

associazione tra informazione spaziale e sistemi di riferimento geografici

1. layer e sistemi di riferimento
2. georeferenziazione di immagini cartografiche

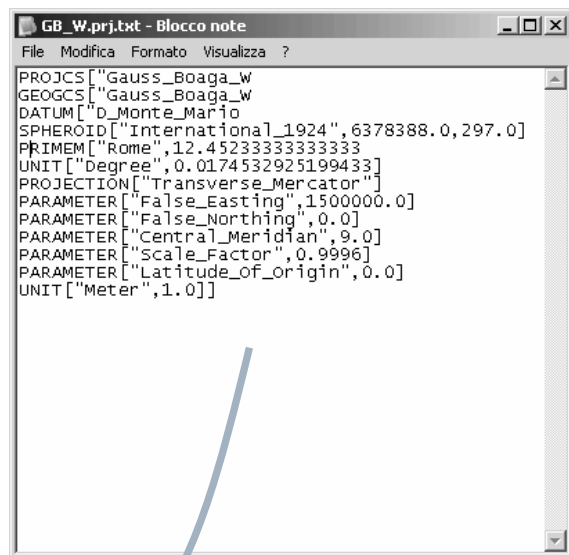
fabio.lucchesi_02.2005

(1) layer e sistemi di riferimento

fabio.lucchesi_02.2005

Associazione tra layer GIS e sistema di riferimento

- I database di coordinate associati ai temi GIS (sia raster, sia vettoriali) sono definiti secondo sistemi di riferimento geografici
- Affinché temi riferiti a sistemi di riferimento diversi possano essere proiettati a registro in una mappa, è necessario associare a ciascun tema l'informazione relativa al sistema di riferimento in uso
 - si consideri che, ovviamente, per compiere questa operazione occorre conoscere preventivamente quale sistema di coordinate è stato utilizzato per la costruzione del tema
- In ArcGIS i parametri necessari per definire un sistema di riferimento sono registrati in un file di testo archiviato nel formato .prj

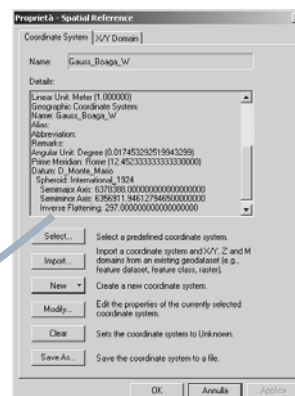
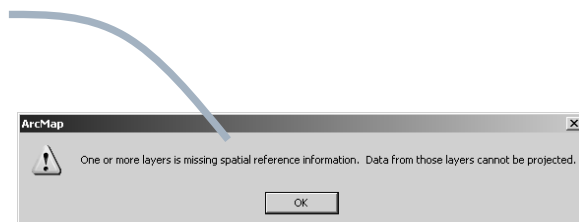


```
GB_W.prj.txt - Blocco note
File Modifica Formato Visualizza ?
PROJCS["Gauss_Boaga_W
GEOGCS["Gauss_Boaga_W
DATUM["D_Monte_Mario
SPHEROID["International_1924",6378388.0,297.0]
PRIMEM["Rome",12.452333333333333]
UNIT["Degree",0.01745329251994333]
PROJECTION["Transverse_Mercator"]
PARAMETER["False_Easting",1500000.0]
PARAMETER["False_Northing",0.0]
PARAMETER["Central_Meridian",9.0]
PARAMETER["Scale_Factor",0.9996]
PARAMETER["Latitude_of_Origin",0.0]
UNIT["Meter",1.0]
```

fabio.lucchesi_02.2005

“One or more layers is missing spatial reference information”

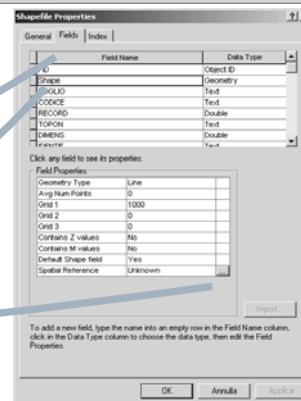
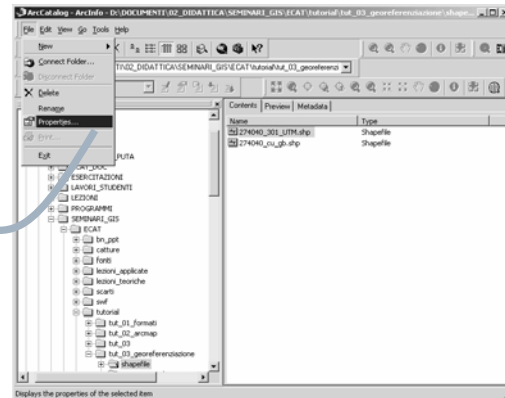
- Quando si carica un tema in ArcGIS, se il tema non è associato a un file .prj che indica il sistema di riferimento in uso, una finestra di dialogo avverte che non è possibile proiettare i dati contenuti nel layer nella mappa
- Questo avvertimento può essere ignorato, ma solo a condizione che si preveda di costruire una mappa con layer che utilizzano sempre un unico sistema di riferimento (p.e. la CTR Toscana)
- In caso contrario, ossia se è necessario inserire nella mappa layer riferiti a sistemi diversi, è necessario associare preventivamente a ogni layer il proprio sistema di riferimento attraverso un file .prj



fabio.lucchesi_02.2005

Definire il sistema di riferimento di uno shapefile (1/2)

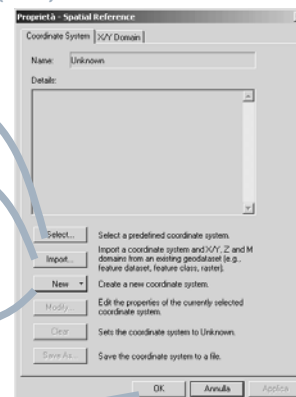
- In ArcCatalog, selezionare lo shapefile del quale è necessario definire il sistema di riferimento
- File/Properties
 - si consideri che le proprietà dello shapefile sono richiamabili anche attraverso due altre possibilità:
 - click destro sul nome del file/Properties
 - doppio click sul nome del file
- Spostarsi, se necessario, nella sezione Fields
- Click sulla campo Shape nella lista dei campi
- Nella lista Properties mostrata in basso, click sul bottone indicato dalle parentesi (...); apparirà la finestra di dialogo Proprietà - Spatial Reference



fabio.lucchesi_02.2005

Definire il sistema di riferimento di uno shapefile (2/2)

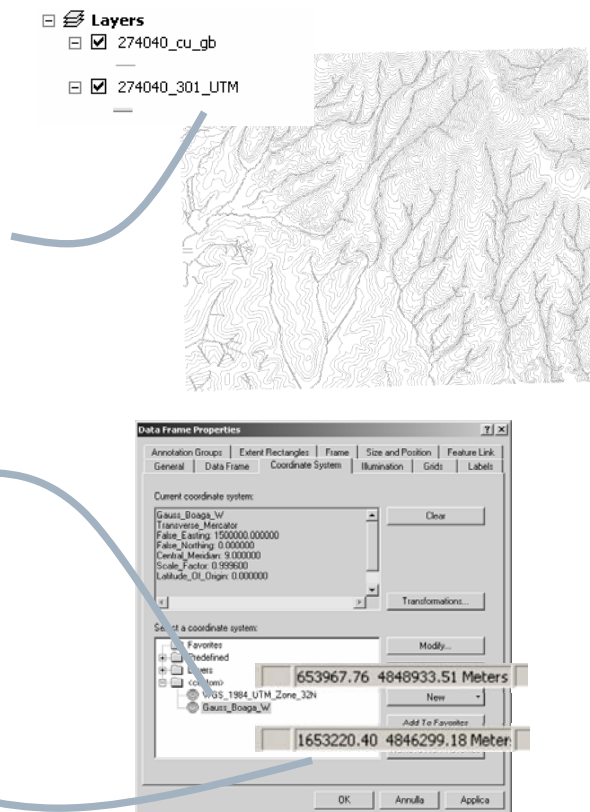
- Nella finestra di dialogo, click **Select** and quindi scegliere un sistema di coordinate predefinito
 - Oppure click **Import** e quindi scegliere il tema che si vuole utilizzare come fonte del sistema di riferimento
 - Oppure click **New** e definire un nuovo sistema di riferimento
- Click **OK** nella finestra di dialogo **Proprietà Spatial Reference**
- Nella finestra di dialogo **Shapefile Properties** dialog box il nome del sistema di coordinate apparirà nel campo **Spatial Reference**
- Click su **OK** Nella finestra di dialogo **Shapefile Properties** dialog box



fabio.lucchesi_02.2005

Proiettare shapefile in una mappa

- Quando gli shapefile contenuti in una mappa sono correttamente associati a un sistema di riferimento è possibile visualizzarli a registro e proiettarli in un sistema di riferimento definito
- Attraverso la finestra di dialogo **Data Frame Properties/Coordinate System** è possibile scegliere a piacimento il sistema di riferimento selezionandolo tra quelli disponibili
- La scelta del sistema di proiezione condiziona il valore delle coordinate registrate nella mappa



fabio.lucchesi_02.2005

Esercizio

- Proiettare a registro i due shapefile contenuti nella cartella "tut_03_georeferenziazione/shapefile", sapendo che
 - 274040_301_utm è una copertura lineare dei corsi d'acqua presenti nella sezione CTR 274040 (Vinci/Vitolini) nel sistema di riferimento UTM WGS84 fuso 32N
 - 274040_cu_gb è una copertura lineare delle curve di livello presenti nella sezione CTR 274040 (Vinci/Vitolini) nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso W
- Attribuire i sistemi di coordinate in ArcCatalog e verificare il risultato in ArcMap
- Utilizzare il comando **View/Data Frame Properties/Coordinate System** per proiettare la mappa nei due sistemi di riferimento e verificare il cambiamento di coordinate
- I files .prj relativi ai due sistemi di riferimento sono contenuti nella cartella "tut_03_georeferenziazione/sistemi_coordinate"
 - Si consideri che i due file .prj sono disponibili anche nella libreria interna ad ArcGis, e precisamente
 - Il file .prj relativo al sistema di riferimento UTM WGS84 fuso 32N ha, di norma, la collocazione **Coordinate Systems/Projected Coordinate Systems/Utm/WGS 84/WGS 84 Utm Zone 32N.prj**
 - Il file .prj relativo al sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso W ha, di norma, la collocazione **Coordinate Systems/Projected Coordinate Systems/National Grids/Italy/Monte Mario Italy 1**

fabio.lucchesi_02.2005

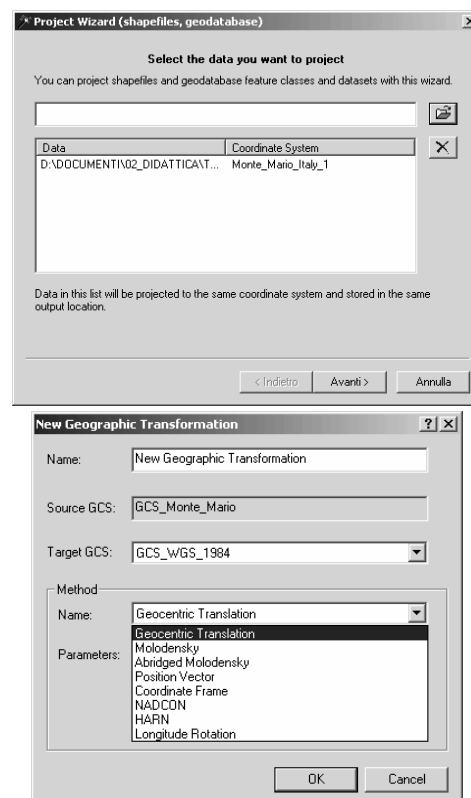
Trasformare coperture vettoriali da un sistema di riferimento a un altro

- Quando si dispone di dati riferiti a sistemi di coordinate diversi può essere utile creare una copia dei dati trasformandoli da un sistema di riferimento a un altro
- Questa operazione può essere svolta attraverso gli strumenti di trasformazione disponibili in ArcGis, oppure attraverso software espressamente dedicati a questo scopo (BMG Geographic Transformer, CartLab, Traspunto, Verto, ...)
 - Si consideri che quando la trasformazione deve tener conto di un cambiamento di datum i risultati possono risentire di approssimazioni non sempre accettabili
 - Si consideri che gli algoritmi di calcolo utilizzabili per le trasformazioni sono diversi e capaci di produrre risultati che residuano approssimazioni diverse
- In un gruppo di lavoro è evidentemente opportuno che le trasformazioni siano sempre svolte attraverso le stesse procedure

fabio.lucchesi_02.2005

Trasformazioni di sistemi di coordinate in ArcGis

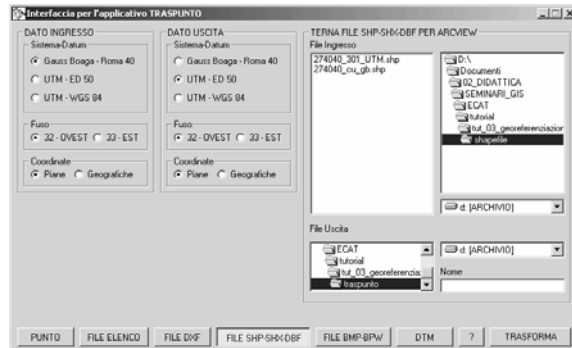
- ArcToolbox contiene alcune applicazioni utili alla trasformazione di shapefile da un sistema di riferimento a un altro
- Attraverso il project wizard è possibile trasformare uno shapefile associato a un file .prj in un nuovo shapefile proiettato secondo un diverso sistema di riferimento
- ArcGis permette all'utente di determinare liberamente metodi e parametri di trasformazione del database di coordinate



fabio.lucchesi_02.2005

Traspunto

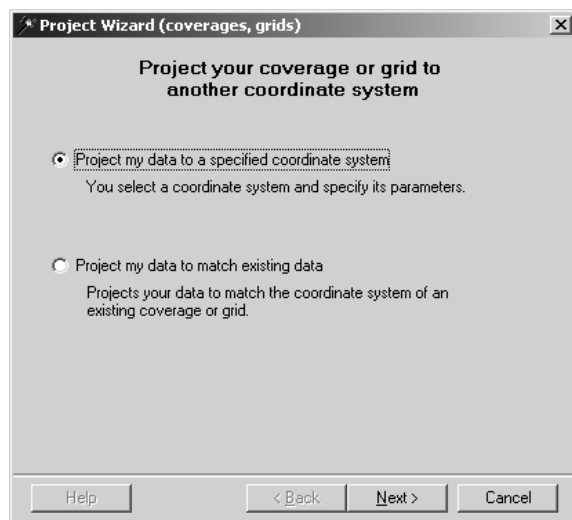
- Traspunto è un programma di conversione tra sistemi di coordinate sviluppato dal Ministero dell'Ambiente**
- I sistemi disponibili, in input e output sono:**
 - **Gauss-Boaga, datum Roma40**
 - **UTM, datum ED50**
 - **UTM, datum WGS84**
- Traspunto permette di trasformare punti singoli e in elenco, file dxf, shapefile, immagini bmp e file di georeferenziazione associati attraverso una procedura intuitiva**



fabio.lucchesi_02.2005

Definire il sistema di riferimento di una coverage o di una griglia raster

- In ArcToolbox è possibile definire il sistema di riferimento di una coverage o di una griglia raster solo se si possiede una licenza estesa alle funzionalità di ArcEditor o ArcInfo**
- Con una licenza limitata alle funzionalità di ArcView non è possibile definire il sistema di riferimento di una coverage o di una griglia raster**



fabio.lucchesi_02.2005

(2) georeferenziazione di immagini cartografiche

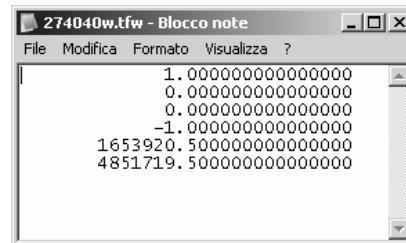
fabio.lucchesi_02.2005

Georeferenziare una immagine

- Uno spazio di coordinate** definisce le relazioni spaziali tra le posizioni degli elementi di un dataset raster
- Tutti i dataset raster sono riferiti a qualche spazio di coordinate, ma questo spazio può essere un **sistema di coordinate riferito alla superficie della Terra**, oppure uno spazio immagine
- Per essere utilizzate in un sistema GIS, il raster dataset delle immagini deve essere **convertito dallo spazio immagine a un sistema di riferimento geografico**
- La **conversione di un dataset raster da uno spazio immagine a un sistema di coordinate geografiche è definita georeferenziazione (georeferencing)**
 - Si ricordi che in un dataset raster, di norma, l'orientamento delle celle è determinato dagli assi x, y del sistema di coordinate; i limiti delle celle sono paralleli agli assi x, y; le celle sono quadrate e misurate in coordinate di mappa

Il file di georeferenziazione

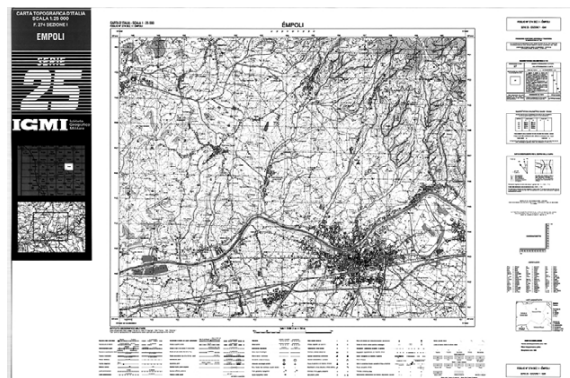
- In ArcGis le informazioni di georeferenziazione di una immagine (nei formati tiff, jpeg, ecc.) sono registrate in un file che ha lo stesso nome dell'immagine e una estensione che dipende dal formato del file (.tfw per immagini tiff, .jpgw per immagini jpeg, ecc.)
- Il file di georeferenziazione è un file ASCII che contiene sei valori, uno per ogni riga:
 - dimensioni del pixel nella direzione X
 - rotazione rispetto all'asse Y
 - rotazione rispetto all'asse X
 - dimensioni (negative) del pixel nella direzione Y
 - coordinata X (easting) del primo pixel in alto a sinistra
 - coordinata Y (northing) del primo pixel in alto a sinistra



fabio.lucchesi_02.2005

Tecniche di georeferenziazione di cartografie raster

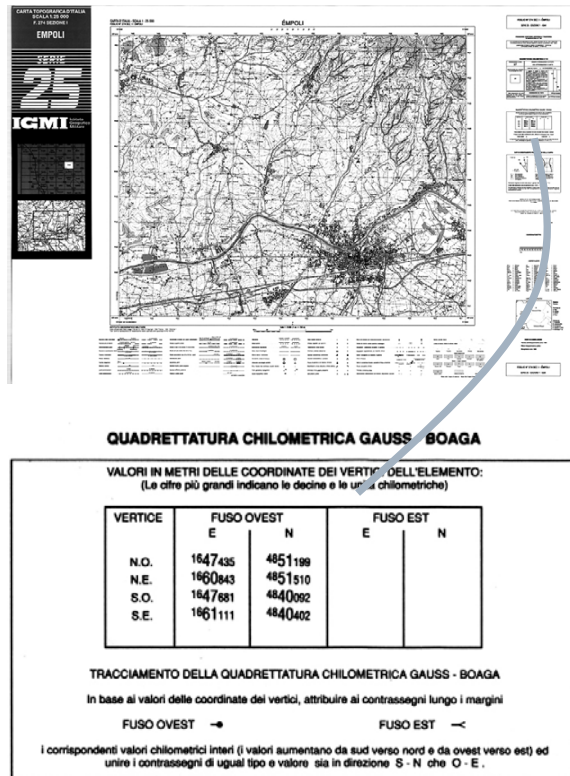
- Le cartografie raster sono in genere ottenute dalla scansione di mappe cartacee
- Per essere utilizzate in un sistema GIS è necessario che l'informazione sia riferita a un sistema di coordinate geografiche



fabio.lucchesi_02.2005

Georeferenziare una cartografia di cui si conoscono localizzazioni note

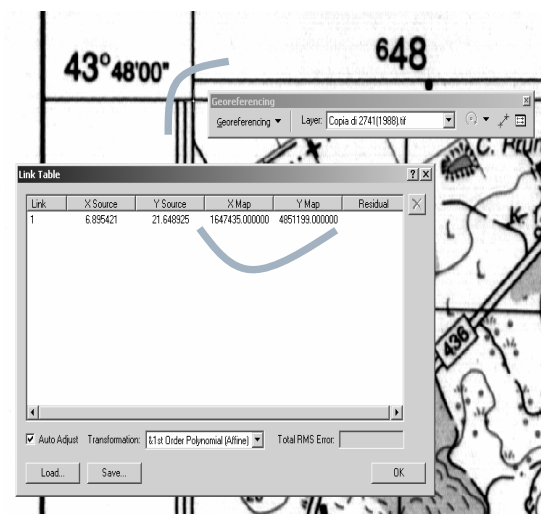
- Quando si vuole georeferenziare una la scansione di una cartografia è opportuno utilizzare come riferimenti dei punti presenti nella cartografia di cui si conoscono con precisione le coordinate in un sistema di riferimento
 - p.e., la nuova edizione della cartografia IGM 1/25000 riporta sempre le coordinate dei vertici del riquadro in coordinate Gauss-Boaga; tali coordinate possono essere utilizzate come riferimento per la georeferenziazione



fabio.lucchesi_02.2005

Georeferenziazione attraverso coordinate imposte

- Attraverso il software è possibile determinare una trasformazione geometrica dell'immagine imponendo ai pixel corrispondenti ai punti selezionati una localizzazione corrispondente alle coordinate note
- A seconda del numero di collimazioni imposte sarà possibile trasformare l'immagine raster (scalare, traslare, ruotare o propriamente deformare)



fabio.lucchesi_02.2005

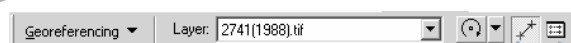
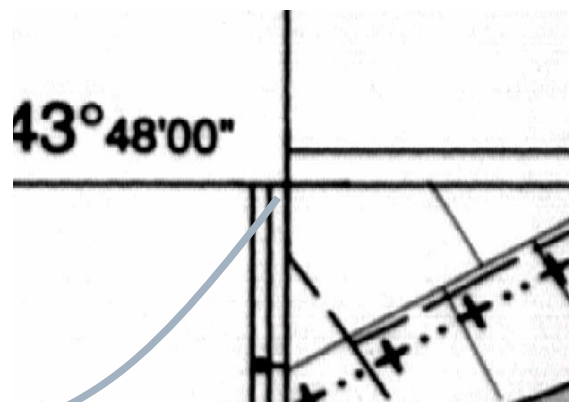
Ricampionamento di immagini raster

- Durante la trasformazione il software predispone una nuova matrice di celle vuote, quindi a ciascuna cella viene attribuito un valore attraverso un processo di ricampionamento dell'immagine da georeferenziare
- In ArcGis è possibile scegliere tra tre diversi metodi di ricampionamento
 - Nearest neighbor assignment
 - Bilinear interpolation
 - Cubic convolution
- Questi metodi assegnano un valore a ciascuna cella vuota esaminando i pixel nell'immagine da georeferenziare
 - Il metodo **Nearest neighbor** assegna il nuovo valore a partire dalla cella più vicina a quella da trasformare (è il metodo più veloce, e particolarmente adatto a dati discreti)
 - I metodi **Bilinear interpolation** e **Cubic convolution** utilizzano un numero maggiore di pixel (4 e 16 rispettivamente: sono metodi più lenti e particolarmente adatti a dati continui)

fabio.lucchesi_02.2005

Georeferenziare una cartografia attraverso quattro vertici noti in ArcMap (1/2)

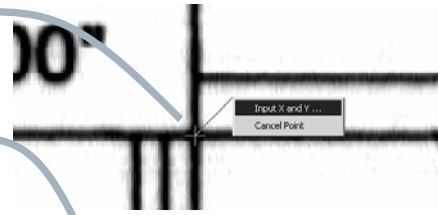
- **File/Add Data:** individuare l'immagine da georeferenziare
 - Verificare che la barra dei comandi "**Georeferencing**" sia visibile; in caso contrario visualizzarla attraverso il comando **View/Toolbars/aggiungere** un segno di spunta a **Georeferencing**
- Nella barra dei comandi "**Georeferencing**" verificare che nella finestra **Layer** sia riportato il nome dell'immagine da georeferenziare
 - **Zoom** sull'immagine fino a individuare un vertice del riquadro cartografico
 - Click su **Add Control Points**
 - Click su **View Link Table**



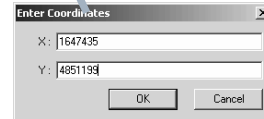
fabio.lucchesi_02.2005

Georeferenziare una cartografia attraverso quattro vertici noti in ArcMap (2/2)

- Click con il crocino del puntatore sul vertice individuato
- Click destro/Input X and Y ...
- Nella finestra **Enter Coordinates** digitare le coordinate note del vertice/OK
- **View/Zoom Data/Full Extent**



- Ripetere l'operazione per gli altri 3 vertici noti

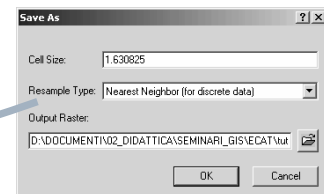
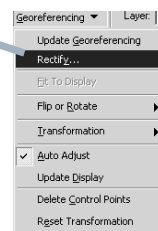


- Verificare che nella finestra **Link Table** il valore **Residual Error** sia inferiore a 3 /OK

	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	1647435	4851193	1647435.000000	4851193.000000	2.38193
2	20.0	4.0	1647435.000000	4851193.000000	2.38183
3	4.0	20.0	1647435.000000	4851193.000000	2.37904
4	20.0	20.0	1647435.000000	4851193.000000	2.37771

- Salvare la trasformazione

- **Georeferencing/Rectify**
- Nella finestra di dialogo **Save As** accettare il valore proposto per **Cell Size**
- Come **Resample Type** scegliere **Nearest Neighbor**
- Salvare l'immagine georeferenziata con il nome e nella posizione desiderata /OK



fabio.lucchesi_02.2005

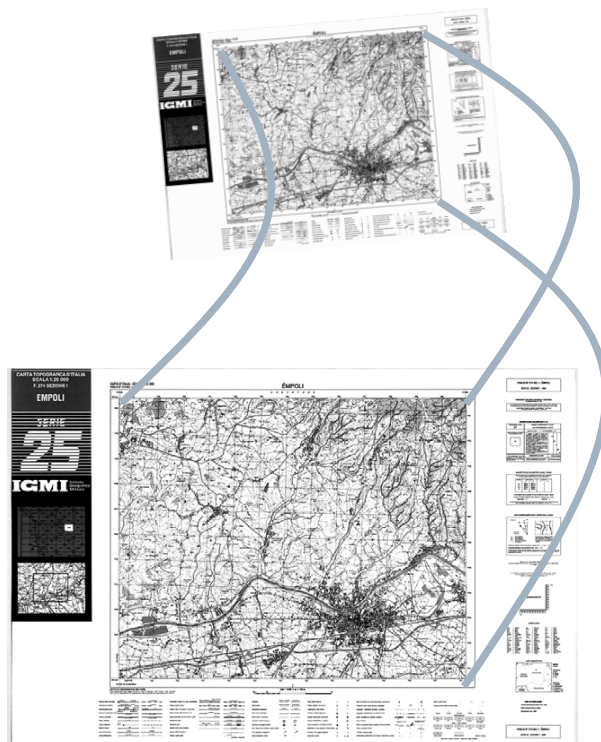
Esercizio

- Georeferenziare la sezione IGM 1/25000 2741 nel sistema di proiezione Gauss-Boaga
 - La scansione si trova nella cartella **tut_03_georeferenziazione/cartografia_IGM** con il nome **2741(1988).tif**
- Utilizzare allo scopo le coordinate dei vertici stampate sulla carta
 - Per comodità le coordinate sono trascritte in un file di testo contenuto in **tut_03_georeferenziazione/cartografia_IGM** e nominato **coord_vert_2741.txt**
- Salvare il risultato in **tut_03** con nome **Rectify2741(1988).tif**
- Al termine dell'operazione verificare i risultati
 - Visualizzare in Blocco Note il file **Rectify2741(1988).tfw**
 - Caricare in ArcMap (**File/Add Data**) la mappa georeferenziata **Rectify2741(1988).tif** e lo shapefile **2741_riquadro.shp** (che corrisponde al taglio cartografico della sezione IGM riferito Gauss-Boaga) e verificare che copra esattamente la mappa georeferenziata

fabio.lucchesi_02.2005

La tecnica del warping (o rubbersheeting)

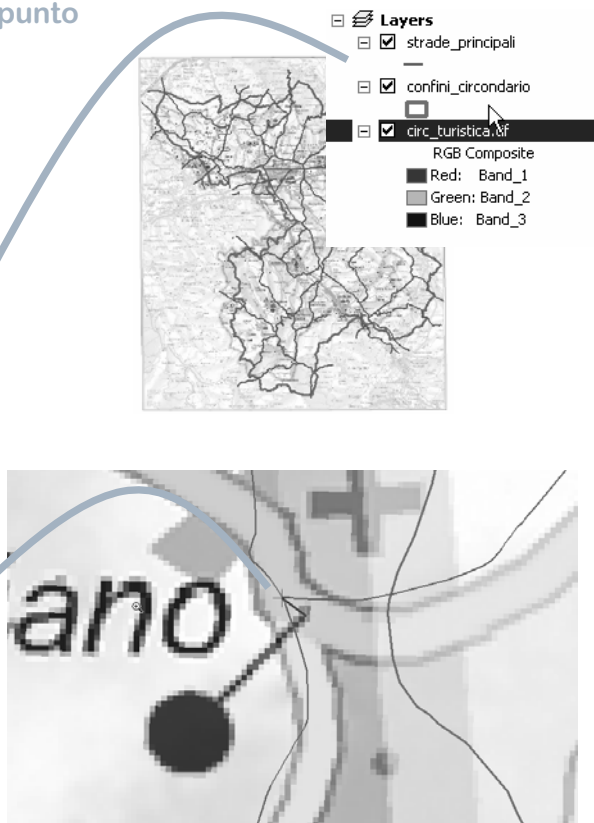
- L'operazione di georeferenziazione dell'immagine raster avviene attraverso una deformazione (warping o rubbersheeting) che opera una trasformazione matematica per ciascuna cella della mappa raster; tale trasformazione può essere più o meno complessa
- Una trasformazione di primo ordine si limita a scalare, traslare, ruotare e inclinare l'immagine originale (linee rette nell'immagine prima della deformazione resteranno rette nell'immagine deformata; i rettangoli possono diventare parallelogrammi)
- Con trasformazioni di ordine superiore le linee rette diventeranno curve, con uno o più punti di flesso



fabio.lucchesi_02.2005

Georeferenziare per collimazioni punto/punto

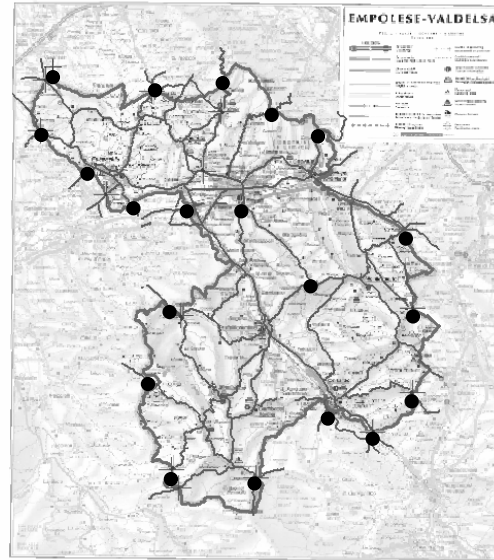
- Quando non si può contare su punti di coordinate note, generalmente per georeferenziare lo spazio immagine si utilizzerà come riferimento una copertura spaziale (vettoriale o raster) già georeferenziata nel sistema di riferimento desiderato
- È necessario poter individuare degli elementi comuni alla immagine da georeferenziare e alla copertura di riferimento, rispetto ai quali imporre una collimazione (incroci di strade, angoli di edifici, ecc.)



fabio.lucchesi_02.2005

Come ottenere i migliori risultati

- Nel caso di collimazioni punto/punto il **numero di corrispondenze** tra la copertura da georeferenziare e la copertura di riferimento dovrebbe essere **sufficientemente alto**, ma soprattutto è necessario che le corrispondenze siano **quanto più possibile omogeneamente distribuite** su tutta l'estensione della copertura da georeferenziare
- Tipicamente, i migliori risultati si ottengono con **molti punti vicino a ciascuna estremità dell'immagine** da georeferenziare e **alcuni punti nelle parti interne**



fabio.lucchesi_02.2005

L'accuratezza della trasformazione

- Con **tre riferimenti** la trasformazione può usare soltanto una equazione matematica di primo ordine; con tre riferimenti ogni pixel individuato nell'immagine originale assumerà esattamente le coordinate imposte **senza errori residui**
- Tuttavia è possibile limitarsi a tre riferimenti solo se si ha la **assoluta sicurezza del loro corretto posizionamento**
- Ogni punto aggiunto ai primi tre riferimenti **aggiungerà errori residui alle collimazioni**

fabio.lucchesi_02.2005

Valutazione del RMS

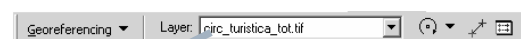
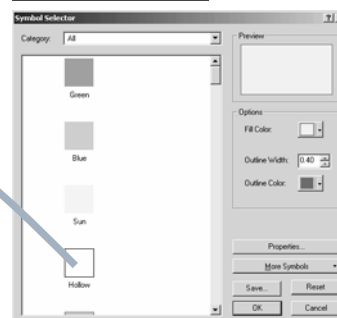
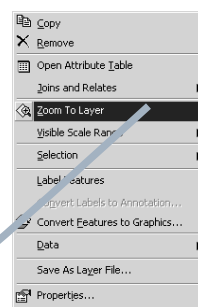
- Il grado di accuratezza della trasformazione può essere misurato con precisione verificando la distanza tra la collocazione richiesta al pixel raster e la collocazione ottenuta attraverso la trasformazione (errore residuo, espresso in unità di mappa)
- L'errore medio è calcolato attraverso una funzione statistica definita **RMS** (root mean square: errore quadratico medio)
 - si consideri che ottenere un **RMS basso** per la propria trasformazione è una **condizione necessaria ma non sufficiente** per ottenere una georeferenziazione corretta (si ricordi che la scelta di soli tre punti di collimazione produce sempre un RMS uguale a zero)

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	0.183817	2.521487	1638996.798335	4852654.387983	124.54701
2	0.732379	2.463218	1648622.151025	4851646.497649	215.94115
3	1.077408	2.361687	1654887.868268	4849739.305100	143.79815
4	0.981309	2.065152	1653241.646369	4844314.095493	174.41794
5	2.041422	1.356048	1672164.789411	4831685.071777	123.56896
6	2.041067	0.907630	1672164.789411	4829337.912549	151.22585
7	1.856224	0.705467	1668578.379639	4820301.108261	65.04653
8	1.276817	0.450186	1658020.728390	4816067.968858	112.32119
9	0.889605	1.281909	1651244.195540	481048.204512	374.15766
10	0.961723	0.504616	1650400.305035	481685.339573	179.30006
11	0.888059	0.403646	1651026.417345	4815150.396288	69.59630
12	0.498211	1.935512	1644493.071459	4842127.670175	165.94463
13	0.163096	2.262901	1638568.615690	4847966.848024	117.57467

fabio.lucchesi_02.2005

Georeferenziare una immagine attraverso collimazione punto/punto in ArcMap (1/4)

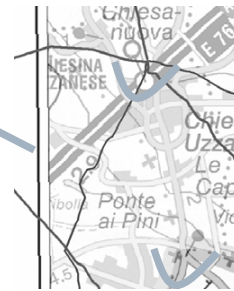
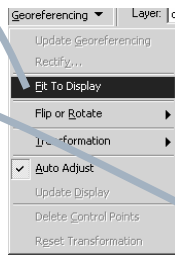
- **File/Add Data:** individuare l'immagine da georeferenziare e una copertura vettoriale da utilizzare come riferimento e caricare entrambe sulla mappa
- **Centrare la vista sulla copertura vettoriale:** click destro sul nome della copertura nella barra dei temi/**Zoom to Layer**
- Eventualmente, togliere campiture di riempimento ai temi vettoriali areali (click sul simbolo/selezionare **Hollow**)
- Nella barra dei comandi "Georeferencing" verificare che nella finestra **Layer** sia riportato il nome dell'immagine da georeferenziare



fabio.lucchesi_02.2005

Georeferenziare una immagine attraverso collimazione punto/punto in ArcMap (2/4)

- Utilizzare il comando **Georeferencing/Fit to Display**
- Zoom sull'immagine fino a inquadrare due punti da fare collimare**
- Click su **Add Control Points**
- Click su **View Link Table**
- Click con il crocino del puntatore sul punto individuato sull'immagine
- Click con il crocino del puntatore sul punto individuato sulla copertura vettoriale



fabio.lucchesi_02.2005

Georeferenziare una immagine attraverso collimazione punto/punto in ArcMap (3/4)

- Spostarsi nella vista con il comando **Pan** fino a individuare una nuova coppia di punti
- Ripetere la collimazione punto/punto per un numero sufficiente di elementi
- Assicurarsi che nella finestra di dialogo **Link Table** sia spuntata l'opzione **Auto-Adjust**
- Verificare costantemente nella finestra **Link Table** il valore **Residual Error** per ogni punto; eliminare collimazioni che eventualmente avessero un valore troppo alto (selezionare la collimazione, click sul comando in alto a destra nella finestra)

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	0.183817	2.521487	1638996.798335	4852654.387983	124.54120
2	0.732379	2.463218	1649622.151025	4851645.437649	215.94149
3	1.077408	2.261687	1654687.869268	4849739.905100	143.80309
4	0.981309	2.066152	1653241.648389	4844314.095469	174.42005
5	2.041142	1.356048	1672164.789411	4831665.071777	123.00847
6	2.041067	0.907630	1672164.789411	4823937.912549	15.22562
7	1.856224	0.705467	1668578.379639	4820301.108261	35.04284
8	1.276817	0.450186	1658020.728390	4816067.968858	112.32667
9	0.895605	1.281909	1651244.195540	4821048.204517	374.14972
10	0.961723	0.934616	1650400.305035	4816865.339574	179.29803
11	0.898069	0.403646	1651026.417345	4815150.390088	69.59691
12	0.498211	1.935512	1644493.071499	4842127.071755	165.94938
13	0.169096	2.262901	1638958.615690	4847900.848024	117.56964

fabio.lucchesi_02.2005

Georeferenziare una immagine attraverso collimazione punto/punto in ArcMap (4/4)

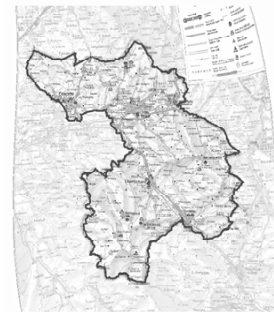
- Al termine della raccolta delle collimazioni, verificare le variazioni nella trasformazione provando tutte le possibilità concesse nelle opzioni **Trasformation** della finestra di dialogo **Link table**
- Può essere opportuno salvare i punti di controllo in un file di testo (click su **Save** nella finestra **Link Table**)
- Salvare la trasformazione
 - **Georeferencing/Rectify**
 - Nella finestra di dialogo **Save As** accettare il valore proposto per **Cell size**
 - Come **Resample Type** scegliere **Nearest Neighbor**
 - Salvare l'immagine georeferenziata con il nome e nella posizione desiderata **/OK**



1° ordine



2° ordine



3° ordine

fabio.lucchesi_02.2005

Esercizio

- Georeferenziare una scansione di una carta turistica nel sistema di proiezione Gauss-Boaga
 - La scansione si trova nella cartella `tut_03_georeferenziazione/georef_punti` con il nome `circ_turistica.tif`
- Utilizzare allo scopo le collimazioni rese possibili dalle due coperture vettoriali dei confini del circondario e delle strade principali (utilizzare incroci di strade e intersezioni tra confini e strade)
 - Le coperture vettoriali di riferimento sono contenute in `tut_03_georeferenziazione/georef_punti` e nominato `strade_principali.shp` e `confini_circ.shp`
- Salvare il risultato in `tut_03` con nome **Rectifycirc_turistica.tif**
- Salvare i punti di controllo in un file di testo con nome **gcp_circ_turistica.txt**
- Al termine dell'operazione verificare i risultati
 - Visualizzare in Blocco Note il file **Rectifycirc_turistica.tfw**

fabio.lucchesi_02.2005