

Relazione Telerilevamento

Fossari Francesco 0124002327

Università degli Studi di Napoli “Parthenope”

Anno Accademico 2023-2024

Area Osservata

L'area presa in considerazione per l' analisi è una piccola sezione della Regione Campania, studiata grazie all'utilizzo del software Qgis.



In questa relazione verranno elencate tutte le operazioni effettuate per analizzare l'immagine scattata dal satellite LANDSAT-8. Inoltre, per favorire l'interpretazione dell'immagine è necessario effettuare la suddivisione in 3 classi differenti: Acqua, Suolo e Vegetazione.

NDVI

L'utilizzo dell' indice NDVI (Indice di Differenza Normalizzata di Vegetazione) ha l'obiettivo di migliorare i risultati. La ragione dietro questa scelta è che l'NDVI è calcolato mediante il rapporto tra le bande spettrali, il che permette di compensare eventuali distorsioni topografiche.

L' NDVI si calcola effettuando la differenza normalizzata tra i BV della banda dell'infrarosso con quelli della banda del rosso.

$$NDVI = (NIR-Red)/(NIR+Red)$$

Un prerequisito fondamentale per poter utilizzare l'NDVI consiste nel convertire il Brightness Value dei pixel in Top of Atmosphere, o TOA(senza correzione dell'Angolazione Solare). Per effettuare quest'operazione applicheremo la seguente formula :

$$\rho'_{\lambda} = M\rho \cdot Q_{cal} + A\rho$$

- $\rho' \lambda = TOA^* Reflectance$
- $M\rho = Fattore Moltiplicativo (Specifico per la banda, ottenuto dal metadato (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, dove x è la banda))$
- $A\rho = Fattore Additivo (Specifico per la banda, ottenuto dal metadato (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, dove x è la banda))$
- $Qcal = Digital Number o Brightness Value.$

Successivamente è necessario trovare la TOA che effettua la correzione dell'angolo solare, attraverso la formula :

$$\rho = P' \lambda / \sin(\theta SE)$$

- $\rho\lambda = TOA Reflectance (Senza la correzione dell'angolo solare)$
- $\rho' \lambda = TOA^* Reflectance (Con correzione)$
- $\theta SE = Angolo Solare (ottenuto dai metadati, corrisponde a SUN_ELEVATION)$

Una volta che l'operazione di conversione delle bande NIR e Red è stata eseguita, si passa al prossimo calcolo che riguarda la banda NDVI ottenuta dal seguente rapporto :

$$NDVI = NIR - RED / NIR + RED$$

Si otterrà come risultato la seguente immagine :



MASSIMA DECORRELAZIONE

Per ottenere più informazioni possibili da una singola immagine , occorre combinare le bande più decorrelate tra loro, per questo si utilizza la misura della Covarianza che rappresenta la variazione congiunta di due bande.

La covarianza può essere impiegata per calcolare il coefficiente di correlazione, il quale serve a valutare il grado di relazione tra due bande, basandosi sulle loro intensità di riflettanza o radianza rispettive.

Coefficiente di Correlazione

Il coefficiente di Correlazione si ottiene attraverso il rapporto tra la Covarianza ed il prodotto delle radici quadrate delle rispettive varianze.

$$\rho_{kl} = \frac{C_{kl}}{\sqrt{\sigma_k^2 \sigma_l^2}}$$

Matrice Varianza-Covarianza

Dopo aver calcolato tutte le Covarianze, queste verranno inserite all'interno di una Matrice definita Matrice Varianza-Covarianza.

Si procede, dunque, al calcolo della Covarianza per ogni Combinazione di Bande tramite l'impiego della seguente formula :

$$C_{kl} = \frac{\sum_{i=1}^N (BV_{ik} - \mu_k) \cdot (BV_{il} - \mu_l)}{N}$$

Questa matrice è così composta :

COVARIANZA	BANDA1	BANDA2	BANDA3	BANDA4	BANDA5	BANDA6	BANDA7
BANDA1	1.040.294,659188180	1.180.129,823352200	1.634.083,943918600	2.155.142,900768800	2.624.498,964069600	3.343.290,359387500	2.714.150,233995200
BANDA2	1.180.129,823352200	1.671.121,309281650	2.245.404,165886200	2.950.544,606910400	4.387.335,266478200	4.971.083,553381200	3.873.524,877288900
BANDA3	1.634.083,943918600	2.245.404,165886200	3.954.396,394066150	4.851.153,169392300	10.372.143,739496000	9.558.395,030149600	6.886.509,971202800
BANDA4	2.155.142,900768800	2.950.544,606910400	4.851.153,169392300	6.714.406,203157920	12.309.150,569881000	12.393.618,290171000	9.175.553,484065600
BANDA5	2.624.498,964069600	4.387.335,266478200	10.372.143,739496000	12.309.150,569881000	53.226.510,138989800	34.203.541,515915000	20.711.774,284077000
BANDA6	3.343.290,359387500	4.971.083,553381200	9.558.395,030149600	12.393.618,290171000	34.203.541,515915000	29.383.661,840899400	19.597.838,314676000
BANDA7	2.714.150,233995200	3.873.524,877288900	6.886.509,971202800	9.175.553,484065600	20.711.774,284077000	19.597.838,314676000	14.410.838,060771600

Matrice di Correlazione

Di seguito è riportata la matrice di correlazione, la quale conterrà tutti i coefficienti di Correlazione. Si tratta di una matrice simmetrica poiché il prodotto è un'operazione avente proprietà commutativa.

$$\rho_{kl} = \frac{C_{kl}}{\sqrt{\sigma_k^2 \sigma_l^2}}$$

Indice Correlazione	BANDA1	BANDA2	BANDA3	BANDA4	BANDA5	BANDA6	BANDA7
BANDA1		1					
BANDA2	0,895050651		1				
BANDA3	0,805667932	0,87347491		1			
BANDA4	0,815443888	0,88083465	0,941458283		1		
BANDA5	0,352698997	0,465192644	0,714931496	0,651118871		1	
BANDA6	0,474695662	0,709404788	0,886731049	0,882350938	0,864876549		1
BANDA7	0,700988801	0,789328424	0,912251237	0,932789925	0,747839998	0,952380715	1

Indice OIF

Dopo aver calcolato il Coefficiente di Correlazione è possibile ottenere l'indice OIF che è in grado di fornire informazioni riguardo le tre bande più decorrelate tra loro.

$$OIF = \frac{\sigma_i + \sigma_j + \sigma_k}{|\rho_{ij}| + |\rho_{ik}| + |\rho_{jk}|}$$

BANDE	OiF
123	1670,905223
124	1892,420339
125	5609,247353
126	3719,468393
127	2560,9584
134	2185,20145
135	5500,546376
136	3889,624607
137	2813,118906
145	5995,187626
146	4157,364742
147	3024,358182
156	8117,060815
157	6723,048865
167	4810,369204
234	2178,415375
235	5150,438239
236	3523,613941
237	2748,464453
245	5597,780463
246	3763,100293
247	2950,532211
256	6868,946922
257	6184,963258
267	4287,662556
345	5146,430818
346	3689,468673
347	3005,902091
356	5961,748753
357	5507,474642
367	4072,671343
456	6382,538129
457	5868,139918
467	4266,65073
567	6437,370294

Con il calcolo ottenuto si nota che la combinazione 156 è quella che fornisce maggiori informazioni, data l' alta Decorrelazione.

Combinando le bande 1, 5 e 6 è possibile generare un'immagine RGB che metterà in evidenza maggiori dettagli rispetto a un'immagine standard, grazie alla notevole indipendenza tra tali bande.



L'immagine ottenuta permette di distinguere chiaramente le aree di acqua, suolo e vegetazione.

ADDESTRAMENTO

Successivamente sarà necessario addestrare il modello per l'individuazione delle classi mediante i cosiddetti Training Sites e Test Sites, così da valutare i risultati ottenuti.

Tutto questo sarà possibile eseguendo i prossimi passi :

- *Per prima cosa, bisogna creare un numero di file shape equivalente al numero di categorie che si desidera definire (3 nel nostro caso). In questo caso si otterranno dei poligoni che conterranno i pixel da campionare per ciascuna categoria. Ogni poligono comprenderà approssimativamente 1000 pixel.*
- *Successivamente entra in gioco la funzionalità di QGIS per condurre analisi statistiche zonali. Queste analisi permetteranno di raccogliere informazioni sui pixel di interesse per i nostri raster. In particolare, verranno registrati i dati relativi al numero di pixel, la media e la deviazione standard.*

classi	count	media	devstd
acqua	1389	-0,293169559	0,038573082
suolo	1475	0,192734654	0,095205928
vegetazione	1353	0,659021535	0,146338126

Ora si procederà all'utilizzo di una tecnica nota come "Distanza Statistica" o "Distanza di Mahalanobis". Questo permetterà di assegnare i singoli pixel alle rispettive

categorie utilizzando dei valori di soglia necessari a distinguere e separare le categorie per ogni pixel.

Tramite la seguente formula :

$$S = \mu_1 + s^* \cdot \sigma$$

- μ_1 = Media della 1° classe
- σ_1 = Deviazione Standard della 1° Classe
- s^* = Punto di Equilibrio tra le Deviazioni Standard delle due Classi.

Dove s^ può essere ricavato grazie alla seguente formula :*

$$s^* = (\mu_1 - \mu_2) / (\sigma_1 + \sigma_2)$$

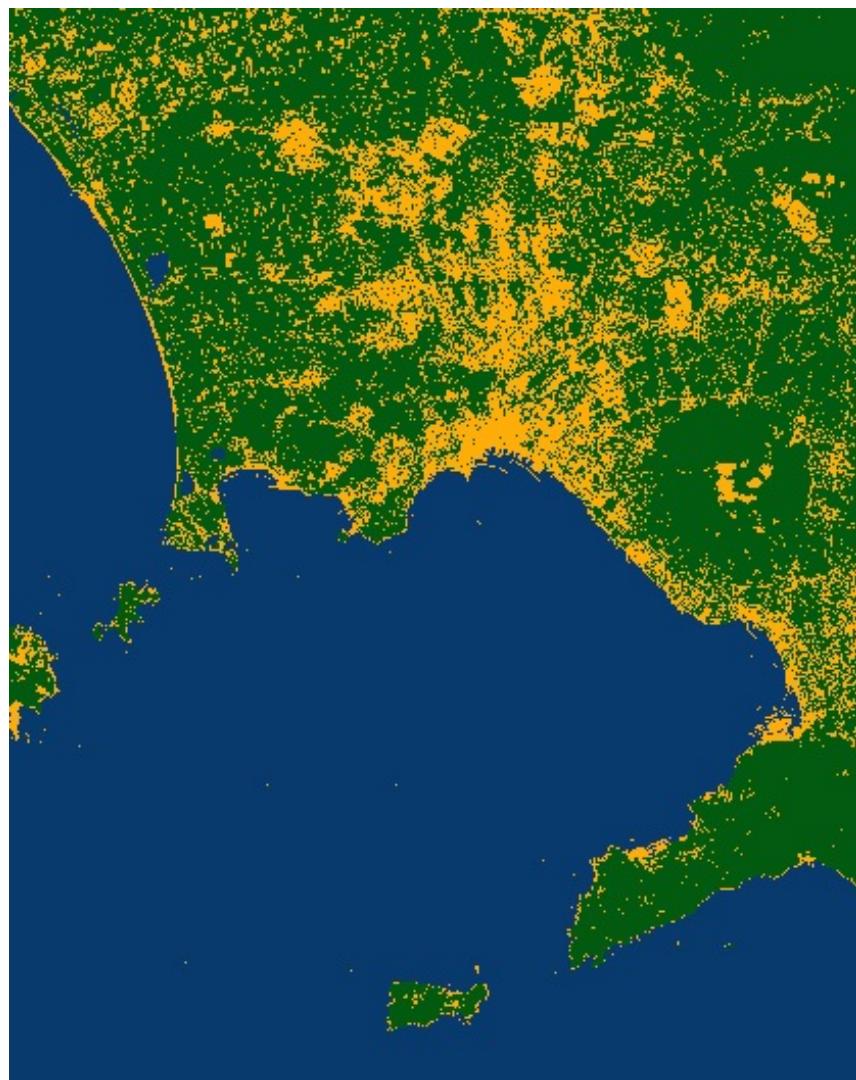
Dopo aver ottenuto le nostre soglie, si calcola un raster che permette di ottenere un risultato visivo, dato dalla seguente formula:

("NDVI_TOA_SE@1" <= -0,15306669) * 1 + ("NDVI_TOA_SE@1" > -0,15306669 AND "NDVI_TOA_SE@1" <= 0,278995487) * 2 + ("NDVI_TOA_SE@1" > 0,278995487) * 3

Dove:

- **-0,15306669** rappresenta la soglia tra acqua e suolo nudo.
- **0,278995487** rappresenta la soglia tra suolo nudo e vegetazione.

Il risultato che si ottiene grazie a Qgis è il seguente:



Per valutare la precisione della nostra classificazione, si dovranno generare dei "Test Sites". Per fare ciò, verrà adoperato lo stesso metodo per creare i "Training Sites", facendo attenzione a non includere gli stessi pixel della raccolta dei "Training Sites".

*Si crea una **Matrice di Confusione** con tali valori :*

	Acqua	Suolo	Vegetazione	
Acqua	1618	0	0	1628
Suolo	10	571	27	644
Vegetazione	0	41	1312	1390
	1628	612	1339	3662

Grazie a questa procedura, sarà possibile calcolare gli indicatori di precisione, che saranno fondamentali per valutare la qualità della classificazione. Questi indicatori includono:

- **Accuratezza del Produttore(Producer Accuracy):** Questa misura rappresenta la percentuale di pixel correttamente classificati tra quelli di campionamento per una classe specifica. Il suo complemento rappresenta l'errore di omissione.
- **Accuratezza dell'Utilizzatore(User Accuracy):** Questo indicatore indica la percentuale di pixel correttamente classificati tra quelli assegnati a una classe specifica. Il suo complemento rappresenta l'errore di commissione.
- **Accuratezza Complessiva(Overall Accuracy):** Questa metrica rappresenta la percentuale di pixel correttamente classificati sull'intero set di test. Questi indicatori sono cruciali per valutare quanto abbia funzionato il processo di classificazione.

Questi valori offrono un'analisi dettagliata delle prestazioni del modello di classificazione e sono fondamentali per valutare l'accuratezza con cui il modello può identificare le categorie nelle immagini ottenute tramite telerilevamento.

	Acqua	Suolo	Vegetazione
Producer Accuracy	0,98658537	0,99385749	0,93781272
User Accuracy	0,99385749	0,93300654	0,9798357
Overall Accuracy	0,97635284		