VAJA 4 – DEL 2: REDUKCIJA OPAZOVANJ – POMOČ

1 REDUKCIJA ASTRONOMSKEGA AZIMUTA (HORIZONTALNE SMERI)

1.1 Popravki zaradi vpliva težnostnega polja Zemlje

Redukcija **astronomskega (merjenega) azimuta $\boldsymbol{A_{ij}}$** na **geodetski azimut $\boldsymbol{\alpha'_{ij}}$** s točke i na točko j:

$$C_1 = -\eta_i \tan\varphi_i \tag{1}$$

$$C_2 = -\left(\xi_i \sin A_{ij} - \eta_i \cos A_{ij}\right)\cot z_{ij} \tag{2}$$

kjer sta ξ_i in η_i komponenti odklona navpičnice v smeri meridiana (sever–jug) in prvega vertikala (vzhod–zahod) na stojiščni točki i.

Izračun geodetskega azimuta α'_{ij}:

$$\alpha'_{ij} = A_{ij} + C_1 + C_2 \tag{3}$$

1.2 Popravki zaradi vpliva geometrije elipsoida

Redukcija **geodetskega azimut $\boldsymbol{\alpha'_{ij}}$** v **Laplaceov azimut $\boldsymbol{\alpha_{ij}}$** s točke i na točko j pomeni redukcijo azimuta na elipsoid. Računamo popravek vpliva elipsoidne višine vizirane točke h_j:

$$C_3 = \frac{h_j}{2M_m} e^2 \sin\left(2\alpha_{ij}\right)\cos^2\varphi_m \tag{4}$$

kjer je e prva ekscentriciteta referenčnega elipsoida, M_m in φ_m pa izračunamo po enačbah:

$$M_m = \frac{M_i + M_j}{2} \tag{5}$$

$$\varphi_m = \frac{\varphi_i + \varphi_j}{2} \tag{6}$$

kjer je M polmer ukrivljenost meridiana v obravnavani točki.

Izračun Laplaceovega azimuta α_{ij}:

$$\alpha_{ij} = \alpha'_{ij} + C_3 = A_{ij} + C_1 + C_2 + C_3 \tag{7}$$

Redukcija **Laplaceovega azimuta $\boldsymbol{\alpha_{ij}}$** na **azimut geodetske krivulje $\boldsymbol{\alpha^E_{ij}}$** s točke i na točko j pomeni reševanje dvojnosti normalnih presekov:

$$C_4 = \frac{e^2 {D^E_{ij}}^2}{12 M_m N_m}\sin\left(2\alpha_{ij}\right)\cos^2\varphi_m \tag{8}$$

kjer je e prva ekscentriciteta referenčnega elipsoida, N_m pa izračunamo analogno kot M_m po enačbi (5) (N je polmer ukrivljenost prvega vertikala v obravnavani točki).

Izračun azimuta geodetske krivulje α_{ij}^E:

$$\alpha_{ij}^E = \alpha_{ij} + C_4 = A_{ij} + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \tag{9}$$

Opazovane horizontalne smeri popravljamo na enak način kot astronomske azimute, saj se prav tako nanašajo na navpičnico v opazovališču.

1.3 Popravki zaradi vpliva preslikave v projekcijsko ravnino

Smerni kot $\boldsymbol{\nu_i^j}$ med točkama i in j iz **azimuta geodetske krivulje $\boldsymbol{\alpha_{ij}^E}$** izračunamo preko meridianske konfergence c_i in popravka smernega kota ω_{ij} zaradi ukrivljenosti projekcije geodetske krivulje.

Meridiansko konvergenco c_i izračunamo kot:

$$c_i[\mathrm{rad}] = l\sin\varphi_i + \frac{l^3}{3}\sin\varphi_i\cos^2\varphi_i\,(1 + 3\eta^2 + 2\eta^4) + \frac{l^5}{15}\sin\varphi_i\cos^4\varphi_i\,(2 - t^2) \tag{10}$$

kjer so:

$l = \lambda_i - \lambda_0$	…	oddaljenost od srednjega meridiana $\lambda_0 = 15°$ (vrednost mora biti v radianih)
e'	…	druga ekscentriciteta referenčnega elipsoida
$\eta = e'\cos\varphi_i$		
$t = \tan\varphi_i$		

Popravek smernega kota ω_{ij} zaradi ukrivljenosti projekcije geodetske krivulje med točkama i in j:

$$\omega_{ij}[rad] = \frac{(\bar{n}_j - \bar{n}_i)(2\bar{e}_i + \bar{e}_j)}{6R_m^2} + \frac{e'^2\sin 2\varphi_m\,(\bar{n}_j - \bar{n}_i)^2\bar{e}_i}{6R_m^3} + \frac{e'^2\sin 2\varphi_m\,(\bar{e}_j - \bar{e}_i)(3\bar{e}_i^2 + 2\bar{e}_i\bar{e}_j + \bar{e}_j^2)}{12R_m^3} \tag{11}$$

kjer R_m izračunamo analogno kot M_m po enačbi (5) ($R = \sqrt{MN}$ je srednji polmer ukrivljenost v obravnavani točki). $\bar{e}$ in $\bar{n}$ sta demodulirani koordinati e in n:

$$e = m_0\bar{e} + f_E \tag{12}$$

$$n = m_0\bar{n} + f_N \tag{13}$$

kjer so:

m_0	…	faktor modulacije državne kartografske projekcije ($m_0 = 0{,}9999$)
f_E	…	navidezni pomik proti vzhodu državne kartografske projekcije ($f_E = 500\ 000$)
f_N	…	navidezni pomik proti severu državne kartografske projekcije ($f_N = -5\ 000\ 000$)

Smerni kot ν_i^j izračunamo kot:

$$\nu_i^j = \alpha_{ij}^E - c_i - \omega_{ij} \tag{14}$$

2 REDUKCIJA ZENITNE RAZDALJE

2.1 Popravki zaradi vpliva težnostnega polja Zemlje

Popravek opazovane zenitne razdalje z_{ij} zaradi vpliva težnostnega polja Zemlje s točke i na točko j izračunamo kot:

$$\Delta z_{ij} = \xi_i \cos A_{ij} + \eta \sin A_{ij} \tag{15}$$

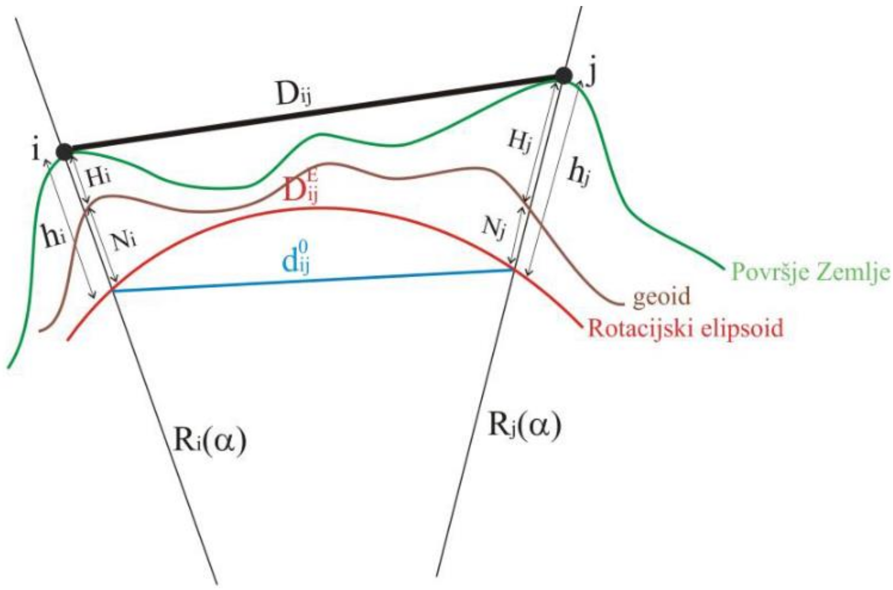
$$z'_{ij} = z_{ij} + \Delta z_{ij} \tag{16}$$

ξ_i … odklon navpičnice v smeri meridiana (sever–jug) na stojiščni točki i
η_i … odklon navpičnice v smeri prvega vertikala (vzhod–zahod) na stojiščni točki i
A_{ij} … astronomski azimut s točke i na točko j
z'_{ij} … za vpliv težnostnega polja Zemlje popravljena opazovana zenitna razdalja z_{ij}

3 REDUKCIJA PROSTORSKE DOLŽINE

3.1 Popravki zaradi vpliva geometrije elipsoida

Prostorska dolžina D_{ij} predstavlja dolžino kamen-kamen med točkama i in j, ki je že reducirana za vpliv meteorologije.



Redukcijo **prostorske dolžine D_{ij}** naredimo v dveh korakih. V prvem koraku izračunamo **dolžino tetive d^0_{ij}**:

$$d^0_{ij} = \sqrt{\frac{D^2 - \left(h_i - h_j\right)^2}{\left(1 + \frac{h_i}{R_m}\right)\left(1 + \frac{h_j}{R_m}\right)}} \tag{17}$$

kjer sta h_i in h_j elipsoidni višini točk i in j, R_m pa predstavlja srednjo vrednost polmerov ukrivljenosti normalnih presekov s točke i na točko j in obratno:

$$R_m = \frac{R_i(\alpha'_{ij}) + R_j(\alpha'_{ji})}{2} \tag{18}$$

Polmer ukrivljenosti normalnega preseka $R_i(\alpha_{ij})$ s točke i na točko j izračunamo kot:

$$R_i(\alpha'_{ij}) = \frac{M_i N_i}{M_i \sin^2 \alpha'_{ij} + N_i \cos^2 \alpha'_{ij}} \tag{19}$$

kjer sta M_i in N_i polmera ukrivljenosti meridiana in prvega vertikala v točki i.

V drugem koraku iz **dolžine tetive $\boldsymbol{d_{ij}^0}$** izračunamo **dolžino geodetske krivulje na elipsoidu $\boldsymbol{D_{ij}^E}$**:

$$D_{ij}^E = 2R_m \arcsin \frac{d_{ij}^0}{2R_m} \tag{20}$$

3.2 Popravki zaradi vpliva preslikave v projekcijsko ravnino

Dolžino v ravnini Gauß-Krügerjeve (prečne Mercatorjeve) projekcije $\boldsymbol{d_{ij}}$ izračunamo kot:

$$d_{ij} = \frac{D_{ij}^E}{1 - \frac{\bar{e}_i^2 + \bar{e}_i \bar{e}_j + \bar{e}_j^2}{6R_m^2} + \frac{\bar{e}_i^4 + \bar{e}_i^3 \bar{e}_j + \bar{e}_i^2 \bar{e}_j^2 + \bar{e}_i \bar{e}_j^3 + \bar{e}_j^4}{24R_m^4}} \tag{21}$$

kjer je $\bar{e}$ demodulirana koordinata e.