

# TRANSFORMĂRI DE COORDONATE ÎN PROIECȚIILE CARTOGRAFICE UTILIZATE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

**Autor: Ana VLASENCO**  
**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**Rezumat:** În articol se prezintă proiecțiile cartografice utilizate în Republica Moldova pentru realizarea lucrărilor, geodezice, cartografice și cadastrale: proiecția UTM(Universal Transversal Mercator) și proiecția TMM(Transversal Mercator pentru Moldova). În aceste două sisteme de proiecții sînt date relațiile de transformare a coordonatelor.

**Abstract:** This article presents cartographic projections used in Moldova for the work, surveying, mapping and cadastral: projection UTM (Universal Transverse Mercator) and TMM projection (Transverse Mercator for Moldova). In these two projections systems are given of the coordinates transformation relations.

## 1. Introducere

Pentru rezolvarea diverselor probleme de cartografie și geodezie se impune folosirea coordonatelor rectangulare într-o anumită proiecție. De asemenea, există nenumărate situații când coordonatele rectangulare definite într-o anumită proiecție, trebuiesc transformate în altă proiecție. În „Regulamentul cu privire la Rețeaua Geodezică Națională (RGN)” din 29.01.2001, referitor la trecerea la sistemele de coordonate global și de referință, precum și la noile proiecții cartografice, se precizează ca pentru toate tipurile de lucrări geodezice, cartografice și cadastrale să se utilizeze proiecțiile UTM și TMM.

## 2. Transformări de coordonate în proiecția UTM (Universal Transversal Mercator)

Proiecția UTM a fost adoptată în Republica Moldova în anul 2001, împreună cu sistemul de coordonate global WGS 84 (World Geodezic System 1984) în scopul cartografierii la scară mică.

Pentru calculul coordonatelor rectangulare plane  $x(N)$  și  $y(E)$  se utilizează următorii parametri al proiecției UTM (se aplică doar în fuse de șase grade):

- ca elipsoid se utilizează elipsoidul WGS 84 cu parametrii de bază:
  - *semi-axa mare:*  $a = 6\,378\,137,000$
  - *semi-axa mică:*  $b = 6\,356\,752,314\,270$
  - *turtirea:*  $f = 1/298,257\,223\,563 = 0,003\,352\,810\,665$
  - *prima excentricitate:*  $e^2 = 0,006\,694\,379\,982$
  - *a doua excentricitate:*  $e'^2 = 0,006\,739\,496\,734$ ;
- ca longitudine a meridianelor axiale:  $\lambda_0 = 27^\circ$  (în fusul 35) și  $\lambda_0 = 33^\circ$  (în fusul 36);
- coeficientul de scară pe meridianul axial:  $k_0 = 0,9996$ ;
- originea coordonatelor în fiecare fus este intersecția meridianului axial cu ecuatorul, iar în cazul proiecției UTM se iau ca coordonate convenționale:  $x_0 = 0$  m, iar  $y_0 = 500\,000$  m.

În majoritatea cazurilor se pune problema transformării coordonatelor geodezice de pe elipsoid  $(\varphi, \lambda)$  în coordonate rectangulare plane  $(x, y)$  și invers. Pentru aceasta se utilizează următoarele relații de calcul:

$$x(N) = k_0 \left[ B + \frac{\Delta\lambda^2}{2} N \sin\varphi \cos\varphi + \frac{\Delta\lambda^4}{24} N \sin\varphi \cos^3\varphi (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) + \frac{\Delta\lambda^6}{720} N \sin\varphi \cos^5\varphi (1 - 58t^2 + t^4) \right] \quad (1)$$

$$y(E) = k_0 \left[ \Delta\lambda N \cos\varphi + \frac{\Delta\lambda^3}{6} N \cos^3\varphi (1 - t^2 + \eta^2) + \frac{\Delta\lambda^5}{120} N \cos^5\varphi (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58t^2\eta^2) \right] \quad (2)$$

unde:  $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ , iar  $B$ - lungimea arcului de meridian de la ecuator pînă la latitudinea punctului dat:

$$B = \frac{a}{1+n} \left[ \left( 1 + \frac{1}{4}n^2 + \frac{1}{64}n^4 \right) \varphi - \frac{3}{2} \left( n - \frac{1}{8}n^3 \right) \sin 2\varphi + \frac{15}{16} \left( n^2 - \frac{1}{4}n^4 \right) \sin 4\varphi - \right. \\ \left. - \left( \frac{35}{48}n^3 \right) \sin 6\varphi + \left( \frac{315}{512}n^4 \right) \sin 8\varphi \right] \quad (3)$$

la care:  $N = \frac{a}{\sqrt{-e^2 \sin^2 \varphi}}$  - raza de curbură a primului vertical;  $t = \tan \varphi$ ;  $\eta^2 = e'^2 \cos^2 \varphi$ ;  
 $e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$ ;  $n = \frac{a - b}{a + b}$ ;  $a, b$  - semiaxa mare și semiaxa mică a elipsoidului.

Formulele inverse de calcul sunt:

$$\varphi_1 - \varphi = \frac{y^2}{k_0^2 2M_1 N_1} t_1 - \frac{y^4}{k_0^4 24M_1 N_1^3} t_1 \left( + 3t_1^2 + 6\eta_1^2 - 6\eta_1^2 t_1^2 - 3\eta_1^4 - 9t_1^2 \eta_1^4 \right) + \\ + \frac{y^6}{k_0^6 720M_1 N_1^5} t_1 \left( + 1 + 90t_1^2 + 45t_1^4 + 107\eta_1^2 - 162t_1^2 \eta_1^2 - 45t_1^4 \eta_1^2 \right) \quad (4)$$

$$\Delta \lambda = \frac{y}{k_0 N_1 \cos \varphi_1} - \frac{y^3}{k_0^3 6N_1^3 \cos \varphi_1} \left( + 2t_1^2 + \eta_1^2 \right) + \\ + \frac{y^5}{k_0^5 120N_1^5 \cos \varphi_1} \left( + 28t_1^2 + 24t_1^4 + 6\eta_1^2 + 8t_1^2 \eta_1^2 \right) \quad (5)$$

unde:

$$\varphi_1 = \mu + \left( \frac{3e_1}{2} - \frac{27e_1^3}{32} \right) \sin 2\mu + \left( \frac{21e_1^2}{16} - \frac{55e_1^4}{32} \right) \sin 4\mu + \left( \frac{151e_1^3}{96} \right) \sin 6\mu; \quad (6)$$

la care:  $e_1 = \frac{1 - \sqrt{-e^2 \sin^2 \varphi}}{1 + \sqrt{-e^2 \sin^2 \varphi}}$ ;  $\mu = \frac{B}{a \left( 1 - \frac{e^2}{4} - \frac{3e^4}{64} - \frac{5e^6}{256} \right)}$ ;

de unde:  $B = B_0 + \frac{x}{k_0}$ ; iar  $B_0$  - se calculează după relația (3) la latitudinea  $\varphi_0$ ;  $M_1 = \frac{a \sqrt{-e^2 \sin^2 \varphi}}{\sqrt{-e^2 \sin^2 \varphi_1}}$ ;

$N_1 = \frac{a}{\sqrt{-e^2 \sin^2 \varphi_1}}$  - razele de curbură pe elipsoid calculate la latitudinea  $\varphi_1$ .

### 3. Transformări de coordonate în proiecția TMM (Transversal Mercator pentru Moldova)

Proiecția TMM a fost adoptată în Republica Moldova în anul 2001, împreună cu sistemul geodezic de referință european ETRS 89 (European Terrestrial Reference System 1989) în scopul executării ridicărilor topografice și cadastrale la scara 1 : 10 000 și mai mare. Această proiecție se aplică într-un fus nestandard, al cărui meridian axial traversează teritoriul Republicii prin zona sa centrală. Lățimea fusului nestandard cu longitudinea meridianului axial de  $\lambda_0 = 28^\circ 24'$  depășește foarte puțin în nord-vest și în sud-est, limitele unui fus standard de  $3^\circ$ .

Avantajul constă în aceea că, în locul utilizării a două fuse standard fie de câte  $6^\circ$  ( $\lambda_0=27^\circ$  și  $\lambda_0=33^\circ$ ), fie de câte  $3^\circ$  ( $\lambda_0=27^\circ$  și  $\lambda_0=30^\circ$ ), se poate folosi un singur fus. Prin aceasta se elimină orice lucrare de transcalcare a coordonatelor dintr-un fus altul.

Coordonatele rectangulare plane  $x(N)$  și  $y(E)$  se calculează în proiecția TMM cu următorii parametri:

- elipsoidul GRS 80 cu următorii parametri de bază:
  - *semi-axa mare*:  $a = 6\,378\,137,000$
  - *semi-axa mică*:  $b = 6\,356\,752,314\,270$
  - *turtirea*:  $f = 1/298,257\,222\,101 = 0,003\,352\,810\,660$
  - *prima excentricitate*:  $e^2 = 0,006\,694\,380\,023$
  - *a doua excentricitate*:  $e'^2 = 0,006\,739\,496\,775$ ;
- longitudinea meridianului axial:  $\lambda_0 = 28^\circ 24'$ ;
- coeficientul de scară pe meridianul axial:  $k_0 = 0,999\,94$ ;
- abscisa și ordonata convențională:  $x_0 = -5\,000\,000\text{ m}$ , iar  $y_0 = 200\,000\text{ m}$ .

Sistemul de coordonate cu parametrii menționați în proiecția TMM se numește MOLDREF 99. Pentru calculul coordonatelor rectangulare plane  $(x,y)$  funcție de coordonatele geodezice de pe elipsoid  $(\varphi, \lambda)$  și invers, se folosesc aceleași relații de calcul ca și la proiecția UTM, doar diferă valoarea coeficientul de scară  $k_0=0,999\,94$  și valoarea longitudinii meridianului axial  $\lambda_0=28^\circ 24'$ .

Transcalcarele coordonatelor rectangulare plane  $(x,y)$  între fuzele standard și fusul nestandard de  $28^\circ 24'$  se poate face precis, fără dificultăți, chiar și pentru puncte izolate, atâta timp cât nu se modifică elipsoidul de referință.

#### 4. Exemplu numeric

Se prezintă un exemplu de transformare a coordonatelor geodezice  $(\varphi, \lambda)$  în coordonate rectangulare plane  $(x(N), y(E))$  în proiecția TMM (Transversal Mercator pentru Moldova) și invers.

Tabelul 1

| Elipsoid <b>GRS-80</b>                                      |                           |                       |               |
|---|---------------------------|-----------------------|---------------|
| a   | 6378137                   |                       |               |
| b   | 6356752,31427             |                       |               |
| f   | 0,003352810660            |                       |               |
| $e^2$   | 0,006694380023            |                       |               |
| $e'^2$  | 0,006739496775            |                       |               |
| Parametrii proiecției TMM                                   |                           |                       |               |
| $\lambda_0$   | 28,24                     | $\lambda_0\text{rad}$ | 0,495673508   |
| $k_0$   | 0,99994                   |                       |               |
| $x_0$   | -5 000 000                |                       |               |
| $y_0$   | 200 000                   |                       |               |
| Transformarea $(\varphi, \lambda) \rightarrow (x(N), y(E))$ |                           |                       |               |
| Date inițiale:  |                           |                       |               |
| $\varphi$   | $46^\circ 19' 43'', 5797$ | $\varphi\text{rad}$   | 0,808589612   |
| $\lambda$   | $28^\circ 57' 31'', 7391$ | $\lambda\text{rad}$   | 0,505426694   |
| $\eta^2$  | 0,003213506               |                       |               |
| $t^2$   | 1,097241251               |                       |               |
| n   | 0,00167922                |                       |               |
| N   | 6389335,777               |                       |               |
| B   | 5132630,439               |                       |               |
| Rezultate:  |                           |                       |               |
| x   | 5132474,257               | <b>x(N)</b>           | 132474,2568 m |
| y   | 43028,05031               | <b>y(E)</b>           | 243028,0503 m |

| Transformarea $(x,y) \rightarrow (\varphi, \lambda)$ |             |                          |              |
|--|-------------|--------------------------|--------------|
| X  | 5132474,257 |                          |              |
| Y  | 43028,05031 |                          |              |
|  |             |                          |              |
| e1   | 0,00167922  |                          |              |
| $\mu$  | 0,806097089 |                          |              |
| $\varphi_1$  | 0,808613445 |                          |              |
| M1   | 6368870,906 |                          |              |
| N1   | 6389336,288 |                          |              |
| $t_1^2$  | 1,097345967 |                          |              |
| $\eta_1^2$   | 0,003213345 |                          |              |
| $\varphi_1 - \varphi$                                | 2,38323E-05 |                          |              |
| $\lambda - \lambda_0$                                | 0,009753186 |                          |              |
| $\varphi$  | 0,808589612 |                          |              |
| $\lambda$  | 0,505426694 |                          |              |
| <b>Rezultate:</b>                                    |             |                          |              |
| $\varphi^\circ$                                      | 46,32877214 | $\varphi^\circ \ ' \ ''$ | 46°19'43",57 |
| $\lambda^\circ$                                      | 28,95881641 | $\lambda^\circ \ ' \ ''$ | 28°57'31",73 |

## 5. Concluzii

Orice sistem de coordonate este definit pe baza unui sistem de proiecție. Fiind stabiliți parametrii proiecțiilor cartografice, se poate efectua cu ușurință transformări de coordonate foarte precise. Cu ajutorul acestor coordonate, și anume rectangulare plane, pe o scară largă sunt utilizate la georeferențierea datelor raster pentru localizarea teritoriului de reprezentat într-un sistem de coordonate, precum și în alte lucrări din domeniul geodezic, cartografic și cadastral.

## 6. Bibliografie

1. Munteanu C. *Cartografie matematică*. -București.: Editura MATRIX ROM, 2003
2. Moca V., Chirilă C. *Cartografia matematică întocmire și redactare hărți*. -Iași.: Editura U.T.CH.ASACHI, 2002
3. Ghițău D. *Geodezie și gravimetrie geodezică*. –București.:EDP, 1903
4. Munteanu C., Ovdii M. *Republica Moldova în proiecția Gauss-Kruger, pe un fus nestandard, cu scara modificată*. Conferința jubiliară, U.T.M. –Chișinău, 2000
5. *Regulamentul cu privire la Rețeaua Geodezică Națională*. Aprobata prin Hotărârea Guvernului Republicii Moldova, nr. 48 din 29 ianuarie 2001