

Εργαστήριο 5. Χρήσεις /Κάλυψη γης και οι αλλαγές τους στο χρόνο

Προ-ταξινομικές τεχνικές

Κάλυψη/ χρήση γης

Η κάλυψη της γης, αφορά τη φυσική κατάσταση του εδάφους, ενώ η χρήση γης ορίζεται ως ο τρόπος χρήσης των υπαρχουσών πόρων από τον άνθρωπο, όπως, για παράδειγμα, η γεωργία, η εξόρυξη, και η κοπή και σχετίζεται με τον τύπο των χαρακτηριστικών που εμφανίζονται πάνω στην επιφάνεια της γης.

Ο όρος «χρήσεις γης» σχετίζεται με την ανθρώπινη δραστηριότητα ή την οικονομική λειτουργία (*function*) που συνδέεται με ένα ειδικό κομμάτι γης. Συχνά αυτοί οι δύο όροι δεν διαφοροποιούνται στην πρακτική εφαρμογή τους (π.χ. κάλυψη γης = αγρός και χρήση γης = γεωργική έκταση), γι' αυτό και αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως ενιαία έννοια «κάλυψη/χρήση γης».

Η πίεση που ασκείται στους φυσικούς πόρους από τον άνθρωπο τις τελευταίες δεκαετίες, οδηγεί τα φυσικά οικοσυστήματα σε έντονη υποβάθμιση με επακόλουθες επιπτώσεις και στην ποιότητα ζωής των ανθρώπινων κοινωνιών και στην κοινωνική συνοχή. Υπάρχει όμως και η αντίθετη περίπτωση, όπου η απουσία της ήπιας ανθρώπινης όχλησης επιφέρει μείωση της ετερογένειας με επακόλουθες επιπτώσεις στην τοπική και περιφερειακή βιοποικιλότητα.

Οι παρατηρούμενες αλλαγές, δημιουργούν την ανάγκη για συγκέντρωση και ανάλυση κατάλληλων πληροφοριών, με στόχο τη λήψη των αναγκαίων διαχειριστικών μέτρων.

Ανίχνευση διαχρονικών αλλαγών

Η ανίχνευση των διαχρονικών αλλαγών είναι η διαδικασία του προσδιορισμού των διαφορών στην κατάσταση ενός αντικειμένου ή φαινομένου σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Αποτελεί ένα σύγχρονο ερευνητικό αντικείμενο με μεγάλη πρόσφατη βιβλιογραφία και ιδιαίτερα χρήσιμες εφαρμογές τόσο στη διαχείριση του φυσικού περιβάλλοντος, όσο και στη διαχείριση των κοινωνικών και οικονομικών συνεπειών στο ανθρωπογενές περιβάλλον.

Όσον αφορά την τηλεπισκόπηση, οι τεχνικές ανίχνευσης αλλαγών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες: προ-ταξινομικές (*Pre-Classification*) και μετα-ταξινομικές (*Post-Classification*) τεχνικές.

Οι προ-ταξινομικές τεχνικές συγκρίνουν διαχρονικές πολυφασματικές εικόνες ή εικόνες που προέρχονται από αλγεβρικές πράξεις μεταξύ των διαύλων διαχρονικών εικόνων, εικόνες δεικτών (π.χ. βλάστησης NDVI) ή μετασχηματισμούς των αρχικών εικόνων (π.χ. *Tasseled Cap*). Οι τεχνικές αυτού του τύπου δεν παρέχουν πληροφορία για το είδος της μεταβολής που έχει συντελεστεί (δηλαδή της

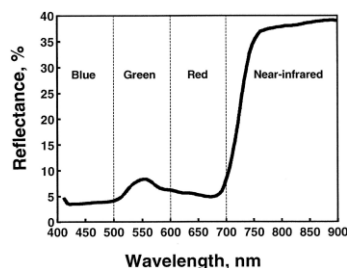
μορφής από -σε), αλλά μπορούν να αποτυπώσουν την πραγματικότητα χωρίς την παρέμβαση του χρήστη για ερμηνεία του τύπου κάλυψης. Παράλληλα, επειδή είναι ποσοτικές μεταβλητές μας παρέχουν τη δυνατότητα να αναγνωρίζουμε μεταβολές στα βιοφυσικά στοιχεία με μαθηματικά διαγράμματα (π.χ. καμπύλες αλλαγής).

Οι μετα-ταξινομικές τεχνικές συγκρίνουν δύο ήδη ταξινομημένες εικόνες, με διαφορετική ημερομηνία λήψης, παρέχοντας τη δυνατότητα εντοπισμού της αλλαγής αλλά και του είδους της αλλαγής (πληροφορία από -σε). Στις τεχνικές αυτές επομένως προηγείται η ταξινόμηση - επιβλεπόμενη ή μη επιβλεπόμενη - και όπως είναι φυσικό, οποιαδήποτε λάθη και ανακρίβειες της ταξινόμησης μεταφέρονται και στο αποτέλεσμα της σύγκρισης (*error propagation*) και θα ασχοληθούμε σε επόμενα εργαστήρια.

Προ-ταξινομικές τεχνικές

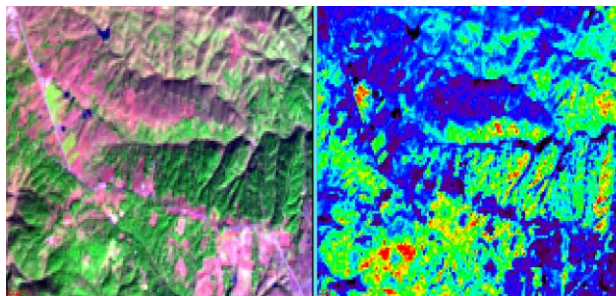
Η καταγραφή των αλλαγών στην κάλυψη γης χωρίς ταξινομικές εργασίες, βασίζεται στο μετασχηματισμό της δορυφορικής εικόνας (ουσιαστικά των φασματικών ζωνών της εικόνας) σε νέες φασματικές ζώνες, που είναι αποτέλεσμα πράξεων απλής άλγεβρας, αλλά αναδεικνύουν έντονα το φαινόμενο που μας ενδιαφέρει. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ βλάστησης και ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας στο κόκκινο και κοντινό υπέρυθρο μήκος κύματος που σχετίζονται με τη διαφορετική συμπεριφορά της βλάστησης (δομή φύλλων και υγρασία φύλλου) στην απορρόφηση και αντανάκλαση στις διάφορες φασματικές ζώνες.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 2.1, η αντανάκλαση στην κόκκινη περιοχή (RED) (περίπου 0,6 – 0,7mm) είναι χαμηλή λόγω της απορρόφησης από τα φύλλα (βασικά από την απορρόφηση λόγω χλωροφύλλης). Αντίθετα, στην υπέρυθρη περιοχή (NIR) (περίπου 0,8 – 0,9mm) εμφανίζεται υψηλή αντανάκλαση λόγω της διασποράς από την κυτταρική δομή των φύλλων.



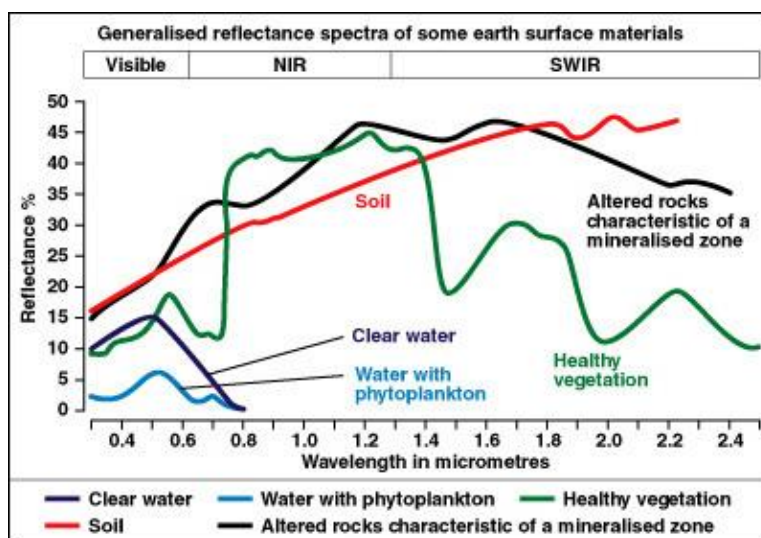
Διάγραμμα 1. Αντανάκλαση της βλάστησης σε τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

Μπορεί, επομένως, να αναπτυχθεί ένας πολύ απλός δείκτης βλάστησης συγκρίνοντας το μέγεθος της υπέρυθρης υπέρυθρης αντανάκλασης με αυτό της κόκκινης αντανάκλασης (π.χ. ο απλός λόγος $SI = NIR/RED$, αναδεικνύει πολύ έντονα τη βλάστηση σε σχέση με τις απλές φασματικές ζώνες).



Εικόνα 1. Απεικόνιση εικόνας με ψευδοέγχρωμη απεικόνιση (αριστερά) και απόδοση της με βάση το δείκτη SI (στα δεξιά), όπου διακρίνεται καθαρά η έντονη βλάστηση (πράσινο προς κόκκινο) σε σχέση με τις περιοχές χωρίς βλάστηση (μπλε προς μαύρο).

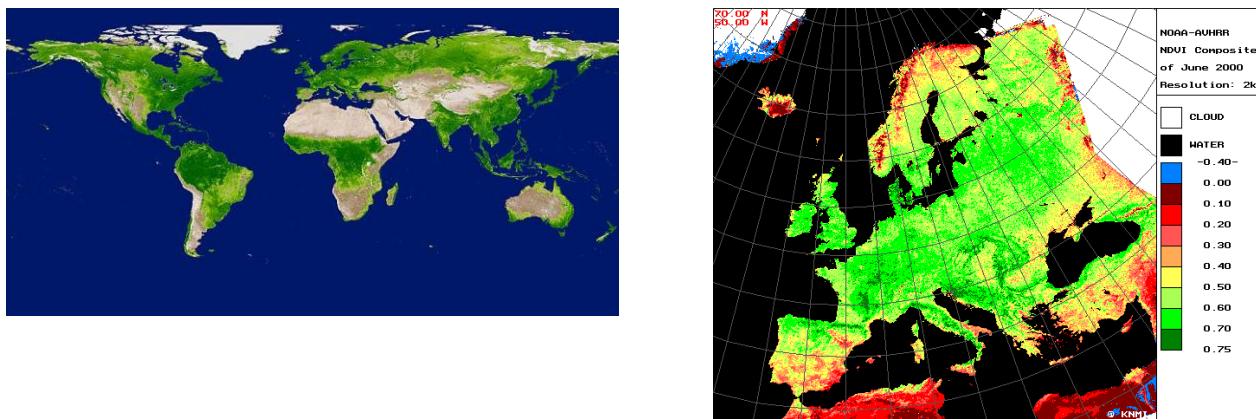
Το κάθε βιοφυσικό στοιχείο (π.χ. νερό, βλάστηση, γυμνό έδαφος) έχουν διαφορετική συμπεριφορά στη σχέση απορρόφηση - αντανάκλαση στο εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, **με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η διάκριση τους μέσα από την κατάλληλη δημιουργία φασματικών δεικτών** (Διάγραμμα 2).



Διάγραμμα 2. Αντανάκλαση διαφορετικών βιοφυσικών στοιχείων στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (από το ορατό φως έως το μακρινό υπέρυθρο).

Με βάση αυτές διαφοροποιήσεις έχουν αναπτυχθεί ομάδες δεικτών ανάλογα με το φαινόμενο που θέλουμε να εξετάσουμε. Έχουν αναπτυχθεί εκατοντάδες δείκτες, αλλά κυρίαρχη θέση έχουν οι βλάστησης (<http://www.exelisvis.com/docs/backgroundvegetationindices.html>) και οι δείκτες γεωλογίας (<http://www.exelisvis.com/docs/BackgroundGeologyIndices.html>).

Στην παρών εργαστήριό, θα ασχοληθούμε και θα αναλύσουμε αλλαγές με βάση δείκτες βλάστησης.



Εικόνα 2. Απεικόνιση της παγκόσμιας βλάστησης με βάση το δείκτη βλάστησης NDVI

Δείκτες βλάστησης

Οι δείκτες βλάστησης χρησιμοποιούνται στην έρευνα για τη χαρτογράφηση περιοχών με διαφοροποιημένη πυκνότητα φυτοκάλυψης.

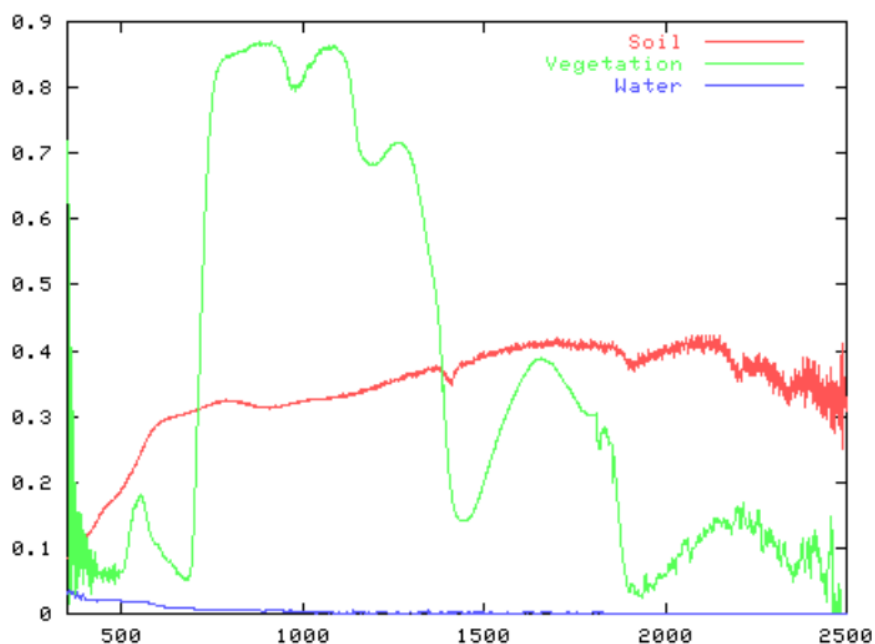
ΤΙ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΚΑΝΕΙ ΕΝΑΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ;

- Να καταγράφει το ποσό της βλάστησης (π.χ. , % κάλυψη, LAI , βιομάζα , κλπ)
- Να γίνει διάκριση μεταξύ του εδάφους και της βλάστησης
- Μείωση της ατμοσφαιρικής και των τοπογραφικών συνεπειών (όχι πάντα)

Υπολογίζονται με βάση απλούς αλγεβρικούς τύπους που στηρίζονται στις τιμές ανακλαστικότητας του κάθε εικονοστοιχείου στα βασικά κανάλια του ερυθρού και του εγγύς υπέρυθρου. Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν προταθεί διάφοροι δείκτες βλάστησης (e.g. Rouse et al. 1973, Colwell 1974, Huete 1988, Baret & Guyot 1991, Burgan & Hartford, 1993, Qi et. al. 1994, Jensen 1996, Bannari et al. 1995, Houborg et al. 2015). Οι δείκτες αυτοί δίνουν έμφαση στις διαφορές της ανακλαστικότητας διαφόρων χαρακτηριστικών της βλάστησης (π.χ. πυκνότητα βιομάζας, υγρασία βλάστησης, υγρή βλάστηση). Ανάλογα τα χαρακτηριστικά της εποχής λήψης, της περιοχής και το βαθμό δασοκάλυψης, κάθε δείκτης έχει διαφορετικό ευαισθησία για την αποτύπωση της πραγματικότητας.

Ανάκλαση του εδάφους

- Μπορεί να είναι φωτεινό στη NIR (όπως βλάστησης) - ξηρό έδαφος ιδιαίτερα φωτεινά - υγρό χρώμα πολύ πιο σκούρα από ό, τι ξηρό έδαφος
- Το έδαφος μπορεί να έχει χαμηλό κόκκινο ανάκλασης (όπως η βλάστηση)
- **ΑΛΛΑ ... Η διαφορά μεταξύ NIR ανάκλασης και Red ανάκλασης για το έδαφος είναι πολύ λιγότερο από ό, τι για ζωντανή βλάστηση !**



Τα συστατικά του εδάφους που επηρεάζουν τη φασματική ανάκλαση μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρία συστατικά:

1. Χρώμα του εδάφους
2. Τραχύτητα
3. Εδαφική υγρασία

Αναλυτικότερα οι δείκτες που θα χρησιμοποιήσουμε είναι:

1) Ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος δείκτης βλάστησης στη βιβλιογραφία, είναι ο **Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένων Διαφορών NDVI** (Boyd et. al. 2002, Chuvieco et. al. 2002). Οι διαχρονικές εικόνες του δείκτη βλάστησης *NDVI* απεικονίζουν τις περιοχές με έντονη, αραιή ή καθόλου βλάστηση, χωρίς να διακρίνεται το είδος της βλάστησης και η ακριβής μεταβολή που επήλθε.

Ο δείκτης αυτός είναι ο λόγος της διαφοράς της ανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο και στο κόκκινο, προς το άθροισμα αυτών. Λαμβάνει τιμές από -1 (καθόλου βλάστηση) μέχρι +1 (πλούσια βλάστηση), αλλά πρακτικά δεν αναμένονται τιμές μικρότερες από μηδέν. Υψηλές τιμές σχετίζονται με βλάστηση με μεγάλη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, ενώ χαμηλές με μικρή δραστηριότητα ή χαμηλό NIR (π.χ. νερό).

$$NDVI = \frac{\rho_{IR} - \rho_R}{\rho_{IR} + \rho_R}$$

Έχει μια μεγάλη χρησιμότητα στην παρακολούθηση του περιβάλλοντος και έχει χρησιμοποιηθεί (ανάμεσα σε άλλα) για την παρακολούθηση της δυναμικής της βλάστησης στο χρόνο, στην παραγωγή βιομάζας, στην επίδραση της βόσκησης σε σχέση με συστήματα βοσκής, στην ταξινόμηση της βλάστησης και των τύπων κάλυψης, στην εδαφική υγρασία, στη δέσμευση του άνθρακα.

Ωστόσο, ο *NDVI* έχει ιδιαίτερες αδυναμίες. Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες και τα λεπτά σύννεφα μπορούν να επηρεάσουν τον υπολογισμό του *NDVI*. Όταν έχουμε να κάνουμε με πυκνή βλάστηση, όπου τα φυτά καλύπτουν το έδαφος από την κάτοψη, το φασματικό καταγεγραμμένο σήμα προέρχεται από την ενέργεια που αντανακλάται από το επάνω μέρος των θόλων των φυτών. Ωστόσο, στις περιπτώσεις όπου η κάλυψη βλάστησης δεν είναι πλήρης, οτιδήποτε υπάρχει κάτω από τα φυτά, είτε είναι το έδαφος, είτε άλλο είδος βλάστησης, συμβάλλουν στην φασματική ανάκλαση που καταγράφεται από τον αισθητήρα. Όταν η κάλυψη βλάστησης είναι χαμηλή, ότι 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. Για παράδειγμα, αν η κάλυψη είναι 60%, τότε το 60% του σήματος είναι ενέργεια που αντανακλάται από τη βλάστηση ενώ το υπόλοιπο 40% είναι από ότι δεν καλύπτεται από τον θόλο των φυτών. Στην περίπτωση που το γυμνό έδαφος επηρεάζει το ανακλώμενο

σήμα, τότε το σήμα είναι ένα μείγμα του διαφορετική φασματική απόκριση από την βλάστηση που μελετάται. Τέλος, ο NDVI έχει μια μη γραμμική σχέση σε περιοχές με υψηλή βιομάζα βλάστηση και η αδυναμία του να ερμηνεύει το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) γίνεται όλο και πιο αδύναμη όταν το LAI ξεπεράσει μια τιμή κατωφλίου, η οποία είναι τυπικά μεταξύ 2 και 3 (Carlson & Ripley, 1997)

2) Σε περιοχές με μικρή κάλυψη από βλάστηση (π.χ. < 40%) και όπου η επιφάνεια του εδάφους είναι εκτεθειμένη, η αντανάκλαση του φωτός στο κόκκινο και εγγύς υπέρυθρο μπορεί να επηρεάσει τις τιμές του δείκτη βλάστησης. Γι' αυτό το λόγο έχει προταθεί από τον Huete (1988) **ο Δείκτης Βλάστησης SAVI**, ένας τροποποιημένος NDVI, για να διορθώσει την επίδραση της φωτεινότητας του εδάφους σε περιοχές με χαμηλή κάλυψη βλάστησης. Γι' αυτό το σκοπό χρησιμοποιείται η παράμετρος L, με τιμή διορθωτική ως προς τον τύπο του εδάφους και την πυκνότητα της βλάστησης, που λαμβάνει τιμές από 0 ως 1. Για εδάφη με πυκνή βλάστηση, προτείνεται μια τιμή του L ίση με 0.25, για εδάφη με πολύ αραιή φυτοκάλυψη προτείνεται L ίσο με 1, αλλά συνήθως, όταν εφαρμόζεται τιμή L ίση με 0.5. Για L ίσο με 0, η έκφραση για τον SAVI ταυτίζεται με αυτήν του NDVI. Ο SAVI λαμβάνει τιμές στο ίδιο φάσμα όπως και ο NDVI από -1 ως +1. Αυτός ο δείκτης έχει καλύτερη χρήση σε περιοχές με αραιή βλάστηση, όπου το έδαφος είναι ορατό από την κόμη.

$$SAVI = (1+L) \frac{(\rho_{IR} - \rho_R)}{(\rho_{IR} + \rho_R + L)}$$

Η προσαρμογή στην επίδραση του εδάφους έχει ένα κόστος στην ευαισθησία των αλλαγών στη βλάστηση (ποσότητα και κάλυψη βλάστησης), ενώ είναι και περισσότερο ευαίσθητος σε ατμοσφαιρικές αλλαγές σε σχέση με τον NDVI. Στο εργαστήριο έχει χρησιμοποιηθεί μια τροποποιημένη έκδοση του, ο δείκτης MSAVI.

3) Παράλληλα έχει αναπτυχθεί **ο βελτιωμένος δείκτης βλάστησης (Enhanced Vegetation Index (EVI))** ως ένας εναλλακτικός δείκτης για να αντιμετωπίσει τους περιορισμούς του NDVI σε περιοχές με υψηλή βιομάζα, όπου ο NDVI δεν είχε ευαισθησία σε υψηλές τιμές αλλά και για να μειώσει τις επιδράσεις της ατμόσφαιρας στις τιμές του δείκτη καθώς και να διορθώσει σε επιδράσεις του υποβάθρου της κόμης. Ο δείκτης EVI έχει βρεθεί να είναι περισσότερο ευαίσθητος σε αλλαγές της κόμης των φυτών, όπως η φυλλική επιφάνεια -leaf area index (LAI), η δομή της κόμης και της φαινολογίας των φυτών, σε σχέση με τον NDVI που στηρίζεται κυρίως στην ποσότητα της χλωροφύλλης.

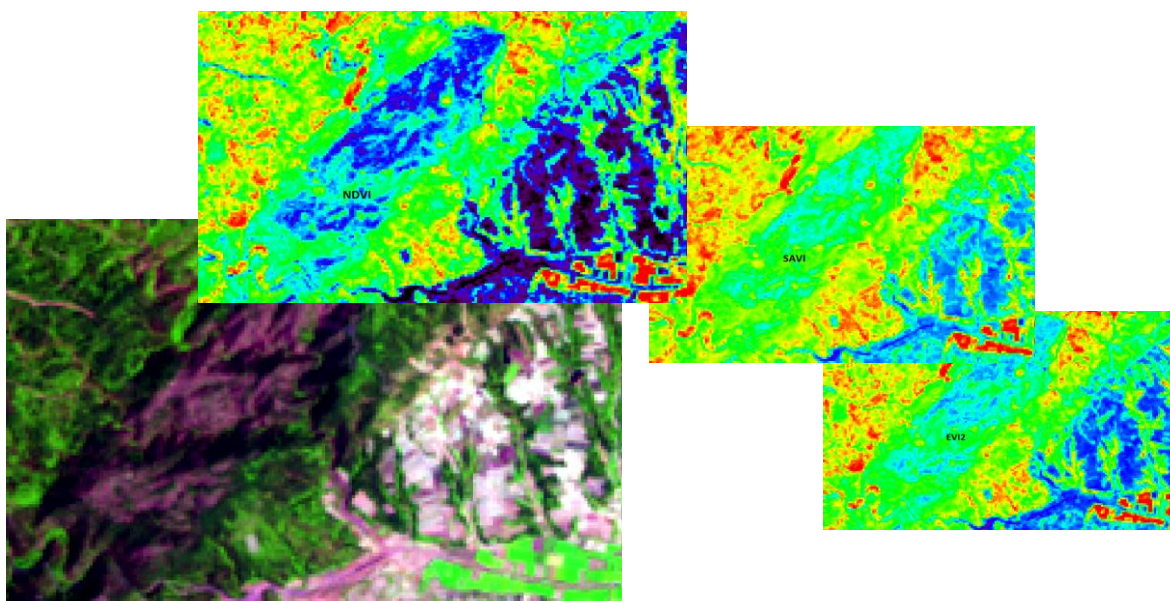
Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$EVI = 2.5 * \frac{(NIR - Red)}{(NIR + 6 * Red - 7.5 * Blue + 1)}$$

και οι τιμές κυμαίνονται από 0 σε 1.

Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα της εφαρμογής του EVI είναι ότι χρειάζεται για τον υπολογισμό της φασματικής ζώνης του μπλε, η οποία δεν είναι πάντα διαθέσιμη σε όλα τα δορυφορικά δεδομένα (π.χ. στις πρώτες εικόνες Landsat). Γι' αυτό το λόγο έχει αναπτυχθεί μια έκδοση του EVI που για τον υπολογισμό χρειάζεται μόνο τα κανάλια του κόκκινου και του εγγύς υπέρυθρου (Jiang et al. 2008) και υπολογίζεται από τον τύπο: $EVI2=2.5*((NIR-Red)/(NIR+2.4*Red+1))$ η οποία θα χρησιμοποιηθεί στο παρόν εργαστήριο.

4) Ο **δείκτης Normalized Difference Moisture Index** NDMI $(B4-B5)/(B4+B5)$ που είναι ευαίσθητος στην υγιή πράσινη βλάστηση, αλλά και στη διάσπαση των δασών από μικρά ανοίγματα ενώ βρέθηκε να αποδίδει καλά τη διαφορά ανάμεσα στην υγρασία των δασωμένων εκτάσεων και των μερικών δασοσκεπών εκτάσεων (Gao, 1996) αλλά και την πύκνωση των δασών.



Εικόνα 3. Απεικόνιση περιοχής με ανοίγματα με βάση τους δείκτες NDVI, SAVI και EVI2

ΑΛΛΟΙ ΧΡΗΣΙΜΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΓΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ

$GNDVI = (B4-B2)/(B4+B2) \Rightarrow$ πλατύφυλλη βλάστηση

$NDWI = (B4-B5)/(B4+B5) \Rightarrow$ έντονη βλάστηση-βιομάζα και έντονα ανοίγματα

$NG = B2/(B2+B3+B5) \Rightarrow$ ανοίγματα

$VARlg = (B2-B3) / (B1+B2+B3) \Rightarrow$ ανοίγματα

$SVI = (B5-B1)/(B5+B1) \Rightarrow$ γυμνά εδάφη

$NDBBSI = (B1-B5) / (B1+B5) \Rightarrow$ κωνοφόρα, αστικά

$GARI = (B4-(B2-(B1-B3)))/(B4+(B2-(B1-B3))) \Rightarrow$ πλατύφυλλα

ΑΣΚΗΣΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ

Στόχος: Θέλουμε να χαρτογραφήσουμε και να αξιολογήσουμε τις μεταβολές κάλυψης της βλάστησης (από δασικές ή αγροτικές περιοχές) για τη χρονική περίοδο 1985 - 2011 για το νησί της Ζακύνθου, χρησιμοποιώντας προ-ταξινομικές τεχνικές.

Διαθέτουμε: 1) Δορυφορικές εικόνες Landsat 5 για τις χρονιές 1985, 1995, 2005 και 2011 και τέσσερις φόρμουλες για δείκτες βλάστησης (NDVI, EVI2, MSAVI και NDMI).

Σκεπτικό μεθοδολογίας:

Βήμα 1: Χρήση δείκτη βλάστησης ως υποκατάστατο της εκτίμησης της βλάστησης.

Αφού πρέπει να χρησιμοποιήσουμε προ-ταξινομικές τεχνικές (δηλαδή να κάνουμε ανάλυση χωρίς να ταξινομήσουμε τις εικόνες για να ανιχνεύσουμε για αλλαγές), θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τους δείκτες βλάστησης ως υποκατάστατο για την καταγραφή της βλάστησης. Για την άσκηση εδώ θα χρησιμοποιήσουμε τον EVI2, αλλά θα χρειαστεί να ακολουθήσετε την ίδια μεθοδολογία και με τους άλλους δείκτες (ανάλογα με το νομό σας) και να συζητήσετε τις παρατηρούμενες διαφορές.

Βήμα 2: Διαλέγω δύο ημερομηνίες βάσει των οποίων θέλω να δω τις αλλαγές

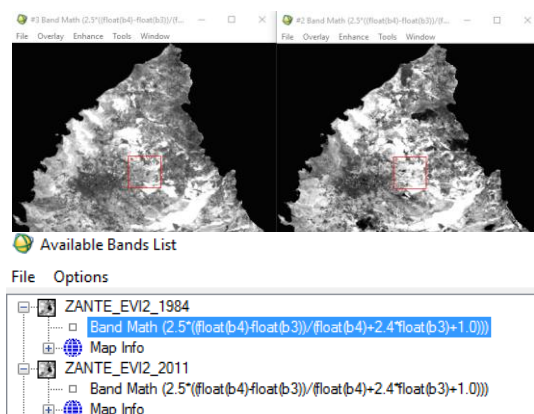
Εδώ θα χρησιμοποιήσουμε τις 1985 και 2011 (αλλά θα χρειαστεί να αναλύσετε όλες τις σχετικές χρονοσειρές (1985-1995, 1995 - 2011, 2005- 2011) και να συζητήσετε τις παρατηρούμενες διαφορές (**βλέπε ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ**)).

Βήμα 3: Υπολογίζω τις τιμές του δείκτη για την επιλεγόμενη χρονοσειρά (1985-2011)

Απεικόνιση του δείκτη EVI2 (κλίμακα τιμών -1 ως +1)

2.5 * ((float(b4) - float(b3)) / (float(b4) + 2.4 *float(b3) + 1.0))

για το 1984 και 2011



Βήμα 4: Κανονικοποίηση τιμών σε κλίμακα 0-1 και ένωση με Stacking

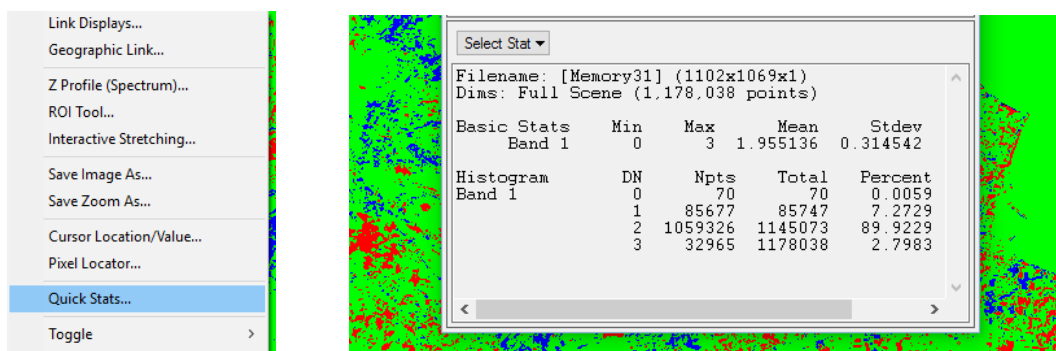
Με στόχο να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα διαχρονικών αναλύσεων (μειώνοντας τα προβλήματα διαφορετικής γωνίας λήψης του δορυφόρου προς το έδαφος), για κάθε έτος αναφοράς, η εικόνα θα πρέπει να διορθωθεί ραδιομετρικά από ψηφιακές τιμές (DN) σε τιμές ανάκλασης (reflectance) (ΘΑ ΤΟ ΚΑΝΕΤΕ ΜΟΝΟΙ ΣΑΣ ΣΤΗΝ ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ). (Δες στο τέλος του κεφαλαίου τι σημαίνει ανάκλαση και πως υπολογίζεται)

Οι τιμές των δεικτών κανονικοποιούνται σε ενιαία κλίμακα 0-1 με βάση τη εξίσωση:

$$NR \text{ τιμή} = \frac{\text{Αρχική τιμή} - \text{Ελάχιστη τιμή}}{\text{Μέγιστη τιμή} - \text{Ελάχιστη τιμή}}$$

Για να γίνει αυτό σε κάθε εικόνα δείκτη, με δεξί κλικ στην εικόνα επιλέγουμε Quick Stats και εμφανίζεται ο πίνακας με τα βασικά συστατικά, όπου βλέπουμε την ελάχιστη, μέγιστη και μέση τιμή.

Σημειώνουμε την ελάχιστη και μέγιστη τιμή.

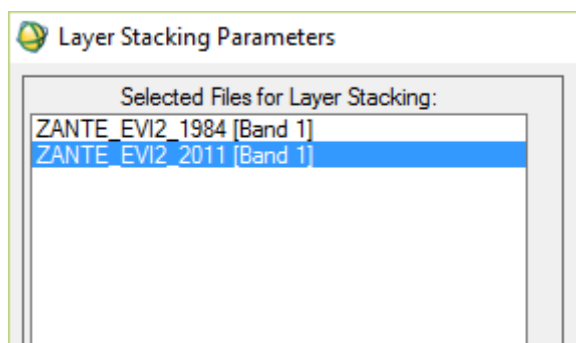


Στον Band Math διαμορφώνουμε την παραπάνω εξίσωση όπως π.χ. $(b1 - \min) / (\max - \min)$, όπου b1 βάζουμε το δείκτη βλάστησης και min και max, ότι μας έχει δώσει το Quick Stats.

Π.χ. $(b1 - (-0.3725)) / (0.661538 - (-0.3725))$

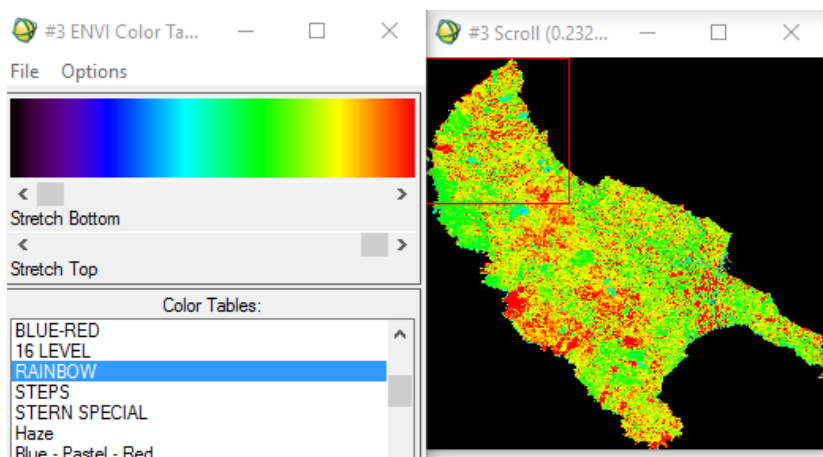
ΠΡΟΣΟΧΗ: Όταν έχουμε αρνητική ελάχιστη (π.χ. -0.3725), στην εξίσωση μπαίνει ως $-(-0.3725)$.

Αφού κανονικοποιήσω τις τιμές των δεικτών τις ενώνω με Layer Stacking για να μπορώ να κάνω πράξεις ανάμεσα στις δύο.



Βήμα 5: Αποφασίζω πως θέλω να παρουσιάσω τις αλλαγές και διαμορφώνω την αντίστοιχη expression στο Band Math

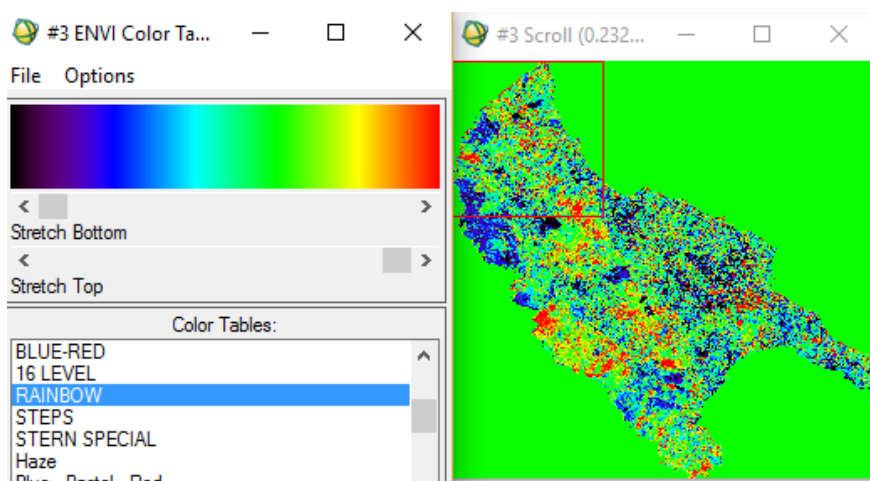
Με διαίρεση ανάμεσα στις δύο χρονιές ($b1/b2$), η μηδενική αλλαγή της κάλυψης είναι κοντά στο 1 (π.χ. σε ένα εύρος τιμών +0.8 ως +1.2 για να ληφθούν υπόψη και μικρές αλλαγές τιμών που δεν σχετίζονται με αλλαγές), ενώ τιμές μικρότερες από 0.8 αντιστοιχούν σε βλάστηση που ήταν περισσότερη στο έτος που έχουμε βάλει στον παρονομαστή ($b2$) και τιμές μεγαλύτερες από 1.2 σε βλάστηση που ήταν περισσότερη στο έτος που έχουμε βάλει στον αριθμητή ($b1$).



Διαίρεση του EVI2_2011 με τον EVI2_1984.

Η χρωματική παλέτα είναι του RainBow

Με αφαίρεση ανάμεσα στις δύο χρονιές ($b1-b2$) (εδώ το πρόθεμα "-" ή "+" δείχνει κατεύθυνση αλλαγής), η μηδενική αλλαγή της κάλυψης είναι κοντά στο 0 (π.χ. σε ένα εύρος τιμών -0.2 ως +0.2 για να ληφθούν υπόψη και μικρές αλλαγές τιμών που δεν σχετίζονται με αλλαγές), ενώ τιμές μικρότερες από -0.2 αντιστοιχούν σε βλάστηση που ήταν περισσότερη στο έτος που έχουμε βάλει στη $b2$ και τιμές μεγαλύτερες από 1.2 σε βλάστηση που ήταν περισσότερη στο έτος που έχουμε βάλει στη $b1$.



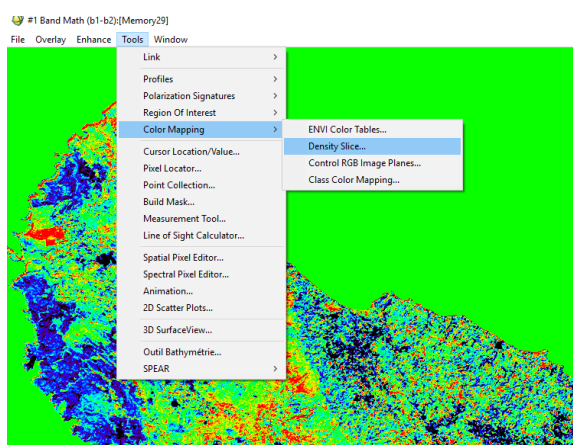
Αφαίρεση του EVI2_2011 από τον EVI2_2984

Εδώ θα χρησιμοποιήσουμε την αφαίρεση ως πιο κατανοητή έννοια της μηδενικής αλλαγής γύρω από το μηδέν.

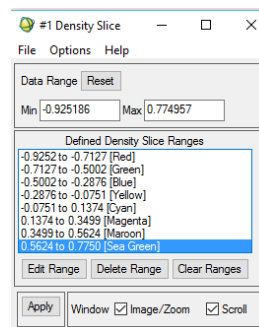
Βήμα 6: Διαμορφώνω τις κλάσεις τιμών ανάλογα με το βαθμό αλλαγής που θέλω να αποτυπώσω

Με βάση το βαθμό αλλαγής που θέλω να αποτυπώσω, διαμορφώνω τριβάθμιες, πενταβάθμιες κλπ κλίμακες τιμών (όπου η μονή μεσαία κλίμακα αντιστοιχεί στις μηδενικές αλλαγές) και αρνητικές ή θετικές τιμές (αν έχω χρησιμοποιήσει την αφαίρεση) αντιστοιχούν σε μείωση ή αύξηση της βλάστησης ανάμεσα στις δύο χρονιές.

Για να γίνει αυτό, από το μενού της κύριας εικόνας, επιλέγω **Tools > Color Mapping > Density Slice** και επιλέγω την κατάλληλη εικόνα (εδώ αυτή που δημιουργήσαμε ως b1-b2 (Zante_EVI2_2011 - Zante_EVI2_1985)).

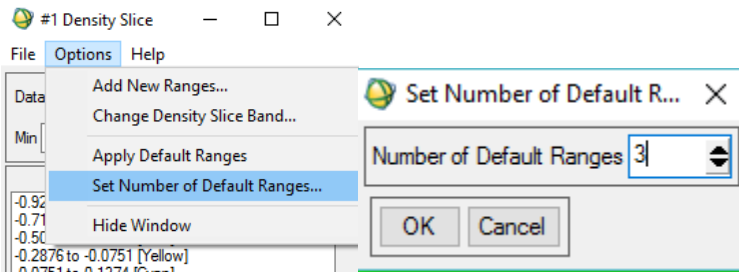


Αρχικά στο Density Slice θα εμφανίσει οχτώ κλάσεις τιμών. Διακρίνουμε και το συνολικό εύρος τιμών από -0.92 σε +0.77

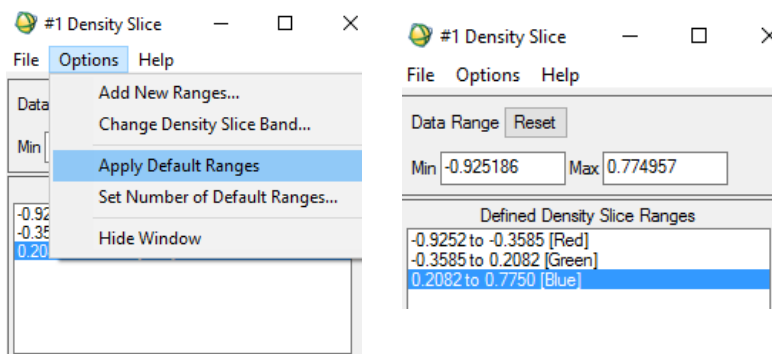


Η μεγαλύτερη περιοχή θα ανήκει σε περιοχές με μηδαμινή αλλαγή (που συγκεντρώνονται σε τιμές κοντά στο 0). Με βάση τη βιβλιογραφία η περιοχή των τιμών σε εύρος μιας τυπικής απόκλισης γύρω από τη μέση τιμή ανήκουν σε θέσεις με μηδενική αλλαγή, ενώ οι τιμές στα όρια του διαγράμματος ανήκουν σε θέσεις με αλλαγές. Με βάση αυτά, καθορίζουμε την απλούστερη κλίμακα τιμών (τριτοβάθμια), όπου ένα εύρος τιμών από -0.1 ως +0.1 το θεωρούμε ως μη αλλαγή ανάμεσα στο 1984 και 2011, τιμές μικρότερες από -0.1 αντιστοιχούν σε περισσότερη βλάστηση το 1984 σε σχέση με το 2011 και τιμές μεγαλύτερες από +0.1 αντιστοιχούν σε περισσότερη βλάστηση το 2011 σε σχέση με το 1984

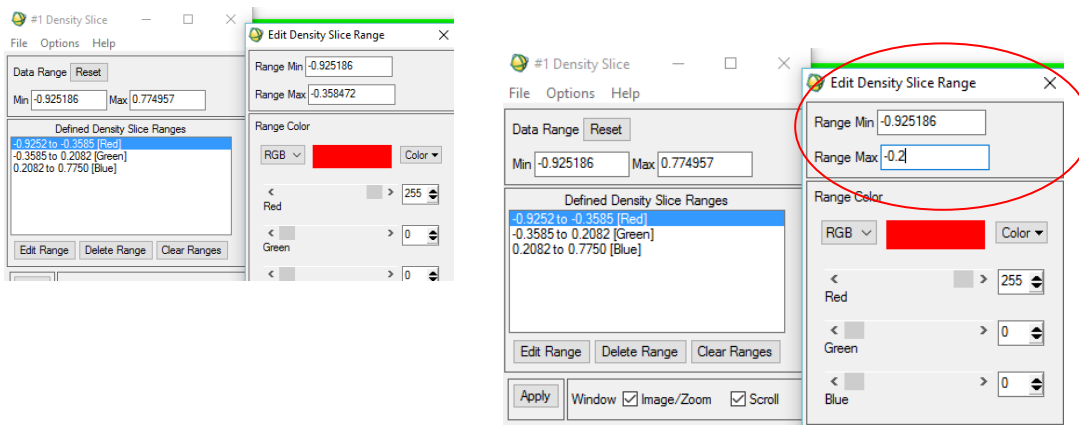
Για να γίνει αυτό πρώτα από το μενού **Density Slice > Options > Set Number of Default Ranges** και καθορίζουμε τον αριθμό των τριών κλάσεων



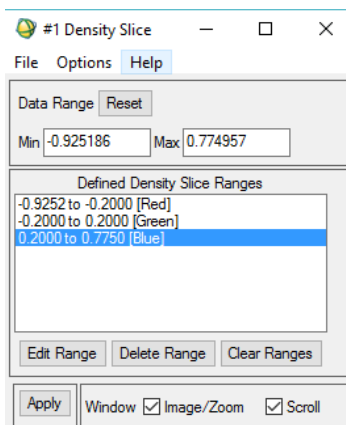
Στη συνέχεια, επιλέγουμε το **Apply Default Ranges** για να υπολογιστούν οι τιμές ξανά, αλλά με βάση την τριτοβάθμια κλίμακα.



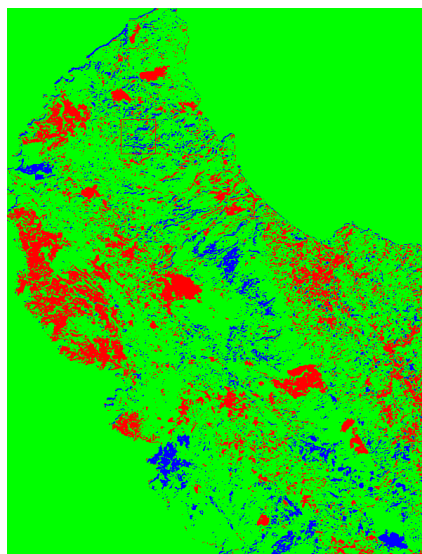
Εμείς όμως δεν θέλουμε αυτό το εύρος τιμών, αλλά -0.952 to -0.2, -0.2 to + 0.2 και +0.2 to 0.77, οπότε πατάμε Edit Range και αλλάζουμε τις αναγκαίες τιμές - αφού έχουμε αρχικά επιλέξει το αντίστοιχο εύρος τιμών - (ΔΕΝ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ ΝΑ ΑΛΛΑΞΟΥΜΕ ΤΙΣ ΑΚΡΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ) και πατάμε OK κάθε φορά.



Αν τα έχουμε κάνει όλα σωστά, θα πρέπει να έχουμε και αν είμαστε σωστοί πατάμε **Apply**.

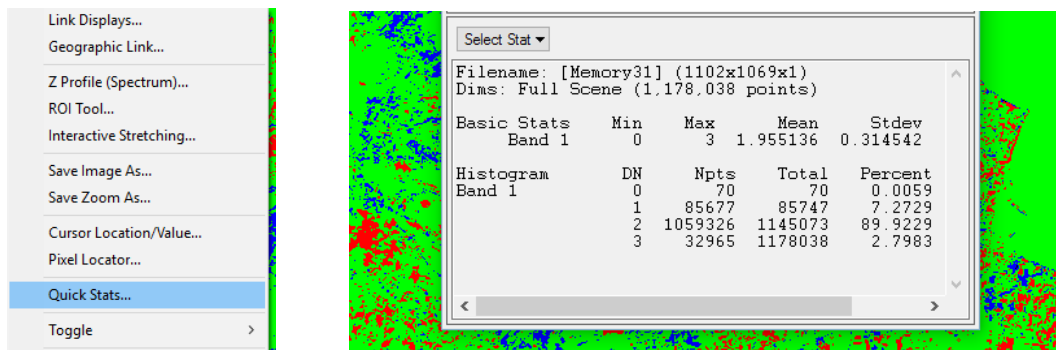


Η αρχική εικόνα των αλλαγών, τώρα έχει μετασηματιστεί σε τρεις κατηγορίες, όπου με πράσινο χρώμα εμφανίζονται οι μηδενικές αλλαγές, με κόκκινο χρώμα (αρνητικές τιμές) όπου είχαμε περισσότερη βλάστηση το 1984 σε σχέση με το 2011 και με μπλε χρώμα (θετικές τιμές) όπου είχαμε περισσότερη βλάστηση το 2011 σε σχέση με το 1984.



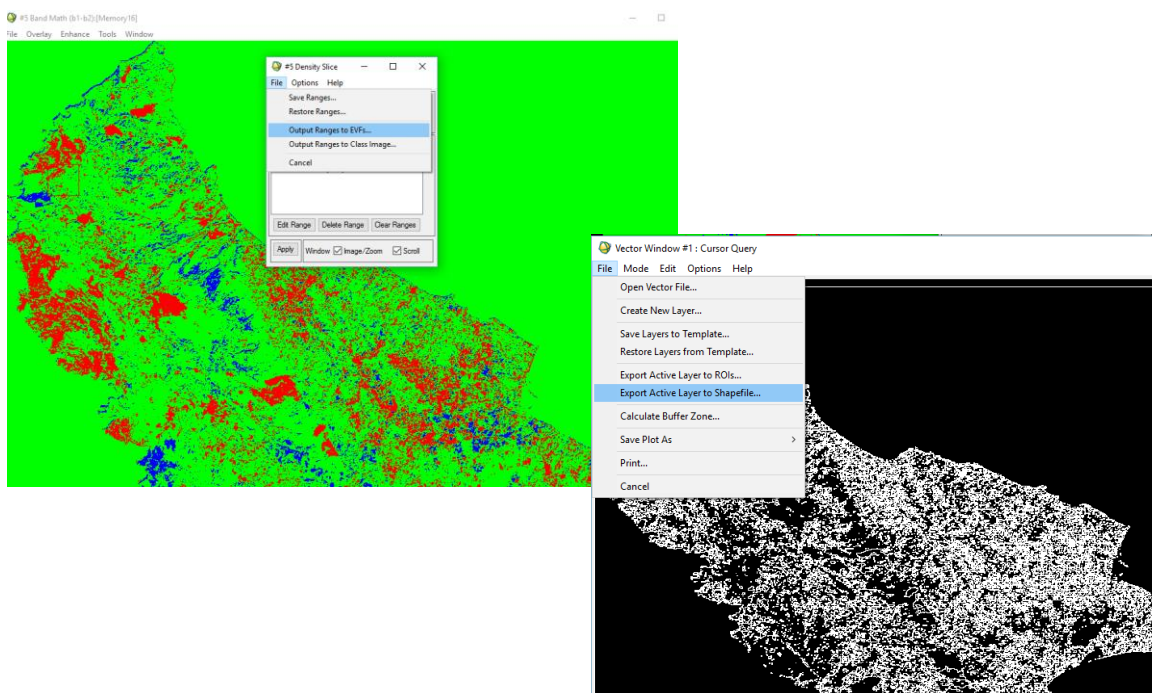
Βήμα 7: Μετατροπή της εικόνας αυτής σε Class image για υπολογισμό στατιστικών ανά κατηγορία

Μετατροπή των κλάσεων του Density Slice σε μορφή Class image (**Output Ranges to Class Image...**). Με βάση τη νέα εικόνα που έχει δημιουργηθεί (θα παρουσιάζεται στον Band List ως Band1). Με δεξί κλικ στην εικόνα επιλέγουμε Quick Stats και εμφανίζεται ο πίνακας με τα βασικά συστατικά, όπου τα 1,2 και 3 αντιστοιχούν στις παραπάνω κλάσεις.



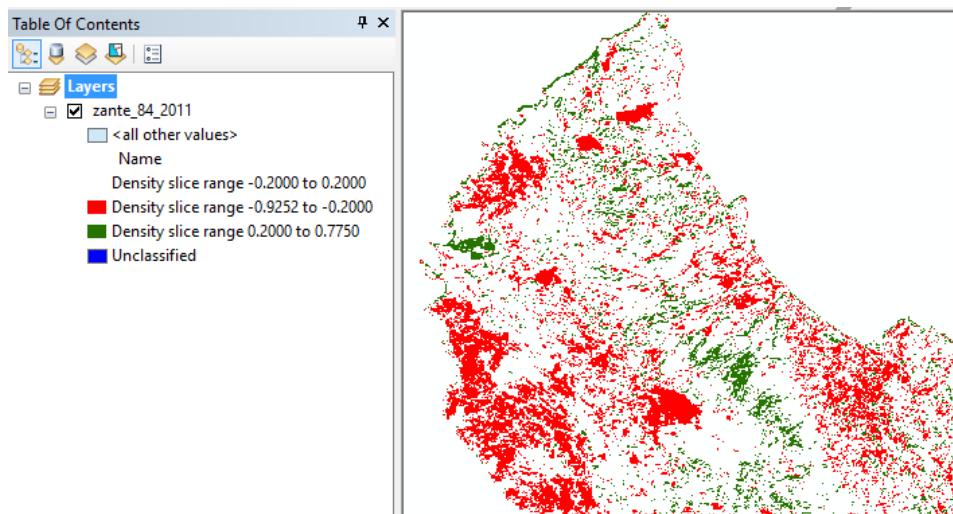
Βήμα 8: Μετατροπή της εικόνας αυτής σε διανυσματική μορφή

Μετατροπή των κλάσεων του Density Slice σε διανυσματική μορφή (**Output Ranges to EVFs...**) για εξαγωγή σε GIS εφαρμογή (αρχικά σε μορφή envf και μετά σε μορφή shp)..



Εναλλακτικά, μετατροπή των κλάσεων του Density Slice σε μορφή Class image (**Output Ranges to Class Image...**) και μετά το νέο αρχείο που έχει δημιουργηθεί (που περιλαμβάνει τις κλάσεις του Density Slice) με μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (σε ίσου αριθμού κλάσεων) παράγουμε ταξινομημένη εικόνα αλλαγών και εξαγωγή σε διανυσματική μορφή.

Με τον ένα ή τον άλλο τρόπο και αφού εισάγουμε το διανυσματικό αρχείο στο GIS μπορούμε να έχουμε το τελικό αποτέλεσμα για περαιτέρω αναλύσεις



**ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ**

Με βάση το νομό που σας έχει οριστεί,

1. Να χαρτογραφήσετε τις αλλαγές κάλυψης της βλάστησης (σε τριβάθμια κλίμακα) για τις χρονοσειρές

1985 -2011,

1995 - 2011

2005- 2011

Οι εικόνες να είναι καλοκαιρινές (από μέσα Ιουνίου ως μέσα Αυγούστου) από τον Landsat 5 και αν έχετε νέφωση στις χρονιές 1985, 1995, 2005 και 2011, διαλέξτε μία χρονιά κοντά σε αυτές.

Διαλέξτε τον καταλληλότερο δείκτη βλάστησης για το νομό σας (αυτός που δείχνει εντονότερες τις αλλαγές από γυμνό έδαφος σε πυκνή βλάστηση).

2. Παρουσιάστε τις αλλαγές αυτές σε διαγράμματα (με βάση την ποσοστιαία μεταβολή τους) συζητήστε τις παρατηρούμενες διαφορές. Σε ποια χρονοσειρά εμφανίστηκε η μεγαλύτερη αρνητική ή θετική μεταβολή της βλάστησης;

3. Παρουσιάστε σε πίνακα και διαγράμματα τις ετήσιες τιμές (1984, 1990, 2001, 2011) της μέση τιμής, τυπικής απόκλισης και μέγιστης τιμής για το δείκτη πουν διαλέξατε (πάλι με Quick Stats) και συζητήστε τα αποτελέσματα αυτά με βάση και τα προηγούμενα διαγράμματα.

Ραδιομετρική διόρθωση εικόνας και μετατροπή σε τιμές ανάκλασης

Πριν αναλύσουμε τα δεδομένα μιας εικόνας θα χρειαστεί να κάνουμε μια προ-επεξεργασία για την κανονικοποίηση των δεδομένων. Οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις είναι ένα απαραίτητο στάδιο στην προ-επεξεργασία των εικόνων (δηλαδή πριν την ταξινόμηση τους ή δημιουργία δεικτών). Οι βασικότεροι λόγοι είναι οι παρακάτω:

- Η μείωση της επίδρασης της ατμόσφαιρας στην καταγραμμένη ακτινοβολία
- Η δυνατότητα σύγκρισης διαχρονικών εικόνων και ειδικά αν έχουν ληφθεί και από διαφορετικά καταγραφικά συστήματα.

Οι βασικότερες τεχνικές είναι

- Η αφαίρεση του σκοτεινότερου εικονοστοιχείου (αν και πολλές φορές υποβαθμίζει παρά βελτιώνει την εικόνα)
- Η χρήση ατμοσφαιρικών μοντέλων
- Η μετατροπή των ψηφιακών τιμών DN της εικόνας, σε τιμές ακτινοβολίας (radiance) ή ανάκλασης (reflectance).

Εδώ θα ασχοληθούμε με την μετατροπή των ψηφιακών τιμών DN της εικόνας, σε τιμές ανάκλασης (reflectance).

Για να γίνει η διόρθωση των εικόνων θα πρέπει να δουλέψουμε με τις αρχικές εικόνες (όπως έχουν έρθει από το δορυφόρο). Για παράδειγμα, θα ανοίξουμε το αρχείο L5185034_03419870811_MTL που είναι εικόνα Landsat 5 με ημερομηνία λήψης 11/08/1987.

Όταν ανοίξει η εικόνα με τα μεταδεδομένα, δεν χρειάζεται να κάνουμε μηχανικά το Layer stacking για να ενώσουμε τις φασματικές ζώνες

Ποια είναι η διαφορά μεταξύ της ακτινοβολίας (radiance) και της ανάκλασης(reflectance);

Radiance είναι η μεταβλητή που μετράται απευθείας από τα όργανα τηλεπισκόπησης. Βασικά, μπορείτε να σκεφτείτε ότι η ακτινοβολία, είναι το πόσο φως το όργανο καταγραφής «βλέπει» από το αντικείμενο που παρατηρείται. Όταν κοιτάτε μέσα από μια ατμόσφαιρα, ένα μέρος του φωτός που σκεδάζεται από την ατμόσφαιρα, θα φανεί από το μέσο και περιλαμβάνεται στην παρατηρούμενη ακτινοβολία του στόχου. Μια ατμόσφαιρα θα απορροφήσει επίσης φως, το οποίο θα μειώσει την παρατηρούμενη ακτινοβολία. Radiance έχει πιο συχνά μονάδες watt / (στερακτίνο / τετραγωνικό μέτρο).

Reflectance είναι η αναλογία της ποσότητας του φωτός που διαφεύγει από ένα «στόχο» (R_s) σε σχέση με την ποσότητα του φωτός που προσκρούει στο στόχο (I). Δεν έχει μονάδες (παίρνει τιμές από 0 – 1). Αν όλη η ποσότητα τα φωτός που αφήνει το στόχο συντελεί στη μέτρηση της ανάκλασης, το αποτέλεσμα ονομάζεται «ημισφαιρική ανάκλαση».

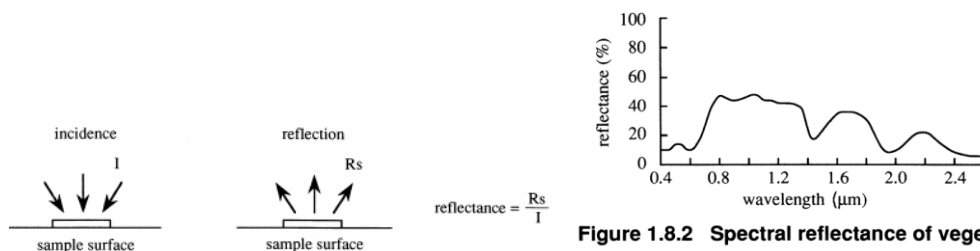


Figure 1.8.2 Spectral reflectance of vegetation

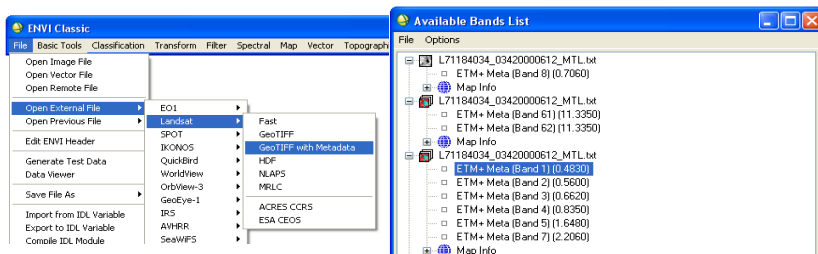
Η ανάκλαση (ή πιο συγκεκριμένα η ημισφαιρική ανάκλαση) είναι μία ιδιότητα του υλικού που παρατηρείται. Η ακτινοβολία, από την άλλη πλευρά, εξαρτάται από το φωτισμό (τόσο την ένταση και την κατεύθυνση του), το προσανατολισμό και τη θέση του στόχου καθώς και της διαδρομή του φωτός μέσα από την ατμόσφαιρα.

Για πολλές εφαρμογές, η ακτινοβολία και η ανάκλαση μπορεί να χρησιμοποιηθούν αμοιβαία. Ωστόσο, δεδομένου ότι η ανάκλαση είναι μια ιδιότητα του ίδιου του υλικού στόχου, παίρνουμε τις πιο αξιόπιστες (και επαναλαμβανόμενες) τιμές του δείκτη βλάστησης χρησιμοποιώντας τιμές ανάκλασης.

Η ανάκλαση είναι επαρκής σε πολλές περιπτώσεις.

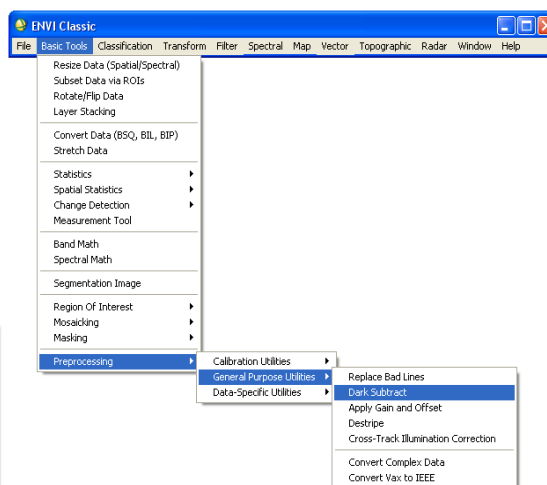
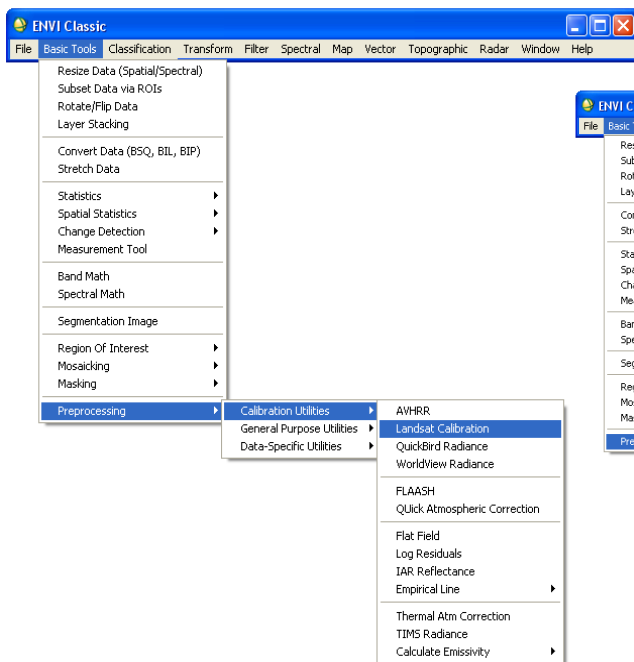
Οπότε από το βασικό μενού, αντί για GeoTiff, τώρα θα ανοίξουμε απλώς το αρχείο μεταδομένων (MTL) της εικόνας, χρησιμοποιώντας την εντολή GeoTIFF with Metadata.

Και ως θαύματος όλες οι μπάντες οργανωμένες εμφανίζονται στο μενού μας (εδώ εμφανίζεται εικόνα Landsat 7 με ημερομηνία λήψης 12/07/200).



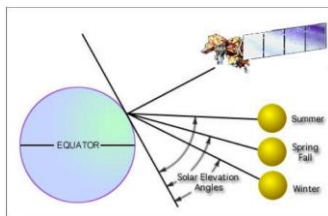
Τώρα γιατί παιδευόμαστε με μηχανική ένωση... Γιατί πάντα τα προγράμματα δεν διαβάζουν αυτόματα και χρειάζεται να ξέρουμε την μηχανική ένωση ζωνών στην τηλεπισκόπηση για πολλούς λόγους.

Αυτά που θα χρησιμοποιήσουμε σήμερα βρίσκονται στο βασικό μενού **Basic Tools > Preprocessing > Calibration Utilities ή General Purpose Utilities**



Ας ξεκινήσουμε από την μετατροπή των ψηφιακών τιμών σε τιμές ανάκλασης (*reflectance*). Στο βασικό μενού **Basic Tools > Preprocessing > Calibration Utilities** επιλέγουμε **Landsat calibration** και την εικόνα με τις 6 μπάντες. Παρότι υπάρχουν πολλά στατιστικά που υπολογίζονται στο υπόβαθρο, το πρόγραμμα (πολύ αυτοματοποιημένα) μας ρωτάει ΑΠΛΑ αν θέλουμε μετατροπή σε radiance ή reflectance. Εμείς επιλέγουμε **reflectance**.

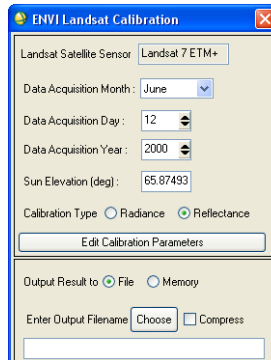
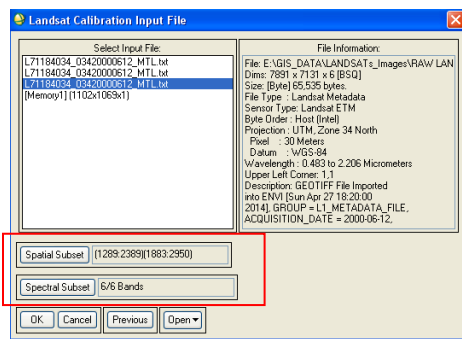
Βασικά η μετατροπή σε ανάκλαση είναι μια διαδικασία δύο σταδίων. Πρώτα γίνεται η μετατροπή των DNs σε τιμές ακτινοβολίας (Lλ) και στη συνέχεια γίνεται η μετατροπή των τιμών ακτινοβολίας σε τιμές ανάκλασης.



$$L_{\lambda} = ((LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}$$

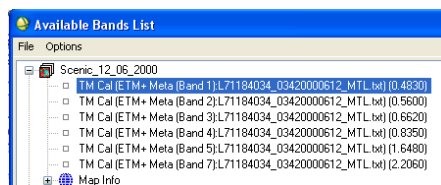
$$\text{Reflectance: } r_p = \frac{\pi * L_{\lambda} * d^2}{ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s}$$

Για κάθε σκηνή (εικόνα) θα πρέπει να γνωρίζουμε την απόσταση μεταξύ του ήλιου και της γης σε αστρονομικές μονάδες, την ημέρα του έτους (ημερομηνία του Ιουλιανού) που έγινε η λήψη, και η ηλιακή γωνία στο ζενίθ (όλα αυτά βρίσκονται στα μεταδεδομένα της εικόνας).



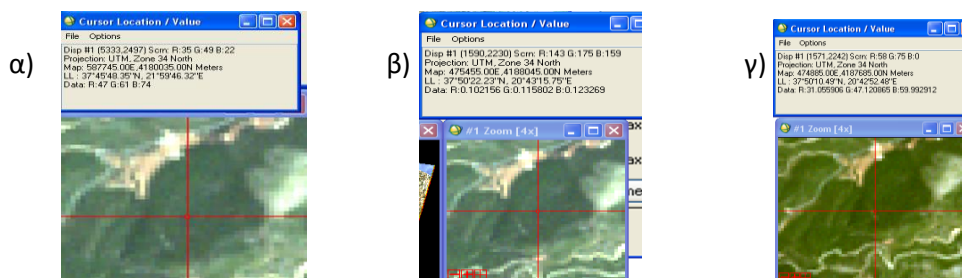
Επειδή η μετατροπή βασίζεται στις ελάχιστες και μέγιστες τιμές ακτινοβολίας ανά μπάντα, Lmin – Lmax, το πρόγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα μέσα από το **Edit Calibration Parameters** να τις τροποποιήσουμε με βάση την εικόνα μας (τα δεδομένα αυτά παρέχονται αυτόματα από τα μεταδεδομένα της εικόνας).

Band	Lmin	Lmax
(Band 1)	-6.200	191.600
(Band 2)	-6.400	196.500
(Band 3)	-5.000	152.900
(Band 4)	-5.100	241.100
(Band 5)	-1.000	31.060
(Band 7)	-0.350	10.800



Και έχει γίνει η μετατροπή.

Παρατηρείστε για το ίδιο σημείο που αρχικά (α) είχε τιμές στο RGB = 46, 61 και 74 (ψηφιακές τιμές 0 -255) η μετατροπή τους σε ανάκλαση (β) RGB = 0.102, 0.115 και 0.123 (ενώ αν είχαμε επιλέξει και ακτινοβολία θα είχαμε (γ) RGB = 31,05 G = 47,12 και B = 59,99).



Αφού γίνουν οι μετατροπές μας σε όλη την εικόνα, θα πρέπει να «κόψουμε» την περιοχή που μας ενδιαφέρει από τα υπόλοιπα. Γι' αυτό δεν υπάρχει αυτόματος τρόπος. Αλλά το έχουμε μάθει καλά. Εδώ δεν θα χρειαστεί μάσκα απλώς στα όρια της περιοχής (τα γνωστά ...σε παγκόσμιες συντεταγμένες) ως χωρική υπο-περιοχή (Subset Data via ROI). Το ξέρουμε έτσι??

