

Vaja 2: Kakovost opazovanj GNSS

NAVODILA:

1. S spleta si prenesite eno datoteko RINEX. Uporabite katerokoli spletno bazo datotek RINEX, pazite le, da je datoteka podana v različici 3.- ali 4.xx formata RINEX.
2. Izberite si en satelit GPS, en satelit GLONASS in en satelit Galileo.
3. Analizirajte kakovost opazovanj GNSS vseh treh satelitov za obe vrsti opazovanj, to sta kodni in fazni opazovanji, uporabite sledeče linearne kombinacije:
 - od geometrije neodvisna linearna kombinacija kodnih opazovanj lG_{ij}^C ,
 - od geometrije neodvisna linearna kombinacija faznih opazovanj lG_{ij}^L in
 - linearne kombinacije večpotja lV_i^C .

Upoštevajte, da imajo sateliti GLONASS za vsak satelit drugačno frekvenco. Frekvenčni kanal za vaš satelit in podan datum dobite v datoteki `GLNFreqChan.txt`.

POMOČ:

Osnovne konstante:		
c	299 792 458.0 m s ⁻¹	hitrost svetlobe v vakuumu
f_0^G	10.23 MHz	frekvenca generatorja valovanja pri sistemu GPS
f_0^R	178.00 MHz	frekvenca generatorja valovanja pri sistemu GLONASS
f_0^E	10.23 MHz	frekvenca generatorja valovanja pri sistemu Galileo

Osnovne lastnosti sistemov GNSS:	
GPS	
Signal	Frekvenca [MHz] in valovna dolžina [cm]
L1	$f_1 = 154 \cdot f_0^G = 1575.42$ ($\lambda_1 \approx 19.0$ cm)
L2	$f_2 = 120 \cdot f_0^G = 1227.60$ ($\lambda_2 \approx 24.4$ cm)
L5	$f_5 = 115 \cdot f_0^G = 1176.45$ ($\lambda_5 \approx 25.5$ cm)
GLONASS	
L1 (G1)	$f_1 = f_1^0 + k \cdot \Delta f_1 = 9 \cdot f_0^R + k \cdot \frac{9}{16} \rightarrow 1588.5 - 1615.5$ ($\lambda_1 \approx 18.0$ cm)
L2 (G2)	$f_2 = f_2^0 + k \cdot \Delta f_2 = 7 \cdot f_0^R + k \cdot \frac{7}{16} \rightarrow 1235.5 - 1256.5$ ($\lambda_2 \approx 24.0$ cm)
L3 (G3)	$f_3 = 1202.025$ ($\lambda_3 \approx 25.0$ cm)
L4 (G1a)	$f_4 = 1600.995$ ($\lambda_4 \approx 18.7$ cm)
L6 (G2a)	$f_6 = 1248.060$ ($\lambda_6 \approx 24.0$ cm)
GALILEO	
L1 (E1)	$f_1 = 154 \cdot f_0^E = 1575.42$ ($\lambda_1 \approx 19.0$ cm)
L5 (E5a)	$f_5 = 115 \cdot f_0^E = 1176.45$ ($\lambda_5 \approx 25.5$ cm)
L6 (E6)	$f_6 = 125 \cdot f_0^E = 1278.75$ ($\lambda_6 \approx 23.4$ cm)
L7 (E5b)	$f_7 = 118 \cdot f_0^E = 1207.14$ ($\lambda_7 \approx 24.8$ cm)
L8 (E5A+E5b)	$f_8 = 116.5 \cdot f_0^E = 1191.795$ ($\lambda_8 \approx 25.2$ cm)

Izračun valovne dolžine za poljuben sistem S in poljuben satelit k :

$$\lambda_S^k = \frac{c}{f_S^k}$$

Osnovni opazovanji GNSS, to sta kodno opazovanje C in fazno opazovanje L (v metrih), sta podani z:

$$\begin{aligned} C_i^s [m] &= \rho + c\Delta t_r - c\Delta t^s + T + \gamma_i I + D_{C_i^s} + V_{C_i^s} + \varepsilon_{C_i^s} \\ L_i^s [m] = \lambda_i^s \cdot \Phi_i^s [co] &= \rho + c\Delta t_r - c\Delta t^s + T - \gamma_i I + \lambda_i N_i^s + V_{L_i^s} + \varepsilon_{L_i^s} \end{aligned} \quad (1)$$

Količine v enačbi 1 so določene z:

- C_i^s kodno opazovanje s satelita s na nasilnem valovanju i **izmerjeno v metrih**,
- L_i^s fazno opazovanje s satelita s na nasilnem valovanju i , **preračunano v metre**,
- Φ_i^s fazno opazovanje s satelita s na nasilnem valovanju i , **izmerjeno v celih obratih [co]**,

ρ	geometrična razdalja satelit - sprejemnik,
$c\Delta t_r$	pogrešek ure sprejemnika (v metrih),
$c\Delta t^s$	pogrešek ure satelita (v metrih),
T	troposferska refrakcija,
I	ionosferska refrakcija na prvem nosilnem valovanju (ionosferski refrakcijo ostalih nosilnih valovanjih dobimo preko zveze: $I_i = \gamma_i I$, kjer je $\gamma_i = \frac{f_1^2}{f_i^2}$),
N_i^s	vrednost fazne nedoločenosti za valovanje i in satelit s ,
$D_{C_i^s}$	vrednost kodnega zamika za kodno psevdorazdaljo C_i^s ,
$V_{\alpha_i^s}$	vrednost odboja signala (večpotja) ¹ opazovanje $\alpha = \{C, L\}$ in
$\varepsilon_{\alpha_i^s}$	vpliv slučajnih pogreškov na opazovanje $\alpha = \{C, L\}$.

Linearne kombinacije in njihov izračun (vse količine so v metrih):

- lG_{ij}^L, lG_{ij}^C - linearna kombinacija, neodvisna od geometrije²

$$lG_{ij}^L = L_i - L_j \quad lG_{ij}^C = C_j - C_i$$

- Izračun večpotja - linearne kombinacije za izračun vpliva večpotja na kodnih opazovanjih:

$$lW_i^C = C_i - \left(1 + \frac{2}{\gamma_{ij} - 1}\right) \cdot L_i + \left(\frac{2}{\gamma_{ij} - 1}\right) \cdot L_j$$

$$lW_j^C = C_j - \left(\frac{2\gamma_{ij}}{\gamma_{ij} - 1}\right) \cdot L_i + \left(\frac{2\gamma_{ij}}{\gamma_{ij} - 1} - 1\right) \cdot L_j$$

Faktor $\gamma_{ij} = \frac{f_i^2}{f_j^2}$.

Linearne kombinacije, uporabne pri obdelavi opazovanj GNSS za izračun komponent baznih vektorjev ali koordinat geodetskih točk:

- lI_{ij}^C, lI_{ij}^L - linearna kombinacija, neodvisna od ionosfere³.

$$lI_{ij}^L = \frac{f_i^2}{f_i^2 - f_j^2} \cdot L_i - \frac{f_j^2}{f_i^2 - f_j^2} \cdot L_j = \alpha_i \cdot L_i - \alpha_j \cdot L_j$$

$$lI_{ij}^C = \frac{f_i^2}{f_i^2 - f_j^2} \cdot C_i - \frac{f_j^2}{f_i^2 - f_j^2} \cdot C_j = \alpha_i \cdot C_i - \alpha_j \cdot C_j$$

Za faktorja α_i in α_j velja: $\alpha_i - \alpha_j = 1.0$

- Melbourne-Wübbena - linearna kombinacija, neodvisna od geometrije, ionosfere, troposfere in popravkov ur (satelitove in sprejemnikove).

$$lM_{ij} = \left(\frac{f_i}{f_i - f_j} \cdot L_i - \frac{f_j}{f_i - f_j} \cdot L_j \right) - \left(\frac{f_i}{f_i + f_j} \cdot C_i + \frac{f_j}{f_i + f_j} \cdot C_j \right)$$

¹angl. Multipath

²angl. Geometry-free linear combination

³angl. Ionosphere-free linear combination