

Il problema della trasformazione di *datum* e di coordinate per applicazioni cartografiche: soluzioni informatiche e loro prestazioni

VALERIO BAIocchi
MATTIA CRESPI
CHRISTIAN DE LORENZO

L'obiettivo che si propone questo studio è l'analisi delle prestazioni di alcuni software in grado di effettuare trasformazioni di coordinate per scopi cartografici, al fine di individuare per quali scale siano idonei (assumendo un errore di graficismo pari a 0.2 mm), e quali tra loro siano applicabili alla CTR. L'analisi riguarda sia le operazioni di trasformazione di coordinate geografiche e cartografiche all'interno dello stesso *datum*, sia le operazioni di passaggio tra *datum* differenti.

La motivazione che ha portato alla realizzazione di questo studio è la ricerca di strumenti idonei a semplificare le operazioni di trasformazione di coordinate che si rendono necessarie per l'attuale impiego di diversi sistemi di riferimento o *datum*. Il *datum*, come è noto, rappresenta il sistema di riferimento al quale sono riferite le posizioni planaltimetriche; esso risulta essere definito da due parametri di forma e dimensione dell'ellissoide ad esso associato, e da sei parametri di posizionamento spaziale rispetto al corpo fisico della terra (posizione del baricentro, direzione dell'asse di rotazione, origine delle longitudini).

Ogni Stato storicamente ha adottato un proprio sistema di riferimento ed almeno un sistema cartografico, e solo recentemente

tramite metodi di posizionamento propri della geodesia spaziale (GPS, GLONASS) si è potuto realizzare un unico sistema di riferimento a livello globale. Se questo sarà, ovviamente, il sistema del futuro, rimane però il problema di recuperare tutte le informazioni riferite ai diversi sistemi nazionali. Conseguentemente, in questo momento, è necessario disporre di metodologie efficienti ed affidabili per gestire le trasformazioni tra i "vecchi" sistemi di riferimento nazionali ed il "nuovo" sistema di riferimento globale.

Sistemi geodetico-cartografici di interesse nazionale

In Italia il panorama è molto simile a quello mondiale; basti pensare che le esigenze sviluppatesi nel corso degli anni hanno portato, come è noto, all'introduzione di tre *datum*:

- ROMA 1940 (indicato nel seguito come ROMA40);
- ED 1950 (indicato nel seguito come ED50);
- WGS84-ETRF89 (indicato nel seguito come WGS84);

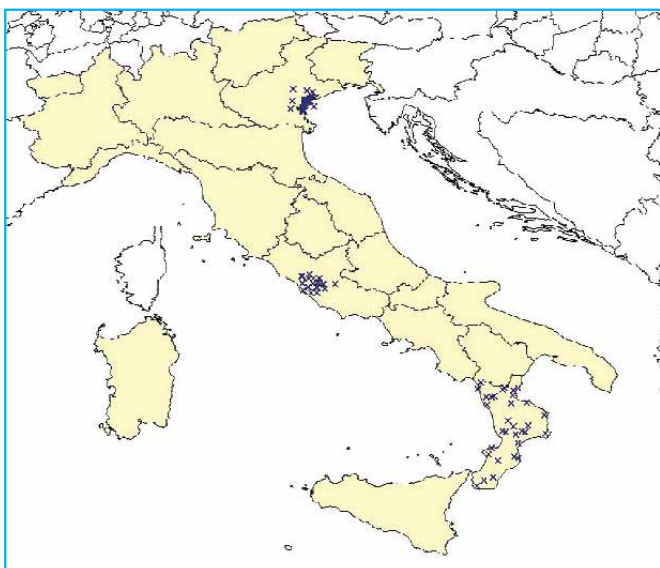


Figura 1 - Distribuzione dei punti esaminati

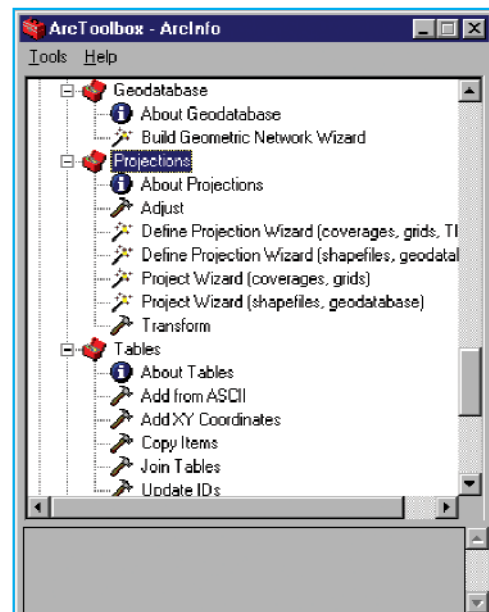
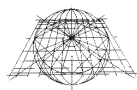


Figura 2 - Elenco funzioni di ArcToolBox



	Ellissoide	$\alpha(m)$	α	Orientamento
ROMA40	Internazionale (Hayford)	6378388	1/297	Verticale su Roma Monte Mario: Latitudine 41°55'25.510" Longitudine 0° (12°27'08.400" Est Greenwich)
ED50	Internazionale (Hayford)	6378388	1/297	Orientamento Medio Europeo Roma Monte Mario assume le coordinate: Latitudine 41°55'31.487" Longitudine 12°27'10.930" Est Greenwich
WGS84	WGS84	6378137	1/298.257223563	Sistema Cartesiano Geocentrico Roma Monte Mario assume le coordinate: Latitudine 41°55'27.851" Longitudine 12°27'07.658" Est Greenwich

Tabella 1 - Principali caratteristiche dei datum nazionali

a questi sono stati associati i sistemi di riferimento cartografici basati sulla proiezione conforme di Gauss:

- UTM (associato ai datum ED50 e WGS84);
- Gauss-Boaga (associato al datum ROMA40).

Nella tabella 1 sono riassunte le principali caratteristiche di tali datum; in particolare sono riportati la scelta dell'ellissoide, con i suoi parametri di forma e dimensione definiti dal semiasse maggiore a e dallo schiacciamento α , ed il suo orientamento.

Test field

Per eseguire le trasformazioni di coordinate, nello stesso datum e tra datum diversi, analizzate in questo studio, si è reso necessario reperire un numero sufficiente di punti a coordinate note in almeno due sistemi geodetico-cartografici utilizzati in Italia; ciò, per poter determinare in modo statisticamente significativo i parametri di precisione dei software esaminati.

A tale scopo sono stati impiegati punti con coordinate note nei datum ROMA40 e WGS84 e nei rispettivi sistemi cartografici Gauss-Boaga e UTM. La precisione di tali coordinate è dell'ordine di qualche centimetro, in modo che gli errori dovuti alle coordinate possano ritenersi trascurabili almeno per gli scopi cartografici considerati; i punti sono stati scelti in zone diverse del territorio nazionale, in modo da evidenziare la presenza di eventuali anisotropie nella distribuzione degli errori. Complessivamente i test field dello studio in esame sono costituiti da un totale di 132 punti dislocati come segue (figura 1):

- 67 punti nella zona di Venezia (Italia settentrionale);
- 33 punti nella zona di Roma (Italia centrale);
- 32 punti nella Regione Calabria (Italia meridionale).

Elaborazione dati

I software testati sono quelli di comune utilizzo sia in ambito pubblico che privato; in particolare, sono stati analizzati i seguenti software commerciali:

- ArcGis 8.1;
- CartLab 1.0;
- GeoMedia Professional 4.0;

- MapInfo Professional 6.5;
- Tn-ShArc 3.3.

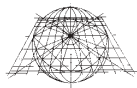
Inoltre, d'intesa e in collaborazione con il Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per le Informazioni Territoriali di Roma, è stato reperito e preso in esame anche il software *Traspunto*, realizzato nell'ambito del Progetto POMA del Ministero dell'Ambiente, ancora in versione sperimentale. Con tali software sono state eseguite le trasformazioni di coordinate all'interno dello stesso datum e tra datum differenti, ed è stata effettuata un'analisi statistica degli errori ad esse associati.

ArcGis 8.1

Il programma è stato realizzato dalla ESRI e segue le versioni precedenti ArcView 3.1 e 3.2. Tra le nuove operazioni proposte in questa versione, è presente anche la possibilità di trasformazione di coordinate all'interno dello stesso datum e tra datum diversi. Tale processamento dei dati è realizzabile attraverso l'estensione ArcToolBox, disponibile nell'installazione del software.

ArcGis 8.1 elabora i file SHP della stessa casa produttrice del software e produce file dello stesso formato, fornendo un'ampia gamma di scelta per quanto riguarda il tipo di datum e di proiezioni entro cui attuare le trasformazioni. Inoltre, è predisposto per operare con gli altri tipi di file comunemente utilizzati (TXT, DXF, MIF, ecc). Con questo software sono state eseguite le operazioni di trasformazione di coordinate geografiche e cartografiche all'interno dello stesso datum e quelle relative al datum-shift per entrambe le tipologie di coordinate (geografiche e cartografiche). Queste operazioni hanno compreso una fase di importazione di tutti i file di dati nel formato SHP, una fase di trasformazione e una di produzione dei dati di uscita nella stessa tipologia. Prima di effettuare l'operazione di trasformazione vera e propria, è stato necessario assegnare al file considerato il sistema di coordinate in cui si trovavano i dati di partenza attraverso l'opzione *Define Projection Wizard (shapefiles, geodatabase)* sotto il menu *Data Management»Tools»Projections* dell'applicazione ArcToolBox.

È possibile operare la selezione di sistema, geografico o cartografico, tra quelli disponibili nel listato o definendolo attraverso l'assegnazione dei relativi parametri (ellissoide, tipo di proiezione, meridiano centrale, falsa origine, coefficiente di



contrazione). All'interno del software esiste una classificazione tra sistemi geografici e cartografici ed ogni classe considera le diverse zone del mondo a cui essi si riferiscono. È necessario sottolineare che il sistema cartografico italiano Gauss-Boaga, uno dei sistemi oggetto dello studio, non è compreso nell'elenco delle proiezioni predefinite; è stato quindi necessario aggiungerlo, scegliendo in maniera adeguata l'ellissoide ed i parametri ad esso relativi e definendo separatamente i due fusi che lo costituiscono. Per quanto riguarda il sistema geodetico nazionale (ROMA40) esso risulta definito in duplice formato: ROMA 40, in cui le longitudini si riferiscono al meridiano di Greenwich, e ROMA 40-Monte Mario, in cui le longitudini si riferiscono al meridiano di Monte Mario.

Successivamente, con l'opzione *Project Wizard (shapefiles, geodatabase)*, si è eseguita la trasformazione delle coordinate, scegliendo il *datum* e la proiezione corrispondente in modo analogo a quanto visto in precedenza e producendo in tal modo un file SHP con le coordinate processate.

ArcGis 8.1 prevede la possibilità di visualizzare i punti, o qualsiasi elemento, attraverso un'altra estensione inglobata nel programma e denominata *ArcMap*, sulla cui barra degli strumenti sono riportate le coordinate dei punti.

CartLab 1.0

Il programma è stato sviluppato ad esclusivo scopo didattico ed è quindi totalmente gratuito. Essendo stato realizzato specificatamente per essere utilizzato sul territorio nazionale italiano, esso considera solamente i *datum* più significativi per il nostro paese: ROMA40, WGS84, ED50. Attraverso un menu di facile accesso, permette di effettuare le trasformazioni di coordinate e di *datum-shift*. Oltre a queste operazioni, oggetto principale dello studio in esame, il software *CartLab 1.0* esegue anche altri tipi di elaborazione di coordinate:

- *geodetiche-cartesiane*: trasformazione da coordinate geodetiche a coordinate cartesiane geocentriche per ciascuno dei tre *datum*;
- *cartesiane-geodetiche*: trasformazione da coordinate cartesiane geocentriche a coordinate geodetiche per ciascuno dei tre *datum*;
- *catasto*: trasformazione da coordinate cartografiche Gauss-Boaga a coordinate cartografiche Cassini-Soldner, e viceversa.

Il software *CartLab 1.0* è predisposto solamente per la trasformazione di punti singoli e non può gestire alcun tipo di file di coordinate. Per questa ragione richiede un lavoro di inserimento dati che, pur essendo di facile accesso, talvolta può risultare quantitativamente dispendioso in termini di tempo. Secondo i produttori, tale questione è stata risolta nella versione successiva (*CartLab 2*), non soggetta ad esame in questo studio.

Il lavoro svolto ha compreso esclusivamente una fase di inserimento manuale delle coordinate nei campi relativi e una fase di scelta opportuna delle opzioni di trasformazione che, grazie all'interfaccia molto chiara, si è rivelata di facile gestione.

GeoMedia Professional 4.0

Il software *GeoMedia Professional 4.0* è stato realizzato dalla *Intergraph*. Tra le possibilità implementate nel programma, quelle che interessano lo studio in esame sono apparse limitate. Infatti, non è stato individuato il modo di eseguire il passaggio di *datum*; l'analisi quindi si è occupata esclusivamente delle trasformazioni di coordinate all'interno dello stesso sistema di riferimento geodetico. Per effettuare il *datum-shift* l'unico modo possibile riscontrato è quello di processare i file attraverso l'estensione *Geomedia WebMap*, non disponibile in questo studio, che adotta i parametri definiti dal NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*) del Dipartimento della Difesa degli U.S.A.. Per l'Italia tali parametri si riferiscono alla sola regione della Sardegna, quindi si presume che la trasformazione sia notevolmente approssimata, con errori di diversi metri.

GeoMedia Professional 4.0 non offre la possibilità di attuare trasformazioni di punti singoli ma è implementata per sole elaborazioni di file; in particolare permette di processare dati in ingresso provenienti dai formati SHP, e quelli generati dai programmi CAD e MapInfo. Per l'importazione di punti, o più in generale di elementi, è stato necessario creare una *New Connection* dal menu *Warehouse* da cui successivamente sono stati selezionati i file che si desideravano processare. Questa operazione crea un collegamento alla classe selezionata, dentro cui andare a prendere il file da importare selezionando il comando *Add Feature Class* dal menu *Legend*. La fase successiva ha riguardato l'assegnazione del sistema di coordinate e di proiezione all'insieme dei punti appena importati attraverso l'opzione *Warehouse»Warehouse Coordinate System*.

GeoMedia Professional 4.0 contiene un numero notevole di *datum* e proiezioni prefissate, tra cui quelli interessati allo studio in oggetto, in cui poter rappresentare i punti; offre inoltre la possibilità di descrivere i parametri di proiezione per sistemi non compresi nella sua lunga lista. Questa opzione quindi permette di operare anche su dati provenienti da sistemi cartografici locali meno conosciuti, di cui devono essere però noti i parametri richiesti (ellissoide, tipo di proiezione, meridiano centrale, falsa origine, coefficiente di contrazione), da passare al programma.

Per attuare il passaggio di coordinate nello stesso *datum* è sufficiente selezionare sulla barra degli strumenti il tipo di formato desiderato; per lo studio in esame i formati necessari utilizzati riguardano le coordinate geografiche espresse in gradi sessagesimali nel formato GG:PP:SS.DDDD, e le coordinate cartografiche espresse in metri. È necessario sottolineare che importando i dati delle coordinate geografiche, la proiezione da adottare non rimane definita automaticamente, quindi la trasformazione da coordinate geografiche a coordinate cartografiche genera valori completamente errati. Questo problema non si rileva nel passaggio inverso, in quanto ogni proiezione risulta associata ad un *datum* geodetico nel momento stesso della sua definizione.

Inoltre, non è stato trovato il modo di esportare i file delle coordinate in formati diversi dal *Geoworkspace*, che è il file di lavoro del software, ed è stato possibile visionare i risultati esclusivamente a schermo; non avendo a disposizione un file riepilogativo delle coordinate trasformate, è stata incontrata una

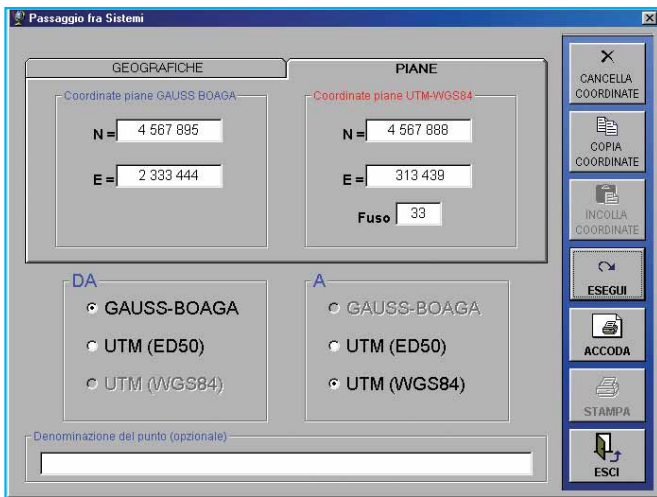
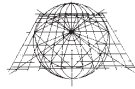


Figura 3 - Passaggio tra sistemi (Coordinate piane)

certa difficoltà nell'effettuare l'analisi statistica sulla totalità dei punti, e ci si è limitati ad un sottocampione di 21 punti.

MapInfo Professional 6.5

Il software *MapInfo Professional 6.5* è stato realizzato dalla *MapInfo* ed è attualmente uno tra gli strumenti più utilizzati negli enti pubblici che operano nel settore. Dal punto di vista della gestione dei file, *MapInfo Professional 6.5* risulta essere un software elastico, in quanto accetta diversi tipi di formati: SHP (della ESRI), DWG e DXF (della *AutoDesk*), DGN (della *Intergraph*) e MIF (della *MapInfo*). L'importazione dei file è stata realizzata attraverso lo strumento *Universal Translator*, sotto il menu *Tools*, in cui è stato necessario definire il formato del file di ingresso e di uscita, il tipo di datum e il tipo di proiezione delle coordinate e la directory di uscita.

Nello studio effettuato sono state provate le modalità di importazione di file DXF e SHP, per individuare eventuali diffe-

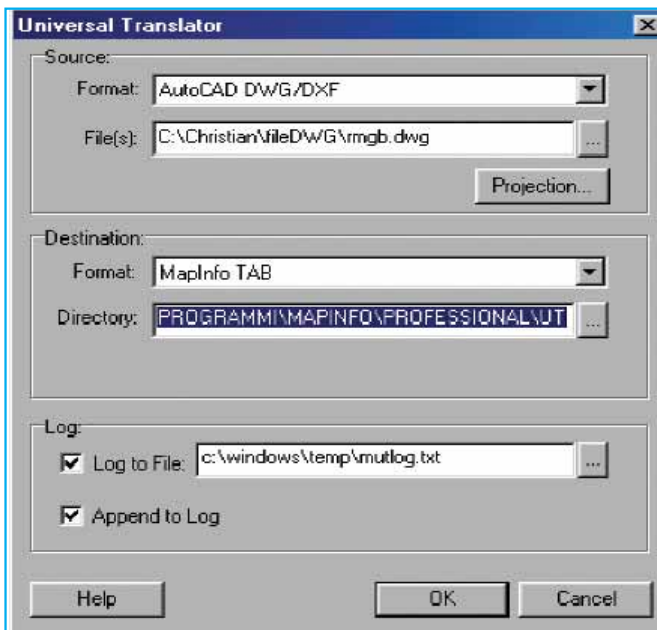


Figura 5 - Importazione di file DXF

renze peraltro non riscontrate. La trasformazione delle coordinate e il datum-shift sono stati eseguiti attraverso il salvataggio della copia (*File»Save Copy as...*) della *Table* appena creata dal programma, dove è stato necessario selezionare la proiezione o il datum in cui sono state trasformate le coordinate.

Inoltre, al fine di avere la disponibilità di un file in cui le coordinate trasformate risultassero elencate e ben visibili, si è provveduto alla creazione di file SHP attraverso lo strumento *Universal Translator* che permette di tradurre la *Table* trasformata nel tipo di file desiderato conservando il sistema di riferimento geodetico-cartografico.

Il software *MapInfo*, a differenza di altri programmi testati in questo studio, fornisce un'ampia possibilità per quanto riguarda la scelta dei datum e delle proiezioni, risultando quindi utilizzabile su tutto il territorio mondiale. Ciò rende il programma particolarmente indicato per le esigenze attuali di scambio di dati a livello globale.

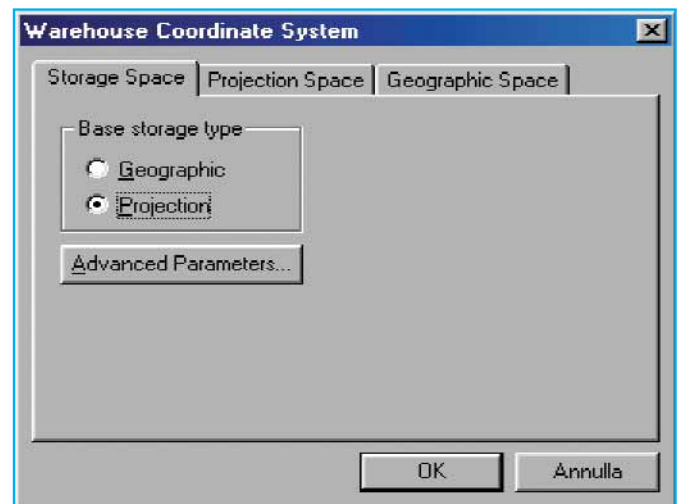


Figura 4 - Assegnazione del sistema di coordinate

Un problema riscontrato nell'elaborazione dei dati, riguarda il meridiano di riferimento da cui la longitudine è misurata; infatti, nelle trasformazioni interne al datum ROMA40 da coordinate cartografiche a coordinate geografiche, i valori ottenuti si riferiscono al meridiano di Greenwich e non a Roma-Monte Mario, riferimento del sistema nazionale, quindi per ottenere la longitudine reale occorre sottrarre il valore 12°27'08.400" (longitudine di Roma-Monte Mario rispetto a Greenwich). Analogamente, per i passaggi di datum di coordinate geografiche si ottengono valori della longitudine relativi sempre al meridiano di riferimento del sistema geodetico di partenza, e diventa necessario sommare o sottrarre il valore sopra riportato.

Tn-ShArc 3.3

Il software *Tn-ShArc 3.3* è stato realizzato dalla *Terra Nova* ed è predisposto per la trasformazione di coordinate cartografiche e geografiche all'interno dello stesso datum e tra datum differenti. In particolare accetta e processa file di tipo SHP (della ESRI), DWG e DXF (della *AutoDesk*) e MIF (della *MapInfo*). Anche *Tn-ShArc 3.3*, come *CartLab 1.0* e *Traspunto*, è stato

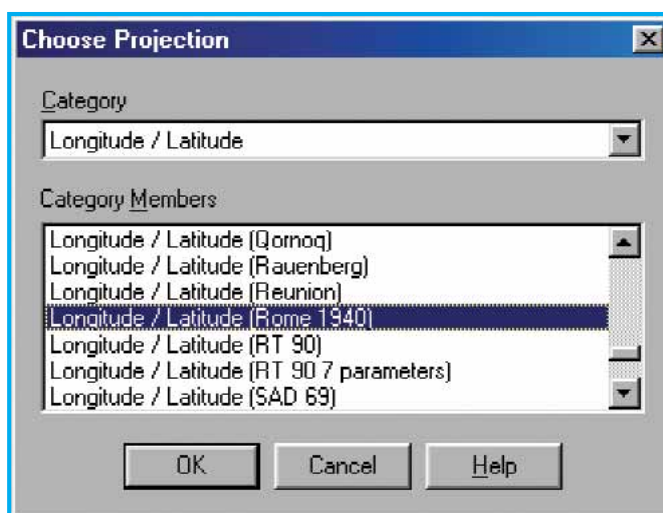
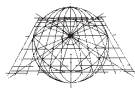


Figura 6 - Scelta sistema di riferimento

concepito esclusivamente per operare trasformazioni sul territorio nazionale italiano, quindi considera i soli datum ad esso relativi e cioè il ROMA40, il WGS84 e l'ED50. Inoltre elabora coordinate catastali Cassini-Soldner. I dati di uscita sono negli stessi formati accettati in ingresso e ciò permette un buon collegamento con gli altri software GIS comunemente utilizzati.

Dopo aver importato il file dal menu *Dati Vettoriali»Import*, prima di eseguire la trasformazione è stato necessario definire il sistema di coordinate, selezionando *Definisci Sistema di Coordinate* dall'opzione *Georeferenziazione*.

Dato che lo studio svolto ha analizzato punti appartenenti al territorio italiano, i tre datum previsti da *Tn-ShArc 3.3* sono risultati idonei agli scopi. Solo successivamente è stato possibile effettuare il passaggio di coordinate selezionando l'opzione *Converti tra Sistemi di Coordinate* del menu *Georeferenziazione*.

I file prodotti sono stati poi esportati nel formato SHP che, come si è detto in precedenza, permette di elencare e rendere facilmente visibili le coordinate dei punti oggetto dello studio.

Le coordinate geografiche processate sia in input che in output devono essere espresse in gradi sessadecimali e questo può comportare dei passaggi ulteriori se si hanno a disposizione, o

se si ha l'esigenza, di produrre coordinate espresse in gradi sessagesimali o in altri formati. Altro problema evidenziato durante le operazioni, riguarda i valori di longitudine negativi. Per i dati geografici relativi al datum ROMA40 ad Ovest del meridiano di Roma Monte Mario, le operazioni di *datum-shift* risultano traslate di almeno 2° in longitudine e 5° in latitudine.

Traspunto

Il programma *Traspunto* è un software ancora in versione sperimentale, realizzato all'interno del progetto POMA del Ministero dell'Ambiente, per la trasformazione di coordinate piane e geografiche all'interno dello stesso datum e tra datum diversi, sia per punto singolo che per file di coordinate. Quest'ultima funzione è, come visto, la più produttiva in termini di tempo. Nella versione attuale è prevista la trasformazione di file che contengono semplici elenchi di punti nei formati TXT, DAT, ASC, ecc., in diversi tipi di formattazione, e di file che ormai sono diventati uno standard di fatto come i DXF (file di dati ASCII della *AutoDesk*) e i file SHP (file di dati binari *ESRI*) con i file associati SHX di collegamento e il file databa-

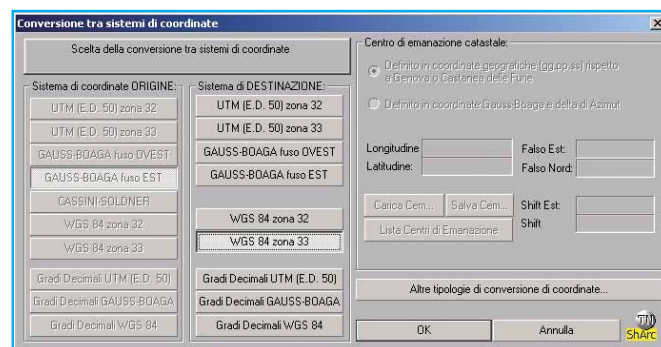


Figura 7 - Conversione tra sistemi di coordinate

se DBF con associata una banca dati. Inoltre, è predisposto per la trasformazione di file raster in formato BMP, ricampionando l'immagine nel nuovo sistema, o BPW, a cui attua la trasformazione delle coordinate del vertice presente nel file.

Il software *Traspunto* è stato realizzato per essere attivato attraverso una riga di comando, opportunamente descritta nel file *istruzioni.txt*. È presente anche un'interfaccia grafica, denominata *trans.exe*, che permette una gestione più facile e più immediata del programma e che risulta più conveniente utilizzare. Entrambe le modalità sono state esaminate e, come prevedibile, non si sono rilevate differenze.

Per eseguire positivamente le operazioni con questo software è necessario attuare le scelte opportune; in particolare andranno fissati i parametri seguenti:

- *tipo di trasformazione*, per scegliere se effettuare le operazioni per singolo punto o sui tipi di file sopra definiti;
- *sistema-datum di ingresso*, a cui associare il fuso relativo (solo per le coordinate piane);
- *sistema-datum di uscita*, a cui associare il fuso relativo (solo per le coordinate piane);

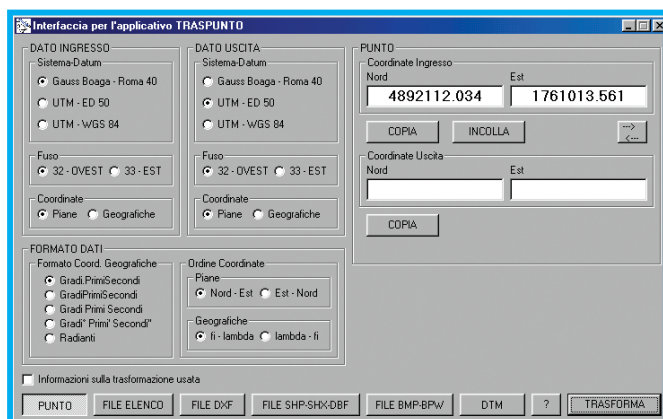
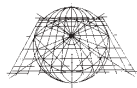


Figura 8 - Interfaccia *Trans.exe*



- *coordinate*, per indicare se si vuole operare su coordinate geografiche o cartografiche;
- *formato dati*, per comunicare al programma in quale ordine ($\phi - \lambda$ o viceversa, E-N o viceversa) e in quale formato sono le coordinate di partenza e in quale formato le deve fornire in output. In particolare *Traspunto* prevede per le coordinate geografiche i seguenti formati:
 - GG.PPSSDDDD;
 - GGPPSSDDDD;
 - GG PP SS.DDDD;
 - GG°PP'SS.DDDD'';
 - Radianti.

Nello studio in esame sono stati provati tutti i formati disponibili e si sono evidenziati alcuni problemi relativamente alle tipologie seguenti:

- GG PP SS.DDDD;
- GG°PP'SS.DDDD''.

Inoltre attraverso alcune caselle di opzione, è possibile selezionare alcune informazioni relative al formato del file di ingresso:

- *1° colonna di identificazione*, che comunica al programma l'esistenza di una colonna da non convertire posta prima di ogni coppia di coordinate da trasformare (ad esempio: identificativo di ogni punto);
- *1° riga di titolo*, indicante che la prima riga non è da convertire e fornisce la possibilità di mantenerla o eliminarla;
- *colonna delle quote*, che comunica al programma l'esistenza di un campo da non convertire e da mantenere invariato posto dopo ogni coppia di coordinate da trasformare;
- *informazioni sulla trasformazione usata*, che indica l'aggiunta di un commento sulla trasformazione usata dopo ogni coppia di coordinate nel file di output.

Di grande utilità risulta anche l'interfaccia per l'immissione e l'emissione dei dati, che prevede una coppia di campi in ingresso e in uscita per le trasformazioni di punti singoli, e un sistema di ricerca dei file di ingresso e di selezione delle cartelle dove produrre i file processati. I file sono prodotti nel semplice formato testo TXT, facilmente visibili ed analizzabili.

Durante la fase di elaborazione dei dati attraverso il software *Traspunto* si sono evidenziati alcuni problemi dovuti probabilmente allo stato ancora sperimentale in cui si trova.

Oltre al fatto di non accettare e non produrre alcuni formati di coordinate indicati come implementati, il problema maggiore riguarda le trasformazioni di coordinate geografiche dal *datum* WGS84 al *datum* ROMA40: per longitudini dei dati di partenza maggiori di 15° il software non produce alcun tipo di risultato, escludendo di conseguenza buona parte del territorio nazionale italiano (Italia meridionale). È auspicabile che nella versione definitiva tali questioni vengano risolte.

Analisi comparata

Nelle tabelle che seguono sono riassunte le principali caratteristiche dei software analizzati (*Tabella 2*) ed i risultati (*Tabella 3*) conseguiti in termini di precisione e di errori massimi,

scale cartografiche, per cui il loro utilizzo risulta valido; nella stessa tabella vengono evidenziate anche le osservazioni riscontrate durante la fase di elaborazione dei dati.

Come si può chiaramente notare, tutti i software testati effettuano le trasformazioni all'interno dello stesso *datum* con una precisione centimetrica mentre nelle trasformazioni tra *datum* vi sono sensibili differenze.

In particolare, *Traspunto* si è rivelato essere il software con le prestazioni migliori, producendo degli errori di trasformazione inferiori al metro, assorbibili quindi negli errori di graficismo anche delle carte a scala regionale (CTR 1:10.000 e 1:5.000).

Conclusioni

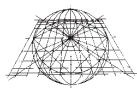
La trasformazione delle coordinate tra diversi sistemi di riferimento geodetico-cartografici assume un'importanza rilevante per i vari operatori pubblici e privati che si occupano di cartografia. Proprio per tale ragione, è auspicabile che si giunga alla individuazione di un solo software che risulti nel contempo semplice e di precisione idonea alla più vasta gamma di scale cartografiche. Allo stato attuale, sulla base dello studio condotto, sebbene ancora in fase prototipale, è possibile affermare che il software *Traspunto* risulta il migliore.

Oltre ai software descritti in questo studio, di cui sarebbe interessante continuare a testare le nuove *releases* al fine di individuare eventuali miglioramenti delle prestazioni, esistono altri prodotti informatici che, pur riguardando la cartografia numerica, non sono stati oggetto dell'analisi perché non ritenuti particolarmente significativi in termini di prestazioni, ed altri ancora di cui si è avuta disponibilità solamente a lavoro quasi ultimato e che sono stati, quindi, analizzati in tempi brevi e con modalità più approssimative.

Tra questi meritano di essere citati in questa sede i software *AutoCadMap R3*, *Grass* e *Verto 1*. Questi ultimi due, per le loro caratteristiche, hanno destato particolare interesse e si ritiene utile approfondirne lo studio in un prossimo futuro.

Infatti, *Grass* è un software implementato per operare su sistemi operativi multi-piattaforma (ad es. *Linux*), completamente gratuito e disponibile in rete; poiché è un software aperto, è possibile effettuare uno scambio tra gli utenti attraverso uno spazio apposito in cui richiedere e offrire *routine* in linguaggio C. È auspicabile che in tempi brevi vengano implementate funzioni in grado di risolvere le problematiche relative alle esigenze cartografiche descritte in questo studio.

Il software *Verto 1* è, invece, stato prodotto dall'IGM ed è costituito da una parte contenente gli algoritmi di trasformazione tra *datum* diversi (basati su una interpolazione bilineare), ed una parte contenente i dati (griglie regolari di punti) per effettuare tali trasformazioni. Il software è stato realizzato utilizzando tutti gli elementi geodetici a disposizione dell'IGM e consentirà quindi di eseguire le trasformazioni suddette con la massima precisione conseguibile, in modo di soddisfare sia le esigenze cartografiche che quelle geodetiche. I dati sono costituiti, come accennato, da griglie a passo regolare dei valori delle differenze di coordinate geografiche tra i *datum* adottati in Italia (ROMA40, ED50, e WGS84). Sia software che dati sono venduti dall'IGM a partire dal 25 giugno 2002 e quindi potranno essere sottoposti a confronto in un prossimo futuro.



Software	Ambito di utilizzo	Datum e sistemi cartografici	Formato input	Formato output
ArcGis 8.1	Internazionale	Datum internazionali principali Possibilità di definirne nuovi	File SHP TXT DXF DWG MIF Gradi sessadecimali	File SHP TXT DXF DWG MIF Gradi sessadecimali
CartLab 1.0	Nazionale	ROMA40 ED50 WGS84	Singolo punto Gradi sessagesimali	Singolo punto Gradi sessagesimali
GeoMedia 4.0	Internazionale	Datum internazionali principali Possibilità di definirne nuovi	File SHP DXF DWG MIF Gradi sessagesimali	File Geoworkspace Gradi sessagesimali
MapInfo Professional 6.5	Internazionale	Datum internazionali principali	File SHP DXF DWG DGN MIF Gradi sessadecimali	File SHP TAB Gradi sessadecimali
Tn-ShArc 3.3	Nazionale	ROMA40 ED50 WGS84	File SHP DXF DWG MIF Gradi sessadecimali	File SHP DXF DWG MIF Gradi sessadecimali
Traspunto	Nazionale	ROMA40 ED50 WGS84	File ASC DAT TXT DXF SHP BMP BPW Gradi sessagesimali	File TXT Gradi sessagesimali

Tabella 2 - Principali caratteristiche dei software

BIBLIOGRAFIA

G. Bezoari, C. Monti, A. Selvini (1984) – *Topografia Cartografia* – ed. Hoepli, pp.635-692.

F. Guzzetti, A. Selvini (1999) – *Cartografia generale tematica e numerica* – ed. UTET, pp. 101-172.

W. A. Heiskanen, H. Moritz (1967) – *Physical Geodesy* – ed. W.H. Freeman and Company, pp. 204-210.

G. Inghilleri (1974) – *Topografia generale* – ed. UTET, pp. 81-122.

L. Surace (1997) – *La nuova rete geodetica nazionale IGM95: risultati e prospettive di utilizzazione* – Bollettino di geodesia e scienze affini, n.3 Luglio/Agosto/Settembre 1997, pp.357-378.

P.Malagoli (1997) – *A proposito di georeferenziazione* – MondoGis, Il mondo dei sistemi informativi geografici, n.5 Gennaio/Febrero 1997.

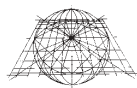
R. Maseroli (2002) – *Passaggio tra sistemi di riferimento geodetici “La nuova procedura adottata dall’IGM”* - Bollettino di geodesia e scienze affini, n.2 Aprile/Maggio/Giugno 2002, pp.81-82.

NIMA (2000) – *Technical report World Geodetic System 1984* – www.nima.mil, pp. 3.1-7.6.

A. Pericoli (1971) – *I reticolati di riferimento nella cartografia italiana* – Bollettino di geodesia e scienze affini, n.3 Luglio/Agosto/Settembre 1971, pp.253-262.

M. Pierozzi (1989) – *Alcune considerazioni sulla trasformazione dal sistema WGS84 ad un sistema geodetico locale* – Bollettino di geodesia e scienze affini, n.1 Gennaio/Febrero/Marzo/ 1989, pp.45-55.

L. Surace (1998) – *La georeferenziazione delle informazioni territoriali* – Bollettino di geodesia e scienze affini, n.2 Aprile/Maggio/Giugno/ 1998, pp.182-234.



Software	Prove eseguite	Risultati	Scale cartografiche idonee	Problemi
ArcGis 8.1	Trasformazioni all'interno dello stesso <i>datum</i> Trasformazioni tra <i>datum</i>	Errori di ordine centimetrico (non significativi) Precisione molto variabile 0.7÷5.2m Errore massimo di circa 8m	Tutte 1:25.000 ÷ 1:50.000	
CartLab 1.0	Trasformazioni all'interno dello stesso <i>datum</i> Trasformazioni tra <i>datum</i>	Errori di ordine centimetrico (non significativi) Precisioni di circa 1.3m Errore massimo di circa 3m	Tutte 1:10.000 ÷ 1:25.000	Elabora solo punti singoli (il problema è stato superato nella versione Pro, che però è disponibile solo a pagamento)
GeoMedia Professional 4.0	Trasformazioni all'interno dello stesso <i>datum</i>	Errori di ordine centimetrico (non significativi)	Tutte	Non effettua correttamente la trasformazione da coordinate geografiche a coordinate cartografiche
MapInfo Professional 6.5	Trasformazioni all'interno dello stesso <i>datum</i> Trasformazioni tra <i>datum</i>	Errori di ordine centimetrico (non significativi) Precisione molto variabile 0.7÷5.3m Errore massimo di circa 8m	Tutte 1:25.000 ÷ 1:50.000	Non effettua correttamente la trasformazione da coordinate geografiche ROMA40 a coordinate cartografiche Gauss-Boaga Produce un errore di circa 60m nella trasformazione di coordinate geografiche tra WGS84 e ROMA40
Tn-ShArc 3.3	Trasformazioni all'interno dello stesso <i>datum</i> Trasformazioni tra <i>datum</i>	Errori di ordine centimetrico (non significativi) Precisione variabile 1.8÷3.7m Errore massimo di circa 15m (per longitudini sensibilmente diverse da Monte Mario)	Tutte 1:25.000 ÷ 1:100.000	Non effettua correttamente la trasformazione da coordinate geografiche ROMA40 a coordinate cartografiche Gauss-Boaga Nella trasformazione di coordinate geografiche tra ROMA40 e WGS84 per valori di longitudine negativi produce errori di circa 2° in longitudine e 5° in latitudine. Nelle altre trasformazioni tra <i>datum</i> produce errori elevati per valori di longitudine lontani da Monte Mario
Traspunto	Trasformazioni all'interno dello stesso <i>datum</i> Trasformazioni tra <i>datum</i>	Errori di ordine centimetrico Precisione di circa 20cm Errore massimo di circa 85cm	Tutte 1:2.000 ÷ 1:5.000	Non accetta i seguenti formati di coordinate geografiche: -GG PP SS.DDDD -GG°PP' SS.DDDD" Nella trasformazione di coordinate geografiche da WGS84 a ROMA40 accetta solo valori di longitudine minori di 15°

Tabella 3 - Prestazioni dei software

Autori

VALERIO BAIOCCHI

MATTIA CRESPI

CHRISTIAN DE LORENZO

DITS - Area Topografia, Università di Roma "La Sapienza"

Via Eudossiana 18, 00184 Roma,

tel. +390644585097, fax +390644585515,

[e-mail:mattia.crespi@uniroma1.it](mailto:mattia.crespi@uniroma1.it)