

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 3<sup>ο</sup> (Μέρος 1): Αναζήτηση δορυφορικών εικόνων - Επιλογή περιοχής μελέτης

### Επιλογή και περιγραφή περιοχή μελέτης

(διαβάστε και αυτό από το Τμήμα Γεωπληροφορικής & Τοπογραφίας του ΤΕΙ Σερρών):

[https://drive.google.com/file/d/0B68Yy\\_yN9KzObzgzMHIRV3pnTzQ/edit?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B68Yy_yN9KzObzgzMHIRV3pnTzQ/edit?usp=sharing)

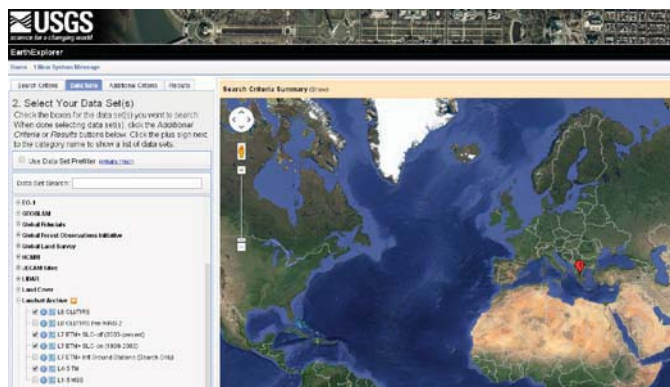
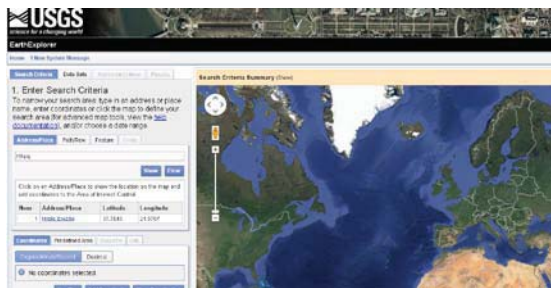
**Σκοπός της άσκησης** είναι η επιλογή της περιοχής μελέτης για κάθε φοιτητή /τρια. Κάθε φοιτητής / τρια θα αναζητήσει την κατάλληλη εικόνα για τρεις χρονικές περιόδους (δεκαετία 1980, δεκαετία 2000 και πρόσφατη εικόνα).



3.1 Από το site: <http://earthexplorer.usgs.gov/> βάλτε τον νομό σας ως κριτήριο αναζήτησης (search criteria) – ΕΛΩ ΕΠΙΤΡΕΠΙΝΤΑΙ ΚΑΙ ΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ- π.χ. Παράδειγμα Ηλεία, και πατήστε πάνω στη διεύθυνση να το επικυρώσετε. Θα δείτε ότι έχει εμφανιστεί ένα σημείο με την περιοχή αναζήτησης σας.

**1<sup>η</sup> κίνηση μας:** Για να έχουμε δικαίωμα να κατεβάζουμε εικόνες πρέπει να γραφτούμε στο site. Αν το κάνουμε πρώτη φορά από το register, αλλιώς αν έχουμε γραφτεί μια φορά χρησιμοποιούμε το login.

**Αν δεν το καταφέρετε μόνοι σας ελάτε να το κάνετε στο εργαστήριο γεωπληροφορικής.**



Στη συνέχεια στο μενού Data Search επιλέξετε το Landsat Archive (αρχείο Landsat) και τσεκάρετε να ψάξετε σε L8 OLI/TIRS (ο νέος Landsat 8), σε L7 ETM (2003-present) και L7 (1999-2003) και σε L4-5 TM και πατήστε Results για να κάνει αναζήτηση στο αρχείο του (με βάση τους επιλεγμένους καταγραφείς).

Οι εικόνες που πληρούν τα κριτήρια μας (περιοχή αναζήτησης και καταγραφικά συστήματα) εμφανίζονται ανά δορυφόρο (π.χ. αναμένουμε 4 καρτέλες Data Set), για L8, L7(1), L7(2) και L4-5. Για το παράδειγμα μας (Ηλεία) έβγαλε τα παρακάτω αποτελέσματα:



Όπως βλέπετε, υπάρχει μια προεπισκόπηση της δορυφορικής εικόνας που υπάρχει σε κάθε λήψη και δεδομένα εικόνας με το σημαντικότερο την ημέρα λήψης. Εμείς θα πρέπει να διαλέξουμε τρεις

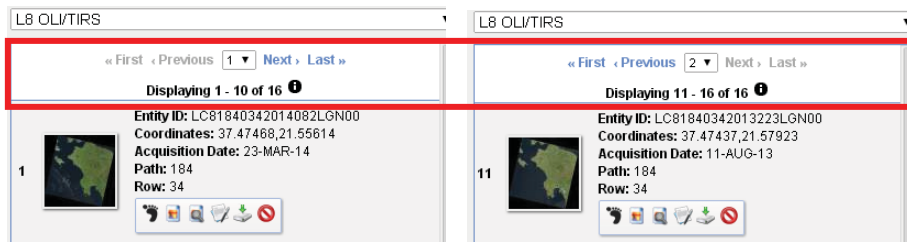
εικόνες μια (1) για την περίοδο 1980-1990 (με βάση τον L4-5), μία για την περίοδο 2000-2005 (με βάση τον L7) και μια (1) για την περίοδο 2012-2013 (με βάση τον L8).

**Για να έχουμε την μεγαλύτερη δυνατή φασματική διαφοροποίηση θα πρέπει να επιλέξουμε εικόνες στην καλοκαιρινή περίοδο (κατά προτίμηση Ιουλίου).**

## ΓΙΑΤΙ;

και παράλληλα να μην έχουν νέφωση.

**ΠΡΟΣΟΧΗ!!** Τσεκάρετε αν έχετε δει όλες τις διαθέσιμες εικόνες με το Next (π.χ. για την Ηλεία ο L8 μας δίνει 16 εικόνες).



Αν πατήσουμε πάνω στην προεπισκόπηση εικόνας, θα δούμε καλύτερα την επιλεγμένη εικόνα.

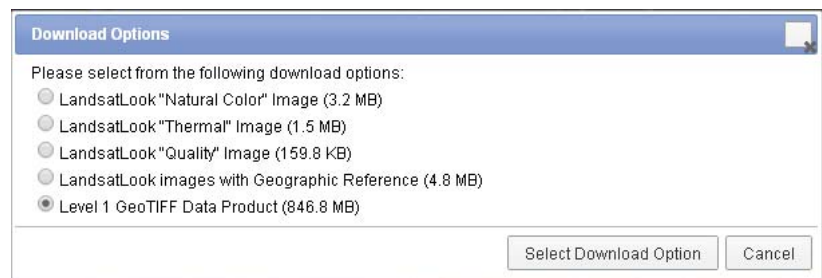
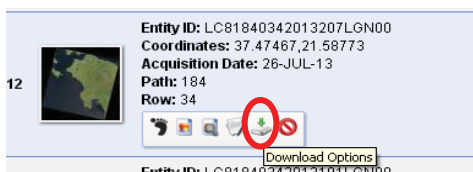


Εδώ βλέπουμε επιλεγμένη την εικόνα με βάση τον L8 και ημερομηνία λήψης: 26 JULY 2013.

Αν επιλέγαμε την λήψη στις 10 Ιουλίου 2013 θα είχαμε πολλά σύννεφα

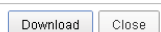



Αφού είμαστε σίγουροι για την εικόνα που θέλουμε και για να κατέβει (downloading) η πραγματική εικόνα (δηλαδή όσες φασματικές εικόνες έχει ή λήψη) πατάμε το Download Options.



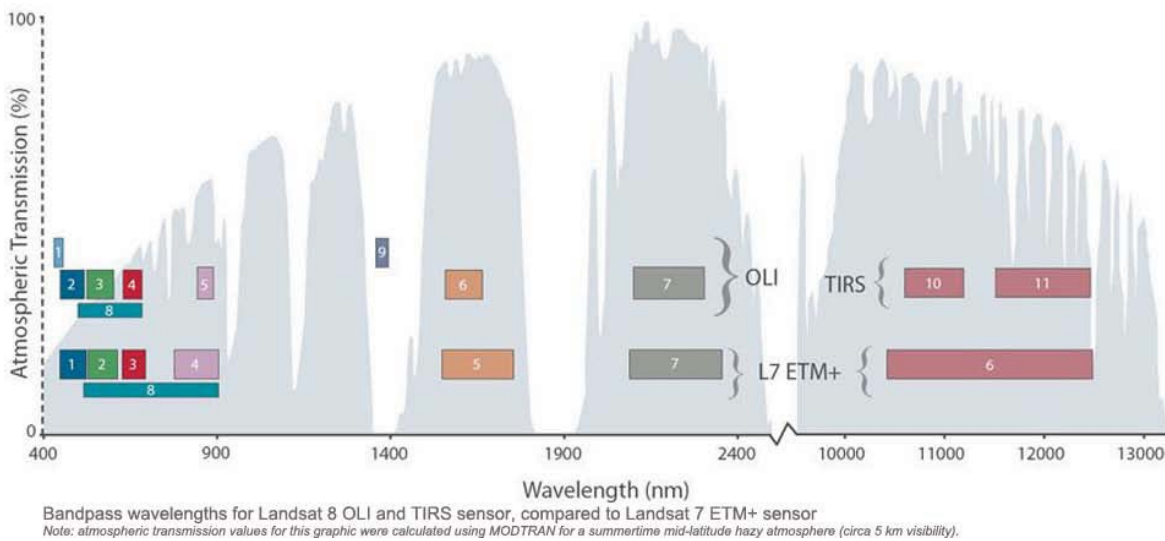
Αν τα έχουμε κάνει όλα σωστά θα πρέπει να μας βγάλει την καρτέλα αυτή, από όπου επιλέγουμε την εικόνα GeoTIFF, που περιλαμβάνει όλη τη διαθέσιμη πληροφορία. **ΘΕΛΕΤΕ ΧΩΡΟ ΣΤΟ ΔΙΣΚΟ !!!!**

**ΠΡΟΣΟΧΗ**



Αξίζει να σημειωθεί ότι από τη σελίδα αυτή, μπορεί κανείς να παραγγείλει (χωρίς κόστος) δορυφορικές εικόνες που μπορεί προσωρινά να λείπουν. Η διαδικασία γίνεται με τη βοήθεια του πλήκτρου  (order scene). Δημιουργείται ένας κατάλογος επιλεγμένων εικόνων, ο οποίος υποβάλλεται στον φορέα διαχείρισης της ιστοσελίδας. Ο φορέας ετοιμάζει τις εικόνες και ενημερώνει τον αναλυτή με email ότι μπορεί να τις μεταφορτώσει, παρέχοντάς του ταυτόχρονα και τον αντίστοιχο σύνδεσμο (link).

Όταν κατέβει η εικόνα στον Η/Υ και αφού τη σώσουμε σε σωστή θέση, και αποζιπάρουμε το αρχείο θα έχουμε την κάθε ζώνη (μπάντα) της εικόνας μας. Σε περίπτωση που έχουμε κατεβάσει εικόνα Landsat 8, θα έχουμε 11 μπάντες (σε σχέση με τις 7 που ήταν στους προηγούμενους καταγραφείς).








Για να αντιστοιχήσουμε το εύρος του φάσματος που καταγράφει η κάθε μπάντα σχετικά με L7 και L8, θα συμβουλευόμαστε τον παρακάτω πίνακα:

| Landsat 7     |                |                | Landsat 8      |                |                |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Band Name     | Bandwidth (μm) | Resolution (m) | Band Name      | Bandwidth (μm) | Resolution (m) |
|               |                |                | Band 1 Coastal | 0.43 – 0.45    | 30             |
| Band 1 Blue   | 0.45 – 0.52    | 30             | Band 2 Blue    | 0.45 – 0.51    | 30             |
| Band 2 Green  | 0.52 – 0.60    | 30             | Band 3 Green   | 0.53 – 0.59    | 30             |
| Band 3 Red    | 0.63 – 0.69    | 30             | Band 4 Red     | 0.64 – 0.67    | 30             |
| Band 4 NIR    | 0.77 – 0.90    | 30             | Band 5 NIR     | 0.85 – 0.88    | 30             |
| Band 5 SWIR 1 | 1.55 – 1.75    | 30             | Band 6 SWIR 1  | 1.57 – 1.65    | 30             |
| Band 7 SWIR 2 | 2.09 – 2.35    | 30             | Band 7 SWIR 2  | 2.11 – 2.29    | 30             |
| Band 8 Pan    | 0.52 – 0.90    | 15             | Band 8 Pan     | 0.50 – 0.68    | 15             |
|               |                |                | Band 9 Cirrus  | 1.36 – 1.38    | 30             |
|               |                |                | Band 10 TIRS 1 | 10.6 – 11.19   | 100            |
| Band 6 TIR    | 10.40 – 12.50  | 30/60          | Band 11 TIRS 2 | 11.5 – 12.51   | 100            |

Επειδή τα δεδομένα από Landsat 8 περιλαμβάνουν πρόσθετες ζώνες, οι συνδυασμοί που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία σύνθετων RGB διαφέρουν από Landsat 7 και Landsat 5. Για παράδειγμα, ζώνες 4, 3, 2, χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν ένα χρώμα υπέρυθρων (CIR) με τη χρήση της εικόνας Landsat 7 ή Landsat 5. Για να δημιουργήσετε ένα σύνθετο CIR χρησιμοποιώντας Landsat 8 δεδομένα, χρησιμοποιούνται οι ζώνες 5, 4, 3.

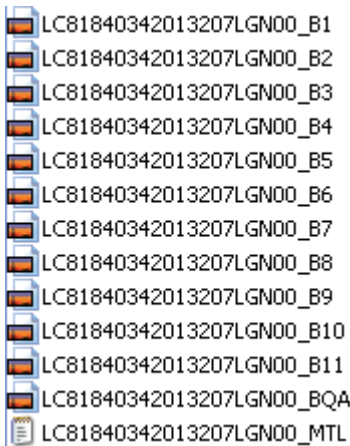
ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ Landsat 5 και 7 με Landsat 8

|  | <b>Landsat<br/>7<br/>Landsat<br/>5</b> | <b>Landsat<br/>8</b> |
|--|--|----------------------|
|  <b>Color Infrared:</b> | <b>4, 3, 2</b>                         | <b>5,4,3</b>         |
|  <b>Natural Color:</b> | <b>3, 2, 1</b>                         | <b>4,3,2</b>         |
|  <b>False Color:</b>  | <b>5,4,3</b>                           | <b>6,5,4</b>         |
|  <b>False Color:</b>  | <b>7,5,3</b>                           | <b>7,6,4</b>         |
|  <b>False Color:</b>  | <b>7,4,2</b>                           | <b>7,5,3</b>         |

Ο Αισθητήρας OLI Landsat 8 περιλαμβάνει μια νέα μπάντα «παράκτια / αερολύματος (band1)», η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο άλλες ζώνες για στενότερη έρευνα των παράκτιων υδάτων και την εκτίμηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις, στα μοντέλα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι τιμές της ακτινοβολίας αυτής της μπάντας.

Μετά το αποσυμπίεσμα, στον L8 θα έχουμε 11 φασματικές εικόνες, με κωδικοποιημένη ονομασία. Η \_BQA είναι μπάντα ακρίβειας των δεδομένων, ενώ υπάρχει και ένα αρχείο μεταδεδομένων.

Π.χ. **L** (Landsat) **C** (Combined) **8** (όνομα καταγραφέα) **184 034** (περιοχή λήψης της εικόνας row – path) **2013** (χρονιά λήψης), **207** (Ιουλιανή ημέρα π.χ. 207 = 26 Ιουλίου), **LGN00** (ο σταθμός εδάφους λήψης των δεδομένων) και **B1** (η μπάντα καταγραφής)



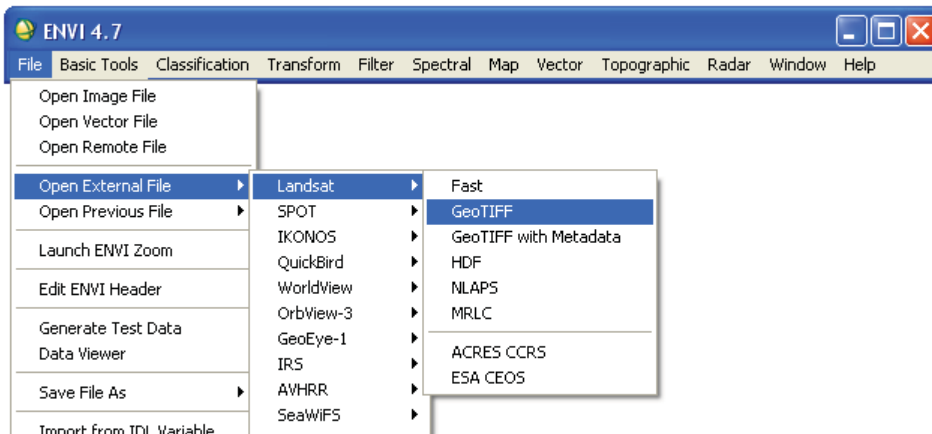
Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι κυρίως το τελευταίο, δηλαδή η μπάντα (ζώνη) καταγραφής (αν ξέρουμε και την ημερομηνία λήψης)

## ΚΑΙ ΤΩΡΑ??



3.2.1. Για να ανοίξουμε τις εικόνες στο ENVI...

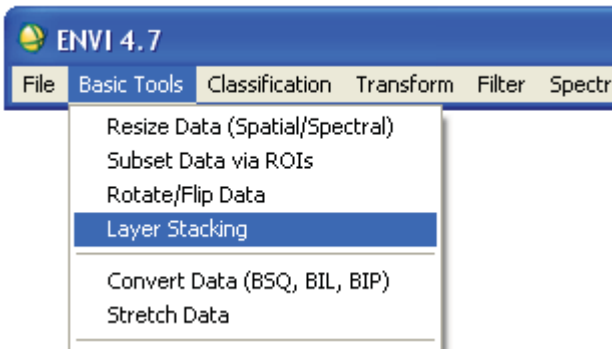
Επιλέγουμε από τη βασική μπάρα το **Open External File >> Landsat >> GeoTiff**



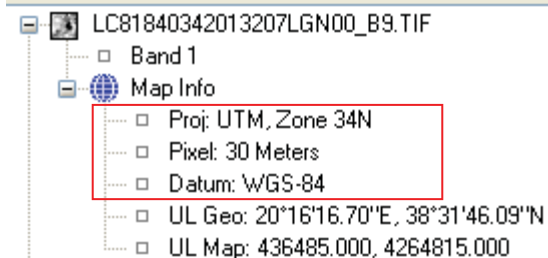
Εισάγουμε τις εικόνες. Για να μπορέσουμε να δουλέψουμε με την εικόνα, θα πρέπει να κάνουμε μια πολυφασματική εικόνα και όχι 11 διαφορετικές εικόνες. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να τις ενώσουμε σε μια ενιαία, αλλά μόνο αυτές που έχουν ίδια ανάλυση. Θυμηθείτε ποιες είναι αυτές (αλλιώς δείτε τη σελίδα 12). Εμείς στο εργαστήριο μας θα ενώσουμε τις B1 ως B7.



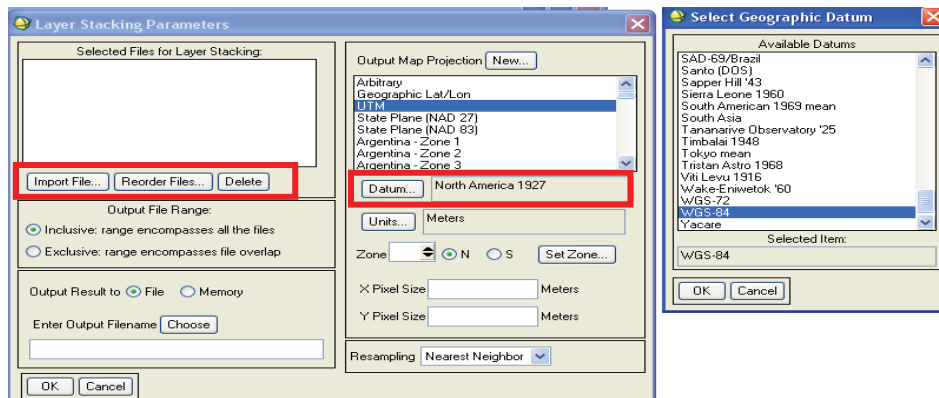
3.2.2. Για να γίνει αυτό, θα πρέπει από το κεντρικό μενού να επιλέξουμε **Basic Tools >> Layer Stacking**.



Θα μας ζητήσει να ορίσουμε το προβολικό σύστημα. Αν δεν το γνωρίζουμε βλέπουμε στα χαρακτηριστικά μιας από τις φασματικές εικόνες.



Επιλέγουμε για Projection το **UTM** και για Datum το **WGS84**, όπως είναι και στις εικόνες μας και εισάγουμε με το Import File τις μπάντες μας (Προσοχή: είπαμε τις πρώτες επτά και όχι ΟΛΕΣ!!!).



Το σώζουμε στο δίσκο μας και δίνουμε ένα όνομα που να δίνει πληροφορίες και για τον δορυφόρο, περιοχή αλλά και για την ημερομηνία λήψης

Π.χ. L8\_Pelop\_26072013

Πατάμε OK και περιμένουμε.

Θα δούμε ότι έχει δημιουργηθεί ένα νέο πολυφασματικό αρχείο. Βλέπετε το εύρος φάσματος που διαβάζει κάθε φασματική εικόνα; Μπορείτε να δημιουργήσετε σύνθετη εικόνα στο πραγματικό χρώμα με εύκολο τρόπο;



Αν όχι τι θα πρέπει να κάνουμε;

Να ορίσουμε εμείς την περιοχή φάσματος κάθε εικόνας.

**ΠΩΣΣΣΟΣΟΣ**

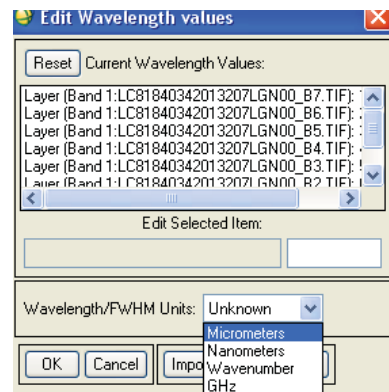
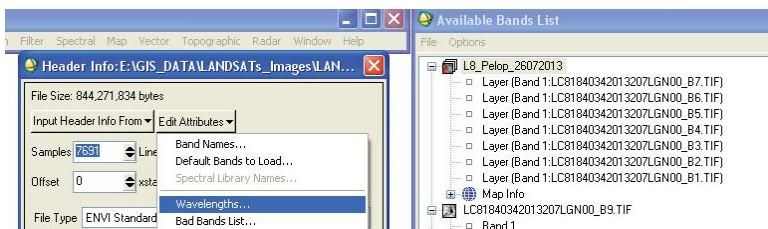
Πίνακας από Σελίδα 12 = η μέση τιμή στο εύρος κάθε ζώνης

|                |                     |
|----------------|---------------------|
| Band 1 Coastal | 0.43 – 0.45 = 0,44  |
| Band 2 Blue    | 0.45 – 0.51 = 0,48  |
| Band 3 Green   | 0.53 – 0.59 = 0,56  |
| Band 4 Red     | 0.64 – 0.67 = 0,655 |
| Band 5 NIR     | 0.85 – 0.88 = 0,865 |
| Band 6 SWIR 1  | 1.57 – 1.65 = 1,61  |
| Band 7 SWIR 2  | 2.11 – 2.29 = 2,2   |

1 nanometer = 0.001 micrometers  
 Δηλαδή 440 nm = 0,44 μm  
 Διαλέγετε και παίρνετε, το πρόγραμμα σας επιτρέπει και τα δύο.



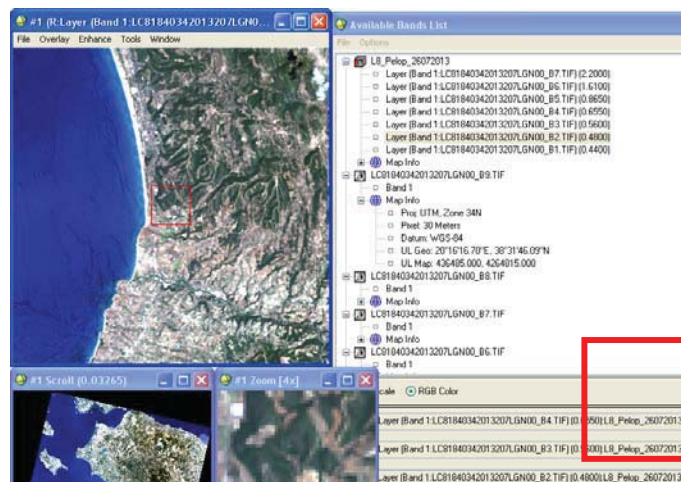
3.2.3. Για να ορίσουμε τις τιμές στις φασματικές εικόνες, πατάμε δεξί κλικ στην πολυφασματική εικόνα (από το available list) και επιλέγουμε **Edit Header >> Edit attributes >> Wavelengths** και επιλέγουμε Micrometers ή Nanometers. Μια και τα έχουμε στα micrometers ας επιλέξουμε αυτό!



Βάζουμε σε κάθε μπάντα την αντίστοιχη μέση τιμή!!  
 Κοιτάμε να είναι σωστά η μονάδα μέτρησης **ΚΑΙ ΔΕΝ ΠΑΤΑΜΕ ΟΚ**, παρά μόνο όταν τελειώσουμε.

**ΠΡΟΣΟΧΗ** στα κόμματα και τελείες και σε πια μπάντα δίνουμε τιμές!!

Αν τα κάνετε όλα σωστά θα πρέπει να έχουμε αυτή την εικόνα, που μπορεί να μας δώσει γρήγορα μια σύνθετη πραγματικού χρώματος.



τόρα  
 τώρα

Παρατηρείστε ότι στο RGB τώρα 4,3,2 και όχι το 3,2,1 (αν δεν καταλαβαίνετε δείτε πάλι τη σελίδα

13).

Το καλό είναι ότι η εικόνα που έχουμε δημιουργήσει διαβάζεται πια ως αρχείο του ENVI, οπότε δεν χρειάζεται πια να της δίνουμε τις παραπάνω πληροφορίες φάσματος.

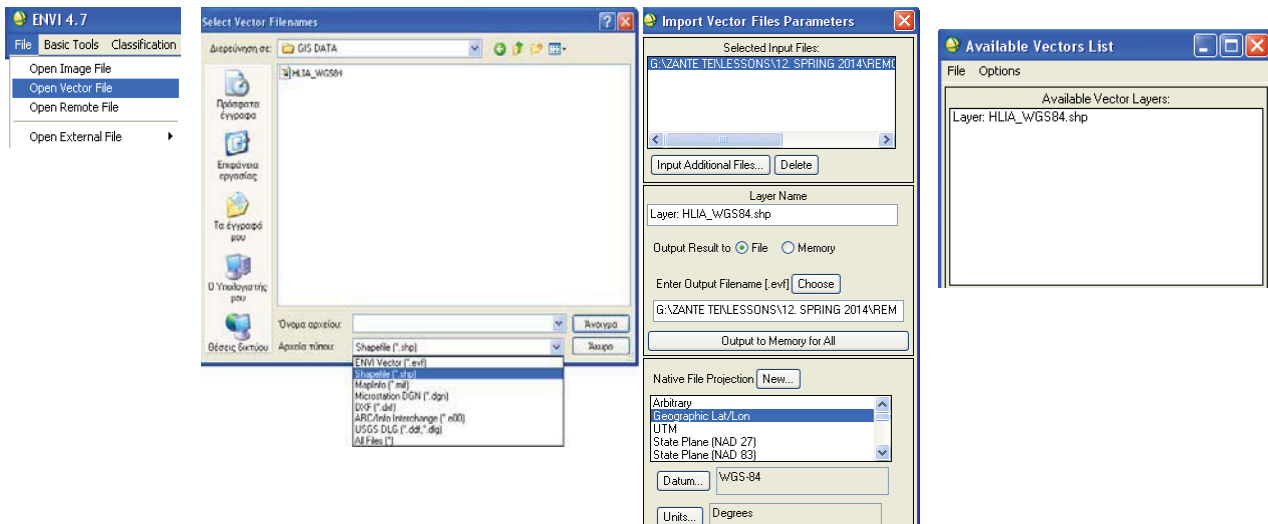


### 3.3. Επιλογή υποπεριοχής από τη δορυφορική εικόνα με χρήση μάσκας.

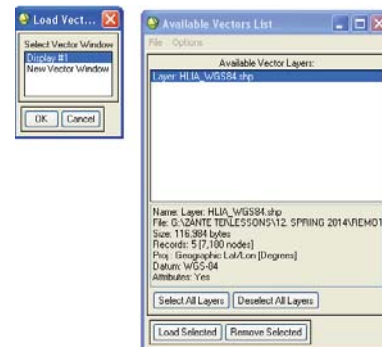
**1. Αρχικά διαμορφώνουμε τη μάσκα σε διανυσματική μορφή** στο ίδιο προβολικό σύστημα με τη δορυφορική εικόνα (π.χ. WGS 1984). Εδώ θα φτιάξουμε μια μάσκα με βάση το νομό μας. Για το παράδειγμα θα χρησιμοποιήσουμε το νομό Ηλείας. Διαμορφώνουμε ένα πολυγωνικό αρχείο με το όριο του νομού αυτού και με παγκόσμια προβολική αναφορά.

**2. Στη συνέχεια εισάγουμε το διανυσματικό αρχείο** από το κεντρικό μενού File >> Open Vector File και επιλέγουμε το αρχείο τύπου Shapefile (\*.shp). Το πρόγραμμα θα εισάγει αυτό το αρχείο σε ένα δικό του μορφότυπο (\*.envf) και θα μας ρωτήσει πως θα το ονομάσουμε, σε ποια διεύθυνση καθώς και για τη γεωαναφορά του. Αν το αφήσουμε όπως είναι θα σωθεί στον ίδιο φάκελο που ήταν και το αρχικό διανυσματικό αρχείο.

Θα ανοίξει μια νέα καρτέλα με το αρχείο αυτό φορτωμένο σε αυτή.

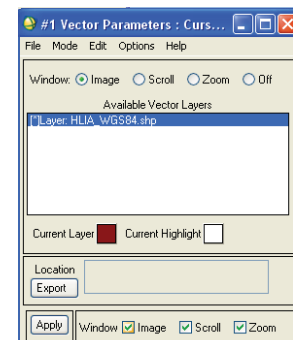


**3. Φορτώνουμε το διανυσματικό αρχείο** στην οθόνη όπου έχουμε τοποθετήσει την εικόνα.



Load selected και αν η εικόνα μας είναι στο Display 1, επιλέγουμε αυτό

και στην καρτέλα που θα εμφανιστεί (Vector parameters) επιλέγουμε ένα χρώμα του περιγράμματος του νομού μας, για να φαίνεται καλά στην εικόνα (π.χ. κόκκινο). Μην την σβήσετε αυτή την καρτέλα θα την χρειαστούμε.



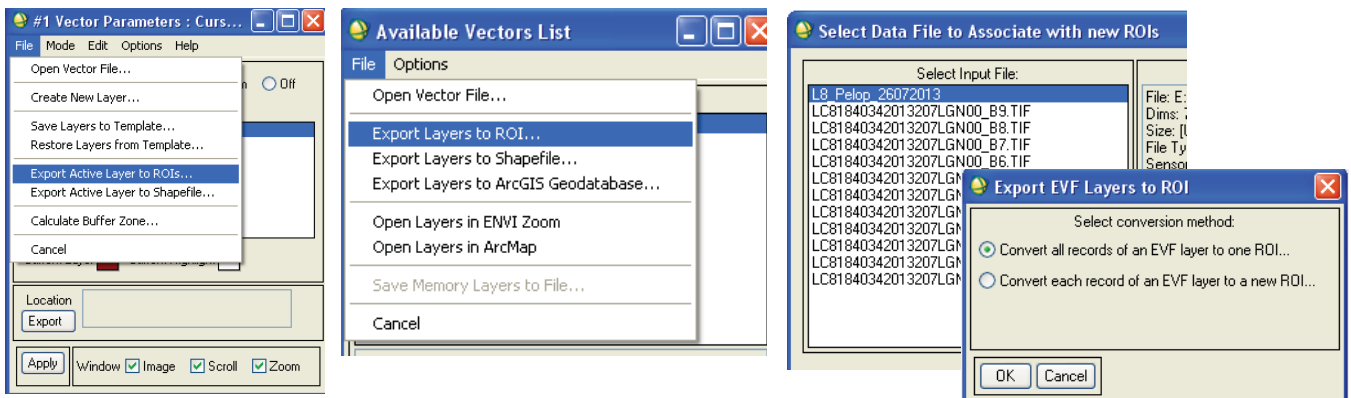


Πρέπει να έχουμε μια τέτοια εικόνα, όπου στη συνολική εικόνα θα φαίνεται το περίγραμμα του νομού.



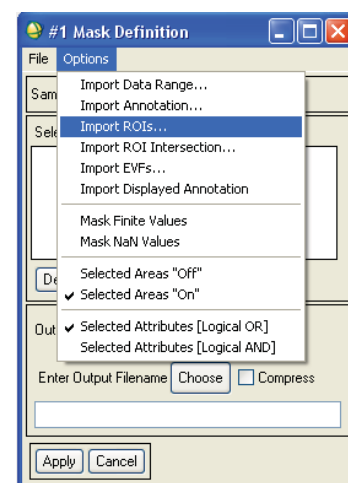
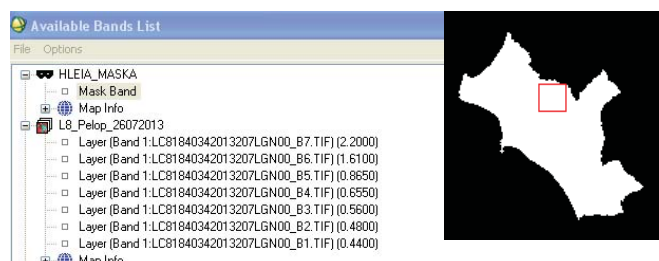
**4. Από την καρτέλα Vector parameters** επιλέγουμε File > Export active layer to ROI. Αν την έχετε κλείσει από το Available Vectors List >> Export Layers to ROI και επιλέγουμε την εικόνα που θέλουμε να το συσχετίσουμε (εδώ την πολυφασματική που δημιουργήσαμε). Εδώ θέλουμε μάσκα θα κάνουμε μετατροπή όλων των εγγραφών του πολυγωνικού αρχείου σε ένα ROI. Πατάμε OK.

Εναλλακτικά μπορούμε να χτίσουμε μάσκα και από το πολυγωνικό αρχείο (\*.evf) χωρίς τη μετατροπή σε ROI, οπότε παρακάμπτουμε το στάδιο 4 και πάμε κατευθείαν στο 5.



**5. Για να χτίσουμε τη μάσκα μας, θα πρέπει να έχουμε φορτωμένη την εικόνα σε ένα Display και από το βασικό μενού επιλέγουμε Basic tools >> masking >> build mask" και επιλέγουμε το Display μας. Από το Mask Definition >> Options >> Import ROIs και επιλέγουμε αυτό που έχουμε δημιουργήσει, ή κατευθείαν στο Import EVFs.**

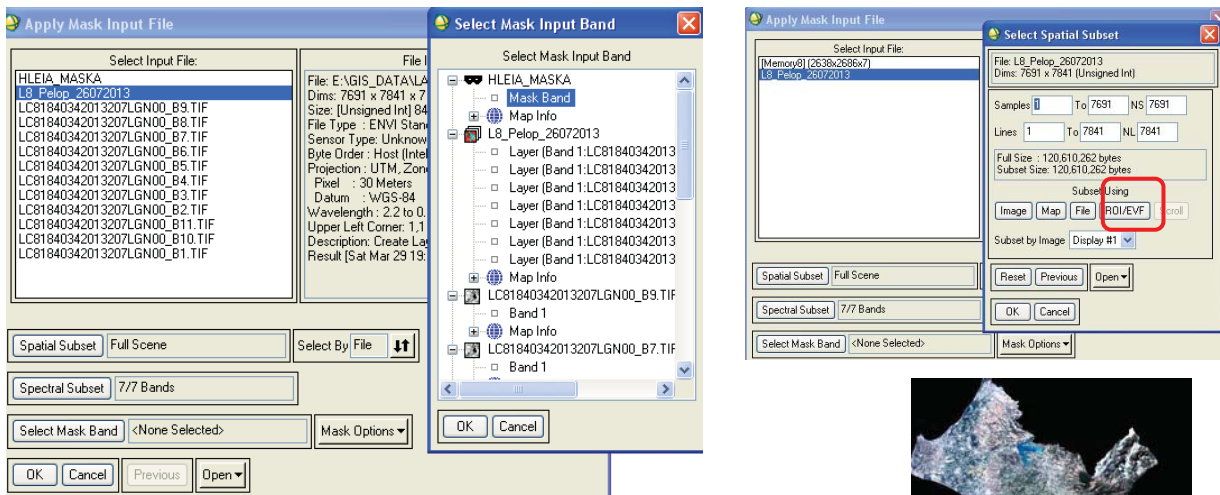
Μετά διαλέξτε ένα όνομα για τη μάσκα που θέλετε να δημιουργήσετε και πατήστε Apply. Τώρα στα Available bands list θα έχει δημιουργηθεί μια μάσκα με τιμή 0 έξω από το πολύγωνο και 1 μέσα σε αυτό.



**6. Τώρα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την εικόνα «0 – 1» σαν μάσκα για την δορυφορική εικόνα μας. Από το Basic tools >> Apply mask.**

Επιλέγουμε την εικόνα μας (π.χ. την πολυφασματική εικόνα) και δίνουμε ένα νέο όνομα στην αποκομμένη δορυφορική εικόνα. Στην προτροπή για Mask value = 0 το αποδεχόμαστε.

Για να αποκοπεί η εικόνα στα ακριβή όρια του νομού μας, επιλέγουμε από το Spatial Subset το αντίστοιχο ROI ή EVF και όχι το Full Scene



Συνθετικό έγχρωμο 7,5,3 (το αντίστοιχο 7,4,2 στον Landsat 7) για παρακολούθηση της βλάστησης. Αριστερά το δάσος της Φολόης (δάση δρυός) και δεξιό το βουνό Λαπίθας επτά χρόνια μετά από τη φωτιά (διαφορές στην αναβλάστηση του καμένου δάσους)

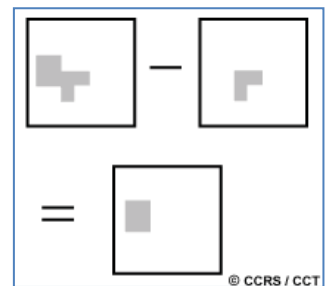


## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 3<sup>ο</sup> (Μέρος 2): Μετασχηματισμοί - Διαχείριση πολλαπλών εικόνων – Δείκτες βλάστησης

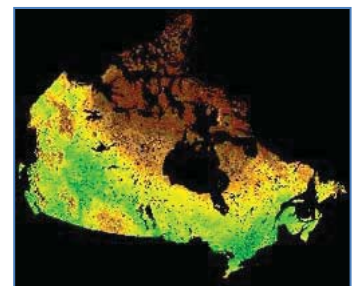
### Μετασχηματισμοί Εικόνας

Οι μετασχηματισμοί εικόνας συνήθως περιλαμβάνουν το χειρισμό πολλαπλών ζωνών των δεδομένων, είτε από μία μόνο πολυφασματική εικόνα είτε από δύο ή περισσότερες εικόνες της ίδιας περιοχής που έχουν αποκτηθεί σε διαφορετικές χρονικές στιγμές (δηλαδή σε δεδομένα πολύ-χρονικής εικόνας). Έτσι και αλλιώς οι μετασχηματισμοί εικόνας παράγουν "νέες" εικόνες από δύο ή περισσότερες πηγές, οι οποίες δίνουν έμφαση σε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ή σε ιδιότητες ενδιαφέροντος, καλύτερα από τις αρχικές εισαγόμενες εικόνες.

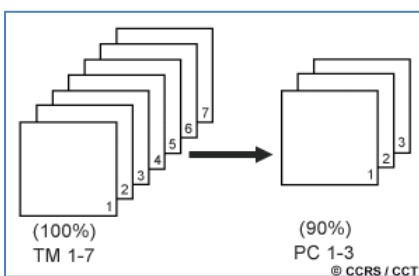
Οι βασικοί μετασχηματισμοί εικόνας εφαρμόζουν απλές αριθμητικές ενέργειες στα δεδομένα εικόνας. Η **αφαίρεση εικόνας (image subtraction)** συχνά χρησιμοποιείται για να προσδιοριστούν οι αλλαγές που έχουν επέλθει μεταξύ εικόνων που συλλέχτηκαν σε διαφορετικές ημερομηνίες. Τυπικά, δύο εικόνες που έχουν καταχωρηθεί γεωμετρικά, χρησιμοποιούνται με τις τιμές των εικονοστοιχείων (φωτεινότητα) σε μια εικόνα (1) για να αφαιρεθούν από τις τιμές των εικονοστοιχείων στην άλλη (2). Η κλιμάκωση της προκύπτουσας εικόνας (3), προσθέτοντας μια σταθερή τιμή (127 στην προκειμένη περίπτωση) στις εξαγόμενες τιμές θα έχει ως αποτέλεσμα μια κατάλληλη «διαφοροποίηση» εικόνας. Σε μία τέτοια εικόνα, περιοχές στις οποίες έχουν υπάρξει λίγες ή καθόλου αλλαγές (A) μεταξύ των αρχικών εικόνων, θα έχουν συνακόλουθες τιμές φωτεινότητας γύρω στο 127 (μέσο-γκρι τόνοι), ενώ οι περιοχές αυτές όπου έχει επέλθει σημαντική μεταβολή (B) θα έχουν τιμές υψηλότερες ή χαμηλότερες από 127, φωτεινότερες ή σκοτεινότερες ανάλογα με την «κατεύθυνση» της αλλαγής στην ανακλαστικότητα μεταξύ των δύο εικόνων. Αυτού του τύπου μετασχηματισμού εικόνας μπορεί να είναι χρήσιμος για τη χαρτογράφηση των αλλαγών στην αστική ανάπτυξη γύρω από πόλεις και για τον προσδιορισμό των περιοχών όπου εμφανίζεται αποψίλωση των δασών, όπως σε αυτό το παράδειγμα.



Η διαίρεση εικόνας ή ο **φασματικός λόγος (spectral ratioing)** είναι μία από τους πιο κοινούς μετασχηματισμούς που εφαρμόζεται στα δεδομένα εικόνας. Η διαίρεση εικόνας χρησιμεύει στο τονισμό ανεπαίσθητων διακυμάνσεων στις φασματικές αποκρίσεις των διαφόρων επιφανειακών καλύψεων. Διαιρώντας τα δεδομένα από δύο διαφορετικές φασματικές ζώνες, η προκύπτουσα εικόνα ενισχύει διακυμάνσεις στις κλίσεις των καμπυλών φασματικής ανάκλασης μεταξύ των δύο διαφορετικών φασματικών εύρων, τα οποία αλλιώς μπορούν να συγκαλυφθούν από τις διακυμάνσεις φωτεινότητας των εικονοστοιχείων σε κάθε μια από τις ζώνες. Το ακόλουθο παράδειγμα επεξηγεί την έννοια του φασματικού λόγου. Η υγιής βλάστηση ανακλά έντονα στο εγγύς-υπέρυθρο τμήμα του φάσματος, ενώ απορροφά έντονα το ορατό ερυθρό. Άλλοι τύποι επιφανειών, όπως το έδαφος και το νερό, παρουσιάζουν σχεδόν ίση ανακλαστικότητα σε αμφότερα εγγύς-υπέρυθρα και ερυθρά τμήματα. Έτσι, ένας λόγος εικόνας Landsat MSS Band-7 (Εγγύς-υπέρυθρο - 0,8 έως 1,1 mm) διαιρούμενη με τη Ζώνη 5 (Ερυθρό - 0,6 έως 0,7 mm) θα είχε ως αποτέλεσμα σε αναλογίες πολύ μεγαλύτερες από 1,0 για τη βλάστηση και αναλογίες περίπου 1.0 για το έδαφος και το νερό. Έτσι η διάκριση της βλάστησης από άλλους τύπους κάλυψης της επιφάνειας ενισχύεται σημαντικά. Επίσης, μπορεί να είμαστε σε καλύτερη θέση να προσδιορίσουμε τις περιοχές με μη υγιής βλάστηση, οι οποίες παρουσιάζουν χαμηλή ανάκλαση στο εγγύς-υπέρυθρο, καθώς οι αναλογίες θα είναι χαμηλότερες από ό,τι για της υγιή πράσινη βλάστηση.



Ένα άλλο πλεονέκτημα του φασματικού λόγου είναι ότι, επειδή ψάχνουμε σε σχετικές τιμές (δηλαδή αναλογίες) αντί απόλυτων τιμών φωτεινότητας, διακυμάνσεις σε σκηνές φωτισμού μειώνονται ως αποτέλεσμα τοπογραφικών επιδράσεων. Έτσι, αν και η απόλυτη ανακλαστικότητα για κλίσεις καλυπτόμενες από δάσος μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον προσανατολισμό τους σε σχέση με το φωτισμό του ήλιου, η αναλογία της ανακλαστικότητας τους μεταξύ των δύο ζωνών πρέπει πάντοτε να είναι παρόμοια. Πολυπλοκότερες αναλογίες που αφορούν τα ποσά και τις διαφορές μεταξύ φασματικών ζωνών για διάφορους αισθητήρες, έχουν αναπτυχθεί για την παρακολούθηση των συνθηκών βλάστησης. Ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος μετασχηματισμός εικόνας είναι ο **Κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (NDVI)**, ο οποίος έχει χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση των συνθηκών βλάστησης σε ηπειρωτική και παγκόσμια κλίμακα χρησιμοποιώντας το Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) έναν αισθητήρα επί της σειρά των δορυφόρων NOAA.



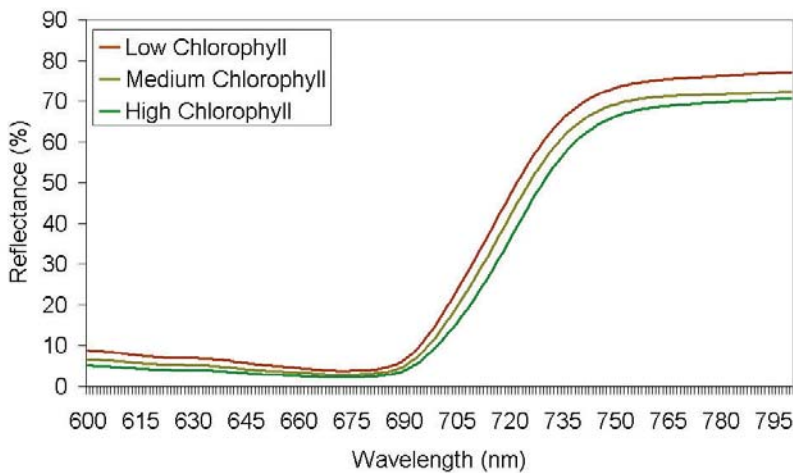
Οι διαφορετικές ζώνες των πολυφασματικών δεδομένων συχνά συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό και ως εκ τούτου περιέχουν παρόμοιες πληροφορίες. Για παράδειγμα, οι μπάντες 4 και 5 Landsat MSS (πράσινο και ερυθρό, αντίστοιχα) συνήθως έχουν παρόμοιες οπτικές εμφανίσεις καθώς οι ανακλαστικότητες για τους ίδιους τύπους κάλυψης της επιφανείας είναι σχεδόν ίσες. Οι τεχνικές μετασχηματισμού εικόνας που βασίζονται σε πολύπλοκη επεξεργασία των στατιστικών χαρακτηριστικών των

πολύ-φασματικών συνόλων δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση αυτών των πλεοναζόντων δεδομένων και της συσχέτισης μεταξύ των ζωνών. Ένας τέτοιος μετασχηματισμός ονομάζεται **ανάλυση κύριων συνιστωσών (principal components analysis)**. Το αντικείμενο του παρόντος μετασχηματισμού είναι η μείωση της διαστατικότητας (δηλαδή ο αριθμός των ζωνών) στα δεδομένα, και η συμπύεση όσο το δυνατόν περισσότερης πληροφορίας στις αρχικές ζώνες σε λιγότερες ζώνες. Οι "νέες" ζώνες που προκύπτουν από αυτή τη στατιστική διαδικασία ονομάζονται συνιστώσες. Η διαδικασία αυτή επιχειρεί να μεγιστοποιήσει (στατιστικά) την ποσότητα των πληροφοριών (ή της διακύμανσης) από τα αρχικά δεδομένα μέσα στο ελάχιστο αριθμό των νέων συνιστωσών. Ως ένα παράδειγμα της χρήσης της ανάλυσης κύριων συνιστωσών, ένα σύνολο δεδομένων επτά μπαντών, Thematic Mapper (TM), μπορεί να μετασχηματισθεί έτσι ώστε οι τρεις πρώτες κύριες συνιστώσες να περιέχουν πάνω από 90 τοις εκατό των πληροφοριών στις επτά αρχικές ζώνες. Η ερμηνεία και ανάλυση αυτών των τριών ζωνών των δεδομένων, συνδυάζοντας τους είτε οπτικά είτε ψηφιακά, είναι απλούστερη και πιο αποτελεσματική από τη προσπάθεια χρήσης όλων των αρχικών επτά ζώνες. Η ανάλυση των κύριων συνιστωσών και άλλων πολύπλοκων μετασχηματισμών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως μία τεχνική ενίσχυσης, για τη βελτίωση της οπτικής ερμηνείας ή για τη μείωση του αριθμού των ζωνών, στο να χρησιμοποιηθεί ως είσοδος στις διαδικασίες ψηφιακής ταξινόμησης, όπου θα συζητηθεί στην επόμενη ενότητα.

## Δείκτες Βλάστησης

### Η Κόκκινη Ακμή (Red Edge)

Επειδή η κόκκινη περιοχή και η περιοχή στο κοντινό υπέρυθρο είναι παρακείμενες (η κόκκινη είναι περίπου μεταξύ 600 και 700 nm και η περιοχή στο κοντινό υπέρυθρο αρχίζει στα περίπου 700 nm και εκτείνεται στα περίπου 1.200 nm), η χαμηλή ανάκλαση της βλάστησης στην κόκκινη περιοχή ακολουθείται αμέσως με μια απότομη αύξηση της ανακλαστικότητας στο κοντινό υπέρυθρο. Αυτή η απότομη αύξηση της ανάκλασης στην περιοχή 690-730 nm είναι γνωστή ως η κόκκινη ακμή (*red edge*).



Μετακίνηση της κόκκινης ακμής, λόγω της αλλαγής στην συγκέντρωση χλωροφύλλης. Η υψηλή χλωροφύλλη αυξάνει την απορρόφηση στην κόκκινη περιοχή και ωθεί την κόκκινη ακμή προς τα μεγαλύτερα μήκη κύματος.

Στο παραπάνω γράφημα, μπορούμε να δούμε την ανάκλαση από τρία φυτά από το ίδιο είδος. Η διαφορά μεταξύ των τριών είναι η συγκέντρωση χλωροφύλλης. Οι κόκκινες, κίτρινες και πράσινες γραμμές είναι από φυτά με χαμηλή, μέση και υψηλή συγκέντρωση χλωροφύλλης, αντίστοιχα. Καθώς η συγκέντρωση χλωροφύλλης αυξάνεται, η απορρόφηση στην κόκκινη περιοχή επίσης αυξάνεται, με αποτέλεσμα να υπάρχει χαμηλότερη ανάκλαση. Επιπλέον, η περιοχή μέγιστης απορρόφησης αυξάνεται σε πλάτος. Αυτό προκαλεί την κόκκινη ακμή να κινηθεί προς τα μεγαλύτερα μήκη κύματος (προς το κοντινό υπέρυθρο) και η κλίση της να μειωθεί (λιγότερο κατακόρυφη). Οι περισσότεροι δείκτες βλάστησης εκμεταλλεύονται τη διαφορά της ανάκλασης μεταξύ της ορατής και κοντινής υπέρυθρης περιοχής. Επειδή η χλωροφύλλη βρίσκεται κυρίως σε φυτά και έχει μοναδική απορρόφηση στην κόκκινη περιοχή, αυτή η περιοχή συχνά επιλέγεται για τους δείκτες, αντί να χρησιμοποιηθεί η ορατή περιοχή στο σύνολό της.

### Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς (NDVI)

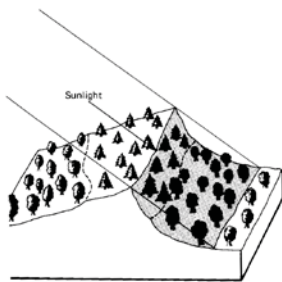
Η πρώτη φορά που η ανάκλαση στην κόκκινη και εγγύς υπέρυθρες περιοχές συνδυάστηκαν, ήταν στην μέτρηση του δείκτη φυλλώδους περιοχής index (**LAI**) σε δασικά δέντρα. Ο πρώτος αυτός δείκτης χρησιμοποίησε την αναλογία κοντινό υπέρυθρο προς κόκκινο (**NIR/RED**) και στη συνέχεια εφαρμόστηκε με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων από τους δορυφόρους LANDSAT / MSS της NASA. Περαιτέρω μελέτες διαπίστωσαν ότι η κανονικοποιημένη εκδοχή της αναλογίας λειτουργεί καλύτερα σε ορισμένες περιπτώσεις, κι έτσι δημιουργήθηκε ο Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς (NDVI). Ο δείκτης αυτός είναι η αναλογία της διαφοράς της ανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο και στο κόκκινο, που διαιρείται με το άθροισμα αυτών. Λαμβάνει τιμές από -1 (καθόλου βλάστηση) μέχρι +1 (πλούσια βλάστηση).

$$[NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)]$$

Αργότερα διαπιστώθηκε ότι το NDVI ήταν συνδεδεμένο με πολλές ιδιότητες των φυτών. Ήταν, και σε πολλές περιπτώσεις εξακολουθεί να είναι χρήσιμος για τον προσδιορισμό της κατάστασης της υγείας των φυτών, να παρουσιάζει φαινολογικές αλλαγές, την εκτίμηση της πράσινης βιομάζας και της απόδοσης των καλλιεργειών, καθώς και σε άλλες εφαρμογές. Ωστόσο, το NDVI έχει ιδιαίτερες αδυναμίες. Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες και τα λεπτά σύννεφα μπορούν να επηρεάσουν τον υπολογισμό του NDVI όταν χρησιμοποιούνται δορυφορικά δεδομένα. Όταν η κάλυψη βλάστησης είναι χαμηλή, ό,τι είναι κάτω από την κόμη της βλάστησης συμβάλλει στο καταγραφόμενο σήμα ανάκλασης. Αυτό μπορεί να είναι γυμνό έδαφος, κατάλοιπα βλάστησης ή κάποιο άλλο είδος βλάστησης. Καθένα από αυτά τα έχει ιδιαίτερη και διαφορετική φασματική απόκριση από την βλάστηση που μελετάται.

## Βελτίωση εικόνας – πολυφασματικός λόγος – πολυφασματική διαφορά (*Spectral ratioing*)

Ο πολυφασματικός λόγος προκύπτει από τη διαίρεση των DN (ψηφιακών τιμών) ενός φασματικού καναλιού με τα DN ενός άλλου καναλιού. Αποσκοπεί στη βελτίωση της εικόνας, καθώς οι λόγοι αυτοί μεταβιβάζουν (διατηρούν) τα χαρακτηριστικά τους ανεξάρτητα από τις διαφορές στη φωτεινότητα.



| Land Cover/<br>Illumination | Digital Number |           |                          |
|-----------------------------|----------------|-----------|--------------------------|
|                             | Band<br>A      | Band<br>B | Ratio<br>(Band A/Band B) |
| Deciduous<br>Sunlit         | 48             | 50        | 0.96                     |
| Shadow                      | 18             | 19        | 0.95                     |
| Coniferous<br>Sunlit        | 31             | 45        | 0.69                     |
| Shadow                      | 11             | 16        | 0.69                     |

Στο παράδειγμα αυτό, τα πλατύφυλλα ή τα κωνοφόρα είχαν τελείως διαφορετικές τιμές στη φωτεινή από τη σκιασμένη πλευρά, αλλά ο λόγος τους είναι ο ίδιος χωρίς να επηρεάζεται από τη σκίαση.

### Που χρησιμοποιούν:

Στην αναγνώριση χαρακτηριστικών που δεν είναι εύκολα διακριτές στις αρχικές εικόνες.

### Δύο βασικές αναλύσεις:

1. Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών
2. Δείκτες βλάστησης

#### Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

**Στόχος:** Η μείωση της φασματικής πληροφορίας, με τη σημαντικότερη από αυτή να διατηρείται σε λίγους άξονες (συνήθως στους πρώτους τρεις) ενώ οι υπόλοιποι τείνουν να κυριαρχούνται από αποτελέσματα θορύβου και απορρίπτοντας τα τμήματα αυτά, ο όγκος των δεδομένων μειώνεται χωρίς ουσιαστική απώλεια πληροφοριών.

Με την PCA, μπορούμε να μειώσουμε τον φασματικό όγκο, να χρησιμοποιηθεί ως τεχνική βελτιστοποίησης της εικόνας πριν την οπτική ερμηνεία, αλλά και να αποτελέσει υλικό εισόδου για την ταξινόμηση της εικόνας (ως αρχικά δεδομένα). Οι συνιστώσες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως εικόνες εισόδου για σχηματισμό σύνθετων εικόνων.

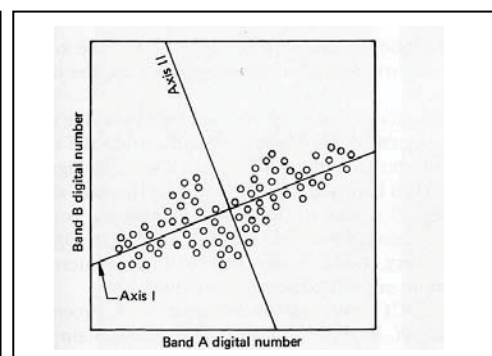
#### Ο μετασχηματισμός

$$\begin{aligned} DN_{I} &= a_{11}DN_{A} + a_{12}DN_{B} + a_{13}DN_{C} + a_{14}DN_{D} \\ DN_{II} &= a_{21}DN_{A} + a_{22}DN_{B} + a_{23}DN_{C} + a_{24}DN_{D} \\ DN_{III} &= a_{31}DN_{A} + a_{32}DN_{B} + a_{33}DN_{C} + a_{34}DN_{D} \\ DN_{IV} &= a_{41}DN_{A} + a_{42}DN_{B} + a_{43}DN_{C} + a_{44}DN_{D} \end{aligned}$$

$DN_{I}$  -  $DN_{IV}$  - DNs οι νέες εικόνες

$DN_{A}$  -  $DN_{D}$  - DNs οι αρχικές εικόνες

$a_{11}$ ,  $a_{12}$ , ...,  $a_{44}$  – συντελεστές μετασχηματισμού



Τελευταία η PCA έχει δείχθει ότι έχει ειδική εφαρμογή στην περιβαλλοντική παρακολούθηση. Σε περιπτώσεις όπου παρέχονται πολυφασματικές εικόνες για δύο ημερομηνίες, οι ζώνες και από τις δύο εικόνες μπορούν να περαστούν από την PCA σαν να προέρχονταν από μία εικόνα και να αναδειχτούν οι αλλαγές μεταξύ των δύο ημερομηνιών.



3.4. Ανοίχτε για Ζάκυνθο τις πολυφασματικές εικόνες LandSat για τις τέσσερις περιόδους (1984, 1990, 2001, 2011) που θα βρείτε στο φάκελο GIS\_REMOTE LABORATORY > ...LANDSAT\_Env formats.

Θα τρέξουμε αρχικά τέσσερις PCA με βάση την κάθε χρονιά.

Από το βασικό μενού επιλέξτε **Transform >> Principal Components >> Forward PC Rotation >> Compute New Statistic and Rotate**

Επιλέξτε μια από τις εικόνες (π.χ. ZANTE\_24\_06\_1984)

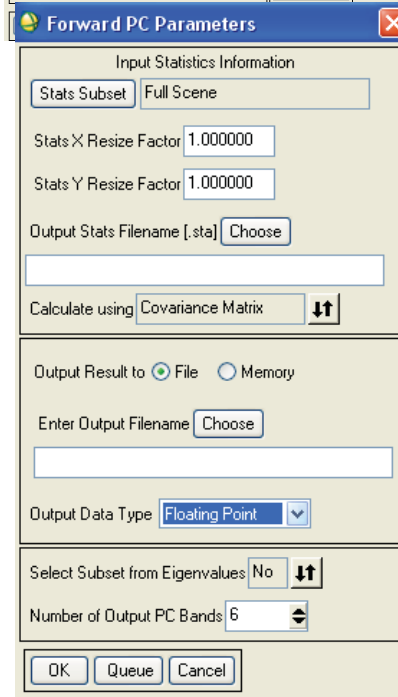
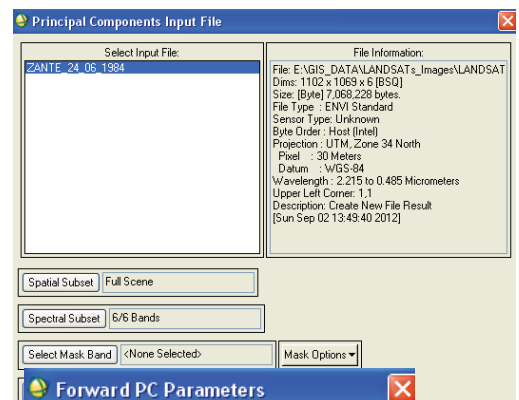
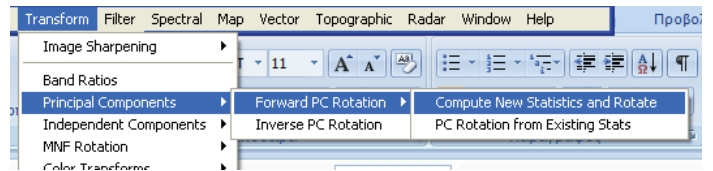
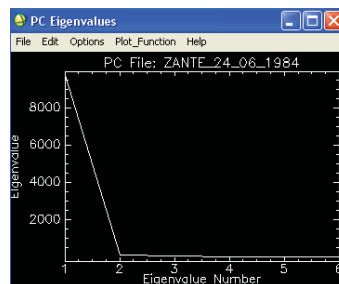
Υπάρχει η δυνατότητα να επιλέξουμε μέρος από τις μπάντες (εδώ λέει ότι έχει επιλέξει 6 από έξι) – Spectral subset, να επιλέξουμε τμήμα της περιοχής όπου θα γίνει η επεξεργασία – Spatial Subset και Select Mask Band (ΤΑ ΞΕΡΟΥΜΕ ΑΥΤΑ!).

Εμείς τα αφήνουμε όπως έχουν και πατάμε OK.

Θα μας εμφανίσει μια καρτέλα μαθηματικών παραμέτρων όπου μπορούμε να τροποποιήσουμε. Τα βασικά σημεία της:

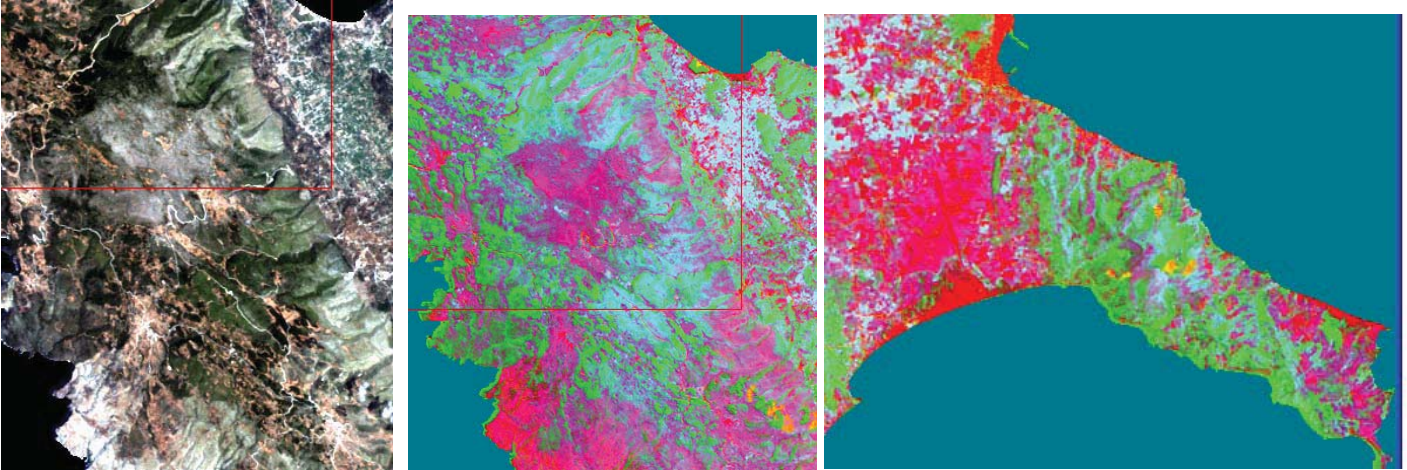
- 1) Μας δίνει ένα αρχείο στατιστικών αποτελεσμάτων (.sta),
- 2) Μπορούμε να κάνουμε τους υπολογισμούς είτε με Covariance είτε με Correlation matrix
- 3) Να καθορίσουμε πόσους άξονες θα παραχθούν από την PCA (είτε να καθοριστούν από τις ιδιοτιμές – eigenvalues).

Σε κάθε περίπτωση αν δεν επιλέξουμε να καθοριστούν από τις ιδιοτιμές, βλέπουμε ότι για το αρχείο που επιλέξαμε μόνο οι δύο πρώτοι άξονες δίνουν το σύνολο σχεδόν της φασματικής πληροφορίας.



Αν τα κάνουμε όλα σωστά, θα έχουν φορτωθεί στο Available List και έξι άξονες (PC Bands) με βάση την PCA. Ανοίγτε ένα True color και ένα RGB με βάση τις τρεις πρώτες μπάντες της PCA.

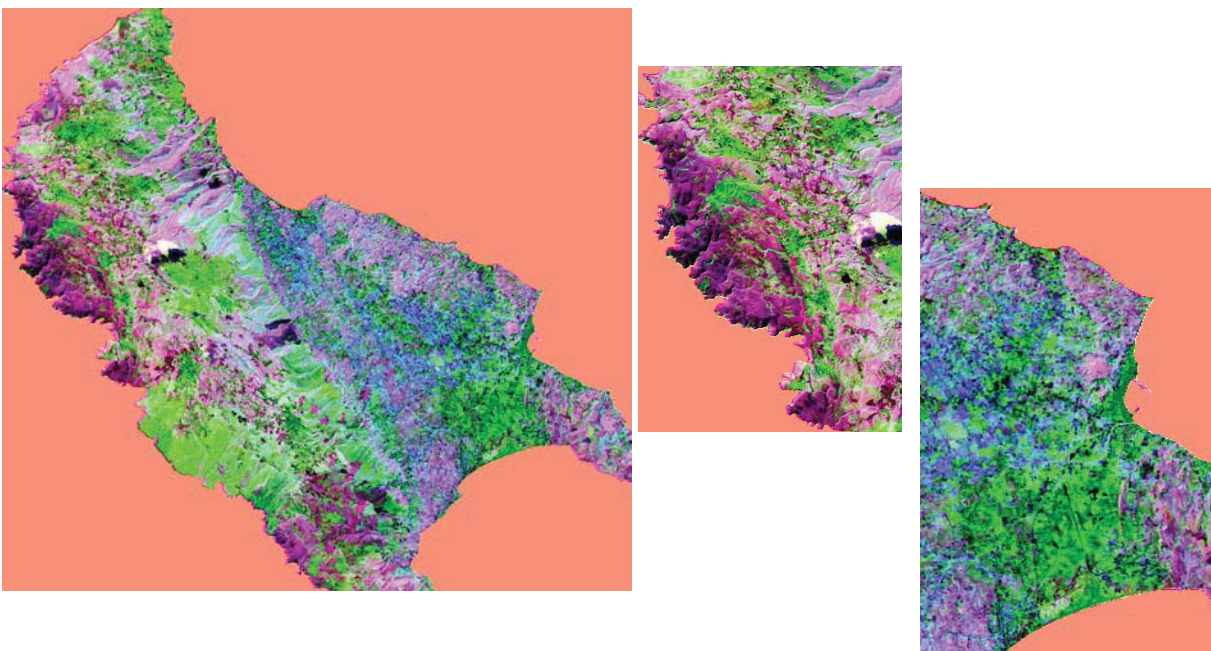
Θα πρέπει να έχετε μια τέτοια εικόνα. Με την PCA δεν κάνουμε αναγνώριση (χρειάζεται εργασία πεδίου) αλλά μας βοηθά στο να διακρίνουμε διαφορετικές καταστάσεις (π.χ. κοιτάξτε την περιοχή του αεροδρομίου ή στο Βασιλικό).



3.5. Για να δούμε που είχαμε τις μεγαλύτερες χωρικές μεταβολές, θα ενοποιήσουμε δύο χρονιές σαν μια εικόνα (του 1984 και 2011) και μετά θα τρέξουμε μια PCA με τις δύο εικόνες μαζί και θα δούμε μια RGB με βάση τους τρεις πρώτους άξονες της PCA.

Το ξέρετε από τα προηγούμενα πως ενοποιούμε εικόνες (Layer stacking τις δύο εικόνες και χρησιμοποιώντας την ίδια μάσκα).

Στο τέλος θα πρέπει να έχουμε αυτό το αποτέλεσμα, όπου με έντονο μωβ οι πολύ μεγάλες αλλαγές και με πράσινο οι μικρότερες.







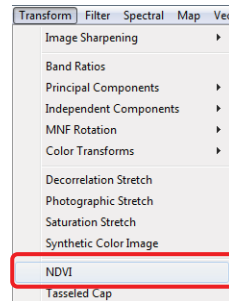
### 3.5. Υπολογισμός δείκτη NDVI

Με βάση τις δύο προηγούμενες εικόνες υπολογίστε τον αντίστοιχο NDVI.

Από το βασικό μενού επιλέξτε **Transform >> NDVI**

Επιλέγουμε την εικόνα (που θέλουμε να αναλύσουμε) και τρέχουμε το δείκτη.

#### ΠΡΟΣΟΧΗ:



Στην καρτέλα που θα μας βγάλει θα πρέπει να βάλουμε στο **RED** την κόκκινη μπάντα και στο **IR** την IR μπάντα (με βάση πως εμφανίζονται στη λίστα).

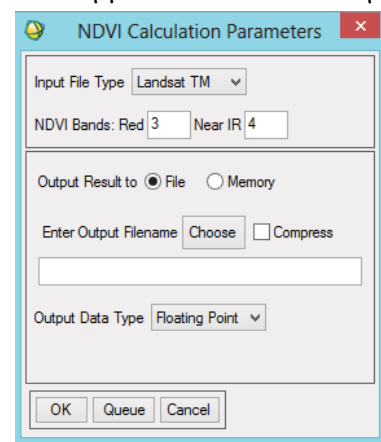
Π.χ. στον Landsat 5 και 7 όπου είναι το IR θα βάλεται το 3 και όπου το RED το 4

Στον Landsat 8 είναι το IR το 5 και το RED το 4.

Γενικά θα πρέπει να έχουμε τα δασωμένα με λευκότερο χρώμα και τα γυμνά με σκουρότερο χρώμα (αν σας βγαίνει το αντίθετο, αντιστρέψτε τα νούμερα στο R και Near IR (π.χ. από 3 4 σε 4 3)).

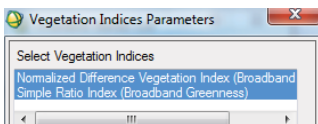
Επιλέγουμε **Byte** στο Output Data Type και

Σώζουμε στο δίσκο μας με ένα σωστό αρχείο.



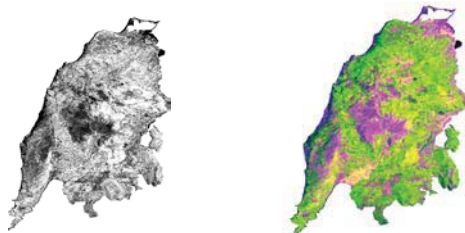
Επειδή με αυτό τον τρόπο ο υπολογισμός του δείκτη και η σειρά που εισαχθεί η υπέρυθη και κόκκινη μπάντα εξαρτάται από τον δορυφορικό καταγραφέα (με πιθανά λάθη αν δεν έχουμε επιλέξει το σωστό), ένας γρηγορότερος και ασφαλέστερος τρόπος είναι να επιλέξουμε τους δείκτες βλάστησης από το Βασικό Μενού >> Spectral >> Vegetation analysis >> Vegetation Index Calculation.

Από αυτή την επιλογή και με βάση τις υπάρχουσες μπάντες, το πρόγραμμα θα υπολογίσει όλους τους δυνατούς δείκτες βλάστησης (π.χ. για το Landsat θα υπολογίσει πέρα από τον NDVI και το Simple Ratio = απλός δείκτης βλάστησης RED/IR). \* Με αυτή την επιλογή (και με την υπάρχουσα έκδοση ENVI δεν υποστηρίζεται ο Landsat 8).



Αν θέλουμε να δούμε τον NDVI με ένα έγχρωμο σύνθετο που να αναδεικνύεται η βλάστηση φτιάξτε το σύνθετο **Δείκτης βλάστησης NDVI –composite (R=IR band, G=NDVI, B =Green Band)**.

#### NDVI



NDVI - RGB

**Άσκηση 1η:**

Με βάση το νομό που έχετε χρεωθεί να δημιουργήσετε:

1. Τρεις δορυφορικές εικόνες Landsat με βάση την περίοδο 1984 – 2013 (η 1<sup>η</sup> το 1984, η 2<sup>η</sup> μεταξύ 2000 – 2005 και η 3<sup>η</sup> το 2013).
2. Παρουσιάστε αυτές τις εικόνες σε True color
3. Διαμορφώστε ένα χάρτη αλλαγών με βάση την PCA για τους συνδυασμούς: 1984 – 2000 (2005), 1984 – 2013 και 2000 (2005) – 2013 και αξιολογήστε τις μεταβολές. Σε ποια περίοδο παρατηρείται τις μεγαλύτερες μεταβολές (εξηγήστε τις απαντήσεις σας)
4. Διαμορφώστε τις αντίστοιχες εικόνες NDVI με βάση τις τρεις χρονιές και διαμορφώστε τα αντίστοιχα σύνθετα RGB με βάση την άσκηση. Παρατηρείτε αλλαγές στη βλάστηση ανάμεσα στις χρονιές;