FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
STUDIJSKI PROGRAM **GEODEZIJA I GEOINFORMATIKA**

INŽENJERSKA GEPODEZIJA 2
TEORETSKI DEO
predispitni test

Novi Sad, 2023/24

PROJEKTOVANJE GEODETSKIH MREŽA POSEBNE NAMENE

LOKALNE GEODETSKE MREŽE

Razlike u odnosu na državne mreže

- tačnost
- geometrija
- rasprostranjenost

Uspostavljanje geodetskih mreža posebnih namena

1. **Projekat mreže** – određuje se konfiguracija mreže i plan merenja
2. **Realizacija mreže** – rekognosciranje, stabilizacija, merenja u mreži
3. **Analiza mreže** – *a priori* i *a posteriori*

Način projektovanja mreže zavisi od vrste i osobina objekta i okolnog terena. Da bi mreža mogla poslužiti za specifična inženjerske postupke, npr. deformacionu analizu, treba da budu ispunjene sledeće pretpostavke:

- **optimalna geometrija mreže,**
- **optimalna preciznost mreže,**
- **optimalna pouzdanost mreže,**
- **pravilan izbor položaja tačaka mreže u geološkom smislu,**
- **pravilna stabilizacija,**
- **pravilan izbor veličina za testiranje kvaliteta rezultata merenja u mreži.**

Projekat lokalne geodetske mreže

- Polazni parametri
  - definisana geometrija projektovanih objekata (osovine, preseci, profili, karakteristicne tacke itd.)
  - veza sa državnom mrezom (min dve tačke ili jedna tačka i dir. ugao)
  - **potrebna tačnost obeležavanja** (ceo objekat ili po delovima) – određuje projektant

Projekat geodetske mreže – optimizacija dizajna 1. reda

- Optimizacijom dizajna prvog reda određuju se optimalne pozicije tačaka geodetske mreže i optimalni plan merenja u njoj.
- Kiterijumi kvalteta geodetskih mreža najčešće se ocenjuju na osnovu tačnosti ipouzdanosti. Ove ocene zasnovane se na **metodi najmanjih kvadrata** i matematičkim modelima posrednog izravnanja.
- Na osnovu ovih matematičkih modela rešavaju se problemi optimizacije dizajna prvog reda u okviru prethodne analize tačnosti i pouzdanosti geodetskih mreža. Za razliku od drugih metoda, prethodna analiza ima najširu primenu u projektovanju geodetskih mreža, jer se zasniva na dobro poznatim matematičkim modelima i na dobro razvijenoj računarskoj podršci.

DATUM, RANG I DEFEKT GEODETSKE MREŽE

Datumom geodetske mreže, kratko: **geodetskim datumom**, nazivamo elemente (parametre) kojima je definisan koordinatni sistem, odnosno elemente kojima je definisan položaj geodetske mreže u koordinatnom sistemu.

Kada parametre datuma zadajemo proizvoljno, radi se o ***SLOBODNIM MREŽAMA***.

Kada parametre datuma dobijamo merenjem, tada se radi o ***NESLOBODNIM MREŽAMA***.

Defekt mreže ili **defekt datuma** predstavlja nedostajući broj parametara da bi se definisao datum geodetske mreže. Defekt mreže zavisi od vrste merenih veličina.

Rang mreže je razlika nepoznatih veličina i defekta mreže. Rang mreže je ustvari rang matrice dizajna tj. matrice A.

$$r = r\left(A\right) = u - d$$

Sledi da, ukoliko je $r < u$, postoji defekt mreže, i tada je matrica A sa nepotpunim rangom kolona. Kod slobodnih geodetskih mreža zadaje se onoliko datumskih uslova koliko iznosi defekt mreže.

Neka se traže koordinate tačaka 1, 2, 3 i 4, tj. neka je

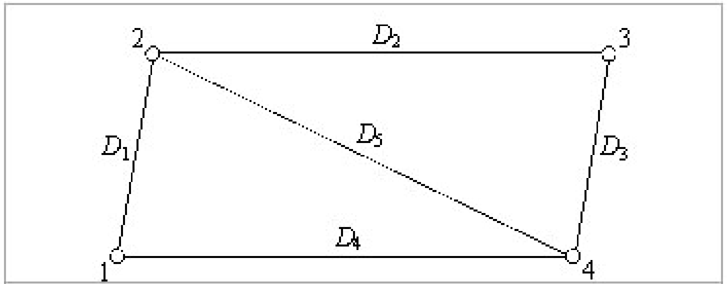
$$\mathbf{X}^{\mathrm{T}} = \begin{bmatrix} Y_1 & X_1 & Y_2 & X_2 & Y_3 & X_3 & Y_4 & X_4 \end{bmatrix}$$

- *vektor traženih veličina*, i

$$\mathbf{L}^{\mathrm{T}} = \begin{bmatrix} D_1 & D_2 & D_3 & D_4 & D_5 & \alpha_1 & \alpha_2 \end{bmatrix}$$

- *vektor merenih veličina*. Očigledno je da vektor **X** ne možemo odrediti samo pomoću vektora **L**, a naime, međusobni položaj tačaka 1, 2, 3 i 4 određen je vektorom **L** (poznata je geometrija traženih tačaka), međutim, njihov položaj u ravni je neodređen.

Za određivanje položaja u ravni tačaka 1, 2, 3 i 4, pored merenog vektora **L** dovoljno je da znamo koordinate jedne tačke i nagib prema drugoj, ili - koordinate jedne i jednu koordinatu druge tačke. Dakle, *potrebna su nam još tri nezavisna podatka*. Ova tri nepoznata podatka čine tzv. ***defekt podatka***, ili ***defekt mreže***, ***d***. U našem primeru imamo $d = 3$. Prema onome što je u poglavlju 2.1 rečeno vidimo da su to podaci koji definišu koordinatni sistem.



Sl. 11.4.1. *Jedna 2D mreža.*

Mnogi autori govore i o ***konfiguracijskom defektu***. Radi se o sledećem: ako su, radi određivanja koordinata tačaka 1, 2, 3 i 4, izmerene dužine D_1, D_2, D_3 i D_4, onda imamo kofiguracijski de-fekt $d_k = 1$. No, pošto u ovom slučaju, ne bismo mogli, na primer, dužinu 1–3 izra-ziti pomoću merenih podataka, onda po definiciji 11.2 ovo nije mreža (ni po definiciji 11.1.1 ovo nije mreža). Broj i vrste elemenata za neke mreže dati su u tabeli 11.4.1.

Broj nepoznatih parametara vektora **x** koga označavamo sa u iznosi 8, tj. $u = 8$, a veličinu $u - d$ označavamo sa r, a nazivamo je ***rangom mreže***.

Broj i vrste parametara koji čine defekt podataka u nekim geodetskim mrežama :

Tip mreže	**Mereni elementi u mreži**	**Defekt mreže *d***	**Elementi koji proizvode defekt mreže (nepoznati parametri koordinatnog sistema)**
1D	Visinske razlike	1	Visina jedne tačke (translacija)
2D	a) Uglovi b) Dužine ili: dužine i uglovi v) Koordinatne razlike	4 3 2	Koordinate jedne tačke (dve translacije), razmera i orjentacija Koordinate jedne tačke i orjentacija (rotacija) Koordinate jedne tačke (dve translacije)
3D	Uglovi (dužine ili: uglovi i dužine)	7 (6)	Koordinate jedne tačke (3 translacije) Orjentacija u trima ravnima (3 rotacije); Razmera (ne uzima se kod mreža sa merenim dužinama, osim u spec. slučaju)

U zavisnosti od načina na koji dolazimo do vrednosti datih veličina razlikujemo *slobodne* i *neslobodne* mreže. Tako, *ako parametre*, koji čine *defekt podataka u geodetskim mrežama, određujemo*:

a) *merenjem - imamo* ***neslobodne*** *mreže*,
b) *proizvoljno - imamo* ***slobodne*** *mreže*.

Ako date veličine u geodetskim mrežama određujemo merenjem, ili kao funkcije rezultata merenja, onda će one biti slučajne veličine, a ako ih, pak, zadajemo proizvoljno, onda će one biti neslučajne (konstante).
Tako, s obzirom na izloženo, možemo uvesti definiciju slobodnih i neslobodnih mreža.
Definicija 1. ***Neslobodnim mrežama nazivamo one geodetske mreže kod kojih date veličine određujemo merenjem direktno, ili kao funkcije rezultata merenja.***
Definicija 2. ***Slobodnim mrežama nazivamo one geodetske mreže kod kojih date veličine zadajemo proizvoljno.***
Ako bar jednu od datih veličina određujemo proizvoljno onda se dotična mreža svrstava u slobodne.
Kao primer neslobodnih mreža mogu se navesti *državne* - *nacionalne* geodetske mreže u kojima su svi parametri koordinatnog sistema, u koga je smeštena mreža, određeni merenjem; dok se kao primeri slobodnih mreža mogu navesti ***mreže u inženjerskim radovima***, kao što su na primer mreže za obeležavanje objekata, mreže za praćenje pomeranja i sleganja objekta i slično.

- U *nacionalnim* (*državnim*) *mrežama* parametri geodetskog datuma se određuju merenjem tako da mreža nema defekt (d=0). U svim proširenjima i pogušćavanjima (denzifikaciji) tih mreža tačaka, date tačke se zadržavaju kao fiksne, tako da se njihove koordinate ne pojavljuju u Gaus Markovljevom modelu kao nepoznati parametri, i one tako obezbeđuju (definišu) geodetski datum. U tom slučaju linearni model je sa potpunim rangom i problem datuma ne postoji.
- U 3D mrežama maksimalni defekt mreže je 7 , tj. neophodno je sedam nezavisnih veličina da bi definisali odgovarajući referentni sistem. Međutim, u geodetskim mrežama dužine i zenitne daljine se često mere, čime se definišu razmera i orijentacija oko X i Y osovine, u tom slučaju se broj nepoznatih parametara datuma smanjuje za tri.
- Taj (dosadašnji) način uspostavljanja nacionalnih mreža od nekih autora je osporavan, i oni su se zalagali za tzv. dinamičke mreže u kojima bi se pri ovakvoj promeni ili pogušćavanju menjao i datum mreže. No, u praksi ovo nije moglo naći primenu iz osnovnog razloga što bi se morale menjati koordinate svih tačaka (svih mreža) a samim tim i koordinate tačaka detalja što bi bio preskup i haotičan posao.
- U *mrežama specijalne namene*, kao što su, na primer, mreže za određivanje deformacija, zahteva se mnogo veća tačnost od postojećih nacionalnih mreža, pa bi usvajanjem datuma sa (fiksnim) tačkama nacionalne mreže pokvarili rezultate. Stoga se ove mreže izrađuju kao slobodne, a datum se definiše na optimalan način zavisno od namene mreže.

Konvencionalni izbor datuma (Caspary, 1987)

1D mreže

Površ istog potencijala je referentna i uvodi se proizvoljnim fiksiranjem visine (gravitacije) jedne tačke. što se tiče razmere ona je u najvećem broju slučajeva određena iz merenja visinskih (gravitacionih) razlika. No ukoliko se razmera uzima kao parametar datuma, (nepoznata je), onda se osim fiksne tačke i jedna visinska (gravitaciona) razlika mora fiksirati.

2D mreže

Dekartov pravougli koordinatni sistem je definisan poznavanjem (fiksiranjem) *dveju koordinata* jedne tačke i *pravca* ka izabranoj tački. Ako nema raspoloživih duina, ili ako se razmera od merenja dužina ne može prihvatiti, onda *jedno rastojanje* moramo fiksirati. Alternativa: umesto toga: fiksiranje *četiri koordinate* dveju tačaka mreže.

3D mreže

U ovom slučaju Dekartov pravougli koordinatni sistem definisan je poznavanjem (fiksiranjem) ***triju koordinata*** jedne tačke, ***jednog pravca*** i ***dvaju zenitnih uglova***, (tri ugla orjentacije - rotacije). Ako je i razmera parametar datuma tada jednu dužinu treba poznavati - fiksirati. Umesto toga alternativa: referentni sistem može biti definisan pomoću ***šest koordinata*** dveju tačaka mreže plus ***jedan*** dodatni element (za nepoznatu razmeru mreže).

Informacije o datumu sadržane u geodetskim opažanjima

O p a ž a nj a	Parametri datuma 2D mreže			
	t_y	t_x	r_z	s
Dužine	–	–	–	×
Horizontalni uglovi	–	–	–	–
(Horizontalni pravci)	–	–	–	–
Azimut (astronomski, žiro.)	–	–	×	–
Položaj (astronomski, GPS)	×	×	×	×
Razlike položaja (GPS, inercijalne)	–	–	×	×

Definisanje datuma kod slobodnih geodetskih mreža

Datum razmatrane mreže definisan je na dva načina, i to:
a) Na ***klasičan način***, preko koordinata Y5, X5 i X4, gde imamo sledeću *matricu datumskih uslova*:

$$
\begin{array}{cccccccccccccc}
 & & y_2 & x_2 & y_4 & x_4 & y_5 & x_5 & y_6 & x_6 & z_2 & z_4 & z_5 & z_6 \\
\mathbf{R}^{\mathrm{T}} & = & \multicolumn{12}{c}{\left[\begin{array}{cccccccccccc}
0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & \mathbf{1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
\end{array}\right];}
\end{array}
$$

b) ***Minimalnim tragom kovarijacione matrice ocenjenih koordinata svih tačaka mreže***, sa zastupljenom *matricom datumskih uslova* koja glasi:

$$
\begin{array}{cccccccccccc}
 & & y_2 & x_2 & y_4 & x_4 & \dots & y_6 & x_6 & z_2 & \dots & z_6 \\
\mathbf{B}^{\mathrm{T}} & = & \multicolumn{10}{c}{\left[\begin{array}{cccccccccc}
\frac{1}{\sqrt{m}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{m}} & 0 & \dots & \frac{1}{\sqrt{m}} & 0 & 0 & \dots & 0 \\
0 & \frac{1}{\sqrt{m}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{m}} & \dots & 0 & \frac{1}{\sqrt{m}} & 0 & \dots & 0 \\
-\xi_2 & \eta_2 & -\xi_4 & \eta_4 & \dots & -\xi_6 & \eta_6 & 0 & \dots & 0
\end{array}\right],}
\end{array}
$$

gde figurišu ($j \in \{2,4,5,6\}$):

m – *broj tačaka u mreži* ($m = 4$);

$$\eta_j = \frac{Y_{j,0} - \bar{Y}_0}{g} \quad \text{i} \quad \xi_j = \frac{X_{j,0} - \bar{X}_0}{g},$$

pri čemu su:

$Y_{j,0}$ i $X_{j,0}$ – *približne koordinate tačke* j;

$\bar{Y}_0 = \frac{1}{m}\sum_j Y_{j,0}$ i $\bar{X}_0 = \frac{1}{m}\sum_j X_{j,0}$ – *koordinate težišta*;

$$g = \sqrt{\sum_j (Y_{j,0} - \bar{Y}_0)^2 + \sum_j (X_{j,0} - \bar{X}_0)^2} \;.$$

$$\mathbf{A}_{n,u} = \begin{bmatrix} y_2 & x_2 & y_4 & x_4 & y_5 & x_5 & y_6 & x_6 & z_2 & z_4 & z_5 & z_6 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A}_{n,u} = \begin{bmatrix} b_{24} & a_{24} & b_{42} & a_{42} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & b_{56} & a_{56} & b_{65} & a_{65} & 0 & 0 & 0 & 1 \\ B_{26} & A_{26} & 0 & 0 & 0 & 0 & B_{62} & A_{62} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & B_{46} & A_{46} & 0 & 0 & B_{64} & A_{64} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & B_{56} & A_{56} & B_{65} & A_{65} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$P_{p_{jk}\ [1/''^2]} = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{p_{jk}}^2} \equiv \frac{\sigma_0^2}{\sigma_p^2} = 1 \qquad \sigma_{p_{jk}} \equiv \sigma_p = 0.6''$$

$$P_{D_{jk}\ [1/\mathrm{mm}^2]} = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{D_{jk}}^2} \qquad \sigma_{jk,D} = 3\,\mathrm{mm} + 1\,\mathrm{mm} / D_{jk\,[\mathrm{km}]}$$

$$\mathbf{P}_{n,n} = diag\left\{ 1 \quad 1 \quad \cdots \quad 1 \quad \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{D_{62}}^2} \quad \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{D_{64}}^2} \quad \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{D_{65}}^2} \right\}$$

$$\mathbf{f}_{1,n}^{\mathrm{T}} = \left[f_{p_{\mathbf{24}}} \quad f_{p_{\mathbf{26}}} \quad \cdots \quad f_{p_{\mathbf{65}}} \quad f_{D_{\mathbf{62}}} \quad f_{D_{\mathbf{64}}} \quad f_{D_{\mathbf{65}}} \right]$$

$$\mathbf{N} = \mathbf{A}^{\mathrm{T}}\mathbf{P}\mathbf{A}$$

Način dobijanja inverzija $\mathbf{N}^{-}$ i $\mathbf{N}^{+}$, koje se, redom, odnose na klasično definisan datum i datum definisan minimalnim tragom, prikazuje se u nastavku.

Analiza tačnosti merenja

- Merenjem se dobijaju informacije o vrednostima merenih veličina, sa tačnošću koja je unapred definisana (traženom tačnošću). Tražena tačnost može biti propisana pravilnikom (normativna tačnost), postavljena od strane investitora, ali se ipak zahteva najviša tačnost koja je moguća u datim okolnostima i uslovima.
- Željena tačnost može se postići samo ako je obezbeđen adekvatan kompleks uslova: merena veličina, operator, merna tehnika i pribor, metoda merenja i odgovarajući atmosferski uslovi pri merenju.
- U procesu merenja i obeležavanja pojavljuju se neizbežne greške, koje mimo naše volje opterećuju rezultate merenja. Zato ni sa najvećom pažnjom, nije moguće izvršiti merenja koja nisu opterećena čitavim nizom elementarnih grešaka.

Rezultat merenja biće opterećen ukupnom greškom merenja koja predstavlja zbir svih elementarnih grešaka prisutnih pri merenju. Prema tome, ukupna greška ε_F može se predstaviti kao funkcija elementarnih grešaka ε_i.

$$F = \sum_{i=1}^{n} g_i \cdot \varepsilon_i, \; E\left[\varepsilon_F\right] = 0$$

Gde su g_i *parcijalni izvodi funkcije F.*

- Na osnovu proučavanja uticaja elementarnih grešaka ε_i na ukupnu grešku ε_F može se izvršiti prethodna ocena tačnosti rezultata merenja i obeležavanja.
- Prethodna ocena tačnosti rezultata merenja i obeležavanja biće objektivna, ako su poznati svi izvori grešaka, odnosno sve greške koje se pojavljuju u procesu merenja, karakter tih grešaka s obzirom na njihov uticaj na ukupnu grešku rezultata merenja, njihov raspored i parametri rasporeda (centralni momenti, matematičko očekivanje, varijansa itd.), kao i koeficijenti g_i i njihov uticaj na ukupnu grešku ε_F . Ovi koeficijenti se mogu odrediti ako je poznat zakon delovanja elementarnih grešaka ε_i na ε_F.

- Kada elementarne greške imaju veći uticaj na rezultat merenja te greške zaslužuju "veću pažnju" nego druge greške čiji je odgovarajući uticaj neznatan. Prema tome, elementarne greške mogu biti "**dominantne**" (**značajne**) i one koje to nisu (beznačajne).

- **Dominantne** elementarne greške ograničavaju tačnost rezultata merenja i njihova vrednost značajno utiče na ukupnu grešku, odnosno tačnost merenja. Zato je bitno znati njihov uticaj na ukupnu grešklu ε_F. Od objektivnosti utvrđivanja ovog uticaja zavisi objektivost analize tačnosti metode merenja i obeležavanja.

- Ostale beznačajne elementarne greške, mogu menjati svoju vrednost do izvesnih granica, a da to bitno ne utiče na promenu ukupne greške. Zato one ne zaslužuju "posebnu pažnju", jer im je uticaj na ε_F beznačajan (ili se može takvim učiniti).

- U cilju objektivne ocene tačnosti merenja i obeležavanja izuzetno je važno utvrditi vrednost i karakter delovanja pojedinih grešaka, a naročito dominantnih, jer se samo smanjenjem njihovog uticaja <u>može povećati tačnost merenja i obeležavanja</u>.

- Ukoliko se pravilno ne odrede vrednosti i karakter delovanja svih elementarnih grešaka, **prethodna ocena tačnosti** iz analize metode merenja, neće biti objektivna i kao takva ne može poslužiti za analizu metode merenja i obeležavanja (neće biti objektivna analiza metode merenja i obeležavanja).

Prethodna analiza tačnosti geodetskih mreža

- U procesu projektovanja geodetskih mreža, u cilju dobijanja numeričkih vrednosti za potrebe određivanja prethodne tačnosti mreže, neophodno je odrediti dizajn mreže i planirati merenja u njoj.
- Privremene vrednosti nepoznatih koordinata ili visina tačaka određuju se najčešće sa postojećih karata odrenene razmere ili nekom od poznatih metoda za određivanje vrednosti koordinata. Pod planiranjem merenja podrazumeva se izbor vrste merenja i korespondentne tačnosti merenja.
- Kada su određene privremene vrednosti koordinata ili visina tačaka, definisan plan merenih veličina, kao i njihova tačnost merenja u mreži, određuju se matrica dizajna **A** i kovarijaciona matrica merenih veličina **Kl = $\boldsymbol{\sigma_0 Q_l}$**. Na ovaj način formira se funkcionalni i stohastički model posrednog izravnanja neslobodnih ili slobodnih mreža.

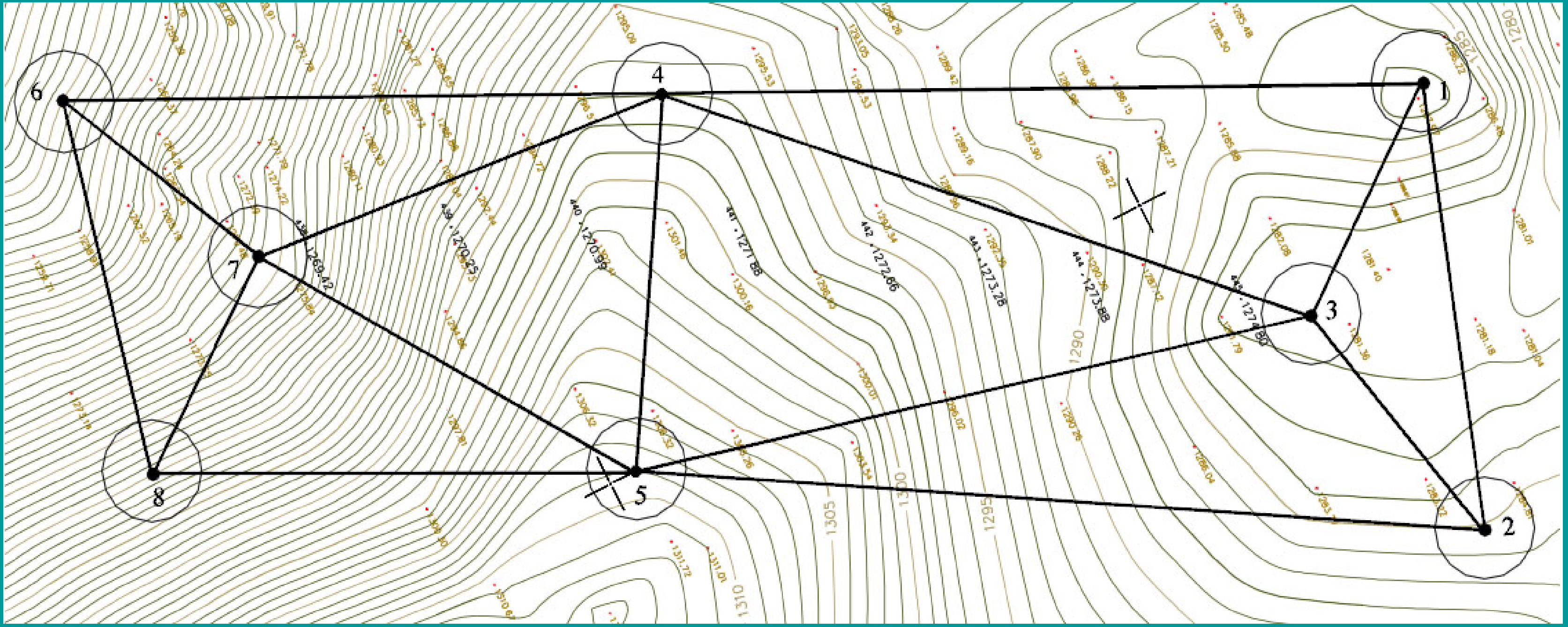
Kovarijaciona matrica nepoznatih parametara za neslobodne mreže je oblika:

$$K_{\tilde{x}} = \sigma_0^2 \cdot Q_{\tilde{x}} = \sigma_0^2 \cdot N^{-1} = \sigma_0^2 \cdot \left(A^T PA\right)^{-1}$$

Kovarijaciona matrica nepoznatih parametara za slobodne mreže je oblika:

$$K_{\hat{x}} = \sigma_0^2 \cdot Q_{\hat{x}} = \sigma_0^2 \cdot N^{+} = \sigma_0^2 \cdot \left(A^T PA\right)^{+}$$

- Na osnovu elemenata određene kovarijacione matrice, obavlja se potpuna prethodna analiza tačnosti tačaka i funkcija u geodetskoj mreži.
- Važno je samo istaći da se u prethodnoj analizi tačnosti koristi vrednost standardne devijacije jedinice težine σ_0 (*a priori* standardna devijacija jedinice težine).



Prethodna analiza tačnosti mikro geodetske 2D slobodne mreže (Mihailović, Aleksić, 2008)

- Nakon analize tačnosti neophodno je uporediti dobijenu tačnost sa definisanom tačnosti u projektnom zadatku. Ako je dobijena tačnost iz prethodne analize identična ili bolja od tačnosti koja je projektnim zadatkom definisana onda se može očekivati da će i <u>nakon realizacije celog projekta mreža biti adekvatnog kvaliteta</u>.
- U suprotnom, ako zahtevi tačnosti iz projektnog zadatka nisu ispunjeni neophodne su izmene u dizajnu mreže, planiranim merenjima ili njihovoj tačnosti.
- Ako je projektovana mreža homogene položajne tačnosti, ali je tačnost dobijena iz prethodne analize manja od tačnosti definisane projektnim zadatkom, onda je neophodno povećati tačnost planiranih merenja. Tačnost planiranih merenja se povećava većim brojem merenja ili se za merenja planiraju kvalitetniji instrumenti i pribor za koje se očekuje da mogu ispuniti zahteve definisane tačnosti.
- Ako projektovana mreža nema homogenu položajnu tačnost, onda su neophodne izmene u planu merenja, obično dodavanjem novih merenja ili promenom pozicije određenog broja tačaka.
- Nakon izvršenih izmena u fazi projektovanja neophodno je ponovo uraditi prethodnu analizu tačnosti a postupak se ponavlja sve dok zahtevi iz projektnog zadatka ne budu ispunjeni.
- **Napomena:** U fazi projektovanja geodetskih mreža, prethodnom analizom mogu se dobiti sve neophodne informacije o tačnosti u budućoj mreži, kao kod izravnanja geodetske mreže, samo je neophodno koristiti vrednost standardne devijacije jedinice težine σ_0 , odnosno u prethodnoj analizi uvek važi da je $\sigma_0 = s_0$.

Prethodna analiza pouzdanosti geodetskih mreža

- Kako kvalitet geodetske mreže zavisi od tačnosti i pouzdanosti, onda se u fazi projektovanja može pored analize tačnosti uraditi i prethodna analiza pouzdanosti geodetskih mreža.
- Kako pouzdanost ukazuje na mogućnost otkrivanja grubih grešaka ili na utvrđivanje njihovog uticaja na ocene nepoznatih parametara, ukoliko nisu otkrivene grube greške onda je jako važno da se u fazi projektovanja mreže odredi njena pouzdanost.
- Za detaljnu analizu unutrašnje i spoljašnje pouzdanosti neslobodnih geodetskih mreža, neophodno je odrediti matricu koeficijenata unutrašnje pouzdanosti R:

$$r_{ii} = Q_{\hat{V}_{ii}} \cdot P_i$$

Veličina r_{ii} predstavlja uticaj grubih grešaka i-tog opažanja na ocenu i-te popravke i predstavlja lokalnu meru unutrašnje pouzdanosti, pri čemu je: $0 \le r_{ii} \le 1$.

$$Q_{\hat{V}_{ii}} = P^{-1} - Q_{\hat{l}}$$ matrica ocena popravaka

$$Q_{\hat{l}} = A Q_{\hat{x}} A^T$$ matrica ocena merenja

Matrica spoljašnje pouzdanosti se određuje na osnovu izraza:

$$U = AN^{-1}A^{T} \cdot Q_{l}^{-1}$$

Kod stohastički nezavisnih veličina kofaktorska matrica Ql prelazi u recipročnu matricu težina P.

Marginalna greška koja se *Data-snooping* testom može otkriti predstavlja vrednost grube greške koja se može otkriti pomenutim testom, pod pretpostavkom postojanja samo jedne grube greške.

$$\left|G_i\right| = \frac{\sigma_0 \sqrt{\lambda_0}}{P_i \sqrt{Q_{\hat{V}_{ii}}}}$$

pri čemu se parametar necentralnosti određuje na osnovu izabrane moći testa i nivoa značajnosti:

$$\sqrt{\lambda_0} = t_{1-\beta_0} + t_{1-\alpha_0/2}$$

Ako je u prethodnoj analizi tačnosti određena inverzna ili pseudoinverzna matrica N, onda se ona koristi i u prethodnoj analizi pouzdanosti za određivanje matrica unutrašnje R i spoljašnje pouzdanosti U, pri čemu važi: U + R = I.

Granice koeficijenata r_{ii}	Ocene kontrole
$0 \leq r_{ii} < 0.01$	Nema kontrole
$0.01 \leq r_{ii} < 0.10$	Slaba kontrola
$0.10 \leq r_{ii} < 0.30$	Dovoljna kontrola
$0.30 \leq r_{ii} \leq 1$	Dobra kontrola

Ocene kontrole u teoriji pouzdanosti.

Granice koeficijenata r_{ii}	Vrsta geodetske mreže
$0.5 \leq r_{ii} \leq 0.8$	Kombinovane mreže
$0.3 \leq r_{ii} \leq 0.6$	Trilateracione mreže
$0.1 \leq r_{ii} \leq 0.2$	Poligonske mreže
$0.2 \leq r_{ii} \leq 0.5$	Nivelmanske mreže

Karakteristične vrednosti koeficijenata r_{ii}.

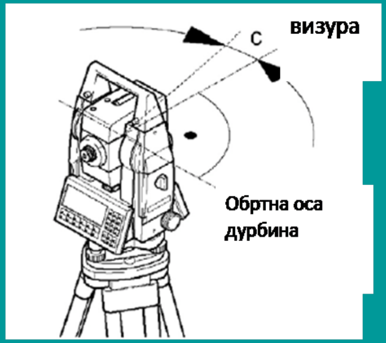
- Minimalna vrednost koeficijenata unutrašnje pouzdanosti za pojedina planirana merenja u projektovanjima geodetskih mreža treba da bude 0.3.
- Ako se nakon prethodne analize dobije slaba pouzdanost, onda u cilju postizanja dobre pouzdanosti u mreži, neophodno je dodati nova planirana merenja veličina i na taj način povećati broj suvišno merenih veličina. Najbolji efekat se postiže zatvaranjem geometrijskih figura u geodetskoj mreži: trougao, četvorougao ili poligon.
- Nakon izmene u planu merenja neophodno je ponovo uraditi prethodnu analizu tačnosti i pouzdanosti. Postupak se ponavlja sve dok kriterijumi tačnosti i pouzdanosti ne budu ispunjeni. Adekvatnim softverom ovi proračuni traju samo nekoliko vremenskih sekundi.
- **Napomena:** Prethodna analiza tačnosti i pouzdanosti u projektovanju primenjuje se u 1D, 2D i 3D geodetskim mrežama.

Postupak provere merenja uglova totalnom stanicom

Provera upravnosti vizure i obrtne ose durbina podrazumeva određivanje kolimacije. Ugao koji čini normala na obrtnu osu durbina i vizura, naziva se kolimacija ***c*** i pruža informaciju o tome koliko vizura nije upravna na obrtnu osu durbina.

Po izvršenoj proceduri merenja za horizontalni pravac u prvom i drugom položaju durbina na tri vizurne markice, računaju se dvostuke vrednosti kolimacije:

$$2c_i = (II_i \pm 180^\circ) - I_i, \ \ i = 1, 2, 3, \ldots$$



Ukoliko su dvostruke vrednosti kolimacije veće od maksimalne dozvoljene vrednosti kolimacije c za za totalnu stanicu, pristupa se rektifikaciji. Rektifikacija se vrši softverski u skladu sa uputstvima proizvođača.

Provera indeksa za čitanje na vertikalnom limbu tj. određivanje čitanja pri vertikalnoj vizuri 2VV i pri horizontalnoj vizuri 2HV.

Ispitivanje se vrši čitanjem vertikalnog ugla, ili zenitnog odstojanja, na tri vizurne markice u sve četiri serije u prvom (KL - krug levo) i drugom (KD - krug desno) položaju durbina. Zbir čitanja pri horizontalnom položaju indeksa za čitanje (kada su opažana zenitna odstojanja) mora biti jednak vrednosti punog kruga. Razlika pokazuje da indeks za čitanje vertikalnih uglova nije horizontalan i to za polovinu razlike. Iz čitanja vertikalnih uglova u prvom i drugom položaju durbina računa se vrednost:

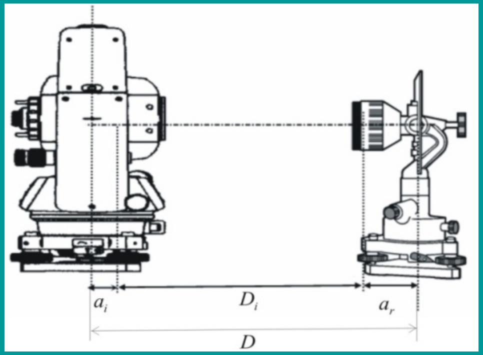
$$\left(2VV\right)_i = \left(KL\right)_i + \left(KD\right)_i - 360^\circ, \ \ i = 1, 2, 3, \ldots$$

Ukoliko su dvostruke vrednosti odstupanja indeksa za čitanje vertikalnih uglova od horizontalnog položaja 2VV veća od maksimalne dozvoljene vrednosti za za totalnu stanicu, pristupa se rektifikaciji. Rektifikacija se vrši softverski u skladu sa uputstvima proizvođača. Nakon rektifikacije pristupa se ponovnom opažanju i određivanju .

Postupak provere merenja dužina totalnom stanicom

Ispitivanje totalne stanice pri merenju dužine u terenskim uslovima se vrši u cilju provere sledećih mernih karakteristika merila:

- adicione konstante instrumenta i reflektora i
- multiplikacione konstante.



Adiciona konstanta sastavljena je od komponente:

- adicione konstante instrumenta a_i i
- adicione konstante reflektora a_r

D_i – rastojanje mereno instrumentom
D – rastojanje koje se meri

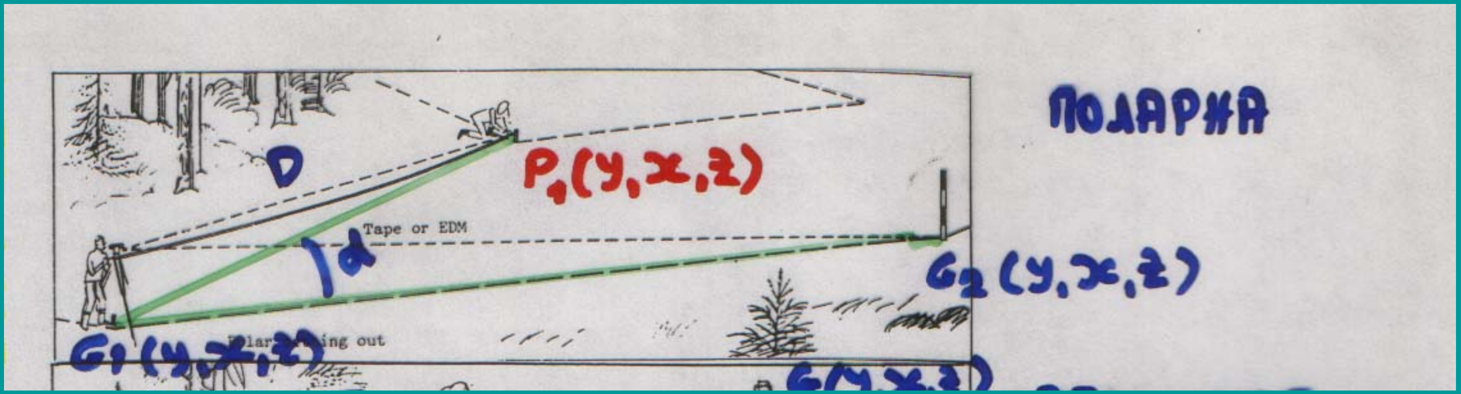
Adiciona konstanta instrumenta predstavlja odstojanje centra emitovanja talasa od vertikalne obrtne ose instrumenta. Adiciona konstanta reflektora je odstojanje ravni odbijanja talasa od obrtne ose reflektora (prizme). Zbir ove dve komponente predstavlja ukupnu adicionu konstantu.

$$a = a_i + a_r$$

Adicionu konstantu daje proizvođač i ona je kao vrednost upisana na samom instrumentu ili se automatski unosi u rezultate merenja dužina. Međutim, pre početka i na kraju merenja ovu vrednost treba ispitati, pa ako je potrebno unosi se vrednost za adicionu konstantu. Ispitivanje se vrši:

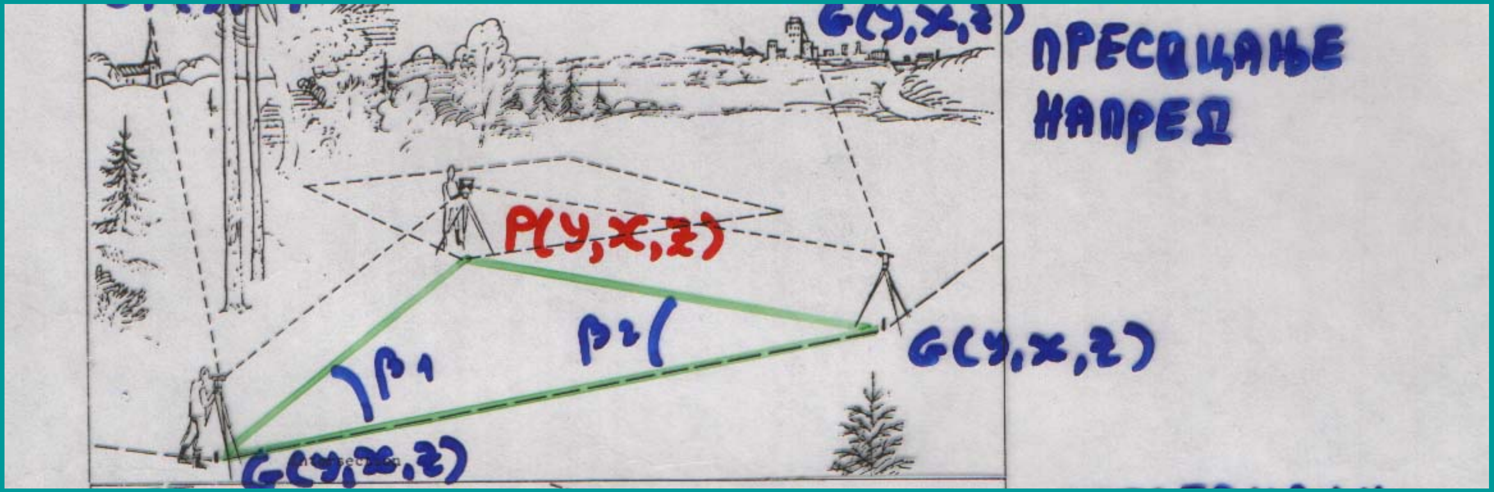
- merenjem uslovno tačne dužine i
- podelom jednog horizontalnog odstojanja na više odsečaka čije dužine nisu poznate.

Metode geodetskog obeležavanja



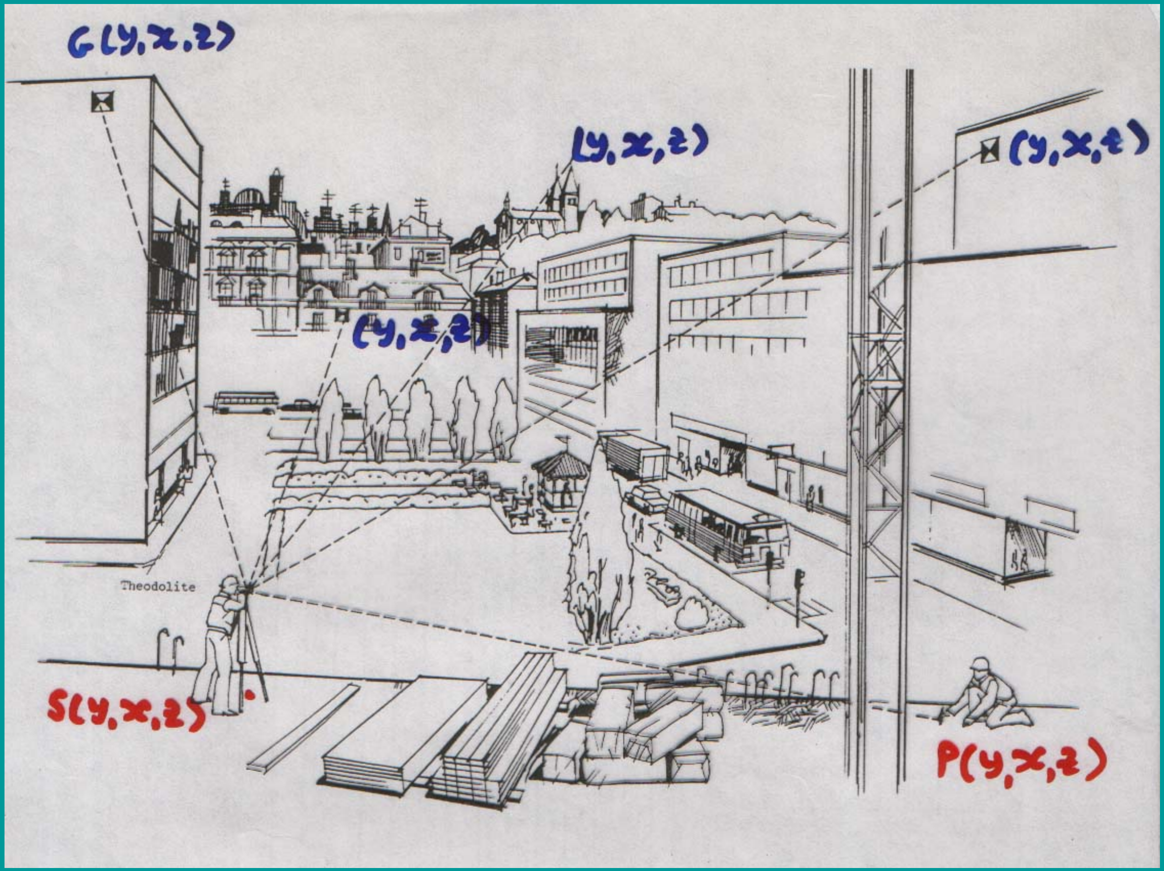
Obeležavanje **polarnom metodom** sprovodi se pomoću horizontalnog ugla i horizontalne dužine (polarni ugao i polarno rastojanje). Ova metoda predstavlja najjednostavniju metodu obeležavanja projektovane tačke na terenu.

Obeležavanje presecanjem pravaca



Obeležavanje projektovane tačke na osnovu dva horizontalna ugla sa dve date tačke odnosi se na postupak presecanja pravaca.

Metoda slobodne stanice ili slobodnog pozicioniranja



Plavom bojom su označene tačke sa poznatim koordinata, a crvenom (S) tačka čije se koordinate određuju metodom slobodnog pozicioniranja. Sa stajališnog mesta se mere horizontalni pravci, vertikalni uglovi (zenitna odstojanja) i kose dužine, u cilju dobijanja **3D koordinata** stajališne tačke. Dalje se u definisanom koordinatnom sistemu obeležava tačka P.

Proračun tačnosti geodetskog obeležavanja

Na grešku položaja σ^2_{pol} utiču tri glavna izvora grešaka, i to: **greška datih veličina**, **greška obeležavanja** i **greška fiksiranja tačke**:

$$\sigma^2_{pol} = \sigma^2_{DV} + \sigma^2_{OB} + \sigma^2_{FIX}$$

Komponente greške obeležavanja polarnom metodom su **greška merenja ugla** i **greška merenja dužine**:

$$\sigma^2_{OB} = \sigma^2_{u} + \sigma^2_{d}$$

Greška merenja ugla je:

$$\sigma^2_{UG} = 2\sigma^2_R + 2\frac{\sigma^2_\varepsilon}{n_{gir}} + \left[\frac{\rho''^2\sigma^2_{CI}}{2}\left(\frac{1}{D_1^2} - \frac{2\cos\beta}{D_1 D_2} + \frac{1}{D_2^2}\right) + \frac{\sigma^2_{CS1}}{2D_1^2} + \frac{\sigma^2_{CS2}}{2D_2^2}\right]$$

Greška merenja dužine je:

$$\sigma^2_D = \frac{\sigma^2_{CI}}{2} + \frac{\sigma^2_{CS}}{2} + \left(a + bD\right)^2$$