

## TRANSFORMĂRI DE COORDONATE ÎN SISTEMUL DE PROIECȚIE CARTOGRAFICĂ UTM PENTRU HĂRȚI TOPOGRAFICE, ÎN VEDEREA UNEI APLICAȚII GIS

<sup>1</sup>CONSTANTIN CHIRILĂ,<sup>2</sup> DRAGOȘ NICA, <sup>1</sup>MĂDĂLINA POPIA

### **Rezumat**

*Transformările de coordonate între diferite sisteme de proiecții cartografice reprezintă o necesitate pentru realizarea în sistem unitar a bazei de date cartografice a unui Sistem Informațional Geografic. Proiecția UTM (Universal Transversal Mercator) este o variantă a proiecției Gauss – Krüger, utilizată în Statele Unite ale Americii și în alte țări, având o importanță deosebită în ultimul timp și pentru România, datorită integrării țării noastre în noile structuri politice și militare. Prin intermediul programelor de cartografiere automatizată, se realizează conversia unei foi de hartă din sistemul de proiecție Gauss în sistemul de proiecție UTM, pe baza algoritmilor de transcalcul a coordonatelor și a procedurilor de georeferențiere. Această transformare trebuie să păstreze precizia grafică a produsului inițial și să permită completarea elementelor cartografice specifice proiecției UTM.*

### **I. INTRODUCERE**

În vederea unei aplicații GIS pentru zona de vecinătate dintre România și Republica Moldova, astfel încât să se asigure o continuitate a informației grafice între cele două teritorii de stat, s-a folosit pentru realizarea bazei de date cartografice, sistemul de proiecție UTM, având la bază elipsoidul de referință internațional WGS – 84. Se pune problema transferului de conținut al hărții, din proiecția Gauss în proiecția UTM, utilizând algoritmi de transcalcul a coordonatelor și procedurile de georeferențiere în mediul grafic al unui program de operare GIS (*Autodesk Map 2005*). Se are în vedere, ca în procesul de transformare a coordonatelor unui punct între cele două sisteme de proiecție, să se păstreze precizia grafică a produsului cartografic inițial, care în interpretarea clasică nu trebuie să depășească valoarea de *0,2 mm la scara de reprezentare a hărții*. După conversia foi de hartă în noul sistem de proiecție, se trece la trasarea rețelei rectangulare proprii proiecției UTM / WGS – 84 și la completarea elementelor și inscripțiilor specifice.

Pentru *exemplu*, se consideră foaia de hartă topografică la *scara 1:100 000*, cu nomenclatura *L-35-33 (Sălăgeni)*, redactată în *proiecția Gauss* (sistem de coordonate 1942), în format analogic pe suport de hârtie. S-au selectat o serie de *puncte caracteristice*, reprezentate de cele patru colțuri ale trapezului geodezic și intersecțiile grilei rectangulare din 10 în 10 km, care vor fi transcalculate din proiecția Gauss în proiecția UTM (*figura 1*).

În final, se prezintă o *evaluare a preciziei de georeferențiere* a foi de hartă în proiecția UTM și se verifică modul de *racordare a informației grafice* cu cea a trapezelor geodezice vecine la scara 1:100 000, georeferențiate în proiecția UTM.

<sup>1</sup>Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași

<sup>2</sup>Universitatea „Al. I. Cuza” Iași

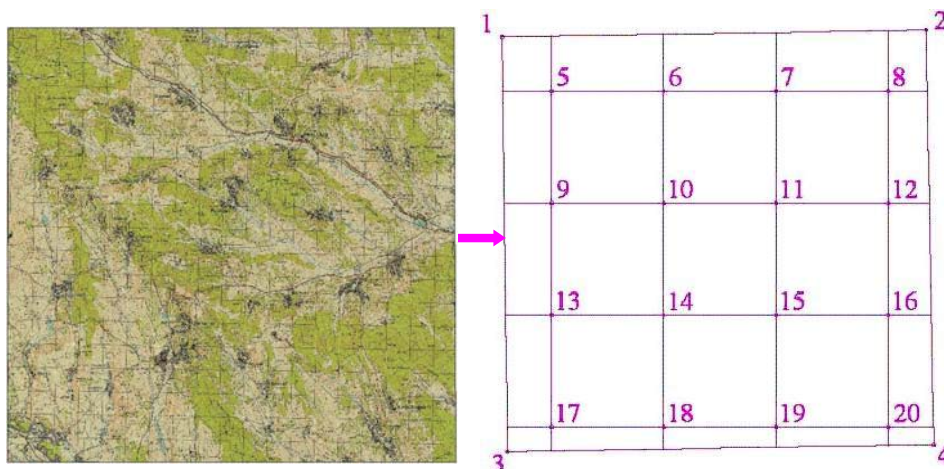


Figura 1 – Punctele caracteristice stabilite pentru foaia de hartă la scara 1:100 000

## II. METODA UTILIZATĂ

Transcalculul coordonatelor din proiecția Gauss în proiecția UTM, în vederea georeferențierii foii de hartă, include atât *transformări analitice între coordonatele elipsoidale și coordonatele rectangulare plane ale proiecției*, cât și *conversia coordonatelor geografice între doi elipsoizi diferiți* (Krasovski-1940 și WGS-84):

- **Transformarea coordonatelor rectangulare plane Gauss (X,Y) ale punctelor caracteristice, în coordonate geografice elipsoidale ( $\varphi, \lambda$ ) pe elipsoidul de referință Krasovski – 1940**

Calculul coordonatelor geografice elipsoidale ( $\varphi, \lambda$ ) pe elipsoidul de referință Krasovski -1940 ale unui punct, în funcție de coordonatele rectangulare plane Gauss (X,Y), se efectuează prin *metoda coeficienților variabili*, cu ajutorul relațiilor generale :

$$\varphi = \varphi_1 + \Delta\varphi ; \quad \lambda = \lambda_0 + l$$

- $\varphi_1$  – latitudinea proiecției punctului pe axa absciselor (OX):

$$\varphi_1 = \frac{X}{\alpha} + \beta \sin \frac{2X}{\alpha} + \gamma \sin \frac{6X}{\alpha} + \varepsilon \sin \frac{8X}{\alpha}$$

$$\checkmark \quad \alpha = \frac{a+b}{2} \left( 1 + \frac{1}{4}n^2 + \frac{1}{64}n^4 + \dots \right) ; \quad \beta = \left( \frac{3}{2}n - \frac{27}{32}n^3 + \frac{269}{512}n^5 + \dots \right) ;$$

$$\gamma = \left( \frac{21}{16}n^2 - \frac{55}{32}n^4 + \dots \right) ; \quad \delta = \left( \frac{151}{96}n^3 - \frac{417}{128}n^5 + \dots \right) ; \quad \varepsilon = \left( \frac{1097}{512}n^4 + \dots \right)$$

- ✓  $X$  : abscisa punctului considerat ;  $n = \frac{a-b}{a+b}$  ;
- ✓  $a, b$  : semiaxa mare, respectiv semiaxa mică a elipsoidului Krasovski-1940.
- $\lambda_0$  – longitudinea meridianului axial, corespunzător fusului de 6° longitudine;

- $\Delta\varphi, l$  – diferențele pe latitudine și longitudine, exprimate în funcție de coeficienții variabili  $A_2, A_4, A_6$ , pentru  $\Delta\varphi$  și  $B_1, B_3, B_5$ , pentru  $l$ :

$$\Delta\varphi'' = A_2 Y'^2 + A_4 Y'^4 + A_6 Y'^6 ; \quad l'' = B_1 Y' + B_3 Y'^3 + B_5 Y'^5$$

$$\checkmark \quad A_2 = -10^{10} \frac{\rho''}{2N_I^2} t_I (1 + \eta_I^2) ;$$

$$\checkmark \quad A_4 = 10^{20} \frac{\rho''}{24N_I^4} t_I (5 + 3t_I^2 + 6\eta_I^2 - 6t_I^2 \eta_I^2 - 3\eta_I^4 - 9t_I^2 \eta_I^4) ;$$

$$\checkmark \quad A_6 = 10^{30} \frac{\rho''}{720N_I^6} t_I (-61 - 90t_I^2 - 45t_I^4 - 107\eta_I^2 + 162t_I^2 \eta_I^2 + 45t_I^4 \eta_I^2) ;$$

$$\checkmark \quad B_1 = 10^5 \frac{\rho''}{N_I \cos \varphi_I} ; \quad B_3 = -10^{15} \frac{\rho''}{6N_I^3 \cos \varphi_I} (1 + 2t_I^2 + \eta_I^2) ;$$

$$\checkmark \quad B_5 = 10^{25} \frac{\rho''}{120N_I^5 \cos \varphi_I} (5 + 28t_I^2 + 24t_I^4 + 6\eta_I^2 + 8\eta_I^2 t_I^2) ;$$

$$\checkmark \quad N = a / \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi} ; \quad t = \operatorname{tg} \varphi ; \quad \eta^2 = e^2 \cos^2 \varphi ; \quad \rho'' = 206\,264,806\,247 ;$$

$$\checkmark \quad Y' = 10^{-5} (Y - 500\,000,000 \text{ m}).$$

Coordonatele geografice ( $\varphi, \lambda$ ) pe elipsoidul Krasovski – 1940 ale punctelor caracteristice selectate pentru foaia de hartă topografică, calculate din coordonatele rectangulare plane Gauss (X,Y) cu o precizie de  $\pm 0''$ ,0001, sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. punct	Coordonate rectangulare plane Gauss / Krasovski-1940		Coordonate geografice elipsoidale Krasovski - 1940	
	X (m)	Y (m)	$\varphi$ (° ' ")	$\lambda$ (° ' ")
1	5244882,420	(5) 575582,643	47 20 00,0000	28 00 00,0000
2	5245488,760	(5) 613373,388	47 20 00,0000	28 30 00,0000
3	5207824,170	(5) 576057,003	47 00 00,0000	28 00 00,0000
4	5208431,040	(5) 614085,008	47 00 00,0000	28 30 00,0000
5	5240000,000	(5) 580000,000	47 17 20,0437	28 03 27,2079
6	5240000,000	(5) 590000,000	47 17 15,3780	28 11 23,2093
7	5240000,000	(5) 600000,000	47 17 10,1638	28 19 18,7756
8	5240000,000	(5) 610000,000	47 17 04,4011	28 27 14,5029
9	5230000,000	(5) 580000,000	47 11 56,2923	28 03 20,7695
10	5230000,000	(5) 590000,000	47 11 51,6412	28 11 15,7667
11	5230000,000	(5) 600000,000	47 11 46,4433	28 19 10,7290
12	5230000,000	(5) 610000,000	47 11 40,6985	28 27 05,6525
13	5220000,000	(5) 580000,000	47 06 32,5357	28 03 14,3621
14	5220000,000	(5) 590000,000	47 06 27,8991	28 11 08,5590
15	5220000,000	(5) 600000,000	47 06 22,7174	28 19 02,7212
16	5220000,000	(5) 610000,000	47 06 16,9906	28 26 56,8448
17	5210000,000	(5) 580000,000	47 01 08,7737	28 03 07,9855
18	5210000,000	(5) 590000,000	47 01 04,1516	28 11 01,3859
19	5210000,000	(5) 600000,000	47 00 58,9860	28 18 54,7519
20	5210000,000	(5) 610000,000	47 00 53,2771	28 26 48,0795

➤ **Transformarea coordonatelor geografice elipsoidale ( $\varphi, \lambda$ ) de pe elipsoidul de referință Krasovski – 1940 în coordonate geografice elipsoidale ( $\varphi, \lambda$ ) pe elipsoidul de referință WGS-84**

Transformarea coordonatelor geografice elipsoidale ale punctelor caracteristice din cuprinsul foii de hartă, de pe elipsoidul de referință Krasovski – 1940 pe elipsoidul internațional WGS – 84, se face cu ajutorul *formulelor Molodenski simplificate*, care permit trecerea directă, prin aplicarea diferențelor de latitudine și longitudine elipsoidală dintre coordonatele geografice ale punctelor de pe cei doi elipsoizi ( $\Delta\varphi''$ ,  $\Delta\lambda''$ ):

$$\Delta\varphi'' = \{-\Delta X \sin \varphi \cos \lambda - \Delta Y \sin \varphi \sin \lambda + \Delta Z \cos \varphi + \Delta a (Ne^2 \sin \varphi \cos \varphi) / a + \Delta f [M(a/b) + N(b/a)] \sin \varphi \cos \varphi\} / [(M+h) \sin I'']$$

$$\Delta\lambda'' = [-\Delta X \sin \lambda + \Delta Y \cos \lambda] / N \cos \varphi \sin I''$$

unde :

- ✓  $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$  – constantele de translație ale coordonatelor carteziene între cei doi elipsoizi ;
- ✓  $M$  – raza de curbură a elipsei meridiene;  $N$  – raza de curbură a primului vertical ;
- ✓  $\Delta a = (a_t - a_s)$  – diferența dintre semiaxele mari ale elipsoizilor ;
- ✓  $\Delta f = (f_t - f_s)$  – diferența dintre valorile turtirii celor doi elipsoizi.

Pentru zona României parametrii de translație între cei doi elipsoizi (Krasovski-1940 și WGS – 84) sunt :  $\Delta x = 28 \text{ m}$  ;  $\Delta y = -121 \text{ m}$  ;  $\Delta z = -77 \text{ m}$ , determinați cu o precizie de  $\pm 3 - 5 \text{ m}$ . Harta topografică fiind la scara 1:100 000, rezultă că eroarea de poziționare a punctului transcalculat este mai mică de **0,2 mm** la scara de reprezentare.

Datele obținute pentru punctele caracteristice sunt prezentate în tabelul 2

Tabelul 2

Nr. punct	Coordonate geografice elipsoidale Krasovski - 1940		Coordonate geografice elipsoidale WGS-84	
	$\varphi$ (° ' ")	$\lambda$ (° ' ")	$\varphi$ (° ' ")	$\lambda$ (° ' ")
1	47 20 00,0000	28 00 00,0000	47 19 59, 1614	27 59 54, 2853
2	47 20 00,0000	28 30 00,0000	47 19 59, 1863	28 29 54, 2989
3	47 00 00,0000	28 00 00,0000	46 59 59, 1467	27 59 54, 3209
4	47 00 00,0000	28 30 00,0000	46 59 59, 1715	28 29 54, 3344
5	47 17 20,0437	28 03 27,2079	47 17 19, 2060	28 03 21, 4995
6	47 17 15,3780	28 11 23,2093	47 17 14, 5469	28 11 17, 3046
7	47 17 10,1638	28 19 18,7756	47 17 09, 3392	28 19 13, 0746
8	47 17 04,4011	28 27 14,5029	47 17 03, 5830	28 27 08, 8057
9	47 11 56,2923	28 03 20,7695	47 11 55, 4506	28 03 15, 0707
10	47 11 51,6412	28 11 15,7667	47 11 50, 8060	28 11 10, 0716
11	47 11 46,4433	28 19 10,7290	47 11 45, 6146	28 19 05, 0376
12	47 11 40,6985	28 27 05,6525	47 11 39, 8762	28 26 59, 9649
13	47 06 32,5357	28 03 14,3621	47 06 31, 6899	28 03 08, 6729
14	47 06 27,8991	28 11 08,5590	47 06 27, 0598	28 11 02, 8734
15	47 06 22,7174	28 19 02,7212	47 06 21, 8846	28 18 57, 0393
16	47 06 16,9906	28 26 56,8448	47 06 16, 1642	28 26 51, 1667
17	47 01 08,7737	28 03 07,9855	47 01 07, 9238	28 03 02, 3058
18	47 01 04,1516	28 11 01,3859	47 01 03, 3082	28 10 55, 7098
19	47 00 58,9860	28 18 54,7519	47 00 58, 1491	28 18 49, 0795
20	47 00 53,2771	28 26 48,0795	47 00 52, 4466	28 26 42, 4109

➤ **Transformarea coordonatelor geografice elipsoidale ( $\varphi, \lambda$ ) de pe elipsoidul de referință WGS – 84, în coordonate rectangulare plane UTM (N,E) / WGS - 84**

Pentru efectuarea transformării directe a coordonatelor geografice în coordonate rectangulare plane Gauss, pe elipsoidul de referință WGS-84, se consideră mai întâi, ecuațiile de următoarea formă :

$$X = \beta + \frac{1}{2} N \sin \varphi \cos \varphi \frac{l''^2}{\rho''^2} + \frac{1}{24} N \sin \varphi \cos^3 \varphi (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) \frac{l''^4}{\rho''^4} + \frac{1}{720} N \sin \varphi \cos^5 \varphi (61 - 58t^2 + t^4 + 270\eta^2 - 330t^2\eta^2) \frac{l''^6}{\rho''^6}$$

$$Y = N \cos \varphi \frac{l''}{\rho''} + \frac{1}{6} N \cos^3 \varphi (1 - t^2 + \eta^2) \frac{l''^3}{\rho''^3} + \frac{1}{120} N \cos^5 \varphi (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58t^2\eta^2 + 13\eta^4 - 64t^2\eta^4) \frac{l''^5}{\rho''^5}$$

Relațiile se scriu sub formă restrânsă în urma introducerii notațiilor coeficienților:  $A_2, A_4, A_6$  în expresia *abscisei*  $X$  și  $B_1, B_3, B_5$  în expresia *ordonatei*  $Y$  :

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_0 + \Delta\mathbf{X} = \beta + \mathbf{A}_2 l''^2 + \mathbf{A}_4 l''^4 + \mathbf{A}_6 l''^6 \quad [\mathbf{m}]$$

$$\mathbf{Y} = \mathbf{B}_1 l'' + \mathbf{B}_3 l''^3 + \mathbf{B}_5 l''^5 \quad [\mathbf{m}]$$

- ✓  $\beta$  - lungimea arcului de meridian de la Ecuator și până la latitudinea  $\varphi$ :

$$\beta = S_m = P\varphi^0 - Q \sin 2\varphi + R \sin 4\varphi - S \sin 6\varphi + T \sin 8\varphi,$$

unde  $P, Q, R, S, T$  sunt coeficienți constanți, calculați în funcție de parametrii geometrice ( $a, e^2$ ), ai elipsoidului de referință WGS – 84;

- ✓  $l = 10^{-4} (\lambda - \lambda_0)''$ ;
- ✓  $A_2 = \frac{10^8}{2\rho''^2} N \sin \varphi \cos \varphi$  ;
- ✓  $A_4 = \frac{10^{16}}{24\rho''^4} N \sin \varphi \cos^3 \varphi (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4)$  ;
- ✓  $A_6 = \frac{10^{24}}{720\rho''^6} N \sin \varphi \cos^5 \varphi (61 - 58t^2 + t^4 + 270\eta^2 - 330t^2\eta^2)$  ;
- ✓  $B_1 = \frac{10^4}{\rho''} N \cos \varphi$  ;
- ✓  $B_3 = \frac{10^{12}}{6\rho''^3} N \cos^3 \varphi (1 - t^2 + \eta^2)$  ;
- ✓  $B_5 = \frac{10^{20}}{120\rho''^5} N \cos^5 \varphi (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58t^2\eta^2 + 13\eta^4 - 64t^2\eta^4)$  .

Transformarea coordonatelor geografice elipsoidale în coordonate rectangulare plane Gauss, prin metoda coeficienților variabili, utilizând parametrii geometrici ai elipsoidului WGS – 84, asigură o precizie de calcul de  $\pm 0,001$  m.

Transformarea coordonatelor rectangulare plane GAUSS (X,Y) / WGS – 84, în coordonate rectangulare plane UTM (N,E) / WGS – 84, rezultă prin aplicarea coeficientului de scară ( $k_0 = 0,9996$ ):

$$N = X k_0 ; E = Y_0 + Y k_0 = 500\,000 \text{ m} + Y k_0.$$

Rezultatele finale ale transformării coordonatelor sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

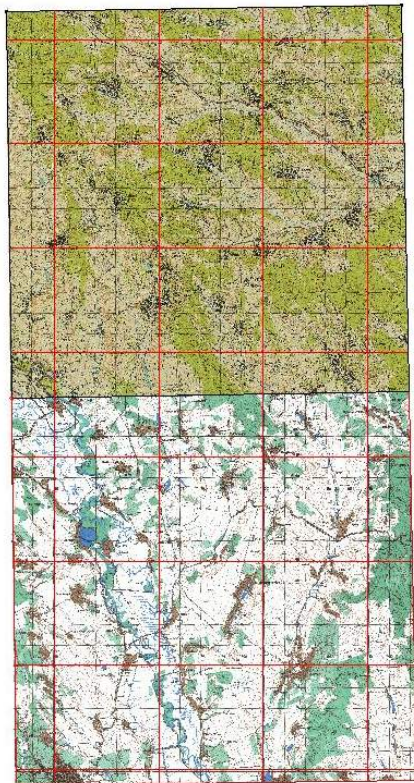
Nr. punct	Coordonate geografice elipsoidale WGS-84		Coordonate rectangulare plane UTM / WGS-84	
	$\varphi$ (° ' ")	$\lambda$ (° ' ")	N (m)	E (m)
1	47 19 59, 1614	27 59 54, 2853	5242664, 711	(35) 575431, 551
2	47 19 59, 1863	28 29 54, 2989	5243270, 800	(35) 613206, 989
3	46 59 59, 1467	27 59 54, 3209	5205621, 478	(35) 575905, 717
4	46 59 59, 1715	28 29 54, 3344	5206228, 094	(35) 613918, 317
5	47 17 19, 2060	28 03 21, 4995	5237784, 268	(35) 579847, 118
6	47 17 14, 5469	28 11 17, 3046	5237784, 269	(35) 589843, 067
7	47 17 09, 3392	28 19 13, 0746	5237784, 269	(35) 599839, 015
8	47 17 03, 5830	28 27 08, 8057	5237784, 269	(35) 609834, 965
9	47 11 55, 4506	28 03 15, 0707	5227788, 320	(35) 579847, 118
10	47 11 50, 8060	28 11 10, 0716	5227788, 319	(35) 589843, 067
11	47 11 45, 6146	28 19 05, 0376	5227788, 321	(35) 599839, 016
12	47 11 39, 8762	28 26 59, 9649	5227788, 316	(35) 609834, 965
13	47 06 31, 6899	28 03 08, 6729	5217792, 372	(35) 579847, 119
14	47 06 27, 0598	28 11 02, 8734	5217792, 372	(35) 589843, 066
15	47 06 21, 8846	28 18 57, 0393	5217792, 373	(35) 599839, 015
16	47 06 16, 1642	28 26 51, 1667	5217792, 370	(35) 609834, 965
17	47 01 07, 9238	28 03 02, 3058	5207796, 421	(35) 579847, 117
18	47 01 03, 3082	28 10 55, 7098	5207796, 422	(35) 589843, 064
19	47 00 58, 1491	28 18 49, 0795	5207796, 422	(35) 599839, 015
20	47 00 52, 4466	28 26 42, 4109	5207796, 420	(35) 609834, 965

### III. ETAPELE CONVERSIEI GRAFICE A HĂRȚII TOPOGRAFICE DIN PROIECȚIA GAUSS ÎN PROIECȚIA UTM

Foia de hartă topografică la scara 1 : 100 000, cu nomenclatura L-35-33 redactată în format analogic, pe suport de hârtie, a fost supusă conversiei în sistem digital, prin procedeele de scanare și apoi georeferențiere în mediul grafic al software-ului Autodesk Map 2005. Georeferențierea s-a făcut prin aplicarea funcției „*rubber sheet*” din meniul *Map / Tools*, care asigură o transformare polinomială de ordinul I (*afină*) între coordonatele punctelor imaginii raster și cele raportate în sistemul real de coordonate. Punctele comune utilizate în transformare sunt cele patru colțuri ale trapezului geodezic, completate cu cele 16 puncte de intersecție ale grilei rectangulare, din 10 în 10 km. Precizia de georeferențiere a imaginii raster se încadrează în limitele toleranței grafice a produsului inițial, de  $\pm 0,2$  mm la scara de reprezentare.

Pentru aprecierea calității procedurii de georeferențiere a foii de hartă, s-a realizat racordarea imaginii obținute cu foia de hartă vecină la sud, redactată în

proiecția UTM și apoi georeferențiată pe coordonatele reale din teren. S-a trasat grila rectangulară corespunzătoare proiecției UTM din 10 în 10 km (figura 2), după care s-a



verificat continuitatea detaliilor planimetrice și altimetrice, precum și a rețelei rectangulare de pe cuprinsul celor două trapeze geodezice alăturate, în limitele aceleiași precizii grafice a produsului clasic original.

#### IV CONCLUZII

- Etapele transformării coordonatelor rectangulare plane Gauss (Krasovski-1940) în coordonate rectangulare plane UTM (WGS-84) pot fi sintetizate în următoarea schemă:

$$(X, Y)_{\text{Gauss}} \rightarrow (\varphi, \lambda)_{\text{KA}} \rightarrow (\varphi, \lambda)_{\text{WE}} \rightarrow (N, E)_{\text{UTM}}$$

- Precizia de transformare a coordonatelor se încadrează în limitele erorii grafice de 0,2 mm la scara reprezentării, doar pentru hărțile topografice la scări mai mici decât 1:25 000 (1:25 000, 1: 50 000, 1:100 000, etc.), deoarece transformarea Molodenski între cei doi elipsoizi (Krasovski-1940 și WGS- 84) se face într-o aproximație de calcul de  $\pm 3-5$  m pe abscisă și ordonată.

Figura 2 – Racordarea foilor de hartă vecine

- Georeferențierea informației grafice de pe cuprinsul foii de hartă se realizează în limitele preciziei de 0,2 mm la scara de reprezentare, utilizând modelul transformării afine, cu ajutorul funcției specifice din software-ul Autodesk Map 2005.
- Racordarea informației grafice de pe foile de hartă vecine se verifică prin analiza continuității detaliilor planimetrice și altimetrice, în raport cu precizia grafică considerată.
- Procesul automatizat de conversie a hărților între diferite sisteme de proiecții cartografice, respectând precizia grafică a produsului inițial permite rezolvarea problemelor de proiectare a lucrărilor inginerești, cât și abordarea din punct de vedere unitar a bazei de date cartografice a unui Sistem Informațional Geografic.

#### BIBLIOGRAFIE

1. Bofu C. – *Tehnologia sistemelor informaționale geografice – aplicații cu Autodesk Map 2005*, Editura Performantica, Iași, 2005.

LUCRĂRILE SIMPOZIONULUI "SISTEME INFORMAȚIONALE GEOGRAFICE", NR. 12.  
Anal. Șt. Univ. „Al.I.Cuza” Iași, Tom LII, s.IIc. Geografie, 2006

2. Bofu C., Chirilă C. – *Sisteme informaționale geografice – curs postuniversitar de perfecționare*, Editura Performantica, Iași, 2005.
3. Moca V., Chirilă C., *Cartografie matematică întocmire și editare hărți*. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași, 2002.