

**Sveučilište u Zagrebu**

**Geodetski fakultet**

Krunoslav Špoljar

**Softverska podrška za obradu geodetskih mjerenja**

Zagreb, 2021.

Ovaj rad izrađen je na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za primijenjenu geodeziju, Katedra za instrumentalnu tehniku, pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Mladena Zrinjskog i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2020./2021.

## Popis i objašnjenje kratica korištenih u radu

ETRS89	engl. European Terrestrial Reference System 1989 hrv. Europski terestrički referentni sustav 1989
GNSS	engl. Global Navigation Satellite Systems hrv. Globalni navigacijski satelitski sustav
GRS80	engl. Geodetic Reference System 1980 hrv. Geodetski referentni sustav 1980
HDKS	hrv. Hrvatski državni koordinatni sustav
HTRS96	hrv. Hrvatski terestrički referentni sustav za epohu 1995,55
HVRS1875	hrv. Hrvatski visinski referentni sustav za epohu 1875
HVRS71	hrv. Hrvatski visinski referentni sustav za epohu 1971,5
ISO	engl. International Organization for Standardization hrv. Međunarodna organizacija za normizaciju
IUGG	engl. International Union for Geodesy and Geophysics hrv. Međunarodna unija za geodeziju i geofiziku
LCC	engl. Lambert conformal conic projection hrv. Lambertova konformna konusna projekcija
TM	engl. Transverse Mercator hrv. Transverzalna Mercatorova projekcija
UTM	engl. Universal Transverse Mercator hrv. Univerzalna poprečna Mercatorova projekcija

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. CILJEVI RADA .....	2
3. KOORDINATNI SUSTAVI I KARTOGRAFSKE PROJEKCIJE .....	3
3.1. Hrvatski državni koordinatni sustav .....	4
3.1.1. Gauss-Krügerova projekcija .....	5
3.2. Hrvatski terestrički referentni sustav 1996 .....	9
3.2.1. Ravninske kartografske projekcije Republike Hrvatske.....	11
4. POLOŽAJNO IZJEDNAČENJE OBOSTRANO PRIKLJUČENOGA POLIGONSKOG VLAKA .....	14
5. PRIMIJENJENI SOFTVERI.....	20
5.1. Python.....	20
5.2. PyCharm .....	21
5.3. Visual Studio Code.....	22
5.4. Qt Designer.....	22
6. IZRADA APLIKACIJE ZA POLOŽAJNO IZJEDNAČENJE OBOSTRANO PRIKLJUČENOGA POLIGONSKOG VLAKA .....	24
6.1. Unos podataka .....	24
6.2. Računanje srednjih vrijednosti horizontalnih pravaca.....	28
6.3. Položajno izjednačenje poligonskog vlaka.....	31
6.4. Aplikacija <i>Izjednačenje poligonskog vlaka</i> .....	39
7. ZAKLJUČAK .....	41
8. ZAHVALA.....	42
9. LITERATURA.....	43
10. POPIS SLIKA .....	45
11. SAŽETAK.....	46
12. SUMMARY .....	47
13. ŽIVOTOPIS .....	48
14. POPIS PRILOGA.....	49

# 1. UVOD

Ideja za izradom ovog rada nastala je zbog problema rješavanja poligonskih vlakova tijekom studiranja. Svrha rada je brzo rješavanje položajnog izjednačenja obostrano priključenoga poligonskog vlaka neovisno o broju stajališta, što je najveći problem sličnih programskih rješenja. Softversko rješenje provedeno je u programskom jeziku Python. Konačni rezultat rada je aplikacija izrađena u programskom jeziku Python, koja omogućuje ispis rezultata u datoteku (\*.pdf) u skladu s geodetskim i matematičkim pravilima.

Izmjera zemljišta se kontinuirano provodi već više od 200 godina i u tom dugom vremenskom razdoblju došlo je do velikih promjena u instrumentariju i metodama izmjere te izradi planova i karata, ali i samoj obradi mjerenih podataka. Starije metode izmjere kao što su grafička izmjera, ortogonal ili triangulacija te obrade mjerenih podataka koje su se provodile ručnim izjednačenjem, ručnom izradom planova, grafičkim određivanjem površina do nedavno su bile nezaobilazne u geodetskoj praksi, a sada spadaju u povijest. Razvojem i integracijom teodolita i daljinomjera u geodetske mjerne stanice te primjenom GNSS-a u svrhu geodetske izmjere i izrade geodetskih planova i karata u digitalnom obliku potpuno je drugačiji oblik prikupljanja i obrade prostornih podataka koji je te postupke učinio točnijim, bržim i pouzdanijim. Svakodnevni razvoj tehnologije doprinio je razvoju geodezije kao znanosti pri mjerenju i obradi geodetskih mjerenja. Razvojem naprednih softvera skraćeno je vrijeme obavljanja terenske izmjere i uredske obrade podataka mjerenja. Razni softveri svakodnevno se primjenjuju u svim segmentima obrade geodetskih mjerenja, dok se ranije većina tih poslova obavljala ručno ili tek djelomičnom automatizacijom.

Geodetska obrada mjerenih podataka temeljila se na nizu geodetskih obrazaca, koji su u povijesti osmišljeni za računanja prilikom obrade geodetskim mjerenih podataka. Ovaj je rad nastao prvenstveno radi bržeg položajnog izjednačenja obostrano priključenoga poligonskog vlaka i smanjenja vjerojatnosti pogrešaka prilikom ručnog prepisivanja brojeva tijekom obrade podataka mjerenja.

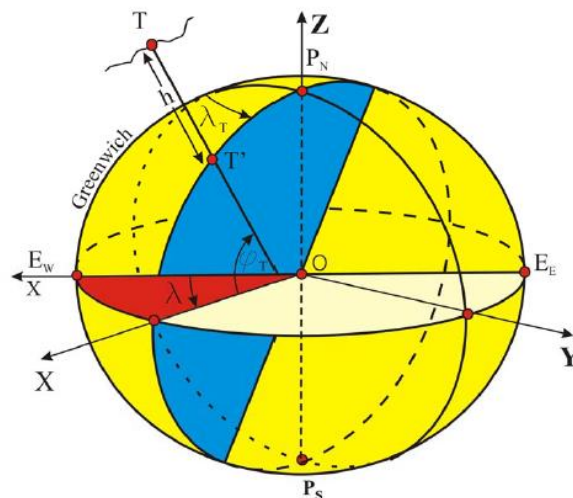
## **2. CILJEVI RADA**

Cilj ovog rada je izrada računalne aplikacije za izjednačenje obostrano priključenog poligonskog vlaka kao jedne od najčešćih metoda geodetskih zadataka. Izrada ove aplikacije zahtijeva dobro poznavanje obrade geodetskih mjerenja, ali i programiranja. Stečena znanja tijekom pet godina studiranja na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te vještine stečene iz radnog iskustva kao studenta predloženi su u izradi ove aplikacije. Kroz naredna poglavlja bit će definirani svi geodetski pojmovi koji se pojavljuju u ulaznim podacima, u izjednačenju te u aplikativnom rješenju. Objašnjeni će biti koordinatni sustavi u Republici Hrvatskoj, zapis koordinata točaka i uloga kartografskih projekcija. Navedeni su svi matematički izrazi potrebni za izradu i implementaciju u aplikaciji.

### 3. KOORDINATNI SISTAVI I KARTOGRAFSKE PROJEKCIJE

Koordinate točaka konačni se rezultat obavljenih terenskih mjerenja. Sve koordinate odnose se prema odgovarajućem koordinatnom sustavu u ravnini projekcije (Macarol 1985). Za lakše objašnjenje geodetskog (elipsoidnog) matematičkog preslikavanja, Zemlja je aproksimirana kuglom ili elipsoidom. Elipsoid je najbolja matematička aproksimacija Zemlje te se u geodeziji često koristi elipsoidni koordinatni sustav. Prema tome kako bi elipsoidni koordinatni sustav bio točan i vjerodostojan trebalo ga je prilagoditi Zemljinom obliku i veličini. U takvom elipsoidnom koordinatnom sustavu bilo koja točka na Zemljinoj površini određena je dvjema koordinatama: geodetskom širinom i geodetskom dužinom. Na elipsoidu je položaj točaka definiran pomoću koordinata izraženih u kutnoj mjeri. Geodetska širina  $\varphi$  označava kut u ravnini meridijana, a određen je ravninom ekvatora i normalom na elipsoid u promatranoj točki. Geodetska dužina  $\lambda$  označava kut u ravnini ekvatora, a određena je ravninom početnog meridijana i meridijanske ravnine kroz promatranu točku. Duljina između točke T i projekcijske točke T' označava elipsoidnu udaljenost i označava se s malim slovom  $h$ . Budući da se radi o elipsoidu, normala ne prolazi kroz središte (Rezo 2013).

Sustav Kartezijevih prostornih koordinata definiran je položajem triju osi. Os Z podudara se s rotacijskom osi elipsoida, os X definirana je presjecištem ravnine početnog meridijana i ravnine ekvatora, dok se os Y nalazi u ravnini ekvatora i okomita je na ravninu XZ, pri čemu tvori desni koordinatni sustav (Rezo 2013). Slika 1 prikazuje detaljan prikaz elipsoidnog i Kartezijeva koordinatnog sustava.



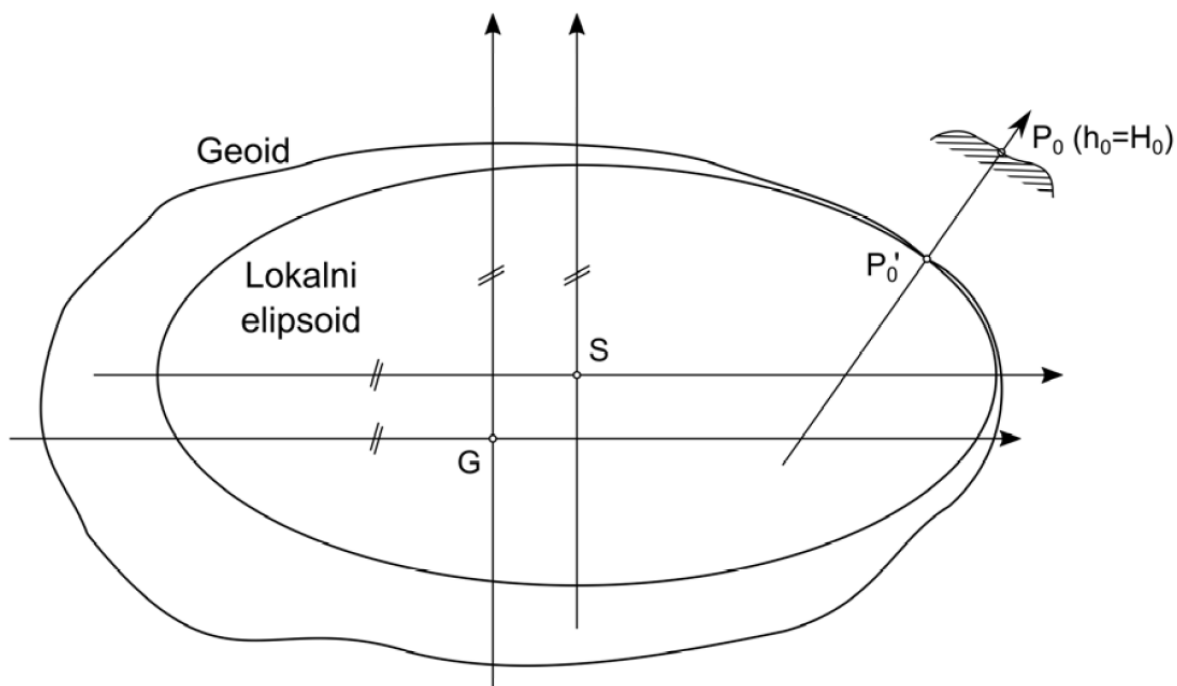
Slika 1. Elipsoidni i Kartezijev koordinatni sustav (Rezo 2013).

U Republici Hrvatskoj nakon njezina osamostaljenja korištena su dva koordinatna sustava. Naslijeđen je stari referentni koordinatni sustav (oznake: HR 1901), uspostavljen 1901. godine, u doba Austro-Ugarske Monarhije, od Vojno geografskog instituta u Beču, dobivajući novo ime Hrvatski državni koordinatni sustav (HDKS) te novo određeni Hrvatski terestrički referentni sustav 1996 (HTRS96).

### 3.1. Hrvatski državni koordinatni sustav

Najbolje aproksimirani dio Zemljine površine za dio Republike Hrvatske iskorišten je naslijeđen položajni datum, odnosno referentni elipsoid Austro-Ugarske Monarhije (Bašić 2003). Odabran je Besselov elipsoid kao matematički model za dio Zemljine površine iz 1841. godine, koji je geometrijski definiran pomoću velike poluosi  $a = 6377397,15500$  m i spljoštenosti  $\mu = 1/299,15281285$  (Čubranić 1974a). Referentni elipsoid nije uključivao fizikalne parametre nego je definiran samo u matematičkom smislu pri čemu nije zadovoljavao definiciju nivo-elipsoida. Odabirom elipsoida i fundamentalne točke  $P_0$  potrebno je smjestiti i orijentirati mrežu, pri čemu je cilj orijentacije što bolje prilagoditi plohu elipsoida s obzirom na Zemljinu plohu geoida (Čubranić 1974b). Pri odabiru fundamentalne točke potrebno je znati komponente otklona vertikalne  $\zeta_0$  i  $\eta_0$  te geoidnu undulaciju  $N_0$ . Te vrijednosti moguće je proizvoljno izabrati, pa je zbog lakšeg računanja odabrano da vrijedi  $\zeta_0 = \eta_0 = N_0 = 0$ , što znači da se ploha geoida i ploha elipsoida u točki  $P_0$  dodiruju (Muminagić 1987). Posljedica toga je poklapanje vertikalne na geoid i normale na elipsoid te jednakost elipsoidne i nadmorske visine u točki  $P_0$  ( $h_0 = H_0$ ) prikazano na slici 2.



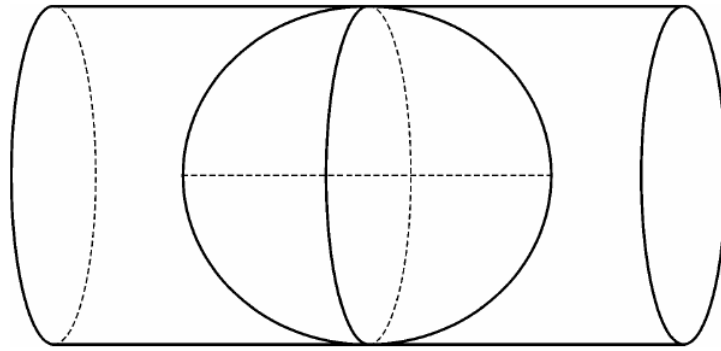


Slika 2. Lokalni datum (Barković i Zrinjski 2020).

### 3.1.1. Gauss-Krügerova projekcija

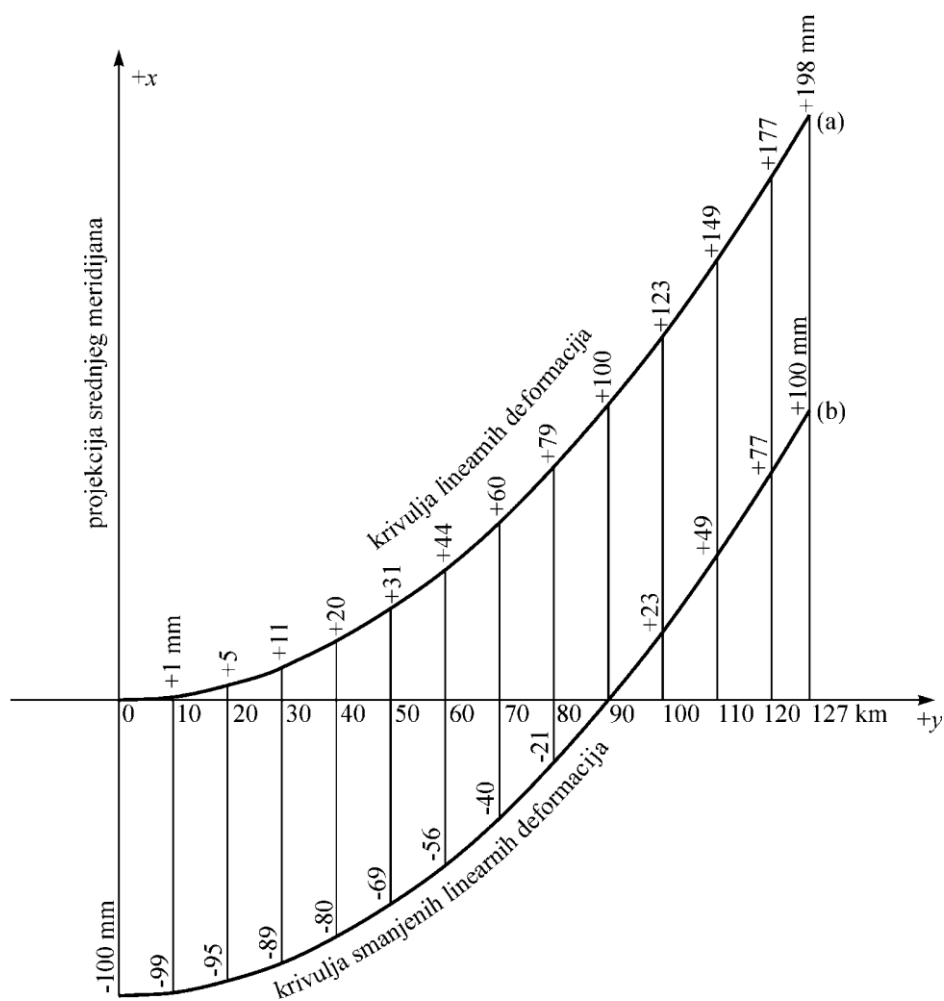
Geodetskim projekcijama nazivaju se projekcije za potrebe državne izmjere. Takve projekcije služe za preračunavanje koordinata trigonometrijskih točaka u ravninu u skladu s matematičkom osnovom za sva računanja u ravnini i za izradu planova i karata krupnih mjerila. Danas se za potrebe državne izmjere u većini zemalja upotrebljava konformna poprečna cilindrična projekcija elipsoida na ravninu, odnosno Gauss-Krügerova projekcija (Frančula 2004).

Projekcija je dobila ime po znanstvenicima Gaussu i Krügeru. Početkom 19. st. Gauss je pri izračunavanju hanoverske triangulacije za preslikavanje s elipsoida u ravninu primijenio način preslikavanja koji se može vizualizirati zamislivši preslikavanje na eliptični valjak (slika 3) koji dira elipsoid uzduž srednjeg meridijana područja preslikavanja ili na plašt valjka koji siječe elipsoid. Krüger je 1912. godine objavio knjigu o projekciji, a 1919. godine zbirku formula za praktičnu primjenu projekcije (Frančula 2004).



*Slika 3. Eliptični valjak (Francula 2004).*

Prema slici 4 linearne deformacije povećavaju se udaljavanjem od osi  $x$  i na udaljenosti od 90 km iznosi 1 dm po 1 km, što je maksimalno dopušteno odstupanje. Iz toga proizlazi da se cijeli teritorij naše države ne bi mogao preslikati na dva eliptična valjka s dopuštenim linearnim deformacijama, jer obuhvaća područje širine 360 km, dok se naša država proteže u smjeru zapad-istok na oko 500 km. Kako bi se područje preslikavanja proširilo, na dodirnom meridijanu se uvodi maksimalna negativna linearna deformacija. Na taj se način područje preslikavanja proširilo na 127 km istočno i zapadno od srednjeg meridijana (slika 5), a to je dovoljno da se teritorij naše države obuhvati s dopuštenim linearnim deformacijama u dva koordinatna sustava.



Slika 4. Krivulje linearnih deformacija u Gauss-Krügerovoj projekciji (Frančula 2004).

Zbog tog postupka uvođenja maksimalne negativne linearne deformacije pri upotrebi Gauss-Krügerovih koordinata uvodi se mjerilo preslikavanja  $m_0$  (Frančula 2004).

$$m_0 = 1 - 0,0001 \quad (1)$$

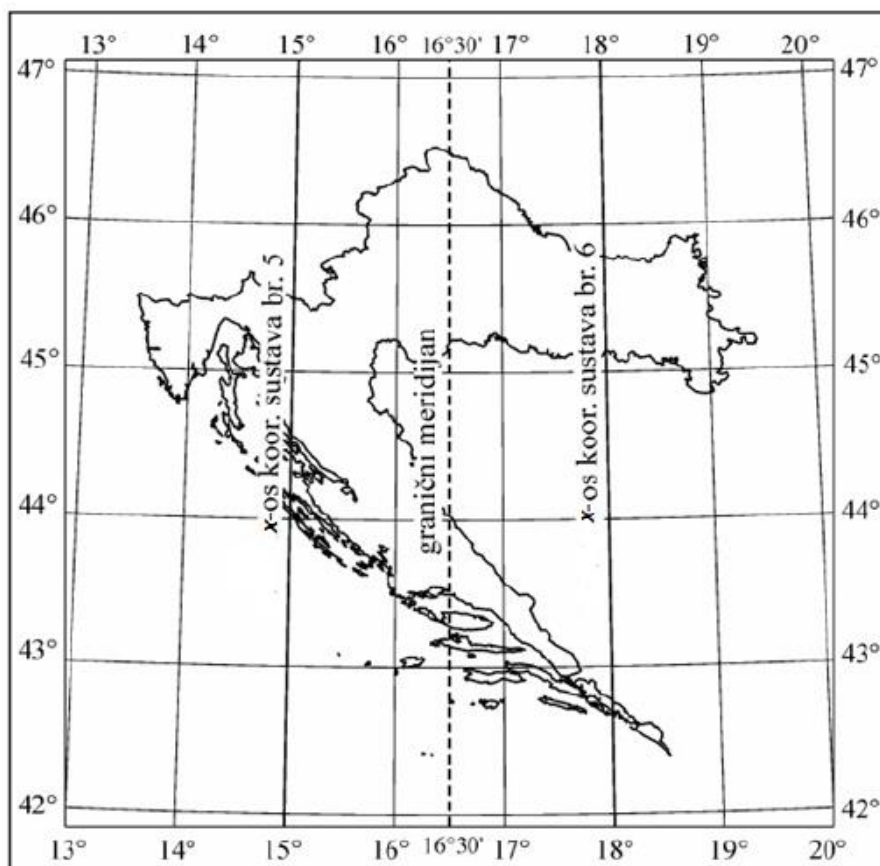
Tada se razlikuju koordinate koje su izvedene uz pretpostavku da nema deformacija na srednjem meridijanu i zovu se nereducirane koordinate te koordinate s uvedenim negativnim deformacijama, odnosno reducirane koordinate. Preračunavanje nereduciranih koordinata u reducirane izvodi se prema sljedećim izrazima (Frančula 2004):

$$\begin{aligned} x &= m_0 \cdot \bar{x} \\ y &= m_0 \cdot \bar{y} + 5\,500\,000 \text{ (ili } 6\,500\,000) \end{aligned} \quad (2)$$

Najpoznatiji geodetski stručnjaci toga vremena tvorili su komisije i izvršili odabir projekcije. Austrija je bila prva država koja je 1917. godine uvela Gauss-Krügerovu projekciju za potrebe državne izmjere. Njemačka je istu projekciju uvela 1923. godine, dok je bivša Jugoslavija Gauss-Krügerovu projekciju uvela samo godinu dana kasnije, 1924. godine (Frančula 2004).

Gauss-Krügerova projekcija definirana je uvjetima da projekcija bude konformna, odnosno da kutovi ostanu očuvani, mjerilo uzduž srednjeg meridijana je konstantno (srednji meridijan preslikava se u pravoj veličini) te da se os  $x$  koordinatnog sustava poklapa sa srednjim meridijanom, pri čemu se ishodište koordinatnog sustava bira u bilo kojoj točki srednjeg meridijana (najčešće se odabire presjek srednjeg meridijana i ekvatora). U literaturi engleskoga jezičnog područja ova se projekcija susreće pod nazivom Transverse Mercator Projection.

Konačno je zaključeno da se teritorij bivše Jugoslavije preslikava u tri zone širine  $3^\circ$ , pri čemu su srednji meridijani  $15^\circ$ ,  $18^\circ$  i  $21^\circ$  uz uvjet da nulti meridijan prolazi kroz Greenwich (Borčić 1976). Nakon osamostaljenja Republika Hrvatska zadržala je navedenu projekciju, pri čemu je državno područje pokriveno 5. i 6. zonom s pripadnim srednjim meridijanima  $15^\circ$  i  $18^\circ$  (slika 5).



Slika 5. Koordinatni sustavi Gauss-Krügerove projekcije na području Hrvatske (Frančula 2004).

Iz tako definiranoga državnog koordinatnog sustava proizlazi da se teritorij Republike Hrvatske nalazi u dva kvadranta. Prema geodetskim pravilima to su prvi i četvrti kvadrant. Kako su u prvom kvadrantu obje koordinate pozitivne, a u četvrtom su apscise negativne, kako bi se izbjeglo računanje s negativnim koordinatama, svim je apscisama dodana vrijednost 500 000 m. Tako sve točke u prvom kvadrantu imaju y koordinate veće od 500 000 m, a one u četvrtom kvadrantu, manje od 500 000 m. Dodatno je uvedena sedma znamenka, tj. oznaka koordinatnog sustava (zone), kako bi se iz apscisne vrijednosti točaka odmah moglo razaznati u kojem se koordinatnom sustavu nalaze koordinate. Za izradu geodetskih planova i karata krupnih mjerila primjenjuju se reducirane koordinate.

### **3.2. Hrvatski terestrički referentni sustav 1996**

Hrvatski terestrički referentni sustav za epohu 1995,55 (HTRS96) je položajni referentni koordinatni sustav Republike Hrvatske u kojem su koordinate 78 osnovnih geodetskih točaka određene 1996. godine (slika 6). Položajni datum Republike Hrvatske određen na temelju Europskog terestričkog referentnog sustava za epohu 1989,0 (ETRS89), utvrđuje se službenim nepromjenjivim i o vremenu neovisnim položajnim referentnim koordinatnim sustavom za Republiku Hrvatsku (Narodne novine 2004a, 2004b). Službeni matematički model za Zemljino tijelo u Republici Hrvatskoj odabran je elipsoid GRS80 s veličinom velike poluosi  $a = 6378137,00$  m i spljoštenošću  $\mu = 1/298,257222101$  (Barković i Zrinjski 2020). Elipsoid GRS80 prihvaćen je na XVII. generalnoj skupštini Međunarodne unije za geodeziju i geofiziku (IUGG), pri čemu su poznati njegovi geometrijski i fizikalni parametri što znači da odgovara definiciji nivo-elipsoida (Hećimović 2002, Lapaine i dr. 2006).



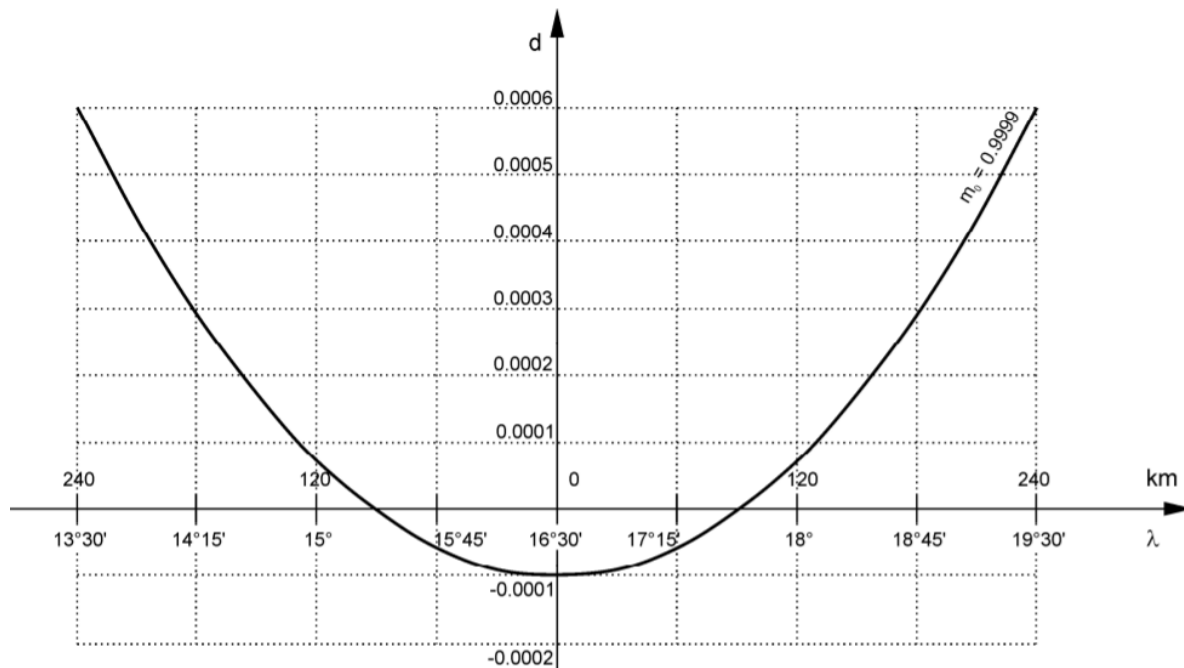
Slika 6. Raspored 78 stalnih točaka geodetske osnove (Premužić i Slevka 2008).

Razlozi uvođenja novog koordinatnog sustava su loše dokumentirani i nedovoljno točni podaci s grubim pogreškama u starom (naslijeđenom) koordinatnom sustavu. Razvojem tehnologije sustav je postao nedovoljno sposoban da odgovori zahtjevima korisnika. Novi geodetski datum je konzistentan s međunarodnim preporukama i temelji se na modernim dostignućima znanosti (Bašić 2000). Ciljevi uvođenja su uklopiti postojeće prepreke efikasnijoj upotrebi modernih mjernih i GIS tehnologija te na taj način ponuditi racionalan i jednostavno primjenljiv referentni sustav odnosno okvir, u dijelu koji se tiče prostornih podataka, da se stvore preduvjeti za razvoj informacijskog društva, kao što je e-katastar te da se omogući daljnji razvoj geodezije i geoinformatike te drugih geoznanosti.

### 3.2.1. Ravninske kartografske projekcije Republike Hrvatske

Koordinatni sustav poprečne Mercatorove (Gauss-Krügerove) projekcije, tj. HTRS96/TM, sa srednjim meridijanom  $16^{\circ} 30'$  i linearnim mjerilom na srednjem meridijanu  $m_0=0,9999$  (slika 7) određuje se projekcijskim koordinatnim sustavom Republike Hrvatske za područje katastra i detaljne državne topografske kartografije (Narodne novine 2004a, 2004b).

Prilikom računanja mora se uzeti u obzir deformacija projekcije i to na način da mjerene duljine koje u sebi ne sadrže deformaciju projekcije treba pomnožiti s lokalnim mjerilom deformacije.



Slika 7. Raspodjela linearnih deformacija u HTRS96/TM (URL 1).

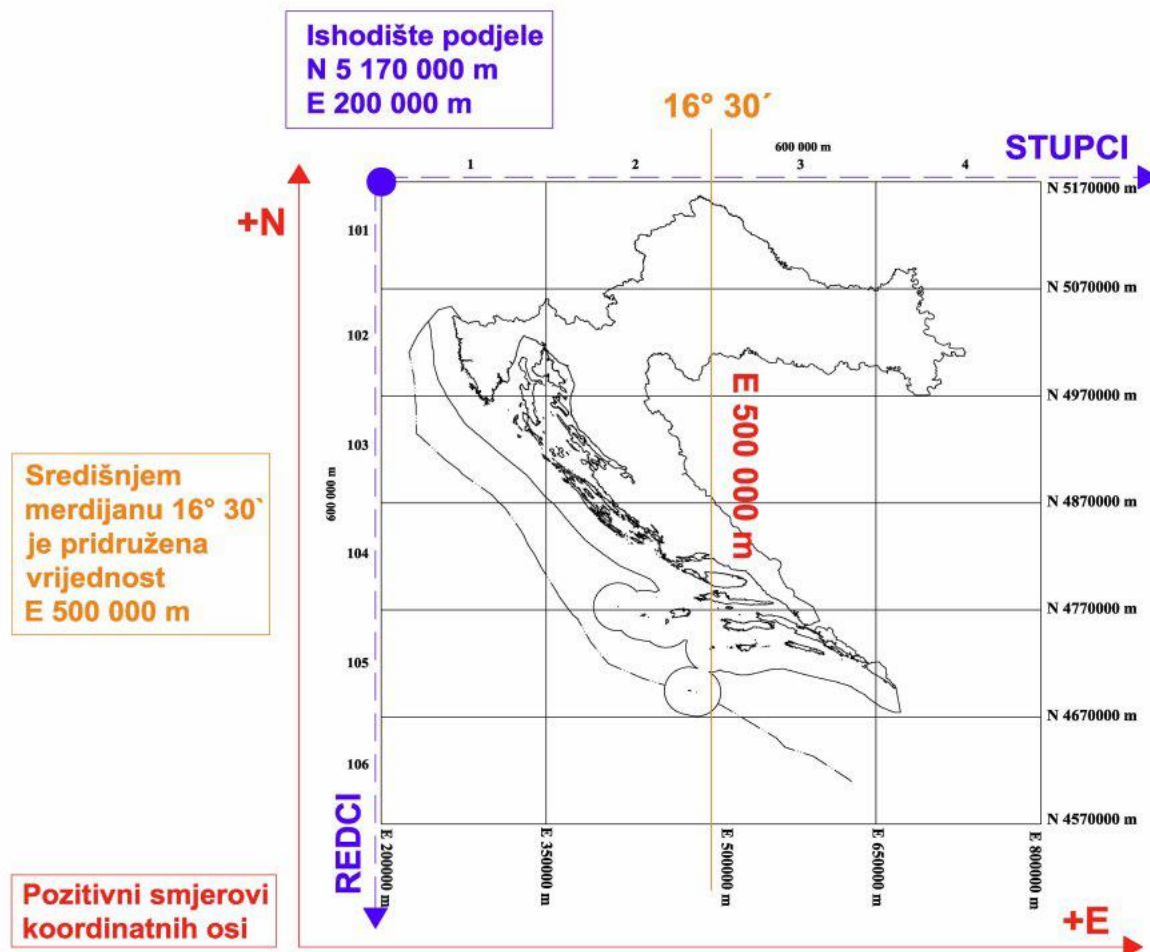
Umjesto dosadašnjih oznaka  $y$  i  $x$  za koordinatne osi u ravnini projekcije uvode se oznake iz engleskoga govornog područja u skladu s normom ISO 19111, koja se bavi geoinformacijama i prostornim koordinatama, pri čemu E označava istok, a N sjever (Lapaine 2000). Prilikom računске obrade mjerenih podataka ne bi trebalo uvijek promišljati o tome treba li ili ne treba voditi brigu o deformacijama projekcije, preporuča se upotreba takvoga softverskog rješenja koje će uvijek voditi računa o mogućim deformacijama. Ponekad su one zanemarive te njihov utjecaj neće doći do izražaja u konačnom rezultatu.

Kao i u HDKS-u, kako bi se izbjegle negativne apscise dodaje se svim apscisama vrijednost 500 000 m, odnosno ishodište koordinatnog sustava ima koordinatu po apscisi  $E = 500\,000$  m.

Tako točke koje leže istočno od ordinarne osi, odnosno od srednjeg meridijana, imaju apscise veće od 500 000 m, a točke koje se nalaze zapadno od srednjeg meridijana imaju apscise manje od 500 000 m, ali uvijek pozitivne (slika 8). Kako bi dobili stvarnu udaljenost točke od srednjeg meridijana, odnosno od osi  $N$  moramo apscisi  $E$  oduzeti vrijednost 500 000 m. Budući da je na srednjem meridijanu uvedena negativna linearna deformacija potrebno je tako dobivene koordinate reducirati. Do reduciranih koordinata,  $E$  i  $N$ , dolazi se tako da nereducirane koordinate pomnožimo s mjerilom  $m_0$  koje je jednako mjerilu na srednjem meridijanu. Koordinate  $\bar{E}$  i  $\bar{N}$  su nereducirane, a koordinate  $E$  i  $N$  su reducirane koordinate (URL 1):

$$\begin{aligned} N &= m_0 \cdot \bar{N} \\ E &= m_0 \cdot \bar{E} + 500\,000 \end{aligned} \quad (3)$$

Za sve praktične radove u detaljnoj izmjeri zemljišta i katastra nekretnina upotrebljavaju se reducirane koordinate.



Slika 8. Osnova podjele na detaljne listove (URL 1).



Osim projekcijskih koordinatnih sustava za područje katastra i detaljne državne topografske kartografije Republike Hrvatske, određen je koordinatni sustav uspravne Lambertove konformne konusne projekcije skraćeno HTRS96/LCC, sa standardnim paralelama  $43^{\circ} 05'$  i  $45^{\circ} 55'$  za područje pregledne državne kartografije, a za potrebe Oružanih snaga Republike Hrvatske usvojen je projekcijski koordinatni sustav univerzalne poprečne Mercatorove projekcije (UTM) sukladno Sporazumu o standardizaciji "STANAG 2211" država članica NATO saveza, 5. izdanje od 15. srpnja 1991. godine.

Budući da su oznake koordinatnih osi u HTRS96/TM sustavu  $E$  i  $N$ , prilikom izrade aplikacije, umjesto oznaka  $y$  i  $x$  u praktičnom su dijelu primijenjene oznake  $E$  i  $N$ .

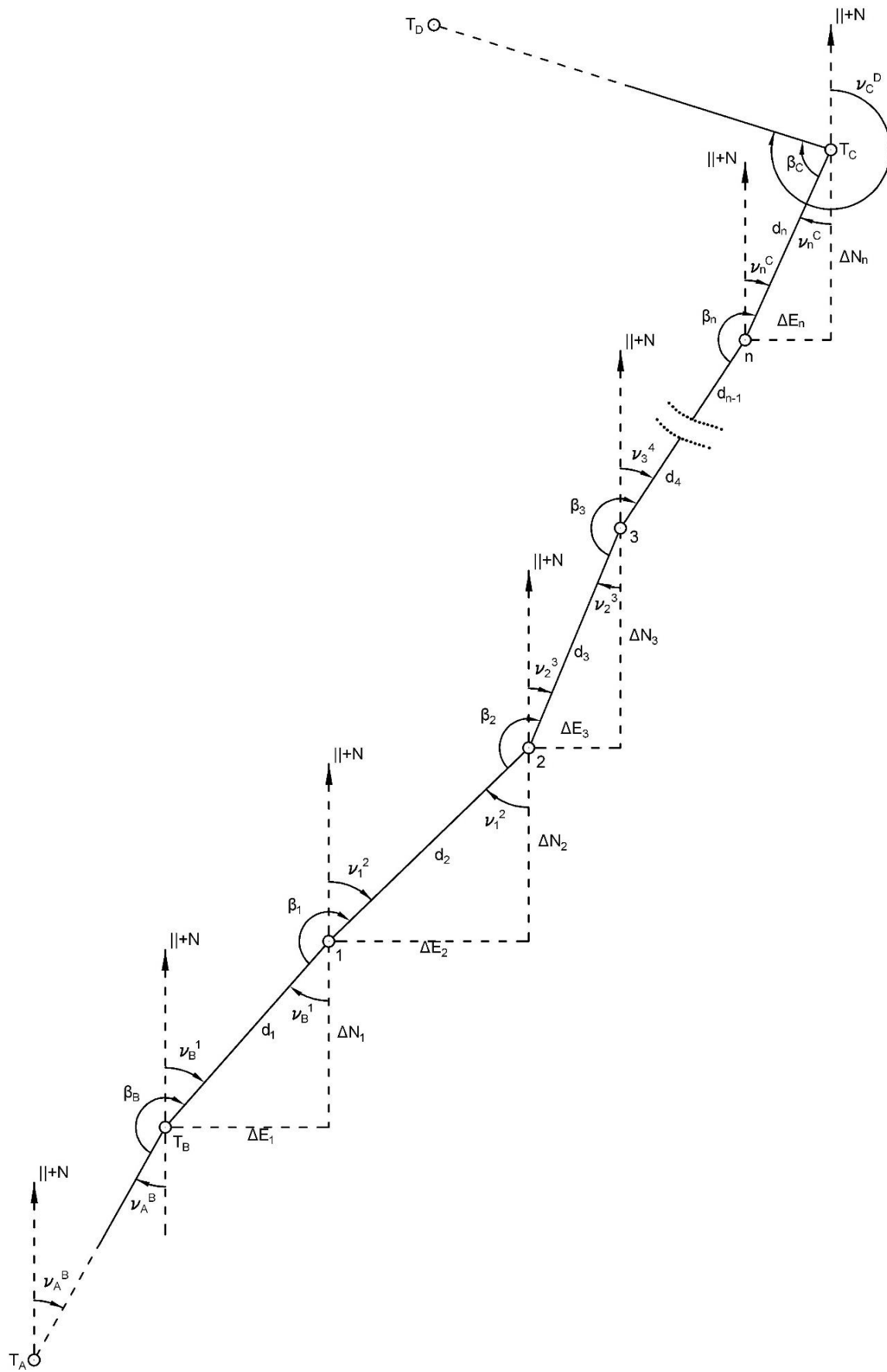
## 4. POLOŽAJNO IZJEDNAČENJE OBOSTRANO PRIKLJUČENOGA POLIGONSKOG VLAKA

Za izjednačenje poligonskih vlakova postoje stroge i približne metode izjednačenja. Kod strogog izjednačenja sve mjerene veličine sudjeluju u izjednačenju odjednom (Rožić 2007). U ovom radu detaljno je opisan postupak približnog izjednačenja pri čemu sve mjerene veličine ne sudjeluju u izjednačenju istovremeno već se prvo izjednače mjerene kutne veličine, a zatim linearne veličine, odnosno koordinatne razlike.

Pri određivanju položaja poligonskih točaka potrebno je izmjeriti sve vezne i prijelomne kutove, poligonske stranice i odrediti smjerne kutove na početnoj i završnoj poligonskoj točki na jednu ili više veznih točaka poznatih po koordinatama. Slika 9 prikazuje obostrano priključeni poligonski vlak sa svim označenim elementima potrebnim za postupak položajnog izjednačenja.

Poznate su koordinate poligonskih točaka  $T_A (E_A, N_A)$ ,  $T_B (E_B, N_B)$ ,  $T_C (E_C, N_C)$  i  $T_D (E_D, N_D)$ . Mjerene su horizontalne duljine poligonskih stranica  $d_1, d_2, d_3, d_4, \dots, d_n$  i horizontalni kutovi: vezni ( $\beta_B, \beta_C$ ) i prijelomni ( $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$ ). U poligonskom vlaku mjere se lijevi horizontalni kutovi girusnom metodom mjerenja kutova (Macarol 1985) (slika 9). Zadatak je odrediti položajne koordinate poligonskih točaka u obostrano priključenom poligonskom vlaku: 1 ( $E_1, N_1$ ), 2 ( $E_2, N_2$ ), 3 ( $E_3, N_3$ ), ...,  $n (E_n, N_n)$  (Zrinjski i dr. 2021). Početni i završni smjerni kutovi ( $v_A^B$  i  $v_C^D$ ) u poligonskom vlaku računaju se prema izrazima (Zrinjski i dr. 2021):

$$\tan v_A^B = \frac{E_B - E_A}{N_B - N_A}, \quad \tan v_C^D = \frac{E_D - E_C}{N_D - N_C}. \quad (4)$$



Slika 9. Položajno izjednačenje obostrano priključenoga poligonskog vlaka (Zrinjski i dr. 2021).

Smjerni kut prve poligonske strane vlaka jest (slika 9):

$$v_B^1 = (v_A^B + \beta_B) \pm 180^\circ, \quad (5)$$

gdje vrijedi:

- 1) ako je  $(v_A^B + \beta_B) \geq 360^\circ$ , onda tu sumu prvo umanjimo za  $360^\circ$ , a nakon toga
- 2) ako je  $0 \leq (v_A^B + \beta_B) < 180^\circ$ , onda je  $v_B^1 = (v_A^B + \beta_B) + 180^\circ$  ili
- 3) ako je  $180^\circ \leq (v_A^B + \beta_B) < 360^\circ$ , onda je  $v_B^1 = (v_A^B + \beta_B) - 180^\circ$ .

Analogno se računa i smjerni kut druge poligonske stranice:

$$v_1^2 = (v_B^1 + \beta_1) \pm 180^\circ = v_A^B + \beta_B + \beta_1 \pm 2 \cdot 180^\circ. \quad (6)$$

Smjerni kut  $n$ -te stranice računa se prema izrazu:

$$v_{n-1}^n = (v_{n-2}^{n-1} + \beta_{n-1}) \pm 180^\circ. \quad (7)$$

Kutna nesuglasica  $f_\beta$  računa se kao razlika vrijednosti TREBA i IMA za kutove, odnosno kao razlika završnog smjernog kuta izračunatog iz poznatih koordinata te smjernog kuta izračunatog na temelju početnog smjernog kuta i sume svih mjerenih prijelomnih i veznih kutova, odnosno:

$$\text{TREBA} = v_C^D,$$

$$\text{IMA} = v_A^B + \sum \beta_i - k \cdot 180^\circ, \quad i = B, C, 1, 2, \dots, n; \quad k = 2 + n,$$

$$f_\beta = \text{TREBA} - \text{IMA}, \quad (8)$$

$$f_\beta = v_C^D - (v_A^B + \sum \beta_i - k \cdot 180^\circ), \quad (9)$$

gdje je  $k$  cijeli broj koji označava broj točaka u obostrano priključenom poligonskom vlaku na kojima se mjere vezni (uvijek 2) i prijelomni (od 1 do  $n$ ) kutovi. Kutna nesuglasica mora biti u granicama dopuštenih odstupanja. Ovisno o metodi mjerenja te korištenom instrumentariju i priboru, maksimalna vrijednost kutne nesuglasice računa se prema jednom od sljedećih izraza:

1. ako su kutovi mjereni instrumentom podatka limba od 30" do 6" u jednom girusu:

$$\Delta\beta = f_{\beta_{\max}} = 60'' \sqrt{k}, \quad (10)$$

2. ako su kutovi mjereni instrumentom podatka limba od 30" do 6" u dva girusa:

$$\Delta\beta = f_{\beta_{\max}} = 45'' \sqrt{k}, \quad (11)$$

3. ako su kutovi mjereni jednosekundnim instrumentom u dva girusa i priborom za prisilno centriranje:

$$\Delta\beta = f_{\beta\max} = 20''\sqrt{k}, \quad (12)$$

gdje je  $k$  broj svih izmjerenih (prijelomnih i veznih) kutova.

Izjednačenje kutnih mjerenja provodi se uz pretpostavku da su svi kutovi mjereni istom točnošću. Navedeno će odgovarati stvarnosti, ako su duljine poligonskih stranica približno jednake duljine. Uz tu pretpostavku, svaki se mjereni prijelomni i vezni kut popravljaju jednakom popravkom prema izrazu:

$$v_{\beta} = \frac{f_{\beta}}{k}. \quad (13)$$

Nakon računanja  $v_{\beta}$ , računaju se konačne izjednačene vrijednosti prijelomnih i veznih kutova te, prema izrazu (7), konačne vrijednosti smjernih kutova svake pojedine poligonske strane.

Na temelju izjednačenih vrijednosti smjernih kutova računaju se koordinatne razlike u poligonskom vlaku. Na temelju slike 9 slijedi:

$$\begin{aligned} \Delta E_1 &= d_1 \cdot \sin v_B^1, & \Delta N_1 &= d_1 \cdot \cos v_B^1, \\ \Delta E_2 &= d_2 \cdot \sin v_1^2, & \Delta N_2 &= d_2 \cdot \cos v_1^2, \\ & \dots & & \\ \Delta E_n &= d_n \cdot \sin v_n^C, & \Delta N_n &= d_n \cdot \cos v_n^C. \end{aligned} \quad (14)$$

Vrijednosti IMA i TREBA za koordinatne razlike u poligonskom vlaku računaju se prema izrazima:

$$\sum \Delta E = \text{IMA} \qquad \sum \Delta N = \text{IMA} \quad (15)$$

$$(E_C - E_B) = \text{TREBA} \qquad (N_C - N_B) = \text{TREBA} \quad (16)$$

Linearna odstupanja po koordinatnim osima računaju se po izrazima (slika 9):

$$f_E = \text{TREBA} - \text{IMA} = (E_C - E_B) - \sum \Delta E, \quad (17)$$

$$f_N = \text{TREBA} - \text{IMA} = (N_C - N_B) - \sum \Delta N.$$

Slijedi ukupno linearno odstupanje  $f_d$  u poligonskom vlaku:

$$f_d = \sqrt{f_E^2 + f_N^2}. \quad (18)$$

Dopuštena vrijednost linearnog odstupanja u poligonskom vlaku računa se prema jednom od sljedećih izraza:

1. ovisno o kategoriji terena:

za teren I. kategorije:  $f_{d_{\max}} = \Delta_I = 0,0035 \cdot \sqrt{D} + 0,0002 \cdot D + 0,05$

za teren II. kategorije:  $f_{d_{\max}} = \Delta_{II} = 0,0045 \cdot \sqrt{D} + 0,0003 \cdot D + 0,05$

za teren III. kategorije:  $f_{d_{\max}} = \Delta_{III} = 0,0060 \cdot \sqrt{D} + 0,0004 \cdot D + 0,05$

2. ako su duljine poligonskih stranica mjerene preciznim daljinomjerom, maksimalno linearno odstupanje uzima se prema formuli za I. kategoriju terena,

3. ako su stranice mjerene povećanom točnošću:

$$f_{d_{\max}} = 0,0010 \cdot \sqrt{D} + 0,00012 \cdot D + 0,03,$$

gdje je  $D$  suma duljina poligonskih stranica, odnosno:

$$D = \sum_{j=1}^n d_j.$$

Ako je ukupno linearno odstupanje manje od dopuštenog, pristupa se izjednačenju koordinatnih razlika, odnosno računanju popravaka koordinatnih razlika proporcionalno duljinama poligonskih stranica, odnosno:

$$\begin{aligned} v_{\Delta E_1} &= \frac{f_E}{D} \cdot d_1 & v_{\Delta N_1} &= \frac{f_N}{D} \cdot d_1, \\ \dots & & \dots & \\ v_{\Delta E_n} &= \frac{f_E}{D} \cdot d_n & v_{\Delta N_n} &= \frac{f_N}{D} \cdot d_n. \end{aligned} \quad (19)$$

Kao kontrola mora vrijediti:

$$\sum_{j=1}^n v_{\Delta E_j} = f_E, \quad \sum_{j=1}^n v_{\Delta N_j} = f_N. \quad (20)$$

Na temelju izračunatih koordinatnih razlika i popravka računaju se konačne vrijednosti koordinatnih razlika:

$$\overline{\Delta E}_j = \Delta E_j + v_{\Delta E_j}, \quad \overline{\Delta N}_j = \Delta N_j + v_{\Delta N_j}, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (21)$$

U konačnici, izjednačene vrijednosti koordinata pojedinih poligonskih točaka su:

$$\begin{aligned} E_1 &= E_B + \overline{\Delta E}_1 & N_1 &= N_B + \overline{\Delta N}_1, \\ &\dots & &\dots \\ E_n &= E_{n-1} + \overline{\Delta E}_{n-1} & N_n &= N_{n-1} + \overline{\Delta N}_{n-1}. \end{aligned} \quad (22)$$

Kao kontrola mora vrijediti:

$$E_C = E_n + \overline{\Delta E}_n \quad N_C = N_n + \overline{\Delta N}_n. \quad (23)$$

## 5. PRIMIJENJENI SOFTVERI

Aplikacija je izrađena u programskom jeziku Python. Za razvojno okruženje primijenjeni su PyCharm i Visual Studio Code, dok je sučelje aplikacije izrađeno pomoću Qt Designera. U ovom poglavlju opisane su pojedine komponente pomoću kojih je razvijena aplikacija.

### 5.1. Python

Python je programski jezik opće namjene, interpretiran i visoke razine. Stvorio ga je Guido van Rossum 1990. godine, dok je prva javna inačica objavljena u veljači 1991. godine (URL 2). Slika 10 prikazuje ikonu Pythona. Python dopušta programerima korištenje nekoliko stilova programiranja te ga fleksibilnost različitim modulima čini sve popularnijim programskim jezikom. Python je poseban po tome što je zapravo optimalna kombinacija načela rada i ideja drugih programskih jezika te je kao takav jednostavan, a istodobno snažan alat za rješavanje problema iz raznih domena (Puklavec 2014).



*Slika 10. Python (URL 2).*

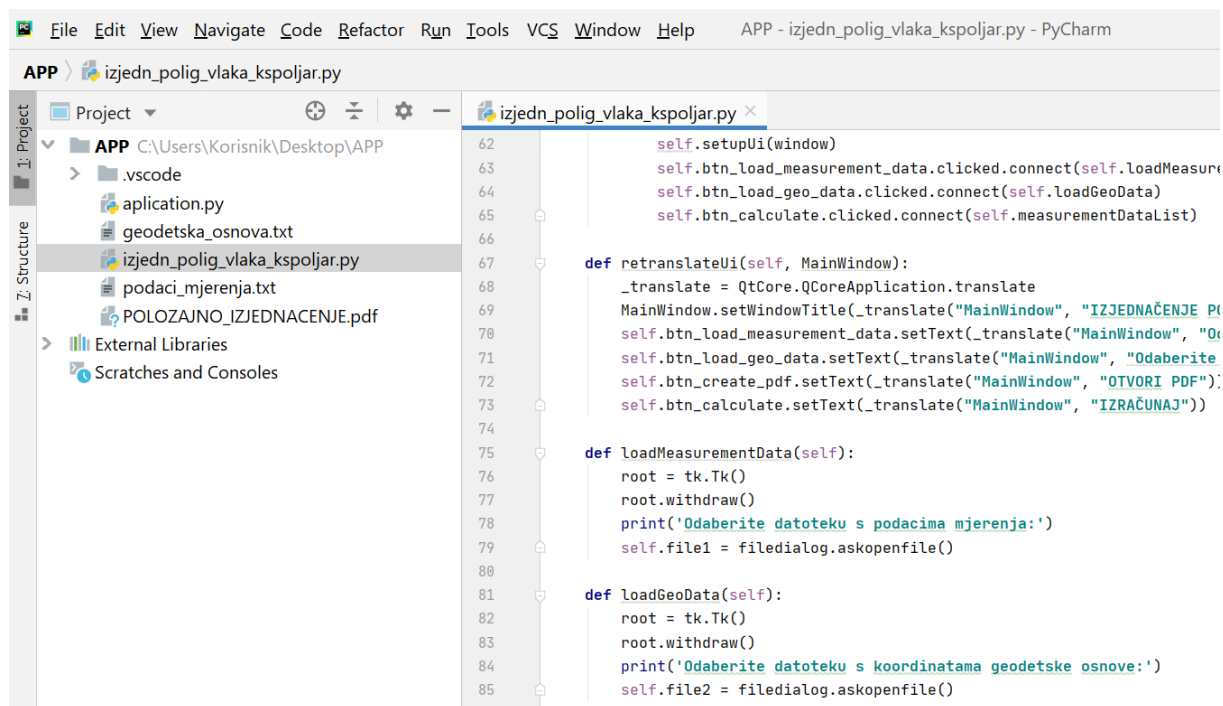
Python je osmišljen tako da ga mogu koristiti ljudi koji praktično tek ulaze u svijet programiranja, dok se istodobno mogu provoditi zahtjevni programski zadaci. Prilikom pisanja koda, Python koristi uvlačenje kao metodu razlikovanja programskih blokova, tj. ne koristi vitičaste zagrade ili ključne riječi kao većina programskih jezika. Povećanje uvlačenja znači da dolazi novi, ugniježđeni blok, dok smanjenje označava kraj trenutnog bloka. Ova mogućnost pisanja znatno ubrzava način pisanja i pridonosi lakom čitanju koda. Jednostavnost za korištenje te dostupnost brojne literature i dokumentacije koja dolazi uz program čine Python



idealnim za početnike, ali sa svojim jezičnim značajkama Python također predstavlja izuzetno moćan alat za iskusne programere.

## 5.2. PyCharm

Naredbe koda za izjednačenje vlaka pisane su u PyCharm integrirano razvojnom okruženju (IDE), koje se koristi u računalnom programiranju. Češka tvrtka JetBrains ga je razvila, a često se koristi pri programiranju u Pythonu jer pruža analizu koda, grafički program za uklanjanje pogrešaka, integrirani ispitivač jedinica te integraciju sa sustavima za upravljanje verzijama i podržava web razvoj (slika 11). Omogućava isticanje sintakse, pogrešaka i brze ispravke tijekom razvijanja aplikacija. PyCharm je cross-platformski, što znači da podržava različite platforme, Windows, iOS i Linux inačice. Nudi podršku za znanstvene alate kao što su matplotlib, numpy i scipy. Community Edition izdaje se pod licencom Apache, a postoji i Professional Edition s dodatnim značajkama, objavljen pod vlasničkom licencom (URL 3).



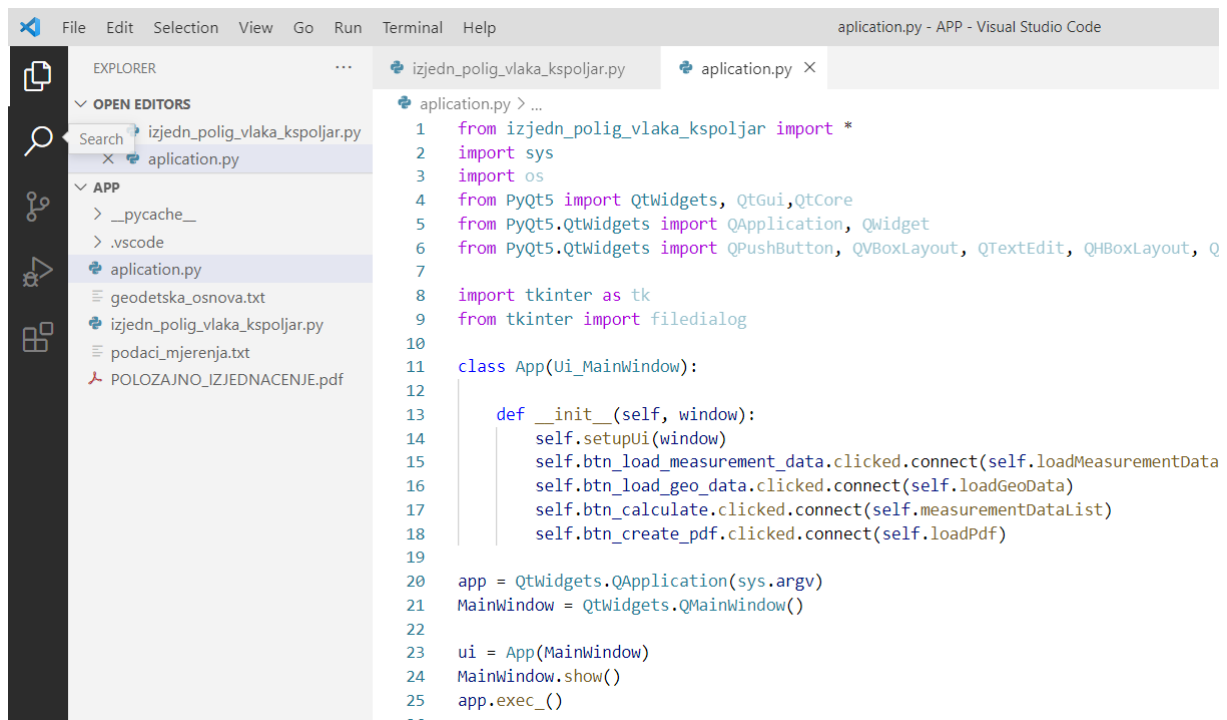
```
62     self.setupUi(window)
63     self.btn_load_measurement_data.clicked.connect(self.loadMeasurementData)
64     self.btn_load_geo_data.clicked.connect(self.loadGeoData)
65     self.btn_calculate.clicked.connect(self.measurementDataList)
66
67 def retranslateUi(self, MainWindow):
68     _translate = QtCore.QCoreApplication.translate
69     MainWindow.setWindowTitle(_translate("MainWindow", "IZJEDNAČENJE VLAKA"))
70     self.btn_load_measurement_data.setText(_translate("MainWindow", "Odaberite datoteku s podacima mjerenja:"))
71     self.btn_load_geo_data.setText(_translate("MainWindow", "Odaberite datoteku s koordinatama geodetske osnove:"))
72     self.btn_create_pdf.setText(_translate("MainWindow", "OTVORI PDF"))
73     self.btn_calculate.setText(_translate("MainWindow", "IZRAČUNAJ"))
74
75 def loadMeasurementData(self):
76     root = tk.Tk()
77     root.withdraw()
78     print('Odaberite datoteku s podacima mjerenja:')
79     self.file1 = filedialog.askopenfile()
80
81 def loadGeoData(self):
82     root = tk.Tk()
83     root.withdraw()
84     print('Odaberite datoteku s koordinatama geodetske osnove:')
85     self.file2 = filedialog.askopenfile()
86
```

Slika 11. PyCharm.

### 5.3. Visual Studio Code

Visual Studio Code je besplatni uređivač koda koji je izradio Microsoft. Značajke uključuju podršku za otklanjanje pogrešaka, isticanje sintakse, inteligentno dovršavanje koda, isječke, refaktoriranje koda i ugrađeni Git (slika 12). Korisnici mogu promijeniti temu, postavke i instalirati proširenja koja sadrže dodatne funkcije.

U istraživanju programera Stack Overflow 2019, Visual Studio Code rangiran je kao najpopularniji alat za razvojno okruženje. Visual Studio Code prvi put objavljen je 29. travnja 2015. (URL 4).

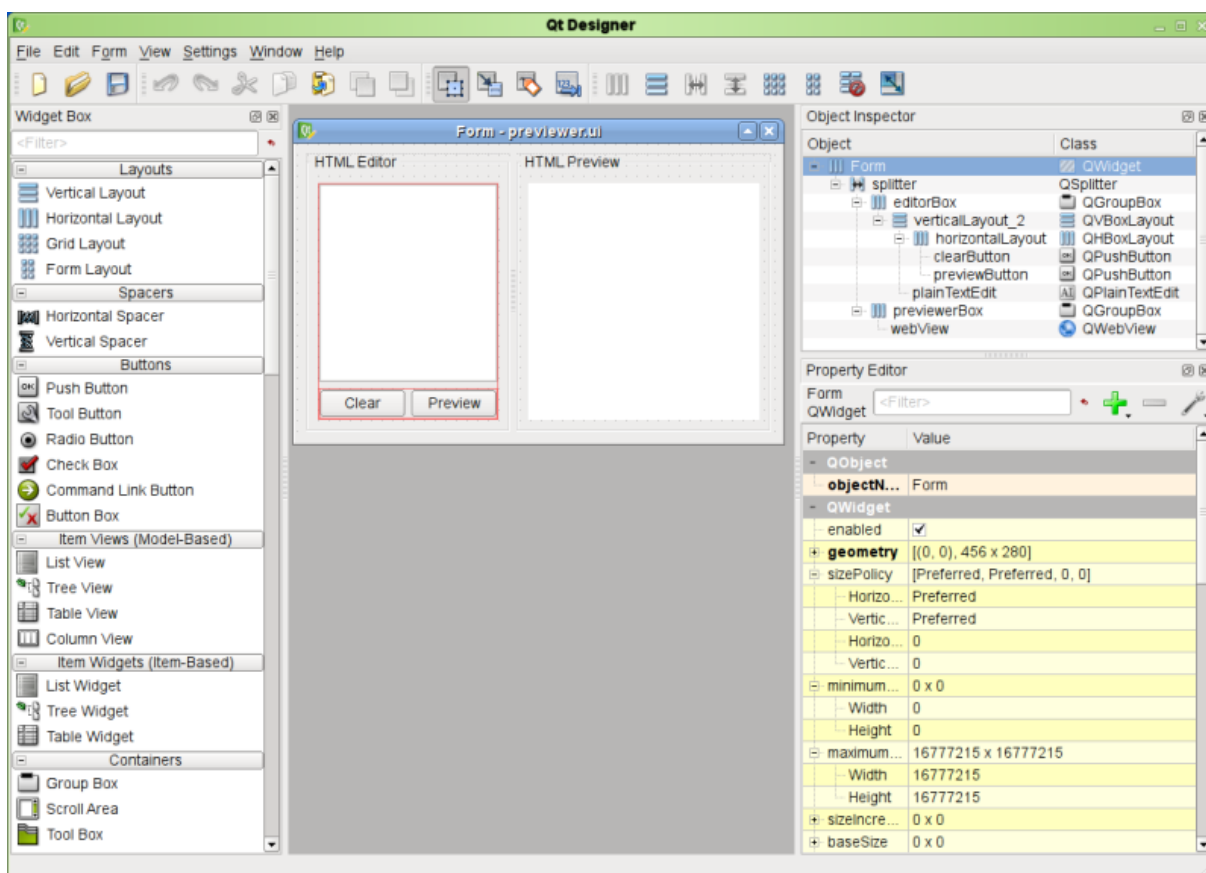


Slika 12. Visual Studio Code.

### 5.4. Qt Designer

Qt Designer je alat za dizajniranje i izgradnju grafičkih korisničkih sučelja (GUI) s Qt Widgetima. Pruža mogućnost sastavljanja prilagođavanja vlastitih prozora ili dijaloških okvira te testirati ih pomoću različitih stilova i rezolucija (slika 13).

Widgeti i obrasci stvoreni pomoću programa Qt Designer neprimjetno se integriraju s programiranim kodom, koristeći mehanizme Qt-ovih signala i utora, tako da se grafičkim elementima može jednostavno dodijeliti ponašanje. Sva svojstva postavljena u Qt Designer mogu se dinamički mijenjati unutar koda. Nadalje, značajke poput promocije widgeta i prilagođenih dodataka omogućuju korištenje vlastitih komponenata s Qt Designerom. Puno je jednostavniji način pisanja mnogih vrsta aplikacija te omogućuje potpuno prilagodljiv izgled (URL 5).



Slika 13. Qt Designer (URL 5).

## **6. IZRADA APLIKACIJE ZA POLOŽAJNO IZJEDNAČENJE OBOSTRANO PRIKLJUČENOGA POLIGONSKOG VLAKA**

U ovom poglavlju detaljno je objašnjen postupak izrade aplikacije i sučelja za izjednačenje obostrano priključenoga poligonskog vlaka.

### **6.1. Unos podataka**

Rezultat geodetske izmjere je digitalni zapisnik u kojem se nalaze svi mjereni podaci. U prvom redu zapisnika koji je potrebno učitati u softver nalazi se naziv točke stajališta i visina instrumenta. U sljedeća četiri reda nalaze se mjereni podaci prema određenim pravilima tako da je zapisano mjerenje u prvom položaju instrumenta prema prethodnoj točki u poligonskom vlaku pa zatim u drugom položaju prema istoj točki, a nakon toga mjerenja u dva položaja prema sljedećoj točki u poligonskom vlaku. Podatke mjerenja potrebno je spremiti u tekstualnu datoteku (*podaci\_mjerenja.txt*). U aplikaciji je točka zarez (;) definiran kao separator mjerenih vrijednosti, a točka (.) kao oznaka decimalnih mjesta (slika 14).

```
podaci_mjerenja.txt
1 G14N;1.545;
2 G13;1.800;161.4546;90.0302;133.623;133.623;
3 G13;1.800;341.4644;269.5722;133.623;133.623;
4 P1;1.800;342.4239;89.4449;59.047;59.047;
5 P1;1.800;162.4149;270.1534;59.048;59.047;
6 P1;1.495;
7 G14;1.800;329.1009;89.4237;59.058;59.057;
8 G14;1.800;149.0951;270.1750;59.057;59.057;
9 E;1.800;64.3913;89.1914;82.038;82.032;
10 E;1.800;244.3959;270.4059;82.039;82.033;
11 E;1.394;
12 P1;1.800;312.0705;90.1116;82.049;82.049;
13 P1;1.800;132.0729;269.4916;82.051;82.051;
14 P2;1.800;123.2233;90.4222;86.475;86.468;
15 P2;1.800;303.2308;269.1819;86.476;86.470;
16 P2;1.514;
17 E;1.800;230.4633;88.5034;86.489;86.471;
18 E;1.800;50.4659;271.0956;86.489;86.471;
19 G11;1.800;144.4847;89.5525;146.955;146.955;
20 G11;1.800;324.4907;270.0450;146.953;146.953;
21 G11;1.512;
22 P2;1.800;101.0025;89.5139;146.974;146.973;
23 P2;1.800;281.0051;270.0900;146.975;146.974;
24 3239;1.800;284.5212;90.1351;158.859;158.858;
25 3239;1.800;104.5236;269.4638;158.859;158.858;
```

Slika 14. Podaci geodetske izmjere.

Kako bi se mogla provesti obrada podataka i izjednačenje obostrano priključenoga poligonskog vlaka osim podataka mjerenja u aplikaciju potrebno je učitati tekstualnu datoteku s koordinatama točaka geodetske osnove (*geodetska\_osnova.txt*), odnosno početnu i završnu točku vlaka te točke orijentacije. Redoslijed koordinata u ovom programu unaprijed je definiran (slika 15).

```
geodetska_osnova.txt
1 G14N;458557.12;5074476.97
2 G13;458690.23;5074465.52
3 3239;458176.21;5074362.09
4 G11;458332.40;5074333.17
```

Slika 15. Koordinate točaka geodetske osnove.

Nakon što su podaci mjerenja i koordinate točaka geodetske osnove uređene prema definiranim pravilima u datotekama, prvi korak pri rješavanju poligonskog vlaka je učitavanje datoteka u aplikaciju.

```
(...)  
import tkinter as tk  
from tkinter import filedialog  
  
def loadMeasurementData(self):  
    root = tk.Tk()  
    root.withdraw()  
    print('Odaberite datoteku s podacima mjerenja:')  
    self.file1 = filedialog.askopenfile()  
  
(...)
```

Dodatak Tkinter korišten je kao okvir za dohvaćanje podataka u aplikaciji. Tkinter je okvir ugrađen u standardnu knjižnicu Pythona. Prednost je da isti kod radi na sustavima Windows, MacOS i Linux.

Budući da se podaci nalaze u tekstualnoj datoteci potrebno je pronaći način sortiranja podataka prema pravilima odabranoga programskog jezika, odnosno u ovom slučaju Pythona.

Podaci su sortirani u različite liste kako bi program mogao obavljati zadane radnje izjednačenja poligonskog vlaka. Dan je primjer sortiranja podataka stajališta, odnosno naziva pojedinih stajališta u listu.

```

(...)
naziv_stajalista = []
brojac_stajalista = 0
for i in range(0, brojac_linija):
    if len(sve_liste[i]) < 3:
        naziv_stajalista.append(sve_liste[i][0])
        brojac_stajalista = brojac_stajalista + 1
print("Stajališta su:", naziv_stajalista)
print("Ukupno ima:", brojac_stajalista, "stajališta.")
(...)

```

Prema navedenom primjeru izdvajanja stajališta iz tekstualnog obrasca, izdvojeni su svi potrebni elementi za izjednačenje obostrano priključenoga poligonskog vlaka. Funkcija print služi ispisu lista te je korištena tijekom testiranja aplikacije.

Prilikom provođenja izjednačenja potrebni su podaci:

- naziv stajališta (*naziv\_stajalista*)
- mjerene visine instrumenta (*visina\_instrumenta*)
- mjerene visine prizme (*visina\_signala*)
- horizontalni pravci (*mj\_horiz\_pravci*)
- zenitni kutovi (*mj\_vert\_kutovi*)
- kose duljine (*mj\_kose\_dulj*)
- reducirane horizontalne duljine (*reduc\_horiz\_dulj*).

U zagradama se nalaze nazivi varijabli korištenih tijekom razvijanja aplikacije, tj. izjednačenja poligonskog vlaka. Prema nazivu liste i indeksu podataka pronalaze se podaci potrebni za izjednačenje i prikaz podataka. Također svi naknadno dobiveni računski podaci u izjednačenju razvrstani su u pojedine liste.

## 6.2. Računanje srednjih vrijednosti horizontalnih pravaca

Mjereni horizontalni pravci se prilikom spremanja podataka u geodetsku mjernu stanicu zapisuju na specifičan način, tako da npr. zapisani pravac 161.4546 označava  $161^{\circ} 45' 46''$ . Pretvorba je provedena tako da je iz liste izdvojenih mjerenih horizontalnih pravaca prema matematičkim pravilima i sintaksi Pythona pretvore u kutove (*hor\_kut\_d*), minute (*hor\_kut\_m*) i sekunde (*hor\_kut\_s*).

```
(...)  
# pretvaranje mjerenih horizontalnih kutova u stup, min, sek (DMS)  
  
hor_kut_d = []  
hor_kut_m = []  
hor_kut_s = []  
  
for i in range(0, len(mj_horiz_pravci)):  
    d = int(mj_horiz_pravci[i])  
    m = int((mj_horiz_pravci[i] % 1) * 100)  
    s = int(((mj_horiz_pravci[i]) * 10000) % 100)  
  
    hor_kut_d.append(d)  
    hor_kut_m.append(m)  
    hor_kut_s.append(s)  
  
(...)
```

Nakon toga se kutne vrijednosti pretvore u decimalni zapis stupnjeva (*dec\_hor\_kut*) kako bi se jednostavnije mogao provesti postupak izjednačenja. Konačno nakon provedenog izjednačenja ponovno se kutovi pretvore u zapis DMS.



(...)

```
# DMS u decimalno
```

```
dec_hor_kut = []
```

```
for i in range(0, len(mj_horiz_pravci), 1):
```

```
    dec_hor_kut.append(hor_kut_d[i] + hor_kut_m[i] / 60 + hor_kut_s[i] / 3600)
```

(...)

Postupak izjednačenja horizontalnih pravaca potrebno je obaviti kako bi se odredili vezni i prijelomni kutovi. Mjerenjem u dva položaja instrumenta eliminiraju se utjecaji gotovo svih pogrešaka instrumenta (Benčić 1990, Benčić i Solarić 2008). U prvom položaju instrumenta je izmjeren horizontalni kut ( $dec\_hor\_kut[i]$ ). U drugom položaju instrumenta izmjeren je horizontalni kut ( $dec\_hor\_kut[i + 1]$ ). Razlika očitavanja  $dec\_hor\_kut[i + 1]$  i  $dec\_hor\_kut[i]$ , umanjena za  $180^\circ$ , daje dvostruku kolimacijsku pogrešku ( $dvost\_kolim\_decim$ ).

(...)

```
dvost_kolim_decim = []
```

```
for i in range(0, (len(mj_horiz_pravci) - 1), 2):
```

```
    if mj_horiz_pravci[i + 1] < 180:
```

```
        dvost_kolim_decim.append(dec_hor_kut[i + 1] + 180 - dec_hor_kut[i])
```

```
    else:
```

```
        dvost_kolim_decim.append(dec_hor_kut[i + 1] - 180 - dec_hor_kut[i])
```

(...)

Dodavanjem pola vrijednosti kolimacijske pogreške kutova u prvom i drugom položaju, dobivaju se sredine mjerenih pravaca u prvom i drugom položaju instrumenta ( $hor\_kut\_sred\_dec$ ).

(...)

```
hor_kut_sred_dec = []
```

```
j = 0
```

```
for i in range(0, (len(dvost_kolim_decim))):
```

```
    hor_kut_sred_dec.append(dec_hor_kut[j] + dvost_kolim_decim[i] / 2)
```

```
    j = j + 2
```

(...)

Konačnim reduciranjem pravaca dobiveni su traženi vezni i prijelomni kutovi (*beta\_dec*).

(...)

```
beta_dec = []
```

```
br_beta = 0
```

```
for i in range(0, (len(dvost_kolim_decim)), 2):
```

```
    if (hor_kut_sred_dec[i + 1] - hor_kut_sred_dec[i]) < 0:
```

```
        beta_dec.append(360 + hor_kut_sred_dec[i + 1] - hor_kut_sred_dec[i])
```

```
    else:
```

```
        beta_dec.append(hor_kut_sred_dec[i + 1] - hor_kut_sred_dec[i])
```

(...)

### 6.3. Položajno izjednačenje poligonskog vlaka

Prema izrazu (4) računaju se početni i završni smjerni kut ( $v1\_2$ ) iz koordinata točaka geodetske osnove. Tijekom pisanja koda potrebno je voditi brigu o kvadrantima smjernih kutova.

```
(...)  
for i in range(0, len(dE)):  
    if dE[i] > 0 and dN[i] > 0:  
        v1_2.append(m.atan(dE[i] / dN[i]) * 180 / pi)  
    elif dE[i] > 0 and dN[i] < 0:  
        v1_2.append(m.atan(dE[i] / dN[i]) * 180 / pi + 180)  
    elif dE[i] < 0 and dN[i] < 0:  
        v1_2.append(m.atan(dE[i] / dN[i]) * 180 / pi + 180)  
    elif dE[i] < 0 and dN[i] > 0:  
        v1_2.append(m.atan(dE[i] / dN[i]) * 180 / pi + 360)  
(...)
```

Nakon što se odrede početni i završni smjerni kut potrebno je odrediti popravke veznih i prijelomnih kutova. Kako bi se kutne popravke mogle odrediti, TREBA vrijednost čini završni smjerni kut iz koordinata (*treba\_kutovi*), a IMA vrijednost je završni smjerni kut dobiven iz mjerenih podataka (*ima\_kutovi*).

```

(...)
# IMA
    for i in range(0, n):
        suma_beta = suma_beta + beta_dec[i]
    ima_kutovi = 0
    if (v1_2[0] + suma_beta - n * 180) < 360:
        ima_kutovi = v1_2[0] + suma_beta - n * 180
    else:
        ima_kutovi = v1_2[0] + suma_beta - n * 180 - 360
(...)

```

Sljedeći korak je odrediti kutno odstupanje ( $f_{beta}$ ) prema izrazu (8).

```

(...)
# kutna nesuglasica
    f_beta = treba_kutovi - ima_kutovi
(...)

```

Maksimalno kutno odstupanje u poligonskom vlaku ( $d_{beta}$ ) računa se prema izrazu (12).

```

(...)
# maksimalno kutno odstupanje u vlaku
    d_beta = 20 * m.sqrt(n)
(...)

```

Slijedi provjera je li kutno odstupanje unutar dopuštenog odstupanja (*prov\_1*).

```
(...)  
  
# provjera  
  
    if f_beta < d_beta:  
  
        prov_1 = "Kutna nesuglasica je manja ili jednaka od maksimalno dopuštene  
                nesuglasice!"  
  
    else:  
  
        prov_1 = "Kutna nesuglasica je veća od maksimalno dopuštene nesulasice!"  
  
    print(prov_1)  
  
(...)
```

Ukoliko je ispunjen uvjet, slijedi određivanje vrijednosti kutne popravke (*v\_beta*) (13).

```
(...)  
  
# popravka  
  
    v_beta = f_beta / n  
  
(...)
```

Budući da je ova aplikacija edukativnog karaktera, ukoliko i nije kutno odstupanje manje ili jednako od dopuštenog moguće je izjednačiti poligonski vlak, ali aplikacija će obavijestiti o prevelikom kutnom odstupanju te je potrebno ponoviti mjerenje. Nakon što se odrede popravke, dodjeljuju se jednako na sve mjerene vezne i prijelomne kutove  $\beta$  (*bete\_popravljene\_dec*).

(...)

```
bete_popravljene_dec = []
```

```
for i in range(0, n):
```

```
    bete_popravljene_dec.append(beta_dec[i] + v_beta)
```

(...)

Konačni smjerni kutovi (*smjerni\_kut*) tada će biti prema izrazu (7). Potrebno je voditi računa o izračunatom iznosu svakoga pojedinog smjernog kuta.

(...)

```
# smjerni kutovi u vlaku
```

```
    global smjerni_kut
```

```
    smjerni_kut = [v1_2[0]]
```

```
for i in range(0, n):
```

```
    if (smjerni_kut[i] + bete_popravljene_dec[i]) > 360:
```

```
        if (smjerni_kut[i] + bete_popravljene_dec[i] - 360) < 180:
```

```
            smjerni_kut.append(smjerni_kut[i] + bete_popravljene_dec[i] - 360 + 180)
```

```
        else:
```

```
            smjerni_kut.append(smjerni_kut[i] + bete_popravljene_dec[i] - 360 - 180)
```

```
    else:
```

```
        if smjerni_kut[i] + bete_popravljene_dec[i] < 180:
```

```
            smjerni_kut.append(smjerni_kut[i] + bete_popravljene_dec[i] + 180)
```

```
        else:
```

```
            smjerni_kut.append(smjerni_kut[i] + bete_popravljene_dec[i] - 180)
```

(...)

Koordinatne razlike po osima  $\Delta E$  ( $dE_{vlaka}$ ) i  $\Delta N$  ( $dN_{vlaka}$ ) dobivaju se korištenjem izraza (14).

```
(...)  
import math as m  
#KOORDINATNE RAZLIKE  
  
dE_vlaka = []  
  
for i in range(0, uk_br_aritm_sred_horiz_dulj):  
    dE_vlaka.append(aritm_sred_horiz_dulj[i] * m.sin(m.radians(smjerni_kut[i + 1])))  
  
dN_vlaka = []  
  
for i in range(0, uk_br_aritm_sred_horiz_dulj):  
    dN_vlaka.append(aritm_sred_horiz_dulj[i] * m.cos(m.radians(smjerni_kut[i + 1])))  
  
(...)
```

Prema izrazu za izračunavanje popravaka koordinatnih razlika potrebno je izračunati sumu duljina poligonskih stranica ( $suma\_mj\_duljina$ ).

```
(...)  
suma_mj_duljina = 0  
  
for i in range(0, uk_br_aritm_sred_horiz_dulj):  
    suma_mj_duljina = suma_mj_duljina + aritm_sred_horiz_dulj[i]  
  
(...)
```

Ima vrijednosti koordinata ( $ima_E$ ,  $ima_N$ ) dobivene su iz izraza (15), dok su treba vrijednosti ( $treba_E$ ,  $treba_N$ ) izračunate iz koordinata točaka geodetske osnove (16).

```
(...)  
  
    ima_E = 0  
  
    for i in range(0, len(dE_vlaka)):  
        ima_E = ima_E + dE_vlaka[i]  
  
    ima_N = 0  
  
    for i in range(0, len(dN_vlaka)):  
        ima_N = ima_N + dN_vlaka[i]  
  
(...)
```

Slijedi računanje linearnih nesuglasica ( $f_E$ ,  $f_N$ ) prema izrazu (17).

```
(...)  
  
#linearna odstupanja  
  
    f_E = treba_E - ima_E  
  
    f_N = treba_N - ima_N  
  
(...)
```

Ukupno linearno odstupanje ( $f_d$ ) računa se prema izrazu (18).

```
(...)  
  
#ukupno linearno odstupanje  
  
    f_d = m.sqrt(pow(f_E, 2) + pow(f_N, 2))  
  
(...)
```



Dopušteno linearno odstupanje ( $d_d$ ) slijedi prema izrazu.

```
(...)  
#maksimalno linearno odstupanje  
  
d_d = 0.0035 * m.sqrt(suma_mj_duljina) + 0.0002 * suma_mj_duljina + 0.05  
  
(...)
```

Provjerava se ukupno linearno odstupanje u poligonskom vlaku.

```
(...)  
if (f_d < d_d):  
    prov_2 = "Ukupno linearno odstupanje je manje ili jednako od maksimalnog  
            dopuštenog linearnog odstupanja!"  
  
    else:  
        prov_2 = "Ukupno linearno odstupanje veće je od maksimalnog dopuštenog linearnog  
odstupanja!"  
  
    print(prov_2)  
  
(...)
```

U konzoli će se ispisati je li ukupno linearno odstupanje manje ili jednako od dopuštene vrijednosti. Ukoliko je ukupno linearno odstupanje veće je od maksimalnog dopuštenog linearnog odstupanja, potrebno je ponoviti mjerenja.

Popravke koordinatnih razlika ( $dE\_popravke$ ,  $dN\_popravke$ ) i popravljene koordinatne razlike ( $dE\_vlaka\_popr$ ,  $dN\_vlaka\_popr$ ) izračunate su u jednom koraku.

(...)

```
dE_popravke=[]
```

```
dE_vlaka_popr = []
```

```
for i in range(0, len(dE_vlaka)):
```

```
    if(dE_vlaka[i]<0):
```

```
        dE_popravke.append((abs(aritm_sred_horiz_dulj[i]) * f_E) / suma_mj_duljina)
```

```
        dE_vlaka_popr.append(dE_vlaka[i] + ((abs(aritm_sred_horiz_dulj[i]) * f_E) /  
suma_mj_duljina))
```

```
    else:
```

```
        dE_popravke.append((abs(aritm_sred_horiz_dulj[i]) * f_E) / suma_mj_duljina)
```

```
        dE_vlaka_popr.append(dE_vlaka[i] + ((aritm_sred_horiz_dulj[i] * f_E) /  
suma_mj_duljina))
```

```
dN_popravke=[]
```

```
dN_vlaka_popr = []
```

```
for i in range(0, len(dN_vlaka)):
```

```
    if(dN_vlaka[i]<0):
```

```
        dN_popravke.append((abs(aritm_sred_horiz_dulj[i]) * f_N) / suma_mj_duljina)
```

```
        dN_vlaka_popr.append(dN_vlaka[i] + ((abs(aritm_sred_horiz_dulj[i]) * f_N) /  
suma_mj_duljina))
```

```
    else:
```

```
        dN_popravke.append((aritm_sred_horiz_dulj[i] * f_N) / suma_mj_duljina)
```

```
        dN_vlaka_popr.append(dN_vlaka[i] + ((aritm_sred_horiz_dulj[i] * f_N) /  
suma_mj_duljina))
```

(...)

```

(...)
#KONAČNE KOORDINATE

# E

E_koord_vlaka = [E[0]]

for i in range(0, len(dE_vlaka)):

    E_koord_vlaka.append(E_koord_vlaka[i] + dE_vlaka_popr[i])

# N

N_koord_vlaka = [N[0]]

for i in range(0, len(dN_vlaka)):

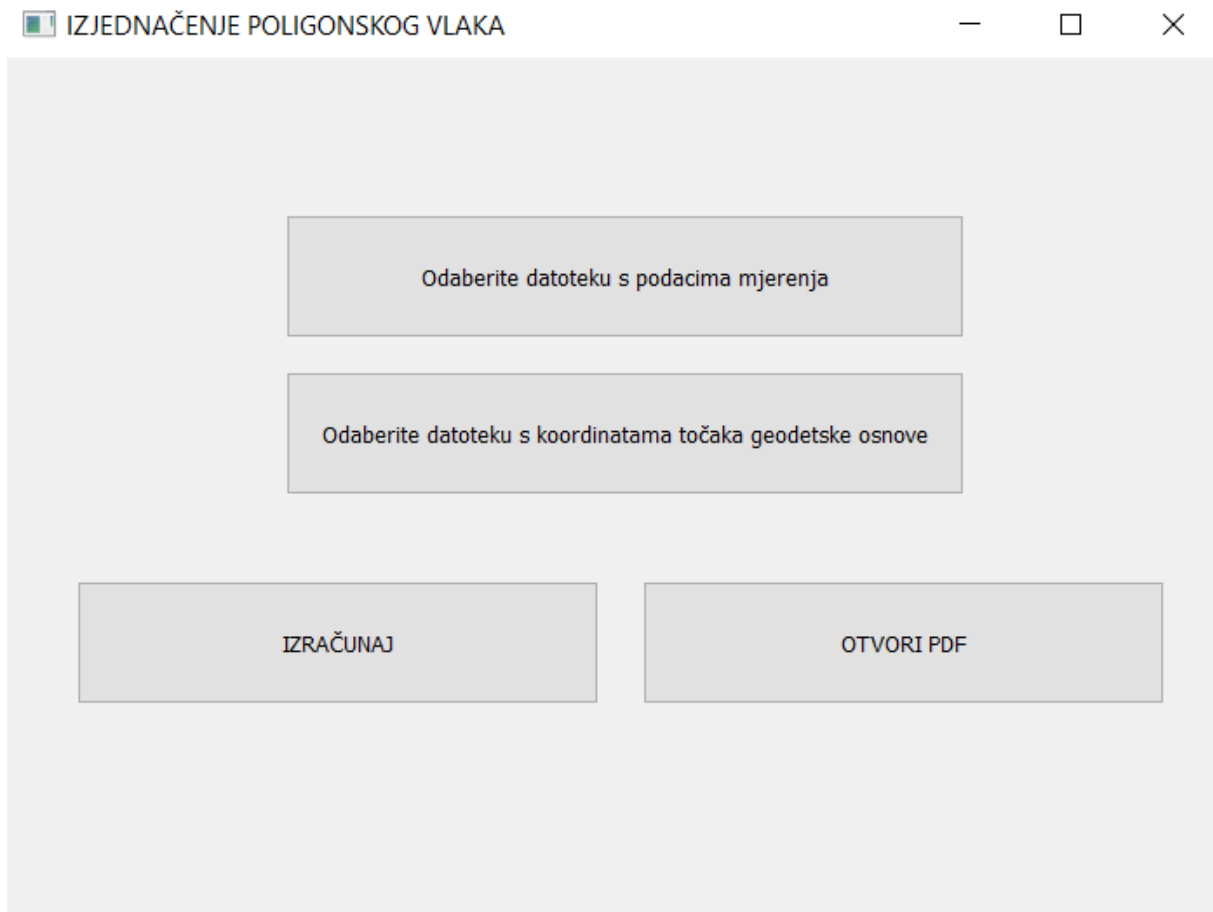
    N_koord_vlaka.append(N_koord_vlaka[i] + dN_vlaka_popr[i])

(...)

```

#### 6.4. Aplikacija *Izjednačenje poligonskog vlaka*

Nakon obrade podataka geodetskih mjerenja potrebno je kreirati sučelje aplikacije te prikazati rezultate obrade u smislenom obliku. Sučelje aplikacije je izrađeno pomoću grafičkog alata Qt Designer. Slika 16 prikazuje izrađeni dizajn aplikacije. Aplikacija se sastoji od četiri gumba od kojih dva služe učitavanju datoteka s podacima. Klikom na gumb *IZRAČUNAJ* obavlja se proces obrade ulaznih podataka. Nakon uspješno obavljenog izjednačenja u konzoli se prikazuje poruka (*Uspješno ste izračunali poligonski vlak!*), dok je klikom na gumb *OTVORI PDF* moguće otvoriti spremljeni izvještaj (Prilog 1) sa svim podacima obrade podataka i konačnim koordinatama. Izrađene su detaljne upute za rad s aplikacijom (Prilog 2).



Slika 16. Aplikacija Izjednačenje poligonskog vlaka.

Nakon kreiranog dizajna potrebno je svakom gumbu dodati funkcije. Prikazana je funkcija za učitavanje datoteke s podacima geodetske izmjere, a po istom principu su i drugim gumbovima dodane funkcije.

```
(...)  
def loadMeasurementData(self):  
    root = tk.Tk()  
    root.withdraw()  
    print('Odaberite datoteku s podacima mjerenja:')  
    self.file1 = filedialog.askopenfile()  
(...)
```

## 7. ZAKLJUČAK

Glavni rezultat ovog rada je računalna aplikacija *Izjednačenje poligonskog vlaka* za položajno izjednačenje obostrano priključenog poligonskog vlaka. Aplikacija omogućuje izjednačenje poligonskog vlaka u naslijeđenom HDKS i novom geodetskom datumu HTRS96/TM.

Aplikacija zahtijeva učitavanje datoteke s podacima mjerenja te datoteke s koordinatama točaka geodetske osnove. Ako su ispravno učitane datoteke, aplikacija obavlja položajno izjednačenje obostrano priključenoga poligonskog vlaka.

Razvoj aplikacije proveden je u programskom jeziku Python, a sučelje aplikacije izrađeno je pomoću Qt Designera. Konačni proizvod je izvještaj *Položajno izjednačenje poligonskog vlaka.pdf* (Prilog 1). Izvještaj je lako čitljiv, napravljen po pravilima i u duhu geodetske struke, a uključena su matematička pravila i norme.

U ovom radu razvijena je aplikacija za položajno izjednačenje obostrano priključenoga poligonskog vlaka, a daljnja nadogradnja nudi mogućnost razvoja aplikacije za visinsko izjednačenje obostrano priključenoga poligonskog vlaka u visinskim sustavima HVRS1875 i HVRS71.

## **8. ZAHVALA**

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Mladenu Zrinjskom na odvojenom vremenu i argumentiranim savjetima tijekom mogega diplomskog studija pri čemu se i razvila ideja za izradom ove aplikacije. Zahvaljujem profesoru za sve konzultacije i stručne savjete tijekom izrade aplikacije i pisanja ovoga rada koji su mi pomogli pri izradi.

Zahvaljujem asistentici Kristini Matika, mag. ing. geof. et geoinf., koja mi je svojim savjetima olakšala izradu ovoga rada.

Zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je bila neizmijerna podrška za vrijeme studiranja te tijekom izrade rada.

Za kraj zahvaljujem kolegicama Marti i Ivi te kolegama Marinu i Andriji s kojima je studiranje bilo lijepo razdoblje života te koji su svakodnevno morali slušati moje ideje prilikom izrade aplikacije.

## 9. LITERATURA

- Barković, Đ., Zrinjski, M. (2020): Terenska mjerenja, sveučilišni priručnik, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Bašić, T. (2000): Prijedlog službenih geodetskih datuma Republike Hrvatske, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Bašić, T. (2003): Izrada dokumentacije neophodne za usvajanje službenog položajnog i gravimetrijskog datuma Republike Hrvatske, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Benčić, D. (1990): Geodetski instrumenti, Školska knjiga, Zagreb.
- Benčić, D., Solarić, N. (2008): Mjerni instrumenti i sustavi u geodeziji i geoinformatici, Školska knjiga, Zagreb.
- Borčić, B. (1976): Gauss-Krügerova projekcija meridijanskih zona, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
- Čubranić, N. (1974a): Viša geodezija, I dio, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Čubranić, N. (1974b): Viša geodezija, II dio, Tehnička knjiga, Zagreb.
- Frančula, N. (2004): Kartografske projekcije, interna skripta, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Hećimović, Ž. (2002): Računanje parametara nivo-elipsoida, Geodetski list, 2, 97–102.
- Lapaine, M. (2000): Prijedlog službenih kartografskih projekcija Republike Hrvatske, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Lapaine, M., Tutić, D., Lapaine, Mir. (2006): Numeričke vrijednosti geometrijskih konstanti elipsoida GRS80, Geodetski list, 4, 259–269.
- Macarol, S. (1985): Praktična geodezija, Tehnička knjiga, Zagreb.
- Muminagić, A. (1987): Viša geodezija II, Naučna knjiga, Beograd.
- Narodne novine (2004a): Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske, Narodne novine br. 110, Zagreb.

- Narodne novine (2004b): Ispravak Odluke o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske, Narodne novine br. 117, Zagreb.
- Premužić, M., Slevka, B. (2008): Geodetska mjerenja i planinarstvo, Kartografija i geoinformacije, 9, 96–101.
- Puklavec, I. (2014): Vlastito programsko rješenje za Helmertovu transformaciju koordinata, rad predan zarektorovu nagradu, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Rezo, M. (2013): Ravninska geodezija, Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin.
- Rožić, N. (2007): Računska obrada geodetskih mjerenja, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Školska knjiga, Zagreb.
- Zrinjski, M., Redovniković, L., Jakopec, A., Kolar, I., Matika, K., Tupek, A. (2021): Izmjera zemljišta, interna skripta za vježbe, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

### **Mrežne adrese**

- URL 1: Državna geodetska uprava,  
<http://listovi.dgu.hr/index.html>, (15. 5. 2021.).
- URL 2: Python,  
<https://www.python.org/>, (10. 5. 2021.).
- URL 3: PyCharm,  
<https://www.jetbrains.com/pycharm>, (10. 5. 2021.).
- URL 4: Visual Studio Code,  
<https://code.visualstudio.com>, (20. 5. 2021.).
- URL 5: Qt Designer,  
<https://doc.qt.io/qt-5/qt designer-manual.html>, (25. 5. 2021.).



## 10. POPIS SLIKA

Slika 1. Elipsoidni i Kartezijev koordinatni sustav (Rezo 2013). .....	3
Slika 2. Lokalni datum (Barković i Zrinjski 2020). .....	5
Slika 3. Eliptični valjak (Frančula 2004). .....	6
Slika 4. Krivulje linearnih deformacija u Gauss-Krügerovoj projekciji (Frančula 2004). .....	7
Slika 5. Koordinatni sustavi Gauss-Krügerove projekcije na području Hrvatske (Frančula 2004). .....	8
Slika 6. Raspored 78 stalnih točaka geodetske osnove (Premužić i Slevka 2008). .....	10
Slika 7. Raspodjela linearnih deformacija u HTRS96/TM (URL 1). .....	11
Slika 8. Osnova podjela na detaljne listove (URL 1). .....	12
Slika 9. Položajno izjednačenje obostrano priključenoga poligonskog vlaka (Zrinjski i dr. 2021). .....	15
Slika 10. Python (URL 2). .....	20
Slika 11. PyCharm. ....	21
Slika 12. Visual Studio Code. ....	22
Slika 13. Qt Designer (URL 5). .....	23
Slika 14. Podaci geodetske izmjere. ....	25
Slika 15. Koordinate točaka geodetske osnove. ....	25
Slika 16. Aplikacija Izjednačenje poligonskog vlaka. ....	40

## 11. SAŽETAK

### Softverska podrška za obradu geodetskih mjerenja

Krunoslav Špoljar

Razvijena računalna aplikacija *Izjednačenje poligonskog vlaka* omogućuje položajno izjednačenje obostrano priključenog poligonskog vlaka mjenog geodetskom mjernom stanicom. Kroz poglavlja su opisani naslijeđen Hrvatski državni koordinatni sustav (HDKS) s pripadajućim projekcijskim referentnim koordinatnim sustavom (Gauss-Krügerova projekcija) te novi geodetski datum Hrvatski terestrički referentni sustav 1996 (HTRS96) s pripadajućom ravninskom kartografskom projekcijom (HTRS96/TM). Aplikativno rješenje je razvijeno tako da vrijedi za oba sustava. Nadalje, definirani su svi geodetski pojmovi korišteni u položajnom izjednačenju obostrano priključenog poligonskog vlaka popraćeni s matematičkim izrazima. Aplikacija je izrađena u programskom jeziku Python, a sučelje aplikacije pomoću Qt Designera, alata za dizajniranje i izradu grafičkih korisničkih sučelja. Navedena je primjena računalne aplikacije i mogućnost njezina korištenja u geodetskim zadacima. Konačni proizvod je datoteka *Položajno izjednačenje poligonskog vlaka.pdf* sa svim elementima potrebnim za položajno izjednačenje obostrano priključenoga poligonskog vlaka i izjednačenim koordinatama poligonskih točaka.

Ključne riječi: obostrano priključeni poligonski vlak, HTRS96/TM, položajno izjednačenje, Python, aplikacija *Izjednačenje poligonskog vlaka*.

## 12. SUMMARY

### Software Support for Geodetic Measurements Processing

Krunoslav Špoljar

Developed computer application *Polygon train equalization* enables positional equalization of a polygon train connected on both sides, measured by a geodetic measuring station. The chapters describe the inherited Croatian National Coordinate System (HDKS) with the corresponding projection reference coordinate system (Gauss-Krüger projection) and the new geodetic date Croatian Terrestrial Reference System 1996 (HTRS96) with the corresponding plane cartographic projection (HTRS96/TM). The application solution has been developed to be valid for both systems. Furthermore, all geodetic terms used in the positional equalization of the polygon train connected on both sides are defined, accompanied by mathematical expressions. The application is built in the Python programming language, and the application interface using Qt Designer, a tool for designing and creating graphical user interfaces. The application of a computer application and the possibility of its use in geodetic tasks are stated. The final product is the file *Position equalization of the polygon train.pdf* with all the elements necessary for the positional equalization of the polygon train connected on both sides and the equal coordinates of the polygon points.

Keywords: polygon train connected on both sides, HTRS96/TM, positional equalization, Python, application *Polygon train equalization*.

### 13. ŽIVOTOPIS

Krunoslav Špoljar rođen je 7. lipnja 1997. godine u Zaboku. Osnovnu školu završio je u Osnovnoj školi Mače. Godine 2012. upisuje smjer Tehničar za računalstvo u Srednjoj školi Zlatar. Nakon završenog srednjoškolskog obrazovanja, 2016. godine upisuje preddiplomski studij geodezije i geoinformatike na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U ljeto 2019. godine završava preddiplomski studij kao redoviti student. U jesen iste godine upisuje diplomski studij geodezije i geoinformatike, usmjerenje geoinformatika na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom preddiplomskog studija upisao je i obavio kolegij Stručna praksa u geodetskoj tvrtki Moja Međa d.o.o., u Donjoj Stubici gdje je naučena teorijska znanja nadopunio s terenskim radom. Nakon toga 2020. godine u geodetskoj tvrtki Geo Legin obavlja terenski rad iz područja katastarske geodezije te se nakon upisa pete godine zaposlio kao student u geoinformatičkoj tvrtki na radnom mjestu software developer. Od osobnih vještina može istaknuti svakodnevan rad na računalu, rad s različitim softverskim alatima u geodeziji i geoinformatici (QGIS, AutoCAD, GRASS, SAGA) te poznavanje različitih programskih jezika. Nakon potresa u Petrinji i okolici volontirao je na platformi „*potres2020*“. Motiviran je za rad u području geodezije i geoinformatike. Uz školovanje aktivno igra šah u amaterskom klubu.

## **14. POPIS PRILOGA**

Prilog 1. Položajno izjednačenje poligonskog vlaka

Prilog 2. Upute za korištenje aplikacije *Izjednačenje poligonskog vlaka*

POLOZAJNO IZJEDNACENJE POLIGONSKOG VLAKA

Broj tocke	Vezni i prijelomni kutovi	Smjerni kutovi	Duljine [m]	Koordinatne razlike		Konacne koordinate	
				dE [m]	dN [m]	E [m]	N [m]
G13		274° 54' 59"				458690.23	5074465.52
G14N	180° 55' 58" -8"		59.052	0.01	0.01	458557.12	5074476.97
P1	95° 29' 35" -8"					-58.74	6.02
E	171° 15' 33" -8"	191° 20' 17"	82.041	0.01	0.01	458498.38	5074482.99
P2	274° 2' 11" -8"	182° 35' 43"	86.470			-16.12	-80.43
G11	183° 51' 46" -8"					458482.26	5074402.56
		276° 37' 46"	146.964	0.02	0.01	-3.90	-86.37
3239		280° 29' 24"				458478.36	5074316.19
			374.527			-145.96	16.98
IMA =	280° 30' 4"					458332.40	5074333.17
TREBA =	280° 29' 24"					458176.21	5074362.09

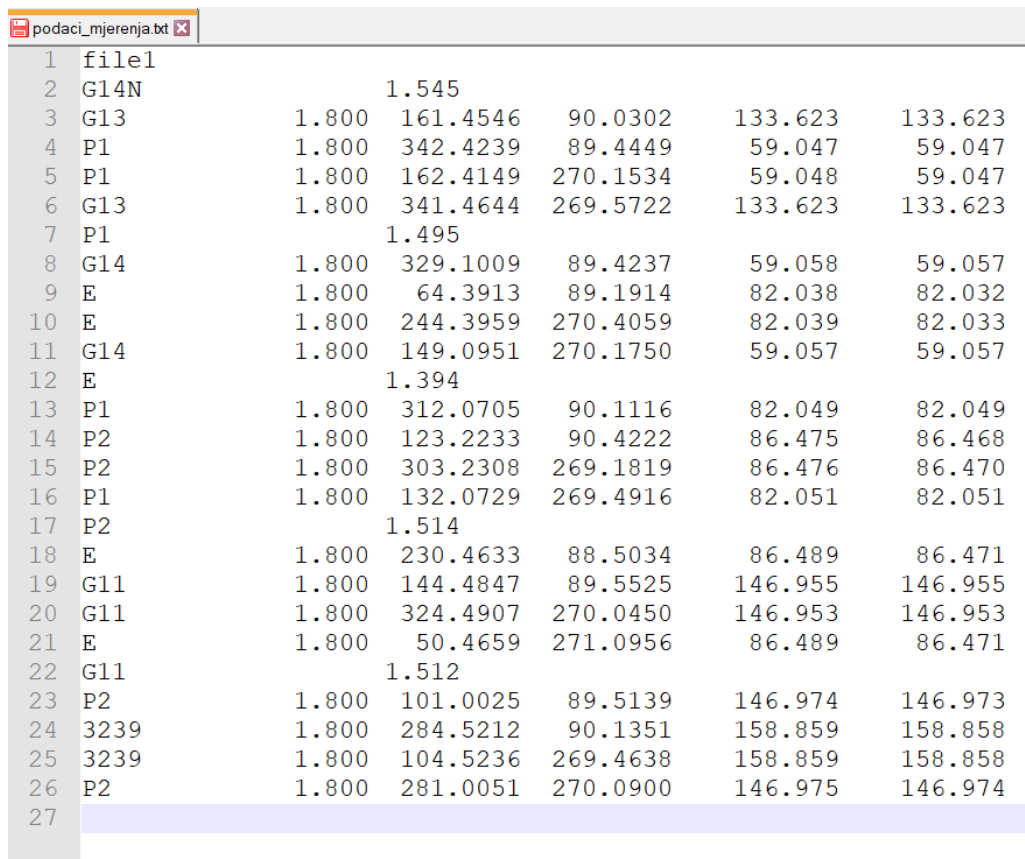
IMA =	-224.77	-143.84
TREBA =	-224.72	-143.80
	fE = 0.05	fN = 0.04
	fd = 0.06	di = 0.19

## Upute za korištenje aplikacije *Izjednačenje poligonskog vlaka*

Prije korištenja aplikacije potrebno je pripremiti ulazne podatke.

### ULAZNI PODACI – Podaci mjerenja

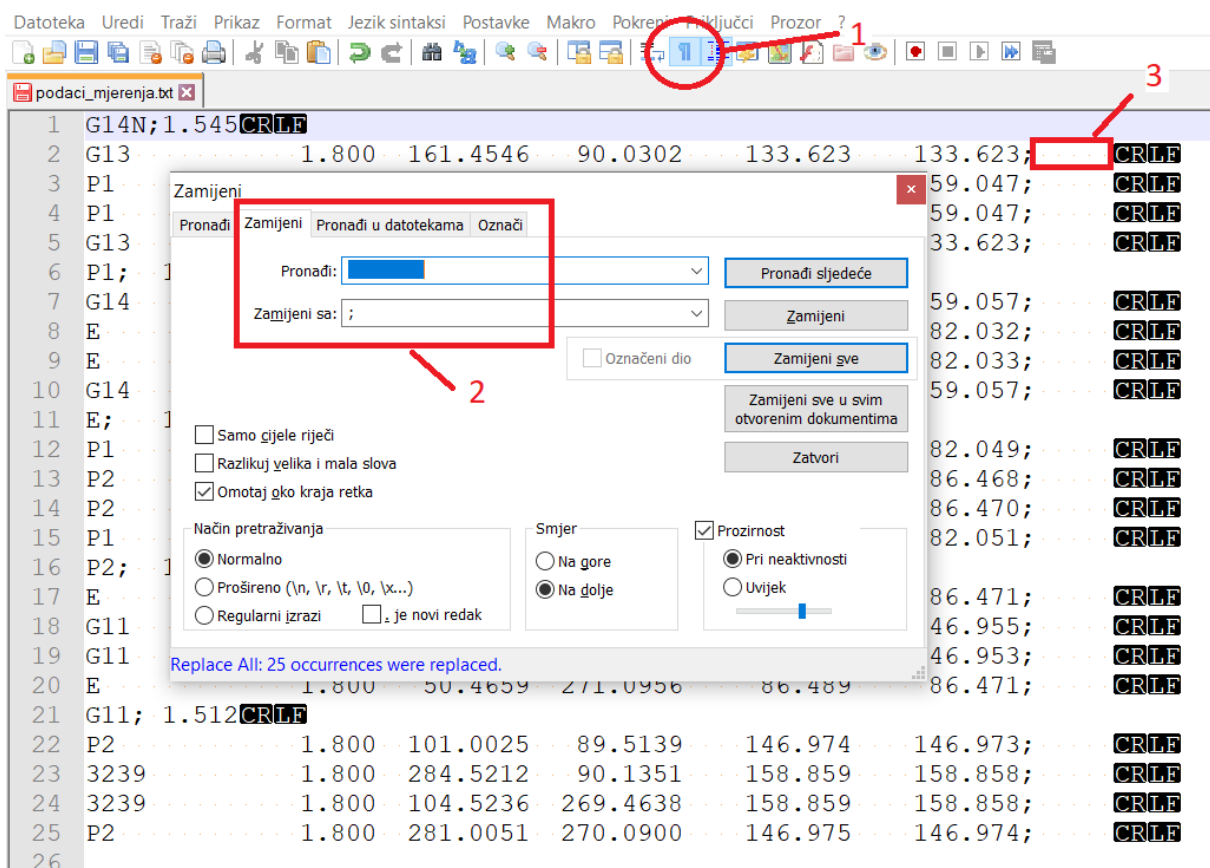
- Preporuka je korištenje softvera Notepad++ (<https://notepad-plus-plus.org/downloads/>).
- Potrebno je kreirati dvije nove tekstualne datoteke (npr. *podaci\_mjerenja.txt*, *geodetska\_osnova.txt*).
- Naziv datoteka nije definiran i može biti proizvoljan.
- Potrebno je prebaciti podatke iz datoteke .all -> u novu datoteku (*podaci\_mjerenja.txt*).
- Slika P1 prikazuje raspored podataka prebačenih u novu datoteku. Budući da je u aplikaciji predefiniран izgled podataka, potrebno je urediti datoteku.



1	file1					
2	G14N		1.545			
3	G13	1.800	161.4546	90.0302	133.623	133.623
4	P1	1.800	342.4239	89.4449	59.047	59.047
5	P1	1.800	162.4149	270.1534	59.048	59.047
6	G13	1.800	341.4644	269.5722	133.623	133.623
7	P1		1.495			
8	G14	1.800	329.1009	89.4237	59.058	59.057
9	E	1.800	64.3913	89.1914	82.038	82.032
10	E	1.800	244.3959	270.4059	82.039	82.033
11	G14	1.800	149.0951	270.1750	59.057	59.057
12	E		1.394			
13	P1	1.800	312.0705	90.1116	82.049	82.049
14	P2	1.800	123.2233	90.4222	86.475	86.468
15	P2	1.800	303.2308	269.1819	86.476	86.470
16	P1	1.800	132.0729	269.4916	82.051	82.051
17	P2		1.514			
18	E	1.800	230.4633	88.5034	86.489	86.471
19	G11	1.800	144.4847	89.5525	146.955	146.955
20	G11	1.800	324.4907	270.0450	146.953	146.953
21	E	1.800	50.4659	271.0956	86.489	86.471
22	G11		1.512			
23	P2	1.800	101.0025	89.5139	146.974	146.973
24	3239	1.800	284.5212	90.1351	158.859	158.858
25	3239	1.800	104.5236	269.4638	158.859	158.858
26	P2	1.800	281.0051	270.0900	146.975	146.974
27						

Slika P1. Inicijalni izgled datoteke.

- Preporuka je slijediti navedene upute (slika P2).
- Izbrisati prvi redak.
- Slučaj 1: Uključiti funkciju *Prikaži sve znakove*.
- Slučaj 2: Označiti prazninu između podataka te unijeti naredbu *CTRL+H* -> zamijeniti (;) -> *Primijeni na sve*.
- Za separator obavezno se koristi točka-zarez (;), a za oznake decimalnih mjesta koristiti točku (.).
- Tako redom dok se sve praznine ne zamijene s (;), \*paziti da se ne pojave dva separatora (;:).
- Slučaj 3: Kraj redaka mora završavati s (;) te je eventualne praznine potrebno izbrisati.



Slika P2. Uređivanje datoteke.



- Potrebno je promijeniti redoslijed redova s podacima ukoliko je očitavanje bilo girusnom metodom.
- Definiran redoslijed:
  1. Stajalište
  2. Mjerena *prethodna* točka u vlaku u *PRVOM* položaju
  3. Mjerena *prethodna* točka u vlaku u *DRUGOM* položaju
  4. Mjerena *sljedeća* točka u vlaku u *PRVOM* položaju
  5. Mjerena *sljedeća* točka u vlaku u *DRUGOM* položaju
- Ponoviti za sva stajališta u vlaku (slika P3).

```

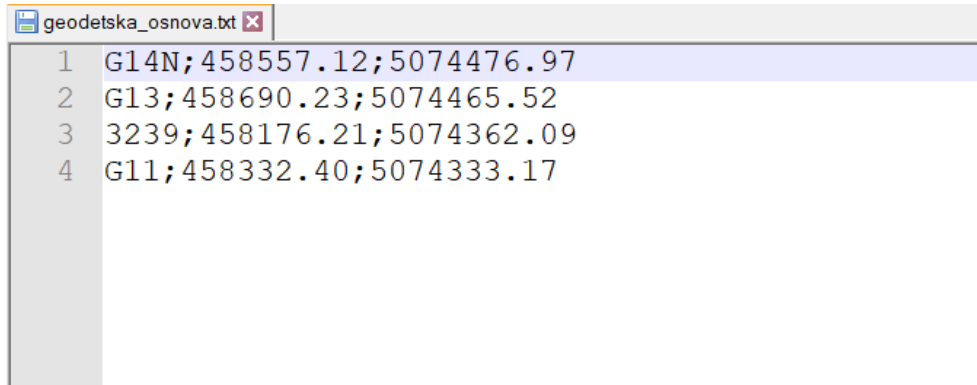
podaci_mjerenja.txt
1 G14N;1.545;CRLE
2 G13;1.800;161.4546;90.0302;133.623;133.623;CRLE
3 G13;1.800;341.4644;269.5722;133.623;133.623;CRLE
4 P1;1.800;342.4239;89.4449;59.047;59.047;CRLE
5 P1;1.800;162.4149;270.1534;59.048;59.047;CRLE
6 P1;1.495;CRLE
7 G14;1.800;329.1009;89.4237;59.058;59.057;CRLE
8 G14;1.800;149.0951;270.1750;59.057;59.057;CRLE
9 E;1.800;64.3913;89.1914;82.038;82.032;CRLE
10 E;1.800;244.3959;270.4059;82.039;82.033;CRLE
11 E;1.394;CRLE
12 P1;1.800;312.0705;90.1116;82.049;82.049;CRLE
13 P1;1.800;132.0729;269.4916;82.051;82.051;CRLE
14 P2;1.800;123.2233;90.4222;86.475;86.468;CRLE
15 P2;1.800;303.2308;269.1819;86.476;86.470;CRLE
16 P2;1.514;CRLE
17 E;1.800;230.4633;88.5034;86.489;86.471;CRLE
18 E;1.800;50.4659;271.0956;86.489;86.471;CRLE
19 G11;1.800;144.4847;89.5525;146.955;146.955;CRLE
20 G11;1.800;324.4907;270.0450;146.953;146.953;CRLE
21 G11;1.512;CRLE
22 P2;1.800;101.0025;89.5139;146.974;146.973;CRLE
23 P2;1.800;281.0051;270.0900;146.975;146.974;CRLE
24 3239;1.800;284.5212;90.1351;158.859;158.858;CRLE
25 3239;1.800;104.5236;269.4638;158.859;158.858;CRLE

```

Slika P3. Konačni izgled ulazne datoteke.

## ULAZNI PODACI – Koordinate točaka geodetske osnove

- Popis koordinata točaka geodetske osnove unaprijed je definiran.
- Redoslijed u redku: *naziv\_koordinate;E\_koordinata;N\_koordinata*.
- *Redoslijed redaka:*
  1. Početna točka poligonskog vlaka
  2. Početna orijentacija u poligonskom vlaku
  3. Završna orijentacija u poligonskom vlaku
  4. Završna točka poligonskog vlaka

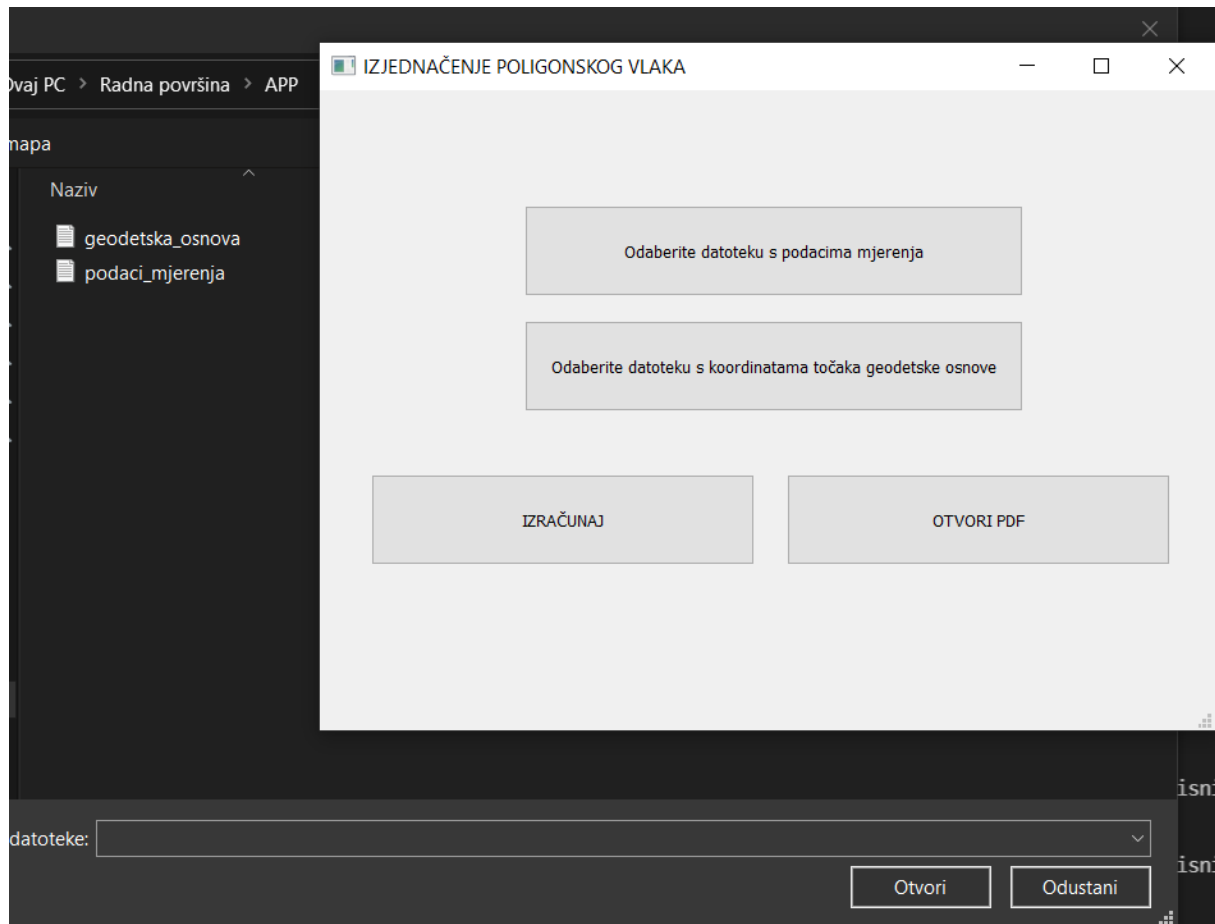


```
1 G14N;458557.12;5074476.97
2 G13;458690.23;5074465.52
3 3239;458176.21;5074362.09
4 G11;458332.40;5074333.17
```

Slika P4. Popis koordinata točaka geodetske osnove.

### Aplikacija

- Pokretanjem aplikacije otvara se prozor *Izjednačenje poligonskog vlaka* (slika P5). Klikom na gumb *Odaberite datoteku s podacima mjerenja* otvara se novi prozor i omogućava odabiranje datoteke s podacima mjerenja.
- Isto ponoviti za koordinate točaka geodetske osnove.



Slika P5. Aplikacija Izjednačenje poligonskog vlaka.

- Ukoliko ste ispravno unijeli ulazne podatke klikom na *Izračunaj* u konzoli će se pojaviti poruka *Uspješno ste izračunali poligonski vlak!*
- Pdf izvještaj *Položajno izjednačenje poligonskog vlaka* automatski se sprema u datoteku gdje se nalazi aplikacija.
- Klikom na *Otvori pdf* moguće je otvoriti izvještaj.

Hvala Vam što ste koristili aplikaciju *Izjednačenje poligonskog vlaka!*

*Krunoslav Špoljar*