

Vaja 1: Geodetska opazovanja GNSS in njihove linearne kombinacije

NAVODILA:

Naloga: Format RINEX

1. Na osnovi definicije formata RINEX¹ definirajte vsebine datotek RINEX (elemente glave in telesa datoteke).

Naloga: Uporaba programa `RNXPrint.exe`

1. Izberite si eno stalno delujočo postajo.
2. Izberite si en GPS, en GLONASS in en Galileo satelit.
3. S programom `RNXPrint.exe` izpišite vsa opazovanja in vse linearne kombinacije za vse izbrane satelite na izbrani postaji (uporabite predlogo navodil programa).
4. Grafično primerjajte vsa opazovanja za posamezni satelit in med sateliti - pojasnite numerične vrednosti opazovanj GNSS, njihove spremembe skozi čas in razlike med njimi.
5. Grafično primerjajte vse linearne kombinacije (numerične vrednosti in njihove spremembe skozi čas) - pojasnite ključne razlike med vrednostmi opazovanj in linearnih kombinacij.

Naloga: Kontrola rezultatov

1. Na osnovi osnovnih opazovanj, poračunajte še sami vse linearne kombinacije in jih preverite preko izpisa programa `RNXPrint.exe`.

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

Upoštevajte, da imajo vlogo opazovanj **drugega** nosilnega valovanja pri sistemu Galileo opazovanja na **nosilnem valovanju sedem (7)**.

¹opis formata RINEX dobite na: <https://files.igs.org/pub/data/format/rinex211.txt>

POMOČ:

Osnovne konstante:

c	299792458.0 m/s	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:

SISTEM	f_1 - Frekvenca L1 [MHz]	f_2 - Frekvenca L2 [MHz]
GPS	$f_1 = 154 \cdot f_0^G = 1575.42$ ($\lambda_1 \approx 19.0$)cm	$f_2 = 120 \cdot f_0^G = 1227.60$ ($\lambda_2 \approx 24.4$)cm
GLONASS	$f_1 = f_1^0 + k \cdot \Delta f_1$ $f_1 = 9 \cdot f_0^R + k \cdot \frac{9}{16}$ 1588.5 – 1615.5 ($\lambda_1 \approx 18.0$)cm	$f_2 = f_2^0 + k \cdot \Delta f_2$ $f_2 = 7 \cdot f_0^R + k \cdot \frac{7}{16}$ 1235.5 – 1256.5 ($\lambda_2 \approx 24.0$)cm
Galileo	$f_1 = 154 \cdot f_0^E = 1575.42$ ($\lambda_1 \approx 19.0$)cm	$f_7 = 118 \cdot f_0^E = 1207.14$ ($\lambda_7 \approx 24.8$)cm

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

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

Osnovna opazovanja GNSS in osnovne enačbe so podane z:

$$\begin{aligned} C1[m] &= \rho + c\Delta t_R - c\Delta t^S + T + I_1 + D_{C1} + M_{C1} + \varepsilon_{C1} \\ P1[m] &= \rho + c\Delta t_R - c\Delta t^S + T + I_1 + D_{P1} + M_{P1} + \varepsilon_{P1} \\ C2[m] &= \rho + c\Delta t_R - c\Delta t^S + T + \gamma I_1 + D_{C2} + M_{C2} + \varepsilon_{C2} \end{aligned} \quad (1)$$

$$P2[m] = \rho + c\Delta t_R - c\Delta t^S + T + \gamma I_1 + D_{P2} + M_{P2} + \varepsilon_{P2} \quad (2)$$

$$C7[m] = \rho + c\Delta t_R - c\Delta t^S + T + \gamma I_1 + D_{C7} + M_{C7} + \varepsilon_{C7}$$

$$L1[m] = \lambda_1 \cdot \Phi_1[co] = \rho + c\Delta t_R - c\Delta t^S + T - I_1 + \lambda_1 N_1 + M_{L1} + \varepsilon_{L1}$$

$$L2[m] = \lambda_2 \cdot \Phi_2[co] = \rho + c\Delta t_R - c\Delta t^S + T - \gamma I_1 + \lambda_2 N_2 + M_{L2} + \varepsilon_{L2}$$

$$L7[m] = \lambda_7 \cdot \Phi_7[co] = \rho + c\Delta t_R - c\Delta t^S + T - \gamma I_1 + \lambda_2 N_2 + M_{L7} + \varepsilon_{L7}$$

Kjer so:

- C1 Splošno dostopna² psevdorazdalja na prvem nosilnem valovanju (v metrih)
- P1 Precizna psevdorazdalja na prvem nosilnem valovanju (v metrih)
- C2 Splošno dostopna psevdorazdalja na drugem nosilnem valovanju (v metrih)
- P2 Precizna psevdorazdalja na drugem nosilnem valovanju (v metrih)
- C7 Splošno dostopna psevdorazdalja na sedmem nosilnem valovanju (v metrih)
- L1 Fazna psevdorazdalja na prvem nosilnem valovanju (v metrih), (Φ_1 predstavlja fazno opazovanje v celih obratih [co])
- L2 Fazna psevdorazdalja na drugem nosilnem valovanju (v metrih), (Φ_2 predstavlja fazno opazovanje v celih obratih [co])

L7 Fazna psevdorazdalja na sedmem nosilnem valovanju (v metrih), (Φ_7 predstavlja fazno opazovanje v celih obratih [co])

Količine v enačbah 2 so določene z:

ρ	Geometrična razdalja satelit - sprejemnik
$c\Delta t_R$	Pogrešek ure sprejemnika (v metrih)
$c\Delta t^S$	Pogrešek ure satelita (v metrih)
T	Optično podaljšanje opazovanja zaradi vpliva troposfere
I_1	Optično podaljšanje opazovanja na prvem nosilnem valovanju zaradi vpliva ionosfere. Pogrešek ionosfere na drugem nosilnem valovanju dobimo preko zveze: $I_2 = \gamma I_1$, kjer je $\gamma = \frac{f_1^2}{f_2^2}$ (enako tudi za sedmo nosilno valovanje $I_7 = \gamma I_1$, $\gamma = \frac{f_1^2}{f_7^2}$).
N_i	Vrednost fazne nedoločenosti za valovanje i .
D_L	Vrednost kodnega zamika za kodno psevdorazdaljo L .
M_L	Vrednost odboja signala (večpotje) ³ opazovanja L .
ε_L	Vpliv slučajnih pogreškov na opazovanje L .

Linearne kombinacije in njihov izračun:

- L3, P3 - linearna kombinacija, neodvisna od ionosfere⁴. Vse količine so v metrih.

$$L3 = \frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} \cdot L1 - \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \cdot L2 = \alpha_1 \cdot L1 - \alpha_2 \cdot L2$$

$$P3 = \frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} \cdot P1 - \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \cdot P2 = \alpha_1 \cdot P1 - \alpha_2 \cdot P2$$

$$\text{Faktorja: } \alpha_1 \approx 2.55 \quad \alpha_2 \approx 1.55 \quad \rightarrow \quad \alpha_1 - \alpha_2 = 1.0$$

- L4, P4 - linearna kombinacija, neodvisna od geometrije⁵. Vse količine so v metrih.

$$L4 = L1 - L2$$

$$P4 = P2 - P1$$

- Melbourne-Wübbena - linearna kombinacija, neodvisna od geometrije, ionosfere, troposfere in popravkov ur (satelitove in sprejemnikove). Vse količine so v metrih.

$$MW = \left(\frac{f_1}{f_1 - f_2} \cdot L1 - \frac{f_2}{f_1 - f_2} \cdot L2 \right) - \left(\frac{f_1}{f_1 + f_2} \cdot P1 + \frac{f_2}{f_1 + f_2} \cdot P2 \right)$$

$$MW = (\beta_1 \cdot L1 - \beta_2 \cdot L2) - (\delta_1 \cdot P1 + \delta_2 \cdot P2)$$

Faktorji:

$$\beta_1 \approx 4.53 \quad \beta_2 \approx 3.53 \quad \rightarrow \quad \beta_1 - \beta_2 = 1.0$$

$$\delta_1 \approx 0.56 \quad \delta_2 \approx 0.44 \quad \rightarrow \quad \delta_1 + \delta_2 = 1.0$$

²angl. Coarse Acquisition (CA ali C/A)

³angl. Multipath

⁴angl. Ionosphere-free linear combination

⁵angl. Geometry-free linear combination

- Izračun večpotja - linearni kombinaciji za izračun vpliva večpotja na kodnih opazovanjih:

$$M_{C1} = C1 - \left(1 + \frac{2}{\gamma - 1}\right) \cdot L1 + \left(\frac{2}{\gamma - 1}\right) \cdot L2$$

$$M_{C1} = C1 - \kappa_1 \cdot L1 + \kappa_2 \cdot L2$$

$$M_{P1} = P1 - \left(1 + \frac{2}{\gamma - 1}\right) \cdot L1 + \left(\frac{2}{\gamma - 1}\right) \cdot L2$$

$$M_{P1} = P1 - \kappa_1 \cdot L1 + \kappa_2 \cdot L2$$

$$M_{P2} = P2 - \left(\frac{2\gamma}{\gamma - 1}\right) \cdot L1 + \left(\frac{2\gamma}{\gamma - 1} - 1\right) \cdot L2$$

$$M_{P2} = P2 - \nu_1 \cdot L1 + \nu_2 \cdot L2$$

Faktor $\gamma = \frac{f_1^2}{f_2^2}$.