

3TRA

Trikotniška transformacija za Slovenijo

Uporabniški priročnik

Različica 1.1, november 2017

Geodetska uprava Republike Slovenije

3tra: Trikotniška transformacija za Slovenijo

Različica programa: 1.1

Različica transformacijskega modela: 4.0

Avtor programa: Sandi Berk (sandi.berk@gov.si)

Geodetska uprava Republike Slovenije

Urad za geodezijo

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana

Dosedanje različice in nadgradnje programa:

3tra, različica 1.0, avgust 2017

... prvotna različica programa

3tra, različica 1.1, november 2017

... robustnejša podpora besedilnih datotek (.csv, *.txt, *.xyz ...) – tudi koordinate v narekovajih*

... podpora rastrskih formatov JPEG, TIFF in MrSID (.jpg, *.jpeg, *.tif, *.tiff, *.sid)*

Vsebina

1	Uvod	4
1.1	Pojmovnik	4
1.2	Vsehrzavni model trikotniške transformacije	5
2	Namestitev programa	6
3	Podprti formati datotek	7
3.1	SHP-datoteke (ArcView Shapefile Format)	7
3.2	GEN-datoteke (ArcInfo Generate Format, tudi PLB/PLV+PKB/PKV-datoteke)	8
3.3	DAT-datoteke (podatki o zemljiškokatastrskih točkah, tudi ZKB/ZKV-datoteke)	9
3.4	DXF-datoteke (AutoCAD Drawing Exchange Format)	10
3.5	CSV-datoteke (MS DOS, ločeno z vejico ali s podpičjem)	11
3.6	TXT-datoteke (MS DOS, ločeno s tabulatorji ali presledki, tudi PRN-datoteke)	11
3.7	XYZ-datoteke (tudi ASC-datoteke)	12
3.8	Rastrske datoteke (JPEG, TIFF in MrSID)	13
4	Izvedba transformacije	16
	Zahvala	21
	Literatura in viri	21

1 Uvod

V Sloveniji prehajamo na nov referenčni koordinatni sistem. Zakonsko podlago za ta prehod daje Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu [13]. Geodetska uprava Republike Slovenije je zagotovila enoten transformacijski model prehoda – vsedržavni model trikotniške transformacije. Namenjen je transformaciji vseh prostorskih podatkovnih zbirk v državi iz starega (D48/GK) v novi referenčni koordinatni sistem (D96/TM) in obratno.

Brezplačni program **3tra** omogoča izvedbo transformacije datotek s prostorskimi podatki v nekaterih bolj razširjenih formatih. Za transformacijo med starim in novim referenčnim koordinatnim sistemom je uporabljen vsedržavni model trikotniške transformacije, različica 4.0 [12].

1.1 Pojmovnik

Nekaj osnovnih pojmov v zvezi s koordinatnimi sistemi in transformacijami med njimi:

- **referenčni koordinatni sistem** (angl. *coordinate reference system – CRS*) ... dejansko vzpostavljen (realiziran) koordinatni sistem, v katerem so določene koordinate temeljnih geodetskih točk – koordinatni sistem z definiranim geodetskim datumom;
- **D48/GK** ... »stari« slovenski državni ravninski referenčni koordinatni sistem (geodetski datum 1948, Besslov elipsoid, Gauß-Krügerjeva projekcija);
- **D96/TM** ... »novi« slovenski državni ravninski referenčni koordinatni sistem, tj. slovenska realizacija skupnega evropskega terestričnega referenčnega sistema – ETRS89 (geodetski datum 1996, elipsoid GRS80, prečna Mercatorjeva projekcija);
- **datumska transformacija** (angl. *datum transformation*) ... transformacija koordinat med dvema referenčnima koordinatnima sistemoma, ki vključuje spremembo geodetskega datuma;
- **D48/GK ↔ D96/TM** ... datumska transformacija med starim in novim referenčnim koordinatnim sistemom Slovenije;
- **izvirni referenčni koordinatni sistem** (angl. *source CRS*) ... referenčni koordinatni sistem, iz katerega izvajamo transformacijo koordinat;
- **ciljni referenčni koordinatni sistem** (angl. *target CRS*) ... referenčni koordinatni sistem, v katerega izvajamo transformacijo koordinat;
- **vsedržavni model trikotniške transformacije** ... je model datumske transformacije med starim in novim ravninskim referenčnim koordinatnim sistemom Slovenije (D48/GK ↔ D96/TM), vzpostavljen za transformacijo prostorskih podatkovnih zbirk.

1.2 Vsedržavni model trikotniške transformacije

Vsedržavni model trikotniške transformacije je model afine ravninske transformacije po trikotnih transformacijskih odsekih. Trikotniška transformacija je neprekinjena (zvezna) in povratna (reverzibilna) na celotnem območju države in širše okolice, kar omogoča tudi transformacijo območij, ki jih pokrivajo državne systemske karte, ki vključujejo tudi obmejna območja sosednjih držav, kot tudi uporabo na morju – v severni polovici Jadrana. Ta transformacija delno odpravlja vplive lokalnih popačenosti (distorzij) D48/GK. Opis načina vzpostavitve in algoritma trikotniške transformacije kot tudi sami parametri vsedržavnega transformacijskega modela so na voljo na spletu [12].

Prva različica trikotniške transformacije sega v leto 2007 [3]. Takrat so bila oglišča transformacijskih trikotnikov kar vezne točke – na terenu označene točke s kakovostno določenimi koordinatami tako v D48/GK kot tudi v D96/TM. Izboljšana zasnova vsedržavnega transformacijskega modela temelji na pravilni trikotniški mreži z oglišči transformacijskih trikotnikov v virtualnih veznih točkah. Koordinate slednjih v D48/GK so določene na podlagi optimalnih transformacij iz veznih točk v njihovi neposredni okolici. Uporabljene so virtualne vezne točke, ki tvorijo trikotnike s površino okoli 20 km²; stranica trikotnika meri slabih 6,8 km. Skupaj 899 virtualnih veznih točk tvori 1776 transformacijskih trikotnikov, glej [5] in [6].

Prvotni niz okoli 2000 veznih točk je vseboval točke temeljnih geodetskih mrež in nekaterih navezovalnih mrež. Analize skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat zemljiškokatastrskih točk, npr. v Pomurju [7], so odkrile neskladja in izpostavile pomen kakovosti transformacijskih modelov pri ohranjanju kakovosti prostorskih podatkov. V letih 2014–2016 je bila kakovost trikotniške transformacije preverjena na vzorcih zemljiškokatastrskih točk po vsej državi; vključenih je bilo 80 testnih območij z okoli 2500 ponovno izmerjenimi zemljiškokatastrskimi točkami [4]. Po naknadni zgotovitvi veznih točk na nekaterih območjih države (tudi s točkami izmeritvenih mrež) na skupaj 3540 točk je bil tvorjen izboljšan in verificiran model trikotniške transformacije, različica 4.0. Točnost transformacije je za pretežni del državnega ozemlja višja od decimetrске. Transformacija praktično ohranja pravokotnost stavb – kotne deformacije so manjše od 17". Spremembe dolžin so manjše od 0,06 ‰ (6 cm/km), spremembe površin pa so manjše od 0,09 ‰ (0,9 m²/ha).


Opozorilo

Vsedržavni model trikotniške transformacije ne nadomešča lokalne transformacije (z uporabo transformacijskih parametrov, določenih na podlagi veznih točk na samem delovišču) – kot najkakovostnejšega načina uskladitve geodetskih izmer v starem in novem referenčnem koordinatnem sistemu. Posebej se to nanaša na postopke vzdrževanja v zemljiškem katastru, ki tozadevno do nadaljnjega ostajajo nespremenjeni. Območja države s slabšim ujemanjem vsedržavnega modela trikotniške transformacije in transformacije z lokalnimi parametri je torej treba vzdrževati z lokalno transformacijo. Le-ta ohranja geometrijska in topološka razmerja v grafičnem sloju zemljiškega katastra, kar je ključno za ohranitev kakovosti teh podatkov.

2 Namestitev programa

Program 3tra ne zahteva posebne namestitve. Komprimirano (zip-) datoteko, ki je na voljo na http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Transformacija_v_novi_koor_sistem/3tra.zip, shranite v izbrano mapo (npr. D:\...\3tra) in njeno vsebino razpakirate/dekomprimirate. V mapi dobite naslednje tri datoteke:

- 3tra_prirocnik.pdf ... pričujoči uporabniški priročnik programa 3tra
- 3tra.exe ... izvršljiva datoteka (angl. executable file) programa 3tra
- shapelib.dll ... dinamičnopovezovalna knjižnica (angl. dynamic-link library) Shapelib za delo s prostorskimi datotekami družbe ESRI (Shapefile)

Prikladno je ustvariti še bližnjico do programa 3tra. Z desnim klikom na namizje priključete priročni meni, kjer izberete »Novo« in v dobljenem podmeniju »Bližnjica«. Pojavi se čarovnik za ustvarjanje bližnjice. Kliknete na gumb »Prebrskaj ...« in poiščete mapo s programom (npr. D:\...\3tra). Izberete datoteko 3tra.exe in kliknete na gumb »Naprej«. Nato vnesete ime bližnjice (npr. 3TRA). Kliknete še na gumb »Dokončaj« in na namizju se pojavi ikona za dostop do programa 3tra ().

Razvojno okolje

Program 3tra je razvit v okolju MS Visual Studio 2017, in sicer v programskem jeziku Visual C++.

Zahteve za delovanje programa

Program 3tra zahteva operacijski sistem MS Windows, ki je novejši od Windows XP. Delovanje programa je preizkušeno na operacijskih sistemih Windows Vista Home (32-bitni), Windows 8 Enterprise (32-bitni), Windows 10 Home (64-bitni, s podporo dotika) in Windows 10 Enterprise (64-bitni).

Zavrnitev odgovornosti

Program 3tra je brezplačni program (freeware) – na voljo je vsem uporabnikom v izvršljivi obliki, brez izvirne kode. Geodetska uprava Republike Slovenije zavrača vsakršna jamstva, da program 3tra izpolnjuje vaše specifične zahteve in da je brez napak. Poleg tega izrecno zavrača vsakršno odgovornost za kakršno koli neposredno, posredno ali posledično škodo, ki bi bila posledica uporabe programa 3tra. Uporabljate ga po vaši lastni presoji in na lastno odgovornost.

3 Podprti formati datotek

Program 3tra podpira naslednje oblike vhodnih datotek:

- SHP-datoteke (ArcView Shapefile Format)
- GEN-datoteke (ArcInfo Generate Format, tudi PLB/PLV+PKB/PKV-datoteke)
- DAT-datoteke (podatki o zemljiškokatastrskih točkah, tudi ZKB/ZKV-datoteke)
- DXF-datoteke (AutoCAD Drawing Exchange Format)
- CSV-datoteke (MS DOS, ločeno z vejico ali s podpičjem)
- TXT-datoteke (MS DOS, ločeno s tabulatorji ali presledki, tudi PRN-datoteke)
- XYZ-datoteke (tudi ASC-datoteke)
- JPG-datoteke (Joint Photographic Experts Group Format, tudi JPEG-datoteke)
- TIF-datoteke (Tagged Image File Format, tudi TIFF-datoteke)
- SID-datoteke (Multiresolution Seamless Database – MrSID)

3.1 SHP-datoteke (ArcView Shapefile Format)

Format prostorskih datotek družbe ESRI [8] je bil uveden skupaj z orodjem ArcView (zdaj del ArcGIS Desktop). Gre za vektorski podatkovni format, ki podpira zapis točk, povezav med njimi – lomnic/linij – in s slednjimi omejenih območij – mnogokotnikov/polygonov (angl. points, (poly)lines, polygons) ter njihovih lastnosti/atributov. Vključuje tri obvezne datoteke, in sicer s priponami:

- ».shp« ... osnovna datoteka (angl. main file), ki vključuje vse geometrijske podatke,
- ».shx« ... indeksna datoteka (angl. index file) za hitro iskanje in
- ».dbf« ... atributna datoteka (angl. attribute file), preglednica lastnosti geometrijskih danosti v formatu dBase IV.

Program 3tra ob transformaciji tvori tudi datoteko s pripono:

- ».prj« ... projekcijska datoteka (angl. projection file), ki vsebuje informacije o referenčnem koordinatnem sistemu.

Program 3tra podpira geometrijo v dvo- ali trirazsežnem prostoru (2D/3D Shapefiles). Morebitne točke zunaj definicijskega območja transformacije se ne transformirajo, ampak se v izhodno datoteko samo prepišejo.

Opozorilo

Program 3tra tvori prj-datoteko tako pri transformaciji iz starega v novi referenčni koordinatni sistem (D48/GK → D96/TM) kot tudi pri transformaciji iz novega v stari referenčni koordinatni sistem (D96/TM → D48/GK), vendar v drugem primeru dobljena prj-datoteka namenoma ne podaja parametrov datumske transformacije (TOWGS84) oziroma so le-ti enaki 0. Za ohranitev položajne točnosti namreč tovrstni način združevanja podatkov (georeferenciranih v različnih referenčnih koordinatnih sistemih) ni dopusten, glej npr. [2], ampak je nujno podatke najprej transformirati v isti referenčni koordinatni sistem z državno trikotniško transformacijo (npr. s programom 3tra). Za združevanje tako pripravljenih podatkov (z enakimi prj-datotekami) pa so nato (npr. ob uvozu v GIS-okolje) ti parametri nepomembni – niso uporabljeni.

3.2 GEN-datoteke (ArcInfo Generate Format, tudi PLB/PLV+PKB/PKV-datoteke)

Besedilna datoteka za uvoz vektorskih podatkov v ArcInfo (zdaj del ArcGIS Desktop) je podatkovni format družbe ESRI. Format podpira zapis točk, povezav med njimi – lomnic/linij – in s slednjimi omejenih območij – mnogokotnikov/poligonov (angl. points, (poly)lines, polygons). Program 3tra podpira osnovno različico formata (brez višin in drugih atributov). Ne glede na vrsto geometrijskih danosti je predvidena datoteka s pripono »gen«. Ločilo med števkami geometrijskih danosti in koordinatami so tabulatorji ali presledki oziroma vejica ali podpičje, pri koordinatah pa decimalna pika. Vrsten red koordinat je vedno y- in nato x-koordinata oziroma e- in nato n-koordinata.

V nizu točk s koordinatami posamezna točka zaseda eno vrstico datoteke. Točka je podana z identifikatorjem (številko) ter y- oziroma e-koordinato in x- oziroma n-koordinato. Niz točk zaključí ključna beseda »END« (konec datoteke).

Primer gen-datoteke točk:

```
1 479770.33 94715.29
2 515200.61 151910.31
3 515252.73 151849.08
. . .
END
```

V nizu lomnic/linij s koordinatami lomnih točk posamezna lomna točka zaseda eno vrstico datoteke. Napovedna vrstica linije vsebuje identifikator (številko) linije. Sledijo vrstice z lomnimi točkami, ki so podane z y- oziroma e-koordinato in x- oziroma n-koordinato (v tem vrstnem redu). Niz lomnih točk zaključí ključna beseda »END« (konec linije), nato sledi zapis naslednje linije ... Zadnjo linijo zaključí ključna beseda »END« (konec datoteke) – zadnji dve vrstici datoteke sta torej enaki.

Primer gen-datoteke povezav/linij:

```
1
515200.61 151910.31
515252.73 151849.08
. . .
END
2
479770.33 94715.29
. . .
. . .
END
END
```

V nizu mnogokotnikov/poligonov s koordinatami obodnih točk posamezna obodna točka zaseda eno vrstico datoteke. Napovedna vrstica poligona vsebuje identifikator (številko) poligona ter y- oziroma e-koordinato in x- oziroma n-koordinato njegovega centroida (v tem vrstnem redu). Sledijo vrstice z obodnimi točkami, ki so podane z y- oziroma e-koordinato in x- oziroma n-koordinato. Niz obodnih točk zaključí ključna beseda »END« (konec oboda), nato sledi zapis naslednjega oboda prekinjenega (več)poligona (enklave ali eksklave) oziroma naslednjega poligona ... Zadnji poligon zaključí ključna beseda »END« (konec datoteke) – zadnji dve vrstici datoteke sta torej enaki.

Primer gen-datoteke mnogokotnikov/poligonov:

```
1 515286.22 152006.99
515200.61 151910.31
515252.73 151849.08
. . .
END
2 482906.45 94915.02
479770.33 94715.29
. . .
. . .
END
END
```

Program 3tra prezre (izpusti) morebitne vrstice z več kot tremi elementi (tj. z identifikatorjem ter koordinatama točke oz. centroida). Morebitne točke zunaj definicijskega območja transformacije se ne transformirajo, ampak se v izhodno datoteko samo prepisujejo.

Namig

Program 3tra podpira tudi izmenjevalne datoteke povezav, ki so sestavni del elaborata geodetske storitve in elaborata za evidentiranje sprememb v zemljiškem katastru [11], ter datoteke t. i. ASCII-formata, v katerem je možno pridobiti grafične podatke zemljiškega katastra [9]. Dovoljene so torej tudi datoteke s priponami ».plb« oziroma ».plv« – dejansko gre za gen-datoteke povezav/linij –; v obeh primerih program transformira tudi pripadajočo datoteko centroidov s pripono ».pkb« oziroma ».pkv«. Ne glede na izbrano zaokrožitev koordinat so le-te podane na dve decimalki (centimeter), saj sta zanje v teh datotekah predvideni le dve mesti.

3.3 DAT-datoteke (podatki o zemljiškokatastrskih točkah, tudi ZKB/ZKV-datoteke)

Besedilne datoteke s predpisanimi podatki o zemljiškokatastrskih (ZK-) točkah, v katerih so atributi točk ločeni s podpičjem, so v rabi pri distribuciji podatkov zemljiškega katastra. Posamezna ZK-točka zaseda eno vrstico datoteke. Podpičje tudi zaključi vsako vrstico datoteke. ZK-točka je podana s šifro katastrske občine (SIFKO), številko ZK-točke (TOCKA), y- in x-koordinato (YGK in XGK), nadmorsko višino (H), metodo določitve koordinat (METYX), šifro upravnega statusa (UPRAVNO), identifikacijsko številko postopka spremembe koordinat (IDPOS), datumom spremembe koordinat (DATUM), opombami (OPOMBE), slikovno y- in slikovno x-koordinato (Y in X), šifro vrste dela (DELO), e- in n-koordinato (YTM in XTM), metodo določitve višine (METH), šifro geodetskega datuma (GDATYX) ter šifro vrste mejnika (V_MEJNIKA). Ločilo pri koordinatah ZK-točk je decimalna pika ali decimalna vejica. Glava datoteke (napovedna vrstica) vsebuje v oklepajih (zgoraj) navedena imena polj.

Pri transformaciji dat-datoteke iz starega v novi referenčni koordinatni sistem (D48/GK → D96/TM) program 3tra transformira y- in x-koordinato (YGK in XGK) ter slikovno y- in slikovno x-koordinato (Y in X) ZK-točke. V glavi izhodne datoteke se temu ustrezno spremenijo imena polj (YGKvTM in XGKvTM ter YvTM in XvTM). Pri transformaciji dat-datoteke iz novega v stari referenčni koordinatni sistem (D96/TM → D48/GK) program 3tra transformira e- in n-koordinato (YTM in XTM) ZK-točke. V glavi izhodne datoteke se temu ustrezno spremenita imeni polj (YTMvGK in XTMvGK). Pri transformaciji dat-datotek gre torej za usklajitev vseh koordinat ZK-točk v izbranem (ciljnem) referenčnem koordinatnem sistemu.

Program 3tra prezre (izpusti) morebitne vrstice z neustreznim številom atributov ZK-točke. Morebitne ZK-točke zunaj definicijskega območja transformacije se ne transformirajo, ampak se v izhodno datoteko samo prepisujejo.

Za razliko od vseh drugih formatov, ki jih podpira program 3tra, reverzibilnost transformacije tu ni zagotovljena – ponovna transformacija že transformirane dat-datoteke ni predvidena. Za uskladitev koordinat ZK-točk v drugem referenčnem koordinatnem sistemu je treba uporabiti izvirno dat-datoteko in drug ciljni sistem.

Prav tako sta za razliko od vseh drugih podprtih formatov v dat-datoteki y- in x-koordinata (YGK in XGK) ali e- in n-koordinata (YTM in XTM) ZK-točke lahko obe enaki 0,00 in nista obravnavani kot napaka (ZK-točka izven definicijskega območja transformacije), ampak kot da gre za ZK-točko, katere koordinati še nista določeni. To pa ne velja za slikovno y- in slikovno x-koordinato (Y in X) ZK-točke, ki sta obvezni.

Primer dat-datoteke:

```
SIFKO;TOCKA;YGK;XGK;H;METYX;UPRAVNO;IDPOS;DATUM;OPOMBE;Y;X;DELO;YTM;XTM;METH;GDATYX;V_MEJNIKA;  
122;4470;0;0;0;91;8;06107000;11.07.2016;8;583226,2;168600,43;N;582858,08;169083,6;0;0;0;  
123;613;584112,64;167766,41;195,13;52;1;00045000;12.12.1977;P;584112,64;167766,41;N;0;0;;;  
124;5062;584612,82;167672,6;0;11;1;06006000;16.06.1998;;584612,82;167672,6;N;0;0;;;  
. . .
```

Namig

Program 3tra podpira tudi izmenjevalne datoteke s podatki o zemljiškokatastrskih točkah, ki so sestavni del elaborata geodetske storitve in elaborata za evidentiranje sprememb v zemljiškem katastru [11]. Dovoljene so torej tudi datoteke s priponami »zkb« oziroma »zkv«, ki so za razliko od dat-datotek zapisane formatirano (s predpisanim številom mest za vsak atribut). Koordinate ZK-točk so transformirane na enak način kot v dat-datotekah (y- in x-koordinata ter slikovna y- in slikovna x-koordinata pri transformaciji D48/GK → D96/TM oziroma e- in n-koordinata pri transformaciji D96/TM → D48/GK). Ne glede na izbrano zaokrožitev koordinat so le-te podane na dve decimalki (centimeter), saj sta zanje v teh datotekah predvideni le dve mesti.

3.4 DXF-datoteke (AutoCAD Drawing Exchange Format)

Format za izmenjavo vektorskih risb družbe Autodesk [1] je bil uveden skupaj z orodjem AutoCAD. Gre za vektorski podatkovni format, ki podpira zapis različnih grafičnih gradnikov. Program 3tra podpira transformacijo naslednjih grafičnih gradnikov: točka (POINT), daljica (LINE), lomnica (POLYLINE, LWPOLYLINE), zlepek (SPLINE), napis/besedilo (TEXT, MTEXT), krog (CIRCLE), krožni lok (ARC), elipsa (ELLIPSE) in trikotna ploskev v trirazsežnem prostoru (3DFACE).

Razen za osnovne grafične gradnike (točka, daljica, lomnica) povsem stroga izvedba trikotniške transformacije ni enostavno izvedljiva. Modeliranje distorzij referenčnih koordinatnih sistemov z odsekoma afino transformacijo namreč povzroči tudi kotno striženje – krog bi teoretično postal elipsa, torej drug grafični gradnik. V praksi so te nedoslednosti v večini primerov zanemarljive. Večja težava lahko nastopi pri uporabi blokov grafičnih gradnikov (BLOCK). Še posebej v primerih, ko je izhodiščna točka bloka daleč od težišča bloka ali pa blok pokriva preveliko območje. Takšen blok po transformaciji ne bo umeščen pravilno. Neredko pa je kot izhodiščna točka bloka izbrana kar točka (0, 0), ki je daleč izven definicijskega območja transformacije. Zadovoljiva točnost transformacije bloka je

zagotovljena le z izhodiščno točko, ki je znotraj ali v bližini samega bloka, in še to samo za bloke manjših razsežnosti (do sto metrov v naravi). Zato je uporaba blokov grafičnih gradnikov dovoljena zgolj pogojno.

Program 3tra podpira geometrijo v dvo- ali trirazsežnem prostoru (2D/3D Drawings). Morebitne točke zunaj definicijskega območja transformacije se ne transformirajo, ampak se v izhodno datoteko samo prepisejo. Binarnih dxf-datotek program 3tra ne podpira.

Namig

V primeru težav pri transformaciji dxf-datoteke zaradi prisotnosti blokov grafičnih gradnikov je treba slednje pred izvozom v format dxf razbiti na prvinske gradnike; v AutoCAD-u to storimo z ukazom Explode. Enako velja za morebitne šrafure (HATCH).

3.5 CSV-datoteke (MS DOS, ločeno z vejico ali s podpičjem)

Besedilne datoteke, v katerih so atributi točk ločeni z vejico ali s podpičjem, običajno dobijo pripono ».csv« (iz angl. comma-separated values). Takšne datoteke lahko dobimo na primer z izvozom iz preglednice, pripravljene s programom MS Excel. Posamezna točka zaseda eno vrstico datoteke. Za transformacijo s programom 3tra mora biti točka podana z imenom ali oznako/številko, y- oziroma e-koordinato in x- oziroma n-koordinato (v tem vrstnem redu) ter morebitnimi drugimi atributi. Ločilo pri koordinatah točk je decimalna pika, pogojno tudi decimalna vejica –, če slednja ni uporabljena že kot ločilo med samimi atributi točke. Program prepozna tudi koordinate točk, ki so podane v narekovajih, npr. "515200.61", '515200.61', '515200,61' ipd.

Glava datoteke (napovedna vrstica) ni obvezna. Program 3tra prezre (izpusti) morebitne vrstice z manj kot tremi atributi točke (tj. z imenom in koordinatama). Morebitne točke zunaj definicijskega območja transformacije se ne transformirajo, ampak se v izhodno datoteko samo prepisejo.

Primer csv-datoteke:

```
Oznaka točke,e_D96/TM,n_D96/TM,h_GRS80,Lokacija,Opomba ...
173 z0,479770.326,94715.293,800.314,Kucelj,EUREF 722 ...
372 z0,515200.612,151910.305,1590.302,Velika Kopa,EUREF 721 ...
518 z0,388641.341,103801.030,858.852,Korada,EUREF 723 ...
. . .
```

3.6 TXT-datoteke (MS DOS, ločeno s tabulatorji ali presledki, tudi PRN-datoteke)

Besedilne datoteke, v katerih so atributi točk ločeni s tabulatorji ali presledki (tudi več zaporednimi), običajno dobijo pripono ».txt« (iz angl. text, plain text). Posamezna točka zaseda eno vrstico datoteke. Za transformacijo s programom 3tra mora biti točka podana z oznako/številko (strnjeni zapis – brez presledkov), y- oziroma e-koordinato in x- oziroma n-koordinato (v tem vrstnem redu) ter morebitnimi drugimi atributi. Ločilo pri koordinatah točk je decimalna pika ali decimalna vejica. Program prepozna tudi koordinate točk, ki so podane v narekovajih, npr. "515200.61", '515200.61', "515200,61" ipd.

Besedilne datoteke za razliko od csv-datotek ne smejo imeti praznih polj. Slednja bi povzročila zamik stolpcev. V izhodni datoteki so atributi točk ločeni s presledkom (enim samim). Program 3tra prezre (izpusti) morebitne vrstice z manj kot tremi atributi točke (tj. z imenom in koordinatama). Morebitne točke zunaj definicijskega območja transformacije se ne transformirajo, ampak se v izhodno datoteko samo prepišejo. Unicode txt-datotek program 3tra ne podpira.

Primer txt-datoteke:

```
173z0 479770.326 94715.293 800.314 "Kucelj" "EUREF 722" ...
372z0 515200.612 151910.305 1590.302 "Velika Kopa" "EUREF 721" ...
518z0 388641.341 103801.030 858.852 "Korada" "EUREF 723" ...
. . .
```

Namig

Včasih se za oblikovano besedilo (angl. *formatted text*), ki je razdeljeno s presledki (angl. *space delimited*), uporablja tudi pripona »prn«, zato je pri vhodnih datotekah dovoljena tudi ta pripona. Takšne datoteke lahko dobimo na primer z izvozom iz preglednice, pripravljene s programom MS Excel. Poravnosti stolpcev vhodne prn-datoteke program 3tra v izhodni datoteki ne ohranja; enako kot pri txt-datotekah je ločilo med atributi v izhodni prn-datoteki en sam presledek.

3.7 XYZ-datoteke (tudi ASC-datoteke)

Besedilne datoteke z nizi koordinat točk, ki so ločene s tabulatorji ali presledki (tudi več zaporednimi), običajno dobijo pripono »xyz«. Posamezna točka zaseda eno vrstico datoteke. Za transformacijo s programom 3tra mora biti točka podana z y- oziroma e-koordinato in x- oziroma n-koordinato (v tem vrstnem redu) ter morebitno višino (drugi atributi točke niso dovoljeni). Ločilo pri koordinatah točk je decimalna pika, pogojno tudi decimalna vejica –, če slednja ni uporabljena že kot ločilo med samimi koordinatami/višinami točke. Program prepozna tudi koordinate točk, ki so podane v narekovajih, npr. "515200.61", '515200.61', »515200,61« ipd.

V izhodni datoteki so koordinate/višine točk ločene s presledkom (enim samim). Program 3tra prezre (izpusti) morebitne vrstice z neustreznim številom atributov točke. Morebitne točke zunaj definicijskega območja transformacije se ne transformirajo, ampak se v izhodno datoteko samo prepišejo.

Primer xyz-datoteke:

```
479770.326 94715.293 800.314
515200.612 151910.305 1590.302
388641.341 103801.030 858.852
. . .
```

Namig

Primer uporabe so datoteke t. i. ASCII-formata, v katerem je možno pridobiti podatke digitalnih modelov višin (DMV 5, DMV 12,5, DMV 25 in DMV 100) na Geodetski upravi Republike Slovenije. V podobni obliki so na voljo tudi podatki lidarskega digitalnega modela reliefa (DMR 1) na Agenciji Republike Slovenije za okolje. Imena teh datotek imajo pripono »asc«, zato je pri vhodnih datotekah dovoljena tudi ta pripona. Kot ločilo med koordinatami/višinami točk je v asc-datotekah namesto tabulatorjev/presledkov v rabi podpičje.

3.8 Rastrske datoteke (JPEG, TIFF in MrSID)

Program 3tra podpira tri oblike rastrskih datotek, in sicer:

- JPG-datoteke (Joint Photographic Experts Group Format, tudi JPEG-datoteke)
- TIF-datoteke (Tagged Image File Format, tudi TIFF-datoteke) in
- SID-datoteke (Multiresolution Seamless Database – MrSID).

Format JPEG je bil razvit s strani Joint Photographic Experts Group. Predvidena pripona datotek je ».jpg« ali ».jpeg«. Format TIFF je razvila Aldus Corporation, ki jo je kasneje prevzela družba Adobe Systems. Predvidena pripona datotek je ».tif« ali ».tiff«. Format MrSID je razvila družba LizardTech. Predvidena pripona datotek je ».sid«.

Vsi trije formati omogočajo zapis georeferenciranih rastrov s pomočjo pomožne geolokacijske datoteke (angl. world file), ki ima za jpg-datoteke pripono ».jgw«, za tif-datoteke pripono ».tfw« in za sid-datoteke pripono ».sdw«. Pomožne geolokacijske datoteke je uvedla družba ESRI in vključujejo informacije o umestitvi rastrske slike v prostor s pomočjo 6-parametrične afine transformacije. Vsak parameter je zapisan v svoji vrstici datoteke. Ločilo pri parametrih je decimalna pika.

Primer geolokacijske datoteke (državni ortofoto* v D96/TM):

```
0.50
0.0
0.0
-0.50
479750.25
93999.75
```

Parametri v posameznih vrsticah geolokacijske datoteke so:

- projekcija zgornjega roba celice rastra na e- oz. y-os (običajno dolžina stranice celice oz. širina celice)
- projekcija zgornjega roba celice rastra na n- oz. x-os (običajno 0)
- projekcija levega roba celice rastra na e- oz. y-os (običajno 0)
- projekcija levega roba celice rastra na n- oz. x-os (običajno dolžina stranice celice oz. višina celice z negativnim predznakom)
- e- oz. y-koordinata središča leve zgornje celice rastra (tj. abscisa središča leve zgornje celice rastra v izvornem referenčnem koordinatnem sistemu)
- n- oz. x-koordinata središča leve zgornje celice rastra (tj. ordinata središča leve zgornje celice rastra v izvornem referenčnem koordinatnem sistemu)

Pri transformaciji geolociranega rastra s programom 3tra gre za optimalno umestitev izvornega rastra v ciljni referenčni koordinatni sistem. Obvezna je pripadajoča geolokacijska datoteka s parametri v izvornem sistemu. Sama rastrska datoteka ostane po transformaciji nespremenjena (ni prevzorčenja); spremeni se le geolokacijska datoteka.

* Gre za ortofoto, ki pokriva območje lista TTN v merilu 1 : 5000 z oznako F0522.

Za optimalno določitev parametrov v geolokacijski datoteki zahteva program 3tra od uporabnika podatka o razsežnostih rastra (širini in dolžini območja v naravi), na podlagi katerih določi koordinate središčne in štirih vogalnih točk rastra. Zadošča tudi približna ocena – v primeru skeniranih topografskih in preglednih kart kar skupaj z izvenokvirno vsebino. Razsežnosti rastra lahko uporabnik poda z izborom ustrezne razdelitve na liste temeljnih topografskih načrtov, državnih topografskih ali preglednih kart, z izborom ustrezne celice hierarhične mreže ali pa z ročnim vnosom.

Program 3tra najprej izvede transformacijo dobljenih petih točk rastra v ciljni referenčni koordinatni sistem – z vsedravnim modelom trikotniške transformacije. Nato na podlagi parov koordinat teh točk v izvornem in ciljnem sistemu določi parametre za optimalno umestitev rastra (po metodi najmanjših kvadratov), in sicer:

- samo s pomiki po obeh koordinatnih oseh,
- s pomiki po obeh koordinatnih oseh in spremembo merila ali
- z afino transformacijo.

Afina transformacija je najboljši način umestitve rastrske slike v ciljnem referenčnem koordinatnem sistemu; ko je območje rastra v celoti znotraj enega samega trikotnika vsedravnega transformacijskega modela (kot to velja za predhodno podani primer), je takšna umestitev matematično stroga – v nobeni točki rastra ni odstopanj glede na vsedravni model trikotniške transformacije^{**}.

Primer geolokacijske datoteke, določene z optimalno afino transformacijo (isti ortofoto v D48/GK):

```
0.499989509
0.000016455
0.000009741
-0.499989472
480121.26
93513.80
```

Vendar pa nekateri programi ne zagotavljajo povsem pravilnega prikaza rastrske slike, ko se v geolokacijski datoteki poleg pomikov po obeh koordinatnih oseh pojavljata tudi zasuk in usmerjeni razteg (tj. ko sta drugi in tretji parameter različna od 0 in je vsota prvega in četrtega parametra različna od 0). V tem primeru je priporočljiv drugi način umestitve rastrske slike – z določitvijo obeh pomikov in prilagoditvijo velikosti celice rastra.

Primer geolokacijske datoteke, določene z optimalnima pomikoma in spremembo merila (isti ortofoto v D48/GK):

```
0.499989485
0.000000000
0.000000000
-0.499989485
480121.29
93513.84
```

Največje položajno odstopanje izbranih točk rastra od transformiranih (z vsedravnim modelom trikotniške transformacije) znaša v tem primeru 5 cm.

^{**} Ustreznost dobljenih geolokacijskih datotek, tvorjenih kot optimalna umestitev rastra z afino transformacijo, je bila preverjena s programskima orodjema ArcGIS 10.1 družbe ESRI in Global Mapper 17 družbe Blue Marble Geographics.

Mogoča je tudi še bolj poenostavljena (in manj natančna) umestitev zgolj z obema pomikoma, ki torej ohranja izvirno velikost celice rastra.

Primer geolokacijske datoteke, določene z optimalnima pomikoma (isti ortofoto v D48/GK):

```
0.500000000
0.000000000
0.000000000
-0.500000000
480121.27
93513.87
```

Največje položajno odstopanje izbranih točk rastra od transformiranih (z vsedržavnim modelom trikotniške transformacije) znaša v tem primeru 7 cm, kar je še vedno zanemarljivo glede na dolžino stranice celice rastra (50 cm) in povsem zadošča za kakovostno georeferenciranje državnega ortofota.

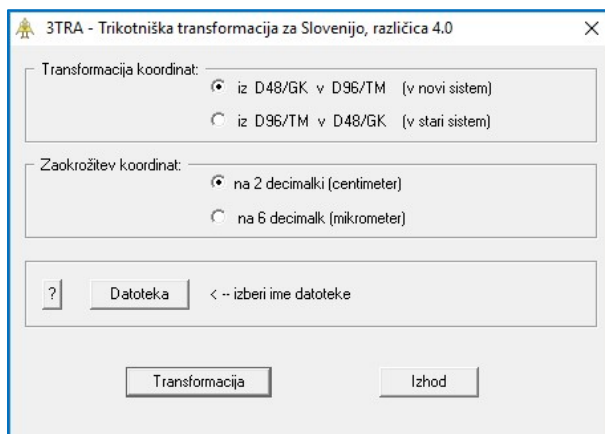
Opozorilo

GeoTIFF (Geographically Registered Tagged Image File Format) je različica formata TIFF, pri kateri so lahko informacije o georeferenciranju rastra zapisane tudi v glavi osnovne tif-datoteke. V tem primeru je treba preveriti, ali uporabljeno GIS-orodje upošteva informacije iz glave osnovne datoteke ali iz pomožne geolokacijske datoteke. V programu ArcMap na primer damo prednost tfw-datotekam prek menija Tools > Options > Raster ... kljukica pred »Use world file to define the coordinates of the raster«.

4 Izvedba transformacije

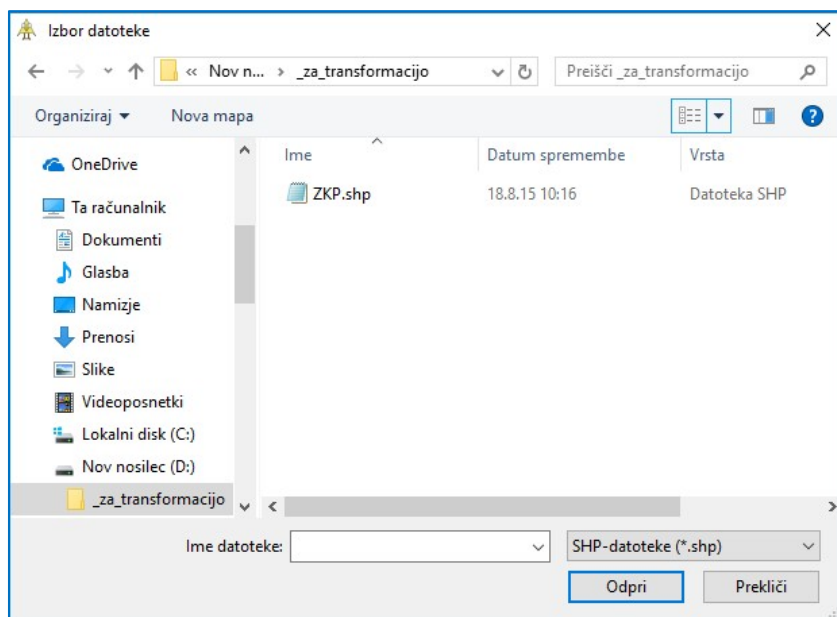
Ob zagonu programa 3tra se odpre pogovorno okno, v katerem je treba izbrati:

- izvorni in ciljni referenčni koordinatni sistem (smer transformacije),
- število decimalnih mest pri koordinatah (zaokrožitev koordinat) in
- ime vhodne datoteke za transformacijo.

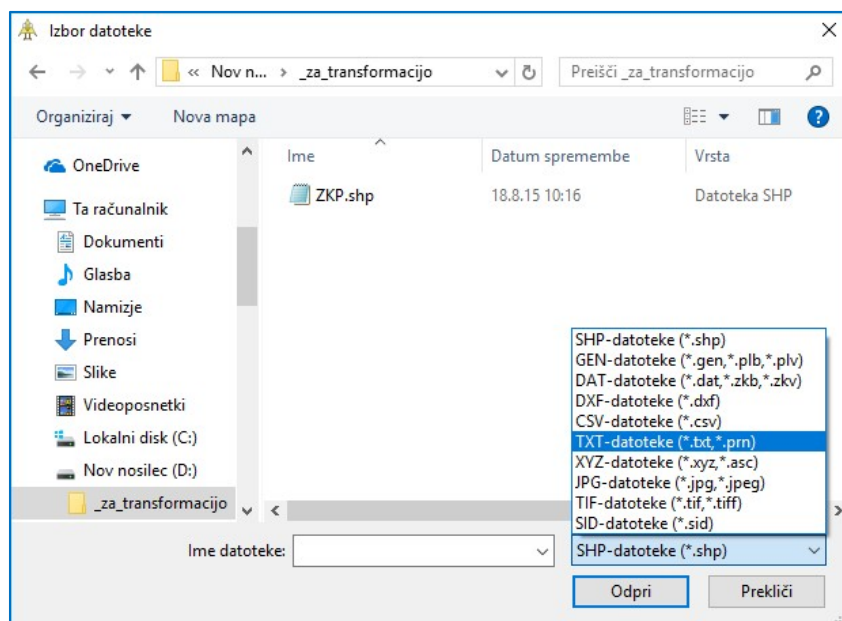


Privzeta smer transformacije je iz starega v novi referenčni koordinatni sistem (D48/GK → D96/TM). Ker je v nekaterih prostorskih podatkovnih zbirkah predpisana zaokrožitev koordinat na dve decimalni mesti – na primer v zemljiškem katastru [10] –, je takšna tudi privzeta zaokrožitev koordinat. Obe privzeti nastavitvi lahko spreminjate s klikom na izbirni gumb.

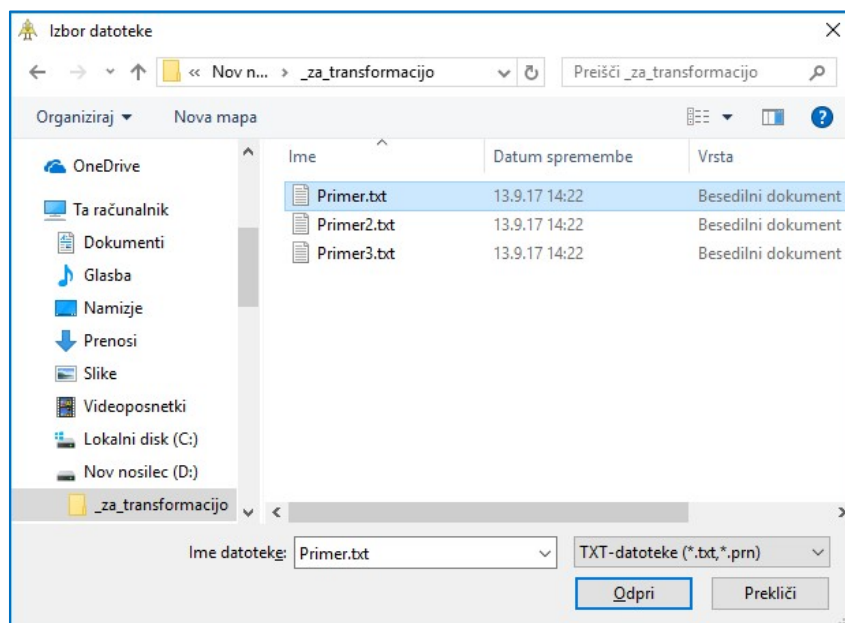
Za izbor imena vhodne datoteke za transformacijo kliknete na gumb »Datoteka«. Odpre se novo pogovorno okno za izbor datoteke.



Privzeta oblika vhodnih datotek so shp-datoteke. Za druge oblike kliknete na dvižni/spustni meni za izbor oblike datotek (desno spodaj).

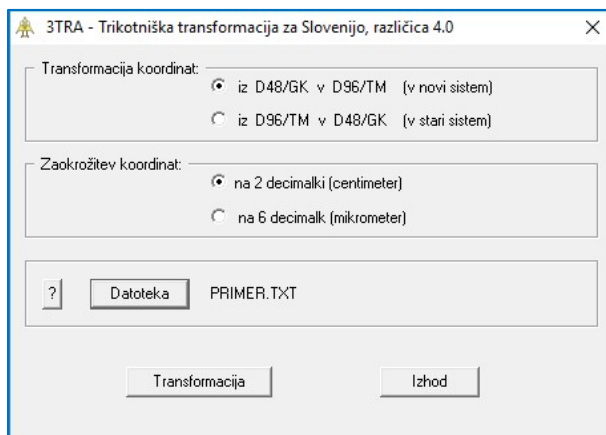


Izberete želeno obliko (pripono) datoteke (npr. *.txt) in nato še ime datoteke s klikom nanj v osrednjem delu pogovornega okna (npr. Primer.txt).



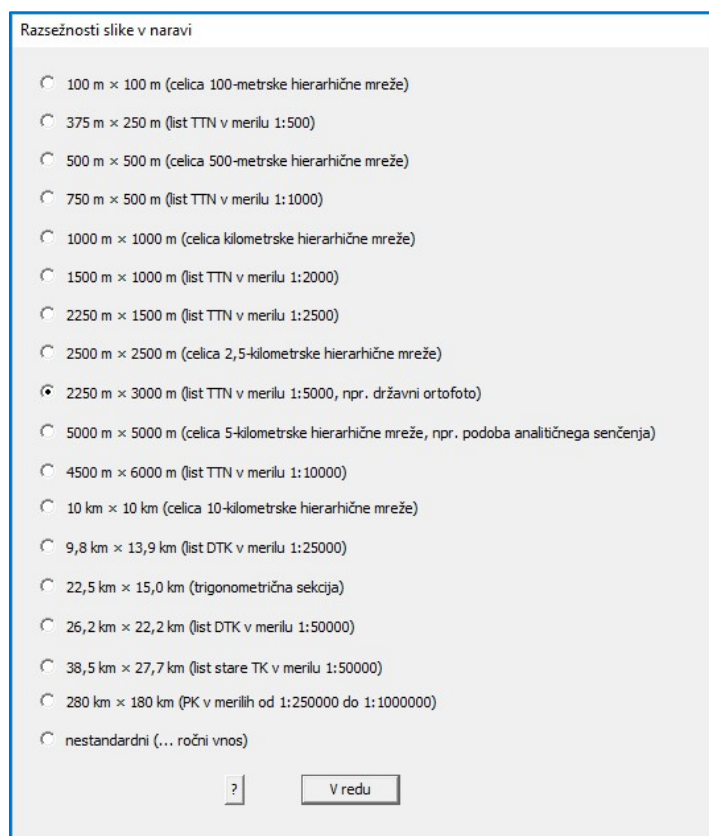
Po vsaki izvedeni transformaciji si program 3tra zapomni mapo zadnje transformirane datoteke in tudi njen format. Privzeto mapo in format vhodnih datotek, ki ju program ponudi, lahko seveda vsakič znova tudi spremenite.

Za potrditev izbora vhodne datoteke kliknete le še na gumb »Odpri«, kar vas vrne v osnovno pogovorno okno, kjer je izbrano ime vhodne datoteke zdaj navedeno desno od gumba »Datoteka«.



Sledi klik na gumb »Transformacija«.

V primeru transformacije rastrskih datotek se odpre še pogovorno okno, v katerem je treba izbrati razsežnosti slike v naravi.



Privzeti sta razsežnosti lista temeljnega topografskega načrta v merilu 1 : 5000 (2250 m × 3000 m), ki ustreza razrezu državnega ortofota. Privzeti izbor lahko spremenite s klikom na ustrezni izbirni gumb. Če izberete zadnjo možnost – nestandardni razsežnosti slike –, se odpre še dodatno pogovorno okno, v katerem sami navedete razsežnosti vaše slike.

Razsežnosti slike v naravi

Širina slike (vzhod-zahod) [m] 0

Višina slike (sever-jug) [m] 0

V redu

Vnesete širino in višino slike oz. razsežnosti območja, ki ga ta pokriva, in sicer celoštevilski vrednosti v metrih v naravi.

Podajanju informacij o razsežnostih rastrske slike pa sledi še izbor načina njene transformacije. Odpre se pogovorno okno, v katerem izberete želeni način.

Način transformacije rastrske slike

☐ samo pomika po obeh koordinatnih oseh

☒ pomika po obeh koordinatnih oseh in sprememba merila

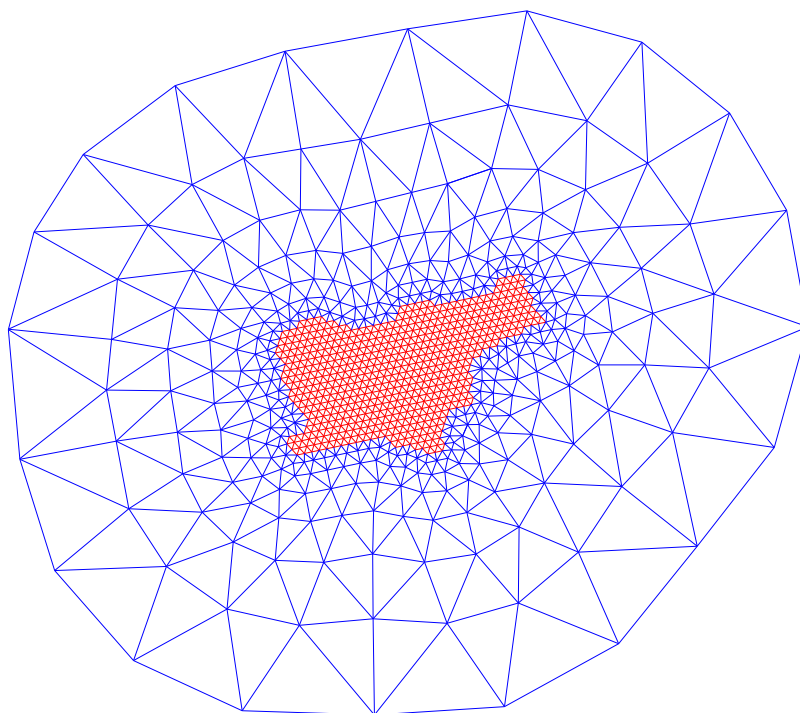
☐ afina transformacija

? V redu

Privzeti način tvorbe geolokacijske datoteke predvideva določitev optimalnih pomikov po obeh koordinatnih oseh in spremembo merila rastra. Privzeti izbor lahko spremenite s klikom na ustrezni izbirni gumb.

V primeru transformacije večjih datotek postane ob zagonu transformacije osnovno pogovorno okno neodzivno – program pade v trans in se spet prebudi, ko zaključi s transformacijo. Pod gumbom »Transformacija« se sproti izpisuje število transformiranih točk. V testnem okolju z operacijskim sistemom MS Windows 10 Enterprise (64-bitni, 3,30 GHz-procesor, 8 GB RAM) traja transformacija shp-datoteke z zemljiškokatastrskim prikazom (ZKP) za celotno državo (~83 milijonov točk, 1,60 GB) dobre četrte ure.

Vsedržavni model trikotniške transformacije pokriva tudi širšo okolico države, kot je razvidno iz grafičnega prikaza transformacijskih trikotnikov, ki na ozemlju države tvorijo praktično pravilno trikotniško mrežo (rdeči trikotniki), s širitvijo navzven pa se ti postopoma večajo (modri trikotniki).



Vendarle pa je definicijsko območje transformacije omejeno. »Izhodišči« starega in novega ravninskega referenčnega koordinatnega sistema – točki s koordinatama (0,0) – sta izven tega območja (gre za lokacijo blizu mesta Alessandria, približno 80 kilometrov vzhodno od Torina, Italija). V primeru, da se v vhodni datoteki pojavi točka zunaj definicijskega območja transformacije, vas program 3tra na to opozori. Takšne točke program beleži v posebni datoteki napak s pripono »err« (iz angl. errors). Odvisno od oblike vhodne datoteke so podane zaporedne številke točk ali ustrezne zaporedne številke vrstic vhodne datoteke ali oznake/številke točk (pri ZK-točkah tudi s šifro katastrske občine) in seveda koordinate problematičnih točk. Ločilo pri koordinatah točk je enako kot v vhodni datoteki (pika oz. vejica).

V primeru transformacije rastrske datoteke, ki ni v celoti znotraj definicijskega območja transformacije, program 3tra transformacije ne izvede. Se pa datoteka s pripono »err« tvori v primeru uspešno izvedene transformacije. Vanjo se zapišejo osnovne informacije o načinu in kakovosti umestitve rastra v ciljnem referenčnem koordinatnem sistemu, ki vključujejo tudi koordinatna odstopanja v središčni in štirih vogalnih točkah rastra ter največje položajno odstopanje po transformaciji.

Da je transformacija zaključena, program javi z obvestilom o imenu datoteke, v kateri je rezultat transformacije. Vhodne datoteke pri transformaciji ostanejo nespremenjene. Izhodne datoteke so enake vhodnim in so shranjene v isti mapi; razlike so le v transformiranih koordinatah točk oziroma v parametrih za georeferenciranje rastrske datoteke. Ločilo pri koordinatah točk je enako kot v vhodni datoteki (pika oz. vejica). Imena izhodnih datotek so tvorjena iz imen vhodnih datotek, pri čemer je ime razširjeno z dodatkom »_TM«, ko izvedete transformacijo iz starega v novi referenčni koordinatni sistem, oziroma z dodatkom »_GK«, ko izvedete transformacijo iz novega v stari referenčni koordinatni sistem.

Zahvala

Program 3tra uporablja dinamičnopovezovalno knjižnico Shapelib za delo s prostorskimi datotekami družbe ESRI, katere avtor je Frank Warmerdam, in ikono Chicken iz paketa Squared Animal, katere avtor je Martin Berube. Koristne nasvete glede transformacije dxf-datotek je prispeval dr. Joc Triglav.

Literatura in viri

- [1] AutoCAD 2012: DXF Reference (2011). Autodesk.
http://images.autodesk.com/adsk/files/autocad_2012_pdf_dxf-reference_enu.pdf
- [2] Berk, S., Boldin, D. (2017). Slovenski referenčni koordinatni sistemi v okolju GIS. *Geodetski vestnik*, 61 (1), 91–101. http://www.geodetski-vestnik.com/61/1/gv61-1_berk.pdf
- [3] Berk, S., Duhovnik, M. (2007). Transformacija podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije v novi državni koordinatni sistem. *Geodetski vestnik*, 51 (4), 803–826.
http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4_803-826.pdf
- [4] Berk, S., Fabiani, N., Fajdiga, D., Oven, K., Komadina, Ž., Čeh, M., Lisec, A., Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B. (2015). Verifikacija vsedržavnega modela transformacije med D48/GK in D96/TM. *Geodetski vestnik*, 59 (1), 159–167. http://www.geodetski-vestnik.com/59/1/gv59-1_berk.pdf
- [5] Berk, S., Komadina, Ž. (2010). Trikotniško zasnovana transformacija med starim in novim državnim koordinatnim sistemom Slovenije. *GIS v Sloveniji*, 10, 291–299.
<http://books.google.si/books?id=pNjaBvSCAscC&pg=PA291>
- [6] Berk, S., Komadina, Ž. (2013). Local to ETRS89 Datum Transformation for Slovenia: Triangle-Based Transformation Using Virtual Tie Points. *Survey Review*, 45 (328), 25–34. <http://doi.org/b4qd>
- [7] Berk, S., Komadina, Ž., Triglav, J. (2011). Analiza skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat zemljiško-katastrskih točk v Pomurju. *Geodetski vestnik*, 55 (2) 269–283. <http://doi.org/b4qc>
- [8] ESRI Shapefile Technical Description (1998). Environmental Systems Research Institute.
<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>
- [9] Opis strukture grafičnih podatkov ZK (2016). Geodetska uprava Republike Slovenije.
http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/struktura/Opis_strukture_graficnih_podatkov_ZK.pdf
- [10] Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru (2007). *Uradni list Republike Slovenije*, 8/2007 in 26/2007 – dop.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV7341>
- [11] Vrste digitalnih podatkov in način zapisa (2016). Geodetska uprava Republike Slovenije.
http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/zakonodaja/ZEN_am/lzmenjevalni_formati_april16_OCR.pdf
- [12] Vsedržavna trikotniška transformacija med starim in novim državnim ravninskim referenčnim koordinatnim sistemom (D48/GK ↔ D96/TM) – transformacijski model (parametri) in algoritem izračuna koordinat (2017). Geodetska uprava Republike Slovenije.
http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Transformacija_v_novi_koor_sistem/Trikotniska_transformacija_4.zip
- [13] Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu – ZDGRS (2014). *Uradni list Republike Slovenije*, 25/2014. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO6446>