδομένων.

1.4 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

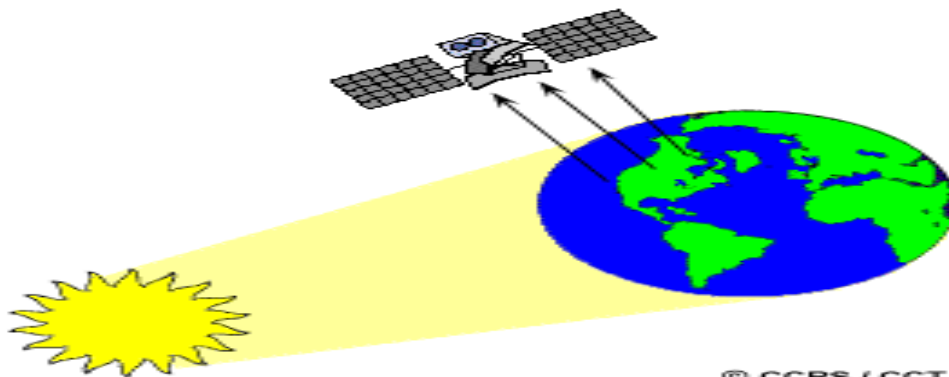
Τα καταγραφικά συστήματα που φέρονται από δορυφόρους κατατάσσονται στην ευρύτερη κατηγορία των ραδιομέτρων (radiometer) τα οποία αποτελούν όργανα μέτρησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Σε περίπτωση που ο αισθητήρας περιλαμβάνει ένα φράγμα περίθλασης το οποίο διαχωρίζει την ακτινοβολία, που εκτείνεται σε μια περιοχή του φάσματος, σε μικρότερες φασματικές περιοχές, τότε αυτός ονομάζεται φασματοραδιόμετρο (spectroradiometer). Η λειτουργία όλων των ραδιομέτρων και επομένως των περισσότερων δορυφορικών αισθητήρων βασίζεται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Σύμφωνα με αυτό το φαινόμενο, αν ένα αρνητικά φορτισμένο και φωτοευαίσθητο υλικό εκτεθεί σε ακτινοβολία, δημιουργούνται ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια αυτά παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα η ένταση του οποίου είναι ανάλογη της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Με αυτό τον τρόπο, οι μεταβολές στο ηλεκτρικό ρεύμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μέτρηση των μεταβολών στην ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην πλάκα με το φωτοευαίσθητο υλικό. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)

1.4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Οι δορυφορικοί αισθητήρες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τη πηγή της ακτινοβολίας που καταγράφουν: τους παθητικούς και τους ενεργητικούς.

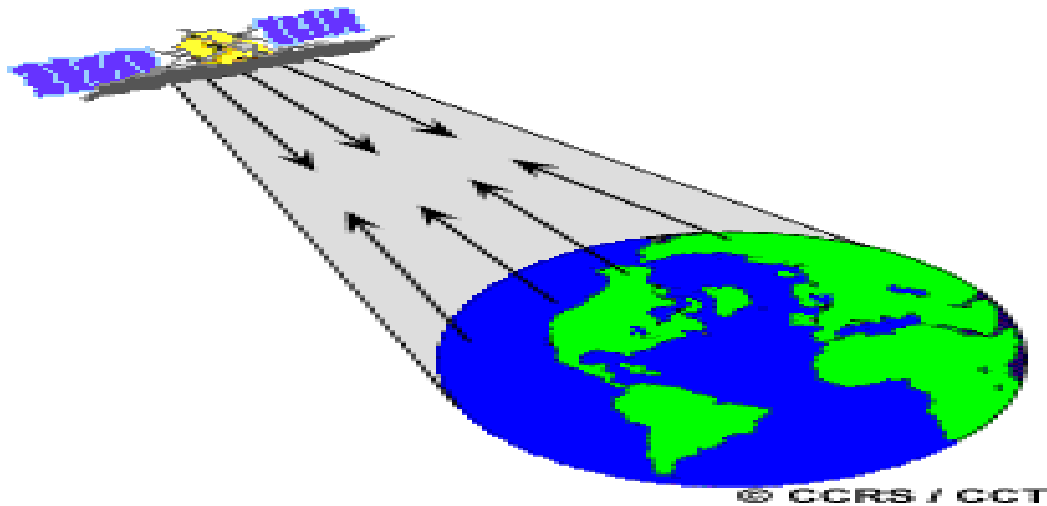
Οι παθητικοί αισθητήρες (passive sensors) αποτελούν συστήματα ανίχνευσης και καταγραφής της ακτινοβολίας που εκπέμπεται ή ανακλάται από το παρατηρούμενο αντικείμενο. Τα συστήματα αυτά ανιχνεύουν στο εύρος του φάσματος από τα πολύ μικρά μήκη κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας έως και την περιοχή του απώτερου υπέρυθρου ($0.38\mu\text{m} < \lambda < 1000\mu\text{m}$). Το προς παρατήρηση αντικείμενο ορίζει και επιλέγεται η αντίστοιχη φασματική περιοχή καταγραφής. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί ότι υπάρχουν διαθέσιμοι αισθητήρες για όλο το φάσμα, από το υπεριώδες έως το μακρινό υπέρυθρο, παρόλα αυτά δεν χρησιμοποιούνται όλοι στην Τηλεπισκόπηση διότι σε πολλές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος η απορρόφηση είναι μερική ή ολική, με αποτέλεσμα, η ακτινοβολία να διαδίδεται μερικώς ή καθόλου από την ατμόσφαιρα. Αποτέλεσμα της εξάρτησης της ατμοσφαιρικής διάδοσης και της απορρόφησης της ακτινοβολίας από το μήκος κύματος είναι ο περιορισμός της περιοχής φάσματος που είναι αξιοποιήσιμο στη δορυφορική τηλεπισκόπηση στα μήκη κύματος από $0.4\mu\text{m}$ έως $12\mu\text{m}$ (ορατό έως θερμικό υπέρυθρο).

Οι αισθητήρες των δορυφόρων λειτουργούν περίπου όπως και οι φωτογραφικές μηχανές, με τη διαφορά όμως ότι οι αισθητήρες έχουν την δυνατότητα να καταγράφουν την ενέργεια σε πολλές περιοχές του φάσματος και όχι μόνο στο τμήμα του ορατού. Για αυτό το λόγο ονομάζονται πολυφασματικοί αισθητήρες (multispectral sensors). Με αυτό τον τρόπο σύννεφα, υδάτινες μάζες, δάση, καλλιεργήσιμη γη και άλλου τύπου γήινες επιφάνειες διακρίνονται από τα διαφορετικά χαρακτηριστικά της εκπεμπόμενης ή ανακλώμενης ακτινοβολίας που καταγράφεται στις δορυφορικές εικόνες. Κάθε εικόνα, που καταγράφει την ακτινοβολία σε ένα τμήμα του φάσματος, περιέχει πληροφορίες που εξαρτώνται από την φασματική περιοχή στην οποία λήφθηκε η εικόνα και αναφέρεται σαν εικόνα στο κανάλι x , όπου x ένας αριθμός αναφερόμενος στην περιοχή του φάσματος. Μία ιδιαίτερη κατηγορία παθητικών αισθητήρων είναι οι θερμικοί αισθητήρες (Thermal sensors) οι οποίοι ανιχνεύουν την εκπεμπόμενη από τη γη θερμική υπέρυθρη ακτινοβολία ($3\mu\text{m} - 15\mu\text{m}$). Οι αισθητήρες αυτοί χρησιμοποιούν ανιχνευτές οι οποίοι είναι φωτοευαίσθητοι σε αυτή την περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.



Εικόνα 6 Παθητικός αισθητήρας.

Οι ενεργητικοί αισθητήρες (active sensors) χρησιμοποιούν δική τους πηγή ακτινοβολίας την οποίαν κατευθύνουν προς το υπό μελέτη αντικείμενο, αυτή στην συνέχεια ανακλάται στο στόχο (αντικείμενο ή περιοχή της επιφάνειας της γης), επιστρέφει και καταγράφεται από το σύστημα. Σε αυτούς τους ανιχνευτές, όπως τα ραντάρ που εκπέμπουν στην περιοχή των μικροκυμάτων, το επιστρεφόμενο σήμα έχει υποστεί αλλοίωση που εξαρτάται μεταξύ άλλων από τις ιδιότητες της επιφάνειας. Έτσι, επιτυγχάνεται η αναγνώριση και μελέτη σωμάτων και φαινομένων, όπως τον νεφικών πυρήνων των καταιγίδων, της βροχόπτωσης, των αέριων χημικών ενώσεων, των κατασκευών εδάφους, των ωκεάνιων συστημάτων κυκλοφορίας, των πετρελαιοκηλίδων κ.α. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του ραντάρ είναι η επιχειρησιακή του δυνατότητα να χρησιμοποιείται όλες τις ώρες της ημέρας κάτω από όλες σχεδόν τις καιρικές συνθήκες, με την προϋπόθεση ότι ο δορυφόρος διέρχεται πάνω από την περιοχή ανά τακτά χρονικά διαστήματα. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδίας Χαράλαμπος 2013)



Εικόνα 7 Ενεργητικός αισθητήρας.

Οι αισθητήρες, επίσης, ανάλογα με τον τρόπο ανίχνευσης της περιοχής που μελετάμε διακρίνονται σε ανεικονιστές και απεικονιστές.

Οι ανεικονιστές (non-imaging sensors) μετρούν την ακτινοβολία η οποία προέρχεται από όλα τα σημεία της περιοχής που καταγράφεται, την ολοκληρώνουν σε μια μέση τιμή και την μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα. Σε αυτή την περίπτωση, η ακτινοβολία που καταγράφεται περιγράφει το σύνολο της περιοχής που ανιχνεύεται, χωρίς να χωρίζεται στα διάφορα σημεία της. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλα τα παθητικά συστήματα που εκτελούν αεροβολίσεις (soundings) δηλαδή καταγραφές της κατακόρυφης κατανομής διαφόρων παραμέτρων στην ατμόσφαιρα, όπως το μικροκυματικό ραδιόμετρο (microwave radiometer), όπως επίσης και τα ενεργητικά συστήματα που εκτελούν μετρήσεις ύψους των στόχων στην επιφάνεια της γης, όπως το μικροκυματικό αλτίμετρο (microwave altimeter).

Οι απεικονιστές (imaging sensors) οι οποίοι λειτουργούν καταγραφικά σε δύο διαστάσεις (μήκος και πλάτος), δημιουργώντας μια εικόνα της περιοχής που ανιχνεύουν με βάση την ακτινοβολία που προέρχεται από κάθε σημείο της. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τόσο παθητικοί αισθητήρες όπως ο

απεικονιστής της κάμερας τηλεόρασης (TV camera) και ο οπτικός μηχανικός σαρωτής (optical mechanical scanner) όσο και οι ενεργητικοί αισθητήρες όπως το ραντάρ συνθετικού ανοίγματος (synthetic aperture radar).

Τέλος, οι αισθητήρες ανάλογα με τον τρόπο καταγραφής της ακτινοβολίας κατατάσσονται σε δυο άλλες κατηγορίες: τα συστήματα πλαισίου και τους σαρωτές.

Τα συστήματα πλαισίου (framing or no-scanning systems) τα οποία εκτελούν στιγμιαία μέτρηση της ακτινοβολίας η οποία προέρχεται από όλη την σκηνή. Εξ' ορισμού στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλοι οι απεικονιστές. Οι μόνοι απεικονιστές που λειτουργούν με αυτό τον τρόπο είναι οι φωτογραφικές κάμερες. Το μέγεθος της σκηνής που ανιχνεύεται καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά των οπτικών μερών του συστήματος.

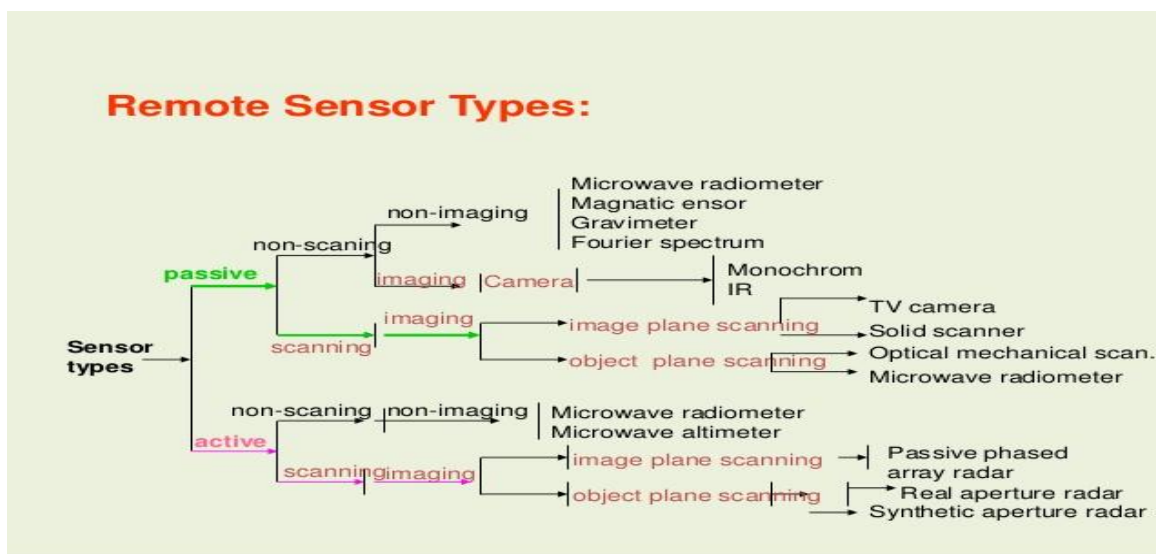
Στους **σαρωτές (scanning systems)**, η σκηνή σαρώνεται σημείο προς σημείο κατά μήκος διαδοχικών γραμμών, σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι περισσότεροι αισθητήρες που δεν αποτελούν κάμερες ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

Ανάλογα με την διαδικασία που ακολουθείται για την σάρωση της σκηνής οι σαρωτές κατατάσσονται σε δυο κατηγορίες:

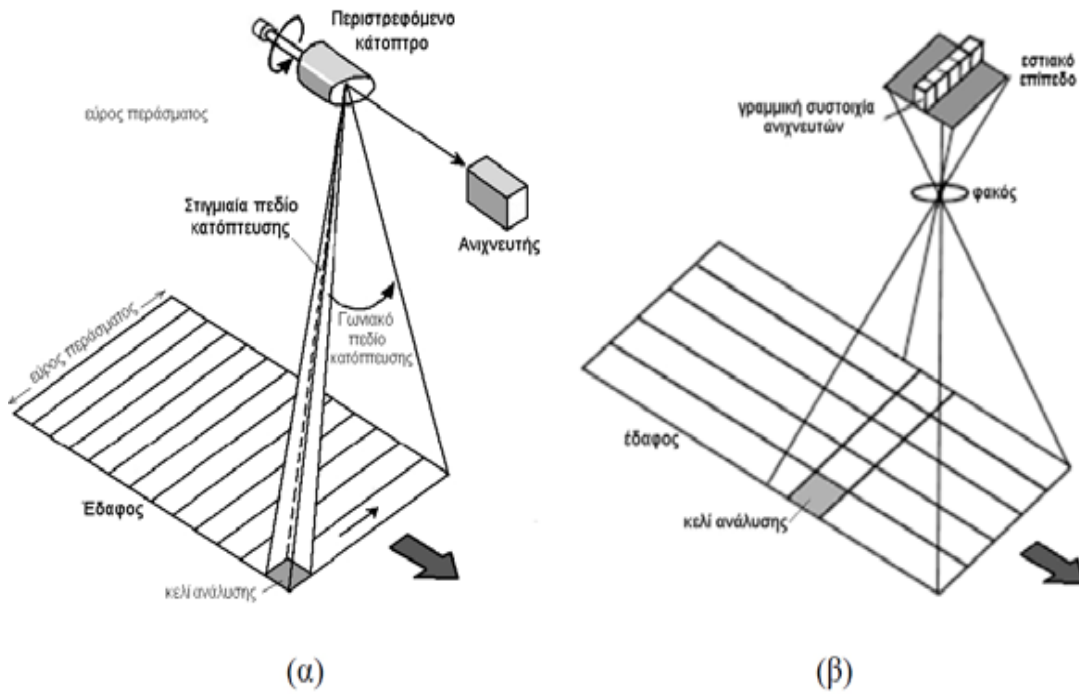
α. Οπτικο-μηχανικοί σαρωτές (optical-mechanical), οι οποίοι χρησιμοποιούν ένα μηχανικό μέρος (π.χ. ένα περιστρεφόμενο κάτοπτρο) για την σάρωση της περιοχής ενδιαφέροντος. Οι σαρωτές τέτοιου τύπου μπορούν να εκτελέσουν επίπεδη σάρωση εικόνας (image plane scanning) ή επίπεδη σάρωση αντικειμένου (object plane scanning) ανάλογα με το αν το περιστρεφόμενο κάτοπτρο βρίσκεται πριν ή μετά το φακό του συστήματος, αντίστοιχα. Στην πρώτη κατηγορία ανήκει ο απεικονιστής της κάμερας τηλεόρασης (TV camera) και στη δεύτερη το ραντάρ συνθετικού ανοίγματος (synthetic aperture radar). Οι οπτικο-μηχανικοί σαρωτές ανήκουν στην κατηγορία των σαρωτών με εγκάρσια στην τροχιά διεύθυνση (across-track scanners) οι οποίοι σαρώνουν τη γη σε μια σειρά από γραμμές. Οι γραμμές αυτές είναι προσανατολισμένες κάθετα στην διεύθυνση της κίνησης του δορυφόρου δηλαδή εγκάρσια στην τροχιά του. Ο αισθητήρας αποτελείται από μια γραμμική συστοιχία ανιχνευτών με τρόπο τέτοιο ώστε κάθε γραμμή να σαρώνεται από την μια πλευρά της συστοιχίας, χρησιμοποιώντας ένα περιστρεφόμενο κάτοπτρο. Καθώς ο δορυφόρος κινείται οι διαδοχικές σαρώσεις δημιουργούν γραμμές οι οποίες συνθέτουν μια δισδιάστατη εικόνα της επιφάνειας της γης. Η εισερχόμενη ακτινοβολία χωρίζεται σε διάφορες φασματικές περιοχές οι οποίες ανιχνεύονται ανεξάρτητα. Η υπεριώδης, ορατή, εγγύς και θερμική ακτινοβολία διαχωρίζεται στα μήκη κύματος που τη συνθέτουν με την χρήση ενός διαφράγματος περίθλασης. Κάθε φασματική περιοχή ανιχνεύεται και μετριέται από κατάλληλη συστοιχία ανιχνευτών η οποία είναι ευαίσθητη σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται μετατρέπεται σε ψηφιακά δεδομένα που αποθηκεύονται για περαιτέρω επεξεργασία.

β. Οπτικο-ηλεκτρονικοί σαρωτές (optical-electronic), οι οποίοι κατευθύνουν άμεσα την ακτινοβολία που προέρχεται από την σκηνή μέσω του φακού σε γραμμική ή επίπεδη συστοιχία ανιχνευτών. Οι οπτικο-ηλεκτρονικοί σαρωτές εντάσσονται στην κατηγορία των σαρωτών κατα μήκος της τροχιάς (along-track scanners) που χρησιμοποιούν την κίνηση του δορυφόρου με σκοπό την καταγραφή διαδοχικών γραμμών σάρωσης κάθετων στην διεύθυνση της τροχιάς και την σύνθεση μιας δισδιάστατης

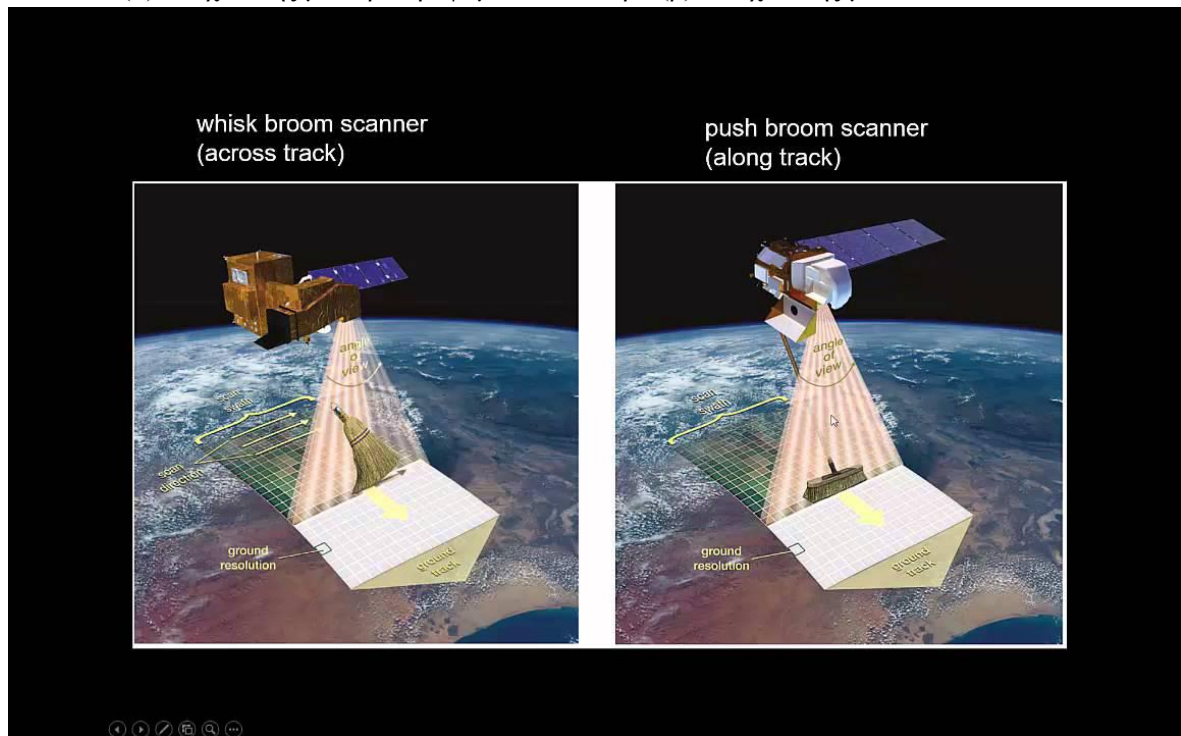
εικόνας. Έτσι αντί για κάτοπτρο σάρωσης, χρησιμοποιούν μια γραμμική συστοιχία ανιχνευτών τοποθετημένων στο εστιακό επίπεδο της εικόνας που δημιουργείται από τους φακούς, η οποία έπειτα ωθείται κατά μήκος της διεύθυνσης τροχιάς του δορυφόρου. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται σαρωτές σκούπας (pushbroom scanners), επειδή η κίνηση της συστοιχίας ανιχνευτών μοιάζει με την κίνηση των τριχών μιας σκούπας η οποία σκουπίζει το πάτωμα. Κάθε ανιχνευτής της συστοιχίας μετρά την ενέργεια που προέρχεται από ένα κελί ανάλυσης. Για την καταγραφή διάφορων φασματικών περιοχών χρησιμοποιούνται επιπλέον συστοιχίες ανιχνευτών. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)



Εικόνα 8 Τύποι τηλεπισκοπικών αισθητήρων.



Εικόνα 9 (α) Ανιχνευτής με περιστρεφόμενο κάτοπτρο (β) Ανιχνευτής με εστιακό επίπεδο



Εικόνα 10 (α) Σαρωτής με εγκάρσια τροχιά στην διεύθυνση. (β) Σαρωτής κατά μήκος της τροχιάς

1.4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Η διακριτική ικανότητα αποτελεί το βασικό χαρακτηριστικό των δορυφορικών αισθητήρων τύπου απεικονιστή (imagers). Αυτή διακρίνεται σε:

Χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution), η οποία ορίζεται ως η ικανότητα του ανιχνευτή να διακρίνει δυο αντικείμενα στη σκηνή που βρίσκονται πολύ κοντά και ποσοτικά ισούται με την μικρότερη απόσταση που μπορούν να έχουν δυο αντικείμενα ώστε οι διαστάσεις τους να διακρίνονται χωριστά και καθαρά ή το ελάχιστο μέγεθος που πρέπει να έχει ένα αντικείμενο για να μπορεί να ανιχνευθεί. Εκφράζεται συνήθως σε m ή km και καθορίζεται από την στιγμιαία γωνία κατόπτρευσης του αισθητήρα. Ως στιγμιαίο πεδίο κατόπτρευσης (Instantaneous field of view, IFOV) ονομάζεται η στερεά γωνία με την οποία ο αισθητήρας παρατηρεί την επιφάνεια της γης και καθορίζει τη περιοχή της γήινης επιφάνειας που κατοπτεύεται από συγκεκριμένο ύψος λήψης, σε μια δεδομένη στιγμή. Η περιοχή της γης που αντιστοιχεί στο στιγμιαίο πεδίο κατόπτρευσης καλείται κελί ανάλυσης (resolution cell) και είναι αυτό που καθορίζει τη χωρική διακριτική ικανότητα του αισθητήρα.

Το μέγεθος του κελιού ανάλυσης είναι δυνατό να υπολογιστεί αν πολλαπλασιαστεί το IFOV με την απόσταση του αισθητήρα από το έδαφος. Για να διακριθεί ένα ομογενές στοιχείο στην εικόνα θα πρέπει το μέγεθός του να είναι γενικά μεγαλύτερο ή ίσο από το κελί ανάλυσης της εικόνας. Η απόλυτη τιμή της χωρικής διακριτικής ικανότητας του ανιχνευτή μεταβάλλεται, διότι η γωνία κατόπτρευσης εξαρτάται από το ύψος του δορυφόρου και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα. Συνήθως οι δορυφόροι που βρίσκονται σε πολύ υψηλή τροχιά, αν και καταγράφουν μεγάλες περιοχές, έχουν μικρή χωρική διακριτική ικανότητα. Οι τιμές της χωρικής διακριτικής ικανότητας του ανιχνευτή αναφέρονται στο ίχνος του δορυφόρου στην επιφάνεια της γης. Για τις περιοχές της εικόνας που απέχουν από το ίχνος του δορυφόρου, η διακριτική ικανότητα του αισθητήρα μειώνεται, αφού αυξάνεται η απόσταση του δορυφόρου από το στόχο ενώ ταυτόχρονα προστίθεται γεωμετρική παραμόρφωση εξαιτίας της πανοραμικής παραμόρφωσης. Η χωρική διακριτική ικανότητα ενός αισθητήρα εξαρτάται και από το μήκος κύματος της προσλαμβανόμενης ακτινοβολίας. Καθώς η ενέργεια της ακτινοβολίας μειώνεται με την αύξηση του μήκους κύματος, οι θερμικοί αισθητήρες, δηλαδή οι αισθητήρες που καταγράφουν στη περιοχή της θερμικής υπέρυθρης ακτινοβολίας, έχουν μεγάλο στιγμιαίο πεδίο κατόπτρευσης ώστε να εξασφαλίσουν το ποσό ενέργειας που χρειάζεται για να γίνει μια αξιόπιστη μέτρηση. Για το λόγο αυτό, η χωρική διακριτική ικανότητα των περισσότερων θερμικών ανιχνευτών είναι μικρή. Έτσι για παράδειγμα, το θερμικό κανάλι (κανάλι 6) του Landsat-5 TM έχει χωρική διακριτική ικανότητα 120m σε αντίθεση με τα υπόλοιπα κανάλια στο ορατό, εγγύς και μέσο υπέρυθρο, των οποίων η διακριτική ικανότητα είναι 30m. Φασματική διακριτική ικανότητα (spectral resolution), η οποία σχετίζεται με το εύρος των περιοχών του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στις οποίες πραγματοποιεί καταγραφές ένας πολυφασματικός ανιχνευτής και τον αριθμό των φασματικών καναλιών που αυτός χρησιμοποιεί. Όσο μικρότερο είναι το εύρος της φασματικής περιοχής της ακτινοβολίας που έχει καταγραφεί τόσο μεγαλύτερη είναι η φασματική διακριτική ικανότητα του αισθητήρα σε ένα κανάλι. Όσο πιο μεγάλος ο αριθμός των ζωνών τόσο πιο μικρές σε εύρος είναι οι ζώνες.

Η φασματική διακριτική ικανότητα βοηθάει σημαντικά στο να διαχωρίσουμε τα είδη των επιφανειών μέσα στην εικόνα. Συγκρίνοντας τις φασματικές υπογραφές των αντικειμένων σε συγκεκριμένες περιοχές του φάσματος επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός τους. Ευρείες τάξεις, όπως υδάτινες επιφάνειες και

βλάστηση, μπορούν εύκολα να διαχωριστούν χρησιμοποιώντας φασματικές περιοχές με μεγάλο εύρος (π.χ. το ορατό και εγγύς υπέρυθρο). Κάποιες πιο εξειδικευμένες τάξεις, όπως τύποι πετρωμάτων, δεν δύναται να διαχωριστούν χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε από αυτές τις ευρείες φασματικές περιοχές και απαιτούν σύγκριση των αποκρίσεων τους σε πιο μικρές φασματικές περιοχές για να διαχωριστούν. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι ιδανικός ένας αισθητήρας με μεγαλύτερη φασματική ανάλυση, όπως π.χ. ο TM του Landsat.

Εξελιγμένοι πολυφασματικοί αισθητήρες, που καλούνται υπερφασματικοί (hyperspectral sensors), καταγράφουν σε πολύ μικρού εύρους φασματικές περιοχές στο ορατό, εγγύς και μέσο υπέρυθρο φάσμα. Η πολύ υψηλή φασματική διακριτική ικανότητα τους διευκολύνει το διαχωρισμό των γήινων επιφανειών με μεγάλη ανάλυση και ακρίβεια με βάση τη φασματική τους απόκριση σε κάθε μια από τις φασματικές αυτές περιοχές.

Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα (radiometric resolution), ονομάζεται η ευαισθησία του ανιχνευτή να ανιχνεύει διαφορές στην ισχύ του σήματος δηλαδή διαφορές στην ένταση της ανακλώμενης ή εκπεμπόμενης από την επιφάνεια της γης ακτινοβολία. Η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα του αισθητήρα είναι σημαντική γιατί η πραγματική πληροφορία που υπάρχει στα δορυφορικά δεδομένα καθορίζεται από τις ραδιομετρικές τιμές που καταγράφει ο αισθητήρας. Έτσι, η ακρίβεια στην ανίχνευση μεταβολών στο σήμα έχει άμεση σχέση με την δυνατότητα ανίχνευσης των αντίστοιχων μεταβολών στα φυσικά χαρακτηριστικά των επιφανειών.

Οι ραδιομετρικές τιμές που καταγράφει ο αισθητήρας μετατρέπονται σε ψηφιακές τιμές που παίρνουν τιμές από 0 έως μία τιμή η οποία αποτελεί δύναμη του 2 (2^x). Η τιμή x , στην οποία υψώνεται το 2 για να δώσει το εύρος των ψηφιακών τιμών, καθορίζεται από τον αριθμό των bits που χρησιμοποιούνται για τη κωδικοποίηση των αριθμών σε bytes. Έτσι, εάν ένας αισθητήρας χρησιμοποιεί 8 bits σε κάθε byte για την κωδικοποίηση των δεδομένων, τότε θα υπάρχουν $2^8=256$ ψηφιακές τιμές διαθέσιμες σε κάθε byte, που θα κυμαίνονται από 0 έως 255. Αν χρησιμοποιηθούν 10 bits, τότε θα είναι διαθέσιμες $2^{10}=1024$ ψηφιακές τιμές διαθέσιμες σε κάθε byte που θα κυμαίνονται από 0 έως 1023. Στην περίπτωση αυτή η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα του αισθητήρα θα είναι μεγαλύτερη. Τα δορυφορικά δεδομένα που προέρχονται από απεικονιστές, συνήθως απεικονίζονται με διαφορετικούς τόνους του γκρι σε εικόνες, οι οποίοι είναι ανάλογοι των ψηφιακών τιμών των δεδομένων, με το 0 να αντιστοιχεί στο μαύρο και το 255 στο λευκό, στη περίπτωση δεδομένων 8-bit. Χρονική διακριτική ικανότητα (temporal resolution), η οποία σχετίζεται με το πόσο συχνά λαμβάνονται εικόνες για την ίδια περιοχή. Η χρονική διακριτική ικανότητα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της τροχιάς του δορυφόρου και κυμαίνεται από λίγα λεπτά (π.χ. 15' για τον MSG) για τους γεωστάσιμους δορυφόρους μέχρι μερικές βδομάδες για τους δορυφόρους πολικής τροχιάς (π.χ. 18 ημέρες για τον Landsat-5).

Η συχνότητα λήψης εικόνων μιας περιοχής είναι μια σημαντική παράμετρος σε πολλές εφαρμογές. Η δορυφορική τηλεπισκόπηση έχει τη δυνατότητα καταγραφής σειράς διαδοχικών εικόνων, και με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η παρακολούθηση αλλαγών στην επιφάνεια της γης. Σε μεταβολές που εξελίσσονται αργά στο χρόνο, όπως αυτές των χρήσεων και της κάλυψης γης δεν είναι απαραίτητη η μεγάλη χρονική διακριτική ικανότητα του δορυφορικού συστήματος. Σε ορισμένες εφαρμογές, όμως, όπως στη μετεωρολογία και στις φυσικές καταστροφές (πλημμύρες, πυρκαγιές κ.α.), στις οποίες

παρακολοθούνται δυναμικά φαινόμενα με γρήγορη εξέλιξη στο χρόνο, η παράμετρος της χρονικής διακριτικής ικανότητας είναι σημαντική, πολλές φορές περισσότερο και από οποιαδήποτε άλλη παράμετρο. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 **ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ**

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

Οι δορυφόροι είναι μη επανδρωμένα διαστημικά μηχανήματα, που εκτοξεύονται από τους ανθρώπους με τη βοήθεια πυραύλων σε κατάλληλες τροχιές, για να εξυπηρετήσουν το σκοπό της εκάστοτε αποστολής.

2.2 ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

Οι δορυφόροι χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

1)Τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι: είναι μη επανδρωμένοι τεχνητοί δορυφόροι και μέσω αυτών παρέχονται τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες.

2)Μετεωρολογικοί δορυφόροι: είναι μη επανδρωμένοι τεχνητοί δορυφόροι οι οποίοι μας δίνουν τη δυνατότητα να παρακολουθούμε και να προβλέψουμε τα γήινα καιρικά φαινόμενα.

3) Τηλεπισκοπικοί δορυφόροι: είναι και αυτοί επανδρωμένοι τεχνητοί δορυφόροι οι οποίοι κινούνται σε τροχιά γύρω από τη γη και συλλέγουν σε καθημερινή βάση εικόνες σε διάφορα τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Οι εικόνες που λαμβάνονται από δορυφόρους προσφέρουν μία μοναδική άποψη όχι μόνο της Γης, αλλά και των αποτελεσμάτων της ανθρώπινης παρέμβασης σε αυτή.

Οι τηλεπισκοπικοί δορυφόροι χωρίζονται στους δορυφόρους χαμηλής τροχιάς και στους δορυφόρους υψηλής τροχιάς.

2.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΕΝΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ

A. ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ

Για να σταθεροποιηθεί ένας δορυφόρος, έχει ένα σύστημα που τον κρατά ομοιόμορφα εντός της τροχιάς του, καθώς διαφορετικά, οι μετρήσεις και οι εικόνες ενός δορυφόρου θα είναι ανακριβείς και συγκεχυμένες εάν αυτός δεν είναι σταθερός. Για να διατηρούνται σταθεροί, οι δορυφόροι χρησιμοποιούν συχνά περιστροφική ή γυροσκοπική κίνηση.

B. ΣΩΜΑ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ

Το σώμα του δορυφόρου, είναι επίσης γνωστό και ως λεωφορείο του δορυφόρου, περιλαμβάνει όλο τον επιστημονικό εξοπλισμό και άλλα απαραίτητα συστατικά του δορυφόρου. Οι δορυφόροι συνδυάζουν πολλά διαφορετικά υλικά που αποτελούν τα συστατικά μέρη τους. Δεδομένου ότι οι δορυφόροι είναι ουσιαστικά κομμάτια του επιστημονικού ή εξοπλισμού επικοινωνιών που πρέπει να πάει στο διάστημα,

οι μηχανικοί πρέπει να σχεδιάσουν ένα λεωφορείο που θα μεταφέρει τον εξοπλισμό ακίνδυνα στο διάστημα.

Υπάρχουν διάφορα σημεία που οι μηχανικοί πρέπει να προσέξουν κατά την επιλογή των υλικών για το λεωφορείο του δορυφόρου.

Μεταξύ αυτών είναι:

Εξωτερικό στρώμα: προστατεύει το δορυφόρο από τις συγκρούσεις με μικρομετεωρίτες ή άλλα μόρια που αιωρούνται στο διάστημα

- Αντιραδιενεργή προστασία: προστασία του δορυφόρου από την ακτινοβολία του ήλιου
- Θερμική κάλυψη: χρησιμοποίηση της θερμικής κάλυψης για να διατηρείται ο δορυφόρος στην ιδανική θερμοκρασία που χρειάζονται τα όργανα για να λειτουργήσουν ομαλά
- Σύστημα απομάκρυνσης της θερμότητας μακριά από τα ζωτικής σημασίας όργανα του δορυφόρου
- Δομική υποστήριξη
- Σύνδεση των υλικών

Γενικά, όσο μικρότερος είναι ένας δορυφόρος, τόσο καλύτερος είναι. Κατά την επιλογή των υλικών για το κυρίως σώμα του, συνήθως λαμβάνονται υπόψη και οι ακόλουθοι παράγοντες: κόστος, βάρος, μακροζωία (πόσο καιρό θα αντέξει το υλικό), και εάν το υλικό έχει αποδειχθεί λειτουργικό σε άλλους δορυφόρους πριν.

Γ. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Όλοι οι δορυφόροι πρέπει να έχουν μερικούς τρόπους επικοινωνίας με τη Γη, καθώς ο δορυφόρος πρέπει να είναι σε θέση να λαμβάνει οδηγίες και να διαβιβάζει πληροφορίες που συλλέγει, αλλά και να μπορεί να αναμεταδώσει τις πληροφορίες που στέλνονται σε αυτόν σε μια άλλη περιοχή στη γη. Αυτό γίνεται γενικά χρησιμοποιώντας κάποιο τύπο κεραίας.

Οι κεραίες είναι απλό κομμάτι του εξοπλισμού, που επιτρέπει τη μετάδοση και την υποδοχή των ραδιοσημάτων. Δεδομένου ότι οι πληροφορίες μεταδίδονται χρησιμοποιώντας τα ραδιοκύματα, τα οποία κινούνται με την ταχύτητα του φωτός, αυτή η μέθοδος επιτρέπει πολύ γρήγορες επικοινωνίες, με μία πολύ μικρή χρονική καθυστέρηση.

Δ. ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

Όλοι οι δορυφόροι έχουν υπολογιστή, ο οποίος επεξεργάζεται τις πληροφορίες που συλλέγονται από το δορυφόρο, και ελέγχει τα διάφορα συστήματά του. Το δορυφορικό υποσύστημα που εκπληρώνει αυτόν τον ρόλο καταγράφει κάθε δραστηριότητα του δορυφόρου, λαμβάνει τις πληροφορίες από τον επίγειο σταθμό, και φροντίζει οποιαδήποτε γενική συντήρηση που πρέπει να κάνει ο δορυφόρος.

Ε. ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Κάθε δορυφόρος χρειάζεται κάποια πηγή ενέργειας, η οποία συνήθως είναι:

- Ηλιακοί συλλέκτες
- Μπαταρίες

- Πυρηνική ενέργεια - Γεννήτριες θερμότητας

https://el.wikipedia.org/wiki/Τεχνητός_δορυφόρος

2.2.2 ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΧΑΜΗΛΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ (LEO)

Οι δορυφόροι χαμηλής τροχιάς (low-level earth observation satellites, LEOs) περιστρέφονται γύρω από τη γη. Το ύψος τους είναι 800 – 1500 km από την επιφάνεια της γης. Συμπληρώνουν τον κύκλο της τροχιάς τους σε 15 λεπτά. Βάση των χαρακτηριστικών τους μπορούν να διαχωριστούν σε :

α. Ισημερινής τροχιάς (equatorial-orbiting satellites), των οποίων η τροχιά είναι μέσα στο ισημερινό επίπεδο.

β. Πολικής τροχιάς (equatorial-orbiting satellites), των οποίων η τροχιά βρίσκεται στο επίπεδο που διέρχεται από τον άξονα της γης δηλαδή η απόκλιση της τροχιάς τους είναι 90 μοίρες. Η τροχιά αυτού του είδους είναι σπάνια και χρησιμοποιείται για αποστολές που έχουν ως σκοπό την παρατήρηση μεσημβρινών ζωνών σε όλες τις δυνατές συνθήκες φωτισμού.

γ. Πλάγιας ή σχεδόν πολικής τροχιάς (oblique-orbiting or near-polar orbit satellites), των οποίων η απόκλιση της τροχιάς είναι διαφορετική των 90 μοίρων. Οι περισσότεροι δορυφόροι που είναι σε τροχιά υπάγονται σε αυτή την κατηγορία

Πλεονεκτήματα

- α. μικρότερο κόστος εκτόξευσης-τροχιοθέτησης, κατανάλωσης ενέργειας
- β. μικρές καθυστερήσεις στη μετάδοση
- γ. ασήμαντα σφάλματα (path loss errors)
- δ. λήψη σήματος από αδύνατους πομπούς

Μειονεκτήματα

- α. μικρός χρόνος ζωής (1-3 μήνες), ανάγκη για αντικατάσταση
- β. συγκρούσεις των ζωνών ραδιοσυχνότητας, παρεμβολές στην μετάδοση του σήματος

Αυτού του είδους οι δορυφόροι είναι συμφέροντες για επιχειρήσεις που έχουν διάσπαρτα τμήματα, στην περίπτωση που θέλουν να αποκτήσουν ένα ολοκληρωμένο δίκτυο.

2.2.3 ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΜΕΣΑΙΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ (ΜΕΟ)

Είναι δορυφόροι οι οποίοι κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τη γη, οπότε δεν φαίνονται στατικοί από κάποιο σημείο. Βρίσκονται σε τροχιές μεταξύ των LEO και GEO, ύψους από 6.000-12.000 μίλια. Συμπληρώνουν τον κύκλο της τροχιάς τους σε 2-4 ώρες. Έχουν ίδια τεχνολογία μετάδοσης με τους LEO.

Πλεονεκτήματα

- α. μέτριο κόστος τροχιοθέτησης
- β. μεσαίες καθυστερήσεις στη μετάδοση

Μειονεκτήματα

- α. τακτικά σφάλματα (path loss errors)

2.2.4 ΓΕΩΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΜΕΓΑΛΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ (GEO)

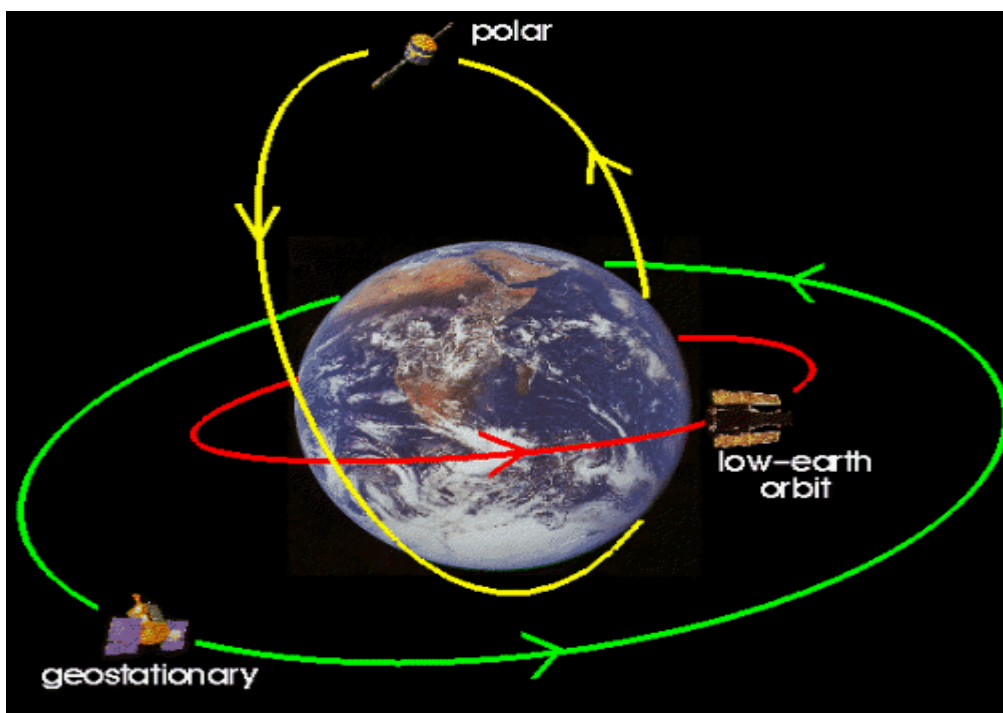
Οι δορυφόροι υψηλής τροχιάς (high level earth observation satellites) περιστρέφονται γύρω από τη γη, στο επίπεδο του ισημερινού της γης, σε ύψος περίπου στα 36000 km. Στη τροχιά αυτή, ο δορυφόρος κινείται με γωνιακή ταχύτητα ίση με αυτή της γης και έτσι μένει στάσιμος πάνω από μια περιοχή γης, και για αυτό το λόγο ονομάστηκε γεωστάσιμος (geostationary earth observation satellites, GEOs). Όμως το πολύ μεγάλο ύψος τροχιάς των γεωστάσιμων δορυφόρων περιορίζει αρκετά τη χωρική διακριτική ικανότητα των αισθητήρων τους.

Πλεονεκτήματα

- α. καλύπτει το 42,2% της γήινης επιφάνειας
- β. «βλέπει» πάντα την ίδια περιοχή
- γ. δεν έχει προβλήματα εξαιτίας του φαινομένου Ντόπλερ
- δ. δυνατότητα μετάδοσης σήματος (σημείο-πολυσημειακή σύνδεση)

Μειονεκτήματα

- α. τροχιά μεγάλης περιφέρειας
- β. ακριβοί σταθμοί σε σχέση με τα ασθενή σήματα



Εικόνα 11 Δορυφόροι υψηλής – μέσης – χαμηλής τροχιάς.

2.3 ΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ LANDSAT

Ο πρώτος δορυφόρος της σειράς Landsat (Land Satellite) ονομάστηκε **ERST-1** (Earth Resource Technology Satellite) και εκτοξεύτηκε το 1972 με σκοπό την απόκτηση πληροφοριών για τις πλουτοπαραγωγικές πηγές της γης. Στη συνέχεια εκτοξεύθηκε ο **ERST-2** το 1975, ο οποίος μετονομάστηκε σε Landsat-2 για να διαχωρίζεται από τον ωκεανογραφικό δορυφόρο Seasat, και τέλος το 1978 εκτοξεύθηκε ο δορυφόρος **Landsat-3**. Οι δορυφόροι Landsat-1, 2, 3 είχαν παρόμοια χαρακτηριστικά στη λειτουργία τους και ονομάστηκαν δορυφόροι πρώτης γενιάς. Για μία πλήρη κάλυψη της γης μέσω των δορυφόρων Landsat-1, 2, 3 απαιτούνται 18 ημέρες. Ο κύριος αισθητήρας των δορυφόρων πρώτης γενιάς ήταν ο πολυφασματικός σαρωτής MSS (Multispectral Scanner Subsystem).

Οι δορυφόροι **Landsat-4** και **Landsat-5** εκτοξεύθηκαν το 1982 και το 1984 αντίστοιχα, αποτελούν τους δορυφόρους δεύτερης γενιάς της σειράς Landsat και χρειάζονται 16 ημέρες για μια πλήρης κάλυψη της γης. Οι αισθητήρες τους είναι ο MSS και ο TM (Thematic Mapper).

Ο **Landsat 6** δεν κατάφερε να τεθεί σε τροχιά εξαιτίας κάποιας βλάβης.

Ο **Landsat 7** εκτοξεύθηκε το 1999 και από τότε βρίσκεται σε συνεχή λειτουργία. Περιέχει το βελτιωμένο θεματικό χαρτογράφο ETM⁺ (Enchanted Thematic Mapper plus) και οι αισθητήρες του καταγράφουν ακτινοβολία σε επτά κανάλια, ίδια με αυτά του TM του Landsat 5, με τη διαφορά ότι έχει βελτιωμένη χωρική διακριτική ικανότητα στο θερμικό κανάλι 6 (60m). Στο βελτιωμένο θεματικό χαρτογράφο ETM⁺ προστέθηκε ένα παγχρωματικό κανάλι (0.52-0.90μm) και έχει ανάλυση 15m. Όμως στις 31 Μαΐου 2003, ο διορθωτής της γραμμής σάρωσης SLC (Scan Line Corrector), ο οποίος αντισταθμίζει την εμπρόσθια κίνηση του δορυφόρου Landsat 7, βγήκε εκτός λειτουργίας. Μετέπειτα προσπάθειες για την ανάκτησή του δεν ήταν επιτυχείς και έτσι η δυσλειτουργία ήταν μόνιμη. Χωρίς την λειτουργία του SLC, το στικό

πεδίο του ETM⁺ πλέον απεικονίζει ένα μοτίβο από ζιγκ ζαγκ κατά μήκος της επίγειας γραμμής που ακολουθεί ο δορυφόρος. Ως αποτέλεσμα η περιοχή που απεικονίζεται εμφανίζεται διπλή, με πλάτος που αυξάνει προς τις άκρες της εικόνας. Ωστόσο ο Landsat 7 ETM⁺ συνέχισε να βρίσκεται σε λειτουργία καθώς ήταν ικανός να λαμβάνει χρήσιμα δεδομένα με το SLC εκτός λειτουργίας, ειδικά στο κεντρικό κομμάτι κάθε εικόνας.

(Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)

Ο δορυφόρος **Landsat 8** εκτοξεύθηκε στις 11 Φεβρουαρίου 2013 από την αεροπορική βάση Vandenberg στην Καλιφόρνια, και αναπτύχθηκε από τη NASA σε συνεργασία με τη γεωλογική υπηρεσία των ΗΠΑ (USGS). Η NASA ανέλαβε τον σχεδιασμό, την κατασκευή, την εκτόξευση και τα εν τροχιά στάδια βαθμονόμησης του δορυφόρου. Στις 30 Μαΐου 2013 το USGS ανέλαβε τις διαδικασίες λειτουργίας του δορυφόρου και πλέον, οι διαδικασίες βαθμονόμησης, ο δορυφορικός χειρισμός, η παραγωγή και η αποθήκευση δεδομένων είναι αντικείμενο εργασίας του USGS. Ο Landsat 8 μεταφέρει δύο όργανα καταγραφής : i) το Operational Land Imager (OLI) και ii) το Thermal Infrared Sensor (TIRS).

Μερικά από τα χαρακτηριστικά του είναι :

1.Περισσότερα από 16 κανάλια συνεχών λήψεων. Το μεγαλύτερο τμήμα της γης έχει συλλεχθεί περισσότερες από 350 φορές.

2.Οκτώ φασματικά κανάλια στο ανακλώμενο τμήμα του φάσματος με ανάλυση 30m και ταυτόχρονη λήψη του παγχρωματικού καναλιού με ανάλυση 15m.

3.Δύο θερμικά κανάλια με ανάλυση 100m.

Τα εργαλεία των δορυφόρων Landsat έχουν πάρει εκατομύρια εικόνες οι οποίες αποτελούν μοναδική πηγή πληροφοριών για την έρευνα της παγκόσμιας αλλαγής και εφαρμογές στη γεωργία, χαρτογραφία, γεωλογία, χωροταξία, εποπτεία, εκπαίδευση και εθνική ασφάλεια.

Οι αισθητήρες υψηλής ανάλυσης των δορυφόρων Landsat είναι ότι καλύτερο διαθέτουμε για την ταξινόμηση των περιοχών και έχουν συμβάλει σημαντικά στην ανάπτυξη αυτού του γνωστικού πεδίου. Είναι εξοπλισμένοι με 3 κανάλια στην περιοχή του ορατού φάσματος και άλλα 3 στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου όπου η ατμόσφαιρα είναι ημιδιαφανής.

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3964/1/02_chapter_4.pdf

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΟΥΡΥΦΟΡΩΝ LANDSAT-1,2,3,4,5,7,8

ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ	ΚΑΝΑΛΙΑ	ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	ΧΩΡΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΚ.
		LANDSAT-1 ΚΑΙ 2			
RVB	1	πράσινο	0.475-0.575 μm	30m x 30m	
RVB	2	κόκκινο	0.58-0.68 μm	30m x 30m	
RVB	3	κοντινό υπέρυθρο	0.69-0.83 μm	30m x 30m	
MSS	4	πράσινο	0.5-0.6 μm	79m x 79m	
MSS	5	κόκκινο	0.6-0.7 μm	79m x 79m	
MSS	6	κοντινό υπέρυθρο	0.7-0.8 μm	79m x 79m	

*Διαχρονική παρακολούθηση των μεταβολών των χρήσεων γης
στο Δήμο Χανίων, με χρήση λόγων φασματικών καναλιών του δορυφόρου Landsat.
ΜΑΝΑΤΑΚΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ – ΔΡΑΓΑΤΟΓΙΑΝΝΗ ΕΥΓΕΝΙΑ*

MSS	7	κοντινό υπέρυθρο	0.8-1.1 μm	79m x 79m
		LANDSAT-3		
RVB	PAN	παγχρωματικό	0.5-0.75 μm	30m x 30m
MSS	4	πράσινο	0.5-0.6 μm	79m x 79m
MSS	5	κόκκινο	0.6-0.7 μm	79m x 79m
MSS	6	κοντινό υπέρυθρο	0.7-0.8 μm	79m x 79m
MSS	7	κοντινό υπέρυθρο	0.8-1.1 μm	79m x 79m
MSS	8	θερμικό υπέρυθρο	10.4-12.6 μm	234m x 234m
		LANDSAT-4 ΚΑΙ 5		
TM	1	μπλέ-πράσινο	0.45-0.52 μm	30m x 30m
TM	2	πράσινο	0.52-0.6 μm	30m x 30m
TM	3	κόκκινο	0.63-0.69 μm	30m x 30m
TM	4	κοντινό υπέρυθρο	0.76-0.90 μm	30m x 30m
TM	5	μέσο υπέρυθρο	1.55-1.75 μm	30m x 30m
TM	6	θερμικό υπέρυθρο	10.40-12.50 μm	120m x 120m
TM	7	μέσο υπέρυθρο	2.08-2.35 μm	30m x 30m
MSS	4	πράσινο	0.5-0.6 μm	79m x 79m
MSS	5	κόκκινο	0.6-0.7 μm	79m x 79m
MSS	6	κοντινό υπέρυθρο	0.7-0.8 μm	79m x 79m
MSS	7	κοντινό υπέρυθρο	0.8-1.1 μm	79m x 79m
		LANDSAT-7		
TM	PAN	παγχρωματικό	0.52-0.90 μm	15m x 15m
TM	1	μπλε	0.45-0.72 μm	30m x 30m
TM	2	πράσινο	0.52-0.60 μm	30m x 30m
TM	3	κόκκινο	0.63-0.69 μm	30m x 30m
TM	4	κοντινό υπέρυθρο	0.76-0.90 μm	30m x 30m
TM	5	μέσο υπέρυθρο	1.55-1.75 μm	30m x 30m
TM	6	θερμικό υπέρυθρο	10.40-12.50 μm	60m x 60m
TM	7	μέσο υπέρυθρο	2.08-2.35 μm	30m x 30m
		LANDSAT-8		
OLI	1	βαθύ μπλε	0.43-0.45 μm	30m x 30m
OLI	2	μπλε	0.450-0.51 μm	30m x 30m
OLI	3	πράσινο	0.53-0.59 μm	30m x 30m
OLI	4	κόκκινο	0.64-0.67 μm	30m x 30m
OLI	5	κοντινό υπέρυθρο	0.85-0.88 μm	30m x 30m
OLI	6	μέσο υπέρυθρο	1.57-1.65 μm	30m x 30m
OLI	7	μέσο υπέρυθρο	2.11-2.29 μm	30m x 30m
OLI	8	παγχρωματικό	0.5-0.68 μm	15m x 15m
OLI	9	νεφοκάλυψη	1.36-1.38 μm	30m x 30m
TIRS	10	θερμικό υπέρυθρο	10.6-11.19 μm	100m x 100m

TIRS	11	θερμικό υπέρυθρο	11.5-12.51 μm	100m x 100m
------	----	------------------	---------------	-------------

ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ LANDSAT

Ημερομηνία εκτόξευσης	Διακοπή λειτουργίας	Συστήματα απεικόνισης
Landsat-1 (23/6/72)	6/1/78	MSS, RBV
Landsat-2 (22/1/75)	5/2/82	MSS, RBV
Landsat-3 (5/3/78)	31/3/83	MSS, RBV
Landsat-4 (16/7/82)	Σταδιακή διακοπή	TM, MSS
Landsat-5 (1/3/84)	Σε λειτουργία	TM, MSS
Landsat-7 (15/4/99)	Σε λειτουργία	TM, MSS
Landsat-8 (11/2/13)	Σε λειτουργία	OLI, TIRS

2.4 ΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ LANDSAT

Οι τηλεπισκοπικοί αισθητήρες των δορυφόρων Landsat από τον Landsat-1 έως και τον Landsat-8 είναι οι:

1. **RVB** (Return Beam Vidicon Cameras)
2. **MSS** (Multispectral Scanner Subsystem)
3. **TM** (Thematic Mapper)
4. **ETM+** (Enhanced Thematic Mapper plus)
5. **OLI** (Operational Land Imager) / **TIRS** (Thermal Infrared Sensor)

1. RVB (Return Beam Vidicon Cameras)

Το **Return Beam Vidicon (RBV)** λειτουργούσε στους δορυφόρους Landsat 1 και 2 και συγκέντρωνε περίπου 1.600 εικόνες σε ανάλυση 80 μέτρων. Η αρχική διαμόρφωση του αισθητήρα RBV χρησιμοποίησε τρεις ανεξάρτητες κάμερες, καθεμία από τις οποίες ανιχνεύει ένα διαφορετικό φασματικό μήκος κύματος όπως (0,48 έως 0,83, 0,48 έως 0,57, 0,58 έως 0,68 και 0,70 έως 0,83 μικρόμετρα). Τα δεδομένα Landsat 1 και 2 RBV καταγράφηκαν σε κυλίνδρους ασπρόμαυρης μεμβράνης των 70 χιλιοστών (mm) στο Εθνικό Κέντρο Αεροπορίας και Διαστημικής Διοίκησης της Εθνικής Αεροναυτικής

και Διαστήματος (NASA) και παραδόθηκαν στην Αμερικανική Γεωλογική Έρευνα (USGS) Earth Observation and Science (EROS) Κέντρο αρχειοθέτησης και διανομής χρηστών.

Ο αισθητήρας RBV χρησιμοποίησε όργανα σωλήνα vidicon που περιείχαν μια ηλεκτρονική συσκευή που διαβάζει εικόνες από μια φωτοαγωγίμη πρόσοψη παρόμοια με τις τηλεοπτικές κάμερες. Η ροή δεδομένων που λαμβάνεται από τον δορυφόρο ήταν προεπεξεργασμένη αναλογικά προς ψηφιακή για να διορθώσει τα ραδιομετρικά και γεωμετρικά σφάλματα. Το σύστημα RBV επανασχεδιάστηκε για το Landsat 3 για να χρησιμοποιήσει μια διάταξη δύο καμερών συναρμολογημένη παράπλευρα, η οποία απέκτησε τέσσερις υπο-σκηνές μέσα στο οπτικό πεδίο μιας σκηνής πολυφασματικού σαρωτή (MSS). Η χωρική ανάλυση Landsat 3 RBV είναι 40 μέτρα με φασματικό μήκος κύματος 0,505 έως 0,75 μικρομέτρων. Τα δεδομένα Landsat 3 καταγράφηκαν επίσης σε ταινία 70 mm μέχρις ότου το σύστημα επεξεργασίας ψηφιακών εικόνων EROS (EDIPS) ξεκίνησε να λειτουργεί το 1979. Οι συσκευές εγγραφής laser beams EROS (LBRs) κατέγραψαν δεδομένα MSS και RBV σε κυλίνδρους ταινιών των 28 micron έως 9 ιντσών και οι εικόνες που έχουν τεθεί σε αρχειοθέτηση, παραμένουν ένα βιώσιμο αρχείο στο ψηφιακό αρχείο MSS. Ωστόσο, όλα τα δεδομένα ψηφιακού αρχείου RBV δεν υπάρχουν πια λόγω έλλειψης συμβατότητας με τον υπολογιστή . Η τελευταία γνωστή συλλογή ταινιών RBV απορρίφθηκε το 2003. ([Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013](#))

2. MSS (Multispectral Scanner Subsystem)

Ο πολυφασματικός σαρωτής **MSS** ήταν ο βασικός αισθητήρας των δορυφόρων πρώτης γενιάς. Ο σαρωτής αυτός είχε την δυνατότητα να καταγράφει δεδομένα σε τέσσερα διαφορετικά φασματικά κανάλια, εκ των οποίων τα δύο ήταν στην περιοχή του ορατού ενώ τα άλλα δύο στην περιοχή του εγγύς υπερίθρου. Ένα ακόμα κανάλι προστέθηκε στην περιοχή του θερμικού υπερίθρου, το οποίο υπολείτουργησε λόγω τεχνικών προβλημάτων. Η χωρική διακριτική ικανότητα των τεσσάρων αυτών καναλιών ήταν 79m x 79m και η ραδιομετρική ανάλυση των τελικών εικόνων ήταν 6-bits(0-64). Αυτά τα κανάλια του MSS αριθμήθηκαν ως 4, 5, 6 και 7 επειδή οι τρεις πρώτοι αριθμοί αποδόθηκαν στις 3 κάμερες του RVB που έφεραν οι δορυφόροι παρόμοιες με αυτές της τηλεόρασης, οι οποίες λάμβαναν δεδομένα σε διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και πιο συγκεκριμένα από 0.48-0.83 μm. Η τελική εικόνα είχε διαστάσεις 185 km x 185 km. ([Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013](#))

3. TM (Thematic Mapper)

Ο θεματικός χαρτογράφος **TM** είναι ένας πολυφασματικός γραμμικός σαρωτής σαν τον MSS αλλά με σημαντικές βελτιώσεις. Οι αισθητήρες του TM καταγράφουν την ακτινοβολία σε 7 κανάλια και γι' αυτό το λόγο διαθέτει καλύτερη φασματική διακριτική ικανότητα. Τα κανάλια 1, 2 και 3 ανήκουν στο ορατό τμήμα του φάσματος ενώ τα κανάλια 4, 5 και 7 ανήκουν στο ανακλώμενο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος. Η προσθήκη του καναλιού 1 (μπλε) έδωσε την δυνατότητα για την δημιουργία αληθών έγχρωμων εικόνων, κάτι που δεν μπορούσε να αποδώσει ο MSS. Το κανάλι 6 ανήκει στο θερμικό τμήμα του φάσματος και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για θερμική χαρτογράφηση. Τα κανάλια αυτά καταγράφουν τις πληροφορίες που δέχονται με ανάλυση 30 m εκτός από το κανάλι 6 το οποίο καταγράφει με ανάλυση 120 m.

Ο TM χρησιμοποιεί 16 ανιχνευτές για κάθε κανάλι με σκοπό την καταγραφή δεδομένων, εκτός από το θερμικό κανάλι που χρησιμοποιεί 4 ανιχνευτές, σε αντίθεση με το MSS που έχει 6 ανιχνευτές για κάθε

κανάλι. Ο TM έχει συνολικά 100 ανιχνευτές ενώ ο MSS μόλις 24. Ένα ακόμα βελτιωμένο χαρακτηριστικό του TM είναι η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα καθώς η εικόνα του TM είναι 8-bits (0-255) που αντιστοιχεί σε τετραπλάσια αύξηση της τιμής της κλίμακας του γκρι σε σχέση με τους 64 τόννους (αποχρώσεις) που αποδιδόταν η εικόνα στο MSS.

Τέλος, υπήρξε βελτίωση και στην γεωμετρία λήψης και αυτό είχε ως αποτέλεσμα να απαιτούνται λιγότερες γεωμετρικές διορθώσεις στα δεδομένα του TM, γεγονός που προσφέρει δυνατότητα αξιοποίησης των δεδομένων του σε μεγαλύτερες χωρικές κλίμακες. (https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3960/1/helpdesk-master_doc.pdf)

4. ETM+ (Enhanced Thematic Mapper plus)

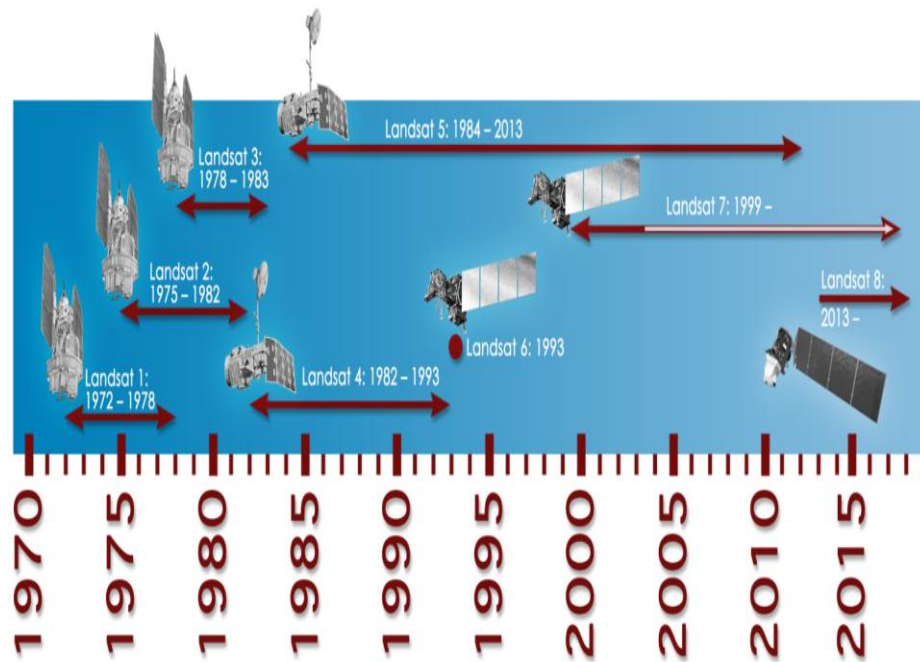
Για να παρέχει συνέχεια δεδομένων με τους Landsat -4 και -5, ο ETM ενσωμάτωσε τις ίδιες επτά φασματικές ζώνες και τις ίδιες χωρικές διακριτικές ικανότητες με τον TM. Η κυριότερη βελτίωσή του ήταν η πρόσθεση ενός όγδοου παγχρωματικού καναλιού, το οποίο λειτουργούσε στο εύρος από 0.52 – 0.90 μm με χωρική διακριτική ικανότητα 15 m. Στον τελευταίο η χωρική διακριτική ικανότητα του θερμικού καναλιού βελτιώθηκε και από τα 120 έφθασε στα 60m. Μία σημαντική λειτουργία των δύο αυτών δεκτών είναι ότι η ευαισθησία τους ρυθμίζεται από το έδαφος ανάλογα με την φωτεινότητα της περιοχής που απεικονίζεται. Έτσι επιτυγχάνεται μεγάλη βελτίωση της ποιότητας των απεικονίσεων. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)

5. OLI (Operational Land Imager) / TIRS (Thermal Infrared Sensor)

Ο OLI είναι ένας αισθητήρας που περιλαμβάνει τρεις ζώνες: μία ζώνη στο βαθύ μπλε για μελέτες που αφορούν παράκτια / αεροζόλ, μια ζώνη μικρού μήκους κύματος υπέρυθρων με σκοπό την ανίχνευση νεφών cirrus, και ένα θεματικό πλεγματοειδές επίπεδο πληροφορίας για ποσοτικές πληροφορίες (Quality Assessment). Παρουσιάζει μεγαλύτερη φασματική και ραδιομετρική διακριτική ικανότητα σε σχέση με το Landsat 7.

Ο θερμικός υπέρυθρος αισθητήρας TIRS έχει δύο θερμικές ζώνες (high and low gain). Ο αισθητήρας TIRS του Landsat 8 παρέχει την δυνατότητα συλλογής δεδομένων σε δύο πιο στενές φασματικές ζώνες στην θερμική περιοχή, ενώ στους προγενέστερους δορυφόρους (Landsat 7) καλύπτονταν από μία ευρεία φασματική ζώνη.

Δηλαδή ο Landsat 7 έχει δύο καταγραφές στο θερμικό κανάλι που έχουν την ίδια φασματική δειγματοληψία αλλά διαφορετική ραδιομετρική διακριτική ικανότητα. Αντίθετα ο Landsat 8 χωρίζει το φασματικό εύρος 10.40 -12.50 μm σε δυο κανάλια όμως οι θερμικές εικόνες του Landsat 8 έχουν μικρότερη χωρική διακριτική ικανότητα (100 μέτρα) από τις θερμικές καταγραφές του Landsat 7 (60 μέτρα). Έτσι ο Landsat 8 έχει βελτιωμένη φασματική δειγματοληψία και στο θερμικό παρ'όλο που υστερεί σε αυτό το τμήμα του φάσματος ως προς την χωρική διακριτική ικανότητα που είναι κατά 40% μικρότερη από τις θερμικές καταγραφές του Landsat 7. (<http://kypseli-testing.ouc.ac.cy/handle/11128/1878?locale-attribute=el>)



Εικόνα 12 Χρονολογία εκτόξευσης και περιόδος λειτουργίας όλων των δορυφόρων Landsat.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΦΑΣΜΑΤΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ

Οι μετασχηματισμοί πολυφασματικών εικόνων είναι τεχνικές επεξεργασίας των δορυφορικών δεδομένων με σκοπό τη δημιουργία νέων εικόνων οι οποίες να παρέχουν περισσότερες πληροφορίες από τις αρχικές εικόνες. Ουσιαστικά οι μετασχηματισμένες εικόνες μπορούν να αναδείξουν χαρακτηριστικά του χώρου τα οποία δεν ήταν διακριτά στις αρχικές εικόνες ή να συμπιέσουν μεγάλο όγκο πληροφοριών σε μικρότερο αριθμό καναλιών. Οι μετασχηματισμοί αυτοί εφαρμόζονται είτε σε μία πολυφασματική εικόνα είτε σε δύο ή περισσότερα φασματικά κανάλια, της ίδιας περιοχής, που έχουν αποκτηθεί σε διαφορετικές χρονικές στιγμές (διαχρονικά δεδομένα).
https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1847/1/08_chapter_7.pdf

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας παρέχει μεγάλο εύρος δυνατών μετασχηματισμών των πολυφασματικών δορυφορικών δεδομένων. Μερικές από τις πιο γνωστές τεχνικές μετασχηματισμού των εικόνων είναι:

- Οι αριθμητικές πράξεις. Αναφέρονται στην πρόσθεση, στην αφαίρεση, στον πολλαπλασιασμό και στην διαίρεση (λόγος) των εικόνων.
- Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες (principal component analysis-PCA).

Οι παραπάνω τεχνικές επιλέγονται ανάλογα με τον στόχο της εκάστοτε εφαρμογής. Για παράδειγμα, δύο εικόνες της ίδιας περιοχής με διαφορετικές ημερομηνίες λήψης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στον έλεγχο και την αξιολόγηση πλημμυρισμένων περιοχών. Ένα άλλο παράδειγμα ευρείας χρήσης των μετασχηματισμών των δορυφορικών εικόνων είναι οι λόγοι μεταξύ των διαφόρων φασματικών καναλιών. Έμφαση θα δοθεί στους δείκτες οι οποίοι προκύπτουν από αριθμητικές πράξεις μεταξύ εικόνων, με σκοπό την εξαγωγή πληροφοριών για τις χρήσεις/καλύψεις γης. Φυσικά οι πιο γνωστοί δείκτες είναι οι δείκτες βλάστησης οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως για την παρακολούθηση της φυτικής βιομάζας τόσο σε τοπική όσο και σε παγκόσμια κλίμακα.

Οι αριθμητικές πράξεις της πρόσθεσης, της αφαίρεσης, του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης εφαρμόζονται σε δύο ή περισσότερες εικόνες που έχουν το ίδιο σύστημα αναφοράς και απεικονίζουν την ίδια γεωγραφική περιοχή. Οι πράξεις υλοποιούνται μεταξύ των ψηφιακών τιμών των εικονοστοιχείων (pixels) των φασματικών καναλιών χωρίς να εμπλέκονται γειτονικά εικονοστοιχεία. Οι αριθμητικές πράξεις γίνονται:

(α) στα φασματικά κανάλια της ίδιας δορυφορικής εικόνας,

(β) στα φασματικά κανάλια εικόνων που προέρχονται από διαφορετικές ημερομηνίες.

Οι τέσσερις βασικές πράξεις μεταξύ εικόνων (φασματικών καναλιών) είναι:

A) Πρόσθεση εικόνων

Η πρόσθεση δημιουργεί ένα σταθμισμένο άθροισμα μεταξύ δύο ή περισσότερων εικόνων. Ο μαθηματικός τύπος είναι:

$$r = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

Όπου:

n, ο αριθμός των φασματικών καναλιών.

w_i , ο συντελεστής στάθμισης (βάρους) της εικόνας X_i.

k, ο συντελεστής κλίμακας των εικόνων.

Η πιο σημαντική εφαρμογή της πρόσθεσης χρησιμοποιείται για τη μείωση του συνολικού θορύβου στις εικόνες και την αύξηση του λόγου σήματος/θορύβου (signal to noise ratio - SNR) με συνέπεια τη δημιουργία εικόνων καλύτερης ποιότητας.

B) Αφαίρεση εικόνων

Η αφαίρεση εφαρμόζεται μεταξύ ζευγών εικόνων της ίδιας περιοχής που ανήκουν στο ίδιο σύστημα αναφοράς αλλά έχουν ληφθεί από διαφορετικές χρονικές στιγμές. Η αφαίρεση είναι χρήσιμη στον εντοπισμό διαχρονικών αλλαγών. Για την υλοποίηση της αφαίρεσης μεταξύ των εικόνων απαιτούνται δύο προϋποθέσεις:

- Οι εικόνες να έχουν διορθωθεί ραδιομετρικά.

Να έχει επιτευχθεί μεγάλη ακρίβεια στην γεωμετρική διόρθωση των εικόνων (περίπου το ¼ της διάστασης του pixel).

Γ) Πολλαπλασιασμός εικόνων

Συνήθως η πράξη του πολλαπλασιασμού εφαρμόζεται όταν σε μια εικόνα διακρίνονται δύο η περισσότερες καλύψεις γης και υπάρχει στόχος για παρατήρηση και απομόνωση μιας συγκεκριμένης κάλυψης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η δημιουργία «μάσκας» (masking) για τον διαχωρισμό υδάτινων επιφανειών από την ξηρά. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το φασματικό κανάλι του εγγύς υπέρυθρου του οποίου τα φασματικά χαρακτηριστικά δίνουν πολύ μικρή ανάκλαση στις υδάτινες επιφάνειες και μεγάλη ανάκλαση στις περιοχές με βλάστηση. Στη συνέχεια, επιλέγεται κατώφλι μεταξύ των φασματικών τιμών του εγγύς υπέρυθρου για τον διαχωρισμό των δύο κατηγοριών. Ακολουθώς, δημιουργείται δυαδική εικόνα με τιμές '1' και '0'. Όλα τα pixels με τιμές κάτω από την τιμή του κατωφλιού έχουν την τιμή '1', διαφορετικά έχουν την τιμή '0'. Τέλος αυτή η δυαδική εικόνα πολλαπλασιάζεται με την αρχική εικόνα για να εξαχθούν μόνο οι περιοχές που αντιστοιχούν σε υδάτινες επιφάνειες.

Δ) Διαίρεση καναλιών

Οι διαιρέσεις ή λόγοι καναλιών όπως είναι γνωστοί, αποτελούν τις πλέον χρησιμοποιούμενες πράξεις μεταξύ των δεδομένων της τηλεπισκόπησης. Από την εφαρμογή της διαίρεσης στις ψηφιακές εικόνες προκύπτουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:

(α) η μείωση των σκιάσεων και των επιδράσεων του ανάγλυφου γενικότερα, και

(β) ο περιορισμός των επιπτώσεων από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Πριν την εφαρμογή της διαίρεσης στα φασματικά κανάλια θα πρέπει:

(α) να αφαιρεθεί ο τυχαίος θόρυβος, και

(β) να γίνει ατμοσφαιρική διόρθωση. (Μηλιαρέσης 2003)

Οι πιο δημοφιλείς εφαρμογές του λόγου των φασματικών καναλιών είναι ο εντοπισμός χαρακτηριστικών καλύψεων γης και η δημιουργία σημαντικών δεικτών όπως οι δείκτες βλάστησης. Ιδιαίτερη αναφορά στους δείκτες βλάστησης θα γίνει στις επόμενες ενότητες.

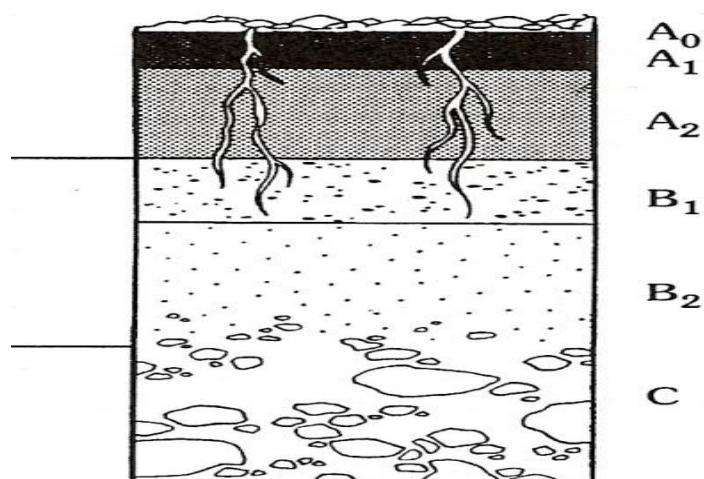
3.1 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος είναι ένα σύνθετο σύνολο από μεταλλεύματα, νερό και αέρα το οποίο επηρεάζει αμφίδρομα τους ζώντες οργανισμούς. Το ενδιαφέρον για το έδαφος περιορίζεται σε βάθη που είναι σημαντικά για την ανάπτυξη των φυτών : στην επιφάνεια (A_0 , A_1 , A_2 ορίζοντας) που είναι ο χώρος στον οποίο αναπτύσσεται βιολογική δραστηριότητα και η κύρια πηγή θρεπτικών συστατικών για τα φυτά, στο υπέδαφος (B_1 και B_2 ορίζοντας) το οποίο επηρεάζει την απορροή, την κατακράτηση νερού και αέρα και όπου αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών και στο υποκείμενο γονικό υλικό (C ορίζοντας) το οποίο περιέχει μεταλλεύματα που παράγουν θρεπτικά συστατικά και έχει υφή που επηρεάζει τη διαπερατότητα στο νερό. Και οι δύο πρώτοι ορίζοντες A και B είναι σημαντικοί στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας του εδάφους.

Οι μηχανικοί βλέπουν το έδαφος ως μη ενοποιημένα ιζήματα και εναποθέσεις στερεών σωματιδίων που παράγονται από την αποσύνθεση των πετρωμάτων. Για το λόγο αυτό η έννοια του εδάφους περιλαμβάνει και το υλικό που βρίσκεται κάτω από τους ορίζοντες A , B και C και συνεπώς δε γίνεται σαφής διαχωρισμός μεταξύ εδάφους και πετρωμάτων.

Τα πετρώματα αποτελούν συμπλέγματα μεταλλευμάτων τα οποία συνδέονται είτε μέσω συνδετικών κόκκων είτε μέσω διάφορων τύπων κονιάματος (συνήθως οξειδία του πυριτίου ή ανθρακικό ασβέστιο).

Λόγω της μικρής διεισδυτικότητας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο έδαφος, οι δυνατότητες της τηλεπισκόπησης περιορίζονται στον εντοπισμό και τη χαρτογράφηση μόνο των επιφανειακών εδαφών (ορίζοντας A) τα οποία δεν καλύπτονται από βλάστηση. Η τηλεπισκόπηση επίσης μπορεί να δώσει πληροφορίες για τη χημική σύσταση των πετρωμάτων και των μεταλλευμάτων που είναι εκτεθειμένα στην επιφάνεια και καλύπτονται μόνο από φτωχή βλάστηση. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)



Εικόνα 13 Εδαφικοί ορίζοντες.

Η φασματική απόκριση του εδάφους εξαρτάται από τους εξής παράγοντες :

A) Από την υφή του εδάφους η οποία εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων που το αποτελούν. Γενικά η ανακλαστικότητα του εδάφους μεταβάλλεται με την περιεκτικότητα του σε άμμο, λάσπη και άργιλο. Το λασπώδες έδαφος έχει μεγαλύτερη ανακλαστικότητα από αυτή του αμμώδους εδάφους, η οποία αυξάνεται με την αύξηση του μήκους κύματος της ακτινοβολίας.

B) Από την εδαφική υγρασία δηλαδή από το αν το έδαφος είναι ξηρό, υγρό ή κορεσμένο. Γενικά η ανακλαστικότητα του εδάφους μειώνεται σημαντικά με την αύξηση της εδαφικής υγρασίας. Ένα μέρος της προσπίπτουσας στο έδαφος ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται κατοπτρικά και το υπόλοιπο διεισδύει στα σωματίδια που το αποτελούν από τα οποία απορροφάται ή σκεδάζεται. Η ολική ανακλαστικότητα του ξηρού εδάφους είναι συνάρτηση της κατοπτρικής ανάκλασης και της σκέδασης στα σωματίδια του εδάφους. Όσο μεγαλύτερο το ποσό του νερού στο έδαφος, τόσο αυξάνει η απορρόφηση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και μειώνεται η ανακλαστικότητα της.

Γ) Από την περιεκτικότητα σε οργανική ύλη. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ύλη, τόσο αυξάνει η απορρόφηση και μειώνεται η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία.

Δ) Από την περιεκτικότητα σε οξείδια του σιδήρου. Τα οξείδια του σιδήρου σε ένα αμμώδες και πηλώδες έδαφος αυξάνουν την ανακλαστικότητα στη περιοχή του κόκκινου (0,6 – 0,7 μm) και τη μειώνουν στο εγγύς υπέρυθρο (0,85 – 0,90 μm).

Ε) Από την τραχύτητα του εδάφους. Η διεργασία της ανάκλασης εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας σε σχέση με το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Εάν η επιφάνεια είναι ομαλή και λεία σε σχέση με το μήκος κύματος, τότε το μεγαλύτερο ποσοστό της ακτινοβολίας ανακλάται κατοπτρικά. Εάν η επιφάνεια είναι ανώμαλη σε σχέση με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας τότε η ακτινοβολία διαχέεται προς όλες τις διευθύνσεις. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)

3.1.1 ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΜΩΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Αν και οι τεχνικές της τηλεπισκόπησης μπορούν να καταγράψουν μόνο τα επιφανειακά χαρακτηριστικά του εδάφους, δίνεται η δυνατότητα να καθοριστούν αρκετοί παράμετροι όπως :

1) Το επιφανειακό χρώμα του εδάφους, το οποίο επηρεάζει το ποσοστό της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Ξηρά και αμμώδη εδάφη έχουν ανακλαστικότητα 37% ενώ η ανακλαστικότητα των υγρών και σκουρόχρωμων (με οργανικές ενώσεις) εδαφών είναι μόνο 8%.

2) Η επιφανειακή τραχύτητα μπορεί να εκτιμηθεί είτε αυτή προέκυψε από την καλλιέργεια του εδάφους ή από την υπάρχουσα δομή του εδάφους, καθώς επηρεάζεται η σκέδαση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

3) Η θερμοκρασία του εδάφους εκτιμάται από αισθητήρες στο θερμικό κανάλι. Ο κύριος παράγοντας που καθορίζει τη θερμοκρασία του εδάφους είναι η ειδική θερμότητά του, δηλαδή το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας συγκεκριμένης μάζας ενός σώματος κατά 1^ο C, σε σχέση με αυτή που απαιτείται με το νερό. Η ειδική θερμότητα του εδάφους με τη σειρά της καθορίζεται κυρίως από την εδαφική υγρασία. Καταγράφοντας λοιπόν την ετήσια, εποχιακή και ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους μέσω της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από αυτό, μπορεί να εκτιμηθεί έμμεσα η αντίστοιχη πιθανή μεταβολή στην εδαφική υγρασία. 4) Η εδαφική υγρασία μπορεί επίσης να εκτιμηθεί από την επίδραση που ασκεί στην οπισθοσκεδαζόμενη μικροκυματική ακτινοβολία των ραντάρ. Μεταβολές στην υγρασία του εδάφους προκαλούν σημαντικές μεταβολές στις διηλεκτρικές ιδιότητες του οι οποίες με την σειρά τους επηρεάζουν ανάλογα τη σκεδαζόμενη ακτινοβολία των ραντάρ. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)

3.2 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Η Πετρολογία ή λιθολογία είναι κλάδος της γεωλογίας, ο οποίος επικεντρώνεται στην μελέτη (έρευνα και χημική σύσταση) των πετρωμάτων και των συνθηκών κάτω από τις οποίες αυτά διαμορφώνονται και αναπτύσσονται.

Η ανάλυση της λιθολογίας μιας περιοχής με μεθόδους δορυφορικής τηλεπισκόπησης εξαρτάται από την ακριβή καταγραφή του φάσματος της ακτινοβολίας που ανακλάται ή εκπέμπεται από τα πετρώματα. Η φασματική ικανότητα εκπομπής και η ανακλαστικότητα των πετρωμάτων και των μεταλλευμάτων είναι ιδιότητες οι οποίες συχνά συνδέονται στενά με τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά τους.

Οι περισσότερες επιφάνειες πετρωμάτων αποτελούνται από διάφορους τύπους μεταλλευμάτων. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός διεργασιών που καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο ένα μέταλλευμα απορροφάει ή σκεδαρίζει την ακτινοβολία. Οι διεργασίες επίσης της απορρόφησης και της σκέδασης εξαρτώνται από το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η ποικιλία των διεργασιών απορρόφησης (π.χ. μετάπτωσης και ταλάντωσης ηλεκτρονίων) και η εξάρτησή τους από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας μας δίνει την δυνατότητα να εξάγουμε πληροφορία για την χημική σύσταση των μεταλλευμάτων από την ανακλώμενη ή εκπεμπόμενη ακτινοβολία. Ο ιδανικός αισθητήρας για τον σκοπό αυτό είναι το πολυφασματικό διόμετρο (imaging spectrometer).

Στο εργαστήριο, οι φασματικές υπογραφές κονιορτοποιημένων δειγμάτων πετρωμάτων μπορούν να καταγραφούν με επαρκή λεπτομέρεια και συνεπώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην διάγνωση της παρουσίας συγκεκριμένων ορυκτών. Οι υπογραφές αυτές βοήθησαν στο να κατανοήσουμε την σχέση μεταξύ των ορυκτολογικών συστατικών των πετρωμάτων και της ανακλαστικότητας. Η εφαρμογή όμως αυτής της μεθοδολογίας στα πλαίσια της δορυφορικής τηλεπισκόπησης παρουσιάζει προβλήματα. Σε εργαστηριακές συνθήκες, η ακτινοβολία καταγράφεται χωρίς την επίδραση της ατμόσφαιρας, της βλάστησης ή της σκίασης. Επίσης, δευτερεύουσες ιδιότητες του πετρώματος, όπως το περιεχόμενο σε υγρασία, μπορούν να διατηρηθούν σταθερές.

Αντιθέτως, σε δεδομένα που έχουν ληφθεί με τηλεσκοπικές μεθόδους, δεν είναι εύκολο να ληφθούν υπόψη οι επιδράσεις των παραμέτρων αυτών. Στη φύση σπάνια ένα πέτρωμα είναι υγιές επιφανειακά, καθώς συχνά τα επιφανειακά τμήματα των πετρωμάτων είναι αποσαθρωμένα και περιέχουν υγρασία ενώ τις περισσότερες φορές καλύπτονται από έδαφος και βλάστηση τα οποία έχουν την δική τους φασματική υπογραφή. Επιπλέον, τα συνήθη δορυφορικά ραδιόμετρα δεν έχουν υψηλή φασματική και ραδιομετρική διακριτική ικανότητα που απαιτείται για την ανάλυση των φασματικών υπογραφών. Επιπλέον, η σχετικά χαμηλή χωρική διακριτική ικανότητα αρκετών δορυφορικών συστημάτων έχει ως αποτέλεσμα την καταγραφή σύνθετων φασματικών υπογραφών που παράγονται από την αλληλεπίδραση διάφορων χαρακτηριστικών του αναγλύφου σε αντίθεση με τις "καθαρές" φασματικές υπογραφές που καταγράφονται στο εργαστήριο.

Γενικά, όταν υπάρχει ελάχιστη βλάστηση και έδαφος και τα πετρώματα είναι ορατά από το δορυφορικό αισθητήρα, γίνεται δυνατός ο διαχωρισμός των διαφόρων ειδών πετρωμάτων και η εξαγωγή πληροφορίας για τα χαρακτηριστικά τους με την χρήση τηλεπισκοπικών τεχνικών.

Η χαρτογράφηση των υδροθερμικών ζωνών εξαλλοίωσης (hydrothermal alteration zone) μπορεί να επιτευχθεί με την ανίχνευση λεμονίτη (limonite) στην επιφάνεια της γης. Λεμονίτες ονομάζονται γενικά τα ορυκτά που περιέχουν οξειδία και υδροξείδια του τρισθενούς σιδήρου, συμπεριλαμβανομένου του γοεθίτη και αιματίτη. Τα ορυκτά αυτά παρουσιάζουν ευρείες φασματικές ζώνες απορρόφησης στο εγγύς υπέρυθρο, το ορατό και το υπεριώδες οι οποίες συνήθως δεν παρατηρούνται σε άλλα ορυκτά. Συγκεκριμένα παρατηρείται μια ευρεία αλλά στενή ζώνη απορρόφησης στο εγγύς υπέρυθρο μεταξύ 0,85 και 1,15 μm . Τυπικό χαρακτηριστικό του φάσματος του λεμονίτη, το οποίο δεν παρατηρείτε σε άλλα ορυκτά, είναι η μείωση της ανακλαστικότητας κάτω από τα 0,5 μm , δηλαδή στην περιοχή του υπεριώδους. Αν και οι μεταβολές αυτές δεν είναι δυνατό να διακριθούν από τα υπάρχοντα δορυφορικά συστήματα λόγω της μικρής φασματικής ανάλυσης των συστημάτων αυτών, το πρότυπο της φασματικής υπογραφής του λεμονίτη είναι χαρακτηριστικό. Η παρουσία λεμονίτη, είτε ως πρωτεύον ορυκτό είτε ως δευτερεύον ορυκτό, είτε ως προϊόν επίδρασης του καιρού, μπορεί να ταυτοποιήσει την θέση μια υδροθερμικής ζώνης εξαλλοίωσης και συνεπώς να υποδείξει την πιθανότητα ύπαρξης μεταλλευτικής ζώνης. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)

Τα αργιλικά ορυκτά (clay minerals), όπως ο καολίνης (kaolin) συνήθως παρουσιάζουν ελλάτωση της ανακλαστικότητας για μήκη κύματος άνω των 1.6 μm . Η ιδιότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό υδροθερμικών ζωνών εξαλλοίωσης, παρουσία επιφανειακού υλικού πλούσιου σε αργιλικά ορυκτά. Το τριοξείδιο του σιδήρου έχει έντονα χαρακτηριστικά απορρόφησης στα περίπου 0,82 μm και 0,35 μm , ενώ το διοξείδιο του σιδήρου έχει απορρόφηση στα 1,0, 4,8-2,0 και 0,55-0,45 μm . Τα ορυκτά

που περιέχουν υδροξύλιο όπως οι άργιλοι παρουσιάζουν χαρακτηριστικά απορρόφησης σε μήκη κύματος 1,9, 2,35 και 2,5μm. Η ανίχνευση των παραπάνω ορυκτών χρησιμοποιείται ως οδηγός αναζήτησης για αποθέσεις μεταλλευμάτων. Οι λόγοι καναλιών είναι γνωστοί για τη βελτίωση των φασματικών αντιθέσεων μεταξύ των καναλιών και έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην χαρτογράφηση υδροθερμικών ζωνών εξαλλοίωσης. Βάση των θεωρητικών γνώσεων για τις φασματικές ιδιότητες των περισσότερων πετρωμάτων και ορυκτών, οι λόγοι 3/1 και 5/7 προσφέρονται για την ανίχνευση οξειδίων του σιδήρου και ορυκτά που φέρουν υδροξύλιο (όπως τα αργιλικά) αντίστοιχα. <https://www.researchgate.net/topic/Minerals> Τα δεδομένα που προκύπτουν από τη χρήση της τηλεανίχνευσης είναι πολύτιμα για τη χαρτογράφηση των ζωνών υδροθερμικής εξαλλοίωσης καθώς πολλά από τα ορυκτά παρουσιάζουν χαρακτηριστικά απορρόφησης λόγω της παρουσίας OH και άλλων δεσμών υδροξειλίου όπως Mg-OH και Al-OH, ιδιαίτερα στο τμήμα υπέρυθρου υπέρυθρου (SWIR) του φάσματος (2000-2400 nm) (Hunt 1977). Το μήκος κύματος, το βάθος και ο αριθμός των χαρακτηριστικών απορρόφησης επιτρέπουν την ταυτοποίηση ορισμένων ορυκτών και συνεπώς αποτελούν την βάση για την χαρτογράφηση υδροθερμικών ζωνών εξαλλοίωσης. (Kariouki et., al 2004)

Τα διαβρωμένα εδάφη μπορούν συχνά να αναγνωριστούν μέσω των τυπικών αλλαγών του χρώματος του εδάφους που οφείλονται στο αφαιρούμενο φυτικό έδαφος. Όπως για παράδειγμα, όταν η διάβρωση ορισμένων εδαφών αυξάνεται, αυξάνονται τα οξειδία σιδήρου και μειώνεται η ποσότητα οργανικής ύλης. (Weismiller et al., 1984). Αλλά αυτές οι καταστάσεις μπορεί επίσης να είναι μεταβατικές και άλλοι τύποι εδάφους, μπορούν υπό τις ίδιες συνθήκες, να εμφανίζουν διαφορετικά φαινόμενα. Αυτό περιορίζει την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Μερικά στερεά αργίλου και ιόντα (Ca_2^+ , Na^+ , κλπ.) διαλυμένα σε βρόχινα ύδατα προστίθενται από την ατμόσφαιρα, και αυξάνεται η περιεκτικότητά τους σε οργανική ύλη λόγω της αποσύνθεσης φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων. Μεταφορές εντός του εδάφους έχουν ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση ιλύος και αργίλου, Fe, Al, $CaCO_3$, λόγω διεργασιών βιοδιάσπασης, στην επιφάνεια του εδάφους.

Τα οξειδία του σιδήρου εμφανίζουν γενικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα στο φάσμα του ορατού τα οποία συνδέονται με απορροφήσεις που προκαλούνται από Fe^{3+} : απορρόφηση κοντά στα 550 nm για αιματίτη (κόκκινο) και κοντά στα 480 nm για goethite (τυπικό κίτρινο ± καφέ). Σε μίγματα αιματίτη ± goethite, οι ζώνες υπερκαλύπτουν καταλήγοντας σε μια κορυφή που βρίσκεται μεταξύ αυτών των δύο ορυκτών. η προκύπτουσα μετατόπιση εξαρτάται από την αναλογία των δύο ορυκτών που υπάρχουν στο μείγμα και στην ένταση απορρόφησης των ζωνών απορρόφησης τους (Kosmas et al., 1984)

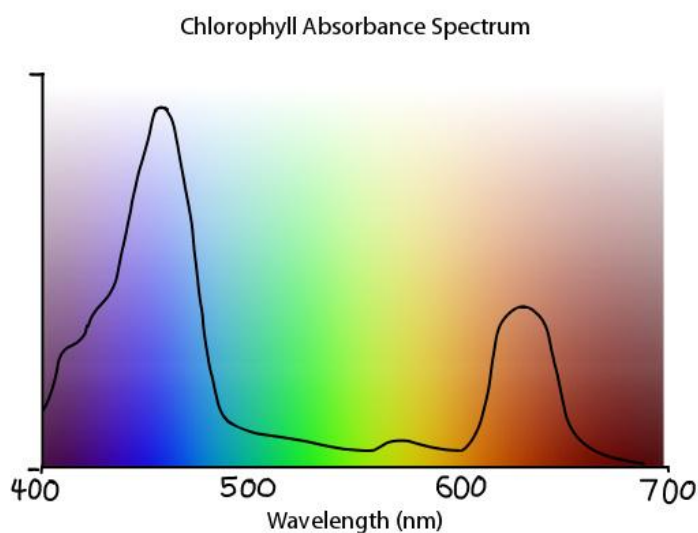
Οι θεματικοί χαρτογράφοι (TM) και ο ενισχυμένος θεματικός χαρτογράφος (ETM⁺) έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στον τομέα της εξερεύνησης ορυκτών για τον εντοπισμό βασικών ορυκτών σε άγονες και ημι-άγονες εκτάσεις. Ωστόσο, η αυξημένη βλάστηση και το σύννεφο ενδέχεται να παρεμποδίσουν σοβαρά τη διάκριση των ορυκτών με διαγνωστικά χαρακτηριστικά. (Liu et al., 2011)

3.3 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Η βλάστηση είναι συχνά η πρώτη επιφάνεια με την οποία αλληλεπιδρά η ακτινοβολία που καταγράφεται από τους δορυφορικούς ανιχνευτές. Έτσι, για το μεγαλύτερο τμήμα της ξηράς, η δορυφορικές εικόνες καταγράφουν ουσιαστικά τα χαρακτηριστικά της βλάστησης και όχι της επιφάνειας του εδάφους. Μέσα

όμως από τις μεταβολές των χαρακτηριστικών και της κατανομής της βλάστησης μπορούμε έμμεσα να εμνηύσουμε αντίστοιχες μεταβολές των χαρακτηριστικών του εδάφους οι οποίες δεν είναι άμεσα ανιχνεύσιμες (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013). Σε άλλες περιπτώσεις, ενδιαφερόμαστε άμεσα για την ίδια την βλάστηση. Αρκετές αλλαγές που σχετίζονται με την ανάπτυξη και την υγεία της βλάστησης μπορούν να καταγραφούν με τις μεθόδους της δορυφορικής τηλεπισκόπησης καθώς συνοδεύονται από μεταβολές στην εμφάνιση και τη δομή των φυτών. Η δορυφορική τηλεπισκόπηση είναι χρήσιμη στον εντοπισμό και στην ταξινόμηση των καλλιεργειών, στην καταγραφή της έκτασής τους, στην ανίχνευση των ασθενειών και στην εκτίμηση της παραγωγής τους. Επιπλέον, η δορυφορική τηλεπισκόπηση αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την χαρτογράφηση των βασικών τύπων δασικής βλάστησης και των περιοχών που έχουν υποστεί σημαντική υλοτόμηση. Τέλος οι τεχνικές της δορυφορικής τηλεπισκόπησης αποτελούν το μόνο πρακτικό μέσο για την παρατήρηση και τη χαρτογράφηση των αλλαγών σε οικολογικού ενδιαφέροντος περιοχές, οι οποίες έχουν μεγάλη σημασία για την ζωή στον πλανήτη μας, όπως για παράδειγμα τα τροπικά δάση του Αμαζονίου (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013).

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανακλαστικότητα της βλάστησης είναι το σχήμα των φύλλων, η μορφολογία και η φυσιολογία του φυτού, το είδος του εδάφους, η ηλιακή γωνία και οι καιρικές συνθήκες. Αρχικά θα περιγράψουμε τη διαδικασία της ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας από ένα φύλλο (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013).

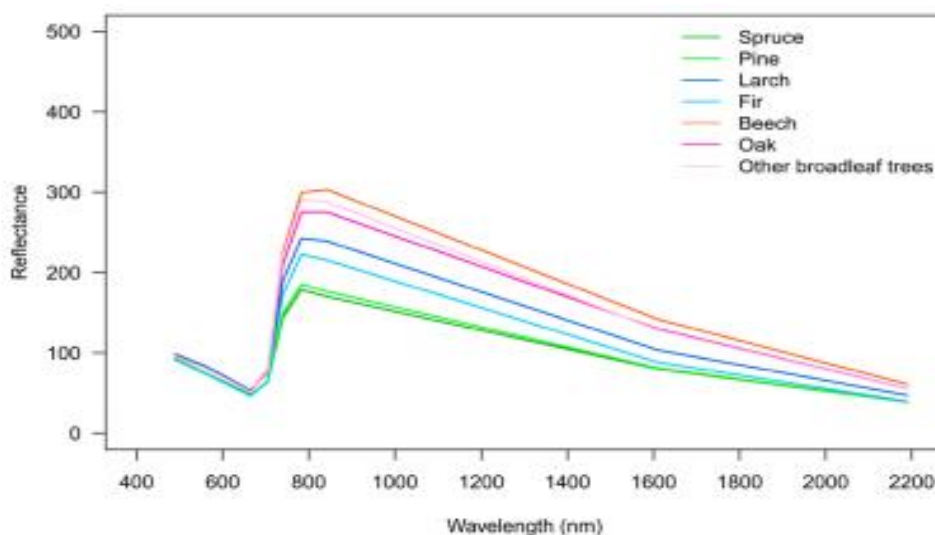


Εικόνα 14 Φάσμα απορρόφησης της χλωροφύλλης.

Η χλωροφύλλη δεν απορροφά με τον ίδιο τρόπο όλα τα μήκη κύματος της ορατής ηλιακής ακτινοβολίας. Τα μόρια της χλωροφύλλης απορροφούν επιλεκτικά μέχρι και το 70 έως 90 % της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην περιχή του μπλε και του κόκκινου. Αντιθέτως, το πράσινο φως απορροφάται ασθενώς και ανακλάται έντονα προσδίδοντας στη βλάστηση τη γνωστή πράσινη απόχρωση. Η ανακλαστικότητα ενός φύλλου στο ορατό καθορίζεται από την πολλαπλή σκέδασή του στις κοιλότητες

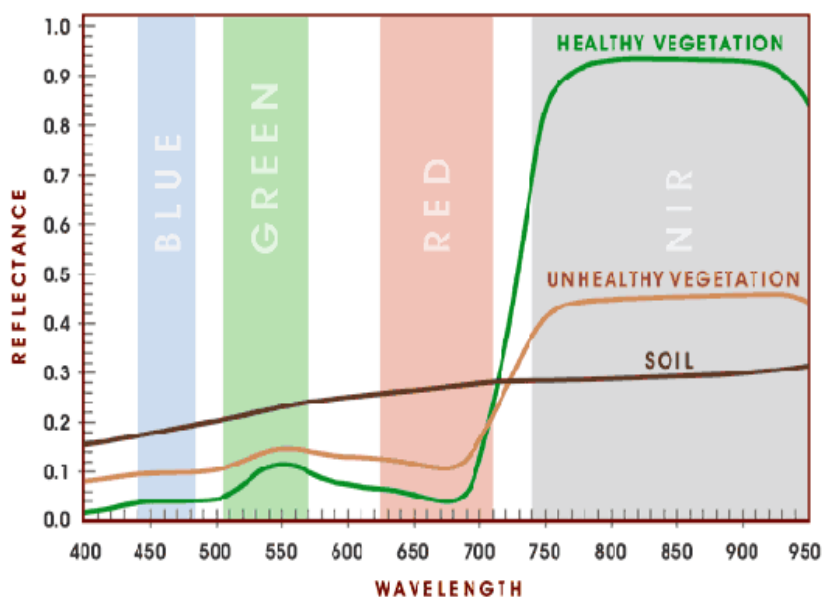
αέρα που δημιουργούνται ανάμεσα στα κύτταρα του φύλλου (χλωροπλάστες) (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013).

Στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου η ανάκλαση ελέγχεται κυρίως από σπογγώδη ιστό του φύλλου καθώς η ανώτερη επιδερμίδα του φύλλου είναι σχεδόν διάφανη στην ακτινοβολία αυτή. Η ακτινοβολία που διέρχεται από την ανώτερη επιδερμίδα σκεδάζεται έντονα από τα κύτταρα και τις κοιλότητες αέρα του σπογγώδη ιστού. Ένα μικρό μόνο ποσοστό από αυτήν την ακτινοβολία απορροφάται εσωτερικά από το φύλλο καθώς το 60% περίπου αυτής σκεδάζεται τόσο προς τα πάνω όσο και προς τα κάτω. Για το λόγο αυτό καθώς μετακινούμαστε από το ορατό στο εγγύς υπέρυθρο η ανακλαστικότητα της υγιούς βλάστησης αυξάνει απότομα. Αυτό είναι χαρακτηριστικό που αξιοποιείται σημαντικά από την τηλεπισκόπηση για τη μελέτη της βλάστησης και τον διαχωρισμό της από το γυμνό έδαφος. Επειδή, επίσης, οι διαφοροποιήσεις στην ανακλαστικότητα των διαφόρων ειδών βλάστησης είναι πιο έντονες στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου, αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διάκριση των τύπων βλάστησης. Κατά το στάδιο ανάπτυξης του φύλλου η σπογγώδης περιοχή του αυξάνεται με αποτέλεσμα το ώριμο φύλλο να παρουσιάζει μικρότερη ανακλαστικότητα στο ορατό (περίπου -5%) και μεγαλύτερη στο εγγύς υπέρυθρο (περίπου +15%) (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013).



Εικόνα 15 Φασματική απόκριση διαφόρων ειδών βλάστησης.

Καθώς το φυτό γερνάει ή προσβάλλεται από μια ασθένεια ή απο έλλειψη νερού, τα φασματικά χαρακτηριστικά του φύλλου μεταβάλλονται. Οι μεταβολές αυτές είναι πιο έντονες στο εγγύς υπέρυθρο του οποίου η ανακλαστικότητα μειώνεται σημαντικά. Οι κοιλότητες αέρα στον σπογγώδη ιστό καταρρέουν σταδιακά με αποτέλεσμα να μειώνεται η σκέδαση της υπέρυθρης ακτινοβολίας σε αυτές (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013).



Εικόνα 16 Φασματική απόκριση εδάφους και υγιούς – μη υγιούς βλάστησης

Δεδομένου ότι τα φυτά έχουν μια ξεχωριστή φασματική υπογραφή με χαμηλή ανακλαστικότητα στο ορατό(0,4-0,7) και υψηλή ανάκλαση στην περιοχή εγγύς υπερύθρου (0,7-1,2) του ηλιακού φάσμα, έγιναν προσπάθειες εκμετάλλευσης αυτής της φασματικής αντίθεσης εντοπίζοντας την παρουσία πράσινης βλάστησης και αξιολογώντας ορισμένα χαρακτηριστικά (π.χ. κάλυψη και βιομάζα) μέσω διαφόρων "δεικτών βλάστησης", όπως ο απλός δείκτης βλάστησης (SR) ή δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένης διαφοράς (NDVI) (Perry και Lautenschlager, 1984). Παρόλο που οι εικόνες των δεικτών βλάστησης εμφανίζονται σημαντικές δομή και χρησιμοποιούνται ευρέως, εκφράστηκε μεγάλη ανησυχία την ευαισθησία τους στην κατάσταση της ατμόσφαιρας, τη φωτισμό και τη γεωμετρία παρατήρησης (Pinty and Verstraete, 1992a) και στην ανακλαστικότητα του εδάφους των εδαφών. (S. Sommer et. All 1998).

Οι δείκτες τηλεπισκόπησης που σχετίζονται με την υγεία της βλάστησης, όπως η ανακλαστικότητα των ζωνών μήκους κύματος NIR (Near Infra-Red) και ο δείκτης βλάστησης Normalized Difference (NDVI (Deering & Haas 1980)) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μεσολάβηση για την εκτίμηση της αλατότητας του εδάφους (Ceccato et al 2001, Leone et al., 2007, Poss και συνεργάτες 2006, Zhang et al., 2011).

3.4 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΑΛΑΤΩΝ

Η αλατότητα του εδάφους αποτελεί μια από τις σημαντικότερες απειλές υποβάθμισης του εδάφους όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως.

Το έδαφος είναι ένας από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους μας, καθώς είναι ένας παράγοντας ελέγχου του βιογεωχημικού και του υδρολογικού κύκλου του Γήινου Συστήματος και παρέχει αγαθά και υπηρεσίες ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της ζωής και της ευημερίας. Αλατούχα, νατριούχα και αλκαλικά τα εδάφη, που γενικά αναφέρονται ως αλατοποιημένα εδάφη (van Beek & Tóth 2012)

αποτελούν σημαντική απειλή υποβάθμισης του εδάφους που θέτει σε κίνδυνο τη γεωργική παραγωγή, την περιβαλλοντική υγεία και την οικονομική ευημερία

Με τον παγκόσμιο αντίκτυπό της να φτάνει περίπου το 11% της συνολικής αρδευόμενης γης, η αλάτωση σε προχωρημένα στάδια περιορίζει την ανάπτυξη της βλάστησης τελικά καθιστώντας άγονα τα παραγωγικά πεδία. Σε ξηρές αρδευόμενες εκτάσεις, ο συνδυασμός των υψηλών ποσοστών εξατμισοδιαπνοής, οι χαμηλές ποσότητες βροχοπτώσεων και τα χαρακτηριστικά του εδάφους εμποδίζουν την έκπλυση του εδάφους. Αυτό οδηγεί σε συσσώρευση αλατιού στα ανώτερα στρώματα του εδάφους όπου αλλάζει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του και περιορίζει τις λειτουργίες και τις υπηρεσίες του (Daliakopoulos, Tsanis et al., 2016).

Οι δείκτες τηλεπισκόπησης που σχετίζονται με την υγεία της βλάστησης, όπως η ανακλαστικότητα των ζωνών μήκους κύματος NIR (Near Infra-Red) και ο δείκτης βλάστησης Normalized Difference (NDVI (Deering & Haas 1980)) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μεσολάβηση για την εκτίμηση της αλατότητας του εδάφους (Ceccato et al 2001, Leone et al., 2007, Poss και συνεργάτες 2006, Zhang et al., 2011)

Πολυχρονικά η τηλεανίχνευση κοντά στην υπέρυθη ακτινοβολία μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην ανίχνευση χρονικών μεταβολών που σχετίζονται με το άλας. Οι μετρήσεις δορυφορικών εικόνων σε συνδυασμό με δεδομένα εδάφους έχουν δείξει πιθανότητες συσχέτισης (Yang et al., 2016). Παρ' όλα αυτά, αυτοί οι δείκτες δεν απέδωσαν συνεπή αποτελέσματα, και η επιλογή ενός μόνο δείκτη ενδέχεται να μην είναι κατάλληλη για όλες τις περιπτώσεις.

Οι ακτές της νότιας Ελλάδας αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο εισβολής θαλάσσιου νερού (Δασκαλάκη & Voudouris 2008) εξαιτίας της υπερβολικής εξάρτησης από τους υπόγειους υδάτινους πόρους. Ως αποτέλεσμα, πολλές λεκάνες έχουν ήδη σοβαρές οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνέπειες, οι οποίες με τη σειρά τους ασκούν οικονομική, κοινωνική και πολιτική πίεση για επίλυση του προβλήματος (Τσανής & Αποστολάκη 2009). Με την εντατική γεωργία και την υψηλή τουριστική δραστηριότητα που επηρεάζει τη διαθεσιμότητα υδάτινων πόρων, το νησί της Κρήτης δεν είναι εξαίρεση.

3.5 ΛΟΓΟΙ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Οι λόγοι καναλιών είναι ενισχύσεις, που προκύπτουν από τη διαίρεση, κάθε εικονοστοιχείου μιας εικόνας, της ψηφιακής τιμής (Digital Number) ενός καναλιού A με την αντίστοιχη ψηφιακή τιμή κάποιου άλλου καναλιού B της ίδιας εικόνας και έτσι δημιουργείται μία νέα εικόνα. Οι ψηφιακές τιμές αυτής της νέας εικόνας είναι το αποτέλεσμα του λόγου (ratio) των ψηφιακών τιμών των δύο καναλιών.

Λόγος δύο καναλιών A και B = ψηφιακή τιμή DN καναλιού A / ψηφιακή τιμή DN καναλιού B

Όμως το εύρος των ψηφιακών τιμών DN της καινούργιας εικόνας που θα δημιουργηθεί θα είναι μικρό κρίνεται αναγκαία η ενίσχυση της αντίθεσής της. Διαλέγοντας το λόγο των κατάλληλων καναλιών μας παρέχεται η δυνατότητα να φτιάξουμε εικόνες στις οποίες δίνεται έμφαση στις διαφορές της ανακλαστικότητας δύο επιφανειών στα δύο κανάλια (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013).

3.5.1 Δείκτες Βλάστησης (vegetation indices)

Οι δείκτες βλάστησης (vegetation indices) αποτελούν μέτρο για την εκτίμηση της βιομάζας ή της υγείας της βλάστησης. Ένας δείκτης βλάστησης δημιουργείται από τον συνδιασμό των ψηφιακών τιμών σε διάφορα φασματικά κανάλια, οι οποίες προστίθενται, διαιρούνται ή πολλαπλασιάζονται μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο ώστε να παράγεται μια μοναδική τιμή για κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας η οποία υποδεικνύει την ποσότητα και την επίπεδο της υγιούς βλάστησης που υπάρχει σε αυτό. Τα φασματικά κανάλια που επιλέγονται είναι στις περιοχές του κόκκινου και του εγγύς υπέρυθρου, στις οποίες είναι γνωστό ότι η βλάστηση παρουσιάζει φασματική απόκριση η οποία είναι αντίστροφη με αυτή των γυμνών από βλάστηση περιοχών. Η αντίστροφη αυτή μεταβολή ελαττώνεται με τη γήρανση ή τη ξήρανση της βλάστησης, ή την εκδήλωση ασθένειας. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)

3.5.1.1 Λόγος SR (Simple Ratio Index)

Ο λόγος SR είναι ένα απλός λόγος και χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η αντίθεση της ανακλαστικότητας μεταξύ του εδάφους και διαφόρων ειδών βλάστησης είναι μικρή. Ο λόγος SR παρέχει τη δυνατότητα διαχωρισμού του εδάφους από την βλάστηση. Πιο συγκεκριμένα, ο λόγος των ανακλαστικότητας της βλάστησης στις δύο αυτές φασματικές περιοχές είναι μεγαλύτερος του αντίστοιχου λόγου για το έδαφος με αποτέλεσμα η βλάστηση να φαίνεται πιο φωτεινή στην νέα εικόνα. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)

$$SR = \frac{NIR}{RED}$$

Όπου :

- NIR οι ψηφιακές τιμές στο εγγύς υπέρυθρο.
- RED οι ψηφιακές τιμές στο κόκκινο.

Ο δείκτης **SR** διαχωρίζει τα εδάφη και την βλάστηση σε τρεις κατηγορίες :

- Έδαφος και γερασμένη βλάστηση με λόγους μικρότερους του 2,3.
- Γκριζοπράσινη και κιτρινοπράσινη βλάστηση με λόγους 2,3 – 7,5.
- Πράσινη βλάστηση με λόγους μεγαλύτερους του 7,5 (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013).

3.5.1.2 NDVI (Normalised Differencial Vegetation Index)

Ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης NDVI προκύπτει από το λόγο :

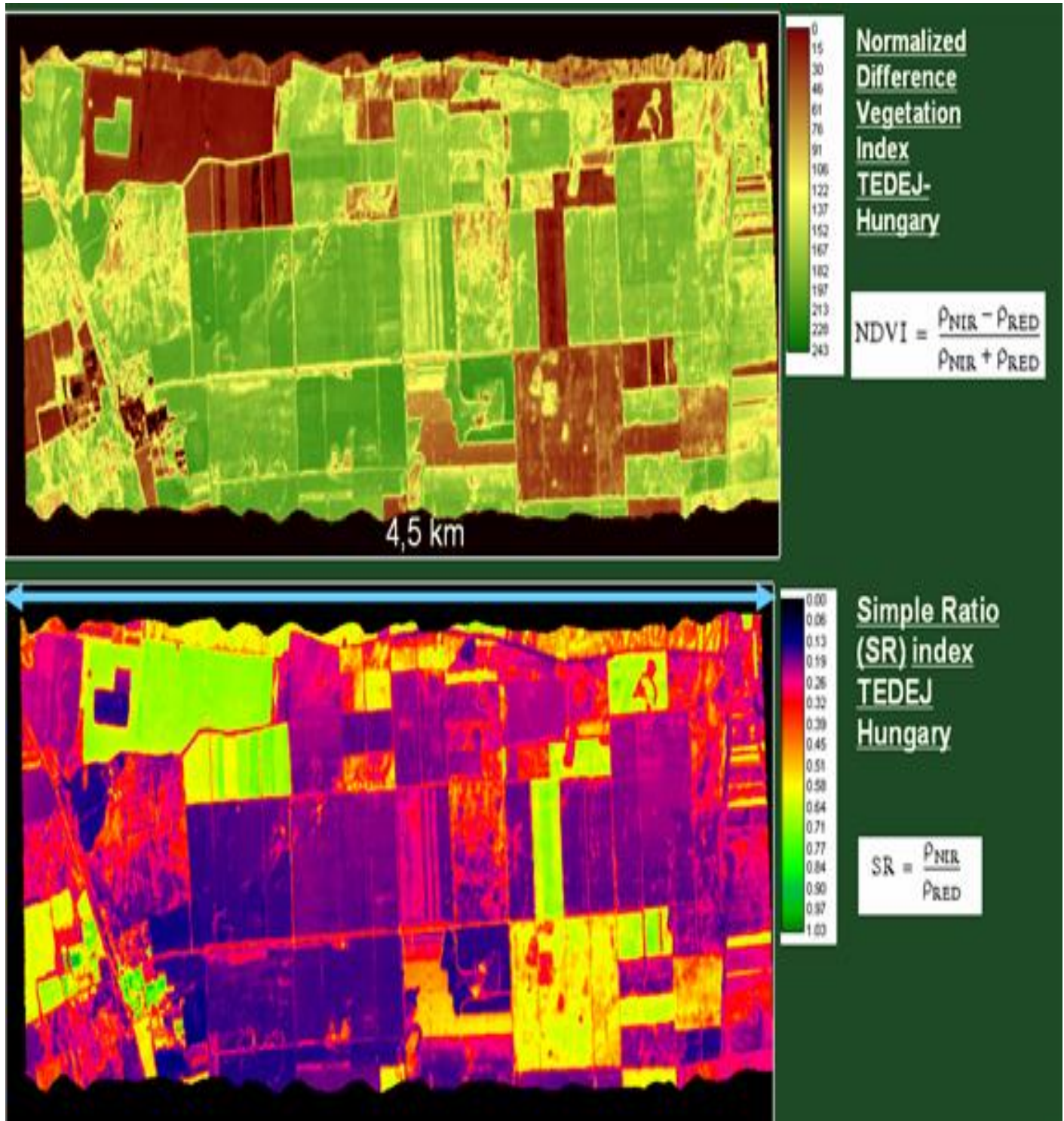
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Ο δείκτης NDVI διαχωρίζει και αυτός τα εδάφη και τη βλάστηση σε τρεις κατηγορίες αλλά ο λόγος του μας δίνει μικρότερες τιμές.

Πιο συγκεκριμένα :

- 1)Εδαφος και γερασμένη βλάστηση με λόγους μικρότερους του 0,3.
- 2)Γκριζοπράσινη και κιτρινοπράσινη βλάστηση με λόγους 0,3 – 0,7.
- 3)Πράσινη βλάστηση με λόγους μεγαλύτερους του 0,7.

Ο λόγος αυτός παρέχει την ίδια πληροφορία με τον SR αλλά το εύρος των τιμών του περιορίζεται σημαντικά έτσι ώστε οι στατικές παραμέτροι των τιμών του να είναι αξιόπιστες. Η χρήση του είναι ευρεία σε εφαρμογές εκτίμησης της βιομάζας, των μεταβολών της βλάστησης στο χώρο και το χρόνο, στην εκτίμηση της διάρκειας της περιόδου ανάπτυξης και των περιόδων ξηρασίας και στον εντοπισμό περιοχών οικολογικού ενδιαφέροντος. Ο λόγος αυτών των δύο καναλιών βρίσκει εφαρμογές σε φασματικά κανάλια όπου η ανακλαστικότητα ενός τύπου εδάφους μεταβάλλεται αντίστροφα. Η φασματική απόκριση της βλάστησης μεταβάλλεται με το είδος, την ηλικία, αλλά και την κατάσταση της υγείας της. Η μείωση της χλωροφύλλης έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη ανακλαστικότητα στο ορατό και ιδιαίτερα στο κόκκινο και μικρότερη στο εγγύς υπέρυθρο. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013).



Εικόνα 17 Σύγκριση δείκτη NDVI – SR.

3.5.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΔΟΜΗΣΗΣ

Η αναγνώριση (τοποθεσία, διανομή και μέγεθος) της κατοικημένης περιοχής έχει μεγάλη σημασία στις αστικές, προαστιακές και γεωργικές μελέτες. Ο υπολογισμός της μεταβολής της καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, εις βάρος της μη οικιστικής περιοχής αποτελεί έναν εξαιρετικά σημαντικό δείκτη της αστικής αλλαγής και του περιβάλλοντος. Η τηλεπισκόπηση παρέχει αξιόπιστα επιστημονικά εργαλεία για τον υπολογισμό της κατοικημένης περιοχής, χρησιμοποιώντας τις διαχρονικές δορυφορικές εικόνες και τη μελέτη του πολυφασματικού χώρου. Οι δείκτες που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα για τον προσδιορισμό της κατοικημένης περιοχής είναι εύκολοι, γρήγοροι και ως εκ τούτου πολύτιμα εργαλεία. Η χρήση τους είναι ανεξάρτητη, επιτρέπουν τον υπολογισμό της κατοικημένης περιοχής με έναν απλό τρόπο χωρίς να απαιτείται ειδική προηγούμενη επεξεργασία δορυφορικών εικόνων. Τέλος, χρησιμοποιούν πολυφασματικές ζώνες στις οποίες υπάρχει τόσο έντονη αντανάκλαση της κατοικημένης περιοχής, όσο και μια ικανοποιητική φασματική διάκριση μεταξύ των επιφανειών της γης με διαφορετικές χρήσεις γης. Οι τρεις δείκτες δομής, δηλαδή οι UI, NDBI και IBI, χρησιμοποιούν το MIR κανάλι σε συνδυασμό με το κανάλι NIR (και άλλες ζώνες για το IBI). Το κύριο επιχείρημα για τη χρήση του τμήματος MIR του φάσματος είναι ότι οι δομημένες εκτάσεις έχουν μεγαλύτερη αντανάκλαση σε αυτό το κανάλι παρά στο κανάλι NIR (Kawamura et al., 1996, Zha et al., 2003, Xu, 2008).

Η χαρτογράφηση της αστικής περιοχής αποτελούσε πάντοτε ένα δύσκολο έργο λόγω των παρόμοιων φασματικών χαρακτηριστικών της με το γυμνό έδαφος. Τα φασματικά χαρακτηριστικά του αστικού και γυμνού εδάφους είναι παρόμοια, προκαλούν σύγχυση και εσφαλμένη ταξινόμηση μεταξύ τους. (Piyooosh et., al 2016) <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10106049.2016.1273401?journalCode=tgei20>

3.5.2.1 NDBI (Normalised Difference Build-up Index)

Οι εικόνες που ανιχνεύονται μέσω τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και την ανίχνευση αλλαγών κάλυψης γης που συμβαίνουν συχνά στις αστικές και περιαστικές περιοχές ως συνέπεια της αδιάκοπης αστικοποίησης. Πρόκειται για μια μακρά διαδικασία μετατροπής των δορυφορικών εικόνων σε χάρτη κάλυψης γης χρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες μεθόδους χειροκίνητης ερμηνείας και ταξινόμησης παραμετρικών εικόνων ψηφιακά. Ο NDBI επωφελείται από τη μοναδική φασματική απόκριση των κατοικημένων περιοχών και είναι χρήσιμος ως μια αξιόλογη εναλλακτική λύση για την ταχεία και αντικειμενική χαρτογράφηση των δομημένων περιοχών (Zha et al., 2003).

Ο κανονικοποιημένος διαφορικός δείκτης δόμησης NDBI προκύπτει από το λόγο :

$$NDBI = \frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR}$$

3.5.2.2 IBI (Index-based Built-up Index)

Στα τέλη της δεκαετίας του 2000, ο Xu (2008) πρότεινε τον δείκτη IBI με στόχο την παροχή μιας απλής αλλά ταυτόχρονα αποτελεσματικής μεθόδου για την ταξινόμηση των δομημένων περιοχών που

προέρχονται από δορυφορικές εικόνες. Το επιχείρημα είναι ότι το NDBI συχνά αναμιγνύεται με τον θόρυβο των φυτών επειδή η ανάκλαση ορισμένων τύπων βλάστησης αυξάνεται καθώς μειώνεται η περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (Xu, 2008). Κατά συνέπεια, η ξηρότερη βλάστηση μπορεί να έχει πολύ υψηλότερη ανάκλαση στο μήκος κύματος MIR από ότι στο τμήμα NIR του (Cibula et al., 1992, Gao, 1996). Έχει υποστηριχθεί ότι αυτός ο περιορισμός μπορεί να ξεπεραστεί με τη χρήση του προτεινόμενου IBI, η οποία εκμεταλλεύεται τα ορατά κανάλια NIR και MIR του φάσματος (Xu 2008)

Οι τρεις θεματικοί δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του IBI είναι ο δείκτης βλάστησης προσαρμοσμένος στο έδαφος (SAVI), ο τροποποιημένος κανονικοποιημένος δείκτης διαφοράς νερού (MNDWI) και ο κανονικοποιημένος δείκτης συσώρευσης διαφορών (NDBI). Αντίστοιχα, αυτοί οι λόγοι αντιπροσωπεύουν τα τρία μεγάλα αστικά τμήματα της βλάστησης, του νερού και της χτισμένης γης. Ο IBI μπορεί να δώσει σημαντικά αποτελέσματα για την δόμηση ενώ ταυτόχρονα μειώνει αποτελεσματικά το θόρυβο του περιβάλλοντος. Μια στατιστική ανάλυση δείχνει ότι ο IBI έχει θετική συσχέτιση με τη θερμοκρασία της επιφάνειας της γης, αλλά αρνητικές συσχετίσεις με το NDVI και το MNDWI.(Xu 2008). Προκύπτει από το λόγο :

$$IBI = \frac{2 * SWIR1}{SWIR1 + NIR} - \left(\frac{NIR}{NIR + RED} \right) + \frac{GREEN}{GREEN + SWIR1}$$
$$2 * \frac{SWIR1}{SWIR1 + NIR} + \left(\frac{NIR}{NIR + RED} \right) + \frac{GREEN}{GREEN + SWIR1}$$

3.5.2.3 UI (Urban Index)

Στα μέσα της δεκαετίας του 1990, οι Kawamura et al. (1996) εισήγαγαν το UI στην προσπάθειά τους να παράγουν ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με το συνθήκες αστικών περιοχών από δορυφορικές εικόνες. Το UI χρησιμοποιεί το NIR και τη δεύτερη ζώνη του καναλιού MIR (δηλ. SWIR 2). Το UI σχεδιάστηκε για να εκμεταλλευτεί την αντίστροφη σχέση μεταξύ του φωτεινότητας των αστικών περιοχών στα κανάλια NIR και MIR.(Kawamura et al., 1996).

Η μαθηματική σχέση του UI είναι :

$$UI = \frac{SWIR2 - NIR}{SWIR2 + NIR}$$

Η δομημένη περιοχή εμφανίζεται στην εικόνα με τις πιο φωτεινές αποχρώσεις.

3.5.3 Δείκτες ορυκτών και πετρωμάτων

Η τηλεανίχνευση χρησιμοποιείται παραδοσιακά για την παρακολούθηση των μεταβολών της κάλυψης γης και της χρήσης της γης, ενώ η άμεση ανίχνευση και ποσοτικοποίηση των συνθηκών του εδάφους ως συνάρτηση αυτών των αλλαγών εξακολουθεί να θεωρείται ότι είναι σε προ-λειτουργικό στάδιο. Η φασματική ανακλαστικότητα των εδαφών είναι μεταβλητή ιδιότητα που προέρχεται από την εγγενής φασματική συμπεριφορά ετερογενών συνδυασμών ορυκτών-οργανικής ύλης και νερού του εδάφους.

Φασματικές απορροφήσεις και μεταβολές ανάκλασης στην περιοχή των 400-2500 nm της ανακλώμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας παρέχουν διαγνωστικά χαρακτηριστικά, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό σημαντικών ορυκτολογικών συστατικών του εδάφους όπως οξείδια του σιδήρου. Υδροξυλικές και ανθρακικές ομάδες παρουσιάζουν χαρακτηριστικά απορρόφησης λόγω των μοριακών δονήσεων του OH. Για παράδειγμα τα αργυλικά ορυκτά παρουσιάζουν απορρόφηση στα 2200 nm ενώ ο ασβεστίτης στα 2300 nm.

3.5.3.1 Λόγος Καναλιών 3/1 – Οξείδια Σιδήρου

Η εφαρμογή του λόγου καναλιών 3/1 παρέχει πληροφορίες για τις περιοχές που υπάρχουν οξείδια σιδήρου. Ο λόγος του κλάσματος είναι μεγαλύτερος της μονάδας αφού συγκεκριμένα τα σιδηρομεταλλεύματα παρουσιάζουν μεγάλη ανακλαστικότητα στο κανάλι 3 και έντονη απορρόφηση στο κανάλι 1, οπότε παρουσιάζονται στην εικόνα με ανοιχτές αποχρώσεις του γκρι. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013).

3.5.3.2 Λόγος Καναλιών 5/7 – Αργιλικά Ορυκτά και Υδροθερμικές ζώνες εξαλλοίωσης

Ο φασματικός λόγος 5/7 χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των ζωνών υδροθερμικής εξαλλοίωσης. Με παρόμοιο τρόπο τα αργιλικά ορυκτά παρουσιάζουν απορρόφηση στο κανάλι 7 και ανάκλαση στο κανάλι 5, οπότε ο λόγος τους 5/7 θα είναι μεγαλύτερος της μονάδας και οι φωτεινές αποχρώσεις στην ασπρόμαυρη εικόνα θα είναι τα αργιλικά ορυκτά. (Καρτάλης Κωνσταντίνος - Φειδάς Χαράλαμπος 2013)

3.5.4 ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ

Η αύξηση της αλατότητας είναι μία από τις σημαντικότερες απειλές υποβάθμισης του εδάφους παγκοσμίως. Μειώνει την ανάπτυξη των φυτών και τη γεωργική παραγωγή ενώ αυξάνει τη διάβρωση του εδάφους (Szabolcs, 1989). Τα τοπία που επηρεάζονται από το αλάτι είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στις κλιματικές μεταβολές. Η αυξημένη αλατότητα σε προχωρημένα στάδια περιορίζει την ανάπτυξη της βλάστησης τελικά καθιστώντας τους παραγωγικούς τομείς άγονους. Η συσσώρευση αλάτων στα ανώτερα στρώματα του εδάφους αλλάζει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και περιορίζει τις λειτουργίες και τις υπηρεσίες του εδάφους.

Μαθηματική σχέση δεικτών αλατότητας s1, s3 και s5 αντίστοιχα :

$$Salinity Index 1 = \frac{BLUE}{RED}$$

$$Salinity Index 3 = \frac{(GREEN \times RED)}{BLUE}$$

$$Salinity Index 5 = \frac{(BLUE \times RED)}{GREEN}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Ο χρήστης (αναλυτής) που έρχεται σε επαφή με την ψηφιακή επεξεργασία πρέπει να συμμετέχει σε πολλές διαφορετικές διεργασίες, που η κάθε μία χρήζει ειδικής μεταχείρισης, ενώ ταυτόχρονα είναι απολύτως απαραίτητο να τηρηθεί αυστηρά η διαδοχή στα βήματα της επεξεργασίας.

Ένας ηλεκτρο-οπτικός σαρωτής (όπως το όργανο καταγραφής του δορυφόρου Landsat) σαρώνει την επιφάνεια της γης και γεννά ένα ηλεκτρομαγνητικό ρεύμα που ποικίλλει σε ένταση φωτεινότητας ανάλογα με την επιφάνεια. Εάν ο δέκτης καταγράφει σε διαφορετικές φασματικές ζώνες, τότε θα δημιουργηθούν διαφορετικά ρεύματα ενέργειας. Κάθε ηλεκτρικό ρεύμα είναι ένα συνεχόμενο σύνθετο σήμα το οποίο πρέπει να απλοποιηθεί, δηλαδή να υποδιαιρεθεί σε ξεκάθαρες μονάδες, οι οποίες στην συνέχεια θα μπορούν να δημιουργήσουν τις απαραίτητες τιμές για τη ψηφιακή ανάλυση. Η μετατροπή του συνεχόμενου αναλογικού σήματος σε διακριτές ψηφιακές τιμές ολοκληρώνεται δοκιμάζοντας (εφαρμόζοντας) το ρεύμα σε ένα ενιαίο διάστημα (αναλογικό σε ψηφιακό, analog-to-digital ή Ato-D μετατροπή). Επειδή όλες οι τιμές των σημάτων μέσα σε αυτό το διάστημα παριστάνονται με ένα μέσο σήμα, όλη η υπόλοιπη ποικιλία των τιμών χάνεται μέσα στο διάστημα αυτό. Επιπροσθέτως, οι ψηφιακές τιμές είναι κατά έναν τρόπο κλιμακούμενες, όπου απεικονίζονται σχετικά με τη φωτεινότητα, το οποίο σημαίνει ότι οι ψηφιακές τιμές δεν αναπαριστούν τις ραδιομετρικές τιμές, παρά μόνο αν προηγουμένως έχουν δεχτεί την κατάλληλη μετατροπή.

Κάθε ψηφιακή τιμή καταγράφεται ως ένα σύνολο ψηφιακών δυάδων που ονομάζονται bits. Κάθε bit καταγράφει ένα αντιπροσωπευτικό σήμα σε μία εκθετική δύναμη του 2. Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε ότι το σύστημα σχεδιάστηκε ώστε να καταγράφει επτά bits για κάθε ψηφιακή τιμή, αυτό σημαίνει ότι επτά δυαδικές περιοχές είναι διαθέσιμες στους δέκτες για να καταγράψουν τη φωτεινότητα που δέχονται για κάθε φασματικό κανάλι. Οι 7 τιμές καταγράφονται, συνεχόμενα, σε εκθετική δύναμη του 2 (καθοριζόμενα από τη θέση τους). Το μηδέν 0 αποδίδει την τιμή μηδέν για αυτή τη θέση. Έτσι, τα 7 bit δυαδικών αριθμών 1111111 σημαίνουν $2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0 = 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 127$ και τα 1001011 καταγράφουν $2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 2^1 + 2^0 = 64 + 0 + 0 + 8 + 0 + 2 + 1 = 75$. Με αυτόν τον τρόπο διακρίνονται οι ψηφιακές τιμές με μια μορφή βολική για αποθήκευση και για ανάλυση στη συνέχεια από τον H/Y. Αυτές οι τιμές είναι γνωστές ως ψηφιακοί αριθμοί (DN), brightness values (BV) ή ψηφιακοί υπολογισμοί.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο αριθμός των τιμών φωτεινότητας μέσα σε μια ψηφιακή εικόνα καθορίζεται από τον αριθμό των bits που υπάρχουν διαθέσιμα. Τα επτά-bit δίνουν ένα μέγιστο 128 (2⁷) πιθανών τιμών (0-127) για κάθε εικονοστοιχείο. Μια μείωση στα έξι-bits μειώνει το εύρος των τιμών φωτεινότητας (64=2⁶), ενώ για παράδειγμα μια αύξηση στα 8-bit αυξάνει το εύρος στα 256 (0-255). Έτσι, είναι φανερό ότι ο αριθμός των bit καθορίζει τη ραδιομετρική ανάλυση των ψηφιακών εικόνων. Τα διαθέσιμα bits καθορίζονται από τον σχεδιασμό του συστήματος και ιδιαίτερα του δέκτη (προσθέτοντας πολλά bits, το σύστημα καταγράφει θόρυβο αντί να εξασφαλίζει πληροφορίες για τη φωτεινότητα) και τις ικανότητες καταγραφής και εκπομπής (μετάδοσης) των δεδομένων (κάθε bit το οποίο προστίθεται αυξάνει τις απαιτήσεις μετάδοσης και τον όγκο των δεδομένων). Εάν υποθέσουμε ότι οι πηγές μετάδοσης και αποθήκευσης είναι καθορισμένες, τότε αυξάνοντας τον αριθμό των bits για κάθε εικονοστοιχείο συνεπάγεται ότι θα έχουμε λιγότερα εικονοστοιχεία ανά εικόνα και ότι το μέγεθος των εικονοστοιχείων θα είναι μεγαλύτερο. Για αυτόν λοιπόν τον λόγο ο σχεδιασμός των συστημάτων τηλεπισκόπησης απαιτεί ισορροπία μεταξύ της έκτασης που καλύπτει η εικόνα και της ραδιομετρικής, φασματικής και χωρικής διακριτικής ικανότητας.

Ο Landsat TM θεματικός χαρτογράφος με τα δεδομένα στα 8 bit παρουσιάζει βελτίωση στη ραδιομετρική λεπτομέρεια, γεγονός το οποίο οφείλεται στη βελτίωση των ικανοτήτων επικοινωνίας των φερόμενων συστημάτων στους Landsat 4 και 5 (Avery & Berlin 1992· Campbell 1996· Mather 1999).

Τα ψηφιδωτά δεδομένα βοηθούν στην διαχείριση των τιμών των εικονοστοιχείων από τα λογισμικά επεξεργασίας, καθώς είναι εύκολο να βρεθούν και να εντοπιστούν τα εικονοστοιχεία και οι τιμές τους.

Ορισμένα μειονεκτήματα προκύπτουν όταν χρειάζεται να παρουσιάσουμε όχι μεμονωμένα εικονοστοιχεία, αλλά τμήματα αυτών ως διακριτά σημεία ή περιοχές. Σε αυτή την περίπτωση τα διανυσματικά δεδομένα λειτουργούν πιο καλά, ωστόσο δεν είναι κατάλληλα για ψηφιακή ανάλυση δεδομένων τηλεπισκόπησης, παρόλο που πολύ συχνά τα χρησιμοποιούμε για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την ανάλυση των δεδομένων

Στη φυσική της μορφή, μια ψηφιακή εικόνα είναι παράταξη δύο διαστάσεων από μικρές περιοχές, που όπως έχει αναφερθεί καλούνται εικονοστοιχεία τα οποία ανταποκρίνονται χωρικά σε σχετικά μικρές περιοχές που καλούνται εδαφικές κυψελίδες διαχωρικής ικανότητας (ground resolution cells). Οι οριζόντιες γραμμές των εικονοστοιχείων καλούνται γραμμές (lines) και οι κάθετες καλούνται στήλες (columns). Έτσι, μια παράταξη αποτελείται από n γραμμές που τρέχουν από πάνω προς τα κάτω και s στήλες από αριστερά προς τα δεξιά. Εξαιτίας αυτής της κατανομής των εικονοστοιχείων θεωρούμε πάντα το πάνω αριστερά σημείο ότι έχει συντεταγμένες: γραμμή 1, στήλη 1.
https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3963/1/02_chapter_3.pdf

4.1 Ιστόγραμμα ψηφιακής εικόνας

Μέσα στο ιστόγραμμα μιας μονοφασματικής εικόνας κρύβονται τα πολυάριθμα χαρακτηριστικά της. Το ιστόγραμμα περιγράφει το πως κτανέγονται τα εικονοστοιχεία (ψηφιακοί αριθμοί, DN) μιας εικόνας, που κυμαίνονται μεταξύ 0 και 255. Επίσης, το ιστόγραμμα παρουσιάζει τον αριθμό των εικονοστοιχείων για κάθε τιμή στο εύρος τιμών 0-255. Με άλλα λόγια, το ιστόγραμμα περιέχει τις συχνότητες των ψηφιακών τιμών σε μια εικόνα. Τα δεδομένα ενός ιστογράμματος μπορούν να παρουσιαστούν είτε με την βοήθεια πίνακα είτε γραφικής παράστασης. Οι πίνακες που περιγράφουν ιστογράμματα συνήθως περιέχουν τις παρακάτω στήλες:

- DN= Ψηφιακοί αριθμοί
- Npts= Αριθμός των εικονοστοιχείων για τη συγκεκριμένη ψηφιακή τιμή (συχνότητα)
- Total= Άθροισμα των εικονοστοιχείων σε μια εικόνα, με τιμή ίση ή μικρότερη του ψηφιακού αριθμού
- Percent= Ποσοστό που καταλαμβάνει το πλήθος των εικονοστοιχείων για μια συγκεκριμένη ψηφιακή τιμή, βάση του συνολικού αριθμού των εικονοστοιχείων

Τα δεδομένα ενός ιστογράμματος μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω σε ορισμένα περιγραφικά στατιστικά: μέσος όρος (mean), τυπική απόκλιση (standard deviation), ελάχιστη(min)/μέγιστη(max) τιμή, όπως επίσης και οι τιμές 1% και 99%. Η τυπική απόκλιση είναι το στατιστικό μέτρο της διασποράς των τιμών γύρω από τον μέσο όρο. Η τιμή 1% εκφράζει το όριο κάτω από το οποίο σημειώνονται μόνο το 1% όλων των ψηφιακών τιμών. Οι τιμές 1% και 99% μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ορίσουν την ιδανική επέκταση του ιστογράμματος (histogram stretch) ώστε να γίνει πιο αποτελεσματική η οπτικοποίηση των δεδομένων.

Μια εικόνα υψηλής ανάλυσης, πριν δοθεί στους ερευνητές για ανάλυση, υπόκειται σε:

α) διορθώσεις

β) αποκατάσταση της αρχικής της μορφής.

Η παραπάνω διαδικασία περιλαμβάνει γεωμετρικές και ραδιομετρικές διορθώσεις, καθώς και απομάκρυνση των «θορύβων». Τα γεωμετρικά λάθη μπορεί να οφείλονται σε λάθη των οργάνων του δορυφόρου, στην πανοραμική παραμόρφωση που οφείλονται στο σχήμα της Γης ή στην περιστροφή της.

Η ακτινοβολία που μετρείται από ένα σύστημα για ένα αντικείμενο επηρεάζεται από παράγοντες όπως ο φωτισμός, οι ατμοσφαιρικές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά του οργάνου που κάνει τη μέτρηση. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να διορθώσουμε μια εικόνα από τις επιδράσεις αυτές ονομάζονται ραδιομετρικές και είναι δυσκολότερες στην εφαρμογή τους σε σχέση με τις γεωμετρικές.

Τα βασικά τμήματα επεξεργασίας μιας εικόνας είναι τα εξής:

- α) Αποκατάσταση ή προεπεξεργασία (preprocessing) της εικόνας
- β) Ενίσχυση της εικόνας (image enhancement)
- γ) Ταξινόμηση της εικόνας (image classification)

4.2 Λογισμικά επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων

Τα ψηφιακά δεδομένα τηλεπισκόπησης υφίστανται επεξεργασία από λογισμικά ηλεκτρονικών υπολογιστών τα οποία διαχειρίζονται τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί σε εικονοστοιχεία κι παρέχουν πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένα θέματα. Αυτού του είδους η ανάλυση είναι γνωστή ως επεξεργασία εικόνας, παρόλο που ο συγκεκριμένος όρος περικλείει αρκετά ευρύ φάσμα τεχνικών. Για την επεξεργασία μιας εικόνας χρειάζεται ένα σύστημα εξειδικευμένων λογισμικών ηλεκτρονικών υπολογιστών προσαρμοσμένα στη διαχείριση των ψηφιακών δεδομένων εικόνας. Μερικά από τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα είναι τα εξής: ERDAS IMAGINE (Hexagon Geospatial), ENVI (Exelis VIS), IDRISI (Clark Labs), Geomatica (PCI Geomatics) κ.ά.
https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3963/1/02_chapter_3.pdf

4.3 Τύποι Διορθώσεων θορύβου - σφαλμάτων καταγραφής

Η σωστή αξιοποίηση των τηλεπισκοπικών δεδομένων προϋποθέτει την κατάλληλη προεπεξεργασία τους, ώστε να απαλειφθούν τυχόν σφάλματα που εάν παραμείνουν θα υποβαθμίσουν την ποιότητα της τελικής πληροφορίας και θα οδηγήσουν αντίστοιχα σε αλλοιωμένα συμπεράσματα.

Οι διορθώσεις που πρέπει να γίνουν αφορούν:

Α) **Γεωμετρικές διορθώσεις** που έχουν να κάνουν με την αναγωγή της καμπύλης γεωμετρίας της εικόνας σε επίπεδη γεωμετρία, απαλείφοντας τα σφάλματα που προέρχονται από την επιφάνεια του γήινου ελλειψοειδούς αλλά και της κίνησης γης και τεχνητού δορυφόρου. Επίσης γεωμετρικές διορθώσεις επιβάλλονται ώστε να διορθωθούν σφάλματα που οφείλονται στο έντονο ανάγλυφο μιας περιοχής, διαδικασία που είναι γνωστή ως ορθοδιόρθωση ή ορθοαναγωγή ενώ επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η μέθοδος της αναδόμησης. Τέλος η εικόνα θα πρέπει να ανοιχθεί σε ένα σύστημα γεωγραφικών ή προβολικών συντεταγμένων, ώστε να μπορεί να συνδυασθεί με άλλα γεωγραφικά δεδομένα. <https://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεπισκόπηση>

Γεωμετρικές διορθώσεις - Τεχνικές

1) Μέθοδος Ορθοαναγωγής :

Μέσω αυτής της τεχνικής απαλοίφεται η παραμόρφωση λόγω της τομογραφίας της υπό μελέτη περιοχής. Απαιτείται όμως η χρήση του προγράμματος DEM.

2) Μέθοδος Αναδόμησης :

Οι ψηφιακοί αριθμοί (DN) της διορθωμένης εικόνας προκύπτουν από αυτούς της μη διορθωμένης.

Μέθοδοι :

Μέθοδος Εγγύτερου Γείτονα (Nearest Neighbor Interpolation).

Διγραμμική παρεμβολή (Bilinear interpolation).

Κυβική Συνέλιξη παρεμβολή (Cubic convolution interpolation).

1) **Μέθοδος Εγγύτερου Γείτονα** (Nearest Neighbor Interpolation) :

Λαμβάνεται η τιμή του κοντινότερου pixel (από τη μη διορθωμένη εικόνα).

Δεν αλλάζουν οι ψηφιακοί αριθμοί.

Τα αποτελέσματα μπορεί να είναι ανακριβή.

Κάποια pixels (όχι όλα) επιλέγονται περισσότερες από μία φορές .

Δημιουργία φαινομένων «σκαλοπατιού».
Εξαφάνιση γραμμικών οντοτήτων.

2) Διγραμμική παρεμβολή- Bilinear interpolation :

Χρησιμοποιούνται τα 4 κοντινότερα pixels (από τη μη διορθωμένη εικόνα).

Υπολογίζεται ο μέσος όρος με συντελεστή βαρύτητας ανάλογα της απόστασης.

Μεταβάλλονται πλήρως οι ψηφιακοί αριθμοί.

3) Περίπλοκη κυβική παρεμβολή- Cubic Convolution Interpolation :

Χρησιμοποιούνται τα 16 (4x4) κοντινότερα pixels (από τη μη διορθωμένη εικόνα).

Υπολογίζεται ο μέσος όρος με συντελεστή βαρύτητας ανάλογα της απόστασης

Μεταβάλλονται πλήρως οι ψηφιακοί αριθμοί. (Τηλεπισκόπηση Εμμανουήλ Βασιλάκης)

Β) Ραδιομετρικές διορθώσεις, που έχουν να κάνουν με την απαλοιφή σφαλμάτων που οφείλονται στην απορύθμιση των αισθητήρων του καταγραφέα και σε γενικά σε σφάλματα και αλλοιώσεις που προέρχονται από τα τεχνικά στοιχεία της διαδικασίας καταγραφής και μετάδοσης. Στις ατμοσφαιρικές διορθώσεις εντάσσονται και οι μέθοδοι που προσπαθούν να διορθώσουν ραδιομετρικά σφάλματα προερχόμενα από την επίδραση του αναγλύφου, όπως είναι η σκιά ενός ορεινού όγκου. (Wikipedia)

Οι ραδιομετρικές διορθώσεις χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

1) Διορθώσεις που γίνονται για να περιοριστούν στο ελάχιστο δυνατό τα σφάλματα λειτουργίας των αισθητήρων του σαρωτή και να βελτιστοποιηθεί το δυναμικό εύρος λειτουργίας του. Η διόρθωση επηρεάζει την βασική στάθμη και τις ενισχυτικές διατάξεις των αισθητήρων.

2) Διορθώσεις που εφαρμόζονται προκειμένου να περιοριστεί η ραδιομετρική επίδραση εξωγενών παραγόντων (επίδραση της γήινης ατμόσφαιρας) στο λαμβανόμενο σήμα, κατά τη διαδρομή της ακτινοβολίας μέχρι το σαρωτή. Για παράδειγμα η διάχυση της ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα έχει ως συνέπεια την αύξηση των τιμών φωτεινότητας των εικονοστοιχείων σε κάθε κανάλι εκτός ίσως των υπέρυθρων καναλιών.

3) Διόρθωση για την επίδραση της τοπογραφίας στα ραδιομετρικά χαρακτηριστικά της εικόνας που απαιτεί την ύπαρξη ενός ψηφιακού μοντέλου εδάφους για την εφαρμογή της. (ΜΗΛΙΑΡΕΣΗΣ 2003)

Γ) Ατμοσφαιρικές διορθώσεις, που έχουν να κάνουν με την απαλοιφή σφαλμάτων που προέρχονται από την επίδραση των συστατικών της ατμόσφαιρας. Καθώς η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που αντανακλάστηκε από την γήινη επιφάνεια επιστρέφει στο διάστημα, διέρχεται μέσα από την ατμόσφαιρα, τα συστατικά της οποίας (νερό σε αέρια φάση & αερολύματα) αλλοιώνουν την ποσότητα της εισερχόμενης στον αισθητήρα ακτινοβολίας. Οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις διακρίνονται σε μεθόδους σταθερής τιμής και σε μεθόδους μετάδοσης ακτινοβολίας. Η πρώτη ομάδα μεθόδων είναι σχετικά απλή και προσπαθεί να διορθώσει τα σφάλματα με την εφαρμογή μιας σταθερής τιμής (π.χ. διαίρεση με τον μέσο όρο της εικόνας) στις τιμές των pixels, ενώ η δεύτερη ομάδα μεθόδων συνδυάζει δεδομένα από την ίδια την εικόνα με κάποια προϋπολογισμένα μοντέλα ώστε να «ανακατασκευαστεί» η διάδοση της η/μ ακτινοβολίας σε δεδομένο χρόνο και τόπο.

Ατμοσφαιρικές διορθώσεις – Τεχνικές

1) Αφαίρεση τιμών σκούρου αντικειμένου (Dark object subtraction)

2) Μετατροπή σε τιμές ανάκλασης (Conversion to surface reflectance)

3) Κανονικοποίηση εικόνων (Image Normalization)

Αφαίρεση τιμών σκούρου αντικειμένου

Η μέθοδος βασίζεται στο γεγονός ότι τα υπέρυθρα δεδομένα ($> 0,7 \mu\text{m}$) είναι απαλλαγμένα από ατμοσφαιρικές επιδράσεις σκέδασης, ενώ η ορατή περιοχή ($0,4-0,7 \mu\text{m}$) επηρεάζεται έντονα από αυτά. Για την εφαρμογή της μεθόδου αφαιρείται η ελάχιστη τιμή DN που εμφανίζεται στα υπέρυθρα κανάλια, από όλες τις τιμές DN σε όλα τα κανάλια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση όλων των ιστογραμμάτων προς χαμηλότερες τιμές, απαλλαγμένες όμως από πιθανές ατμοσφαιρικές αλλοιώσεις.

Κανονικοποίηση εικόνων

- 1) Προσαρμογή των DN ενός ή περισσότερων εικόνων στις τιμές μιας εικόνας αναφοράς.
- 2) Επιλογή στόχων με υψηλές, μέσες και χαμηλές τιμές DN οι οποίες οφείλουν να είναι σταθερές σε όλες τις εικόνες.
- 3) Προσδιορισμός των τιμών αυτών και εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης.
- 4) Μετατροπή όλων των ενδιάμεσων τιμών DN σε όλες τις εικόνες.

Υπάρχουν όμως και ορισμένες ατμοσφαιρικές επιδράσεις που είναι αδύνατο να διορθωθούν όπως για παράδειγμα :

- 1) Καπνός
- 2) Πυκνή νέφωση
- 3) Ισχυρή σκίαση

Οι περιοχές που παρασιάζουν τα παραπάνω στοιχεία είναι προτιμότερο να εξαιρούνται από την ανάλυση και την ερμηνεία (<https://eclass.uoa.gr>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (ΓΣΠ)

5.1 Βασικές έννοιες ΓΣΠ

Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) (G.I.S.) είναι συστήματα τα οποία παρέχουν πληροφορίες για την κατάσταση των πραγμάτων (συνθήκες, περιστάσεις), τις ιδιότητες και τις αμοιβαίες σχέσεις μεταξύ των παραγόντων οι οποίοι συνδυάζονται σε μία γεωγραφική περιοχή. Ένα τρίτο χαρακτηριστικό τους είναι αυτό του χρόνου. Οι ιδιότητες μπορούν να αλλάξουν χαρακτήρα με τον χρόνο αλλά διατηρούν την ίδια θέση ή οι ιδιότητες μένουν οι ίδιες αλλά αλλάζει η θέση τους.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γνωρίσει μεγάλη άνθηση και έχουν βρει πλήθος πρακτικών εφαρμογών σε επιχειρήσεις και οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του πεδίου της έρευνας.

Η ιδέα της οργάνωσης και συστηματοποίησης της γεωγραφικής πληροφορίας με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή εμφανίστηκε για πρώτη φορά στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Η συστηματική χρησιμοποίηση των χαρτογραφικών δεδομένων παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του '60 και του '70. Η επανάσταση που έφεραν οι υπολογιστές στη διαχείριση της πληροφορίας άργησε να αγγίξει τον τομέα της χωρικής πληροφορίας για τεχνικούς λόγους κυρίως, που σχετίζονται με τις αυξημένες απαιτήσεις σε γραφικά. Τη δεκαετία του 1990 όμως, ξεπεράστηκαν τα τεχνικά εμπόδια και όταν το κόστος των συστημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών άρχισε να μειώνεται, η ευρεία χρήση τους οδήγησε στην ανάπτυξη των ΓΣΠ και στη σταδιακή δημιουργία των απαραίτητων χωρικών δεδομένων για τη λειτουργία των συστημάτων αυτών. Η τεχνολογία αυτή απέκτησε μία ευρύτατη σειρά εφαρμογών, σχεδόν σε κάθε ζήτημα όπου η παράμετρος της γεωγραφικής πληροφορίας υπεισέρχεται έμμεσα ή άμεσα. <http://dasodata.gr/index.php/gis>

Χαρτογραφία ορίζεται η επιστήμη και οι τεχνικές κατασκευής και μελέτης των χαρτών. Σχετίζεται στενά με την επιστήμη της Γεωγραφίας, αφού οι χάρτες είναι ένα από τα βασικά μέσα παρουσίασης και μελέτης των γεωγραφικών δεδομένων.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι γεωγραφικών πληροφοριών :

- Η χωρική πληροφορία
- Η περιγραφική πληροφορία

Χωρική (γραφική) πληροφορία ονομάζεται ο προσδιορισμός της θέσης των γεωγραφικών δεδομένων με βάση ένα σύστημα αναφοράς, όπως επίσης τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των γεωγραφικών δεδομένων (π.χ. να γνωρίζουμε τις συστάδες δεξιά και αριστερά από κάποιο συγκεκριμένο οικόπεδο).

Περιγραφική πληροφορία ονομάζονται τα χαρακτηριστικά των γεωγραφικών δεδομένων που σχετίζονται με τις ποιοτικές και ποσοτικές ιδιότητες του γεωγραφικού χώρου όπως για παράδειγμα, ποιοτική πληροφορία είναι η κατανομή των χρήσεων γης μιας περιοχής σε ένα χάρτη, ενώ ποσοτική πληροφορία είναι η κατανομή των δασών με δρυούς στους διάφορους Νομούς της Ελλάδας.

Η μεγάλη αλλαγή που έγινε με την δημιουργία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών εντοπίζεται:

Στη σύνδεση των χωρικών-γραφικών πληροφοριών με μη γραφικές πληροφορίες (περιγραφικές).

Στη δυνατότητα πράξεων (αριθμητικών και λογικών) μεταξύ χαρτών.

Απ τη στιγμή που δίδεται η δυνατότητα πράξεων μεταξύ των χαρτών (λογικών πράξεων καταρχήν, αριθμητικών στην συνέχεια), γίνεται δυνατή η συσχέτιση πληροφοριών που υπάρχουν σε διαφορετικούς χάρτες. Τα εν λόγω λογισμικά επιτρέπουν την καταχώρηση αφ' ενός χωρικής γραφικής πληροφορίας, αφ' ετέρου μη γραφικής περιγραφικής πληροφορίας και, επιπλέον, τη δημιουργία σχέσεων μεταξύ των πληροφοριών αυτών. Καθιστούν δηλαδή δυνατή τη δόμηση της εισαγόμενης πληροφορίας.

Ο γεωγραφικός χώρος στα ΓΣΠ περιγράφεται με βάση κάποιες συντεταγμένες ορισμού που είναι, είτε γεωγραφικές (φ, λ), είτε χαρτογραφικές (x, y). Επίσης κάθε δεδομένο που σχετίζεται με τον γεωγραφικό χώρο πρέπει να αναφέρεται οπωσδήποτε με τις αντίστοιχες συντεταγμένες του..

Έτσι, ένα ΓΣΠ, χρησιμοποιώντας την πληροφορία αυτή σε συνδυασμό με διάφορα αναλυτικά μοντέλα, οδηγεί τον χρήστη στη λήψη συγκεκριμένων αποφάσεων που χαρακτηρίζονται για την δυναμική ευελιξία τους.

Η ανάπτυξη αυτών των συστημάτων κωδικοποιεί σε ενιαίο λογισμικό περιβάλλον τις εξής βασικές έννοιες (γνωστές από τη θεωρία της θεματικής χαρτογραφίας).

Γεωμετρία (θέσεις και τοπολογία)

Θέματα (χαρακτηρισμοί και ιδιότητες)

Χρόνος (διαχρονικές μεταβολές)

Ανάλογα με την εφαρμογή και τη χρήση ενός ΓΣΠ, άλλοτε αποκτά μεγαλύτερη σημασία η έννοια της γεωμετρίας ή του θέματος ή του χρόνου, άλλοτε συνδυασμοί τους και άλλοτε και οι τρεις έννοιες μαζί.

Οι παραπάνω βασικές έννοιες προσδιορίζουν και τις δυνατότητες των ΓΣΠ συστημάτων οι οποίες είναι:

Δυνατότητα εισόδου στο περιβάλλον δεδομένων (γραφικών αλφαριθμητικών) σε ψηφιακή διανυσματική ή ψηφιδωτή μορφή.

Δυνατότητα διατύπωσης ερωτήσεων από τον χρήστη. Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις αυτές δίδονται από το σύστημα, αφού πρώτα αναλυθούν τα γεωμετρικά, θεματικά και διαχρονικά δεδομένα και οι πληροφορίες που έχουν αποθηκευτεί και επεξεργαστεί σε κάποιο βαθμό.

Δυνατότητα γρήγορης ανάκτησης πληροφοριών αποθηκευμένων σε διάφορα επίπεδα και μορφές.

Δυνατότητα υποστήριξης μετασχηματισμών της γραφικής πληροφορίας για τη δημιουργία παράγωγων πληροφοριών με μαθηματική και στατιστική επεξεργασία, αλλά και με παράλληλη δυναμική σύνθεση και ανάλυση για τη δημιουργία θεματικών χαρτών.

Δυνατότητα εξόδου των πληροφοριών σε ένα μεγάλο πλήθος μορφών και μέσων (διανυσματική ή ψηφιδωτή μορφή – ηλεκτρονικό, μαγνητικό, αναλογικό μέσο).

Εν κατακλείδι κάθε ΓΣΠ μοντελοποιεί το χώρο συγκεντρώνοντας και συνδυάζοντας ένα πλήθος πληροφοριών. Σε ένα ΓΣΠ δεν μελετάμε μόνο ένα συγκεκριμένο χάρτη, αλλά κάθε πιθανό χάρτη. Για το σκοπό αυτό αποθηκεύει δεδομένα σε ένα σύνολο από διαφορετικές θεματικά επίπεδα (layers), όπως για παράδειγμα πόλεις, δρόμοι, κτίρια, αγωγοί, γεωγραφικό ανάγλυφο, λίμνες, ποτάμια, δάση, χωράφια και άλλα σημεία ενδιαφέροντος. Τα θεματικά αυτά επίπεδα συνδέονται μεταξύ τους μέσω γεωγραφικών

συντεταγμένων, σε δύο διαστάσεις (γεωγραφικό μήκος και πλάτος), ακόμα και σε τρεις διαστάσεις. Αυτή είναι η απλή αλλά εξαιρετικά ισχυρή και χρήσιμη αρχή λειτουργίας των ΓΣΠ η οποία είναι πολύτιμη για

την επίλυση πλήθους προβλημάτων. Το πιο ζωτικό δομικό στοιχείο ενός ΓΣΠ είναι τα δεδομένα και για το λόγο αυτό οι βάσεις δεδομένων βρίσκονται στην καρδιά ενός τέτοιου συστήματος. <http://dasodata.gr/index.php/gis>

5.2 Γιατί να χρησιμοποιηθούν τα ΓΣΠ

Βασική αρχή των ΓΣΠ είναι ότι τα γεωμετρικά δεδομένα οργανώνονται με τοπολογικές σχέσεις αναφορικά με το γεωγραφικό χώρο. Έτσι, κάθε χάρτης είναι πλέον εφοδιασμένος με μια ισχυρή βάση δεδομένων και τα διάφορα γεωγραφικά δεδομένα μπορούν να συνδυαστούν και να δώσουν επιθυμητό αποτέλεσμα όταν φτάσουμε στο σημείο της ανάλυσης.

Στα προγράμματα γραφικών σχεδιάσεων υπάρχει χωριστά η γραφική και περιγραφική πληροφορία (π.χ. στα Computer Aided Design Systems / Drafting CAD). Τα ΓΣΠ στηρίζονται στη σύνδεση γραφικών και περιγραφικών πληροφοριών που οδηγεί σε χωρικές αλληλοσυσχετίσεις, στην ανάπτυξη δηλαδή χωρικών σχέσεων μεταξύ γεωγραφικών δεδομένων.

Έτσι μπορούν να παρατηρηθούν και να αξιολογηθούν περιβαλλοντολογικές επιδράσεις, να υπολογισθούν όγκοι σοδειάς, να προσδιοριστεί η καλύτερη τοποθεσία για μια νέα εγκατάσταση, να χωροθετηθούν νέες εκπαιδευτικές μονάδες, να αναπτυχθεί ένα σύστημα λήψης αποφάσεων εν γένει.

Κάθε ΓΣΠ έχει ενσωματωμένο ένα σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων. Η έννοια της βάσης δεδομένων είναι ένα δυναμικό στοιχείο και αποτελεί την βασικότερη διαφορά ανάμεσα σε ένα ΓΣΠ και σε ένα απλό σχεδιαστικό πακέτο.

Έτσι οι βασικές πληροφορίες για κάθε δεδομένο που αποθηκεύεται στον υπολογιστή είναι οι εξής :

Τι είναι, που βρίσκεται, πως σχετίζεται με άλλες οντότητες (π.χ. ποιοι δρόμοι ενώνονται για να αποτελέσουν ένα δίκτυο.)

Τα συστήματα βάσης δεδομένων παρέχουν τα μέσα ώστε να αποθηκεύεται ένα ευρύ πεδίο πληροφοριών και ταυτόχρονα να ενημερώνεται όποτε είναι αναγκαίο.

Ερωτήσεις που απαντά ένα ΓΣΠ

1. Τι υπάρχει στην περιοχή μελέτης;
2. Υπάρχει περιοχή που να πλήρη ορισμένους περιορισμούς;
3. Τι αλλαγές έγιναν στη περιοχή από κάποια συγκεκριμένη εποχή;
4. Ποιο μοντέλο είναι δυνατόν να περιγράψει καλύτερα τα δεδομένα της περιοχής;
5. Τι θα γίνει αν αλλάξουν ορισμένοι παράμετροι;
6. Που είναι το αντικείμενο A;
7. Που είναι το A σε σχέση με το B;
8. Πόσο μεγάλο είναι το B (έκταση, περίμετρο, κ.λπ.);

9. Τι βρίσκεται στο σημείο με συντεταγμένες x_1, x_2 ;

10. Ποία αντικείμενα είναι δίπλα στα αντικείμενα με συγκεκριμένους συνδυασμούς ιδιοτήτων;

11. Χρησιμοποιώντας την ψηφιακή βάση δεδομένων σαν ένα μοντέλο παρουσίασε την επίδραση της πορείας K δια μέσου του χρόνου T για ένα συγκεκριμένο σενάριο Σ κ.λπ.

Τα κυριότερα στοιχεία των Γ.Σ.Π. και η κατανόηση αυτών βοηθούν στη σωστή χρήση των τεχνολογιών που αναφέρονται ή χρησιμοποιούν χωρικά – γεωγραφικά δεδομένα, καθώς και της τεχνολογίας των Γ.Σ.Π.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών παρέχουν πολλές δυνατότητες στους χρήστες που μέχρι σήμερα ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθούν.

Είναι δηλαδή μία προέκταση της ανθρώπινης νόησης και μόρφωσης και αν αξιοποιηθούν κατάλληλα τα αποτελέσματά τους (χάρτες, πίνα-κες, αναφορές, κλ.π.) είναι σίγουρο ότι θα δώσουν μία άλλη διάσταση στην διαχείριση των πληροφοριών.

Οι έννοιες που καλείται κάθε νέος χρήστης να γνωρίζει για την καλύτερη κατανόηση των ΓΣΠ είναι:

A) Ποια είναι τα βασικά στοιχεία ενός ΓΣΠ

B) Πως δομούνται τα γεωγραφικά δεδομένα με στοιχεία, παραμέτρους και συμπεριφορές

Γ) Τι είναι τοπολογία. (ο κλάδος της μαθηματικής γεωμετρίας ο οποίος εξετάζει τις σχετικές θέσεις των γεωμετρικών σχημάτων, παρά τις πραγματικές γραμμικές διαστάσεις, τις οποίες εξετάζει η κλασσική γεωμετρία).

Δ) Τι είναι η θεματική οργάνωση των γεωγραφικών δεδομένων

E) Τι είναι τα προβολικά συστήματα. <http://dasodata.gr/index.php/gis>

5.3 Κατηγορίες ΓΣΠ

Ο τρόπος με τον οποίο δομείται ο ψηφιοποιημένος χάρτης χωρίζει τα ΓΣΠ σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα «διανυσματικά» (vector) συστήματα και τα συστήματα «μωσαϊκού» (raster ή grid). Τα διανυσματικά συστήματα αποθηκεύουν τη γεωγραφική πληροφορία σε αναλυτική μορφή συντεταγμένων, ενώ τα συστήματα μωσαϊκού αποθηκεύουν την πληροφορία σε μορφή πλέγματος ψηφίδων. Στα διανυσματικά ΓΣΠ η καταγραφή και η επεξεργασία των χωρικών πληροφοριών γίνεται με τη χρήση της γεωμετρίας των διανυσμάτων που περιλαμβάνει σημεία, γραμμές και πολύγωνα, με τα οποία αντιπροσωπεύονται αντιστοίχως τα εξής γεωμετρικά στοιχεία του χώρου: τόποι, γραμμικά στοιχεία και επιφάνειες. Τα ΓΣΠ μωσαϊκού τύπου στηρίζονται στην αρχή των στοιχειωδών επιφανειών (raster, cells, pixels). Οι στοιχειώδεις επιφάνειες είναι συνήθως τετράγωνα ή παραλληλόγραμμα και ενίοτε τριγωνικής ή εξαγωνικής μορφής. Δημιουργείται δηλαδή ένα πλέγμα πάνω από μία εικόνα (συνήθως ψηφιακά σαρωμένος χάρτης), το οποίο διαχωρίζει την εικόνα σε πολύ μικρά στοιχειώδη κομμάτια - ψηφίδες, παρόμοιες με αυτές που βλέπει κανείς όταν μεγεθύνει υπερβολικά μία ψηφιακή φωτογραφία.

Οι χάρτες μωσαϊκού (raster ή grid) υστερούν στη δημιουργία των χωρικών συσχετίσεων που επιτυγχάνουν οι διανυσματικοί (vector) χάρτες. Για το λόγο αυτό τα σύγχρονα ΓΣΠ χρησιμοποιούν διανυσματικούς χάρτες, ενώ συνοδεύονται και από ειδικές εφαρμογές μετατροπής των χαρτών από «raster» σε «vector» μορφή. <http://dasodata.gr/index.php/gis>

5.4 Οι Χρήσεις των ΓΣΠ

Ένα σύστημα ΓΣΠ έχει το πλεονέκτημα ότι διαχειρίζεται ξεχωριστά την αποθήκευση των δεδομένων από την οπτική αναπαράσταση των χαρτών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα ίδια δεδομένα να μπορούν να αποτυπωθούν με διαφορετικούς τρόπους. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι μπορούμε να μεγεθύνουμε τον ψηφιακό χάρτη ή να εμφανίσουμε συγκεκριμένα μόνο επίπεδα (layers) της ψηφιακής πληροφορίας. Ένα τέτοιο παράδειγμα συναντάται στις γνωστές εφαρμογές χαρτών της Google maps όπου ο χρήστης επιλέγει είτε μόνο τον πολιτικό χάρτη, είτε το γεωφυσικό χάρτη (φωτογραφία από δορυφόρο) είτε και τους δύο μαζί και πάνω σε αυτούς μπορεί να εμφανίσει οποιαδήποτε άλλη πληροφορία τον ενδιαφέρει και είναι διαθέσιμη: δρόμοι, πόλεις, σημεία τουριστικού ενδιαφέροντος κ.λπ. Επιπλέον, ένα ακόμα πλεονεκτήματα των ΓΣΠ ότι μπορούμε να κάνουμε διάφορους υπολογισμούς με τα γεωγραφικά δεδομένα και οποιαδήποτε άλλη πληροφορία μπορεί να συνδυαστεί με αυτά, όπως για παράδειγμα ο υπολογισμός των αποστάσεων μεταξύ τοποθεσιών ή και ο χρόνος μίας διαδρομής. Επίσης, μπορούμε να δημιουργήσουμε πίνακες που να περιλαμβάνουν τα διάφορα χαρακτηριστικά του ψηφιακού χάρτη ή να προσθέσουμε οποιαδήποτε επιπλέον πληροφορία πάνω στο χάρτη. Μία σημαντική δυνατότητα που παρέχουν τα GIS είναι το ότι προσδιορίζουν τις διαθέσιμες πληροφορίες στο γεωγραφικό χώρο. Η δυνατότητα αυτή που ονομάζεται «γεωκωδικοποίηση» geocoding) και ένα ενδεικτικό παράδειγμα χρήσης της είναι ο αυτόματος μετασχηματισμός της διεύθυνσης ενός πελάτη σε συντεταγμένες ενός σημείου στον ψηφιακό χάρτη της αντίστοιχης πόλης.

Ο σημαντικότερος παράγοντας για την επιτυχημένη υλοποίηση και χρήση ενός ΓΣΠ είναι η ύπαρξη των κατάλληλων γεωγραφικών δεδομένων, τα οποία εφόσον συνδυαστούν με τα υπόλοιπα δεδομένα ενός οργανισμού, μπορούν να υποστηρίξουν πολλές λειτουργίες ή και τη λήψη των αποφάσεων. Τέτοια γεωγραφικά δεδομένα μπορούν είτε να αγοραστούν είτε να δημιουργηθούν εξαρχής με τη χρήση ειδικών διατάξεων ψηφιοποίησης των χαρτών. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 2000, μόνο η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ) προσέφερε αξιόπιστα και σχετικά πλήρη γεωγραφικά δεδομένα για τον Ελλαδικό χώρο, αν και αυτά υστερούσαν στο επίπεδο των αστικών περιοχών (εντός των πόλεων).

Το πεδίο εφαρμογής των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών είναι ευρύτατο καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε. Οι παράμετροι της γεωγραφικής πληροφορίας υπεισέρχεται άμεσα ή έμμεσα, όπως για παράδειγμα : οι ανάγκες χαρτογράφησης, τα ζητήματα χωροταξίας, περιπτώσεις αστικών και περιφερειακών μελετών, διαχείρισης φυσικών πόρων, η προστασία των δασών, οικολογικών ερευνών, διαχείρισης αποβλήτων, κτηματολογίου και πολεοδομικού σχεδιασμού, μελέτης κυκλοφοριακών συνθηκών, διαχείρισης επειγόντων περιστατικών, δημογραφικά ζητήματα.

5.5 Επιλογή του κατάλληλου ΓΣΠ

Η ύπαρξη δύο μοντέλων απεικόνισης των δεδομένων στα ΓΣΠ (του Raster και του Vector) και η αναποτελεσματική λειτουργία των προγραμμάτων μετατροπής, περιπλέκει τη διαδικασία της επιλογής. Έτσι, παρά την τεχνολογική πρόοδο, η απάντηση στο ερώτημα για την εγκατάσταση Vector ή Raster γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών, εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο , από το είδος της εργασίας

που πρόκειται να επιτευχθεί. Ορισμένες εργασίες επιτυγχάνονται ευκολότερα με κάποιον από τους δύο τύπους. Παρακάτω, παρουσιάζονται μερικές εφαρμογές και το προτεινόμενο είδος Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, προκειμένου να ληφθούν καλύτερα αποτελέσματα:

Ο Vector τύπος, χρησιμοποιείται για την επεξεργασία δεδομένων που αφορούν στα μορφολογικά χαρακτηριστικά.

Ο Vector τύπος χρησιμοποιείται για την ανάλυση και μελέτη δικτύων, όπως είναι το τηλεπικοινωνιακό και το συγκοινωνιακό.

Σε περιπτώσεις που το πεδίο ενδιαφέροντος εστιάζεται σε σχέδια και γραμμές πολύ υψηλής ευκρίνειας, είναι προτιμότερη η επιλογή Vector τύπου δομής δεδομένων και αναπαραγωγής εικόνας.

Η μέθοδος Raster βρίσκει ευρεία εφαρμογή στην κατασκευή γρήγορων και φθηνών χαρτών, συσχετισμό χαρτών, καθώς και σε περιπτώσεις χωρικής ανάλυσης.

Ο αλγόριθμος Raster χρησιμοποιείται στην περίπτωση προσομοίωσης φαινομένων και δημιουργίας μοντέλων, και, ιδιαίτερα, όταν αυτά εμπεριέχουν επιφάνειες.

Ο συνδυασμός Raster και Vector είναι ικανός να δώσει εμφανίσεις και εκτυπώσεις με γραμμές μεγάλης ευκρίνειας, με αρκετά καλής ποιότητας διαγράμμιση και χρωματισμό εμβαδών. Στην περίπτωση αυτή, τα δεδομένα των γραμμών δίνονται σε Vector μορφή, ενώ η σκιαγράφηση σε Raster μορφή.

Πρέπει, επίσης, να λάβουμε υπόψη μας, ότι οι οθόνες έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν είτε σε Vector, είτε σε Raster επίπεδο, ανεξάρτητα από τη μορφή με την οποία είναι δοσμένα τα δεδομένα. <http://dasodata.gr/index.php/gis>

5.6 ΤΑ Γ.Σ.Π. ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΙΣ ΓΕΩΠΙΣΤΗΜΕΣ

Οι Γεωεπιστήμες αξιοποιούν με το καλύτερο δυνατό τρόπο τις δυνατότητες των ΓΣΠ. Τα ψηφιοποιημένα δεδομένα είναι στοιχεία που μετατράπηκαν σε μορφή ικανή για επεξεργασία και ανάλυση μέσω ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τα δεδομένα αυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες :

- 1) Τα στατικά δεδομένα, τα οποία είναι σταθερά στο χρόνο.
- 2) Τα δυναμικά δεδομένα, τα οποία περιγράφουν καταστάσεις και φαινόμενα μεταβαλλόμενα συναρτήσει του χρόνου.

Σε όλα τα προηγμένα κράτη η χρήση των Γ.Σ.Π. έχει γίνει καθημερινή πρακτική για την αξιοποίηση και αξιολόγηση των φυσικών πόρων. (Estes 1986, Goodchild 1987), τόσο σε εθνικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Κοινότητας (France & Briggs 1980, Tomlinson R.F. 1984, Musto 1992) αλλά και παγκόσμιο (ISRIC 1990). Η εφαρμογή της τεχνολογίας των Γ.Σ.Π. έχει επηρεάσει τον τρόπο διαχείρισης των φυσικών πόρων καθώς παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία για τη γρήγορη και οικονομική αποθήκευση, επεξεργασία και ενημέρωση των βάσεων δεδομένων.

Μέχρι πρόσφατα, τα περισσότερα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ήταν ρυθμισμένα για τοπικές εφαρμογές, ή για εργασίες σε μία περιοχή περιορισμένου σχεδίου. Τώρα όμως υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι πολλοί χρήστες και ιδιαίτερα σημαντικοί κρατικοί οργανισμοί, επιθυμούν να δημιουργήσουν κατανοητά συστήματα που μπορούν να διαδοθούν εύκολα σε όλη την χώρα. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που υπάρχουν στη διαδικασία της γεωγραφικής πληροφόρησης και της αυτοματοποιημένης σχεδίασης (CAD) είναι αυτό του όγκου των πληροφοριών που παράγονται από τις σχετικές υπηρεσίες.

Αυτό είναι εν μέρη αποτέλεσμα της πολυπλοκότητας της γήινης επιφάνειας, αλλά και γενικότερα των γεωγραφικών "οντοτήτων", όπως για παράδειγμα τα περιβαλλοντικά φαινόμενα τα οποία σπάνια μπορούν να προσδιοριστούν καλά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, διάφοροι επιστήμονες να περιγράφουν την ίδια περιοχή με διαφορετικούς τρόπους, ακόμα και αν αυτοί προέρχονται από τον ίδιο κλάδο. Μεγάλα προβλήματα προκύπτουν επειδή τα ψηφιακά γεωγραφικά δεδομένα δεν είναι συστηματικά καταχωρισμένα με αποτέλεσμα την έλλειψη πληροφοριών για ορισμένες περιοχές, ενώ σε άλλες περιοχές υπάρχουν πολλαπλοί ψηφιακοί χάρτες. Το πρόβλημα αυτό δημιουργείται από το γεγονός της απουσίας ενός κεντρικού οργανισμού συντονισμού και ελέγχου της ψηφιακής καταχώρισης δεδομένων. Ένα μεγάλο βήμα, που εκτιμάται ότι θα δώσει λύση στο παραπάνω πρόβλημα, είναι αυτό της καταχώρισης ψηφιακών χαρτογραφικών δεδομένων και εικόνων σε υπέρ-υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι στο

διεθνές διαδίκτυο. Αναμένεται ότι θα οριστούν συγκεκριμένες δικτυακές διευθύνσεις στις οποίες θα γίνεται αποθήκευση και αναζήτηση τέτοιων δεδομένων, υπό την οργάνωση και επίβλεψη ειδικών επιστημόνων.

Δεν χωράει αμφιβολία ότι οι πολλαπλές εφαρμογές των Γ.Σ.Π. τα ανέδειξαν σε σημαντικά εργαλεία για όλες τις επιστήμες και ιδιαίτερα για τις Γεωεπιστήμες. Η πληθώρα δυνατοτήτων που παρέχουν, υπαγορεύουν όχι μόνο τη γενίκευση της χρήσης και διάδοσής τους, αλλά ωθούν και στην προσπάθεια για βαθύτερη μύηση, πράγμα που αναμφίβολα θα είναι μια ασφαλής επένδυση, με οφέλη στο παρόν και στο μέλλον, τόσο στην επιστημονική και επαγγελματική καταξίωση του εξειδικευμένου επιστήμονα, όσο και στην πρόοδο της επιστήμης γενικότερα.

Στη δεκαετία του '60 οι απογραφές των φυσικών πόρων και η μοντελοποίηση των φυσικών διεργασιών άρχισαν να αποκτούν ιδιαίτερη σημασία. Οι υπολογιστές βελτίωσαν τις αναλυτικές διαδικασίες, ενώ η αυξημένη ευαισθησία των πολιτών για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος δημιούργησε τη βάση για την ανάπτυξη του πρώτου Γ.Σ.Π.. Πράγματι στον Καναδά σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε το Καναδέζικο Γ.Σ.Π. με το οποίο ψηφιοποιήθηκαν χαρτογραφικά και περιγραφικά δεδομένα γης ολόκληρης της χώρας. Το σύστημα αυτό είναι ακόμα εν ενεργεία (Tomlinson 1984). Κάτι ανάλογο, αλλά για τον έλεγχο της ποιότητας των νερών, αναπτύχθηκε αρχικά και στις Η.Π.Α. Παράλληλα όμως η Δασική Υπηρεσία της ίδιας χώρας ανέπτυξε το δικό της σύστημα διαχείρισης γης και φυσικών πόρων (Amidon 1964). Το σύστημα αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως το πρώτο πλήρες Γ.Σ.Π. στο χώρο των φυσικών πόρων. Σημειώνεται ότι παράλληλα βελτιώνονταν οι αναλυτικές διαδικασίες και η παραγωγή νέων πληροφοριών με την ανάπτυξη των σχετικών μοντέλων.

Οι μελλοντικές τάσεις σχετίζονται με την ανάπτυξη των εφαρμοσμένων προσεγγίσεων (μοντελοποίηση) διαχείρισης των πολύπλοκων φυσικών οικοσυστημάτων. Το 1992 οι ομοσπονδιακές, περιφερειακές και τοπικές κυβερνήσεις του Καναδά δημιούργησαν ένα νέο σύστημα για τις προστατευόμενες περιοχές καθώς και υπέγραψαν ένα πρωτόκολλο δικτύου για τις προστατευόμενες περιοχές του Καναδά. (WWF-Canada 2003). Κατά την διάρκεια της εφαρμογής αυτής δημιουργήθηκε μία αυτόματη ρουτίνα Γ.Σ.Π. η οποία προσέφερε ένα εργαλείο απόφασης-ελέγχου για τους διαχειριστές των πηγών και για τους σχεδιαστές διατήρησης του οικολογικού περιβάλλοντος (Lacobelli A. et., all 2003) Η μείωση των τιμών των υπολογιστών και των λογισμικών Γ.Σ.Π., η ανάπτυξη των αναλυτικών διαδικασιών κ.λπ. θα προσφέρουν πολλά σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο. Κρίνεται αναγκαίο όμως η τεχνολογία αυτή να προσαρμόζεται στις ανάγκες μας και όχι οι ανάγκες μας σε αυτήν. Η εξελικτική πορεία της χρήσης των Γ.Σ.Π. από τις αρχές της δεκαετίας του 60 μέχρι και σήμερα, δείχνει και τον τρόπο αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων από τις διάφορες κρατικές υπηρεσίες και ιδιωτικές επιχειρήσεις. Έτσι, στην αρχή, εκτός της διαφορετικής δομής των συστημάτων οι χρησιμοποιούμενες πληροφορίες και δεδομένα βασίζονταν σε υπάρχοντες χάρτες, αεροφωτογραφίες, πίνακες, κ.λπ., χωρίς να δύνανται να δώσουν μία πρόβλεψη για μελλοντικές καταστάσεις και αλλαγές (Hegyí 1988, Davis 1991). Η ευαισθησιοποίηση όμως του κοινού σε περιβαλλοντικά θέματα, και η δημιουργία ανάλογων οργανώσεων, έθεσαν μία νέα φιλοσοφία στην χρησιμοποίηση των δεδομένων και αντιμετώπιση των προβλημάτων (Clark 1986, Goodchild 1987, Tomlinson 1987). <http://dasodata.gr/index.php/gis>

ΚΕΦ 5.7 ΤΑ Γ.Σ.Π ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην χώρα μας η χρήση των Γ.Σ.Π. στο χειρισμό δεδομένων και πληροφοριών από φυσικούς πόρους είναι μια σχετικά νέα ιδέα η οποία δεν έχει χρησιμοποιηθεί πολύ. Οι περιβαλλοντικές πληροφορίες που συγκεντρώνονται στην χώρα μας βρίσκονται διάσπαρτες σε διάφορες υπηρεσίες, συνήθως είναι ελλιπείς και καταγράφονται κατά το πλείστον υπό μορφή αναλογικών χαρτών και καταλόγων (πινάκων) και πολύ λίγες φορές υπό μορφή βάσεων δεδομένων. Κάποιες μεμονωμένες ενέργειες για την αξιοποίηση της τεχνολογίας των Γ.Σ.Π. γίνονται, αλλά ποτέ βάση θεσμοθετημένου νόμου ή εντολής. Γι αυτό άλλωστε υπάρχει αδυναμία του χωρικού προγραμματισμού που είναι ένας σημαντικός ανασταλτικός παράγοντας, πράγμα το οποίο σχετίζεται με τη έλλειψη χαρτογραφικών υποβάθρων, την αδυναμία των υπηρεσιών να

παρουσιάζουν τα στοιχεία των απογραφών με σαφήνεια και έγκαιρα καθώς και η μη ύπαρξη ενός τρόπου συνεργασίας μεταξύ των δημοσίων υπηρεσιών και οργανισμών (Τσουλουβής 1992), δεν έχει δώσει την δυνατότητα αξιοποίησης των Γ.Σ.Π. σε περιβαλλοντικά θέματα.



Εικόνα 18 Παρακολούθηση της αύξησης της Ευρωπαϊκής Θερμοκρασίας με τη χρήση κοινής βάσης δεδομένων σε ΓΣΠ. (<http://www.climatehotmap.org/europss.html>).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα κύρια δεδομένα που χρησιμοποιούνται σε μια έρευνα εντοπισμού μεταβολών στην κάλυψη γης είναι οι δορυφορικές εικόνες, όπου θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση κατά την επιλογή τους, ειδικότερα στις ημερομηνίες λήψης καθώς και στη χωρική διακριτική τους ικανότητα. Με την προϋπόθεση ότι το σύστημα απεικόνισης καταγράφει μια εικόνα της ίδιας περιοχής σε κανονικά διαστήματα και την ίδια ώρα της ημέρας, συνήθίζεται να επιλέγονται εικόνες που έχουν ληφθεί κατά τις ίδιες ημερομηνίες και ώρες.

Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιούνται οι διαφορές στην ανάκλαση λόγω εποχιακών μεταβολών στη βλάστηση, οι διαφορές στην υγρασία εδάφους ή οι διαφορές λόγω γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας ή ισοδύναμα ύψους του ήλιου. Αναλυτικότερα, η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζει αφενός το ποσοστό φωτισμού, το οποίο ανακλάται ή εκπέμπεται από το δέκτη και αφετέρου την ποιότητα του φάσματος. Όσο η έκταση και η γωνία του φωτισμού αλλάζει, τόσο η αντίθεση (το κοντράστ) μεταξύ του αντικειμένου και του φόντου (περιβάλλοντος) μεταβάλλεται.

Επιπλέον, στις μικρές γωνίες του ήλιου (χαμηλό το ύψος του ήλιου), οι σκιές των (ομοιόμορφων) αντικειμένων τονίζονται έτσι ώστε να αυξάνεται η ικανότητα διάκρισης (εντοπισμού) των ορίων μεταξύ των αντικειμένων (Αστάρης, 2010).

Επίσης υπάρχουν βέλτιστες ημερομηνίες του έτους για εντοπισμό μεταβολών σε μια συγκεκριμένη περιοχή και συγκεκριμένη εφαρμογή. Για παράδειγμα, σε μελέτες κάλυψης γης είναι σημαντικό τα δεδομένα να έχουν αποκτηθεί κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Αυτό είναι λογικό διότι το καλοκαίρι η ανάκλαση της φυσικής βλάστησης βρίσκεται στο μέγιστο, η υγρασία του εδάφους είναι σχετικά περιορισμένη και οι κλιματικές συνθήκες είναι κατάλληλες, ώστε οι δορυφορικές εικόνες να είναι καθαρότερες και χωρίς σύννεφα. Οι δορυφορικές εικόνες χωρίζονται ανάλογα με την διακριτική τους ικανότητα (μέγεθος pixel) σε:

1. Εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης (Quickbird, Ikonos, Eros, Spot5) $\leq 5m$
2. Εικόνες υψηλής ανάλυσης (Spot3-4,) από $5.1m < 20m$
3. Εικόνες μέσης ανάλυσης (Landsat, IRS) από $20m \leq 30m$
4. Εικόνες χαμηλής ανάλυσης (NOOA, Meteosat) πάνω από $30m$

Στην παρούσα εργασία συλλέξαμε δωρεάν δορυφορικές εικόνες από την ηλεκτρονική διεύθυνση του USGS (<https://www.usgs.gov/>), όπου προτιμήθηκαν λήψεις σε καλοκαιρινούς μήνες χωρίς νεφώσεις από το 1986 μέχρι και το 2016. Τα δεδομένα μας περιέχουν εικόνες από 3 διαφορετικούς δορυφόρους, οι οποίοι είναι οι Landsat 5,7 και 8.

Λόγω της διαφοράς των δορυφόρων στα φασματικά τους κανάλια η χρήση των λόγων καναλιών και των δεικτών τους οποίους χρησιμοποιήσαμε, κατά την εφαρμογή παρουσιάζουν μικρές τροποποιήσεις-διαφορές ανάλογα με την φασματική δειγματοληψία για κάθε δορυφόρο. Για παράδειγμα ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης NDVI,

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Για τον Landsat 5 και 7 αυτός ο δείκτης προκύπτει από την σχέση,

$$NDVI = \frac{BAND4 - BAND3}{BAND4 + BAND3}$$

Ενώ για Landsat 8 ο ίδιος δείκτης παίρνει την μορφή

$$NDVI = \frac{BAND5 - BAND4}{BAND5 + BAND4}$$

Καθόλη την διάρκεια της επεξεργασίας το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ArcGis.

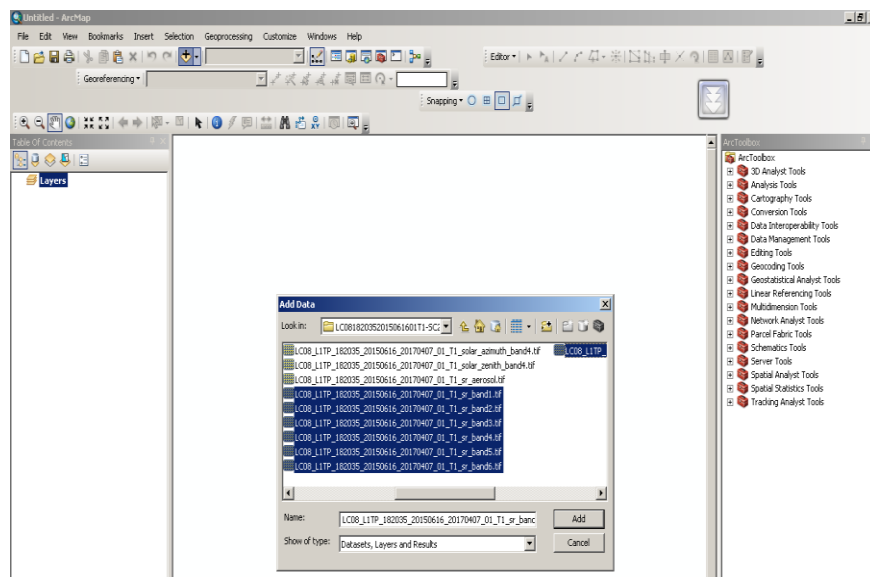
Το ArcGIS είναι ένα λογισμικό γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS) για την επεξεργασία χαρτών και γεωγραφικών πληροφοριών. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία και τη χρήση χαρτών, τη σύνταξη γεωγραφικών δεδομένων, την ανάλυση χαρτογραφημένων πληροφοριών, την κοινή χρήση και την ανακάλυψη γεωγραφικών πληροφοριών, τη χρήση χαρτών και γεωγραφικών πληροφοριών σε μια σειρά εφαρμογών και τη διαχείριση γεωγραφικών πληροφοριών σε μια βάση δεδομένων.

Το σύστημα παρέχει μια υποδομή για τη δημιουργία χαρτών και γεωγραφικών πληροφοριών σε ολόκληρη την οργάνωση, σε μια κοινότητα και ανοιχτά στο διαδίκτυο.

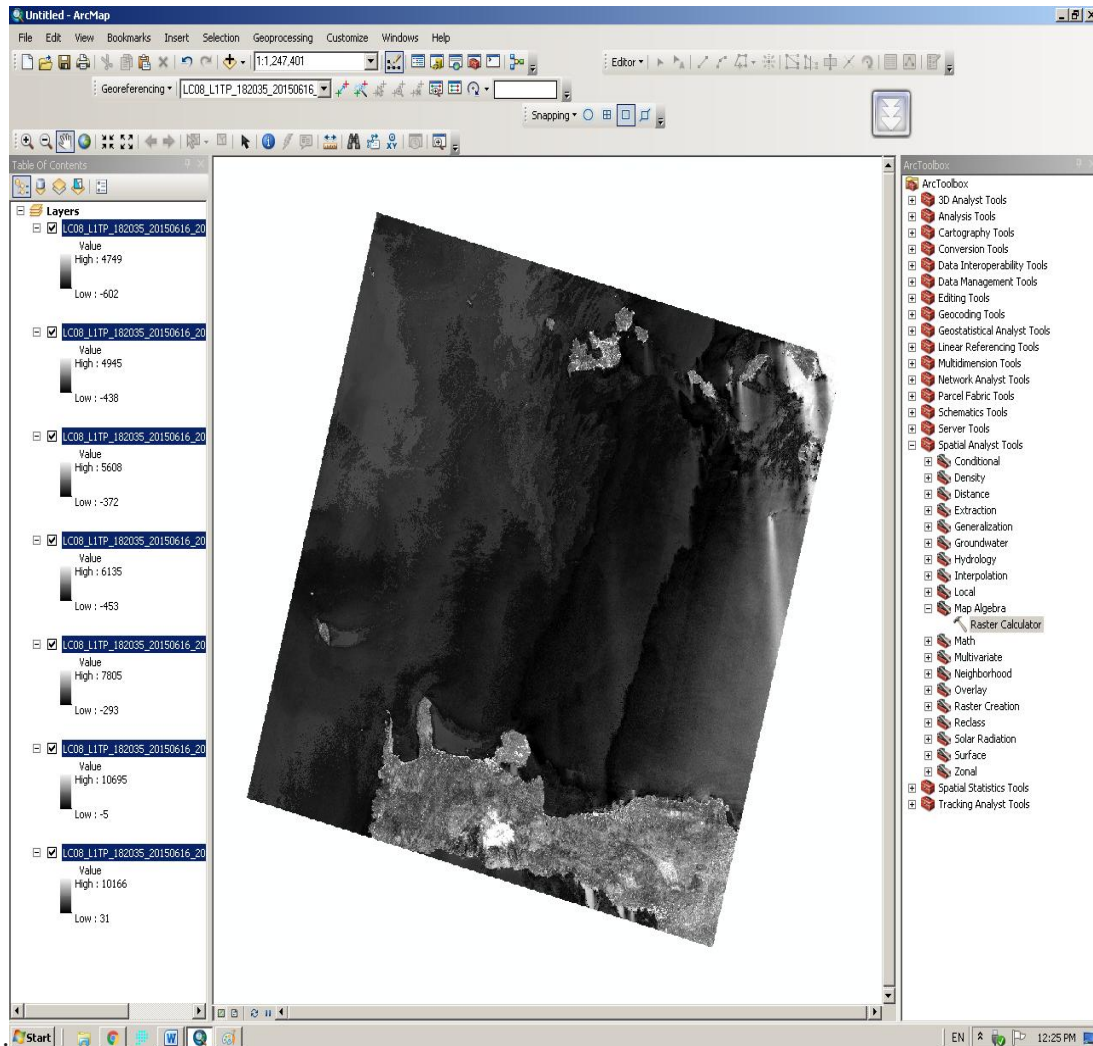
https://el.wikipedia.org/wiki/Συστήματα_Γεωγραφικών_Πληροφοριών

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε ήταν η εξής για κάθε εικόνα:

1)Εισάγαμε τα δεδομένα στο πρόγραμμα, με την επιλογή ADD DATA.

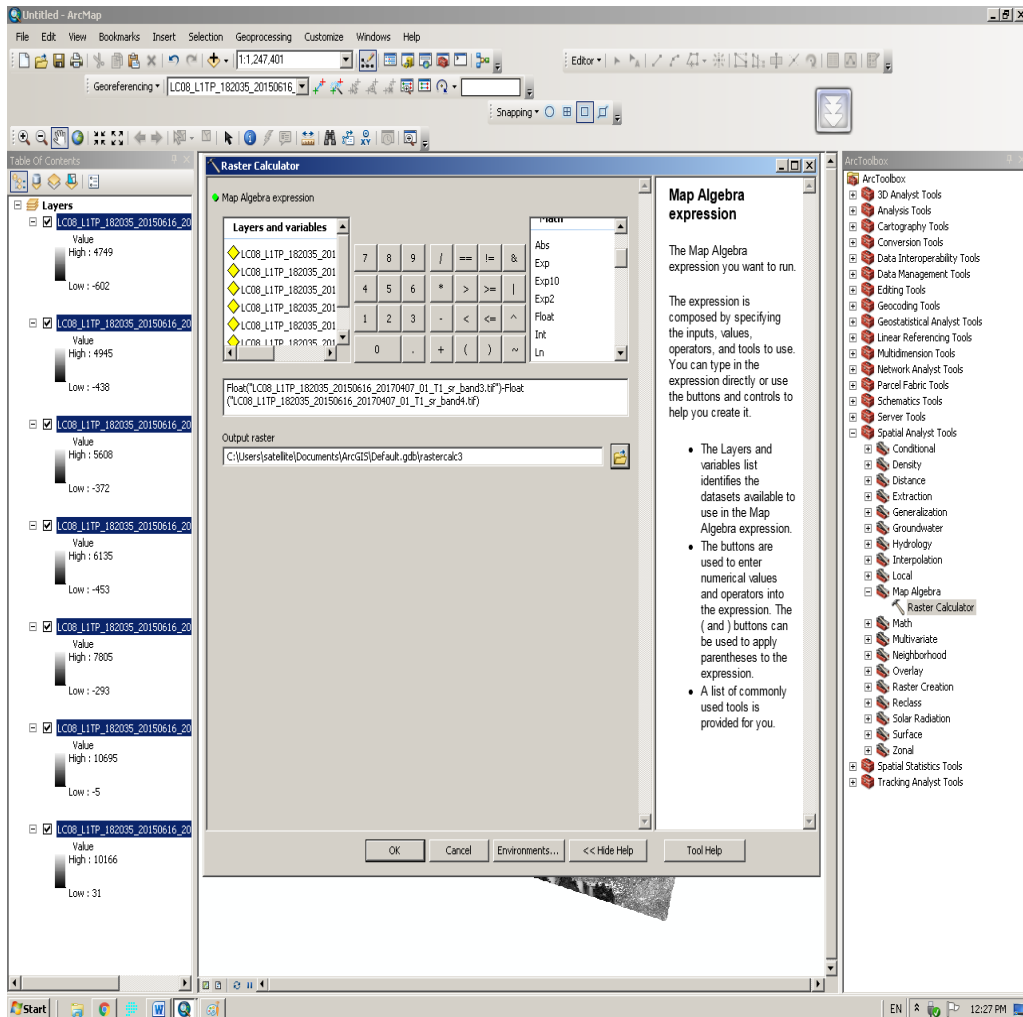


2) Για να μπορέσουμε να προχωρήσουμε στους λόγους καναλιών από το ArcToolbox (ένα σύνολο δυνατοτήτων – μια εργαλειοθήκη) και το Spatial Analyst Tools επιλέξαμε το Map Algebra και στην συνέχεια το Raster calculator.



3) Σε αυτό το σημείο λοιπόν έχουμε την δυνατότητα να δημιουργήσουμε στο πρόγραμμα οποιοδήποτε φασματικό λόγο-φασματική σχέση θέλουμε ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα. Ως αποτέλεσμα παίρνουμε μια καινούργια εικόνα με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

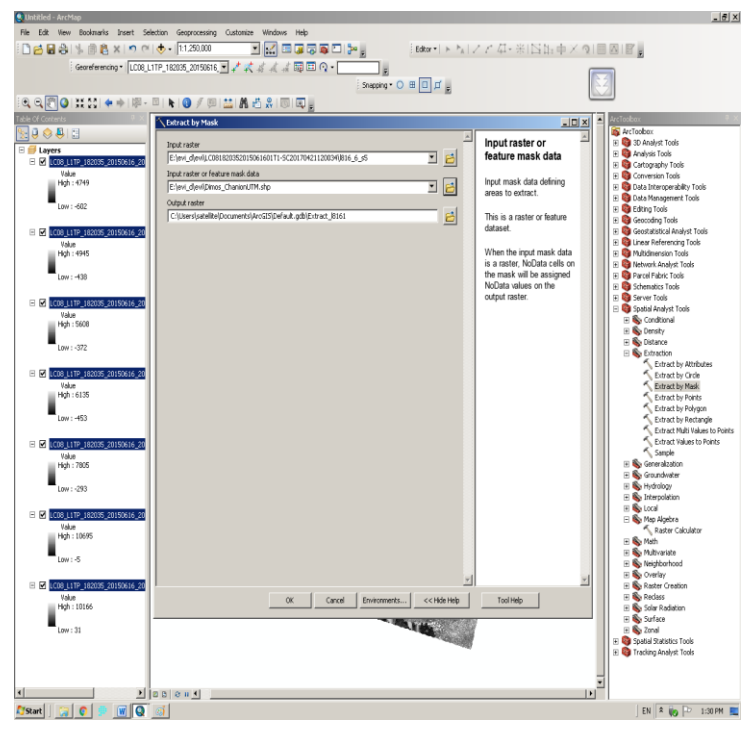
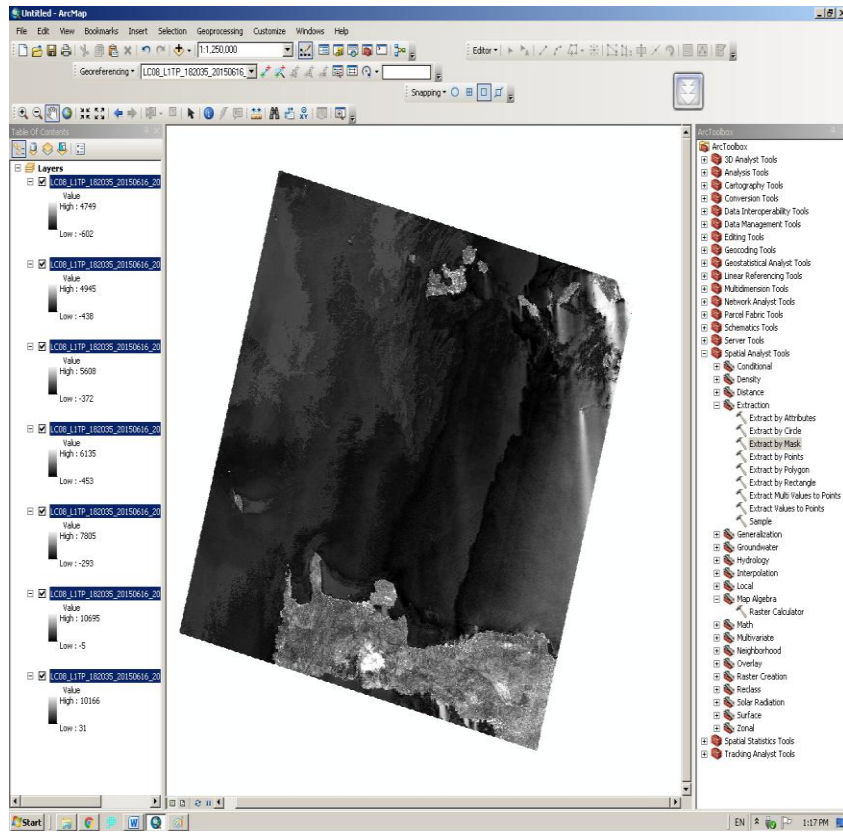
*Διαχρονική παρακολούθηση των μεταβολών των χρήσεων γης
στο Δήμο Χανίων, με χρήση λόγων φασματικών καναλιών του δορυφόρου Landsat.
ΜΑΝΑΤΑΚΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ – ΔΡΑΓΑΤΟΓΙΑΝΝΗ ΕΥΓΕΝΙΑ*



4)Αφού λοιπόν έχουμε δημιουργήσει νέες εικόνες με τα αποτελέσματα από τους λόγους και τους δείκτες που έχουμε επιλέξει να εξετάσουμε, προχωράμε στην περικοπή εικόνων και αυτό γίνεται με σκοπό να γίνει πιο ευδιάκριτη και εμφανής η περιοχή μελέτης, συγκεκριμένα εδώ αναφερόμαστε στο Καλλικρατικό δήμο Χανίων.

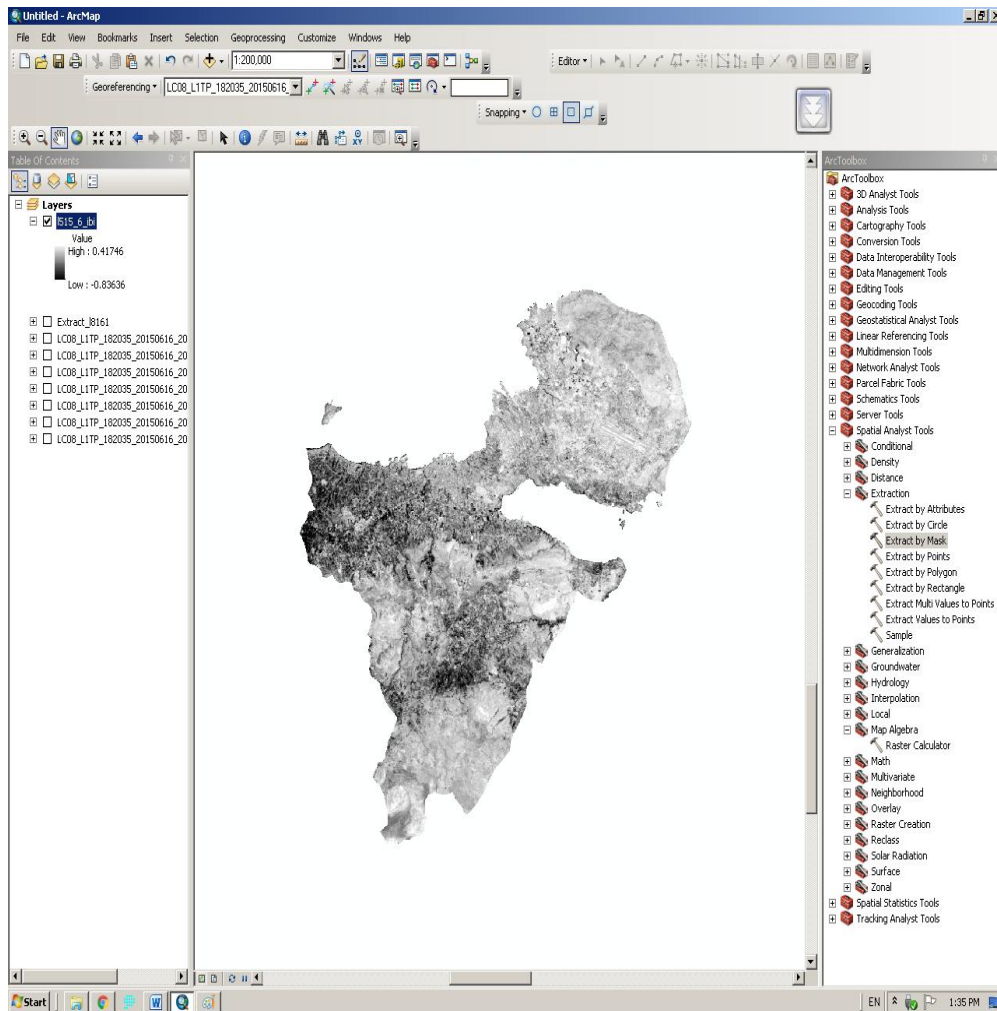
Για την περικοπή χρησιμοποιήσαμε από το Spatial Analyst Tools την επιλογή Extraction και στην συνέχεια Extract by mask. Χρησιμοποιώντας ένα έτοιμο αρχείο shapefile, το οποίο περιέχει τα όρια του Καλλικρατικού δήμου Χανίων, περιορίσαμε τυχόν σφάλματα-θορύβους που πιθανόν να επηρεάζουν το αποτέλεσμα στην περιοχή ενδιαφέροντος (πχ θάλασσα).

Διαχρονική παρακολούθηση των μεταβολών των χρήσεων γης
στο Δήμο Χανίων, με χρήση λόγων φασματικών καναλιών του δορυφόρου Landsat.
ΜΑΝΑΤΑΚΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ – ΔΡΑΓΑΤΟΓΙΑΝΝΗ ΕΥΓΕΝΙΑ



*Διαχρονική παρακολούθηση των μεταβολών των χρήσεων γης
στο Δήμο Χανίων, με χρήση λόγων φασματικών καναλιών του δορυφόρου Landsat.
ΜΑΝΑΤΑΚΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ – ΔΡΑΓΑΤΟΓΙΑΝΝΗ ΕΥΓΕΝΙΑ*

Η τελική μορφή της εικόνας μετά την περικοπή είναι η εξής :



Αφού λοιπόν έχουμε περικόψει τις εικόνες μας σύμφωνα με την περιοχή ενδιαφέροντος, εισάγαμε σε ένα αρχείο .mxd τις εικόνες κατηγοροποιημένες ανά δείκτη για να προχωρήσουμε στην ταξινόμηση των αποτελεσμάτων.

Για τον NDVI, χρησιμοποιώντας την επιλογή Layer properties και συγκεκριμένα το Symbology κάναμε ταξινόμηση χωρίζοντας σε τάξεις (εύρος τιμών) και πιο συγκεκριμένα η ταξινόμηση έγινε βάση των τιμών: έδαφος και γερασμένη βλάστηση με λόγους μικρότερους του 0,3, γκριζοπράσινη και κιτρινοπράσινη βλάστηση με λόγους 0,3 – 0,7 και πράσινη βλάστηση με λόγους μεγαλύτερους του 0,7. Όμως η συγκεκριμένη μέθοδος, η οποία χρησιμοποιήθηκε για το δείκτη βλάστησης NDVI, δεν ήταν αποτελεσματική για την απόδοση των αποτελεσμάτων σε όλους τους δείκτες. Γι' αυτό το λόγο για τους υπόλοιπους δείκτες από την ίδια επιλογή(Symbology) χρησιμοποιήθηκε το Stretched για να αποδοθούν τα αποτελέσματα βάση του εύρους τιμών που έλαβε ο εκάστοτε δείκτης.

Αφού ολοκληρώσαμε την διαδικασία της ταξινόμησης, το επόμενο στάδιο ήταν να δημιουργήσουμε τους χάρτες. Μέσω του ArcGis και την επιλογή View > Layout View δημιουργήσαμε τους τελικούς θεματικούς χάρτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

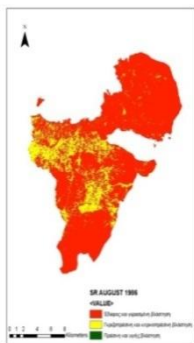
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΧΑΡΤΕΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

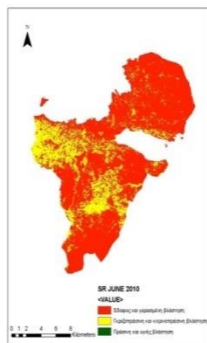
SR (SIMPLE RATIO)

Ο simple ratio (SR) είναι ένας απλός δείκτης βλάστησης. Με κόκκινο χρώμα αποτυπώνεται το έδαφος και η γερασμένη βλάστηση, με κίτρινο η γκριζοπράσινη και κιτρινοπράσινη βλάστηση και με πράσινο η υγιής βλάστηση της περιοχής. Όπως ήταν αναμενόμενο, στον χάρτη που μας παρουσιάζει τη διαχρονική μεταβολή του συγκεκριμένου δείκτη στον Καλλικρατικό δήμο Χανίων, τον Αύγουστο του 1986 (εικόνα 19), η βλάστηση (κίτρινο χρώμα) είναι λιγότερο έντονη από ότι τον Ιούνιο του 2010 (εικόνα 20) και τον Ιούνιο του 2016 (εικόνα 21). Συγκεκριμένα, η πυκνότητα της βλάστηση ήταν ακόμα πιο υψηλή τον Ιούνιο του 2016 σε σχέση με τον Ιούνιο του 2010.

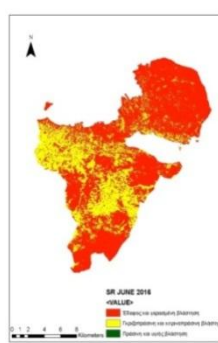
Σε μια πρώτη ανάλυση εξετάσαμε τον απλό δείκτη βλάστησης και πως μεταβλήθηκε στο πέρασμα των χρόνων. Εκτός όμως από τις διαχρονικές μεταβολές, εντοπίζονται, όπως ήταν αναμενόμενο, και εποχιακές μεταβολές στη πυκνότητα της βλάστησης. Πιο συγκεκριμένα στην εικόνα 22, 23, 24 φαίνεται ο απλός δείκτης βλάστησης για τους μήνες Απρίλιο, Ιούνιο και Ιούλιο του 2010 αντίστοιχα. Δεδομένου ότι τον Απρίλιο εν μέσω άνοιξης η βλάστηση είναι πολύ πιο έντονη και ζωντανή είναι λογικό να επικρατεί το κίτρινο χρώμα, καθώς επίσης και το κόκκινο στους άλλους δυο χάρτες με τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου η βλάστηση έχει σαφώς εξασθενήσει.



Εικόνα 19
SR Αύγουστος 1986



Εικόνα 20
SR Ιούνιος 2010

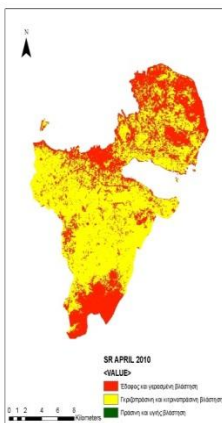


Εικόνα 21
SR Ιούλιος 2016

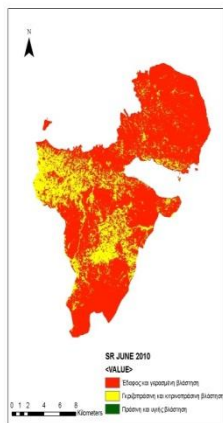
NDVI

Με τον κανονικοποιημένο δείκτη βλάστησης (NDVI) εξετάσαμε και πάλι το θέμα της βλάστησης. Με μπλέ χρώμα απεικονίζεται το νερό και οι υδάτινες μάζες, με πορτοκαλί το έδαφος και η γερασμένη βλάστηση, με κίτρινο χρώμα η κιτρινοπράσινη βλάστηση, με ανοιχτό πράσινο η υγιής βλάστηση και με σκούρο πράσινο η έντονη πυκνή βλάστηση. Είναι ένας δείκτης που προφανώς παρέχει καλύτερη άποψη και περισσότερες πληροφορίες αναφορικά με την επιφάνεια της γης στην περιοχή ενδιαφέροντος, κατηγοριοποιώντας και αποδίδοντας καλύτερα τις τάξεις βλάστησης. Και σε αυτήν την περίπτωση είναι εμφανές πως τον Αύγουστο η υγιής βλάστηση μειώνεται και ως φυσικό επακόλουθο το γυμνό έδαφος και η γερασμένη βλάστηση επικρατούν και αποδίδουν αυτό το έντονο πορτοκαλί στοιχείο στην εικόνα 25. Το μεταβατικό στάδιο από υγιής σε γερασμένη βλάστηση είναι εμφανέστερο στις εικόνες 26 και 27 που αφορούν και οι δυο τον μήνα Ιούνιο συγκριτικά με τον Αύγουστο, καθώς είναι πιο ευδιάκριτες όλες οι

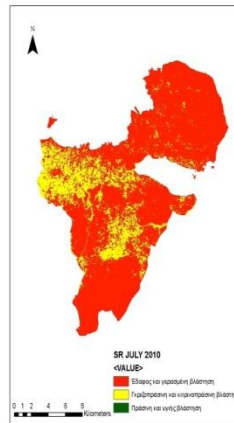
τάξεις στις οποίες αποδίδει ο δείκτης NDVI. Οι υδάτινες μάζες απουσιάζουν καθώς έχουμε περικόψει τα θαλάσσια ύδατα, παρόλα αυτά υπάρχει μια λεπτή μπλέ γραμμή στους χάρτες όπου αποτυπώνεται διακριτικά η ακτογραμμή.



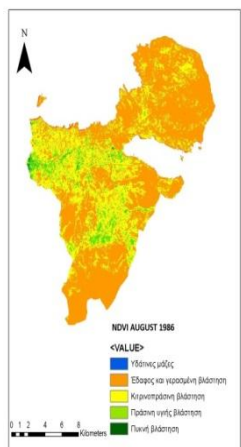
Εικόνα 22
SR Απρίλιος 2010



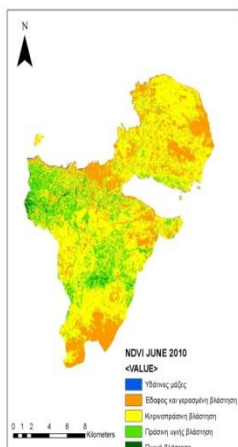
Εικόνα 23
SR Ιούνιος 2010



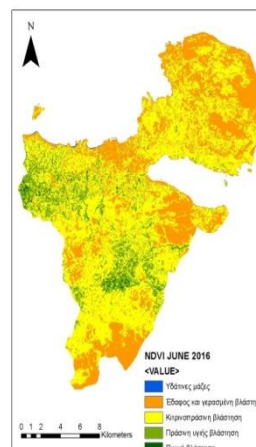
Εικόνα 24
SR Ιούλιος 2010



Εικόνα 25
NDVI Αύγουστος 1986

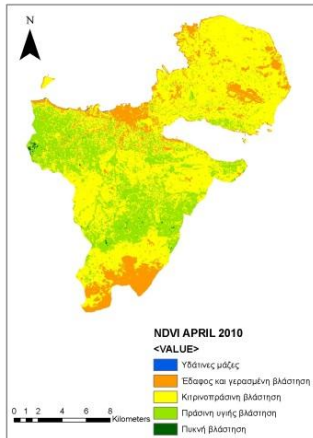


Εικόνα 26
NDVI Ιούνιος 2010

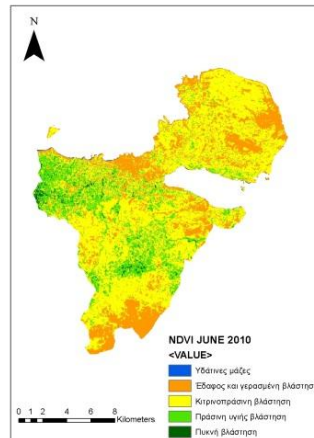


Εικόνα 27
NDVI Ιούνιος 2016

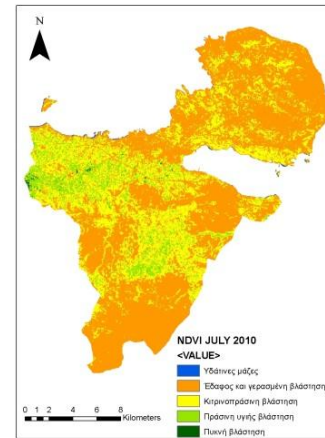
Στην περίπτωση του NDVI, οι εποχιακές μεταβολές είναι καλύτερα εντοπίσιμες λόγω της καλύτερης απόδοσης του δείκτη, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως δείκτης εκτίμησης της βιομάζας. Πέρα των διαχρονικών μεταβολών εντοπίζονται και εποχιακές μεταβολές στη πυκνότητα της βλάστησης. Οι εικόνες 28, 29, 30 είναι αποτέλεσμα της εφαρμογής του δείκτη NDVI και αφορούν τους μήνες Απρίλιο, Ιούνιο και Ιούλιο του 2010 αντίστοιχα. Δεδομένου ότι τον Απρίλιο εν μέσω άνοιξης η βλάστηση είναι πολύ πιο έντονη και ζωντανή είναι λογικό να επικρατεί το κίτρινο χρώμα, καθώς επίσης και το μπλε στους άλλους δυο χάρτες με τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου η βλάστηση έχει σαφώς εξασθενήσει.



Εικόνα 28
NDVI Απρίλιος 2010



Εικόνα 29
NDVI Ιούνιος 2010

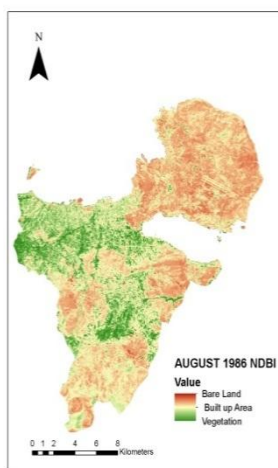


Εικόνα 30
NDVI Ιούλιος 2010

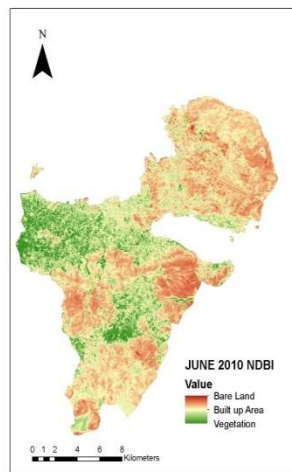
ΧΑΡΤΕΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΔΟΜΗΣΗΣ

NDBI

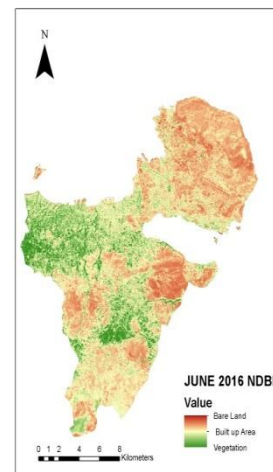
Ο NDBI είναι ένας κανονικοποιημένος δείκτης δόμησης. Κατά κύριο λόγο στις εικόνες διακρίνονται 3 βασικές θεματικές τάξεις, κάθε μία με διαφορετικό χρώμα : με κόκκινο-καφέ απεικονίζεται το γυμνό έδαφος και η χαμηλή βλάστηση, με κίτρινο εμφανίζονται οι δομημένες περιοχές και τέλος με πράσινο αποδίδεται η βλάστηση



Εικόνα 31
NDBI Αύγουστος 1986



Εικόνα 32
NDBI Ιούνιος 2010



Εικόνα 33
NDBI Ιούνιος 2016

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται λεπτομέρεια από την ευρύτερη περιοχή της Αγίας Μαρίνας και του Πλατανιά. Και στις δύο εικόνες παρατηρείται κοντά στην ακτογραμμή και στον οδικό άξονα της παλιάς εθνικής οδού Χανίων- Κισσάμου έντονα το μπεζ-κίτρινο χρώμα της δόμησης, λόγω των ξενοδοχειακών μονάδων και χώρων εστίασης της περιοχής. Παρόλα αυτά με την δημιουργία του νέου οδικού άξονα (BOAK) η περιοχή γνώρισε ακόμα μεγαλύτερη ανάπτυξη και αυτο φαίνεται από την μεγαλύτερη έκταση που έχει πάρει το μπεζ χρώμα στην εικόνα 36. (η μπλε γραμμή μέσα στην εικόνα 35 είναι ο BOAK)



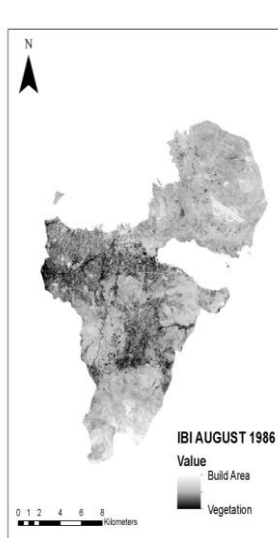
Εικόνα 34
Χανιά 1986

Εικόνα 35
Χανιά 2010

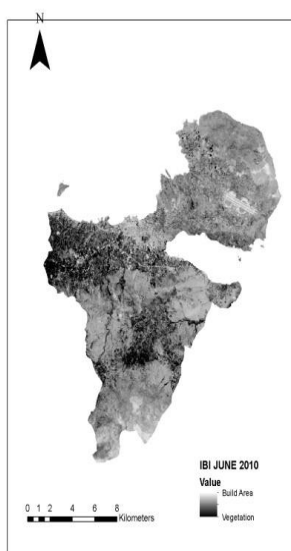
Εικόνα 36
Χανιά 2016

IBI

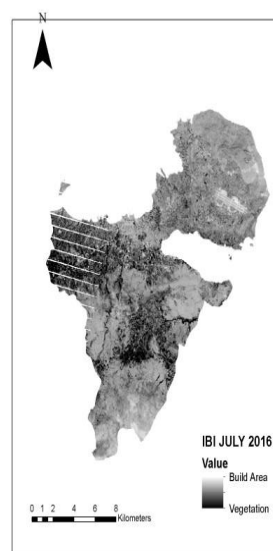
Ο IBI είναι και αυτός ένας δείκτης δόμησης που δίνει πληροφορίες και για την βλάστηση της περιοχής. Με ανοιχτούς τόνους (σχεδόν λευκό) αποδίδεται η δόμηση (χαρακτηριστικό παράδειγμα η περιοχή του αεροδρομίου στο Ακρωτήριο) ενώ με σκούρους τόνους(σχεδόν μαύρο) αποτυπώνεται η βλάστηση. Με ενδιάμεσες αποχρώσεις διακρίνουμε το γυμνό έδαφος με παρουσία χαμηλής βλάστησης. Στην εικόνα 37 η βλάστηση έχει περιοριστεί σε σχέση με τις εικόνες 38 και 39, διότι η εικόνα 37 αντιστοιχεί στον μήνα Αύγουστο όπου η βλάστηση έχει κιτρινίσει λίγο πριν το φθινόπωρο, και για το λόγο αυτό συγχέεται φασματικά με το γυμνό έδαφος. Έτσι, στις εικόνες 38 και 39 κυριαρχούν σκούρες αποχρώσεις του γκριζου εξαιτίας της υψηλότερης πυκνότητας της υγιούς βλάστησης το ποσοστό υγιούς βλάστησης



Εικόνα 37
IBI Αύγουστος 1986

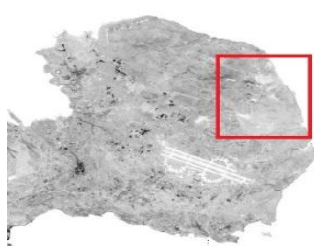


Εικόνα 38
IBI Ιούλιος 2010

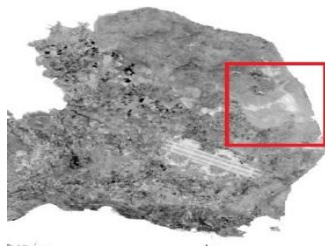


Εικόνα 39
IBI Ιούλιος 2016

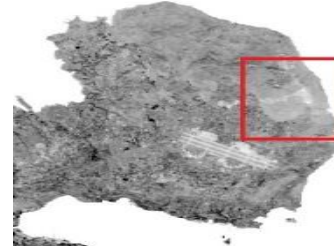
Στις παρακάτω εικόνες έχουμε εστίασει στην περιοχή του Ακρωτηρίου, και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή Χορδάκι όπου η δημιουργία λατομείου το 1999 επέφερε σημαντικές αλλαγές στην επιφάνεια του εδάφους και στις φασματικές ιδιότητες του και αυτό αποτυπώνεται στις εικόνες 41 και 42 με ανοιχτούς τόνους του γκρι.



Εικόνα 40
Ακρωτήρι Χανίων 1986



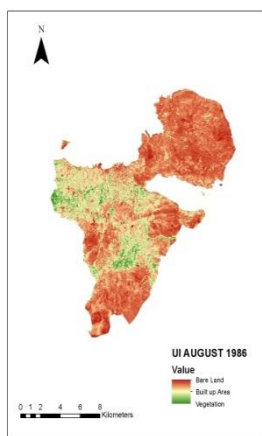
Εικόνα 41
Ακρωτήρι Χανίων 2010



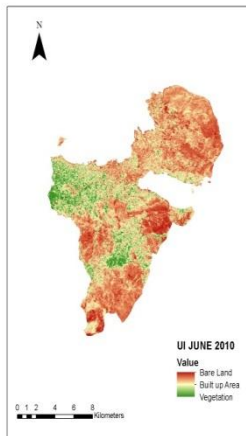
Εικόνα 42
Ακρωτήρι Χανίων 2016

Urban Index UI

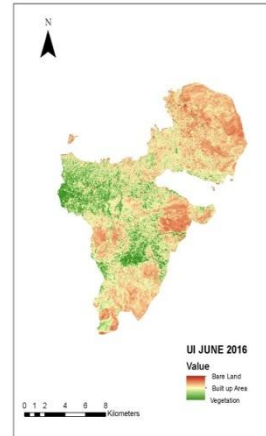
Ο UI (Urban Index) είναι ένας επιπλέον δείκτης δόμησης. Με έντονο κόκκινο χρώμα απεικονίζεται το γυμνό έδαφος, με μπλε χρώμα απεικονίζεται η δομημένη περιοχή και με πράσινο χρώμα η βλάστηση. Όπως και στους υπόλοιπους δείκτες, μπορούμε να εξάγουμε πληροφορίες για την βλάστηση. Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε ότι τον Αύγουστο η βλάστηση είναι σημαντικά μειωμένη σε σχέση με το μήνα Ιούνιο όπου η πυκνότητα της βλάστησης είναι εμφανώς μεγαλύτερη. Η αστική περιοχή στην εικόνα 43 εμφανίζεται λίγο πιο κόκκινη από ότι στην εικόνα 45, όμως από την εικόνα 45 μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για την σημαντική ανάπτυξη της περιοχής του Ακρωτηρίου τα τελευταία 30 χρόνια.



Εικόνα 43
UI Αύγουστος 1986

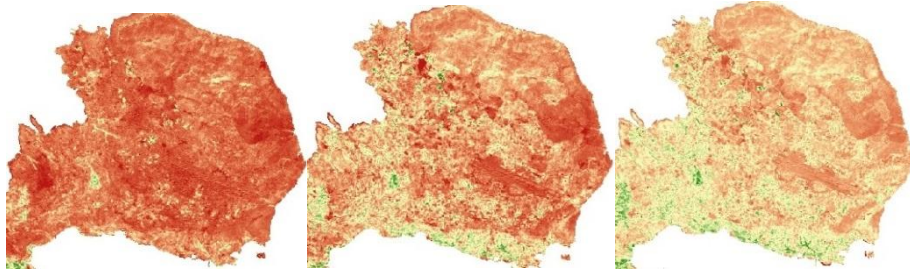


Εικόνα 44
UI Ιούνιος 2010



Εικόνα 45
UI June 2016

Το Ακρωτήρι είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα αύξησης της δόμησης, καθώς η εικόνα 46 δεν μοιάζει σε μεγάλο βαθμό με την εικόνα 48. Η μεγάλη αλλαγή από κόκκινο σε μπλε δικαιολογείται από την ανάπτυξη της περιοχής με μικρού μεγέθους ξενοδοχειακές μονάδες και χώρους εστίασης στις ευρύτερες περιοχές του αεροδρομίου.



Εικόνα 46
Ακρωτήρι Χανίων 1986

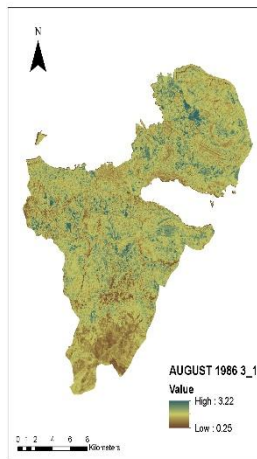
Εικόνα 47
Ακρωτήρι Χανίων 2010

Εικόνα 48
Ακρωτήρι Χανίων 2016

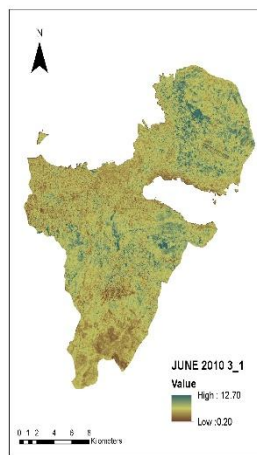
ΧΑΡΤΕΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ/ΕΛΑΦΟΥΣ

Λόγος Καναλιών 3/1

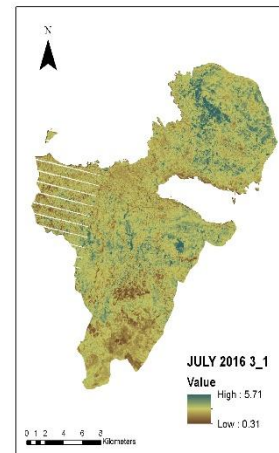
Ο δείκτης 3-1 είναι ένας δείκτης εδάφους που προσφέρεται για τον διαχωρισμό προσμίξεων οξειδίων του σιδήρου από τα πετρώματα. Στις παρακάτω εικόνες με πράσινους τόνους εμφανίζονται τα οξείδια του σιδήρου.



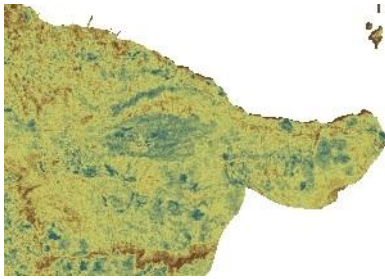
Εικόνα 49
Ratio 3/1 Αύγουστος 1986



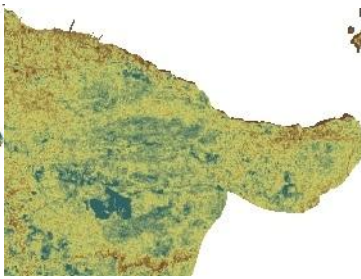
Εικόνα 50
Ratio 3/1 Ιούνιος 2010



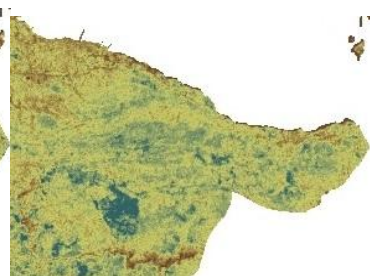
Εικόνα 51
Ratio 3/1 Ιούλιος 2016



Εικόνα 52
Μαλάξα Χανίων 1986



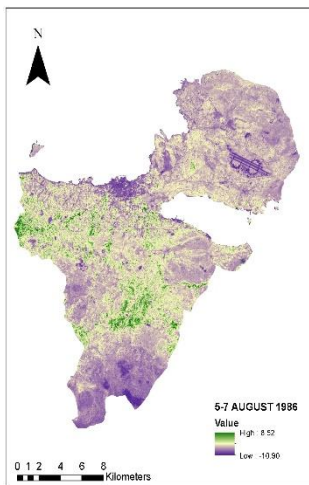
Εικόνα 53
Μαλάξα Χανίων 2010



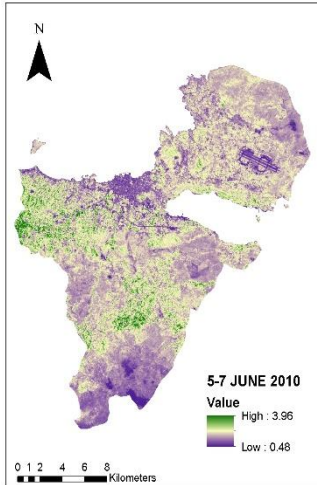
Εικόνα 54
Μαλάξα Χανίων 2016

Λόγος Καναλιών 5/7

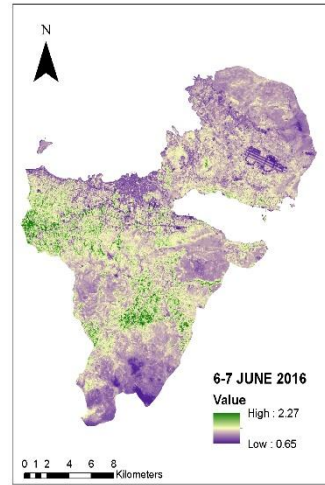
Ο δείκτης 5-7 διαχωρίζει – ενισχύει περιοχές στις οποίες υπάρχουν ή είναι πιθανόν να υπάρχουν αργιλικά ορυκτά.



Εικόνα 55
Ratio 5/7 Αύγουστος 1986

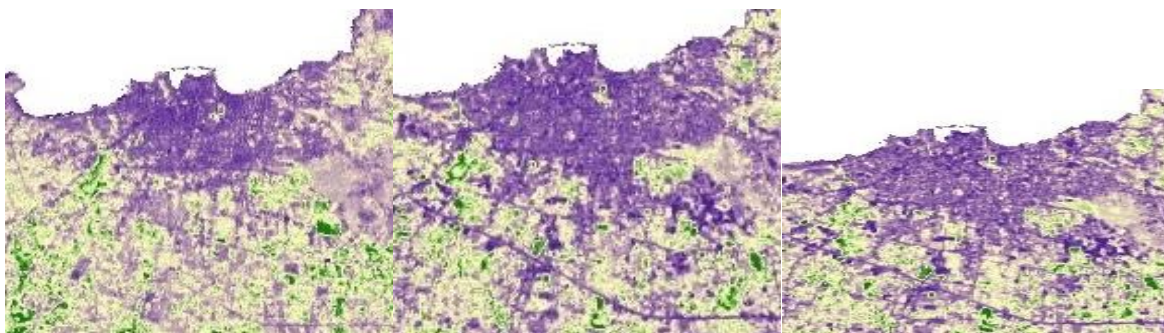


Εικόνα 56
Ratio 5/7 Ιούνιος 2010



Εικόνα 57
Ratio 5/7 Ιούνιος 2016

Με τον δείκτη 5-7 μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για την μορφολογία του εδάφους, οπότε όπως είναι αναμενόμενο και λογικό δεν υπάρχει σημαντική διακύμανση των τιμών με το πέρασμα των χρόνων, πέραν της πόλης των Χανίων ή και μικρότερων πληθυσμιακά οικισμών που αναπτύχθηκαν απο το 1986 έως και το 2016.



Εικόνα 58
Χανιά 1986

Εικόνα 59
Χανιά 2010

Εικόνα 60
Χανιά 2016

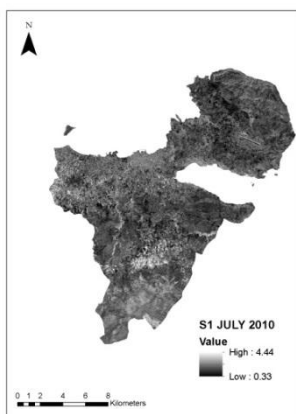
ΧΑΡΤΕΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ

Στους δείκτες αλατότητας οι περιοχές με τα εδάφη που έχουν προσβληθεί από άλατα εμφανίζονται με λευκούς τόνους σαν μικρές κουκίδες στους χάρτες. Παρόλα αυτά μπορούμε να διακρίνουμε πιθανή φασματική σύγχυση με τα έργα υποδομών και το αστικό σύνολο (οικίες, δρόμοι κ.α.). Βάση των τελικών αποτελεσμάτων, παρατηρήθηκε ότι οι δείκτες αλατότητας S1, S3 και S5, δε προσφέρονται για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με τις περιοχές που περιέχουν άλατα στην περιοχή ενδιαφέροντος, καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις στην περιοχή για να μπορεί να γίνει αξιόπιστη σύγκριση των θεωρητικών και πραγματικών τιμών αλατότητας.

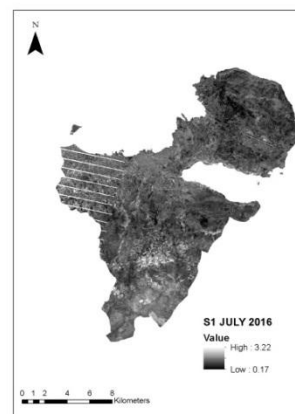
S1



Εικόνα 61
S1 Αύγουστος 1986



Εικόνα 62
S1 Ιούλιος 2010



Εικόνα 63
S1 Ιούλιος 2016

S3



Εικόνα 64
S3 Αύγουστος 1986



Εικόνα 65
S3 Ιούνιος 2010

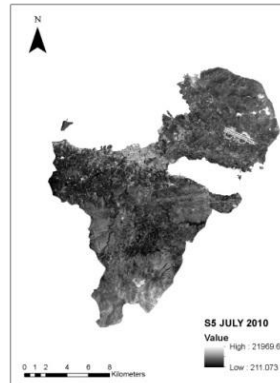


Εικόνα 66
S3 Ιούνιος 2016

S5



Εικόνα 67
S5 Αύγουστος 1986



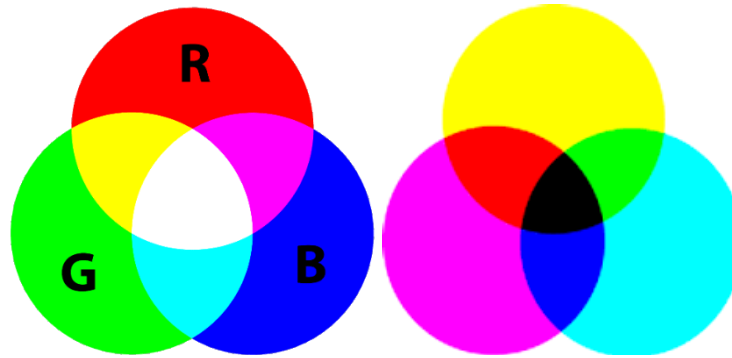
Εικόνα 68
S5 Ιούλιος 2010



Εικόνα 69
S5 Ιούνιος 2016

RGB ΨΕΥΔΟ-ΕΓΧΡΩΜΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Η ανθρώπινη αντίληψη για τα χρώματα προέρχεται από το σχετικό ποσό του κόκκινου, πράσινου και μπλε φωτός που μετρούνται από το αισθητήριο όργανο, το μάτι. Το κόκκινο, το πράσινο και το μπλέ μπορούν να προστεθούν και να παράγουν ένα μεγάλο αριθμό χρωμάτων. Τα τρία αυτά χρώματα ονομάζονται κύρια χρώματα. Ο τρόπος εμφάνισης εικόνων στηριζόμενος στην λογική των κύριων αυτών χρωμάτων ονομάζεται σύστημα RGB (Red- Green- Blue).



Προσθετικό μοντέλο χρωμάτων Αφαιρητικό μοντέλο χρωμάτων

Η πρόσθεση χρωμάτων συμβαίνει όταν προσθέτουμε ένα βασικό χρώμα σε ένα άλλο. Για παράδειγμα εάν εστιάσουμε στο ίδιο σημείο (λευκός τοίχος) μία δέσμη πράσινου φωτός και μία δέσμη κόκκινου αυτό που θα προκύψει είναι μία απόχρωση του κίτρινου χρώματος και εάν προσθέσουμε και μία δέσμη μπλέ φωτός τότε το σημείο εκείνο θα έχει λευκό χρώμα. Ο τρόπος λειτουργίας των υπολογιστών στην δημιουργία των χρωμάτων στην οθόνη είναι ακριβώς ο ίδιος. $R=255$ $G=255$ $B=0$ $R=128$ $G=0$ $B=255$ Σε μία έγχρωμη δορυφορική εικόνα κάθε pixel λαμβάνει ένα χρώμα από την σύνθεση των τριών βασικών χρωμάτων κόκκινο (R), πράσινο (G) και μπλε (B) η ένταση κάθε χρώματος κυμαίνεται από 0 έως 255. Τα διαστημικά συστήματα συλλέγουν και αποθηκεύουν την πληροφορία από ένα περιορισμένο εύρος μήκους κύματος το οποίο καλείται φασματικό κανάλι ή φασματική ζώνη. Υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης και εμφάνισης της πληροφορίας ενός αριθμού φασματικών καναλιών (συνήθως τριών) συνδεδεμένα με τα τρία βασικά χρώματα, κόκκινο (R), πράσινο (G), μπλε (B). Η πληροφορία για κάθε κανάλι εμφανίζεται με ένα από τα βασικά χρώματα και εξαρτάται από την σχετική φωτεινότητα (ψηφιακή τιμή) του κάθε pixel για κάθε κανάλι έτσι γίνεται η σύνθεση των βασικών χρωμάτων σε διαφορετικές αναλογίες δημιουργώντας διαφορετικά τελικά χρώματα.

Σε μία έγχρωμη δορυφορική εικόνα κάθε pixel λαμβάνει ένα χρώμα από την σύνθεση των τριών βασικών χρωμάτων κόκκινο (R), πράσινο (G) και μπλε (B) η ένταση κάθε χρώματος κυμαίνεται από 0 έως 255. Τα διαστημικά συστήματα συλλέγουν και αποθηκεύουν την πληροφορία από ένα περιορισμένο εύρος μήκους κύματος το οποίο καλείται φασματικό κανάλι ή φασματική ζώνη. Υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης και εμφάνισης της πληροφορίας ενός αριθμού φασματικών καναλιών (συνήθως τριών) συνδεδεμένα με τα τρία βασικά χρώματα, κόκκινο (R), πράσινο (G), μπλε (B). Η πληροφορία για κάθε κανάλι εμφανίζεται με ένα από τα βασικά χρώματα και εξαρτάται από την σχετική φωτεινότητα (ψηφιακή τιμή) του κάθε pixel για κάθε κανάλι έτσι γίνεται η σύνθεση των βασικών χρωμάτων σε διαφορετικές αναλογίες δημιουργώντας διαφορετικά τελικά χρώματα.

(Σεμινάριο «Εισαγωγή στη Γεωπληροφορική» Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών Τμήμα Γεωγραφίας)

Η επιλογή των φασματικών καναλιών γίνεται αναλόγως το σκοπό για τον οποίο απαιτούνται πληροφορίες.

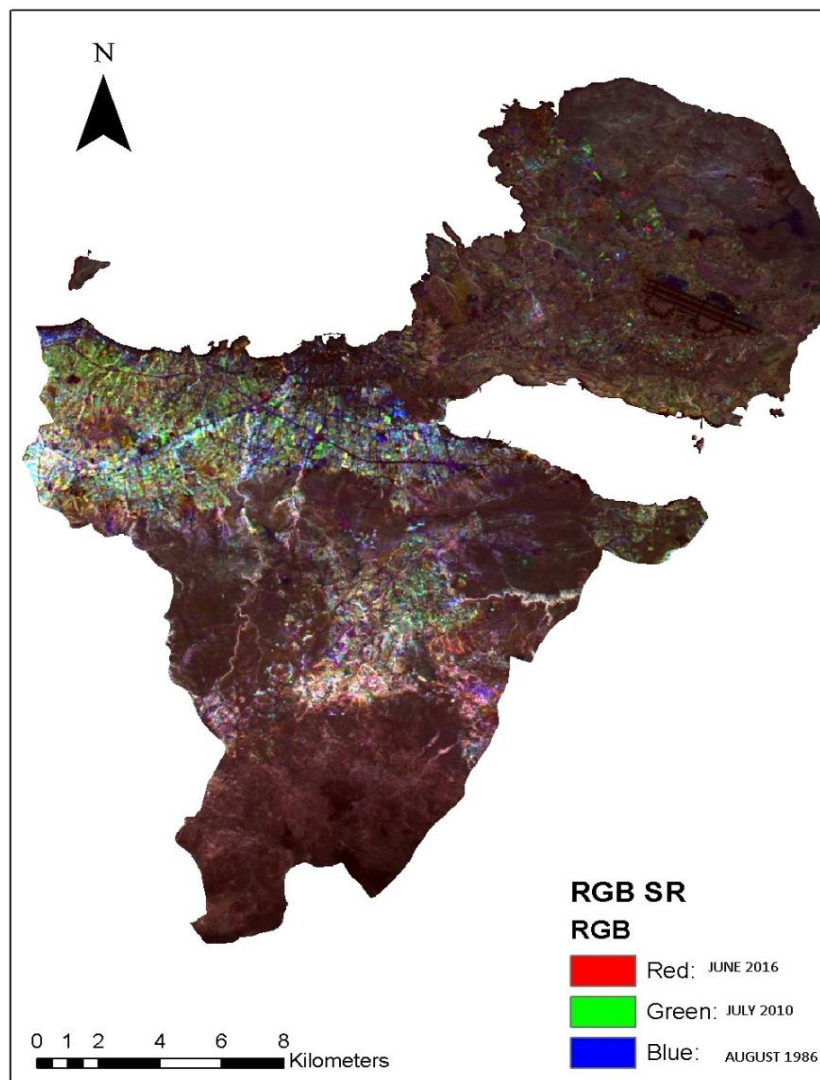
Η αύξηση της ευκρίνειας λαμβάνει χώρα για δύο βασικούς λόγους, διότι :

1) Η φασματική πληροφόρηση παρέχεται από τρεις διαφορετικές εικόνες, γεγονός που στην ουσία προσθέτει τόσο στην πληροφόρηση όσο και στην καλύτερη χρωματική διαβάθμιση της εικόνας (3 x 256 χρώματα).

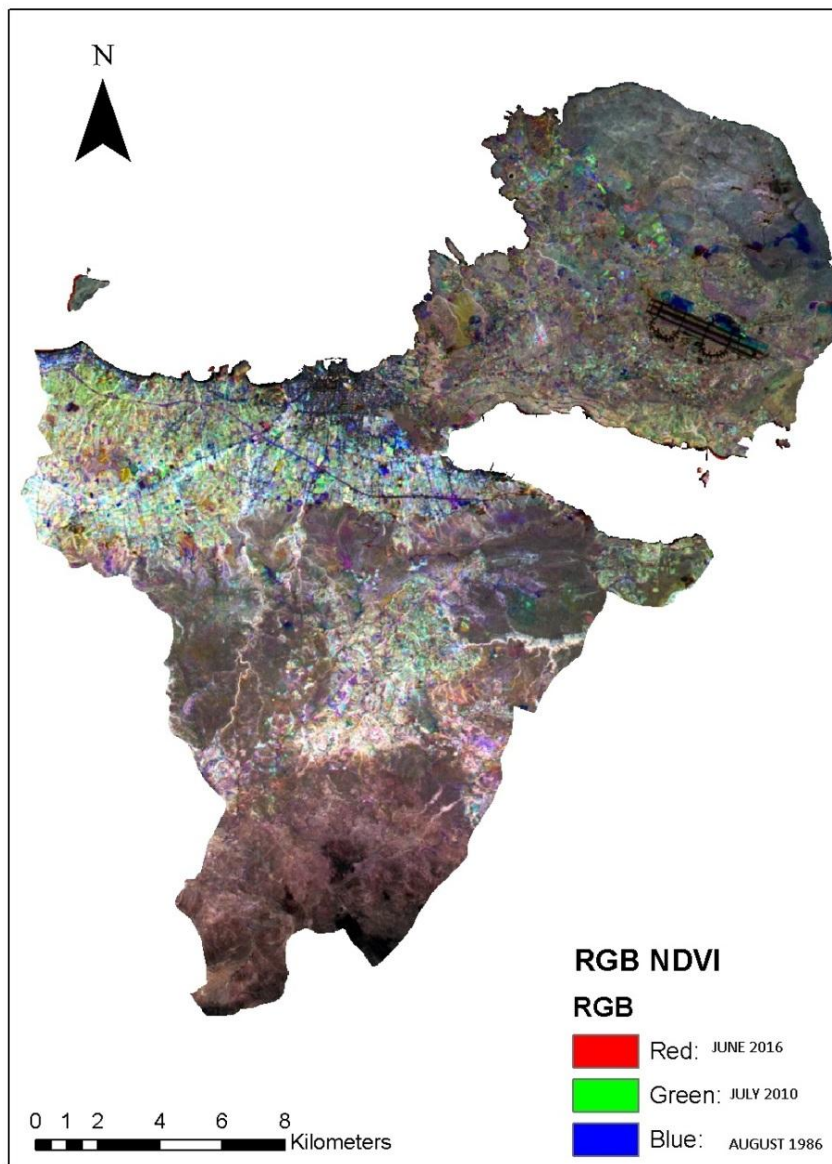
2) Δίνει δυνατότητα για καλύτερη ανάλυση, καθώς το ανθρώπινο μάτι είναι πιο ευαίσθητο στις χρωματικές αλλαγές (συγκριτικά με τις αποχρώσεις του γκρι).

Για να μπορέσουμε να κάνουμε πιο ευδιάκριτες τις μεταβολές με το πέρασμα των χρόνων δημιουργήσαμε εκτός από τις ψευδό-έγχρωμες εικόνες, και τις πολυχρονικές. Στις ψευδό-έγχρωμες χρησιμοποιήθηκε στο RED κανάλι ο λόγος 4/3, στο GREEN κανάλι ο λόγος 5/7 και στο BLUE κανάλι 3/1. Αντίθετα, στις πολυχρονικές εικόνες έχει χρησιμοποιηθεί σε κάθε κανάλι και μια διαφορετική χρονολογία. Πιο συγκεκριμένα στο κανάλι RED είναι ο Ιούνιος 2016, στο κανάλι GREEN είναι ο Ιούλιος 2010 και στο κανάλι BLUE ο Αύγουστος του 1986.
https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3965/1/02_chapter_5.pdf

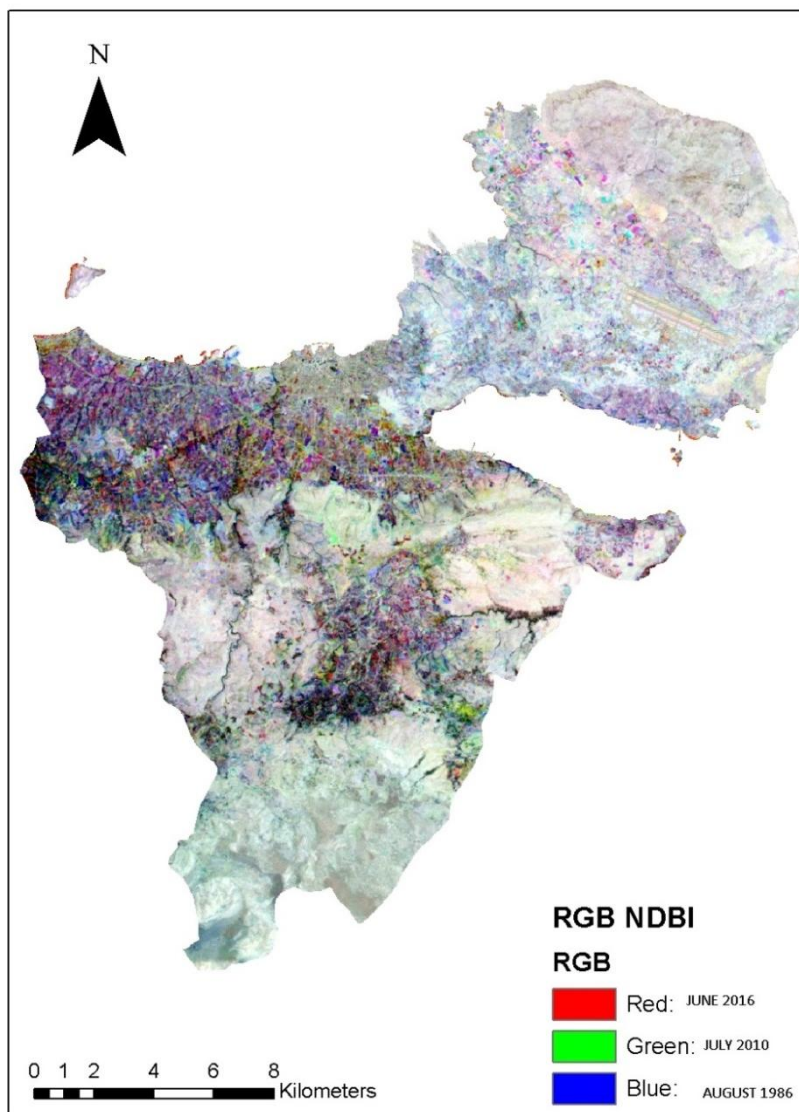
ΨΕΥΔΟ-ΕΓΧΡΩΜΕΣ ΠΟΛΥΧΡΟΝΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ



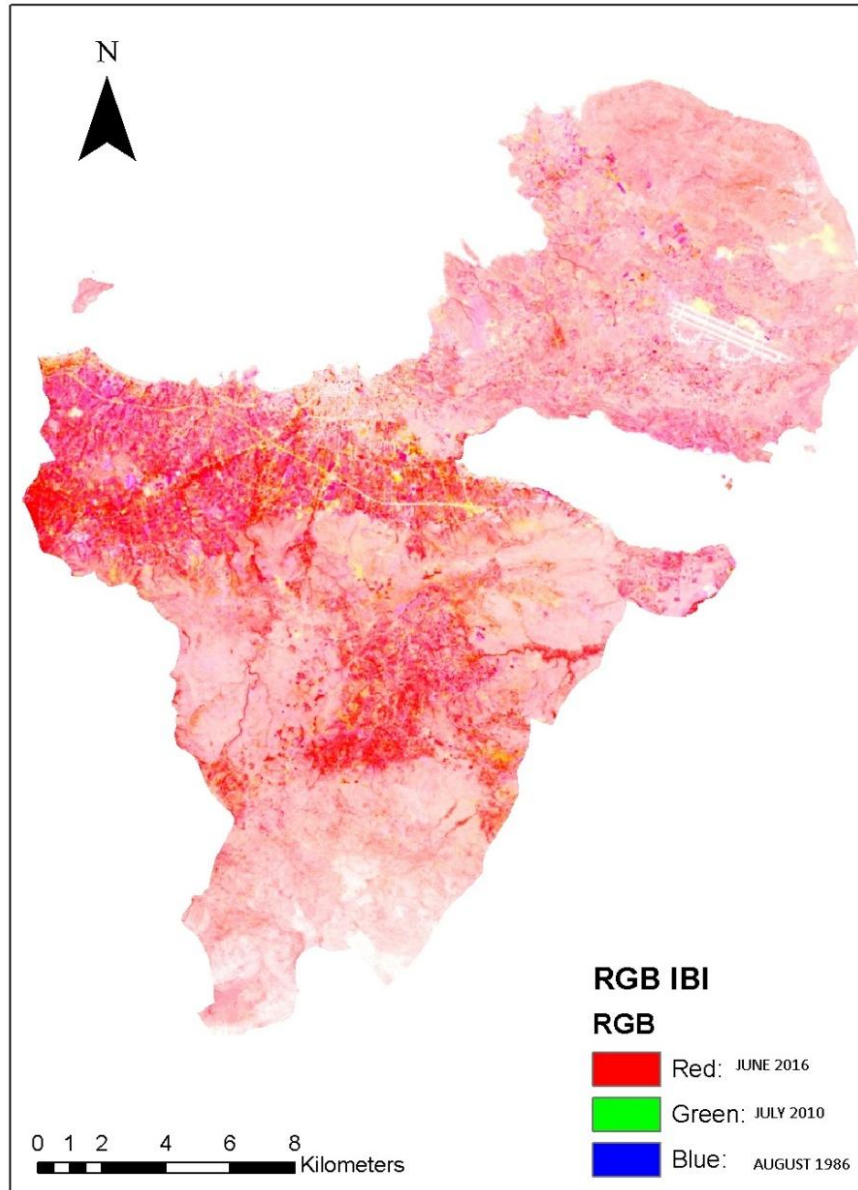
Εικόνα 70 Πολυχρονικό Έγχρωμο σύνθετο του απλού λόγου βλάστησης SR, 2016, 2010, 1986 (R,G,B).



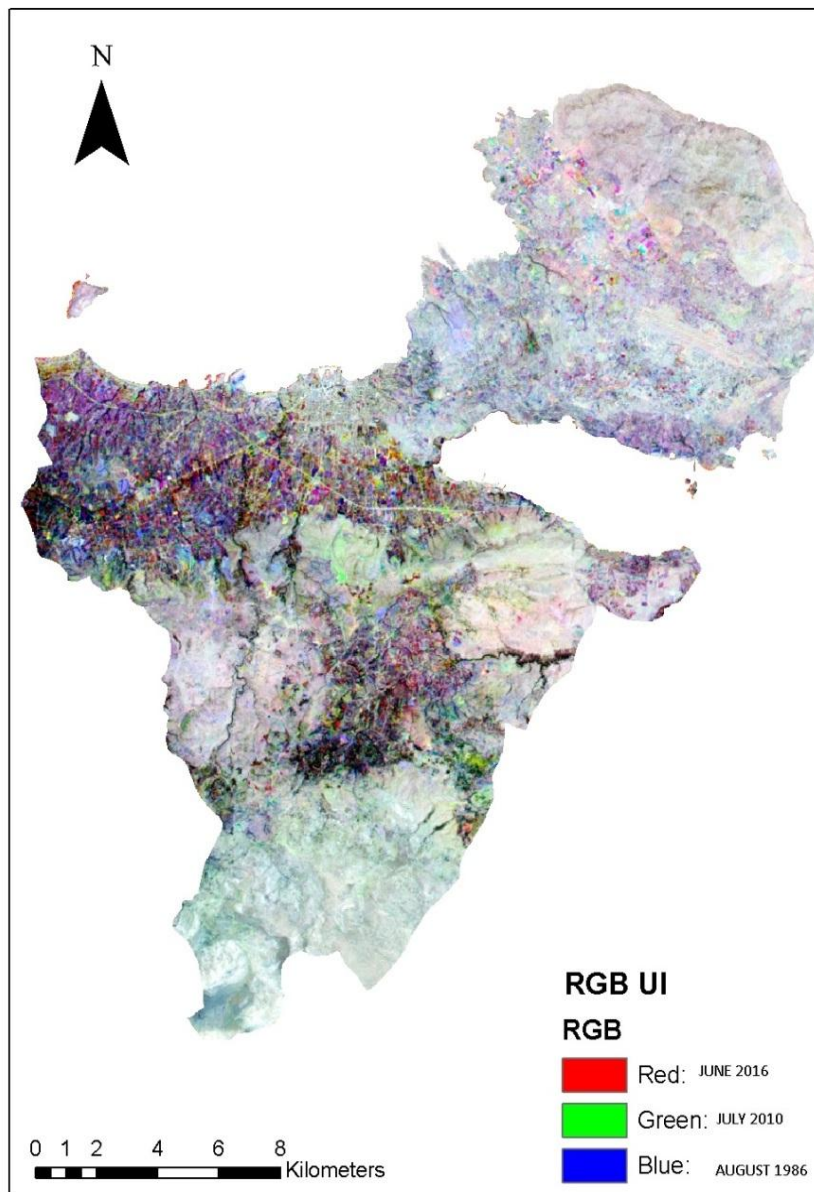
Εικόνα 71 Πολυχρονικό Έγχρωμο σύνθετο του λόγου βλάστησης NDVI, 2016, 2010, 1986 (R,G,B).



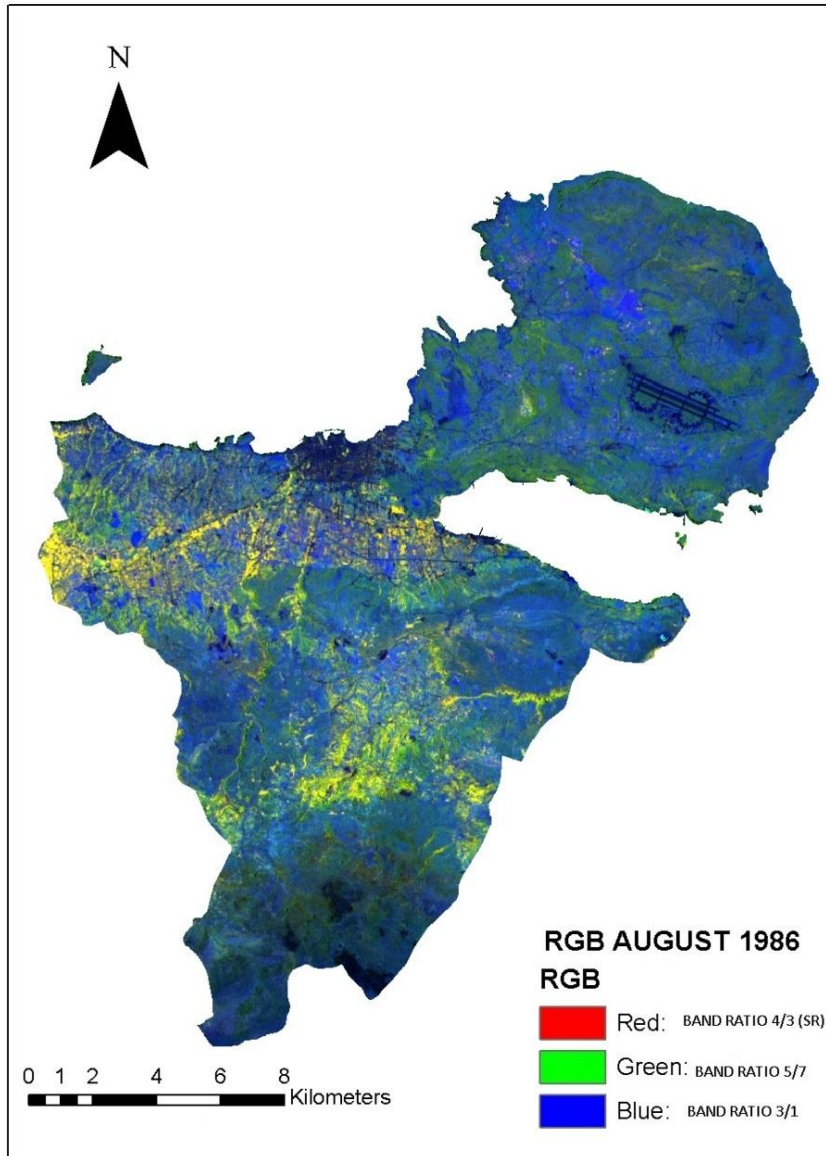
Εικόνα 72 Πολυχρονικό Έγχρωμο σύνθετο του λόγου αστικής δόμησης NDBI, 2016, 2010, 1986 (R,G,B).



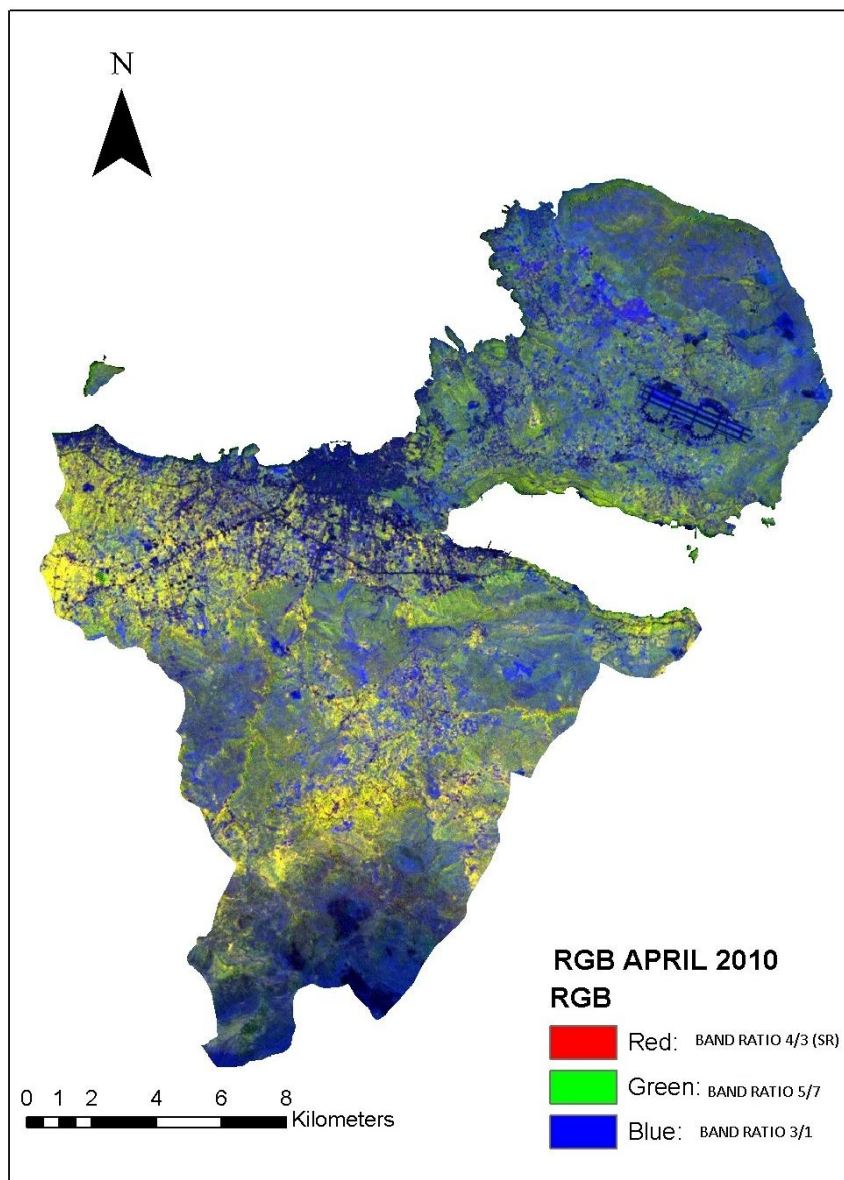
Εικόνα 73 Πολυχρονικό Έγχρωμο σύνθετο του λόγου αστικής δόμησης IBI, 2016, 2010, 1986 (R,G,B).



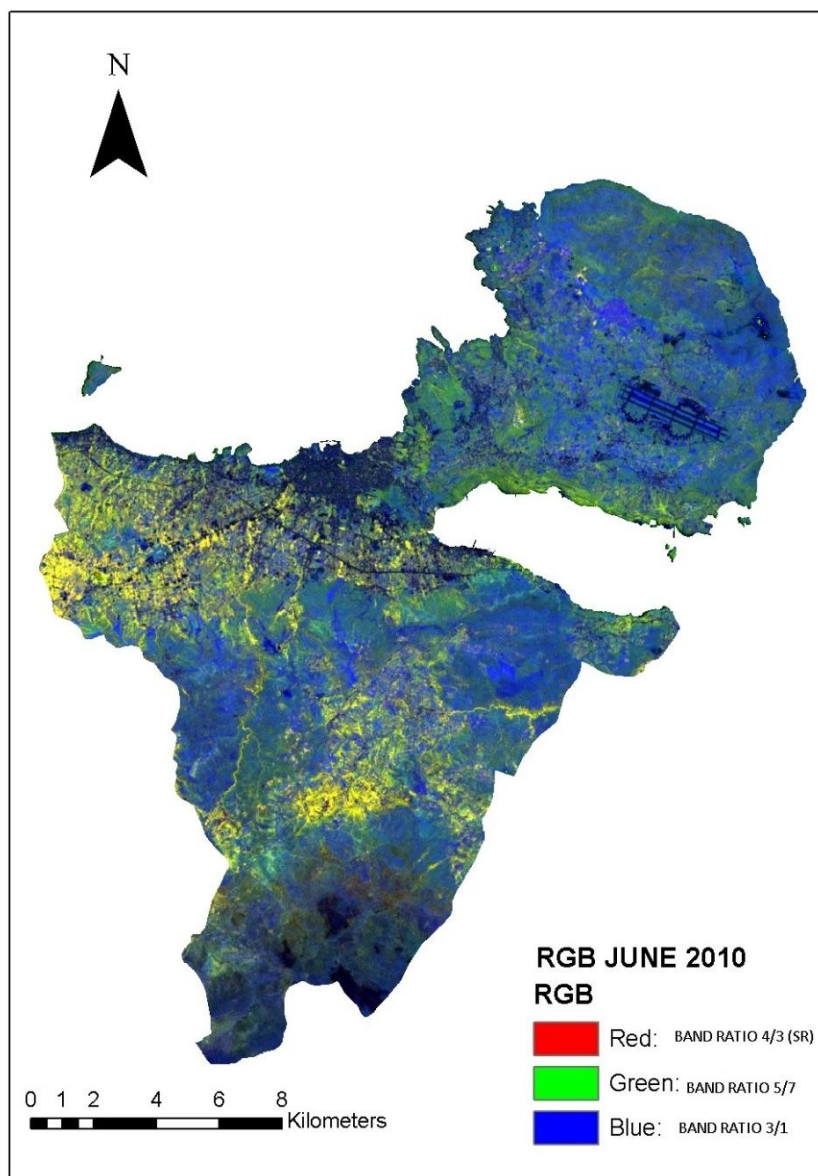
Εικόνα 74 Πολυχρωμικό Έγχρωμο σύνθετο του λόγου αστικής δόμησης UI, 2016, 2010, 1986 (R,G,B).



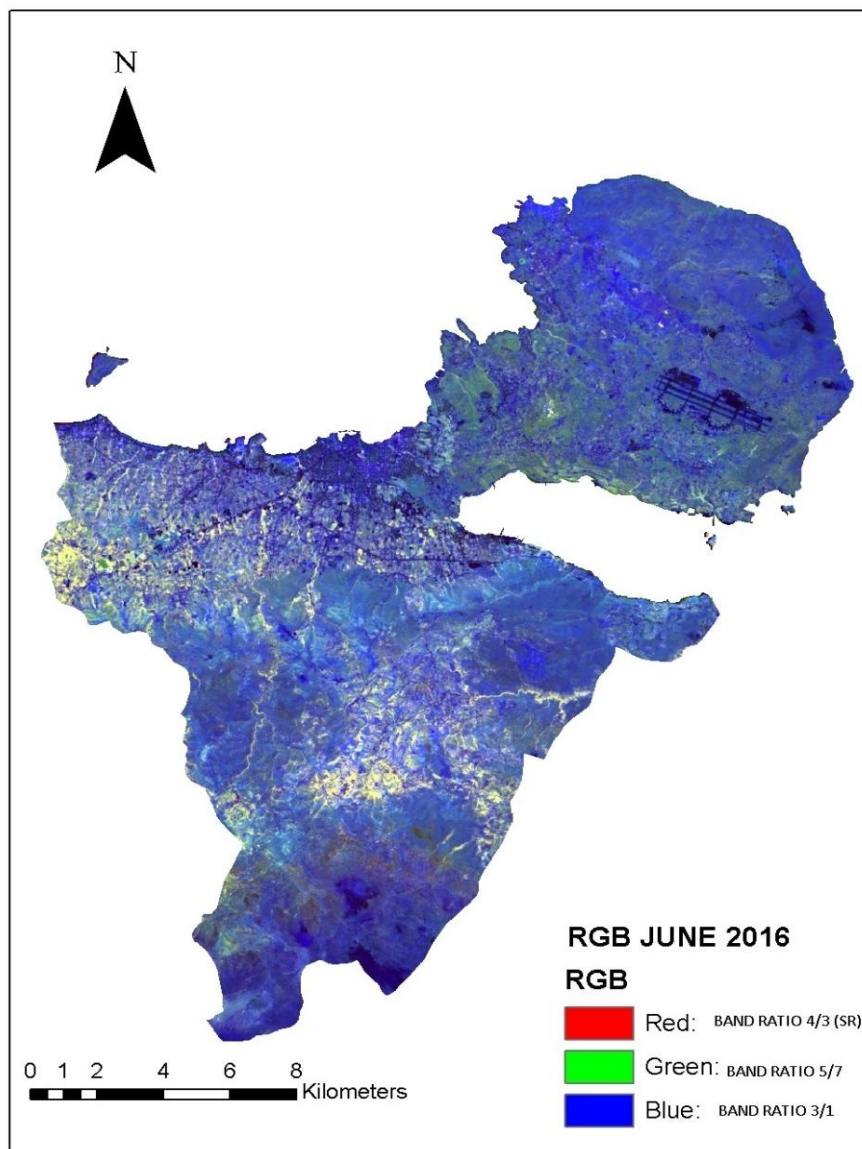
Εικόνα 75 Έγχρωμο σύνθετο των λόγων 4/3, 5/7, 3/1 για τον Αύγουστο του 1986



Εικόνα 76 Έγχρωμο σύνθετο λόγων 4/3, 5/7, 3/1 για τον Απρίλιο του 2010.



Εικόνα 77 Έγχρωμο σύνθετο λόγων 4/3, 5/7, 3/1 Ιούνιος 2010



Εικόνα 78 Έγχρωμο σύνθετο λόγων 4/3, 5/7, 3/1 Ιούνιος 2016

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν τα αποτελέσματα εφαρμογής λόγων καναλιών σε πολυφασματικές απεικονίσεις και συγκεκριμένα σε Landsat 5, 7 και 8, στη περιοχή του Δήμου Χανίων για ένα διάστημα 30 χρόνων (1986 – 2016). Συνοψίζοντας, καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- η χρήση του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI και του φασματικού λόγου Simple Ratio για τη μελέτη της υποβάθμισης του εδάφους (διάβρωσης) ανέδειξε ικανοποιητικά μέσω ψευδέγχρωμων σύνθετων R, G, B τα οποία δημιουργούνται από κατάλληλους και συγκεκριμένους κάθε φορά λόγους καναλιών της δορυφορικής τηλεπισκοπικής απεικόνισης, τις μεταβολές που έχουν επέλθει στις χρήσεις γης του Δ. Χανίων τα τελευταία 30 έτη.
- Η βλάστηση στον Δήμο Χανίων και στις περιοχές πησιών αυτού, τα τελευταία 30 χρόνια παρουσιάζει μείωση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η δυτική μεριά του Νομού (Αγία Μαρίνα, Πλατανιάς) αλλά και το Ακρωτήρι στα οποία παρατηρείται μείωση της βλάστησης γεγονός που πιθανότατα ωφείλεται τόσο στις μειωμένες βροχοπτώσεις όσο και στην αστικοποίηση.
- Όσον αφορά τη δόμηση, οι περιοχές του Ακρωτηρίου και του Πλατανιά παρουσιάζουν μεγάλη αύξηση ως φυσικό επακόλουθο του ρυθμού ανάπτυξης που γνωρίζει γενικότερα η ευρύτερη περιοχή του Δήμου Χανίων λόγω του τουρισμού και των έργων υποδομής που δημιουργήθηκαν τα τελευταία 30 χρόνια.
- Επίσης η εργασία αυτή δίνει τη δυνατότητα να συνεχιστεί η έρευνα μέσω της τεχνικής των λόγων καναλιών Landsat εικόνων και με διαφορετικές πολυφασματικές απεικονίσεις, μεγαλύτερης διακριτικής δυνατότητας (για παράδειγμα IKONOS ή και Quick Bird απεικονίσεις) και να εξεταστεί η κάθε φορά εφαρμοζόμενη μεθοδολογία, για το κατά πόσο βελτιώνει τα αποτελέσματα στις ίδιες περιοχές μελέτης ή και σε άλλες, με στόχο την εύρεση κάθε φορά των πλέον κατάλληλων λόγων καναλιών, ανάλογα με το δορυφορικό δέκτη ο οποίος χρησιμοποιείται.
- Απώτερος σκοπός παραμένει, οι μεθοδολογίες και οι τεχνικές να μπορούν (και πρέπει) να συμβάλλουν στην ορθολογικά σωστή περιβαλλοντική και κοινωνική διαχείριση των περιοχών αυτών και των διαθέσιμων τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

Νικόλαος Γ. Συλλαΐος., 2000, Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, τμήμα Γεωπονίας, Θεσσαλονίκη.

Καρτάλης Κ. – Φειδάς Χ., 2013, Αρχές και εφαρμογές δορυφορικής Τηλεπισκόπησης.

Στέλιος Π. Μερτίκας., 1999, Τηλεπισκόπηση και ψηφιακή ανάλυση εικόνας.

Γιώργος Χ. Μηλιαρέσης., 2006, Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ONLINE

<https://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεπισκόπηση>

<http://dasodata.gr/index.php/doryforiki-tilepiskopisi>

<https://eclass.uoa.gr>

https://el.wikipedia.org/wiki/Ηλεκτρομαγνητική_ακτινοβολία

https://el.wikipedia.org/wiki/Ηλεκτρομαγνητικό_φάσμα

https://el.wikipedia.org/wiki/Τεχνητός_δορυφόρος

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3964/1/02_chapter_4.pdf

<https://sites.google.com/a/totalview.gr/totalview/home/dedomena-lr/landsat>

<https://lta.cr.usgs.gov/rbv.html>

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1847/1/08_chapter_7.pdf

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3963/1/02_chapter_3.pdf

<http://dasodata.gr/index.php/gis>

https://el.wikipedia.org/wiki/Σύστημα_Γεωγραφικών_Πληροφοριών

<http://kypseli-testing.ouc.ac.cy/handle/11128/1878?locale-attribute=el>

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3965/1/02_chapter_5.pdf

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1847/1/08_chapter_7.pdf

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3963/1/02_chapter_3.pdf

ΑΡΘΡΑ

S. Sommer, J. Hill, J. Me'gier (1998) *European Commission, Joint Research Centre, Space Applications Institute, SAIrEMAP, Ispra I-21020, Italy University of Trier, FB VI Geography, Remote Sensing Dept., Trier D-54286, Germany*

Weismiller, R. A., Van Scoyoc, G. E., Pazar, S. E., Latz, K., and Baumgardner, M. F. (1984) Use of soil spectral properties for monitoring soil erosion. In: *Soil Erosion and Conservations* (S. A.El-Swaify, W. C. Moldenhauer, and A. Lo, eds.), Ankeny, Iowa: Soil Cons. Soc. of America.

Kosmas, C.S., Cury, N., Bryant, R. B., and Franzmeier, D. P., (1984), Characterization of iron oxide minerals by second-derivative visible spectroscopy. *Soil Science Society of America Journal*, **48**, 401± 405.

Szabolcs, I., (1989). *Salt-Affected Soils*. CRC Press Inc., Boca Raton, FL 274pp. Tanji, K.K., 1996. *Agricultural Salinity Assessment and Management*. American Society of Civil Engineers, New York, USA 569pp.

Daliakopoulos IN, Tsanis IK, Koutroulis A, Kourgialas NN, Varouchakis AE, Karatzas GP, Ritsema CJ. (2016) The threat of soil salinity: a European scale review. *Sci Total Environ*. 573:727–739

Zhang T-T, Zeng S-L, Gao Y, Ouyang Z-T, Li B, Fang C-M, Zhao B. (2011) Using hyperspectral vegetation indices as a proxy to monitor soil salinity. *Ecol Indic*. 11:1552–1562.

Yang K, Zhu L, Chen Y, Zhao L, Qin J, Lu H, Tang W, Han M, Ding B, Fang N. (2016) Land surface model calibration through microwave data assimilation for improving soil moisture simulations. *J Hydrol*. 533:266–276

Tsanis IK, Apostolaki MG. (2009) Estimating groundwater withdrawal in poorly gauged agricultural basins. *Water Resour Manag*. 23:1097–1123

Daskalaki P, Voudouris K. (2008) Groundwater quality of porous aquifers in Greece: a synoptic review. *Environ Geol*. 54:505–513

Kawamura, M., Jayamana, S., Tsujiko, Y., (1996) Relation between social and environmental conditions in Colombo Sri Lanka and the urban index estimated bysatellite remote sensing data. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens*. 31 (Part B7),321–326.

Zha, Y., Gao, J., Ni, S., (2003) Use of normalized difference built-up index in auto-matically mapping urban areas from TM imagery. *Int. J. Remote Sens*. 24,583–594

Xu, H., (2008) A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *Int. J. Remote Sens*. 29, 4269–4276.

Zha, Y., Gao, J., Ni, S., (2003) Use of normalized difference built-up index in auto-matically mapping urban areas from TM imagery. *Int. J. Remote Sens*. 24,583–594

Liu, L., Zhang, Y., (2011) Urban heat island analysis using the Landsat TM data andASTER Data: a case study in Hong Kong. *Remote Sens*. 3, 1535–1552.

Piyooch A. K., Ghosh S. K., (2016) Development of a modified bare soil and urban index for Landsat 8 satellite data.