

Corso di Telerilevamento

Esercitazioni

a.a. 2018-19

Esercitazione 1 – Composizione RGB ed estrazione di un subset di dati dal dataset Landat 7 ETM+.

Esercitazione 2 – Calcolo della correlazione tra le bande: matrice di varianza-covarianza, matrice di correlazione, indice OIF.

Esercitazione 3 – Calcolo dell'indice NDVI e classificazione nelle tre classi acqua, suolo, vegetazione.

Esercitazione 4 – Verifica del grado di accuratezza tematica della carta ricavata dall'indice NDVI.

Esercitazione 5 – Determinazione della radianza al sensore a partire dai valori di BV

Viene fornito dal docente un dataset di dati Landsat 7 ETM+: 7 bande multispettrali (di cui 6 con risoluzione 30 m) + 1 banda pancromatica (con risoluzione 15 m).

Tutte le operazioni delle esercitazioni vengono svolte mediante l'utilizzo del software GIS denominato Q-GIS Versione 2.14 o successive.

Il programma è scaricabile dal sito:

<https://www.qgis.org/it/site/forusers/download.html>

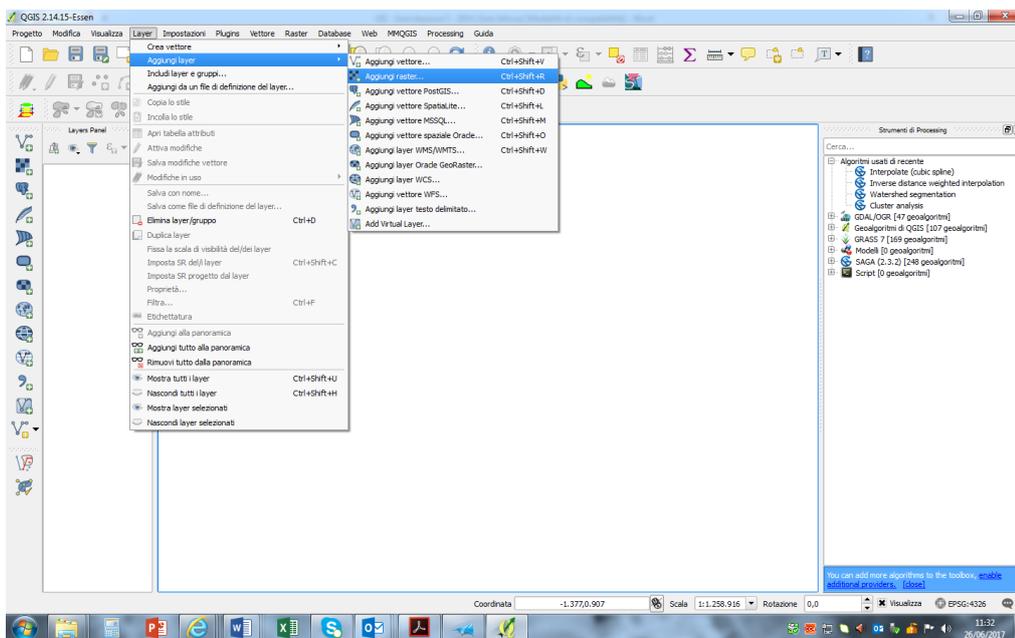
Attenzione: per avere le immagini da elaborare e il contorno dell'area da considerare, occorre sempre contattare il docente nell'orario di ricevimento.

Esercitazione 1 – Composizione RGB e estrazione di un subset di dati dal dataset Landat 7 ETM+

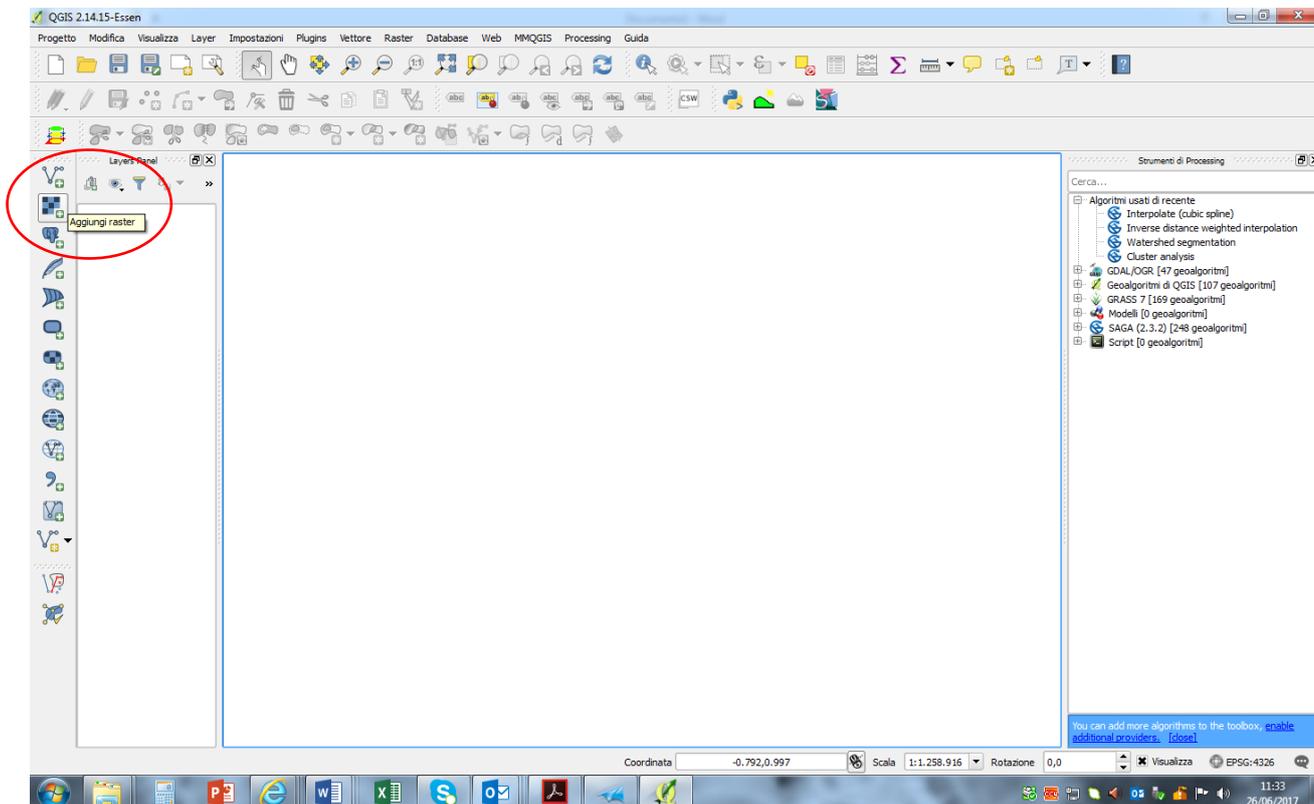
Utilizzare il software Q-GIS.

Ogni file corrisponde ad una immagine.

Per aprire ciascun file, utilizzare il comando: layer – aggiungi layer - aggiungi raster

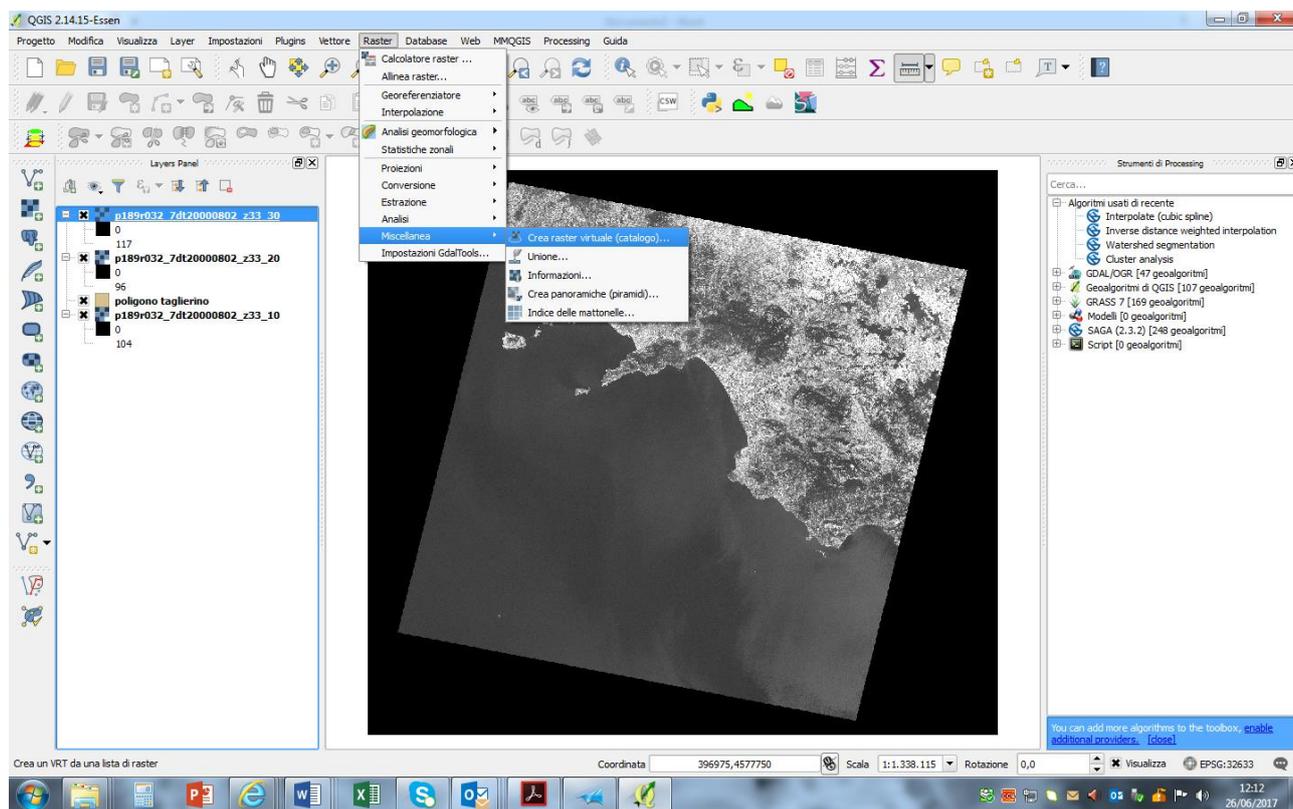


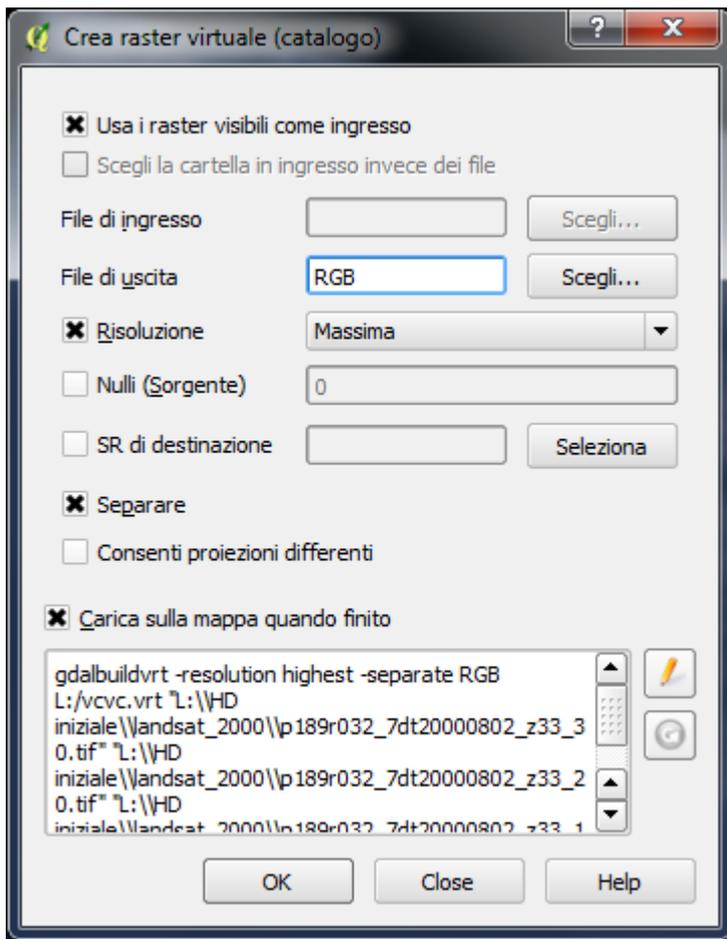
Il comando è raggiungibile mediante icona:



Composizione RGB

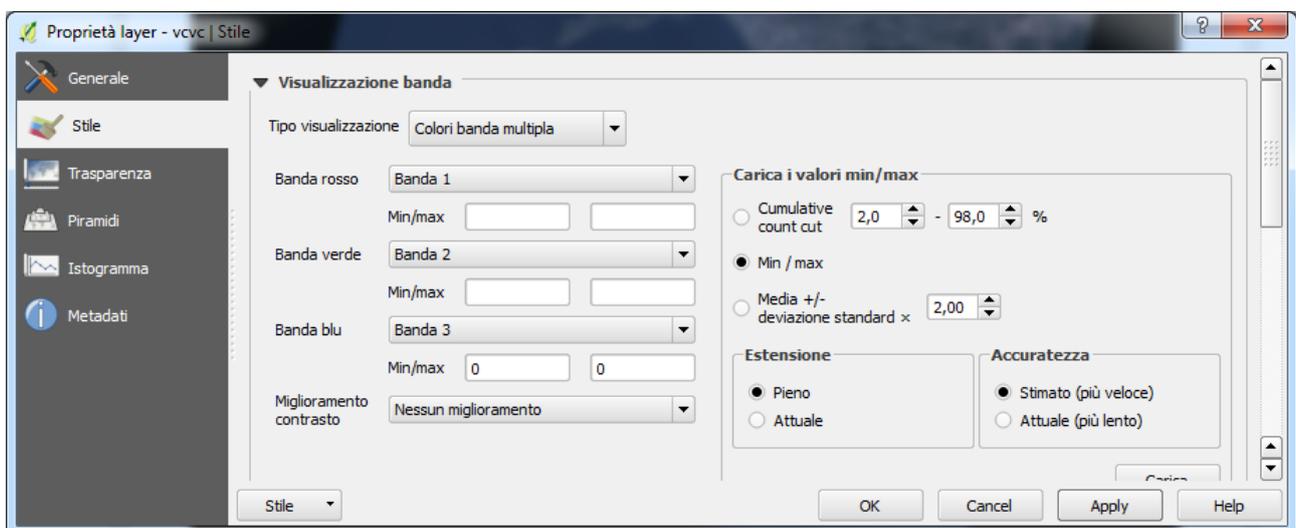
Per la composizione RGB, la procedura è molto semplice. Si caricano in QGIS tutti i files da unire, in questo caso i file relativi alle bande blu, verde e rosso, ovvero banda 1, banda 2 e banda 3 (controllando che siano in ordine corretto) e si spuntano per visualizzarli. Quindi utilizzare il comando dal menù: "Raster" > "Miscellanea" > "Crea raster virtuale".





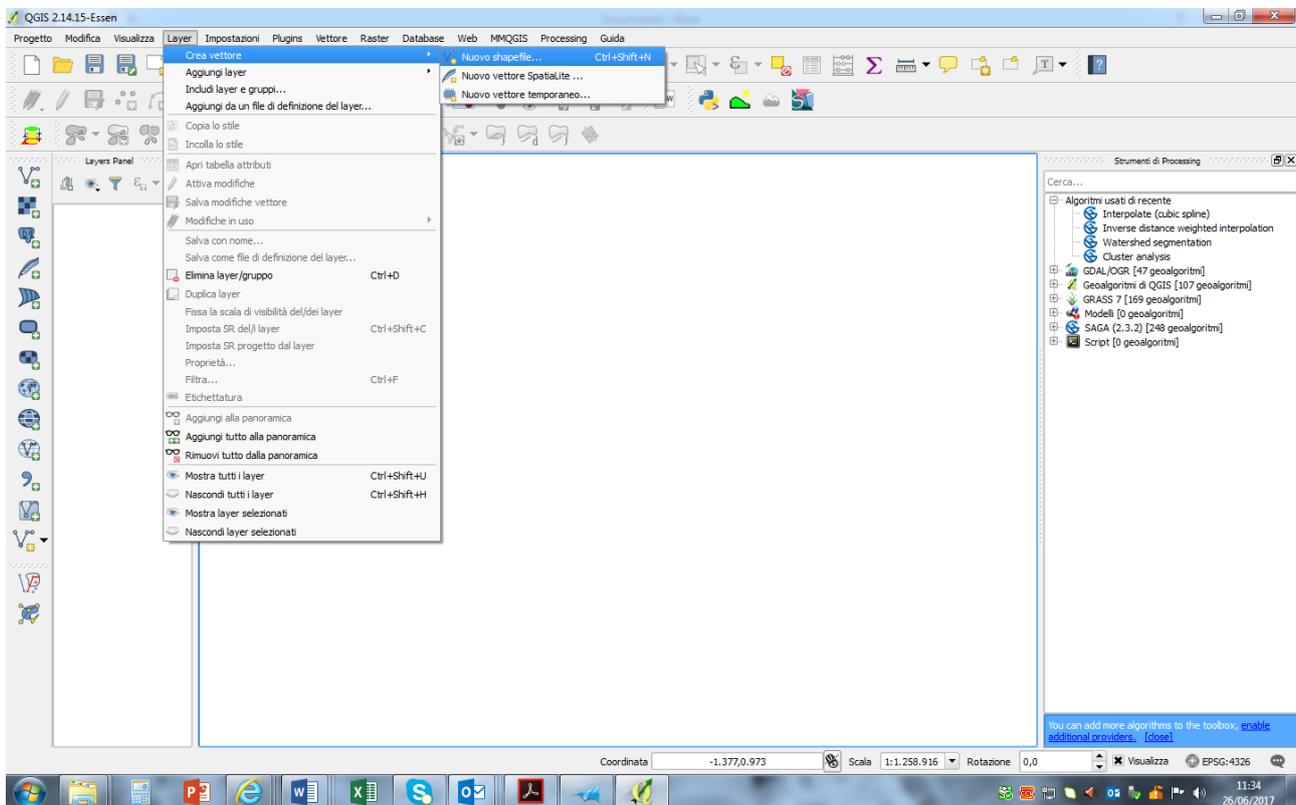
Viene creato un piccolo file di testo con estensione .vrt contenente i riferimenti alle immagini originali. Una volta caricato questo file in QGIS possiamo deselezionare le immagini originali o anche eliminarle da QGIS (ma non dal computer!).

Ora se guardiamo la finestra delle proprietà (doppio click sul layer .vrt) e andiamo sulla scheda "Stile" possiamo selezionare "Colori banda multipla" alla voce "Tipo visualizzazione" e quindi scegliere le tre bande a cui assegnare i colori R, G, B.

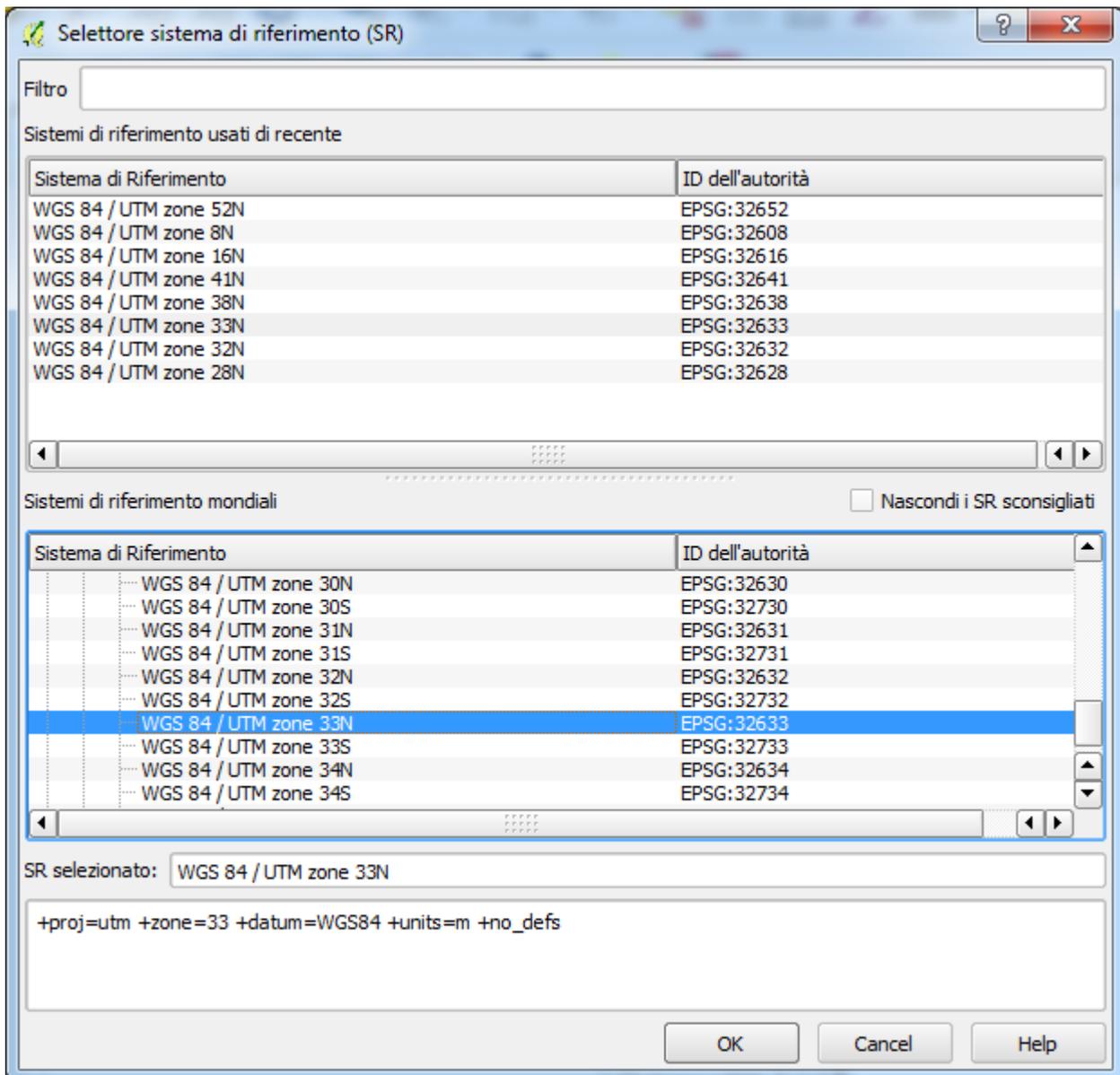


Estrazione di un subset

Creare un layer vettoriale mediante il comando: layer – crea vettore – nuovo shapefile



Scegliere l'opzione poligono, settare il sistema di riferimento delle coordinate utilizzato dalle immagini raster ovvero UTM - WGS84 – Zone 33 N. in particolare "Specifica SR" consente di settare il sistema di riferimento per lo shapefile: nella finestra "sistema di riferimento (SR)", selezionare il Sistema di Riferimento Cartografico relativo al file vettoriale ovvero UTM - WGS84 – Zone 33 N.



Disegnare un rettangolo sullo shape file appena creato: (dimensione circa 1400-1800 kmq, ad esempio 40 km x 40 km o 30 km x 50 km, ecc.).

Per fare ciò, ovvero per disegnare un elemento vettoriale selezionare lo shapefile nella Legenda (cliccando con il tasto sinistro del mouse sul nome del file) e cliccare, nella barra degli strumenti, sull'icona che simboleggia una matita:



Oppure, in alternativa, posizionare il puntatore sul nome del file (nella Legenda) e cliccare con il tasto destro del mouse. Quindi selezionare "Modifica". Quindi cliccare sull'icona "Aggiungi elemento":



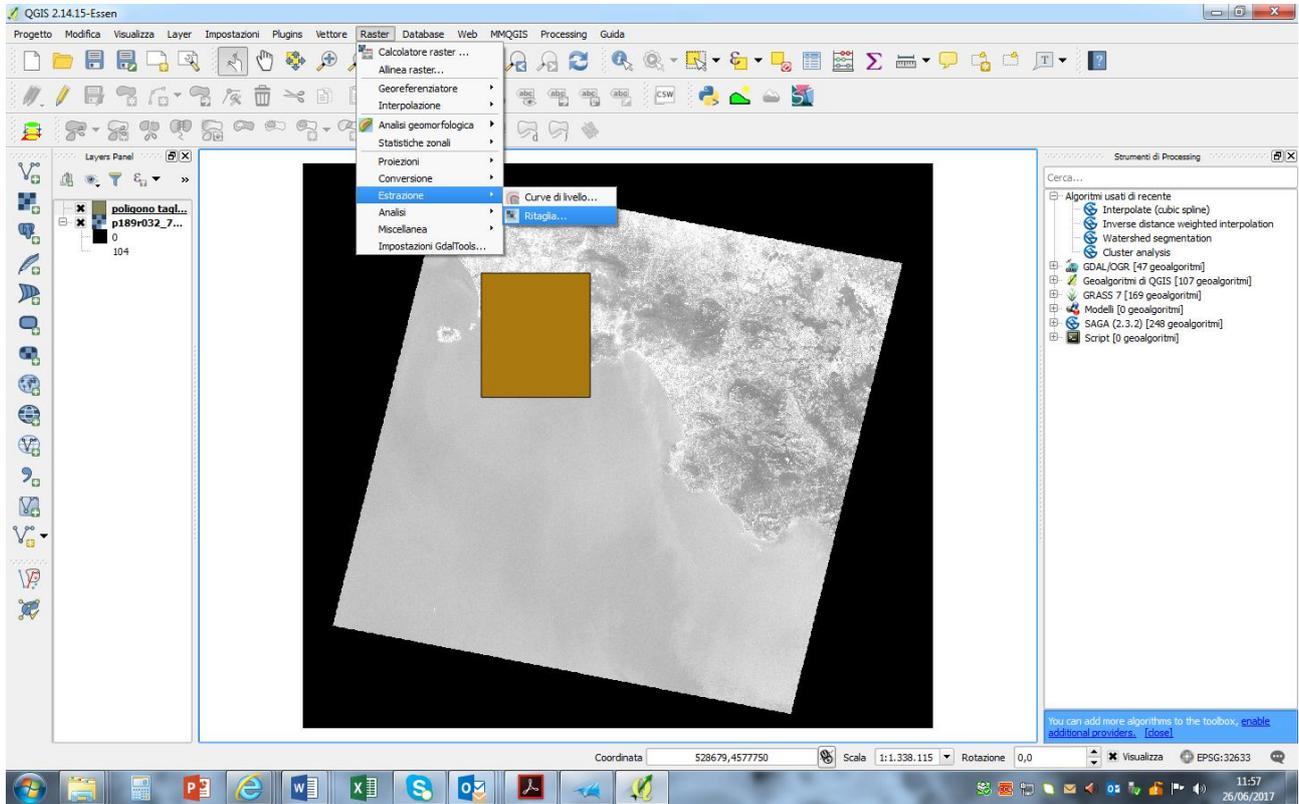
consente di aggiungere elementi vettoriali di tipo poligono.

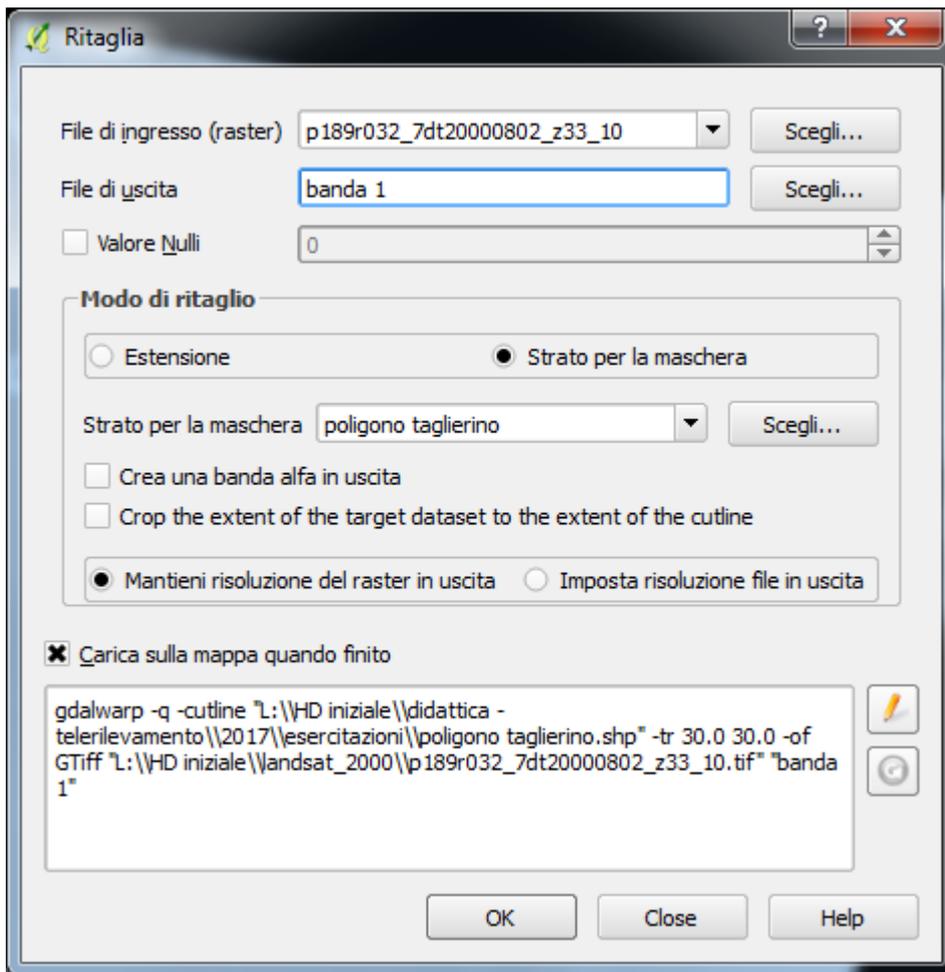
Strumenti vertici permette di editare le coordinate già disegnate e forzare l'allineamento dei vertici, così da avere il disegno di un rettangolo (ad esempio, il vertice NO e quello NE hanno la stessa y, il vertice NE e il vertice SE hanno la stessa x, ecc.).

Disegnato e corretto il rettangolo, interrompere le modifiche cliccando sulla stessa icona che ha permesso di avviare le modifiche e salvare il file.

Adesso procedere all'estrazione del subset, partendo da un primo file dell'immagine originaria, per esempio il file relativo alla banda 1.

Utilizzare il comando: raster – Estrazione - ritaglia





Procedere per gli altri file, in particolare per le bande con risoluzione 30 m e 15 m.

Esercitazione 2 – Calcolo della correlazione tra le bande: matrice di varianza-covarianza, matrice di correlazione, indice OIF.

Utilizzare sempre il software Q-GIS e un software per le operazioni di calcolo (ad esempio: Excel o Matlab).

Calcolo della correlazione tra le bande

Per ciascuna banda, utilizzando le statistiche zonali applicate al vector del rettangolo con cui i subset sono stati estratti, si ricavano i valori statistici della media e della deviazione standard.

Applicare la formula della covarianza vista a teoria. In effetti essa può essere implementata con il calcolatore raster.

Ad esempio, si supponga siano 30 e 5,234 rispettivamente il valore medio e la deviazione standard della banda 1. Siano inoltre 18 e 3,456 i valori delle stesse grandezze per la banda 2.

Con il calcolatore raster trovare l'immagine A data da:

$$(Banda1-30)*(Banda2-18)$$

Su tale immagine trovare, sempre con le statistiche zonali riferite al rettangolo generatore, il valore medio dell'immagine A.

Tale valore medio rappresenta la covarianza tra banda 1 e banda 2.

Nota la covarianza tra Banda 1 e Banda 2, nota le deviazioni standard delle bande 1 e 2, si può procedere al calcolo dell'indice di correlazione.

Procedere per tutte e sei le bande aventi la stessa risoluzione 30 m x 30 m (Bande 1, 2, 3, 4, 5 e 7), ovvero per le composizioni a due a due di tali bande (ad esempio, Banda 1 e Banda 2, Banda 1 e banda 3, ecc.).

Fornire i valori della matrici di varianza-covarianza e della matrice di correlazione.

Calcolo dell'indice OIF

L'indice *OIF* (*Optimum Index Factor*) è un indice statistico basato sull'utilizzo dei valori di deviazione standard e degli indici di correlazione per determinare combinazioni ottimali delle bande multispettrali di una stessa scena, così da costruire una efficace composizione RGB.

L'intento è quello di esaltare la visibilità degli oggetti ovvero delle aree di copertura presenti nella zona geografica ripresa. Per ottenere ciò, l'indice mette in relazione l'ammontare dell'informazione (somma delle deviazioni standard) con l'ammontare delle duplicazioni (somma dei valori assoluti degli indici di correlazione).

Anzitutto vanno ricercate tutte le possibili combinazioni realizzabili con le 6 bande aventi la stessa risoluzione 30 m x 30 m. Dal calcolo combinatorio ricaviamo:

$$\binom{N}{3} = \frac{N!}{(3! * (N-3)!)}$$

Dove N è il numero totale delle bande.

Esempi di combinazioni:

banda 1, banda 2, banda 3;

banda 1, banda 2, banda 4;

banda 1, banda 2, banda 5;

banda 1, banda 2, banda 7;

banda 1, banda 3, banda 4;

.....,,

banda 4, banda 5, banda 7.

L'indice OIF è dato:

$$OIF = \frac{Std_i + Std_j + Std_k}{|Corr_{i,j}| + |Corr_{i,k}| + |Corr_{j,k}|}$$

Dove Std indica la deviazione standard di ciascuna immagine (i, j, k) e Corr la correlazione di ciascuna coppia di immagini (i, j; i, k; j, k).

Più alto è il valore dell'indice OIF, più è performante l'utilizzo di quelle stesse bande per la composizione RGB.

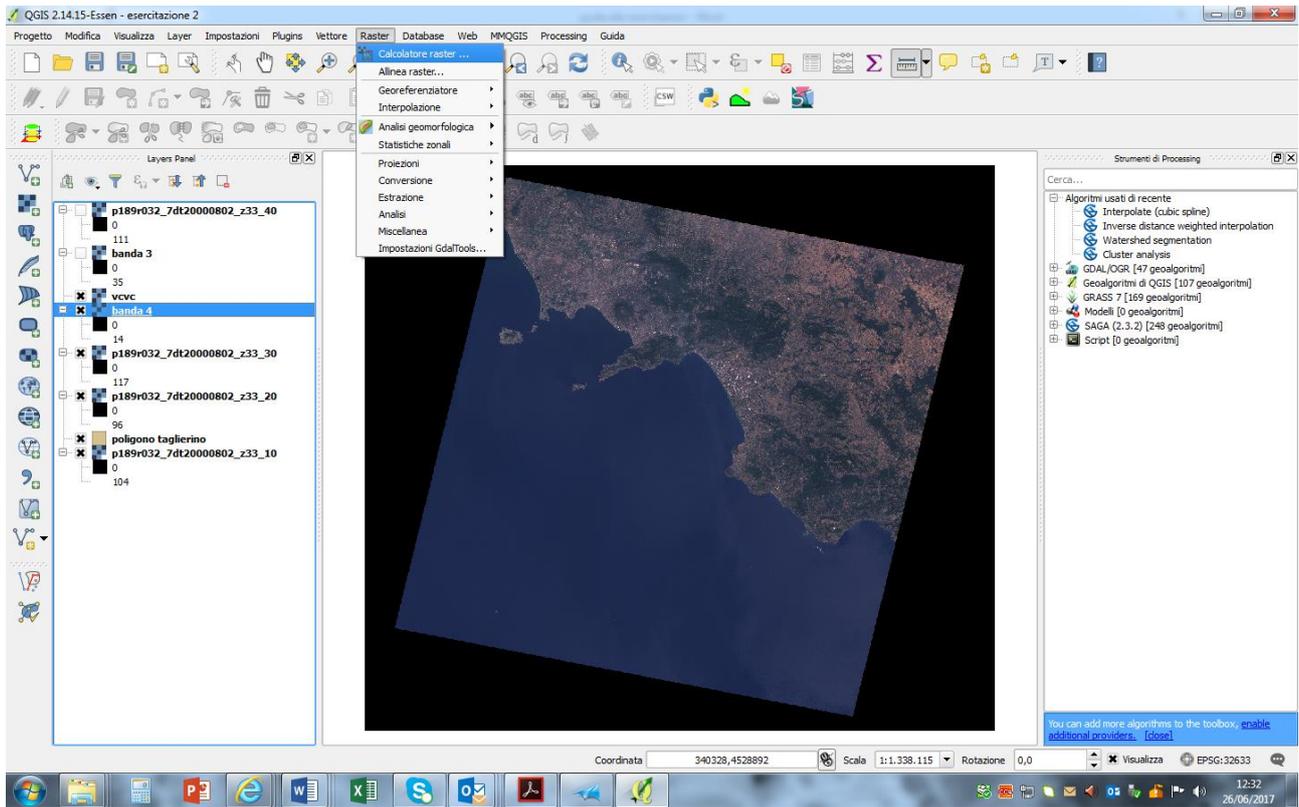
Fornire tutti i valori ottenuti per le diverse combinazioni. Effettuare la composizione RGB con le prime tre migliori combinazioni e fornire le relative immagini a colori nella relazione finale.

Esercitazione 3 – Calcolo dell'indice NDVI e classificazione nelle tre classi acqua, suolo, vegetazione.

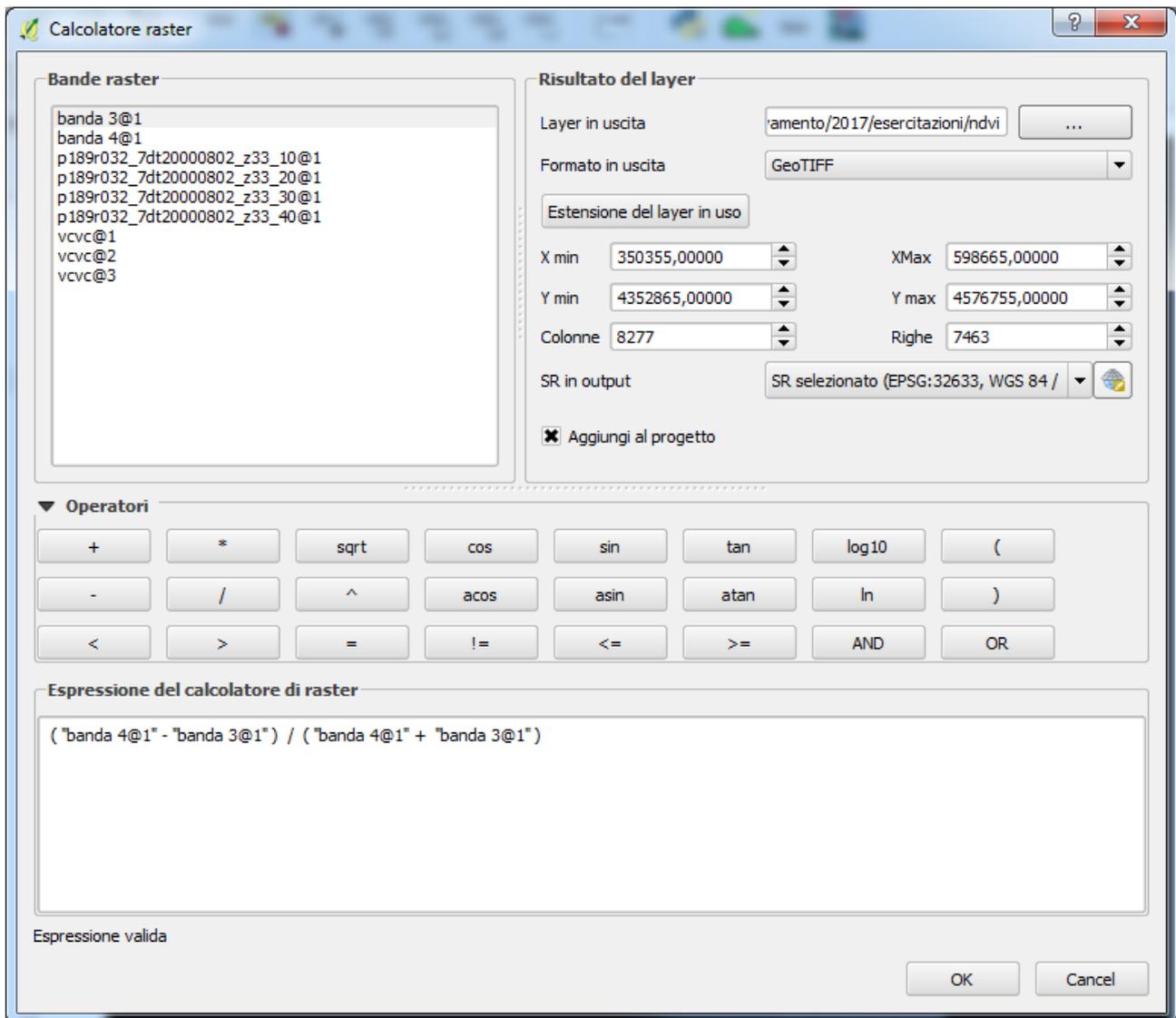
Utilizzare sempre il software Q-GIS. Utilizzare le bande 3 e 4 ricavate dalla esercitazione n.1.

Calcolo dell'indice NDVI

Utilizzare il comando: Raster – Calcolatore raster



Utilizzare la formula dell'indice NDVI (vedi teoria).



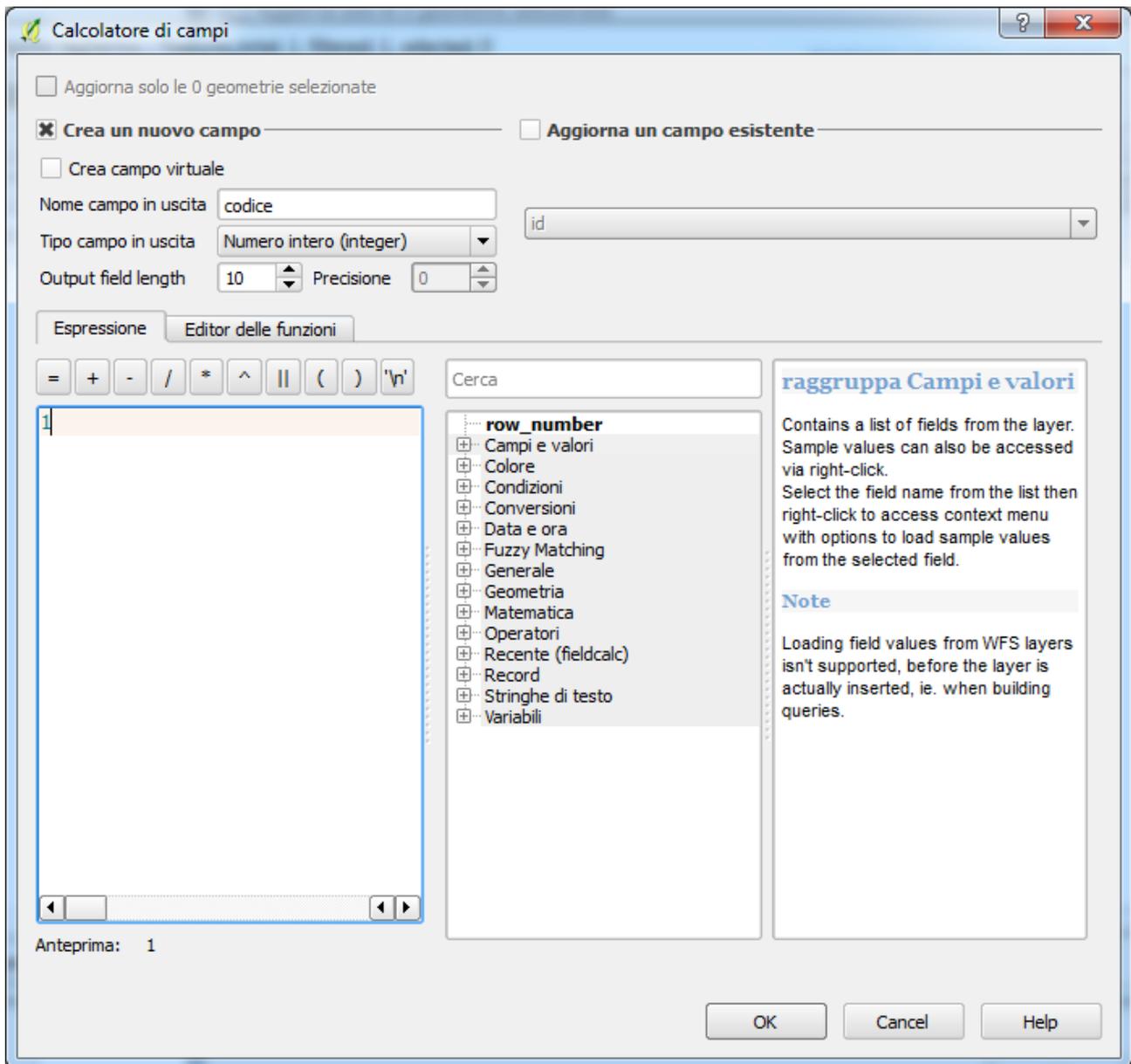
Trasformare l'immagine ndvi in una carta tematica a tre colori, con distinzione nelle tre classi Acqua, Suolo nudo, Vegetazione.

Creare tre shape file, come visto precedentemente per il poligono tagliarino: un file per l'Acqua, uno per il Suolo nudo, uno per la Vegetazione.

Su ciascun file disegnare almeno 2-3 poligoni relativi alla singola classe considerata. Ad esempio, sul file acqua disegnare 2-3 poligoni che ricoprono di sicuro acqua (di mare o di lago).

Ciascun poligono corrisponde ad una riga. Introdurre una colonna comune: selezionare con il mouse il file sulla legenda, tasto destro Apri tabella attributi

Utilizzare, sulla tabella, il comando calcolatore campi: introdurre nuovo campo denominato codice, con un unico valore ad esempio 1.



Utilizzare il comando: Vettore . strumenti di geoprocessing – dissolvenza.

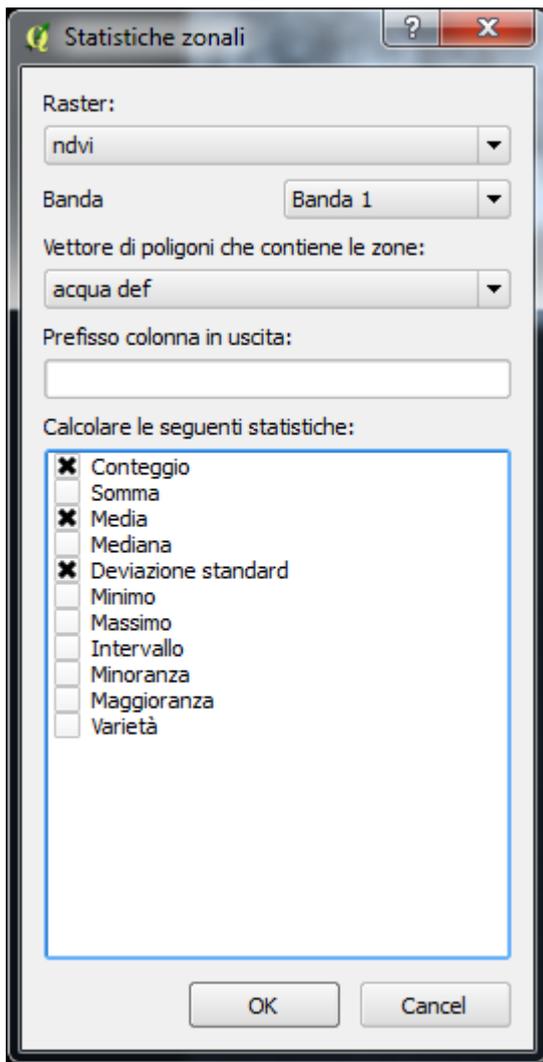
Indicare il campo comune (ovvero quello prima creato con il nome codice) e salvare il risultato in un nuovo file (ad esempio Acqua def).

Procedere così per ciascun file, in modo da avere un file per ogni tipologia di training site, con una unica riga a file: Acqua def, Suolo def, Vegetazione def.

Adesso bisogna vedere le caratteristiche statistiche dei pixel dell'immagine ndvi che ricadono in ciascun file vector.

Per fare ciò utilizzare il comando: Raster – Statistiche zonali – Statistiche zonali.

Cosa bisogna fare? Ricavare valore medio e deviazione standard di ciascuna classe.



Con tali valori si calcolano le soglie di separazione tra le classi, come visto nella teoria.

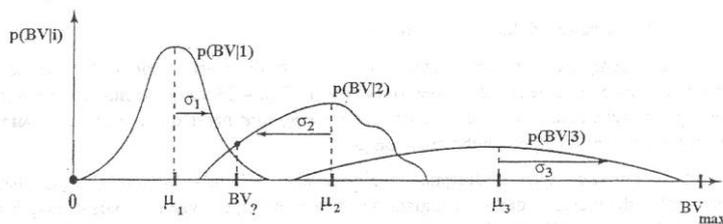


Fig 4.19. Uso del concetto di distanza statistica per sviluppare classificatori sensibili alla varianza dei dati.

In condizioni di equilibrio si ha che :

$$s * \sigma_1 + s * \sigma_2 = \mu_2 - \mu_1$$

dove s è il punto di equilibrio tra le deviazioni standard delle due classi ed è un valore incognito che va calcolato tramite l'espressione di sopra riportata;

σ_1 è la deviazione standard della 1° classe ovvero l'acqua;

σ_2 è la deviazione standard della 2° classe ovvero il suolo nudo;

μ_1 è il valore medio della 1° classe;

μ_2 è il valore medio della 2° classe.

Per stabilire quindi la soglia si applica quindi la formula:

$$S1 = \mu_1 + s * \sigma_1$$

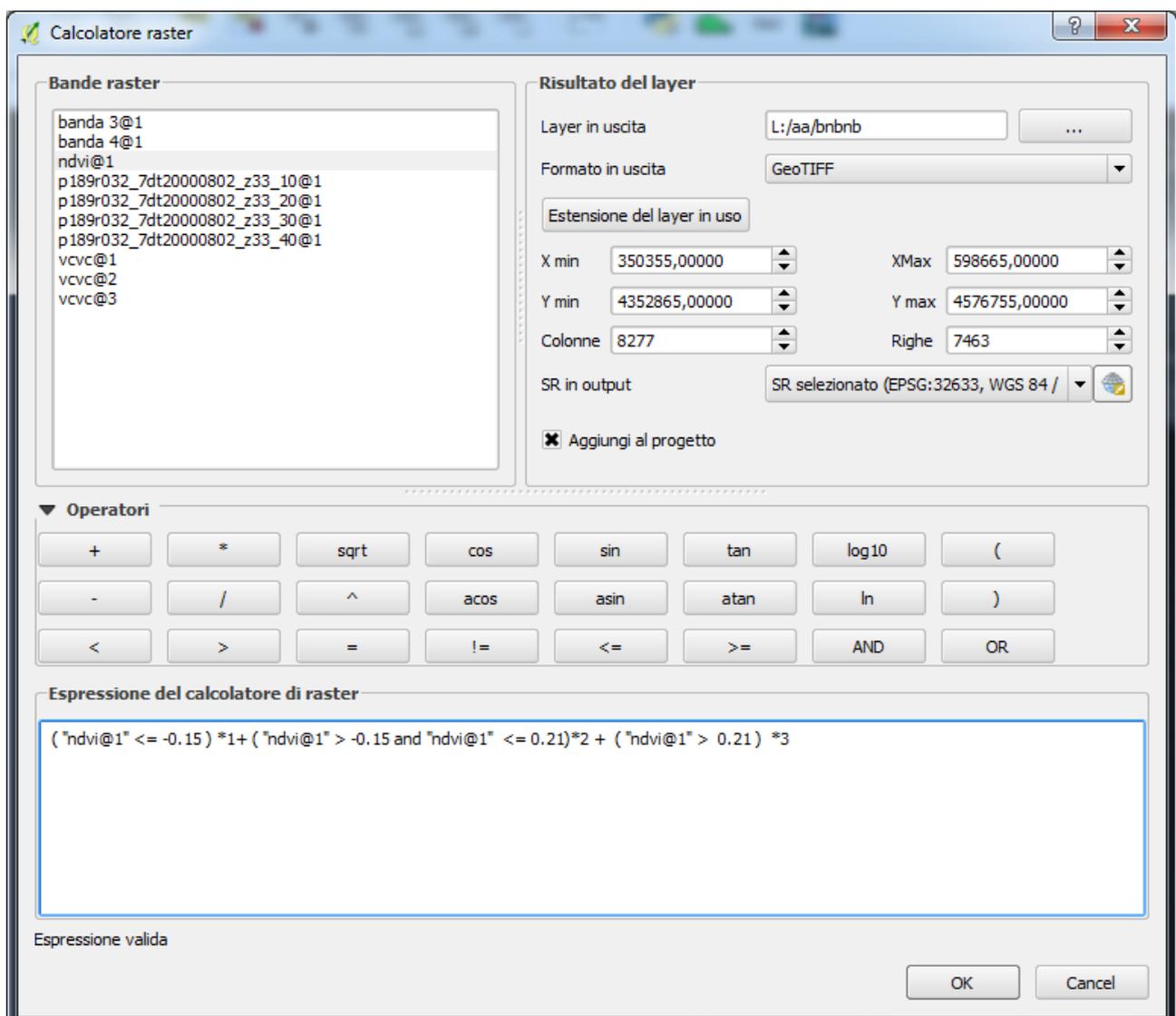
Dove S1 è la soglia tra acqua e suolo nudo.

Lo stesso procedimento va ripetuto per il calcolo della soglia tra suolo nudo e vegetazione, ovvero calcolando dapprima il punto di equilibrio s2 tra la deviazione standard del suolo nudo e quella della vegetazione e poi la soglia S2 tramite la formula:

$$S2 = \mu_2 + s * \sigma_2$$

Avendo adesso le due soglie di separazione (una tra acqua e suolo, l'altra tra suolo e vegetazione, si può procedere trasformando l'immagine ndvi in una carta tematica a tre classi. Si ipotizzi che le suddette soglie siano -0,15 e +0,21

Utilizzare il calcolatore raster come di seguito indicato:

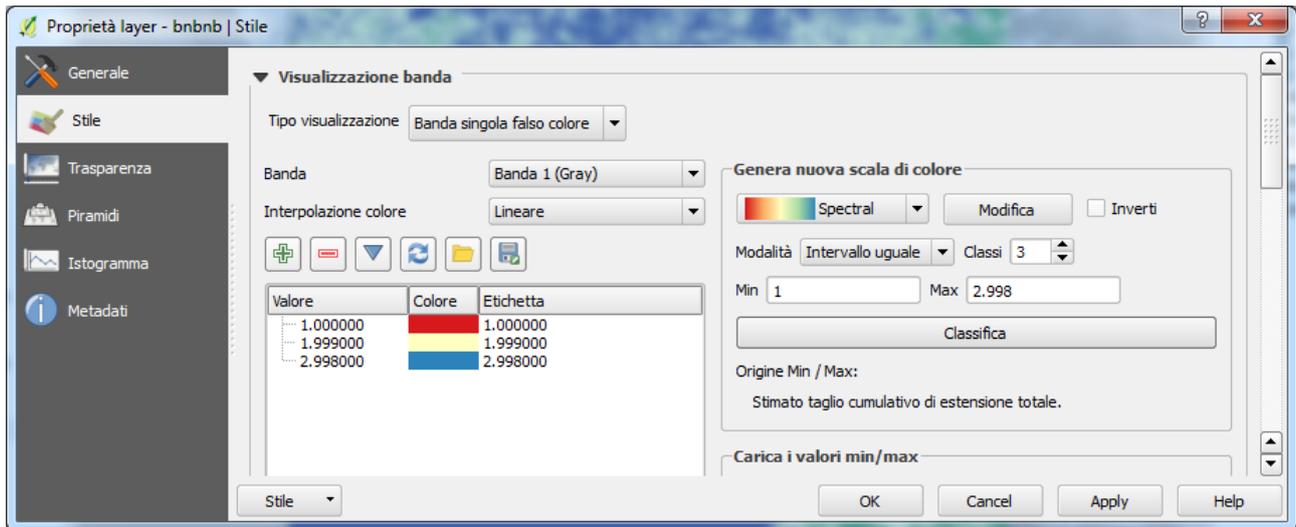


Ovvero assegnare la seguente espressione:

$("ndvi@1" \leq -0.15) * 1 + ("ndvi@1" > -0.15 \text{ and } "ndvi@1" \leq 0.21) * 2 + ("ndvi@1" > 0.21) * 3$

In tal modo risulterà un file con tre valori, ciascuno associabile ad un colore per realizzare la carta tematica.

Utilizzare le proprietà del file – stile.



Esercitazione 4 – Verifica del grado di accuratezza tematica della carta ricavata dall'indice NDVI

Utilizzare sempre il software Q-GIS. Utilizzare la carta tematica ricavata dalla precedente esercitazione per la prima parte di questa esercitazione.

Calcolo del grado di accuratezza tematica della carta ricavata dall'indice NDVI

Creare 3 file vettoriali per i test site, come fatto per i training site.

Anche in questo caso, occorrono tre file vector, ciascuno con una sola riga che si riferisce a due o più poligoni: procedere come nell'esercitazione 2.

Si ottengono così tre file vector: Acqua test def, suolo test def e vegetazione test def.

La carta tematica va riclassificata per dare origine a tre file raster, uno con l'acqua pari a 1 e suolo e vegetazione pari a 0, uno con suolo pari a 1 e acqua e vegetazione pari a 0, uno con vegetazione pari a 1 e acqua e suolo pari a 0. La riclassificazione va effettuata con il calcolatore raster, come visto nella esercitazione 2.

Con ciascun vector, si fa la statistica zonale di ogni raster riclassificato, utilizzando solo le funzioni somma e conteggio, così si avrà sempre una riga, ma più colonne, una con la somma dei pixel di ciascuna classe, tre con lo stesso numero, ovvero il conteggio (che è uguale); in effetti la terza colonna relativa alla somma dei valori della terza classe è inutile perchè la ricaviamo per differenza.

Ad esempio, consideriamo dapprima l'acqua: la statistica zonale sul vector dei test site applicata al raster riclassificato dell'acqua ci darà, con la somma, i pixel di acqua classificati giustamente come tali; la statistica zonale, sullo stesso vector, per il raster riclassificato del suolo ci darà i pixel di acqua erroneamente classificati come suolo; la differenza tra il numero totale dei pixel (conteggio) dei test site dell'acqua e la somma dei pixel delle precedenti due classi già considerate (acqua e suolo) fornisce i pixel erroneamente classificati come vegetazione.

Si ripete il tutto per i vector restanti e sempre per gli stessi raster riclassificati.

In definitiva, ogni vector si incrocia con due raster riclassificati (dovrebbero essere tre, ma uno è escludibile perchè si può procedere per differenza).

Matrice di confusione e indici di qualità tematica

I valori così trovati permettono di ricavare la **matrice di confusione**, Fornire tale matrice ed i valori assunti dai **tre indici** visti nella teoria.

Esercitazione 5 – Determinazione della riflettanza a partire dai valori di BV

Le immagini telerilevate sono costituite da valori digitali (DN, Digital Number) che possono essere ricondotti ai valori di riflettanza.

Anzitutto occorre riportare i valori DN a valori di radianza. La formula è:

$$L_{\lambda} = (\text{gain}_{\lambda} * \text{DN7}) + \text{bias}_{\lambda}$$

Dove L_{λ} è la radianza relativa alla banda λ , gain_{λ} è il guadagno del sensore relativo alla banda λ , DN7 è l'immagine Landsat 7 in Digital Number relativa alla specifica banda λ , bias_{λ} è la costante additiva relativa alla banda λ .

I valori delle grandezze sopra indicate sono riportati nella pubblicazione (Chander et al, 2009). Per facilitare il compito dell'allievo riportiamo di seguito i valori suddetti.

Band	Gain	Bias
1	0.778740	-6.98
2	0.798819	-7.20
3	0.621654	-5.62
4	0.639764	-5.74
5	0.126220	-1.13
7	0.043898	-0.39

La formula della radianza può essere implementata con il calcolatore raster del software QGIS. Si ottengono sei nuove immagini rappresentative della radianza, una per ogni banda.

Ciascuna immagine relativa alla radianza viene trasformata in riflettanza con la seguente formula:

$$R_{\lambda} = \frac{\pi * L_{\lambda} * d^2}{E_{sun,\lambda} * \sin(\theta_{SE})}$$

Dove π è il ben noto pi.greco, L_{λ} è la radianza relativa alla banda λ calcolata precedentemente, d è la distanza tra il sole e la terra al momento dell'acquisizione della scena da parte del sensore, $E_{sun,\lambda}$ è l'energia proveniente dal sole nella specifica banda λ , θ_{SE} è l'angolo di elevazione del sole sull'orizzonte.

I valori di E e di d sono tabellati, sempre nella pubblicazione di (Chander et al, 2009). Per comodità, sono di seguito riportati.

Band	$E_{sun,\lambda}$ [Watts / (sq. meter * μm)]
1	1997
2	1812
3	1533
4	1039
5	230.8
7	84.9

Table 6
Earth-Sun distance (d) in astronomical units for Day of the Year (DOY).

DOY	d										
1	0.98331	61	0.99108	121	1.00756	181	1.01665	241	1.00992	301	0.99359
2	0.98330	62	0.99133	122	1.00781	182	1.01667	242	1.00969	302	0.99332
3	0.98330	63	0.99158	123	1.00806	183	1.01668	243	1.00946	303	0.99306
4	0.98330	64	0.99183	124	1.00831	184	1.01670	244	1.00922	304	0.99279
5	0.98330	65	0.99208	125	1.00856	185	1.01670	245	1.00898	305	0.99253
6	0.98332	66	0.99234	126	1.00880	186	1.01670	246	1.00874	306	0.99228
7	0.98333	67	0.99260	127	1.00904	187	1.01670	247	1.00850	307	0.99202
8	0.98335	68	0.99286	128	1.00928	188	1.01669	248	1.00825	308	0.99177
9	0.98338	69	0.99312	129	1.00952	189	1.01668	249	1.00800	309	0.99152
10	0.98341	70	0.99339	130	1.00975	190	1.01666	250	1.00775	310	0.99127
11	0.98345	71	0.99365	131	1.00998	191	1.01664	251	1.00750	311	0.99102
12	0.98348	72	0.99392	132	1.01020	192	1.01661	252	1.00724	312	0.99078
13	0.98354	73	0.99419	133	1.01043	193	1.01658	253	1.00698	313	0.99054
14	0.98359	74	0.99446	134	1.01065	194	1.01655	254	1.00672	314	0.99030
15	0.98365	75	0.99474	135	1.01087	195	1.01650	255	1.00646	315	0.99007
16	0.98371	76	0.99501	136	1.01108	196	1.01646	256	1.00620	316	0.98983
17	0.98378	77	0.99529	137	1.01129	197	1.01641	257	1.00593	317	0.98959
18	0.98385	78	0.99556	138	1.01150	198	1.01635	258	1.00566	318	0.98935
19	0.98393	79	0.99584	139	1.01170	199	1.01629	259	1.00539	319	0.98911
20	0.98401	80	0.99612	140	1.01191	200	1.01623	260	1.00512	320	0.98887
21	0.98410	81	0.99640	141	1.01210	201	1.01616	261	1.00485	321	0.98862
22	0.98419	82	0.99669	142	1.01230	202	1.01609	262	1.00457	322	0.98838
23	0.98428	83	0.99697	143	1.01249	203	1.01601	263	1.00430	323	0.98813
24	0.98439	84	0.99725	144	1.01267	204	1.01592	264	1.00402	324	0.98789
25	0.98449	85	0.99754	145	1.01286	205	1.01584	265	1.00374	325	0.98765
26	0.98460	86	0.99782	146	1.01304	206	1.01575	266	1.00346	326	0.98741
27	0.98472	87	0.99811	147	1.01321	207	1.01565	267	1.00318	327	0.98717
28	0.98484	88	0.99840	148	1.01338	208	1.01555	268	1.00290	328	0.98693
29	0.98496	89	0.99868	149	1.01355	209	1.01544	269	1.00262	329	0.98669
30	0.98509	90	0.99897	150	1.01371	210	1.01533	270	1.00234	330	0.98645
31	0.98523	91	0.99926	151	1.01387	211	1.01522	271	1.00205	331	0.98621
32	0.98536	92	0.99954	152	1.01403	212	1.01510	272	1.00177	332	0.98597
33	0.98551	93	0.99983	153	1.01418	213	1.01497	273	1.00148	333	0.98573
34	0.98565	94	1.00012	154	1.01433	214	1.01485	274	1.00119	334	0.98549
35	0.98580	95	1.00041	155	1.01447	215	1.01471	275	1.00091	335	0.98525
36	0.98596	96	1.00069	156	1.01461	216	1.01458	276	1.00062	336	0.98501
37	0.98612	97	1.00098	157	1.01475	217	1.01444	277	1.00033	337	0.98477
38	0.98628	98	1.00127	158	1.01488	218	1.01429	278	1.00005	338	0.98453
39	0.98645	99	1.00155	159	1.01500	219	1.01414	279	0.99976	339	0.98429
40	0.98662	100	1.00184	160	1.01513	220	1.01399	280	0.99947	340	0.98405
41	0.98680	101	1.00212	161	1.01524	221	1.01383	281	0.99918	341	0.98381
42	0.98698	102	1.00240	162	1.01536	222	1.01367	282	0.99890	342	0.98357
43	0.98717	103	1.00269	163	1.01547	223	1.01351	283	0.99861	343	0.98333
44	0.98735	104	1.00297	164	1.01557	224	1.01334	284	0.99832	344	0.98309
45	0.98755	105	1.00325	165	1.01567	225	1.01317	285	0.99804	345	0.98285
46	0.98774	106	1.00353	166	1.01577	226	1.01299	286	0.99775	346	0.98261
47	0.98794	107	1.00381	167	1.01586	227	1.01281	287	0.99747	347	0.98237
48	0.98814	108	1.00409	168	1.01595	228	1.01263	288	0.99718	348	0.98213
49	0.98835	109	1.00437	169	1.01603	229	1.01244	289	0.99690	349	0.98189
50	0.98856	110	1.00464	170	1.01610	230	1.01225	290	0.99662	350	0.98165
51	0.98877	111	1.00492	171	1.01618	231	1.01205	291	0.99634	351	0.98141
52	0.98899	112	1.00519	172	1.01625	232	1.01186	292	0.99605	352	0.98117
53	0.98921	113	1.00546	173	1.01631	233	1.01166	293	0.99577	353	0.98093
54	0.98944	114	1.00573	174	1.01637	234	1.01145	294	0.99550	354	0.98069
55	0.98966	115	1.00600	175	1.01642	235	1.01124	295	0.99522	355	0.98045
56	0.98989	116	1.00626	176	1.01647	236	1.01103	296	0.99494	356	0.98021
57	0.99012	117	1.00653	177	1.01652	237	1.01081	297	0.99467	357	0.98000
58	0.99036	118	1.00679	178	1.01656	238	1.01060	298	0.99440	358	0.97976
59	0.99060	119	1.00705	179	1.01659	239	1.01037	299	0.99412	359	0.97952
60	0.99084	120	1.00731	180	1.01662	240	1.01015	300	0.99385	360	0.97928

Mentre $E_{\text{sun},\lambda}$ dipende solo dalla banda considerata, d dipende dal giorno di acquisizione dell'immagine e quindi occorre sapere quale è il giorno dell'anno in cui la scena è stata ripresa dal sensore (DOY, day of the year).

Per potere ricavare tale giorno, dobbiamo aprire il file dei metadati che accompagna le immagini Landsat. Se l'immagine è acquisita il 1 marzo di un anno non bisestile, si tratta del giorno $(31 + 28 + 1) = 60$. Quindi dalla tabella di ricava che $d = 0,99084$ unità astronomiche.

Il valore di θ_{SE} , l'angolo di elevazione del sole sull'orizzonte, si ricava sempre dal file dei metadati.

La formula del calcolo della riflettanza va realizzata sempre con il calcolatore raster. Conviene ricavare con excel il valore della parte costante della formula in ogni banda e riportare poi tale valore nel calcolatore raster.

Attenzione: l'angolo θ_{SE} è espresso in gradi; dovendo calcolarne il seno, ricordare la trasformazione in radianti!

$$\text{radians} = (\text{degrees} * \pi) / 180^\circ$$

Per definizione la riflettanza è sempre positiva: se il calcolatore raster restituisce valori negativi, questi vanno ricondotti a zero con l'approccio seguito nell'esercitazione 4 per la sostituzione dei valori dei pixel.

Per ogni immagine così ottenuta, l'allievo calcolerà valore medio e deviazione standard e li riporterà nella relazione.