

La georeferenziazione di carte topografiche con *GRASS GIS*



Penasa Luca¹
luca.penasa@email.it

15 maggio 2005

¹Un ringraziamento particolare ai professori che si sono interessati al lavoro: Marina Menotti, Paolo Pancheri, Giuseppe Ciola, Pietro Tedesco e geometra Berti. A tutti gli utenti di *GRASS* della comunità che mi hanno aiutato rispondendo in modo preciso e sollecito alle mie mail: in particolare grazie a Paolo Cavallini che ha reso possibile la diffusione del lavoro su internet (<http://www.gfoss.it/>), grazie agli utenti della mailing list internazionale di *GRASS* che hanno contribuito a risolvere i miei dubbi: grazie a Frank Warmerdam, Dafnick, Clifford J. Mugnier, Hamish, Markus Neteler, Ian MacMillan, Koukoulas Sotiris, Andrea Borruso, Maciek Sieczka. Infine un ringraziamento particolare a Maurizio Napolitano, ricercatore dell'IRST.

Indice

1	Introduzione	1
1.0.1	Obiettivi del lavoro	1
1.0.2	Il software utilizzato: <i>GRASS</i> [4]	1
2	Proiezioni e sistemi di riferimento	2
2.0.3	La forma della Terra [9]	2
2.0.4	Coordinate ellissoidiche e geodetiche [3]	3
2.0.5	Proiezioni	4
3	Struttura dei dati in <i>GRASS</i> [4]	6
3.1	Tipi di dati	6
3.1.1	Raster	6
3.1.2	Vettoriali	7
3.1.3	I comandi di <i>GRASS</i>	7
4	Importazione e georeferenziazione di carte topografiche	11
4.0.4	La cartografia in questione	11
4.0.5	Preparazione delle <i>locations</i> (vedi la Figura 3.1)	12
4.0.6	Location x,y	12
4.0.7	Location Gauss-Boaga	14
4.0.8	Generalità sull'importazione di cartografia	17
4.0.9	Caricamento delle immagini	19
4.0.10	Definizione di un gruppo e di una location target (bersaglio)	19
4.0.11	Individuazione di punti di coordinate note sulla mappa.	19
4.0.12	Rettifica delle immagini	20
4.0.13	Unione dei raster con <i>r.patch</i>	21
4.0.14	Elaborazione dei raster con <i>r.mapcalc</i>	21
4.0.15	I colori	22
4.0.16	Importazione di un DTM (modello digitale del terreno)	22
5	Altri tipi di dati e considerazioni sui supporti	24
	Bibliografia	25
	Links, altre risorse e note	26

Elenco delle figure

2.1	Somma vettoriale delle forze agenti su un corpo in stato di quiete.	2
3.1	Procedura per la creazione di una nuova <i>location</i>	8
3.2	Listato di un raster esportato in formato testuale.	9
3.3	Listato di un vettoriale esportato in formato testuale	10
4.1	Schema dell'importazione e georeferenziazione con <i>GRASS</i>	11
4.2	Interfaccia per la creazione del comando <i>i.rectify</i>	18

Elenco delle tabelle

2.1	Ellissoidi principali e parametri di definizione	3
4.1	Parametri di definizione della rappresentazione Gauss-Boaga	12
4.2	Coordinate dei vertici al m	17

Sommario

In questa lavoro si è cercato di dimostrare le capacità operative di *GRASS* per quanto riguarda la digitalizzazione di carte topografiche preesistenti, intesa come raddrizzamento e georeferenziazione di immagini. Lo scopo è quello di creare una *location* omogenea con le caratteristiche delle carte nella quale conservare, oltre alle carte stesse in formato digitale, altri dati di diversa natura, nelle possibilità offerte dal *GIS* in questione. La dimostrazione nasce dall'idea di creare un *tutorial* operativo nel corso del quale vengano spiegate le caratteristiche e le possibilità del software. Per questo motivo si è cercato di ottenere un percorso logico che non dia nulla per scontato, dall'avvio del software fino all'ultima parte del lavoro.

Capitolo 1

Introduzione

1.0.1 Obiettivi del lavoro

Il grande sviluppo della tecnologia dell'informazione che è avvenuto in questi ultimi anni ha interessato ogni campo del sapere umano, dalle scienze sociali a quelle più strettamente legate alla tecnologia. Grazie alla grande potenza dei nuovi elaboratori una delle possibilità inaugurate dalla nuova era è quella del trattamento e della conservazione di una grande quantità di dati, con la possibilità di integrarli tra loro e analizzarli secondo criteri prima impensabili. Uno degli aspetti più significativi è la progressiva digitalizzazione dei grandi archivi. La grande quantità di dati accumulati nel corso degli anni rischia di diventare scarsamente accessibile a causa delle difficoltà della ricerca dei dati stessi. Non è un caso che una grande quantità di imprese pubbliche e private abbiano avviato una progressiva informatizzazione dei loro archivi. L'ostacolo principale che si deve affrontare per convertire i vecchi sistemi per la gestione dei dati nei nuovi sistemi integrati messi a disposizione dall'evoluzione tecnologica sta nell'introduzione dei dati nel computer. Le carte topografiche, per essere utilizzate con un GIS necessitano un processo di *georeferenziazione*, che prevede l'individuazione di punti di coordinate note sulla carta e la trasformazione del sistema di coordinate originario nel sistema di coordinate usato dal GIS.

1.0.2 Il software utilizzato: *GRASS* [4]

Grass è un *GIS*¹ di pubblico dominio distribuito gratuitamente sotto licenza *GPL*². Il progetto originale è nato nel 1982 e da allora ha coinvolto nel suo sviluppo diverse agenzie federali statunitensi, università e società private. Un ruolo guida nella gestione delle varie *release* e nell'integrazione dei comandi è stato svolto dal "U.S. Army - Construction Engineering Research Laboratory (USA-CERL)" che pubblica la sua ultima release nel 1992, provvedendo comunque ad integrarla con una serie di patch fino al 1995. Il lavoro di sviluppo è poi proseguito a livello universitario, prima nel 1997 alla *Baylor University* poi in Germania nel 1998 da *Markus Neteler*. Nel 1999 si è costituito il *GRASS Development Team* che rilascia sotto licenza *GPL* una prima versione beta di *GRASS 5.0*. L'ultima versione stabile rilasciata è la *6.0*, nella quale sono state potenziate diverse funzioni, a partire dal supporto vettoriale. Lo sviluppo è attualmente seguito all'*IRST* di Trento che è diventato l'*headquarter* internazionale per lo sviluppo di *GRASS*.

¹Geographical Information System

²General Public License - <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>

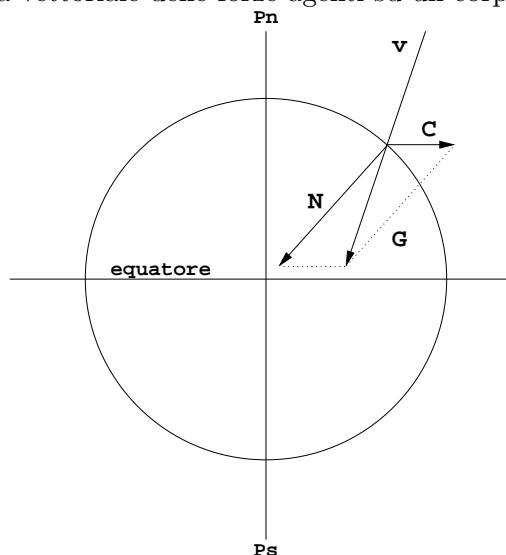
Capitolo 2

Proiezioni e sistemi di riferimento

2.0.3 La forma della Terra [9]

Per ogni punto, sopra o al di fuori della crosta terrestre, esiste una direzione caratteristica ben definita che prende il nome di verticale. La verticale individua la direzione della forza di gravità G . Questa direzione assume un ruolo molto importante nella topografia, essendo l'unica direzione ottenibile con facilità e precisione in ogni punto del globo. Alla verticale sono appoggiate tutte le misurazioni e i rilievi topografici comunemente effettuati. La verticale è la risultante di tutte le forze che agiscono su un qualunque corpo in stato di quiete. Queste forze sono sostanzialmente due: la forza di attrazione newtoniana (N) e la forza centrifuga (C) a cui la Terra è sottoposta a causa della rotazione diurna sul suo asse polare. La somma vettoriale delle due forze ci restituisce intensità, direzione e verso della forza di gravità (G).

Figura 2.1: Somma vettoriale delle forze agenti su un corpo in stato di quiete.



Definita la verticale è possibile individuare una quantità infinita di superfici orizzontali equipotenziali e perpendicolari alla verticale passante per ciascuno dei punti della superficie terrestre. Una di queste superfici equipotenziali prende il nome di *geoide* ed è quella superficie che meglio interpola la superficie media degli oceani. Il *geoide* non è quindi la forma fisica della terra, quella che cioè vediamo intorno a noi, ma una superficie ideale. Non essendo possibile dare una formula analitica semplice alla superficie del geoide si è scelto di utilizzare una superficie matematica ellissoidica che, se riferita ad un sistema di assi cartesiani ortogonali con l'origine

nel centro della Terra e l'asse delle z coincidente con l'asse polare, prende questa forma:

$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1 \quad (2.1)$$

[7] dove:

$a = \text{semi-asse maggiore} = \text{raggio polare}$

$b = \text{semi-asse minore} = \text{raggio equatoriale}$

Altri parametri che vengono usati per definire un'ellissoide sono¹:

$f = s = \text{schacciamento} = \frac{a-b}{a}$

$e^2 = \text{eccentricità quadratica prima}^2 = 2f - f^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$.

L'ellissoide è la superficie ottenuta dalla rotazione dell'ellisse di semiassi a e b intorno all'asse minore. Essendo l'ellissoide un'approssimazione matematica del geoide, la verticale e la normale all'ellissoide passanti per un punto non coincideranno esattamente. Le due rette formano tra loro un'angolo che prende il nome di *deviazione della verticale*. Ogni Paese ha storicamente adottato l'ellissoide che meglio interpola la superficie del geoide che interessa il rilievo, quella cioè che produce la *deviazione della verticale minima*. Per questo motivo l'ellissoide prescelto viene modificato opportunamente per avvicinarsi al geoide locale. Un ellissoide terrestre viene definito come *orientato* in un punto se la corrispondenza tra ellissoide e geoide viene stabilita in modo che in quel punto la normale all'ellissoide coincida con la verticale. Questa procedura di adattamento ha portato ad un'enorme quantità di ellissoide aggiuntivi, oltre a quelli primari (v. Tabella 2.1) [7].

Tabella 2.1: Ellissoidi principali e parametri di definizione

Ellissoide	Anno	a (metri)	b (metri)	f	e
Bessel	1841	6.377.397	6.356.079	1/299,2	0.081696
Helmert	1906	6.378.140	6.356.758	1/298,3	0.081813
Hayford	1909	6.378.388	6.356.912	1/297,0	0.081992
Krassovsky	1942	6.378.245	6.356.863	1/298,3	0.081813
Lucerna	1967	6.378.160	6.356.775	1/298,25	0.081820
WGS84	1984	6.378.137	6.356.752	1/298,26	0.081819

2.0.4 Coordinate ellissoidiche e geodetiche [3]

Per individuare univocamente la posizione di un punto sul geoide o sull'ellissoide sono state definite due tipi di coordinate, entrambe basate su un sistema angolare definito in *latitudine* e *longitudine*:

¹Sono tutti dei parametri derivati eccetto il *raggio equatoriale* a . Sono riportati i parametri più usati. Altri parametri possono essere:

$GM = \text{costante gravitazionale geocentrica}$

$J_2 = \text{fattore di forma dinamico}$

$\omega = \text{velocità angolare}$

²Riportata nella Tabella 2.1 semplicemente come $e = \sqrt{e^2}$

Coordinate geodetiche o astronomiche: servono a determinare la posizione di un punto sul geode. La *latitudine astronomica* di un punto è l'angolo che in quel punto la verticale forma con il piano equatoriale, assume un valore positivo se ci si trova nella zona settentrionale. La *longitudine astronomica* di un punto è l'angolo formato tra il piano meridiano passante per il punto ed il piano meridiano scelto come origine, assume un valore positivo se ci si trova ad est del semipiano origine.

Coordinate ellissoidiche o geografiche [7]: servono a determinare la posizione di un punto sull'ellissoide. La *latitudine geografica* di un punto è l'angolo che in quel punto la normale all'ellissoide terrestre forma con il piano equatoriale, assume un valore positivo se ci si trova nella zona settentrionale. La *longitudine geografica* di un punto è l'angolo formato tra il piano meridiano passante per il punto ed il piano meridiano scelto come origine, assume un valore positivo se ci si trova ad est del semipiano origine.

Il meridiano di riferimento è storicamente quello di Greenwich che passa per l'omonimo osservatorio. In passato per la cartografia italiana venne scelto come meridiano di riferimento quello passante per l'osservatorio di Monte Mario (Roma).

2.0.5 Proiezioni

Per poter riportare su di un supporto bidimensionale le superfici dell'ellissoide è necessario ricorrere ad un'operazione (analitica o puramente geometrica) di *proiezione*. Tutti i tipi di proiezioni esistenti ricadono in una di queste categorie [6]:

proiezioni cilindriche dirette: dove la proiezione della superficie ellissoidica viene fatta su di un cilindro disposto parallelamente al piano equatoriale. Si distinguono i casi in cui il cilindro è tangente o secante rispetto all'ellissoide.

proiezioni cilindriche trasverse: come quelle dirette possono essere ottenute da un cilindro secante o tangente. Il cilindro di proiezione è parallelo all'asse terrestre.

proiezioni cilindriche oblique: come le altre cilindriche ma il cilindro di proiezione è orientato lungo un asse definito a priori.

proiezioni coniche: sono ottenute dalla proiezione dell'ellissoide su di un cono.

proiezioni piane: ottenute dalla proiezione dell'ellissoide su di un piano.

È noto che le superfici individuate da un cono o un cilindro possono essere ottenute su supporti piani senza distorsioni. Non è invece così per quanto riguarda una superficie sferica che è soggetta a diversi tipi di distorsione. Per questo motivo si sono sviluppate proiezioni in grado di produrre carte specializzate nel mantenere invariata l'una o l'altra caratteristica geometrica [7]:

carte equivalenti, se sulla carta vengono mantenute inalterate le aree rispetto alle corrispondenti superfici dell'ellissoide.

carte equidistanti, se vengono mantenute inalterate le distanze solamente in certe direzioni.

carte conformi o isogoniche se sulla carta gli angoli vengono conservati uguali a quelli presenti sull'ellissoide.

carte aflattiche se vengono ridotti sotto ad un certo limite tutti i tipi di deformazione³.

Ulteriori caratteristiche che possono risultare da una proiezione sono:

linee lossodromiche: permettono di tracciare con una retta sulla carta delle rotte che tagliano i meridiani con angolo (della bussola) costante.

linee ortodromiche: permettono di tracciare con una retta sulla carta la rotta più breve

³Ad esempio attraverso l'applicazione di coefficienti di riduzione delle coordinate, vedi Tabella 4.1.

Capitolo 3

Struttura dei dati in *GRASS* [4]

Grass conserva i dati in una cartella che prende il nome di *Database* all'interno della quale sono contenuti tutti i dati geografici presenti sulla macchina (anche se è comunque possibile, ma non sempre utile, tenere più database differenti su una sola macchina). All'interno di un database la struttura procede per via gerarchica in *Locations* e *Mapsets*:

Location: costituisce una base di dati indipendente, caratterizzata da un proprio tipo di proiezione, un proprio ellissoide di riferimento e da un sistema di coordinate specifico, nonché da una propria *Default Region*¹ (vedi Figura 3.1).

Mapset: è la cartella di lavoro di ogni singolo utente. Le proprietà definite a livello di *Location* (come sistema di riferimento, massima estensione geografia, etc...) vengono estese ad ogni *Mapset* contenuto. Ogni utente può modificare solamente i dati contenuti nel proprio *Mapset*. Indipendentemente dai *Mapset* personali, in ogni *Location* è sempre presente un *Mapset speciale* chiamato *PERMANENT* al quale ha accesso solo l'utente che ha creato la *Location*. Gli altri utenti avranno un'accesso ristretto alla sola lettura (e quindi anche copiatura) dei dati.

3.1 Tipi di dati

I dati con cui Grass è in grado di lavorare sono principalmente di due tipi:

3.1.1 Raster

Sono informazioni memorizzate in matrici numeriche i cui elementi rappresentano ciascuno una porzione nota di forma rettangolare di territorio. Ad ognuna di queste porzioni è associato un valore numerico. Attraverso l'indicizzazione dei valori in un apposito file dove viene associato al numero una definizione testuale è possibile creare carte tematiche interrogabili (tipo di vegetazione, comune, nome dell'aggregato urbano, etc). I valori contenuti in un raster possono essere di tipo intero o con virgola mobile. Vedi Figura a pag 9, come esempio di raster esportato in formato testuale.

¹È la massima estensione geografica che grass visualizzerà di default, dovrebbe comprendere i limiti della cartografia digitale introdotta. La *Regione di default* è caratterizzata anche da una propria risoluzione in direzione N-S e O-E con la quale *GRASS* opera sia nella visualizzazione che nella creazione di altre mappe. La risoluzione a cui si lavora acquista particolare importanza quando si lavora su dati di tipo fotografico.

3.1.2 Vettoriali

Un'altro tipo di supporto gestito da *GRASS* è costituito dalle carte vettoriali. Vengono gestite in modo simile a delle carte raster ma il principio su cui si basano è completamente differente. In un file vettoriale vengono definite geometrie di diversa natura (come linee, punti, poligoni, etc...) mediante le coordinate dei singoli punti che le definiscono. Vedi listato di un vettoriale esportato in formato testuale nella Figura a pagina 10.

3.1.3 I comandi di *GRASS*

I comandi di *grass* sono dei veri e propri programmi, quasi indipendenti, che permettono di operare in modi molto diversi sia su raster che vettoriali. I comandi sono genericamente suddivisi in queste categorie:

- d.* : svolgono operazioni sui display, servono per la visualizzazione, lo zoom, l'apertura e la chiusura dei display. Solitamente non sarà necessario utilizzarli direttamente visto che questo tipo di funzioni sono tutte svolte dal *GIS Manager*.
- db.* : servono per definire connessioni a database².
- g.* : sono comandi di tipo generale, fanno parte di questa categoria comandi come *g.region*, *g.manual*, *g.remove*, etc.
- g3.* : la stessa cosa dei comandi di tipo g.*, ma sono specifici per le operazioni 3D
- i.* : sono relativi alla gestione delle immagini: saranno ampiamente usati nel corso della trattazione. Sono comandi come *i.rectify*, *i.group*, *i.target*, etc.
- p.* : per stampare sul monitor elementi come le etichette, servono sostanzialmente per l'impressione del display.
- pg.* : sono specifici per le operazioni su database *postGRASS* (*postgres* + *GRASS*).
- ps.* : per l'esportazione di mappe in formato *postscript*.
- r.* : per operare sui raster.
- r3.* : per operare su raster di tipo 3D³.
- v.* : per operare su vettoriali.

²*GRASS* è in grado di connettersi a diversi tipi di database, in particolare connettendosi ad un database di tipo Postgres è possibile definire geometrie di diversa natura: linee, poligoni, punti, etc. Una tabella contenente questo tipo di dati geografici può essere popolata e arricchita con informazioni specifiche sulle geometrie: se ad esempio la geometria descrive una linea di confine potremmo aggiungere quali sono gli stati confinanti. Una volta connesso al database *GRASS* interpreta le geometrie descritte nella tabella come se si trattassero di normali vettoriali.

³Sono raster che permettono in ogni cella la gestione di più valori, il corrispondente matematico è una matrice in cui ogni elemento è un *array* di più valori. Vengono solitamente impiegati per la gestione di dati di tipo geologico o relativo all'inquinamento.


```
north: 15
south: 0
east: 15
west: 0
rows: 15
cols: 15
```

```
3 3 3 3 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3
3 3 3 3 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3
1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
3 3 3 3 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
3 3 3 3 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
3 3 3 3 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
3 3 3 3 2 2 2 1 1 1 1 1 3 3 3
3 3 3 3 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3
3 3 3 3 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3
```

Figura 3.2: Listato di un raster esportato in formato testuale.

```

L 6 1
-8230.91666667 -6650.33333333
-7178.91666667 -2310.83333333
-2072.33333333 -2880.66666667
-2576.41666667 -6672.25
974.08333333 -5751.75
754.91666667 -2880.66666667
1 1

P 1 1
-4527 -1719.08333333
1 2

P 1 1
97.41666667 -2924.5
1 3

P 1 1
-5228.33333333 -4590.16666667
1 4

P 1 1
-2554.5 -8579
1 5

B 7 1
-406.66666667 -5181.91666667
-582 -3538.16666667
1105.58333333 -3582
2617.83333333 -4020.33333333
1609.66666667 -5335.33333333
754.91666667 -4634
207 -5401.08333333
1 6

```

Figura 3.3: Vettoriale esportato in formato testuale: si notano le diverse geometri che definisce. Una linea formata da 6 vertici, quattro diversi punti, una geometria di tipo boundary formata da 7 vertici.

Capitolo 4

Importazione e georeferenziazione di carte topografiche

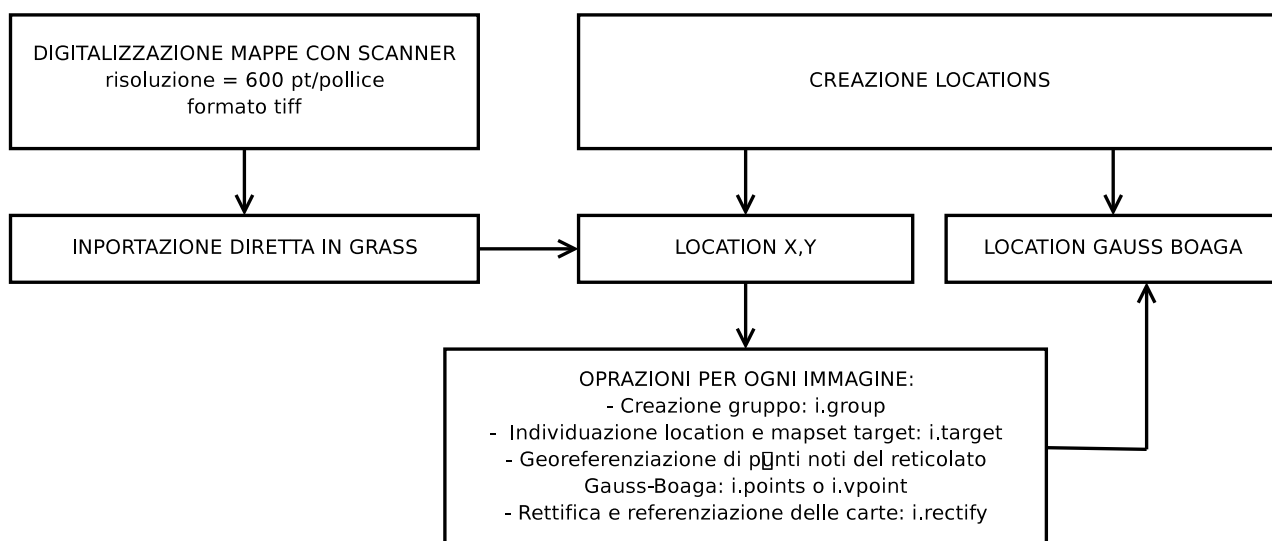


Figura 4.1: Schema dell'importazione e georeferenziazione con *GRASS*.

4.0.4 La cartografia in questione

La cartografia utilizzata in questo progetto è costituita da una sezione in scala 1:10.000 della carta topografica generale della provincia autonoma di Trento. La sezione in è la numero 060140 individuata dal toponimo *Mattarello*.

Dati Tecnici [5] [2] [1]

Sono stati definiti degli standard per la costruzione delle carte tecniche regionali (in questo pubblicate direttamente dall'ente provinciale, essendo Trento una provincia autonoma). Si tratta di una rappresentazione nazionale gaussiana (Gauss-Boaga), omogenea con quella della cartografia topografica dell'I.G.M..

L'ellissoide adottato è quello di Hayford¹ (vedi Tabella 2.1) modificato per l'orientamento sull'osservatorio di Monte Mario².

¹Si tratta dell'ellissoide calcolato nel 1909 da Hayford. Venne adottato come ellissoide internazionale al congresso di Madrid del 1924.

²Significa che tale punto (Monte Mario) è il punto di tangenza tra geoide ed ellissoide ed in tale posizione la

Tabella 4.1: Parametri di definizione della rappresentazione Gauss-Boaga

Ellissoide	Internazionale orientato a Roma (Monte Mario)
Coordinate Monte Mario	$\varphi = 41^{\circ}55'25''$, 51 $\lambda = 12^{\circ}27'08''$, 40
Fusi	2 fusi di 6° ciascuno (fuso Est e fuso Ovest)
Meridiano Centrale fuso Ovest	9° Est Greenwich
Meridiano Centrale fuso Est	15° Est Greenwich
Falsa Origine fuso Ovest	1.500 km
Falsa Origine fuso Est	2.520 km
Riduzione delle coordinate	Con coefficiente 0,9996

4.0.5 Preparazione delle *locations* (vedi la Figura 3.1)

La prima cosa da fare è la creazione delle *locations* di lavoro. Sono necessarie due *locations* diverse:

- Una *location* di tipo x,y, che chiameremo *immagini*, all'interno della quale verranno caricati i file tiff ottenuti dalla scansione delle carte.
- Una *location* con un sistema di coordinate equivalente a quello usato per il reticolato della carta che chiameremo *gauss-boaga*.

La perfetta corrispondenza tra sistema della carta e della *location* è necessaria per due motivi:

1. Nel corso delle operazioni di georeferenziazione saranno individuati dei punti su ogni porzione di carta³ ai quali verranno associate delle coordinate reali nel sistema Gauss-Boaga. Per questa operazione si utilizzeranno i punti di coordinate note della carta (angoli NO, NE, SO, SE; intersezioni del reticolato Gauss-Boaga). A questo punto il computer trasferirà la carta dalla *location* x,y nella *location* con sistema Gauss-Boaga, questo avverrà dopo un'opportuna operazione di adattamento per creare la coincidenza tra punti della carta e coordinate della *location*.
2. Successivamente potrà essere utile esportare la carta in una qualunque altra proiezione/ellissoide. Anche per questo è necessario che la cartografia presente nella *location* sia correttamente georiferita. Allo stesso modo potrebbe essere necessaria l'importazione di dati provenienti da *location* diverse: questa operazione è ottenuta con la riproiezione automatica delle stesse a seconda dei parametri che descrivono le due *locations*.

4.0.6 Location x,y

Si avvia *GRASS* dalla consolle con il comando:

```
$ grass60
```

Nella finestra che compare selezioniamo *Create New Location*. Tornati alla consolle digitiamo il nome della *location* (*immagini*), un nome per il mapset (dovrebbe essere impostato automaticamente con il nome dell'utente che ha avviato *GRASS*) e la posizione (la cartella) del Database sulla macchina.

```
LOCATION:  immagini_____ (enter list for a list of locations)
MAPSET:  luca_____ (or mapsets within a location)
```

```
DATABASE: /mnt/dati2/GrassDB_____
```

normale ellissoidica coincide con la normale al geoide.

³Vista la dimensione originale della sezione è stato necessario suddividerla in più scansioni.

Inseriti tutti i dati richiesti si prosegue alla schermata successiva con la successione di comandi ESC e ENTER. Alla domanda successiva, che ci chiede se vogliamo creare una nuova location, rispondiamo y battendo ENTER:

```
Would you like to create location <immagini> ? (y/n) [y]
```

La domanda successiva ci chiede se possediamo tutte le informazioni necessarie per creare la location.

```
To create a new LOCATION, you will need the following information:
```

1. The coordinate system for the database
 - x,y (for imagery and other unreferenced data)
 - Latitude-Longitude
 - UTM
 - Other Projection
2. The zone for the UTM database and all the necessary parameters for projections other than Latitude-Longitude, x,y, and UTM
3. The coordinates of the area to become the default region and the grid resolution of this region
4. A short, one-line description or title for the location

```
Do you have all this information? (y/n) [y]
```

Proseguiamo con y (o ENTER). Ci verrà chiesto il tipo di location da creare:

```
Please specify the coordinate system for location <immagini>
```

- A x,y
 - B Latitude-Longitude
 - C UTM
 - D Other Projection
- ```
RETURN to cancel
```

Digitiamo A, rispondendo y alla domanda successiva. A questo punto ci viene chiesta una piccola descrizione per la location, si tratta di una descrizione che non influenzerà in alcun modo il funzionamento di *GRASS*. Dovrebbe comunque essere inserita una descrizione che ci permetta di capire a colpo d'occhio che tipo di materiale contiene la location. Digitiamo:

```
Please enter a one line description for location <immagini>
```

```
> immagini da georeferenziare
```

Rispondiamo y alla domanda successiva. A questo punto ci viene chiesto di individuare la massima estensione geografica della location e la relativa risoluzione. Bisogna notare che un'immagine non georeferenziata viene caricata da *GRASS* nel terzo quadrante del sistema di riferimento, le coordinate saranno negative lungo entrambi gli assi di riferimento. L'immagine digitalizzata ha una risoluzione di 7320 x 10320 (10320 è l'altezza) inseriremo quindi i seguenti valori:

## DEFINE THE DEFAULT REGION

```
===== DEFAULT REGION =====
| NORTH EDGE:100_____ |
| |
WEST EDGE | | EAST EDGE
-7420_____ | | 100_____
| SOUTH EDGE:-10420____ |
| |
=====
```

In questo caso abbiamo definito una regione di default che mostrerà le immagini caricate, mantenendo sui lati dell'immagine uno spazio di 100 pixel/celle. Ovviamente questo non è affatto necessario, lo si è fatto per avere una maggior facilità successiva nella gestione di eventuali operazioni di zoom. Definire correttamente la regione non è fondamentale, ci eviterà semplicemente di dover andare a cercare, dopo ogni zoom, la regione che ci interessa. Per quanto riguarda la risoluzione sarà opportuno mantenere il valore pari a 1 in ogni direzione.

## GRID RESOLUTION

```
East-West: 1_____
North-South: 1_____
```

Proseguendo con la sequenza ESC e ENTER, ci viene proposto un resoconto che accettiamo con y.

### 4.0.7 Location Gauss-Boaga

La location Gauss-Boaga può essere creata in due modi diversi:

1. Attraverso un codice EPSG
2. Attraverso la procedura per creare una location di tipo **D: Other Projection**.

#### Con codice EPSG

Il procedimento per creare una nuova location utilizzando un codice EPSG è estremamente semplice. Avviato grass:

```
$ grass60
```

Si sceglie nella finestra la voce *Create Location From EPSG Code*, si sfogliano i vari codici fino ad aver individuato quello adatto. In questo caso il codice corrisponderebbe al numero 26591:

```
Monte Mario (Rome) / Italy zone 1
<26591> +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=-3.452333333333333 +k=0.999600 +x_0=1500000
+y_0=0 +ellps=intl +pm=rome +units=m +no_defs <>

Monte Mario (Rome) / Italy zone 2
<26592> +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=2.547666666666667 +k=0.999600 +x_0=2520000
+y_0=0 +ellps=intl +pm=rome +units=m +no_defs <>
```

Inserito il codice nella finestra iniziale *GRASS* produrrà automaticamente la nuova location.

## Definizione manuale della location

Per essere sicuri della correttezza della location creata è preferibile definirla manualmente attraverso la procedura di tipo **D: Other Projection**. Si avvia *GRASS* con il solito comando:

```
$ grass60
```

si sceglie la voce *Create New Location* e si definisce il nome della nuova location, in questo caso verrà chiamata *gauss-boaga*, proseguendo poi fino alla schermata che ci chiede di specificare il sistema di riferimento:

```
A x,y
B Latitude-Longitude
C UTM
D Other Projection
```

Pur trattandosi di una particolare forma di UTM, il sistema Gauss-Boaga deve essere creato ricorrendo all'opzione *D Other Projection*. Inseriamo poi una breve descrizione, in questo caso:

```
Please enter a one line description for location <gauss-boaga>

> Gauss-Boaga estensione su Mattarello
```

Da questo punto in poi si entra nel vivo della definizione della location: per prima cosa ci viene chiesto di specificare il tipo di proiezione: si tratta in questo caso di una proiezione trasversa di mercatore. Con il comando *list* possiamo scorrere tra le proiezioni disponibili, fino ad individuare quella più adatta:

```
...
lcc -- Lambert Conformal Conic
merc -- Mercator
tmerc -- Transverse Mercator
leac -- Lambert Equal Area Conic
laea -- Lambert Azimuthal Equal Area
...
```

Individuata la proiezione, si trascrive il nome (*tmerc* in questo caso) e si procede con ENTER. Ora è necessario specificare l'ellissoide da usare, alla domanda rispondiamo *y* e visualizziamo la lista di ellipsoidi disponibili con *list*:

```
...
rd18 Amersfoort
 (bessel ellipsoid)

rome40 Monte_Mario
 (international ellipsoid)

S-42 Pulkovo_1942
 (krassovsky ellipsoid)
...
```

Individuato l'ellissoide internazionale, riferito a Monte Mario, si procede inserendo *rome40*. In questo modo abbiamo definito l'ellissoide nazionale, che è basato sull'ellissoide di Hayford. I parametri per modificare l'ellissoide devono essere scelti tra quattro possibilità proposte:

| Number | Details                                                                                                                 |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Used in Italy (Peninsular Part)<br>(PROJ.4 Params towgs84=-104.1,-49.1,-9.9,0.971,-2.917,0.714,-11.68)<br>Accuracy 3-4m |
| 2      | Used in Italy (Sardinia)<br>(PROJ.4 Params towgs84=-168.6,-34.0,38.6,-0.374,-0.679,-1.379,-9.48)<br>Accuracy 3-4m       |
| 3      | Used in Italy (Sicily)<br>(PROJ.4 Params towgs84=-50.2,-50.4,84.8,-0.690,-2.012,0.459,-28.08)<br>Accuracy 3-4m          |
| 4      | Used in Default rome40 region<br>(PROJ.4 Params towgs84=-225.000,-65.000,9.000)<br>Default 3-Parameter Transformation   |

I parametri che fanno al caso nostro sono contrassegnati con il numero 1. Il parametro che ci viene qui chiesto di scegliere definisce il sistema di riferimento utilizzato per l'ellissoide che abbiamo già selezionato. I valori dopo l'uguale sono rispettivamente: spostamento lungo gli assi x/y/z, rotazioni sugli assi x/y/z, fattore di scala generale.

Immediatamente dopo aver effettuato la scelta ci viene chiesto di specificare il parallelo centrale di riferimento, per noi va bene quello standard, cioè, quello a latitudine 0.

Enter Central Parallel [lat\_0] (23N) :0

La domanda viene ora ripetuta per individuare il meridiano di origine, nel sistema Gauss-Boaga si tratta del 9° Est:

Enter Central Meridian [lon\_0] (96W) :9E

A questo punto è necessario immettere il coefficiente per la riduzione delle coordinate. Questo coefficiente serve per mantenere l'errore (che sarebbe pari a 0 solamente nella zona centrale) il più omogeneo possibile su tutto il territorio, in modo che in ogni luogo sia sempre e comunque minore dell'errore di graficismo della carta (vedi Sezione 2.0.5). Inseriamo il coefficiente:

Enter Scale Factor at the Central Meridian [k\_0] [1.0000000000]:0.9996

Ora si tratta di inserire i valori per la falsa origine del sistema di coordinate lineari per la coordinata Est (vedi Tabella 4.1):

Enter False Easting [x\_0] [0.0000000000]: 1500000

Per la falsa origine Nord non è necessario alcun tipo valore, procediamo con ENTER. Ci vengono richiesti i nomi da impiegare per le unità di misura. Questi ultimi punti sono molto comodi se si preferisce lavorare con delle unità di misura particolari, come quelle anglosassoni. Nel nostro caso ci si limita a ridefinire la nomenclatura dell'unità. Prima il nome plurale:

Enter plural form of units [meters]: metri

Poi quello singolare:

Enter singular for unit: metro

Infine il rapporto tra l'unità lineare appena definita e il metro. Nel nostro caso vale 1:

```
Enter conversion factor from metri to meters: 1
```

Ora non ci resta altro che definire i limiti della regione di default. La regione dovrà contenere l'intera sezione di Mattarello. Sulla carta tecnica provinciale leggiamo i seguenti valori:

Tabella 4.2: Coordinate dei vertici al m  
Coordinate nel sistema Gauss-Boaga

| Vertice | N       | E       |
|---------|---------|---------|
| NO      | 5101634 | 1661125 |
| NE      | 5101806 | 1667572 |
| SO      | 5096078 | 1661271 |
| SE      | 5096251 | 1667724 |

```
n=5101962.05602527 s=5095903.85024479 w=1660963.57898668 e=1667873.76694717 nsres=0.30874558
ewres=0.60583798
```

Anche in questo caso si preferisce mantenere una regione con delle estensioni di poco superiori al necessario, in modo da poter poi visualizzare una parte di carta maggiore allo stretto necessario. I valori scelti sono:

```

===== DEFAULT REGION =====
| NORTH EDGE:5101965___ |
| |
WEST EDGE | | EAST EDGE
1660960___ | | 1667875___
| SOUTH EDGE:5095900___ |
=====

```

La risoluzione si lascia impostata a 1 e si termina con ESC e INVIO.

#### 4.0.8 Generalità sull'importazione di cartografia

È ora il momento di iniziare a usare *GRASS* per georeferenziare le carte. Per fare questo dobbiamo avviare *GRASS* con il solito comando e accedere alla location *immagini* (la location di tipo x,y). Sarà opportuno accedere al mapset PERMANENT, ma questo non è fondamentale. Possiamo accedere a uno qualunque dei mapset esistenti, oppure possiamo crearne uno personalizzato. Potremmo per esempio definire un mapset chiamato *ctp* (carta tecnica provinciale) e tenerci esclusivamente le porzioni di carta tecnica da georeferenziare e poi crearne un'altro dove tenerci, ad esempio, delle ortofoto. Per ora possiamo continuare ad usare il mapset PERMANENT. Dopo aver selezionata la location che ci interessa (*immagini*) e il mapset, avviamo *GRASS* dall'interfaccia grafica con il pulsante *Enter GRASS*. Avviato *GRASS* ci troveremo di fronte ad una situazione di questo tipo: la consolle dovrebbe aver preso questa forma:

```
GRASS 6.0.0 (immagini):~ >
```

e dovrebbe essersi avviata l'interfaccia grafica che prende il nome di *GRASS 6.0.0 GIS Manager - immagini*. Da questa finestra è possibile effettuare quasi tutte le operazioni che possono essere svolte dalla linea di comando (consolle). Un comando di *GRASS* lanciato direttamente dalla linea di comando ha questa forma:

```
i.rectify group=ctp input=ctp1clean extension=rect order=2
```

Questo comando (che useremmo più avanti) significa: *rettifica* (georeferenziazione) l'immagine (il raster) che si chiama *ctp1clean* e che appartiene al gruppo *ctp* usando per il calcolo un polinomio di *second'ordine*. Chiama il raster risultante *ctp1cleanrect*. Ovviamente scrivere un comando del genere non è né facile né comodo, bisognerebbe conoscere a fondo la sintassi di ogni comando con il rischio di sbagliarsi o dimenticarsi parametri necessari. Per questo motivo l'interfaccia grafica ci offre una sorta di *maschera* che ci guida nella creazione del comando desiderato. Una volta inserite tutte le voci necessarie si procede avviando il comando con il pulsante *Run*. Lo stesso comando di prima può infatti essere composto con questa maschera:

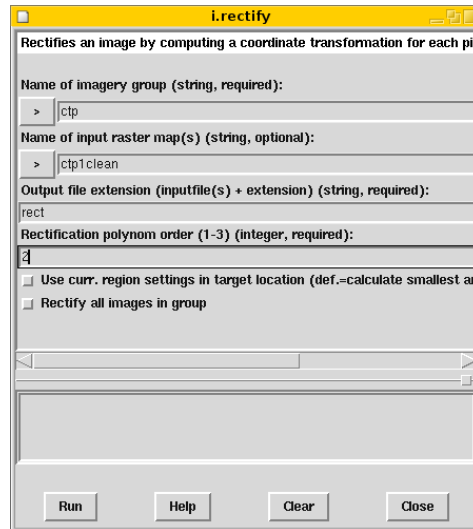


Figura 4.2: Interfaccia per la creazione del comando *i.rectify*

L'accesso a queste maschere avviene in due modi diversi: attraverso il *GRASS GIS Manager* o avviando alla console un comando semplice, del tipo:

```
GRASS 6.0.0 (immagini):~ >i.rectify
```

Nel corso di questo lavoro verrà utilizzata quella che mi pare la soluzione più semplice: si avvieranno i comandi dalla console e si compileranno le maschere proposte da *GRASS*. Bisogna inoltre ricordare che per quanto l'interfaccia sia utile a volte potrebbe essere necessario informarsi sul comando che si sta utilizzando. Questo può essere fatto accedendo alla guida di *GRASS* con il comando:

```
GRASS 6.0.0 (immagini):~ > g.manual
```

che avvia una maschera con la quale si possono cercare informazioni o che può essere usata semplicemente per avviare un browser (ad esempio Mozilla o Netscape) per scorrere le pagine della guida. Una soluzione ancora più semplice ed immediata è quella di usare un comando di questo tipo:

```
GRASS 6.0.0 (immagini):~ >man command
```

Dove *command* è il comando che ci interessa, sul quale vogliamo avere informazioni. Ci si presenterà la pagina della guida relativa al comando direttamente nella console. Con il comando:

```
GRASS 6.0.0 (immagini):~ >g.manual command
```

otterremo la pagina della guida relativa al comando *command* nel browser predefinito.

#### 4.0.9 Caricamento delle immagini

Si procede caricando tutte le immagini della cartografia da georeferenziare nella location. Il comando da utilizzare è *r.in.gdal*<sup>4</sup>.

La maschera che ci appare deve essere completata con tutti i campi che sono marcati come *required*. Sarà sufficiente completare i primi due campi: nel primo è necessario digitare il percorso dell'immagine da importare e nel secondo il nome che assumerà il raster importato (*ctp1* nel nostro caso). Avviamo con *Run* e attendiamo la fine dell'operazione. Ora abbiamo caricato in locale (all'interno del nostro mapset) l'immagine.

#### 4.0.10 Definizione di un gruppo e di una location target (bersaglio)

Per operare su delle immagini, come in questo caso, è necessario definire l'appartenenza delle singole immagini a un gruppo. Questa operazione è svolta con il comando *i.group*. Viene definito un gruppo che prende il nome *ctp* al quale appartiene l'immagine (*ctp1*) appena caricata. Questa operazione dovrà essere svolta per ogni immagine, o dopo aver caricato tutte le immagini, potrà essere svolta una volta sola includendo nel gruppo tutte le immagini. Anche se in questo caso non ci sarà di particolare aiuto, in alcuni casi l'utilizzo di gruppi può essere molto utile, dato che potremmo voler operare su di un intero gruppo invece che su una sola immagine raster.

Un'altra operazione che deve essere fatta consiste nell'individuare una location target. Si tratta della location nella quale verranno posizionati i raster georiferiti. L'operazione di assegnazione di una *target-location* si effettua con il comando *i.target*. In questo caso si riempiranno i campi indicando come location target quella creata precedentemente (*gauss-boaga*).

#### 4.0.11 Individuazione di punti di coordinate note sulla mappa.

A questo punto è necessario individuare sulla mappa dei punti di coordinate note che *GRASS* utilizzerà per georiferire la carta. L'operazione viene fatta ricorrendo al comando *i.points* o *i.vpoints*. Entrambi i comandi svolgono la stessa operazione con la sola differenza che *i.vpoint* permette il caricamento, nel corso delle operazioni, di dati di tipo vettoriale. Avviato il comando, ci viene chiesto su quale gruppo desideriamo operare. Digitiamo *ctp*, che è il gruppo definito nella sezione 4.0.10 e procediamo a lavorare nel display, che dovrà essere stato precedentemente avviato (e possibilmente ingrandito a tutto schermo) usando il comando predefinito nel GIS Manager.

Il display appare diviso in quattro parti: nella parte superiore verranno visualizzati i due raster (in questo caso ne useremo uno solo) visualizzati con il pulsante PLOT (chiamato RASTER se si sta utilizzando il comando *i.vpoints*). Nel nostro caso non sarà necessario usare questo comando per caricare dei raster, dato che subito dopo aver digitato il nome del gruppo, ci viene immediatamente richiesto il nome di un raster presente nella location *immagini*. Selezioniamo il raster *ctp1* (o il raster che dobbiamo georiferire), che verrà visualizzato in alto a sinistra. Con il pulsante a video ZOOM, si individua una zona del raster fino ad individuare punti di coordinate note. Nel nostro caso utilizzeremo il reticolato del sistema *gauss-boaga*. Leggendo le

---

<sup>4</sup>Un'immagine viene trattata da *GRASS* esattamente come un raster. Sarà quindi soggetta anche alla risoluzione che stiamo utilizzando. Sebbene a questo punto del lavoro non abbia importanza, dato che l'immagine verrà caricata mantenendo l'intera risoluzione originale, una volta georeferenziata l'immagine verrà visualizzata con la risoluzione che definiamo di volta in volta. Questo potrebbe causare degli antipatici disguidi nella visualizzazione che potrebbe apparire *squadrettata* se la risoluzione non è sufficiente oppure potrebbe essere soggetta a tempi di visualizzazione eccessivamente lunghi se la risoluzione è troppo accurata (assume cioè valori troppo bassi). Da ricordare inoltre che quando si lavora su un raster (o su un vettoriale) e si ottiene da quello un altro raster (o vettoriale) attraverso dei calcoli di qualunque genere (come la creazione di un DTM o il tracciamento delle curve di livello), verrà assunta come griglia di lavoro quella definita nella vista corrente. Significa che se svolgiamo un calcolo su un raster con una risoluzione troppo bassa otterremo un raster inutilmente ricco di informazioni (oltre ad un tempo di calcolo eccessivo), mentre se usiamo una risoluzione troppo alta otterremo dei dati poveri di informazioni (anche se con un tempo di calcolo ridotto).

coordinate direttamente sulla carta ci è possibile conoscere la posizione dei punti. Muovendosi con ZOOM (sia nella schermata superiore che in quella inferiore) fino al punto preciso del vertice del reticolato. Ora con il pulsante sinistro del mouse clicchiamo sul punto che ci interessa, comparirà un simbolo a forma di diamante. Nella consolle ci vengono ora chieste le coordinate del punto, le inseriamo dopo averle individuate della carta e procediamo con INVIO e *y*. Le coordinate ci vengono richieste in ordine E N, per esempio la corretta trascrizione del vertice NO della carta (vedi Tabella 4.2) è:

```
Enter coordinates as east north: 1661125 5101634
```

Procediamo in questo modo per tutti i punti che riusciamo ad individuare, con la maggior precisione che lo ZOOM ci consente. Terminato questo lavoro controlliamo i punti inseriti e l'errore che prendo il nome di RMS (Root Mean Square - Radice quadratica media), cioè la deviazione standard calcolata per le coordinate inserite. Questo valore ci indica l'errore a cui stiamo andando incontro considerando i punti individuati con le coordinate digitate.

#### 4.0.12 Rettifica delle immagini

Il trasferimento della mappa nella nuova location *gauss-boaga* avviene con il comando *i.rectify*. Questo comando utilizza i punti identificati con il comando *i.points* o *i.vpoints* per calcolare una matrice di trasformazione basata su di un polinomio di I, II o III grado. Successivamente converte le coordinate x,y dell'immagine in un sistema di coordinate differente (nel nostro caso nel sistema *gauss-boaga*). Il risultato che si ottiene è un'immagine planimetrica basata sul nuovo sistema di coordinate delle *location target*.

La trasformazione delle coordinate si basa su un polinomio che può essere di primo, secondo o terzo grado.

- Linear affine transformation (trasformazione di primo grado): si basa su di un equazione del tipo:

$$\begin{cases} x' = ax + by + c \\ y' = Ax + By + C \end{cases}$$

dove *a,b,c,A,B,C* vengono determinati sulla base dei punti di controllo individuati. Questo tipo di trasformazione scala, trasla e ruota l'immagine. Una trasformazione di questo tipo può essere utilizzata solamente se le immagini che si stanno trattando sono geometricamente corrette, come nel nostro caso.

- Polynomial Transformation Matrix (trasformazione di secondo e di terzo grado) Si tratta di una trasformazione più complessa e per questo richiede un numero di punti maggiore. Il numero di punti necessari viene calcolato con la formula:

$$\frac{(n+1)(n+2)}{2}$$

dove *n* è il grado del polinomio scelto. Di conseguenza sono rispettivamente necessari 3, 6 e 10 punti per un polinomio di primo, secondo o terzo grado.

Per rettificare le immagini nel nostro caso il comando che utilizziamo è:

```
i.rectify group=ctp input=ctp1clean extension=rect order=1
```

comando che può facilmente essere composto con la maschera proposta da *GRASS*. l'operazione di rettifica deve essere fatta per ognuna delle immagini che fanno parte della scansione in modo da ricomporre completamente la sezione della carta tecnica nella location *gauss-boaga*.

#### 4.0.13 Unione dei raster con *r.patch*

Termine le operazioni di rettifica possiamo accedere alla location *gauss-boaga* e verificare il lavoro che abbiamo svolto. Per fare questo è necessario uscire e riavviare *GRASS* accedendo alla location che ci interessa. Con il *GRASS GIS Manager* visualizziamo tutti i raster che abbiamo importato, applicando l'opzione *overlay* per ognuno dei raster. A questo punto non ci resta che unire tutti i raster in un raster unico con il comando *r.patch*. È un'operazione estremamente semplice, avviato il comando, si completa la maschera inserendo nei campi i nomi dei raster importati e quello del raster che desideriamo ottenere, possiamo indicare il nome che preferiamo per il raster prodotto dal comando, in questo caso scegliamo di chiamarlo *unione-ctp*. Anche in questo caso bisogna ricordare che l'operazione di unione verrà fatta solamente sui raster compresi nella *region* corrente. Potrà quindi essere opportuno definire una regione di visualizzazione opportuna per la zona che ci interessa prima di procedere con *r.patch*.

#### 4.0.14 Elaborazione dei raster con *r.mapcalc*

Le immagini (nel caso specifico) sono state digitalizzate con una precisione di 600 punti per pollice e sono state salvate come immagini in cui i colori sono una scala di grigi. Non si tratta di un vero e proprio bianco e nero (dove esisterebbero solo questi due colori) ma di una scala cromatica ricca di sfumature di grigi. Per permetterne una migliore visualizzazione a livello di GIS (nonchè per permettere la sovrapposizione della carta digitalizzata con altre informazioni - come le ortofoto-) si procederà operando sulle immagini in modo da trasformarle in raster di tipo binario. In un raster così strutturato le celle possono essere o nulle (contenere il valore `null()`) oppure contenere un numero (nel nostro caso si è scelto il numero 1) che verrà rappresentato con un colore a nostra scelta. Per queste operazioni ricorremo al comando *r.mapcalc*. Questo tipo di comando è sprovvisto di interfaccia grafica. Questa mancanza è data da un motivo molto semplice: *r.mapcalc* assume la forma di un ambiente di calcolo all'interno del quale è possibile eseguire comandi complessi sui raster che vanno dalla semplice addizione o sottrazione fino a specifiche analisi di tipo iterativo in grado di analizzare il raster per fornire risultati complessi.

Utilizzando *r.mapcalc* ridurremo i colori ai valori binari di `null()` e 1. Lanciato *r.mapcalc* la consolle cambia e si ottiene:

```
GRASS 6.0.0 (immagini):~ > r.mapcalc
Enter expressions, "end" when done.
mapcalc>
```

A questo punto possiamo introdurre una qualsiasi operazione aritmetica o logica da far eseguire sulle matrici. Nel nostro caso si è scelto di operare in questo modo:

```
mapcalc>ctp-bn = if(unione-ctp > 50 , null(), 1)
```

dato l'invio il comando deve essere terminato con l'istruzione *end* seguita da un altro invio. Si tratta di una semplice operazione eseguita su delle matrici numeriche. Significa: crea un nuovo raster col nome *ctp-bn* formato dai valori risultanti dalle operazioni dopo l'uguale. L'operazione che si richiede a *r.mapcalc* di eseguire non è altro che un'istruzione di selezione di tipo *if* (*se*): se il valore delle celle contenute nel raster *unione-ctp*, ottenuto con *r.patch* è maggiore del valore 50 (che è stato scelto arbitrariamente sulla base di alcune sperimentazioni) sostituisci il valore 1, per tutte le altre sostituisci il valore `null()`. È importante ricordarsi che le operazioni fatte da *r.mapcalc* vengono eseguite sul raster nominato nella disequazione, prendendo però in esame solamente la regione definita nel display. *r.mapcalc* opera sui raster sulla base del reticolato definito dalla risoluzione: in questo caso la risoluzione di default è pari a 1, ma per accelerare i tempi sarebbe comunque possibile definire un valore di risoluzione maggiore (a discapito della grafica):

```
g.region res=5
```

#### 4.0.15 I colori

Dal calcolo otteniamo un nuovo raster che prende il nome di *ctp-bn*, in cui le celle che rappresentano un'informazione assumono il valore 1, mentre tutte le altre il valore null(). Il colore di visualizzazione predefinito per il valore di cella 1 è il viola. Se desideriamo cambiarlo utilizziamo il comando *d.color.sh* avviato attraverso il menù *Raster/Manage Map Colors/Modify Color Table*. Selezionato il raster che ci interessa *ctp-bn* procediamo a cambiare la mappatura dei colori con *Run*.

```

| CATEGORIES: 0 to 2 of 1 |
| |
| -> N no data |
| 0 |
| 1 |
| |
CATEGORY NUMBER: N
RED: 255 99%
GREEN: 255 99%
BLUE: 255 99%
SHIFT INCR: 10 3%

```

Con questa interfaccia è possibile cambiare i colori associati ai valori delle celle. Usando i comandi definiti nella schermata modifichiamo i valori delle categorie che ci interessano: in questo caso porteremo il colore per le celle con valore 1 al nero. Terminato si salva con *c* e si esce con *Q*.

#### 4.0.16 Importazione di un DTM (modello digitale del terreno)

Un DTM non è altro che un raster in cui ogni singola cella contiene la quota del terreno in quel punto. La situazione italiana non facilita la distribuzione di questi dati, come del resto di qualunque altro tipo di materiale, che vengono concessi a pagamento e non sono distribuiti con licenze gratuite come i dati degli Stati Uniti<sup>5</sup>. La situazione italiana, per quanto riguarda la distribuzione dei dati GIS, non è delle migliori visto che vengono richieste grandi somme di denaro per delle licenze che a volte pongono delle limitazioni che non ne permettono un uso completo.

Il modo più semplice, ma anche il più laborioso, di creare un DTM è quello di utilizzare le curve di livello presenti su di una mappa. In questo caso si tratta di un lavoro scarsamente automatizzabile, visto che raramente si ha a disposizione una mappa in cui le sole informazioni presenti siano le curve di livello. La pulizia di un raster può in effetti essere fatta utilizzando

<sup>5</sup>Gli Stati Uniti distribuiscono i dati della pubblica amministrazione con una particolare licenza che ne vieta l'uso solamente ai paesi avversi.

comandi come *r.thin* e, nel caso in cui le mappe siano a colori, utilizzando *r.mapcalc*, ma questi comandi producono comunque risultati che necessitano di altre elaborazioni. L'idea è quella di trasformare le curve di livello (solo quelle) in un vettoriale a cui far corrispondere ad ogni curva di livello la quota del terreno che traccia. Una volta che si è riusciti a produrre questo tipo di risultato le operazioni sono molto semplici, rapidamente è possibile ottenere un DTM alla risoluzione che più preferiamo. La creazione del DTM viene fatta per interpolazione delle curve di livello. Il modello matematico che viene usato per l'interpolazione e che meglio descrive (a livello statistico) il terreno non è quello dell'interpolazione lineare ma quello di una forma geometrica chiamata *spline a tensione definita*. Sono delle curve che tengono conto non solo delle due curve di livello che collegano, ma anche della curve precedenti e successive, attraverso una sorta di attitudine a deformarsi, definita con il parametro *tensione*.

Un DTM può essere utilizzato per molti scopi diversi, ci permette la creazione di rappresentazioni a curve di livello, di carte delle pendenze, di carte tematiche delle esposizioni, dei bacini idrici, etc... Vista l'eccessiva difficoltà nella creazione del DTM partendo dalla rappresentazione delle a curve di livello della carta tecnica si procede con l'importazione di un modello del terreno reperito in rete [8]: si tratta del modello con precisione di 90 m all'equatore realizzato dall'agenzia spaziale degli Stati Uniti. Il modello viene distribuito liberamente e copre quasi tutta la superficie terrestre. L'errore verticale di questa rappresentazione è sempre minore di 16 m, misura più che accettabile considerando la precisione generale del modello <sup>6</sup>. Il modello può essere scaricato dal sito: <http://srtm.csi.cgiar.org/index.asp>, accedendo ai dati via FTP all'indirizzo:

`srtm.csi.cgiar.org`

alla porta n° 21 del server, con nome utente *anonymous* e senza alcuna password.

Una volta ottenuta la porzione di territorio che ci interessa <sup>7</sup> dobbiamo riproiettarli nella location *gauss-boaga*. Per fare questo è necessario:

Creare una location coerente con i dati appena scaricati: si tratta di una location di tipo *latitudine-longitudine* basata sull'ellissoide *WGS84*, si rimanda alla procedura descritta nella figura 3.1.

Importare i dati nella location appena creata con il comando *r.in.gdal* con l'opzione *override projection* attivata in modo che *GRASS* ignori la mancanza di informazioni con cui il file viene distribuito <sup>8</sup>.

Accedere con *GRASS* alla location *gauss-boaga*, individuare la regione (con lo zoom) che ci interessa e chiedere a *GRASS* di riproiettare la mappa nella location corrente con il comando *r.proj* Questo comando ci chiede di specificare il raster da riproiettare e la location dove si trova.

Alla fine di queste operazioni ciò che si ottiene è un modello digitale del terreno per la zona di Mattarello. La precisione è di circa 90 m.

---

<sup>6</sup>Questo DTM è il frutto della collaborazione tra l'ente spaziale conosciuto come NASA (National Aeronautics and Space Administration) e l'agenzia per la difesa nazionale NGA (Department of Defense's National Geospatial-Intelligence Agency). L'USGS (U.S. Geological Survey) distribuisce gratuitamente i dati ottenuti dalla *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Il progetto SRTM ha lo scopo di mappare la superficie della Terra in tre dimensioni ad un livello di dettaglio mai visto in precedenza. Esistono dati per l'80 % della Terra, per un'area tra il 60 N e il 56 S di latitudine. Per il rilievo è stata utilizzata una tecnica conosciuta come *interferometria*, che permette di ricavare le quote da una coppia di antenne radar satellitari. I dati hanno una precisione di 1 secondo (circa 90 m) per i territori degli States e 3 secondi (circa 90 m) per gli altri territori.

<sup>7</sup>È necessario ricordare che l'area coperta dai dati è stata suddivisa in 72 colonne e 60 righe (quadrati di circa 5 gradi per 5 gradi). Significa che prima di scaricare è necessario individuare il pacchetto che ci interessa in modo da non sprecare tempo inutilmente.

<sup>8</sup>Si immagina che si sia scelto di scaricare i dati in formato *geotiff*, che riporta la georeferenziazione ma non le informazioni sul tipo di *datum* utilizzato (cioè dell'ellissoide usato).

## Capitolo 5

# Altri tipi di dati e considerazioni sui supporti

La forza di un sistema GIS sta nella possibilità di gestire dati geografici di ogni genere e origine e nella capacità di integrazione e analisi di questi dati. Per quanto riguarda la prima possibilità *GRASS* offre un supporto sicuramente forte e sicuro per lo stoccaggio di informazioni, considerando poi il supporto database fornito da diversi tipi di database servers si può certamente dire che in questo senso le possibilità sono infinite e adattabili ad ogni circostanza. Si va dalle applicazioni più tradizionali, legate alla geologia e alla redazione di carte tematiche, fino al rendering grafico con l'applicativo di *GRASS NVIZ*, passando per l'analisi di dati genetici per lo studio delle popolazioni sul territorio. Sono in questo senso infiniti i campi di applicazione di un GIS.

Un punto di forza di *GRASS* è senz'altro la possibilità di personalizzazione e di adattamento alle proprie esigenze del software. Significa che chiunque abbia esigenze particolari può scrivere un modulo (un comando) di *GRASS* e distribuirlo alla comunità contribuendo al miglioramento e al potenziamento del GIS. Sebbene questo sia un punto di forza che nei GIS commerciali è spesso carente, in un certo senso può diventare anche una debolezza e mancanza. I comandi di *GRASS* sono nella maggior parte dei casi piuttosto generici, questo per permettere l'adattabilità del comando a contesti diversi. Questa risorsa si trasforma a volte in una certa difficoltà di utilizzo, che per operazioni semplici richiede di effettuare più passaggi. Inoltre la carenza di un'interfaccia grafica integrata nelle sue parti non permette di avvicinarsi al software nel modo più semplice e diretto da parte dell'utente normale che spesso desidera lavorare con il principio *WYSIWYG*<sup>1</sup> su cui si basano molti software commerciali. Il mondo *open-source* ha come sempre reagito a questo tipo di mancanza avviando progetti come quello di *Quantum GIS*<sup>2</sup>, che seppur sia ancora un progetto molto giovane permette già un'ottima integrazione con *GRASS* attraverso un approccio diretto e accessibile.

---

<sup>1</sup>che sta per *what you see is what you get*, cioè quello che vedi è quello che ottieni.

<sup>2</sup><http://qgis.sourceforge.net/>

# Bibliografia

- [1] Descrizione della carta tecnica regionale.  
[www.regione.fvg.it/cartografia/allegati/DescCtrn.pdf](http://www.regione.fvg.it/cartografia/allegati/DescCtrn.pdf).
- [2] Sistemi di riferimento cartografici.  
[http://www.xcad.it/prodottiaccad/qualitarilievi/sistemi\\_riferimento.htm](http://www.xcad.it/prodottiaccad/qualitarilievi/sistemi_riferimento.htm).
- [3] *Manuale Cremonese del geometra*, 2004.
- [4] Maria Antonia Brovelli and Marco Negretti. Introduzione a grass - geographic resources analisis support system, v. 2.1 29/04/2004.  
[http://geomatica.como.polimi.it/corsi/sw\\_gis/](http://geomatica.como.polimi.it/corsi/sw_gis/).
- [5] Prof.ssa Maria Antonia Brovelli. Corso di cartografia numerica.  
<http://geomatica.como.polimi.it/corsi/cartografialaurea/introduzione.htm>.
- [6] Peter H. Dana. Map projection overview, from the last revision: 3/10/2000.  
[http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datum/datum\\_f.html](http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/datum/datum_f.html).
- [7] Renato Cannarozzo e Lanfranco Cucchiarini e William Meschieri. *Misure Rilievo Progetto*, volume II. Zanichelli, 2003.
- [8] USGS Eastern Region Geography. Shuttle radar topography mission (srtm) fact sheet, July 2003.  
<http://mac.usgs.gov/isb/pubs/factsheets/fs07103.html>.
- [9] Dino Masini and Corrado Mazzari. *Topografia*, volume I. 1977.
- [10] 2003-2005 GRASS Development Team. *GRASS GIS 6.1.cvs Reference Manual*.  
[http://grass.itc.it/grass60/manuals/html60\\_user/index.html](http://grass.itc.it/grass60/manuals/html60_user/index.html).

## Links

Informazioni e links su sistemi GIS open-source

<http://freegis.org/>

Modello del terreno (DTM) dell'intero pianeta

<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/topo/gltilles.html>

Informazioni su datums, proiezioni, gps e sistemi di riferimento

<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/notes.html>

Alcune informazioni su georeferenziazione delle informazioni geografiche digitali

<http://www.analisdifesa.it/numero17/do-geo.htm>

Conoscenze di base di cartografia

<http://www.guardiecologiche.piemonte.it/sito/Prevenzione/CorsoBaseCartografia.htm>

*GRASS GIS* Homepage

<http://grass.itc.it/index.php>

*GRASS* per windows

<http://geni.ath.cx/grass.html>

Enciclopedia libera

<http://it.wikipedia.org>

## Altre risorse

Canale IRC di *GRASS*: Server: FreeNode, Canale: #grass

Mailing List Internazionale di *GRASS*:

Iscrizione su [http://grass.itc.it/community/support.php#int\\_list](http://grass.itc.it/community/support.php#int_list), Indirizzo: GRASSLIST@baylor.edu

## Note

L'intero lavoro è stato realizzato e svolto esclusivamente con strumenti *open-source* su di una macchina *Gentoo GNU/Linux*:

$\LaTeX 2_{\epsilon}$ : software tipografico *open-source*, basato sul linguaggio  $\TeX$ . Utilizzato per l'impressione del documento.

DIA: usato per i grafici di pagina 8 e 11.

Xfig: per il disegno di pagina 2.