

ANALITRA.SI – A NE NA LITRE ... ANALITRA.SI – BUT NOT BY LITRES ...

Joc Triglav

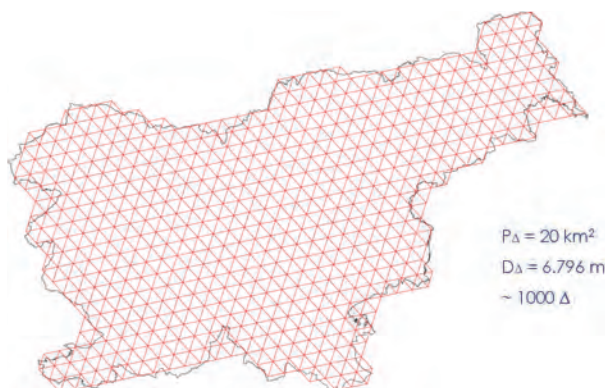
1 UVOD

..., res ne na litre, temveč na centimetre izračunana odstopanja med D96/TM-koordinatami ZK-točk, shranjenimi v evidenci zemljiškega katastra na podlagi meritev v geodetskih elaboratih, in D96/TM-koordinatami ZK-točk, transformiranimi z vsedrjavno trikotniško transformacijo V4.0 iz D48/GK-koordinat, shranjenih v taisti evidenci zemljiškega katastra.

Gornji stavek, ki se s ... nadaljuje še iz naslova, zveni kar zapleteno, dejansko pa zamisel pod delovnim imenom AnaliTra.SI vključuje matematično enostaven postopek na veliki množici podatkov. Vsi podatki in znanje, potrebni za izvedbo, so zbrani na glavnem uradu GURS. Poglejmo na kratko opis ideje in prve analitično-vizualne rezultate postopka AnaliTra.SI za območje Prekmurja.

2 CILJ

Želimo in v dnevni geodetski praksi nujno potrebujemo (zase in za uporabnike naših podatkov!) nekaj podobnega, kar imajo v švicarski državni geodetski upravi – glej članek v Geodetskem vestniku (Triglav, 2014). Švicarji imajo vizualizacijo po kvadratih, mi bi jo zaradi narave naše vsedrjavne trikotniške transformacije GURS lahko imeli po enakostraničnih trikotnikih, kot je razvidno s slike 1.



Slika 1: Mreža enakostraničnih trikotnikov vsedrjavne trikotniške transformacije (Berk in Komadina, 2010).

3 DOSEDANJE IZKUŠNJE

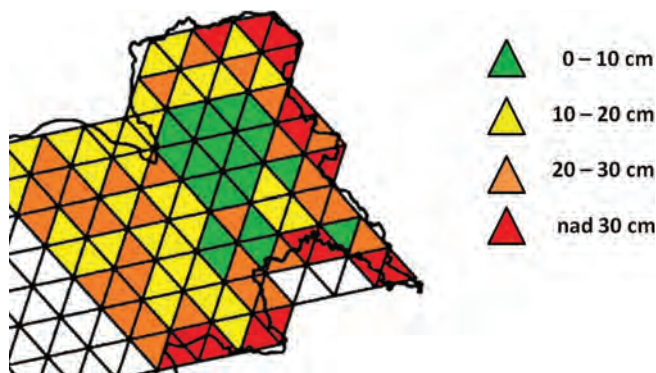
Za območje Pomurja smo v letih 2010–2011 na vzorcu približno 62.000 ZK-točk, ki so imele v zemljiškem katastru določene koordinate v sistemu D48/GK in D96/TM, izvedli analizo odstopanj med v katastru evidentiranimi D96/TM-koordinatami in D96/TM-koordinatami, dobljenimi iz takratne vsedržavne trikotniške transformacije V3.0. Rezultate analize smo avtorji predstavili na Geodetskem dnevu na Ptujju leta 2011 in v članku v Geodetskem vestniku (Berk, Komadina in Triglav, 2011).

Začetne izkušnje so bile v nadaljevanju temeljito kakovostno nadgrajene ter po obsežnem in napornem delu sodelavcev Urada za geodezijo verificirane za območje celotne Slovenije – glej predstavitev z letošnjega Geodetskega dneva na Brdu (Berk in sod., 2017).

4 GROBA IZVEDBENA IDEJA ANALITRA.SI

Vsa »matematika« in vsi ustrezni podatki so v rokah in pristojnosti GURS:

- uporabimo bazo ZK-točk za vso Slovenijo;
- naredimo »razrez« ZK-točk po trikotnikih vsedržavne trikotniške transformacije GURS V4.0;
- pogledamo, koliko izmed ZK-točk ima v bazi pred transformacijo par D48/GK- in D96/TM-koordinat;
- izvedemo vsedržavno trikotniško transformacijo GURS V4.0 za vse te ZK-točke;
- izračunamo razmerje med številom evidentiranih D96/TM-točk /vseh ZK-točk, izraženo kot ulomek in kot odstotek;
- primerjamo transformirane in že evidentirane D96/TM-koordinate ZK-točk po trikotnikih;
- izdelamo sliko povprečnih odstopanj med transformiranimi in že evidentiranimi D96/TM-koordinatami ZK-točk po trikotnikih;
- povprečna odstopanja po trikotnikih po neki dogovorjeni lestvici odstopanj prikažemo v barvah, glej na primer shematski prikaz ideje na sliki 2;



Slika 2: Primer ideje grafičnega prikaza odstopanj po trikotnikih vsedržavne transformacije po neki dogovorjeni lestvici odstopanj (slika je simbolična in ne temelji na dejanskih podatkih).

- statistiko avtomatizirano periodično ponavljamo v rednih časovnih presledkih, na primer vsak mesec, in rezultat z barvnimi trikotniki prikažemo na portalu s podloženo karto Slovenije $M = 1 : 1.000.000$;

- vse periodične statistike hranimo v arhivu po časovnem zaporedju nastanka, z možnostjo interaktivnega priklica po časovnem traku;
- opomba: V prihodnje bi bilo priporočljivo stranico trikotnikov zmanjšati na primer na četrtnine sedanje stranice, s čimer bi dobili gostejši grid enakostraničnih trikotnikov za prikazovanje odstopanj in s tem statistike odstopanj za manjše trikotnike;
- izvajalec naloge: GURS - Urad za geodezijo v sodelovanju z Uradom za nepremičnine;
- vizualizacije izračunov AnaliTra.SI naj bi bile prikazane na spletni strani Preg oziroma na portalu Prostor, v začetnem obdobju samo za geodete in v nadaljevanju za vse uporabnike;
- rok izvedbe naj bo čim krajši, saj je to naloga geodetske službe kot nosilke temeljnih slojev infrastrukture prostorskih podatkov; ukrepati moramo hitro in delovati proaktivno, sicer bo na področja naše izvorne pristojnosti vskočil kakšen drug akter in nam »solil pamet« glede položajne kakovosti naših podatkov.

5 PRVI POSKUSNI IZRAČUN

Urad za geodezijo je v dogovoru z Uradom za nepremičnine z nekaterimi modifikacijami in prilagoditvami osnovne ideje že izvedel prvi poskusni izračun. Na Uradu za nepremičnine je z izvozom iz baze ZK-točk s koordinatami v sistemih D48/GK in D96/TM nastala datoteka s 3.476.512 ZK-točkami. ZK-točk z metodo določitve 94 ali 95 ali 96 v datoteko niso zapisali in torej v prvem poskusnem izračunu niso bile predmet obdelave. V datoteki so na Uradu za geodezijo koordinate ZK-točk v sistemu D48/GK z vsedravnim modelom trikotniške transformacije GURS V4.0 transformirali v koordinate v sistemu D96/TM. Nato so izračunali koordinatna in položajna odstopanja za vse ZK-točke. Položajna odstopanja so bila podlaga za določitev cenilk skladnosti uporabljenih lokalnih in trikotniške transformacije. Uporabljena osnovna prostorska enota za izračun in prikaz vseh statistik je območje katastrske občine.

Kot primarna cenilka je izbrana mediana položajnih odstopanj. Mediana je v matematiki srednja vrednost nekega zaporedja števil, ki razdeli števila, razvrščena po velikosti, na dve enaki polovici po številu elementov. Prednost mediane pred aritmetično sredino je, da osamelci (podatki, ki ekstremno odstopajo od ostalih podatkov) manj vplivajo na njeno vrednost. Polovica ZK-točk v katastrskih občinah ima torej večje, polovica pa manjše položajno odstopanje od izračunane cenilke. Odstopanja so glede na vrednosti mediane razvrstili v štiri razrede od 1 do 4:

- 1 – mediana položajnih odstopanj, manjša od 5 centimetrov (zelena barva);
- 2 – mediana položajnih odstopanj med 5 in 10 centimetri (rumena barva);
- 3 – mediana položajnih odstopanj med 10 in 20 centimetri (rdeča barva);
- 4 – mediana položajnih odstopanj, večja od 20 centimetrov (vijolična barva).

Izračunali so še nekatere pomembne kategorije vrednosti odstopanj, ki dajejo koristno dopolnilno informacijo o vrednostih odstopanj v vsaki posamezni katastrski občini. Izračunana odstopanja so za posamezno katastrsko občino zapisali v datoteko z naslednjimi stolpci:

- SIFKO: šifra katastrske občine,
- Mediana [m]: mediana položajnih odstopanj, v metrih,
- N_skupno: skupno število ZK-točk s koordinatami v obeh sistemih,

- $N_{\Delta} > 10$ cm: število ZK-točk s položajnimi odstopanji, večjimi od 10 centimetrov,
- $\%_{\Delta} > 10$ cm: odstotek ZK-točk s položajnimi odstopanji, večjimi od 10 centimetrov,
- $N_{\Delta} > 25$ cm: število ZK-točk s položajnimi odstopanji, večjimi od 25 centimetrov,
- $\%_{\Delta} > 25$ cm: odstotek ZK-točk s položajnimi odstopanji, večjimi od 25 centimetrov,
- $N_{\Delta} > 50$ cm: število ZK-točk s položajnimi odstopanji, večjimi od 50 centimetrov,
- $\%_{\Delta} > 50$ cm: odstotek ZK-točk s položajnimi odstopanji, večjimi od 50 centimetrov,
- Razred: šifra razreda in barve za prikaz median odstopanj,

kot je prikazano v spodnji tabeli 1.

Tabela 1: Videz datoteke z izračunom kategorij odstopanj na vzorcu katastrskih občin z začetnimi šiframi SIFKO od 1 do 18 (Vir podatkov: GURS, Urad za nepremičnine, izračun: GURS, Urad za geodezijo).

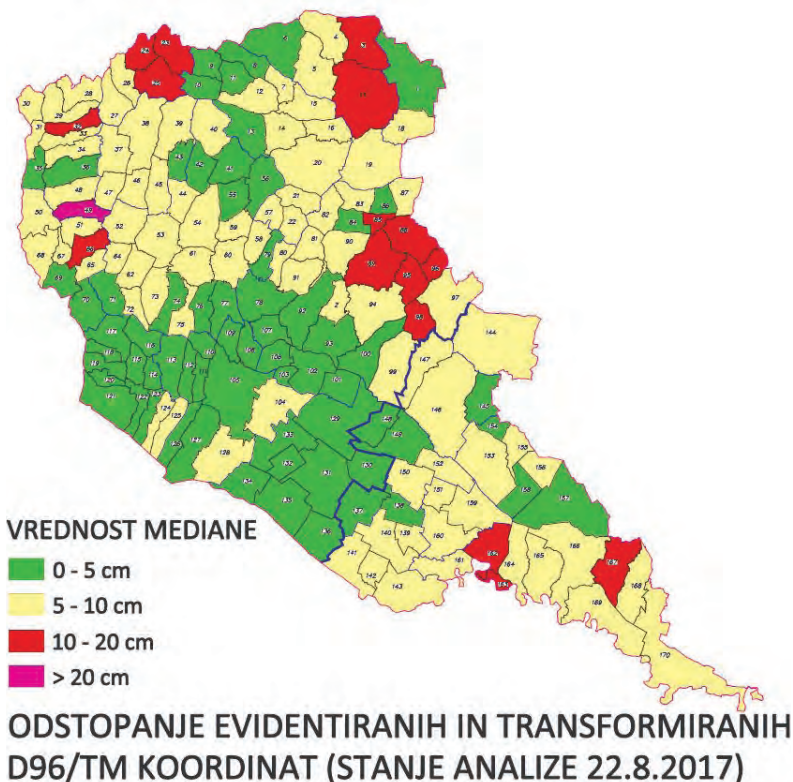
SIFKO	Mediana	N_skupno	N_Δ	%_Δ	N_Δ	%_Δ	N_Δ	%_Δ	Razred
	[m]		>10 cm	>10 cm	>25 cm	>25 cm	>50 cm	>50 cm	
1	0,049	5868	921	15,7	45	0,8	0	0,0	1
2	0,064	573	72	12,6	1	0,2	0	0,0	2
3	0,167	978	530	54,2	1	0,1	0	0,0	3
4	0,083	726	362	49,9	0	0,0	0	0,0	2
5	0,098	1114	516	46,3	0	0,0	0	0,0	2
6	0,037	1288	385	29,9	9	0,7	0	0,0	1
7	0,074	217	24	11,1	0	0,0	0	0,0	2
8	0,044	278	62	22,3	0	0,0	0	0,0	1
9	0,036	114	20	17,5	0	0,0	0	0,0	1
10	0,037	233	16	6,9	0	0,0	0	0,0	1
11	0,044	420	46	11,0	3	0,7	0	0,0	1
12	0,063	496	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2
13	0,043	286	11	3,8	0	0,0	0	0,0	1
14	0,062	927	39	4,2	0	0,0	0	0,0	2
15	0,067	92	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2
16	0,087	291	24	8,2	2	0,7	0	0,0	2
17	0,146	643	414	64,4	0	0,0	0	0,0	3
18	0,077	334	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2

...

6 VIZUALIZACIJA REZULTATOV ANALITRA.SI ZA PREKMURJE

Za vizualizacijo rezultatov AnaliTra.SI je iz tabele 1 v splošnem najbolj uporaben atribut mediane oziroma iz nje dobljeni razred odstopanj. Za območje Prekmurja s šiframi katastrskih občin od 1 do 170 je primer vizualizacije prvega poskusnega izračuna odstopanj po zgoraj navedenih razredih prikazan na sliki 3.

PREKMURJE

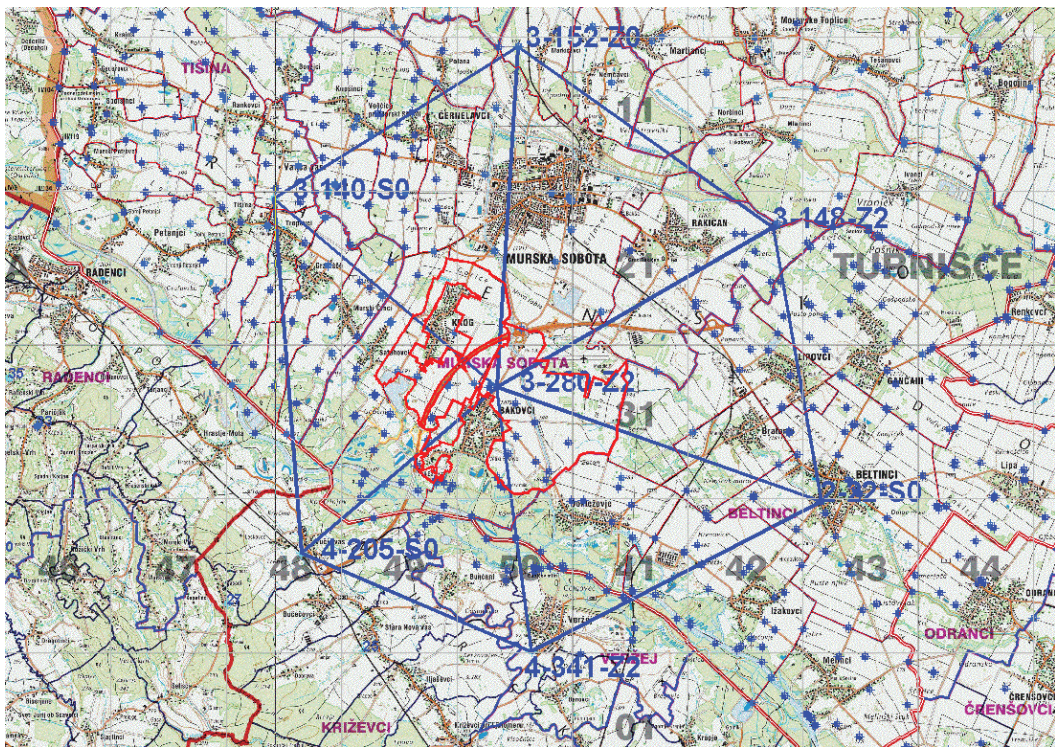


Slika 3: Primer vizualizacije prvega poskusnega izračuna odstopanj po razredih vrednosti mediane za katastrske občine na območju Prekmurja (šifre katastrskih občin od 1 do 170).

7 ZAKLJUČNI KOMENTAR

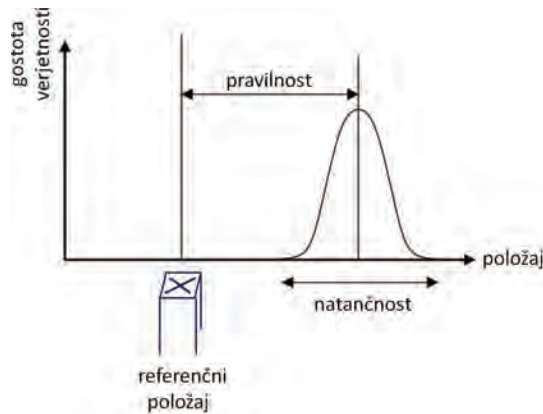
S slike 3 nazorno vidimo lokacijsko razporeditev razredov mediane za območja katastrskih občin. Slika res pove več kot tisoč besed (in številčk). Barve na sliki za območje Prekmurja so v okviru pričakovanj na podlagi dosedanjih praktičnih izkušenj in rezultatov geodetskih meritev ter ne prinašajo večjega presečenja. Hkrati pa nam nazorno pokažejo, kje je treba biti še posebej pozoren pri izvajanju geodetskih del in kje so v prihodnje še potrebni posebni strokovni napor in ciljne meritve za morebitne izboljšave v naslednjih verzijah vsedrjavne trikotniške transformacije oziroma za sanacije samih katastrskih izmer. V ta namen bodo še kako uporabne točke obstoječe trigonometrične, navezovalne in poligonske mreže, izmerjene in kakovostno stabilizirane v preteklih desetletjih v koordinatnem sistemu D48/GK. Samo na območju geodetske pisarne Murska Sobota je določenih približno 500 trigonometričnih, približno 500 navezovalnih in približno 34.000 poligonskih točk. Na sliki 4 je prikaz primera uporabe trigonometričnih in navezovalnih točk v transformacijskih trikotnikih za izvedbo pripravljanih geodetskih meritev na območjih komasacij Krog in Bakovci iz leta 2010.

Za izvedbo komasacij je bila mreža trikotnikov veznih točk za transformacijo v širšem šesterokotniku še zgoščena z izmero in uporabo dodatnih navezovalnih točk. Srednji položajni pogrešek uporabljene transformacije za navedeno komasacijo je bil 5,8 centimetra. Poligonske točke na območju Prekmurja na sliki 4 niso prikazane, ker bi zaradi svoje prostorske gostote povsem »počrnile« sliko. To pa seveda ne pomeni, da niso uporabne za terensko geodetsko delo in meritve ter za izračune transformacijskih parametrov med sistemoma D48/GK in D96/TM. Ravno nasprotno je res!



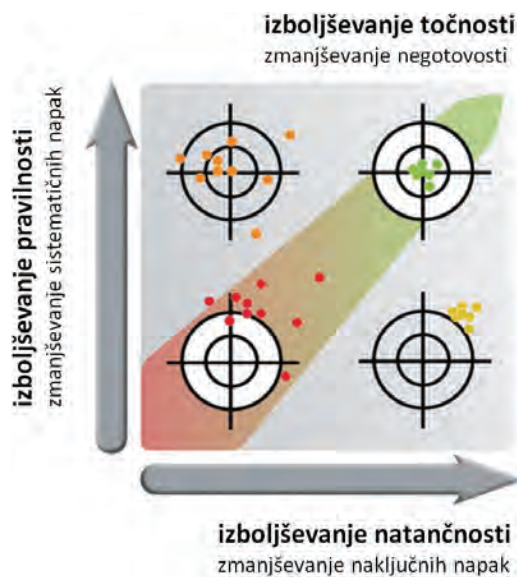
Slika 4: Na kartografski podlagi karte Pomurja prikazana skorajda idealna razporeditev izhodiščnih transformacijskih trikotnikov, uporabljenih leta 2010 v pripravljalnih delih za območje komasacij Krog in Bakovci (obod območja v rdeči barvi, velikost območja približno 1000 ha). Točkovno so prikazane trigonometrične in navezovalne točke na širšem območju okolice komasacij (Vir: OGU Murska Sobota).

Konec komentarja ponazorimo slikovno (sliki 5 in 6) še s pojmi točnosti (angl. *accuracy*), pravilnosti (angl. *trueness*) in natančnosti (angl. *precision*) iz standarda SIST ISO 5725-1:2003 - *Točnost (pravilnost in natančnost) merilnih metod in rezultatov – 1. del : Splošna načela in definicije*. Po tem standardu je točnost opredeljena kot stopnja ujemanja med rezultatom preskusa in sprejeto referenčno vrednostjo, sestavljena iz pravilnosti (stopnja ujemanja med povprečno vrednostjo, dobljeno iz velike serije rezultatov preskusov in sprejeto referenčno vrednostjo) in natančnosti (stopnja ujemanja med neodvisnimi rezultati preskusa, pridobljenimi v dogovorjenih razmerah), pri čemer je natančnost odvisna samo od porazdelitve naključnih napak in se ne nanaša na pravo vrednost ali določeno vrednost.



Slika 5: Po standardu ISO 5725-1 je točnost opredeljena kot stopnja ujemanja med rezultatom preskusa in sprejeto referenčno vrednostjo, sestavljena je iz pravilnosti in natančnosti. Referenčna vrednost v geodeziji je na primer položaj geodetske točke ali mejnika (Slika prirerjena po viru: Wikipedia, CC BY-SA 3.0).

Še preprosteje si to lahko predstavljamo s prikazom skupin zadetkov v tarčo, kot je razvidno na sliki 6.



Slika 6: Izboljševanje točnosti rezultatov dosežemo z izboljševanjem natančnosti in pravilnosti. (Slika prirerjena po viru: <http://www.artel-usa.com/resource-library/defining-accuracy-precision-and-trueness/>)

Če gornji sliki pogledamo v geodetskem smislu, se nam hitro zbistri spoznanje, da lahko z najsodobnejšo mersko tehnologijo sicer dosežemo vrhunsko natančnost meritev. Pomemben pa je naslednji kavelj, na katerega v sodobnem času prepogosto »pozabimo«. Potrebno in zahtevano točnost rezultatov meritev bomo namreč lahko dosegli le, če bomo upoštevali natančnost in pravilnost rezultatov dela generacij naših geodetskih predhodnikov ter tehnične pogoje in strokovna pravila, na podlagi katerih so bili ti rezultati doseženi.

Saj poznate tisti občutek pri iskanju obstoječih točk geodetske mreže ali mejnikov, ko ob udarcu kovine na beton vaša trasirka zaškrta z značilnim pridušenim škrbinastim kovinskim zvenom?! In ko še malo razbrskate po tleh, pa se vam precej skriti kamen razkrije v vsem svojem zdelanem sijaju? Takrat kar »*poke*« od zadovoljstva, takrat ste v očeh vaših strank kralj, takrat veste, da obvladate svoje geodetsko delo. Takrat vaše znanje in natančnost pridobita tudi potrditev v pravilnosti in točnosti rezultata vašega dela in dela vašega geodetskega predhodnika, ki je pred leti ali desetletji izvorno postavil in izmeril tisti kamen.

In kaj ima s tem AnaliTra.SI s svojimi ciframi in barvnimi slikicami, porečete? Predvsem bo lahko krasen pripomoček in vodilo pri izvajanju del, da bodo rezultati naših meritev ne samo lepo zgoščeni v čim ožji »*hrišček*«, temveč da bodo tudi čim bližje sredini naših vsakokratnih tarč, tj. da bo vrh našega hriščka meritev čim bližje izvornemu referenčnemu položaju, kot je bil določen v predhodni izvorni meritvi. Ko bomo podrobneje razumeli moč izračunov AnaliTra.SI, se nam bodo zagotovo odprle številne nove ideje o možnostih uporabe in nadaljnega razvoja analitičnih orodij za obravnavo rezultatov transformacij med koordinatnima sistemoma D48/GK in D96/TM.

Po približno četrto stoletja, odkar se geodeti v Sloveniji intenzivneje ukvarjamo z novim koordinatnim sistemom, smo torej mogoče na »*koncu začetka*« tega dela. Za geodete je zdaj strokovno in znanstveno zelo zanimiv čas. Ampak to ni še nič v primerjavi s časom, ki prihaja v naslednjih letih in desetletjih – ta bo šele izredno zanimiv za nas!!

Literatura in viri:

- 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>
- Berk, S., Komadina, Ž., Triglav, J. (2011). Analiza skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat zemljiškokatastrskih točk v Pomurju. Geodetski vestnik, 55 (2), 269–283. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.02.269-283>
- Berk, S., Triglav, J., Komadina, Ž., Oven, K., Lisec, A., Čeh, M., Stopar, B. (2017). Vsedržavni model transformacije podatkov zemljiškega katastra iz D48/GK v D96/TM. Izmerjena dežela: 200 let katastra na Slovenskem. 45. Geodetski dan. ppt-predstavitev prispevka. http://dgg.si/wp-content/uploads/2017/06/2-04_GD2017_Sandi_Berk_in_sod-Transformacije-D48GK-v-D96TM.pdf
- Triglav, J. (2014). Kdo je to narredil? Eee ... Švicarji. Geodetski vestnik, 58 (2), 342–348. http://www.geodetski-vestnik.com/58/2/gv58-2_triglav2.pdf



Dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.
 Območna geodetska uprava Murska Sobota
 Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
 e-naslov: joc.triglav@gov.si