CAPITOLUL 1

1. PROBLEME DE BAZĂ ÎN STUDIUL TEORIEI ERORILOR DE MĂSURARE

Instrumentul principal de cunoaştere a lumii materiale îl constituie observarea şi în cadrul acesteia, măsurarea. Operația de măsurare reprezintă un proces experimental de obținere a informației sub forma unui raport numeric, între valoarea mărimii fizice măsurate şi valoarea unei alte mărimi de acelaşi gen considerată drept unitate de măsură.
Informațiile, care constituie baza concretă de date necesară rezolvării problemelor geodezice, fotogrametrice şi topografice, provin din observațiile efectuate asupra unor mărimi cu care se lucrează frecvent şi care, în principal, sunt reprezentate de măsurătorile de unghiuri şi distanțe. Calitatea informațiilor obținute din aceste măsurători este funcție directă de volumul observațiilor şi de precizia instrumentelor de măsurat.
Se impune aşadar, ca pornind de la scopul pentru care sunt efectuate măsurătorile să se stabilească valorile corespunzătoare ca mărime şi precizie, luând în considerare aspectul economic referitor la volumul strict necesar şi suficient al observațiilor care se impun.
Teoria erorilor de măsurare sau teoria prelucrării măsurătorilor geodezice intervine cu succes şi rezolvă favorabil aceste aspecte.

1.1 SCURT ISTORIC AL TEORIEI ERORILOR DE MĂSURARE ŞI A METODEI CELOR MAI MICI PĂTRATE

Problema prelucrării observațiilor a apărut întâi în domeniul astronomiei, în special după descoperirea lunetei de către Galileo-Galilei (1564–1642) şiperfecționarea continuă a instrumentelor şi aparatelor de măsură. După ce teoria greşită a sistemului geocentric, elaborată şi prezentată de Claudiu Ptolemeu (90–168) în lucrarea sa "Megale Byntaxis", a dominat cunoaşterea ştiințifică circa 12 secole, ea este infirmată de către Nicolaus Copernic (1473–1543), care elaborează teoria sistemului heliocentric şi pe care o fundamentează în lucrarea "Despre mişcările de revoluție ale corpurilor cereşti".
Marele astronom Johannes Keppler (1571–1630), discipolul şi continuatorul lui

Tycho Brahe (1546–1601), pe baza măsurătorilor înaintaşului său, dar şi din determinări personale, confirmă definitiv teoria heliocentrică a lui Copernic, descoperă forma eliptică a orbitelor planetelor şi formulează cele trei legi pe baza cărora are loc mişcarea planetelor în jurul Soarelui.

A devenit clar că pentru justa înțelegere a sistemului de alcătuire a Universului, este nevoie de executarea unui număr mare de măsurători, cu o precizie cât mai bună şi a căror prelucrare să se facă după criterii cât mai corecte.

Însăşi confirmarea legii atracției universale, descoperită de Isaac Newton (1642–1727), s-a putut face 18 ani mai târziu, după ce în Franța s-a determinat destul de precis, valoarea razei Pământului.

De multe ori, precizia insuficientă a măsurătorilor efectuate a condus la contradicții între teorie şi practică. A fost nevoie să se construiască instrumente şi aparate de măsură cu caracteristici superioare şi în acelaşi timp, să se elaboreze şi o teorie adecvată a măsurătorilor şi a erorilor de măsurare.

O dezvoltare remarcabilă a teoriei erorilor şi a metodei celor mai mici pătrate, a avut loc la sfârşitul secolului al XVIII–lea şi începutul secolului al XIX-lea, fiind legată de numele lui A. M. Legendre, K.F. Gauss şi P. S. Laplace.

Adrien Maria Legendre (1752-1833) fundamentează pentru prima dată teoria prelucrării observațiilor făcând studii asupra erorilor şi aplicându-le ulterior la prelucrarea măsurătorilor astronomice. Aceste studii, împreună cu dezvoltarea principiilor metodei celor mai mici pătrate sunt cuprinse în lucrarea sa ”Noi metode pentru determinarea orbitelor cometelor” apărută în anul 1806.

Independent de A. M. Legendre, matematicianul Karl Friederich Gauss (1777-1855) descoperă metoda celor mai mici pătrate, pe care o aplică tot la prelucrarea măsurătorilor astronomice. Teoria sa este cuprinsă în lucrarea
”Teoria mişcării corpurilor cereşti ce se rotesc în jurul Soarelui după secțiuni conice”, publicată în 1809.

Pe lângă multe alte probleme teoretice, K. F. Gauss propune şi formula care pune în evidență repartiția normală a erorilor aleatoare.

În lucrările sale ulterioare, K. F. Gauss aprofundează latura algebrică a metodei celor mai mici pătrate, deducând o serie de formule necesare evaluării preciziei măsurătorilor.

Pierre Simon Laplace (1749–1827), în tratatul său de bază ”Teoria analitică a probabilităților”, dă o nouă fundamentare teoretică metodei celor mai mici pătrate, care constituie de fapt premiza dezvoltării teoretice ulterioare. El are meritul de a fi făcut şi legătura strânsă dintre erori şi probabilitate, prin definirea corectă a formulei probabilității unei erori.

Măsurarea arcelor de meridian şi a latitudinilor, ca şi prelucrarea acestora, a permis determinarea formei şi dimensiunilor Pământului pe baza cărora s-a elaborat sistemul metric, sistem practic de măsuri ”bun pentru toate timpurile şi pentru toate popoarele”.

De asemenea, întocmirea hărţilor şi planurilor topografice ale ţărilor, a impus mai întâi, crearea reţelelor de triangulaţie geodezică de sprijin. Calculele de compensare a marilor reţele de triangulaţie au necesitat dezvoltarea corespunzătoare şi a teoriei erorilor.
În dezvoltarea teoriei erorilor de măsurare, a metodei celor mai mici pătrate şi a teoriei probabilităţilor şi-au adus contribuţii importante F. W. Bessel (1784–1846), N. I. Lobacevski (1792–1856), P. L. Cebîşev (1821–1894), A. L. Cauchy (1789–1857), U. Le Verrier (1811–1877).
Statistica matematică dezvoltă într-o optică nouă, atât teoria erorilor, cât şi metoda celor mai mici pătrate. Lucrări de înaltă ţinută ştiinţifică în domeniul teoriei probabilităţilor şi statisticii matematice au elaborat în ţara noastră academicienii Gheorghe Mihoc şi Octav Onicescu.
În ultimele decenii, lucrările unor specialişti formaţi la şcoala acestor doi savanţi, se aplică cu mult succes în practică.
Aplicarea teoriei erorilor de măsurare şi a metodei celor mai mici pătrate în domeniul măsurătorilor terestre, în special al geodeziei şi topografiei, a fost făcută de reputaţii specialişti români Ştefan Paraschivescu, Theodor Pompei, Ioan Virgiliu, Constantin Motaş, Ioan Plăcinţeanu, Mihai P.Botez, unii dintre ei fiind şi cadre universitare cu lucrări ştiinţifice teoretice şi practice de prestigiu.

1.2 MĂSURĂTORI ŞI ERORI DE MĂSURARE

S-a văzut că prin măsurare se înţelege determinarea valorii unei mărimi fizice prin raportarea acesteia la o altă mărime de aceeaşi natură, adoptată ca unitate, folosind un instrument sau un aparat de măsură.
Toate lucrările de topografie şi geodezie se bazează pe măsurători efectuate în scopul determinării poziţiei diferitelor obiecte şi fenomene din spaţiul terestru.
Aceste măsurători se referă în special la mărimi liniare (lungimi) şi la mărimi unghiulare (unghiuri).
Aşa cum rezultă din definiţie, orice proces de măsurare presupune, în primul rând, existenţa unei unităţi de măsură în raport de care să fie exprimată valoarea observată. De-a lungul timpului s-au utilizat diferite unităţi de măsură, în prezent, majoritatea ţărilor lumii, printre care şi România, a adoptat Sistemul Internaţional de Unităţi (SI).
În urma unei măsurători se obţine o valoare măsurată, numită şi observaţie, care nu reprezintă altceva decât raportul dintre mărimea fizică măsurată şi unitatea de măsură reprodusă de instrumentul folosit.

A. CLASIFICAREA MĂSURĂTORILOR

Măsurătorile pot fi clasificate după următoarele criterii:

A.1. După modul de obținere a mărimii fizice care interesează:

a) măsurători directe la care mărimea fizică considerată se compară direct cu unitatea de măsură, fiecare măsurătoare efectuată generând câte o valoare a mărimii măsurate.

Exemple de măsurători directe:
-măsurarea unui unghi cu teodolitul
-măsurarea unei lungimi cu ruleta
Se mai consideră ca măsurători directe şi anumite funcții simple de măsurători directe şi anume:
-diferenţa dintre două mărimi măsurate direct (exemplu: diferenţa de nivel rezultată prin scăderea citirilor pe miră);
-produsul dintre o mărime măsurată şi o constantă;

Un caz special al măsurătorilor directe îl constituie măsurătorile condiționate, definite ca măsurători directe ce trebuie să satisfacă o serie de condiții geometrice sau analitice.

Exemple de măsurători condiționate:
1. Într-o rețea de formă triunghiulară au fost măsurate toate unghiurile.
Teoretic, acestea trebuie să îndeplinească condiția din geometria plană că suma lor să fie egală cu 200g.
2. Suma diferențelor de nivel într-o drumuire închisă, trebuie să fie egală cu zero.

b) măsurători indirecte la care valoarea mărimilor care ne interesează se obține prin intermediul altor mărimi măsurate direct, acestea fiind funcțional dependente între ele.

A.2 După condițiile în care sunt executate:

a) măsurători de aceeaşi precizie, când se efectuează cu acelaşi instrument, de către acelaşi operator, prin aceeaşi metodă de lucru şi în aceleaşi condiții de mediu.
În acest caz se poate considera că tuturor acestor măsurători le putem acorda aceeaşi încredere.

b) măsurători de precizii diferite (ponderate), când unul din factorii de mai sus diferă, deci nu mai putem acorda aceeaşi încredere tuturor măsurătorilor, unele fiind determinate mai precis decât altele.

A.3. După legătura dintre ele

a) măsurători dependente
Dacă ansamblul condițiilor în care se efectuează o măsurătoare influențează total sau parțial rezultatul altei măsurători, se spune că acestea sunt dependente între ele.

b) măsurători independente
Sunt acelea care nu se influențează reciproc.
Corelația sau dependența între mărimi se exprimă cu ajutorul unui coeficient empiric de corelație, dedus experimental pe cale statistică efectuând mai multe măsurători.
Aceste determinări sunt însă foarte greoaie.

A.4. După numărul lor:

a) măsurători necesare definite prin numărul minim de măsurători, cu ajutorul cărora se poate stabili valoarea mărimii considerate.
b) măsurători suplimentare efectuate în vederea ridicării preciziei de măsurare sau a preîntâmpinării eventualelor greşeli ce pot apărea.
Aceste măsurători suplimentare determină numărul gradelor de libertate ale rețelei respective.

B CLASIFICAREA ERORILOR DE MĂSURARE

Se numeşte eroare diferența dintre valoarea măsurată şi valoarea adevărată a unei mărimi fizice: $e = M - X$, unde prin M s-a notat valoarea obținută prin măsurare, iar prin X, valoarea adevărată.
Valoarea reală a unei mărimi nu poate fi determinată niciodată din cauza inexactităților care apar în procesul de măsurare.
Această imposibilitate poate fi generată de o serie întreagă de cauze cum ar fi: variația în timp a obiectului măsurat, imperfecțiunea organelor de simț ale operatorului, imperfecțiunea aparaturii şi a metodelor de măsurare, influența condițiilor exterioare etc.

Erorile pot fi clasificate după cum urmează:

B.1. După modul de alegere a mărimii nominale:

erori reale (adevărate), ε_i în cazul în care valoarea de referinţă (nominală) se consideră valoarea reală X a mărimii respective:

$$\varepsilon_i = M_i - X \tag{1.1}$$

Deoarece valoarea adevărată X a unei mărimi nu este accesibilă, înseamnă că nici eroarea adevărată ε nu poate fi cunoscută.

erori aparente (probabile), vi în cazul în care se consideră ca valoare de referinţă, valoarea probabilă a mărimii respective:

$$\pm v_i = M_i - M \tag{1.2}$$

Valoarea probabilă a unei mărimi se consideră a fi media aritmetică în cazul măsurătorilor de aceeaşi precizie, sau media ponderată în cazul măsurătorilor de precizie diferită (ponderate).

Dacă se schimbă sensul unei erori se obţine corecţia, deci $c = -e$.

B.2. După mărimea lor:

a) erori evitabile (erori grosolane, greşeli)
Ele se pot evita printr-o atenţie sporită în timpul procesului de măsurare.
Exemplu: erori la metri de măsurare a distanţelor cu ruleta; erori de grade la citirea unghiurilor pe microscopul teodolitului.
Prin urmare, aceste erori grosolane sau greşeli sunt cu un ordin de mărime mai mari decât precizia de măsurare.
Acest tip de eroare se evidenţiază imediat într-un şir de măsurători putând fi eliminată cu uşurinţă pe baza coroborării datelor cu cele de la alte observaţii.
În calculele de compensare se consideră că măsurătorile nu sunt afectate de erori grosolane.

b) erori inevitabile ce nu pot fi eliminate indiferent de metoda folosită sau de gradul de atenţie al operatorului, ci doar diminuate.
Aceste erori pot fi clasificate după modul de acţionare astfel:

b.1 erori sistematice, sunt acelea la care se cunosc cauzele care le generează şi legile după care acţionează. Valoarea lor poate fi deci determinată şi în consecinţă se poate corecta rezultatul obţinut din măsurători.
Diminuarea erorilor sistematice se poate face prin:

- metoda de măsurare (de exemplu la măsurarea unghiurilor se efectuează determinări în cele două poziții ale lunetei, eliminându-se eroarea de colimație)
- prin calcul, aplicându-se corecții rezultatului (corecția de etalonare, corecția de temperatură, etc. la măsurarea distanțelor cu ruleta)
- printr-o reglare mai bună a aparatelor
- reducând la minim ponderea observațiilor pentru care nu s-au putut îndepărta erorile sistematice

Erorile sistematice pot fi la rândul lor constante sau variabile.
Exemplu: dacă un etalon cu care se măsoară distanța este mai scurt cu 1 cm., pentru fiecare introducere a etalonului în distanța de măsurat, se comite o eroare care îşi păstrează valoarea şi semnul. Avem de-a face cu o eroare sistematică constantă. Aceasta se propagă după legea înmulțirii, adică eroarea totală este egală cu eroarea unitară înmulțită cu numărul care arată de câte ori intervine eroarea unitară în rezultatul final:

$$e_{st} = n \cdot e_s \qquad 2.3$$

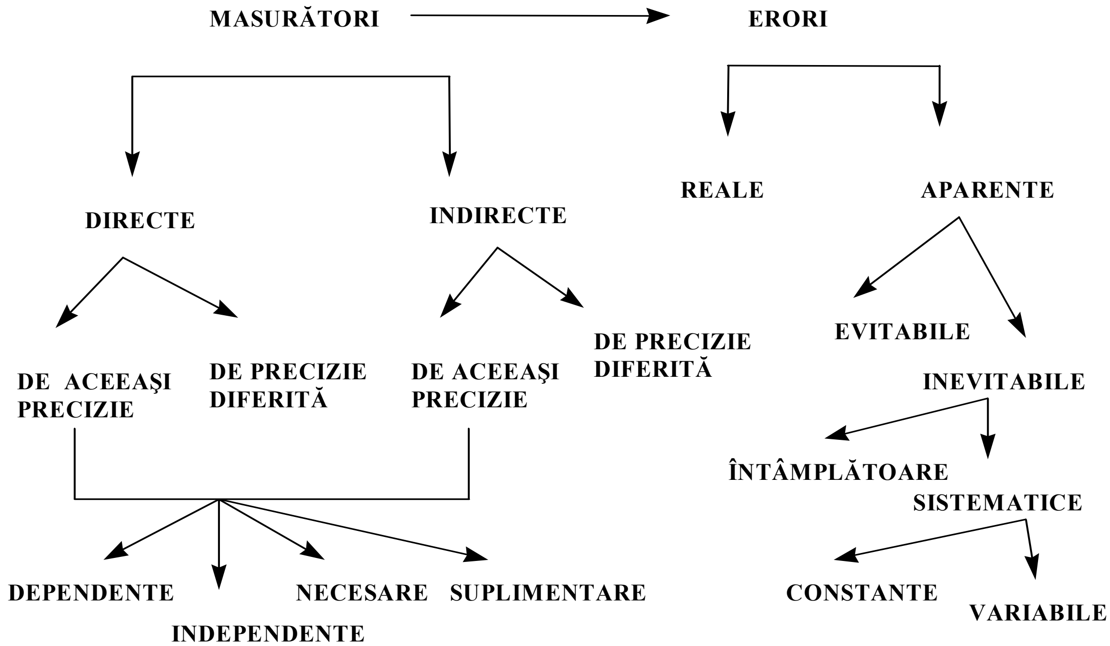
e_{st} = eroare sistematică totală
n = numărul care arată de câte ori etalonul se cuprinde în mărimea măsurată
e_s = eroarea sistematică constantă unitară

Eroarea sistematică variabilă nu se propagă după legea liniară urmarită de erorile constante, deci ea nu îşi păstrează tot timpul semnul şi valoarea.

Exemplu: eroarea de excentricitate a limbului, când centrul acestuia nu coincide cu centrul alidadei.

b.2 erori întâmplătoare (accidentale), acelea care influențează într-un mod întâmplător, cu cantități mici fiecare, dar apreciabile în total şi nu pot fi eliminate.
Erorile întâmplătoare pot fi diminuate prin efectuarea mai multor măsurători. Ele se micşorează de asemenea, prin perfecționarea instrumentelor şi a metodelor de lucru.
În studiul teoriei erorilor, se consideră că măsurătorile au fost corectate de toate celelalte erori (greşeli, erori sistematice) şi sunt afectate numai de erorile întâmplătoare.

Schematic, această clasificare s-ar putea reda sub următoarea formă:


MASURĂTORI
ERORI
DIRECTE
INDIRECTE
REALE
APARENTE
DE ACEEAŞI PRECIZIE
DE PRECIZIE DIFERITĂ
DE ACEEAŞI PRECIZIE
DE PRECIZIE DIFERITĂ
EVITABILE
INEVITABILE
ÎNTÂMPLĂTOARE
SISTEMATICE
DEPENDENTE
INDEPENDENTE
NECESARE
SUPLIMENTARE
CONSTANTE
VARIABILE

CAPITOLUL 2

2. ÎNDESIREA REȚELELOR DE TRIANGULAȚIE PRIN METODA INTERSECȚIILOR

2.1.1 PRINCIPIILE INTERSECȚIILOR UNGHIULARE

Metoda de determinare a punctelor geodezice de ordin inferior este aceea a intersecțiilor.
Acestea sunt de trei feluri:

- Intersecții înainte (directe);
- Intersecții înapoi (retrointersecții);
- Intersecții laterale (combinate).

Toate aceste trei tipuri de intersecții utilizate pentru determinarea punctelor de ordinul IV şi V sunt intersecții analitice obişnuite, adaptate la trei situații diferite care se pot întâlni în teren.
Se ştie din geometria analitică, că având ecuațiile a două drepte de orientare cunoscută θ_1 şi θ_2, trecând fiecare dintre ele printr-un punct dat A şi B (deci cu coordonate cunoscute) se găsesc coordonatele punctului nou P la intersecția celor două drepte date, rezolvând sistemul de ecuații dat.
În practica topografică nu ne mulțumim cu coordonatele obținute pentru punctul P numai dintr-o singură combinație de două drepte şi două puncte date, ci se va aplica pentru control şi asigurarea preciziei, aceeaşi problemă la 2 – 3 combinații de câte două drepte şi două puncte date.

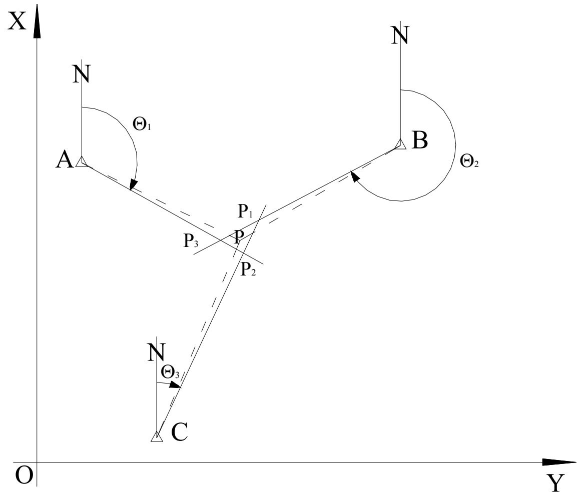


Figura 2.1 – Triunghiul de eroare al intersecției topografice

Din cauza erorilor inerente făcute în determinarea coordonatelor punctelor A, B, C şi în aceea a orientărilor θ_1, θ_2, şi θ_3 nu va rezulta un punct unic de intersecție P al direcțiilor AP, BP şi CP ci trei puncte P_1, P_2 şi P_3, care împreună formează aşa-zisul triunghi de eroare al intersecției. Aria acestui triunghi este cu atât mai mică cu cât determinările sunt mai îngrijite şi mai precise, dar niciodată nule.

Dacă valorile coordonatelor P_1, P_2 şi P_3 sunt sensibil apropiate, se va lua o valoare medie între ele şi aceasta va constitui coordonata finală a punctului căutat P.

Aceasta este prima caracteristică generală a intersecțiilor topografice.

Ele se mai caracterizează prin aceea că se împart în:

a) **Intersecții înainte**, dacă au fost staționate numai puncte vechi A, B, C şi s-au dat vize din ele înspre punctul nou P, măsurându-se unghiurile α, β, γ *(figura 2.2)*.

b) **Intersecții înapoi**, dacă nu a fost staționat decât punctul nou P din care s-au dat vize înspre punctele vechi A, B, C, măsurându-se unghiurile α_1, β_1, γ_1 *(figura 2.3)*.

c) **Intersecții laterale**, dacă a fost staționat punctul nou P şi încât cel puțin unul dintre punctele vechi, de pildă B, măsurându-se unghiurile α_2, β_2, γ_2 şi unghiul δ *(figura 2.4)*.

Oricare din cele trei variante se tratează la fel ca principiu de rezolvare, căci din punct de vedere matematic, problema este aceeaşi, indiferent de cum s-au obținut orientările θ_1, θ_2, şi θ_3.

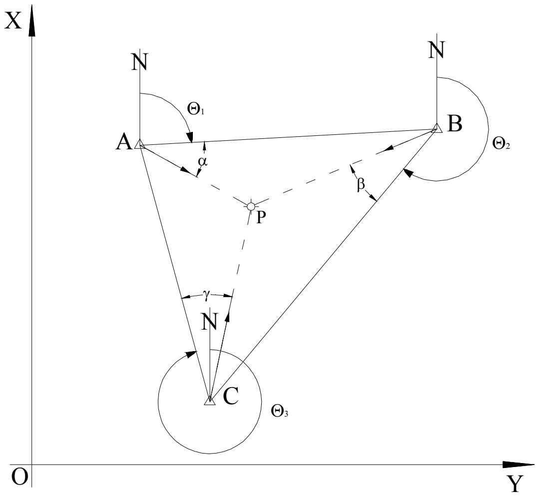


Figura 2.2 – Intersecția unghiulară înainte

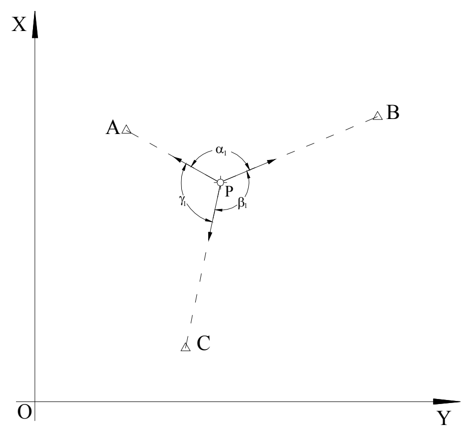


Figura 2.3 – Intersecția unghiulară înapoi

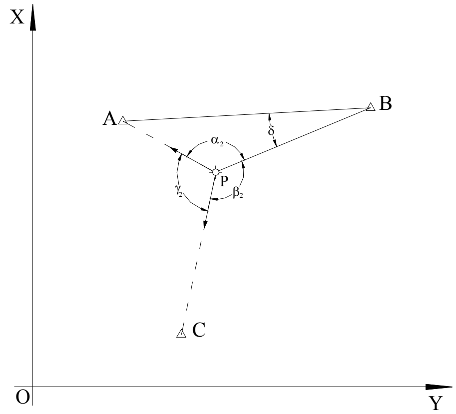


Figura 2.4 – Intersecția unghiulară laterală

2.1.2 INTERSECȚIA UNGHIULARĂ ÎNAINTE

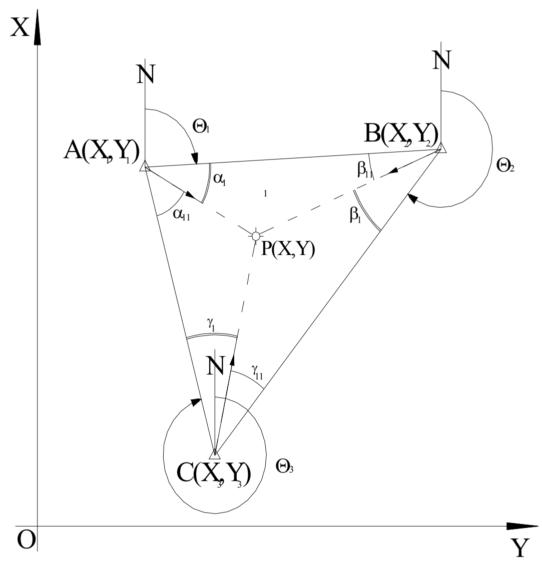


Figura 2. 5 – Intersecția unghiulară înainte. Elemente. Procedeul analitic

Fiind date punctele vechi de ordin superior sau inferior $A(X_1,Y_1)$, $B(X_2,Y_2)$ şi $C(X_3,Y_3)$, ele se vor staționa cu teodolitul de precizie şi se vor măsura respectiv unghiurile α, β, γ.

2.1.2.1 PROCEDEUL ANALITIC

Putem scrie:

$$tg\theta_1^` = \frac{\Delta Y_{12}}{\Delta X_{12}} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \Rightarrow \theta_1^` = arctg\frac{\Delta Y_{12}}{\Delta X_{12}}$$
$$tg\theta_2^` = \frac{\Delta Y_{23}}{\Delta X_{23}} = \frac{Y_3 - Y_2}{X_3 - X_2} \Rightarrow \theta_2^` = arctg\frac{\Delta Y_{23}}{\Delta X_{23}}$$
$$tg\theta_3^` = \frac{\Delta Y_{13}}{\Delta X_{13}} = \frac{Y_3 - Y_1}{X_3 - X_1} \Rightarrow \theta_3^` = arctg\frac{\Delta Y_{13}}{\Delta X_{13}} \quad (2.1)$$

Se constată că:

$$\theta_{AP} = \theta_1^` + \alpha = \theta_1$$
$$\theta_{BP} = \theta_2^` + \beta = \theta_2$$
$$\theta_{CP} = \theta_3^` + \gamma = \theta_3 \quad (2.2)$$

Ecuațiile analitice ale dreptelor (în cazul nostru a vizelor orientate) AP, BP şi CP sunt:

(AP) $Y - Y_1 = tg\theta_1 (X - X_1)$
(BP) $Y - Y_2 = tg\theta_2 (X - X_2)$
(CP) $Y - Y_3 = tg\theta_3 (X - X_3)$ (2.3)

Luând primele două ecuații din sistemul de mai sus, avem un sistem de două ecuații cu două necunoscute, X şi Y, care reprezintă coordonatele punctului P.

$$Y - Y_1 = tg\theta_1 (X - X_1)$$
$$Y - Y_2 = tg\theta_2 (X - X_2) \quad (2.4)$$

Se scad cele două ecuații şi rezultă:

$$Y_2 - Y_1 = X(tg\theta_1 - tg\theta_2) + (X_2 tg\theta_2 - X_1 tg\theta_1)$$
$$X = \frac{Y_2 - Y_1 - X_2 tg\theta_2 + X_1 tg\theta_1}{tg\theta_1 - tg\theta_2} \quad (2.5)$$

Introducând valoarea obținută în relația de mai sus, obținem:

$$Y = Y_1 + tg\theta_1 (X - X_1)$$
$$Y = Y_2 + tg\theta_2 (X - X_2) \quad (2.6)$$

Aceste ecuații ne dau tocmai coordonatele punctului P (de fapt P_1).
Procedând în acelaşi mod cu următoarele două perechi de ecuații vom obține celelalte două perechi de coordonate corespunzătoare punctului P (de fapt ale lui P_1 şi P_2).
Dacă cele trei rânduri de coordonate alcătuiesc un ecart maxim de ±15 cm, atunci media aritmetică a valorilor obținute se consideră ca şi coordonate definitive ale punctului P.

$$X_P = \frac{X`+X``+X```}{3} \text{ şi } Y_P = \frac{Y`+Y``+Y```}{3} \quad (2.7)$$

2.1.2.2 PROCEDEUL TRIGONOMETRIC

Problema se reduce la particularizarea metodei radierii după următorul algoritm.

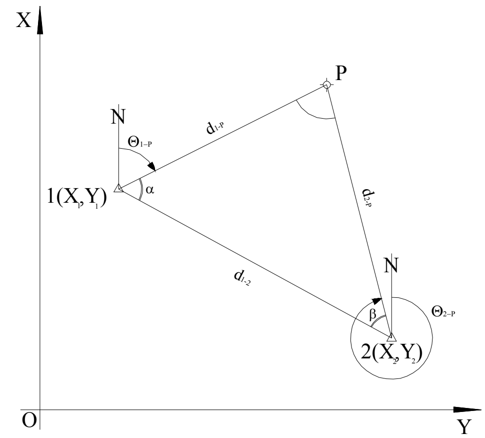


Figura 2.6 – Intersecția unghiulară înainte – rezolvarea trigonometrică

Etape de rezolvare

a) Calculul orientării θ_{1-2} din coordonatele punctelor vechi:

$$tg\theta_{1-2} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \Rightarrow \theta_{1-2} = arctg\frac{\Delta Y_{12}}{\Delta X_{12}} \tag{2.8}$$

b) Calculul orientărilor:

$\theta_{1-P} - \theta_{2-P}$
$\theta_{1-P} = \theta_{1-2} - \alpha$;
$\theta_{2-P} = \theta_{1-2} \pm 200^g + \beta$ (2.9)

c) Calculul distanței d_{1-2} din coordonate:

$$d_{1-2} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 + Y_1)^2} \tag{2.10}$$

d) Calculul distanțelor d_{1-P} şi d_{2-P} din teorema sinusurilor:

$$\frac{d_{1-2}}{\sin\gamma} = \frac{d_{1-P}}{\sin\beta} = \frac{d_{2-P}}{\sin\alpha} = \frac{d_{1-2}}{\sin\gamma}\sin\beta$$

$$d_{2-P} = \frac{d_{1-2}}{\sin\lambda}\sin\alpha \qquad d_{1-P} = M\sin\beta \qquad d_{2-P} = M\sin\alpha$$

$M = \dfrac{d_{1-2}}{\sin\gamma}$ - şi se numeşte modul (2.11)

e) Calculul coordonatelor punctului P prin radiere:

$X_P` = d_{1\text{-}P}\cos\theta_1 + X_1 = \Delta X_{1\text{-}P}$
$X_P`` = d_{2\text{-}P}\cos\theta_2 + X_2 = \Delta X_{2\text{-}P}$
$X_P` = d_{1\text{-}P}\sin\theta_1 + Y_1 = Y_2 + \Delta Y_{1\text{-}P}$
$X_P`` = d_{2\text{-}P}\sin\theta_2 + Y_2 = Y_2 + \Delta Y_{2\text{-}P}$ (2.12)

dacă $\left|X_P^{`} - X_P^{``}\right| \le Toleranta$, $\left|X_P^{`} - X_P^{``}\right| \le Toleranta$, atunci

$$X_P = \frac{X_P^{`} + X_P^{``}}{2}$$

$$Y_P = \frac{Y_P^{`} + Y_P^{``}}{2} \quad (2.13)$$

Verificarea rezultatelor se poate realiza prin alegerea şi celui de-al treilea punct şi parcurgerea aceluiaşi procedeu de calcul.

2.1.3 INTERSECȚIA UNGHIULARĂ ÎNAPOI

2.1.3.1 PROCEDEUL DELAMBRE

Principial, problema este de a găsi coordonatele unui punct nou P(x,y), prin vize date exclusiv din acest punct nou P spre trei puncte vechi $A(x_1,y_1)$, $B(x_2,y_2)$ şi $C(x_3,y_3)$ – date prin coordonatele lor. Din măsurătorile de teren se determină coordonatele α şi β, folosind metode precise de măsurare.

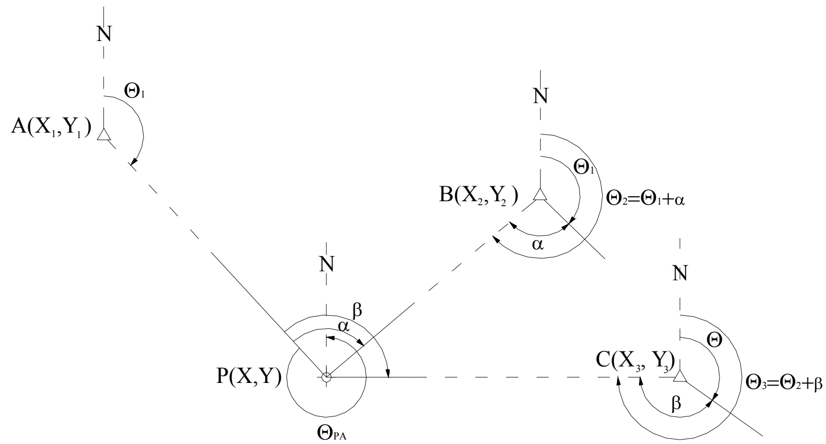


Figura 2.7 – Procedeul Delambre

Soluția acestei probleme a fost dată de Snellius în 1642 şi perfectată de Pothenot în 1692. Se mai numeşte „Problema Pothenot" sau „Problema hărții".

<u>Soluția analitică de rezolvare</u>

Pentru a rezolva problema sunt de parcurs două etape:
În prima etapă, specifică retrointersecțiilor, se vor găsi orientările θ_1, θ_2 şi θ_3 ale vizelor AP, BP şi CP.
În a doua etapă, având trei drepte de orientare cunoscută şi trecând fiecare prin câte un punct dat, se vor rezolva nişte intersecții obişnuite (înainte).
Deci, doar prima parte a problemei este nouă, pentru a cărei rezolvare se vor scrie trei ecuații analitice, teoretice ale celor trei drepte, care trec prin punctul P şi respectiv **A**(x_1,y_1), B(x_2,y_2) şi C(x_3,y_3).

$$y - y_1 = (x - x_1)tg\theta_1$$
$$y - y_2 = (x - x_2)tg\theta_2$$
$$y - y_3 = (x - x_3)tg\theta_3 \qquad (2.14)$$

Se observă că dacă $\theta_{AP} = \theta_1$, atunci:

$$\theta_{BP} = \theta_1 + \alpha = \theta_2$$
$$\theta_{CP} = \theta_1 + \beta = \theta_3 \qquad (2.15)$$

Se introduc relațiile (2.14) şi (2.15) şi obținem:

$$y - y_1 = (x - x_1)tg\theta_1$$
$$y - y_2 = (x - x_2)tg(\theta_1 + \alpha)$$
$$y - y_3 = (x - x_3)tg(\theta_1 + \beta) \qquad (2.16)$$

Sistemul (2.16) este un sistem de trei ecuaţii cu trei necunoscute tgθ, x şi y.

$$tg(\theta_1+\alpha)=\frac{tg\theta_1+tg\alpha}{1-tg\theta_1 tg\alpha} \tag{2.17}$$

Se iau primele două ecuaţii din relaţia (2.16) şi avem:

$$\begin{aligned} &y - y_1 = (x - x_1)tg\theta_1 \\ &(y - y_2)(1 - tg\theta_1 tg\alpha) = (x - x_2)(tg\theta_1 + tg\alpha) \end{aligned} \tag{2.18}$$

Un sistem de 2 ecuaţii cu 2 necunoscute; din prima ecuaţie rezultă:

$$y = y_1 + (x - x_1)tg\theta_1 \tag{2.19}$$

Pe care o înlocuim în prima ecuaţie din sistemul (2.18):

$$(y_1 + xtg\theta_1 - x_1tg\theta_1 - y_2)(1 - tg\theta_1tg\alpha) = (x - x_2)(tg\theta_1 - tg\alpha)$$

$$x(1 + tg^2\theta_1)tg\alpha = y_1 - y_2 - (y_1 - y_2)tg\theta_1tg\alpha + (x_2 - x_1)tg\theta_1 + (x_2 + x_1tg^2\theta_1)tg\alpha$$

$$tg(\theta_1+\beta)=\frac{tg\theta_1+tg\beta}{1-tg\theta_1 tg\beta} \tag{2.20}$$

Şi apoi se iau ecuaţia I – a şi a III – a şi se face substituţia de mai sus, va rezulta o ecuaţie de acelaşi tip cu ecuaţia (2.20).

$$x(1 + tg^2\theta_1)tg\beta = y_1 - y_3 - (y_1 - y_3)tg\theta_1tg\beta + (x_3 - x_1)tg\theta_1 + (x_3 + x_1tg^2\theta_1)tg\beta$$

Se împarte ecuaţia (2.19) la (2.20) şi rezultă:

$$\frac{x(1+tg^2\theta_1)tg\alpha}{x(1+tg^2\theta_1)tg\beta}=\frac{y_1-y_2-(y_1-y_2)tg\theta_1+(x_2+x_1tg^2\theta_1)tg\alpha}{y_1-y_3-(y_1-y_3)tg\theta_1tg\beta+(x_3+x_1tg^2\theta_1)tg\beta}$$

$a = (y_1 - y_2)ctg\alpha - (y_1 + y_2)tg\theta_1tg\alpha ctg\alpha$

$b = (x_2 - x_1)\ tg\theta_1ctg\alpha + (x_2 + x_1)tg\alpha ctg$

$c = (y_1 - y_3)ctg\beta - (y_1 + y_3)tg\theta_1+(x_3 - x_1)tg\theta_1ctg\beta + (x_3 + x_1tg^2\theta_1)$

$$1=\frac{a+b}{c} \tag{2.21}$$

Grupând termenii după $tg\theta_1$, vom avea:

$y_1 - y_3)ctg\beta - (y_1 + y_3)tg\theta_1+(x_3 - x_1)tg\theta_1ctg\beta + (x_3 + x_1tg^2\theta_1) =$
$= (y_1 - y_2)ctg\alpha - (y_1 + y_2)tg\theta_1ctg\alpha + (y_1 + y_2)tg\theta_1 + (x_2 - x_1)\ tg\theta_1ctg\alpha + (x_2 + x_1tg^2\theta_1)$

$(y_1 - y_2)ctg\alpha - (y_1 - y_3)tg\theta_1 + (x_3 - x_1)tg\theta_1ctg\beta - (x_2 - x_1)\ tg\theta_1ctg\alpha =$
$= (y_1 - y_2)ctg\alpha - (y_1 + y_3)ctg\beta + x_2 - x_3$

$$tg\theta_1 = \frac{(y_1 - y_2)ctg\alpha + (y_3 - y_1)ctg\beta + x_2 - x_3}{(x_1 - x_2)ctg\alpha + (x_3 - x_1)ctg\beta + y_3 - y_2} \qquad (2.22)$$

Din relația (2.22) se determină θ_1 şi apoi θ_2 şi θ_3.
Urmează determinarea orientărilor inverse θ_{AP}, θ_{BP} şi θ_{CP} cu care se va intra în calculele unor intersecții înainte normale, găsind astfel coordonatele punctului nou P.

2.1.3.2 PROCEDEUL KÄSTNER (REZOLVAREA TRIGONOMETRICĂ)

Având date punctele **A**(x_1,y_1), B(x_2,y_2) şi C(x_3,y_3), se pot calcula orientările şi distanțele: θ_{AB} şi θ_{AC}; a = D_{AB} şi b = D_{BC}, apoi unghiul $\gamma = \theta_{BA} - \theta_{BC}$.

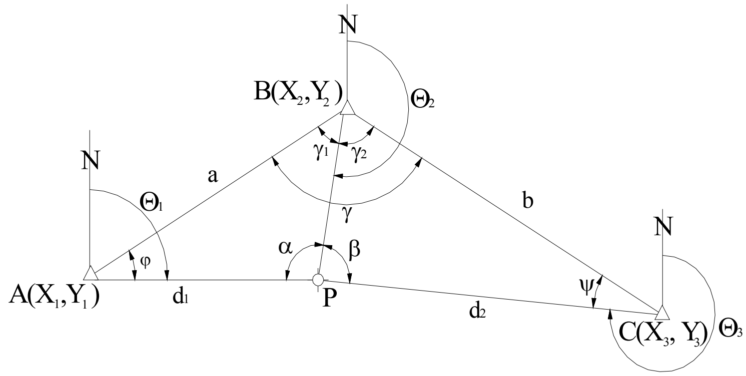


Figura 2.8 – Procedeul Kästner (rezolvarea trigonometrică)

Punctul nou este punctul P. În triunghiurile ABP şi BCP, se vor calcula unghiurile φ şi ψ astfel:

$$(\alpha + \beta + \gamma) + (\varphi + \psi) = 400^g$$

$$\frac{\varphi + \psi}{2} = \frac{400}{2} - \frac{\alpha + \beta + \gamma}{2}$$

$$\frac{d_2}{\sin\gamma} = \frac{a}{\sin\alpha} \Rightarrow d_2 = \frac{a\sin\varphi}{\sin\alpha}$$

$$\frac{d_2}{\sin\psi} = \frac{b}{\sin\beta} \Rightarrow d_2 = \frac{a\sin\psi}{\sin\beta} \qquad (2.23)$$

Egalând cele doua relații ale lui d_2, obținem:

$$\frac{a}{\sin\alpha}\sin\alpha = \frac{b\sin\psi}{\sin\beta}, \text{ sau}$$

$$\frac{\sin\varphi}{\sin\psi} = \frac{b\sin\alpha}{a\sin\beta} = \frac{p_1}{p_2}$$

$p_1 = b \sin\alpha$; $p_2 = a \sin\beta$

$$\frac{\sin\varphi - \sin\psi}{\sin\varphi + \sin\psi} = \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}$$

$$\frac{2\sin\frac{\varphi-\psi}{2}\cdot\cos\frac{\varphi+\psi}{2}}{2\sin\frac{\varphi+\psi}{2}\cdot\cos\frac{\varphi-\psi}{2}} = \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}$$

$$tg\frac{\varphi-\psi}{2}\cdot ctg\frac{\varphi+\psi}{2} = \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}$$

$$tg\frac{\varphi-\psi}{2} = \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}\cdot tg\frac{\varphi+\psi}{2} \Rightarrow \frac{\varphi-\psi}{2} = B \quad \text{(cunoscut)} \tag{2.24}$$

Dacă $A = \frac{\varphi+\psi}{2}, A + B = \varphi$

$$B = \frac{\varphi-\psi}{2}, A - B = \psi \tag{2.25}$$

Cunoscându-se unghiurile φ şi ψ, se calculează unghiurile γ_1 şi γ_2.
În final se calculează distanțele:

$$\frac{d_1}{\sin\gamma_1} = \frac{a}{\sin\alpha} \Rightarrow d_1 = \frac{a\sin\gamma_1}{\sin\alpha}$$

$$\frac{d_2}{\sin\varphi} = \frac{a}{\sin\alpha} \Rightarrow d_1 = \frac{a\sin\varphi}{\sin\alpha}$$

$$\frac{d_3}{\sin\gamma_2} = \frac{b}{\sin\beta} \Rightarrow d_1 = \frac{b\sin\gamma_2}{\sin\beta} \tag{2.26}$$

Având orientările θ_1, θ_2 şi θ_3 şi valorile distantelor d_1, d_2 şi d_3, se vor calcula coordonatele relative ale punctului P fată de punctele A, B, C, deci vom avea trei rânduri de astfel de coordonate:

$$\Delta X_i = d_i\cos\theta_i$$

$$\Delta Y_i = d_i\sin\theta_i \tag{2.27}$$

Se vor obține trei rânduri de coordonate absolute pentru punctul P. Valoarea finală va fi media aritmetică a valorilor obținute, dacă acestea sunt sensibil egale.

2.1.3.3 PROCEDEUL COLLINS (REZOLVAREA PUNCTULUI AJUTĂTOR)

Printre metodele de rezolvare a retrointersecțiilor este şi aceea datorată lui Collins (1671), cunoscută sub numele de metoda punctului ajutător.
Această metodă se adaptează procedeului analitic.

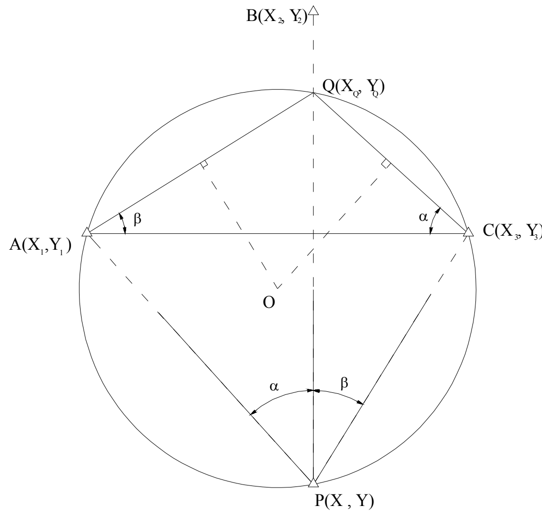


Figura 2.9– Procedeul Collins (metoda punctului ajutător)

Pe teren se măsoară α şi β din punctul P. Q, este punctul ajutător al lui Collins.
Din coordonatele punctelor A şi C se calculează θ_{AC}.

$$tg\theta_{AC} = \frac{\Delta Y_{AC}}{\Delta X_{AC}} = \frac{Y_3 - Y_1}{X_3 - X_1} \Rightarrow \theta_{AC} = arctg\frac{\Delta Y_{AC}}{\Delta X_{AC}} \quad (2.28)$$

apoi,

$$\theta_{AQ} = \theta_{AC} - \beta$$
$$\theta_{CQ} = \theta_{AC} \pm 200^g + \alpha \quad (2.29)$$

Din coordonatele punctelor noi A şi C şi cu orientările θ_{AQ} şi θ_{CQ} se vor calcula prin intersecție înainte coordonatele punctului ajutător $Q(X_Q, Y_Q)$.

$$tg\theta_{QB} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{Y_B - Y_Q}{X_B - X_Q} \Rightarrow \theta_{QB} = arctg\frac{\Delta Y_{QB}}{\Delta X_{QB}}$$

$$\theta_{AP} = \theta_{QB} - \alpha \pm 200^g$$
$$\theta_{CP} = \theta_{QB} - \beta \pm 200^g \quad (2.30)$$

Cu coordonatele date pentru punctele vechi $A(x_1,y_1)$, $B(x_2,y_2)$ şi $C(x_3,y_3)$ şi cu orientările calculate mai sus se poate calcula prin intersecție înainte punctul nou P.

2.1.3.4 PROCEDEUL HANSEN (REZOLVAREA CU PUNTE DUBLE)

În cazul în care din punctul nou P nu se văd trei puncte vechi A, B şi C, ci numai două puncte A şi B, dar în schimb se vede un punct auxiliar Q, care nu are coordonate, dar din care se văd aceleaşi puncte vechi A şi B, se vor măsura stațiile P şi Q, respectiv unghiurile α, β şi α_1, β_1.
Din figură se observă că în ΔPAB:

$$\gamma + \delta + (\beta - \alpha) = 200^g$$

$$A = \frac{\gamma + \delta}{2} = 100^g - \frac{\beta - \alpha}{2} \tag{2.31}$$

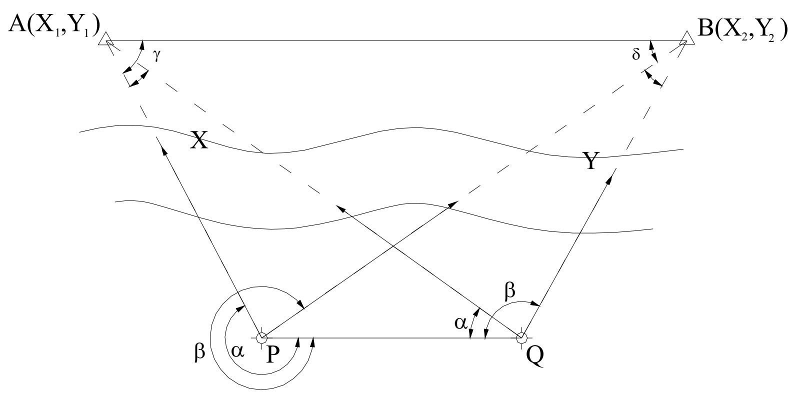


Figura 2.10 – Procedeul Hansen (rezolvarea cu puncte duble)

$$\frac{PB}{\sin\gamma} = \frac{PA}{\sin\delta} \Rightarrow \frac{PB}{PA} = \frac{\sin\gamma}{\sin\delta} \tag{2.32}$$

În ΔPAQ:

$$\frac{PA}{\sin\alpha_1} = \frac{PQ}{\sin[200 - (\alpha_1 - \alpha)]} = \frac{PQ}{\sin(\alpha_1 - \alpha)} \tag{2.33}$$

$$PA = \frac{PQ \sin\alpha_1}{\sin(\alpha_1 - \alpha)}$$

În ΔPBQ:

$$\frac{PB}{\sin\beta_1} = \frac{PQ}{\sin[200 - (\beta_1 - \beta)]} = \frac{PQ}{\sin(\beta_1 - \beta)} \tag{2.34}$$

$$PB = \frac{PQ \sin\beta_1}{\sin(\beta_1 - \beta)} \tag{2.35}$$

$$\frac{PB}{PA} = \frac{\sin\beta_1 \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha)}{\sin(\beta_1 - \beta) \cdot \sin\alpha_1} \tag{2.36}$$

Membrul al doilea al ecuației de mai sus este format numai din valori cunoscute, şi va fi considerat ca tangentă a unei cantități auxiliare cunoscute:

$$tg\mu = \frac{\sin\beta_1 \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha)}{\sin\alpha_1 \cdot \sin(\beta_1 - \beta)} \tag{2.37}$$

Egalând relațiile anterioare, vom obține:

$$\frac{tg\mu}{1} = \frac{\sin\gamma}{\sin\delta}$$

$$\frac{\sin\gamma - \sin\delta}{\sin\gamma + \sin\delta} = \frac{tg\mu - 1}{tg\mu + 1}$$

$$\frac{2\sin\frac{\gamma-\delta}{2}\cdot\cos\frac{\gamma+\delta}{2}}{2\sin\frac{\gamma+\delta}{2}\cdot\cos\frac{\gamma-\delta}{2}} = \frac{tg\mu - tg50^g}{tg\mu + tg50^g}$$

$$tg\frac{\gamma-\delta}{2} = tg(\mu - 50^g)\cdot tg\frac{\gamma+\delta}{2}$$

$$tg\frac{\gamma-\delta}{2}\,ctg\frac{\gamma+\delta}{2} = tg(\mu - 50^g) \tag{2.38}$$

În ultima relație se introduce valoarea raportului $\frac{\gamma-\delta}{2}$ şi se va obține valoarea $tg\frac{\gamma-\delta}{2}$, care este numai în funcție de valori cunoscute.

$$tg\frac{\gamma-\delta}{2} = tg(100^g - \frac{\beta-\alpha}{2})\cdot tg(\mu - 50^g)$$

$$\Rightarrow B = \frac{\gamma-\delta}{2} \tag{2.39}$$

Se va putea scrie că:

$$\gamma = A + B = \frac{\gamma+\delta}{2} + \frac{\gamma-\delta}{2}$$

$$\delta = A - B = \frac{\gamma+\delta}{2} - \frac{\gamma-\delta}{2} \tag{2.40}$$

Cu ajutorul valorilor lui γ şi δ, se vor putea calcula orientările θ_{AP}, θ_{BP} şi θ_{QP}, cu care se poate calcula o intersecție înainte pentru a-i putea determina coordonatele punctului P.

Condiții de aplicare pe teren a retrointersecțiilor

Din punct de vedere practic sunt de adăugat câteva reguli de lucru, pentru ca rezultatele să fie cât mai bune.

- Se vor folosi în calcul, pentru determinarea punctelor, vize cât mai scurte şi în orice caz, pe cât posibil cât mai egale;
- Se vor folosi cel puțin trei vize venite din puncte vechi, luându-se două câte două în toate combinațiile posibile;
- Unghiurile optime sub care trebuie să se intersecteze vizele în punctul nou sunt între 30^g – 100^g. Se exclud cu desăvârşire unghiurile obtuze, sau prea ascuțite.

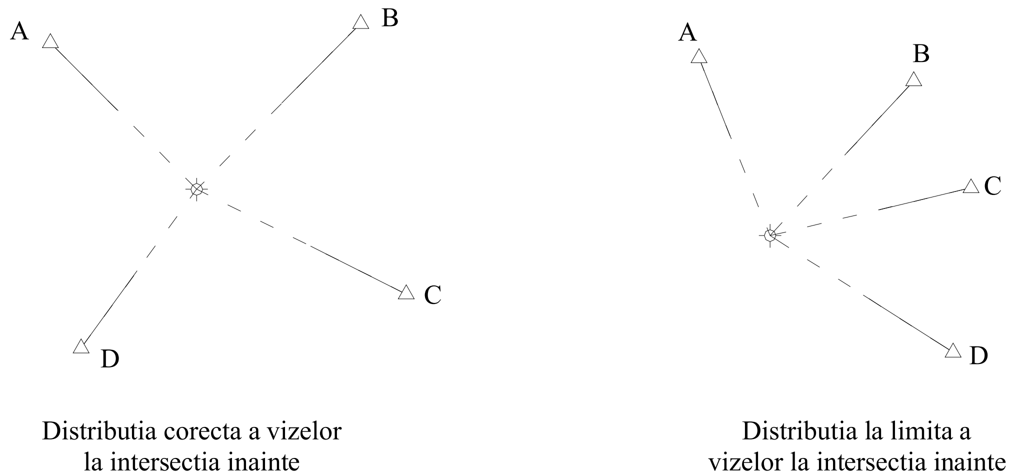


Figura 2.11 – Distribuția vizelor întro retrointersecție

- Cele 3 – 4 vize către un nou punct trebuie să fie răspândite cât mai uniform pe întregul tur de orizont. Sunt slabe determinările făcute din vize care se grupează în două cadrane şi sunt excluse cele ce se grupează într-un singur cadran.

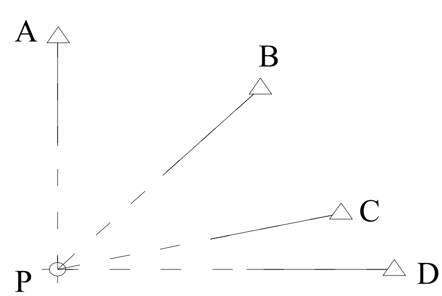


Figura 2.12 – Distribuție defectuoasă a vizelor într-o retrointersecție

2.1.4 INTERSECȚIA LATERALĂ (COMBINATĂ)

Intersecția laterală este o metodă de îndesire a punctelor combinată din intersecții înainte şi înapoi. Metoda foloseşte atât vize orientate de la punctele vechi de coordonate cunoscute, ca intersecție înainte, cât şi vize duse de la punctul nou de determinat spre puncte vechi de coordonate cunoscute, ca la intersecția înapoi.

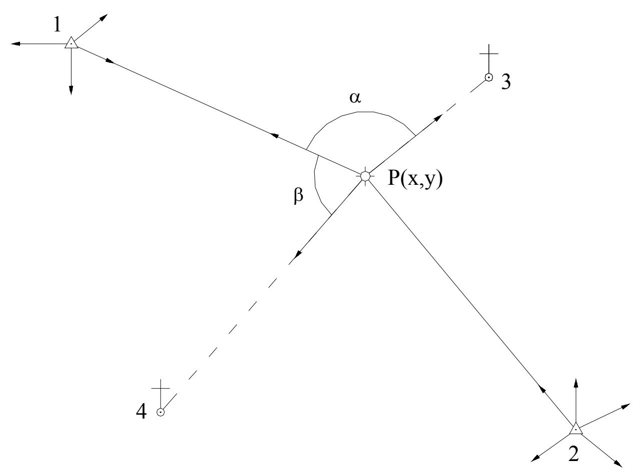


Figura 2.13 – Intersecția laterală (combinată)

Din punctele 1 şi 2 se vizează punctul P.
Din punctul P se vizează punctele 1, 3 şi 4 (punctul 2 nu este vizibil).
Coordonatele punctului P s-ar putea determina prin:

- Intersecție înainte a vizelor orientate 1 - P şi 2 – P, dar determinarea dintr-o singură intersecție nu este suficientă (nu este nici convenabilă).
- Intersecție înapoi folosind vizele P – 1, P – 3, P – 4, ca verificare avem θ_{P2} egal cu $200^g \pm \theta_{2P}$. Aceasta nu se utilizează, deoarece nu ia în considerare şi viza 2 – P.

Pentru a înlătura aceste inconveniente, se procedează astfel:

- Se determină $\theta_{P1} = \theta_{1P} \pm 200^g$; (2.41)
- Se calculează $\theta_{P3} = \theta_{P1} + \alpha$; $\theta_{P4} = \theta_{P1} - \beta$; (2.42)
- Se calculează $\theta_{3P} = \theta_{P3} \pm 200^g$; $\theta_{4P} = \theta_{P4} \pm 200^g$; (2.43)

Se obțin toate cele patru direcții orientate θ_{1P}, θ_{2P}, θ_{3P} şi θ_{4P}.

- Se grupează direcțiile astfel obținute, două câte două, încât să formeze unghiuri optime pentru intersecțiile înainte;
- Se efectuează apoi calculul a două, trei intersecții înainte.

2.1.5 INTERSECȚIA LINIARĂ

Se consideră un cerc circumscris triunghiului ABP cu diametrul AB. De preferință unghiul $\gamma = 100^g$. Procedeul devine tot mai inexact cu cât punctul P se află mai aproape de baza AB. Din figură se remarcă, că punctul P poate fi în stânga sau în dreapta bazei AB, rezolvarea matematică fiind aceeaşi.

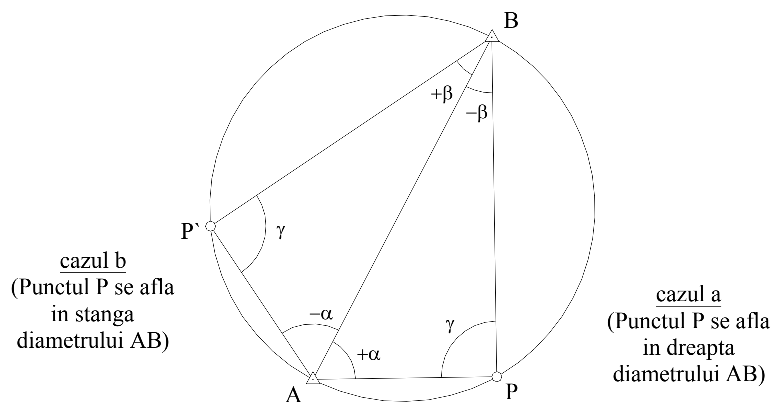


Figura 2.14– Intersecția liniară

Puncte de coordonate cunoscute $A(X_A, Y_A)$, $B(X_B, Y_B)$
Măsurat în teren: D_{AP}, D_{BP}
Distanțele pot fi măsurate din punctele vechi spre punctele noi sau din punctele noi spre cele vechi.
Se parcurge următorul algoritm de calcul:

$$D_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$

$$tg\theta_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} \Rightarrow \theta_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \tag{2.44}$$

Determinarea unghiului α, aplicând Teorema lui Pitagora generalizată:

$$\alpha = \arccos \frac{D^2_{AB(calculat)} + D^2_{AP(masurat)} - D^2_{BP(masurat)}}{2 \cdot D_{AB(calculat)} \cdot D_{AP(masurat)}} \tag{2.45}$$

În funcție de sensul de rotație unghiul α trebuie sa primească semnul + sau –

$$\theta_{AP} = \theta_{AB} + \alpha \tag{2.46}$$

Rezultă:

$$X_P = X_A + D_{AP}\cos\theta_{AP};$$

$$Y_P = Y_A + D_{AP}\sin\theta_{AP} \tag{2.47}$$

Pentru control trebuie îndeplinite relațiile:

$$D_{BP} = \sqrt{(X_P - X_B)^2 + (Y_P - Y_B)^2}$$

$$tg\theta_{BP} = \frac{Y_P - Y_B}{X_P - X_B} \Rightarrow \theta_{BP} = \frac{\Delta Y_{BP}}{\Delta X_{BP}} \quad (2.48)$$

Se poate verifica acum, funcție de semnul unghiului β, dacă,punctul este în stânga sau în dreapta bazei.

$$\beta = \theta_{BP} - \theta_{BA} \quad (2.49)$$

În cazul în care s-a măsurat suplimentar şi distanta D_{AB}, între punctele vechi, se poate calcula şi factorul de scară:

$$q = \frac{D_{AB(calculat)}}{D_{AB(masurat)}} \quad (2.50)$$

Urmând acelaşi algoritm prezentat înainte, se calculează coordonatele punctului nou cu relațiile:

$$X_P = X_A + (Qd_{AP})\cos\theta_{AP};$$
$$Y_P = Y_A + (Qd_{AP})\sin\theta_{AP} \quad (2.51)$$

Un control suplimentar, față de cel prezentat înainte, este:

$$D_{BP(masurat)} = \frac{D_{BP(calculat)}}{q} \quad (2.52)$$

2.2 ÎNDESIREA REȚELELOR DE TRIANGULAȚIE PRIN METODA DRUMUIRILOR PLANIMETRICE

2.2.1 REȚELE DE RIDICARE PLANIMETRICĂ

2.2.1.1 GENERALITĂȚI

Clasificări

Metoda drumuirii este un procedeu de îndesire a rețelei geodezice în vederea ridicării detaliilor topografice din teren.

Drumuirea este o linie poligonală frântă, în care poziția reciprocă a punctelor este determinată prin măsurători de distanțe între punctele de frângere şi măsurători unghiulare în punctele de frângere ale traseului poligonal.

Când în teren s-au efectuat doar măsurători pentru stabilirea poziției reciproce a punctelor din traseul poligonal, vorbim despre ***drumuire liberă***.

De cele mai multe ori însă, traseul poligonal se sprijină la capete pe puncte de coordonate cunoscute – ***drumuiri constrânse*** sau ***sprijinite*** – care permit ca punctele de drumuire să fie determinate într-un anumit sistem de coordonate. În această situație, ultima latură a traseului poligonal reprezintă o supradeterminare, care permite un control al elementelor măsurate în teren.

Controlul elementelor măsurate, devine şi mai concludent, dacă în punctele de coordonate cunoscute pe care se sprijină drumuirea, se măsoară suplimentar direcții spre alte puncte de coordonate cunoscute, care fiecare reprezintă un alt element de control.

În funcție de elementele de constrângere de care se dispune în teren, dar şi a obiectivelor topografice care trebuie ridicate se pot face următoarele clasificări ale drumuirilor:

- Drumuire liberă (neconstrânsă);
- Drumuire sprijinită la capete pe puncte de coordonate cunoscute;
- Drumuire sprijinită la capete pe puncte de coordonate cunoscute şi orientări cunoscute (pe laturi cunoscute);
- Drumuire cu punct nodal.

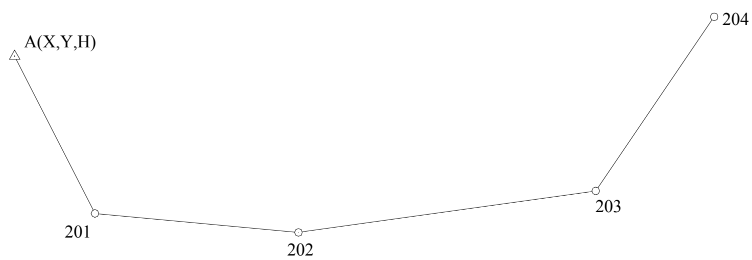


Figura 2.15 – Drumuirea liberă

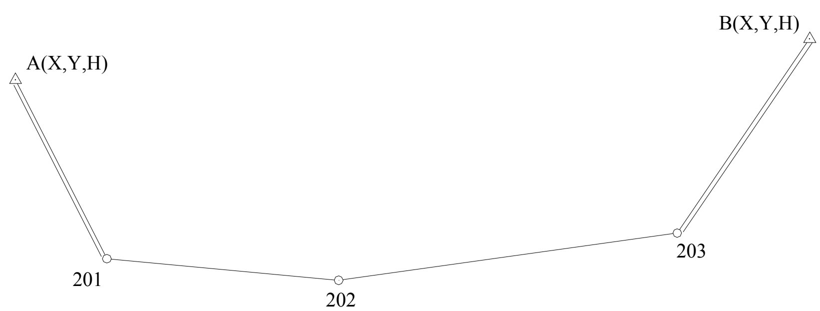


Figura 2.16 – Drumuirea sprijinită la capete pe puncte de coordonate cunoscute

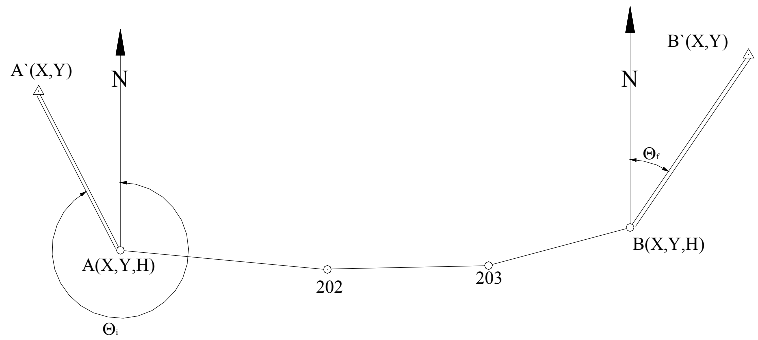


Figura 2.17 – Drumuirea sprijinită la capete pe puncte de coordonate cunoscute şi laturi cunoscute

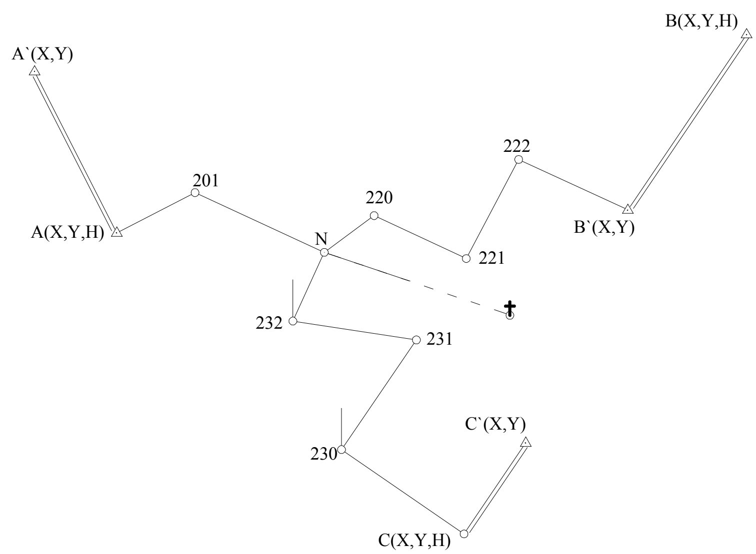


Figura 2.18 – Drumuirea cu punct nodal

În multe situații, drumuirile se pot sprijini la capete pe puncte de coordonate cunoscute, din alte drumuiri, constituindu-se aşa-numitele ***rețele poligonale***.

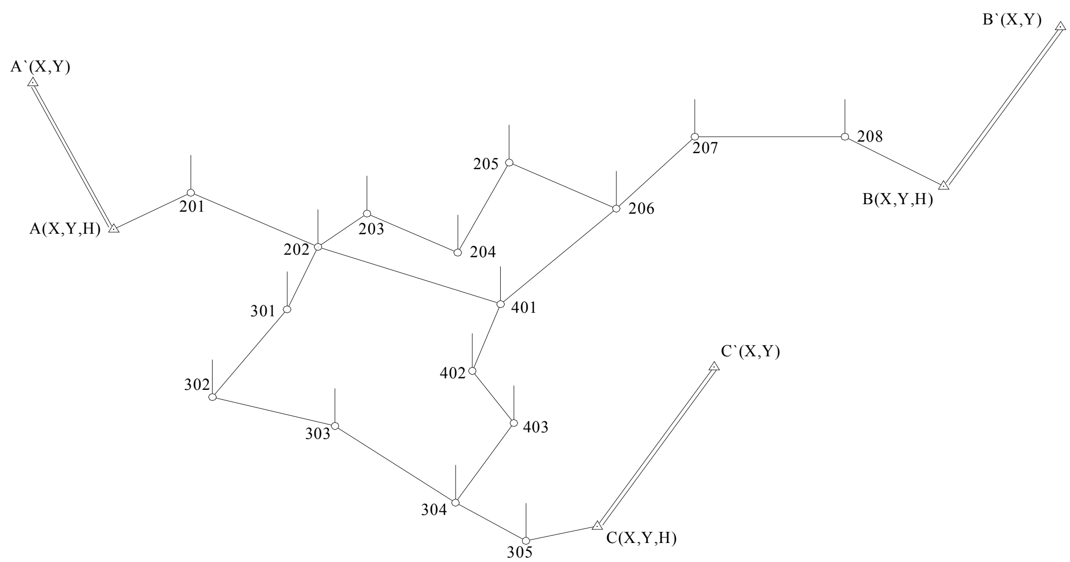


Figura 2.19– Rețea poligonală

În această situație este justificată introducerea noțiunii de *„**ordinul drumuirii**”*, şi anume:

- traseul A201 - ….. – 208 – B – drumuire principală;
- traseul 202 – 301 - …305 – C – drumuire secundară;
- traseul 206 – 401 – 403 – 304 – drumuire terțiară.

Clasificarea drumuirilor după forma traseului poligonal:

- drumuiri întinse;
- drumuiri închise.

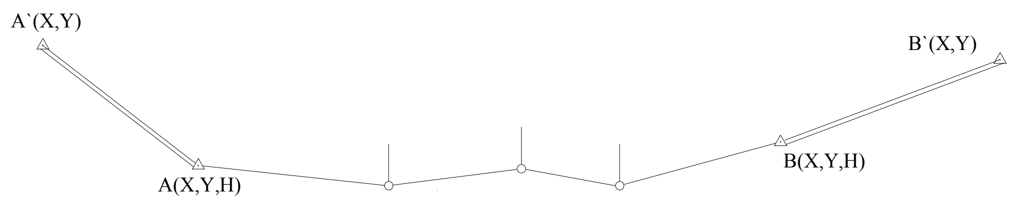


Figura 2.20 – Drumuire întinsă

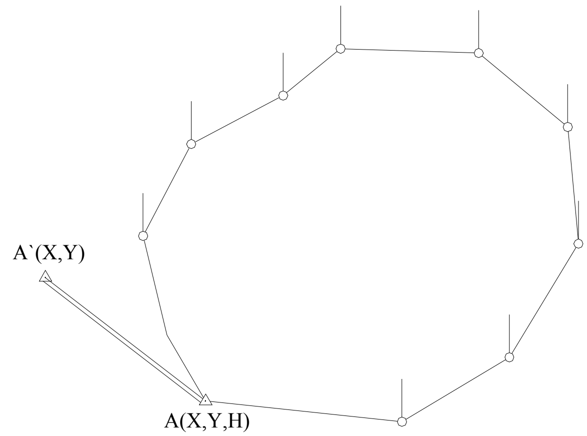


Figura 2.21 – Drumuire închisă

După modul de construire al traseelor poligonale se remarcă faptul că metoda drumuirii este o metodă deosebit de flexibilă în determinarea poziţiilor punctelor din teren, fără să necesite cheltuieli prea mari în marcarea şi semnalizarea punctelor.

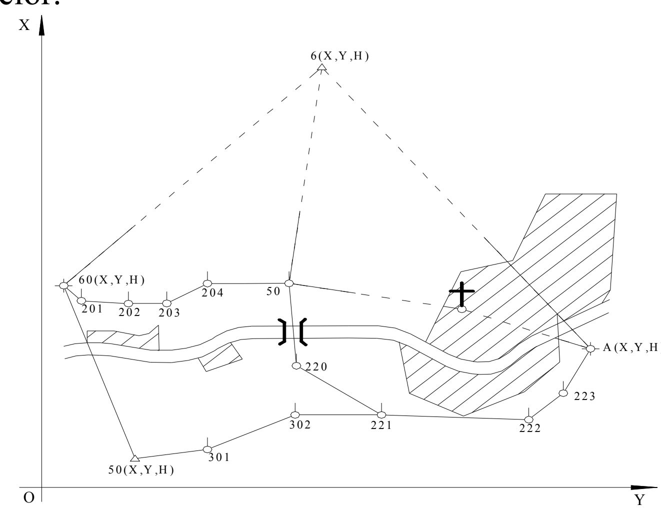


Figura 2.22 – Modul de proiectare al reţelelor de drumuri

- Traseul drumuirilor se proiectează de regulă de-a lungul arterelor de circulaţie, cursurilor de apă, întru-cât laturile şi punctele drumuirii trebuie să fie uşor accesibile.
- Punctele drumuirii se amplasează în locuri ferite de distrugere, în care instalarea instrumentelor topografice se face cu uşurinţă.
- Între punctele de drumuire învecinate trebuie să existe vizibilitate perfectă, pentru ca direcţiile şi lungimile să poată fi măsurate fără dificultate.
- Punctele de drumuire se aleg în apropierea detaliilor care urmează să fie ridicate.

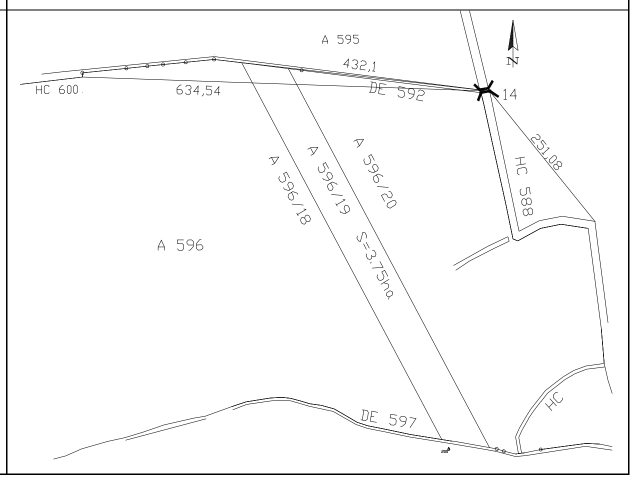
Distanța între punctele de drumuire este determinată de condițiile concrete din teren, de gradul de acoperire cu vegetație sau cu construcții, de scopul ridicării topografice şi de aparatura topografică avută în dotare. În situația în care se dispune de aparatura clasică (teodolite, mire, panglici) se recomandă ca lungimea medie a laturii de drumuire, distanța de 100 – 150 m (aparatură clasică).

Atât lungimea laturilor cât şi cea a traseului poligonal sunt dependente de situația din teren. Astfel, în zonele construite, lungimea laturilor, cât şi lungimea drumuirii vor fi mai reduse decât în zonele de extravilan.

A) <u>Operații de teren</u>

- Marcarea punctelor de drumuire - se face de regulă cu tăruşi, în: localități, cu țăruşi metalici, iar în afara localităților cu țăruşi de lemn.
- Întocmirea schițelor de reperaj şi descrierea topografică a punctelor:
- Măsurarea lungimii laturilor:

Tabelul 2.1

NUMĂRUL PUNCTULUI	MATERIALIZAREA PUNCTULUI	SCHIȚA DE REPERAJ
St. 2 COORDONATE *X = 479054.92 m* *Y = 199314.40 m*	*Tarus de lemn* *L = 35 cm* *Φ = 20 mm*	

- cu panglica se măsoară laturile dus-întors, fiind admisă o toleranță între cele două determinări de $T = \pm 0.003\sqrt{L}$.

- cu aparatura electrooptică, distanțele se măsoară, dus-întors, eroarea de măsurare admisă fiind în funcție de precizia instrumentului folosit (de regulă nu trebuie să depăşească 2-3 p_e, unde p_e = precizia de măsurare a instrumentului

$$L = \frac{L_{ij} + L_{ji}}{2} \tag{2.53}$$

<u>Măsurarea unghiurilor verticale</u>

Unghiurile verticale se măsoară în fiecare punct de stație în ambele poziții ale lunetei, atât spre punctul din spate, cât şi spre punctul din față al traseului poligonal.

Când vizarea se face la înălțimea instrumentului în ambele sensuri, se va face media determinărilor, luându-se sensul unghiului vertical în sensul de parcurgere al drumuirii.

$\alpha = \frac{\alpha_{AB} + \alpha_{BA}}{2}$, cu semnul lui α_{AB} (2.54)

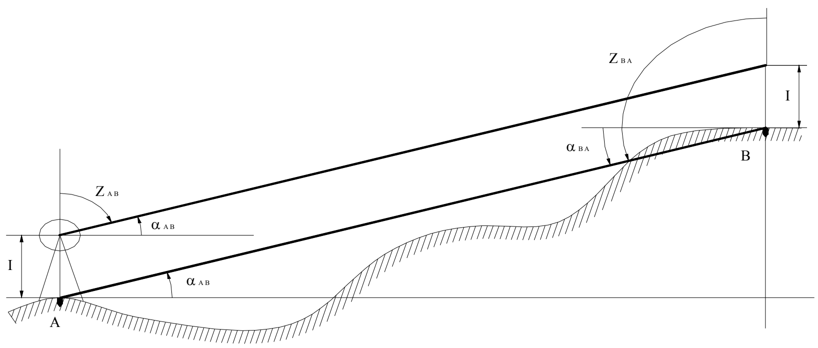


Figura 2.23– Măsurarea unghiurilor verticale.
Axa de vizare paralelă cu linia terenului

Când vizarea se face la înălțimi diferite (situație destul de frecvent întâlnită în teren), medierea se poate realiza numai la diferențele de nivel determinate în ambele sensuri.

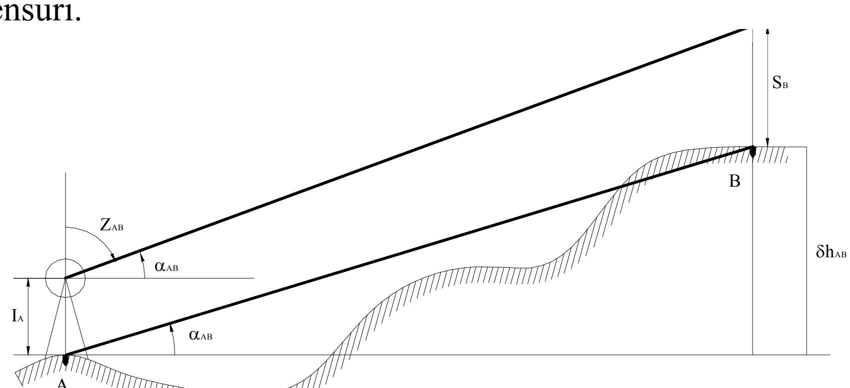


Figura 2.24 – Măsurarea unghiurilor verticale.
Axa de vizare nu este paralelă cu linia terenului

$\delta h_{AB} = d \cdot tg\alpha`_{AB} + i_A - S_B, -ascendent$

$\delta h_{BA} = d \cdot tg\alpha`_{BA} + i_B + S_A, -descendent$

$|\delta h_{AB}| = \frac{|\delta h_{AB}| + |\delta h_{BA}|}{2}$, dându-se semnul lui δh_{AB} de la dus. (2.55)

<u>Măsurarea unghiurilor orizontale (de frângere)</u>

Unghiurile orizontale se determină din direcțiile măsurate în fiecare punct de stație. Direcțiile se măsoară în punctele de stație prin metoda seriilor.

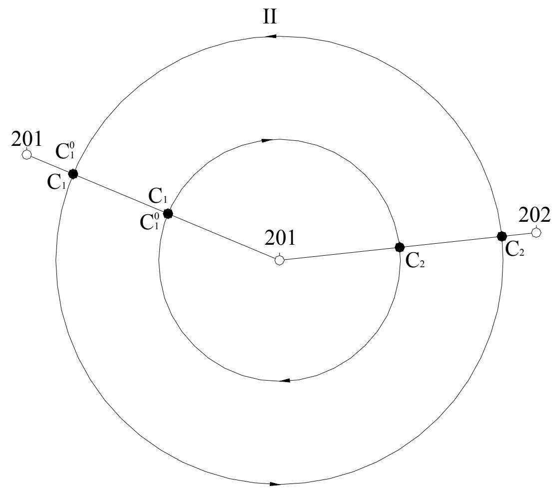


Figura 2.25 – Modul de măsurare al unghiurilor orizontale

2.2.1.2 DRUMUIRI PLANIMETRICE

<u>1 - Drumuire sprijinită la capete pe puncte de coordonate cunoscute şi laturi cunoscute</u>

A – Prelucrarea prin metoda clasică

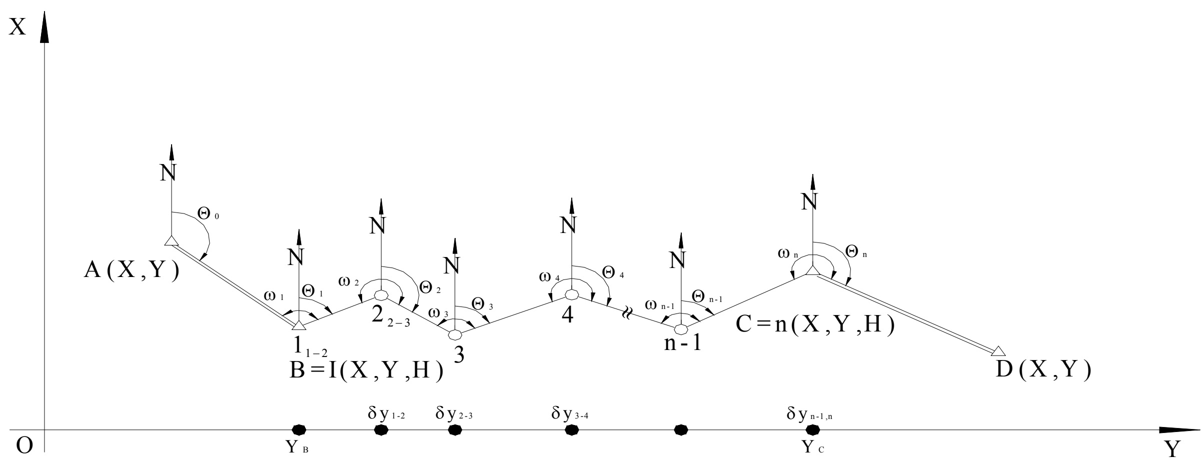


Figura 2.26 – Drumuire sprijinită la capete pe puncte de coordonate cunoscute şi laturi cunoscute

Elemente măsurate pe teren:

- ω_i – unghiurile orizontale;
- α_i – media unghiurilor de pantă;

- l_i – lungimile înclinate medii ale laturilor de drumuire.

Etape de calcul

1 - Calculul distanţelor înclinate şi a diferenţelor de nivel

$d_{ij} = l_{ij}\cos\alpha_{ij}$

$\delta h_{ij} = d_{ij}\,tg\alpha_{ij}$ (2.56)

2 - Calculul orientărilor

a) Calculul orientărilor laturilor de sprijin:

$$\Theta_{AB} = arctg\frac{\Delta y_{AB}}{\Delta x_{AB}}$$

$$\Theta_{CD} = arctg\frac{\Delta y_{CD}}{\Delta x_{CD}} \quad (2.57)$$

b) Calculul orientărilor provizorii ale laturilor de drumuire (transmiterea orientărilor):

$$\Theta_1^` = \Theta_0 + \omega_1 \pm 200^g$$

$$\Theta_2^` = \Theta_1^` + \omega_2 \pm 200^g$$

$$-----------$$

$$\Theta_{n-1}^` = \Theta_{n-2}^` + \omega_{n-1} \pm 200^g \quad (2.58)$$

$$\Theta_n^` = \Theta_{n-1}^` + \omega_n \pm 200^g$$

$$\overline{\Theta_n^` = \Theta_0^` + \sum \omega_i \pm n \cdot 200^g}$$

c) Calculul neînchiderii pe orientări:

$$e_\theta = v_e - v_j = \Theta_n^` - \Theta_n = (\Theta_0 + \sum_{i=1}^{n} \omega_i \pm n \cdot 200^g) - \Theta_n \quad (2.59)$$

$T_\Theta = c\sqrt{n}, c =$ aproximaţia de citire a teodolitului, n = numărul de staţii

dacă $e_\theta \le T_\theta$, se calculează corecţia: $c_\theta = v_j - v_e = -e_\theta$

d) Calculul corecţiei unitare:

$q_\Theta = \frac{c_\Theta}{n}$, unde n = numărul de staţii (2.60)

e) Calculul orientărilor definitive:

$$
\begin{aligned}
&\Theta_1 = \Theta_1^{`} + q_{\Theta} \\
&\Theta_2 = \Theta_2^{`} + 2q_{\Theta} \\
&------------ \\
&\Theta_{n-1} = \Theta_{n-1}^{`} + (n-1)q_{\Theta} \\
&\Theta_n = \Theta_n^{`} + nq_{\Theta}
\end{aligned}
\tag{2.61}
$$

CONTROL: $\Theta_n compensat \equiv \Theta_n calculat$ din coordonate

3 - Calculul coordonatelor relative

a) Calculul coordonatelor relative provizorii:

$$
\begin{array}{cc}
\delta x^{`}_{1,2} = d_{1,2}\cos\Theta_1 & \delta y^{`}_{1,2} = d_{1,2}\sin\Theta_1 \\
\delta x^{`}_{2,3} = d_{2,3}\cos\Theta_2 & \delta y^{`}_{2,3} = d_{2,3}\sin\Theta_2 \\
--------------------- & --------------------- \\
\delta x^{`}_{n\ 1,n} = d_{n\ 1,n}\cos\Theta_{n\ 1} & \delta y^{`}_{n\ 1,n} = d_{n\ 1,n}\sin\Theta_{n\ 1} \\
\hline
\Sigma\delta x^{`}_{ij} = d_{ij}\cos\Theta_i & \Sigma\delta y^{`}_{ij} = d_{ij}\sin\Theta_i
\end{array}
$$

$$
\begin{aligned}
&\sum \delta x^{`}_i + c_x = \Delta X_{BC} \\
&\sum \delta y^{`}_i + c_y = \Delta X_{BC} \\
&\sum \delta h^{`}_i + c_h = \Delta X_{BC}
\end{aligned}
\tag{2.62}
$$

b) Calculul erorii de neîchidere a coordonatelor

$$e_A = \Sigma\Delta x'_{BC} - \Delta x_{BC(calculat\ din\ coordonate)}$$

$$e_y = \Sigma\Delta y'_{BC} - \Delta y_{BC(calculat\ din\ coordonate)}$$

$$
\begin{aligned}
&f = \sqrt{e_x^{\ 2} + e_y^{\ 2}} \le T \\
&T = 0.0045\sqrt{\Sigma d} + \frac{\Sigma d}{1733}
\end{aligned}
\tag{2.63}
$$

c) Calculul corecției unitare

$$
\begin{aligned}
&q_x = \frac{-e_x}{\Sigma d} \\
&q_y = \frac{-e_y}{\Sigma d}
\end{aligned}
\tag{2.64}
$$

d) Calculul coordonatelor relative definitive

$$\Delta x_{B1} = \Delta x^{'}_{B1} + q_x \cdot d_{B1}$$

$$\Delta x_{12} = \Delta x'_{12} + q_x \cdot d_{12}$$
$$\Delta x_{23} = \Delta x'_{23} + q_x \cdot d_{23}$$
$$\Delta x_{3C} = \Delta x'_{3C} + q_x \cdot d_{3C}$$

$$\Sigma \Delta x_{BC} = \Delta x_{BC(calculat\ din\ coordonate)} \tag{2.65}$$

$$\Delta y_{B1} = \Delta y'_{B1} + q_y \cdot d_{B1}$$
$$\Delta y_{12} = \Delta y'_{12} + q_y \cdot d_{12}$$
$$\Delta y_{23} = \Delta y'_{23} + q_y \cdot d_{23}$$
$$\Delta y_{3C} = \Delta y'_{3C} + q_y \cdot d_{3C}$$

$$\Sigma \Delta y_{BC} = \Delta y_{BC(calculat\ din\ coordonate)} \tag{2.66}$$

4 – Calculul coordonatelor absolute pentru punctele noi (punctele de drumuire)

$$X_1 = X_B + \Delta x_{B1} \qquad Y_1 = Y_B + \Delta y_{B1}$$
$$X_2 = X_1 + \Delta x_{12} \qquad Y_2 = Y_1 + \Delta y_{12}$$
$$X_3 = X_2 + \Delta x_{23} \qquad Y_3 = Y_2 + \Delta y_{23}$$

$$X_C = X_3 + \Delta x_{3C} = X_{C(calculat\ din\ coordonate)} \qquad Y_C = Y_3 + \Delta y_{3C} = Y_{C(calculat\ din\ coordonate)} \tag{2.67}$$

Metoda drumuirilor planimetrice este foarte des utilizată în lucrările cadastrale pentru diferite scopuri, în funcție de topografia locului şi detaliile naturale şi artificiale existente, putând fi particularizată la situația concretă de pe teren.

3. FUNCȚIONALITATE GENERALĂ

Sistemul de programe TopoSys este un software de specialitate care calculează şi prelucrează informații rezultate din măsurători topografice şi geodezice locale sau rezultate din stații GPS, folosind metode statistice de filtrare a erorilor mari şi a compensării datelor. Pe lângă acestea, TopoSys efectuează şi calculele necesare pentru stabilirea referinței geodezice a informațiilor de pozițonare date în diferite proiecții şi sisteme de referință.
Pentru observații GPS prelucrate (distanțe bornă-bornă şi direcții calculate) TopoSys poate fi utilizat şi pentru suprafețe care depăşesc aria de acoperire a Rețelelor Geodezice Locale.

Gestionarea informaţiilor este efectuată în baze de date denumite Proiecte, iar calculele propriuzise se efectuează în unităţi de lucru denumite Lucrări. Un proiect poate cuprinde mai multe lucrări care au în comun informaţii de referinţă cum ar fi puncte geodezice, utilizatori, instrumente, elipsoizi de referinţă. Fiecare lucrare cuprinde informaţii de tipul: puncte, măsurători, nivelment, transformări şi un registru cu operaţiile efectuate. Fereastra grafică a programului permite vizualizarea coordonatelor şi observaţiilor existente în lucrarea curentă, precum şi afişarea numerelor de punct şi elipselor de eroare.
TopoSys 5 permite deschiderea proiectelor TopoSys create în versiune 4 (baze de date MDB), dar proiectele noi se salvează în format propriu - fişiere cu extensia .SRV.

3.1 INTRODUCERE

Sistemul de programe TOPOSYS permite prelucrarea şi compensarea tuturor tipurilor de măsurători folosite de geodezi pentru îndesirea reţelelor geodezice locale.

Date primare:
-liste de coordonate - puncte fixe
-liste de măsurători unghiulare orizontale şi verticale/zenitale, distanţe (înclinat, orizontal, stadimetric, GPS)
-liste de cote
-liste de diferenţe de nivel

Aceste mărimi pot fi introduse manual, importate din fişiere ASCII sau preluate din memoriile staţiilor totale, sub forme de fişiere de diferite formate. Distanţele măsurate pot fi distanţe reduse la orizont, înclinate sau stadimetrice.

Metode de calcul ale coordonatelor aproximative:
-intersecţie înainte
-intersecţie înapoi
-drumuire / reţea de drumuiri
-radiere ca modalitate de determinare a coordonatelor aproximative
-radiere - calculul punctelor de detaliu

Metode de compensare a reţelelor planimetrice şi de nivelment:
-reţea constrânsă
-reţea liberă
-reţea cu coordonate măsurate

Compensarea rețelei orizontale sau altimetrice (nivelment geometric sau trigonometric) se poate efectua prin Metoda celor mai mici pătrate.

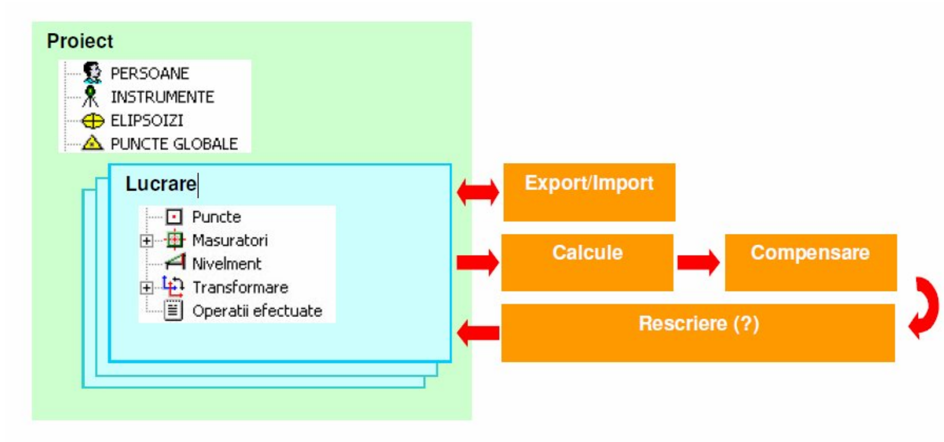
Ponderarea măsurătorilor
-în funcție de distanța măsurată
-normalizată
-unitate

Calculele care permit stabilirea referinței geodezice a planului cadastral digital includ următoarele teme:
-Proiecția Stereografică 1970 (STEREO 70)
-Proiecția Stereografică 1970 elipsoid WGS
-Proiecția Stereografică 1970 local elipsoid WGS
-Proiecție geografică (Fi, La) elipsoid Krasovsky
-Proiecție geografică (Fi, La) elipsoid WGS84
-Proiecție Conic_ Tangent elipsoid WGS84
-Proiecția Conic_ Secant pe teritoriul României
-Proiecția GAUSS-KRUEGER
-Proiecția UTM
-Proiecția Conică Lambert
-Proiecția Stereo Local Bucureşti
-Proiecția Stereo 31
-transcalculări de coordonate (Geografic - Proiec_ie, Geografic - Geocentric, Geografic -Topocentric)
-transformări de coordonate plane şi spațiale
-transformări standard

Aceste operații se execută folosind diferiți elipsoizi.
Datele de ieşire sunt:
-liste de coordonate aproximative
-liste de măsurători
-liste de coordonate compensate
-parametrii de precizie ale compensării; eroarea medie pătratică a unității de pondere, erorile medii patratice ale coordonatelor, datele elipselor de erori.
-fişiere DXF AutoCad cu dispunerea punctelor, vizele şi elipsele erorilor
-fişiere ASCII

3.2 PRINCIPII DE PRELUCRARE

Schema generală a fluxului de date în TOPOSYS:



Datele primare ale sistemului, sunt:
- liste de coordonate
- puncte fixe, menținute ca puncte globale în proiect sau ca puncte fixe în lucrare
- liste de măsurători direcții orizontale şi verticale/zenitale, distanțe.
- liste de cote
- liste de diferențe de nivel

Coordonatele unei lucrări se consideră fiind date întotdeauna în Sistemul de Proiecție selectat în fereastra de Parametrii a lucrării.
Numerotarea punctelor trebuie să fie unică. Punctele noi sau punctele vechi recalculate vor fi menținute în lucrarea curentă. Punctele globale recalculate vor fi rescrise la cerere în categoria cu acelaş nume.
După importarea coordonatelor se face calcularea Factorului de Scară a proiecției curente pentru zona definită de aceste coordonate. Dacă se introduc manual coordonate, sau se calculează prin program, recalcularea Factorului de Scară se face manual (vezi secțiunea Fereastra Proiect).

Pentru ca datele primare să fie recunoscute de program ca surse pentru diferite calcule specifice, este necesară satisfacerea unor condiții minime, descrise mai jos. Pentru informații detaliate despre fiecare operație, selectați titlul operației scris cu verde.

Intersecție înainte
Date necesare: Coordonatele a două puncte de stație şi observațiile efectuate din acestea către punctul de calculat şi între puncte. Se pot introduce şi distanțele măsurate.
Condiții: Compensarea se poate face numai dacă există cel puțin trei puncte de stație. Punctul intersectat nu trebuie să fie pe aceaşi linie cu puncte cunoscute Cota punctului intersectat este corect calculată numai în cazul când sunt date cotele punctelor de stație, înălțimile instrumentului şi a prismei.

Intersecție înapoi
Date necesare: Coordonatele a trei puncte şi observațiile efectuate din punctul de stație către acestea.
Condiții: Compensarea se poate face numai dacă există cel puțin patru puncte fixe. Punctele fixe şi punctul intersectat nu trebuie să fie pe acelaş cerc. Cota punctului intersectat este corect calculată numai în cazul când sunt date cotele punctelor de stație, înălțimile instrumentului şi a prismei / semnalului.

Drumuire
Date necesare: Coordonatele punctelor de sprijin ale drumuirii, vize reciproce între stații.
Condiții: Pornirea şi închiderea drumuirii pe puncte cu coordonate cunoscute (noi sau vechi).
Orientarea punctelor de pornire şi închidere a drumuirii, prin vizarea unui punct cu coordonate cunoscute (punct vechi).
Observații de direcții şi distanțe dintre punctele de drumuire.
Observații reciproce dintre punctele de stație ale drumuirii.
Drumuirea poate să fie şi drumuire închisă pe punctul de plecare.
Cotele punctelor de drumuire sunt corect calculate numai în cazul când sunt date cotele punctelor de stație, înălțimile instrumentului şi a prismei.

Radiere
Observații efectuate din puncte orientate şi cu coordonate cunoscute, sau cu o origine şi orientare locală (nu necesită introducerea coordonatelor).
Cotele punctelor radiate sunt corect calculate numai în cazul când sunt date cotele punctelor de stație, înălțimile instrumentului şi a prismei.
Calculele cerute sunt efectuate cu indicarea direcțiilor care depăşesc toleranța dată, care se pot exclude din calculul orientării stațiilor.

Compensare
Coordonatele provizorii astfel calculate se pot compensa cu Metoda Celor Mai Mici Pătrate, condiționate de erorile apriorice date de utilizator. Compensarea

este posibilă numai dacă există mai multe informaţii decât necesarul pentru a determina o mărime.

Pentru începerea compensării este necesară precizarea unor toleranţe, care se introduc pe baza aprecierii utilizatorului asupra preciziei echipamentelor, a centrării instrumentului şi al semnalului.

În funcţie de acestea sau a preciziei punctelor de referinţă, se va dovedi sau nu corectitudinea toleranţei pentru setul de date actual, prin efectuarea mai multor iteraţii. Indicatorul general al setului de date poate fi considerat Eroarea Medie Pătratică a Unităţii de Pondere, (empp) afişat după fiecare iteraţie. În funcţie de această valoare şi evoluţia acesteia după efectuarea mai multor iteraţii, se poate decide asupra păstrării rezultatelor compensării sau refacerea acesteia, cu alte toleranţe, sau excluderea prin dezactivare a datelor care deformează precizia setului de date.

Pentru a testa precizia absolută a observaţiilor, se face o compensare liberă. Totuşi, încadrarea unei astfel de observaţii într-o reţea de puncte fixe, poate rezulta în erori datorate preciziei punctelor fixe.

În cazul compensării nivelmentului, sunt considerate cote fixe, cotele punctelor care au fost definite ca puncte fixe planimetrice. Deseori, acestea au fost determinate prin Intersecţie înainte, şi cota acestora nu se înacdrează în precizia nivelmentului geometric sau trigonometric. De aceea, la compensarea cotelor, aceste puncte trebuie dezactivate.

Aplicarea corecţiilor după compensare la coordonatele aproximative şi la mărimile măsurate se face la comanda utilizatorului. După această operaţie se pot calcula punctele radiate (dacă există).

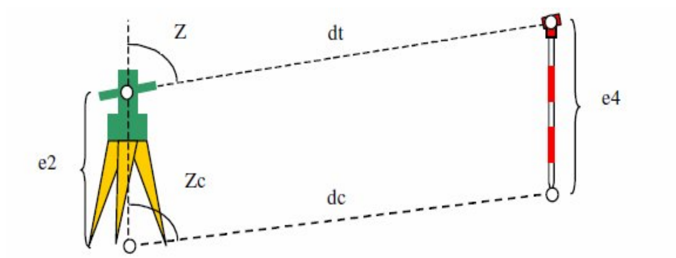
3.3 FORMULE

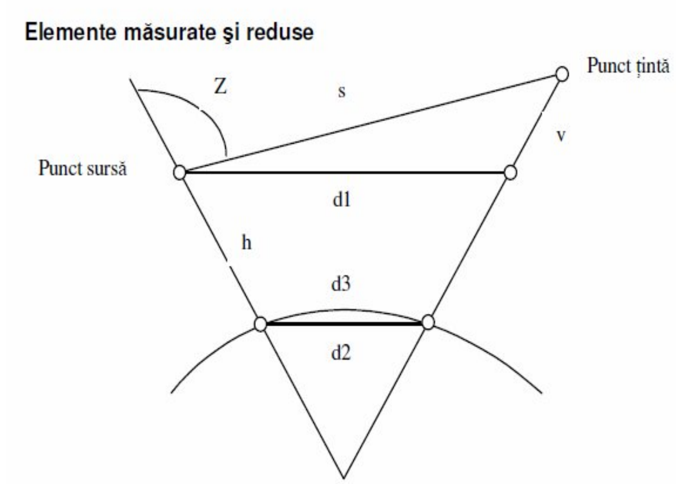
Pentru obţinerea rezultatelor scontate, utilizatorul trebuie să cunoască o serie de factori care definesc condiţiile în care s-au efectuat observaţiile de teren, sistemul de referinţă şi sistemul de proiecţie în care sunt date punctele de referinţă şi unde se doresc convertite rezultatele. În funcţie de aceştia, asupra observaţiilor şi datelor cunoscute trebuie aplicate corecţii, reduceri şi alte calcule care pot fi efectuate în parte de TopoSys. Există unele operaţii de reducere şi corecţii care sunt efectuate de staţiile totale sau de softul acestora. În orice caz, înainte de începerea prelucrării, trebuie ştiut de ce fel de date dispunem. În continuare sunt descrise calculele aplicabile datelor de teren. Calculele aplicabile în TopoSys, sunt notate cu , şi descrise la cap. Corecţii şi reduceri.

Ordinea aplicării corecțiilor şi reducerilor:
- Corecția de constanta prismei
- Corecția de colimație
- Corecția de presiune şi temperatură
- Corecția de curbură şi refracție
- Calculul automat al factorului de scară în proiecția dată (necesită import/introducere coordonate fixe)
- Reducerea poz I/poz. II
- Reducere la orizont
- Reducerea la bornă - (înălțime instrument/prismă)
- Reducerea la orientare
- Reducerea la nivelul mării
- Reducere la planul proiecției

Corectii si reduceri

Configuratie instrument-reflector





h = cota punctului sursã
s = distanța înclinată
d1 = distanța orizontală la cota punctului sursă
d2 = coardă elipsoid, distanță la nivelul mării
d3 = lungime arc elipsoidal sau sferoidal
d4 = distanță în planul proiecției (nu este reprezentat)

Reducerea poz I/poz II şi medierea observaţiilor

Observaţiile orizontale şi verticale efectuate din poz. I şi II se reduc la poz.I. Dacă au fost executate mai multe seturi de observaţii către acelaş punct, atunci după reducerea la poz. I, programul calculează media observaţiilor şi distanţelor.

Reducerea la orizont

Reducerea la orizont serveşte la calculul diferenţelor de nivel dintre puncte. Operaţia se aplică automat.

d1 = S sin(Z)

v1 = S Cos(Z)

Z = unghi zenital

s = distanţa înclinată

Reducere la punct (bornă - bornă)

Această reducere se aplică măsurătorilor brute de unghiuri verticale şi distanţe înclinate. Operaţia se aplică automat.

Se folosesc urm_toarele mărimi:

e2 = înălţime teodolit

e4 = înălţime prismă

dt = distanţă înclinată instrument - prismă

Unghiul vertical bornă - bornă este dată de următoarea formulă:

Zc = tan(-1) ((dtcosZ + e2 - e4)/dtsinZ)

Distanţa înclinată bornă - bornă rezultă din formula:

dc = (dtsinZ)/(sinZc)

Reducerea la orientare

Direcţiile orizontale măsurate către puncte dintr-o staţie, au ca origine indexul zero al cercului orizontal. Pentru a se putea calcula orientarea (direcţia faţă de direcţia N) a tuturor vizelor, este nevoie de calculul orientării direcţiei zero al cercului orizontal, denumit şi modulul staţiei, calcul care se poate face pe baza direcţiilor măsurate către puncte cu coordonate cunoscute. Din acestea se poate calcula o valoare medie a modulului staţiei, pe baza formulelor de mai jos.

T = orientarea direcţiei măsurate

dX, dY = diferenţe de coordonate dintre coordonatele punctului măsurat şi coordonatele staţiei

Or = orientarea direcţiei zero

M = modulul staţiei

Ei = diferenţa faţă de modulul mediu

Orientarea unei direcţii măsurate către un punct cunoscut:

T = tan(-1) (dY / dX)

În funcție de semnul valorilor dZ şi dX, se adaugă la T 100, 200 sau 300 de grade:

dX > 0, dY > 0

T = T

dX < 0, dY > 0

T = T + 100

dX < 0, dY < 0

T = T + 200

dX > 0, dY < 0

T = T + 300

Orientarea direcției zero:

Or = 400 + Hz - T

Modulul mediu al stației:

M = (T1 + T2 + ...)/n

Ei = Mi – M

Corecție de reducere la nivelul mării

Această corecție face reducerea distanăei orizontale măsurate de la punctul de stație (bornă), la coarda la nivelul mării. Operația se aplică numai dacă se validează opțiunea corespunzătoare din fereastra setărilor de lucrare apelabilă cu meniul Adaugă:

d2 = d1 - ((h1 + ht)d1/2R)

d1 = distanța orizontală la cota punctului sursă

h1 = cota punctului sursă

ht = cota punctului int

R = raza sferoidului sau lungimea semiaxei mari al elipsoidului de referință.

Pentru reducerea coardei de la nivelul mării (d2) la arcul sferoidal sau elipsoidal (d3), trebuie aplicată încă o corecție:

d3 = d2 + (d2)/ 24R

Această corecție are o valoare mai mare de 1 mm numai pentru distanțe mai mari de 9,9 km. De aceea, pentru distanăe mai scurte, această corecție se poate ignora.

Reducere la planul proiecției

Corecția arcului sferoidal sau elipsoidal d3 la o distanță proiectată d4 în planul de proiecție depinde de proiecşia folosită. Pentru proiecte care cuprind distanțe de lungime medie (aprox. 10 km), reducerea la planul proiecției se poate face cu un factor de scară care se calculează local, pe baza coordonatelor unor puncte cunoscute în sistemul geografic (elipsoid) şi a coordonatelor corespondente în planul proiecției, dar este de ajuns şi cunoaşterea unor coordonate într-unul din sisteme, şi transformarea acestora în celălalt sistem. Factorul de scară care rezultă din transformare, este tocmai factorul de scară care se aplică distanțelor reduse pentru a le reprezenta în planul proiecției.

Reducerea la planul proiecției cu factor de scară se aplică numai dacă se validează opțiunea corespunzătoare din fereastra setărilor de lucrare apelabilă cu meniul Adaugă

3.4 FEREASTRA PROIECT

Fereastra principală care apare la lansarea TopoSys, este Fereastra proiect. Aceasta afişează informații text despre proiectele deschise, şi permite selectarea categoriilor de informații şi efectuarea de operații de administrare în datele existente. În partea superioară a ferestrei, se găseşte Bara Meniu.

Sub acesta se află bara de funcții (detaşabilă), care conține icon-urile de apelare a funcțiilor principale de administrare:

Segmentul Conținut - Proiect/Lucrare
-Proiect nou
-Deschide proiect existent
-Salvează proiect
-Închide proiect
Segmentul Detalii - Baza de date
-Adaugă înregistrare
-Modifică înregistrare sau selecție
-Şterge înregistrare sau selecție
Segmentul Fereastră grafică
-Actualizare fereastră grafică
-Deplasare
-Mărire/Micşorare

-Mărire
-Micşorare
-Limite
-Coduri
-Opțiuni

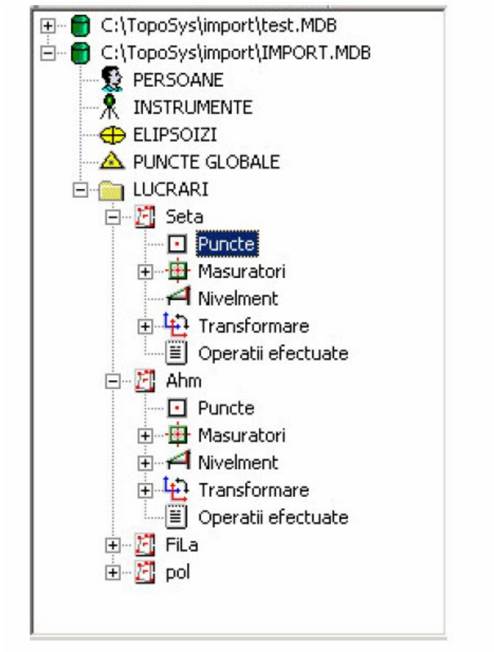
Pentru crearea unui proiect nou şi al unei lucrări TopoSys noi în cadrul proiectului curent, citiți detalii la cap. Proiect din meniul cu acelaş nume.
Fereastra proiect se compune din două segmente: Segmentul Conținut în partea in stânga şi Segmentul Detalii în partea din dreaptă a ferestrei.
Pentru modificarea parametrilor Lucrare şi recalculul Coeficientului de Scară în cazul adăugării altor puncte care cad în afara zonei de lucru, se selectează lucrarea curentă în Segmentul Conținut, apoi în Segmentul Detalii se selectează înregistrarea lucrării curente, şi butonul (Modifică), apoi OK.

Detaliile ferestrei proiect sunt descrise la capitolele:
Segmentul Conținut
Segmentul Detalii
Afisaj

Segmentul Continut

În Segmentul Conținut sunt afişate în formă de structură ramificată categoriile de informații din proiectele deschise. Deschiderea sau închiderea unei Categorii de informatii se face prin dublu-clic pe numele acesteia, sau prin selectarea cu mouse-ul al semnului plus sau minus din dreptul iconului corespunzător. Denumirea categoriilor şi subcategoriilor de informa_ii (Persoane, Instrumente, Puncte, Măsurători, etc.) este fixă, deci nu se pot modifica, cu excepția numărului sau denumirii stațiilor din categoria de informații Măsurători şi Nivelment. Modificarea numelui unei stații se face prin selectarea cu mouse-ul al numelui şi tastarea noului nume. O stație se poate şterge numai dacă s-au şters în prealabil toate observațiile efectuate din stație (în Segmentul Detalii).
Adăugarea, editarea sau ştergerea unui grup de informații, se face prin selectarea cu mouse-ul al categoriei de informații din Segmentul Conținut şi selectarea uneia din butoanele Adaugă,

Şterge sau Modifică. (Mai multe informații la Segmentul Detalii).



Segmentul Detalii
Această suprafaţă afişează informaţii detailate în forma unui tabel, referitoare la categoria de informaţii curentă din Segmentul Conţiut. De asemenea, în acest segment se pot efectua operaţii de Adăugare, ştergere şi Modificare, referindu-se la elementul curent, selectat în Segmentul Detalii.

În capul de tabel se vor afişa numele câmpurilor, în funcţie de categoria de informaţie. Prin selectarea numelui unui câmp, se poate efectua sortarea în sens crescător sau descrescător al tabelului.

În dreptul fiecărei linii se găseşte o căsuţă cu semnul de validare . Selectând cu mouse-ul această căsuţă, se poate face validarea sau omiterea înregistrării respective din calcule şi afişare în fereastra grafică.

Pentru a afişa meniul cu operaţiile de administrare, se poziţionează cursorul mouse-ului pe o linie care conţine un element din Segmentul Detalii şi se apasă butonul din dreapta mouse-ului. Va apare un meniu cu opţiunile Adaugă, şterge, Modifică.
Aceste operaţii pot fi apelate şi cu icon-urile din bara de funcţii.
Modificarea înegistrării sau a selecţiei de înregistrări curente. O selecţie de înregistrări se poate face prin apăsarea butonului Shift sau Ctrl şi selectarea cu mouse-ul al intervalului de înregistrări, sau al înregistrărilor dorite. Dacă există o selecţie, modificarea efectuată va avea efect asupra câmpului sau câmpurilor din fiecare înregistrare selectată.

Identificator	Denumire	Distanta	Directia verticala	Directia c
☑ 128	81	1606.01700000	100.00000000	0.000000
☑ 129	14	1982.63200000	100.00000000	67.1522
☑ 130	13	2660.34100000	100.00000000	98.2340
☑ 131	12	1401.89600000	100.00000000	145.417
☑ 132	52	2517.50900000	100.00000000	203.506
☑ 133	61	2379.08200000	100.00000000	242.493
☑ 134	62	1431.05600000	100.00000000	276.865
☑ 135	72	508.40100000	100.00000000	319.839
☑ 136	82	1824.55700000	100.00000000	359.123

Categorii de informaţii

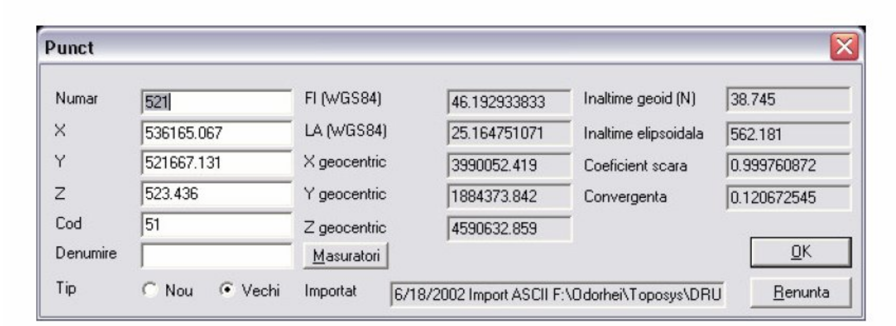
Numele utilizatorilor (operatorilor) care participă la proiect

Denumirea instrumentelor utilizate în proiect

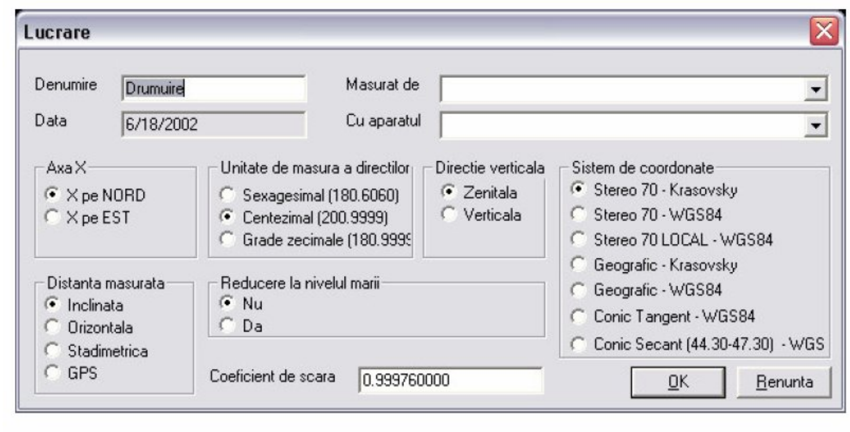
Elipsioizii de referinţă utilizaţi în proiect (implicit sunt introduşi parametrii elipsoizilor Krasovski, WGS84 şi Hayford).

Puncte cu coordonate cunoscute care se vor folosi în proiect, pentru diferite calcule şi compensări.

Punctele globale se pot folosi în orice lucrare a proiectului, fiind menţinute într-un singur exemplar.



Detalii referitoare la lucrarea curentă sau la lucrarea nouă, creată cu funcţia Creare lucrare din meniul Proiect sau cu funcţia Adaugă din meniul Date.



Orientarea axei X a Sistemului de Coordonate

-cu axa X pe direcţia Nord

-cu axa X pe direcţia Est

Unitatea de măsură a direcţiilor

-Sexagesimal - format: GGG.MM ' SS "ff (f = fracţiune)

-Centesimal - format: GGG.MMSSff

-Grade zecimale - format GGG.f f f f f f f f

Direcţie verticală

-Originea cercului vertical

-Zenitală

-Vericală

Distanţa măsurată

-Înclinată - distanţe măsurate aparat - prismă la înălţimea aparatului şi înălţimea prismei

-Orizontală - distanţe orizontale la înălţimea aparatului

-Stadimetrică - distanţe calculate din citiri cu firul central la înălţimea aparatului sau la o înălţime cunoscută pe prismă.

-GPS - distanţă bornă-bornă(nu se aplică corecţii de refracţie şi de curbură)

Sistem de coordonate

-Proiecția Stereografică 1970 (STEREO 70)
-Proiecția Stereografică 1970 elipsoid WGS
-Proiecția Stereografică 1970 local elipsoid WGS
-Proiecție geografică (Fi, La) elipsoid Krasovsky
-Proiecție geografică (Fi, La) elipsoid WGS84
-Proiecție Conică Tangent elipsoid WGS84
-Proiecția Conică Secant pe teritoriul României

Coordonatele unei lucrări se consideră fiind date întotdeauna în Sistemul de Proiecție selectat în fereastra de Parametrii a lucrării.

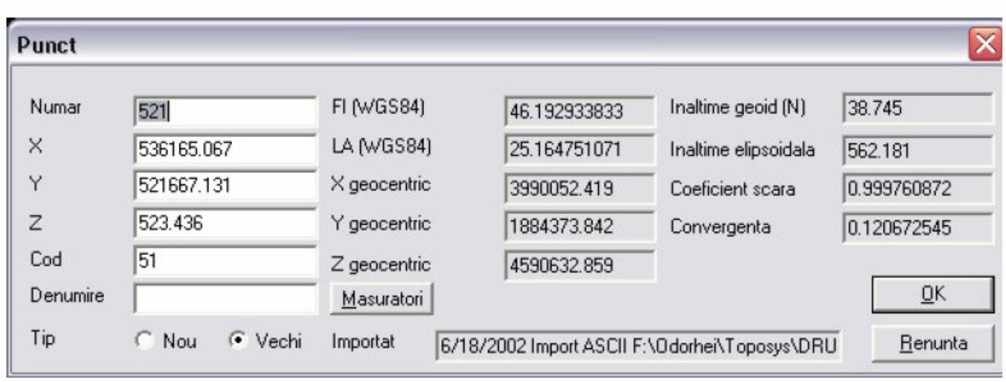
Coeficient de scară

Constantă care se aplică distanțelor măsurate pentru reducerea în planul proiecției folosite, în zona restrânsă a măsurătorilor efectuate cu Stații Totale sau instrumente clasice, pe o suprafață cu raza maximă de 10 Km specifice Rețelelor Geodezice Locale.

Această constantă se calculează automat de TopoSys la importare de puncte sau prin editarea ferestrei de Parametrii a lucrării curente şi apăsarea butonului OK a acestei ferestre.

Reducere la nivelul mării

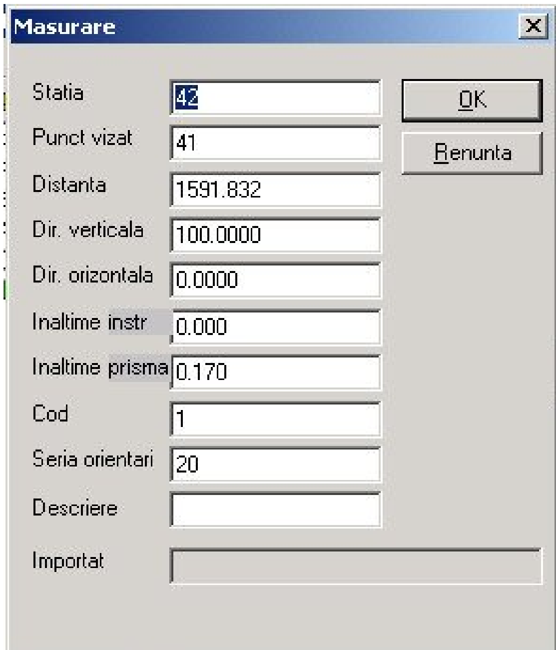
Reducerea tuturor distanțe ale lucrării la nivelul mării. Pentru această opțiune punctele cu coorodnate cunoscute trebuie să aibă cote absolute (măsurate de la nivelul mării).
-Puncte cu coordonate cunoscute care se vor utiliza în lucrare. Punctele de tipul Nou vor fi considerate puncte cu coordonate provizorii, care se vor corecta în urma compensării. Punctele de tipul Vechi vor fi considerate puncte cu coordonate fixe, care nu vor fi corectate, în afara compensării Libere. Detaliile aparținând punctelor apar la selectarea acestora unul câte unul în Fereastra Garfică sau în Segmentul Detalii.



Coeficient de scară
Constantă care se aplică distanțelor m_surate pentru reducerea în planul proiecției folosite, în zona restrânsă a măsurătorilor efectuate cu Stații Totale sau instrumente clasice, pe o suprafață cu raza maximă de 10 Km specifice Rețelelor Geodezice Locale.
Această constantă se calculează automat de TopoSys la importare de puncte sau prin editarea ferestrei de Parametrii a lucrării curente şi apăsarea butonului OK a acestei ferestre.

Reducere la nivelul mării
Reducerea tuturor distanțe ale lucrării la nivelul mării. Pentru această opțiune punctele cu coorodnate cunoscute trebuie să aibă cote absolute (măsurate de la nivelul mării).
-Puncte cu coordonate cunoscute care se vor utiliza în lucrare. Punctele de tipul Nou vor fi considerate puncte cu coordonate provizorii, care se vor corecta în urma compensării. Punctele de tipul Vechi vor fi considerate puncte cu coordonate fixe, care nu vor fi corectate, în afara compensării Libere. Detaliile aparținând punctelor apar la selectarea acestora unul câte unul în Fereastra Garfică sau în Segmentul Detalii.

Această categorie de informații conține măsurătorile de direcții şi distanță. La deschiderea categoriei, se vor afişa numerele stațiilor.
Modificarea numelui unei stații se face prin selectarea cu mouse-ul al numelui şi tastarea noului nume. O stație se poate şterge numai dacă s-au şters în prealabil toate observațiile efectuate din
stație (în Segmentul Detalii).
- Stații
Înregistrare Măsurătoare:

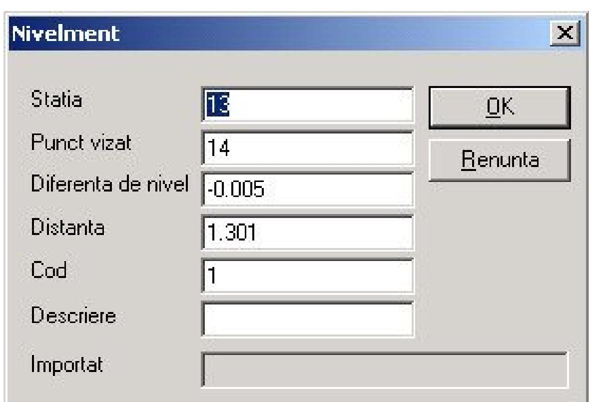


Această categorie de informaţii conţine date de nivelment. La deschiderea categoriei, se vor afişa staţiile de nivelment din lucrare.

- Staţii de nivelment

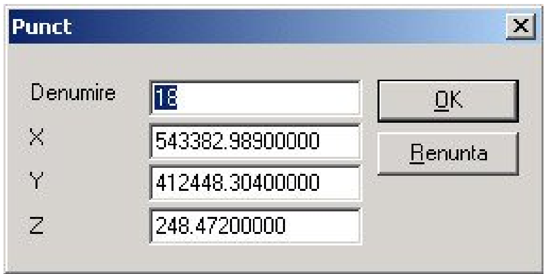
Modificarea numelui unei staţii se face prin selectarea cu mouse-ul al numelui şi tastarea noului nume. O staţie se poate şterge numai dacă s-au şters în prealabil toate observaţiile efectuate din staţie (în Segmentul Detalii).

Înregistrare Viză de nivelment:

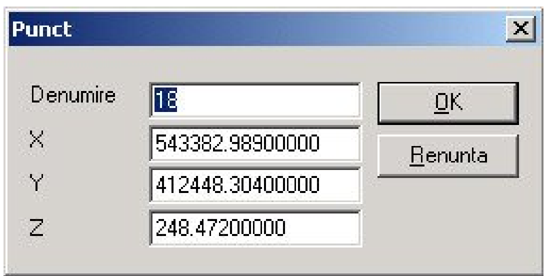


Diferenţele de nivel se vor introduce în metri, iar distanţele dintre puncte în Km.
În această categorie de informaţii sunt salvate dete referitoare la coordonatele transformărilor plane sau spaţiale.
punctele corespondente în sistemul de coordonate sursă

Înregistrare Coordonată transformare:



punctele corespondente din sistemul de coordonate destinaţie.
Înregistrare Coordonată transformare:



Denumirea şi data operaţiilor de calcul efectuate în lucrarea curentă. Sunt menţinute toate rezultatele operaţiilor de calcul, în ordinea executării lor. La selectarea unei operaţii, se afişează
raportul care conţine parametrii acesteia.