

Sistemi di Riferimento e il loro uso nella rete Smartnet ItalPoS

Introduzione

Lo scopo di questo documento è illustrare le principali caratteristiche dei sistemi di riferimento utilizzati nel tempo dalla rete Nazionale GNSS Smartnet ItalPoS. La prima parte dell'articolo ha l'obiettivo di fare una breve panoramica sul cosa è un sistema di riferimento e poi trattare i sistemi Globali al fine di usarli in una rete di stazioni permanenti. La seconda parte tratta più in dettaglio di ItalPoS.

- Origine delle coordinate coincidente con il centro di massa della Terra.
- Asse Z diretto verso il Polo Nord terrestre convenzionale.
- Asse X è l'intersezione fra il piano meridiano di Greenwich e il piano equatoriale.
- Asse Y completa la terna destrorsa.
- La terna ruota in modo solidale con la rotazione terrestre.

Teoria sui Sistemi di Riferimento e le Realizzazioni

Domanda: Cosa è un sistema di riferimento terrestre?

Risposta: E' un insieme di regole matematiche e misure (angoli, distanze al suolo e ai satelliti, dislivelli) che permettono di associare a punti della superficie fisica terrestre coordinate planimetriche (latitudine e longitudine) ed altimetriche (quota).

Domanda: A cosa serve?

Risposta: Serve a definire in modo razionale la posizione dei punti sulla superficie fisica della Terra, assegnando a ciascuno le proprie coordinate, con una relazione biunivoca fra numeri reali (coordinate) e i punti stessi.

Una particolare geometria e un contesto di regole definiscono un sistema di riferimento.

A livello generale, non solo di GPS, quando si parla di sistemi Globali viene utilizzato l'ITRS (International Terrestrial Reference System) che è un sistema terrestre convenzionale definito da una terna cartesiana destrorsa con le seguenti regole.

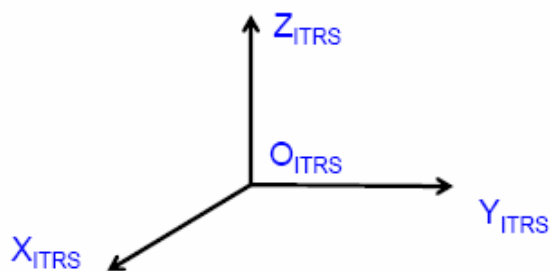


Figura 1 - Terna cartesiana destrorsa

Il primo concetto da affrontare è di non confondere l'ITRS con le sue realizzazioni materiali.

Infatti l'ITRS è solo un insieme di regole precedentemente elencate, e non fornisce elenchi di coordinate; questi sono presenti nelle realizzazioni denominate ITRF (International Terrestrial Reference Frame)

Esempio: **ITRF89(1988.0)**

Il nome di una realizzazione è caratterizzato da due coppie di numeri, una YY compresa nella parola ITRFYY(t0) e l'altra (t0) tra parentesi tonde.

- YY(nell'esempio 89): fa parte del nome e costituisce l'anno in cui è stata calcolata ed ufficializzata la realizzazione.
- t0 (nell'esempio 1988) è l'epoca a cui vengono riferite le stime di coordinate:

Alla luce di questo una realizzazione è costituita da

- un insieme di coordinate: $X_{YY}^i(t_0)$, $i=1...n$
- un campo di velocità: $V_{YY}^i(t_0)$, $i=1...n$

L'insieme di coordinate è relativo all'epoca t_0 , ma con l'uso del campo di velocità è possibile spostare indietro o avanti nel tempo le coordinate, con la formula:

$$X_{YY}^i(t) = X_{YY}^i(t_0) + V_{YY}^i(t_0)(t-t_0)$$

è quindi possibile ottenere le coordinate di una realizzazione a qualunque epoca nel tempo.

In figura 2 è riportato uno schema riassuntivo di come si possono ottenere le varie realizzazioni del sistema ITRS.

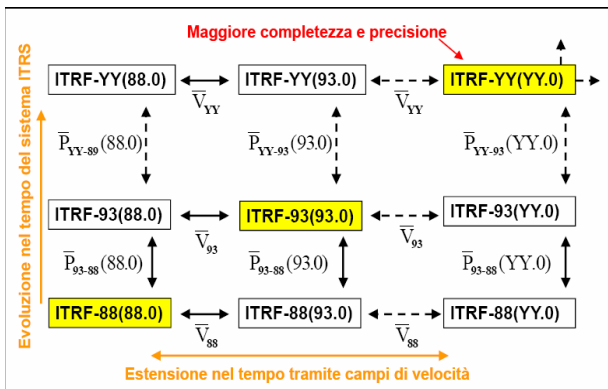


Figura 2 - Realizzazioni ITRFYY(t₀)

Le realizzazioni ITRFYY sono quelle effettivamente utilizzabili dall'utenza topografica: esse sono *materializzate* nei diversi territori nazionali attraverso vertici statici (esempio rete IGM95) oppure reti di stazioni permanenti (esempio rete RDN).

Però un altro punto va prima affrontato: i vari ITRF poco si adattano ad essere utilizzati per applicazioni cartografiche in ambito europeo, in quanto in essi le coordinate dei punti si modificano troppo velocemente nel tempo, rendendo necessario modificare le realizzazioni ufficiali troppo spesso. Un'idea degli spostamenti tra i vari ITRF è visualizzata nelle figure 3 e 4.

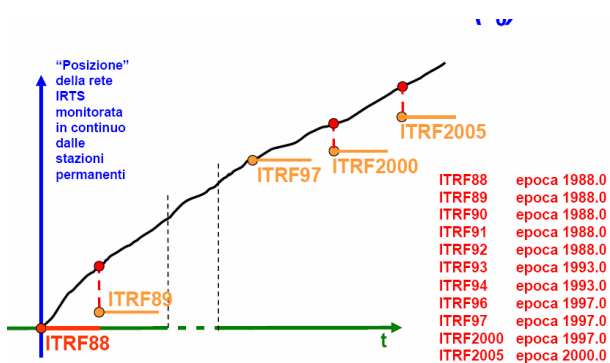


Figura 3 - Spostamenti ITRFYY(t₀)

Differenza: ITRF2000 – ITRF92

	9 anni	
	spostamento	azimut
	m	gradi
GRAS	0.252	42
GRAZ	0.254	52
MEDI	0.205	50
MATE	0.200	46
NOTO	0.172	43

Media europea: 2.7 cm/y

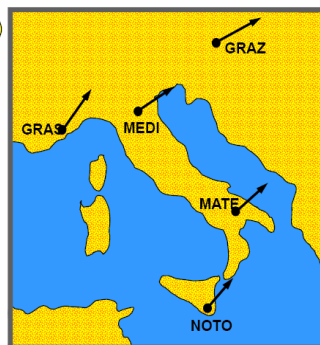


Figura 4 - Spostamenti ITRFYY(t₀)

La figura 4 in particolar modo fa notare che passando dall' ITRF92 all'ITRF2000, per le stazioni ITRF più vicine all'Italia ci sono spostamenti di circa 20 cm in 9 anni, che sono troppi le applicazioni di cartografia.

Questo, visto alla scala del continente Europa, porta al passo successivo, ossia di utilizzare una realizzazione più solidale con la placca europea che prende il nome di ETRF.

Il sistema di riferimento europeo chiamato ETRS89 (European Terrestrial Reference System) è così definito:

- **real. ETRS89** coincide con ITRS all'epoca 1989.0 ma segue un moto solidale con la placca media europea
- Al sistema ETRS89 è associato un **ellissoide di riferimento GRS80**

Come per l'ITRS anche per ETRS89 esistono molte realizzazioni, tuttavia sono tutte vincolate al movimento della placca media europea, pertanto sempre ridotte all'epoca 89.0 di istituzione. Queste realizzazioni devono mantenere il più possibile la loro maggiore precisione intrinseca sfruttando le realizzazioni ITRFYY e rototraslando opportunamente le coordinate.

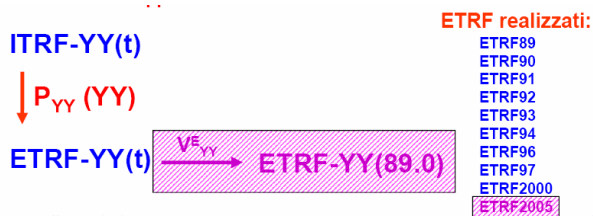


Figura 6 - Realizzazioni ETRFYY

Un punto europeo non è immobile in ETRF, ma il suo spostamento si limita a pochi millimetri all'anno: questo rende i vari ETRF candidati ideali per le applicazioni topocartografiche come si nota dalla figura 6. Definendo oggi una realizzazione, questa può essere mantenuta per 10 anni (almeno 2020).

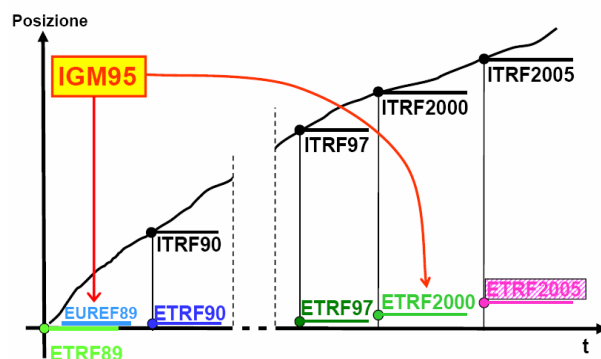


Figura 7 - Realizzazioni ETRFYY

Realizzazioni ETRF in Italia

In Europa la prima realizzazione dell'ETRS89 è l'ETRF89, in Italia questa realizzazione è stata raffittita mediante una rete che prende il nome di IGM95.

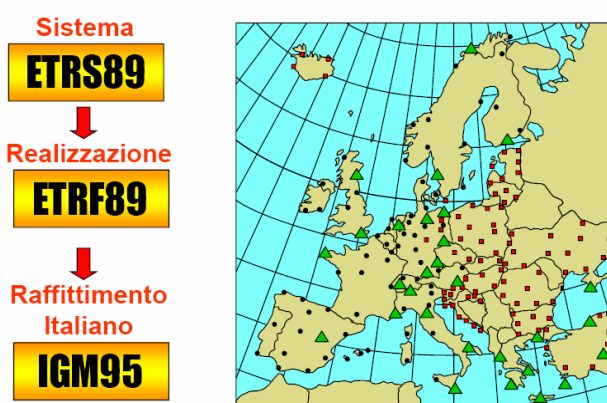


Figura 5 - Realizzazioni ETRF in Italia

Questa realizzazione di punti statici, ad oggi circa 2000 vertici ha una precisione intrinseca data dall'Istituto Geografico Militare di:

- $\sigma_{95\%} = 22$ mm planimetrici
- $\sigma_{95\%} = 36$ mm altimetrici

in totale un vettore nello spazio di circa 5 cm, pertanto una base tra due punti della rete IGM95 può statisticamente differire di 7cm.

Con l'avvento delle stazioni permanenti e il posizionamento in tempo reale le precisioni richieste dall'utenza in campo sono via via aumentate e il sistema di riferimento deve avere una precisione non inferiore a quella delle misure a cui esso si riferisce: oggi ETRF89 non è sempre in grado di fornire un adeguato supporto in termini di precisione, come prima esplicitato, in quanto lo spostamento dell'Italia non è omogeneo in direzione e velocità ma alcune zone tendono a ruotare in modo diverso dalle altre: ad esempio Venezia ha uno spostamento diverso da Bari; inoltre negli ultimi 20 anni molti caposaldi possono avere subito fenomeni di cedimento locale, indipendenti dalla geodinamica. Pertanto l'Istituto Geografico Militare ha deciso di ufficializzare un nuovo sistema di riferimento:

ETRF2000(2008.0)

Ufficialmente adottato dal: 01-01-2009

Il sistema non è materializzato con dei vertici statici come l'ETRF89 bensì da una rete di stazioni permanenti diffuse su tutto il territorio nazionale denominata **RDN**.

RDN è una rete di 99 stazioni permanenti ampiamente descritta nell'articolo "La rete dinamica nazionale (RDN) ed il nuovo sistema di riferimento ETRF2000" di Baroni, Cauli, Donatelli, Farolfi, Maseroli. L'articolo è scaricabile dal sito dell'istituto www.igmi.org e dal sito www.italpos.it.

Lo scopo della rete RDN non è quello di fornire un servizio di posizionamento in tempo reale ma di materializzare il nuovo sistema di riferimento italiano a ETRF2000, più aggiornato, preciso e accurato rispetto all'ETRF89.

27 Stazioni permanenti di ItalPoS fanno anche parte di RDN pertanto le due reti sono ben interconnesse alla scala nazionale, e questo ha permesso facilmente di legare ItalPoS a RDN e ottenere coordinate "RDN compatibili" di tutta la rete ItalPoS.

ItalPoS e RDN

Entro Gennaio 2010 ItalPoS erogherà i servizi di posizionamento nel sistema ETRF2000-RDN e non più in ETRF89-IGM95.

Questo porterà ad alcuni problemi da parte dell'utenza che dovrà collegare lavori fatti prima e dopo il cambio di coordinate.

Come ItalPoS affronterà il passaggio?

- Erogazione delle correzioni nel doppio sistema di riferimento ETRF2000 e ETRF89

Quali problematiche può riscontrare un utente in campagna? Principalmente una.

Un punto materializzato e rilevato in ETRF89 subirà uno spostamento se rilevato successivamente al cambio di coordinate nel nuovo sistema ETRF2000. Come affrontare questo problema viene discusso nell'articolo "Sistemi di coordinate e ItalPoS Casi Pratici".

