

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 6<sup>ο</sup>: Ταξινομήσεις εικόνων – μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Μια από τις σημαντικότερες τεχνικές αυτοματοποιημένης ερμηνείας εικόνων, είναι η **ταξινόμηση**.

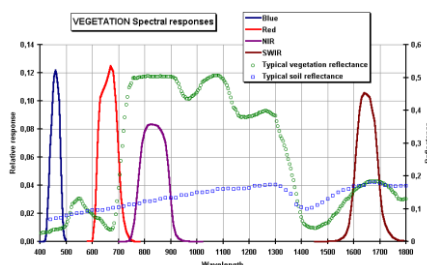
Με τον όρο ταξινόμηση εννοείται η διαδικασία καταχώρισης κάθε εικονοστοιχείου (*pixel*) της εικόνας σε κάποιο βιοφυσικό στοιχείο (π.χ. κάλυψη γης). Για κάθε εικονοστοιχείο, δύο χαρακτηριστικά γνωρίζουμε (όπως γενικότερα και σε κάθε ψηφιδωτό αρχείο), τη χωρική θέση του εικονοστοιχείου και τη ραδιομετρική τιμή του (ποσοστό ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας σε αριθμητικές τιμές). Στις δορυφορικές εικόνες, κάθε εικονοστοιχείο χαρακτηρίζεται από  $n$  ραδιομετρικές τιμές, όπου  $n$  = αριθμός των φασματικών διαύλων (μπαντών) που έχει η εικόνα μας. Οι τιμές αυτές αποτελούν τη φασματική δομή του εικονοστοιχείου.

Η **ταξινόμηση Ψηφιακής Εικόνας (Digital Image classification)** χρησιμοποιεί τη φασματική πληροφορία που αντιπροσωπεύεται από τους ψηφιακούς αριθμούς σε μία ή περισσότερες φασματικές ζώνες και επιχειρεί να ταξινομήσει κάθε μεμονωμένο εικονοστοιχείο βασισμένο σε αυτή την φασματική πληροφορία.

Αυτός ο τύπος ταξινόμησης ονομάζεται **αναγνώριση φασματικού μοτίβου (spectral pattern recognition)**. Σε κάθε περίπτωση, ο στόχος είναι να ταξινομήσουμε όλα τα εικονοστοιχεία στην εικόνα, σε συγκεκριμένες κατηγορίες ή θέματα (π.χ. νερό, δάσος κωνοφόρων, φυλλοβόλο δάσος, καλαμπόκι, σιτάρι) που έχουν καθοριστεί από το χρήστη. Η προκύπτουσα ταξινομημένη εικόνα αποτελείται από ένα μωσαϊκό εικονοστοιχείων, καθένα από τα οποία ανήκουν σε ένα συγκεκριμένο θέμα, και είναι ουσιαστικά ένας θεματικός "χάρτης" της αρχικής εικόνας.

Όταν μιλάμε για κατηγορίες, θα πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ των **κλάσεων της πληροφορίας και των φασματικών κλάσεων (information classes and spectral classes)**.

- Οι κατηγορίες πληροφοριών (ή βιοφυσικές κατηγορίες) είναι οι κατηγορίες αυτές του ενδιαφέροντος, που στην πραγματικότητα ο αναλυτής προσπαθεί να ταυτοποιήσει στην εικόνα, όπως τα διαφορετικά είδη καλλιεργειών, τους διαφορετικούς τύπους δασών ή είδη δένδρων, τις διαφορετικές γεωλογικές μονάδες ή τύπους πετρωμάτων.
- Οι φασματικές κατηγορίες είναι ομάδες εικονοστοιχείων που είναι ομοιόμορφες (ή σχεδόν παρόμοιες) σε σχέση με τις τιμές φωτεινότητας τους στα διάφορα φασματικά κανάλια των δεδομένων (στατιστικά συσχετιζόμενες ραδιομετρικές τιμές).



Ο στόχος είναι να γίνει αντιστοιχία μεταξύ των φασματικών κατηγοριών στα δεδομένα με τις βιοφυσικές κατηγορίες του ενδιαφέροντος. Ο χρήστης επιδιώκει να ομαδοποιήσει τα εικονοστοιχεία σε ομάδες (κλάσεις) ώστε να έχει μια πιο συνοπτική εικόνα για την περιοχή που μελετά.

Οι πιο γνωστές μέθοδοι ταξινόμησης είναι:

1. Ανελαστικοί ταξινομητές
  - a. Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (Unsupervised classification)
  - b. Επιβλεπόμενη ταξινόμηση (Supervised classification)
2. Ελαστικοί ταξινομητές
  - a. Ασαφής λογική – ταξινόμηση υπο-εικονοστοιχείων
  - b. Νευρωνικά δίκτυα
3. Αντικειμενοστραφής ταξινόμηση (object oriented classification)

Το ENVI, διαθέτει πολλές ρουτίνες για την αυτοματοποιημένη ταξινόμηση εικόνας, χρησιμοποιώντας επιβλεπόμενες ή αυτοματοποιημένες μεθόδους.

Οι μέθοδοι αυτοί διαφοροποιούνται ως προς τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των ορίων αποφάσεων για το αν ένα *pixel* ανήκει σε κάποια κλάση ή όχι.

Ανεξάρτητα της μεθόδου

- Πρώτα υπολογίζεται ένα πλήθος στατιστικών πληροφοριών για κάθε περιοχή ή τάξη.
- Έπειτα χρησιμοποιώντας τα στατιστικά αυτά και όρια εμπιστοσύνης που καθορίζει ο χρήστης, το λογισμικό εξάγει τις φασματικές τιμές καθενός εικονοστοιχείου και καθορίζει τη θέση του στο  $n$ -διάστατο χώρο ταξινόμησης. Η διαδικασία αυτή συχνά συμπεριλαμβάνει τον υπολογισμό και την εκτίμηση της ομοιότητας που χρησιμοποιείται για συμπεριληφθεί κάθε *pixel* σε πιθανές κλάσεις. Τα όρια εμπιστοσύνης χρησιμοποιούνται για να καθορίσει ο χρήστης ποια *pixel* είναι αδύνατο να ταξινομηθούν σε κάποια κατηγορία.

Οι απλούστερες μέθοδοι ταξινόμησης του ENVI, είναι οι μη επιβλεπόμενες **Iso-Data** και **K-Means**. Αυτές οι μέθοδοι δεν απαιτούν προηγούμενη γνώση για της περιοχής που αποτυπώνεται στην εικόνα. Χρησιμοποιούν πληροφορίες από την ίδια την εικόνα για να καθορίσουν φασματικές ομάδες, που μεταφράζονται ως κλάσεις.

- **Η μέθοδος IsoData**, απαιτεί από τον χρήστη να προκαθορίσει ένα εύρος κλάσεων, και έπειτα χρησιμοποιεί διαίρεση, συγχώνευση και διαγραφή για να καθορισθεί ο τελικός αριθμός των κλάσεων.
- **Η μέθοδος K-Means**, απαιτεί από το χρήστη να καθορίσει επακριβώς το πλήθος των κλάσεων που επιθυμεί.

Και οι δύο μέθοδοι, γενικά θα ταξινομήσουν όλα τα εικονοστοιχεία της εικόνας, αλλά υπάρχει και η δυνατότητα να καθορισθούν όρια εμπιστοσύνης που θα χρησιμοποιηθούν για αφήσουν κάποια εικονοστοιχεία εκτός κλάσεων, δηλαδή αυτά που δεν θα ταξινομηθούν.

Οι καθοδηγούμενες μέθοδοι ταξινόμησης του ENVI, απαιτούν την εισαγωγή πληροφοριών για τις προκαθορισμένες κλάσεις, πριν από την ταξινόμηση. Οι περιοχές εκπαίδευσης – ROIs, χρησιμοποιούνται για να εισαχθούν αυτές οι πληροφορίες. Οι μέθοδοι καθοδηγούμενης ταξινόμησης συμπεριλαμβάνουν τις: Parallelepiped, Minimum Distance, Maximum Likelihood, Mahalanobis Distance, Binary Encoding & Neural Net.

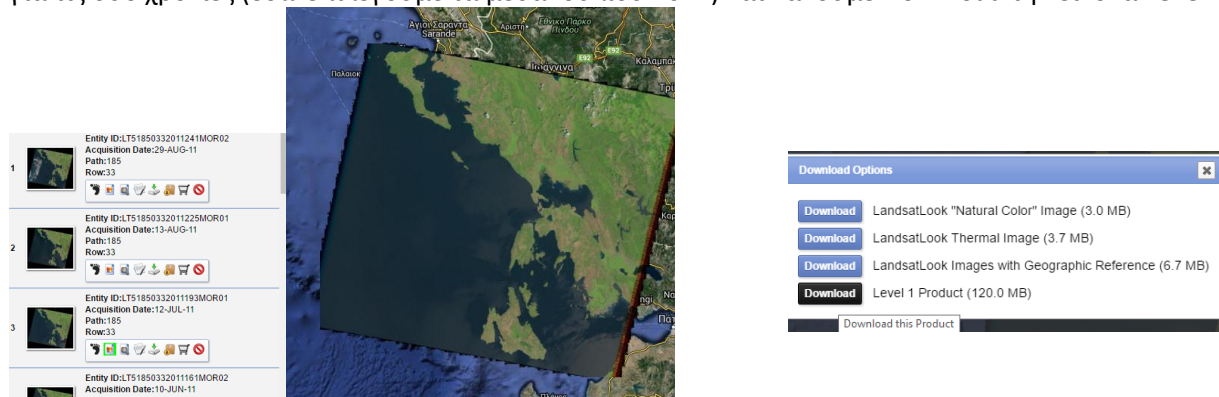
## ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΠΥΚΝΩΣΗΣ ΔΑΣΟΥΣ ΜΕ ΜΗ ΕΠΙΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

**Στόχος:** Θέλουμε **1) να καταγράψουμε τις κατηγορίες πυκνωσης της βλάστησης** στο νησί της Λευκάδας σε τρεις κατηγορίες (πυκνή βλάστηση, αραιή βλάστηση, ανοιχτές εκτάσεις) για τα έτη 1985 και 2011 με βάση τεχνικές μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης και **2) να μελετήσουμε την μεταβολή και ανταλλαγή αυτών των τριών κατηγοριών της βλάστησης** ανάμεσα στο 1984 και 2011

Διαθέτουμε: 1) Δορυφορικές εικόνες Landsat 5 για τις χρονιές 1985 και 2011 για το νησί της Λευκάδας και μία φόρμουλα που αναδεικνύει τις ανοιχτές εκτάσεις,  $NDBSI = \frac{\text{float}(B5) - \text{float}(B4)}{\text{float}(B5) + \text{float}(B4)}$  (σε αντίθεση με τους δείκτες βλάστησης στο προηγούμενο εργαστήριο που αναδείκνυαν την παρουσία βλάστησης).

### Εύρεση εικόνων

1. Με βάση τον Earth Explorer (Λευκάδα, μήνες Ιουνίου, Ιουλίου, Αυγούστου), βρίσκω τις κατάλληλες για τις δύο χρονιές (εδώ επιλέγουμε τα μέσα Ιουλίου 2011) και κάνουμε Download την εικόνα Level1



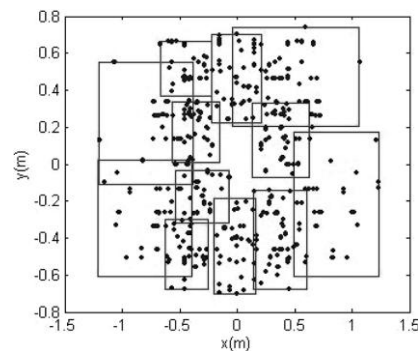
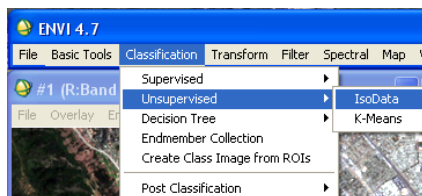
2. Μετατρέπουμε τις ψηφιακές τιμές σε ανάκλαση (αφού θέλουμε να δούμε και διαχρονικές αλλαγές)

3. Κόβουμε την εικόνα στα όρια της Λευκάδας (**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Το ψηφιακό αρχείο του νομού που θα χρησιμοποιηθεί ως μάσκα να είναι σε παγκόσμιες συντεταγμένες WGS 84, για να "ταιριάζει" με τη δορυφορική εικόνα) και σώζουμε σε μορφότυπο ENVI.

## ΒΗΜΑΤΑ για την ολοκλήρωση της άσκησης:

### Βήμα 6.1.1: Εκτέλεση μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης με βάση τις φασματικές υπογραφές των ζωνών

Από το κύριο μενού του προγράμματος επιλέγουμε τη εντολή "Classification", έπειτα, μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση "Unsupervised" και στην συνέχεια τη μέθοδο που θα ακολουθήσουμε, για την συγκεκριμένη άσκηση ταξινόμηση με όμοιο cluster (συστάδα), άρα "Iso Data".

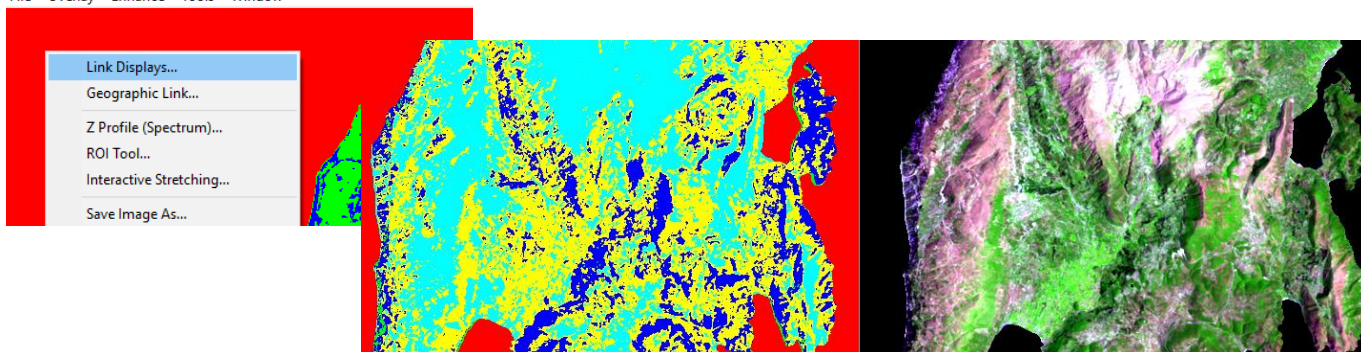


Η μέθοδος αυτή υπολογίζει ομάδες κλάσεων ομαλά κατανομημένες στο χώρο των δεδομένων (clusters), με μια διαδικασία που περιλαμβάνει υπολογισμό κλάσης, συγκέντρωση εναπομεινάντων *pixels*, επαναπροσδιορισμό κλάσεων κ.ο.κ χρησιμοποιώντας την τεχνική των ελαχίστων αποστάσεων.

**Αρχικά θα χρησιμοποιήσουμε όλες τις φασματικές ζώνες** και θα εκτελέσουμε τον αλγόριθμο IsoData πειραματιζόμενοι με διάφορες κατηγορίες (αρχίζοντας με το αρχικό 5-10 κλάσεις) και αλλάζοντας τις επαναλήψεις (iterations). Βλέπουμε τα αποτελέσματα και θυμόμαστε **ότι στο τέλος θέλουμε τρεις κατηγορίες πύκνωσης της βλάστησης** (διαμορφώστε και ένα RGB 543 για να έχετε είναι οι κατηγορίες αυτές του ενδιαφέροντος και μια εικόνα του νησιού).

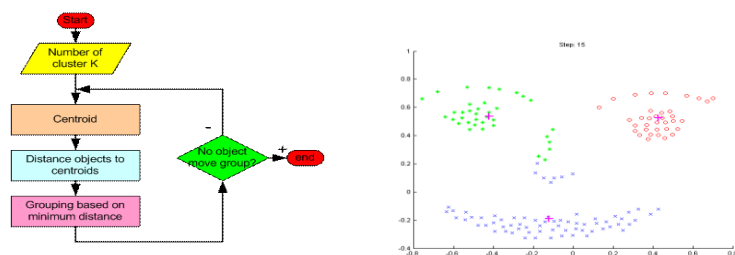
**Για να δείτε και τα δύο μαζί δεξί κλικ στην εικόνα και Link Displays (επιλέγουμε με βάση τον αριθμό)**

#8 ISODATA (LEFKADA\_JULY1984\_REFLECT... - □ ×  
File Overlay Enhance Tools Window



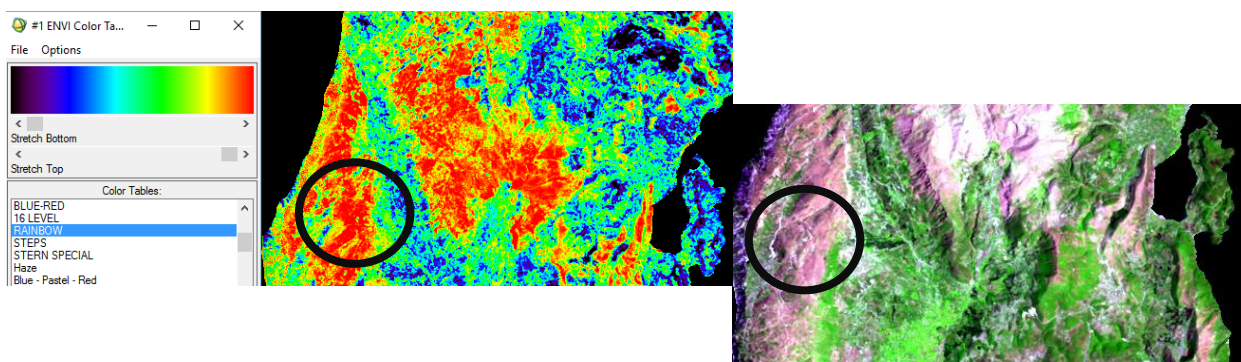
**Σε κάθε επανάληψη (iteration)** επαναυπολογίζεται ο μέσος, και ταξινομούνται ξανά τα *pixels* σε σχέση με τους νέους μέσους. Η επαναλαμβανόμενη διαίρεση, συγχώνευση και διαγραφή των κλάσεων γίνεται με βάση τα όρια εμπιστοσύνης που θέτει ο χρήστης. Όλα τα εικονοστοιχεία ταξινομούνται στην κοντινότερη προς το καθένα κλάση, εκτός και εάν έχει καθορισθεί κάποια τιμή τυπικής απόκλισης ή όριο απόστασης, οπότε κάποια εικονοστοιχεία θα μείνουν αταξινομήτα εάν δεν πληρούν τα προκαθορισμένα κριτήρια.

Δοκιμάστε μόνοι σας, την ίδια διαδικασία με το Unsupervised > Kmeans.



### **Βήμα 6.1.2: Χρήση κατάλληλου δείκτη μετασχηματισμού των δεδομένων**

Ας δοκιμάσουμε το ίδιο, βοηθώντας την ταξινόμηση με τη χρήση ειδικών δεικτών βλάστησης. Ας δοκιμάσουμε το δείκτη  $NDBSI = B5 - B4 / B5 + B4$ . Ο δείκτης αυτός λαμβάνει μεγάλες τιμές στις ανοικτές εκτάσεις και τις μικρότερες τιμές στις δασωμένες θέσεις.

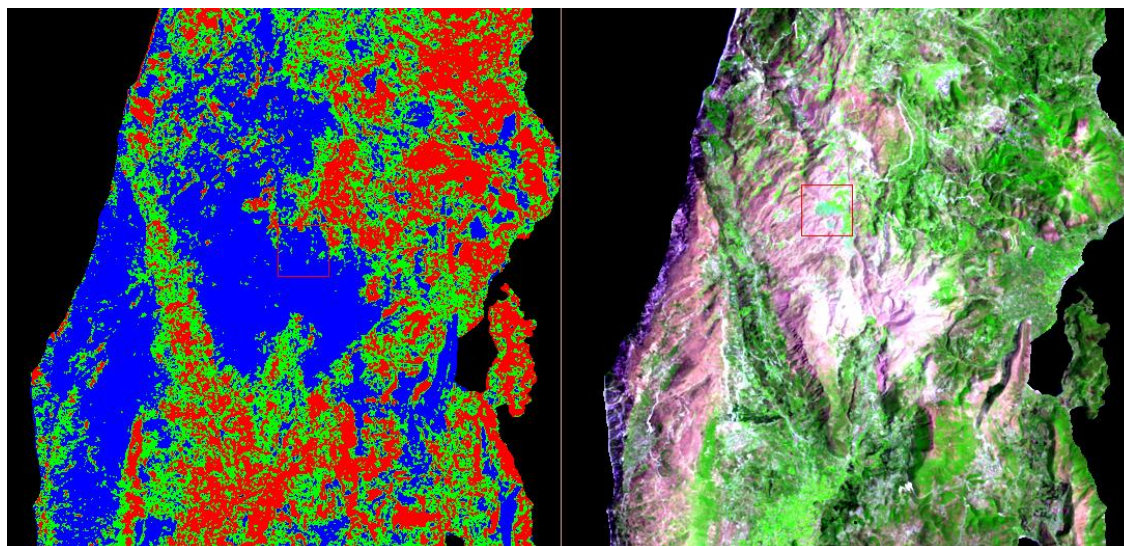


Ας κάνουμε το ίδιο όπως πριν, αλλά χρησιμοποιώντας μόνο αυτό το δείκτη και βάζοντας στο IsoData 3-4 κατηγορίες (και χωρίς iteration).

**Τι παρατηρείται; Ποιά κλάση είναι η πυκνή, ποιά η αραιή βλάστηση και ποια οι ανοικτές εκτάσεις;**

**Αποκόψτε τη θαλάσσια περιοχή με τη γνωστή μάσκα για τη συνέχεια.**





Κατά τη γνώμη σας, πότε ήταν ευκολότερο να δημιουργήσουμε αυτό που ζητάμε;

Πειραματίστε μόνοι σας και με τους άλλους δείκτες που έχετε και αποφασίστε ποιός από τους άλλους δείκτες μπορεί να μας δώσει παρόμοια αποτελέσματα.

Επαναλάβετε τη διαδικασία και με το έτος 2011 με βάση το δείκτη NDBSI

### **Βήμα 6.2: Καταγραφή ποσοτών ανά έτος ανά κατηγορία**

**Αρχικά αν έχουμε "κόψει" την ταξινόμηση στα όρια του νησιού, ας υπολογίσουμε το ποσοστό κάθε κατηγορίας ανά έτος. Με Quick Statistic >...**

Π.χ. η τα στατιστικά για το 1984 και 2001 είναι:

```

Filename: [Memory27] (555x1076x1)
Dims: Full Scene (597,180 points)

Basic Stats      Min      Max      Mean      Stdev
Band 1           0        3  1.129212  1.169688

Histogram
Band 1           DN      Npts      Total      Percent
0                0      263800    263800    44.1743
1               1      103542    367342    17.3385
2               2      118713    486055    19.8789
3               3      111125    597180    18.6083

```

```

Filename: [Memory30] (555x1076x1)
Dims: Full Scene (597,180 points)

Basic Stats      Min      Max      Mean      Stdev
Band 1           0        3  1.114230  1.163420

Histogram
Band 1           DN      Npts      Total      Percent
0                0      263800    263800    44.1743
1               1      111507    375307    18.6723
2               2      111730    487037    18.7096
3               3      110143    597180    18.4439

```

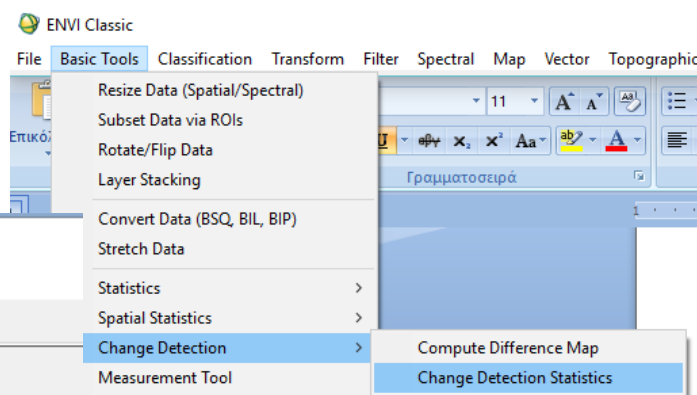
Καταγράψτε στα 1,2,3 τα Npts και με βάση αυτά κάντε υπολογισμούς (SNpts = 333.380)

**Η δασική βλάστηση μειώθηκε ή αυξήθηκε στη Λευκάδα; Ποια κατηγορία αυξήθηκε περισσότερο από τις άλλες;**

**Βήμα 6.3: Αλλαγή από κατηγορία σε κατηγορία - αριθμητικές τιμές**

Αν έχουμε θεματικές ταξινομήσεις μπορούμε να έχουμε ωραία αποτελέσματα μεταβολής από μια κατηγορία σε μια άλλη. Από το **Basic Tools > Change Detection > Change Detection Statistics**

μπορούμε να δούμε τις αλλαγές από κατηγορία σε κατηγορία ανάμεσα στις δύο χρονιές αναφοράς.



Change Detection Statistics (Initial State: [Memory27], Final State: [Memory30])

File Options Help

Pixel Count Percentage Area (Square Meters) Reference

		Class 1	Class 2	Class 3	Row Total	Class Total
Final State	Unclassified	0.000	0.000	0.000	0.000	100.000
	Class 1	73.075	27.321	3.070	100.000	100.000
	Class 2	22.375	52.129	24.007	100.000	100.000
	Class 3	4.550	20.550	72.923	100.000	100.000
	Class Total	100.000	100.000	100.000		
	Class Changes	26.925	47.871	27.077		
	Image Difference	7.693	-5.882	-0.884		

Στον πίνακα αυτό στις στήλες είναι το αρχικό έτος και στις σειρές (final stage) το τελικό έτος. Τι μας λέει ο πίνακας αυτός; Αρχικά βλέπουμε το Image Difference. Στη Λευκάδα είχαμε στη διάρκεια 1984-2011 στην κλάση 1 (πυκνή βλάστηση) αύξηση κατά 7,7 %, στην αραιή βλάστηση μείωση κατά -5,9% και στις ανοικτές εκτάσεις -0,9%.

Βλέποντας τη σειρά στο Class 1, μας λέει ότι η πυκνή βλάστηση που εμφανίζεται το 2011 (σύνολο 100%) προέρχεται από πυκνή βλάστηση 73% το 1984 (ουσιαστικά έμεινε ίδια), από αραιή σε πυκνή κατά 27% και από ανοικτά σε πυκνή κατά 3%.

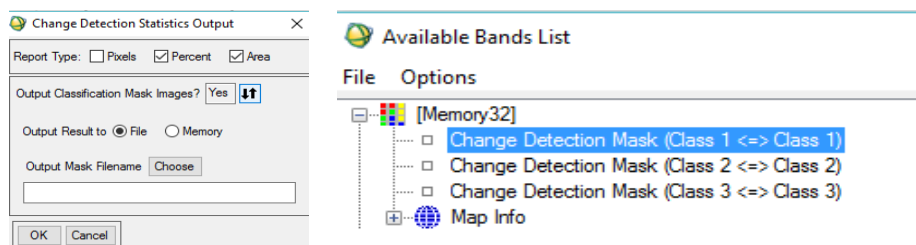
Η Class 2 (αραιή βλάστηση) έμεινε κατά 52% η ίδια από το 1984 στο 2011, ένα ποσοστό αυτής (22%) έγινε πυκνή βλάστηση αλλά και ένα ποσοστό 24 % έγινε ανοικτές εκτάσεις.

Τέλος η κλάση 3, παρέμεινε κατά 73% η ίδια, αλλά 20% έγινε αραιή βλάστηση και ένα 4% πυκνή.

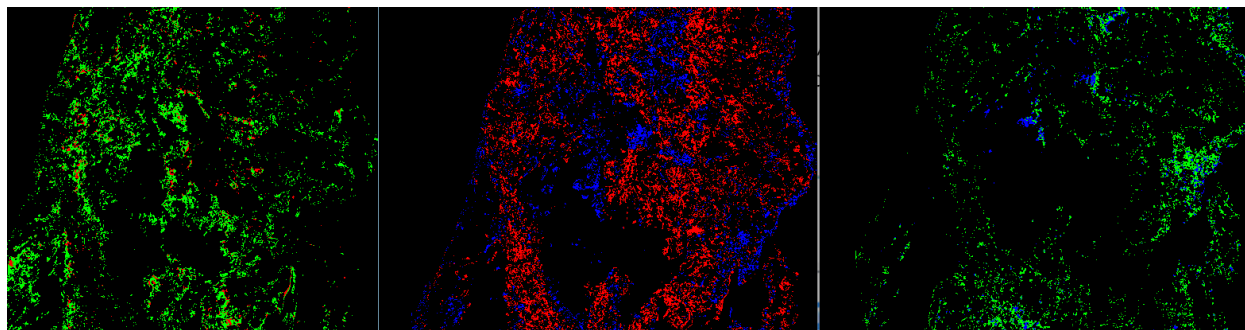
Τον πίνακα μπορεί κανείς να τον διαβάσει και από τις στήλες, όπου μπορεί να δει κανείς τις μεταβολές της κατηγορίας (με βάση το 100% του 1984 και τι έχει γίνει στο 2011).

**Βήμα 6.4: Αλλαγή από κατηγορία σε κατηγορία - χαρτογραφημένες αλλαγές**

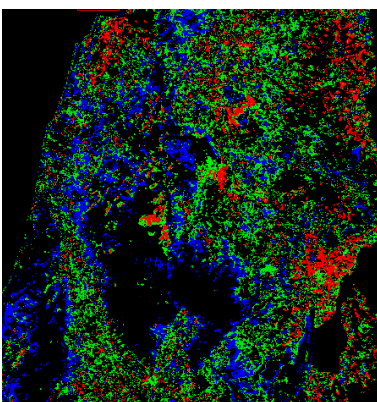
Αν είχαμε αφήσει μαρκιαρισμένη την επιλογή Output Classification Mask Images (Yes) θα μας εμφανιστούν στο Band List τρεις ζώνες (με βάση τις τρεις κατηγορίες ταξινόμησης), όπου χαρτογραφούνται οι περιοχές αλλαγής. Δηλαδή στην 1η ζώνη (Class 1 <=> Class1) εμφανίζονται οι περιοχές που ήταν κλάση 1 το 1984 και τώρα έχουν γίνει κλάση 2 και 3 (τα χρώματα αντιστοιχούν στα αντίστοιχα της ταξινόμησης).



Στην 1η εικόνα οι αλλαγές της πυκνής βλάστησης το 1984 που άλλαξε κυρίως σε περιοχές με αραιά βλάστηση (πράσινο χρώμα), στη 2η εικόνα φαίνεται η αμφίδρομη μεταβολή των αραιών σε πυκνά και ανοιχτά (μπλε και κόκκινο) και στην 3η εικόνα η αλλαγή των ανοικτών κυρίως σε περιοχές με αραιή βλάστηση.



Μπορούμε να δούμε και τις τρεις εικόνες σε RGB (Enhance > Image Equalization)





## ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Με βάση το νομό που έχετε χρεωθεί, διαμορφώστε αντίστοιχους χάρτες πυκνώσης κάλυψης για τα έτη 1985, 1995, 2005, 2011 και

1. Παρουσιάστε τους τέσσερις χάρτες πυκνώσης δάσους
2. Παρουσιάστε τα ποσοστά κάλυψης ανά κατηγορία για κάθε μία από τις τέσσερις χρονιές, διαμορφώστε ένα διάγραμμα μεταβολής με βάση αυτά και συζητήστε τα αποτελέσματα
3. Η δασική βλάστηση μειώθηκε ή αυξήθηκε στην περιοχή σας; Ποια κατηγορία αυξήθηκε περισσότερο από τις άλλες;
4. Διαμορφώστε τον πίνακα σχετικών μεταβολών (μεταβολή από ... σε ...) και περιγράψτε τις μεταβολές αυτές για τρεις χρονοσειρές (1985-1995, 1985-2005 και 1985-2011)
5. Παρουσιάστε ένα χάρτη συνολικών μεταβολών για κάθε μία από τις παραπάνω χρονοσειρές