



Terze Giornate triestine degli utenti gvSIG

Trieste, 13-14 aprile 2010

# Trasformazione rigorosa di coordinate fra sistemi cartografici italiani con gli strumenti di gvSIG

Alberto Beinat



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI UDINE

# Sommario

- Cos'è un Sistema di Riferimento (SR)
- I principali SR di interesse cartografico utilizzati in Italia
- Conversioni e trasformazioni
- Uno schema generale di conversione e trasformazione di coordinate tra sistemi di riferimento diversi
- Gli strumenti di gvSIG

## **Un Sistema di Riferimento (SR) è ...**

... una regola condivisa con cui è definita in modo univoco e riproducibile la posizione di un punto nello spazio.

I SR più utilizzati nelle discipline del rilevamento e della rappresentazione sono di tre tipi:

- Cartesiani geocentrici
- Ellissoidici
- Cartesiani proiettati

Essi non vanno considerati come SR diversi, quanto piuttosto come espressioni (metriche) diverse di uno stesso SR.

# Sistema di Riferimento Cartesiano Geocentrico

Fissato un sistema di assi cartesiani avente:

- Asse z coincidente con la posizione media dell'asse di rotazione terrestre
- Assi x e y disposti sul piano equatoriale ortogonali a z
- Origine O disposta nel “centro” della Terra

La posizione di un punto P viene espressa attraverso una terna di coordinate  $P = (x, y, z)$

Tale sistema prescinde dalla forma della Terra e dipende solo dall'orientamento della terna.



# Sistema di Riferimento Ellisoidico

Si determinano le dimensioni dell'ellissoide di rotazione che meglio approssima la forma (globale o locale) della Terra.

La posizione di un punto P è funzione di due angoli (latitudine e longitudine) e di una distanza dalla superficie (opzionale) che dipendono dalle dimensioni dell'ellissoide scelto.

L'ellissoide è legato al proprio sistema cartesiano geocentrico xyz.

Nome	Data	Semiasse maggiore	Semiasse minore	$1/f$
WGS84	1984	6378137,000	6356752,300	298.25723563
BESSEL	1841	6377397,155	6356078,963	299.1528
HAYFORD INTERNAZIONALE	1909	6378388,000	6356911,946	297.0
GRS80	1980	6378137,000	6356752,300	298.25722101
CLARKE	1866	6378206,400	6356583,800	294.9786982
	1880	6378248,100	6356514,900	293.465
	1884	6378249,145	6356515,295	293.47067743



# Sistema di Riferimento Cartesiano Proiettato

La superficie (tridimensionale) dell'ellissoide viene proiettata su una superficie piana.

Le “*formule della rappresentazione*” stabiliscono una corrispondenza biunivoca tra coordinate ellissoidiche (latitudine e longitudine) e coordinate carta (Nord, Est oppure x, y).

La posizione di un punto P è determinata da una coppia di coordinate (x e y) (+ ev. h).

Poiché sono funzione di Long. e Lat., x e y sono legate all'ellissoide scelto e, in cascata, alle corrispondenti X,Y,Z della terna geocentrica cartesiana solidale ad esso.

Scelto un ellissoide e il suo assetto, si dimostra quindi il legame tra

$$X, Y, Z \Leftrightarrow \phi, \lambda \Leftrightarrow N, E$$



# Il concetto di CONVERSIONE

Scelto un ellissoide e il suo assetto, è dimostrato così il legame tra:

$$X, Y, Z \Leftrightarrow \phi, \lambda \Leftrightarrow N, E$$

**CONVERSIONE** (di coordinate) è il passaggio tra  $X, Y, Z \Leftrightarrow \phi, \lambda$  e tra  $\phi, \lambda \Leftrightarrow N, E$ .

Si effettua in modo rigoroso attraverso formule analitiche, senza necessità di parametri empirici. Salvo errori di implementazione, non da' luogo a errori o approssimazioni.

Tutti i software GIS implementano le formule necessarie per la conversione.

Anche il passaggio da un sistema ellissoidico ad un altro, nel caso in cui gli assi cartesiani dei due sistemi coincidano, è una forma di conversione.

# I principali SR cartografici utilizzati in Italia

Geocentriche	Geografiche	Piane	Tipologia e origine [EPSG]	Ellissoide [EPSG]	Datum [EPSG]	EPSG	ESRI	Altro
Gocentriche ETRS89			Coord. Cartesiane XYZ Origine Greenwich [8901]	GRS80 [7019]	Europeo European Terrestrial Ref. System [6258] [6670]	ETRS89 IGM95	4936 4982	
	Geografiche ETRS89 IGM95		Coord. Geografiche 2D Origine Greenwich [8901]	GRS80 [7019]	Europeo European Terrestrial Ref. System (IGM95) [6258] [6670]	ETRS89 IGM95 IGM95 (3D)	4258 4670 4983	
		➡	Coordinate piane N, E Rapp. di Gauss (TM) Sistema UTM [8901]	GRS80 [7019]	Europeo European Terrestrial Ref. System (IGM95) [6258]	Fuso 32 Nord Fuso 33 Nord Fuso 34 Nord IGM95 F32 N IGM95 F33 N IGM95 F34 N	25832 25833 25834 3064 3065 3066	
	Geografiche ROMA40		Coord. Geografiche 2D Origine Greenwich [8901]	Hayford [7022]	Nazionale Roma 1940 [6265]		4265	
		➡	Gauss Boaga	Coordinate piane N, E Rapp. di Gauss (TM) Sistema Gauss Boaga [8901]	Hayford [7022]	Nazionale Roma 1940 [6265]	Fuso I Est Fuso II Ovest	3003 3004
	Geografiche ROMA40		Coord. Geografiche 2D Origine Roma M. M. [8906]	Hayford [7022]	Nazionale Roma 1940 [6806]		4806	
		➡	Gauss Boaga	Coordinate piane N, E Rapp. di Gauss (TM) Sistema Gauss Boaga [8906]	Hayford [7022]	Nazionale Roma 1940 [6806]	Fuso I Est Fuso II Ovest	26591 26592
	Geografiche ED50		Coord. Geografiche 2D Origine Greenwich [8901]	Hayford [7022]	Europeo European datum 1950 [6230]		4230	
		➡	UTM/ED50	Coordinate piane N, E Rapp. di Gauss (TM) Sistema UTM [8901]	Hayford [7022]	Europeo European datum 1950 [6230]	Fuso 32 Nord Fuso 33 Nord Fuso 34 Nord	23032 23033 23034
	Geografiche WGS84		Coord. Geografiche Origine Greenwich	WGS84 [7030]	Globale WGS84 [6326]	WGS84 WGS84 (3D)	4326 4979	
		➡	UTM/WGS84	Coordinate piane N, E Rapp. di Gauss (TM) Sistema UTM	WGS84 [7030]	Globale WGS84 [6326]	Fuso 32 Nord Fuso 33 Nord Fuso 34 Nord	32632 32633 32634
	Cassini Soldner		Coordinate piane x, y Rapp. di Cassini-Soldner [n.a.]	Bessel 1841 [7004]	Locali (>800!) [n.a.]		Custom	

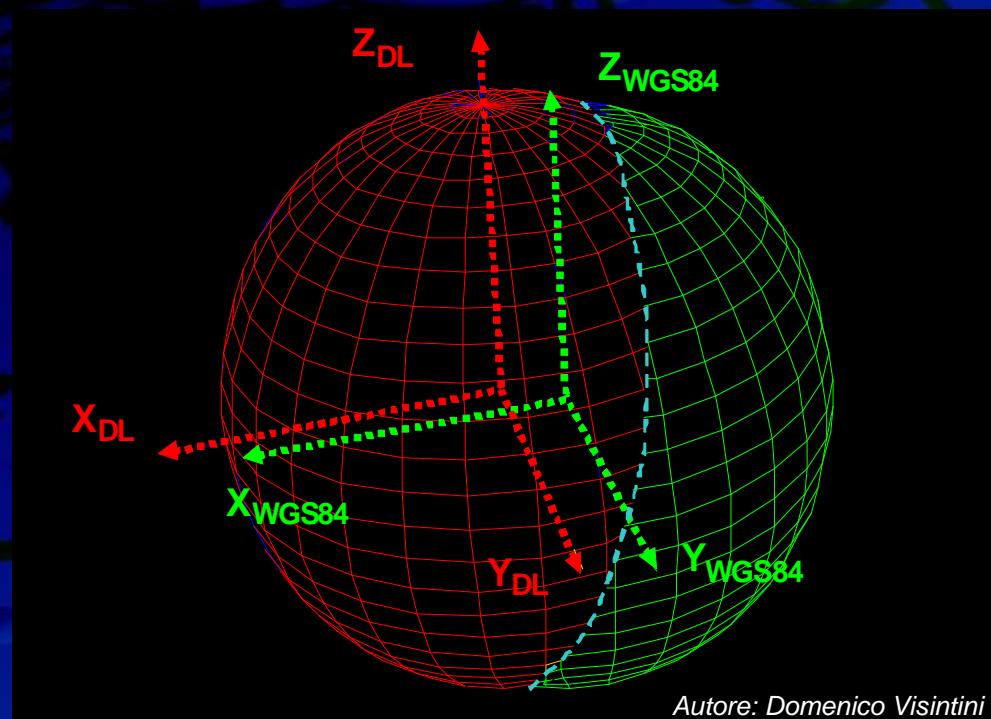
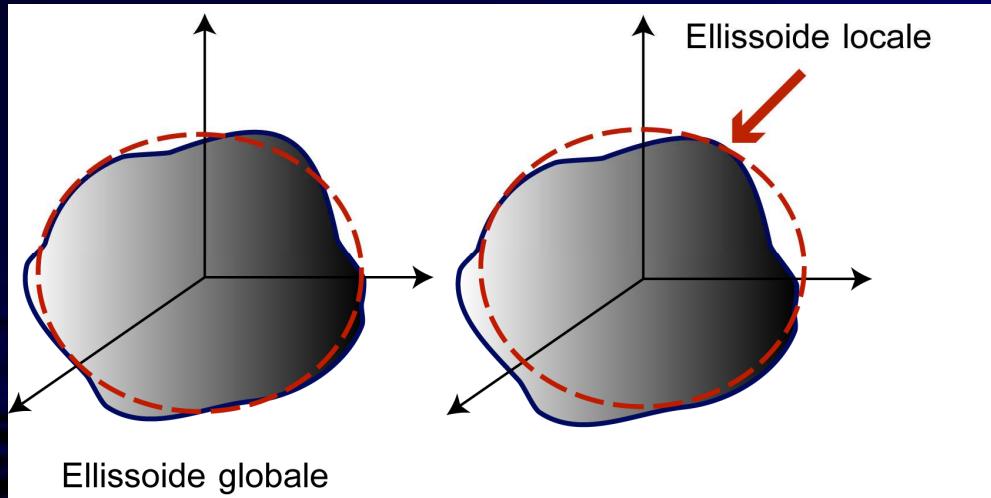
# Il concetto di TRASFORMAZIONE

La TRASFORMAZIONE avviene tra coordinate relative a SR orientati in modo diverso e/o deformati

Essa è condotta secondo diverse strategie di calcolo.

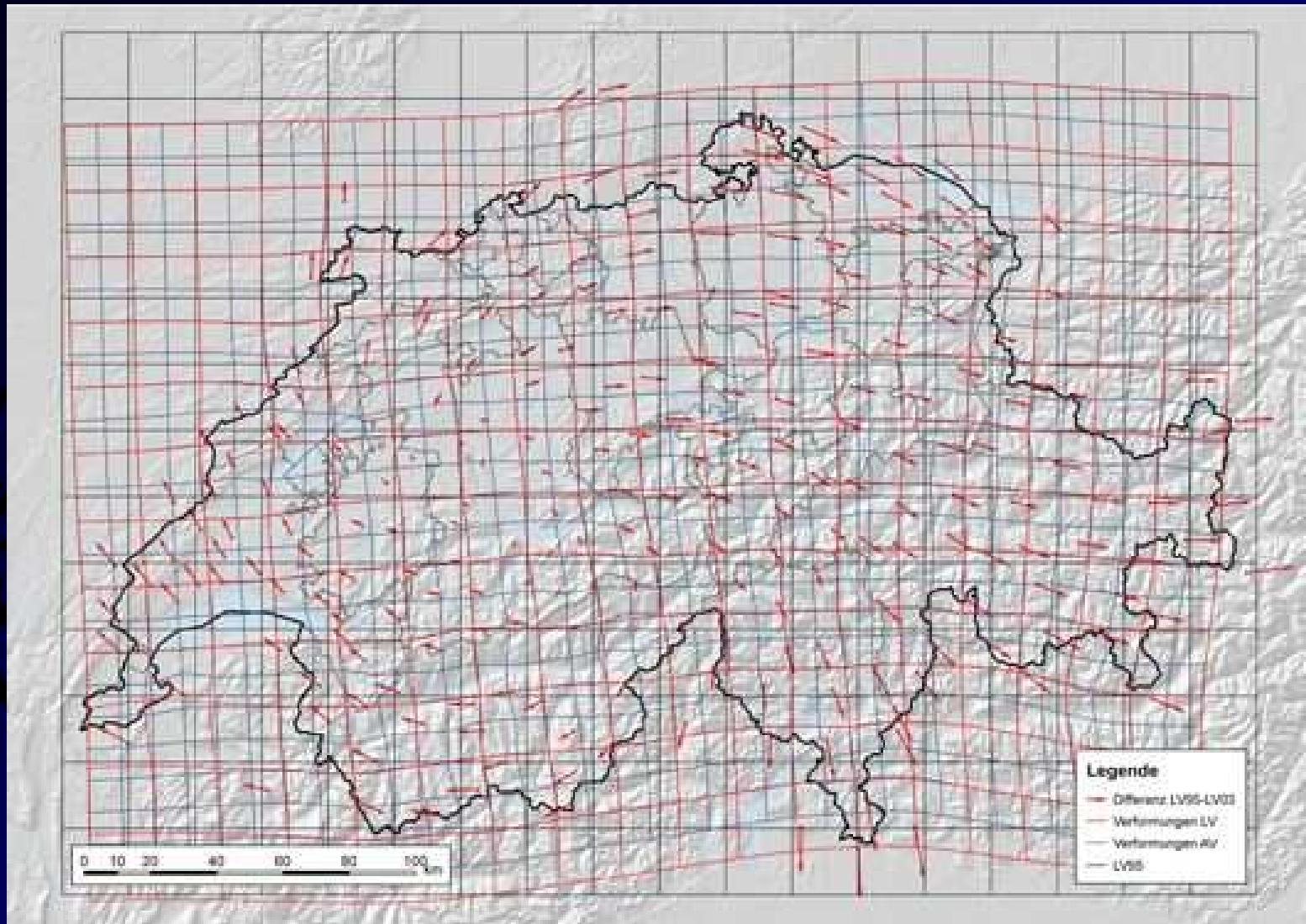
Richiede all'utente la conoscenza di parametri empirici, anche variabili localmente.

Raramente i GIS dispongono di parametri precisi. E' onere dell'utente reperirli.

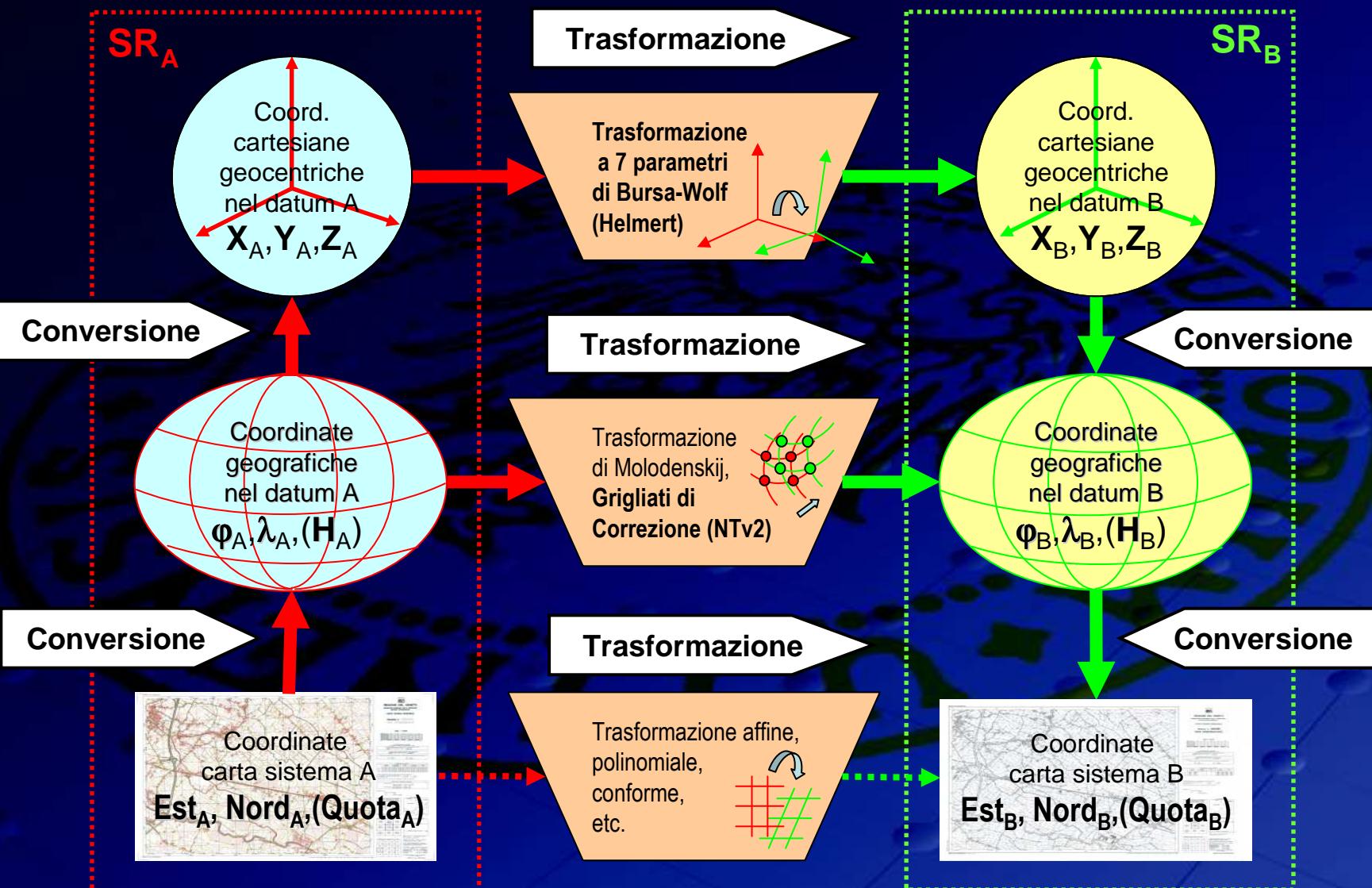


Autore: Domenico Visintini

# Trasformazione tra SR distorti: il problema



# Schema per la trasformazione di coordinate $SR_A \leftrightarrow SR_B$



# Parametri di trasformazione per l'Italia

Denominazione	Datum da	Datum a	EPSG	DX [m]	DY [m]	DZ [m]	Rx ["]	Ry ["]	Rz ["]	Ds [ppm]	Dlong [ $^{\circ}$ "]	Dlat [ $^{\circ}$ "]	Precisione
ED50 to WGS 84 (1)	ED50 [4230]	WGS84 [4326]	1133	-87	-98	-121							84 st 10 m?
ED50 to WGS 84 (10)	ED50 [4230]	WGS84 [4326]	1142	-97	-103	-120							44 m?
ED50 to WGS 84 (11)	ED50 [4230]	WGS84 [4326]	1143	-97	-88	-135							35 m?
ETRS89 to WGS 84 (1)	ETRS89 [4258]	WGS84 [4326]	1149	0	0	0							1 m
IGM95 to ETRS89 (1)	IGM95 [4670]	ETRS89 [4258]	1098	0	0	0							0 m!
IGM95 to WGS 84 (1)	IGM95 [4670]	WGS84 [4326]	1099	0	0	0							1 m
Monte Mario (Rome) to Monte Mario (1)	M.M. Roma [4806]	M.M. [4265]	1262										12°27' 8.4" E 0°00' 00" N
Monte Mario to ETRS89 (1)	M.M. [4265]	ETRS89 [4258]	1659	-104.1	-49.1	-9.9	0.971	-2.917	0.714	-11.68			4 m
Monte Mario to ETRS89 (2)	M.M. [4265]	ETRS89 [4258]	1661	-168.6	-34	38.6	-0.374	-0.679	-1.379	-9.48			4 m
Monte Mario to ETRS89 (3)	M.M. [4265]	ETRS89 [4258]	1663	-50.2	-50.4	84.8	-0.69	-2.012	0.459	-28.08			4 m
Monte Mario to ETRS89 FVG	M.M. [4265]	ETRS89 [4258]	unofficial	-128.6633	-30.2694	-6.12	-1.05572	-2.6951	-2.28808	-16.9352			< 0.7 m in FVG
Monte Mario to WGS 84 (1)	M.M. [4265]	WGS84 [4326]	1169	-225	-65	9							44 m
Monte Mario to WGS 84 (2)	M.M. [4265]	WGS84 [4326]	1662	-168.6	-34	38.6	-0.374	-0.679	-1.379	-9.48			Sardegna 4 m
Monte Mario to WGS 84 (3)	M.M. [4265]	WGS84 [4326]	1664	-50.2	-50.4	84.8	-0.69	-2.012	0.459	-28.08			4 m
Monte Mario to WGS 84 (4)	M.M. [4265]	WGS84 [4326]	1660	-104.1	-49.1	-9.9	0.971	-2.917	0.714	-11.68			4 m
Monte Mario to WGS 84 (5)	M.M. [4265]	WGS84 [4326]	1088	-223.7	-67.38	1.34							10 m
Monte Mario to WGS 84 (6)	M.M. [4265]	WGS84 [4326]	1089	-225.4	-67.7	7.85							10 m
Monte Mario to WGS 84 (7)	M.M. [4265]	WGS84 [4326]	1090	-227.1	-68.1	14.4							10 m
Monte Mario to WGS 84 (8)	M.M. [4265]	WGS84 [4326]	1091	-231.61	-68.21	13.93							10 m
Monte Mario to WGS 84 (9)	M.M. [4265]	WGS84 [4326]	1092	-225.06	-67.37	14.61							Navigazione 10 m
Monte Mario to WGS 84 (10)	M.M. [4265]	WGS84 [4326]	1093	-229.08	-65.73	20.21							Navigazione 10 m
Monte Mario to WGS 84 (11)	M.M. [4265]	WGS84 [4326]	1094	-230.47	-56.08	22.43							Navigazione 10 m Mari Sicilia

Attenzione al  
segno delle  
rotazioni!



# Parametri di trasformazione per l'Italia

**UDINE (Castello)** 02580 065 Fax: 0432 2711 Tel: 0432 2711 Fax: 055/417309

**Nazione:** ITALIA **Proprietà:** Comune di UDINE  
**Provincia:** UDINE **Indirizzo:** Via Lionello, 1  
**Comune:** UDINE **Comune:** UDINE  
**Cap:** 33100 **Tel:** 0432 2711 **Fax:** 0432 2711

**Carabinieri:** UDINE **Provincia:** UDINE

**Materializzazione:**  
Centrino del tipo "GPS C" infisso sul cordolo in pietra del tombino di ispezione al sottostante serbato dell'acquedotto (non visibile), nel giardino del castello di Udine.

**Accesso:**

**Informazioni ausiliarie:**  
La piazza è aperta dalle 8.00 alle 19.00. Per ulteriori informazioni rivolgersi al Direttore del Museo Sessola.

**Vertici collegati:**  
I 025245 R 0036 ### 040P  
Fuso Ovest Fuso Est  
 $\Delta N:$  07  $\Delta E:$  105,28  $\Delta H:$  -28,40 **Parametri:** Tx: 74,11 Rx: -0,755"  
 $\Delta N:$  07  $\Delta E:$  105,28  $\Delta H:$  -28,40 Ty: 12,20 Ry: -3,706"  
 $K:$  24,65 Tz: -6,39 Rz: -2,466"  
**Stazioni astronomiche:**

Segnalizzato: 29/04/93 G1B93 Simone Bartolini

Associati - vedasi schede allegate

**Monografia IGM**  
**- prima serie -**  
**con i 7 parametri**  
**IGM95 $\Rightarrow$ Roma40**

1997

ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE - Direzione Geodetica - via Di Novoli, 93 - 50127 FIRENZE - Tel: 055/2711

La monografia riporta i parametri per il passaggio da IGM95 a ROMA40. Per il passaggio inverso i segni vanno tutti invertiti, eccetto – in gvSIG – per le rotazioni (causa diversa convenzione!).

## I grigliati NTv2

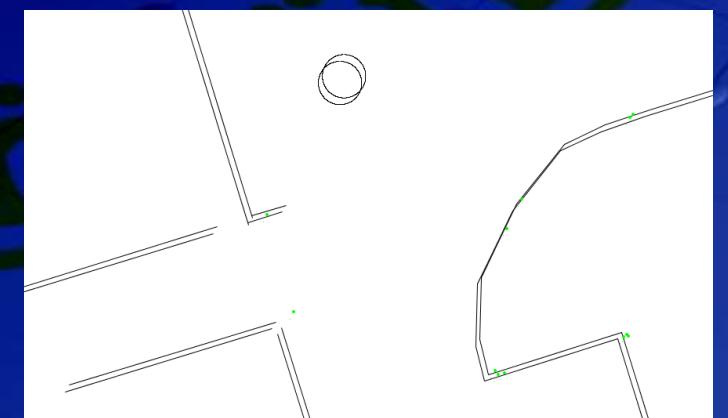
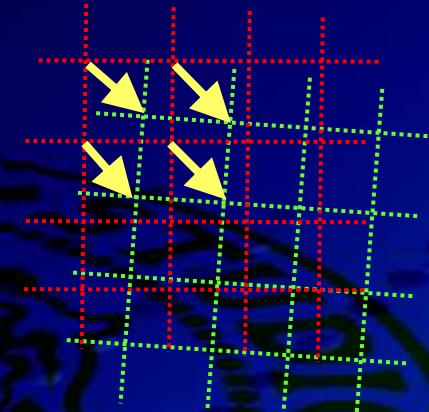
La trasformazione a 7 parametri è una trasformazione conforme.

Per meglio modellare le **distorsioni** tra un SR e un altro si ricorre all'adozione di una trasformazione variabile punto a punto. La trasformazione tra  $SR_a$ ,  $SR_b$  è espressa come correzioni  $\Delta lat_{ab}$  e  $\Delta long_{ab}$  sui nodi di una griglia. Le correzioni di un punto intermedio sono interpolate bilinealmente rispetto a quelle dei 4 nodi della maglia che contiene il punto.

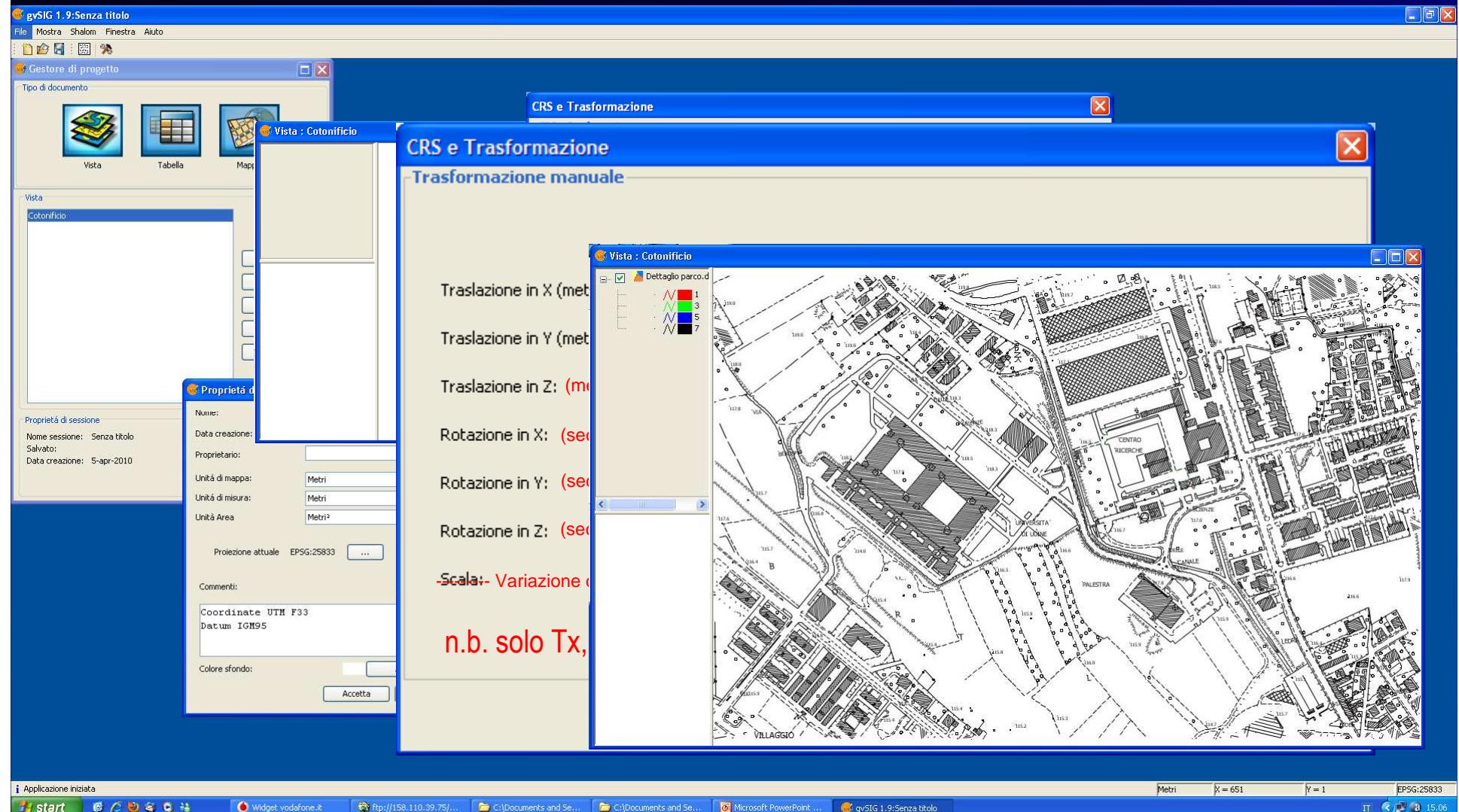
Questa tecnica è stata adottata anche dall'IGM in sostituzione dei 7 parametri (grigliati .gr1, .gr2 e .grk del programma Verto).

E. Sferlazza e E. Bellini\* (07/2009) hanno estrapolato con il software Traspunto un grigliato NTv2 per tutta l'Italia. Le precisioni per la trasformazione da ROMA40 a IGM95 - nella zona di Udine - sono circa 30 cm rispetto a 7p IGM e 35÷40 cm rispetto a .gr2 IGM.

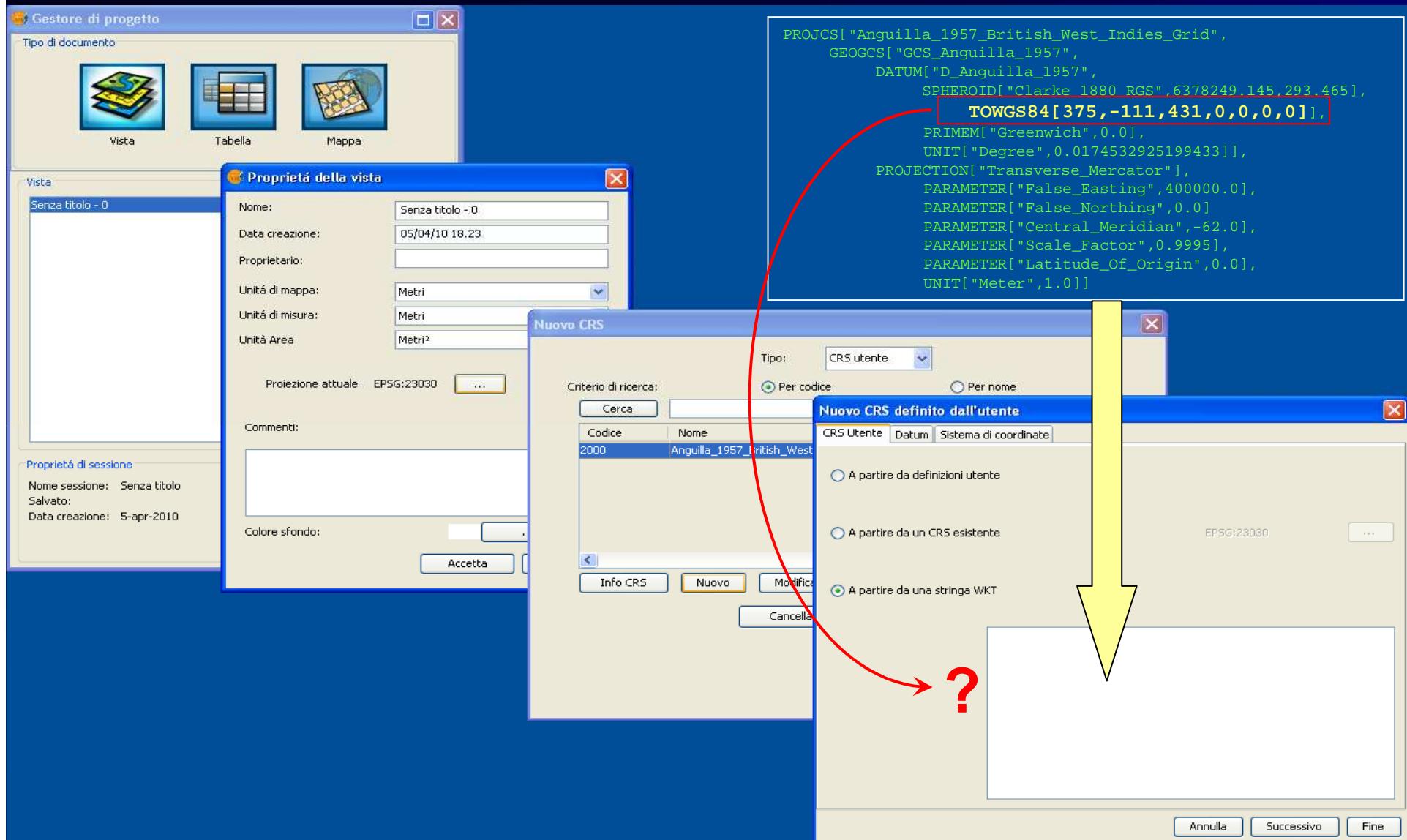
(\*) <http://www.provincia.agrigento.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/309>



# Definizione di CRS e trasformazione in gvSIG



# CRS definiti dall'utente



# Proposte

Sarebbe utile che gvSIG ...

... permettesse di rieditare i parametri e il metodo di trasformazione associati a un layer;

... eseguisse semplici trasformazioni sul piano della rappresentazione, quali traslazioni, rotazioni, riscalature, mantenendone traccia in modo da permettere un veloce ripristino;

... consentisse di importare/esportare le definizioni dei SR in formato proj ed importare/esportare in formato wkt;

Grazie per l'attenzione