

CONVERSIONE DI COORDINATE CON GRIGLIATI NTV2 un'applicazione per il territorio siciliano

ing. Ernesto Sferlazza – responsabile nodo SITR della Provincia regionale di Agrigento

ing. Epifanio Bellini – professionista – tirocinante nell'ambito dell'intervento formativo per responsabili, esperti e tecnici in SIT per l'attuazione del SITR, del SIRA e del SIF.

1. Premessa

Il metodo dei grigliati in formato NTV2 usa files binari per realizzare accurate trasformazioni di coordinate planimetriche da un sistema di riferimento geodetico ad un altro.

L'algoritmo implementato nel metodo NTV2 è basato su una struttura geometrica costituita da una o più griglie regolari. Per i punti disposti in corrispondenza dei vertici di ciascuna maglia sono note le coordinate in entrambi i sistemi di riferimento tra i quali si vuole effettuare la conversione. Per differenza si ottengono quindi le funzioni di trasformazione, espresse sotto forma di scostamenti (*shift*) in secondi sessadecimali .

Per i punti che ricadono all'interno di una maglia della griglia gli *shift* vengono calcolati per interpolazione bilineare tra i quattro vertici della cella. Per i punti che ricadono al di fuori della griglia non viene operata alcuna trasformazione, ovvero, in base alle impostazioni e alle funzionalità presenti nel software, viene operata una trasformazione di tipo differente (che faccia uso, ad esempio, di formule di tipo generalizzato)

Una determinata area geografica può essere ricoperta da più griglie, aventi differenti densità di raffittimento. Al primo livello è posta una griglia a minore densità, detta griglia genitore, che ricopre l'intera area, mentre in corrispondenza di porzioni di territorio dove è necessaria una maggiore accuratezza (per esempio sulle aree abitate), potranno essere presenti sotto-griglie di raffittimento.

Tale standard è riconosciuto e letto dalla gran parte di software GIS, sia commerciali (ad esempio ESRI ArcGis, Map Info) che Open Source (Proj4, GVSIG).

Una volta impostato il sistema di riferimento della "Vista" (detta anche "View Frame" o "Data Frame", a seconda della terminologia utilizzata dal del sw in uso), è possibile visualizzare anche strati informativi ("temi", "tematismi", "layers") cui compete un sistema di riferimento diverso da quello della vista, sui quali viene operata una trasformazione al volo basata sul metodo dei grigliati NTV2.

Per tale scopo occorre disporre del file contenente le griglie di scostamenti per l'area di interesse. Per i punti che ricadono esternamente all'area ricoperta dalla chiusura convessa della griglia il metodo non viene applicato.

Utilizzando tale metodo è possibile utilizzare i propri tematismi generati per esempio con un sistema di riferimento basato sul Datum ED50 , all'interno di viste con un sistema di riferimento diverso quale il WGS84, una volta univocamente determinata la griglia di *shift*.

2. Generazione della griglia di *shift*

La generazione di un file in formato NTV2 richiede la preventiva determinazione della griglia di vettori spostamento tra i due sistemi di riferimento. Per fare ciò è ovviamente necessario determinare le coordinate dei punti omologhi in entrambi i sistemi e quindi calcolare gli *shift*.

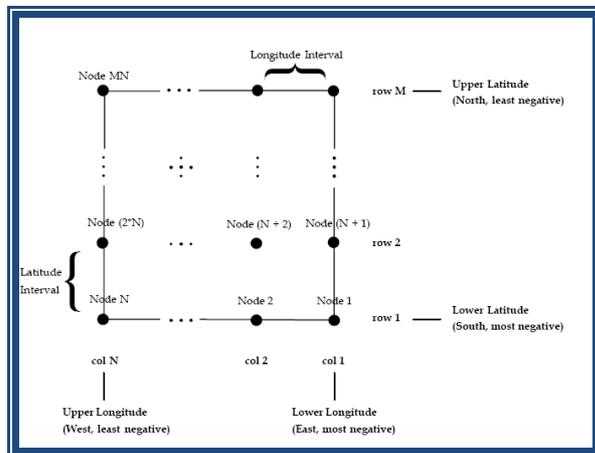
Una volta ottenuti i vettori spostamento, questi saranno incorporati in un file di testo secondo un ordine dettato dalle specifiche del formato, per le quali si rimanda allo specifico paragrafo, preceduto da una sezione di intestazione (*header*) riportante i dati generali della trasformazione.

Il file *Ascii* così realizzato sarà quindi convertito in file binario, che verrà utilizzato dal software GIS in uso per realizzare la conversione di coordinate.

Si riporta a titolo esemplificativo una procedura¹ *step by step* per la generazione di una griglia di scostamenti che realizza la conversione di coordinate geografiche tra il datum ED50 ed il datum WGS84. Tale vettore di *shift* sarà quindi incapsulato all'interno del file NTV2, pronto per essere utilizzato all'interno del software ArcGis, per la riproiezione al volo tra i due sistemi di coordinate.

STEP 1. Si generi attraverso un foglio di calcolo una sequenza di coordinate geografiche espresse in formato sessadecimale rappresentanti le coordinate della griglia nel sistema di riferimento geografico di "partenza" (ED50 nel presente esempio), con un passo congruo rispetto al livello di dettaglio necessario. La sequenza deve essere ordinata secondo le specifiche dello standard, che prevedono il primo punto localizzato nel vertice in basso a destra della griglia e procedono da Est verso Ovest lungo la riga. Completata la prima riga si riparte dal primo elemento a destra della seconda posta immediatamente a Nord di quella appena considerata. L'ordine è quindi dato da una lettura dei dati da Est verso Ovest e da Sud verso Nord.

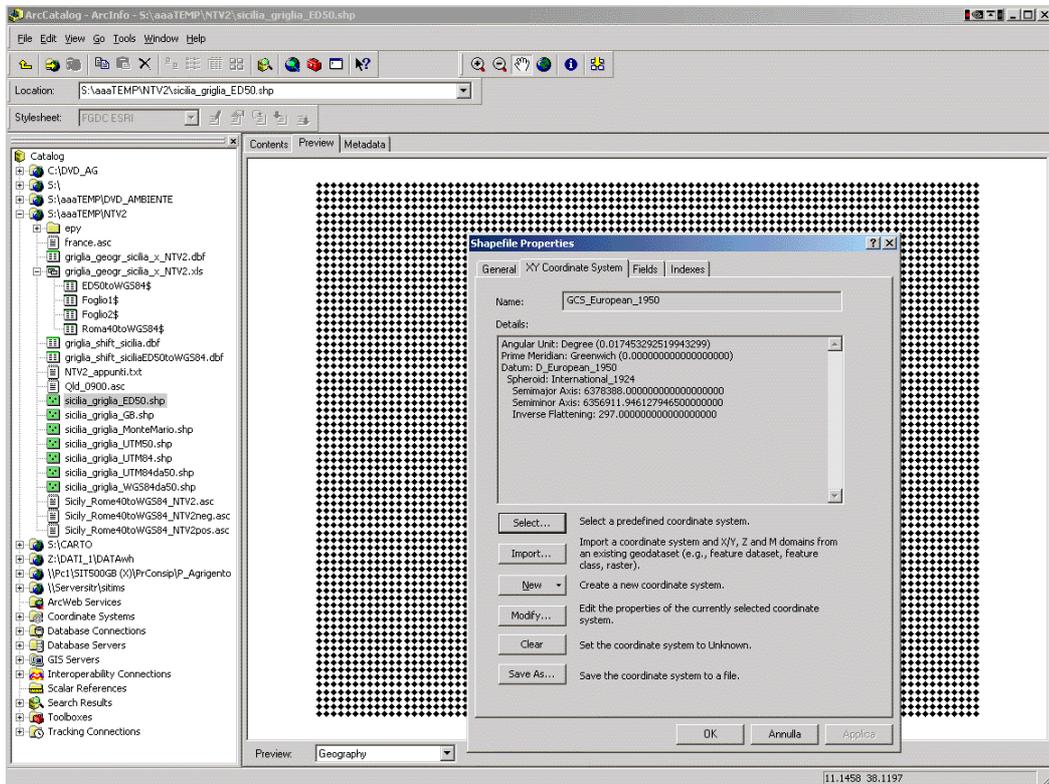
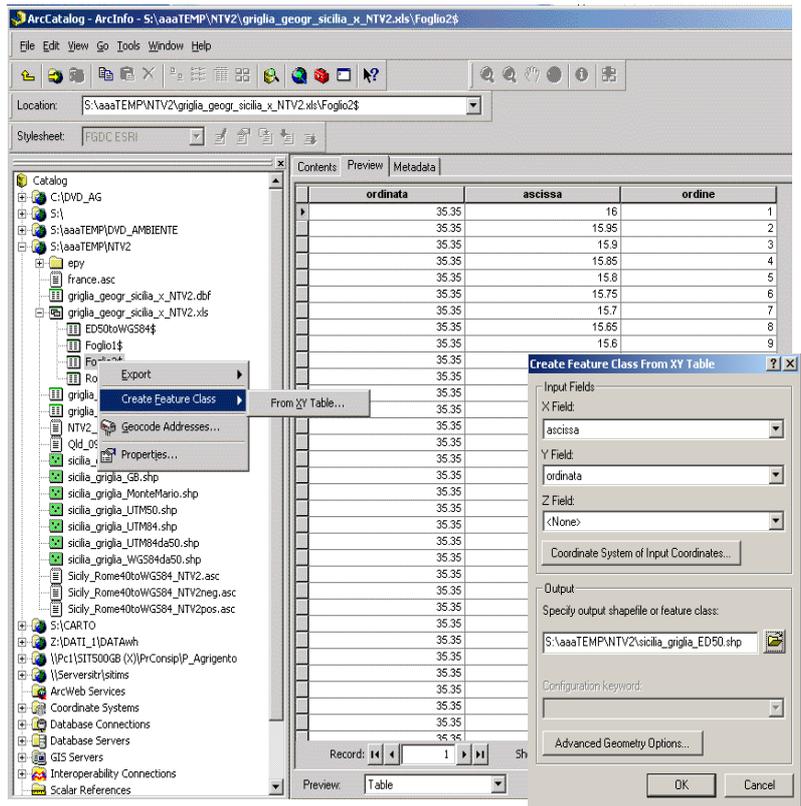
	A	B	C	D
1	ordinata	ascissa	ordine	
2	35.350000	16.000000	1	
3	35.350000	15.950000	2	
4	35.350000	15.900000	3	
5	35.350000	15.850000	4	
6	35.350000	15.800000	5	
7	35.350000	15.750000	6	
8	35.350000	15.700000	7	
9	35.350000	15.650000	8	
10	35.350000	15.600000	9	
11	35.350000	15.550000	10	
12	35.350000	15.500000	11	
13	35.350000	15.450000	12	
14	35.350000	15.400000	13	
15	35.350000	15.350000	14	
16	35.350000	15.300000	15	
17	35.350000	15.250000	16	
18	35.350000	15.200000	17	
19	35.350000	15.150000	18	
20	35.350000	15.100000	19	
21	35.350000	15.050000	20	
22	35.350000	15.000000	21	



¹ La procedura è stata elaborata e messa a punto nell'ambito della attività istituzionali del SIT provinciale dall'ing. Ernesto Sferlazza, coautore del presente articolo, mentre la descrizione dettagliata del procedimento è stata redatta e revisionata in collaborazione da entrambi gli autori.

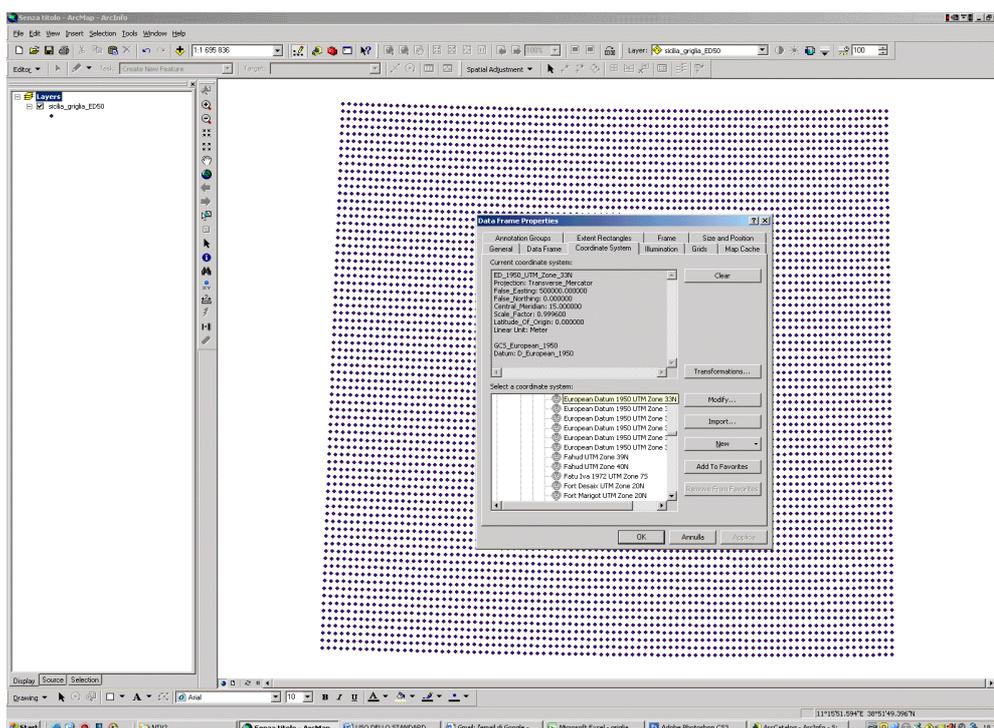
STEP 2. Una volta generate, con l'ausilio del foglio di calcolo, le coppie di coordinate geografiche ordinate secondo le specifiche dette, con il modulo ArcCatalog di ArcGIS Desktop si può generare un tema di punti con il comando "Create Feature Class From XY Table", associando alla coordinata X la Longitudine e a quella Y la Latitudine.

Al nuovo tema così generato, in formato *shapefile*, deve essere associato il sistema di riferimento geodetico di partenza che, nel presente esempio è "European Datum 1950"



STEP 3. Si apra una nuova mappa in Arc Map e si aggiunga il tema precedentemente generato. Il Data Frame assumerà automaticamente lo stesso sistema di riferimento del tema appena caricato ed i punti della griglia appariranno disposti allineati in righe orizzontali e colonne verticali.

STEP 4. Si modifichi il sistema di riferimento da coordinate geografiche (European Datum ED 1950) a coordinate proiettate UTM (European Datum ED1950 UTM zone 33). Nella vista la griglia apparirà trasformata in coordinate proiettate: gli allineamenti che nella rappresentazione geografica apparivano verticali adesso appariranno convergenti verso i poli (lungo le trasformate dei meridiani), mentre gli allineamenti orizzontali adesso appariranno allineati lungo le trasformate curve dei paralleli.



STEP 5. Si apra la tabella degli attributi dello *shapefile* della griglia e si aggiungano due campi con intestazione EST_UTM50 e NORD_UTM50 (tipo Double, con almeno 6 cifre decimali dopo la virgola).

STEP 6. Si popolino adesso le due colonne utilizzando la funzione “*Calculate Geometry*” usando il sistema di coordinate del sistema proiettato. [NB. Il tema su cui si è finora operato continua ad essere georiferito rispetto al sistema di coordinate geografiche di partenza, avendo eseguito finora soltanto una riproiezione al volo secondo il sistema di riferimento impostato per il *Data Frame*. Per rendere definitiva la rappresentazione secondo il nuovo sistema di coordinate deve essere eseguita una esportazione del tematismo]

STEP 7. Si esporti il tematismo riproiettato usando il comando “*Export Data*” ed imponendo in uscita lo stesso sistema di riferimento del *Data Frame*. C’è da osservare che finora le trasformazioni di coordinate sono state effettuate nell’ambito dello stesso *Datum* e quindi sono state utilizzate formule matematiche “esatte” (nel caso in questione le

formule di GAUSS), per cui la precisione è da ritenersi assoluta, a parte le trascurabili approssimazioni di calcolo numerico.

STEP 8. Per determinare il vettore degli scostamenti tra il sistema di partenza ed un altro sistema di riferimento basato su un datum differente, bisogna ricorrere ad un software esterno. L'accuratezza e l'affidabilità della trasformazione dipenderanno dal software utilizzato. Nel caso in esame viene utilizzato TRASPUNTO, sw di conversione sviluppato per conto del Ministero dell'Ambiente e già favorevolmente testato da parte dell'Università "La Sapienza" di Roma (ordine di grandezza degli errori inferiori agli 85 cm sull'intero territorio nazionale). A partire dal tema in coordinate piane UTM-ED50 fuso 33, con TRASPUNTO si generi quindi il nuovo tema in coordinate piane UTM-WGS84 fuso 33

STEP 9. Per il nuovo tema generato con le modalità sopra descritte occorre dichiarare (mediante un file *.prj da associare) il nuovo sistema di rappresentazione cartografica (UTM - WGS84 fuso 33). Tale operazione va condotta utilizzando ArcCatalog.

STEP 10. Si importi lo shapefile in una nuova mappa di ArcMap, nella quale stavolta la vista avrà il sistema di riferimento impostato in UTM-WGS84 fuso 33. Analogamente a quanto fatto precedentemente sul tema in coordinate ED50, si apra la tabella degli attributi del nuovo tema (griglia in coordinate UTM-WGS84 ottenuto per riproiezione con TRASPUNTO della griglia da coordinate UTM-ED50), si aggiungano due campi nella tabella degli attributi nominandoli EST_UTM84 e NORD_UTM84, popolandoli analogamente a quanto fatto prima rispettivamente con le coordinate X e Y proiettate.

STEP 11. Si modifichi il sistema di riferimento del *Data Frame* impostando le coordinate geografiche - Datum WGS84 - e si creino due nuovi campi, nominandoli LAT_WGS84 e LON_WGS84, popolandoli sempre con il comando "*Calculate Geometry*" applicato al riferimento del Data Frame (WGS84).

STEP 12. Si esporti quindi lo shapefile, impostando in uscita lo stesso sistema di riferimento geografico del *Data Frame*. Nella tabella degli attributi del nuovo tema sono memorizzate le coppie di coordinate per ciascun punto della griglia, relativamente ad ogni passaggio fatto dalle coordinate geografiche riferite al datum ED50 fino a quelle, sempre geografiche, in Datum WGS84.

STEP 13. Si carichi in una nuova vista con sistema di riferimento WGS 1984 lo shapefile prima realizzato, e nella tavola degli attributi si aggiungano ulteriori due campi che chiameremo LAT_shift e LON_shift, popolandoli tramite il comando "*Field Calculator*" con i valori del vettore spostamento tra coppie di coordinate geografiche WGS84 ed ED50 ed espresse in secondi. [NB: essendo lo standard NTv2 nato per consentire passaggi di datum tra sistemi di coordinate validi per il Canada, deve essere posta attenzione al segno da attribuire alla Longitudine, essendo il Canada ad Ovest di Greenwich mentre l'Italia ad Est. Quindi in fase di calcolo deve essere cambiato il verso dello shift anteponendo il segno meno alla differenza di Longitudine.]

STEP 14. Si esporti la tabella degli attributi in un file *.dbf, e la si importi in Excel, quindi si selezionino le ultime due colonne create riportanti i valori degli shift calcolati tra punti omologhi nei due sistemi di riferimento.

Una volta calcolato il vettore degli *shifts* questo deve essere inserito nel file NTv2 formattato secondo le specifiche del formato, per le quali si rimanda al successivo paragrafo.

3. Specifiche del formato NTV2

Una griglia di shift in formato NTV2 può essere codificata sotto forma di file ASCII o Binario. Il formato binario è descritto nel riferimento “*NTV2 Developer's Guide (Junkins and Farley, 1995)*” mentre noi faremo riferimento al formato ASCII per poi trasformarlo in file binario mediante appositi software esterni.

Il file NTV2 deve iniziare con una sezione di Overview che fornisce le informazioni generali sulla trasformazione e una serie di parametri necessari per il corretto passaggio tra i due sistemi.

Record	Identifier	Value	Description	ASCII format
1	NUM_OREC	Integer	# header records in overview	%-8s%3d
2	NUM_SREC	Integer	# header records in sub grid	%-8s%3d
3	NUM_FILE	Integer	# of sub grids	%-8s%3d
4	GS_TYPE	String	Shift type (SECONDS)	%-8s%-8s
5	VERSION	String	Distortion model	%-8s%-8s
6	SYSTEM_F	String	"From" ellipsoid name	%-8s%-8s
7	SYSTEM_T	String	"To" ellipsoid name	%-8s%-8s
8	MAJOR_F	Double	"From" semi major axis	%-8s%12.3f
9	MINOR_F	Double	"From" semi minor axis	%-8s%12.3f
10	MAJOR_T	Double	"To" semi major axis	%-8s%12.3f
11	MINOR_T	Double	"To" semi minor axis	%-8s%12.3f

I primi 5 *record* sono relativi alle informazioni generali del file e rappresentano i metadati dello stesso, in particolare:

NUM_OREC indica le righe costituenti l'*Header* dell'*Overview*

NUM_SREC indica le righe costituenti l'*Header* della sotto griglia

NUM_FILE indica il numero di sottogriglie utilizzate

GS_TYPE indica l'unità di misura degli *shift* (di *default* SECONDS – secondi sessadecimali)

VERSION stringa di testo esplicativa della versione

I successivi 5 *record* forniscono le informazioni relative ai *datum* di partenza (indicato con il suffisso F ovvero From) e a quello di arrivo (indicato con il suffisso T ovvero TO) con i relativi valori geometrici dei semiassi dell'ellissoide di riferimento, ovviamente noti.

I successivi *record* sono relativi alla sotto griglia utilizzata con i seguenti parametri:

Record	Identifier	Value	Description	ASCII format
1	SUB_NAME	String	sub grid name	%-8s%-8s
2	PARENT	String	Parent sub grid name	%-8s%-8s
3	CREATED	String	Date	%-8s%-8s
4	UPDATED	String	Date	%-8s%-8s
5	S_LAT	Double	Lower latitude	%-8s%15.6f
6	N_LAT	Double	Upper latitude	%-8s%15.6f
7	E_LONG	Double	Lower longitude	%-8s%15.6f
8	W_LONG	Double	Upper longitude	%-8s%15.6f
9	LAT_INC	Double	Latitude interval	%-8s%15.6f
10	LONG_INC	Double	Longitude interval	%-8s%15.6f
11	GS_COUNT	Integer	Grid node count	%-8s%6d

SUB_NAME stringa di testo riportante il nome della sottogriglia

PARENT indica il nome della griglia genitore ovvero quella che la contiene (se presente)

CREATED e **UPDATED** informazioni accessorie relative alla data di creazione ed a quella di aggiornamento

I successivi *record* descrivono il rettangolo contenente la griglia con la latitudine e la longitudine massima e minima e gli intervalli tra un elemento della griglia ed il successivo.

GS_COUNT riporta il numero complessivo di elementi della griglia

A seguire questo blocco di *header* si devono inserire i vettori di *shift* prima determinati.

La chiusura del file è segnalata dal comando END seguita da un numero espresso con notazione scientifica (il cui significato o utilità non è, per la verità, noto agli scriventi).

Di seguito si riporta un esempio del listato del file NTv2 realizzato per la conversione di cui al precedente paragrafo:

```
NUM_OREC 11
NUM_SREC 11
NUM_FILE 1
GS_TYPE SECONDS
VERSION SICILIA
SYSTEM_FED50
SYSTEM_TWGS84
MAJOR_F 6378388.000
MINOR_F 6356911.946
MAJOR_T 6378137.000
MINOR_T 6356752.314
SUB_NAMESICILY
PARENT NONE
CREATED 26082008
UPDATED 26082008
S_LAT 127260.000000
N_LAT 140400.000000
E_LONG -57600.000000
W_LONG -41400.000000
LAT_INC 180.000000
LONG_INC 180.000000
GS_COUNT 6734
      1.971036      0.011736      0.000000      0.000000
      1.974348      0.019728      0.000000      0.000000
.....
      2.279700      0.638280      0.000000      0.000000
      2.279916      0.648540      0.000000      0.000000
END 3.33e+032
```

4. Creazione del file binario

Una volta creato il file codificato con le specifiche NTV2 sopra riportato, salvato con estensione “*.ASC” si converta in file binario (estensione “*.GSB”) tramite appositi software.

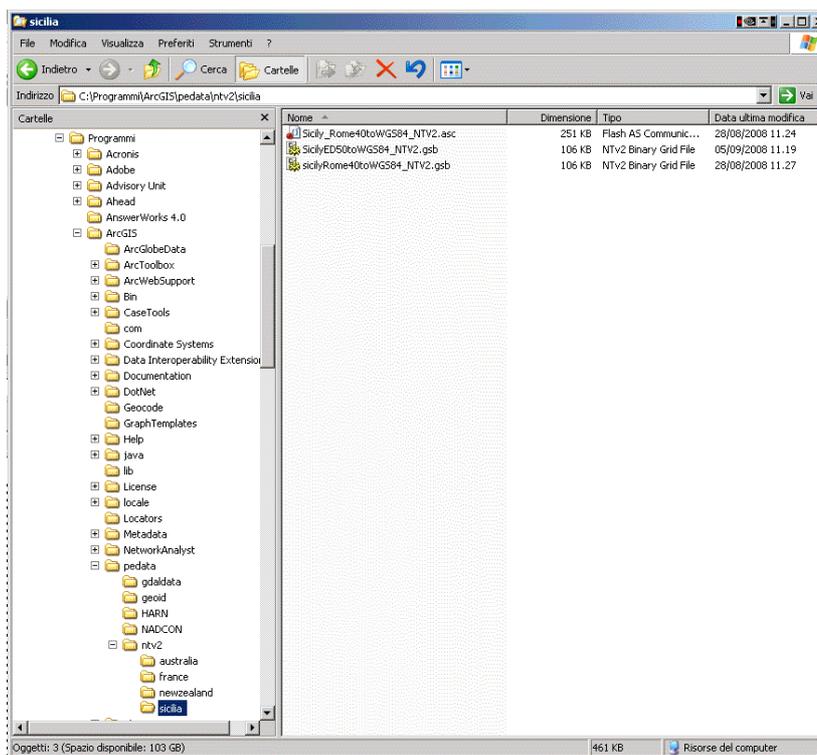
Quello usato nella presente procedura è il “*GDay datum transformation*” versione 2.10.

Questo semplice *shareware* è finalizzato alla trasformazione di *datum* per sistemi di riferimento dello stato del Queensland (Australia), per cui non tutte le funzionalità sono applicabili ad altre aree geografiche; tuttavia tra le opzioni utilizzabili anche in altre parti del globo si ha quella che consente la esportazione dal formato binario a quello ASCII e viceversa.

Per fare ciò si selezioni dal menù file “*distortion Grid Settings -> Select new Grid File*” quindi si indichi la posizione del file ASC creato ed infine, mediante il comando: “*file -> Distortion Grid settings -> Export grid file -> to binary*”, si indichi il nome del file di *output*, che avrà estensione GSB.

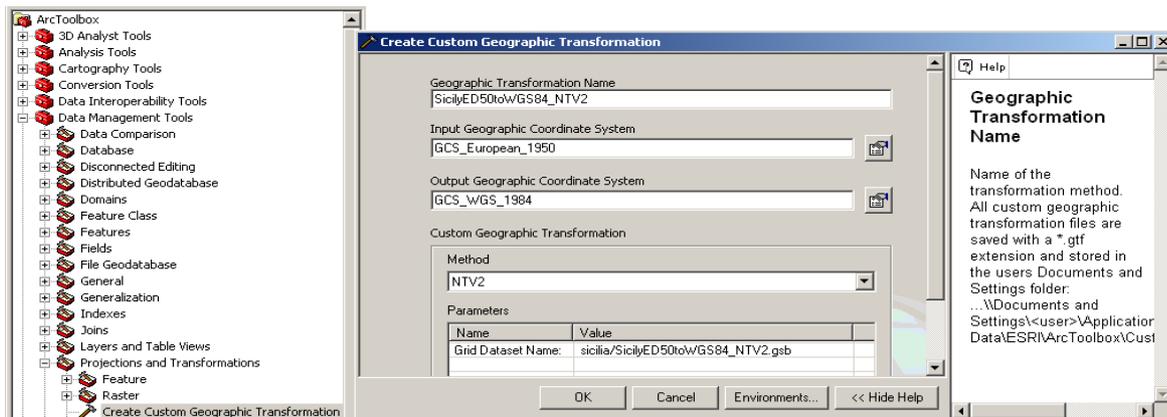
5. Uso all’interno del software ArcMap

Il file binario così creato, deve essere copiato all’interno della cartella



C:\Programmi\ArcGIS\pedata\ntv2\[nomecartella]” eventualmente creando, se già non esistessero, le cartelle NTV2 e nomecartella (con lettere minuscole), ad esempio “C:\Programmi\ArcGIS\pedata\ntv2\sicilia”.

Con ArcToolBox di ArcGIS Desktop occorre definire il nuovo sistema di riferimento basato sul metodo NTV2.

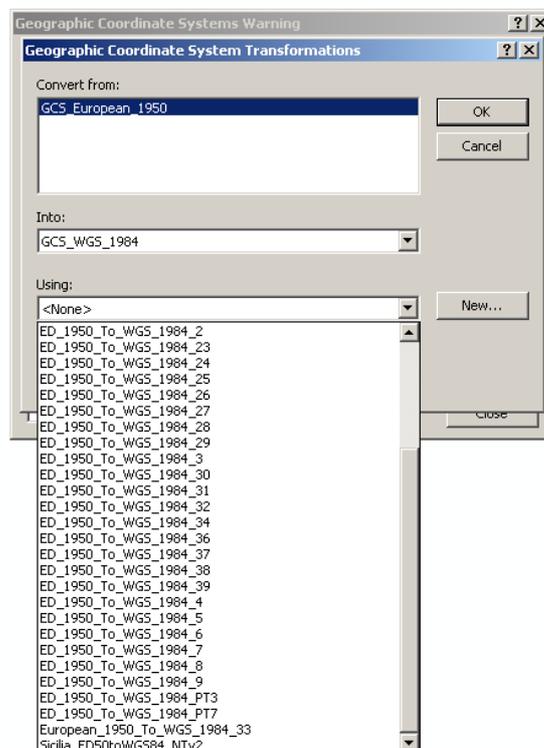


È buona prassi che il nome della trasformazione personalizzata contenga un riferimento alla zona geografica interessata, ai datum di partenza e di arrivo ed al fatto che utilizza il metodo NTV2. Nelle caselle *Input Geographic Coordinate System* e *Output Geographic Coordinate System* devono essere inseriti i rispettivi sistemi di riferimento geodetici; nella casella *Method* si sceglierà "NTV2", mentre nei parametri, il valore del Grid Dataset sarà impostato con il nome della cartella, seguito da "/" e dal nome del file del grigliato (con estensione ".gsb".)

Per testare la correttezza della trasformazione si apra una mappa nella quale il sistema di riferimento sia impostato in coordinate geografiche WGS84 o in coordinate piane UTM-WGS84 fuso 33. Sul data frame si importi la griglia di punti in coordinate WGS84 (la stessa ottenuta per successive riproiezioni a partire da quella in coordinate ED50), nonché la griglia di punti in coordinate ED50 di partenza.

Il software quindi avviserà che c'è una discrepanza tra i due sistemi di riferimento. Accedendo all'opzione "Transformations" apparirà una schermata che propone di trasformare il tematismo dal sistema di riferimento impostato per il tema a quello impostato per il *Data Frame*, proponendo una serie di trasformazioni già presenti nel software, tra cui, scorrendo la lista, si dovrà trovare quella appena creata (altrimenti si può utilizzare la procedura, molto nota agli informatici, che consiste nel chiudere l'applicazione – ArcMap – e successivamente riavviarla).

Se tutta la procedura è stata eseguita in modo corretto (si fa una volta sola per ciascuna postazione ove è installato il software) le due griglie appariranno perfettamente sovrapposte, con scarti assolutamente trascurabili, dovuti alle approssimazioni di calcolo numerico.



In corrispondenza dei bordi della griglia è possibile che non venga applicata la trasformazione, perché i punti, se pur realmente vicinissimi, possono ricadere appena fuori dell'area di inviluppo.

Il software gestisce, senza bisogno di impostare una nuova trasformazione, anche il passaggio di coordinate nel verso opposto, nonché la conversione di temi in coordinate piane che siano basate sui rispettivi datum di partenza e di arrivo cui si riferisce il grigliato.

Una ulteriore precisazione va fatta con riferimento alle trasformazioni che coinvolgono il sistema geodetico ROMA40.

Infatti, nella lista dei sistemi di riferimento che è possibile impostare nella maggior parte dei software compaiono sia il datum Roma40 che il datum Monte Mario.

Seppure identici nei parametri geometrici, il software li riconosce come diversi, per via del nome differente.

Quindi, avendo a disposizione una griglia per il passaggio da coordinate Roma40 a coordinate WGS84, affinché il metodo possa essere sempre applicato ad un tema in coordinate geografiche Roma40 o coordinate piane Gauss Boaga, è necessario che il *datum* impostato nelle proprietà del sistema di riferimento del tema coincida con il datum impostato nella trasformazione personalizzata creata con *ArcToolBox*.