

UNITÀ FORMATIVA n. 6

Sistemi di riferimento e Georeferenziazione

Stefano De Corso
ISPRA – DG SINA

Indice

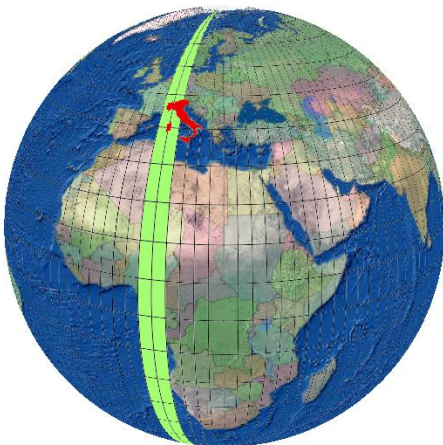
- ✓ Sistemi di Riferimento
- ✓ Errori frequenti sull'utilizzo dei sistemi di riferimento
- ✓ Superfici di riferimento
- ✓ Datum
- ✓ Trasformazione e conversione di coordinate
- ✓ Proiezioni
- ✓ Sistemi di coordinate
- ✓ Sistema UTM
- ✓ Sistemi di riferimento utilizzati in Italia
- ✓ Sistemi di riferimento in QGIS
- ✓ Georeferenziazione
- ✓ Georeferenziazione di dati raster
- ✓ Ortorettifica
- ✓ Matrice di trasformazione
- ✓ Reperimento GCP
- ✓ Utilizzo dei GCP
- ✓ Georeferenziare un'immagine raster su Qgis
- ✓ Accuratezza Posizionale e Precisione
- ✓ Algoritmi di interpolazione

Sistemi di Riferimento

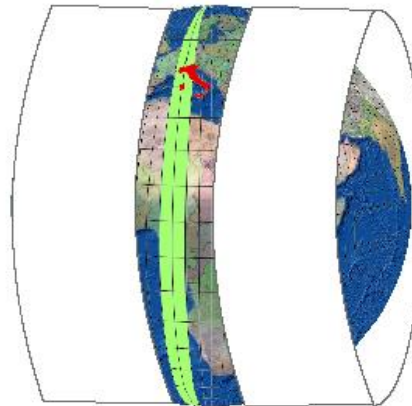
Per rappresentare correttamente un dato geografico su una superficie piana è necessario adottare:

1. una superficie di riferimento che approssima la forma della terra e orientarla nello spazio (DATUM);
2. una proiezione in grado di rappresentare una superficie piana;
3. un sistema di coordinate e un meridiano di riferimento per le coordinate spaziali.

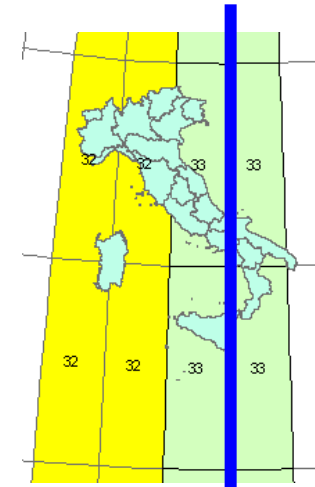
1. Datum



2. Proiezione



3. Sistema di Coordinate



L'adozione di un modello e di una proiezione produce errori nella stesura di una superficie piana. La scelta di un sistema di riferimento dipende principalmente dalla posizione geografica e dall'errore che si vuole limitare.

Sistemi di Riferimento

Nei sistemi GIS il sistema di riferimento viene identificato da una codifica numerica [EPSG](#)

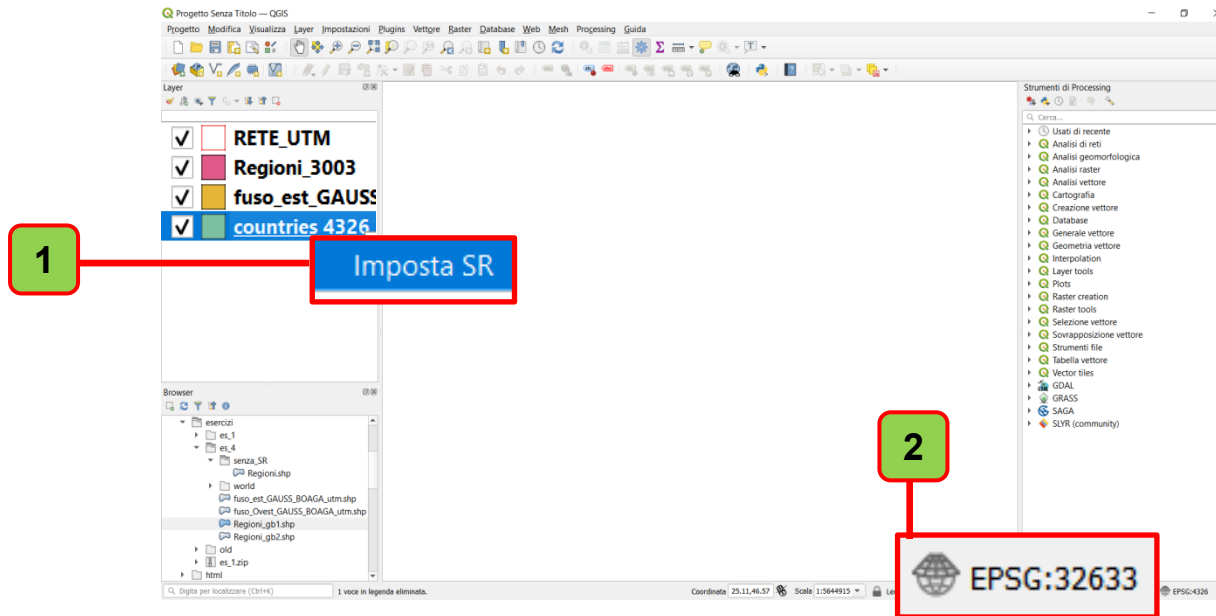
Esempio Sistema di riferimento: **WGS 84 / UTM zone 33N** **EPSG = 32633**

L' **EPSG**: standard per la classificazione dei Sistemi di riferimento, racchiude tutti i parametri necessari a identificare un SR in maniera univoca.

In Qgis i parametri del sistema di riferimento sono visibili

1 - nelle «**Proprietà del Layer**»

2 - nelle «**Proprietà del file di progetto**»



Errori frequenti sull'utilizzo dei sistemi di riferimento



Errori di riproiezione da **EPSG: 3004** o **23033** versus **EPSG: 25833** o **32633**

Non è stato utilizzato un idoneo algoritmo di trasformazione delle coordinate

Errori frequenti sull'utilizzo dei sistemi di riferimento

Errori di attribuzione del SR: è stato indicato un sistema di riferimento diverso da quello adottato nelle coordinate utilizzate.

UTM33 ???

UTM-ED50: 23033

Shift 70-220 metri

UTM - RDN 2008: 6708
UTM - ETRS89: 25833
UTM - WGS84 (geocentrico): 32633

X_UTM33	Y_UTM33	QUOTA	F_IGM
377011,000000000000	4664437,000000000000	1039,000000000000	146_3_4
376887,000000000000	4664009,000000000000	1038,000000000000	146_3_4
376935,000000000000	4664069,000000000000	1039,000000000000	146_3_4

146_3_4

Superfici di Riferimento

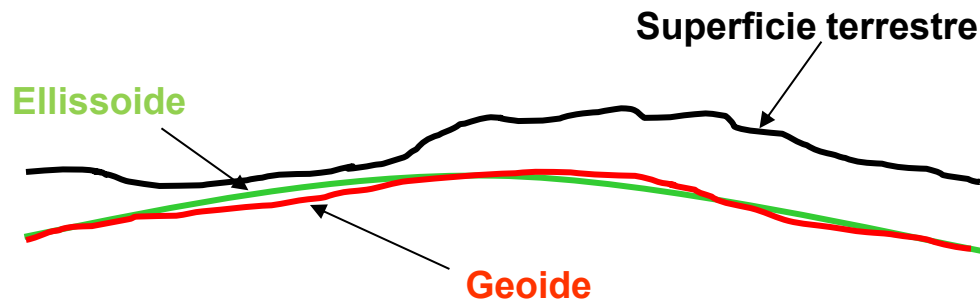
I punti della superficie terrestre vengono idealmente “proiettati” sulla superficie di riferimento che si è scelta.

La **Superficie di Riferimento** deve:

- approssimare bene la superficie terrestre
- avere una rappresentazione matematica semplice
- stabilire una corrispondenza biunivoca tra la superficie terrestre e la superficie di riferimento

Gli elementi da considerare sono:

- i parametri geometrici che lo caratterizzano (dimensioni dei semiassi)
- l'orientamento rispetto alla superficie terrestre (geocentrico o locale)



Superfici di Riferimento

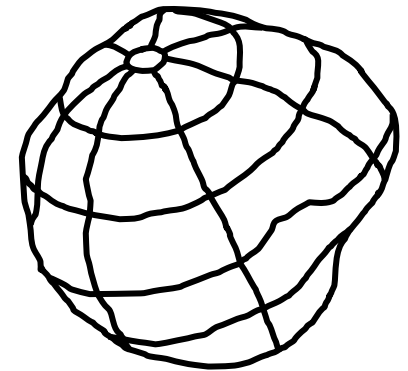
Geoide

Il **Geoide** è la **superficie equipotenziale** che assumerebbe la Terra se fosse ricoperta dal mare, quindi, per convenzione, la superficie che passa per il livello medio dei mari.

Il Geoide rappresenta una **superficie convenzionale** perciò ogni Paese ha “**materializzato**” il suo valore al di sopra di una **rete generale di punti** (capisaldi altimetrici).

La **quota 0** è fissata pari al livello medio del mare in un determinato luogo ad una determinata data (in Italia dal **mareografo di Genova**).

Il Geoide per la sua natura non può essere utilizzato per scopi planimetrici in quanto non è definibile dal punto di vista matematico. Viene utilizzato per i valori di quota.



Superfici di Riferimento

Ellissoide

L'**Ellissoide** è una superficie teorica generata dalla rotazione di un'ellisse attorno all'asse minore. (a e b approssimano quelli terrestri)

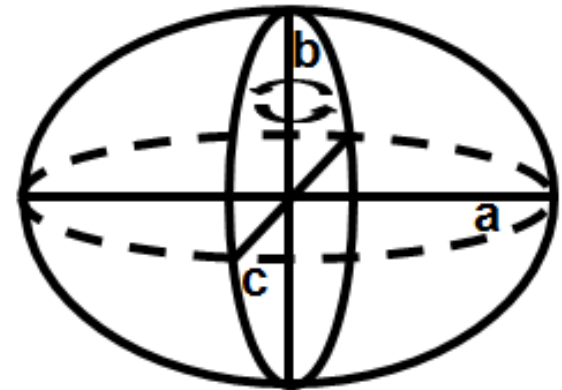
Caratteristiche:

- ✓ approssima la superficie terrestre meno correttamente del Geoide
- ✓ non è fisicamente individuabile
- ✓ ha una rappresentazione matematica semplice (è definito da 2 soli parametri – e, s)

Parametri dell'ellissoide:

Schiacciamento $\rightarrow s = (a-b)/a$

Eccentricità $\rightarrow e = \sqrt{((a^2-b^2)/a^2)}$



In cartografia l'**Ellissoide** è la superficie di riferimento più comunemente utilizzata

Superfici di Riferimento

Ellissoidi più utilizzati per il territorio italiano

Ellissoide di Bessel – $a=6377397m$ - $b=356079m$ - $s=1/299,15$

Utilizzato nel passato per la cartografia catastale italiana

Ellissoide Internazionale $a=6378388m$ - $b=6356912m$ - $s=1/297$

Utilizzato nel passato per la cartografia ufficiale italiana (GaussBoaga-Roma40) e Europea (ED50).

Ellissoide WGS84 – $a=6378137m$ - $b=6356752m$ - $s=1/298,257223$

Utilizzato per il posizionamento satellitare GPS e in sistemi geocentrici

Sferoide GRS 1980 – $a=6378137m$ - $b=6356752m$ - $s=1/298,257222$

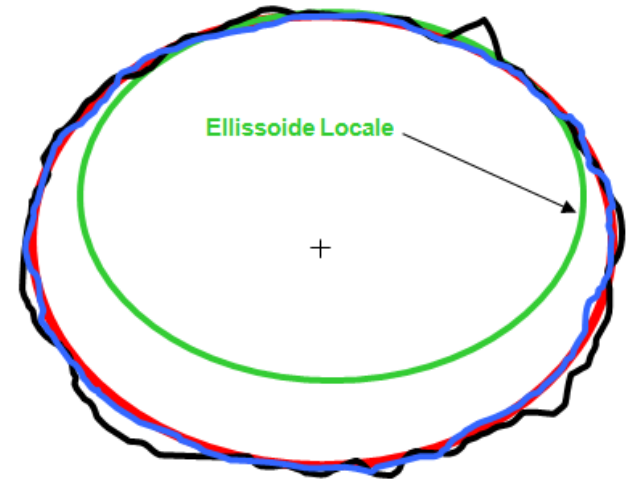
Utilizzato nei sistemi attuali Italiano (RDN) ed Europeo (ETRS 89).

Superfici di Riferimento

Orientamento ellissoide

Gli **Ellissoidi** possono avere orientamento:

- **GEOCENTRICO** (centro della Terra)
- **LOCALE** (tangente al geoida)



Ellissoide geocentrico o globale

Origine coincidente con il centro di massa della Terra;

Asse Z coincidente con un asse di rotazione terrestre convenzionale;

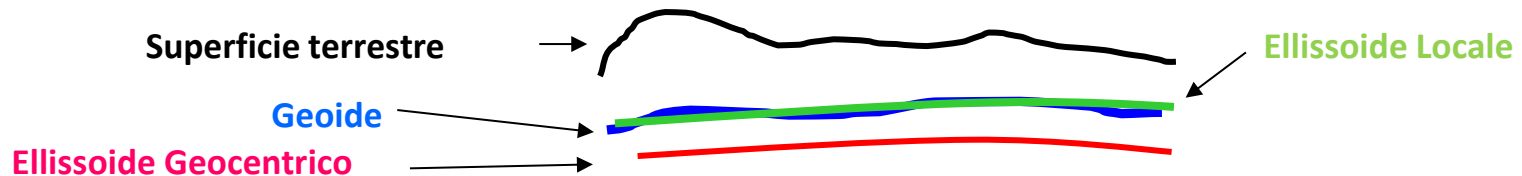
Asse X intersezione di un piano meridiano di riferimento (Greenwich) con il piano equatoriale;

Asse Y tale da completare una terna ortogonale destrorsa.

Ellissoide locale

Ellissoide orientato con misure locali (punto di emanazione) in modo da farlo coincidere localmente con il geoida (nel punto di emanazione la normale ellissoidica coincide con la verticale e viene fissata un'ondulazione N).

Gli ellissoidi locali hanno un baricentro che non coincide con il centro della Terra



Datum

Il DATUM Rappresenta l'insieme dei parametri in grado di orientare nello spazio la superficie di riferimento adottata (ellissoide).

È costituito da: **ellissoide punto di emanazione azimut**

L'ellissoide viene orientato in un dato punto (detto **punto di emanazione**) imponendo che in quel punto si verifichino le seguenti condizioni geometriche:

- la normale ellissoidica coincida con la verticale;
- la direzione del meridiano ellissoidico coincida con quella del meridiano astronomico;
- la quota ellissoidica coincida con quella ortometrica.

Nel datum italiano ROMA 40, ad esempio, l'ellissoide è l'internazionale di Hayford, orientato a Roma M.Mario (osservatorio astronomico e punto di emanazione della rete geodetica nazionale) con misure astronomiche del 1940. La direzione su cui è stata imposta la coincidenza dell'azimut è il lato M.Mario - M.Soratte della rete geodetica fondamentale.

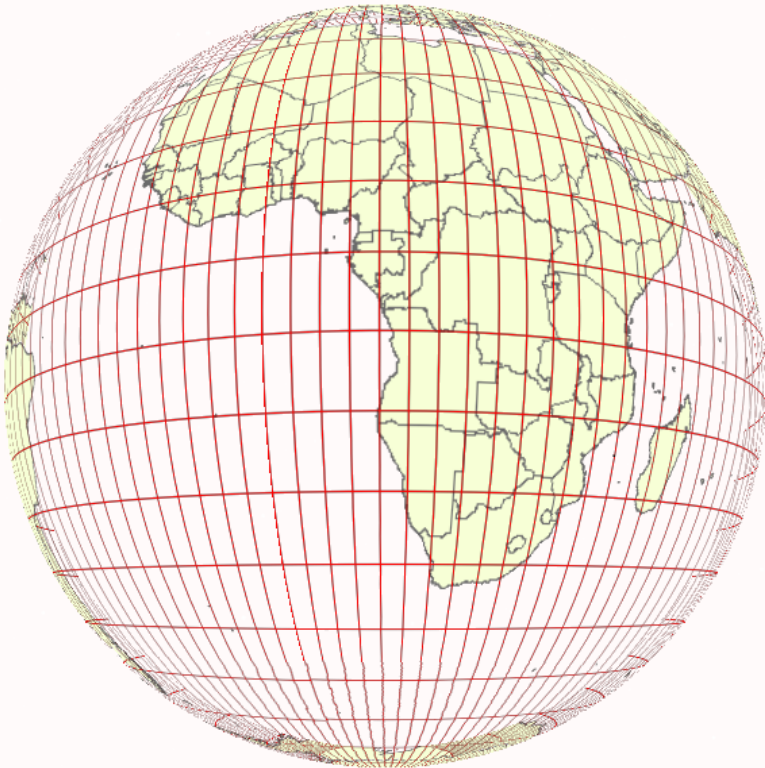
Datum

Esempi di Datum Locali

D_ROMA 40

Ellissoide: **International 1924**

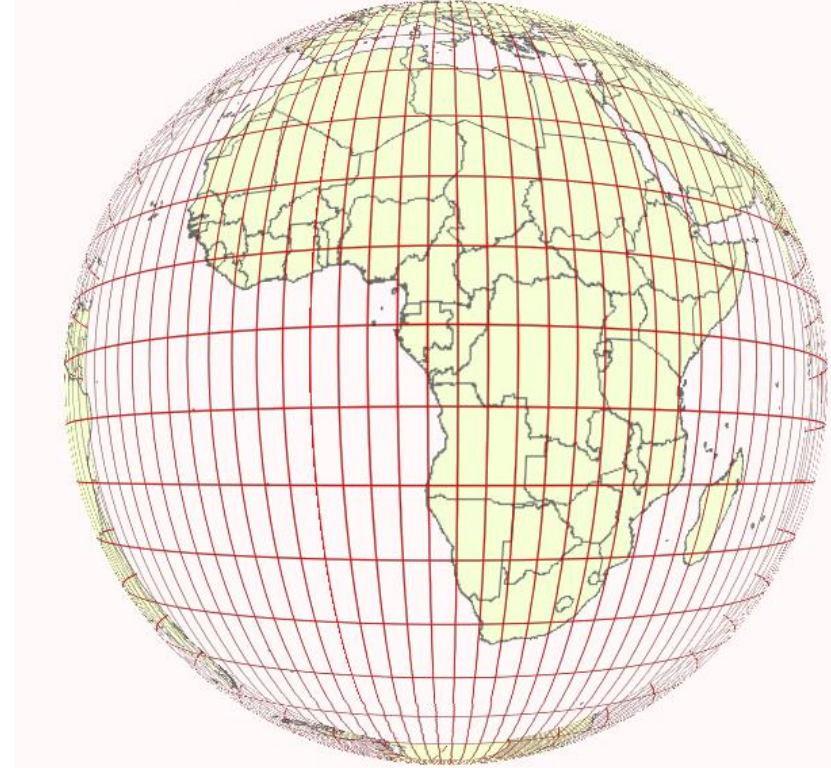
Orientamento: **Roma M. Mario**



D_ED50

Ellissoide: **International 1924**

Orientamento: **Postdam**



Trasformazione e conversione di coordinate

Conversione di Coordinate all'interno di un DATUM

In uno stesso DATUM si possono usare molti sistemi di coordinate: le **conversioni** sono puramente matematiche. Le trasformazioni di coordinate sono generalmente risolvibili in forma analitica con operazioni geometrico-matematiche e non comportano in pratica alcuna perdita di precisione.

Trasformazione di Coordinate tra DATUM diversi

La **trasformazione** tra 2 DATUM può essere calcolata solo quando ci sono sufficienti misure (reali) che legano i punti nei due sistemi (reti geodetiche).

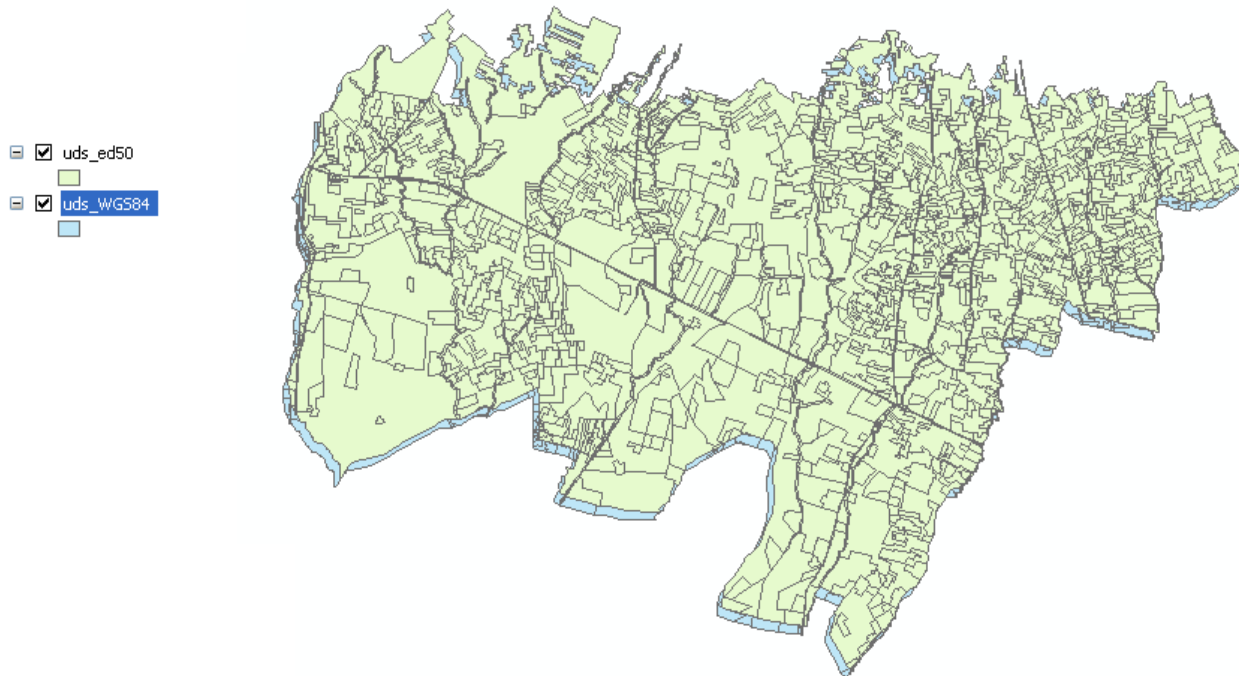
La trasformazione tra sistemi diversi avviene utilizzando le informazioni delle reti geodetiche nazionali:

Trasformazione e conversione di coordinate

Trasformazioni in QGis

La differenza di Datum si ripercuote sulla visualizzazione dei dati sul GIS

Esempio lo stesso dato (Uso del suolo) rappresentato sul QGis con due Datum differenti



Le trasformazioni tra Datum diversi comporta quasi sempre indeterminazioni di uno o più ordini di grandezza superiori a quelle derivanti da una conversione di coordinate

Trasformazione e conversione di coordinate



Trasformazioni in QGis

Quando carichiamo su Qgis un layer con un SR diverso dal SR di progetto Il layer viene riproiettato nel SR di progetto.

1 – si apre una finestra che propone le possibili trasformazioni in ordine di accuratezza

2 – di default viene indicata la trasformazione con più accuratezza

Seleziona Trasformazione per Regioni_gb1

Multiple operations are possible for converting coordinates between these two Coordinate Reference Systems. Please select the appropriate conversion operation, given the desired area of use, origins of your data, and any other constraints which may alter the "fit for purpose" for particular transformation operations.

SR sorgente EPSG:3003 - Monte Mario / Italy zone 1
SR destinazione EPSG:4326 - WGS 84

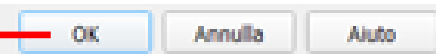
	Transformation	Accuracy (meters)	Area of Use
1	Inverse of Italy zone 1 + Monte Mario to WGS 84 (4)	4	Italy - west of 12°E, Italy - mainland
2	Inverse of Italy zone 1 + Monte Mario to WGS 84 (2)	4	Italy - west of 12°E, Italy - Sardinia or
3	Inverse of Italy zone 1 + Monte Mario to WGS 84 (11)	10	Italy - west of 12°E, Italy - Sicily Strait
4	Inverse of Italy zone 1 + Ballpark geographic offset from Monte Mario to WGS 84	Unknown	Italy - west of 12°E, World

1

2

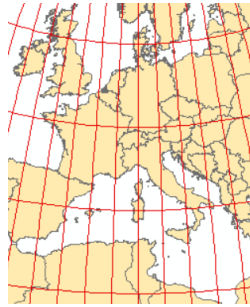
3 – cliccando su ok si applica la trasformazione e il layer viene riproiettato.

3



Proiezioni

Proiezione Conforme
Conserva le forme e gli angoli localmente



Es: Transverse Mercator

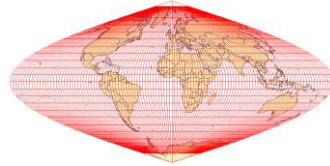
Forma: Conforme. Rappresentazione accurata delle forme piccole. Minima distorsione per le forme grandi.

Area: Distorsione minima.

Direzione: Valori angolari localmente veritieri.

Distanza: Distorsioni laterali ridotte con un fattore di scala (0.9992).

Proiezione Equivalente
Conserva le aree



Es: Sinusoidal

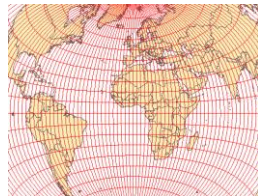
Forma: No distorsione lungo il meridiano centrale e l'equatore.

Area: Rappresentazione accurata.

Direzione: Valori angolari localmente corretti.

Distanza: Scala accurata lungo tutti i paralleli e il meridiano centrale.

Proiezione Equidistante
Conserva le distanze tra punti



Es: Azimuthal Equidistant

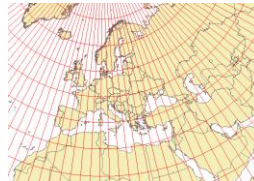
Forma: Tutte le forme sono distorte eccetto il centro.

Area: Distorsione crescente Dal centro della proiezione.

Direzione: Valori angolari corretti dal centro verso l'esterno.

Distanza: Scala accurata lungo tutti i paralleli e il meridiano centrale.

Proiezione Equiangolare
Mantiene inalterate le direzioni



Es: Lambert Conformal Conic

Forma: Le forme piccole sono mantenute.

Area: Distorsione minima vicino i paralleli standard.

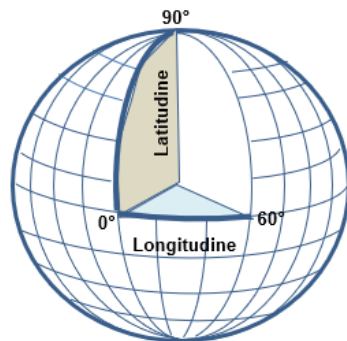
Direzione: Valori angolari accurati localmente.

Distanza: Scala corretta lungo i paralleli standard.

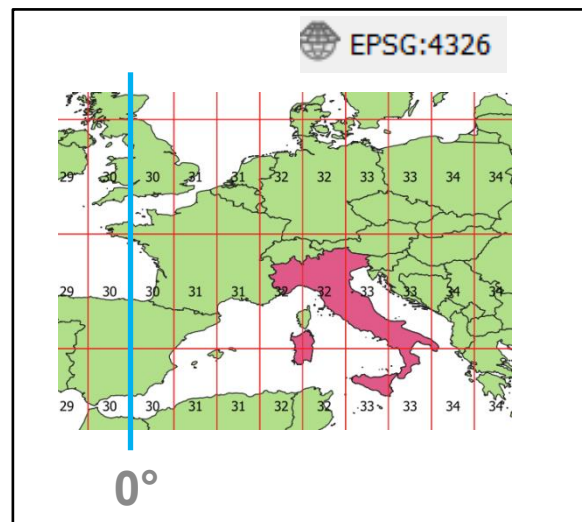
Sistemi di coordinate

Coordinate Geografiche (misure angolari) (Lat, Long)

In questo caso si prende in considerazione il DATUM.

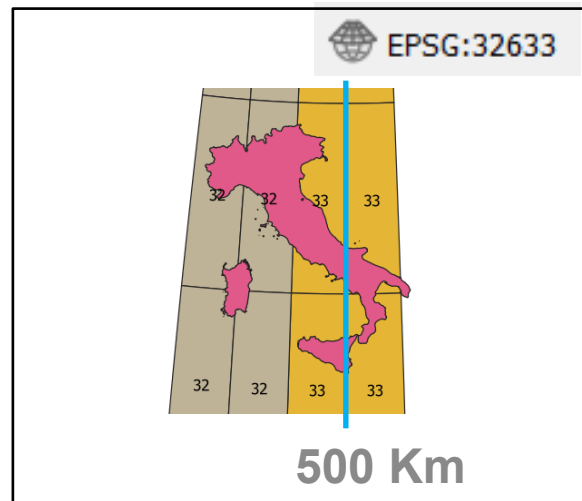
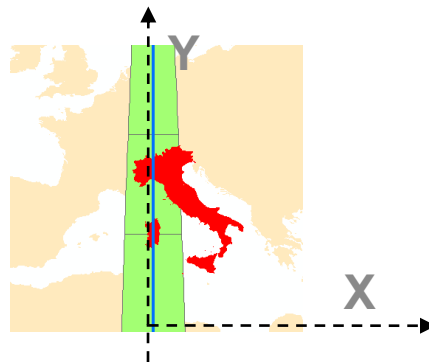
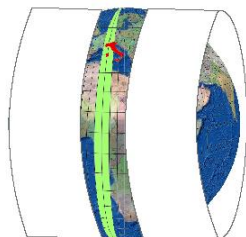
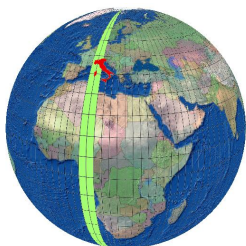


Visualizzazione su QGIS



Coordinate piane (misure lineari) X,Y (Est, Nord)

In questo caso si prende in considerazione il datum e il sistema di coordinate con la **proiezione** e il meridiano del fuso di appartenenza.

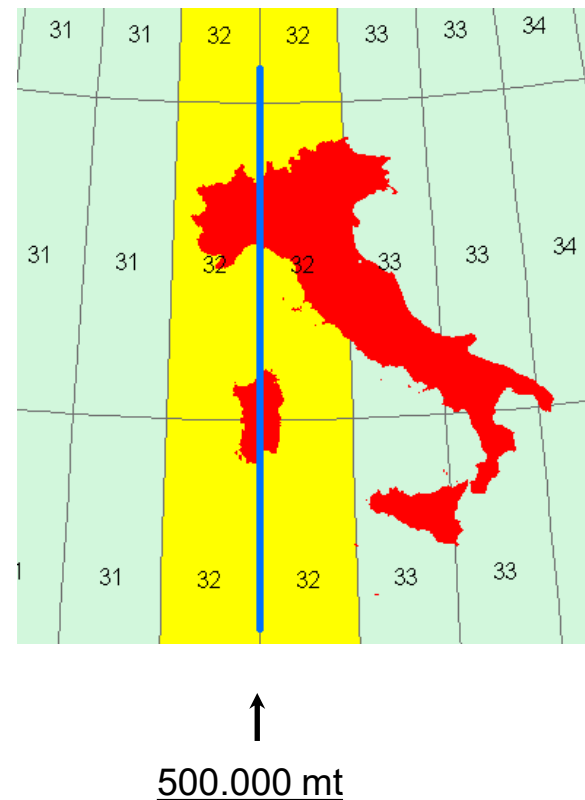


Sistema UTM

ogni fuso ha 2 sistemi di coordinate N = Nord e S = Sud
(l'origine per la latitudine è 0 m per l'emisfero Nord e
10.000.000 m per l'emisfero Sud)

In ogni fuso la distorsione è minima lungo il meridiano
centrale ed aumenta procedendo verso Est e verso Ovest.

Ogni fuso presenta un **meridiano centrale** al quale è
assegnato il valore di origine pari a **500 km (falso Est)**



Sistemi di riferimento utilizzati in Italia



Roma 40 Gauss-Boaga : Proiezione di Gauss strutturata in fusi, in modo analogo a UTM – Datum Roma 40 (EX-SISTEMA GEODETICO-CARTOGRAFICO NAZIONALE) EPSG = 3003, 3004, 4265 (geografico locale)

Obsoleto

UTM-ED50: Sistema UTM basato sul Datum ED50 EPSG = 23032, 23033, 23034, 4230 (geografico locale)

UTM - WGS84 (geocentrico): Sistema UTM basato sul Datum WGS84 EPSG = 32632, 32633, 4326

NON VA UTILIZZATO

Sistema di Riferimento Geodetico ETRS89

UTM - ETRS89: realizzazione europea dell'ETRF89 EPSG = 25832, 25833, 25834, 4258 (geografico locale)

Utilizzato da ISPRA

IGM95: realizzazione italiana dell'ETRF89 EPSG = 3064, 3065, 9716, 4670 (geografico locale)

Consigliato da IGM

UTM - RDN 2008: Sistema UTM basato su realizzazione ETRF2000 (Rete Dinamica Nazionale) SISTEMA GEODETICO-CARTOGRAFICO NAZIONALE (DECRETO 10 novembre 2011)

Utilizzato dalle P.A.

Nord, Est EPSG = 6707, 6708, 6709, 6875, 6876 6706 (geografico locale)

Obbligo di legge

Est, Nord EPSG = 7791, 7792, 7793, 7794, 7795

LAEA- ETRS89 Proiezione di Lambert_Azimuthal_Equal_Area utilizzato dalla comunità Europea, in grado di rappresentare tutta europa in un'unica proiezione. EPSG = 3035 (Inspire)

Utilizzato da ISPRA

I massimi scostamenti rilevati tra ETRF 2000, ETRS89 e WGS84 sono inferiori a 40 centimetri.

Sistemi di riferimento utilizzati in Italia



Esempio Sistema di Riferimento in Qgis

Selezione Sistema di Riferimento delle Coordinate

Questo layer sembra non avere nessuna proiezione specificata. Questo layer ha, come proiezione impostata predefinita, quella del progetto ma si può impostare qui di seguito una proiezione differente per questo layer.

Filtra

Recently Used Coordinate Reference Systems

Sistema di Riferimento delle Coordinate	ID dell'autorità
WGS 84	EPSG:326
RDN2008 / UTM zone 33N (N-E)	EPSG:6708
WGS 84 / UTM zone 32N	EPSG:32632
Monte Mario (Rome) / Italy zone 2	EPSG:26592
ETRS89 / UTM zone 33N	EPSG:25833
Monte Mario / Italy zone 1	EPSG:3003

Predefined Coordinate Reference Systems Nascondi SR scongiati

Sistema di Riferimento delle Coordinate	ID dell'autorità
WGS 84 / UTM zone 32N	EPSG:32632
WGS 84 / UTM zone 32S	EPSG:32732
WGS 84 / UTM zone 33N	EPSG:32633
WGS 84 / UTM zone 33S	EPSG:32733
WGS 84 / UTM zone 34N	EPSG:32634
WGS 84 / UTM zone 34S	EPSG:32734

WGS 84 / UTM zone 32N

WKT

```
PROJCRS["WGS 84 / UTM zone 32N",  
  BASEGEOGCRS["WGS 84",  
    DATUM["World Geodetic S  
  4",  
    ELLIPSOID["WGS 84",  
    6378137,298.257223563,
```

OK Annulla Aiuto

1 - EPSG = 32633 ==> Codifica Internazionale

2 - WGS84 UTM F33

WGS84: Datum di riferimento

UTM: Sistema di Coordinate utilizzato

F33: Fuso di riferimento

3 - D WGS84

==> Datum

3

Sistemi di riferimento in QGIS

Quando carichiamo i dati su Qgis possono verificarsi le situazioni seguenti:

Dati georiferiti e con sistema di riferimento definito - *Dato corretto*

Dati georiferiti con sistema di riferimento non definito - *Dato incompleto*

Per rendere il dato fruibile è necessario assegnare il sistema di riferimento di origine.

Dati non georiferiti - *Dato non corretto*

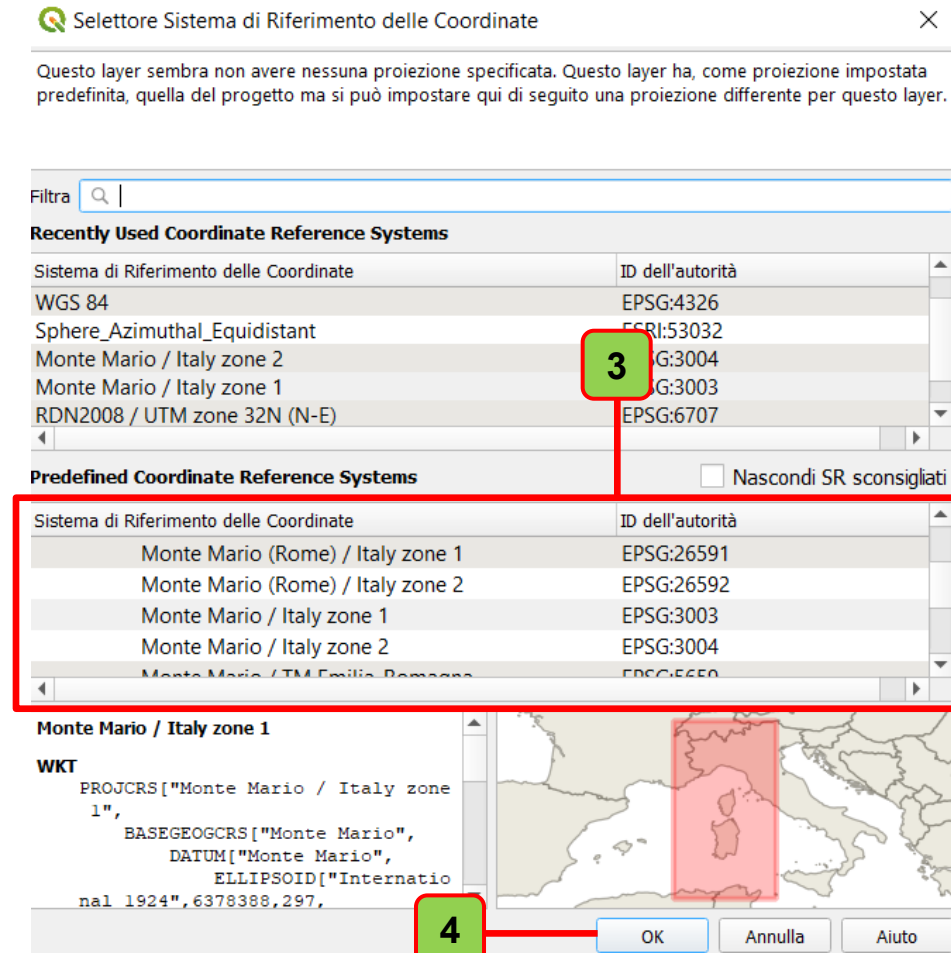
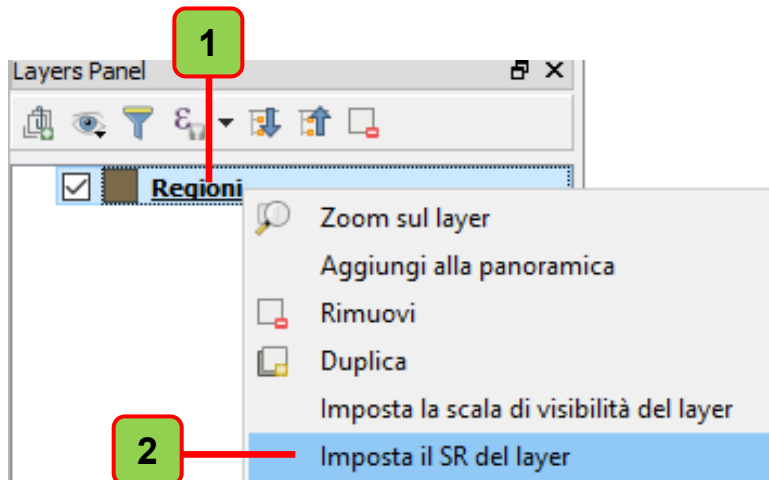
Per rendere il dato fruibile è necessario georeferenziare il dato e assegnare il sistema di riferimento utilizzato nella georeferenziazione.

Sistemi di riferimento in QGIS



Assegnare il Sistema di riferimento al layer

- 1 - Per assegnare il Sistema di riferimento in QGIS si usa il tasto dx sul nome del layer
- 2 - si sceglie "Imposta il SR del Layer"
- 3 - si sceglie il sistema di riferimento
- 4 - si clicca su "OK"



Sistemi di riferimento in QGIS

[Video ?](#)

Cambiare il Sistema di riferimento al progetto QGIS

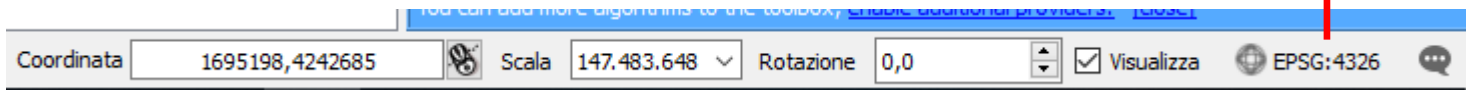
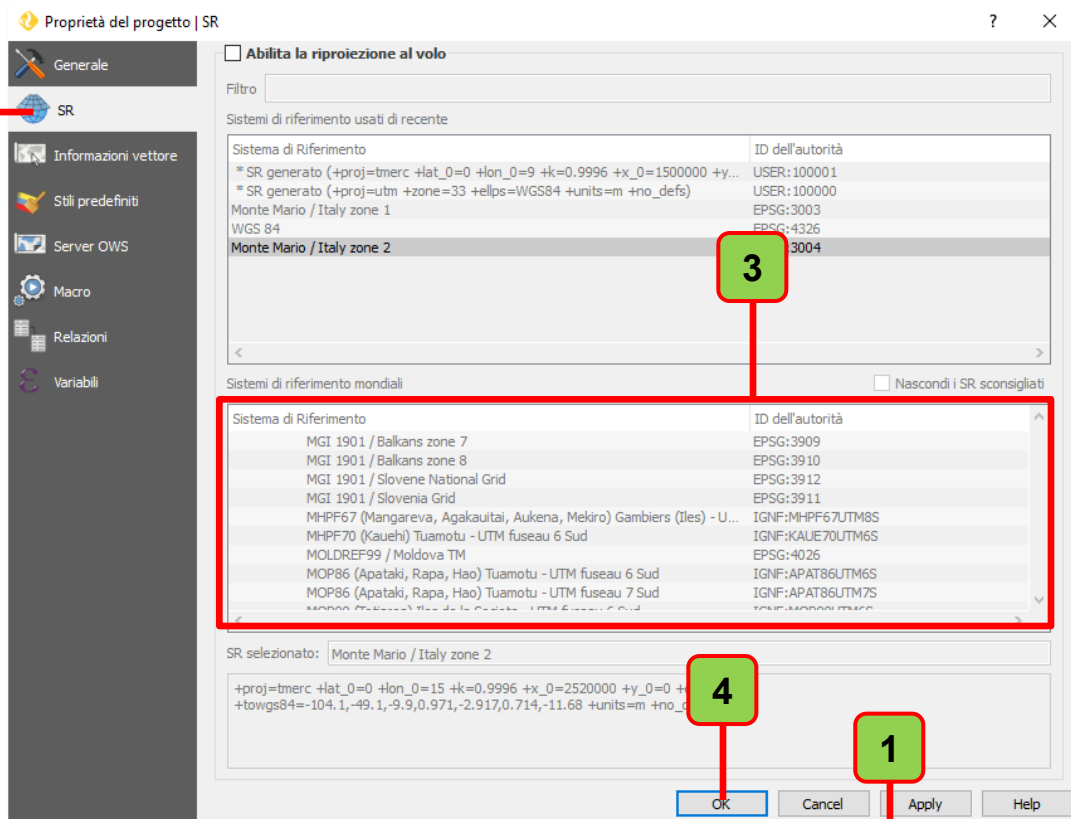
1 - si usa il pulsante “**EPSG**”

2

2 – si attiva la scheda “**SR**” nelle proprietà del progetto

3 - si sceglie il sistema di riferimento

4 – si clicca su “**OK**”



Sistemi di riferimento in QGIS



Funzioni scheda Sistema di riferimento

1 - Abilita la riproiezione al volo

2 - Filtro EPSG

3 - Sistemi di riferimento usati di recente

4 - Lista sistemi di riferimento

5 - Parametri del sistema di riferimento

6 - Trasformazione di Datum

Sistema di Riferimento delle Coordinate del Progetto (SR)

Nessuna Sistema di Coordinate (o proiezione sconosciuta/non terrestre)

Filtra

Recently Used Coordinate Reference Systems

Sistema di Riferimento delle Coordinate	ID dell'autorità
WGS 84 / UTM zone 33N	EPSG:32633
WGS 84	EPSG:4326
Sphere_Azimuthal_Equidistant	ESRI:53032

Predefined Coordinate Reference Systems Nascondi SR scongiati

Sistema di Riferimento delle Coordinate	ID dell'autorità
WGS 84 / UTM zone 29S	EPSG:32729
WGS 84 / UTM zone 2N	EPSG:32602

WGS 84 / UTM zone 33N

WKT

```
PROJCRS["WGS 84 / UTM zone 33N",  
  BASEGEOGCRS["WGS 84",
```

Trasformazioni di Datum

Chiedi la trasformazione del datum se disponibili (definito nelle impostazioni generali)

SR sorgente	SR destinazione	
EPSG:3003	EPSG:32633	+proj=pipeline +step +inv +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=9 +k=0.9996 +x_0=1500000 +y_0=

OK Annulla Applica Aiuto

Sistemi di riferimento in QGIS

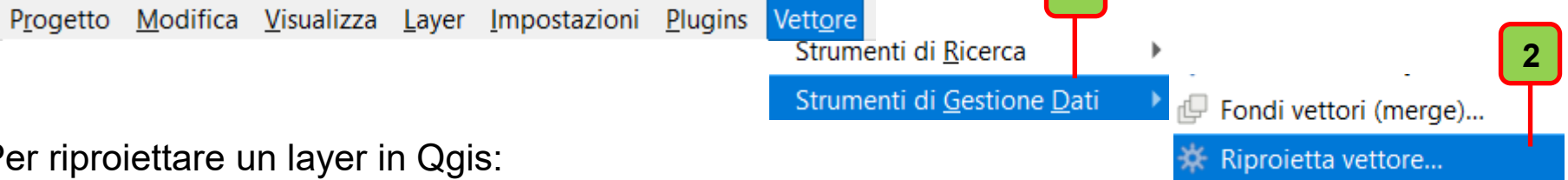


Riproiettare un layer in un nuovo Sistema di riferimento

Riproiettare un layer è un'operazione che deve essere eseguita solo quando necessaria e deve essere controllata in maniera rigorosa in quanto introduce errori nel processo di trasformazione.

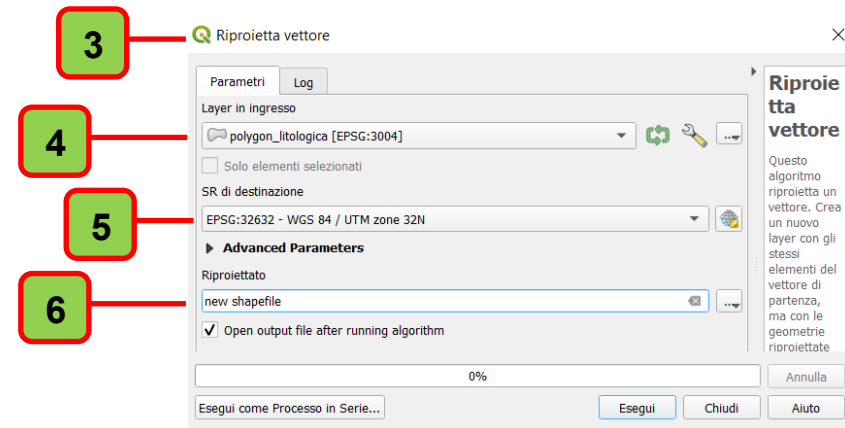
Riproiettare un layer significa creare un nuovo layer identico nei contenuti a quello di partenza ma con nuove coordinate e un nuovo sistema di riferimento.

QGIS *Progetto Senza Titolo — QGIS



Per riproiettare un layer in Qgis:

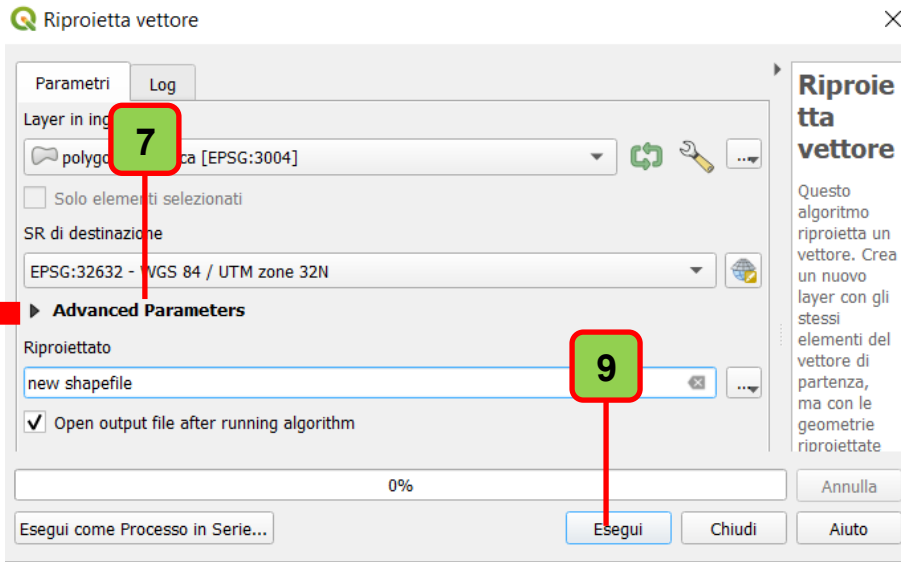
- 1 - dal menu **'Vettore\Strum..Gest..Dati'**
- 2 - si sceglie **'Riproietta Vettore'**
- 3 - appare il modulo **'Riproietta Vettore'**
- 4 - layer di input
- 5 - SR di output
- 6 - layer di output



Sistemi di riferimento in QGIS



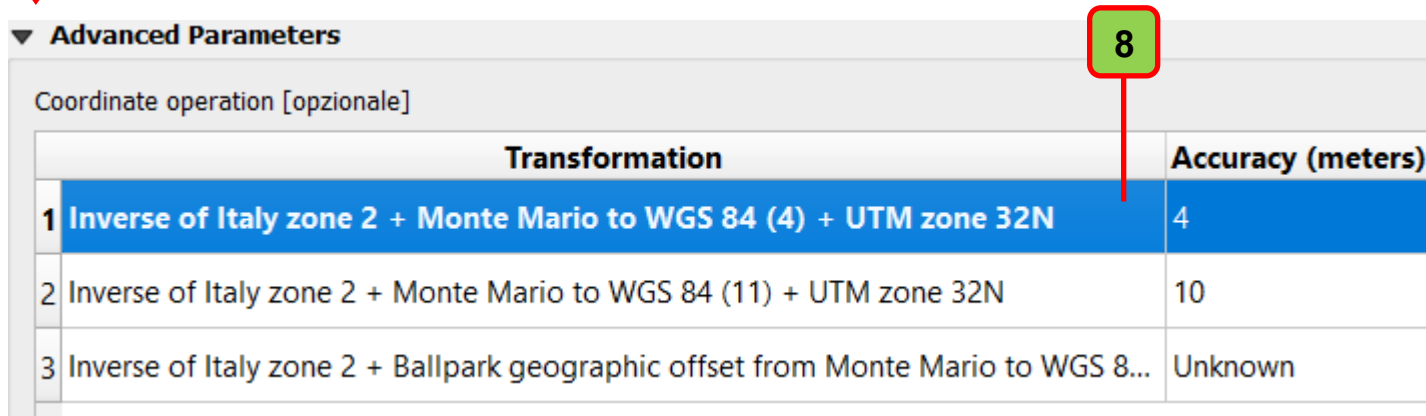
Riproiettare un layer in un nuovo Sistema di riferimento



7 - si sceglie 'Advanced Parameter'

8 - si sceglie il processo di trasformazione più accurato

9 - si clicca su 'Esegui'



Sistemi di riferimento in QGIS

Riproiettare un layer in un nuovo Sistema di riferimento

Per riproiettare un layer in maniera rigorosa si possono adottare diverse soluzioni + accurate

Utilizzare il Software Verto di IGM (Solo per il territorio Nazionale)

Conversione coordinate https://www.igmi.org/vol/index_coord.php

Conversione file http://212.77.67.76/vol/index_file.php

Utilizzare il Software ConveRgo (Solo per il territorio Nazionale)

https://www.cisis.it/wp-content/uploads/2020/03/Setup_ConveRgo_ge.exe.zip

Utilizzare il Software Traspunto 3.2 (Solo per il territorio Nazionale)

<https://archive.org/download/traspunto/Traspunto3.2.zip>

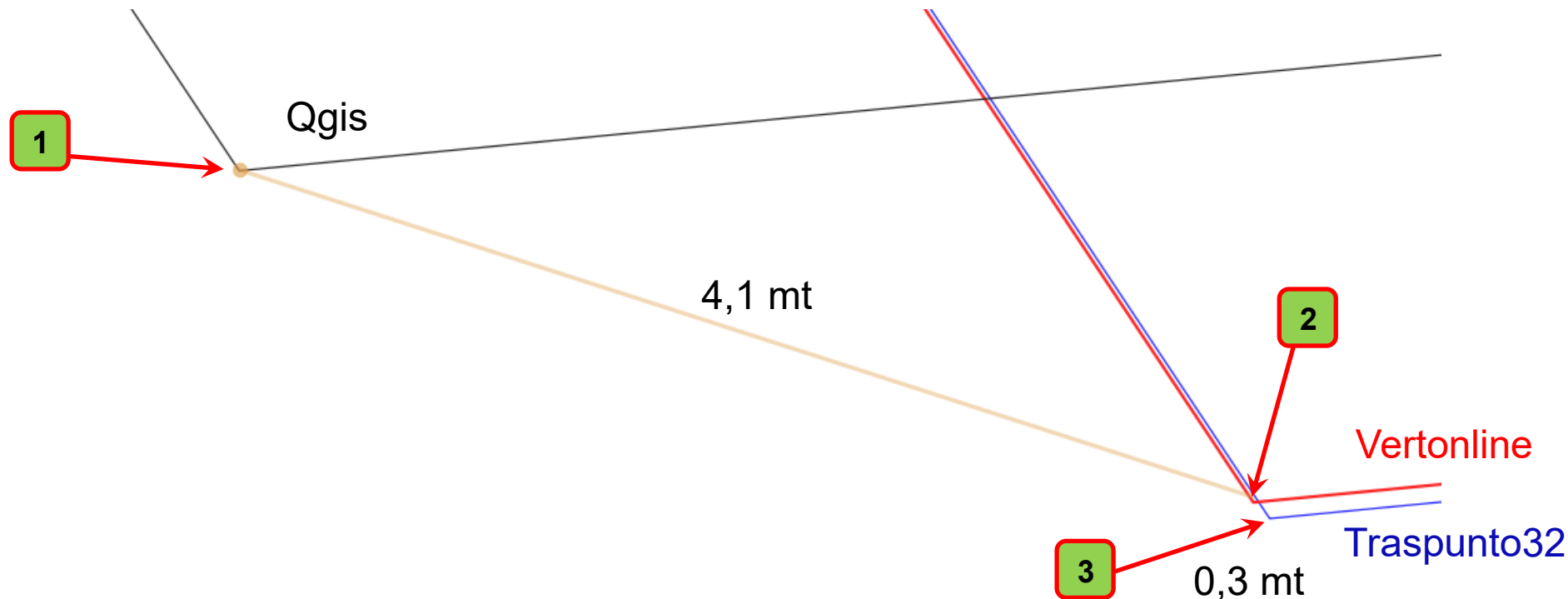
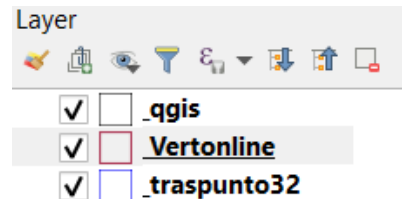
Sistemi di riferimento in QGIS

Riproiettare un layer in un nuovo Sistema di riferimento

Conversione di un layer con 3 diversi software da 32632 a 3003

Posizione di un vertice convertito:

- 1 – Qgis
- 2 – Vertonline
- 3 – Traspunto32



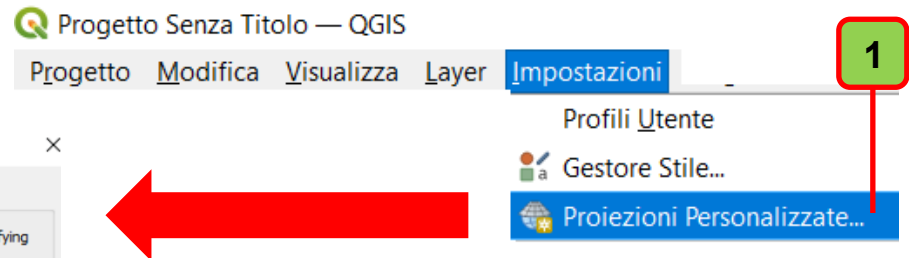
Sistemi di riferimento in QGIS



Sistema di riferimento personalizzato

E' possibile migliorare la trasformazione in Qgis utilizzando sistemi personalizzati
Si possono usare i grigliati personalizzati ottenendo accurattee simili a quelle di Traspunto32.

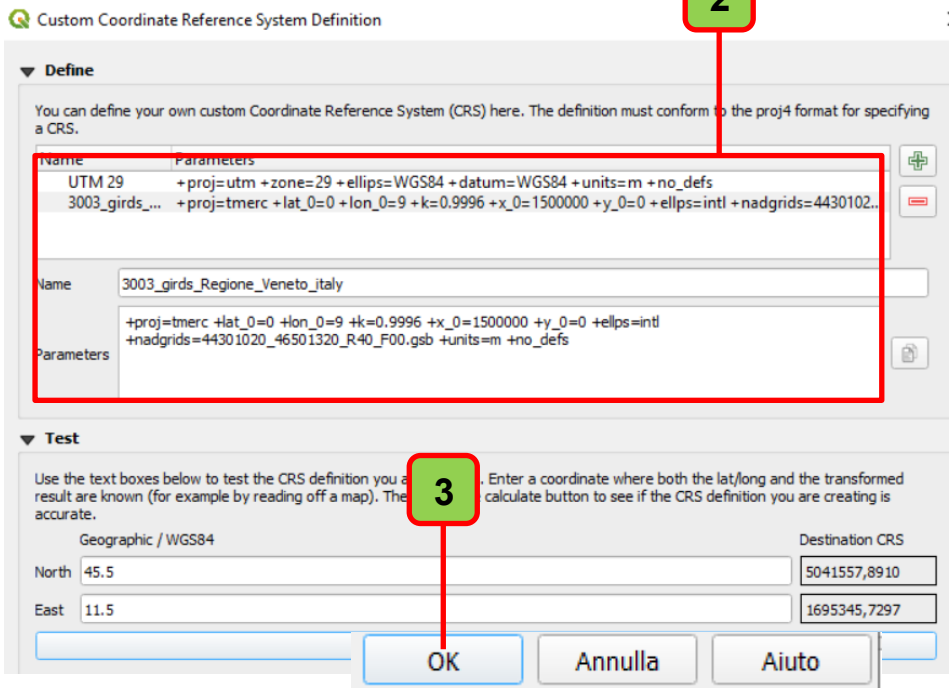
Grigliati per QGIS



1 - in 'Impostazioni\ Proiezioni personalizzate'

2 - si impostano i parametri dei grigliati

3 - si clicca su 'OK' e si crea una nuova libreria per una trasformazione più accurata.



Georeferenziazione

Correlazione tra la posizione di un oggetto nello spazio rispetto ad un sistema di riferimento noto.

La georeferenziazione in generale è una procedura che permette di assegnare le coordinate standard di un sistema di riferimento, ai punti di una immagine o di un oggetto.

Si utilizzano dei punti di controllo definiti Ground Control Point (GCP).

Reperimento dei GCP

Per la realizzazione di georeferenziazione e o ortorettifica è necessario I reperire GCP accurati.

E' preferibile utilizzare in ordine di importanza

- ✓ GCP provenienti da Monografie appartenenti ad una rete geodetica
- ✓ GCP provenienti da misure effettuate con GPS differenziale.
- ✓ GCP provenienti da dati georeferenziati.

Reperimento dei GCP

Esempio monografie Regione Veneto con diversi sistemi di riferimento

Roma 40

ED 50

WGS 84

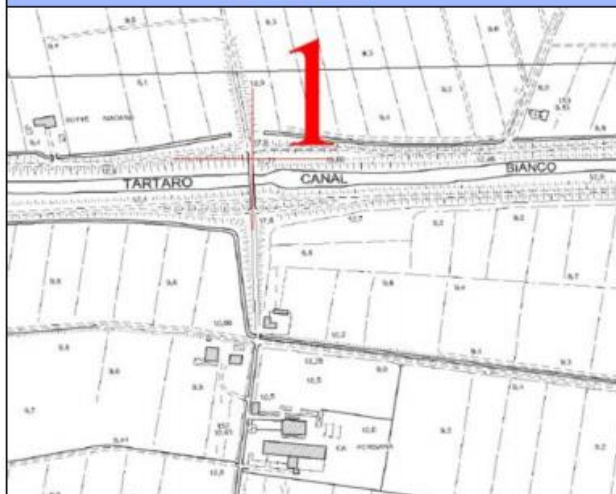
ETRF 2000

COORDINATE		COORDINATE		COORDINATE		COORDINATE	
Roma 40	Plane Gauss-Boaga	ED 50	Plane UTM	WGS 84	Plane UTM	ETRF 2000	Plane UTM
Geografiche	F. N: 4.996.193,131 O. E: 1.672.398,036	Geografiche	F. N: 4.996.371,628 E: 672.450,536	Geografiche	F. N: 4.996.173,081 E: 672.368,044	Geografiche	F. N: 4996173,119 E: 672.368,027
φ : 45°5'50,4567"		φ : 45°5'56,1906"		φ : 45°5'52,8441"		φ : 45°5'52,8454"	
λ : -1°15'40,8705"	F. N: 5.000.919,525 E: 2.220.286,388	λ : 11°11'30,1509"	F. N: 5.001.093,767 E: 200.352,027	λ : 11°11'26,6151"	F. N: 5.000.900,739 E: 200.283,808	λ : 11°11'26,6144"	F. N: 5.000.900,779 E: 200.283,795
				Quota Ellissoidica: 60,000		Quota Ellissoidica: 59,994	

COROGRAFIA

FOTOGRAFIA

DISEGNO



Monografie Vertici GPS della Regione Veneto

Calle Priuli, Cannaregio 99 - 30121 Venezia

email: sit@regione.veneto.it

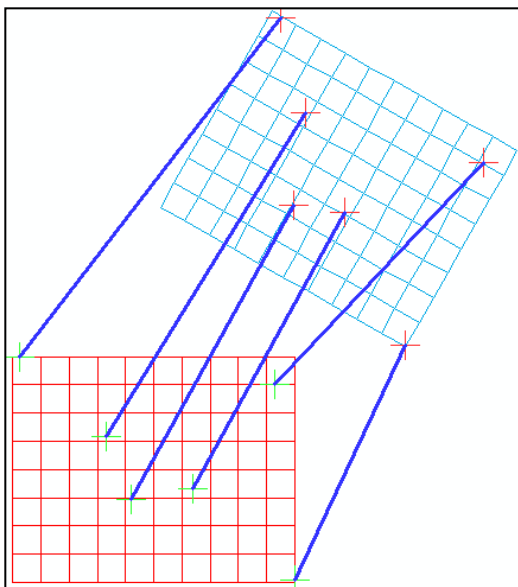
Tel. 041 2792577

Fax. 041 2792108

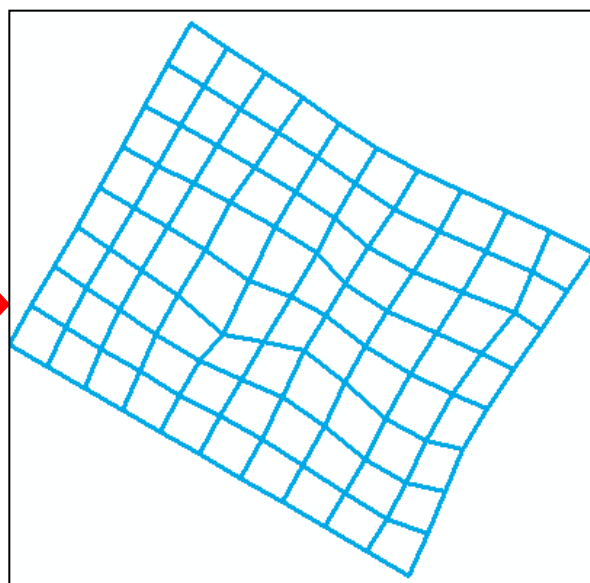
“Regione del Veneto – L.R. n. 28/76 – Formazione della Carta Tecnica Regionale”

Georeferenziazione dei dati raster

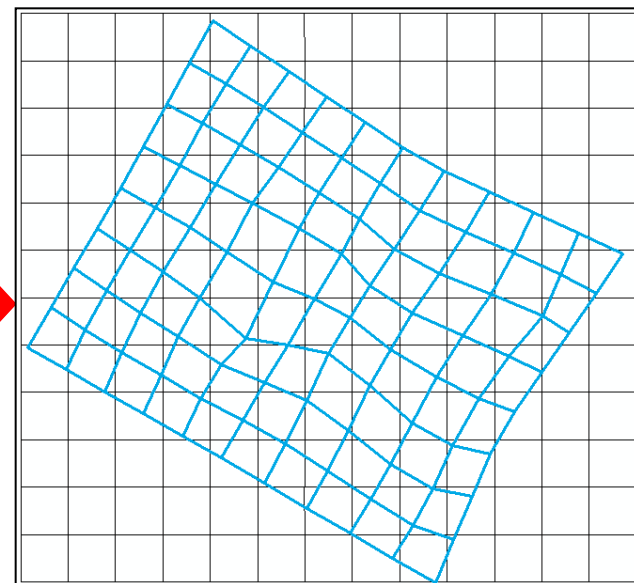
Posizionamento GCP



Applicazione di una matrice di trasformazione



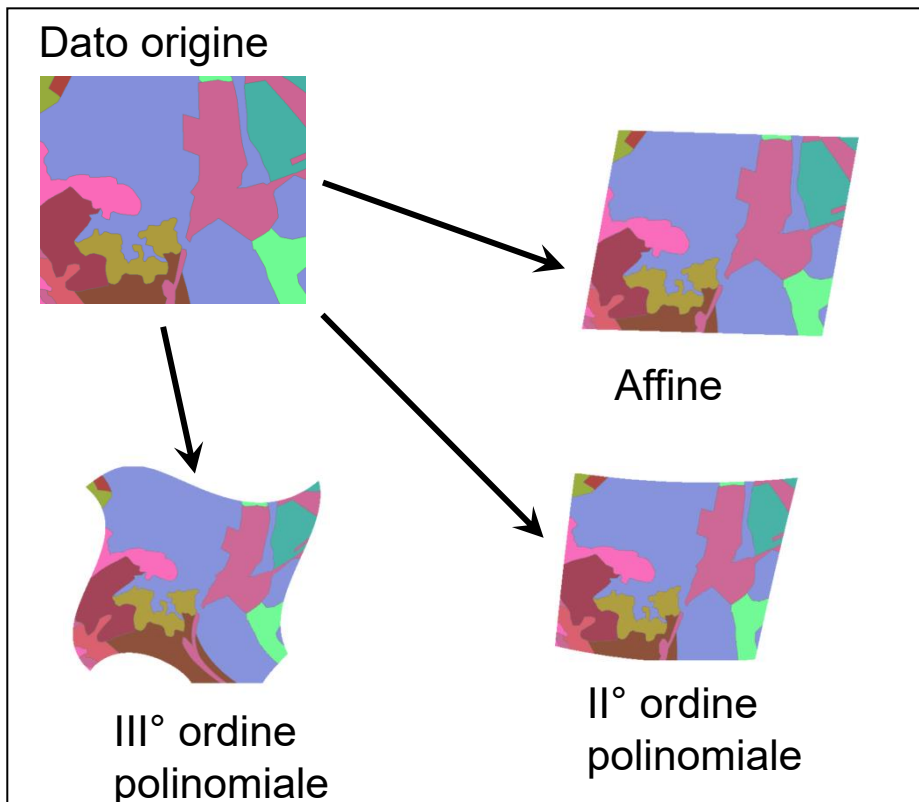
Ricampionamento mediante algoritmo di interpolazione



Matrice di trasformazione

Si ottiene dall'utilizzo di funzioni matematiche che deformano l'immagine sulla base dei GCP. Più sono i GCP più è grande il polinomio che si può applicare.

Esempio di funzioni polinomiali



Esempio di Funzioni Matematiche:

- Funzioni Polinomiali
- Thin plate spline
- Funzioni Polinomiali razionali
- Funzioni matematiche associate ad un Modello Orbitale

Georeferenziare un'immagine raster su Qgis

Georeferenziatore

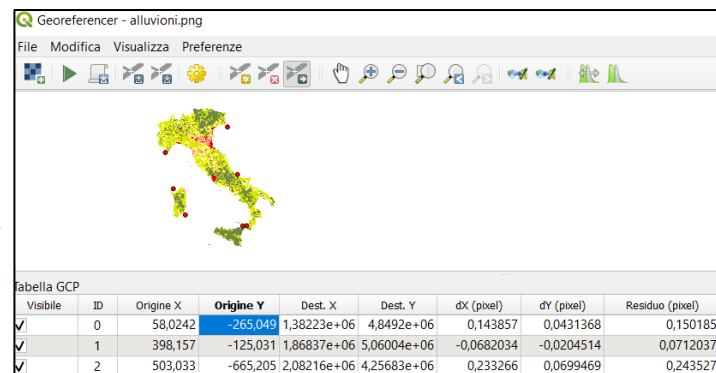
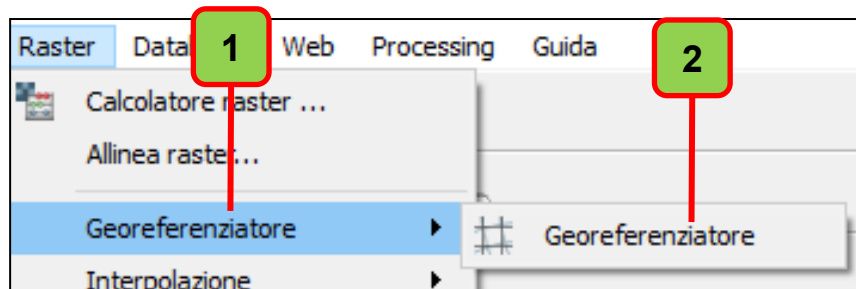


I dati all'interno di un GIS hanno la caratteristica di essere georeferenziati.

Se carichiamo su Qgis immagini acquisite da scanner o da altre fonti è necessario georeferenziarle per poter ottenere una sovrapposizione con gli altri temi (layer) presenti in un Sistema Informativo Territoriale.

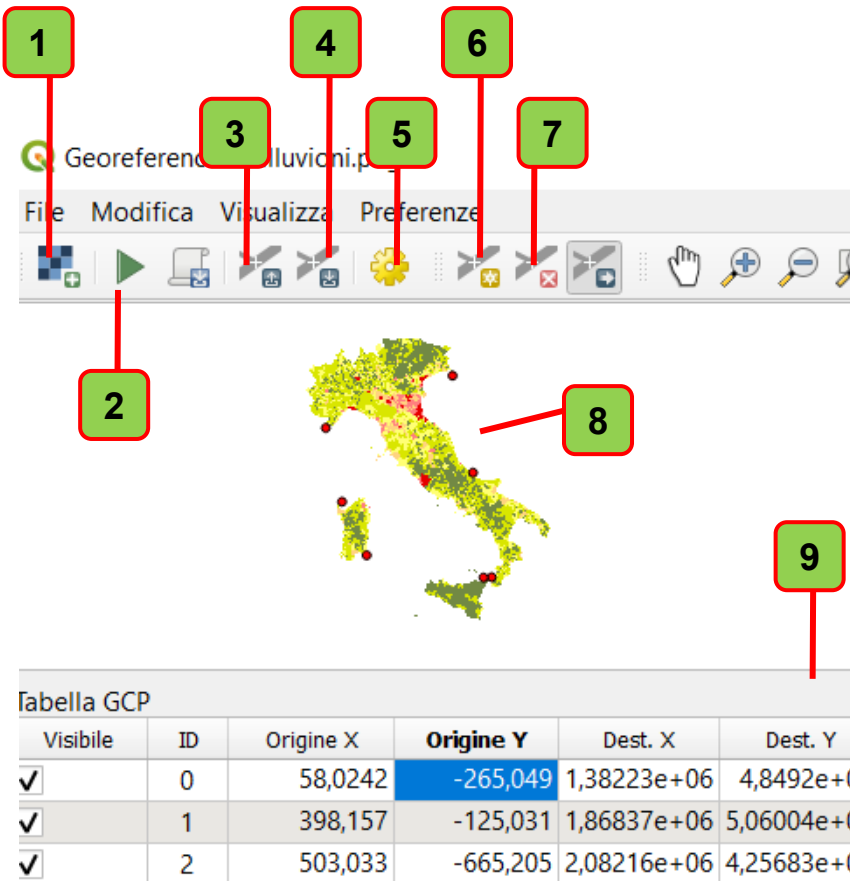
1 - dal menu 'Raster/Georeferenziatore'

2 - si sceglie il "Georeferenziatore" (Plugin Gdal")



Georeferenziare un'immagine raster su Qgis

Funzioni principali del georeferenziatore



The screenshot shows the QGIS Georeferencer tool interface. The menu bar includes 'File', 'Modifica', 'Visualizza', and 'Preferenze'. The toolbar contains icons for adding a raster (1), starting georeferencing (2), loading GCPs (3), saving GCPs (4), transformation settings (5), adding a point (6), deleting a point (7), and the georeferenced raster (8). A map of Italy is shown with red dots representing GCPs. A table titled 'Tabella GCP' is visible at the bottom, listing GCP data.

Visibile	ID	Origine X	Origine Y	Dest. X	Dest. Y
✓	0	58,0242	-265,049	1,38223e+06	4,8492e+06
✓	1	398,157	-125,031	1,86837e+06	5,06004e+06
✓	2	503,033	-665,205	2,08216e+06	4,25683e+06

1 – caricamento raster da georeferenziare

2 – avvio della georeferenziazione

3 – caricamento GCP

4 - Salvataggio GCP

5 – Impostazioni di trasformazione

6 – inserimento punto

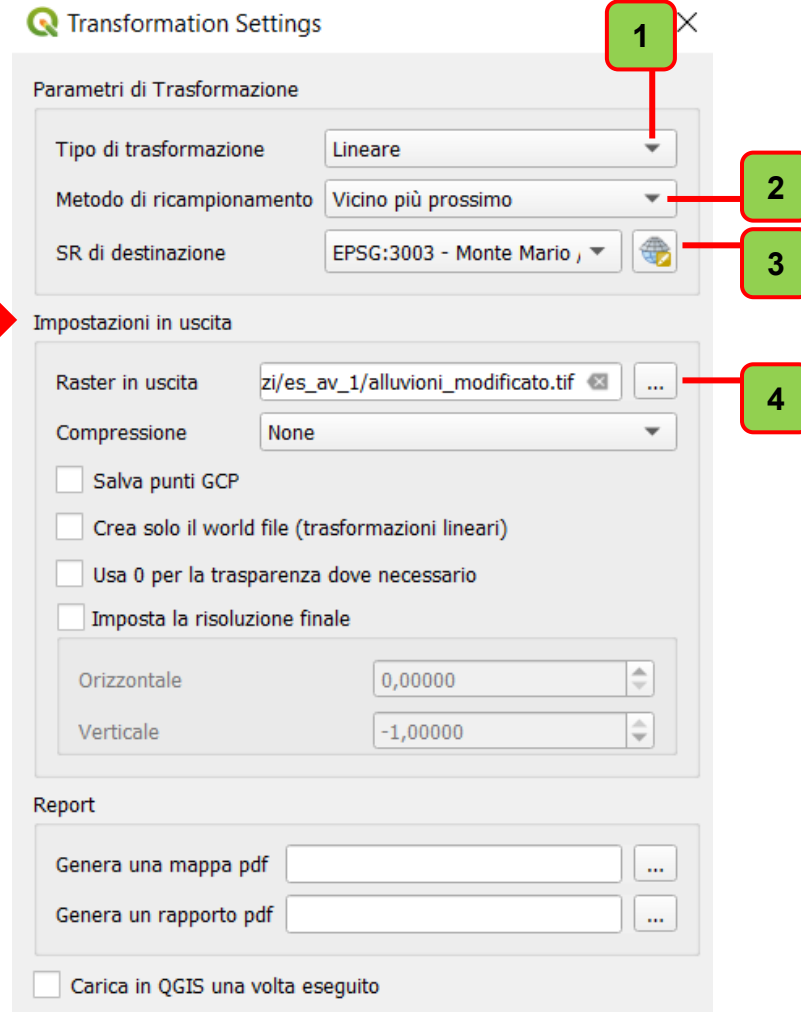
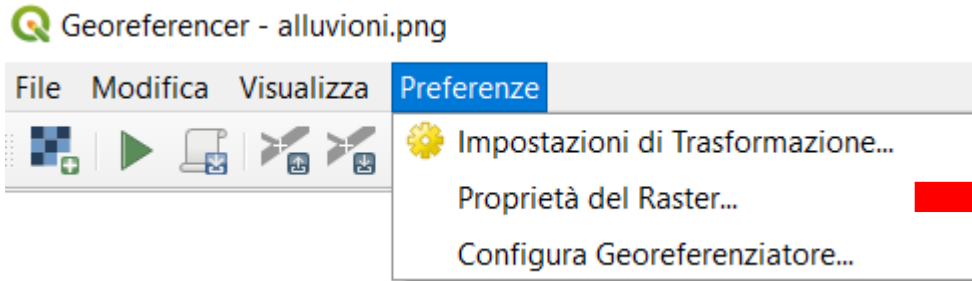
7 – eliminazione punto

8 – raster da georeferenziare

9 – Tabella dei GCP

Georeferenziare un'immagine raster su Qgis

Impostazioni di trasformazione



- 1 – tipo di trasformazione da applicare alla matrice
- 2 – tipo di algoritmo di ricampionamento da applicare alla matrice
- 3 – impostazione del sistema di riferimento
- 4 – impostazione output

Georeferenziare un'immagine raster su Qgis



Impostazioni di trasformazione

The screenshot shows the 'Transformation Settings' dialog box in QGIS. The 'Parametri di Trasformazione' section includes 'Tipo di trasformazione' (Lineare), 'Metodo di ricampionamento' (Vicino più prossimo), and 'SR di destinazione' (EPSG:3003 - Monte Mario). The 'Impostazioni in uscita' section includes 'Raster in uscita' (zi/es_av_1/alluvioni_modificato.tif), 'Compressione' (None), and several checkboxes: 'Salva punti GCP', 'Crea solo il world file (trasformazioni lineari)', 'Usa 0 per la trasparenza dove necessario', and 'Imposta la risoluzione finale'. The 'Report' section includes 'Genera una mappa pdf' and 'Genera un rapporto pdf'. A red box highlights the 'Imposta la risoluzione finale' section, which contains 'Orizzontale' (0,00000) and 'Verticale' (-1,00000) spinners. Numbered callouts 5 through 8 point to the 'Salva punti GCP', 'Crea solo il world file', 'Imposta la risoluzione finale', and 'Carica in QGIS una volta eseguito' options respectively.

5 – salvataggio dei i GCP in uscita

6 – creazione del descrittore **'world file'** senza creare nuova matrice ma riorientando quella esistente

7 – impostazione della risoluzione di output

8 – caricamento output a trasformazione conclusa

Georeferenziare un'immagine raster su Qgis



Inserimento GCP

L' inserimento dei punti può avvenire in 2 modalità:

Modalità punto-punto

Si inserisce il punto di origine e successivamente si inserisce il punto di destinazione utilizzando una mappa georeferenziata

Modalità punto-coordinate

Si inserisce il punto di origine e successivamente si inseriscono le coordinate del punto di destinazione utilizzando monografie o coordinate note del punto

Georeferenziare un'immagine raster su Qgis

[Video](#)

Esempio di Georeferenziazione di una mappa

Per avviare la georeferenziazione punto-punto:

1 – si utilizza il pulsante 'aggiungi punto'

2 – si inserisce il punto di origine

3 - compare la finestra delle coordinate

4 – si clicca su 'dalla mappa' per inserire il punto di destinazione tramite mappa

5 – si inserisce il punto di destinazione

6 – si clicca su ok per completare l'inserimento del punto

The screenshot illustrates the QGIS interface during a georeferencing task. On the left, a red outline represents the target map. On the right, a raster image is being georeferenced. A dialog box titled 'Inserisci Coordinate Mappa' is open, showing the coordinate input fields and buttons. The 'Dalla mappa' button is highlighted, indicating the selection of a point on the raster image. The 'OK' button is also highlighted, indicating the completion of the point insertion.

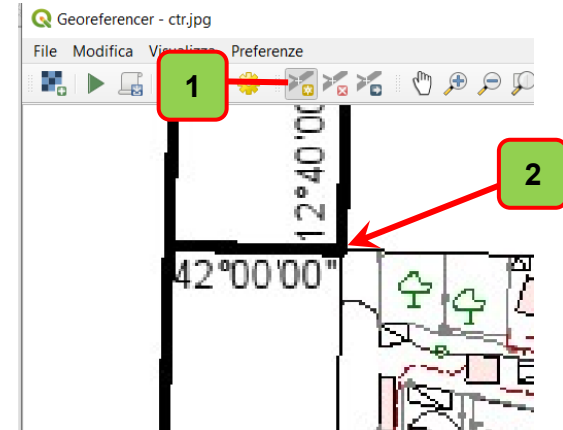
Georeferenziare un'immagine raster su Qgis

[Video](#)

Esempio di Georeferenziazione di cartografia con cartiglio

Per avviare la georeferenziazione punto-coordinate:

- 1 – si clicca sul pulsante aggiungi punto
- 2 – si inserisce il punto di origine
- 3 - compare la finestra delle coordinate
- 4 – si inseriscono le coordinate copiandole dal cartiglio
- 5 – si ripete l'operazione su tutti i vertici del cartiglio



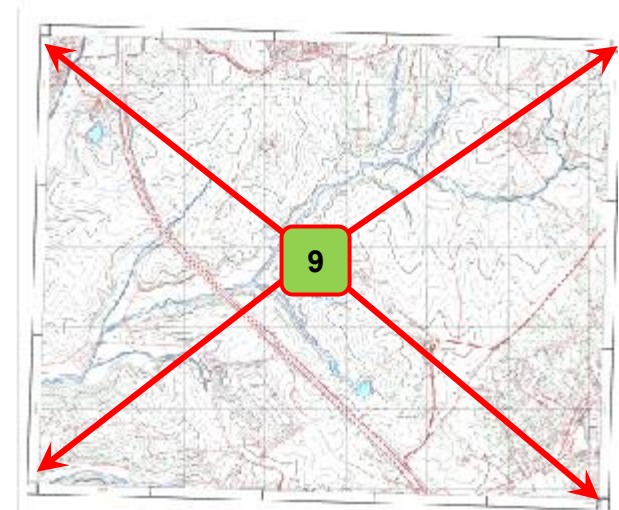
Inserisci Coordinate Mappa

Inserire coordinate X e Y (DMS (*dd mm ss.ss*), gradi decimali (*dd.dd*) o coordinate proiettate (*mmm.mm*)) che corrispondono con il punto selezionato dell'immagine. In alternativa, clicca sul bottone che ha l'icona di una matita e quindi clicca su un punto corrispondente sulla mappa di QGIS per inserire le coordinate di quel punto.

X / Est: Y / Nord:

Nascondi automaticamente la finestra del georeferenziatore

	X	Y
NW	306675	4652300
NE	310126	4652206
SW	306599	4649523
SE	310052	4649430



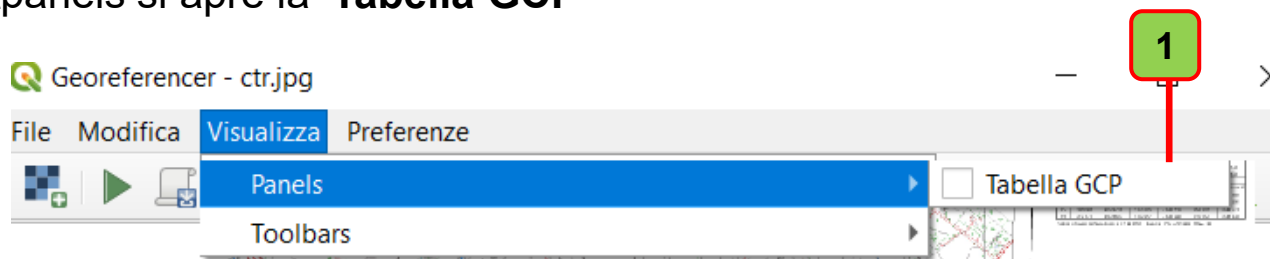
Opendata CTR Regione Lazio Licenza Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0)

Georeferenziare un'immagine raster su Qgis



I punti (GCP) immessi vengono inseriti in una tabella definita “**Tabella GCP**”

1 - dal menu Visualizza\panels si apre la ‘**Tabella GCP**’



All'interno della tabella, ci sono i dati numerici relativi ai punti immessi:

2 – **x,y_Origine** indicano le coordinate di partenza del dato non georiferito

3– **x,y_Dest** indicano le coordinate reali assegnate

4 – **dx, dy** indicano l'errore residuo

5 – “**Residuo**” indica l'errore residuo totale

Visibile	ID	Origine X	Origine Y	Dest. X	Dest. Y	dX (pixel)	dY (pixel)	Residuo (pixel)
<input checked="" type="checkbox"/>	0	66,9347	-120,683	7,7012	43,8106	-3,69482e-13	-6,82121e-13	7,75762e-13
<input checked="" type="checkbox"/>	1	68,9815	-203,1	8,22034	41,0294	-3,55271e-13	-5,40012e-13	6,46399e-13
<input checked="" type="checkbox"/>	2	242,886	-182,79	16,1558	41,8823	-4,83169e-13	-4,54747e-13	6,63511e-13
<input checked="" type="checkbox"/>	3	225,821	-340,035	15,0804	36,728	-5,11591e-13	-5,68434e-13	7,6475e-13

Georeferenziare un'immagine raster su Qgis

Stima degli errori prodotti dalla georeferenziazione

In base alla Funzione polinomiale applicata

2 – si generano errori residui su ogni punto

3 – l'insieme degli errori sui punti viene utilizzato per la stima dell' **Errore Quadratico Medio.**

Questo parametro permette di valutare la bontà della Georeferenziazione.

La trasformazione dell'immagine produce l'**errore residuo**:

la differenza tra le coordinate xy che sono imposte con i GCP e le coordinate che l'algoritmo utilizzato è in grado di applicare.

Errore residuo

Tabella GCP								
Visibile	ID	Origine X	Origine Y	Dest. X	Dest. Y	dX (pixel)	dY (pixel)	Residuo (pixel)
<input checked="" type="checkbox"/>	0	66,9347	-120,683	7,7012	43,8106	-3,69482e-13	-6,82121e-13	7,75762e-13
<input checked="" type="checkbox"/>	1	68,9815	-203,1	8,22034	41,0294	-3,55271e-13	-5,40012e-13	6,46399e-13
<input checked="" type="checkbox"/>	2	242,886	-182,79	16,1558	41,8823	-4,83169e-13	-4,54747e-13	6,63511e-13
<input checked="" type="checkbox"/>	3	225,821	-340,035	15,0804	36,728	-5,11591e-13	-5,68434e-13	7,6475e-13

1



Trasforma: Thin plate spline (TPS)	Errore medio: 8.25576e-13	268.1,-273.0	Nessuno
------------------------------------	---------------------------	--------------	---------

2

$$Error_{RMS} = \sqrt{(X_r - X_i)^2 + (Y_r - Y_i)^2}$$

Georeferenziare un'immagine raster su Qgis

Utilizzo dei punti di controllo (GCP) e applicazione di una matrice di trasformazione

Le funzioni applicate tentano di deformare l'immagine nelle posizioni indicate dai GCP. In genere la funzione applicata non è in grado di deformare l'immagine nella posizione indicata dal GCP.



Posizione che la funzione può applicare

Posizione corretta indicata dal GCP

La differenza è l'**errore residuo**

L'accuratezza posizionale dell'immagine non dipende solo dall'errore residuo ma anche dalla precisione dei GCP.

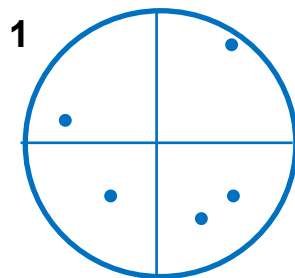
Accuratezza Posizionale e Precisione

ACCURATEZZA POSIZIONALE: discrepanza di posizione tra il dato rappresentato e il dato reale.

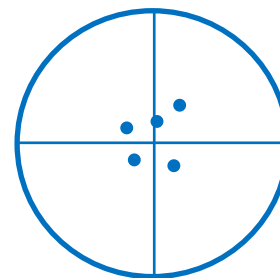
PRECISIONE: grado di "convergenza" di dati rilevati individualmente

RELAZIONE TRA ACCURATEZZA POSIZIONALE E PRECISIONE

NON PRECISO E NON
ACCURATO

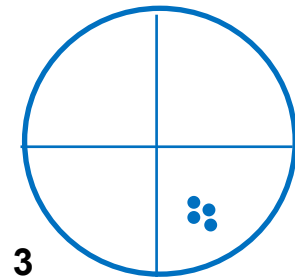


2

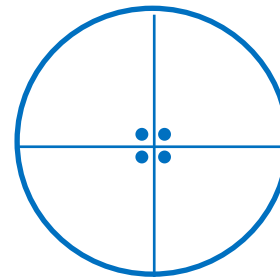


NON PRECISO E
ACCURATO

PRECISO E NON
ACCURATO



3



4

PRECISO E
ACCURATO

Accuratezza Posizionale e Precisione

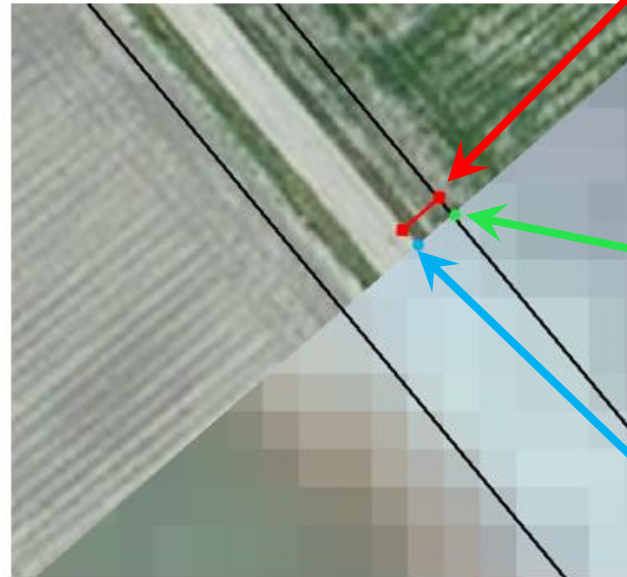
ACCURATEZZA POSIZIONALE:

discrepanza di posizione tra il dato rappresentato e il dato reale.

L'accuratezza posizionale di un dato satellitare dipende da:

1. precisione dei punti di controllo (GCP) usati per la correzione del dato
2. errore residuo (errore dovuto al posizionamento dei GCP e all'algoritmo di deformazione utilizzato)
3. dimensione del pixel (risoluzione spaziale)

Quale è la posizione reale del punto rappresentato a bordo strada?
Qual è l'accuratezza posizionale del dato satellitare rappresentato



Accuratezza posizionale

Dato rappresentato

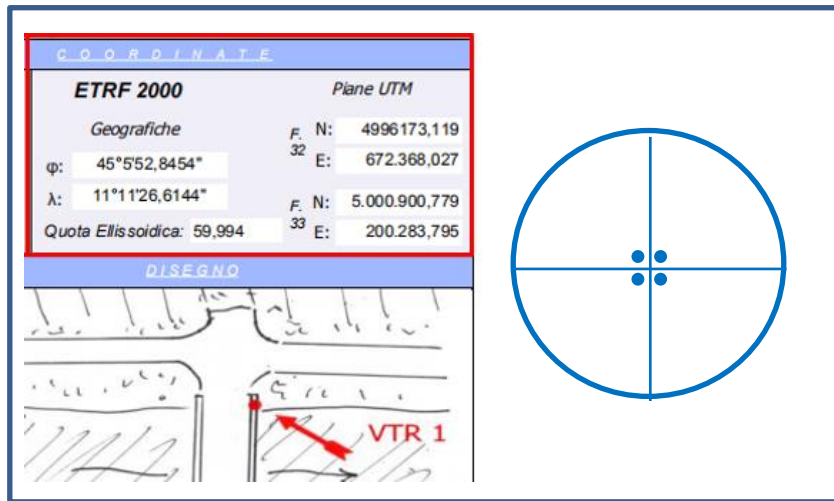
Dato Reale

Accuratezza Posizionale e Precisione

1 - Se i punti di riferimento della georeferenziazione sono punti provenienti da monografie di rete geodetica il miglior risultato è un posizionamento accurato e preciso

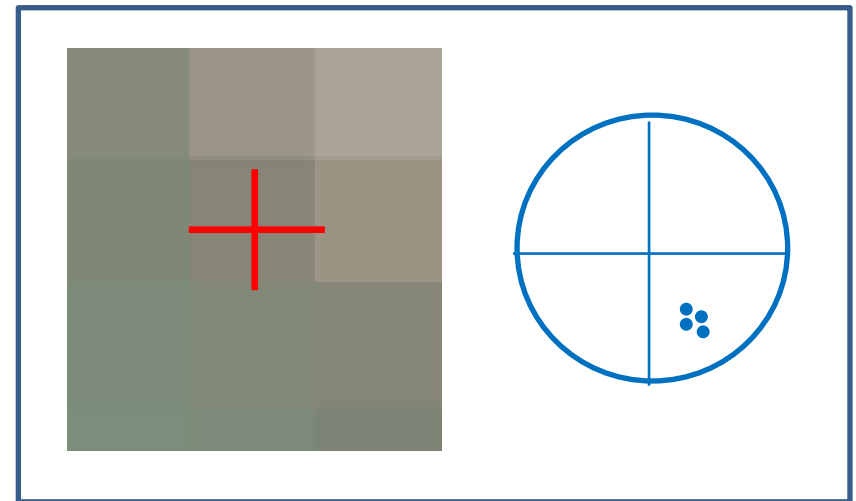
2 - Se i punti di riferimento della georeferenziazione sono punti provenienti da altri dati georeferenziati il miglior risultato sarà un posizionamento preciso mentre l'accuratezza dipende dall'immagine georeferenziata che viene usata come riferimento

1 – Riferimento da Monografia



C O O R D I N A T E	
ETRF 2000	Plane UTM
Geografiche	F. N: 4996173,119
φ: 45°5'52,8454"	32 E: 672.368,027
λ: 11°11'26,6144"	F. N: 5.000.900,779
Quota Ellissoidica: 59,994	33 E: 200.283,795

2 – Riferimento da immagine georeferenziata



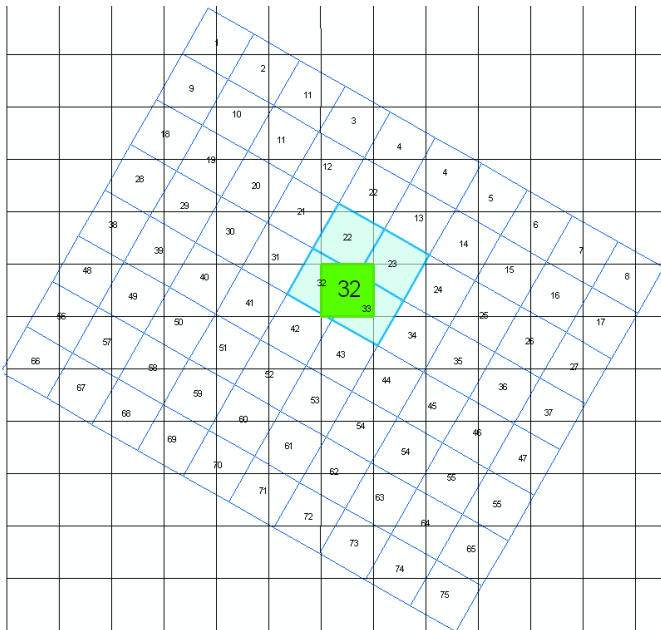
“Regione del Veneto – L.R. n. 28/76 – Formazione della Carta Tecnica Regionale”

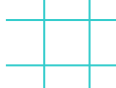
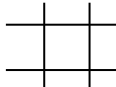


Algoritmi di interpolazione



Nearest Neighbor (vicino più prossimo)

Il valore del pixel di output attribuito è il valore corrispondente al pixel che ha coordinate riga-colonna più vicine alle coordinate x,y ottenute dalla trasformazione.



-  Matrice originaria
-  Matrice nuova
-  Pixel di output
-  Pixel originali vicini

Caratteristiche:

- approssima i valori originali
- efficiente in termini di tempo di calcolo
- introduce un errore di shift fino a 1/2 pixel

Algoritmi di interpolazione

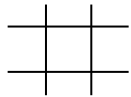
Bilinear Interpolation (Interpolazione Bilineare)



Determina il valore del pixel mediante interpolazione dei quattro pixel più vicini



Matrice originaria



Matrice nuova



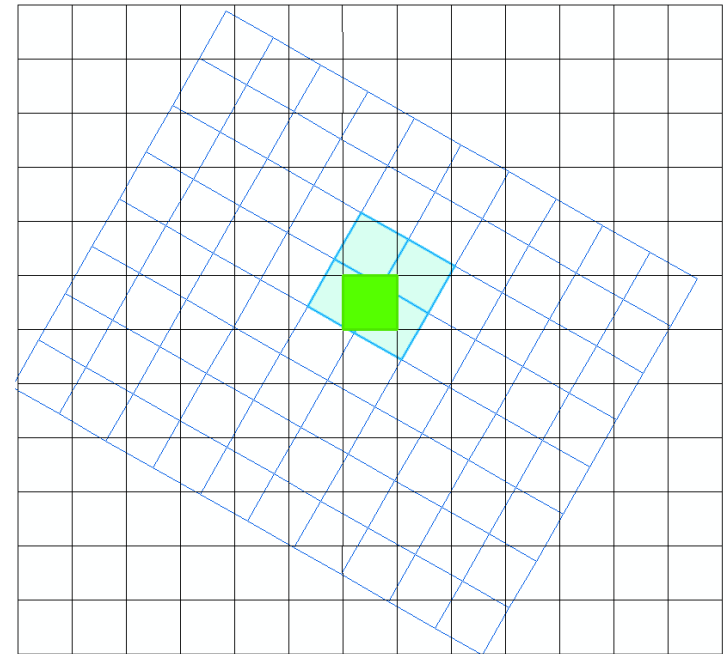
Pixel di output



Pixel originari vicini

Caratteristiche:

- accuratezza geometrica
- l'interpolazione bilineare richiede 3 - 4 volte il periodo di calcolo di vicino a metodo più vicino
- modifica i valori dei Pixel

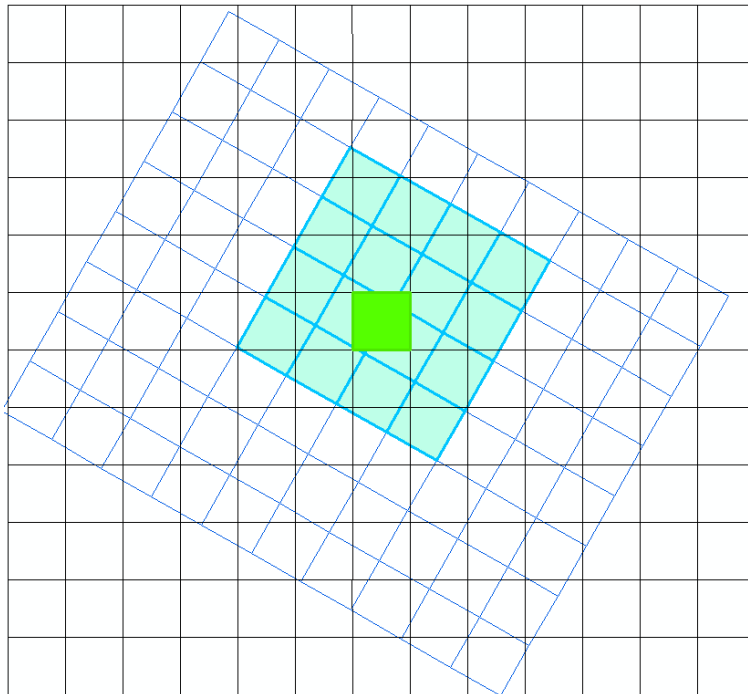


Algoritmi di interpolazione

Cubic convolution (Convoluzione Bicubica)



Determina il valore del pixel mediante interpolazione dei sedici pixel più vicini



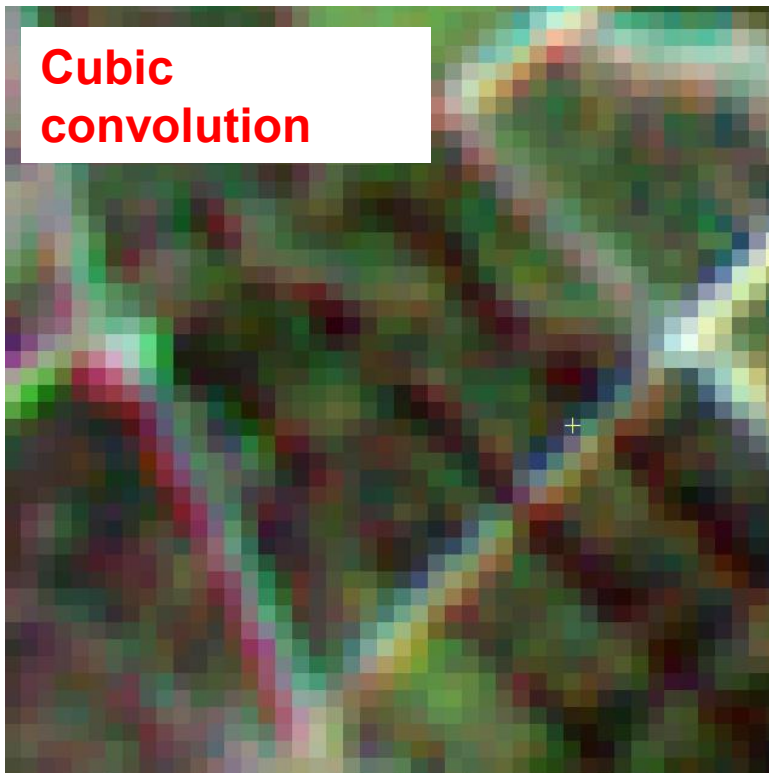
Caratteristiche:

- accuratezza geometrica
- I valori dei DN dell'immagine originale sono fortemente modificati
- il processo di elaborazione è molto lento

Algoritmi di interpolazione

Il **Cubic Convolution** migliora e armonizza la definizione dell'immagine ma altera fortemente il contenuto originario dell'immagine.

Il **Nearest Neighbor** cerca di mantenere il contenuto originario dell'immagine.



FINE: Grazie per l'attenzione!



Dubbi? Perplessità?



stefano.decorso@isprambiente.it