

SISTEM DE MONITORIZARE A VERSANTILOR UTILIZÂND METODA MICROTRIANGULATIEI CU AJUTORUL TEHNICILOR GIS

Gheorghe Sălceanu, Dragoș Bujdei, Paula Fînaru, Crivoi Albertina, Amalia Pintelei.

Proiectul GIS se referă la *umărirea alunecărilor de teren cu ajutorul tehnicilor GPS-SIG în zona NE din municipiul Iasi.*

Acest studiu este elaborat de către serviciul GIS pentru compartimentul de specialitate al PMI în scopul furnizării bazei cartografice și geodezice specialistilor interdisciplinari în scopul analizei și fundamentarea măsurilor ce trebuie luate pentru preîntîmpinarea unor astfel de fenomene, deoarece pe o suprafață de aproximativ 80 ha situată între strada Sararie și strada Marasești se produce fenomenul de alunecare.

Acest perimetru se găsește în intravilanul municipiului Iasi și este acoperit cu case și anexe gospodărești (aproximativ 180 case), un grup școlar industrial, o biserică și alte străzi dotate cu rețele tehnico-edilitare care deservește instituțiile și imobilele din zonă.

Măsurătorile pentru determinarea alunecărilor de teren au început încă din anul 1965 și au continuat până în 1971, când specialiștii geotehnicieni și cei care au analizat acest fenomen, după ce au efectuat lucrările de investiții, constând în chesoane cu adâncimi de 20-30 m și drenuri, au considerat că fenomenul de alunecare s-a stabilizat.

Continuându-se lucrările de investiții pe parcursul anilor, între 1971-1992, și încărcându-se acest versant NE din municipiul Iasi cu noi și noi construcții, lucrările de drenare a apelor din chesoane și canale colmatându-se la sfârșitul anului 2000, o parte din această suprafață de teren a început să alunece în diverse direcții, astfel că o parte a caselor s-au prăbușit, rețelele tehnico-edilitare au fost distruse. Ca urmare a acestui fapt Primăria municipiului Iasi a întreprins măsurile care au constat din:

- întocmirea planului de situație scara 1/500 în vederea proiectării unor lucrări care să stabilizeze fenomenul de alunecare;

- comandarea unui studiu privind comportarea din punct de vedere planimetric (x, y) și altimetric (z) a diverselor zone de pe cuprinsul suprafeței supusă alunecării.

Principala sarcină impusă și prin planul de amenajarea teritoriului a fost ca pe o perioadă de 10 ani să nu se construiască case, anexe gospodărești sau alte obiective de investiții.

Așa cum s-a explicat anterior, toată suprafața supusă alunecării este acoperită cu case, anexe gospodărești, școli, străzi, copaci, alte clădiri și ca urmare a

- date insuficiente și uneori imprecise ale prospecțiunilor geotehnice și hidrologice;
- amplasamentul incorect sau irațional al unor construcții masive;
- slăbirea infrastructurii fundațiilor unor construcții prin exploatare subterane, modificări zonale ale poziției "pânzei" freatice, care atrag spălarea particulelor mărunte din zona fundațiilor construcțiilor;
- deficiențe sau avarii survenite în sistemul de drenaj sau în sistemul de alimentare cu apă;
- un regim pluvial ridicat și cu frecvență foarte mare;
- mișcări seismice de diferite intensități care modifică sistemul de forțe ce soliciță terenul sau construcțiile.

Cu toate că multe dintre aceste cauze particulare au un caracter imprevizibil și cu posibilitate de manifestare destul de mare, este necesar ca ele să fie luate în considerare atât la proiectarea cât și la execuția lucrărilor.

În acest context se situează reglementările legate de L10/95, L50/91, care prevăd obligativitatea stabilirii obiectelor, obiectivelor și zonelor a căror comportare în timp trebuie urmărită.

La măsurarea deplasării terenurilor și construcțiilor se utilizează în general metode și aparatură specializată, precum și modele matematice adecvate, pentru prelucrarea datelor și interpretarea rezultatelor.

Pentru a depăși posibilitățile limitate se folosesc metodele geodezice care constau în efectuarea de măsurători repetate și analiza elementelor măsurate în vederea determinării deplasărilor.

Scopul măsurărilor geodezice repetate este acela de a determina dacă punctele rețelei au mișcări reale în timp sau sunt stabile (diferențele dintre coordonatele punctelor obținute în mai multe etape sunt de același ordin de mărime cu erorile de măsurare).

Ideea de baza a fost ca într-un an să se efectueze două cicluri (etape) de măsurători, un ciclu după îngheț, respectiv în luna aprilie - mai și altul înainte de îngheț, respectiv în luna octombrie - noiembrie.

Trebuie subliniat faptul că după materializarea bornelor mobile, a pilaștrilor rețelei fixe și cea de urmărire PI, s-a lăsat un timp pentru a se tasa, așeza și numai după aceea a început ciclul de măsurători.

Primul ciclu de măsurători se va efectua în toamna anului 2005, după ce se va obține dattum-ul GPS al rețelei principale a municipiului și reprezintă ciclul inițial la care vom face referire pe tot parcursul urmăririi comportării în timp.

S-a urmarit ca acești reperi de urmărire sa fie plantatii pe proprietatea publică a municipiului Iasi (drumuri, trotuare, străzi), evitându-se proprietatea privată.

METODE DE MASURARE SI PRELUCRARE A DATELOR PENTRU EVIDENTIAREA VECTORILOR DEPLASARII VERTICALE SI EVALUAREA PRECIZIILOR REZULTATELOR

Ca metodă de măsurare a diferențelor de nivel în acest caz s-a folosit metoda nivelmentului geometric de mijloc, cu stații duble pe fiecare niveleu.

Datorită faptului că diferențele de nivel între zona reperilor ficși RF1..... RF4 și RF5..... RF8, este de aproximativ 78 m pe distanță de 700-800 m, porteele au fost în unele cazuri destul de mici 10-20 m, astfel că a necesitat un număr mare de stații de nivelment.

Ca precizie de determinare a drumuirilor de nivelment geometric a fost cea impusă pentru ordinul II, adică $\pm 5\text{mm} \sqrt{L(\text{km})}$.

Ca aparatură s-a folosit nivelul automat NI007 și NI002 cu mire cu bandă de invar.

După ce s-au efectuat măsurătorile în teren s-au calculat diferențele de nivel între borne, pilaștri, formându-se un număr de 12 poligoane.

Poligoanele sunt numerotate cu cifre arabe: 1, 2,12. În acest tabel se găsesc reperele ficși și anume RF2, RF3, RF5, RF7, RF8 cu cotele acestora, diferențele de nivel provizorii între reperele mobile și distanțele între borne.

Compensarea rețelei de nivelment geometric s-a făcut prin metoda măsurătorilor indirecte ponderate, după un program realizat de Serviciul GIS (tratate matricială).

Datele de intrare și obținerea cotelor provizorii se găsesc în tabelul nr. 2.

În continuare voi prezenta într-o formă cât mai succintă, modul de tratare matricială a măsurătorilor indirecte de precizii diferite ponderate.

Se consideră valorile medii ale unor mărimi măsurate direct de precizii diferite, exprimate de matricea:

$$(M^o)_r^T = [M_1^o, M_2^o, \dots, M_r^o]$$

de ponderi p_r în baza cărora urmează să se determine indirect mărimile unor parametri exprimați de matricea:

$$X_{l_n}^T = [X_1, X_2, \dots, X_n]$$

În eventualitatea cunoașterii valorilor adevărate ale mărimilor măsurate direct $\overline{M}_{r_0}$ de ponderi p_r , determinarea parametrilor $\overline{X}_{n1}$ se realizează prin intermediul unor relații dintre aceștia și mărimile adevărate, măsurate direct $\overline{M}_{r1}$, de forma:

$$\overline{M}_{r1} = F_m \overline{X}_{n1}$$

Trebuie ca numărul măsurărilor directe r să fie mai mare decât numărul parametrilor de determinat n , adică $r > n$.

Datorită erorilor de măsurare, în sistemul de relații exprimat mai sus în locul mărimilor teoretice M_{r1} , se vor introduce mărimile medii rezultate de măsurători directe M_{r1}^0 cărora li se vor aplica niște corecții V_{r1} , pentru obținerea valorilor cele mai probabile M_{r1} .

$$M_{r1} = M_{r1}^0 + V_{r1}$$

$$M_{r1}^0 + V_{r1} = F_m \overline{X_{n1}}$$

Acesta este sistemul de ecuații de corecții de formă neliniară. Mai întâi se va face liniarizarea prin dezvoltarea în serie Taylor în vecinătatea unor valori apropiate de cele ale necunoscutelor.

Valorile teoretice $\overline{X_{n1}}$ se înlocuiesc cu valorile aproximative provizorii cărora li se vor aplica niște corecții:

$$\overline{X_{n1}} = X_{n1}^0 + X_{n1}$$

$$(X^0)_{1n}^T = [X_1^0, X_2^0, \dots, X_n^0]$$

unde:

X_{n1}^0 valorile aproximative ale necunoscutelor

$X_{1n}^T = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ corecții ce vor fi determinate prin compensare

Astfel se obține: $F_m (X_{n1}^0 + X_{n1}) - M_{r1}^0 = V_{r1}$

Ecuațiile de corecții de formă liniară vor fi:

$B_m X_{nr} + L_{r1} = V_{r1}$ cu ponderea p_r

$$\text{unde: } B_m = \left(\frac{\partial F}{\partial X} \right)_0 = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & \dots & h_1 \\ a_2 & b_2 & \dots & h_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & \dots & h_n \end{bmatrix}$$

Această matrice poartă denumirea de matrice a coeficienților ecuațiilor de corecții.

X_{n1} matricea vector a necunoscutelor

L_{r1} matricea vector a termenilor liberi

V_{r1} matricea vector a corecțiilor

p_r matricea pondere care este o matrice diagonală

$$P_{rr} = \begin{bmatrix} p_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_2 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & p_{rr} \end{bmatrix}$$

Măsurătorile directe fiind ponderate se va face reducerea la cazul măsurătorilor directe de aceeași precizie prin înmulțirea cu radical din ponderea respectivă:

$$\overline{V}_{r1} = \sqrt{p_{rr}} V_{r1} = \begin{bmatrix} \sqrt{p_1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{p_2} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & \sqrt{p_r} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \dots \\ V_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \sqrt{p_1} \\ V_2 \sqrt{p_2} \\ \dots \\ V_r \sqrt{p_r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{V}_1 \\ \overline{V}_2 \\ \dots \\ \overline{V}_r \end{bmatrix}$$

Conform principiului metodei celor mai mici pătrate, suma pătratelor tinde către minim.

Prin înlocuirea corecțiilor V , cu expresiile lor va rezulta că produsul $V^T p v$ este o funcție de necunoscutele X , astfel se obține funcția Legendre-Gauss:

$$V_{lr}^T = V_{lr}^T \sqrt{p_{rr}} \cdot \sqrt{p_{rr}} \cdot V_{r1} = V_{lr}^T p_{rr} V_{r1} \rightarrow \text{minim}$$

$$V_{lr}^T \cdot p_{rr} \cdot V_{r1} = X_{ln}^T B_{nr}^T p_{rr} B_m X_{ne} + 2X_{ln}^T B_{nr}^T p_{rr} L_{re} + L_{er}^T p_{rr} L_{r1} \rightarrow \text{minim}$$

Minimul funcției se obține prin anularea celor n derivate parțiale în privința necunoscutelor, obținându-se:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\partial(V^T p v)}{\partial(X)} = B_{nr}^T p_{rr} B_m X_{n1} + B_{nr}^T p_{rr} L_{r1} = 0$$

Ca și în cazul măsurătorilor indirecte de aceeași precizie ecuația matricială corespunde sistemului de ecuații normale a necunoscutelor. Se notează produsul:

$$N_{nn} = B_{nr}^T p_{rr} B_m = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_r \\ b_1 & b_2 & \dots & b_r \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_1 & h_2 & \dots & h_r \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & p_r \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & \dots & h_1 \\ a_2 & b_2 & \dots & h_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_r & h_r & \dots & h_r \end{bmatrix}$$

$$\text{rezultând: } N_{nn} = \begin{bmatrix} [paa] & [pab] & \dots & [pah] \\ [pab] & [pbb] & \dots & [pbh] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ [pah] & [pbh] & \dots & [phh] \end{bmatrix}$$

unde N_{nn} matricea coeficienților ecuațiilor normale.

De asemenea se calculează produsul:

$$B_{nr}^T p_{rr} L_{r1} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_r \\ b_1 & b_2 & \dots & b_r \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_1 & h_2 & \dots & h_r \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & p_r \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \dots \\ l_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [pal] \\ [pbl] \\ \dots \\ [phl] \end{bmatrix}$$

care reprezintă vectorul termenilor liberi al ecuațiilor normale.

Sistemul ecuațiilor normale ale necunoscutelor va fi exprimat de relația matricială:

$$N_{nn} X_{nr}^T + B_{nr}^T p_{rr} L_{r1} = 0$$

sau sub formă dezvoltată:

$$\begin{bmatrix} [paa] & [pab] & \dots & [pah] \\ [pab] & [pbb] & \dots & [pbh] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ [pah] & [pbh] & \dots & [phh] \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (pal) \\ (pbl) \\ \dots \\ (phl) \end{bmatrix} = 0$$

Rezolvarea ecuației se face prin metoda inversării matricei, înmulțindu-se la stânga cu inversa matricei coeficienților, obținându-se vectorul necunoscutelor:

$$X_{n1} = -N_{nn}^{-1} B_{nr}^T p_{rr} L_{r1} = -\overline{Q}_{nn} B_{nr}^T p_{rr} L_{r1}$$

Cu ajutorul necunoscutelor se calculează valorile cele mai probabile ale matricilor determinate indirect, mărimile corecțiilor, după ce în prealabil s-a făcut reducerea la cazul măsurătorilor de pondere egală cu unitatea, prin înmulțirea lor cu radical din ponderea respectivă, ca și mărimile compensate ale măsurătorilor directe cu relația matricială: $M_{r1} = M_{r1}^0 + V_{r1}$

$$\text{sau dezvoltat: } \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & \dots & h_1 \\ a_1 & b_2 & \dots & h_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_r & b_r & \dots & h_{1r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \dots \\ l_r \end{bmatrix}$$

• Mărimile compensate ale măsurătorilor directe cu matricea: $M_{r1} = M_{r1}^0 + V_{r1}$

$$\text{sau } \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \dots \\ M_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_1^0 \\ M_2^0 \\ \dots \\ M_r^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_r \end{bmatrix}$$

Valorile compensate ale parametrilor determinați indirect: $\overline{X_{ni}} = X_{ni}^0 + X_{ni}$

$$\text{sau dezvoltat: } \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1^0 \\ X_2^0 \\ \dots \\ X_n^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_n \end{bmatrix}$$

Evaluarea preciziei măsurătorilor se face prin calculul următoarelor erori:

- Evaluarea unității de pondere: $\mu = \pm \sqrt{\frac{V_{rr}^T p_{rr} V_{rr}}{r - n}}$

unde: r - nr. măsurătorilor directe

n - numărul parametrilor determinați indirect.

- Eroarea unei măsurători reale M_i^0 cu relația: $(\mu)_i = \pm \frac{\mu}{\sqrt{p_i}}; \Rightarrow p_i = \frac{1}{Q_{ij}}$

- Eroarea medie pătratică a unei mărimi compensate individuale oarecare:

$$\mu_i = \pm \mu \sqrt{Q_{ij}}, \text{ unde } j = \overline{1, n}$$

Formarea sistemului liniar normalizat .

Calculul soluțiilor și a coeficienților de pondere pătratici Q_{ii} și Q_{ij} .

Soluțiile sistemului, corecțiile, abaterea standard și cotele compensate definitiv.

μ □ eroarea unității de pondere, calculată cu formula cunoscută.

În cele ce urmează voi prezenta mărimile vectorile pe verticală a unor puncte mobile.

Valorile cotelor din ciclul de referință 1994, comparativ cu ciclul 2004/I și diferențele dintre aceste cicluri: $\Delta h_i = H_{2004_i} - H_{1994_i}$

Calculul valori cote ale ciclului actual 2004/I comparativ cu valorile ciclului anterior 1994 și diferențele dintre acestea: $\Delta h_i = H_{2004_i} - H_{2003_i}$

Calculul valorilor cotelor din ciclul de referință 2004, comparativ cu valorile ciclului anterior 2003 și diferențele dintre acestea:

$$\Delta h_i = H_{2003_i} - H_{1994_i}$$

În continuare am prezentat în tabelele 23-26 calculul orientării vectorului deformațiilor planimetrice și altimetrice (încălinat) și unghiul de încalinare în raport cu axa Z situată pe verticală după următoarele formule:

$$D_{\text{încalinat}} = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2 + \Delta Z_i^2}$$

Unghiul de încalinare Z_i a fost calculat cu următoarea formulă:

$$\cos Z_i = \frac{\Delta Z_i}{D_{\text{încălat}}} \Rightarrow \arccos Z_i = \frac{\Delta Z_i}{D_{\text{încălat}}}$$

ΔZ_i reprezintă diferența de nivel dintre ciclul actual 2004/I și cel precedent 2003, între ciclul precedent 2003 și cel inițial 1994 sau între ciclul actual 2004/I și cel inițial 1994. Acesta poate avea valori pozitive sau negative. Când are valori pozitive unghiul de orientare este cuprins între $0^\circ - 100^\circ$ și denotă că borna mobilă se ridică și valori între $100^\circ - 200^\circ$ când ne arată că bornele mobile se tasează sau alunecă.

Tabel nr. 1. Datele de intrare pentru nivelmentul geometric de mijloc

Denumire reper fix	Cote H (m)
RF2	278.6017
RF3	281.8197
RF4	281.4758
RF5	384.0813
RF7	360.3189
RF8	351.3154

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 15

RF7 PI22 PI21 C6 C7 C9 C10 C11 PI13 PI20 B4 B3 B2 RF8 RF7

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 16

RF8 B2 B3 B4 B5 PI19 PI25 A8 A7 A6 A5 A4 A3 A2 PI29 RF8

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 8

RF7 C1 C2 C3 C5 PI21 PI22 RF7

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 14

RF5 PI2 D1 D2 D3 D4 D5 D7 D8 PI9 PI33 PI11 PI10 RF5

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 7

RF2 C21 PI7 PI5 D19 D20 RF4

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 14

A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 PI27 PI26 PI31 PI32 PI28 A2

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 9

PI19 2021 B8 A10 PI27 A9 A8 PI25 PI19

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 17

C11 C12 C13 C14 C16 C17 C18 C19 C20 C21 2021 PI19 B5 B4
PI20 PI13 C11

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 11

C21 RN29 B12 PI16 PI17 A12 A11 A10 B8 2021 C21

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 16

PI21 C5 C3 C2 PI33 PI9 D8 D9 D11 D12 D13 C10 C9 C7 C6 PI21

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 18

D13 D14 D17 D18 PI5 PI7 C21 C20 C19 C18 C17 C16 C14 C13 C12 C11
C10 D13

Nr. diferențe de nivel pe poligon - 9

PI2 PI6 D7 D5 D4 D3 D2 D1 PI2

De la - la		Dif. nivel	Pondere
		Δh_{ij} (m)	p_{ij} (km)
A2	RF8	97.979	.1
A2	PI29	24.981	.1
A2	A3	-71.260	.1
A3	A4	-25.944	.1
A4	A5	-48.683	.1
A5	A6	-13.047	.1
A6	A7	-85.084	.1
A7	A8	-45.131	.1
A8	A9	-17.863	.1
A7	PI28	-0.4244	.1
A7	B4	-0.9690	.1
A8	PI28	40.887	.1
A8	PI25	-49.603	.1
A9	PI27	-39.811	.1
A10	PI27	187.037	.1
A9	A10	-226.848	.1
A10	A11	-0.9788	.1
A11	A12	-55.378	.1
A12	PI17	-47.100	.1
RF8	B2	-118.922	.1
B2	B3	-201.942	.1
B3	B4	-30.807	.1
B4	B5	-92.490	.1
B4	PI20	-0.2535	.1
B5	B8	-133.022	.1
B8	2021	81.461	.1
B5	PI19	-38.772	.1
B12	RN29	32.532	.1
B12	PI16	-17.649	.1
C1	C2	10.895	.1
C2	C3	0.3493	.1
C3	C5	-124.338	.1
C5	C6	-98.731	.1

De la - la		Dif. nivel	Pondere
		Δh_{ij} (m)	p_{ij} (km)
D1	PI2	-0.3784	.1
D1	D2	-33.051	.1
D2	D3	-91.662	.1
D3	D4	-59.968	.1
D4	D5	-95.631	.1
D5	D7	-107.919	.1
D7	PI6	-0.1448	.1
D7	D8	-72.234	.1
D8	D9	-51.961	.1
D8	PI9	40.187	.1
D9	D11	-163.954	.1
D11	D12	-36.002	.1
D12	D13	-28.233	.1
D13	D14	-37.753	.1
D14	D17	-64.429	.1
D17	D18	-0.4127	.1
D18	D19	-102.372	.1
D19	D20	-125.483	.1
D18	PI5	-48.454	.1
D19	PI5	53.881	.1
D20	RF4	31.962	.1
RF2	RN29	32.665	.1
RF7	PI22	-0.1555	.1
RF5	PI2	13.227	.1
PI21	PI22	104.160	.1
PI16	PI17	-0.0657	.1
PI20	PI13	54.070	.1
PI13	C11	-45.998	.1
PI9	PI33	227.356	.1
RF2	PI29	-73.569	.1
PI27	PI26	-71.724	.1
PI26	PI31	86.877	.1
PI31	PI32	145.451	.1

De la - la		Dif. nivel Δh_{ij} (m)	Pondere p_{ij} (km)
C5	PI21	-41.207	.1
C6	PI21	57.524	.1
C6	C7	-82.574	.1
C7	C9	-150.228	.1
C9	C10	-13.489	.1
C10	C11	-26.544	.1
C11	C12	-120.371	.1
C12	C13	-15.916	.1
C13	C14	-20.850	.1
C14	C16	0.3227	.1
C16	C17	0.0199	.1
C17	C18	-31.994	.1
C18	C19	-26.516	.1
C19	C20	-0.6062	.1
C20	C21	-68.627	.1
C21	2021	137.249	.1
C21	PI7	30.908	.1
C21	RF2	-94.159	.1
C21	RN29	-61.269	.1
C2	PI33	0.5123	.1
C9	PI13	0.5892	.1
RF5	PI2	13.227	.1

De la - la		Dif. nivel Δh_{ij} (m)	Pondere p_{ij} (km)
PI32	PI28	-62.043	.1
PI19	PI25	45.115	.1
PI29	RF8	74.059	.1
PI28	A2	248.296	.1
PI19	2021	-12.789	.1
B8	A10	-55.692	.1
C10	D13	-76.715	.1
PI5	PI7	-51.072	.1
RF7	C1	45.490	.1
PI33	PI11	97.996	.1
PI11	PI10	71.317	.1
PI10	RF5	0.6592	.1
PI2	PI6	-385.863	.1
RF2	RF3	31.153	.1
RF3	RF4	-0.2399	.1
RF7	RF8	-89.953	.1
A8	2005	-27.197	.1
PI25	2005	22.406	.1
B8	B9	-43.874	.1
B9	B10	-102.877	.1
B10	B12	-0.3199	.1
D1	PI10	23.603	.1

Tabel nr. 2. Compensare prin metoda celor mai mici pătrate
a observațiilor indirecte – obținerea cotelor provizorii

Nivelment geometric - ordinul 2

Eroarea maxima admisă pe 1 Km de nivelment = 5.0 mm

Date de intrare

De la - la		Difer. nivel Δh_{ij} (m)	Distanța (km)	Ponderea p_{ij}
A2	RF8	9.79790	.100	10.00
A2	PI29	2.49810	.100	10.00
A2	A3	-7.12600	.100	10.00
A3	A4	-2.59440	.100	10.00
A4	A5	-4.86830	.100	10.00
A5	A6	-1.30470	.100	10.00
A6	A7	-8.50840	.100	10.00
A7	A8	-4.51310	.100	10.00
A8	A9	-1.78630	.100	10.00

De la - la		Difer. nivel Δh_{ij} (m)	Distanța (km)	Ponderea P_{ij}
A7	PI28	-.42440	.100	10.00
A7	B4	-.96900	.100	10.00
A8	PI28	4.08870	.100	10.00
A8	PI25	-4.96030	.100	10.00
A9	PI27	-3.98110	.100	10.00
A10	PI27	18.70370	.100	10.00
A9	A10	-22.68480	.100	10.00
A10	A11	-.97880	.100	10.00
A11	A12	-5.53780	.100	10.00
A12	PI17	-4.71000	.100	10.00
RF8	B2	-11.89220	.100	10.00
B2	B3	-20.19420	.100	10.00
B3	B4	-3.08070	.100	10.00
B4	B5	-9.24900	.100	10.00
B4	PI20	-.25350	.100	10.00
B5	B8	-13.30220	.100	10.00
B8	2021	8.14610	.100	10.00
B5	PI19	-3.87720	.100	10.00
B12	RN29	3.25320	.100	10.00
B12	PI16	-1.76490	.100	10.00
C1	C2	1.08950	.100	10.00
C2	C3	.34930	.100	10.00
C3	C5	-12.43380	.100	10.00
C5	C6	-9.87310	.100	10.00
C5	PI21	-4.12070	.100	10.00
C6	PI21	5.75240	.100	10.00
C6	C7	-8.25740	.100	10.00
C7	C9	-15.02280	.100	10.00
C9	C10	-1.34890	.100	10.00
C10	C11	-2.65440	.100	10.00
C11	C12	-12.03710	.100	10.00
C12	C13	-1.59160	.100	10.00
C13	C14	-2.08500	.100	10.00
C14	C16	.32270	.100	10.00
C16	C17	.01990	.100	10.00
C17	C18	-3.19940	.100	10.00
C18	C19	-2.65160	.100	10.00
C19	C20	-.60620	.100	10.00
C20	C21	-6.86270	.100	10.00
C21	2021	13.72490	.100	10.00
C21	PI7	3.09080	.100	10.00
C21	RF2	-9.41590	.100	10.00
C21	RN29	-6.12690	.100	10.00

De la - la		Difer. nivel Δh_{ij} (m)	Distanța (km)	Ponderea p_{ij}
C2	PI33	.51230	.100	10.00
C9	PI13	.58920	.100	10.00
RF5	PI2	1.32270	.100	10.00
D1	PI2	-.37840	.100	10.00
D1	D2	-3.30510	.100	10.00
D2	D3	-9.16620	.100	10.00
D3	D4	-5.99680	.100	10.00
D4	D5	-9.56310	.100	10.00
D5	D7	-10.79190	.100	10.00
D7	PI6	-.14480	.100	10.00
D7	D8	-7.22340	.100	10.00
D8	D9	-5.19610	.100	10.00
D8	PI9	4.01870	.100	10.00
D9	D11	-16.39540	.100	10.00
D11	D12	-3.60020	.100	10.00
D12	D13	-2.82330	.100	10.00
D13	D14	-3.77530	.100	10.00
D14	D17	-6.44290	.100	10.00
D17	D18	-.41270	.100	10.00
D18	D19	-10.23720	.100	10.00
D19	D20	-12.54830	.100	10.00
D18	PI5	-4.84540	.100	10.00
D19	PI5	5.38810	.100	10.00
D20	RF4	3.19620	.100	10.00
RF2	RN29	3.26650	.100	10.00
RF7	PI22	-.15550	.100	10.00
RF5	PI2	1.32270	.100	10.00
PI21	PI22	10.41600	.100	10.00
PI16	PI17	-.06570	.100	10.00
PI20	PI13	5.40700	.100	10.00
PI13	C11	-4.59980	.100	10.00
PI9	PI33	22.73560	.100	10.00
RF2	PI29	-7.35690	.100	10.00
PI27	PI26	-7.17240	.100	10.00
PI26	PI31	8.68770	.100	10.00
PI31	PI32	14.54510	.100	10.00
PI32	PI28	-6.20430	.100	10.00
PI19	PI25	4.51150	.100	10.00
PI29	RF8	7.40590	.100	10.00
PI28	A2	24.82960	.100	10.00
PI19	2021	-1.27890	.100	10.00
B8	A10	-5.56920	.100	10.00
C10	D13	-7.67150	.100	10.00

De la - la		Difer. nivel Δh_{ij} (m)	Distanța (km)	Ponderea P_{ij}
PI5	PI7	-5.10720	.100	10.00
RF7	C1	4.54900	.100	10.00
PI33	PI11	9.79960	.100	10.00
PI11	PI10	7.13170	.100	10.00
PI10	RF5	.65920	.100	10.00
PI2	PI6	-38.58630	.100	10.00
RF2	RF3	3.11530	.100	10.00
RF3	RF4	-.23990	.100	10.00
RF7	RF8	-8.99530	.100	10.00

Neînchideri – Toleranțe – Lungimi în poligoane

Nr. poligon	Neînchiderea (mm)	Toleranța (mm)	Lungimea (mm)
1	1.30	5.92	1.400
2	-2.60	6.12	1.500
3	4.80	4.18	.700
4	-.60	5.70	1.300
5	-.40	3.87	.600
6	3.40	5.70	1.300
7	5.10	4.47	.800
8	-7.30	6.32	1.600
9	6.30	5.00	1.000
10	1.20	6.12	1.500
11	-.40	6.52	1.700
12	3.20	4.47	.800

Cote provizorii

Nr. punct		cota H (m)
1	PI22	36016340
2	PI21	34974740
3	C6	34399500
4	C7	33573760
5	C9	32071480
6	C10	31936590
7	C11	31671150
8	PI13	32131130
9	PI20	31590430
10	B4	31615780

Nr. punct		cota H (m)
39	PI10	38342150
40	C21	28801760
41	PI7	29110840
42	PI5	29621560
43	D19	29082750
44	D20	27827920
45	A9	31071710
46	PI27	30673600
47	PI26	29956360
48	PI31	30825130

Nr. punct		cota H (m)
11	B3	31923850
12	B2	33943270
13	B5	30690880
14	PI19	30303160
15	PI25	30754310
16	A8	31250340
17	A7	31701650
18	A6	32552490
19	A5	32682960
20	A4	33169790
21	A3	33429230
22	A2	34141830
23	PI29	34391640
24	C1	36486790
25	C2	36595740
26	C3	36630670
27	C5	35387290
28	PI2	38540400
29	D1	38578240
30	D2	38247730
31	D3	37331110
32	D4	36731430
33	D5	35775120
34	D7	34695930
35	D8	33973590
36	PI9	34375460
37	PI33	36649020
38	PI11	37628980

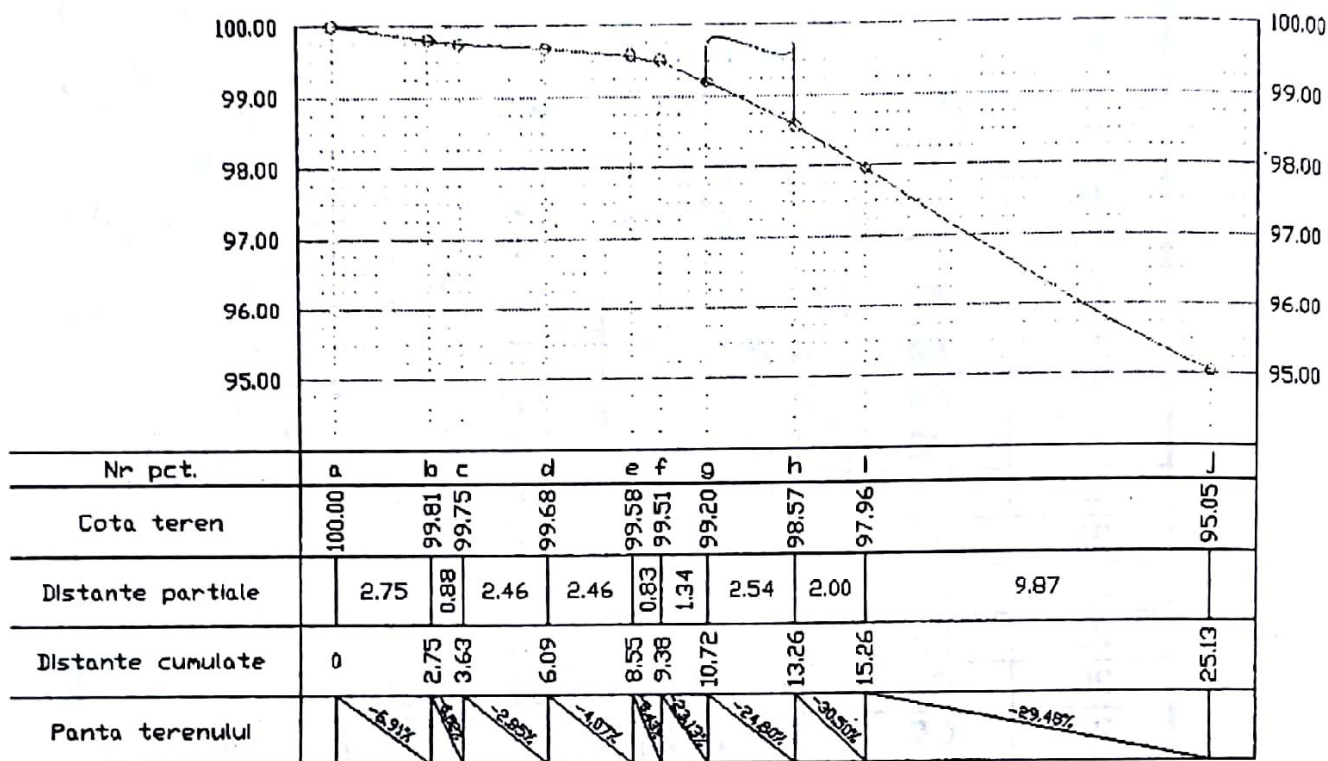
Nr. punct		cota H (m)
49	PI32	32279640
50	PI28	31659210
51	2021	30175270
52	B8	29360660
53	A10	28803740
54	C12	30467440
55	C13	30308280
56	C14	30099780
57	C16	30132050
58	C17	30134040
59	C18	29814100
60	C19	29548940
61	C20	29488320
62	RN29	28189070
63	B12	27863750
64	PI16	27687260
65	PI17	27680690
66	A12	28151690
67	A11	28705470
68	D9	33453980
69	D11	31814440
70	D12	31454420
71	D13	31172090
72	D14	30794560
73	D17	30150270
74	D18	30109000
75	PI6	34681770

În urma rulării unui program intitulat **profil.exe**, realizat în MapBasic, s-au obținut profilele transversale ale zonei de interes, profile prezentate în Fig.2, Fig.3 și Fig.4.

PROFIL TRANSVERSAL P1

Scara lungimilor 1:200 Scara înălțimilor 1:100

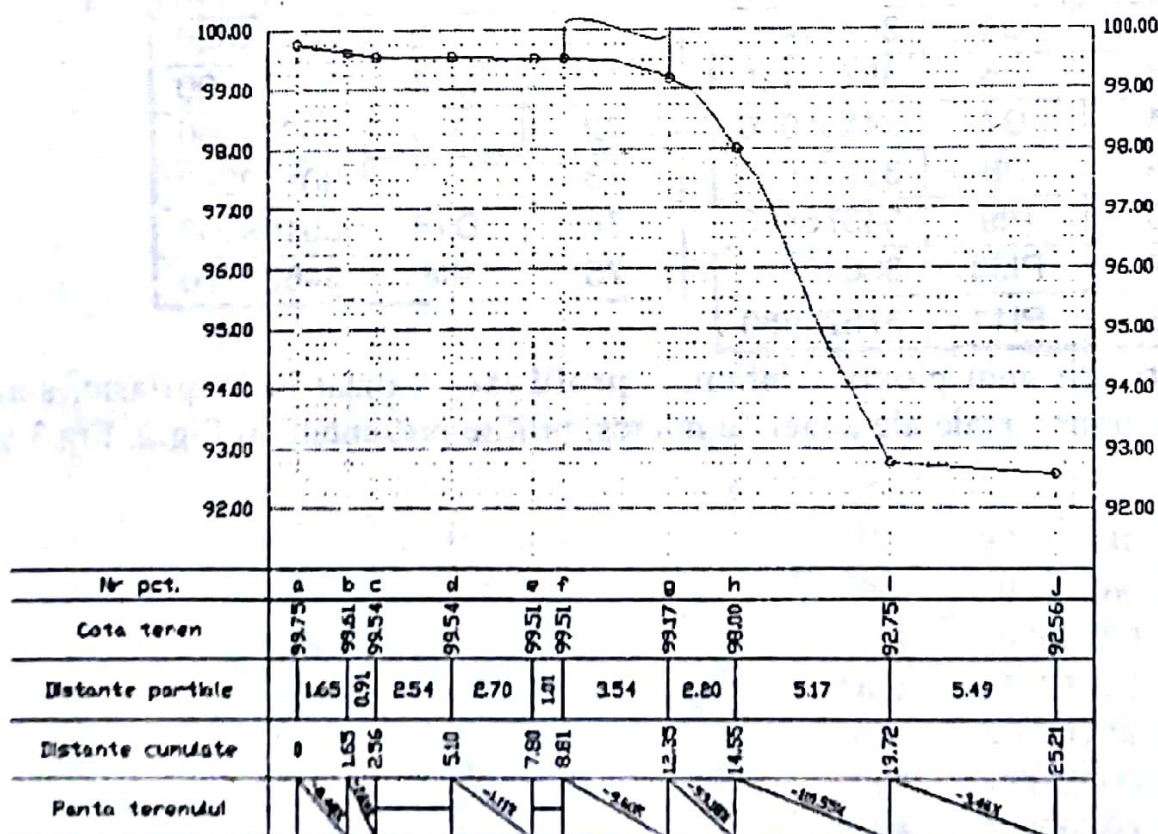
Intocmit : Serviciul GIS



PROFIL TRANSVERSAL P2

Scara lungimilor 1:200 Scara înălțimilor 1:100

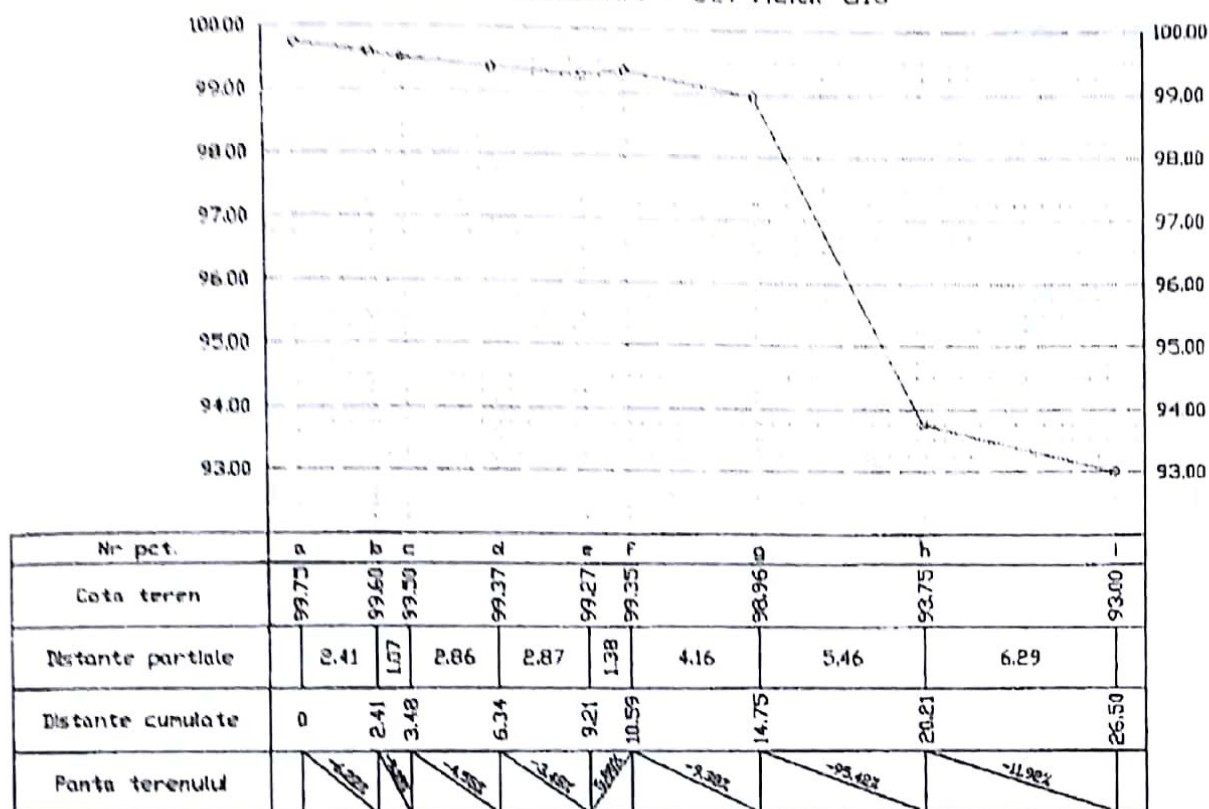
Intocmit : Serviciul GIS



PROFIL TRANSVERSAL P3

Scara lungimilor 1:200 Scara înălțimilor 1:100

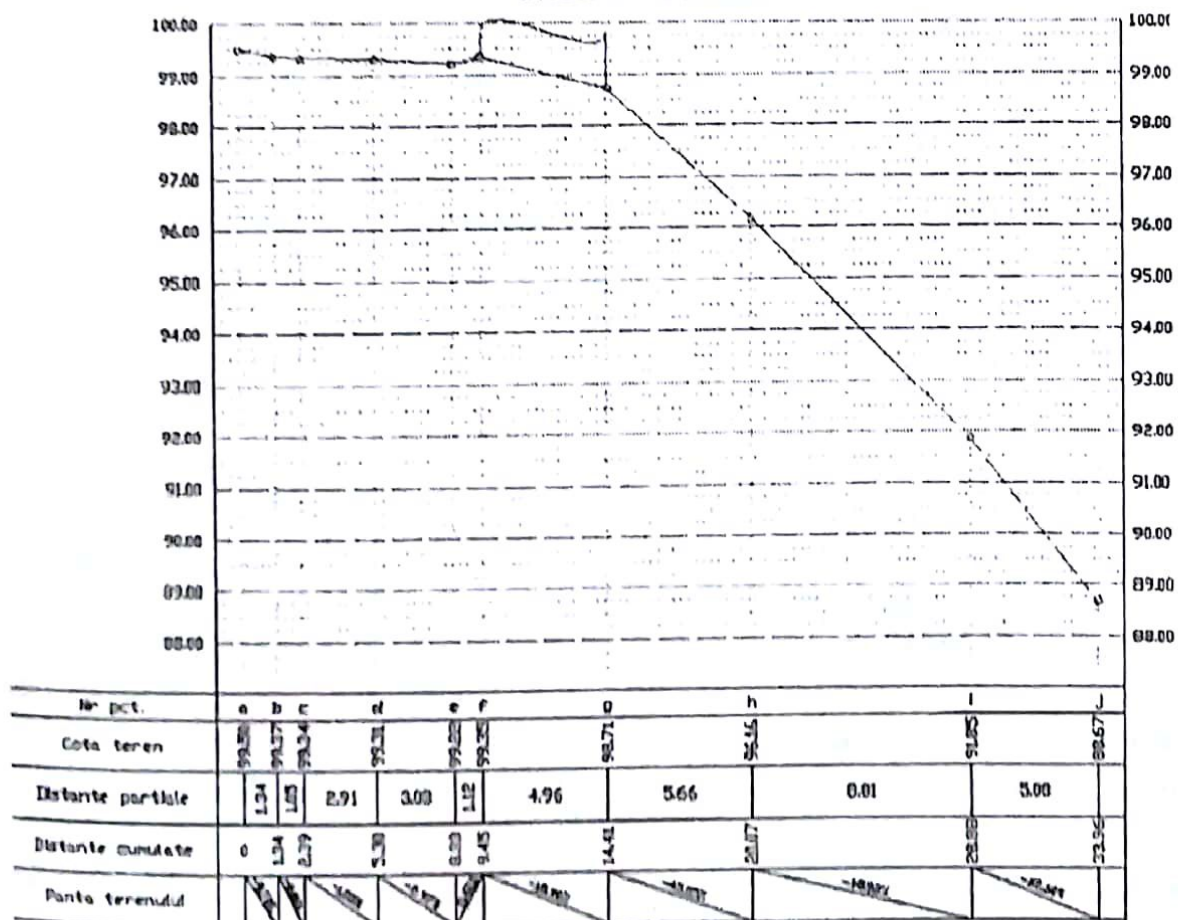
Intocmit : Serviciul GIS



PROFIL TRANSVERSAL P4

Scara lungimilor 1:200 Scara înălțimilor 1:100

Intocmit : Serviciul GIS



Bibliografie

- 1.. Nistor Gh. (1996) - *Teoria prelucrării măsurătorilor geodezice. Curs*, Editura Universității Tehnice „Gh. Asachi” Iași
2. Nistor Gh. (1998) - *Teoria prelucrării măsurătorilor geodezice. Lucrări practice*, Editura Universității Tehnice „Gh. Asachi” Iași
2. Botez M.P. (1961) - *Teoria erorilor de măsurare și metoda celor mai mici pătrate*, Editura Didactică și Pedagogică București
3. Botez M.P. (1969) - *Geodezie, Vol. I*, Editura Didactică și Pedagogică București
4. Dobrea D. (1993) - *Geodezie, Note de curs 1991-1993*, Editura Universității Tehnice „Gh. Asachi” Iași
5. Ghițău D. (1983) - *Geodezie și gravimetrie geodezică*, Editura Didactică și Pedagogică București
7. Plăcinteanu I.I. (1957) - *Teoria erorilor de măsurare*, Editura Tehnică București