

PROBLEMATIKA KONTINUITETA UPORABE VISINSKIH PODATAKA U KONTEKSTU UVOĐENJA NOVOG VISINSKOG REFERENTNOG KOORDINATNOG SUSTAVA

Ivan Razumović, Nevio Rožić

Geodetski fakultet, Zagreb (e-mail: razumi@geof.hr; nrozic@geof.hr)

Sažetak

Za potrebe različitih baza podataka, katastarsa zemljišta, katastarsa nekretnina, katastarsa vodova, detaljne topografske izmjere, izrade geodetskih podloga i svih ostalih georeferenciranih prikaza nužno je sustavno, ažurno i jednoznačno određivanje i arhiviranje 3D koordinata točaka u referentnom koordinatnom sustavu svake države. Svakoj državi u interesu je u primjerenim vremenskim intervalima ažurirati i unaprijediti postojeće geodetske referentne koordinatne sustave. Implementacijom novog referentnog koordinatnog sustava, koji se temelji na drugačijem geodetskom datumu od predhodnog i na novom referentnom okviru, javlja se problem uporabe postojećih prostornih podataka prikupljenih tijekom dugog niza godina. Iako je u ovom radu problematika vezana uz primjer visinskog referentnog koordinatnog sustava isti problem javlja se i kod 3D, 2D+1D ili 2D koordinatnih sustava. Kako bi se svim korisnicima prostornih podataka osigurao kontinuitet uporabe tih podataka (koordinata), izvorno definiranih u starom referentnom koordinatnom sustavu, potrebno je sve visinski (ili prostorno) pozicionirane točke odgovarajućom metodom prevesti u novi referentni koordinatni sustav. U radu su prikazane metodologije za osiguranje kontinuiteta uporabe visinskih podataka na primjeru visinskih podataka Republike Hrvatske. Prikazane su dvije osnovne metode prevođenja visinskih koordinata točaka iz starog u novi referentni koordinatni sustav; stroga metoda i transformacijska metoda. Za navedene metode opisani su potrebni preduvjeti, prednosti i nedostaci te su navedeni konkretni primjeri uporabe kao i mogućnosti nadogradnje.

Ključne riječi: transformacija visina, stroga metoda, transformacijska metoda, HTMV.

1. UVOD

Visinske koordinate diskretnih točaka na topografskoj površini Zemlje ovise o referentnom koordinatnom sustavu u kojem su određene, tj. o geodetskom datumu koji definira referentnu plohu visinskog koordinatnog sustava. Promjena postojećeg i uvođenje u službenu uporabu novog visinskog referentnog sustava koji se temelji na drugačijem datumu od predhodnog, uz nepobitnu dugoročnu korist, kratkoročno dovodi i do određenih problema.

Tijekom dužeg vremenskog razdoblja kontinuirane uporabe starog visinskog referentnog sustava prikupljena je i računskom obradom dobivena velika količina visinskih podataka integriranih unutar, ali i izvan geodetske struke. Uvođenjem novog referentnog koordinatnog sustava potrebno je svim korisnicima prostornih podataka osigurati kontinuitet uporabe podataka (koordinata) koji su izvorno kreirani u starom referentnom koordinatnom sustavu. Drugim riječima, sve visinski (ili prostorno) pozicionirane točke u starom visinskom referentnom koordinatnom sustavu potrebno je odgovarajućim postupkom prevesti ili transformirati u novi visinski referentni sustav, kako bi se svim korisnicima prostornih podataka omogućio kontinuitet njihova korištenja, i to na relativno jednostavan, jednoznačan i učinkovit način.

Promjene geodetskih referentnih koordinatnih sustava direktno utječu na sve sudionike koji su na bilo koji način uključeni u procese: prikupljanja, upravljanja, održavanja i distribucije prostornih podataka, kao i njihova korištenja. Te promjene, ponajprije utječu na geodetske subjekte, ali i na sve druge skupine zainteresiranih subjekata izvan geodetske struke koji se pojavljuju kao krajnji korisnici prostornih podataka, sukladno tomu i visinskih podataka. Većini korisnika prostornih podataka potrebni su samo krajnji visinski podatci, tj. visinske koordinate (apsolutne visine) diskretnih točaka ili geoobjekata, bez potrebe bilo kakvog uvida u izvorne podatke relativne visinske izmjere iz kojih su te koordinate proizašle i bez potrebe poznavanja metoda i postupaka njihove računske obrade, kao niti načina definiranja i realizacije visinskih referentnih koordinatnih sustava.

Kako bi se očuvala cjelovitost i topologija postojećih skupova visinskih podataka te njihova kontinuirana uporaba, potrebno je osigurati primjereno konzistentan i tehnički unificiran postupak prevođenja visinskih koordinata točaka iz starog u novi visinski referentni sustav i obratno. Prema tome, puna operabilnost svakog novog referentnog koordinatnog sustava podrazumijeva i nužnost definiranja, kreiranja i implementacije konzistentnog transformacijskog modela za prevođenje koordinata točaka i geoobjekata iz starog u novi referentni koordinatni sustav.

2. TRANSFORMACIJA VISINSKIH KOORDINATA

Proces prevođenja ili transformacije visinskih podataka između dva referentna koordinatna sustava je za većinu korisnika tih podataka velik, složen, zahtjevan i dugotrajan posao. Visinske koordinate je, iz starog u novi referentni koordinatni sustav, moguće prevesti na dva bitno različita načina; primjenom stroge metode i primjenom transformacijske metode.

2.1 Stroga metoda

Tradicijski gledano, a držeći se teorijskih načela geodezije, kao temeljna metoda za prevođenje visinskih koordinata točaka između različitih visinskih referentnih sustava trebala bi se koristiti stroga metoda. Stroga metoda temelji se na prevođenju visinskih podataka iz starog u novi visinski referentni sustav, uz ponavljanje računske obrade (izjednačenja) izvornih podataka relativne visinske izmjere, ali uz oslanjanje na referentni okvir novog visinskog referentnog koordinatnog sustava.

Preduvjeti za primjenu stroge metode su očuvanost i dostupnost izvornih podataka relativne visinske izmjere (arhivski podatci) s odgovarajućom jasnom i detaljnom tehničkom dokumentacijom. Isto tako, prijeko je potrebna mogućnost povezivanja podataka relativne visinske izmjere s poljima repera obuhvaćenim novim visinskim referentnim sustavom. Ako su navedeni preduvjeti zadovoljeni tada određivanje visinskih koordinata repera i svih ostalih točaka u novom visinskom referentnom sustavu direktno ovisi o količini visinskih podataka, složenosti računskog modela (metode i postupci računske obrade) i raspoloživim resursima.

Nedostatak metode je infrastrukturna, organizacijska i vremenska zahtjevnost, pogotovo u slučaju velikih skupova izvornih podataka relativne visinske izmjere. Uz to, strogu metodu, u pravilu, mogu primijeniti samo primjereno specijalizirani geodetski stručnjaci. Treba napomenuti i da se arhivski podatci relativne visinske izmjere najčešće nalaze u analognom obliku, pa ih je prije računske obrade potrebno prevesti u digitalni oblik. Čest je slučaj da izvorni podatci visinske izmjere više nisu dostupni ili su nepotpuni jer nisu primjereno pohranjeni i očuvani kao trajna uporabna vrijednost. U takvim slučajevima ponavljanje računske obrade uopće nije moguće, a kada je i moguće vrlo često nije ekonomično.

Bez obzira što je organizacijski i računalno zahtjevna, uz preduvjet dostupnosti izvornih visinskih podataka, prednost stroge metode je što osigurava jednoznačno i strogo prevođenje podataka iz starog u novi visinski referentni koordinatni sustav.

2.2 Transformacijska metoda

Sa suvremenog gledišta učinkovita alternativa strogoj metodi je primjena matematičkih transformacija koje omogućuju transformaciju visinskih podataka iz starog visinskog referentnog koordinatnog sustava u novi, bez potrebe ponavljanja računske obrade izvornih podataka visinske izmjere. Transformacijska metoda omogućuje direktno prevođenje visinskih koordinata iz starog u novi visinski referentni koordinatni sustav neovisno o dostupnosti ili nedostupnosti izvornih podataka relativne izmjere.

Preduvjeti primjene transformacijske metode su dostupnost visinskih koordinata položajno pozicioniranih točaka te raspoloživost transformacijskog modela kreiranog za obavljanje transformacije između starog i novog visinskog referentnog sustava.

Prevođenje visinskih podataka transformacijskom metodom između dva različita visinska referentna sustava može se definirati i realizirati primjenom različitih matematičkih metoda i modela. Odabir vrste i složenosti transformacijskog modela u velikoj mjeri ovisi o kvaliteti transformacije koja se modelom želi postići, te o svojstvima i međusobnom odnosu definicije i realizacije starog i novog visinskog sustava. Velik utjecaj na vrstu i složenost modela imaju: definicija datuma (ista ili različita), teorijski sustav visina (isti ili različiti), usklađenost s fizikalniom realitetom, kvaliteta i pouzdanost visinskog pozicioniranja, homogenost sustava, prisustvo preostalih sustavnih utjecaja, distorzija i dr.

Suvremeni transformacijski modeli visoke točnosti, u prvom redu grid transformacijski modeli, trebali bi se temeljiti na transformacijskom postupku koji obuhvaća dvije temeljne komponente modela:

- datumska komponenta,
- distorzijska komponenta.

Datumska komponenta modela posljedica je međusobno različitih visinskih referentnih ploha starog i novog visinskog referentnog sustava (različite dimenzije i prostorna orijentacija u odnosu na tijelo Zemlje) i iskazuje se duž cijelog područja obuhvata modela kao globalni trend. Distorzijska komponenta posljedica je geometrijske nehomogenosti realizacije visinskih referentnih sustava, a očituje se kao izobličenje geometrije sustava. Iako mogu biti prisutni u oba visinska referentna sustava distorzijski efekti u većoj mjeri karakteriziraju starije sustave s obzirom da su posljedica realizacije ovisne o starijoj tehnološkoj infrastrukturi, nižoj razini znanstvenih saznanja i/ili nekim drugim karakterističnim razlozima. Viša razina distorzije visinskih sustava ukazuje na potrebu primjene sofisticiranijeg i složenijeg transformacijskog modela.

Mogući su slučajevi u kojima bi samo jedna komponenta transformacijskog modela bila relevantna. U slučaju da oba visinska sustava imaju isti datum, a uz prisutnost distorzija u starom, tj. u starom i novom sustavu istovremeno, relevantna je samo distorzijska komponenta transformacijskog modela. U tom slučaju transformacijski model je konverzijski model. U slučaju različitih datuma bez prisutnosti geometrijske distorzije sustava, relevantna je samo datumska komponenta transformacijskog modela. Razlaganje postupka matematičkog modeliranja na dvije karakteristične komponente, unatoč složenosti, značajno prinosi kvaliteti transformacijskog modela. Modeliranjem trenda moguće je reducirati datumske efekte iz razlika visinskih koordinata repera u formi datumskog modela te tada preostaje modeliranje distorzije koje rezultira distorzijskim modelom. Pritom se datumski i distorzijski model smatraju međusobno posve neovisnim.

Opća svojstva nacionalnih transformacijskih modela visoke točnosti mogu se sažeti u nekoliko kriterija (Collier i dr. 1998, ICSM 2014):

- jednostavnost,
- učinkovitost,
- jedinstvenost (jednoznačnost) modela,
- strogost.

Unatoč složenosti matematičke transformacije i velikom obujmu prostornih podataka transformacijski model treba biti dostupan, primjereno razumljiv i jednostavan za uporabu svim subjektima koji su korisnici prostornih podataka. Uz to transformacijski proces treba biti provediv u što manje transformacijskih koraka (po mogućnost jedan korak) i uz što višu razinu automatizacije.

Transformacijski model trebao bi biti računalno učinkovit kako bi vrijeme računske obrade podataka i računalni zahtjevi (računalna oprema) bili minimalni, čak i u slučajevima transformacije velike količine prostornih podataka. Osim toga, trebalo bi omogućiti ugradnju transformacijskog modela u geoinformacijske sustave.

Jedinstvenost transformacijskog modela podrazumjeva osiguravanje jednoznačnosti rezultata dobivenih primjenom transformacijskog modela bez obzira na to tko, kada i s kojom namjenom obavlja transformacijski proces. Uz to važno je osigurati i reverzibilnost rezultata, što znači da transformacijski model treba omogućavati transformaciju i u suprotnom smjeru (natrag iz novog u

stari referentni koordinatni sustav) s rezultatima koji su istovjetni polaznim koordinatama. Ako se ista visinska koordinata transformira iz jednog visinskog referentnog sustava u drugi, bez obzira na opetovanost transformacije, rezultat transformacije uvijek mora ostati isti (nepromjenjiv).

Transformacijski model treba biti strog kako bi omogućio najbolji mogući rezultat transformacije, duž cijelog područja državnog teritorija (područja obuhvata modela), ne narušavajući pritom niti kvalitetu niti topologiju izvornih visinskih podataka.

Točnost transformacijskog modela visoke točnosti trebala bi biti dovoljno visoka da se transformacijskim procesom ne narušava izvorna točnost visinskih podataka koji se modelom transformiraju. Treba naglasiti da točnost transformacijskog modela u prvom redu ovisi o kvaliteti empirijskih podataka korištenih za kreiranje modela, o količini dostupnih podataka za modeliranje te o homogenosti položajne raspodjele tih podataka duž područja obuhvata modela. Niti jedan transformacijski model ne može izvorno netočne ili položajno pogrešno smještene visinske koordinate postupkom transformacije pretvoriti u točne.

Nedostatak transformacijske metode je to što je podatkovna osnova potrebna za kreaciju transformacijskog modela u pravilu dostupna samo u analognom obliku, pa ju je potrebno prevesti iz analognog u digitalni oblik, ali i problematika vezana uz prevođenje grafički vizualiziranih visinskih podataka u točkaste digitalne podatke.

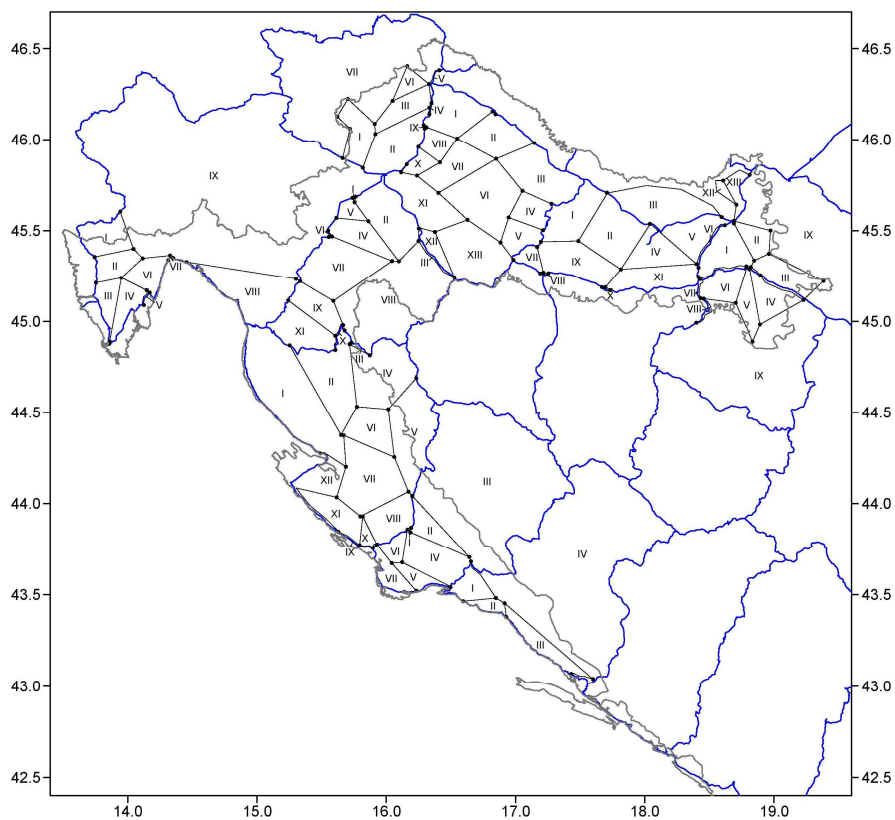
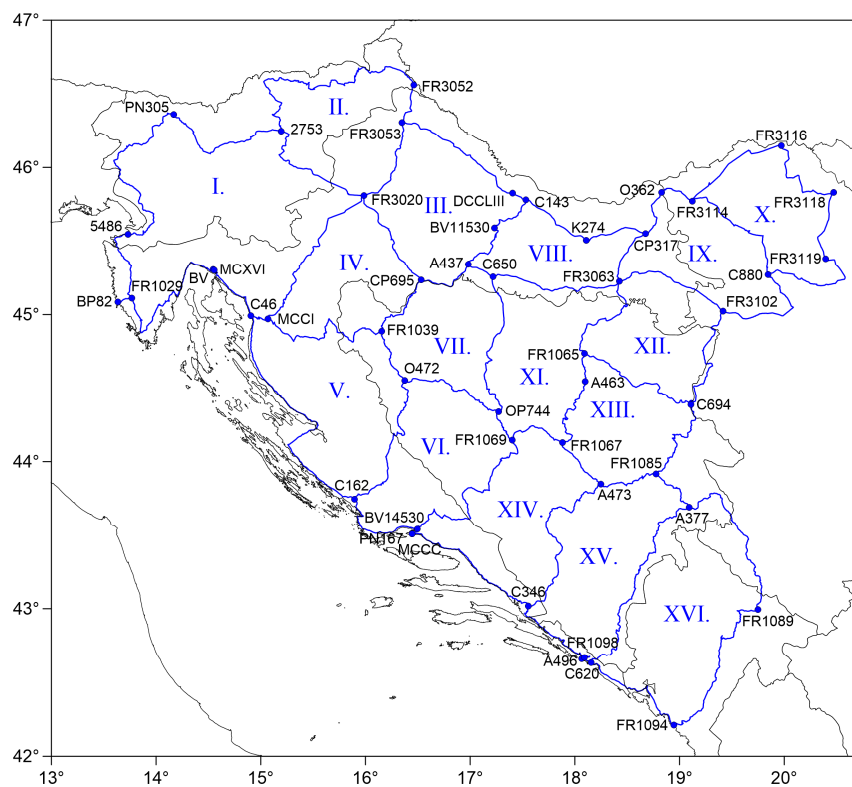
Transformacijska metoda osigurava jednoznačan transformacijski rezultat (bez obzira na smjer transformacije) uz očuvanje izvorne kvalitete visinskih podataka, što je ujedno i glavna prednost te metode.

3. KONTINUITET UPORABE VISINSKIH PODATAKA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Odlukom Vlade Republike Hrvatske (Narodne novine 2004a, Narodne novine 2004b) utvrđen je novi visinski referentni sustav Republike Hrvatske (Feil i Rožić 2000, Feil i Rožić 2005), koji se temelji na Hrvatskom visinskom datumu iz epohe 1971.5 (skraćeno HVD71) i nivelmanskoj mreži II. nivelmana visoke točnosti. Hrvatski visinski referentni sustav za epohu 1971.5 (skraćeno HVR571) je u službenoj uporabi od 1.1.2010. te je njime zamijenjen tzv. stari visinski referentni sustav Hrvatski visinski referentni sustav za epohu 1875.0 (skraćeno HVR51875), koji se temeljio se na visinskom datumu utvrđenom za trajanja Austro-Ugarske monarhije (AVD1875) te na kombinaciji temeljnih nivelmanskih mreža Austrijskog preciznog nivelmana i I. nivelmana visoke točnosti bivše Jugoslavije (Rožić 2001). Stari (HVR51875) i novi (HVR571) visinski sustav Republike Hrvatske realizirani su pomoću različitih temeljnih nivelmanskih mreža s različitim tijekom i metodologijom računske obrade podataka relativne visinske izmjere, prostorno su orijentirani s bitno različitim konceptima realizacije visinskih datuma.

Nakon terenske revizije nivelmanskih vlakova i mreža nižih redova točnosti (precizni nivelman - PN, gradski nivelman - GN, tehnički nivelman povećane točnosti - TNPT i tehnički nivelman - TN) utvrđena je 50% razinu očuvanosti repera u odnosu na izvorno izvedeno stanje. Primjenom stroge metode polja repera svih nivelmanskih vlakova i mreža nižih redova točnosti dosljednom su računskom obradom izvornih podataka izmjere te uz odgovarajuće rekonfiguriranje geometrijskih konfiguracija uklopljena u referentni okvir mreže IINVT, tj. prevedena iz starog (HVR51875) u novi (HVR571) visinski sustav Republike Hrvatske. Na slici 1 predočena je konfiguracija mreže IINVT, a na slici 2 predočena je ista mreža ali s uključenom mrežom preciznog nivelmana na području Republike Hrvatske.

Oba visinska sustava obuhvaćaju ista polja repera (PN, GN, TNPT i TN) transformirana strogom metodom iz HVR51875 u HVR571. Visinske koordinate istih repera u starom i novom visinskom referentnom sustavu međusobno su usporedive jer su oba sustava realizirana kao normalno-ortometrijski sustavi visina.



Problem kontinuiteta uporabe visinskih podataka za područje Republike Hrvatske u potpunosti je riješen suradnjom Državne geodetske uprave Republike Hrvatske i Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu kreiranjem Hrvatskog transformacijskog modela visina ili skraćeno HTMVa (Rožić 2009). HTMV je transformacijski model visoke točnosti, tzv. grid transformacijski model, koji omogućuje jednoznačnu i eksplicitnu transformaciju visinskih koordinata točaka poznatog elipsoidnog položaja između starog HVRS1875 i novog HVRS71 visinskog referentnog sustava Republike Hrvatske, bez obzira na smjer transformacije i opetovanost primjene.

Hrvatski transformacijski model visina kreiran je zasebnim modeliranjem dviju komponenti istovremeno sadržanih u razlikama visinskih koordinata repera pozicioniranih u oba visinska referentna sustava (datumska komponenta i distorzijska komponenta). Na temelju svake komponente, međusobno neovisno, kreirani su zasebni, ali i posve komplementarni transformacijski modeli realizirani u obliku grid transformacijskih modela s identičnim parametrima grida. Datumski i distorzijski transformacijski model sjedinjeni su u jedinstveni transformacijski model, čiji je grid istih dimenzija i gustoće kao i integrirane komponente. Hrvatski transformacijski model visina do danas je realiziran u dvije verzije: izvorna i službena verzija HTMV08-v.1 iz 2008. i nova poboljšana i još uvijek neslužbena verzija HTMV14-v.2 iz 2014.

Izvorna verzija HTMV08-v.1 je temeljna infrastruktura za transformaciju visinskih podataka u Republici Hrvatskoj i integrirana je u T7D, program za transformaciju položajnih i visinskih koordinata točaka na području Republike Hrvatske, čiju je službenu uporabu propisala Državna geodetska uprava Republike Hrvatske.

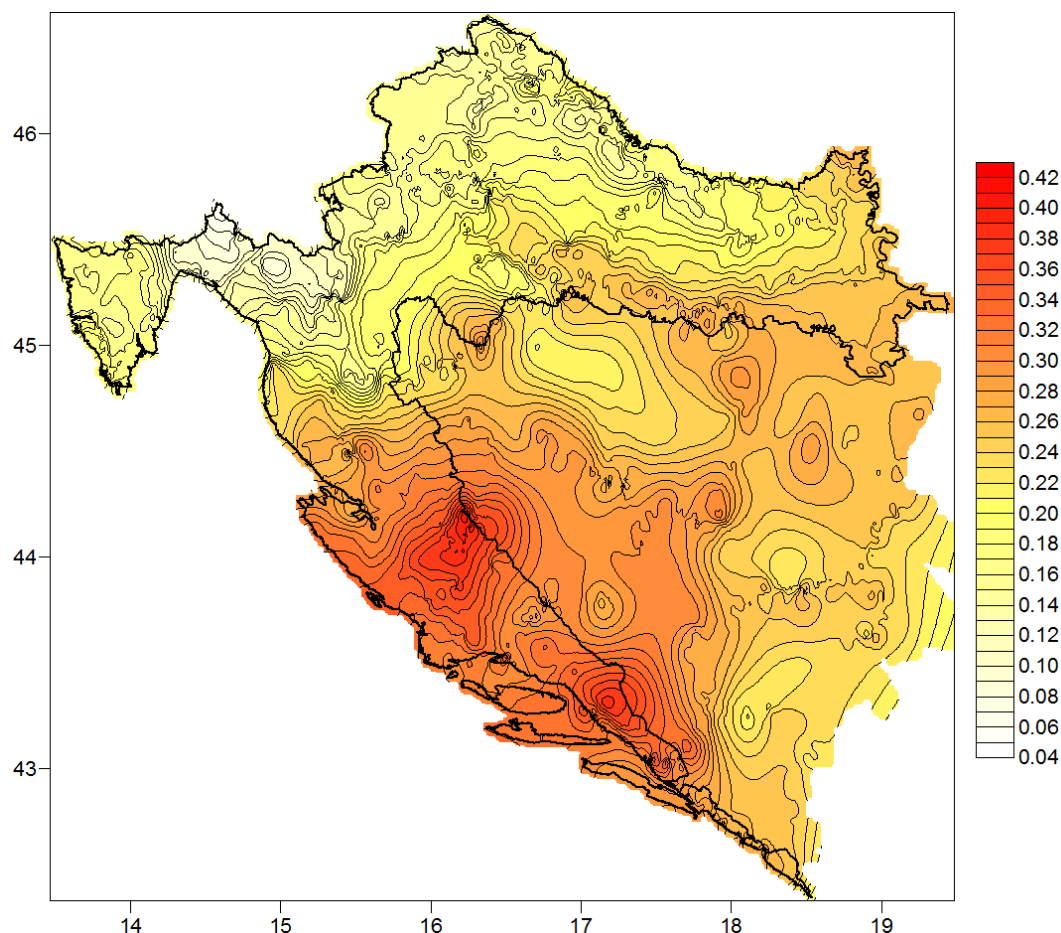
Hrvatski transformacijski model visina HTMV08-v.1 je grid transformacijski model, temeljen na jednostavnom gridu homogene gustoće, koji omogućuje jednoznačnu i jednostavnu transformaciju visinskih koordinata točaka poznatog položaja između starog HVRS1875 i novog HVRS71 visinskog referentnog sustava Republike Hrvatske.

Transformacijski model realiziran je odgovarajućom grid datotekom u kojoj su kao transformacijski parametri sadržani podatci modeliranih vrijednosti razlika visinskih koordinata između referentnih sustava koji su pridruženi čvorovima grida. Primjena transformacijskog modela temelji se na bilinearnoj interpolaciji transformacijskih parametara modela pridruženih čvorovima grida. Model omogućuje transformaciju bilo koje visinske koordinate diskretne točke poznatog elipsoidnog položaja pod uvjetom da se točka nalazi unutar područja obuhvata modela.

Točnost HTMV08-v.1 modela, izražena standardnim odstupanjem, iznosi 2,1 mm za unutarnju i 8,2 mm za vanjsku točnost. Takva razina točnosti osigurava određivanje visinskih transformacijskih parametara u okviru pouzdanog centimetra, što se može smatrati primjereno kvalitetnim za potrebe rješavanja većine geodetskih stručnih i znanstvenih zadaća, a posebice zadaća vezanih uz topografske podatke.

Kreacija HTMV08-v.1 verzije modela zasniva se na gridu homogene gustoće s jedinstvenom veličinom ćelije grida za cijelo područje obuhvata modela. Položajna raspodjela repera korištenih za kreiranje transformacijskog modela visina vrlo je nehomogena. S jedne strane prisutna je vrlo naglašena koncentracija repera na područjima većih naselja, gdje postoje gradske nivelmanske mreže, dok ostala područja imaju vrlo naglašenu ili linijsku raspodjelu repera (smjerovi pružanja nivelmanskih vlakova) ili su to područja na kojima uopće nema repera. Takva nehomogena položajna raspodjela repera nije u potpunosti sukladna s homogenim gridom definiranim za cijelo područje Republike Hrvatske.

Prostorna ploha HTMV, nastala spajanjem zasebno modeliranih komponenti datumskog i distorzijskog modela, za cijelo područje obuhvata modela predočena je na slici 3.



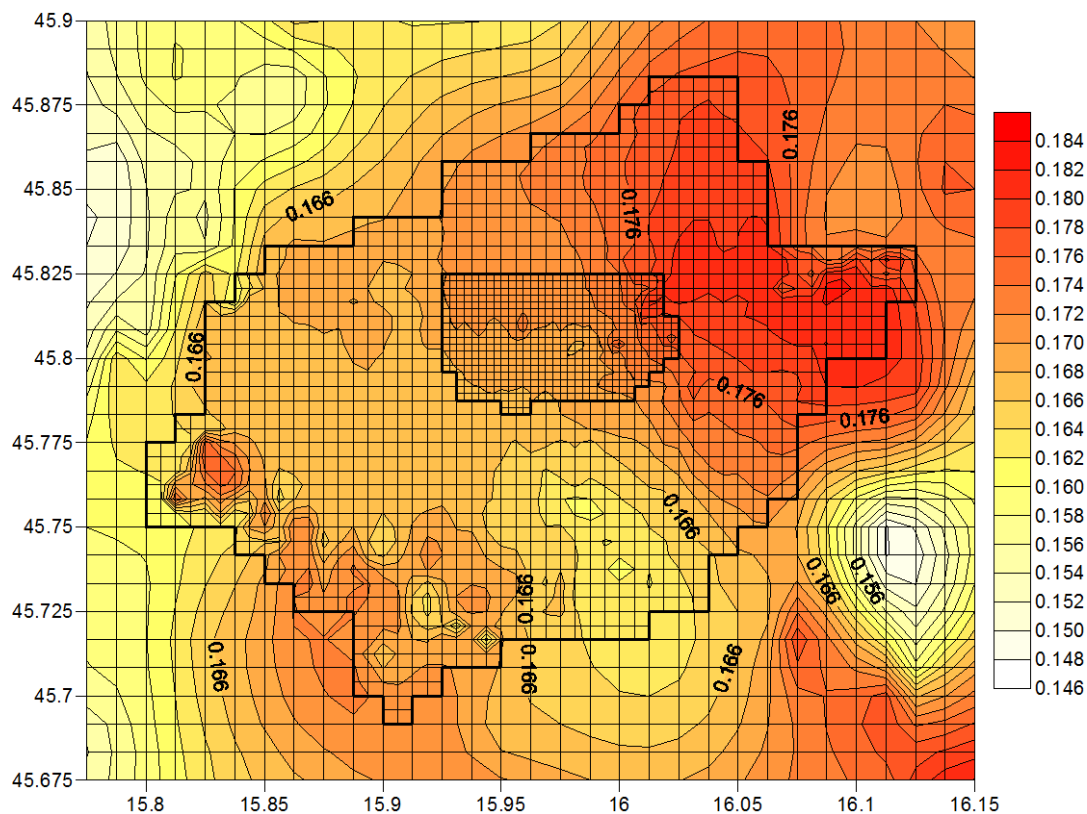
Slika 3. Ploha Hrvatskog transformacijskog modela visina HTMV08-v.1 (Rožić 2009)

U novoj verziji HTMV14-v.2 (Razumović 2014) realizirana je mogućnost poboljšanja kvalitete modela hijerarhijskim razlaganjem homogenog transformacijskog grida na podgridove manjih dimenzija s manjom veličinom čelija za pojedina lokalna područja obuhvata modela. Na taj način veličina čelija pojedinog podgrida prilagođena je broju i položajnoj raspodjeli repera na području na kojem se nalaze, uz uvjet jednoznačnog vezanja na nadređeni grid i osiguranja kontinuiteta plohe modela na njihovim spojevima.

Nova verzija Hrvatskog transformacijskog modela visina HTMV14-v.2 složeni je grid transformacijski model nastao spajanjem jednostavnih gridova međusobno različite gustoće (gridovi I., II. i III. reda), koji osigurava jednoznačan, kontinuiran i učinkovit grid transformacijski model visoke točnosti za cijelo područje Republike Hrvatske.

Unutarnja točnost tog modela, iskazana standardnim odstupanjem, je za grid I. reda 2,1 mm (istovjetno kao i kod izvorne verzije HTMV08-v.1), za grid II. reda 0,8 mm, a za grid III. reda 0,5 mm. Iz tih pokazatelja jasno je vidljivo da je s konceptom gridova različitih redova poboljšana točnost transformacijskog modela te da je omogućena transformacija visina između starog HVRS1875 i novog HVRS71 visinskog referentnog sustava Republike Hrvatske na kvalitativnoj milimetarskoj razini. To praktično znači da pojedinu visinsku koordinatu, na području grida II. reda, a pogotovo III. reda, ne bi bilo potrebno određivati u novom visinskom sustavu strogim postupkom već bi se mogla koristiti transformacijskim modelom dobivena vrijednost, što je znatno jednostavnije.

Prikaz kontinuirane plohe HTMV14-v.2 modela za šire područje grada Zagreba prikazan je na slici 4. gdje su jasno vidljiva područja koja su obuhvaćena gridovima I., II. i III. reda.



Slika 4. Izvadak grid transformacijskog modela HTMV14-v.2 za grad Zagreb (Razumović 2014)

Zorno je vidljivo kako su gridovi nižeg reda jednoznačno uklopljeni i povezani s hijerarhijski nadređenim gridovima kako bi se osigurao kontinuitet plohe transformacijskog modela visina.

4. ZAKLJUČAK

Svaki novi referentni koordinatni sustav punu operabilnost postiže tek nakon definiranja, kreiranja i implementacije konzistentnog i tehnički unificiranog transformacijskog modela za prevođenje koordinata točaka i geoobjekata iz starog u novi referentni koordinatni sustav. Problem kontinuiteta uporabe velike količine visinskih podataka treba riješiti na relativno jednostavan, jednoznačan i učinkovit način kako bi se svim korisnicima tih podataka osigurao nastavak njihove nesmetane uporabe.

Proces prevođenja visinskih (ili prostornih) podataka između dva referentna koordinatna sustava moguće je realizirati na dva bitno različita načina. Primjenom stroge metode uz ponavljanje računske obrade izvornih podataka izmjere i primjenom transformacijske metode kreiranjem matematičkog transformacijskog modela.

Bez obzira na način definiranja transformacijskog procesa, krajnji cilj je osiguravanje jednoznačnog, kontinuiranog i učinkovitog transformacijskog modela visoke točnosti za cjelokupni državni teritorij.

LITERATURA

- Collier, P. A., Argeanu, V. S., Leahy, F. J. (1998): *Distortion Modelling and the Transition to GDA94*, Australian Surveyor, 43(1), 29-40.
- Feil, L., Rožić, N. (2000): *Prijedlog službenog visinskog datuma Republike Hrvatske*, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

- Feil, L., Rožić, N. (2005): *Izrada dokumentacije neophodne za usvajanje prijedloga službenog visinskog datuma Republike Hrvatske*, Izvješća o znanstveno-stručnim projektima iz 2003., Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Zagreb, 15-37.
- ICSM (2014): *Geocentric Datum of Australia Technical Manual - Version 2.4*, Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping, Permanent Committee on Geodesy, ICSM Publications, Australia.
- Narodne novine (2004a): *Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske*, Službeni list Republike Hrvatske, br. 110.
- Narodne novine (2004b): *Ispravak Odluke o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske*, Službeni list Republike Hrvatske, br. 117.
- Razumović, I. (2014): *Analiza transformacije visoke točnosti kao osnove za transformaciju visinskih referentnih sustava*, doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Rožić, N. (2001): *Fundamental levelling networks and height datums at the territory of the Republic of Croatia*, Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica 36(2), 231-243.
- Rožić, N. (2009): Implementacija novog visinskog referentnog sustava Republike Hrvatske, II. simpozij ovlaštenih inženjera geodezije, Zbornik radova, Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije, Opatija, 23-25. listopada 2009.

ISSUES CONCERNING THE CONTINUITY OF USE OF HEIGHT DATA WHEN INTRODUCING A NEW HEIGHT REFERENCE COORDINATE SYSTEM

Abstract.

For the purposes of different databases, land, real estate and utility cadastres, detailed topographic survey, preparation of geodetic and all other georeferenced visualisations, it is necessary to systematically, in an updated manner and unambiguously determine and archive 3D coordinates of any point in the reference coordinate system of each country. It is in the interest of every country to update and upgrade existing geodetic reference coordinate systems in appropriate time intervals. By implementing a new reference coordinate system based on a geodetic datum different from the previous one and on the new reference framework, the issue of using existing spatial data collected over a long period of time arises. Although in this paper the problem is related to the example of the height reference coordinate system, the same problem occurs with 3D, 2D+1D or 2D coordinate systems. In order to ensure, for all spatial data users, the continuity of use of this data (coordinates) that is originally defined in the old reference coordinate system, all height (or spatially) positioned points should be translated into a new reference coordinate system using the appropriate method. The paper presents the methodologies for ensuring the continuity of use of height data on the example of the height data of the Republic of Croatia. Two basic methods for translating the height coordinates of points from the old to the new reference coordinate system are presented – the rigorous method and the transformation method. The necessary requirements, advantages and disadvantages of these methods are described with the specific examples of use as well as possibilities of upgrading.

Key words: height transformation, rigorous method, transformation method, HTMV.