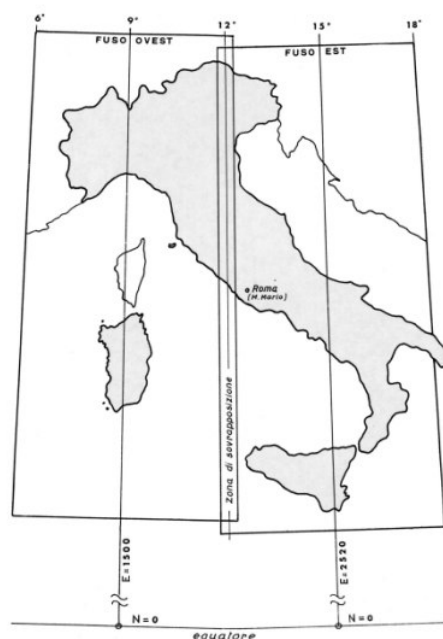


## Coordinate gaussiane e geografiche: loro trasformazione

di Michele T. Mazzucato

Nel sistema UTM (Universal Transverse Mercator) ogni punto del globo terrestre resta individuato da una coppia di valori che costituiscono le coordinate chilometriche o gaussiane. Queste, ricavate dal reticolato chilometrico già tracciato sulle carte topografiche, vengono definite *Coordinata Nord* (distanza dall'equatore) e *Coordinata Est* (distanza dal meridiano centrale di tangenza del fuso al quale appartiene il punto) **(1)**. Allo scopo di eliminare i valori negativi delle coordinate est dei punti posti a ovest del meridiano centrale del fuso, si attribuisce a questo un valore convenzionale detto *entità della falsa origine*. Tale falsa origine assume, nel sistema UTM, il valore di 500000 metri (al meridiano centrale di ogni fuso UTM) mentre, nel sistema Gauss-Boaga **(2)**, i valori di 1500000 metri (al meridiano centrale del fuso ovest) e di 2520000 metri (al meridiano centrale del fuso est). Allo stesso modo dicasi per le coordinate nord dei punti posti a sud dell'equatore terrestre dove nel sistema UTM la falsa origine assume il valore convenzionale di 10000000 metri.



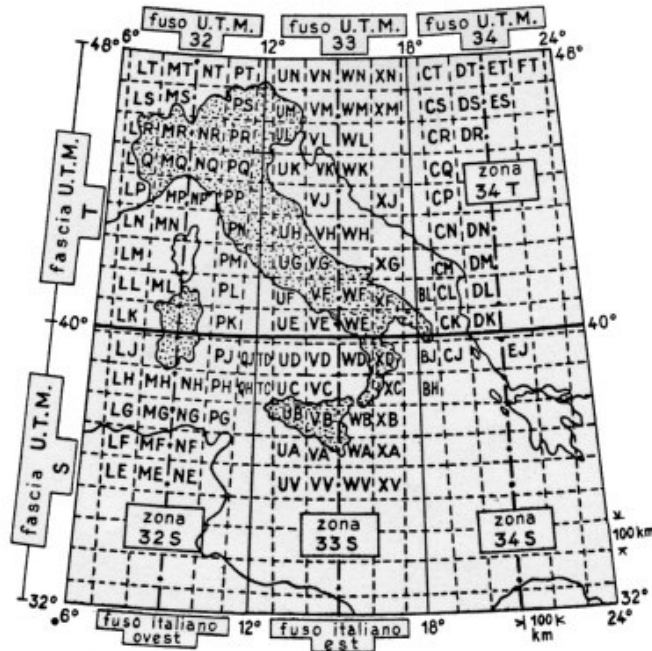
Nella cartografia nazionale i reticolati geografico e chilometrico Gauss-Boaga non vengono tracciati. Tuttavia, all'occorrenza, possono esserlo unendo in maniera diametralmente opposta i rispettivi riferimenti riportati sulla cornice della carta stessa. Questi riferimenti sono l'alternanza di rettangoli bianchi e tratteggiati, corrispondenti ai minuti primi d'arco di longitudine e di latitudine, per il reticolato geografico e i simboli ( $\bullet-$ ) e ( $>-$ ) indicanti, rispettivamente, l'appartenenza al fuso ovest o al fuso est, per il reticolato chilometrico Gauss-Boaga. Il meridiano di riferimento italiano è quello passante per la torre trigonometrica posta nei pressi dell'Osservatorio Astronomico di Monte Mario in Roma e avente le seguenti coordinate geografiche rispetto al meridiano fondamentale internazionale di Greenwich:

### sistema UTM ED 50

latitudine  $\Phi = 41^\circ 55' 31''.49$  N  
longitudine  $L = 12^\circ 27' 10''.93$  E da Gw

### sistema Gauss-Boaga

latitudine  $\Phi = 41^\circ 55' 25''.51$  N  
longitudine  $L = 12^\circ 27' 08''.40$  E da Gw



La rappresentazione cartografica del territorio italiano è contenuta entro due fusi, tra loro sovrapposti di 30', aventi ognuno un'ampiezza angolare di 6°. Il primo fuso (fuso ovest o fuso 32 UTM) è compreso tra i 6° e i 12° E da Gw mentre il secondo fuso (fuso est o fuso 33 UTM più una piccola parte del 34) è compreso tra i 12° e i 18° 30' E da Gw e aventi, rispettivamente, come meridiano centrale di tangenza quello di 9° e di 15° E da Gw (come si può vedere dalle immagini). Da quanto sopra si possono avere, come esempio, i quattro casi seguenti:

#### caso 1

(fuso 1 o ovest o 32 con punto a est dal meridiano centrale)

coordinate geografiche    coordinate UTM ED50    coordinate Gauss-Boaga

$\Phi = 42^\circ \text{ N}$                       Eutm= 665646.393 m    Egb= 1665595.661 m

L= 11° E da Gw                      Nutm= 4651793.530 m    Ngb= 4651612.288 m

Il punto si trova a  $665646.393 - 500\,000 = 165646.393$  metri (o  $1665595.661 - 1500000 = 165595.661$  metri) a est del meridiano centrale (di 9° E da Gw) del fuso 32 UTM (o fuso ovest) al quale appartiene ed a 4651793.530 metri (o 4651612.288 metri) a nord dell'equatore terrestre.

#### caso 2

(fuso 1 o ovest o 32 con punto a ovest dal meridiano centrale)

coordinate geografiche    coordinate UTM ED50    coordinate Gauss-Boaga

$\Phi = 42^\circ \text{ N}$                       Eutm= 334353.607 m    Egb= 1334304.590 m

L= 7° E da Gw                      Nutm= 4651793.530 m    Ngb= 4651610.308 m

Il punto si trova a  $500000 - 334353.607 = 165646.393$  metri (o  $1500000 - 1334304.590 = 165695.410$  metri) a ovest del meridiano centrale (di 9° E da Gw) del fuso 32 UTM (o fuso ovest) al quale appartiene ed a 4651793.530 metri (o 4651610.308 metri) a nord dell'equatore terrestre.

#### caso 3

(fuso 2 o est o 33 + piccola parte del 34 con punto a est dal meridiano centrale)

coordinate geografiche    coordinate UTM ED50    coordinate Gauss-Boaga

$\Phi = 42^\circ \text{ N}$                       Eutm= 665646.393 m    Egb= 2685586.516 m

L= 17° E da Gw                      Nutm= 4651793.530 m    Ngb= 4651610.323 m

Il punto si trova a  $665646.393 - 500000 = 165646.393$  metri (o  $2685586.516 - 2520000 = 165586.516$  metri) a est del meridiano centrale (di 15° E da Gw) del fuso 33 UTM (o fuso est) al quale appartiene ed a 4651793.530 metri (o 4651610.323 metri) a nord dell'equatore terrestre.

#### caso 4

(fuso 2 o est o 33 con punto a ovest dal meridiano centrale)  
coordinate geografiche    coordinate UTM ED50    coordinate Gauss-Boaga  
 $\Phi = 42^\circ \text{ N}$                       Eutm= 334353.607 m    Egb= 2354291.093 m  
L=  $13^\circ \text{ E da Gw}$                       Nutm= 4651793.530 m    Ngb= 4651611.200 m  
Il punto si trova a  $500000 - 334353.607 = 165646.393$  metri (o  $2520000 - 2354291.093 = 165708.907$  metri) a ovest del meridiano centrale (di  $15^\circ \text{ E da Gw}$ ) del fuso 33 UTM (o fuso est) al quale appartiene ed a  $4651793.530$  metri (o  $4651611.200$  metri) a nord dell'equatore terrestre.

Prendendo in considerazione una carta topografica al 25000, dalla quale le coordinate gaussiane vengono misurate approssimate al decametro (sarebbe inutile ed errato scendere fino ai metri poiché la scala della carta non consente una tale approssimazione), la procedura grafico-analitica si sviluppa in due fasi:

**1-** si misurano direttamente sull'elemento cartografico, mediante l'uso di un coordinatometro o di un decimetro, le coordinate gaussiane Eutm e Nutm del punto;

**2-** si determinano analiticamente le coordinate geografiche, derivanti dai valori delle coordinate gaussiane ricavate in precedenza, mediante l'utilizzo di formule come quelle fornite dal geodeta REINO A. HIRVONEN (1970) qui di seguito riportate con i valori numerici che tengono conto del coefficiente di contrazione 0.9996 e validi per l'Ellissoide Internazionale di Hayford (1909):

#### PROBLEMA INVERSO

dalle gaussiane (Eutm;Nutm) alle geografiche (L; $\Phi$ )  
(le formule forniscono la latitudine e la longitudine con la precisione del decimo di secondo d'arco)

$$A = \frac{N_{utm}}{111\,092.08210} +$$
$$+ 0.144\,930\,0705 \times \sin^2 \frac{N_{utm}}{111\,092.08210} +$$
$$+ 0.000\,213\,8508 \times \sin^4 \frac{N_{utm}}{111\,092.08210} +$$
$$+ 0.000\,000\,4322 \times \sin^6 \frac{N_{utm}}{111\,092.08210}$$
$$v = \sqrt{1 + 0.006\,768\,1702 \times \cos^2 A}$$
$$y = E_{utm} - 500\,000$$
$$B = \arctg \frac{v \times \sinh \frac{y}{6\,397\,376.633}}{\cos A}$$

$$\Phi = \arctg[\operatorname{tg} A \times \cos(v \times B)]$$

$$L = B + L_0$$

con  $L_0 = 9^\circ$  o  $15^\circ$  (a seconda che il punto appartenga al fuso ovest od est)

### PROBLEMA DIRETTO

dalle geografiche (L;Φ) alle gaussiane (Eutm;Nutm)

$$B = L - L_0$$

$$w = \sqrt{1 + 0.006\ 768\ 1702 \times \cos^2\Phi}$$

con  $L_0 = 9^\circ$  o  $15^\circ$  (a seconda che il punto appartenga al fuso ovest od est)

$$A = \arctg \frac{\operatorname{tg}\Phi}{\cos(w \times B)}$$

$$v = \sqrt{1 + 0.006\ 768\ 1702 \times \cos^2A}$$

$$Y = 6\ 397\ 376.633 \times \operatorname{arcsinh} \frac{\cos A \times \operatorname{tg}B}{v}$$

$$N_{\text{utm}} = 111\ 092.08210 \times A - 16\ 100.59187 \times \sin(2A) + \\ + 16.96942 \times \sin(4A) - 0.02226 \times \sin(6A)$$

$$E_{\text{utm}} = y + 500\ 000$$

A questo punto non risulta difficile crearsi un programma informatico come quello realizzato da chi scrive, denominato UTM95, che introducendo il fuso di appartenenza e le coordinate gaussiane (o geografiche) del sito di osservazione, vengono calcolate:

- 1- le coordinate geografiche (o gaussiane) del punto;
- 2- la longitudine dal meridiano centrale del fuso di appartenenza;
- 3- la longitudine da Greenwich;
- 4- la differenza di longitudine del punto dal fuso orario di  $15^\circ$  E da Gw (costante locale).

La longitudine dei punti 3 e 4 viene fornita anche nel sistema orario, necessaria per i calcoli in astronomia.

#### Esempio di output del programma UTM95

```
Coordinata E= 600000.000 m
Coordinata N= 4800000.000 m
Longitudine meridiano centrale del fuso 1 = 9°

Latitudine = . 43.345418°
Longitudine = 1.233739°
(+ a est ; - a ovest dal meridiano centrale del fuso)

Longitudine da Greenwich = 10.233739°
= 10° 14' 1.462"
= 0h 40m 56.097s

Longitudine dal fuso orario di 15° E da Gw = -4.766261°
(+ anticipo a est ; - ritardo a ovest)
= 4° 45' 58.538"
= 0h 19m 3.903s
```

**(1)** Nel sistema internazionale UTM il globo terrestre è suddiviso in 60 fusi ognuno di  $6^\circ$  d'ampiezza e contraddistinto da un numero dall'1 al 60 procedendo da ovest verso est a partire dall'antimeridiano di Greenwich. I fusi sono attraversati trasversalmente da 20 fasce (10 nell'emisfero boreale e 10 nell'emisfero australe) a partire dall'equatore fino alle latitudini di  $84^\circ$  nord

e 80° sud, ognuna di 8° d'ampiezza (con esclusione della fascia più vicina al polo nord che ha un'ampiezza di 12) e contraddistinta da una lettera dell'alfabeto (dalla c alla x con esclusione della i e della o). L'incontro tra i fusi e le fasce determinano le 1200 zone (20 per ogni fuso) a loro volta ripartite in quadrati di 100 chilometri di lato contrassegnati da coppie di lettere. Ogni punto del globo terrestre viene inequivocabilmente designato da un codice alfanumerico come:

32T QR 528036 4923654

dal quale si rileva che il punto in questione si trova nella zona 32T (fuso 32 e fascia T), nel quadrato QR di 100 chilometri di lato (colonna Q e riga R) a 28036 metri (528036-500000, valore della falsa origine) a est del meridiano centrale del fuso 32 ed a 4923654 metri a nord dell'equatore terrestre. Se la coordinata E (est) fosse minore di 500000 (valore della falsa origine) si esegue 500000-E, e il punto si troverebbe a ovest del meridiano centrale del fuso a cui appartiene.

(2) Il sistema nazionale Gauss-Boaga, come quello internazionale UTM, è basato sulla rappresentazione cartografica analitica di tipo conforme (ossia che conserva gli angoli fra direzioni corrispondenti) ideata dal tedesco KARL FRIEDRICH GAUSS (1777-1885) nel 1821 mentre il geodeta italiano GIOVANNI BOAGA (1902-1961) nel 1948 elaborò le formule originarie fornite da Gauss e preparò le tabelle numeriche un tempo necessarie per i calcoli delle coordinate e varianti a seconda dell'ellissoide sul quale si "proietta" il globo terrestre.

### **Bibliografia**

BEZOARI G.; MONTI C.; SELVINI A., *Fondamenti di rilevamento generale*, Hoepli Milano 2 voll. 1984  
MAZZUCATO M.T., *Globo terrestre*, BIROMA Galliera V. Padova (1996)  
MAZZUCATO M.T., *La Figura della Terra*, CLUP Milano (2003)