NUMERO: 550 DATA: 05/06/2013

A P P U N T I

STUDENTE: Sicari

MATERIA: Topografia Esercizi + Compensazione e Rilievo
Prof. Cina

ESERCIZI DI TOPOGRAFIA I (a.a. 2010/2011)

PROF. ALBERTO CINA

Svolti con Matlab ed Excel

a cura di Rosario Sicari

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 3 di 63

ELLISSOIDE	a (m)	1/α	c (m)	e^2	e'^2
Delambre	6376985	308,6	6356320,758	0,006470381	0,006512519
Everest	6377276	300,8	6356074,949	0,006637884	0,00668224
Bessel	6377397	299,1528128	6356078,808	0,006674372	0,006719219
Fisher	6378338	288,5	6356229,376	0,006920394	0,00696862
Clarke	6378249	293,5	6356517,317	0,006802701	0,006849295
Helmert	6378140	298,3	6356758,371	0,006693422	0,006738525
Hayford	6378388	297	6356911,946	0,00672267	0,00676817
Krassovsky	6378245	298,3	6356863,019	0,006693422	0,006738525
WGS84	6378137	298,2572236	6356752,314	0,00669438	0,006739497

Dove:

$$c = a(1-\alpha)$$

$$e'^2 = \frac{e^2}{1-e^2}$$

$$e^2 = 2\alpha - \alpha^2$$

ESERCIZIO N. 3 – elementi geodetici nell'intorno di un punto di coordinate assegnate

Dato il punto *P* appartenente all'ellissoide di Hayford, di coordinate geografiche ellissoidiche

φ = 44° 43' 48" λ = 7° 20' 52"

determinare:

- i raggi principali di curvatura ρ, N
- la differenza relativa tra i due raggi di curvatura
- il raggio di curvatura della sfera locale R
- il raggio di curvatura del parallelo r
- il raggio di curvatura della sezione normale di azimut $\alpha = 45°$
- la costante di Clairaut C della geodetica passante per P con azimut $\alpha = 45°$

Determinare le medesime quantità nell'ipotesi che il punto P appartenga all'ellissoide di Bessel e all'ellissoide WGS84. Ordinare i risultati in una tabella comparativa.

SVOLGIMENTO

Analisi dei dati di input	• Vettore ellissoide 1x2 (semiasse *a*, eccentricità e^2) • (sia Hayford, Bessel e WGS84) • Coordinate geografiche ellissoidiche
Analisi dei dati di output	• Raggio curvatura meridiano (ρ) • Raggio curvatura massimo N (gran_n) • Differenza relativa tra i due raggi di curvatura

```
 %ellissoide BESSELL (semiasse, eccentricità)

ellissoide=[6378388,0.006722670022];
%ellissoide HAYFORD (semiasse, eccentricità)

format long; %per aumentare il numero di cifre significative
% latitudine del punto in esame

lat=[44,43,48]; %gradi SESSAGESIMALI
lat=(lat(1))+(lat(2)/60)+(lat(3)/3600); %trasformo in
SESSADECIMALI
lat=lat/180*pi; %conversione in radianti effettuata nel main così
da poterla usare in seguito.

%calcolo raggi principali e raggio sfera locale
[raggi]=sfeloc(ellissoide,lat);
disp(raggi);

%calcolo differenza relativa
diff=(raggi(2)-raggi(1))/raggi(2);
disp(diff);

%raggio curvatura del parallelo
r=raggi(2)*cos(lat);
disp(r);

%raggio curvatura sezione normale di azimut 45°
az=45;
az=az/180*pi; %in radianti
ra=raggi(1)*raggi(2)/((raggi(2)*cos(az)^2)+(raggi(1)*sin(az)^2));
disp(ra);

%costante di Clairaut di geodetica passante per P con azimut 45°
c=r*sin(az);
disp(c);
```

Di volta in volta si seleziona un ellissoide diverso, sfruttando i "commenti" (%).

Risultati

α=45°	φ= 44° 43' 48''		λ = 7° 20' 52''
ELLISSOIDE	ρ (10^6 m)	N (10^6 m)	R (10^6 m)
Hayford	6,367283005	6,389033509	6,378148986
Bessel	6,366374087	6,387964196	6,377160005
WGS84	6,367079517	6,388737182	6,377899157

ELLISSOIDE	(N- ρ)/N	r (10^6 m)	Rα (10^6 m)	C (10^6 m)
Hayford	0.003404349690291	4,538967975	6,378139714	3,209535035
Bessel	0.003379810526779	4,538208301	6,377150868	3,208997864
WGS84	0.003389976003862	4,538757455	6,377889963	3,209386175

```
raggio=sqrt(x^2+y^2);
fi=atan2(z,raggio);
if fi<0
    fi=fi+2*pi;
end
[raggi]=sfeloc(ellissoide, fi); %all'interno di una funzione
posso usare un'altra funzione
gran_n=raggi(2);
for i=1:1:10 %impongo di fare il ciclo 10 volte perkè
dall'esperienza so che dopo 10 iterazioni i valori calcolati si
"stabilizzano"...
    h=x/(cos(fi)*cos(lam))-gran_n;
    fi=atan2(z,(raggio*(1-e2*gran_n/(gran_n+h))));
    if fi<0
        fi=fi+2*pi;
    end
    [raggi]=sfeloc(ellissoide, fi);
    gran_n=raggi(2);
end
lam=lam*180/pi;
fi=fi*180/pi;
```

%MAIN

```
clc
clear
% converto xyz in flh, carico dati da file e salvo su file

%parametri
ellissoide=[6378137,0.006694379990];
 %ellissoide WGS84 (semiasse, eccentricità)
format short;

a=xlsread('xyz.xlsx');

for i=1:1:size(a,1)
%ciclo che parte da 1, incrementa di 1, fino al  numero di righe
%della nostra matrice
    nome=a(i,1);
    x=a(i,2);
    y=a(i,3);
    z=a(i,4);
    [fi,lam,h]=xyz2flh(ellissoide,x,y,z);
%effettuo il cambio di cordinate
    flh(i,1)=nome;   %e salvo in una nuova matrice flh
    flh(i,2)=fi;
    flh(i,3)=lam;
    flh(i,4)=h;   %la matrice flh è una matrice di comodo!!!
end  %chiude ciclo for
xlswrite('flh.xlsx',flh);
save('flh.txt','flh','-ascii');
 %in questo modo ho salvato sia in excel che in txt!
disp(flh)
```

```
x=(a/w+h)*cos(lat)*cos(lon);
y=(a/w+h)*cos(lat)*sin(lon);
z=(a/w*(1-e2)+h)*sin(lat);

%MAIN

clc
clear
ellissoide=[6378137,0.006694379990]; %ellissoide WGS84
(semiasse, eccentricità)
a=xlsread('esercizio 5.xlsx');
format short;

for i=1:1:size(a,1) %ciclo che parte da 1, incrementa di 1, fino
al  numero di righe della nostra matrice
    nome=a(i,1);
    lat=(a(i,2)+a(i,3)/60+a(i,4)/3600)/180*pi;
    lon=(a(i,5)+a(i,6)/60+a(i,7)/3600)/180*pi;
    h=a(i,8);
    [x,y,z]=flh2xyz(ellissoide,lat,lon,h); %effettuo il cambio
di cordinate
    xyz(i,1)=nome;   %e salvo in una nuova matrice xyz
    xyz(i,2)=x;
    xyz(i,3)=y;
    xyz(i,4)=z;   %la matrice xyz è una matrice di comodo!!!
end  %chiude ciclo for
xlswrite('risultato_5.xlsx',xyz);
save('risultato_5.txt','xyz','-ascii'); %in questo modo ho
salvato sia in excel che in txt!
disp(xyz)
```

Risultati

Punto	X (m)	Y (m)	Z (m)
5	4499525,426	585034,128	4467910,358
6	4495694,184	592458,5124	4470744,777
7	4499298,312	585004,5984	4467683,32
8	4495479,138	592429,5077	4470529,396
9	4503484,719	578160,7492	4465024,298
10	4498329,373	562840,7641	4472537,611

ESERCIZIO N. 6 – trasformazione piana conforme

Note le coordinate dei punti P086, P087 nel sistema di riferimento iniziale [X',Y'] e nel sistema di riferimento finale [Xr,Yr] determinare i parametri (Tx, Ty, α, λ) della rototraslazione piana con variazione di scala isotropa tra i due sistemi di riferimento.

numero	X' [m]	Y' [m]	X [m]	Y [m]
806	-18,718	29,118	100.000	100.000
807	20,159	30,843	138,915	100.000

	``disp(Y); %punto 809 Y=[X(1,1) %Y è il vettore traslazione X(2,1)]; Z=[X(3,1) X(4,1) %Z è la matrice di rotazione già moltiplicata per il fattore di scala isotropo -X(4,1) X(3,1)]; %infatti X(3,1)=lambda*cos(alfa) e X(4,1)=lambda*sin(alfa) Y=Y+Z*[b(2,2) b(2,3)]; disp(Y);```

```
disp(Y);
%punto 809
Y=[X(1,1) %Y è il vettore traslazione
    X(2,1)];
Z=[X(3,1) X(4,1) %Z è la matrice di rotazione già moltiplicata
per il fattore di scala isotropo
    -X(4,1) X(3,1)]; %infatti X(3,1)=lambda*cos(alfa) e
X(4,1)=lambda*sin(alfa)
Y=Y+Z*[b(2,2)
    b(2,3)];

disp(Y);
```

Risultato

Prima parte

Tx (m)	117,408
Ty (m)	70,081
Alfa (°)	2,5406
lambda	1

Seconda parte
Punto 808

X (m)	106,379
Y (m)	97,962

Punto 809

X (m)	127,393
Y (m)	89,357

ESERCIZIO N. 7 – trasformazione piana affine

Note le coordinate dei punti 1, 2 e 3 nel sistema di riferimento iniziale [X',Y'] e nel sistema di riferimento finale [X,Y] determinare i parametri (Xo, Yo, a, b, c, d,) della trasformazione affine a 6 parametri tra i due sistemi di riferimento.

numero	X' [m]	Y' [m]	X [m]	Y [m]
1	300.00	100.00	1.50	1.50
2	400.00	100.00	2.00	1.00
3	300.00	200.00	1.70	3.00

Applicare i parametri trovati ai punti 4 e 5, espressi nel sistema di riferimento iniziale, per trasformarli in quello finale:

numero	X' [m]	Y' [m]
4	350.00	125.00
5	320.00	145.00

	`disp(Y);`

Risultato

1 parte

Xo[m]	-0,2
Yo[m]	1,5
a	0,005
b	0,002
c	-0,005
d	0,015

2 parte

PUNTO 4	
X[m]	1,8
Y[m]	1,625

PUNTO 5	
X[m]	1,69
Y[m]	2,075

ESERCIZIO N. 8 – trasformazione piana omografica

Note le coordinate dei punti 1, 2, 3 e 4 nel sistema di riferimento iniziale [Xt,Yt] e nel sistema di riferimento finale [Xr,Yr] determinare i parametri (a, b, c, d, e, f, g, h) della omografia generale tra i due sistemi di riferimento.

numero	X’ [m]	Y’ [m]	X [m]	Y [m]
1	2.00	4.00	1.00	5.00
2	2.50	1.00	1.00	2.00
3	7.00	2.00	4.00	2.00
4	4.00	5.00	4.00	5.00

Applicare i parametri trovati ai punti 5 e 6, espressi nel sistema di riferimento iniziale per trasformarli in quello finale:

numero	X’ [m]	Y’ [m]
5	3.50	3.00
6	5.00	3.50

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 15 di 63

Risultato

1 parte

a	-0,111111111
b	-0,111111111
c	1
d	-0,555555556
e	-0,555555556
f	5
g	0,111111111
h	0,111111111

2 parte

PUNTO 5	
X[m]	0,161
Y[m]	0,806

PUNTO 6	
X[m]	0,029
Y[m]	0,143

ESERCIZIO N. 9 – coordinate euleriane e geodetiche rettangolari, da geodetiche polari

Determinare le coordinate euleriane di una serie di punti di cui sono note le coordinate geodetiche polari (s, α). Tutte le coordinate fornite sono relative all'ellissoide di Hayford.

PUNTO	S [m]	α
VIGONE	11943.82	53° 55' 01".95
MORETTA	12526.42	96° 34' 57".26
SAVIGLIANO	27111.72	123° 04' 10".19
SALUZZO	17744.20	149° 07' 02".41
MONTE BRACCO	11396.18	193° 59' 40".79

L'origine della terna euleriana si trova nel vertice trigonometrico del II ordine ROCCA DI CAVOUR:

$$\varphi = 44° 46' 48''.075 \quad \lambda = 7° 22' 25''.990 \text{ Est Greenwich}$$

Calcolare le coordinate geodetiche rettangolari a partire dagli stessi punti riportati in tabella, evidenziando per ognuno anche il valore dell'eccesso sferico. Eseguire le trasformazioni inverse (da geodetiche rettangolari a polari) a verifica dei calcoli eseguiti.

Calcolare le medesime coordinate (euleriane e geodetiche rettangolari) ipotizzando di utilizzare l'ellissoide WGS84, mantendo inalterate le coordinate geografiche dell'origine.

```
% % input: s, azimut, raggi;
% output: coordinate rettangolari xy ed eccesso sferico 3epsilon(e)
% sintassi: [x,y,e]=saz2xye(s,az,raggi);

e=(s^2*sin(az)*cos(az))/(2*raggi(1)*raggi(2));
x=s*sin(az-(e/3));
y=s*cos(az-(2*e/3));

function [s,az]=xye2saz(x,y,e)
% xye2saz: trasforma coordinate rettangolari in polari
% input: x,y,e
% output: coordinate polari s,az
% sintassi: [s,az]=xye2saz(x,y,e);
s=sqrt(((x+(e/3)*y)^2+(y-(2/3)*e*x)^2));
az=atan2((x+(e/3*y)),(y-(2/3)*e*x));
if az<0
    az=az+2*pi;
end



%MAIN
clc
clear
ellissoide=[6378137,0.006694379990]; %ellissoide WGS84 (semiasse,
eccentricità)
%ellissoide=[6378388,0.006722670022]; %ellissoide HAYFORD
(semiasse,eccentricità)
a=xlsread('input_9.xlsx');

lat_origine=(44+46/60+48.075/3600)/180*pi;
lon_origine=(7+22/60+25.99/3600)/180*pi;

raggi=sfeloc(ellissoide,lat_origine);

for i=1:1:size(a,1) %ciclo che parte da 1, incrementa di 1, fino al
numero di righe della nostra matrice
    nome=a(i,1);
    s=a(i,2);
    az=(a(i,3)+(a(i,4))/60+(a(i,5))/3600)/180*pi; %trasformo azimut in
radianti
    Ra=raggi(1)*raggi(2)/((raggi(2)*cos(az)^2)+(raggi(1)*sin(az)^2));
    [x,y,z]=saz2xyz(ellissoide,s,az,lat_origine,Ra,raggi); %effettuo
il cambio di cordinate
    xyz(i,1)=nome;   %e salvo in una nuova matrice xyz
    xyz(i,2)=x;
    xyz(i,3)=y;
    xyz(i,4)=z;   %la matrice xyz è una matrice di comodo che verrà
stampata!!!
end  %chiude ciclo for
xlswrite('risultato_9.xlsx',xyz);
save('risultato_9.txt','xyz','-ascii'); %in questo modo ho salvato sia
in excel che in txt!
disp(xyz)

%seconda parte: geodetiche rettangolari
for i=1:1:size(a,1) %ciclo che parte da 1, incrementa di 1, fino al
numero di righe della nostra matrice
    nome=a(i,1);
    s=a(i,2);
```

Seconda parte

WGS84			
PUNTO	X(m)	Y(m)	3ε
VIGONE	9652,597	7034,362	0,0000008345997438
MORETTA	12443,842	-1435,968	-0,0000002196383941
SAVIGLIANO	22719,854	-14793,733	-0,0000041313450409
SALUZZO	9107,763	-15228,442	-0,0000017048136652
MONTE BRACCO	-2755,954	-11057,922	0,0000003745892733

HAYFORD			
PUNTO	X(m)	Y(m)	3ε
VIGONE	9652,597	7034,362	0,0000008345343218
MORETTA	12443,842	-1435,968	-0,0000002196211773
SAVIGLIANO	22719,854	-14793,733	-0,0000041310211963
SALUZZO	9107,763	-15228,442	-0,0000017046800297
MONTE BRACCO	-2755,954	-11057,922	0,0000003745599103

Seconda parte bis (verifica)

HAYFORD		
PUNTO	s (m)	α (°)
VIGONE	11943,82	53,91720833
MORETTA	12526,42	96,58257222
SAVIGLIANO	27111,72	123,0694972
SALUZZO	17744,2	149,1173361
MONTE BRACCO	11396,18	193,9946639

ESERCIZIO N. 10 – coodinate euleriane da coordinate ECEF

Date le coordinate geografiche ellissoidiche (ellissoide WGS84) di un punto P

Lat 44° 45' 1.0393" N Lon 7° 24' 29.2033" E

determinare le coordinate nella terna euleriana avente origine in P dei punti 1, 2, 3, 4 di cui sono note le coordinate geocentriche (vedi esercizio n. 4). Eseguire le trasformazioni inverse a verifica dei calcoli eseguiti.

	(see code below)

```
ellissoide=[6378137,0.006694379990]; %ellissoide WGS84
(semiasse, eccentricità)

%converto in rad le coordinate del punto P origine
lat_P=(44+45/60+1.0393/3600)/180*pi;
lon_P=(7+24/60+29.2033/3600)/180*pi;

W=sqrt(1-ellissoide(2)*(sin(lat_P)^2));

N=ellissoide(1)/W;

%converto le coordinate geografiche ellissoidiche del punto P
origine in
%coordinate ECEF

Xo=N*cos(lat_P)*cos(lon_P);
Yo=N*cos(lat_P)*sin(lon_P);
Zo=N*(1-ellissoide(2))*sin(lat_P);

a=xlsread('input_10.xlsx');

for i=1:1:size(a,1) %ciclo che parte da 1, incrementa di 1, fino
al  numero di righe della nostra matrice
    nome=a(i,1);
    X=a(i,2);
    Y=a(i,3);
    Z=a(i,4);
    Coord_euleriane=XYZ2xyz(lat_P,lon_P,X,Y,Z,Xo,Yo,Zo);
%effettuo il cambio di cordinate
    xyz(i,1)=nome;   %e salvo in una nuova matrice xyz
    xyz(i,2)=Coord_euleriane(1);
    xyz(i,3)=Coord_euleriane(2);
    xyz(i,4)=Coord_euleriane(3);   %la matrice xyz è una matrice
di comodo che verrà stampata!!!
    end  %chiude ciclo for
xlswrite('risultato_10.xlsx',xyz);
save('risultato_10.txt','xyz','-ascii'); %in questo modo ho
salvato sia in excel che in txt!
disp(xyz)

%seconda parte esercizio: verifica

b=xlsread('risultato_10.xlsx');
for i=1:1:size(b,1) %ciclo che parte da 1, incrementa di 1, fino
al  numero di righe della nostra matrice
    nome=b(i,1);
    x=b(i,2);
    y=b(i,3);
    z=b(i,4);
    Coord_ecef=xyz2XYZ(lat_P,lon_P,x,y,z,Xo,Yo,Zo); %effettuo il
cambio di cordinate
    XYZ(i,1)=nome;   %e salvo in una nuova matrice XYZ
    XYZ(i,2)=Coord_ecef(1);
    XYZ(i,3)=Coord_ecef(2);
    XYZ(i,4)=Coord_ecef(3);   %la matrice XYZ è una matrice di
comodo che verrà stampata!!!
end  %chiude ciclo for
xlswrite('risultato_10_seconda_parte.xlsx',XYZ);
save('risultato_10_seconda_parte.txt','XYZ','-ascii'); %in
```

```
for i=1:1:size(lat,1)%leggo il nulero di righe nel vettore
colonna delle lat
    lat_rad=lat(i)/180*pi; %conversione in radianti del valore
della lat
    modulo(i+1,1)=lat(i);
    for j=1:1:size(lon,1)%leggo il nulero di righe nel vettore
colonna delle lon
        modulo(1,j+1)=lon(j);
        lon_rad=lon(j)/180*pi;%conversione in radianti del
valore della lon

        ml=(1+((lon_rad^2)*(cos(lat_rad)^2))/2); %calcolo il
modulo di deformazione lineare

        modulo(i+1,j+1)=ml;    %e salvo in una nuova matrice flh
        end  %chiude il ciclo for interno
end  %chiude il ciclo for esterno
xlswrite('risultato_11.xlsx',modulo);
save('risultato_11.txt','modulo','-ascii'); %in questo modo ho
salvato sia in excel che in txt!
disp(modulo)
```

Risultato

Prima parte

			LONGITUDINE IN GRADI SESSADECIMALI						
			0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
LATITUDINE IN GRADI	SESSADECIMALI	37	1	1,000024286	1,000097145	1,000218577	1,000388581	1,000607158	1,000874308
		38	1	1,000023644	1,000094578	1,0002128	1,000378311	1,000591111	1,0008512
		40	1	1,000022345	1,000089378	1,000201101	1,000357514	1,000558615	1,000804406
		41	1	1,000021688	1,000086753	1,000195194	1,000347012	1,000542206	1,000780777
		42	1	1,000021029	1,000084115	1,000189258	1,000336459	1,000525717	1,000757032
		43	1	1,000020367	1,000081467	1,0001833	1,000325866	1,000509166	1,0007332
		44	1	1,000019703	1,000078812	1,000177327	1,000315248	1,000492576	1,000709309
		45	1	1,000019039	1,000076154	1,000171347	1,000304617	1,000475965	1,000685389
		46	1	1,000018374	1,000073497	1,000165367	1,000293986	1,000459354	1,000661469
		47	1	1,000017711	1,000070842	1,000159395	1,000283368	1,000442763	1,000637579

```
colonna delle lat
    lat_rad=lat(i)/180*pi; %conversione in radianti del valore
della lat
    modulo(i+1,1)=lat(i);
    for j=1:1:size(lon,1)%leggo il nulero di righe nel vettore
colonna delle lon



        %è tutto uguale all'esercizio 11 con la differenza che
qui bisogna
        %utilizzare la longitudine rispetto al meridiano
centrale del
        %fuso (nell'esercizio 11 era rispetto al m.c. ma in
carta Gauss,
        %mentre ora usiamo COORDINATE Gauss-Boaga
        %)-->
        %LONGITUDINE(m.c.)=LONGITUDINE(data)+LONGITUDINE(monte
        %Mario)-LONGITUDINE(m.c.fuso Est)

        lon_rad=lon(j)/180*pi;%conversione in radianti del
valore della lon
        modulo(1,j+1)=lon(j);
         lon_rad=lon_rad+lon_mm-lon_mc_e;

        ml=0.9996*(1+((lon_rad^2)*(cos(lat_rad)^2))/2); %calcolo
il modulo di deformazione lineare

        modulo(i+1,j+1)=ml;   %e salvo in una nuova matrice flh
        end  %chiude il ciclo for interno
end  %chiude il ciclo for esterno
xlswrite('risultato_12.xlsx',modulo);
save('risultato_12.txt','modulo','-ascii'); %in questo modo ho
salvato sia in excel che in txt!
disp(modulo)
```

RISULTATO

			LONGITUDINE IN GRADI SESSADECIMALI						
			0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
LATITUDINE IN GRADI	SESSADECIMALI	37	1,00023028	1,000007162	0,999832596	0,999706585	0,999629126	0,999600221	0,999619869
		38	1,000213621	0,9999964	0,999826449	0,999703768	0,999628356	0,999600215	0,999619343
		40	1,000179888	0,999974608	0,999814	0,999698063	0,999626797	0,999600203	0,99961828
		41	1,000162854	0,999963604	0,999807714	0,999695182	0,99962601	0,999600197	0,999617743
		42	1,000145737	0,999952547	0,999801397	0,999692288	0,999625219	0,999600191	0,999617203
		43	1,000128556	0,999941448	0,999795057	0,999689382	0,999624425	0,999600185	0,999616662
		44	1,000111334	0,999930322	0,999788701	0,99968647	0,999623629	0,999600179	0,999616119
		45	1,00009409	0,999919183	0,999782337	0,999683554	0,999622833	0,999600173	0,999615575
		46	1,000076847	0,999908044	0,999775974	0,999680638	0,999622036	0,999600167	0,999615032
		47	1,000059624	0,999896918	0,999769618	0,999677726	0,99962124	0,999600161	0,999614489

```
A1=1-(ellissoide(2)/4)-(3/64*ellissoide(2)^2)-
(5/256*ellissoide(2)^3);
A2=3/8*ellissoide(2)+3/32*ellissoide(2)^2+45/1024*ellissoide(2)^3;
A4=15/256*ellissoide(2)^2+45/1024*ellissoide(2)^3;
A6=35/3072*ellissoide(2)^3;

%TROVO y

y=ellissoide(1)*(A1*csi-A2*sin(2*csi)+A4*sin(4*csi)-
A6*sin(6*csi));





%MAIN
clc
clear

ellissoide=[6378388,0.006722670022]; %ellissoide HAYFORD
(semiasse, eccentricità)
a=xlsread('input_13.xlsx');
lon_mc_e=15/180*pi;%longitudine DEL meridiano centrale est
lon_mc_o=9/180*pi;   %longitudine DEL meridiano centrale ovest
lon_mm=(12+27/60+8.40/3600)/180*pi;  %longitudine di MONTE MARIO

for i=1:1:size(a,1)

    nome=a(i,1);
    lat=(a(i,2)+a(i,3)/60+a(i,4)/3600)/180*pi;
    lon=(a(i,5)+a(i,6)/60+a(i,7)/3600)/180*pi;

    if(i==1)

            %il primo punto ha lon < 0 quindi appartiene al fuso
ovest
        lon_mc=lon_mc_o;
         falsa_origine=1500000;
    end
    if(i==2)

            %il secondo punto ha lon > 0 quindi appartiene al fuso
est
        lon_mc=lon_mc_e;
        falsa_origine=2520000;

    end

    lon=lon-lon_mc+lon_mm;   %longitudine RISPETTO al meridiano
centrale (che sul libro è lambda.mc)

    [x,y]=hirvonen(ellissoide,lat,lon);
    ESTNORD(i,1)=x+falsa_origine;
    ESTNORD(i,2)=y;

end  %chiude il ciclo for esterno
xlswrite('risultato_13.xlsx',ESTNORD);
```


© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 29 di 63

```
% trasformazione da  cartografiche a geografiche - formule Hirvonen
% input: vettore ellisoide[a,e2]
%       est,nord : coordinate cartografiche
%
% output:  [fi, lam]: coordinate geografiche in sessadecimali
% N.B.1) è considerato il modulo di contrazione 0.9996
% N.B.2) gestisce le origini convenzionali UTM nord e sud e Gauss Boaga
% N.B.3) nel caso Gauss Boaga l'ellissoide considerato è hayford, anche se diversamente
% specificato in input e il fuso è automaticamente determinato (dare un
% valore numerico arbitrario nella chiamata)
%
% sintassi: [fi,lam]=ne2ge(ellissoide,fuso,nord,est)
%
%                         Alberto CINA ultima modifica 2 giugno 06

e2=ellissoide(2);
a= ellissoide(1);
mc=0.9996;
if est>1000000    %sistema Gauss Boaga - Roma40
   if est>2000000       %fuso est
      estzero=2520000;
      lamzero=2+32/60+51.60/3600;
   else                 %fuso ovest
      estzero=1500000;
      lamzero=-(3+27/60+8.40/3600);
   end
   e2=0.006722670022;      %ell. Hayford
   nordzero=0;
   a=6378388;
else                 %sistema WGS84 o UTM
   estzero=500000;
   nordzero=0;      %emisfero nord
   if nord<0       %emisfero sud
      nordzero=10000;
   end
   lamzero=fuso*6+177;
   if lamzero>360
      lamzero=lamzero-360;
   end
end
x=(est-estzero)/mc;
y=(nord-nordzero)/mc;
c=a*sqrt(1-e2);
d=a^2/c;
eps2=e2/(1-e2);
a1=(1-e2/4-3*e2^2/64-5*e2^3/256);
teta=y/(a*a1);
e1=(1-sqrt(1-e2))/(1+sqrt(1-e2));
b1=3*e1/2-27*e1^3/32;
b2=21*e1^2/16-55*e1^4/32;
b3=151*e1^3/96;
b4=1097*e1^4/512;
csi=teta+b1*sin(2*teta)+b2*sin(4*teta)+b3*sin(6*teta)+b4*sin(8*teta);
v1=sqrt(1+eps2*(cos(csi))^2);
lam=atan(v1*sinh(x/d)/cos(csi));
fi=atan(tan(csi)*cos(v1*lam));
lam=lam/pi*180+lamzero;
fi=fi/pi*180;
```

```
e_p=ellissoide(2)/(1-ellissoide(2));

v1=sqrt(1+e_p*cos(lat)^2);

csi=atan(tan(lat)/cos(v1*lon_mc));

v=sqrt(1+e_p*cos(csi)^2);

%TROVO x

x=Rp*asinh((cos(csi)*tan(lon_mc))/v);

%trovo i coeffivienti Ai che sono funz dell'ellissoide considerato

A1=1-(ellissoide(2)/4)-(3/64*ellissoide(2)^2)-
(5/256*ellissoide(2)^3);
A2=3/8*ellissoide(2)+3/32*ellissoide(2)^2+45/1024*ellissoide(2)^3;
A4=15/256*ellissoide(2)^2+45/1024*ellissoide(2)^3;
A6=35/3072*ellissoide(2)^3;

%TROVO y

y=ellissoide(1)*(A1*csi-A2*sin(2*csi)+A4*sin(4*csi)-A6*sin(6*csi));



function [fi,lam]=ne2ge(ellissoide,fuso,nord,est);
% trasformazione da  cartografiche a geografiche - formule Hirvonen
% input: vettore ellisoide[a,e2]
%        est,nord : coordinate cartografiche
%
% output:  [fi, lam]: coordinate geografiche in sessadecimali
% N.B.1) è considerato il modulo di contrazione 0.9996
% N.B.2) gestisce le origini convenzionali UTM nord e sud e Gauss
Boaga
% N.B.3) nel caso Gauss Boaga l'ellissoide considerato è hayford,
anche se diversamente
% specificato in input e il fuso è automaticamente determinato (dare
un
% valore numerico arbitrario nella chiamata)
%
% sintassi: [fi,lam]=ne2ge(ellissoide,fuso,nord,est)
%
%                              Alberto CINA ultima modifica 2 giugno
06

e2=ellissoide(2);
a= ellissoide(1);
mc=0.9996;
if est>1000000    %sistema Gauss Boaga - Roma40
    if est>2000000       %fuso est
        estzero=2520000;
        lamzero=2+32/60+51.60/3600;
    else                 %fuso ovest
        estzero=1500000;
        lamzero=-(3+27/60+8.40/3600);
    end
    e2=0.006722670022;      %ell. Hayford
    nordzero=0;
    a=6378388;
```

```
%Seconda parte:verifica risultati
b=xlsread('risultato_14.xlsx');

lon_mc_o=9/180*pi;    %longitudine DEL meridiano centrale ovest
lon_mm=(12+27/60+8.40/3600)/180*pi;  %longitudine di MONTE MARIO

for i=1:1:size(b,1)


    lat=b(i,1)/180*pi; %convertiamo da sessadecimali (la funzione
ne2ge restituisce sessadecimali) in rad
    lon=b(i,2)/180*pi; %convertiamo da sessadecimali (la funzione
ne2ge restituisce sessadecimali) in rad


    falsa_origine=500000; %la falsa orifine in WGS84 è di 500km per
ogni fuso


    lon=lon-lon_mc_o+lon_mm;   %longitudine RISPETTO al meridiano
centrale fuso ovest (che sul libro è lambda.mc)

    [x,y]=hirvonen(ellissoide,lat,lon);
    ESTNORD(i,1)=x + falsa_origine;
    ESTNORD(i,2)=y;

end  %chiude il ciclo for esterno
xlswrite('risultato_14_verifica.xlsx',ESTNORD);
save('risultato_14_verifica.txt','ESTNORD','-ascii'); %in questo
modo ho salvato sia in excel che in txt!
disp(ESTNORD)
```

Risultato **prima parte**

PUNTO	φ (sessadecimali)	λ (sessadecimali)
NOVARA	45,43610046	8,61822802
BARDONECCHIA	45,07583953	6,709093291

Risultato **seconda parte**

PUNTO	EST(m)	NORD(m)
NOVARA	470127,7111	5033481,763
BARDONECCHIA	319607,7633	4995926,778

	`convergenza(1,1)=convergenza1;` `convergenza(1,2)=convergenza2;` `xlswrite('risultato_15.xlsx',convergenza);` `save('risultato_15.txt','convergenza','-ascii'); %in questo modo ho salvato sia in excel che in txt!` `disp(convergenza);`

Risultato

CONVERGENZA NEL FUSO OVEST (°)	CONVERGENZA NEL FUSO EST (°)
1,988321266	-7,81123617

ESERCIZIO N. 16

Calcolare le coordinate UTM del punto avente, nel sistema Gauss-Boaga, coordinate

E = 2.414.372 m   N = 4.717.651 m

(foglio 1:100.000 n. 140) della rappresentazione Gauss-Boaga. Specificare il fuso di appartenenza. (Eseguire la trasformazione con le tabelle IGM).

SVOLGIMENTO

Analisi dei dati di input	• Coordinate GAUSS-BOAGA • Foglio n. 140
Analisi dei dati di output	• Coordinate UTM • Fuso di appartenenza
Algoritmo e diagramma di flusso	Trasformazione con tabelle IGM
Listato Matlab	`%MAIN` `clc` `clear` `a=xlsread('input_16.xlsx');` `est_GB=a(1,1);` `nord_GB=a(1,2);` `est_UTM = est_GB + 938;` `nord_UTM = nord_GB + 182;`

<table>
<tr><td>Algoritmo e diagramma di flusso</td><td>

Distanza cartografica = sqrt(DELTA Est^2 + DELTA Nord^2)

Distanza cartografica = Distanza sulle superficie di riferimento (Dg) * m_l → Dg=Dc/ m_l

m_l = 0,9996(1+ (X_1^2+ X_1X_2+........)/6ro*N....)

X di Gauss = Est – falsa origine

Distanza geoide = Distanza orizzontale(1 – Q/R)

Angolo di direzione = arctan (DELTA X / DELTA Y)

Date le coordinate calcoliamo tranquillamente l'angolo di direzione; invece per calcolare l'azimut:

1. Convergenza del meridiano: (formule *usate nell'esercizio 15*)
2. Riduzione alla corda: epsilon_{ab} = (Ya-Yb)(2Xa+Xb)/6*rò*N*0,9996^2
3. Azimut corda = angolo di direzione + convergenza del meridiano
4. Azimut della trasformata di geodetica = azimut corda - epsilon_{ab}

</td></tr>
<tr><td>Listato Matlab</td><td>

```
%MAIN
clc
clear

ellissoide=[6378388,0.006722670022]; %ellissoide HAYFORD (semiasse,
%eccentricità)
a=xlsread('input_17.xlsx');

for i=1:1:size(a,1)

    est(i)=a(i,2);
    x(i)=est(i)-1500000;
    nord(i)=a(i,3);
    quota(i)=a(i,4);
    lat(i)=(a(i,5)+a(i,6)/60+a(i,7)/3600)/180*pi;
    lon(i)=(a(i,8)+a(i,9)/60+a(i,10)/3600)/180*pi;

end  %chiude il ciclo for esterno

%calcolo raggi del punto di latitudine media
raggim=sfeloc(ellissoide,(lat(1)+lat(2)/2));


%calcolo dist cartografica
dist_car=sqrt((est(1)-est(2))^2+(nord(1)-nord(2))^2);
disp(dist_car);
%calcolo modulo di def lineare
ml=0.9996*(1+(x(1)^2+x(1)*x(2)+x(2)^2)/(6*raggim(1)*raggim(2)*0.9996^
2));
```

</td></tr>
</table>

FORMULE UTILI

$$\alpha = \frac{a-c}{a} \qquad e^2 = \frac{a^2-c^2}{a^2} \qquad e'^2 = \frac{a^2-c^2}{c^2}$$

$$\rho = \frac{a(1-e^2)}{\sqrt{\left(1-e^2\sin^2\varphi\right)^3}}$$ raggio curvatura sezione meridiana

$$N = \frac{a}{\sqrt{\left(1-e^2\sin^2\varphi\right)}}$$ raggio di curvatura massimi sezione normale

$$R = \sqrt{\rho \cdot N}$$

$$\frac{1}{R_\alpha} = \frac{\cos^2\alpha}{\rho} + \frac{\sin^2\alpha}{N}$$ (Teorema di Eulero)

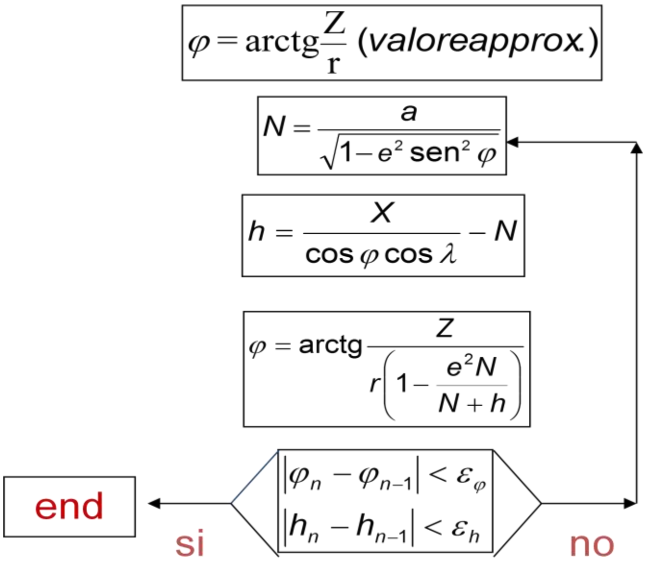
$$R_{\alpha,\vartheta} = R_\alpha \cos\vartheta$$ (Teorema di Meusnier)

$$C = r \cdot \text{sen}\alpha$$ (Teorema di Clairaut)

$$\begin{cases} X = (N+h)\cdot\cos\varphi\cdot\cos\lambda \\ Y = (N+h)\cdot\cos\varphi\cdot\sin\lambda \\ Z = \left[N\cdot(1-e^2)+h\right]\cdot\sin\varphi \end{cases}$$ da geografiche e geocentriche ECEF

da geocentriche ECEF a geografiche (metodo iterativo)

$$\lambda = \text{arctg}\,\frac{Y}{X} \qquad r = \sqrt{X^2+Y^2}$$



Con un livello elettronico si adottano stadie non più centimetrate, bensì codificate. Una matrice di diodi (che sostituisce l'occhio dell'osservatore) riceve l'immagine del codice a barre della stadia che viene poi elaborata per essere convertita in un segnale di misura.

A questo punto, messa in bolla la livella, si eseguono (in tutta analogia con quanto fatto nell'uso del teodolite) l'adattamento alla vista e poi quello alla distanza. È chiaro che anche la **stadia** deve essere messa in bolla (il controllo della sua **verticalità**, infatti, avviene mediante una livella sferica). Se si è proceduto bene si può eseguire la misurazione.

Basta premere il tasto rosso e si leggono sul display del livello i valori di distanza e di "altezza" misurati. Dal momento che la precisione della misura dipende dalla distanza tra le stadie, per livellazioni di precisione o di alta precisione, essa non deve supera i 40 m. Generalmente (al fine di ottenere le coordinate globali) occorre fornire almeno una quota di un punto. Se così non è, sarà comunque possibile usare un sistema "locale" stabilendo una **quota fittizia** (per noi pari a 100,0000 m, così da non avere mai valori negativi). Al fine di controllare eventuali errori commessi, è stata eseguita la **livellazione in "andata e ritorno".**

Stabilito che la quota fittizia del punto D è pari a 100 m, in maniera approssimata (contando il numero di passi) si dispone il livello in mezzo ai due punti da analizzare (nel nostro esempio tra D e C); si collima D e si misura un valore di 1,2786 m. A questo punto metto la stadia in C, ruoto il livello, collimo C e leggo 1,5130 m. Nel nostro esempio si avrà che:

$1{,}2786 + hD = 1{,}5130 + hC$

da cui

$hC = 100 + 1{,}2786 - 1{,}5130 = 99{,}7656$ m.

Si prosegue in questo modo, mettendo le stadie anche su B, L, M, E ed infine nuovamente in D.

Chiudendo la prima poligonale l'errore di "chiusura" è stato di appena 0,0005 mm (un valore più che soddisfacente considerando che per i non addetti ai lavori l'errore massimo ammissibile è di 3 mm – i topografi esperti ammettono un errore di 1 mm). Il livello ha noi utilizzato ha un errore medio kilometrico di 2mm/km.

Completata la poligonale si è scelto poi di effettuare le misurazioni lungo due diagonali: in questo caso, per determinare il dislivello tra due punti non direttamente visibili, occorre "spezzare" la battuta di livellazione lungo una **linea di livellazione**.

Raccolti tutti i dati, si è richiesta la **compensazione** della rete rilevata.

Nel nostro caso si dispone di 10 equazioni in 5 incognite. Il problema può essere risolto con il principio dei minimi quadrati attraverso il calcolo della matrice normale N e la normalizzazione del vettore dei termini noti. <u>Dapprima si è proceduto attribuendo alle misure lo stesso peso e dopo attribuendo un peso inversamente proporzionale alla distanza coperta</u>. In entrambi casi sono stati prima **stimati i parametri**, poi sono stati **stimati gli scarti**, segue la **stima della varianza dell'unita di peso** ed, infine, la **stima della matrice di varianza-covarianza dei parametri**.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 43 di 63

Piastra	99,7533		101,18	0,009883376	
	1,3806	24,45			-1,0011
	101,1339		49,74		
	-1,1319	25,29			
E	100,002				

Punto	Quote (m)	distanza (m)	SOMMA DISTANZE (m)	INV_SommaDist (1/m)	differenze (m)
D	100				
	1,5753	19,88			
	101,5753		38,76		
	-1,0577	18,88			
Piastra	100,5176		80,27	0,012457954	-0,64
	1,415	20,83			
	101,9326		41,51		
	-1,2926	20,68			
L	100,64				
	1,3044	20,55			
	101,9444		40,65		
	-1,4163	20,1			
Piastra	100,5281		80,313	0,012451284	0,637
	1,0587	18,963			
	101,5868		39,663		
	-1,5838	20,7			
D	100,003				

Si riporta il LISTATO MATLAB commentato:

<u>matrice disegno</u>

```
a =

     0    -1     0     0     0
    -1     1     0     0     0
     1     0     0    -1     0
     0     0     0     1    -1
     0     0    -1     0     1
     0     0     1     0     0
    -1     0     1     0     0
     1     0    -1     0     0
     0     0     0    -1     0
     0     0     0     1     0

4
```

Stimo i parametri

```
>> X=inv(N)*Tn

X =

   99.6674
   99.7664
  100.6682
  100.6383
  100.8064

>> v= a*X - T
```

Stimo gli scarti

```
v =

   -0.0008
   -0.0008
    0.0006
    0.0010
    0.0010
   -0.0005
    0.0017
    0.0003
    0.0017
    0.0013
```

Stimo la varianza dell'unità di peso

```
>> sigma02=(v'*P*v)/5

sigma02 =

  2.2890e-006
```

Stimo la matrice di varianza-covarianza dei parametri

```
>> Cxx=sigma02*inv(N)

Cxx =

  1.0e-005 *

    0.1221    0.0610    0.0763    0.0458    0.0610
    0.0610    0.1450    0.0381    0.0229    0.0305
    0.0763    0.0381    0.1144    0.0381    0.0763
    0.0458    0.0229    0.0381    0.0839    0.0610
    0.0610    0.0305    0.0763    0.0610    0.1831
```

ORA METTIAMO DEI PESI DIVERSI PER OGNI MISURA!

Inserisco i pesi

Stimo gli scarti

```
>> v2=(a*X2)-T

v2 =

   -0.0007
   -0.0007
    0.0006
    0.0007
    0.0008
   -0.0002
    0.0023
   -0.0003
    0.0020
    0.0010
```

Stimo la varianza dell'unità di peso

```
>> sigma022=(v2'*P2_diag*v)/5

sigma022 =

  3.4014e-008
```

Stimo la matrice di varianza-covarianza dei parametri

```
>> Cxx2=sigma022*inv(N2)

Cxx2 =

  1.0e-005 *

    0.1077    0.0535    0.0481    0.0433    0.0455
    0.0535    0.1024    0.0239    0.0215    0.0226
    0.0481    0.0239    0.0847    0.0362    0.0585
    0.0433    0.0215    0.0362    0.0834    0.0617
    0.0455    0.0226    0.0585    0.0617    0.1176
```


© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 49 di 63

lavorare con angoli acuti. Fatto **l'adattamento alla vista,** si collima B (dove viene piazzato un **segnale,** usato per consentire la materializzazione fisica provvisoria del punto), si **adatta alla distanza** e si riporta la misura di azimut, zenit e distanza inclinata. Si ripete l'operazione eseguendo la lettura in **posizione coniugata** (cerchio a destra). Analoghe considerazioni quando si collima il punto M. Dopodiché si fa stazione in B e si eseguono le stesse procedure nei confronti di C (punto indietro) e di L (punto avanti). È proprio dal punto di stazione B che si eseguirà il rilievo di dettaglio. Questo si realizza collimando punti significativi nell'intorno del punto di stazione ed attribuendo a loro un codice che ne possa identificare la tipologia. Per i punti di dettaglio si usa un segnale su paletto (e non su treppiede) e lo si alza fino a 2 m. Inoltre, non essendo richiesta un'alta precisione, si effettuano le misure solo con cerchio a sinistra.

Nella realtà operativa in cui si trovano sovente i topografi, chi fa il rilievo planimetrico non dispone della mappa del luogo da rilevare, ma si basa su schizzi della pianta. Per scopi didattici, invece, si è fatto ricorso ad una mappa stampata. Anche l'esagono chiuso ha finalità didattiche e serve per controllare che il lavoro di due/tre gruppi combaci nelle zone comuni di rilievo.

Prima di affrontare la parte relativa ai calcoli è doveroso sottolineare che il gruppo di lavoro cui io appartengo non è riuscito a registrare più di 28 punti di dettaglio. Per tale motivo ho sentito l'esigenza di sovrapporre le mie misure a quelle di un altro gruppo che ha fatto stazione sempre in B. È chiaro che ciò ha richiesto una duplice esecuzione dei calcoli ma alla fine ha permesso di ottenere un rilievo più ricco.

Si analizza ora l'esecuzione dei calcoli.

Calcoli e risultati:

Per prima cosa riportiamo i dati ricavati in esercitazione:

PUNTI DI RETE							
nome stazione	h stazione (m)	LETTURA CS o CD	punto collimato	azimutali (gon)	zenitali (gon)	h segnale (m)	distanza inclinata (m)
L	1,515	CS	B	86,7992	100,9364	1,555	63,641
L	1,515	CD	B	286,7998	299,0688	1,555	63,641
L	1,515	CS	M	198,7430	99,6044	???	31,295
L	1,515	CD	M	398,7416	300,3972	???	31,295
B	1,555	CS	C	366,6510	99,9338	1,505	44,789
B	1,555	CD	C	166,6544	300,0720	1,505	44,789
B	1,555	CS	L	69,5398	99,0722	1,515	63,640
B	1,555	CD	L	269,5428	300,9364	1,515	63,640

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 51 di 63

3) SERVE ORA L'ANGOLO DI DIREZIONE DEI PUNTI DI STAZIONE COLLIMATI. N.B. SERVE SOLO A PARTIRE DAL PUNTO DI STAZIONE "B", QUELLO DA CUI SONO STATI PRESI I PUNTI DI DETTAGLIO

(segnale - stazione) riferito a come si calcola il delta					K=VAL ASS	DISCUSSIONE	ANGOLO DI DIREZIONE	
PUNTO DI STAZIONE	SEGNALE	DELTA X	DELTA Y	ARCTAN(DELTAX/DELTAY) (rad)	DI ARCTAN (rad)	QUADRANTE	(rad)	(gon)
B	C	-12,009	-43,100	0,272	0,272	TERZO	3,413	*217,2994*
B	L	-60,377	19,953	-1,252	1,252	QUARTO	5,032	*320,3193*

APPLICO LA REGOLA DI BESSEL:			
	ZENITALE	*(CS+400-CD)/2*	
ANGOLO			
	AZIMUTALE	*se CS > 200 gon*	*(CS+CD+200)/2*
		se CS < 200 gon	*(CS+CD-200)/2*

NOME STAZIONE	CD o CS	punto collimato	azimutali (gon)	zenitali (gon)
B	CS	C	366,6510	99,9338
B	CD	C	166,6544	300,0720
APPLICO BESSEL			366,6527	99,9309
B	CS	L	69,5398	99,0722
B	CD	L	269,5428	300,9364
APPLICO BESSEL			69,5413	99,0679

Al fine di rendere gli assi cartografici (X,Y) paralleli agli assi Est e Nord (E,N), il considerare solo l'angolo di direzione non è sufficiente. Questo perché l'origine del cerchio azimutale, quando si accende il teodolite, è disposto secondo una direzione qualsiasi che generalmente non coinciderà con la direzione dell'asse Y del sistema di riferimento scelto. Sarà necessario, pertanto, introdurre un termine correttivo che prende il nome di **correzione azimutale di stazione.** La relazione tra lettura azimutale (L) , angolo di direzione (dir) e correzione azimutale (cas) è la seguente:

$$L = -cas + dir$$

A venirci incontro c'è il fatto che la cas è uguale per tutte le direzioni azimutali misurate con il teodolite in stazione sul punto B, a patto che durante l'esecuzione delle misure non si modifichi la posizione dell'origine della graduazione del cerchio azimutale. Questo rappresenta uno dei motivi per cui, avendo a disposizione un altro set di misure registrare con una cas differente, è stato necessario ripetere dall'inizio i calcoli qui riportati.

Continuando, si ha:

4

Bisogna, a questo punto, ridurre la distanza inclinata a distanza cartografica. Al di là delle note relazioni, per il calcolo del modulo di deformazione lineare è necessario esprimere la longitudine in riferimento al meridiano centrale del fuso (nel nostro caso, si tratta del **fuso 32**).

	DATI GEOIDE WGS 84	
a (m)	6378137	
e^2	0,006694379990	
W	0,998321359	
ro	6367451,529	
N	6388861,606	
R	6378147,584	

LATITUDINE PUNTO B	
45° 03' 44.13979''	
la convertiamo in rad	
0,735663167	sec-->primi
0,062261053	primi-->gradi
45,06226105	gradi tot
0,786484824	gradi tot (rad)

LONGITUDINE PUNTO B		conversione	*LAMBDA (RAD) DI B RISPETTO A MERIDIANO CENTR*	
7° 39' 50.15577''	rispetto a GW	0,13376085		
LONGITUDINE MERID CENTR 32			*-0,023318783*	
9°		0,157079633		

MODULO DI DEFORMAZIONE LINEARE		
m	0,999735592	

A questo punto si hanno tutti i parametri per procedere con la riduzione alla distanza:

$$do = di * \sin(z)$$

$$dg = do * \left(1 - \frac{Q_B}{R}\right)$$

Dove $R = \sqrt{\rho N}$

$$ml = 0{,}9996\left(1 + \frac{\lambda^2}{2} cos^2\varphi\right) = 0{,}9996\left(1 + \frac{1}{2}\frac{(Est - falsa\ origine)^2}{\rho N 0{,}9996^2}\right)$$

b	1,555	25	3	46,2024	97,8424	29,674	2,00	296,91476	
b	1,555	26	3	41,4584	97,9988	29,832	2,00	292,17076	
b	1,555	27	3	46,6452	98,2674	38,334	2,00	297,35756	
b	1,555	28	3	42,1516	98,2286	38,695	2,00	292,86396	

zen(rad)	dist orizz (m)	dist geoid (m)	dist cartografica (m)	NOME PUNTO	X cartografiche	Y cartografiche
1,56162602	23,70000344	23,69909129	23,69282505	p1	394832,428	4990746,178
1,55197819	27,76308351	27,76201498	27,75467447	p2	394831,512	4990754,314
1,5490031	14,453567	14,45301072	14,44918922	p3	394819,422	4990747,171
1,53679173	11,747205	11,74675288	11,74364695	p4	394810,526	4990746,801
1,53620425	12,34261166	12,34213662	12,33887326	p5	394808,780	4990747,135
1,53595606	13,22297063	13,22246171	13,21896558	p6	394808,080	4990747,870
1,54378805	22,05295433	22,05210556	22,0462748	p7	394804,044	4990755,849
1,54836221	31,32911454	31,32790876	31,3196254	p8	394799,061	4990763,846
1,55148496	40,59342959	40,59186725	40,58113442	p9	394792,881	4990771,162
1,53869553	20,33951596	20,33873314	20,33335541	p10	394817,208	4990754,609
1,5348785	19,74725528	19,74649525	19,74127412	p11	394810,782	4990754,826
1,53396115	20,43013205	20,42934575	20,42394406	p12	394807,184	4990755,063
1,53601575	22,22854841	22,22769289	22,22181571	p13	394806,296	4990756,704
1,54208217	30,04061146	30,03945527	30,03151259	p14	394802,185	4990763,652
1,54588036	32,98575848	32,98448894	32,97576757	p15	394788,412	4990758,656
1,54068416	24,35995172	24,35901417	24,35257344	p16	394793,303	4990751,297
1,54142872	21,67864819	21,67781384	21,67208204	p17	394794,511	4990748,570
1,54042027	21,40312182	21,40229807	21,39663912	p18	394793,894	4990747,276
1,54135332	23,02301718	23,02213108	23,01604383	p19	394791,292	4990746,139
1,54453575	32,26887021	32,26762826	32,25909643	p20	394780,983	4990745,596
1,54732863	42,77521844	42,77357213	42,76226244	p21	394769,939	4990745,218
1,55000213	57,88348337	57,88125558	57,86595129	p22	394754,501	4990745,153
1,53493819	23,5828304	23,58192276	23,5756875	p23	394787,944	4990733,846
1,53649328	23,80498747	23,80407128	23,79777729	p24	394787,947	4990731,595

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 57 di 63

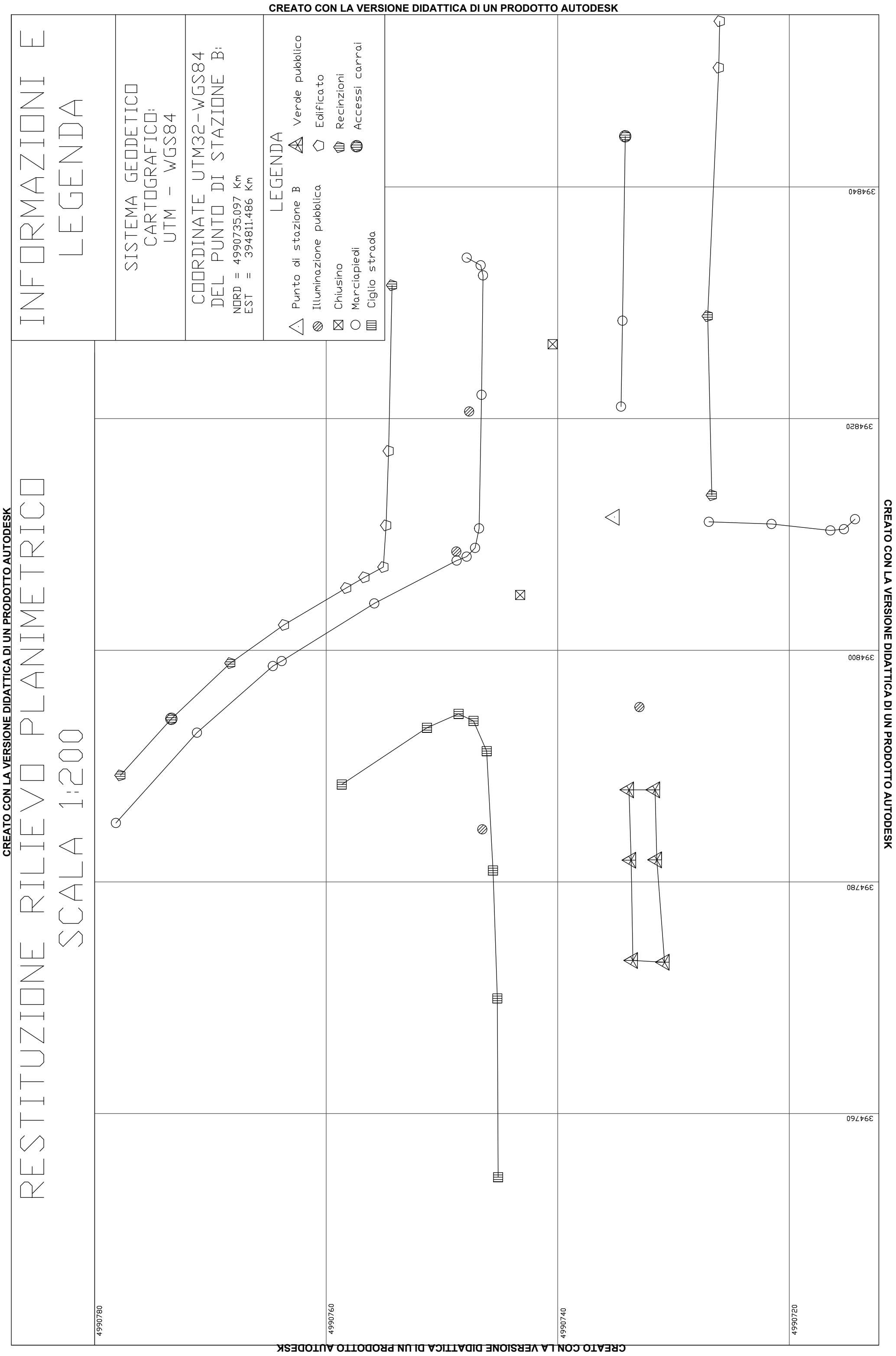
1,56	48	5	53,0392	96,6114	11,7586	2,15
1,56	49	5	44,4754	96,7252	12,3502	2,15
1,56	50	5	41,2378	97,0122	14,1596	2,15
1,56	51	4	136,4046	98,2898	15,8776	2,15
1,56	52	4	14,4124	95,77	10,5894	2,15
1,56	53	10	45,2118	97,1994	20,3586	2,15
1,56	54	9	35,1844	98,0774	35,5238	2,15
1,56	55	11	31,0964	98,329	42,0752	2,15
1,56	56	9	27,639	98,4122	48,1774	2,15
1,56	57	5	23,2688	98,5286	50,5434	2,15
1,56	58	5	32,1278	98,154	32,2138	2,15
1,56	59	10	41,8618	97,5348	23,9968	2,15
1,56	60	8	383,7828	97,6292	29,3012	2,15
1,56	61	8	349,9466	96,4904	16,5654	2,15
1,56	62	8	44,6788	96,7694	13,9978	2,15
1,56	63	8	98,3066	97,5416	15,541	2,15

PUNTI DI RETE

nome stazione	h stazione (m)	LETTURA CS o CD	punto collimato	azimutali (gon)	zenitali (gon)	h segnale (m)	distanza inclinata (m)
L	1,47	CS	B	28,4918	100,8744	1,56	63,623
L	1,47	CD	B	228,4822	299,1230	1,56	63,623
L	1,47	CS	M	140,4476	99,4575	1,55	31,284
L	1,47	CD	M	340,4402	300,5688	1,55	31,284
B	1,56	CS	C	275,6106	99,8342	1,595	44,785
B	1,56	CD	C	75,5948	300,1840	1,595	44,785
B	1,56	CS	L	378,5450	99,1022	1,47	63,625
B	1,56	CD	L	178,5936	300,9048	1,47	63,625

		(segnale - stazione) riferito a come si calcola il delta			K=VAL ASS	DISCUSSIONE	ANGOLO DI DIREZIONE	
PUNTO DI STAZIONE	SEGNALE	DELTA X	DELTA Y	ARCTAN(DELTAX/DELTAY)	DI ARCTAN (rad)	QUADRANTE	(rad)	(gon)
B	C	-12,009	-43,1	0,271738863	0,271738863	TERZO	3,413331517	217,2994333
B	L	-60,377	19,953	-1,251621805	1,251621805	QUARTO	5,031563503	320,3192812

h stazione (m)	punto n	codice	azi (gon)	zen (gon)	dist inclin (m)	h segnale	ANGOLO DI DIREZIONE (gon)
1,56	29	5	258,7896	97,9056	20,7898	2,15	600,5129572
1,56	30	5	261,589	97,8254	19,8652	2,15	603,3123572
1,56	31	5	262,1614	97,7156	18,702	2,15	603,8847572
1,56	32	5	261,012	96,6944	13,598	2,15	602,7353572
1,56	33	5	261,4096	94,2218	8,193	2,15	603,1329572
1,56	34	5	162,0494	96,3228	9,5868	2,15	503,7727572
1,56	35	5	160,879	98,2794	16,9934	2,15	502,6023572
1,56	36	11	160,0788	99,4796	32,914	2,15	501,8021572
1,56	37	10	171,583	99,4514	43,7976	2,15	513,3063572
1,56	38	10	172,7834	99,3372	39,8578	2,15	514,5067572
1,56	39	9	185,9016	98,0058	19,1526	2,15	527,6249572
1,56	40	9	244,108	94,3552	8,652	2,15	585,8313572
1,56	41	9	190,6426	98,5008	27,8564	2,15	532,3659572
1,56	42	10	76,542	97,52	20,4732	2,15	418,2653572
1,56	43	10	56,2574	97,242	19,7022	2,15	397,9807572
1,56	44	5	125,3118	98,9434	25,8052	2,15	467,0351572
1,56	45	5	127,184	98,9522	24,645	2,15	468,9073572
1,56	46	5	126,5566	98,919	23,7786	2,15	468,2799572
1,56	47	5	105,6118	97,8814	15,6186	2,15	447,3351572
1,56	48	5	53,0392	96,6114	11,7586	2,15	394,7625572
1,56	49	5	44,4754	96,7252	12,3502	2,15	386,1987572
1,56	50	5	41,2378	97,0122	14,1596	2,15	382,9611572
1,56	51	4	136,4046	98,2898	15,8776	2,15	478,1279572
1,56	52	4	14,4124	95,77	10,5894	2,15	356,1357572
1,56	53	10	45,2118	97,1994	20,3586	2,15	386,9351572
1,56	54	9	35,1844	98,0774	35,5238	2,15	376,9077572
1,56	55	11	31,0964	98,329	42,0752	2,15	372,8197572
1,56	56	9	27,639	98,4122	48,1774	2,15	369,3623572
1,56	57	5	23,2688	98,5286	50,5434	2,15	364,9921572
1,56	58	5	32,1278	98,154	32,2138	2,15	373,8511572
1,56	59	10	41,8618	97,5348	23,9968	2,15	383,5851572
1,56	60	8	383,7828	97,6292	29,3012	2,15	725,5061572
1,56	61	8	349,9466	96,4904	16,5654	2,15	691,6699572
1,56	62	8	44,6788	96,7694	13,9978	2,15	386,4021572
1,56	63	8	98,3066	97,5416	15,541	2,15	440,0299572


CREATO CON LA VERSIONE DIDATTICA DI UN PRODOTTO AUTODESK
RESTITUZIONE RILIEVO PLANIMETRICO
SCALA 1:200
INFORMAZIONI E
LEGENDA
SISTEMA GEODETICO
CARTOGRAFICO:
UTM - WGS84
COORDINATE UTM32-WGS84
DEL PUNTO DI STAZIONE B:
NORD = 4990735.097 Km
EST = 394811.486 Km
LEGENDA
Punto di stazione B
Illuminazione pubblica
Chiusino
Marciapiedi
Ciglio strada
Verde pubblico
Edificato
Recinzioni
Accessi carrai
394840
394820
394800
394780
394760
4990780
4990760
4990740
4990720