

# Sistemi Informativi Territoriali

Dati raster: georeferenziazione di immagini

Massimiliano Grava

<https://mog.labcd.unipi.it/>  
[massimiliano.grava@unipi.it](mailto:massimiliano.grava@unipi.it)

## La georeferenziazione di una immagine avviene tramite l'associazione di punti di controllo

- il processo di georeferenziazione comporta la definizione di una serie di associazioni tra le coordinate locali (target data) di un punto di controllo (ground control points, GCPs) nel dataset raster alle corrispondenti coordinate dello stesso punto di controllo nel sistema di riferimento spaziale;
- le coordinate spaziali dei punti di controllo possono essere note esplicitamente (punti noti, vertici del taglio cartografico) oppure individuati approssimativamente per via grafica;
- quando è stato creato un numero sufficiente di associazioni e possibile trasformare (warp) il dataset raster facendolo collimare con le coordinate dei dati spaziali esistenti (target data).

## Trasformazione in QGIS

- L'operazione di georeferenziazione dell'immagine raster avviene attraverso una deformazione della immagine che opera quindi una trasformazione per ciascuna cella della mappa da georeferenzierle;
- con QGIS si possono utilizzare diversi metodi di trasformazione:
- **Linear**: genera un world file, ma non modifica il raster; in genere non restituisce risultati soddisfacenti.
- **Helmert**: scala e ruota l'immagine, senza introdurre aggiustamenti
- **Ordini polinomiali (1-3)**: sono gli algoritmi da preferire nella maggior parte dei casi.
- **Thin plate spline (TPS)**: introduce aggiustamenti locali che possono migliorare la qualità di scansioni non particolarmente accurate.
- **Projective**: realizza una rototraslazione lineare.

## Le trasformazioni polinomiali

- la trasformazione polinomiale usa un polinomio che è costruito su punti di controllo ed un algoritmo di ottimizzazione prodotto secondo il metodo dei minimi quadrati. È ottimizzato per l'accuratezza di insieme ma non garantisce la massima accuratezza locale.
- un polinomio di primo ordine necessita di almeno 3 punti di controllo che diventano 6 per uno di secondo ordine e 10 per uno di un terzo ordine
- la trasformazione polinomiale di primo ordine è quella più frequentemente impiegata per georeferenziare la scansione di una mappa cartacea



Original raster



First order  
polynomial  
(Affine)



Second order  
polynomial



Third order  
polynomial

## Georeferenziazione DIRETTA

attraverso il software GIS è possibile determinare una trasformazione geometrica dell'immagine imponendo ai pixel corrispondenti ai punti selezionati una localizzazione corrispondente alle coordinate note (a seconda del numero di collimazioni imposte sarà possibile trasformare l'immagine raster in forma scalare, traslare, ruotare o semplicemente deformare).

La georeferenziazione DIRETTA consiste nella misura effettiva della posizione delle entità cartografiche all'interno di un sistema di riferimento, quale ad esempio il rilevamento della posizione di entità della superficie terrestre prodotta attraverso attività di misura, come ad esempio le tecniche di posizionamento globale Global Positioning System (GPS).

## Georeferenziazione INDIRETTA

La georeferenziazione INDIRETTA è una procedura che consente di definire la posizione (coordinate) dei dati presenti all'interno di una mappa sulla base della definizione di una relazione tra alcuni punti della mappa (Punti di controllo, o Ground Control Point, GCP) e le loro posizioni in un sistema di riferimento.

Attenzione: non confondete questa georef. indiretta, che si riferisce alla ricerca di coordinate dei GCP, con la georef. indiretta che permette di trasformare informazioni del tipo "indirizzo" in coordinate.

# Ricampionamento

quando si georeferenzia un dataset raster si realizza sempre una trasformazione geometrica complessa (traslazione, rotazione, cambiamento della dimensione dei pixel del dataset)

durante la trasformazione il software predispone una nuova matrice di celle vuote, quindi a ciascuna cella viene attribuito un valore attraverso un processo di ricampionamento dell'immagine da georeferenziare

in QGIS è possibile scegliere tra tre diversi metodi di ricampionamento

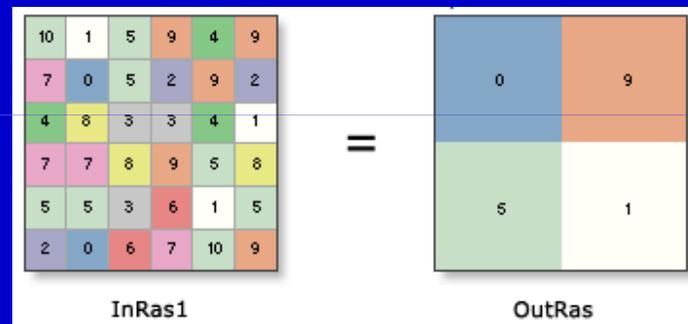
- vicino più prossimo (nearest neighbor)
- lineare (bilinear)
- cubico (cubic)
- spline cubica
- Lanczos

questi metodi assegnano un valore a ciascuna cella vuota esaminando i pixel nell'immagine da georeferenziare. il metodo Nearest neighbor assegna il nuovo valore a partire dalla cella più vicina a quella da trasformare

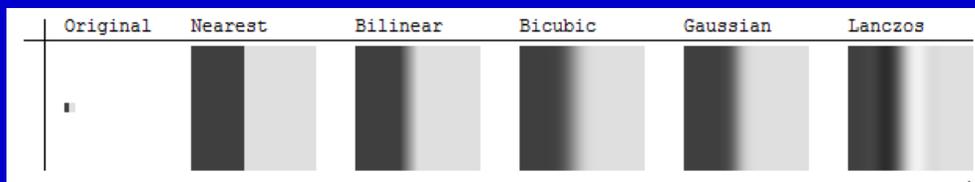
i metodi Bilinear interpolation e Cubic convolution utilizzano un numero maggiore di pixel (4 e 16 rispettivamente: sono metodi più lenti e **PARTICOLARMENTE ADATTI A DATI CONTINUI**)

Applicando il metodo 'vicino più prossimo' la mappa potrebbe avere una struttura con molti pixel quando viene ingrandita. Questo aspetto può essere migliorato usando i metodi 'Bilineare' o 'Cubico' perché creano delle geometrie più appuntite e offuscate. Il risultato è un'immagine più morbida.

Si può applicare questo metodo, per esempio, a mappe raster topografiche.

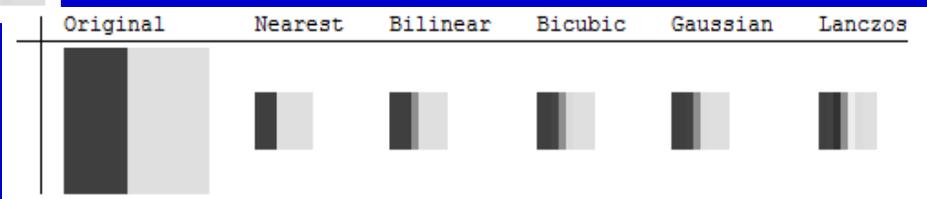


InRas1=6x6  
OutRas=3x3



upsampling

downsampling



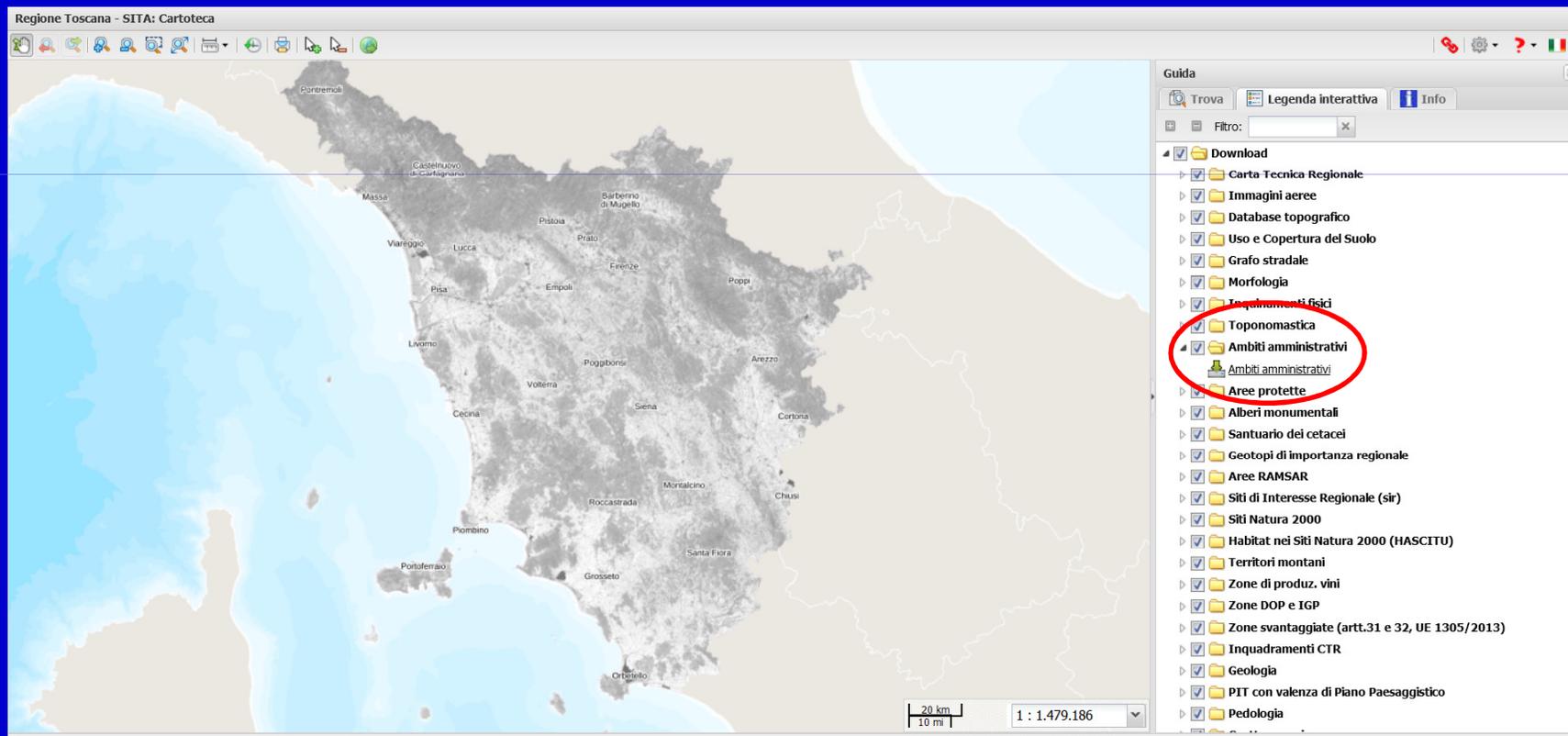
# TOOL impiegato per questa operazione è GDAL

The screenshot displays the QGIS desktop environment. The main window is titled '\*Progetto Senza Titolo - QGIS'. The 'Browser' panel on the left shows a project structure with folders like 'data\_Castiglione', 'esercitazione', and 'Esercitazione\_23\_03', and a file named 'toscana\_Geor.tif'. The 'Layer' panel shows two layers: 'am\_reg\_multipart' and 'toscana\_Geor'. The 'Plugin | Tutti (494)' dialog is open, with a search filter 'geore'. The 'Georeferenziatore raster (GDAL)' plugin is selected and highlighted. The right pane of the dialog shows the plugin's details: 'Questo è un plugin nativo, quindi non puoi disinstallarlo', 'Georeferenziatore raster (GDAL)', 'Georeferenziare raster tramite GDAL', 'Categoria Raster', and 'Versione installata Versione 3.1.9'. At the bottom of the dialog are buttons for 'Aggiorna Tutto', 'Disinstalla Plugin', 'Reinstalla Plugin', 'Chiudi', and 'Aiuto'. The status bar at the bottom of the QGIS window shows 'Coordinate: 1473061,4929793', 'Scala 1:1644792', 'Lente d'ingrandimento 100%', 'Rotazione 0,0 °', 'Visualizza', and 'EPSG:3003'.

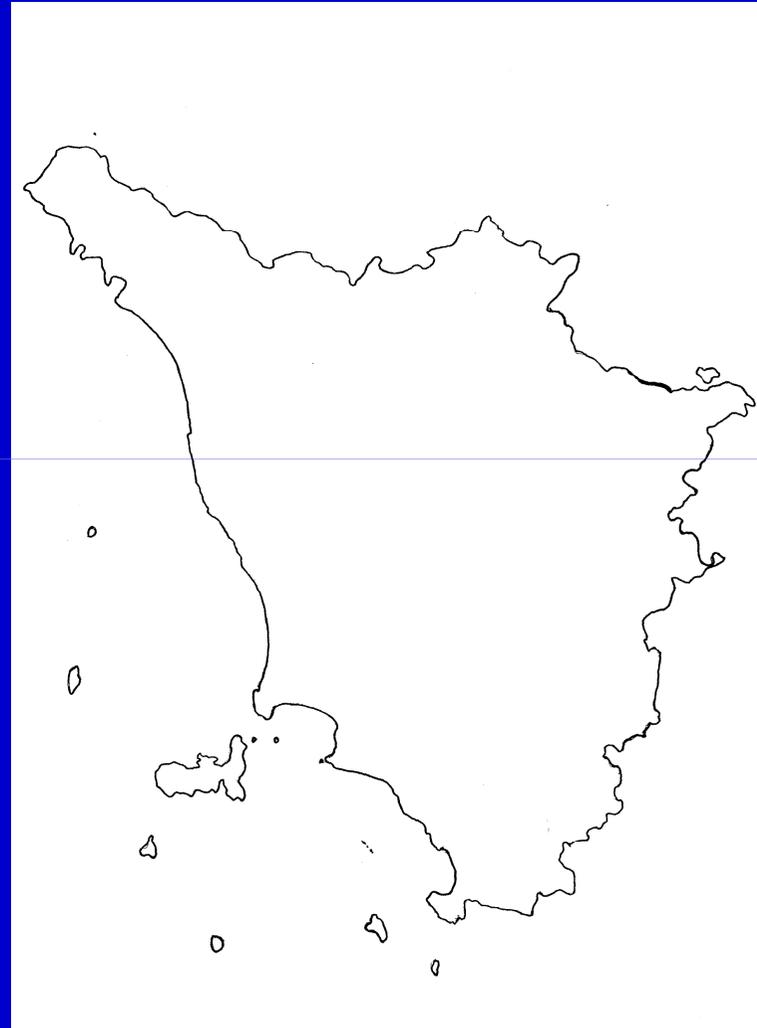
Registrazione 23-03

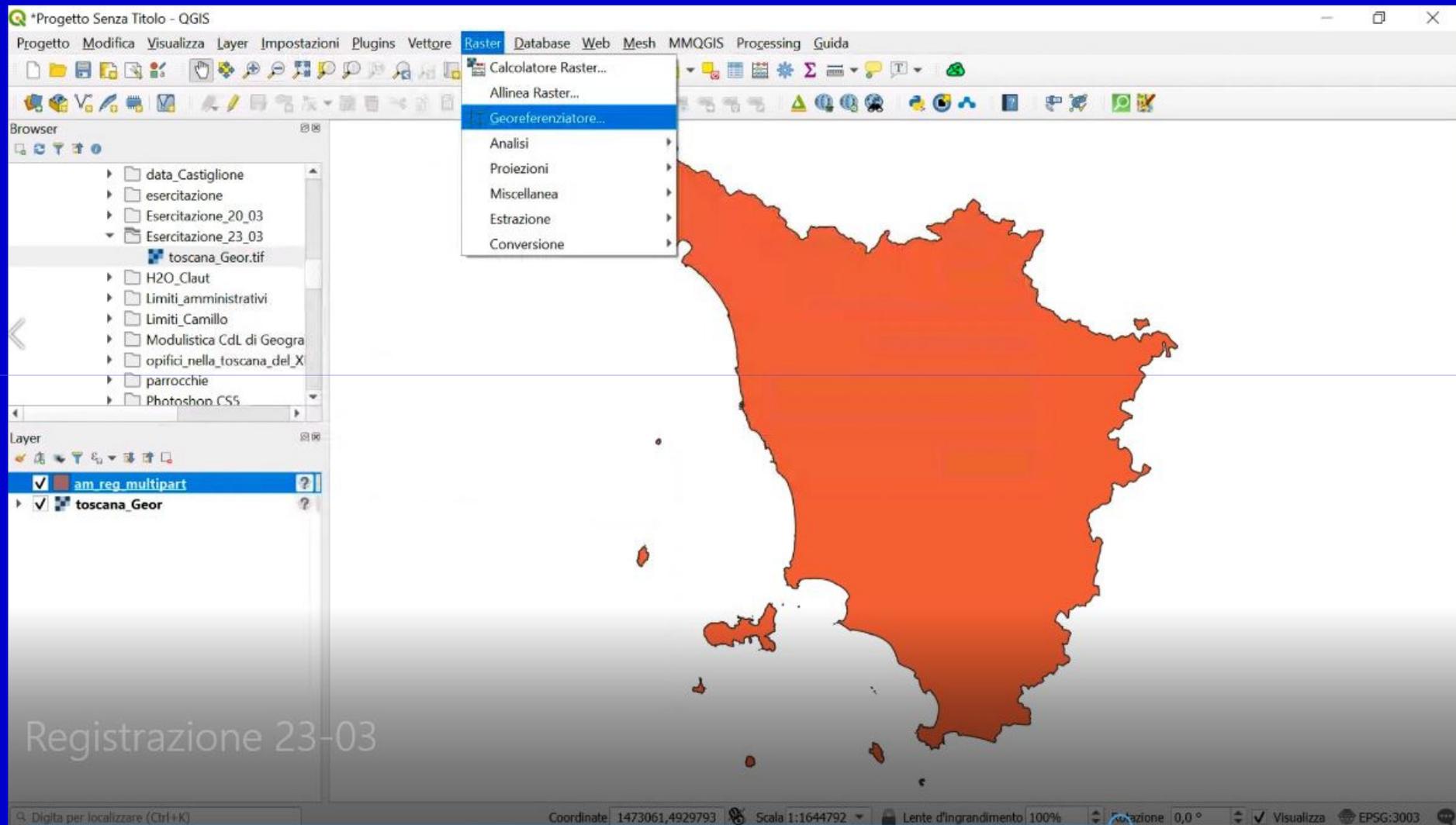
# layer vettoriali e sistemi di riferimento

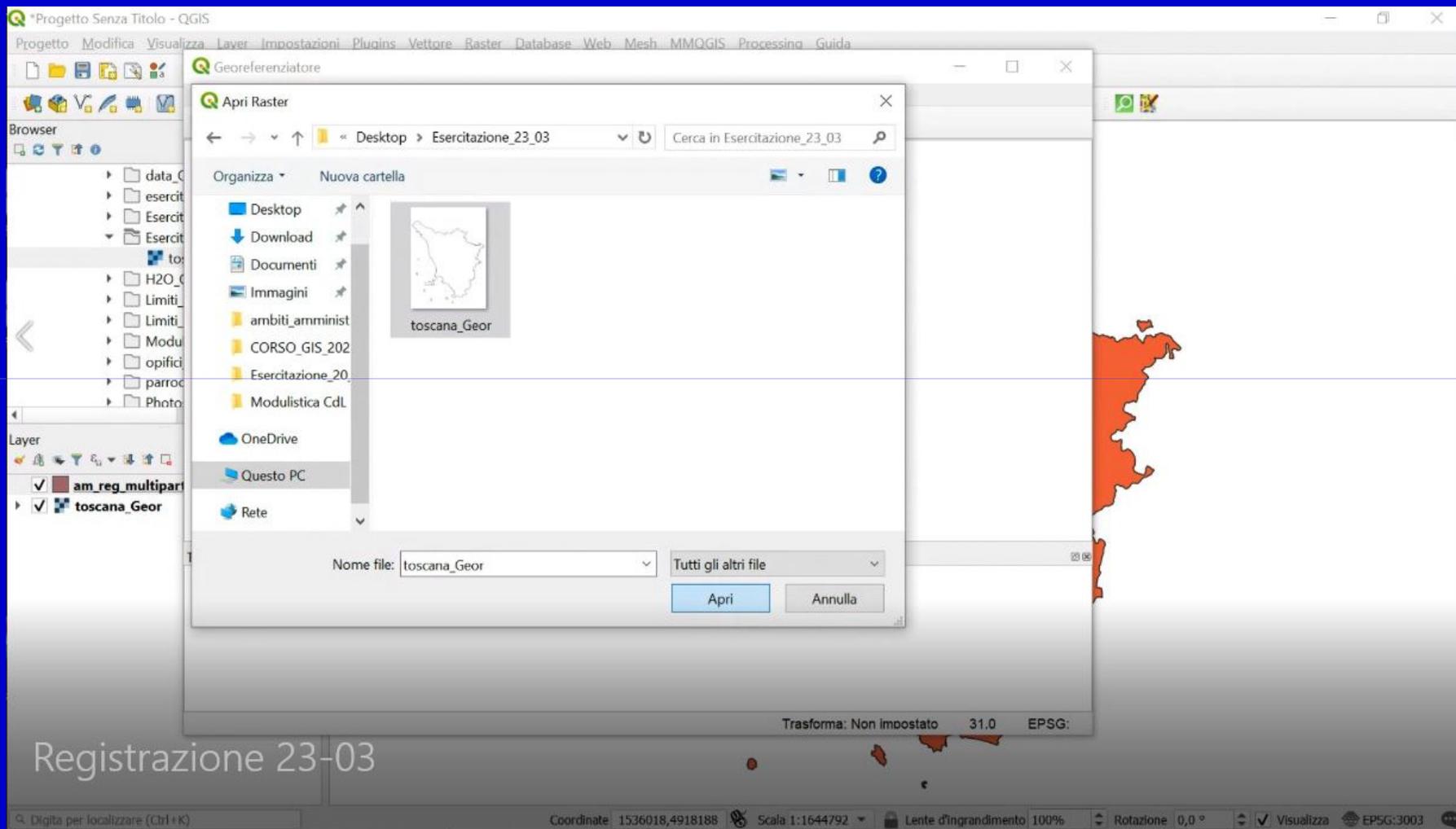
<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>



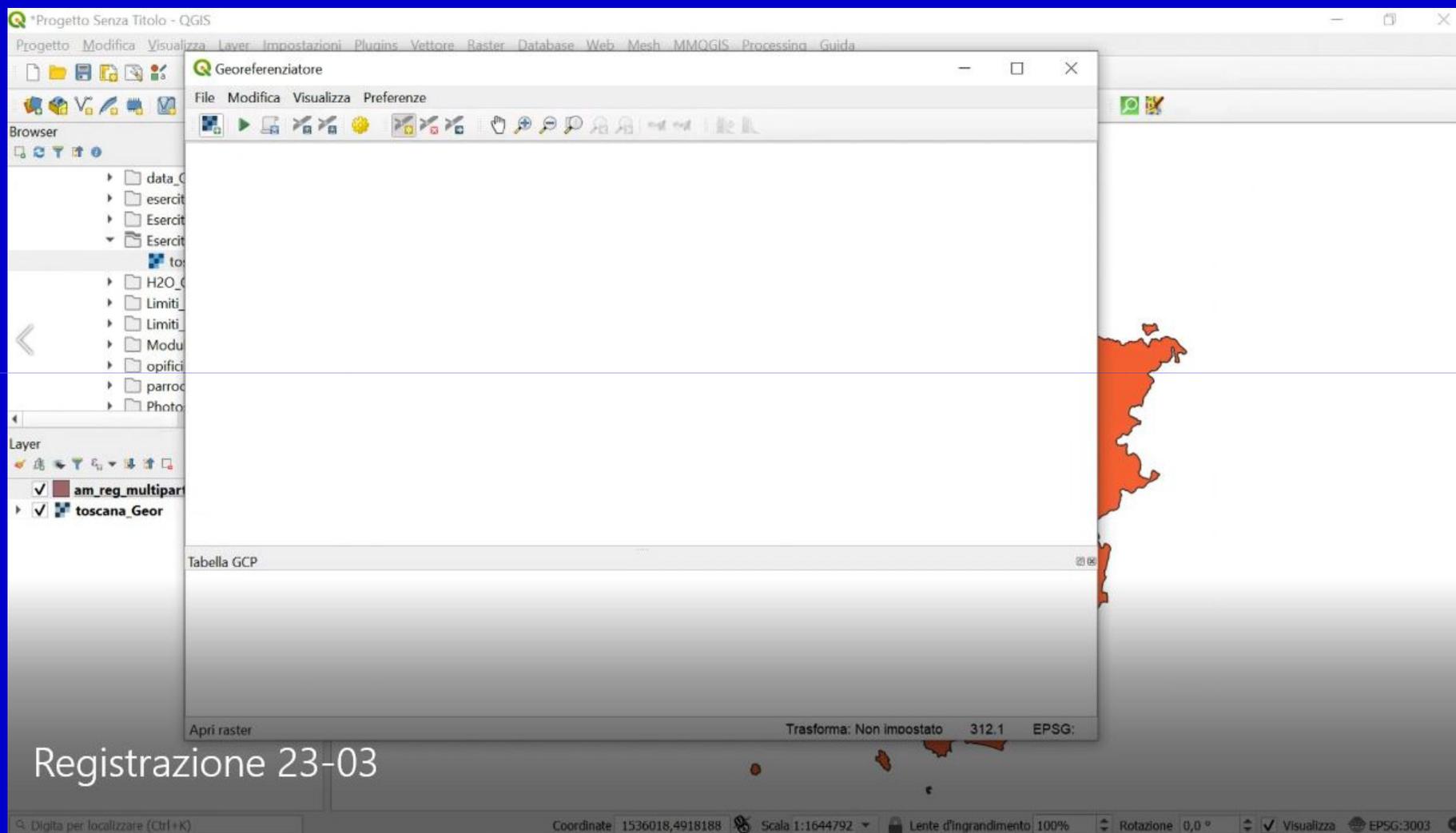
# Toscana\_Geor







Registrazione 23-03



Registrazione 23-03

Georeferenziatore - toscana\_Geor.tif

File Modifica Visualizza Preferenze

Tabella GCP

Visibile	ID	Origine X	Origine Y	Dest. X	Dest. Y	dX (pixel)	dY (pixel)	Residuo (pixel)
<input checked="" type="checkbox"/>	0	41,3146	-588,197	1,5548e+06	4,9128e+06	0	0	

Trasforma: Non impostato 313.9.-796.€ Nessuno

Coordinate: 1560443,4909756 Scala: 1:102799 Lente d'ingrandimento: 100% Rotazione: 0,0° Visualizza EPSG:3003

Registrazione 23-03



QGIS interface showing the Georeferencer tool. The main window displays a map of Tuscany, Italy, with a red-shaded area representing the region. A black line, likely a road or boundary, is overlaid on the map. The Georeferencer window is open, showing a grid and a black line representing the georeferenced image. The status bar at the bottom indicates the transformation is set to 'Non impostato' (Not set) and the scale is 1:822396.

Georeferenziatore - toscana\_Geor.tif

File Modifica Visualizza Preferenze

Layer

Tabella GCP

Visibile	ID	Origine X	Origine Y	Dest. X	Dest. Y	dX (pixel)	dY (pixel)	Residuo (pi)
<input checked="" type="checkbox"/>	0	41,3146	-588,197	1,5548e+06	4,9128e+06	0	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	304,288	-490,786	1,57948e+06	4,92163e+06	0	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	1529,95	-677,044	1,69346e+06	4,90071e+06	0	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	3	2386,67	-1277,21	1,7718e+06	4,84573e+06	0	0	

Trasforma: Non impostato 2269.-1795 Nessuno

Coordinate: 1696365,4801921 Scala: 1:822396 Lente d'ingrandimento: 100% Rotazione: 0,0 ° Visualizza EPSG:3003

Registrazione 23-03

Georeferenziatore - toscana\_Geor.tif

File Modifica Visualizza Preferenze

Browser

- data\_
- esercit
- Eserciti
- Eserciti
- to
- H2O\_
- Limiti
- Limiti
- Modu
- opific
- parro
- Photo

Layer

- am\_reg\_multipar
- toscana\_Geor

Tabella GCP

Visibile	ID	Origine X	Origine Y	Dest. X	Dest. Y	dX (pixel)	dY (pixel)	Residuo (pixel)
✓	1	304,288	-490,786	1,57948e+06	4,92163e+06	0	0	0
✓	2	1529,95	-677,044	1,69346e+06	4,90071e+06	0	0	0
✓	3	2386,67	-1277,21	1,7718e+06	4,84573e+06	0	0	0
✓	4	2287,65	-1767,21	1,76092e+06	4,79888e+06	0	0	0
✓	5	1802,38	-2833,02	1,71464e+06	4,70197e+06	0	0	0

Trasforma: Non impostato -5846.1530 Nessuno

Coordinate: 1583471,4864579 Scala: 1:411198 Lente d'ingrandimento: 100% Rotazione: 0,0° Visualizza EPSG:3003

Georeferenziatore - toscana\_Geor.tif

Transformation Settings

Parametri di Trasformazione

- Tipo di trasformazione: Polinomiale 2
- Metodo di ricampionamento: Polinomiale 3
- SR di destinazione: Proiettivo

Impostazioni in uscita

Raster in uscita: abgis/Desktop/Esercitazione\_23\_03/toscana\_Geor\_modificato.tif

Compressione: None

Salva punti GCP

Crea solo il world file (trasformazioni lineari)

Usa 0 per la trasparenza dove necessario

Imposta la risoluzione finale

Orizzontale: 0,00000

Verticale: -1,00000

Report

Genera una mappa pdf

Genera un rapporto pdf

Carica in QGIS una volta eseguito

OK Annulla Aiuto

Tabella GCP

Visibile	ID	Origine X	Origine Y	X	Y	Z
✓	1	304,288				
✓	2	1529,95				
✓	3	2386,67				
✓	4	2287,65	-1767,21	1,76092e+06	4,79888e+06	0
✓	5	1802,38	-2833,02	1,71464e+06	4,70197e+06	0

Trasforma: Non impostato -6143.1793 Nessuno

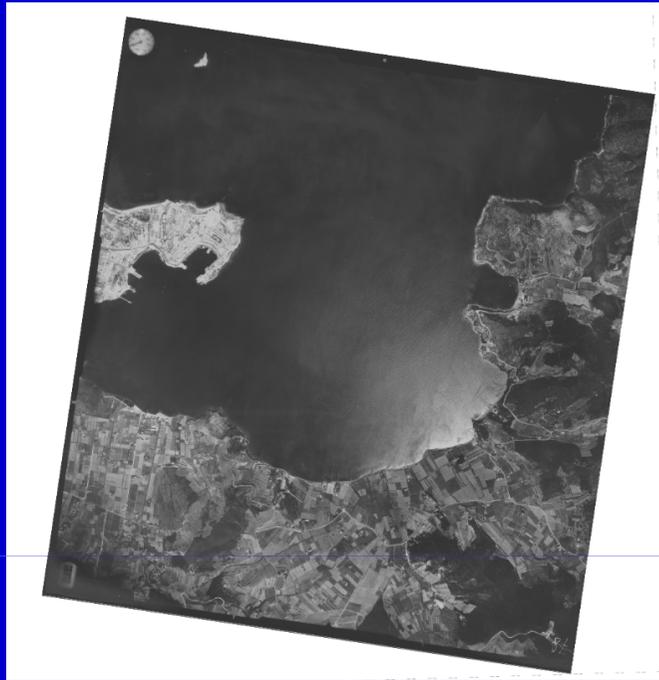
Registrazione 23-03



The screenshot displays the QGIS desktop application. The main window title is "\*Progetto Senza Titolo - QGIS". The menu bar includes "Progetto", "Modifica", "Visualizza", "Layer", "Impostazioni", "Plugins", "Vettore", "Raster", "Database", "Web", "Mesh", "MMQGIS", "Processing", and "Guida". The toolbar contains various icons for file operations, navigation, and editing. The Browser panel on the left shows a directory tree with folders like "data\_Castiglione", "esercitazione", "Esercitazione\_20\_03", and "Esercitazione\_23\_03". Under "Esercitazione\_23\_03", there are files "toscana\_Geor.tif" and "toscana\_Geor\_modificato". The Layer panel shows three layers: "am\_reg\_multipart" (checked), "toscana\_Geor\_modificato" (checked), and "toscana\_Geor" (unchecked). The map canvas shows a red outline of the region of Tuscany. The status bar at the bottom indicates "Fonti dati locali attualizzate", "Coordinate: 1626089,4815345", "Scala 1:2242227", "Lente d'ingrandimento 100%", "Rotazione 0,0°", "Visualizza", and "EPSG:3003".

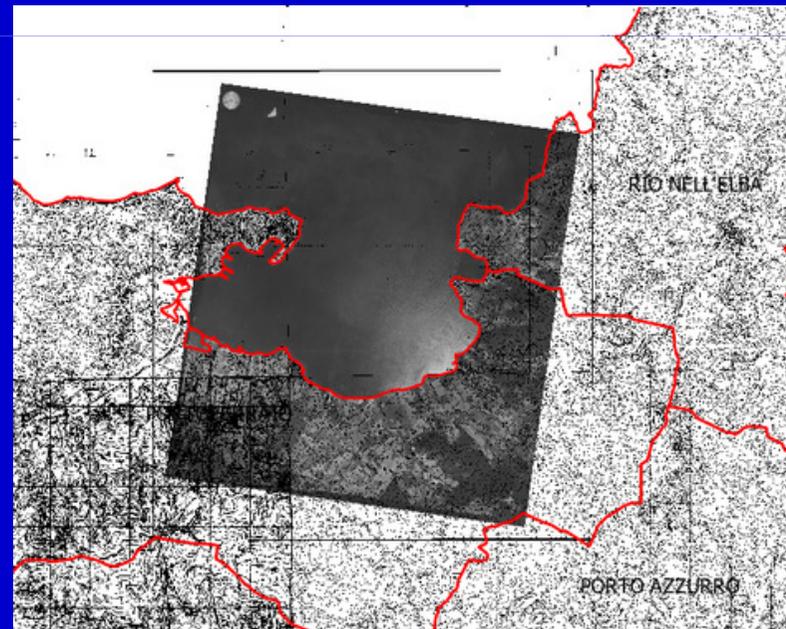
Registrazione 23-03





CTR 10000, fogli 316-160, 317-130,  
328-040 e 329-010

<https://mog.labcd.unipi.it/>



## Crediti

Fabio Lucchesi

Salvatore Fiandaca

Documentazione di QGIS

# Sistemi Informativi Territoriali

Massimiliano Grava

<https://mog.labcd.unipi.it/>  
[massimiliano.grava@unipi.it](mailto:massimiliano.grava@unipi.it)