

AUTOMATIZAREA TRANSFORMĂRILOR DE COORDONATE

Autori: Victor CĂTANĂ, Nicolae MORARI, Ana VLASENCO, dr., conf. univ. Vasile CHIRIAC

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: *Articolul dat își propune să prezinte procesul de automatizare a transformărilor de coordonate, prin crearea unei aplicații cu interfața similară a unui calculator, ce ne va permite transformările directe și inverse între sistemele naționale/locale de coordonate și cele internaționale (WGS 84, ETRS89).*

Cuvinte cheie: *coordonate, transformare, automatizare.*

1. Introducere

În prezent măsurătorile efectuate în domeniul geodeziei, cartografiei și topografiei necesită determinarea, în final, a coordonatelor punctelor, astfel scopul acestui articol este de a executa transformările de coordonate în diferite sisteme de referință și automatizarea lor prin integrarea calculului într-o aplicație la calculator.

În vederea efectuării unor calcule geodezice și cartografice se cere cunoașterea modului de transformare a coordonatelor unui punct situat pe suprafața terestră cât și a proiecției acestuia pe suprafața elipsoidului de referință între sistemul de coordonate cartezian, elipsoidal și tridimensional geodezic.

În cadrul acestui articol au fost elaborate următoarele aplicații:

- transformarea coordonatelor geodezice φ, λ, h în coordonate rectangulare geocentrice X, Y, Z și invers;
- transformarea coordonatelor geocentrice X, Y, Z în coordonate topocentrice N, E, U și invers;
- transformarea coordonatelor sferice polare A, z, s în coordonate topocentrice N, E, U și invers.
- transformarea coordonatelor geodezice φ, λ, h în coordonate rectangulare plane x, y și invers.

2. Algoritmul de transformare

Schema generală pentru algoritmul de transformări descrise mai sus poate fi redată sub forma prezentată în figura 1.

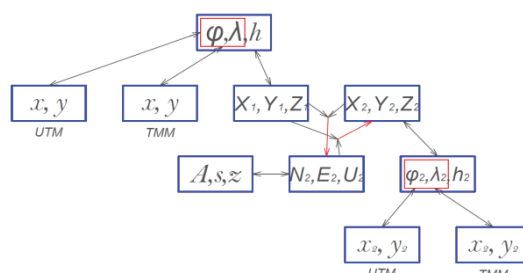


Fig. 1. Schema algoritmului de transformare

2.1. Transformarea coordonatelor geodezice φ, λ, h în coordonate rectangulare geocentrice X, Y, Z și invers

Pentru transformarea coordonatelor geodezice φ, λ, h în coordonate rectangulare geocentrice X, Y, Z se utilizează următoarele formule:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N + h) \cos \varphi \cos \lambda \\ (N + h) \cos \varphi \sin \lambda \\ [N(1 - e^2) + h] \sin \varphi \end{bmatrix} \quad (1)$$

unde: N - raza de curbură a primului vertical (figura 2), e – prima excentricitate a elipsoidului.

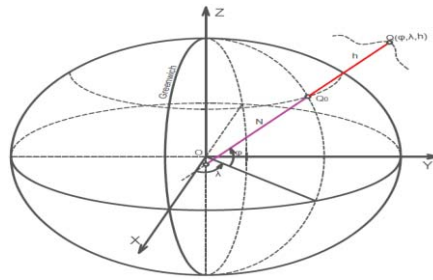


Fig. 2. Coordonate geodezice

Dacă se cunosc coordonatele X, Y, Z se pot determina coordonatele geodezice elipsoidale:

$$\varphi = \arctg \left[(1 - e^2) \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \right] \quad (2)$$

$$\lambda = \arctg \frac{Y}{X}.$$

Relațiile (2) se utilizează pentru cazul când punctul este situat pe elipsoid adică $h=0$, în caz contrar problema se rezolvă iterativ.

Cu ajutorul Microsoft Visual Studio, care poate fi folosit pentru dezvoltarea aplicațiilor consolă și aplicațiilor cu interfață grafică, s-a creat algoritmul de programare a transformărilor propriu zise sub o interfață de forma prezentată în figura 3.

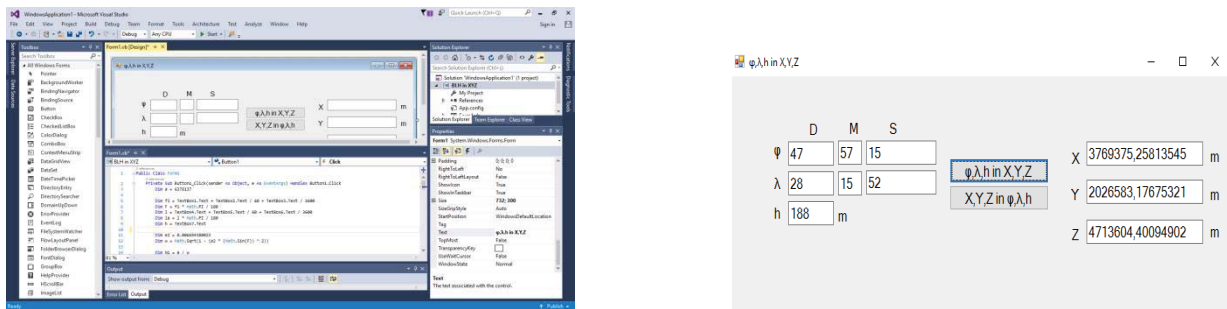


Fig. 3. Aplicația de transformare a coordonatelor φ, λ, h în X, Y, Z

2.2. Transformarea coordonatelor geocentrice X, Y, Z în coordonate topocentrice N, E, U și invers

Având coordonatele geocentrice ale punctelor $Q_1(X_1, Y_1, Z_1)$ și $Q_2(X_2, Y_2, Z_2)$ (figura 3), se determină coordonatele topocentrice N, E, U a punctului Q_2 (figura 4).

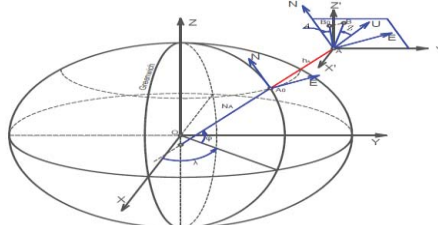


Figura 4. Coordonate topocentrice

Inițial se determină coordonatele geodezice ale punctului Q_1 apoi se determină coordonatele topocentrice conform relațiilor:

$$\begin{bmatrix} N \\ E \\ U \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix};$$

(3)
unde matricea de rotație R:

$$R = R_Y R_Z = \begin{bmatrix} -\sin \varphi_1 \cos \lambda_1 & -\sin \varphi_1 \sin \lambda_1 & \cos \varphi_1 \\ -\sin \lambda_1 & \cos \lambda_1 & 0 \\ \cos \varphi_1 \cos \lambda_1 & \cos \varphi_1 \sin \lambda_1 & \sin \varphi_1 \end{bmatrix};$$

(4)

Transformarea coordonatelor topocentrice ale punctului $Q_2 (N, E, U)$ în coordonate geocentrice $Q_2 (X_2, Y_2, Z_2)$ este:

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} = R^T \begin{bmatrix} N \\ E \\ U \end{bmatrix}$$

(5)

Interfața grafică de calcul a acestor transformări va fi cea din figura 5.

Fig. 5. Aplicația de transformare a coordonatelor topocentrice în coordonate geocentrice

2.3. Transformarea coordonatelor sferice polare A, z, s în coordonate topocentrice N, E, U și invers

Pentru acest caz de transformări se utilizează relațiile:

$$\begin{bmatrix} N \\ E \\ U \end{bmatrix} = s \begin{bmatrix} \sin z \cos A \\ \sin z \sin A \\ \cos z \end{bmatrix} \quad (6)$$

iar pentru transformarea inversă se utilizează relațiile:

$$D = \sqrt{N^2 + E^2} \quad (7)$$

$$A = \arctg \frac{E}{N}$$

$$z = \arctg \frac{D}{U}$$

$$s = \sqrt{N^2 + E^2 + U^2}$$

Interfața grafică de calcul a acestor transformări este prezentată în figura 6.

Fig. 6. Aplicația de transformare a coordonatelor sferice polare în coordonate topocentrice

2.4. Transformarea coordonatelor geodezice φ, λ în coordonate rectangulare plane x, y și invers

Pentru crearea algoritmului de transformare a coordonatelor geodezice în coordonate rectangulare plane UTM (Universal Transversal Mercator) și TMM (Transversal Mercator pentru Moldova) s-au luat în considerație parametrii acestor proiecții conform *Regulamentului cu privire la Rețeaua Geodezică Națională*. Aprobabil prin Hotărârea Guvernului Republicii Moldova, nr. 48 din 29 ianuarie 2001.

- Proiecția TMM (Transversal Marcator pentru Moldova - MoldRef-99) cu următorii parametri:
- Elipsoid GRS 80;
 - longitudinea meridianului axial: $\lambda_0=28^{\circ}24'$;
 - coeficientul de scară pe meridianul axial: $k_0=0,99994$;
 - abscisa convențională: $x_0= - 5\ 000\ 000\ m$;
 - ordonata convențională: $y_0= 200\ 000\ m$;
- Proiecția UTM (Universal Transversal Mercator) cu următorii parametri:
- Elipsoid WGS 84;
 - longitudinea meridianului axial: $\lambda_0=27^{\circ}00'$;
 - coeficientul de scară pe meridianul axial: $k_0=0,99996$;
 - abscisa convențională: $x_0= 0\ m$;
 - ordonata convențională: $y_0= 500\ 000\ m$;

În baza relațiilor de transformare specifice acestor proiecții cartografice s-a creat aplicația de forma prezentată în figura 7.

Fig. 7. Aplicația de transformare din coordonate geodezice în coordonate rectangulare plane

3. Concluzii

Datorită automatizării transformărilor de coordonate manipularea datelor devine mai rapidă și astfel obținem și un efect economic bine venit. Această aplicație se poate plasa online și face o legătură cu sistemul național de poziționare MOLDPOS astfel utilizatorii geodezi, ingineri cadastrali, topografi și alții vor putea executa calculul transformărilor de coordonate. Integrarea transformărilor de coordonate într-o aplicație ne ușurează efectuarea lucrărilor topo-geodezice și cartografice, și ne permite să efectuăm transformările fără erori datorită formulelor de transformare preexistente având în față o interfață simplă formulele fiind în spatele aplicației.

Bibliografie

1. Ghițău D. *Geodezie și gravimetrie geodezică*. –București. :EDP, 1903.
2. Măsurători terestre. Fundamente. Vol I, II, III. Matrix ROM București, 2002.
3. *Regulamentul cu privire la Rețeaua Geodezică Națională*. Aprobata prin Hotărârea Guvernului Republicii Moldova, nr. 48 din 29 ianuarie 2001.
4. Vlasenco A. *Cartografie matematică, aplicații*; UTM, Chișinău, 2006.
5. Vlasenco A. Chiriac V., *Cartografie matematică, curs universitar*; UTM, 2012.