EARTH DISTANCE CALCULATOR

Calcolatrice per distanze terrestri

a cura di

Ing. Mauro Cilloni

INDICE

Prefazione 3

Diritto d'autore e marchi di fabbrica 4

Informazioni legali 4

1. Introduzione 5

2. La geometria della sfera 5
   2.1 I triangoli sferici 5
   2.2 Trigonometria sulla sfera 7
   2.3 Calcolo della distanza 8
   2.4 Calcolo della distanza con il metodo di Vincenty 10

3. Uso del programma 13
   3.1 I menù 15

4. Utilizzo pratico del programma 16

5. Definizione di un datum personalizzato 19

Appendice A 20

Bibliografia 21

Appunti 22

In copertina: Cartina geografica e righello

PREFAZIONE

L'idea di sviluppare questo programma è nata a seguito degli studi fatti sui ricevitori GPS. Dopo aver sviluppato un applicativo che interpreta il protocollo NMEA-0183 e mostra le coordinate geografiche (latitudine, longitudine ed altezza) ottenute dal ricevitore, ho voluto approfondire l'argomento realizzando un programma che calcoli la distanza geodetica tra due punti posti sulla superficie terrestre.

Una obiezione che mi è stata rivolta è la seguente: "ma perché perdere tempo a sviluppare applicazioni che già sono disponibili su internet ?" E' vero; su internet si possono trovare molti programmi che eseguono calcoli di ogni tipo; ma lo sviluppo di questo programma non è il fine ma, bensì, il mezzo per apprendere la teoria (con i complessi algoritmi che ne derivano) e la sua applicazione pratica (mediante il calcolo numerico). Il modulo che ho creato inoltre può essere facilmente integrato all'interno di programmi di cartografia, misurazione automatica, ecc.

Anche se appare scontato, nessun programma può fornire calcoli attendibili se basato su dati errati. Chi desidera utilizzare questo programma, deve prima di tutto munirsi di strumenti idonei (mappe di buona qualità oppure ricevitori GPS sufficientemente precisi). Infatti, se acquisto un ricevitore GPS avente un errore medio di 250m la distanza tra due punti è affetta da un errore (medio) fino a 500m. Se utilizzo questo ricevitore per misurare la distanza tra Sidney e New York (16000 km circa) l'errore del GPS non ha alcuna rilevanza pratica ma se con lo stesso strumento misuro la distanza tra due fermate di autobus (1 km circa) l'errore commesso potrebbe essere pari al 50% della misura !

Ing. Mauro Cilloni

DIRITTO D'AUTORE E MARCHI DI FABBRICA

1. Le specifiche del prodotto e la documentazione a corredo sono soggette a cambiamenti senza preavviso. Le marche e nomi di prodotti citati nel presente manuale sono marchi di fabbrica o marchi di fabbrica registrati dei loro rispettivi possessori.
2. Nessuna parte della documentazione può essere riprodotta in alcuna forma o da alcun mezzo o usato per eseguire derivati quali traduzioni, trasformazioni, o adattamenti senza il permesso dell'autore.
3. L'utilizzatore può installare il software su tutti i computer di sua esclusiva proprietà senza limitazioni.
4. Sono espressamente vietati il "Reverse Engineering" e tutte le pratiche atte a tentare di utilizzare parti del programma e/o a stravolgerne la natura.

INFORMAZIONI LEGALI

1. Il pacchetto software e tutte le altre informazioni fornite hanno il solo scopo di fornire uno strumento idoneo al calcolo della distanza geodetica tra due punti posti sulla superficie terrestre. Nessun altro utilizzo del presente software è consentito. L'utilizzo del software per usi diversi viola la licenza d'uso ed è pertanto da considerarsi illegittima.

2. Il software e le informazioni fornite vengono fornite "così come sono" senza garanzie o condizioni di alcun tipo, siano esse implicite o esplicite, comprese garanzie o condizioni di commerciabilità, di idoneità a uno scopo particolare. tali condizioni e garanzie implicite sono quindi escluse.

3. Utilizzando questo programma l'utente accetta il fatto che l'autore non si riterrà responsabile di alcun danno diretto, indiretto o consequenziale derivante dall'uso delle informazioni e del programma compresi, senza limitazione alcuna, perdite di profitti, interruzione dell'attività commerciale, perdita di programmi o altro.

4. L'utilizzatore si dichiara pienamente consapevole della possibilità che i danni descritti al precedente punto possano avvenire e ne accetta pienamente i rischi.

5. L'utilizzo del contenuto del programma comporta la piena accettazione da parte dell'utilizzatore di tutte le norme contenute in questo capitolo.

6. I marchi citati appartengono ai rispettivi proprietari.

1. INTRODUZIONE

Il programma si presenta come una normale calcolatrice scientifica. L'utilizzo risulta semplice ed immediato poiché rispetta (dove possibile) lo standard della calcolatrice di *Microsoft Windows XP* ®. Il presente manuale non è un trattato di geometria della sfera; i richiami teorici del paragrafo 2 hanno il solo scopo di far meglio comprendere la complessità della materia e le relative problematiche.

2. LA GEOMETRIA DELLA SFERA

Per calcolare la distanza tra due punti sulla Terra occorre prima di tutto crearne un modello e su questo ricavare le formule necessarie. In prima approssimazione supporremo che il nostro pianeta sia assimilabile ad un sfera e solo successivamente andremo a "complicare" il modello (e quindi le formule) per migliorare la precisione dei calcoli.

2.1 I triangoli sferici

Nel piano euclideo tre punti non allineati individuano uno e un sol triangolo (triangolo piano) basta infatti collegare le coppie di punti con un segmento. Il triangolo sferico è l'estensione del triangolo piano allo spazio S^2; i suoi tre lati sono quindi segmenti di S^2 (archi geodetici). (Figura 2.1).

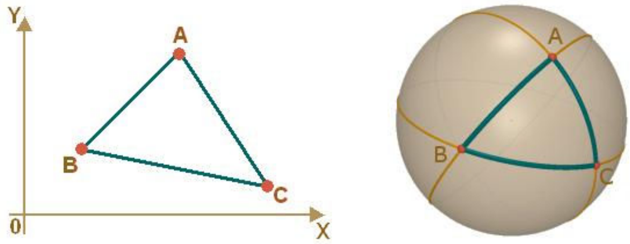


Figura 2.1: Il triangolo nel piano euclideo (a sinistra) e sulla sfera (a destra)

Se la definizione potrebbe sembrare "semplice" la matematica che sviluppa è molto più complessa. In primo luogo due punti "non antipodali" possono essere collegati con due diversi segmenti di circonferenza massima (uno detto "arco minore" ed uno detto "arco maggiore" – figura 2.2). L'arco minore è per definizione il lato del triangolo sferico.

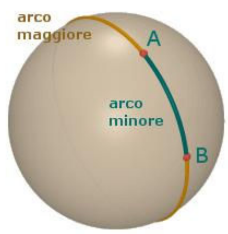


Figura 2.2: Arco maggiore ed arco minore individuato da due punti sulla sfera

Si osserva inoltre che tre archi minori, non disposti sulla stessa circonferenza massima (a due a due) e aventi a coppie un estremo in comune, delimitano due regioni sulla sfera. Si definisce *triangolo sferico* la regione che ha area minore. In tal modo tre archi minori individuano un'unica regione triangolare che ha sempre area minore della superficie di una semisfera (figura 2.3 area grigia).

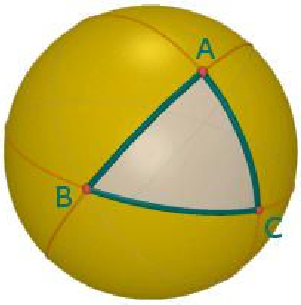


Figura 2.3: Il triangolo sferico ABC

Consideriamo ora una sfera di raggio unitario (area pari a 4π) ed osserviamo la figura 2.4. Ogni lato del triangolo *ABC* è lungo 1/4 di circonferenza massima (cioè π / 2) e l'area del triangolo è pari a 1/8 dell'area di S^2 cioè (π / 2). Se osserviamo la somma degli angoli del triangolo *ABC* notiamo che questa è pari a 3π / 2. Per i triangolo sferici non vale il teorema sulla somma degli angoli interni (ricordo brevemente che per i triangoli piani la somma degli angoli interni è sempre pari a π). Inoltre, mentre per i triangoli piani la somma degli angoli interni è costante, per i triangoli sferici tale somma varia al variare del triangolo (figura 2.5).

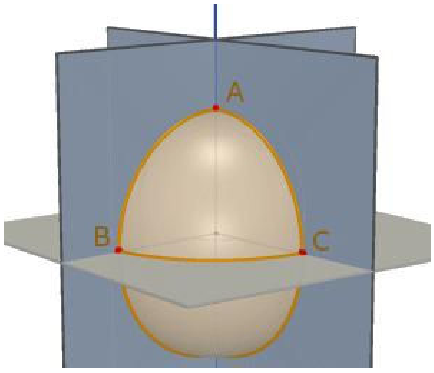


Figura 2.4: Il triangolo “trirettangolo” sferico ABC

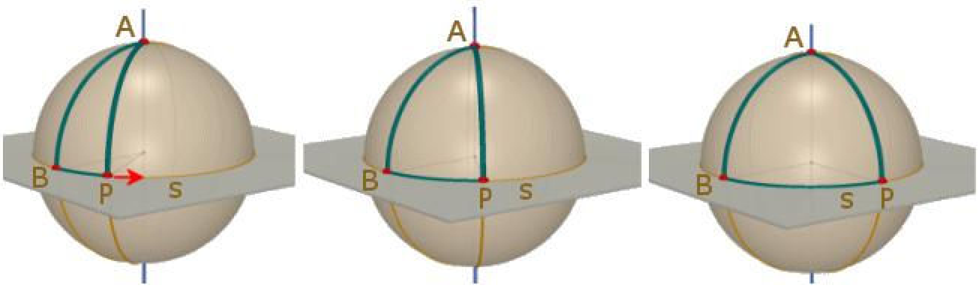


Figura 2.5: Angoli dei triangoli sferici

Come mostrato in figura 2.5, *A* è un polo per la retta *s* ed i segmenti *AB* e *AP* sono perpendicolari a *s*. I triangoli *APB* che vengono a formarsi al variare di P su *s* hanno, tutti, due angoli retti mentre il terzo angolo (quello in *A*) varia; quindi è variabile anche la somma degli angoli. Per tutti questi triangoli la somma degli angoli è maggiore di π; facendo tendere a zero l'angolo in *A* la somma degli angoli tende a π. La somma degli angoli varia quindi al variare dell'area del triangolo: tanto maggiore è l'area tanto maggiore è la somma angolare, tanto più l'area si avvicina a zero tanto più la somma angolare si avvicina a π. Il fatto che per i triangoli sferici non valga la proprietà euclidea della somma degli angoli di un triangolo non deve sorprendere; tale proprietà discende infatti dall'esistenza di rette parallele e dal quinto postulato di Euclide che non valgono in S^2. Per terminare questa breve discussione sui triangoli sferici vorrei far notare come 3 rette non passanti per uno stesso punto individuino otto triangoli sferici (figura 2.6).

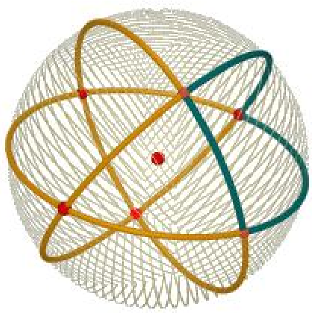


Figura 2.6: Triangoli sferici individuati da 3 rette in S^2

2.2 Trigonometria sulla sfera

Consideriamo il triangolo sferico *ABC* di raggio unitario. La lunghezza di un lato coincide con l'angolo al centro da esso sotteso e l'angolo in uno dei vertici coincide con l'angolo fra le tangenti condotte ai due lati.

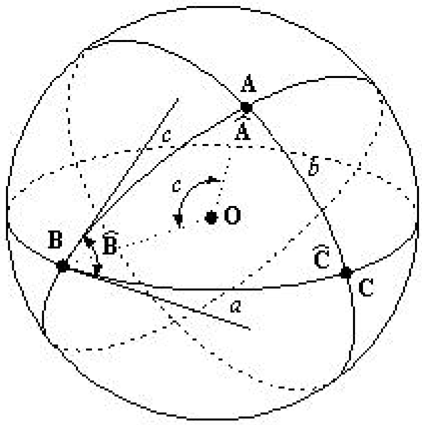


Figura 2.7: Triangolo sferico *ABC* e relativi angoli

Nei triangoli sferici valgono le seguenti relazioni (cfr. figura 2.7):

1. Il coseno di un lato è uguale al prodotto dei coseni degli altri due lati sommato al prodotto dei seni moltiplicati per il coseno dell'angolo opposto (formula di Eulero):

   - cos(a) = cos(b) cos(c) + sen(b) sen(c) cos(A) (1)
   - cos(b) = cos(a) cos(c) + sen(a) sen(c) cos(B) (2)
   - cos(c) = cos(a) cos(b) + sen(b) sen(b) cos(C) (3)

2. Il rapporto tra il seno del lato ed il seno dell'angolo opposto è costante (teorema dei seni):

   - sen(A) / sen(a) = sen(B) / sen(b) = sen(C) / sen(c) (4)

3. La cotangente del lato è data da (figura 2.8) – Teorema delle cotangenti:

   - ctg(a) = [cos(c) cos(B) + sen(B) ctg(A)] / sen(c) = [cos(b) cos(C) + sen(C) ctg(A)] / sen(b) (5)
   - ctg(b) = [cos(a) cos(C) + sen(C) ctg(B)] / sen(a) = [cos(c) cos(A) + sen(A) ctg(B)] / sen(c) (6)
   - ctg(c) = [cos(a) cos(B) + sen(B) ctg(C)] / sen(a) = [cos(b) cos(A) + sen(A) ctg(C)] / sen(b) (7)

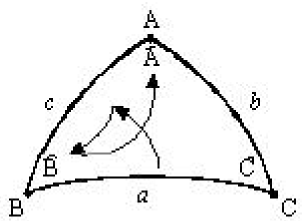


Figura 2.8: Lati ed angoli del triangolo sferico

2.3 Calcolo della distanza

Si consideri la situazione di figura 2.9 ed applichiamo il teorema di Eulero per trovare la relazione tra i lati *a*, *b* e *p* del triangolo sferico *ABP*:

- cos(p) = cos(a) cos(b) + sen(a) sen(b) cos(Φ) (8)

Ora, dette *lat(A)*, *lon(A)*, *lat(B)*, *lon(B)*, la latitudine e la longitudine dei punti *A* e *B* (espresse in gradi) e considerato che:

- a = 90° – lat(B) (9)
- b = 90° – lat(A) (10)
- Φ = | lon(A) – lon(B) | (11)

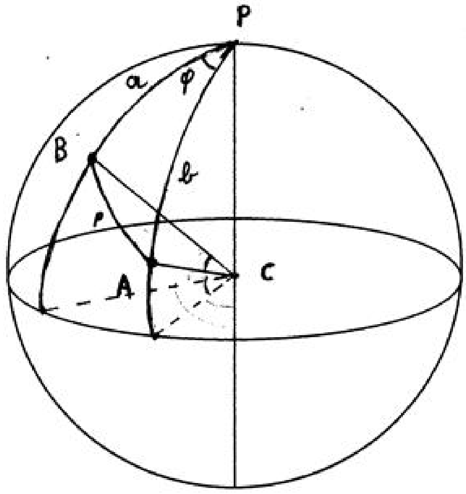


Figura 2.9: Calcolo della distanza tra due punti *A* e *B*

Si può calcolare la distanza tra A e B come segue [(*)] :

a) Si calcoli latitudine e longitudine dei punti A e B in radianti (aggiungendo il segno meno se riferiti *sud* e *ovest* rispettivamente). Ricordo che per passare da gradi a radianti occorre moltiplicare il valore in gradi per π / 180.

b) Definiamo per comodità:
- S_a = sen[(π / 2) – lat(A)] (12)
- S_b = sen[(π / 2) – lat(B)] (13)
- C_a = cos[(π / 2) – lat(A)] (14)
- C_b = cos[(π / 2) – lat(B)] (15)
- C_f = cos(Φ) = cos(| lon(A) – lon(B) |) (16)

c) Sostituendo nella (8) le quantità (12), (13), (14), (15) e (16) si ottiene:
- p = arccos (C_a C_b + S_a S_b C_f) (17)

d) Avendo infine la sfera terrestre un raggio medio pari a R [km] si ottiene che la distanza P (in km) è data da:
- P = p R (18)

[(*)] Nota: Con i dovuti accorgimenti i calcoli b) e c) possono essere svolti anche in gradi evitando la trasformazione in radianti indicata al punto a) mentre *p* deve essere espresso obbligatoriamente in radianti. Negli esempi di pagina 10 i calcoli verranno effettuati senza eseguire la conversione in radianti.

Esempio 1: Si calcoli la distanza tra Roma (41.91° N / 12.45° E) e Milano (45.48° N / 9.18° E)

S_a = sen(90° – 41.91°) = 0,74419497
S_b = sen(90° – 45.48°) = 0,70115819
C_a = cos(90° – 41.91°) = 0,66796245
C_b = cos(90° – 45.48°) = 0,71300574
C_f = cos(| 12.45° – 9.18° |) = 0,99837182

p = arccos (0, 66796245 * 0,71300574 + 0, 74419497 * 0,70115819 * 0, 99837182) =
0, 997209877 (radianti)

Essendo il "raggio medio" della terra pari a 6372,7955 km otteniamo che la distanza *P* tra Roma e Milano è di:

P = 6372,7955 * 0,07471842 = 476,165 km

Esempio 2: Si calcoli la distanza tra Sidney (33° 32' S / 151° 10' E) e New York (40° 45' N / 74° 0' W).

Calcolo latitudine e longitudine in gradi e decimi di grado:
Sidney (33.5333° S / 151.16667° E)
New York (40.75° N / 74.0° W)

S_a = sen(90° – –33,5333°) = 0,8335649
S_b = sen(90° – 40,75°) = 0,7575650
C_a = cos(90° – –33,5333°) = –0,5524215
C_b = cos(90° – 40.75°) = 0,6527598
C_f = cos(| –151.16667° – 74° |) = –0,7050469

p = arcos(–0,5524215 * 0,6527598 + 0,8335649 * 0,7575650 * –0,5524215) = 2,507857 (rad)

Essendo il "raggio medio" della terra pari a 6372,7955 km otteniamo che la distanza *P* tra Sidney e New York è di:

P = 6372,7955 * 2,507857 = 15982,060 km

Per migliorare la precisione dei calcoli occorre considerare la terra non più come una sfera ma bensì come un ellissoide. Questo perché, come precedentemente accennato, latitudine e longitudine non sono dati assoluti ma dipendono dal modello (datum) utilizzato inoltre, essendo la terra assimilabile ad un ellissoide schiacciato ai poli risulta evidente che più ci si avvicina all'equatore o ai poli e più mi allontano dal modello a "sfera". Nel corso della storia della cartografia sono stati proposti numerosi ellissoidi che approssimano più o meno bene il globo terrestre. Indipendentemente dal tipo di ellissoide considerato, la formula che meglio di tutte fornisce risultati *"esatti"* è quella di Vincenty.

2.4 Calcolo della distanza con il metodo di Vincenty

Il matematico Thaddeus Vincenty ha proposto una formula molto accurata (e allo stesso tempo complicata) per il calcolo della distanza tra due punti posti su di un ellissoide. Di seguito (figura 2.10) allego la formula così com'è (il commento alla formula pur essendo in inglese è comprensibile) e riporto a solo titolo informativo i parametri di alcuni ellissoidi comunemente utilizzati in cartografia (tabella 2.1).

a, b = major & minor semiaxes of the ellipsoid

f = flattening $(a-b)/a$

φ_1, φ_2 = geodetic latitude

s = length of the geodesic

α_1, α_2 = azimuths of the geodesic *(initial/final bearing)*

$\tan U_1 = (1-f).\tan\varphi_1$ *(U is 'reduced latitude')*

$\cos U_1 = 1/\sqrt{(1+\tan^2 U_1)}$, $\sin U_1 = \tan U_1.\cos U_1$ *(trig identities; §6)*

$\sigma_1 = \mathrm{atan2}(\tan U_1, \cos\alpha_1)$ (1)

$\sin\alpha = \cos U_1.\sin\alpha_1$ (2)

$\cos^2\alpha = 1 - \sin^2\alpha$ *(trig identity; §6)*

$u^2 = \cos^2\alpha.(a^2-b^2)/b^2$

$A = 1+u^2/16384.\{4096+u^2.[-768+u^2.(320-175.u^2)]\}$ (3)

$B = u^2/1024.\{256+u^2.[-128+u^2.(74-47.u^2)]\}$ (4)

$\sigma = s\ /\ b.A$ *(1st approximation)*, $\sigma' = 2\pi$

while $\mathrm{abs}(\sigma-\sigma') > 10^{-12}$ { *(i.e. 0.06mm)*

$\quad \cos 2\sigma_m = \cos(2.\sigma_1 + \sigma)$ (5)

$\quad \Delta\sigma = B.\sin\sigma.\{\cos 2\sigma_m + B/4.[\cos\sigma.(-1 + 2.\cos^2 2\sigma_m) - B/6.\cos 2\sigma_m.(-3 + 4.\sin^2\sigma).(-3 + 4.\cos^2 2\sigma_m)]\}$ (6)

$\quad \sigma' = \sigma$

$\quad \sigma = s\ /\ b.A + \Delta\sigma$ (7)

}

$\varphi_2 = \mathrm{atan2}(\sin U_1.\cos\sigma + \cos U_1.\sin\sigma.\cos\alpha_1, (1-f).\sqrt{[\sin^2\alpha + (\sin U_1.\sin\sigma - \cos U_1.\cos\sigma.\cos\alpha_1)^2]})$ (8)

$\lambda = \mathrm{atan2}(\sin\sigma.\sin\alpha_1, \cos U_1.\cos\sigma - \sin U_1.\sin\sigma.\cos\alpha_1)$ (9)

$C = f/16.\cos^2\alpha.[4+f.(4-3.\cos^2\alpha)]$ (10)

$L = \lambda - (1-C).f.\sin\alpha.\{\sigma+C.\sin\sigma.[\cos 2\sigma_m + C.\cos\sigma.(-1 + 2.\cos^2 2\sigma_m)]\}$ *(difference in longitude)* (11)

$\alpha_2 = \mathrm{atan}(\sin\alpha, -\sin U_1.\sin\sigma + \cos U_1.\cos\sigma.\cos\alpha_1)$ *(reverse azimuth)* (12)

$p_2 = (\varphi_2, \lambda_1+L)$

Note: the accuracy quoted by Vincenty applies to the theoretical ellipsoid being used, which will differ (to varying degree) from the real earth geoid. If you happen to be located in Colorado, 2km above msl, distances will be 0.03% greater. In the UK, if you measure the distance from Land's End to John O' Groats using WGS-84, it will be 28m – 0.003% – greater than using the Airy ellipsoid, which provides a better fit for the UK.

Figura 2.10: Formula di Vincenty

Modello (Datum)	Semiasse maggiore [m]	Semiasse minore [m]	Schiacciamento (f = (a-b) / a)
WGS-84	a = 6378137 (±2 m)	b = 6356752,3142	f = 1 / 298,257223563
GRS-80	a = 6378137	b = 6356752,3141	f = 1 / 298,257222101
Airy (1830)	a = 6377563,396	b = 6356256,909	f = 1 / 299,3249646
International 1924	a = 6378 388	b = 6356911,946	f = 1 / 297
Clarke (1880)	a = 6378249,145	b = 6356514,86955	f = 1 / 293,465
GRS-67	a = 6378160	b = 6356774,719	f = 1 / 298,25

Tabella 2.1: Parametri dell'ellissoide (datum)

EARTH DISTANCE CALCULATOR

Calcolatrice per distanze terrestri

Considerando la formula (figura 2.10) con i parametri dell'ellissoide di riferimento WGS-84 (tabella 2.1) si ottiene che la distanza tra Roma e Milano è di 476,162 km mentre quella Sidney e New York è di 15976,895 km. In tabella 2.2 sono mostrate le differenze tra le distanze calcolate con il modello a "sfera" e con la formula di Vincenty applicata al modello "WGS-84":

Distanza:	Modello "sfera" [km]	Formula "Vincenty" [km]	Differenza [km]
Roma / Milano	476,165	476,162	0.003
Sidney / New York	15982,060	15976,895	5.165

Tabella 2.2: Confronto tra i risultati ottenuti con i due metodi

Desidero concludere questa breve trattazione teorica ricordando brevemente chi era Thaddeus Vincenty.

Thaddeus Vincenty (vero nome Tadeusz Szpila) nacque il 27 Ottobre 1920 nel comune di Grodzisko (Polonia). A causa della seconda guerra mondiale Vincenty dovette interrompere gli studi e recarsi in un campo per persone sfollate. Studioso di geodesia, nel 1947 si trasferì negli Stati Uniti dove lavorò prima per le forze armate (US Air Force) e successivamente per il National Geodetic Survey dove contribuì a realizzare il modello NAD-83 passo fondamentale per la nascita del sistema GPS. Vincenty divenne però famoso per la formula di calcolo della distanza tra punti sulla terra (pubblicata nel 1975) con la quale riuscì a ridurre l'errore di calcolo a circa 0.5 mm. Nel 1982 Vincenty ricevette una medaglia al merito dal dipartimento del commercio statunitense. Morì il 6 Marzo 2002 nello stato del Maryland (USA).

Fonte Wikipedia

3. USO DEL PROGRAMMA

Una volta lanciato il programma appare la tipica schermata di una calcolatrice scientifica (figura 3.1). La calcolatrice è divisa in "aree funzionali" omogenee e facilmente identificabili (figura 3.2) al fine di permettere un utilizzo semplice ed intuitivo.

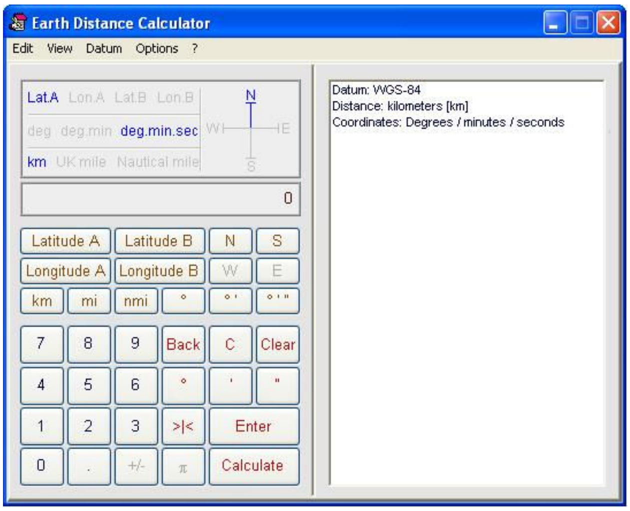


Figura 3.1: Calcolatrice Earth Distance Calculator

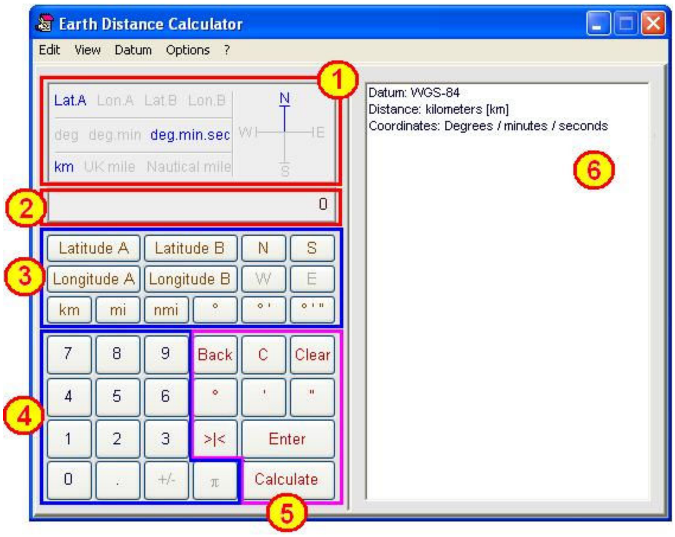


Figura 3.2: Le aree funzionali della Calcolatrice Earth Distance Calculator

Il display. Il display della calcolatrice è diviso in tre aree. La parte superiore (figura 3.2 – punto 1) ci ricorda quale dato stiamo inserendo (latitudine / longitudine) e le unità di misure adottate. La parte inferiore (figura 3.2 – punto 2) mostra il valore numerico inserito. La parte di destra (figura 3.2 – punto 6) mostra infine l'elenco delle operazioni e delle impostazioni eseguite.

La tastiera. La tastiera è divisa in tre aree funzionali. La prima area (figura 3.2 – punto 3) permette di selezionare la tipologia del dato che andiamo ad inserire (latitudine / longitudine) il tipo di coordinata utilizzata (se in gradi, gradi – minuti oppure gradi – minuti – secondi) e l'unità di misura della distanza (chilometri, miglia terrestri o miglia marine). Per selezionare queste funzioni cliccare sul tasto corrispondente oppure digitare i tasti indicati in tabella 3.1.
La seconda area (figura 3.2 – punto 4) permette di inserire i valori numerici; per selezionare il valore numerico cliccare sul tasto corrispondente oppure digitare il numero corrispondente sulla tastiera. La terza area funzionale (figura 3.2 – punto 5) permette infine di gestire le operazioni di ingresso dati, di cancellare i dati inseriti e di ottenere il risultato (cfr. tabella 3.1).

Tasto	Tasto alternativo	Funzione
Latitudine A	F2	Il dato inserito sarà considerato come latitudine del primo punto
Longitudine A	F3	Il dato inserito sarà considerato come longitudine del primo punto
Latitudine B	F4	Il dato inserito sarà considerato come latitudine del secondo punto
Longitudine B	F5	Il dato inserito sarà considerato come longitudine del secondo punto
°	F6	Il valore numerico verrà inserito in gradi e decimi di grado
° ‘	F7	Il valore numerico verrà inserito in gradi, minuti e decimi di minuto
° ‘ “	F8	Il valore numerico verrà inserito in gradi, minuti, secondi e decimi di secondo
N	N	La latitudine del punto è a Nord
S	S	La latitudine del punto è a Sud
W	W	La longitudine del punto è a Ovest
E	E	La longitudine del punto è a Est
Km	K	Le distanze saranno calcolate in chilometri
mi	M	Le distanze saranno calcolate in miglia terrestri
nmi	I	Le distanze saranno calcolate in miglia nautiche
Back	Back space	Cancella l'ultimo numero inserito
C	Canc	Azzera il contenuto del display
Clear	Shift + Canc	Cancella la lista
°	°	La parte del numero finora inserita è in gradi
‘	‘	La parte del numero finora inserita è in minuti
“	“	La parte del numero finora inserita è in secondi
>|<	R	Annulla tutte le coordinate finora inserite
Enter	Invio	Imposta il valore inserito come latitudine / longitudine del punto selezionato (con i parametri impostati)
Calculate	=	Calcola la distanza tra i punti A e B

Tabella 3.1: Elenco dei tasti

3.1 I menù

3.1.1 Il menù Edit

Tramite il menù *"edit"* è possibile copiare e incollare dati (tramite gli appunti di Windows ® ed inviare il risultato alla calcolatrice di Windows ®.

3.1.1.1 Il menù *"Copy"* (Ctrl+C). Con questo comando è possibile copiare il testo selezionato nella lista delle operazioni (figura 3.2 – punto 6) negli appunti. Se nessun elemento della lista è stato selezionato verrà copiato negli appunti il contenuto del display numerico (figura 3.2 – punto 2).

3.1.1.2 Il menù *"Paste"* (Ctrl+V). Con questo comando è possibile copiare un valore memorizzato negli appunti nel display numerico della calcolatrice (figura 2.2 – punto 2).

3.1.1.3 Il menù *"Send to calculator"* (Ctrl+I). Con questo comando è possibile inviare alla calcolatrice di *Windows* ® il valore presente nel display numerico del programma.

3.1.2 Il menù View

Tramite il menù *"view"* è possibile modificare la visualizzazione dei caratteri della calcolatrice.

3.1.2.1 Il menù *"Font bold"*. Con questo comando verranno visualizzati in grassetto i caratteri della calcolatrice.

3.1.2.1 Il menù *"Font underline"*. Con questo comando verranno sottolineati i caratteri al passaggio del mouse.

3.1.3 Il menù Datum

Tramite il menù *"datum"* è possibile impostare il modello utilizzato per approssimare la forma della Terra. Se si seleziona il modello "sphere" la distanza verrà calcolata mediante la formula (18) di pagina 9; negli altri casi verrà utilizzata la formula di Vincenty (figura 2.10). Nel caso in cui il datum da selezionare non fosse presente nell'elenco, selezionare "Other" ed inserire i manualmente i dati. Ricordo brevemente che per eseguire correttamente i calcoli è fondamentale selezionare il "datum" corretto infatti latitudine e longitudine non sono dati "assoluti" ma dipendono dal modello utilizzato per costruire la mappa.

3.1.4 Il menù Options

Tramite il menù *"options"* è possibile far partire in automatico il programma all'avvio di *Windows* ® e creare/rimuovere un link sul desktop.

3.1.4.1 Il menù *"Automatic startup"*. Con questo comando è possibile selezionare / deselezionare la partenza automatica del programma all'avvio di *Windows* ®.

3.1.4.2 Il menù *"Make shortcut on the desktop"*. Con questo comando è possibile creare un collegamento al programma (link) sul desktop di *Windows* ®.

3.1.4.3 Il menù *"Remove shortcut from the desktop"*. Con questo comando è possibile rimuovere un collegamento al programma (link) dal desktop di *Windows* ®. Il collegamento deve però essere stato precedentemente creato con il menù *"Make shortcut on the desktop"* e non deve essere stato rinominato..

3.1.5 Il menù ? (Informazioni)

Tramite il menù *"?"* è possibile ottenere maggiori informazioni sul programma.

4. UTILIZZO PRATICO DEL PROGRAMMA

Per illustrare le modalità operative ho deciso di utilizzare la maniera più naturale possibile cioè quella di svolgere un esempio "pratico" di calcolo. Per comodità ripeteremo l'esempio 2 di pagina 10; verrà cioè calcolata la distanza tra Sidney e New York. Prima di tutto occorre selezionare il *"datum"* (vale a dire il modello di riferimento della Terra); per coerenza con l'esempio precedentemente svolto a pagina 10, si selezioni la sfera – figura 4.1.

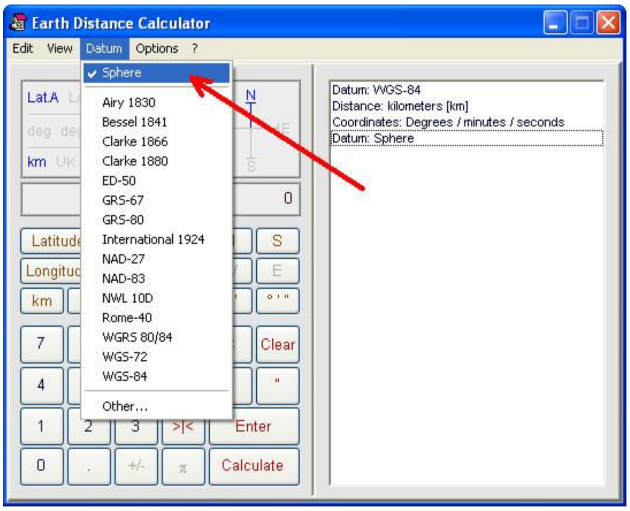
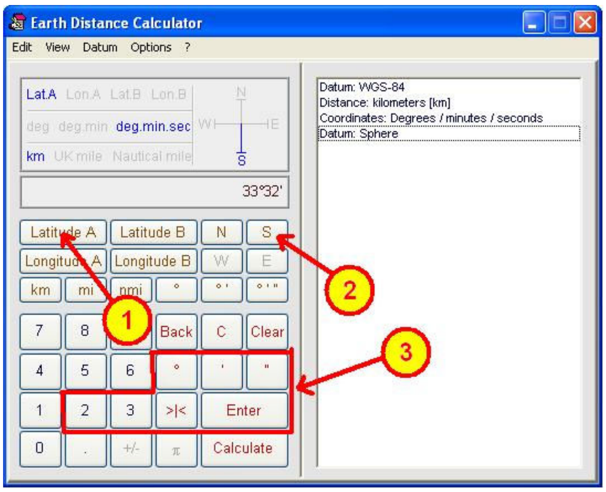


Figura 4.1: Selezione del datum

Si stabilisce arbitrariamente che Sidney è il punto A e New York il punto B (si poteva tranquillamente fare l'opposto infatti la distanza Sidney – New York è la stessa di New York – Sidney).
Inserire il valore della latitudine di Sidney (33° 32' S). Per fare ciò:

- Selezionare *"Latitude A"* (figura 4.2 punto 1).
- Selezionare *"S"* poiché la latitudine è riferita all'emisfero sud (figura 4.2 punto 2)
- Inserire il valore dei gradi (33) quindi selezionare il simbolo ° (figura 4.2 punto 3)
- Inserire il valore dei minuti (32) quindi selezionare il simbolo ' (figura 4.2 punto 3)
- Confermare il dato con *"Enter"* (figura 4.3)



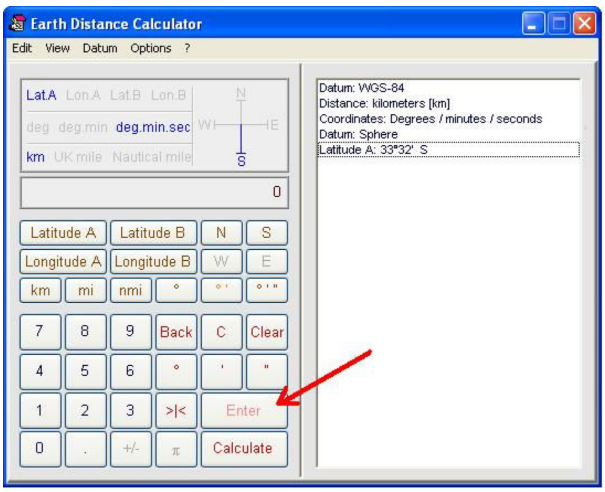


Figure 4.2 e 4.3: Inserimento della latitudine di Sidney

EARTH DISTANCE CALCULATOR

Inserire il valore della longitudine di Sidney (151° 10’ E). Per fare ciò:

- Selezionare *“Longitude A”* (figura 4.4 punto 1).
- Selezionare *“E”* (est) (figura 4.4 punto 2)
- Inserire il valore dei gradi (151) quindi selezionare il simbolo ° (figura 4.4 punto 3)
- Inserire il valore dei minuti (10) quindi selezionare il simbolo ‘ (figura 4.4 punto 3)
- Confermare il dato con *“Enter”* (figura 4.5)

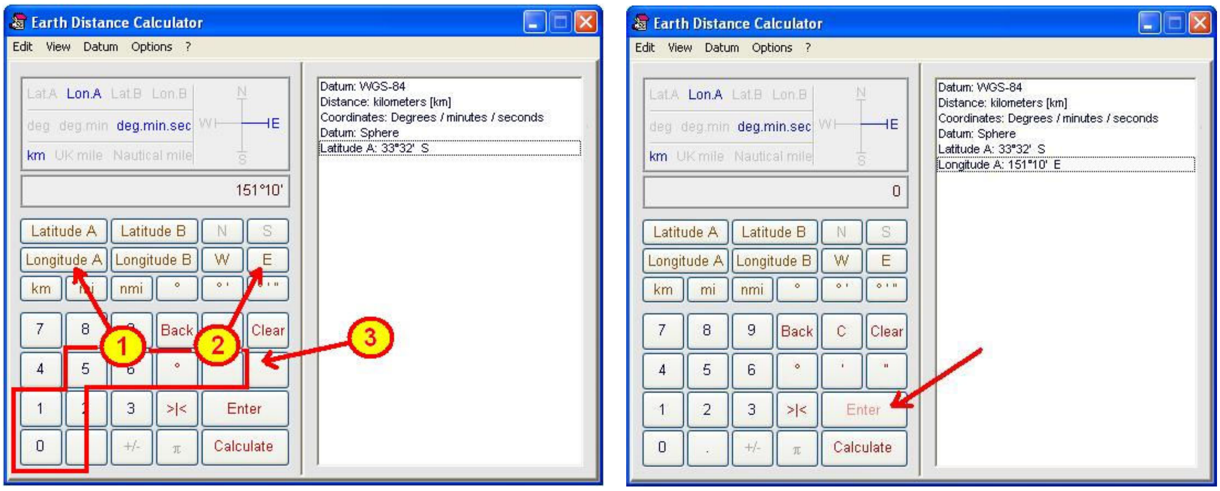


Figure 4.4 e 4.5: Inserimento della longitudine di Sidney

Inserire le coordinate (latitudine e longitudine) di New York (figura 4.6). Ripetere quanto fatto per Sidney ricordandosi di selezionare *“Latitude B”* e *“Longitude B”* (in luogo di *“Latitude A”* e *“Longitude A”* rispettivamente). Selezionare *“Calculate”* (figura 4.7) per calcolare la distanza (in km) tra le due città. La distanza verrà visualizzata sul display.

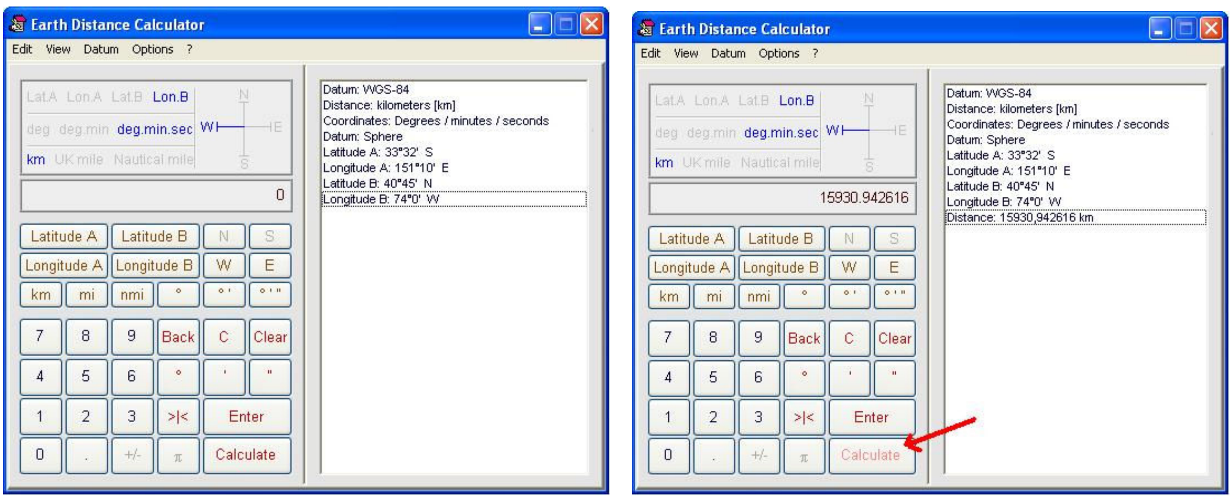


Figure 4.6 e 4.7: Inserimento delle coordinate di New York e calcolo della distanza

EARTH DISTANCE CALCULATOR

Calcolatrice per distanze terrestri

Si calcoli adesso la distanza in miglia. In questo caso (avendo già calcolato la distanza in km) non sarà necessario inserire nuovamente le coordinate delle due città ne tanto meno calcolare nuovamente la distanza; basterà selezionare il tasto *"mi"* – figura 4.8.

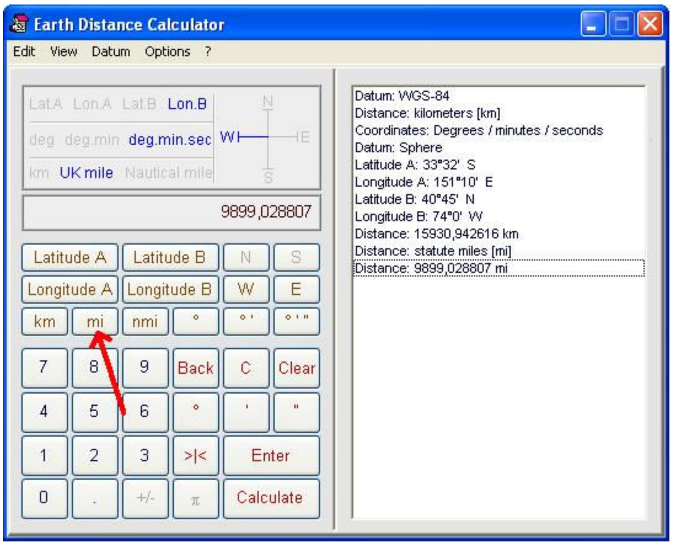


Figura 4.8: Calcolo della distanza in miglia

Si calcoli infine la distanza in chilometri utilizzando la formula di Vincenty associata al datum WGS-84.

- Selezionare il tasto "km" (figura 4.9 – punto 1)
- Tramite il menù *"Datum"* selezionare *WGS-84* (figura 4.9 – punto 2).
- Il nuovo valore della distanza verrà mostrato nel display (figura 4.10).

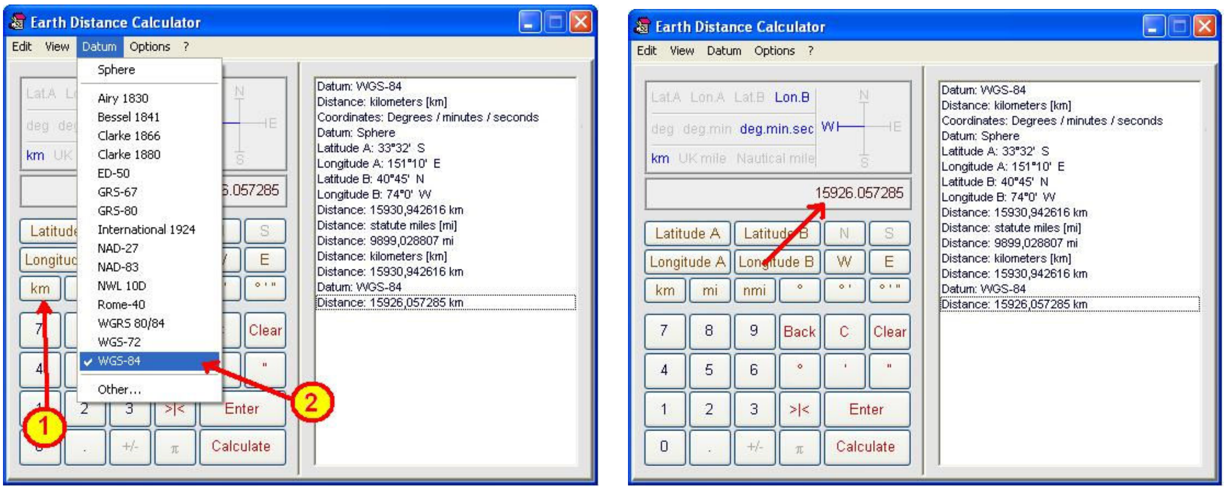


Figure 4.9 e 4.10: Calcolo della distanza in chilometri utilizzando la formula di Vincenty

5. DEFINIZIONE DI UN DATUM PERSONALIZZATO

Nel caso in cui nessun datum presente nella lista soddisfi le proprie esigenze è possibile definirne uno "personale". Per definire un datum personale selezionare "Other" dal menu "Datum" ed inserire il valore del semiasse maggiore e del fattore di schiacciamento (figure da 5.1 a 5.2):

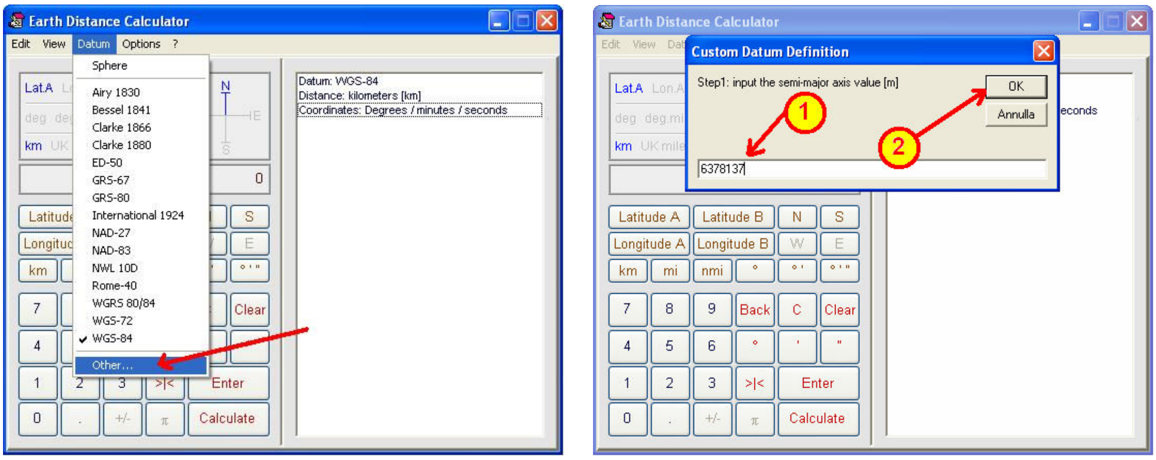


Figure 5.1 e 5.2: Definizione del datum

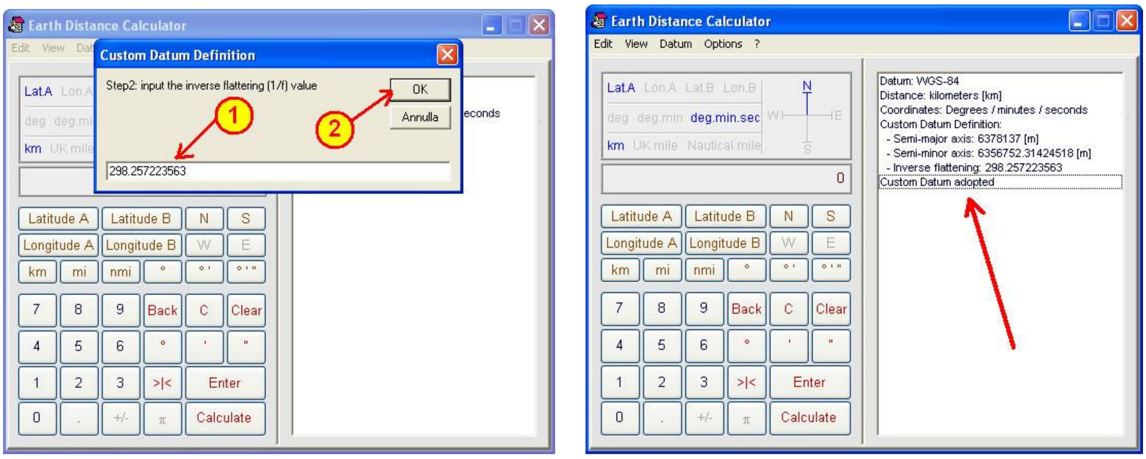


Figure 5.3 e 5.4: Definizione del datum

Nota: Se si desidera inserire al posto del fattore di schiacciamento il valore del semiasse minore, far precedere il valore dal simbolo "@" (Esempio: @6378100).

APPENDICE A: Come reperire il datum di una mappa

La maggior parte delle mappe hanno una zona in cui è indicato il datum (figura. A.1). Se questo non fosse espressamente indicato la cosa migliore sarebbe quella di richiedere questo dato al produttore della mappa; tuttavia, se ciò non fosse possibile, in prima approssimazione si potrebbe utilizzare il datum ED-50 se la carta rappresenta una zona dell'Europa oppure il datum NAD-83 se rappresenta il continente nord americano.

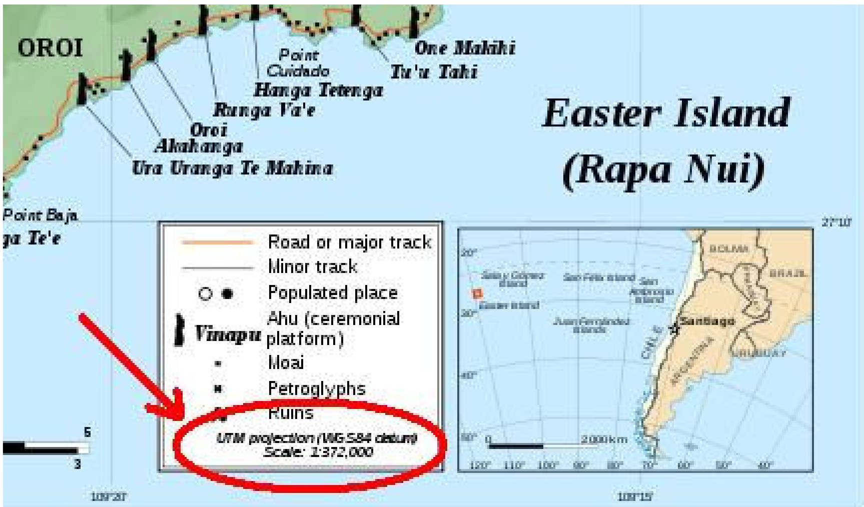


Figura A.1: Esempio di mappa

BIBLIOGRAFIA

Le informazioni per la realizzazione del programma “Earth Distance Calculator” e del presente manuale sono state tratte principalmente da:

- Wikipedia – Enciclopedia on line
- Sito internet del prof. Paolo Lazzarini (http://users.libero.it/prof.lazzarini/index.htm)
- Sito internet di Mario Spada (http://mariospada.net/index.html)
- Mini corso di trigonometria sferica – Istituto Tecnico Nautico “Artiglio” - Viareggio

APPUNTI

APPUNTI

....