

TransDatRO_code_source

Introducere

Programul *TransDatRO_code_source* constituie modulul final al programului TransDatRO care asigură, pe baza unor griduri de distorsiuni, transformarea coordonatelor din sistemul de referință și coordonate European ETRS89 în sistemele de referință și coordonate naționale Krasovski 1942 (S-42) cu proiecția Stereografică 1970 (pentru întreg teritoriul României), Hayford 1910 cu proiecția Stereografică 1930 (pentru municipiul București) și în sistemul de altitudini normale Marea Neagră 1975.

Codul sursă oferă un model pentru realizatorii de software care poate fi adaptat și implementat atât în receptoarele GNSS pentru determinările de tip RTK, cât și în Sistemele Informatic Geografice pentru reprezentările datelor spațiale la scări mari. De asemenea, algoritmul prezentat în continuare clarifică aspectele referitoare la particularitățile conversiilor și transformărilor utilizate în program.

Forma executabilă a programului ([TransDatRO_code_source.jar](#)) poate fi lansată în execuție cu următoarea linie de comandă (dacă pachetul programului aflat în directorul *TransDatRO_code_source* a fost dezarhivat/copiat în directorul C:\Projects):

```
java -jar "C:\Projects\TransDatRO_code_source\dist\TransDatRO_code_source.jar"
```

În acest caz, codul sursă al programului *TransDatRO_code_source* se află în următorul fișier tip text :

```
C:\Projects\TransDatRO_code_source\src\transdatro_code_source\Main.txt
```

Observație: Gridul cu anomaliiile altitudinii EGG97_QGRJ.GRD (EGG97_QGR.GRT) se va actualiza periodic și în mod progresiv în funcție de evoluția determinărilor gravimetrice, cu tehnologia GNSS și a măsurătorilor de nivelment care se vor efectua pe teritoriul fiecărui județ al țării.

Algoritmul transformării directe și inverse a coordonatelor (B, L, h_{el}) din sistemul european ETRS89 la coordonatele (X, Y, H_{MN75}) din proiecția Stereografică 1970 (1930) și sistemul de altitudini normale Marea Neagră 1975

I. Transformarea coordonatelor (B, L, h_{el}) din sistemul european ETRS89 la coordonatele (X, Y, H_{MN75}) din proiecția Stereografică 1970 (1930) și sistemul de altitudini normale Marea Neagră 1975

Această transformare este prezentată schematic astfel:

$$\begin{aligned} (B, L)_{ETRS89} &\Rightarrow [1] \Rightarrow (X, Y)_{ObliqueStereographic_GRS80} \Rightarrow [2] \Rightarrow (X', Y')_{Stereografic1970} \Rightarrow [3] \Rightarrow \\ &\Rightarrow (X, Y)_{Stereografic1970}; \\ (h_{el})_{ETRS89} &\Rightarrow [4] \Rightarrow (H_{MN75}). \end{aligned}$$

Unde:

[1] Conversia de la coordonatele elipsoidale din sistemul ETRS89 (elipsoidul GRS80) la coordonatele rectangulare din proiecția stereografică oblică de pe elipsoidul GRS80 (v. Anexa 1);

[2] Transformarea Helmert cu 4 parametri de la coordonatele rectangulare din proiecția stereografică oblică de pe elipsoidul GRS80 la coordonatele rectangulare transformate în proiecția Stereografică 1970 (v. Anexa 2);

[3] Interpolarea corecțiilor (distorsiunilor) din gridul de distorsiuni din fisierul binar ETRS89_KRASOVSKI42_2DJ.GRD (fișierul tip text corespondent este ETRS89_KRASOVSKI42_2D.GRT) și obținerea coordonatelor rectangulare în proiecția Stereografică 1970 prin adunarea corecțiilor la coordonatele transformate din pasul precedent (v. Anexa 3);

[4] Interpolarea anomaliilor altitudinii corespondente sistemului de altitudini normale Marea Neagră 1975 din gridul cu anomaliile altitudinii din fișierul EGG97_QGRJ.GRD (fișierul tip text corespondent este EGG97_QGR.GRT) și obținerea altitudinilor normale în sistemul Marea Neagră 1975 prin scăderea anomaliilor altitudinii din altitudinile elipsoidale în sistemul ETRS89 (v. Anexa 4).

II. Transformarea coordonatelor (X, Y, H_{MN75}) din proiecția Stereografică 1970 (1930) și sistemul de altitudini normale Marea Neagră 1975 la coordonatele (B, L, h_{el}) din sistemul european ETRS89

Similar ca la punctul I, se reprezintă schematic și transformarea inversă, ținând cont de de aceleași etape parcurse anterior:

$$\begin{aligned} (X, Y)_{Stereografic1970} &\Rightarrow [3'] \Rightarrow (X', Y')_{Stereografic1970} \Rightarrow [2'] \Rightarrow (X, Y)_{ObliqueStereographic_GRS80} \Rightarrow [1'] \Rightarrow \\ &\Rightarrow (B, L)_{ETRS89}; \\ (H_{MN75}) &\Rightarrow [4'] \Rightarrow (h_{el})_{ETRS89}. \end{aligned}$$

Unde:

[3'] Interpolarea corecțiilor (distorsiunilor) din gridul de distorsiuni din fisierul ETRS89_KRASOVSKI42_2DJ.GRD și obținerea coordonatelor rectangulare transformate în proiecția Stereografică 1970 prin scăderea corecțiilor din coordonatele rectangulare în proiecția Stereografică 1970;

[2'] Transformarea Helmert cu 4 parametri de la coordonatele rectangulare transformate din proiecția Stereografică 1970 la coordonatele rectangulare în proiecția stereografică oblică de pe elipsoidul GRS80;

[1'] Conversia de la coordonatele rectangulare din proiecția stereografică oblică de pe elipsoidul GRS80 la coordonatele elipsoidale din sistemul ETRS89 (elipsoidul GRS80);

[4'] Interpolarea anomaliilor altitudinii corespondent sistemului de altitudini normale Marea Neagră 1975 din gridul cu anomaliile altitudinii din fișierul EGG97_QGRJ.GRD și obținerea altitudinilor elipsoidale în sistemul ETRS89 prin adunarea anomaliilor la altitudinile normale din sistemul Marea Neagră 1975.

Seturile de coordonate pentru testarea programului TransDatRO_code_source

Programul trebuie să fie testat cu seturile de coordonate în ambele sensuri ale fiecărei transformări individuale. Diferențele dintre coordonatele obținute în program și cele listate în tabelele următoare trebuie să fie mai mici sau egale cu următoarele valori:

- pentru East, North, h_{el} , H_{MN75} $\leq \pm 0.003$ metri;
- pentru φ, λ $\leq \pm 0.00003''$.

Test coordinates for transformation ETRS89 to Stereografic 1970 + Marea Neagra 1975

Punct	φ_{ETRS89}	λ_{ETRS89}	h_{ETRS89}	North_St70	East_St70	H_{MN75}
P1	47 42 56.40000	22 28 32.00000	162.000	693771.731	310723.518	122.714
P2	47 58 33.20000	26 53 26.70000	251.000	721361.806	641283.450	217.451
P3	46 03 57.40000	20 40 11.60000	129.000	516470.189	165265.572	86.267
P4	45 05 18.20000	27 42 24.00000	55.000	402327.815	713143.130	22.941
P5	44 26 51.30000	22 54 09.30000	302.000	329703.378	333185.413	260.515
P6	43 44 37.20000	25 13 48.10000	129.000	249343.594	518651.464	89.294
P7	46 14 47.60000	23 50 46.10000	536.000	528076.247	411159.899	494.894
OutsideGrid	43 11 07.00414	23 08 15.35121	0.000	None	None	None
OutsideBorder	47 56 25.22432	20 35 01.23026	0.000	None	None	None

Test coordinates for transformation Stereografic 1970 + Marea Neagra 1975 to ETRS89

Punct	North_St70	East_St70	H_{MN75}	φ_{ETRS89}	λ_{ETRS89}	h_{ETRS89}
P1	693771.731	310723.518	122.714	47 42 56.40000	22 28 32.00000	162.000
P2	721361.806	641283.450	217.451	47 58 33.20000	26 53 26.70000	251.000
P3	516470.189	165265.572	86.267	46 03 57.40000	20 40 11.60000	129.000
P4	402327.815	713143.130	22.941	45 05 18.20000	27 42 24.00000	55.000
P5	329703.378	333185.413	260.515	44 26 51.30000	22 54 09.30000	302.000
P6	249343.594	518651.464	89.294	43 44 37.20000	25 13 48.10000	129.000
P7	528076.247	411159.899	494.894	46 14 47.60000	23 50 46.10000	536.000
OutsideGrid	188993.152	348668.167	0.000	None	None	None
OutsideBorder	725005.421	170257.544	0.000	None	None	None

Test coordinates for transformation ETRS89 to Stereografic 1930 + Marea Neagra 1975

Punct	φ_{ETRS89}	λ_{ETRS89}	h_{ETRS89}	East_St30	North_St30	H_{MN75}
B1	44 33 07.00000	25 56 17.50000	142.000	543496.555	350692.549	106.860
B2	44 19 32.80000	26 12 38.30000	104.000	565397.499	325744.598	67.929
B3	44 24 21.30000	26 06 38.70000	120.000	557350.864	334573.918	84.174
B4	44 30 11.90000	26 12 41.50000	117.000	565268.634	345471.544	81.984
B5	44 21 47.90000	25 50 37.70000	132.000	536113.846	329685.299	95.541
OutsideGrid	44 13 26.43938	26 01 00.75490	0.000	None	None	None
OutsideBorder	44 34 45.88279	25 51 18.00864	0.000	None	None	None

Test coordinates for transformation Stereografic 1930 + Marea Neagra 1975 to ETRS89

Punct	East_St30	North_St30	H_{MN75}	φ_{ETRS89}	λ_{ETRS89}	h_{ETRS89}
B1	543496.555	350692.549	106.860	44 33 07.00000	25 56 17.50000	142.000
B2	565397.499	325744.598	67.929	44 19 32.80000	26 12 38.30000	104.000
B3	557350.864	334573.918	84.174	44 24 21.30000	26 06 38.70000	120.000
B4	565268.634	345471.544	81.984	44 30 11.90000	26 12 41.50000	117.000
B5	536113.846	329685.299	95.541	44 21 47.90000	25 50 37.70000	132.000
OutsideGrid	550029.245	314298.906	0.000	None	None	None
OutsideBorder	536869.164	353703.293	0.000	None	None	None

Observatii:

- Valorile scrise cu culoarea rosu sunt modificate fata de editia anterioară a programului.
- După actualizarea periodică a gridului cu anomalii de altitudine, altitudinile din tabelele anterioare se modifică; pentru verificarea altitudinilor se utilizează programul TransDatRO publicat pe site-ul ANCP.

ANEXA 1

Conversia directă și inversă de la coordonatele elipsoidale din sistemul ETRS89 (elipsoidul GRS80) la coordonatele rectangulare din proiecția stereografică oblică de pe elipsoidul GRS80

A. *Conversia directă* $(B, L)_{ETRS89} \Rightarrow (X, Y)_{ObliqueStereographic_GRS80}$

Se dau:

- Polul proiecției $Q_0(\varphi_0 = 46^\circ, \lambda_0 = 25^\circ)$ care are coordonatele rectangulare plane (false) x (Nord) = 500000 m și y (Est) = 500000 m;
- Coeficientul de scară $k_0 = 0,99975$ pentru conversia coordonatelor din planul tangent în polul Q_0 în planul secant paralel cu acesta;
- Parametrii elipsoidului GRS80:
 - o semi-axa mare $a = 6378137$ m;
 - o turtirea $f = 1:298.257222101$;
- Parametrii care definesc sfera conformă:

$$R = \sqrt{M_0 N_0}$$

$$n = \sqrt{1 + \frac{e^2 \cos^4 \varphi_0}{(1 - e^2)}}$$

$$c = \frac{(n + \sin \varphi_0)(1 - \sin \chi_0)}{(n - \sin \varphi_0)(1 + \sin \chi_0)}$$

unde:

$$M_0 = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi_0)^{3/2}}$$

$$N_0 = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi_0}}$$

$$b = a(1 - f)$$

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$$

$$\sin \chi_0 = (w_1 - 1)/(w_1 + 1)$$

$$w_1 = (S_1 \cdot S_2^e)^n$$

$$S_1 = (1 + \sin \varphi_0)/(1 - \sin \varphi_0)$$

$$S_2 = \frac{1 - e \sin \varphi_0}{1 + e \sin \varphi_0}$$

- Latitudinea și longitudinea conformă a originii, $Q_0(\chi_0, \Lambda_0)$

$$\chi_0 = \arcsin\left(\frac{w_2 - 1}{w_2 + 1}\right), \text{ unde } w_2 = c \cdot (S_1 \cdot S_2^e)^n = c \cdot w_1$$

$$\Lambda_0 = \lambda_0$$

Se calculează:

- Latitudinea și longitudinea conformă a unui punct $P(\chi, \Lambda)$ pentru care se efectuează conversia, care are coordonatele geodezice $P(\varphi, \lambda)$

$$\Lambda = n(\lambda - \Lambda_0) + \Lambda_0$$

$$\chi = \arcsin\left(\frac{w - 1}{w + 1}\right)$$

unde:

$$w = c \cdot (S_a \cdot S_b^e)^n$$

$$S_a = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

$$S_b = \frac{1 - e \sin \varphi}{1 + e \sin \varphi}$$

- Valoarea β

$$\beta = [1 + \sin \chi \sin \chi_0 - \cos \chi \cos \chi_0 \cos(\Lambda - \Lambda_0)]$$

- Coordonatele rectangulare x (N) și y (E) în planul proiecției stereografice oblice aferentă elipsoidului GRS80

$$N = FN + 2 \cdot R \cdot k_0 [\sin \chi \cos \chi_0 - \cos \chi \sin \chi_0 \cos(\Lambda - \Lambda_0)] / \beta$$

$$E = FE + 2 \cdot R \cdot k_0 \cos \chi \sin(\Lambda - \Lambda_0) / \beta$$

unde:

$$FN \text{ (Nord fals)} = 500000$$

$$FE \text{ (Est fals)} = 500000$$

B. Conversia inversă $(X, Y)_{\text{ObliqueStereographic_GRS80}} \Rightarrow (B, L)_{\text{ETRS89}}$

Se dau aceleași date inițiale ca la punctul I.

Se calculează:

- Latitudinea și longitudinea conformă a unui punct $P(\chi, \Lambda)$ pentru care se efectuează conversia, care are coordonatele rectangulare în proiecția stereografică oblică $P(N, E)$

$$\chi = \chi_0 + 2 \arctan \left[\frac{(N - FN) - (E - FE) \tan j / 2}{2 \cdot R \cdot k_0} \right]$$

$$\Lambda = j + 2i + \Lambda_0$$

unde:

$$g = 2 \cdot R \cdot k_0 \tan(\pi / 4 - \chi_0 / 2)$$

$$h = 4 \cdot R \cdot k_0 \tan \chi_0 + g$$

$$i = \arctan \left(\frac{E - FE}{h + (N - FN)} \right)$$

$$j = \arctan \left(\frac{E - FE}{g - (N - FN)} \right) - i$$

- Longitudinea geodezică λ

$$\lambda = \Lambda_0 + (\Lambda - \Lambda_0) / n$$

- Latitudinea izometrică ψ

$$\psi = \left(0.5 \ln \left[\frac{1 + \sin \chi}{c(1 - \sin \chi)} \right] \right) / n$$

- Latitudinea geodezică φ

Prima aproximație a latitudinii geodezice este dată de relația:

$$\varphi_1 = 2 \arctan(e^\psi) - \pi / 2, \text{ în care } e \text{ este baza logaritmilor naturali}$$

Latitudinea izometrică ψ_i în iterația i corespunzătoare latitudinii geodezice φ_i este:

$$\psi_i = \ln \left[\tan(\varphi_i / 2 + \pi / 4) \left(\frac{1 - e \sin \varphi_i}{1 + e \sin \varphi_i} \right)^{e/2} \right]$$

Latitudinea geodezică se calculează iterativ cu relația

$$\varphi_{i+1} = \varphi_i - (\psi_i - \psi) \cos \varphi_i (1 - e^2 \sin^2 \varphi_i) / (1 - e^2)$$

până când $\varphi_{i+1} - \varphi_i = \text{suficient de mic} \cong 0.000001''$.

ANEXA 2

Transformarea Helmert cu 4 parametri directă și inversă de la coordonatele rectangulare din proiecția stereografică oblică de pe elipsoidul GRS80 la coordonatele rectangulare transformate în proiecția Stereografică 1970

A. Transformarea directă $(X, Y)_{ObliqueStereographic_GRS80} \Rightarrow (X', Y')_{Stereografic1970}$

Se dau parametrii transformării Helmert 2D ca valori constante în programul [TransDatRO_code_source](#).

Se calculează coordonatele transformate în proiecția națională Stereografică 1970 cu relațiile:

$$\begin{aligned} X' &= X_0 + X * m * \cos R_Z - Y * m * \sin R_Z \\ Y' &= Y_0 + X * m * \sin R_Z + Y * m * \cos R_Z \end{aligned}$$

unde X=Est și Y=Nord, m=coeficient de scară, R_Z =rotație în jurul axei Z, iar X_0 =Translație Est și Y_0 =Translație Nord.

B. Transformarea inversă $(X', Y')_{Stereografic1970} \Rightarrow (X, Y)_{ObliqueStereographic_GRS80}$

Se dau parametrii transformării Helmert 2D ca valori constante în programul [TransDatRO_code_source](#).

Se calculează coordonatele în proiecția stereografică oblică de pe elipsoidul GRS80 cu relațiile:

$$\begin{aligned} X &= X'_0 + X' * m' * \cos R'_Z - Y' * m' * \sin R'_Z \\ Y &= Y'_0 + X' * m' * \sin R'_Z + Y' * m' * \cos R'_Z \end{aligned}$$

unde X'=Est și Y'=Nord, m' =coeficient de scară, R'_Z =rotație în jurul axei Z', iar X'_0 =Translație Est și Y'_0 =Translație Nord.

ANEXA 3

Interpolarea corecțiilor (distorsiunilor) din gridul de distorsiuni ETRS89_KRASOVSKI42_2DJ.GRD și obținerea coordonatelor rectangulare transformate, (X', Y') _{Stereografic1970} \Rightarrow (X, Y) _{Stereografic1970}

Interpolarea distorsiunilor se efectuează separat pentru fiecare coordonată (separat pe X și separat pe Y).

Se dau:

- gridul de distorsiuni sub forma unui fișier de tip text (pe baza căruia se generează fișierul binar corespunzător) care are următoarea structură:

SUBGRID: SISTEMUL 1: ETRS89 \rightarrow SISTEMUL 2: Krasovski42

GRID PARINTE: NU

CREAT: 04/07/2006

ACTUALIZAT: 01/04/2009

Minimum East (minE):

109783.040

Maximum East (maxE):

904783.040

Minimum North (minN):

213634.564

Maximum North (maxN):

783634.564

East grid interval (stepE):

15000.000

North grid interval (stepN):

15000.000

Number of grid shift values (rows x columns):

2106

Number of dimensions (2 for dEast and dNorth - grid shift values):

2

Grid shift values (dEast dNorth) (columns: minE-->maxE; rows: minN-->maxN):

999.000000 999.000000

999.000000 999.000000

999.000000 999.000000

...

-0.218430 1.274732

-0.203549 0.803709

-0.204519 0.181353

...

Distorsiunile în nodurile gridului sunt scrise succesiv în secvența dEast1, dNorth1, dEast2, dNorth2, ..., începând cu colțul stânga jos al gridului și continuând pe fiecare rând de la stânga la dreapta și de jos în sus până la colțul dreapta sus al gridului.

Valoarea 999.000000 semnifică faptul că nodul gridului se află în afara graniței României, iar valoarea lui este testată de program pentru a semnaliza utilizatorului că punctul de interpolat nu se află în spațiul util de transformare.

Pe baza acestui fișier de tip text, se generează fișierul binar corespunzător cu acces direct la fiecare nod de grid.

- relațiile pentru interpolarea distorsiunilor din grid

În acest algoritm se utilizează interpolarea bicubică spline care are ca principală caracteristică utilizarea unor suprafețe netede de interpolare.

Fie o celulă mare din grid, compusă din 16 noduri, ilustrată în figura 3:

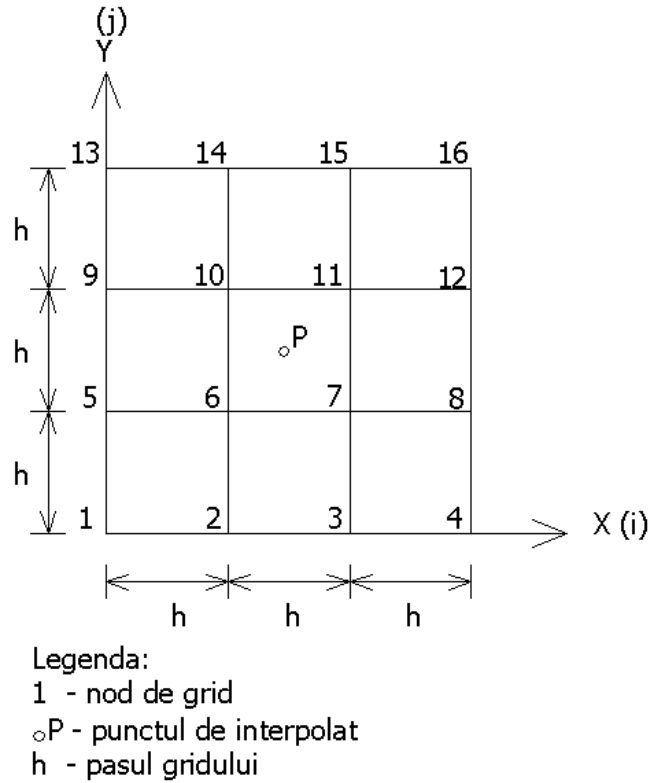


Fig. 3. Celulă compusă (cu 16 noduri) pentru interpolarea punctului P

Pentru interpolare, se utilizează următoarea relație care descrie o suprafață bicubică spline:

$$p(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j$$

Se consideră funcția $f(x, y) = p(x, y)$ care are derivatele parțiale f_x, f_y și f_{xy} cunoscute în colțurile pătratului unitar (cu latura $h=1$) definit de punctele 6, 7, 11, 10 de coordonate: 6(0,0), 7(1,0), 10(0,1) și 11(1,1).

Coeficienții a_{ij} se determină din următorul sistem de ecuații de condiție ale funcției f :

1. $f(0,0) = p(0,0) = a_{00}$
2. $f(1,0) = p(1,0) = a_{00} + a_{10} + a_{20} + a_{30}$
3. $f(0,1) = p(0,1) = a_{00} + a_{01} + a_{02} + a_{03}$
4. $f(1,1) = p(1,1) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij}$
5. $f_x(0,0) = p_x(0,0) = a_{10}$
6. $f_x(1,0) = p_x(1,0) = a_{10} + 2a_{20} + 3a_{30}$
7. $f_x(0,1) = p_x(0,1) = a_{10} + a_{11} + a_{12} + a_{13}$
8. $f_x(1,1) = p_x(1,1) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} i$
9. $f_y(0,0) = p_y(0,0) = a_{01}$
10. $f_y(1,0) = p_y(1,0) = a_{01} + a_{11} + a_{21} + a_{31}$
11. $f_y(0,1) = p_y(0,1) = a_{01} + 2a_{02} + 3a_{03}$
12. $f_y(1,1) = p_y(1,1) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} j$
13. $f_{xy}(0,0) = p_{xy}(0,0) = a_{11}$
14. $f_{xy}(1,0) = p_{xy}(1,0) = a_{11} + 2a_{21} + 3a_{31}$

$$15. f_{xy}(0,1) = p_{xy}(0,1) = a_{11} + 2a_{12} + 3a_{13}$$

$$16. f_{xy}(1,1) = p_{xy}(1,1) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} ij$$

unde expresiile p_x, p_y, p_{xy} se calculează cu următoarele identități:

$$p_x(x, y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} i x^{i-1} y^j$$

$$p_y(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} x^i j y^{j-1}$$

$$p_{xy}(x, y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} i x^{i-1} j y^{j-1}$$

Valorile derivatelor f_x, f_y, f_{xy} se calculează în colțurile pătratului unitar 6, 7, 11, 10 cu ajutorul valorilor nodurilor învecinate, utilizând metoda diferențelor finite.

Pentru fiecare colț al pătratului unitar se consideră separat un sistem local cu originea (i, j) în nodul considerat, ca în figura 4:

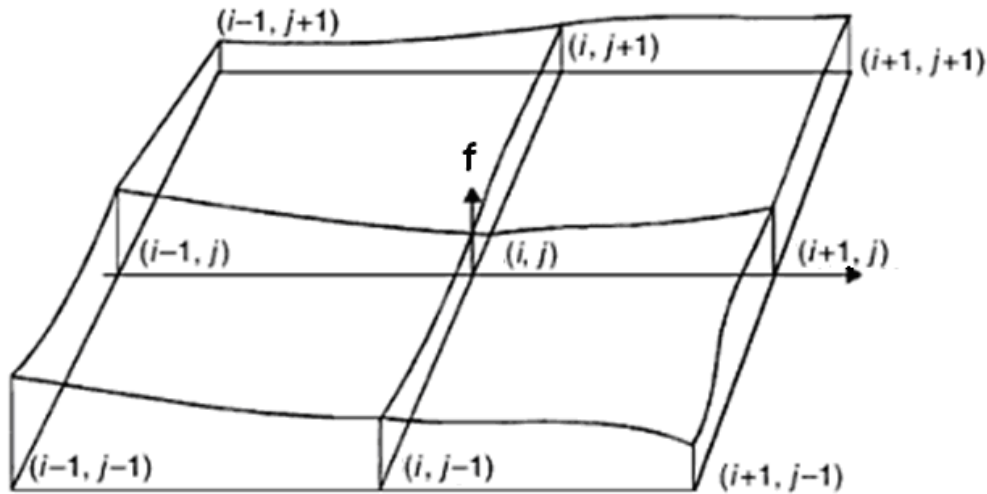


Fig. 4. Sistemul de coordonate relativ (i, j) pentru calculul derivatelor

Derivatele funcției f se calculează cu următoarele relații:

$$f_x^d = \frac{-p(i+2, j) + 4 * p(i+1, j) - 3 * p(i, j)}{2}$$

$$f_x^i = \frac{3 * p(i, j) - 4 * p(i-1, j) + p(i-2, j)}{2}$$

$$f_y^d = \frac{-p(i, j+2) + 4 * p(i, j+1) - 3 * p(i, j)}{2}$$

$$f_y^i = \frac{3 * p(i, j) - 4 * p(i, j-1) + p(i, j-2)}{2}$$

$$f_{xy}^m = \frac{p(i-1, j-1) + p(i+1, j+1) - p(i+1, j-1) - p(i-1, j+1)}{4}$$

Se calculează:

- distorsiunea prezisă $p(x, y)$ într-un punct nou P;
- coordonatele finale corectate cu o relație de tipul $X = X' + p(x, y)$

Similar se interpolează corecția și pentru coordonata Y, utilizând aceeași relație a suprafeței bicubice spline dar cu alți coeficienți calculați care depind de distorsiunile pe Y din jurul punctului de interpolat.

ANEXA 4

Interpolarea anomaliilor altitudinii corespondent sistemului de altitudini normale Marea Neagră 1975 din gridul cu anomalile altitudinii din fișierul EGG97_QGRJ.GRD și obținerea altitudinilor normale în sistemul Marea Neagră 1975, $(h_{el})_{ETRS89} \Rightarrow (H_{MN75})$.

Se dau:

- gridul de distorsiuni sub forma unui fișier de tip text (pe baza căruia se generează fișierul binar corespunzător EGG97_QGRJ.GRD) care are următoarea structură:

SUBGRID: EGG97 - QGeoid Romania

GRID PARINTE: NU

CREAT: 14/11/2007

ACTUALIZAT: 09/07/2009

Minimum East (minE):

19.945609

Maximum East (maxE):

30.057000

Minimum North (minN):

43.421744

Maximum North (maxN):

48.533000

East grid interval (stepE):

0.111111113

North grid interval (stepN):

0.111111113

Number of grid shift values (rows x columns):

4324

Number of dimensions (1 for dZita - grid shift value):

1

Grid shift values (dEast dNorth) (columns: minE-->maxE; rows: minN-->maxN):

999.000000

999.000000

999.000000

...

41.977842

41.784944

41.561786

...

Se calculează:

- anomalia altitudinii prezisă $z(\varphi, \lambda)$ într-un punct nou P similar ca în anexa 3;
- altitudinea finală cu o relație de tipul $H_{MN75} = h_{el} - z(\varphi, \lambda)$