



KORRELATIONER MELLAN BASLINJER VID DESIGN OCH OPTIMERING AV GEODETISKA GNSS-NÄT

Amin Alizadeh

Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)



Upprättande av ett optimalt geodetiskt nät

- Nätverksdesign
 - Var ska punkterna i nätet placeras?
 - Hur ska nätet mätas?
- Nätkvalitet
- Utförande: realisera det designade nätet
- Analys av nätet

Noggrannhet

Tillförlitlighet

Kostnader

Känslighet

En optimal observationsplan leder till:

- Att undvika onödiga observationer
- Minimering av tid och arbete
- Att grova fel identifieras och elimineras
- Att motstridiga begränsningar/restriktioner i optimeringsmodellen övervinnas

- **Z**ero-**O**rd**E**r **D**esign (**ZOD**)
optimalt referensdatum
- **F**irst-**O**rd**E**r **D**esign (**FOD**)
optimala platser för stationerna
- **S**econd-**O**rd**E**r **D**esign (**SOD**)
vilka observationer, vilka noggrannheter och tillförlitligheter?
- **T**Hird-**O**rd**E**r **D**esign (**THOD**)
hur kan det befintliga nätet förbättras?

Fasmätning vid dubbeldifferens med GNSS

Mottagare: 3 (a, b, c)

Satelliter: 4 (j, k, l, m)

Epok: 1 (t_1)

Dubbeldifferens-observationer: 6

Observationsekvationer i matrisform:

$$\mathbf{l}_{12 \times 1} - \boldsymbol{\varepsilon}_{12 \times 1} = \mathbf{A}_{12 \times 12} \mathbf{x}_{12 \times 1}$$

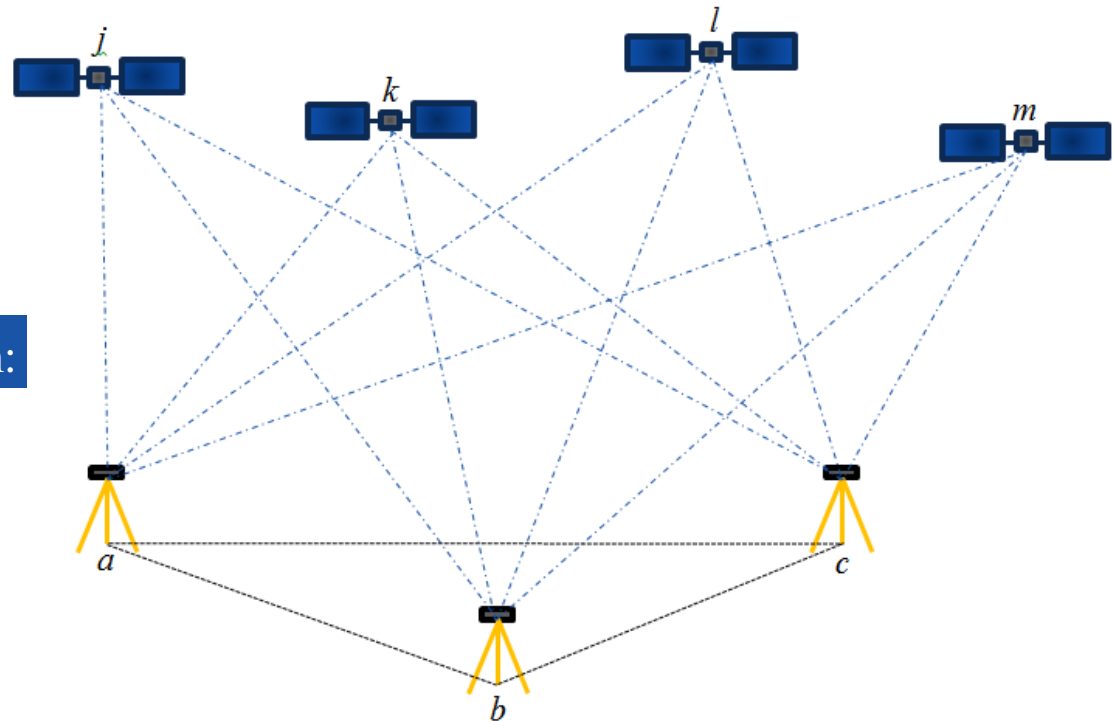
där:

\mathbf{l} : observationer

$\boldsymbol{\varepsilon}$: fel

\mathbf{A} : design-matris

\mathbf{x} : vektor med obekanta (koordinater och periodobekanta)



Korrelationer mellan GNSS-baslinjer

Det finns två typer av korrelationer i dubbeldifferensmätning:

- Matematiska korrelationer
 - Skapas på grund av simultana dubbeldifferens-mätningar
 - Leder till en mer realistisk VC-matris och därmed bättre uppskattning av koordinater
- Fysiska korrelationer (*ignoreras här*)
 - Skapas på grund av atmosfärisk effekt

Viktmatrix för korrelerade mätningar

Ibland blir en viktmatrix (\mathbf{P}) en diagonal-matrix, men när man beaktar korrelationer mellan baslinjer följer denna matrix för session i :

$$\mathbf{P}_i = \sum_{\nabla\Delta}^{-1} = (\mu_i \mathbf{C} \mathbf{C}^T)^{-1} = \frac{1}{\mu_i} \begin{bmatrix} 4 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 4 & 2 & 1 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 4 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 1 & 4 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & 2 & 4 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 4 \end{bmatrix}^{-1}$$

där

\mathbf{C} : design-matrix för fasobservationer

μ : variansfaktor

Bi-objektiv optimeringsmodell (BOOM)

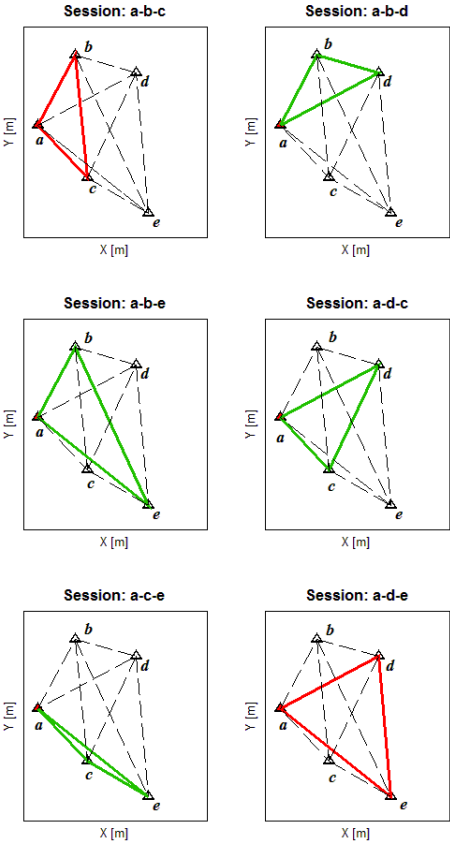
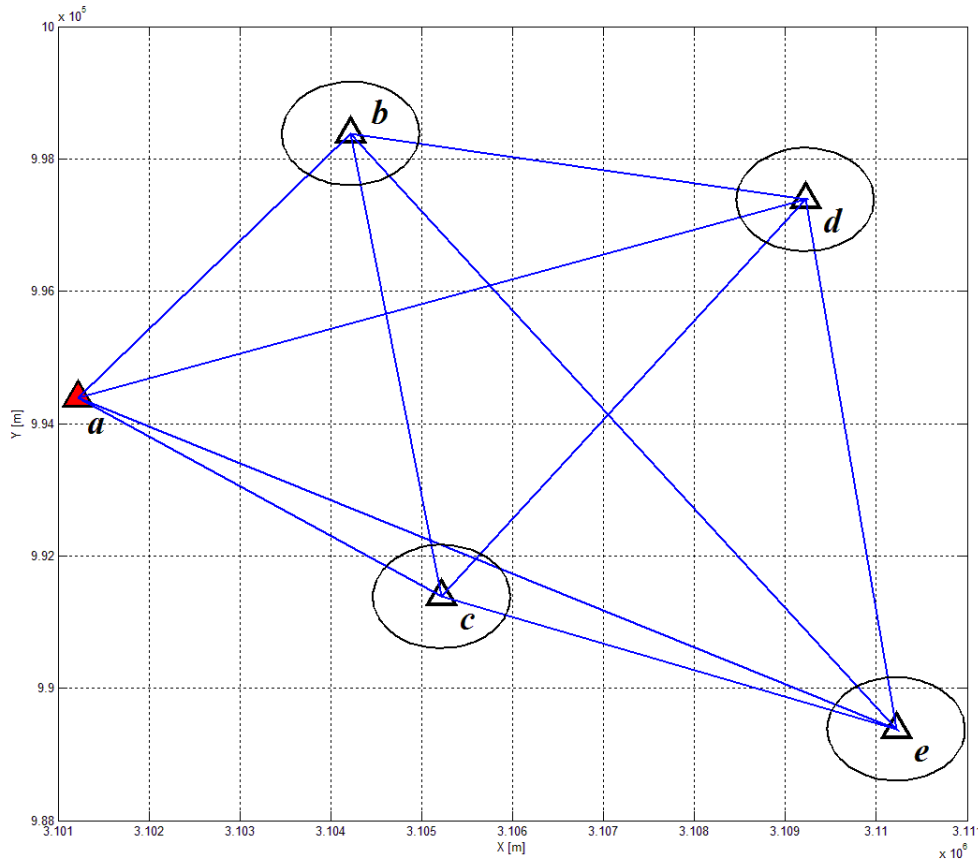
Noggrannhet och tillförlitlighet är de två kriterierna som beaktas i vår modell.

$$\left[\frac{\|\mathbf{H}\mathbf{w} - \mathbf{u}\|}{\|\text{vec}(\mathbf{C}_S)\|} + \frac{\|\mathbf{R}_2\mathbf{w} - (\mathbf{r}_0 - \mathbf{R}_1)\|}{\|\mathbf{r}_0\|} \right] \rightarrow \min$$

Modell för optimal noggrannhet vid beaktande av kriterium för känslighet (Då kan modellen upptäcka eventuella deformationer i nätet)

Modell för optimal tillförlitlighet (Då kan modellen upptäcka/eliminera grova fel)

Resultat



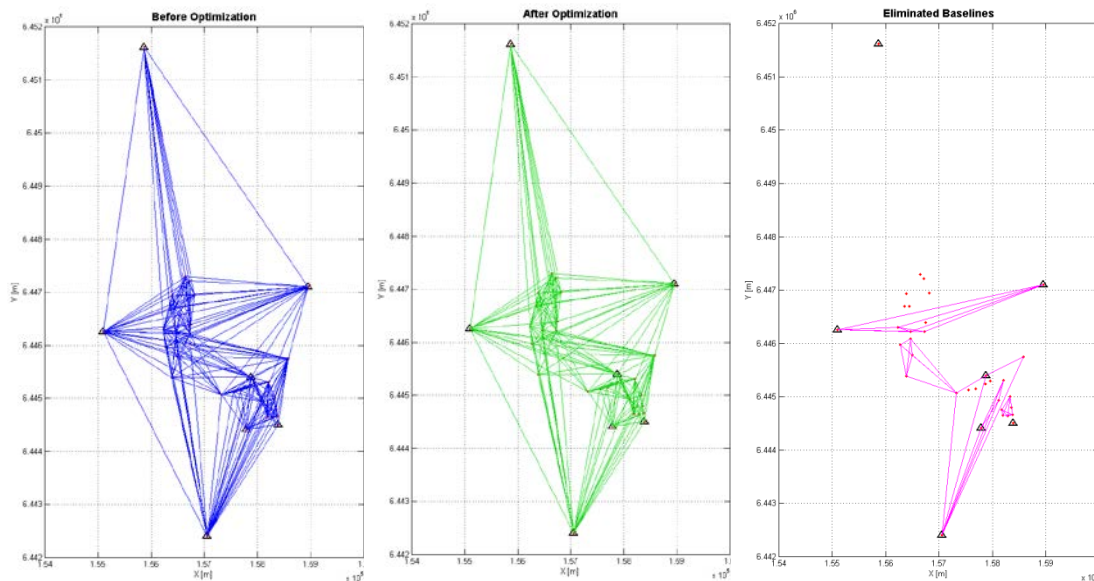
Simulerat nät med fem punkter, där punkten "a" är en känd punkt. De sex bilderna på höger sida illustrerar de möjliga mätning-sessionerna med tre mottagare i nätet.

Resultat

GNSS-sessioner och deras motsvarande optimerade variansfaktorer.

Sessions	Observed baselines	Initial variance factor (μ^0)	Optimized value (μ)	Weight matrix
a-b-c	ab, ac	1.00	3.59 e 61	$\mathbf{Q}_{abc} \approx 0$
a-b-d	ab, ad	1.00	1.87	$\mathbf{Q}_{abd} = \frac{1}{\mu_{abd}} \mathbf{A}_{abd} (\mathbf{C}\mathbf{C}^T)^{-1} \mathbf{A}_{abd}$
a-b-e	ab, ae	1.00	0.84	$\mathbf{Q}_{abe} = \frac{1}{\mu_{abe}} \mathbf{A}_{abe} (\mathbf{C}\mathbf{C}^T)^{-1} \mathbf{A}_{abe}$
a-c-d	ac, ad	1.00	1.00	$\mathbf{Q}_{acd} = \mathbf{A}_{acd} (\mathbf{C}\mathbf{C}^T)^{-1} \mathbf{A}_{acd}$
a-c-e	ac, ae	1.00	1.44	$\mathbf{Q}_{ace} = \frac{1}{\mu_{ace}} \mathbf{A}_{ace} (\mathbf{C}\mathbf{C}^T)^{-1} \mathbf{A}_{ace}$
a-d-e	ad, ae	1.00	1.62 e 77	$\mathbf{Q}_{ade} \approx 0$

- Området är väl känt för jordskred vid Göta älv.
- Lilla Edets övervakningsnät används för att optimera dess nuvarande nät.
- Ett optimalt deformationsnät är designat med beaktande av villkoren för noggrannhet och tillförlitlighet för detektering av rörelser om minst 5 mm mellan nätets punkter.



Innan
optimering

Efter optimering

BOOM utan
korrelations effekt

BOOM vid beaktande
av korrelationer mellan
vektorkomponenter

Antal nödvändiga baslinjer	245	206	209
Antal elimineras baslinjer		39	36

- Syftet var att designa ett optimalt deformationsnät vid beaktande av korrelationer mellan GNSS-baslinjer.
- Korrelationen beror på att man vanligtvis använder mer än två GNSS-mottagare samtidigt för att snabbare genomföra mätprojektet
- I denna studie innehåller varje session tre GNSS-mottagare som tar data från fyra satelliter.
- Variansfaktorn på varje session optimeras istället för dess viktmatris.
- Mättings-sessionerna som fick stora värden för deras variansfaktor eliminerades från observationsplanen.

Ett stort tack till

- WSP Sverige AB
- Lars Sjöberg
- Anna Jensen

Frågor?