



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



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.

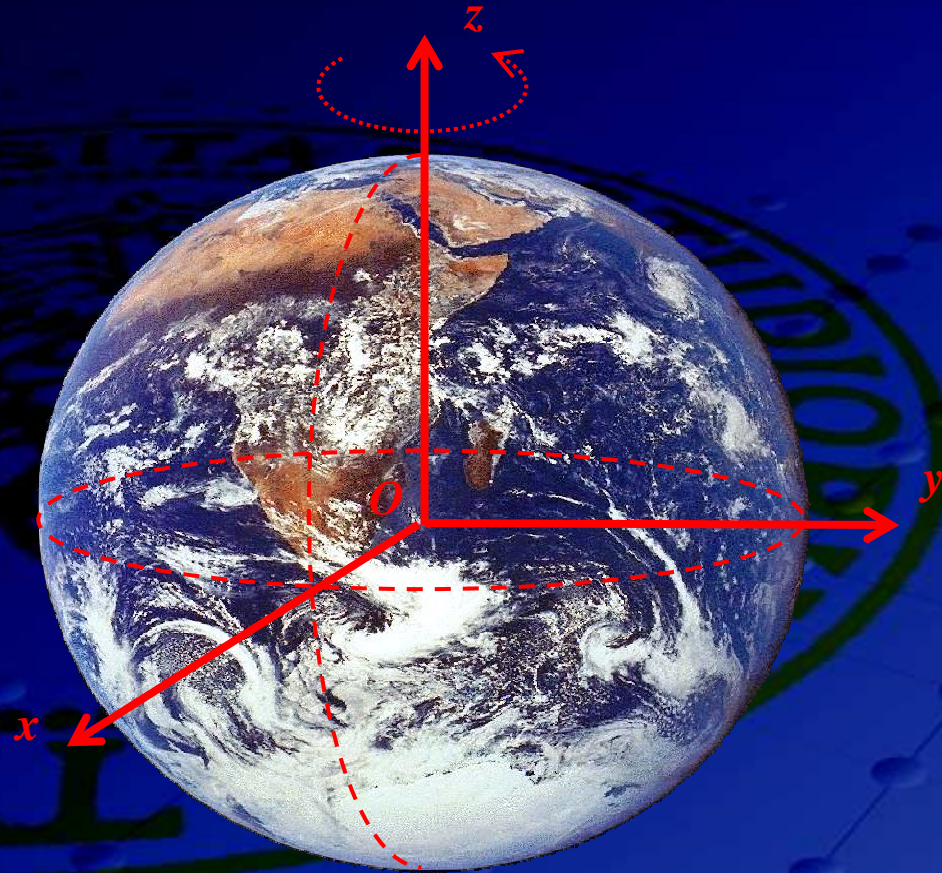
Sistema di Riferimento Cartesiano Geocentrico

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 e 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 Ellissoidico

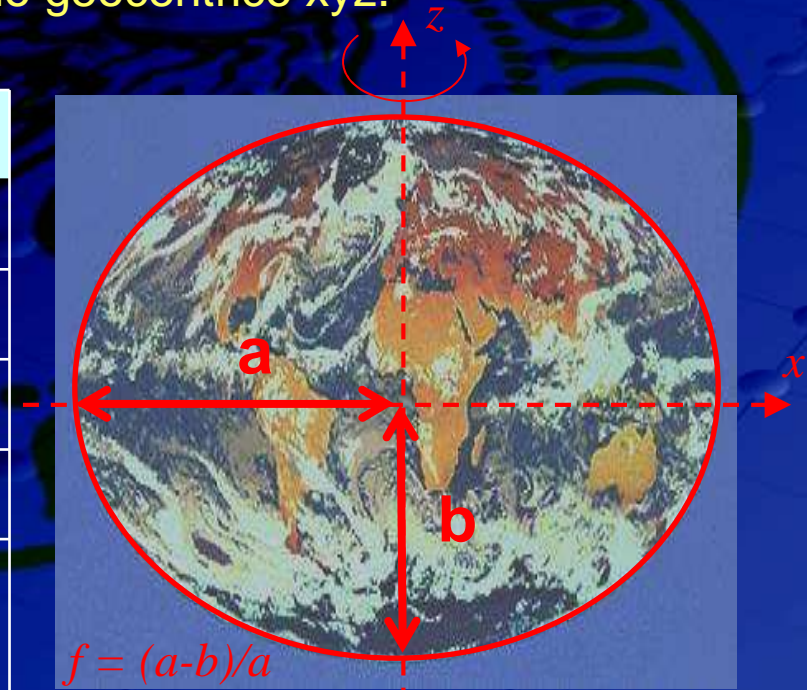
Si determinano le dimensioni dell'ellissoide di rotazione che meglio approssima la forma (globale o locale) della Terra.

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

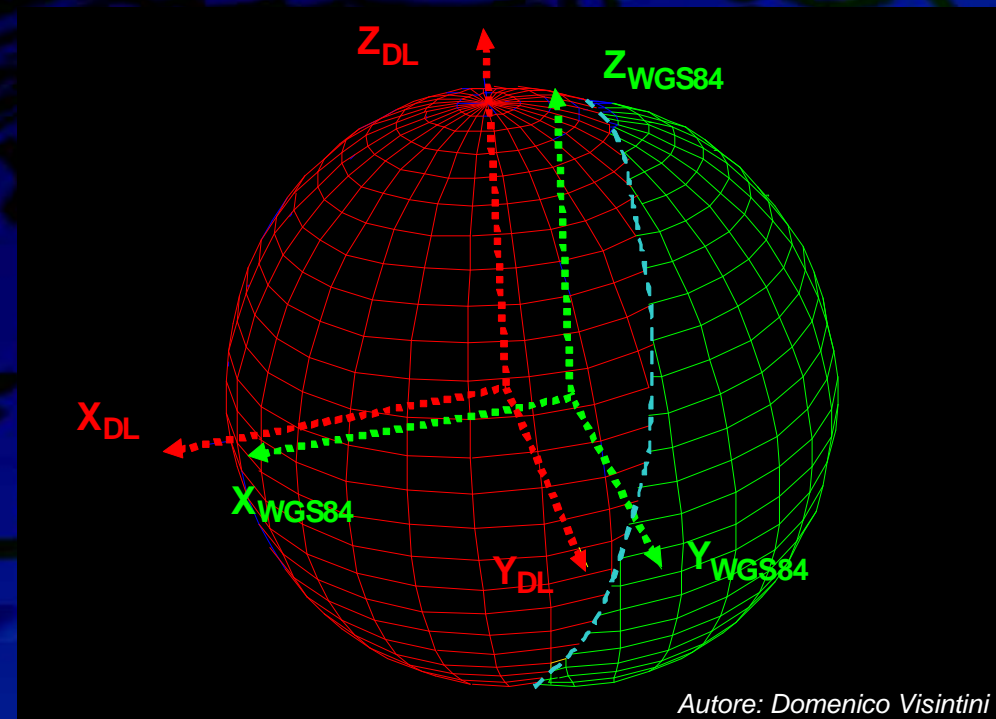
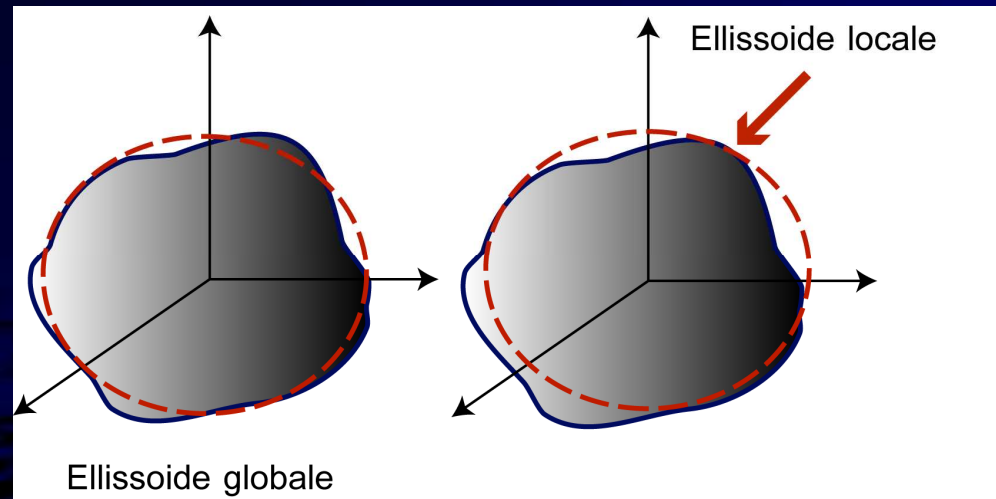
Il concetto di TRASFORMAZIONE

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

Essa è condotta secondo diverse strategie di calcolo.

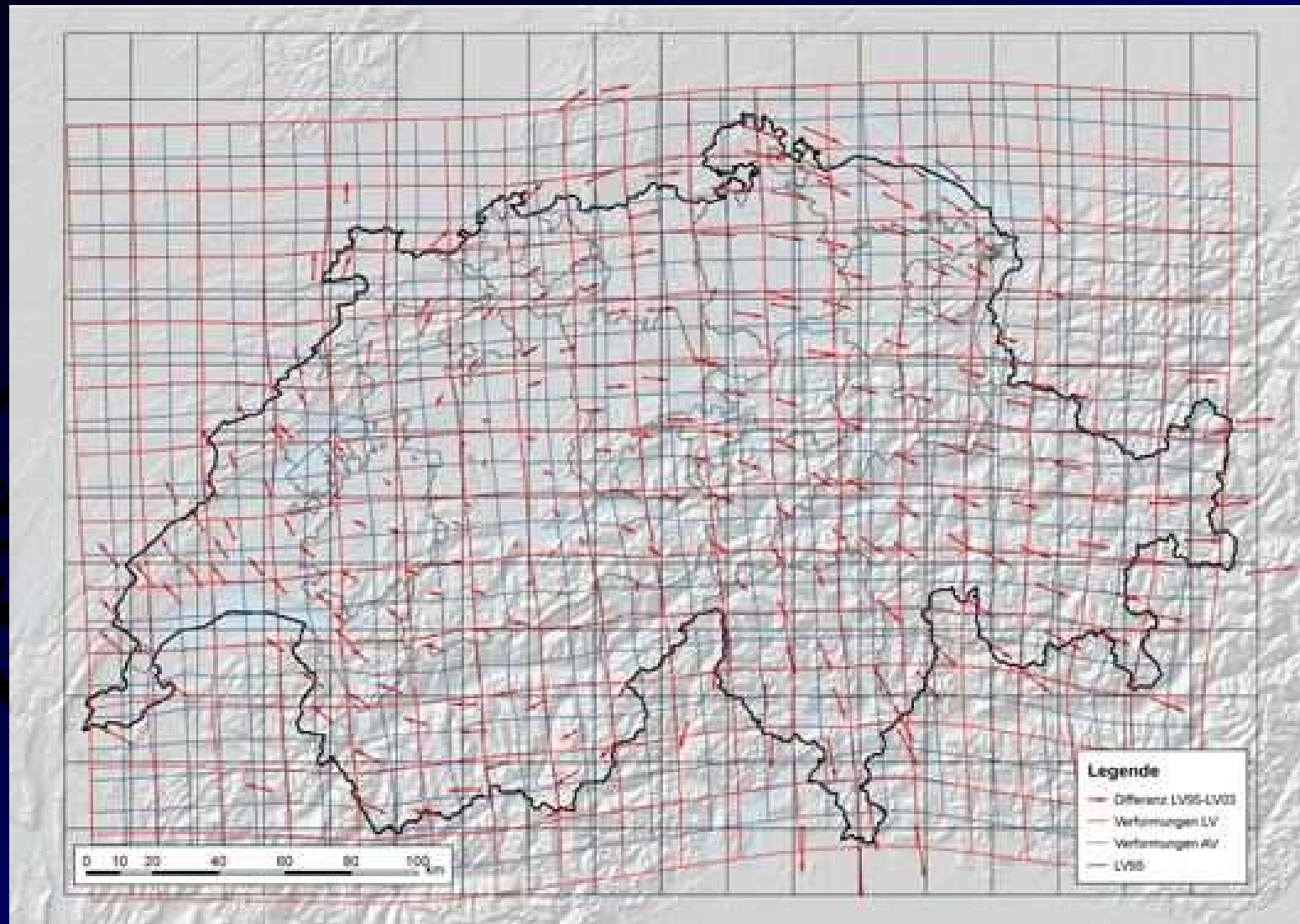
Richiede all'utente la **conoscenza di parametri empirici**, anche variabili localmente.

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

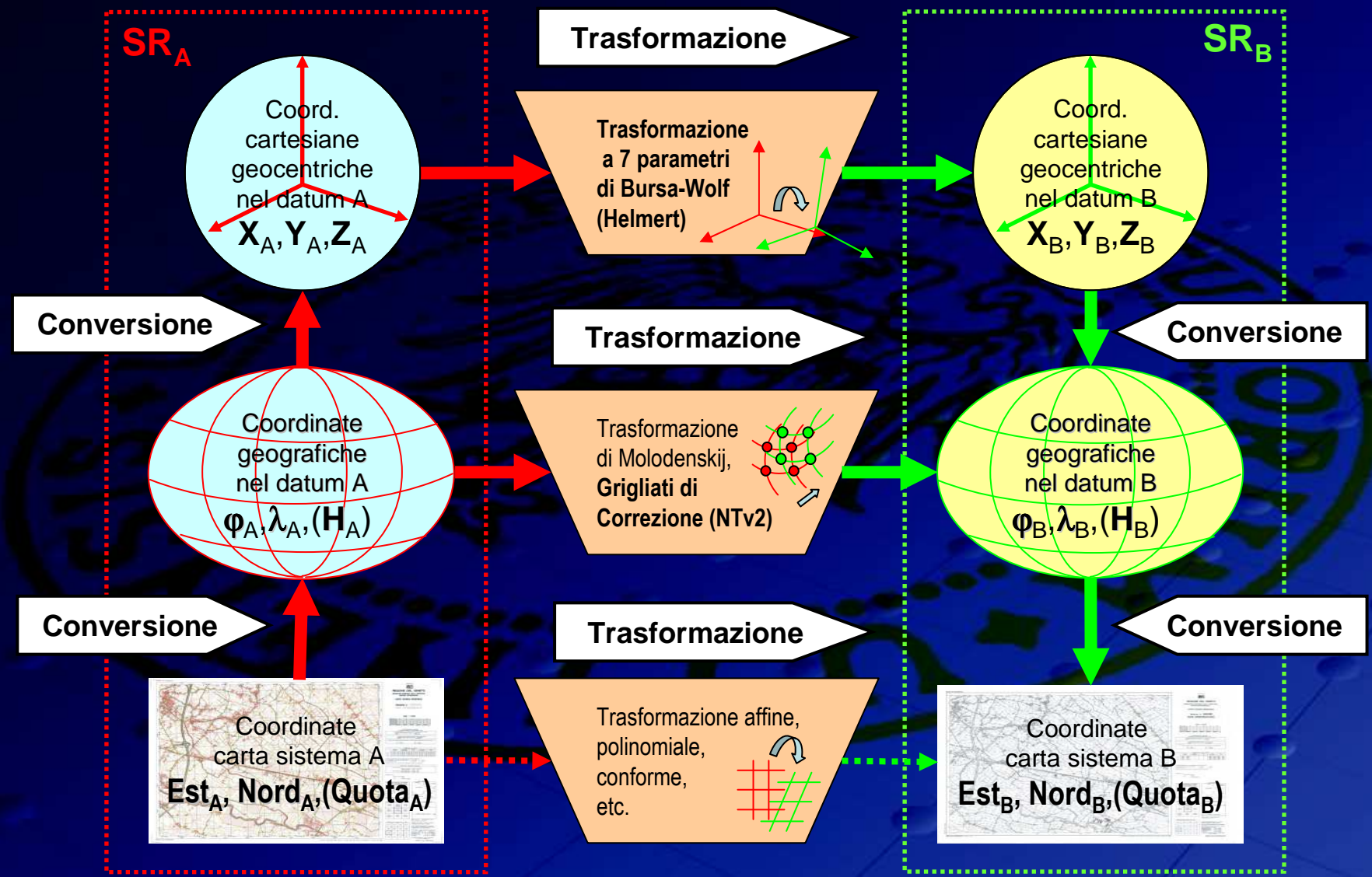


Autore: Domenico Visintini

Trasformazione tra SR distorti: il problema



Schema per la trasformazione di coordinate $SR_A \Rightarrow SR_B$



n.b. le quote seguono un altro percorso!

Parametri di trasformazione per l'Italia

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

Attenzione al
segno delle
rotazioni!



Parametri di trasformazione per l'Italia

IGM 95

UDINE (Castello)

Nazione: ITALIA
 Provincia: UDINE
 Comune: UDINE
 Carabinieri: UDINE

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

Geografiche (Roma40) Plane (Gauss-Boaga) Geografiche (WGS84) Plane (UTM-WGS84)

φ: 46°03'51,419" F. N: φ: 46°03'53,805" φ N: φ N: φ N:

λ: 00°46'50,890" F. E: λ: 13°14'07,703" λ: E: λ: E:

Quota s.l.m.: 141,38 F. N: 5.102.799,71 Quota ell.: 186,19 φ N: 5.102.776,97

E: 2.383.533,92 F. E: u: E: 363.529,32

Accesso:

Informazioni ausiliarie:
 La piazza è aperta dalle 9.00 alle 19.00. Per ulteriori informazioni rivolgersi al Direttore del Museo Sessola.

Vertici collegati:
 I 025245 R 0036 ### 040P

Fuso Ovest Fuso Est

ΔN: ΔN: 07 Contrassegno di tipo Cso

ΔE: ΔE: 105,28 Circolo inciso

ΔH: ΔH: Δt: -28,40

Parametri: Tx: 74,11 Rx: -0,755"

 Ty: 12,20 Ry: -3,706"

 K: 24,65 Tz: -6,39 Rz: -2,466"

Stazioni astronomiche:

Segnalizzato: 29/04/93 G1893 Simone Bartolini

Associati - vedasi schede allegate

ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE - Direzione Geodetica - via Di Novelli, 93 - 50127 FIRENZE - Tel: 055/277442 Fax: 055/417909

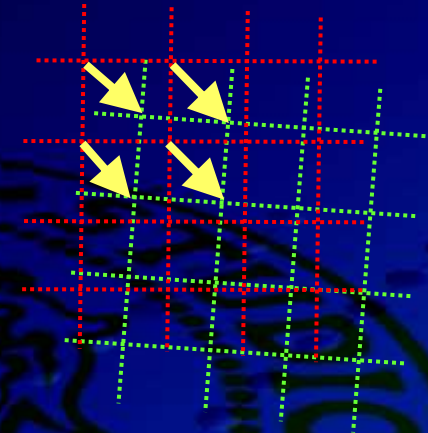
Monografia IGM
 - prima serie -
 con i 7 parametri
 IGM95 → Roma40

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.

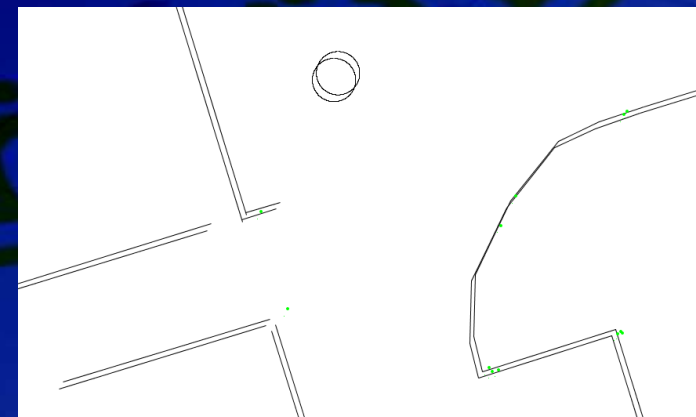
Per meglio modellare le **distorsioni** tra un SR e un altro si ricorre all'adozione di una trasformazione variabile punto a punto. La trasformazione tra SR_a e SR_b è espressa come correzioni Δlat_{ab} e $\Delta long_{ab}$ sui nodi di una griglia. Le correzioni di un punto intermedio sono interpolate bilinearmente 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

gvSIG 1.9: Senza titolo

File Mostra Shalom Finestra Aiuto

Gestore di progetto

Tipo di documento

Vista Tabella Mappa

Vista: Cotonificio

CRS e Trasformazione

CRS e Trasformazione

Trasformazione manuale

Traslazione in X (metri)

Traslazione in Y (metri)

Traslazione in Z (metri)

Rotazione in X: (secondi)

Rotazione in Y: (secondi)

Rotazione in Z: (secondi)

~~Scala~~ - Variazione di scala

n.b. solo Tx, Ty, Tz, Rz, Ry, Rx

Vista: Cotonificio

Proprietà di sessione

Nome sessione: Senza titolo

Salvato:

Data creazione: 5-apr-2010

Nome:

Data creazione:

Proprietario:

Unità di mappa: Metri

Unità di misura: Metri

Unità Area: Metri²

Proiezione attuale: EPSG:25833

Coordinate UTM F33

Datum: IGM95

Colore sfondo:

Accetta

start

Widget: vodafone.it

ftp://158.110.39.75/...

C:\Documents and Se...

C:\Documents and Se...

Microsoft PowerPoint ...

gvSIG 1.9: Senza titolo

Metri X = 651 Y = 1 EPSG:25833

IT 15.06

CRS definiti dall'utente

Gestore di progetto

Tipo di documento

Vista Tabella Mappa

Proprietà della vista

Nome: Senza titolo - 0
Data creazione: 05/04/10 18.23
Proprietario:
Unità di mappa: Metri
Unità di misura: Metri
Unità Area: Metri²
Proiezione attuale: EPSG:23030
Commenti:
Proprietà di sessione
Nome sessione: Senza titolo
Salvato:
Data creazione: 5-apr-2010

Nuovo CRS

Tipo: CRS utente

Criterio di ricerca: Per codice Per nome

Cerca	Codice	Nome
	2000	Anguilla_1957_British_West

Info CRS Nuovo Modifica Cancell

Nuovo CRS definito dall'utente

CRS Utente Datum Sistema di coordinate

A partire da definizioni utente
 A partire da un CRS esistente
 A partire da una stringa WKT

EPSG:23030

Annulla Successivo Fine

```
PROJCS["Anguilla_1957_British_West_Indies_Grid",  
GEOGCS["GCS_Anguilla_1957",  
DATUM["D_Anguilla_1957",  
SPHEROID["Clarke_1880_RGS",6378249.145,293.465],  
TOWGS84[375,-111,431,0,0,0,0]],  
PRIMEM["Greenwich",0.0],  
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],  
PROJECTION["Transverse_Mercator"],  
PARAMETER["False_Easting",400000.0],  
PARAMETER["False_Northing",0.0],  
PARAMETER["Central_Meridian",-62.0],  
PARAMETER["Scale_Factor",0.9995],  
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],  
UNIT["Meter",1.0]]
```


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