

LA RAPPRESENTAZIONE DI DATI GPS SU CARTOGRAFIA NAUTICA

Luigi CARNEVALE (*), Claudio PARENTE (**), Raffaele SANTAMARIA (***)

(*) Istituto Idrografico della Marina
Via Passo dell'Osservatorio, 8 - Genova,

tel. 010-2443300, e-mail *luigi.carnevale_lc@libero.it*

(**) Dipartimento di Scienze Applicate, Sezione di Geodesia, Topografia e Idrografia,
Università degli Studi di Napoli "Parthenope", Via A. De Gasperi, 5 - 80133 Napoli,
tel. 081-5476608, fax 081-5512330, e-mail *claudio.parente@uniparthenope.it*

(***) Dipartimento di Scienze Applicate, Sezione di Navigazione, Università degli Studi di Napoli "Parthenope",
Via Amm. F. Acton, 38 - 80133 Napoli,
tel. 081-5475223, fax 081-5519314, e-mail *raffaele.santamaria@uniparthenope.it*

Riassunto

Il sistema di posizionamento più utilizzato per la navigazione marittima è da alcuni anni il GPS che, come è noto, fornisce la posizione della nave in riferimento al WGS84. Nei sistemi di ausilio alla navigazione marittima, quali, ad esempio, ECS (Electronic Charting System) ed ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), al fine di rendere possibile una rappresentazione diretta della posizione, si utilizza cartografia nautica già inquadrata nel sistema WGS84. Quest'ultima, però, non è disponibile per tutte le aree e a tutte le scale. Per la navigazione, così come per altre applicazioni che richiedono l'impiego contemporaneo di dati GPS e cartografia nautica, è necessaria una trasformazione di datum: i risultati sono caratterizzati da un grado di accuratezza che dipende, oltre che dalle caratteristiche del ricevitore GPS e dalle tecniche di acquisizione del dato di posizione, anche dalle modalità con cui è stata eseguita la trasformazione (semplificazioni, formule adottate, algoritmi del software utilizzato).

In questo lavoro si considerano diverse possibilità per realizzare la trasformazione di datum relativamente al caso in cui si hanno punti noti nel sistema WGS84 da riportare su cartografia nautica in coordinate geografiche ED50 o Roma40. Si prendono in esame due fogli dell'IIM (Istituto Idrografico della Marina) in scala 1:60.000 concernenti il Golfo di Napoli, entrambi nella rappresentazione diretta di Mercatore, l'uno, più recente, inquadrato nel sistema geodetico ED50, l'altro in Roma40. Si considerano i punti di un grigliato, con passo pari a 2', in coordinate geografiche WGS84 e se determinano le rispettive ED50 e Roma40 mediante il software Verto 1.0 dell'IGM (Istituto Geografico Militare). Assumendo tali valori quali termini di confronto, si stabilisce il grado di accuratezza dei risultati delle trasformazioni di datum eseguite con differenti modalità. In particolare si utilizzano valori correttivi delle coordinate forniti dalla carta (passaggio da WGS84 a ED50) o ricavati da appositi abachi (da ED50 a Roma40); si impiegano altresì procedure automatizzate fornite da alcuni software; si applicano infine parametri di rototraslazione, appositamente calcolati ricorrendo alle coordinate x,y nella rappresentazione di Mercatore. In funzione delle accuratezze così determinate, si individuano le possibilità di impiego di ciascuna opzione considerata in relazione alle finalità perseguite.

Abstract

The most used positional system in maritime navigation is GPS that supplies the ship position in reference to WGS84. In the systems for maritime navigation, such as ECS (Electronic Charting System) ed ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), to facilitate direct representation of position, nautical charts already referred to WGS84 are used. Complete portfolio concerning every region of the globe and in different scale is not available. For navigation, as well as for all applications that require contemporary use of GPS and nautical charts, datum transformations must be applied: results present accuracy that is determined not only by characteristics of GPS receivers and techniques for data acquisition, but also by operations for datum transformation (simplifications, selected formulas, software algorithms).

In this paper different possibilities to obtain datum transformation are considered in reference to the representation of WGS84 points on nautical charts that are referred to ED50 or Roma40. Two charts produced by IIM (Istituto Idrografico della Marina), scale 1:60.000, concerning Gulf of Naples, both in Direct Representation of Mercator are considered, one, the more recent of the them, referred to ED50 Geodetic Datum, the other to Roma 40. Points of a grid with cell size of 2', in WGS84 geographic coordinates, are considered; their respective ED50 and Roma40 geographic coordinates are calculated using software Verto1.0 produced by IGM (Istituto Geografico Militare). Adopting these values for comparison, accuracy levels concerning different procedures are determined. Particularly, correction values supplied by nautical charts (from WGS84 to ED50) or by technical abacus (from ED50 to Roma40) are used; also software solutions are considered; parameters of roto-translation calculated with recourse to plane (x,y) coordinates of Direct Representation of Mercator are applied. Considering the different levels of accuracy that are obtained, possibilities to use every option are identified in correlation to the scope.

Introduzione

La cartografia nautica prodotta dall'Istituto Idrografico della Marina (IIM), generalmente nella rappresentazione di Mercatore, contiene le informazioni e gli elementi necessari ed utili per la condotta della navigazione, quali: l'andamento batimetrico, i pericoli, i punti cospicui diurni e notturni, le avvertenze, ecc. Le carte nautiche, in relazione alla scala e quindi alle possibilità di impiego, sono generalmente classificate in:

- carte generali a piccola scala (minore di 1:1.500.000);
- carte delle trasversate e costiere, a media scala (tra 1:1.500.000 e 1:150.000);
- carte costiere, dei litorali e dei porti, a grande scala (maggiore di 1:150.000).

La sempre maggiore diffusione di apparecchiature di ausilio alla navigazione rende necessario l'utilizzo di cartografia nautica in formato digitale. I sistemi più complessi, denominati *ECDIS* (*Electronic Chart Display and Information System*), rispondenti a specifici requisiti fissati dall'*IMO* (*International Maritime Organisation*), uniscono i sistemi di posizionamento (solitamente GPS) ed altri sensori di bordo (come il radar) con un sofisticato database elettronico, detto *ENC* (*Electronic Navigational Chart*), contenente le informazioni cartografiche in formato vettoriale riferite al WGS84. Presso l'IIM è stato istituito nel gennaio 1997 il Centro di Cartografia Elettronica con il fine di assicurare la produzione, l'aggiornamento e la distribuzione di cartografia digitale di tipo ENC, conforme alle relative specifiche internazionali. Sono state sin qui prodotte carte a piccola e media scala fornite alle Unità della Marina Militare per effettuare sperimentazioni pratiche prima della distribuzione come ENC ufficiali per la navigazione con ECDIS.

Il riferimento planimetrico delle carte nautiche

Le carte nautiche dell'IIM costruite successivamente al 1970 sono inquadrare planimetricamente nel Sistema Geodetico ED50: l'ellissoide di riferimento è quello internazionale, o di Hayford (semiasse maggiore $a = m\ 6.378.388$, schiacciamento $\alpha = (a-c)/a = 1/297$, essendo c il semiasse minore) con orientamento medio europeo 1950. Precedentemente veniva utilizzato il sistema Roma40, basato sullo stesso ellissoide, orientato però a Roma Monte Mario ($\varphi = 41^\circ\ 55'\ 25''$, $\lambda = 0^\circ$, ovvero $12^\circ\ 27'\ 08''$.400 Est da Greenwich), con azimuth su Monte Soratte pari a $\alpha = 6^\circ\ 35'\ 00''$,88.

Il riferimento altimetrico

Nelle carte nautiche dell'IIM le profondità sono riferite al *livello di riduzione degli scandagli (LRS)*, un'origine convenzionale (al di sotto della quale l'acqua scende solo raramente) stimata, per le varie località, come la media delle più basse BM (Basse Maree) osservate nella zona rappresentata. Le informazioni ai margini delle carte forniscono il valore della quota Z_0 , riferita all'LRS, cui si trova il *livello medio del mare*. Come è noto, quest'ultimo rappresenta il piano intorno al quale oscilla la superficie dell'acqua e viene determinato mediando le altezze delle maree per un lungo periodo di tempo (alcuni anni, generalmente 11). In Italia si fa riferimento all'altezza della Piastrina del Mareografo di Genova sul livello medio del mare ricavato da 10 anni di osservazione (1937-1946): la quota risultante, pari a m. 3,249, è stata trasportata, con operazioni di Alta Precisione, lungo linee di livellazione materializzate da capisaldi presenti su tutto il territorio nazionale; non potendo collegare direttamente Sicilia e Sardegna, per le due isole si è proceduto all'utilizzo, rispettivamente, del Mareografo di Catania (1 anno di osservazione, il 1965) e quello di Cagliari (periodo di riferimento: 1 giugno 1955-31 agosto 1957).

I valori di Z_0 indicati sulle carte nautiche dei nostri mari e del Mediterraneo sono di pochi decimetri; valori di alcuni metri vengono raggiunti invece sulle coste oceaniche.

L'acquisizione della posizione con GPS

La posizione è riferita al sistema ellissoidico geocentrico WGS84 (World Geodetic System, 1984) che è caratterizzato da:

- ❑ centro del sistema coincidente con il baricentro terrestre;
- ❑ asse Z parallelo alla direzione del polo convenzionale medio (CTP) per l'epoca 1984, così come stabilito dall'International Earth Rotation Service (IERS);
- ❑ asse X all'intersezione del piano equatoriale e del piano meridiano di riferimento definito ancora dall'IERS;
- ❑ asse Y tale da completare la terna ortogonale destrorsa.

L'ellissoide di riferimento, oltre ad essere geocentrico, presenta, rispetto a quello di Hayford, parametri geometrici differenti ($a = m\ 6.378.137$; $\alpha = 1/298,25723563$).

Per il territorio italiano, le differenze tra le coordinate di un punto nel sistema WGS84 e le corrispondenti in Ed50 e in Roma40 sono mediamente pari, nell'ordine, a m 150 e m 200.

Si ricorda che, in relazione ai diversi metodi utilizzabili, con l'impiego del GPS si ottengono diversi tipi di precisione, raggiungendo valori centimetrici con l'utilizzo di tecniche differenziali.

La sperimentazione compiuta

Sono state considerate le seguenti cartografie:

1. Carta nautica pubblicata dall'IIM nel settembre 1992 (ristampa del 1997) in scala 1:60.000, denominata "Golfo di Napoli", nella rappresentazione diretta di Mercatore, ellissoide internazionale con orientamento medio europeo ED50;
2. Carta nautica pubblicata dall'IIM nel 1969 relativa alla stessa area della 1 (uguale denominazione, scala e rappresentazione), riferita però al datum Roma40.

I file raster ottenuti dalla scansione dei fogli suddetti sono stati georiferiti nel rispettivo datum, tramite il software ArcGIS 8.3 della ESRI, utilizzando le coordinate geografiche dei 4 vertici e di 12 altri punti relativi o al reticolato geografico (intersezioni tra meridiani e paralleli) o a località ed oggetti rappresentati in cartografia (promontori, fari, semafori, ecc.).

Tramite foglio di calcolo Excel (Microsoft), è stato organizzato un set di dati relativi alle coordinate (latitudine e longitudine) espresse nel sistema WGS84, di 167 punti ricadenti nell'area considerata e appartenenti ad un grigliato di passo pari a 2'. Per ciascuno di essi sono state calcolate le coordinate geografiche ED50 e Roma40 mediante il programma Verto 1.0 dell'IGM, assumendo tali valori come termine di confronto per i risultati conseguiti con altre procedure.

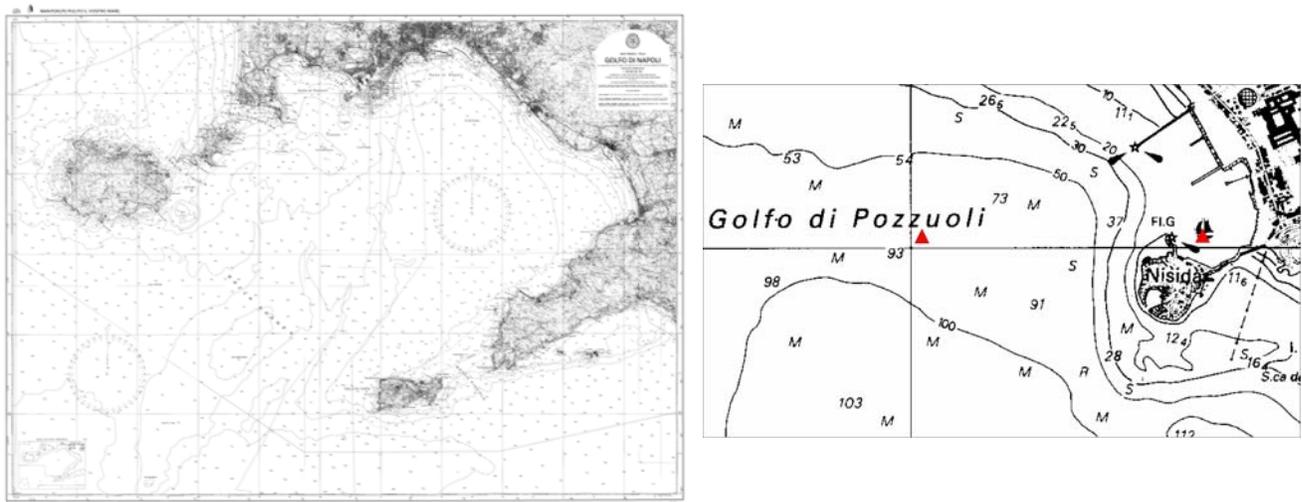


Figura 1 – Carta nautica dell'IIM in scala 1:60.000 relativa al Golfo di Napoli (1992) e particolare del Golfo di Pozzuoli, con indicazione (triangoli) di due dei 167 punti del grigliato considerato (passo 2" sessagesimali)

Dalle informazioni ai margini della carta 1 sono state ricavate le correzioni da apportare alle coordinate ottenute con GPS prima della rappresentazione: i valori $\Delta\phi$ e $\Delta\lambda$ sono stati applicati agli elementi del grigliato così da eseguire procedure semplificate per il passaggio dal WGS84 a ED50. In relazione alla carta 2, sono stati applicati ulteriori valori correttivi $\Delta'\phi$ e $\Delta'\lambda$ ricavati dalle tabelle dell'IGM (Bencini, 1976), relativi alla trasformazione tra i datum ED50 e Roma40: in tal modo è stato possibile risolvere il passaggio da WGS84 a Roma40.

Le trasformazioni di datum sono state inoltre eseguite in automatico tramite il modulo Tool Box di ArcGIS 8.3 ed il programma MapInfo 7.0 della MapInfo Corporation.

Sono stati infine applicati parametri di rototraslazione calcolati per l'area in esame. In particolare sono state determinate, per i punti del grigliato di partenza in WGS84, le coordinate piane ricorrendo alle relazioni di corrispondenza della rappresentazione di Mercatore:

$$x = a\lambda \quad (1)$$

$$y = a \ln \left[\left(\frac{1 - e \sin \varphi}{1 + e \sin \varphi} \right)^{\frac{e}{2}} \tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \right] \quad (2)$$

avendo indicato con \ln il logaritmo neperiano, con a e con e , rispettivamente, il raggio equatoriale e l'eccentricità dell'ellissoide. Utilizzando le coordinate piane di 4 punti nei tre diversi sistemi (WGS84, Ed50 e Roma40), sono state determinati i parametri della trasformazione conforme (da WGS84 a Ed50 e da WGS84 a Roma40); è stato così possibile effettuare le trasformazioni di datum per i punti del grigliato e, utilizzando in maniera inversa le relazioni (1) e (2), risalire alle coordinate geografiche Ed50 e Roma40

Si riportano nelle figure 2 e 3 le tabelle relative ai risultati ottenuti con le diverse procedure. In particolare si considerano i valori massimo, minimo, medio e della deviazione standard.

		Impiego valori correttivi $\Delta\varphi$ e $\Delta\lambda$	MapInfo 7.0	ArcGIS 8.3	Trasformazione Conforme
Errori sulla Longitudine	Min	-0",045702	-0",156102	-0",151458	-0",012795
	Max	0",079774	0",013096	-0",093722	0",015737
	Media	0",028210	-0",117367	-0",113678	0",004389
	Dev. standard	0",026590	0",014874	0",010868	0",006442
Errori sulla latitudine	Min	0",167335	0",169346	0",162074	-0",008963
	Max	0",211840	0",199935	0",190719	0",009734
	Media	0",192535	0",185816	0",178408	0",002993
	Dev. standard	0",012073	0",007088	0",006957	0",004580

Figura 2 – Tabella relativa agli errori (espressi in secondi sessagesimali) riscontrati con i diversi metodi considerati per la rappresentazione dei dati del grigliato WGS84 su carta nautica riferita al sistema geodetico ED50

		Impiego valori correttivi $\Delta\phi$ e $\Delta\lambda$	MapInfo 7.0	ArcGIS 8.3	Trasformazione Conforme
Errori sulla longitudine	Min	-0",062092	0",132663	0",132309	-0",014211
	Max	0",050313	0",167188	0",165964	0",009019
	Media	-0",001134	0",153079	0",153690	0",001901
	Dev. standard	0",02749	0",007445	0",007241	0",0050616
Errori sulla latitudine	Min	0",097806	-0",062604	-0",056112	-0",004861
	Max	0",127185	-0",049275	-0",043539	0",009531
	Media	0",113638	-0",053773	-0",046977	0",002641
	Dev. standard	0",007823	0",003032	0",002971	0",003451

Figura 3 – Tabella relativa agli errori (espressi in secondi sessagesimali) riscontrati con i diversi metodi considerati per la rappresentazione dei dati del grigliato WGS84 su carta nautica riferita al sistema geodetico Roma40

Conclusioni

In attesa del completamento e della diffusione dei prodotti dell'IIM già inquadrati nel sistema WGS84, la rappresentazione di dati GPS su cartografia nautica necessita di alcune considerazioni. Se le tecniche differenziali permettono di acquisire la posizione con precisione centimetrica, approssimazioni e semplificazioni nelle operazioni di trasformazione di datum possono determinare errori di alcuni metri in fase di restituzione. Le indicazioni ai margini delle carte sono sufficienti per gran parte degli scopi nautici, ma non per operazioni di manovrabilità delle navi in acque ristrette. Anche l'impiego di software per le conversioni in automatico forniscono risultati spesso non soddisfacenti: applicazioni, ad esempio, di ingegneria costiera per le quali si intende avvalersi del contemporaneo uso di cartografia nautica (per il dato batimetrico) e di GPS (ad esempio per il rilievo di manufatti o di variazioni della linea di costa), richiedono rappresentazioni accurate e quindi rigorose trasformazioni di datum. Tra le opzioni considerate, i risultati migliori si ottengono con l'applicazione di parametri di rototraslazione (trasformazione conforme) ricavati, ovviamente, mediante applicazioni sulle corrispondenti coordinate piane. Se si considerano i valori delle lunghezze di archi di parallelo e meridiano nell'area considerata, è evidente che la trasformazione conforme fornisce errori sulle latitudini e longitudini di alcuni centimetri.

Bibliografia

- Bencini P. (1976), *Appunti di cartografia*, Istituto Geografico Militare, Firenze
- Cina A., *GPS – Principi e funzionamento*, Celid, Torino
- Di Lieto A., Lusetti C., Nobili A., Surace L. (2002), "Il fenomeno della marea", *Bollettino della SIFET* (2002 2), pp 83-102
- ESRI (2002), *ArcGIS 8.3 – Help*. Redlands (CA), USA
- Istituto Geografico Militare (2002), *Verto 1.0*, Istituto Geografico Militare, Firenze
- MapInfo Corporation (2002), *MapInfo Professional 7.0 – Help*, USA
- Surace L. (1998), "La georeferenziazione delle informazioni territoriali", *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, n°2/1998, Istituto Geografico Militare, Firenze, pp 183-234