

Vaja 2: Vrste in 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. Izpišite vsa opazovanja GNSS vseh treh satelitov s programom `rxPrint.exe`.
4. Analizirajte kakovost opazovanj GNSS vseh treh satelitov za obe vrsti opazovanj, to sta kodni in fazni opazovanja, uporabite sledeče linearne kombinacije:
 - od geometrije neodvisna linearna kombinacija kodnih opazovanj lG_{ij}^C ,
 - od geometrije neodvisna linearna kombinacija faznih opazovanj lG_{ij}^L ,
 - od geometrije neodvisna linearna kombinacija faznih in kodnih opazovanj lG_{ij}^{CL} 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

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

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

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

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

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

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