

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

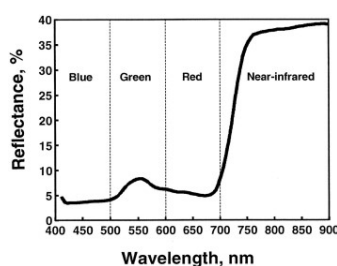
μορφής από -σε), αλλά μπορούν να αποτυπώσουν την πραγματικότητα χωρίς την παρέμβαση του χρήστη για ερμηνεία του τύπου κάλυψης. Παράλληλα, επειδή είναι ποσοτικές μεταβλητές μας παρέχουν τη δυνατότητα να αναγνωρίζουμε μεταβολές στα βιοφυσικά στοιχεία με μαθηματικά διαγράμματα (π.χ. καμπύλες αλλαγής).

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

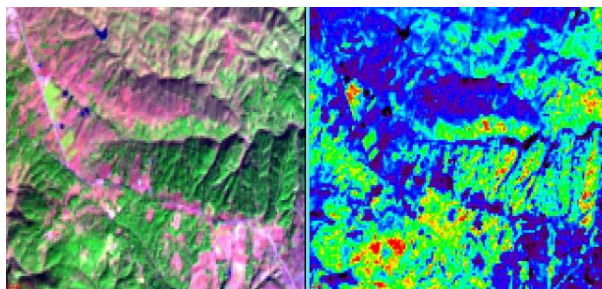
Η καταγραφή των αλλαγών στην κάλυψη γης χωρίς ταξινομικές εργασίες, βασίζεται στο μετασχηματισμό της δορυφορικής εικόνας (ουσιαστικά των φασματικών ζωνών της εικόνας) σε νέες φασματικές ζώνες, που είναι αποτέλεσμα πράξεων απλής άλγεβρας, αλλά αναδεικνύουν έντονα το φαινόμενο που μας ενδιαφέρει. Το πιο 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.



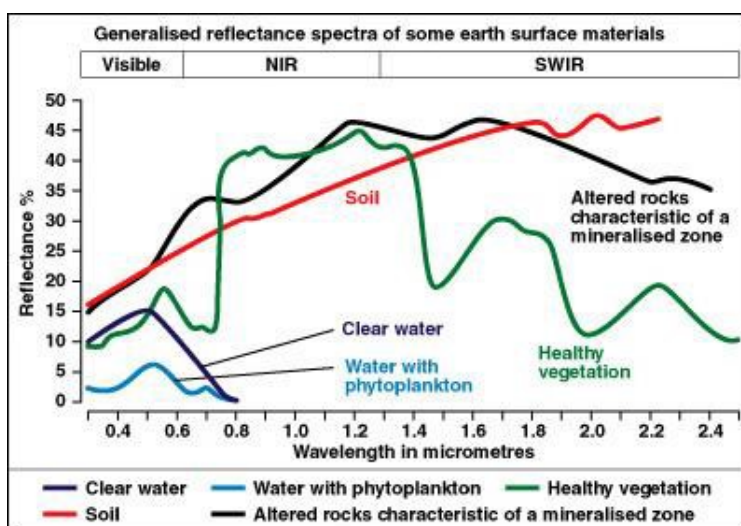
Διάγραμμα 1. Αντανάκλαση της βλάστησης σε τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

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).

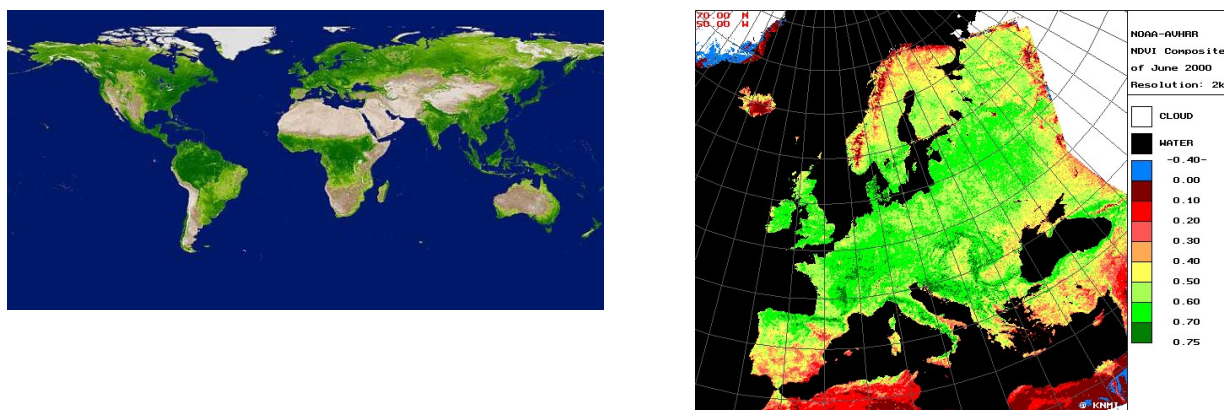
Το κάθε βιοφυσικό στοιχείο (π.χ. νερό, βλάστηση, γυμνό έδαφος) έχουν διαφορετική συμπεριφορά στη σχέση απορρόφηση - αντανάκλαση στο εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, **με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η διάκριση τους μέσα από την κατάλληλη δημιουργία φασματικών δεικτών** (Διάγραμμα 2).



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 εργαστήριο, 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.

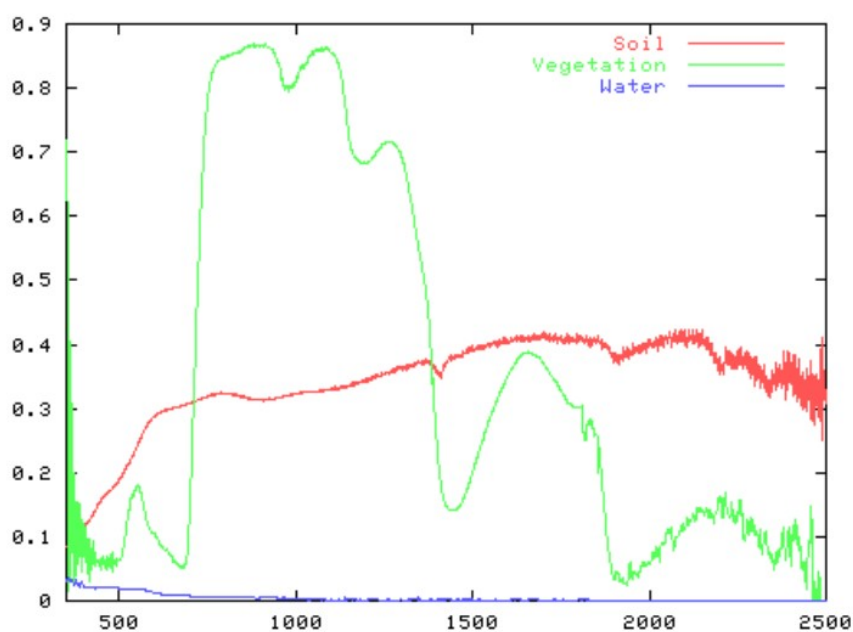
ΤΙ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΚΑΝΕΙ ΕΝΑΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ;

- 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, Borgan & 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, υγιή 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 χώμα 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.

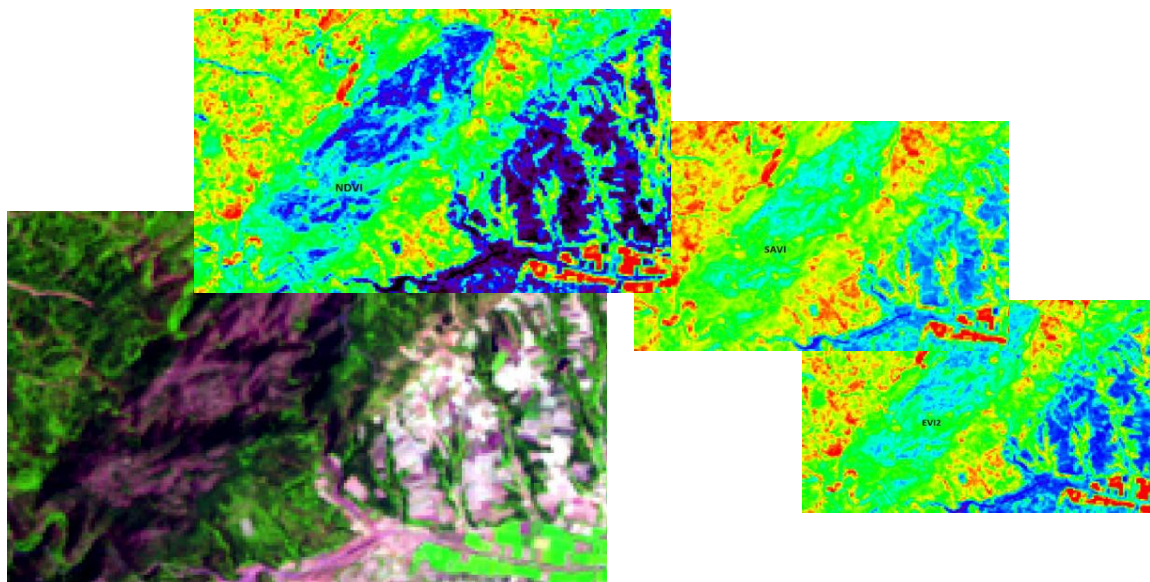
Υπολογίζεται από τον τύπο:

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

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 μερικώς δασοσκεπών εκτάσεων (Gao, 1996) αλλά και την πυκνωση των δασών.



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