

3. Georeferenciranje ortorektifikovanih aerosnimaka

3.1 Teoretski deo

Da bi se rasterski podaci mogli efikasno koristiti u GIS-u, neophodno je izvršiti georeferenciranje. Georeferenciranje je proces dodeljivanja koordinata iz realnog sveta svakom pikselu rasterske podloge. Uglavnom se ove koordinate dobijaju geodetskim merenjima na terenu – merenjem koordinata GPS uređajem za pojave koje se lako identifikuju na slikama ili kartama. U nekim slučajevima se koordinate dobijaju sa oznaka na karti kao što je to slučaj sa digitalizacijom skeniranih karata i planova.

3.2 Zadatak

Kreirati novi *QGIS* projekat i pokrenuti modul *Georeferencer...* iz menija *Raster* i izvršiti georeferenciranje datog skeniranog plana ili karte. Georeferenciranje vršiti na osnovu identifikovanih decimetarskih krstića sa označenim koordinatama na referentnoj podlozi. Kao parametre projekcije odabrati zvanični referentni koordinatni sistem za područje Srbije ili Republike Srpske u zavisnosti od zone kojoj podaci pripadaju: *MGI 1901 / Balkans zone 7 (EPSG: 3909)* ili *MGI 1901 / Balkans zone 6 (EPSG: 3908)*.

3.2.1 Korišćeni softver i podaci

Za potrebe georeferenciranja topografske podloge koristiti verziju *QGIS*-a 3.16 i u okviru njega instaliran *Georeferencer* modul.

Podaci neophodni za izvršenje zadatka:

- ♦ Skenirani katastarski plan, osnovna državna karta ili plan katastra vodova u GeoTIFF formatu,
- ♦ Koordinate decimetarskih krstića ispisane na okviru plana plana.

Svi podaci dostupni su u *MGI 1901 / Balkans zone 7 (EPSG: 3909)* ili *MGI 1901 / Balkans zone 6 (EPSG: 3908)* projekciji Državnog koordinatnog sistema.

3.2.2 Postupak izrade

Korak 1: Pokretanje QGIS-a

Pokrenuti *QGIS Desktop 3.16* softverski paket dvoklikom na odgovarajuću ikonicu. Ukoliko ikonica nije kreirana na radnoj površini računara (engl. *Desktop*), program se može pokrenuti i sa lokacije gde je instaliran. Po podrazumevanim podešavanjima, izvršna datoteka će se nalaziti na putanji "*C:\Program Files\QGIS 3.16\bin*". Kreirati novi projekat u QGIS-u i isti nazvati *Georeferenciranje.qgz*.

Korak 2: Učitavanje plana za georeferenciranje i određivanje koordinata okvira plana

Učitati dobijeni katastarski plan / kartu korišćenjem komande *Layer → Add Layer → Add Raster Layer*. Ovim se pokreće dijalog *Data Source Manager*. Za projekciju katastarskog plana izabрати koordinatni sistem *MGI 1901 / Balkans zone 7 (EPSG: 3909)* ili *MGI 1901 / Balkans zone 6 (EPSG: 3908)* projekciji Državnog koordinatnog sistema u zavisnosti od zastupljenih koordinata (ukoliko y koordinata iznosi oko 7 500 000, pripada 7. zoni, a ukoliko iznosi 6 500 000, pripada 6. zoni Gaus-Krigerove projekcije Državnog koordinatnog sistema).

Korak 3: Pokretanje modula Georeferencer...

Za ovu vežbu je potrebno koristiti već instaliran modul *Georeferencer GDAL*. Pokrenuti komandu *Raster → Georeferencer...* Nakon pokretanja modula *Georeferencer GDAL*, pojaviće se poseban zaseban prozor *Georeferencer* u okviru QGIS-a.

Korak 4: Georeferenciranje plana


Postoje dve osnovne procedure georeferenciranja rasterskih slika u QGIS-u:

1. Sama rasterska slika ponekad sadrži oznake sa koordinatama (krstiće – npr. krstiće decimetarske mreže kod katastarskih planova ili fotosignale orijentacionih tačaka na snimcima aerofotogrametrijskog snimanja) zapisanim na samom rasteru. Na ovaj način se koordinate mogu ručno uneti, što je i ovde slučaj.

2. Korišćenjem već georeferencirane podloge (slojeva). Ovo mogu biti vektorski ili rasterski podaci koji sadrže iste objekte/pojave koje se nalaze i na planu ili slici koju treba georeferencirati i sa projekcijom koja treba da se dodeli rasterskoj slici. U ovom slučaju se koordinate unose klikanjem na referentnu podlogu, koja je učitana u QGIS okruženje.


Uobičajena procedura za georeferenciranje slike uključuje kreiranje više tačaka na rasteru, unos odgovarajućih koordinata i odabir relevantnog metoda transformacije za rektifikaciju podloge. Na osnovu ulaznih parametara i podataka, modul će izvršiti proračun world fajl parametara (fajl sa parametrima georeferenciranja istog naziva kao i raster sa ekstenzijom *.fw*). Što se više koordinata obezbedi, bolji će rezultati biti.

Stoga se ova vežba može uraditi na **dva načina**, korišćenjem već datih koordinata kontrolnih tačaka ili preuzimanjem koordinata objekata koji se mogu identifikovati na slici koja se georeferencira i na ortorektifikovanoj podlozi kao referentnoj.

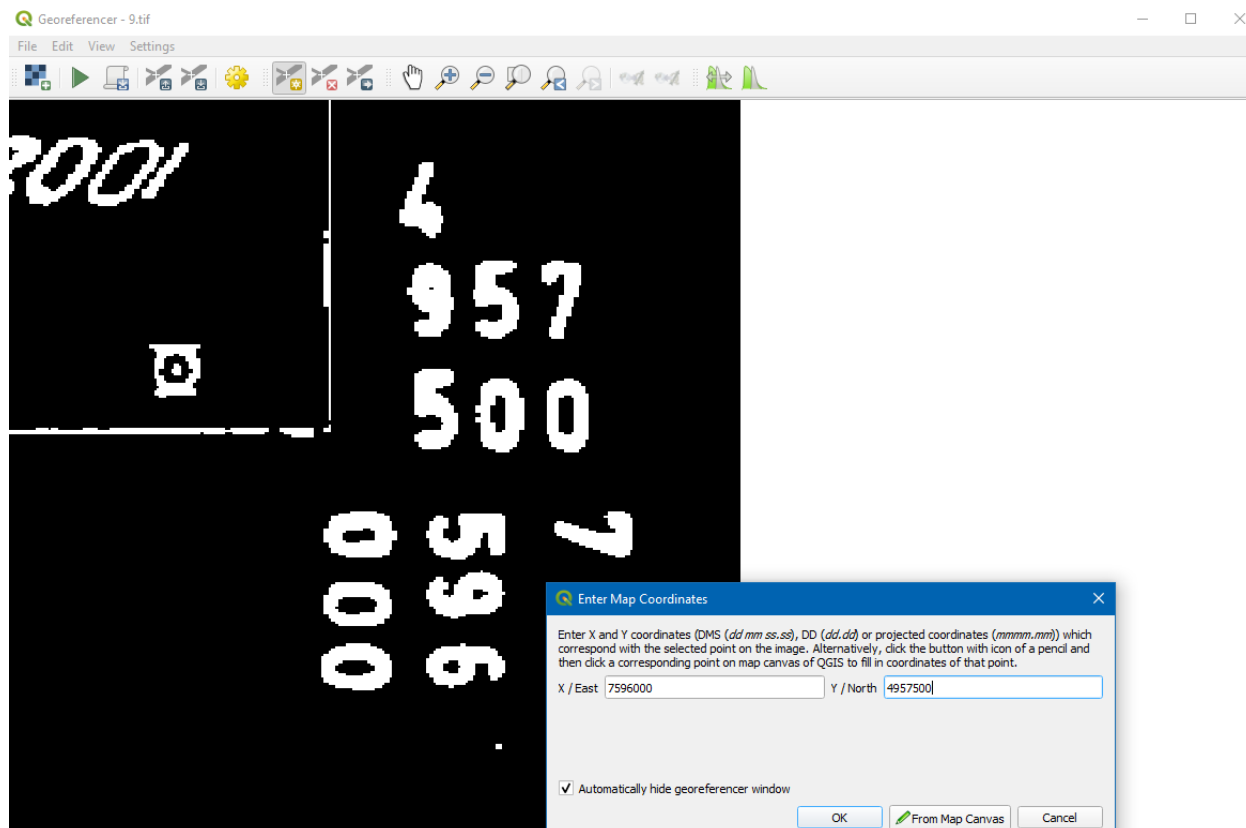
Rasterska slika se učitava u *Georeferencer* klikom na dugme *Open Raster*  i pokazivanjem na lokaciju slike na disku pri čemu treba uneti i parametre projekcije koordinatnog sistema u kom se ta slika nalazi (EPSG: 3909).

Korak 5: Zadavanje referentnih tačaka pikira decimetarskih krstića

Koordinate referentnih tačaka potrebno je očitati sa plana, iste su nanete na okviru plana a potrebno je proceniti i koliko iznose koordinate pojedinih decimetarskih krstića na osnovu rastojanja na plana.



Korišćenjem dugmeta *Add Point* , nova tačka se dodaje u radno okruženje *QGIS Georeferencer-a* i unose se njene koordinate. Za ovu proceduru postoje tri mogućnosti:








1. Klikom na tačku na rasterskom planu i unosom X i Y koordinate redom ručno (**Slika 3-1**),



Slika 3-1. Zadavanje koordinata kontrolne tačke u donjem desnom uglu plana

Kod ovog pristupa potrebno je identifikovati što je moguće više pikira decimetarskih krstića kako bi se georeferenciranje valjano sprovelo u svim delovi rasterske podloge (po okviru a i unutrašnjosti plana).

2. Klikom na tačku na rasterskoj slici i odabirom dugmeta *From map canvas*  da bi se unele koordinate pomoću georeferencirane rasterske podloge koja je već učitana u QGIS prikaz karte (npr. neki ortofoto snimak ili OSM mape).
3. Korišćenjem dugmeta *Move GCP Point* , mogu se pomerati kontrolne tačke u oba prozora ukoliko su prvobitno određeni na pogrešnom mestu, a takođe se mogu menjati i koordinate kontrolnih tačaka unete u tabelu.

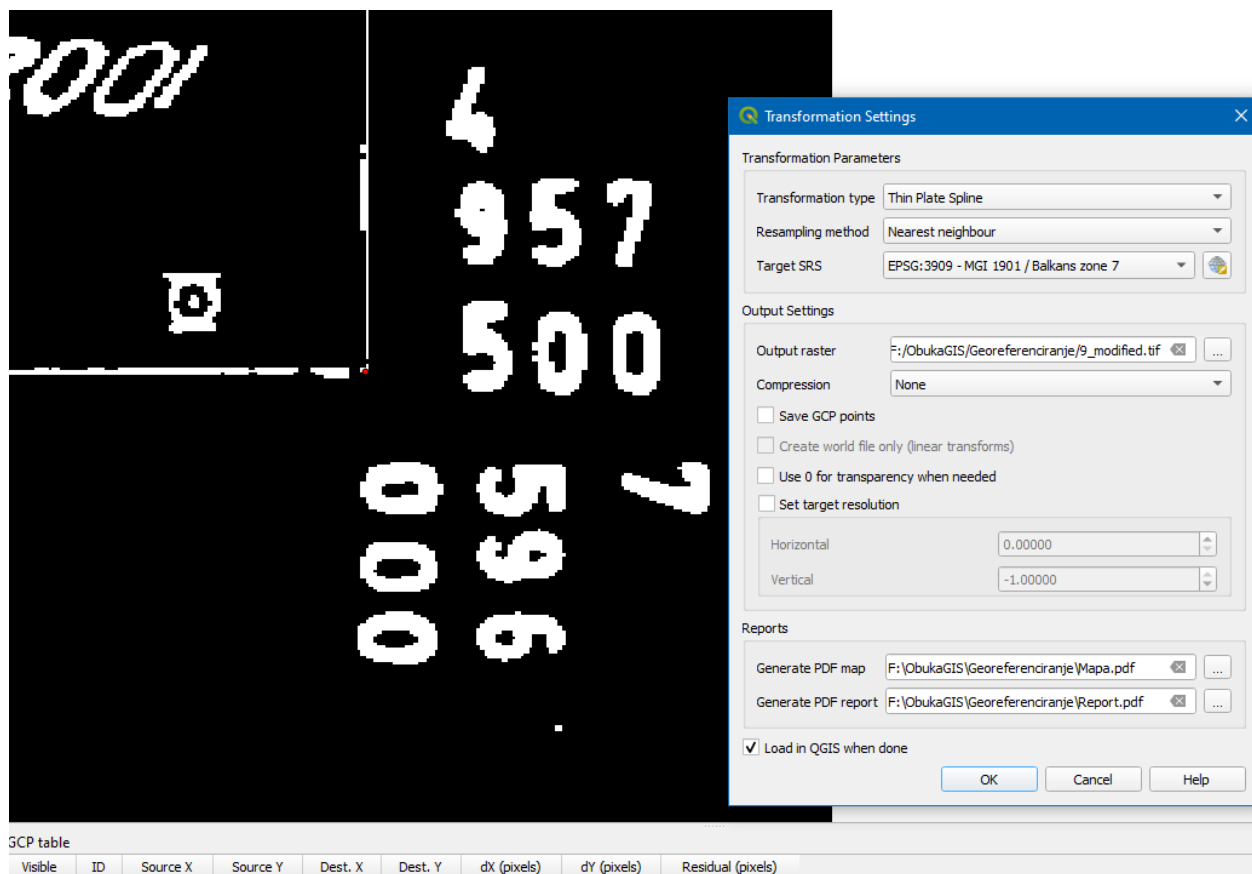
Nastaviti sa unosom kontrolnih tačaka. Potrebno je odrediti bar četiri tačke u ćoškovima plana a još je bolje ukoliko se više tačaka izmeri jer će i rezultati biti bolji. Postoje i druge alatke navedenog modula koje se koriste za zumiranje i pomeranje radnog područja radi lociranja relevantnog skupa GCP tačaka      . Za poboljšanje kontrasta slike prilikom merenja kontrolnih tačaka treba koristiti alatku *Full Histogram Stretch* .

Tačke koje su dodate biće sačuvane u zasebnom tekstualnom fajlu (*[naziv fajla].points*) najčešće zajedno sa rasterskom slikom. Ovim se omogućava kasnije ponovno otvaranje *Georeferencer*

plugin-a i dodavanje novih tačaka ili brisanje postojećih u cilju poboljšanja rezultata. Fajl sa tačkama sadrži vrednosti u formi: X karte, Y karte, X piksela, Y piksela kao koordinate ciljnog i pikselskog koordinatnog sistema. Mogu se koristiti i alatke *Load GCP points* i *Save GCP points* radi bolje organizacije fajlova.

Korak 6: Podešavanje parametara transformacije

Nakon završetka merenja kontrolnih tačaka na rasterskoj podlozi, potrebno je definisati podešavanja transformacije za proces georeferenciranja. Podešavanja transformacije se pokreću klikom na alatku *Transformation Settings* (Slika 3-2).



Slika 3-2. Podešavanje parametara transformacije za potrebe georeferenciranja plana

Tipovi transformacija

Trenutno, dostupni su sledeći tipovi transformacija:

- Linearni algoritam se koristi samo za kreiranje world fajla i drugačiji je od svih drugih algoritama budući da se ne vrši transformacija rastera. Ovaj algoritam najverovatnije neće biti dovoljan ukoliko se radi sa skeniranim podlogama (kartama, planovima).
- Helmertova transformacija izvodi prosto skaliranje i rotiranje slike.

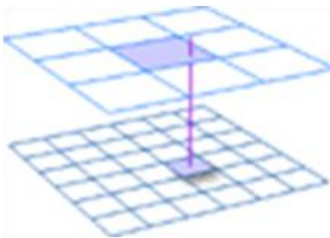
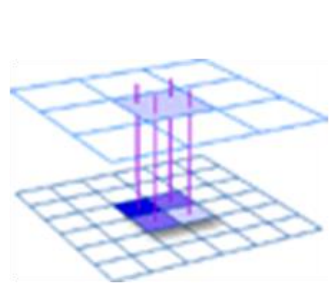
- Polinomski algoritmi 1-3 su najviše korišćeni algoritmi za poređenje izvornih i ciljnih GCP-ova. Najviše se koristi polinomski algoritam drugog reda polinomske transformacije koji dozvoljava određeni stepen zakrivljenja. Polinomska transformacija prvog reda (afina) očuvava kolinearnost i dozvoljava samo skaliranje, transliranje i rotiranje slike.
- Splajn tankim pločama (*Thin Plate Spline - TPS*) algoritam je moderniji metod georeferenciranja sa kojim se mogu prepoznati lokalne deformacije u podacima. Ovaj algoritam je koristan kada se georeferenciraju originali lošeg kvaliteta. Ovu bi trebalo izabrati za većinu podloga pa i za ovu vežbu iako bi linearna u ovom slučaju bila dovoljna.
- Projektivna transformacija predstavlja linearnu rotaciju i translaciju koordinata.

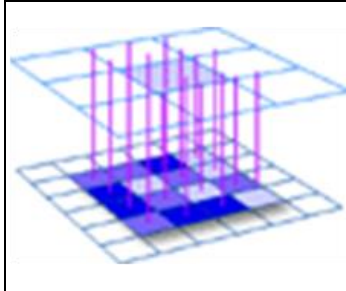
Tipovi resamplinga (interpolacija) rastera

Tip resamplinga koji će se koristiti zavisiće od ulaznih podataka i konačnog cilja same vežbe. Ukoliko ne treba da se menja statistika same slike, trebalo bi koristiti interpolaciju najbližeg suseda (*Nearest neighbor*), dok će se sa kubnom interpolacijom (*Cubic resampling*) dobiti nešto zamućenija slika.

U *Georeferencer* pluginu moguće je birati između pet različitih metoda resamplinga (interpolacije):

1. Najbliži sused (najmanji nivo zamućenja koji će se koristiti u ovoj vežbi)
2. Linearna
3. Kubna
4. Cubni Splajn
5. Lanczos

	<p>INTERPOLACIJA NA OSNOVU NAJBLIŽEG SUSEDA (<i>Nearest Neighbor</i>)</p> <p>Najjednostavnija interpolacija. Intenzitet izlaznog piksela se izjednači sa nivoom intenziteta ulaznog piksela koji je najbliži lokaciji gde se mapira izlazni piksel.</p>
	<p>BILINEARNA INTERPOLACIJA</p> <p>Interpolacija prvog reda ili bilinearna interpolacija. Vrednost izlaznog piksela računa se kao srednja vrednost intenziteta četiri piksela ulazne slike gde se mapira izlazni piksel. Težine pri određivanju srednje vrednosti su u korelaciji sa udaljenosti mesta mapiranja izlaznog piksela do četiri susedna piksela. Pri geometrijskim operacijama, smoothing efekat bilinearne interpolacije može degradirati fine detalje slike.</p>



BIKUBNA INTEPOLACIJA

Vrednost izlaznog piksela računa se kao srednja vrednost intenziteta šesnaest (4x4) piksela ulazne slike gde se mapira izlazni piksel. Težine pri određivanju srednje vrednosti su u korelaciji sa udaljenosti mesta mapiranja izlaznog piksela do šesnaest susednih piksela

Postoji nekoliko opcija koje je potrebno definisati za izlazni georeferencirani raster:

- Opcija *Create world file* je dostupna jedino ako se koristi linearni tip transformacije, zato što ovo znači da rasterska slika zapravo neće biti transformisana. U ovom slučaju, polje *Output raster* nije aktiviran, zato što će samo *world* fajl biti kreiran.
- Za sve druge tipove transformacija, potrebno je definisati izlazni raster (*Output raster*). Po default-u, novi fajl (*[naziv fajla]_modified*) biće kreiran u istom direktorijumu zajedno sa originalnom rasterskom slikom koja se georeferencira.
- Kao sledeći korak, potrebno je definisati ciljni koordinatni sistem *Target SRS* (*Spatial Reference System*) za georeferencirani raster (*EPSG: 32634* za ovu vežbu).
- o potrebi može se generisati *pdf* karta a takođe i izveštaj u formi *pdf*-a. Izveštaj sadrži informacije o korišćenim parametrima transformacije, slici reziduala (odstupanja) i spisak sa svim GCP-ovima i njihovim srednjim kvadratnim greškama.
- Može se štiklirati i polje *Set Target Resolution* i definisati rezolucija piksela izlaznog rastera (ostaviti po default-u, biće 5cm veličina piksela kao i za ulazni ortofoto).
- Sa štikliranom opcijom *Use 0 for transparency when needed* svi pikseli sa vrednošću 0 će biti prikazani transparentno (providno).
- Konačno, sa štikliranom opcijom *Load in QGIS when done* izlazni raster će se automatski učitati u radno okruženje QGIS-a kada se završi transformacija.


U zavisnosti od broja snimljenih kontrolnih tačaka zavisi i koji će se algoritam transformacije koristiti. Izbor algoritma transformacije zavisi i od tipa i kvaliteta ulaznih podataka i količine geometrijskih distorzija koje će biti sadržane u izlaznom rezultatu.

Obavezno definisati parametre projekcije ciljnog koordinatnog sistema u kom će bit sačuvan georeferencirani plan a moguće je formirati i izveštaje u PDF-u sa prikazom karte sa vektorima odstupanja i celog izveštaja transformacije (**Slika 3-3**).

ID	Enabled	Pixel X	Pixel Y	Map X	Map Y	Res X (pixels)	Res Y (pixels)	Res Total (pixels)
0	yes	264	-8509	7595250.000	4957500.000	0	0	0
1	yes	12040	-8512	7596000.000	4957500.000	0	0	0
2	yes	12046	-637	7596000.000	4958000.000	0	0	0
3	yes	273	-635	7595250.000	4958000.000	0	0	0
4	yes	4186	-8507	7595500.000	4957500.000	0	0	0
5	yes	12044	-3786	7596000.000	4957900.000	0	0	0

- **Slika 3-3.** Izgled dela izveštaja o georeferenciranju plana

Korak 7: Georeferenciranje

Nakon što su izmerene sve potrebne kontrolne tačke i sva podešavanja transformacije definisana, potrebno je kliknuti na dugme *Start georeferencing*  kako bi se kreirao nov georeferencirani plan. Učitavanjem u QGIS i preklapanjem sa drugom ispravno georeferenciranom podlogom može se proveriti da li je ceo postupak valjano izvršen.