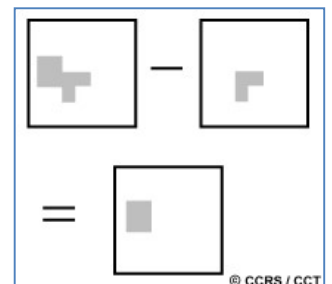


ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 3^ο (Μέρος 2): Μετασχηματισμοί - Διαχείριση πολλαπλών εικόνων – Δείκτες βλάστησης

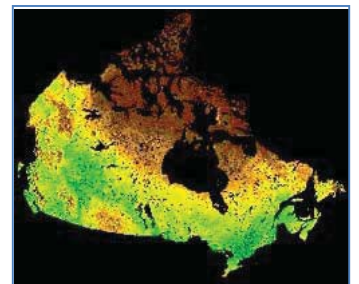
Μετασχηματισμοί Εικόνας

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.

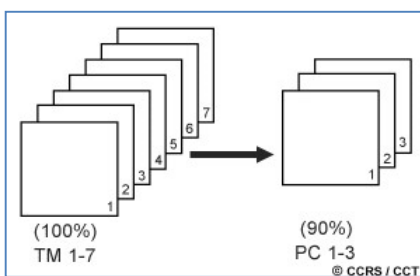
Οι βασικοί μετασχηματισμοί εικόνας εφαρμόζουν απλές αριθμητικές ενέργειες στα δεδομένα εικόνας. Η **αφαίρεση εικόνας (image subtraction)** συχνά χρησιμοποιείται για να προσδιοριστούν οι αλλαγές που έχουν επέλθει μεταξύ εικόνων που συλλέχτηκαν σε διαφορετικές ημερομηνίες. Τυπικά, δύο εικόνες που έχουν 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 (Α) μεταξύ των αρχικών εικόνων, θα έχουν συνακόλουθες τιμές φωτεινότητας γύρω στο 127 (μέσο-γκρι τόνοι), ενώ οι περιοχές αυτές όπου έχει επέλθει σημαντική μεταβολή (Β) 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 σκιηνές 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.

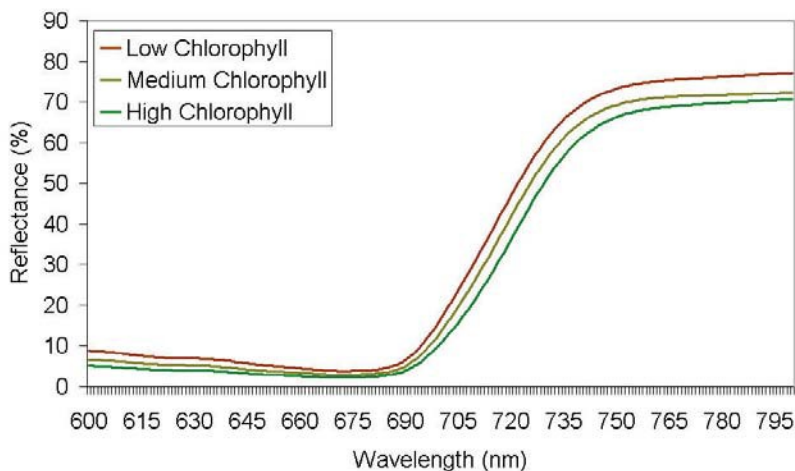


Οι διαφορετικές ζώνες των πολυφασματικών δεδομένων συχνά συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό και ως εκ τούτου περιέχουν παρόμοιες πληροφορίες. Για παράδειγμα, οι μπάντες 4 και 5 Landsat MSS (πράσινο και ερυθρό, αντίστοιχα) συνήθως έχουν παρόμοιες οπτικές εμφανίσεις καθώς οι ανακλαστικότητες για τους ίδιους 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 συμπίεση 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)

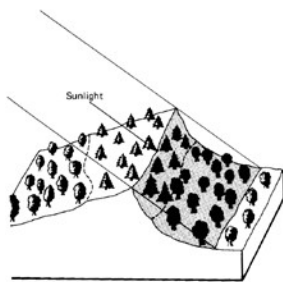
Η πρώτη φορά που η ανάκλαση στην κόκκινη και εγγύς υπέρυθρες περιοχές συνδυάστηκαν, ήταν στην μέτρηση του δείκτη φυλλώδους περιοχής index (**LAI**) σε δασικά δέντρα. Ο πρώτος αυτός δείκτης χρησιμοποίησε την αναλογία κοντινό υπέρυθρο προς κόκκινο (**NIR/RED**) και στη συνέχεια εφαρμόστηκε με τη χρήση 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, 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. 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/ Illumination	Digital Number		
	Band A	Band B	Ratio (Band A/Band B)
Deciduous Sunlit	48	50	0.96
Deciduous Shadow	18	19	0.95
Coniferous Sunlit	31	45	0.69
Coniferous 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 χρησιμεύουν:

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.

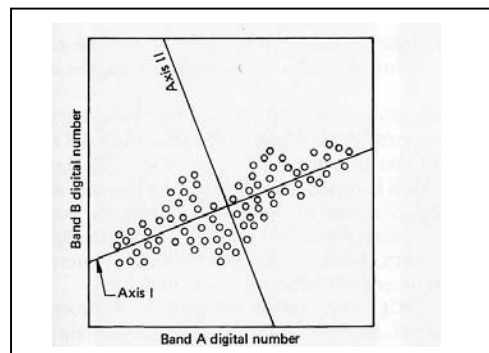
Ο μετασχηματισμός

$$\begin{aligned} DN_I &= a_{11}DN_A + a_{12}DN_B + a_{13}DN_C + a_{14}DN_D \\ DN_{II} &= a_{21}DN_A + a_{22}DN_B + a_{23}DN_C + a_{24}DN_D \\ DN_{III} &= a_{31}DN_A + a_{32}DN_B + a_{33}DN_C + a_{34}DN_D \\ DN_{IV} &= a_{41}DN_A + a_{42}DN_B + a_{43}DN_C + a_{44}DN_D \end{aligned}$$

$DN_I, - DN_{IV}, - DN_s$ οι νέες εικόνες

$DN_A, - DN_D$ - DN_s οι αρχικές εικόνες

$a_{11}, a_{12}, \dots, a_{44}$ – 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.