
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Corso di Laurea Magistrale in Scienze Forestali e Ambientali

Corso di
Telerilevamento e Sistemi Informativi Territoriali

Gli Indici e trasformazione delle bande
Indici Vegetazionali
Indici per immagini Iper-Spettrali
NDVI
Tasseled Cap

Docente del Corso:
Francesco Pirotti PhD

Sommario

Sommario	1
1 Indici e Trasformazioni delle Bande.....	2
1.1 Indici legati allo stato della vegetazione.....	4
1.1.1 Simple Ratio Index (SRI):.....	5
1.1.2 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI):	5
1.1.3 Enhanced Vegetation Index (EVI):	5
1.1.4 Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI)	6
1.1.5 Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI).....	6
1.1.6 Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI)	6
1.1.7 Modified Soil Adjusted Vegetation Index v2 (MSAVI2).....	7
1.1.8 Moisture Stress Index (MSI) –	7
1.1.9 Normalized Difference Water Index (NDWI).....	8
1.1.10 Normalized Burn Ratio (NBR).....	8
1.2 Indici per immagini iper-spettrali	9
1.2.1 Sum Green Index (SG)	9
1.2.2 Narrowband Greenness (NG)	9
1.2.3 Normalized Difference Vegetation Index del "red-edge" (NDVI705).....	9
1.2.4 Modified Red-Edge Simple Ratio Index (mSR705)	10
1.2.5 Modified Red-Edge Normalized Difference Vegetation Index (mNDVI705) ...	10
1.2.6 Indice Vogelmann Red-Edge -1 (VOG1).....	11
1.3 Normalized Difference Vegetation Index – NDVI - EXTRA.....	11
1.4 Trasformazione Tasseled Cap.....	14

1 Indici e Trasformazioni delle Bande

Gli indici e le trasformazioni sono delle operazioni matematiche che mettono in relazione tra loro le bande dell'immagine seguendo delle funzioni matematiche. Queste operazioni risultano in una nuova "banda" con i valori risultanti dalle operazioni; questi nuovi valori numerici sono legati a caratteristiche o fenomeni che si vogliono studiare – un esempio nel prossimo paragrafo. Il valore numerico è quindi correlato direttamente o inversamente al fenomeno. Un'altra caratteristica è quella di riassumere delle informazioni che si trovano su più bande su un'unica banda.

Ci sono moltissime combinazioni / indici che mettono in evidenza fenomeni diversi – il sito <http://www.indexdatabase.de/db/i.php> ne fornisce moltissimi ed è un ottimo riferimento. In seguito trovate una lista degli indici più importanti, con un collegamento alla pagina web dedicata.

L'esempio più semplice e immediato è quello degli indici che sfruttano la differente risposta spettrale nell'ambito della banda corrispondente al rosso ed all'infrarosso vicino (NIR) a seconda dello stato vegetativo (vedi Figura 1 – **NOTA BENE** il salto di riflettanza che si vede passando dal rosso all'infrarosso per la vegetazione sana viene definito **RED EDGE**, ovvero "margine nel rosso") – e.g. SVI, NDVI e varianti. Per mettere in evidenza quali zone nell'immagine sono in buono stato vegetativo o meno si utilizza un indice che viene calcolato dalla banda del rosso e dell'infrarosso.

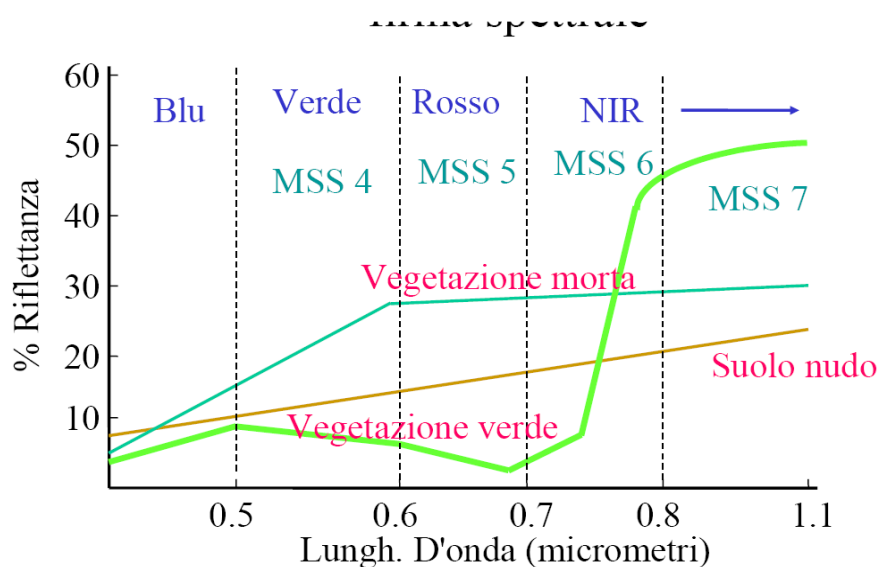


Figura 1: Differenza tra firme spettrali della vegetazione in stati diversi e del suolo nudo (assenza di vegetazione). Notare – il salto passando da rosso a infrarosso della vegetazione verde è chiamato "RED EDGE" ovvero "margine nel rosso"

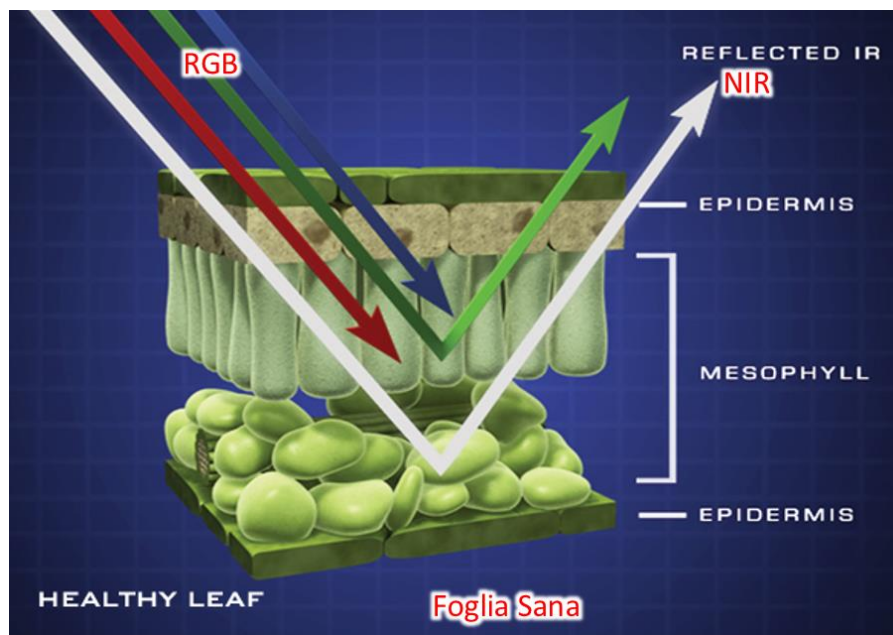


Figura 2: riflettanza e anatomia fogliare – FONTE: Jeff Carns, NASA

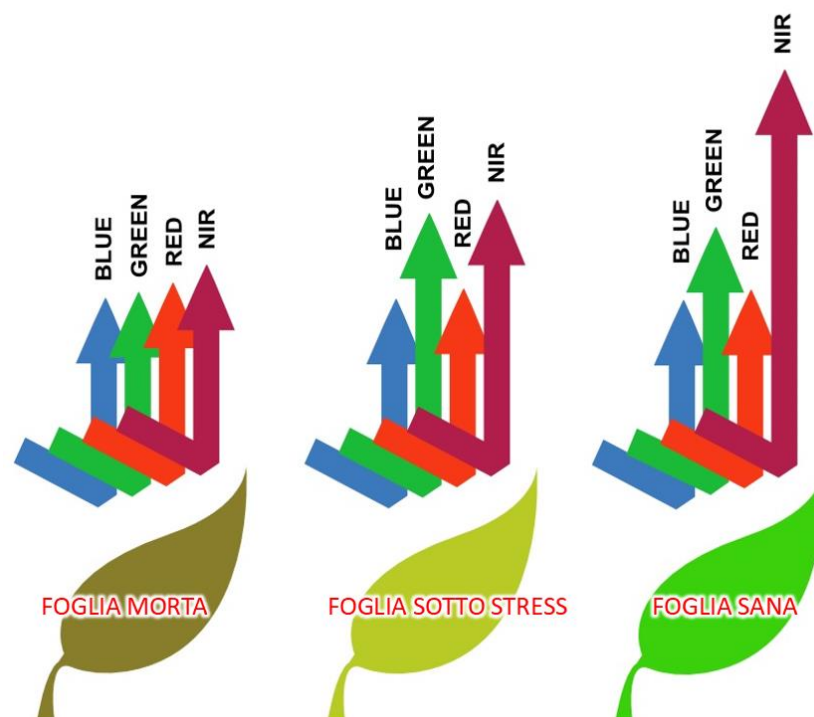


Figura 3: Confronto schematico tra foglie sotto stress, morte e sane con riflettanza colori VIS e NIR. Fonte: <http://physicsopenlab.org>

L'indice fornisce un valore di lettura immediata, in quanto chi legge il valore dell'indice vede subito quali zone hanno problemi di stress vegetativo, mentre sarebbe invece difficoltoso

valutare tale caratteristica guardando l'immagine caricando le bande dell'infrarosso e del rosso separatamente.

Alcuni indici illustrati in seguito hanno il numero della banda corrispondente ad un determinato satellite/sensore, quindi ad una lunghezza d'onda necessaria per il calcolo preciso dell'indice usando quel determinato sensore. Per calcolo preciso si intende l'utilizzo della lunghezza d'onda adeguata; infatti alcuni indici indicano di usare la banda corrispondente al rosso visibile, ma alcuni sensori, cosiddetti iper-spettrali, hanno anche dieci bande che ricadono all'interno della finestra del rosso. Per alcuni sensori quindi l'indice viene formulato utilizzando il numero preciso della banda da utilizzare come illustrato sotto.

1.1 Indici legati allo stato della vegetazione

In seguito vengono elencati diversi indici utilizzabili con le bande disponibili nei vari satelliti; sono indici legati direttamente o indirettamente alla vegetazione, ovvero che evidenziano informazioni su di essa. Genericamente un indice dovrebbe avere le seguenti caratteristiche:

- massimizzare la sensibilità ad alcune proprietà delle superfici (ad esempio della copertura fogliare). Idealmente, la risposta spettrale (firma spettrale) dovrebbe cambiare in modo lineare tra le diverse condizioni delle superfici riflettenti;
- normalizzare o ridurre gli effetti dovuti all'angolo di irraggiamento del sole, all'angolo di orientamento dell'ottica rispetto alla superficie, alle condizioni atmosferiche, alla topografia, rumore interno dell'ottica, ecc, per consentire una coerenza geo-spaziale e confronti temporali;
- essere collegato a fenomeni specifici e misurabili (e.g. LAI, biomassa, APAR) - cioè essere correlato ad un parametro o processo misurabili.

Nelle formule seguenti vengono indicate quali bande utilizzare specificando o la lunghezza d'onda oppure le seguenti corrispondenze:

MIR/SWIR=Middle InfraRed – banda infrarosso medio intorno a 1600nm - da 1300nm a 2500nm

NIR=Near InfraRed – banda infrarosso vicino - intorno a 810nm - da 705nm a 1300nm

RED|GREEN|BLUE = banda del rosso, verde e blu rispettivamente.

1.1.1 Simple Ratio Index (SRI):

<http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=227>

L'indice SRI è spesso usato in quanto immediato e di semplice calcolo. È descritto come il rapporto di luce che viene riflessa nella banda NIR a quella che banda del RED. Evidenzia quindi il "red-edge" (vedi Figura 1). Non essendo un indice normalizzato come quelli successivi, non è direttamente paragonabile tra immagini diverse, in quanto l'effetto dell'esposizione all'irraggiamento solare (o al contrario l'ombreggiamento) ne modifica i valori in modo maggiore rispetto a quelli normalizzati.

$$SVI = \frac{RED}{NIR}$$

L'intervallo di valori varia da 0 a più di 30, dove la vegetazione sana generalmente compresa tra valori da 2 a 8. (Rondeaux et al. 1996; Wang 2000).

Ci sono moltissime varianti del Simple Ratio Index. – vedere il link

<http://www.indexdatabase.de/db/i.php>

1.1.2 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI):

<http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=58>

L'indice più noto legato alla vegetazione. [Clicca qui per andare direttamente al capitolo dedicato](#) - (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI).

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

1.1.3 Enhanced Vegetation Index (EVI):

<http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=16>

Nelle zone con chioma densa dove l'indice di area fogliare (LAI) è alto, i risultati di un NDVI possono essere ottimizzati utilizzando le informazioni nella lunghezza d'onda (banda) del BLU. Le informazioni contenute in questa banda possono aiutare a correggere i disturbi dovuti alla riflettanza dal suolo e dalle influenze atmosferiche.

$$EVI = 2.5 * \left[\frac{(NIR - RED)}{(NIR + 6 * RED - 7.5 * BLUE + 1)} \right]$$

L'intervallo di valori per l'EVI è -1 a 1, dove la vegetazione sana generalmente è compresa tra i valori di 0.20-0.80.

1.1.4 Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI)

<http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=4>

Il ARVI è un miglioramento al NDVI relativamente resistente alla riflettanza da agenti atmosferici, come l'aerosol (pulviscolo). Funziona utilizzando misure di riflettanza nelle lunghezze d'onda del BLU per correggere gli effetti di scattering atmosferici che si registrano nello spettro di riflettanza del ROSSO. Il ARVI è più utile in regioni ad alto contenuto di aerosol atmosferico.

$$ARVI = \frac{NIR - (2 * RED - BLU)}{NIR + (2 * RED - BLU)}$$

L'intervallo di valori per ARVI è -1 a 1, dove il verde della vegetazione in genere si trova tra i valori di 0.20 - 0.880.

1.1.5 Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

<http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=87>

Una versione modificata di NDVI per bilanciare e minimizzare il disturbo dovuto al terreno (SAVI), Huete (1988) ha definito SAVI come:

$$SAVI = \frac{(NIR - RED) * (1 + L)}{NIR + RED + L}$$

Dove **L** è un fattore di regolazione del suolo (vegetazione bassa = 0 e vegetazione alta = 1), solitamente impostato su **0,5** costante. Esistono diverse versioni di SAVI (vedi i seguenti MSAVI e MASAVI2), in cui il valore di L è stato derivato mediante procedure più complesse oppure il optimized soil adjusted vegetation index (OSAVI), proposto by Rondeaux et al. (1996) dove L ha valore di 0.16.

1.1.6 Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI)

<http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=87>

$$MSAVI = \frac{(NIR - RED) * (1 + L)}{NIR + RED + L}$$

dove

$$L = 1 - \frac{2 * s * (NIR - RED) * (NIR - s * RED)}{NIR + RED}$$

Dove s è la pendenza della "linea del suolo" o "soil line" (vedi Figura 4) ovvero la linea che si stima separi la vegetazione dal suolo (vedi appunto figura seguente).

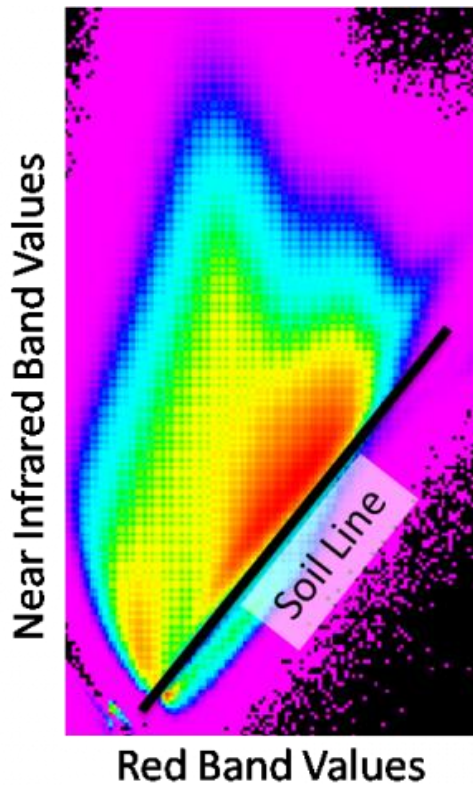


Figura 4 - grafico dispersione del valore, per ogni pixel nell'immagine, nella banda del ROSSO (X) e INFRAROSSO (Y); da blu a colore rosso indica il numero di pixel con quella combinazione di valori. Questo spazio 2D si chiama anche "feature space" o "spectral space"

1.1.7 Modified Soil Adjusted Vegetation Index v2 (MSAVI2)

<http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=87>

Qi et al. (1994b) ha modificato la formula di MSAVI, mediante formule ricorsive, per ottenere una formula ottimale che elimina la necessità di calcolare la "s".

$$MSAVI2 = \frac{\left(2 * NIR + 1 - \sqrt{(2 * NIR + 1)^2 - 8 * (NIR - RED)}\right)}{2}$$

1.1.8 Moisture Stress Index (MSI) –

<http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=48>

Questo indice è una misura sensibile all'aumento del contenuto di acqua delle foglie nella chioma. All'aumentare del contenuto di acqua nelle foglie, aumenta l'assorbimento della

EEM alla lunghezza d'onda di 1599 nm (MIR – *middle infra red* – infrarosso medio). L'assorbimento intorno alla lunghezza d'onda di 819 nm (NIR) rimane praticamente inalterato, viene quindi utilizzato come riferimento. Le applicazioni includono l'analisi dello stress della vegetazione (chiome), la previsione della produttività e la modellazione, la valutazione di predisposizione al fuoco (pericolo incendi), ed a studi sulla fisiologia della vegetazione. **Valori più elevati di MSI indicano un maggiore stress idrico e meno contenuto di acqua; infatti più acqua più assorbimento della EEM MIR che viene quindi meno riflessa.**

$$MSI = \frac{MIR}{NIR}$$

NIR = 819 nm; MIR = 1599 nm

1.1.9 Normalized Difference Water Index (NDWI)

<http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=401>

McFeeters, S. K. (1996) è come il NDVI ma con la banda del verde invece del rosso. Valori alti e positivi indicano acqua. Viene quindi utilizzato per identificare le zone di inondazione.

$$NDWI = \frac{(NIR - GREEN)}{(NIR + GREEN)}$$

1.1.10 Normalized Burn Ratio (NBR)

<http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=53>

Questo indice è come il NDVI ma utilizza l'infrarosso vicino (NIR) ed il medio infrarosso (MIR); in particolare è stato definito mediante utilizzo del Landsat 7 quindi nella formula sotto vengono in pedice riportate le bande corrispondenti, ovvero la 4 e la 7 rispettivamente.

$$NBR = \frac{(NIR_4 - MIR_7)}{(NIR_4 + MIR_7)}$$

dNBR (differenza NBR) = NBR(pre-incendio) – NBR(post-incendio)

dNBR	gravità incendio
<-0.25	alto tasso di rinnovazione post-incendio
-0.25 a -0.1	basso tasso di rinnovazione post-incendio
-0.1 a +0.1	incombusto
0,1 a 0,27	bassa gravità

0,27 a 0,44	gravità moderata-bassa
0,44 a 0,66	gravità moderata-elevata
> 0.66	elevato impatto dell'incendio

1.2 Indici per immagini iper-spetttrali

1.2.1 Sum Green Index (SG)

SG è generalmente utilizzato per rilevare i cambiamenti della vegetazione al verde. Ciò è utile per rilevare disturbi in foresta perché è altamente sensibile a piccole variazioni di apertura (gaps) nelle chiome.

SG è la **media di tutte le bande con riflettanza nella porzione dello spettro da 500 nm a 600 nm**. Tale somma viene quindi normalizzata per il numero di bande per convertire nuovamente alle unità di riflettanza. Il valore di questo indice varia da 0 a più di 50 (in unità di riflettanza in %). La gamma comune per il verde della vegetazione è di 10 a 25 per cento di riflessione. Viene utilizzato maggiormente su immagini iper-spetttrali.

1.2.2 Narrowband Greenness (NG)

L'indice NG fornisce una misura della quantità complessiva e della qualità del materiale fotosintetico nella vegetazione. Utilizza i valori di riflettanza nelle regioni RED e vicino-infrarosso (NIR) per "campionare" il "red-edge" ovvero la porzione di spettro elettromagnetico tra il RED ed il NIR. Il "red-edge" è un nome usato per descrivere la regione della curva di riflettanza della vegetazione tra 690nm e 740nm dovuta al passaggio dall'assorbimento del rosso da parte della clorofilla alla dispersione del NIR della foglia. La riflettanza nel NIR consente di stimare la quantità totale di materiale verde nell'area campionata (pixel). Gli indici NG sono misure sofisticate di quantità e del vigore della vegetazione verde. Questi indici sono più sensibili degli altri alle piccole variazioni di salute della vegetazione, in particolare in condizioni di alta densità fogliare nella chioma. Le NG sono destinate all'uso con immagini ad **alta risoluzione spettrale**, come quella acquisita da sensori iper-spetttrali.

1.2.3 Normalized Difference Vegetation Index del "red-edge" (NDVI705)

Il NDVI705 è una modifica del NDVI. Questo indice è stato progettato in particolare per essere utilizzato con i dati di risoluzione spettrale molto elevate, come ad esempio i dati provenienti da sensori iper-spetttrali. Il NDVI705 differisce dal NDVI utilizzando fasce lungo il bordo rosso, invece dei principali assorbimento e riflettanza picchi. Il NDVI705 sfrutta la

sensibilità del red-edge per identificare le piccole differenze nella composizione della chioma, presenza di gaps, e parti in senescenza. Le applicazioni includono l'agricoltura di precisione, il monitoraggio delle foreste, e la rilevazione di stress della vegetazione.

$$NDVI_{705} = \frac{(750nm - 705nm)}{(750nm + 705nm)}$$

I valori di questo indice variano da -1 a 1, comunemente per il verde della vegetazione tra i valori di 0.2-0.9.

1.2.4 Modified Red-Edge Simple Ratio Index (mSR705)

Il mSR705 è una modifica del tradizionale indice SRI - Simple Ratio Index (SRI): incorpora una correzione per la riflessione speculare della foglia. Il mSR705 sfrutta la sensibilità del red-edge per identificare le piccole differenze nella composizione della chioma, presenza di gaps, e parti in senescenza. Le applicazioni includono l'agricoltura di precisione, il monitoraggio delle foreste, e la rilevazione di stress della vegetazione.

$$mSR705 = \frac{(750nm - 445nm)}{(705nm - 445nm)}$$

I valori di questo indice variano da 0 a 30, per vegetazione tra i valori da 2 a 8.

1.2.5 Modified Red-Edge Normalized Difference Vegetation Index (mNDVI705)

Il mNDVI705 è una modifica del NDVI705; incorpora una correzione per la riflessione speculare della foglia. Il mNDVI705 sfrutta sensibilità del bordo rosso vegetazione per piccole variazioni contenuto fogliame, frazione gap, e senescenza. Le applicazioni includono l'agricoltura di precisione, monitoraggio delle foreste, e la rilevazione di stress della vegetazione.

$$mNDVI705 = \frac{(750nm - 705nm)}{(750nm + 705nm - 2 * 445nm)}$$

I valori di questo indice variano da -1 a 1, per vegetazione tra i valori tra 0.2 e 0.7.

1.2.6 Indice Vogelmann Red-Edge -1 (VOG1)

Il VOG1 è sensibile agli effetti combinati di concentrazione di clorofilla nella chioma, l'area fogliare, ed il contenuto di acqua nelle foglie. Le applicazioni includono lo studio degli stadi fenologici (crescita della vegetazione), l'agricoltura di precisione, e la produttività della vegetazione.

$$VOG1 = \frac{740nm}{720nm}$$

I valori di questo indice variano da 0 a 20, per vegetazione tra i valori tra 4 a 8.

1.3 Normalized Difference Vegetation Index – NDVI - EXTRA

L'NDVI è un indice che fornisce un metodo standardizzato di confronto della vegetazione tra sensori diversi. E' stata testata positivamente la sua capacità nel misurare l'attività fotosintetica, le variazioni inter- stagionali ed annuali della copertura fogliare, monitorare la fenologia fogliare, e nel fornire informazioni sulla produttività forestale (biomassa). La formula per calcolare NDVI è il seguente:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Ogni sensore ha designato bande diverse per coprire quelle lunghezze d'onda, negli schemi seguenti alcuni esempi di sensori comuni e delle rispettive bande utilizzate per calcolare l'indice NDVI:

Le bande specifiche che possono essere utilizzate per calcolare il NDVI in funzione del sensore possono essere trovate al seguente link: <http://www.indexdatabase.de/db/i-single.php?id=58>

I valori dell'indice può variare da -1,0 a 1,0, ma la vegetazione tipicamente avrà valori compresi tra 0,1 e 0,8.(maggiore di 0.2 per vegetazione in buono stato). Valori più elevati sono associati a più elevati livelli di copertura vegetale sana.

L'indice NDVI può essere utilizzato come **indicatore di biomassa relativa**. Se esistono sufficienti dati a terra, l'NDVI può essere usato per calcolare e prevedere l'aumento di biomassa nel tempo, la specie arborea dominante, e i tassi di incidenza del pascolo. L'indice

è inoltre altamente correlato con le variabili climatiche, come ad esempio le precipitazioni ed il grado di umidità del suolo.

Sotto viene riportato un grafico che illustra il grado di correlazione del NDVI (asse Y) con la biomassa (asse X). ATTENZIONE CHE LA FORMULA mette in relazione il NDVI in funzione della biomassa. Se noi vogliamo stimare la biomassa usando il valore di NDVI dobbiamo risolvere l'equazione contraria. **La formula risolta per la biomassa in funzione del NDVI è la seguente:**

$$\text{biomassa} = (\ln(0.7 - \text{NDVI}) + 0.4207) / -0.003$$

valida per valori di NDVI minori di 0.7 (altrimenti viene un valore di zero o negativo e non è valida la funzione \ln)

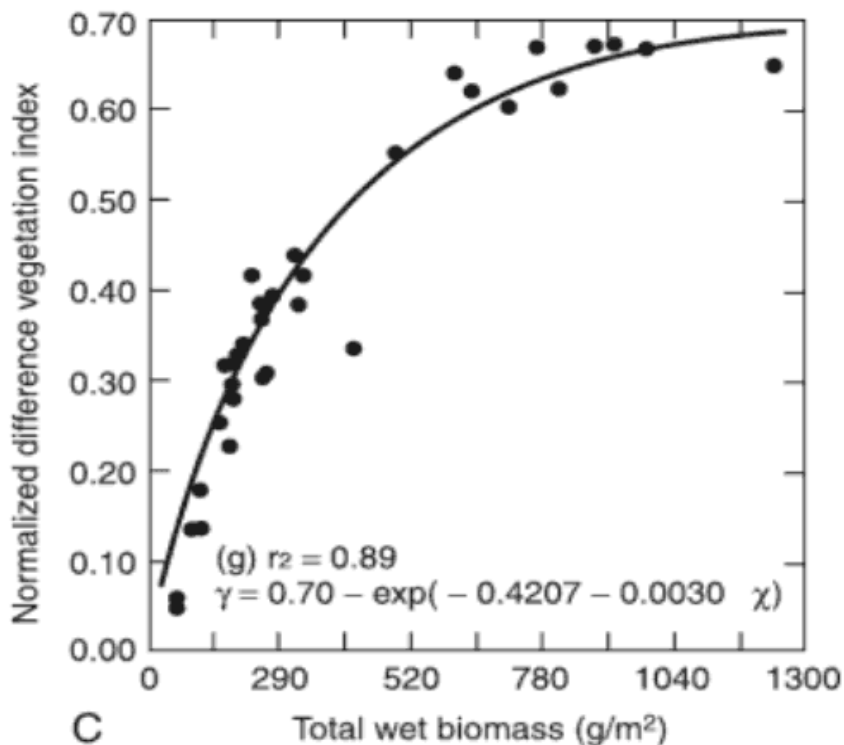


Figura 5 - grado di correlazione del NDVI (asse Y) con la biomassa (asse X) – vedi testo sopra per la formula risolta per biomassa in funzione del valore NDVI

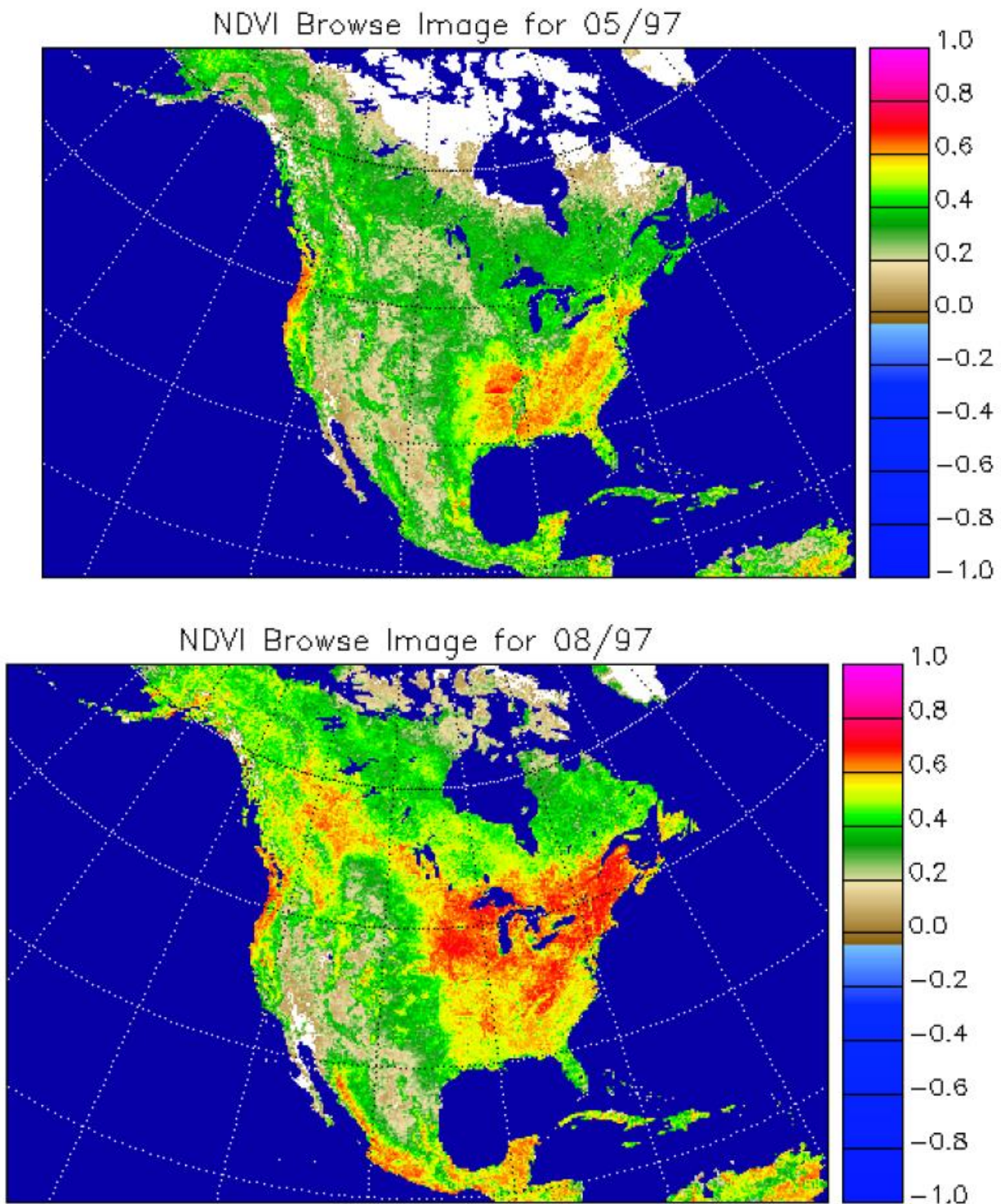


Figura 6 - Valori di NDVI tra maggio (sopra) e agosto (sotto)

1.4 Trasformazione Tasseled Cap

Anche chiamata di *Kauth and Thomas* dal nome degli autori, è un metodo che trasforma gli assi assegnando **pesi variabili alle bande utilizzate**. In altre parole si creano delle bande dal risultato dell'applicazione di una formula che prende i valori delle bande originali e le somma pesandole diversamente. Il peso dipende dalla lunghezza d'onda corrispondente alla banda.

La trasformazione produce quattro nuove bande che rappresentano:

- Luminosità suolo (Soil Brightness index - SBI)
- Indice Vegetazione (Green Vegetation index - GVI)
- Indice Materiale al Giallo (Yellow Stuff index - YVI)
- Indice "nulla di quanto sopra" (Non-such index – NSI)

PESI ASSEGNATI PER LA TRASFORMAZIONE TASSELED CAP SUI DATI LANDSAT SENSORE MSS				
Bande nuove	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
Brightness (Luminosità)	0.433	0.632	0.586	0.264
Greenness (Vegetazione)	-0.290	-0.562	0.600	0.491
Yellowness (Maturazione)	-0.829	0.522	-0.039	0.194
"Non-such" (nessuna)	0.223	0.012	-0.543	0.810

PESI ASSEGNATI PER LA TRASFORMAZIONE TASSELED CAP SUI DATI LANDSAT SENSORE TM						
Bande nuove	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 7
Brightness (Luminosità)	0.3037	0.2793	0.4343	0.5585	0.5082	0.1863
Greenness (Vegetazione)	-0.2848	-0.2435	-0.5436	0.7243	0.0840	-0.1800
Wetness (Umidità)	0.1509	0.1793	0.3299	0.3406	-0.7112	-0.4572

Figura 7 – Fattori moltiplicativi per ogni banda nei sensori MSS e TM del Landsat (4/5) per la trasformata di Kauth Thomas.

Dalle tabelle sopra si evince quindi che se volessi applicare la trasformazione di Kauth Thomas e avessi un'immagine Landsat con le bande del sensore MSS (prima tabella) allora devo eseguire i seguenti calcoli per ottenere le mie nuove quattro bande

– Luminosità suolo

$$B1 \times (0.433) + B2 \times (0.632) + B3 \times (0.586) + B4 \times (0.264)$$

– Indice Vegetazione (Greenness)

$$B1 \times (-0.29) + B2 \times (-0.562) + B3 \times (0.6) + B4 \times (0.491)$$

etc...

Si può dire che ogni banda viene "pesata" diversamente a seconda della nuova banda che si sta creando, ad esempio nel caso del secondo calcolo (Indice di Vegetazione Greenness) la banda 2 viene pesata diverse volte meno rispetto alle altre tre (la si moltiplica per un numero addirittura negativo).

Come per l'indice di vegetazione anche in questo caso si vede come sensori specifici abbiano indicazioni specifiche sul peso da assegnare ad ogni banda. Esiste ovviamente anche la trasformazione generica, che viene applicata avendo bande corrispondenti alle lunghezze d'onda necessarie (più o meno corrispondenti a quelle in tabella).

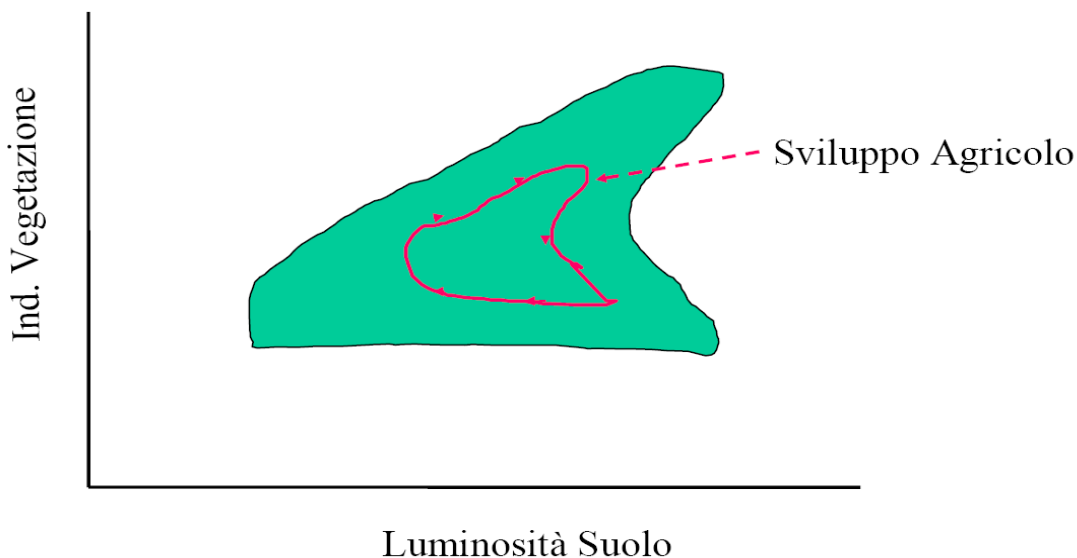


Figura 8 - Prime due bande di Kauth Thomas plottate. L'area indica le variazioni dovute alla maturazione delle coltivazioni

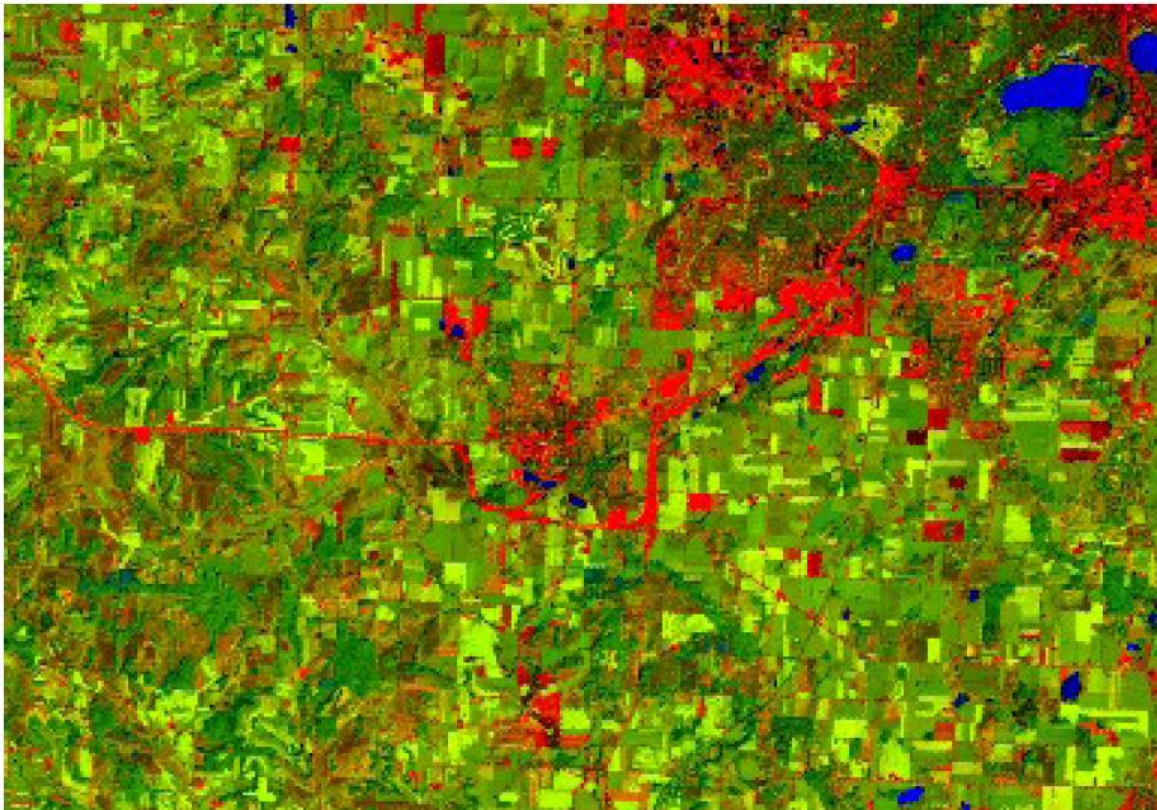


Figura 9 - esempio del risultato della trasformazione Tasseled Cap. In rosso le zone prive di vegetazione, in verde quelle in diverse fasi di sviluppo vegetativo

NOTA: Per il **Landsat 8 (OLI)** i coefficienti sono stati calcolati in articoli recenti: gratuitamente scaricabile il seguente articolo (in inglese) dal link <http://www.mdpi.com/2072-4292/8/1/38>

Li, B., Ti, C., Zhao, Y., & Yan, X. (2016). Estimating Soil Moisture with Landsat Data and Its Application in Extracting the Spatial Distribution of Winter Flooded Paddies. *Remote Sensing*, 8(1), 38.

con la seguente tabella dei coefficienti

Table 4. TCT coefficients for Landsat 8 OLI at-satellite reflectance.

	Index	Coastal Aerosol	Blue	Green	Red	NIR	SWIR1	SWIR2
Baig <i>et al.</i>	Brightness		0.3029	0.2786	0.4733	0.5599	0.5080	0.1872
	Greenness	/	-0.2941	-0.2430	-0.5424	0.7276	0.0713	-0.1608
	Wetness		0.1511	0.1973	0.3283	0.3407	-0.7117	-0.4559
This study	Brightness	0.2540	0.3037	0.3608	0.3564	0.7084	0.2358	0.1691
	Greenness	-0.2578	-0.3064	-0.3300	-0.4325	0.6860	-0.0383	-0.2674
	Wetness	0.1877	0.2097	0.2038	0.1017	0.0685	-0.7460	-0.5548

Note: The Coastal aerosol band is a newly added band in Landsat 8 OLI sensor used for coastal and aerosol studies.