
**ZBORNIK RADOVA
4. CROPOS KONFERENCIJE**

Zagreb, svibanj 2015.



Izdavači:
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GEODETSKI FAKULTET
Fra Andrije Kačića Miošića 26, HR-10000 Zagreb
www.geof.unizg.hr



DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA
Gruška 20, HR-10000 Zagreb
www.dgu.hr

Urednici:

Prof. dr. sc. Tomislav Bašić, dipl. ing. geod.
Dr. sc. Marko Pavasović, dipl. ing. geod.
Dr. sc. Marijan Marjanović, dipl. ing. geod.

Tehnički urednik:

Marija Pejaković, dipl. ing. geod.

Organizacijski odbor:

Prof. dr. sc. Tomislav Bašić, dipl. ing. geod.
Dr. sc. Olga Bjelotomić, dipl. ing. geod.
Martina Ciprijan, dipl. ing. geod.
Mr. sc. Ivan Landek, dipl. ing. geod.
Dr. sc. Marijan Marjanović, dipl. ing. geod.
Dr. sc. Marko Pavasović, dipl. ing. geod.

Znanstveno-stručni odbor:

Prof. dr. sc. Tomislav Bašić, dipl. ing. geod.
Dr. sc. Marijan Marjanović, dipl. ing. geod.
Dr. sc. Danko Markovinović, dipl. ing. geod.
Prof. dr. sc. Bojan Stopar, dipl. ing. geod.
Doc. dr.sc. Miran Kuhar, dipl. ing. geod.
Izv. prof. dr. sc. Ivana Racetić, dipl. ing. geod.

Suradnici:

Marijan Grgić, mag. ing. geod. et geoinf.
Ivana Miletić, dipl. ing. geod.
Marija Pejaković, dipl. ing. geod
Mr. sc. Margareta Premužić, dipl. ing. geod.
Matej Varga, mag. ing. geod. et geoinf.
Vladimir Vičić, dipl. ing. geod.

Sponzori:

Geomatika-SMOLČAK d.o.o.

GEO CENTAR d.o.o.

Geoprojekt d.o.o.



Tisak:

Intergrafika TTŽ d.o.o.

Naklada:

500 primjeraka

Napomena:

Stručni radovi nisu prošli recenzentski postupak i objavljeni su u svom izvornom obliku. Svi radovi su objavljeni bez naknadne lektura teksta. Zbornik radova će biti objavljen u digitalnom obliku na službenim internet stanicama CROPOS-a: www.cropos.hr.

ISBN: 978-953-293-655-1

Sadržaj

| | |
|---|-----------|
| Uvodna riječ o 4. CROPOS konferenciji | 6 |
| <i>Tomislav Bašić</i> | |
| CROPOS ide dalje... | 8 |
| <i>Danko Markovinović</i> | |
| <i>Pozvana predavanja.....</i> | <i>12</i> |
| Quality Control of SAPOS and Scientific Use of the SAPOS Time Series for Geodynamic Study of the Rhinegraben..... | 14 |
| <i>Matthias Becker</i> | |
| EGNSS in surveying and mapping segment | 16 |
| <i>Michal Babáček</i> | |
| CROPOS u homogenizaciji katastarskih planova..... | 18 |
| <i>Miodrag Roić</i> | |
| CORS networks today and tomorrow - latest improvements and applications | 22 |
| <i>Rana Charara</i> | |
| CROPOS kao Hrvatski terestrički referentni okvir | 26 |
| <i>Marko Pavasović, Marijan Marjanović, Tomislav Bašić</i> | |
| <i>Permanentne GNSS mreže i servisi.....</i> | <i>32</i> |
| CROPOS - status i razvoj sustava | 34 |
| <i>Martina Ciprijan, Marijan Marjanović, Margareta Premužić</i> | |
| Status of GNSS network SIGNAL..... | 42 |
| <i>Niko Fabiani, Katja Bajec</i> | |
| Ispitivanje kvalitete virtualnih RINEX podataka CROPOS-a | 48 |
| <i>Margareta Premužić Ivan Malović Marijan Marjanović</i> | |
| Upotreba bespilotnih letjelica u CROPOS-u | 56 |
| <i>Đuro Zalović, Verica Zalović, Diana Bećirević</i> | |
| <i>Praktična primjena CROPOS-a – iskustva korisnika</i> | <i>70</i> |
| Usporedba podataka o položaju vodoopskrbne mreže korištenjem GNSS uređaja uz primjenu CROPOS sustava za potrebe GIS-a..... | 72 |
| <i>Marija Brajković, Damir Šantek, Loredana Greblo</i> | |
| Automatizacija primjene i ispitivanje kvalitete Hrvatskog transformacijskog modela visina..... | 84 |

| | |
|--|-----|
| Empirijska usporedba različitih transformacijskih modela s T7D modelom na području grada Zagreba | 96 |
| <i>Marijan Grgić, Sime Skočić, Matej Varga, Marija Pejaković, Tomislav Bašić</i> | |
| Procjena visinske točnosti SRTM i ASTER globalnih digitalnih modela reljefa na području Republike Hrvatske | 106 |
| <i>Matej Varga, Ivana Vidić, Marijan Grgić, Olga Bjelotomić, Marija Pejaković, Tomislav Bašić</i> | |
| Analiza kontinuiranih mjerena na odabranim EPN stanicama..... | 114 |
| <i>Željko Hećimović, Matjaž Štanfel, Gordan Horvat</i> | |
| Moguća primjena CROPOS-a u lokalnoj samoupravi | 126 |
| <i>Josip Lisjak, Krešimir Ljulj, Mario Landek</i> | |
| Zapisivanje podataka CROPOS GNSS mjerena u XML formatu – korak ka digitalnom geodetskom elaboratu | 140 |
| <i>Saša Vranić, Mario Mader, Hrvoje Matijević, Tomislav Bašić</i> | |
| Primjena CROPOS-a u području katastra i postojeći propisi | 154 |
| <i>Nikola Vučić, Marinko Bosiljevac, Antonio Šustić</i> | |

Uvodna riječ o 4. CROPOS konferenciji

Prof. dr. sc. Tomislav Bašić, dipl. ing.



Pred vama je Zbornik radova 4. CROPOS konferencije, skupa koji se tradicionalno svake dvije godine održava s ciljem razmjene iskustava vezanih uz rad i korištenje GNSS permanentnih geodetskih mreža na ovim prostorima, prije svega naravno našeg Hrvatskog pozicijskog sustava CROPOS.

Da se podsjetimo, 1. CROPOS konferencija održana je u Zagrebu, u hotelu International, 8. i 9. lipnja 2009. godine, svega šest mjeseci nakon što je 9. prosinca 2008. godine Državna geodetska uprava pustila u službenu upotrebu CROPOS za 70-tak ovlaštenih tvrtki. Na konferenciji se je okupilo preko 300 stručnjaka-korisnika i znanstvenika iz Hrvatske i inozemstva.

Programski dio konferencije obuhvatio je 23 znanstveno-stručne prezentacije koje su bile izuzetno dobro posjećene. Zbog velikog interesa sudionika tada je odlučeno da će se skup ubuduće održavati svake druge godine.

2. CROPOS konferencija održana je 8. travnja 2011. godine za preko 400 sudionika iz Hrvatske i inozemstva na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Konferenciju je svečano otvorio ministar zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva Republike Hrvatske, u prisustvu visokih predstavnika domaćih i međunarodnih državnih institucija susjednih zemalja. Broj registriranih korisnika do kraja ožujka 2011. godine dosegao je brojku od gotovo 350 tvrtki, a CROPOS sustav je 3. siječnja 2011. godine nadograđen novom VPPS on-line transformacijskom uslugom CROPOS_VRS_HTRS96, koja omogućuje „GNSS niveliranje“ uz pomoć HRG2009 geoida. Za ljeto iste godine najavljen je i druga VPPS on-line transformacijska usluga CROPOS_VRS_HDKS, u koju je implementiran novi transformacijski model za efikasno povezivanje starih i novih prostornih podataka T7D. U programu druge konferencije prezentirano je 17 znanstveno-stručnih radova koji su bili svrstani u tri tematske sesije.

Daljnji napredak u primjeni i koristi CROPOS-a za Hrvatsku pokazan je na 3. CROPOS konferenciji, koja je održana pred više od 400 sudionika 24. listopada 2013. godine u Opatiji, kada je broj licenciranih tvrtki korisnika CROPOS-a već premašio brojku 600. Treću konferenciju svečano je otvorila ministrica graditeljstva i prostornog uređenja Republike Hrvatske. U programu skupa sudionici su, u okviru *Uvodnih predavanja* i *Pozvanih predavanja*, s vrlo uvaženim međunarodnim i domaćim predavačima, kao i sesija u nastavku: *CROPOS - jučer, danas, sutra, zatim GNSS mreže u okruženju i Praktična primjena CROPOS-a – iskustva korisnika*, imali prilike poslušati odnosno u Zborniku pročitati članke koji su nastali na temelju preko 25 prijavljenih vrlo interesantnih znanstvenih i stručnih predavanja.

Zbornik radova 4. CROPOS konferencije, koju za preko 400 sudionika zajedno organizira Državna geodetska uprava Republike Hrvatske i Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, rezultat je prezentacija koje su u okviru *Pozvanih predavanja*, s vrlo uvaženim međunarodnim i domaćim predavačima, kao što su Univ.-Prof. Dr.-Ing. Matthias Becker, iz Instituta za geodeziju Tehničkog sveučilišta u Darmstadt, SR Njemačka, zatim Michal Babáček, EGNSS - GSA, Prag, Republika Češka, prof. dr. sc. Miodrag Roić, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Ph.D. Rana Charara, Trimble France S.A.S., Paris, Francuska te dr. sc. Marko Pavasović, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (u koaturostvu s dr. sc. Marijanom Marjanovićem, Državna geodetska uprava i prof. dr. sc. Tomislavom Bašićem, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu) kao i sesija u nastavku: *Permanentne GNSS mreže*

i servisi, i Praktična primjena CROPOS-a - iskustva korisnika, na kojima je predstavljeno 12 znanstvenih i stručnih radova. Treba naglasiti da su svi znanstveni radovi prošli dvostruku recenziju. Kako je u međuvremenu broj licenciranih korisnika CROPOS-a prešao brojku 700 (!), ne treba ni malo sumnjati u nastavak tradicije održavanja CROPOS konferencija i možemo se već sada veseliti jubilarnoj 5. konferenciji 2017. godine.

U Zagrebu, 22. svibnja 2015.

Prof. dr. sc. Tomislav Bašić, dipl. ing.

predsjednik Organizacijskog odbora

CROPOS ide dalje...

Dr. sc. Danko Markovinović, dipl. ing.

*Poštovane kolegice i kolege, poštovani korisnici CROPOS sustava, dragi gosti
dobrodošli na 4. CROPOS konferenciju*



Globalni navigacijski sustav je 2014. godine opsluživao gotovo 3,6 milijardi GNSS (engl. *Global Navigation Satellite System*) uređaja. Mali broj uređaja u odnosu na svjetsku razinu koristi se u CROPOS (engl. *CROatian POsitioning System*) sustavu. Ipak, to nije ni približno beznačajan broj korisnika za hrvatske geodetske, poslovne i ekonomski prilike. CROPOS sustav je jedan od temeljnih sustava Državne geodetske uprave (DGU) i od svoje uspostave svake godine bilježi porast broja uređaja i korisnika. Svakodnevno više stotina korisnika rabi dostupne CROPOS servise i proizvodi veliki broj koordinata pomoću kojih se permanentno sređuje stanje u prostoru. Danas je gotovo nemoguće zamisliti geodetski zadatak bez uporabe CROPOS sustava.

U ekonomskom i gospodarskom smislu, ovaj sustav je jedan od važnih oslonaca i alata geodetskim korisnicima, koji omogućava bržu i jednostavniju uslugu. Velike uštede u prošlom razdoblju su ostvarene uporabom ove tehnologije i jedan je od najboljih primjera uloženo - dobiveno. Integracijom s drugim sustavima, analizom i dodatnom nadogradnjom poslovnih procesa višestruko se povećava zarada, te se podiže razina kvalitete usluge.

Državna geodetska uprava veliku pažnju posvećuje održavanju, razvijanju i dostupnosti sustava, kao i odnosu prema korisnicima. U tekućoj godini planira se redovito održavanje, te zamjena opreme koja podržava sustav. Predviđena sredstva za ove radeve su u iznosu od približno 2,5 milijuna kuna. Važno je naglasiti da se uložena sredstva višestruko vrate u državni proračun, što je još jedan od pokazatelja vrijednosti i kvalitete ovog sustava. U razdoblju do 2020. godine, ukoliko će finansijske prilike dozvoliti, planira se proširenje sustava s uspostavom novih postaja na našim otocima, te zamjena postojeće opreme.

Potpisani sporazumi sa susjednim državama (osim Srbije), omogućavaju permanentnu uporabu i dostupnost dodatnih 18 postaja, čime je osigurana pokrivenost GNSS signala na gotovo cijelom teritoriju Republike Hrvatske, te njegova maksimalna iskoristivost. Nastojat ćemo održavanjem postojećih, te nadogradnjom novih korisničkih sučelja, povećati jednostavnost i kvalitetu podrške korisnicima naših usluga.

Ovim putem zahvaljujem svim pozvanim predavačima, predavačima, autorima i koautorima na trudu i prijenosu svoga znanja i iskustva drugim korisnicima. Siguran sam da će radovi i predavači pokazati nove rezultate svoga rada i istraživanja, te da će isti naći primjenu u svakodnevnom geodetskim poslovima. Također, ostvareni rezultati će biti temelj i smjernica za uspostavu boljih i produktivnijih poslovnih procesa, kako u geodetskom tako i u zakonodavstvenom smislu.

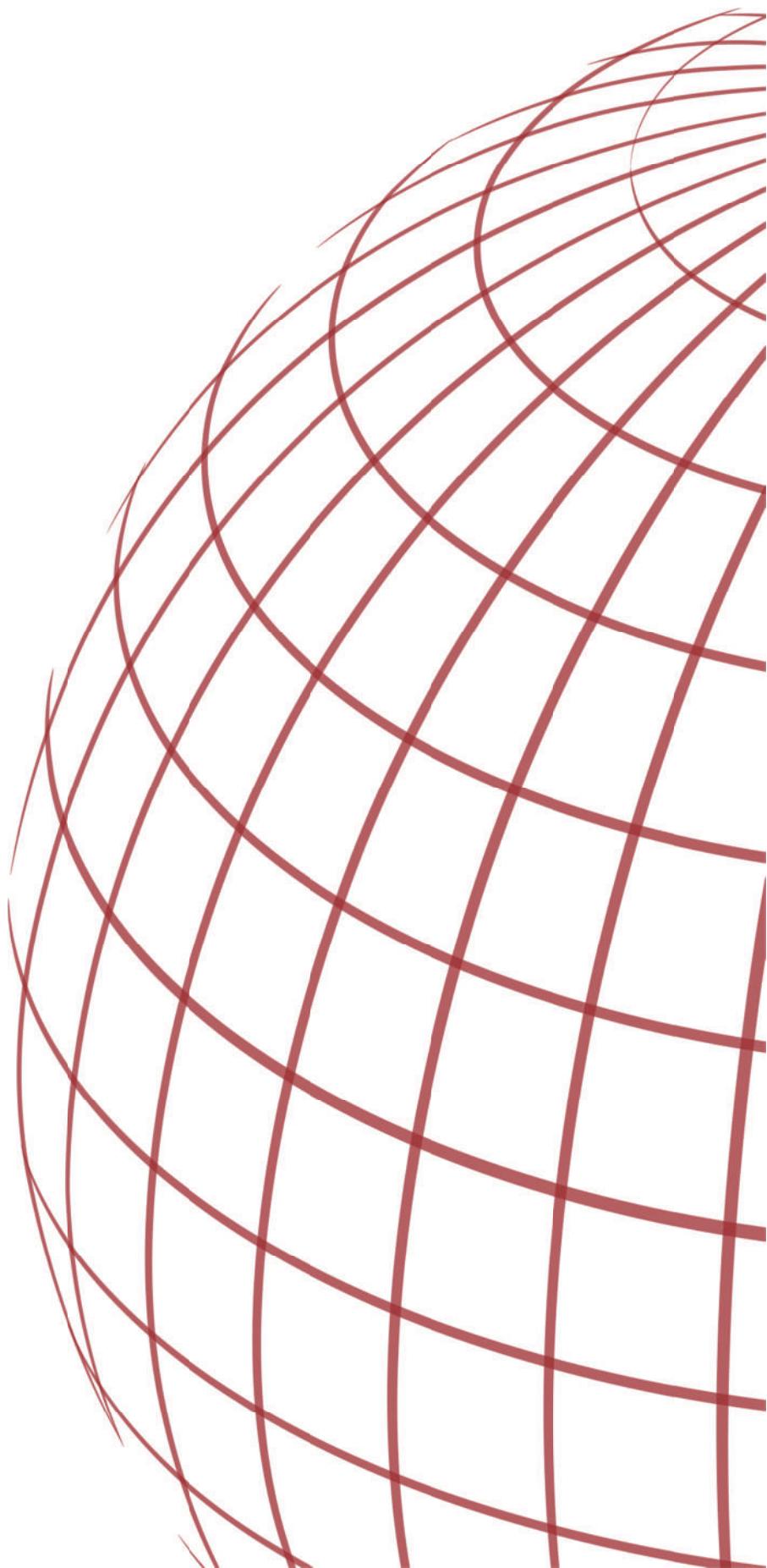
Želim Vam svima uspješan rad na 4. CROPOS konferenciji, te ugordan boravak u Gradu Zagrebu.

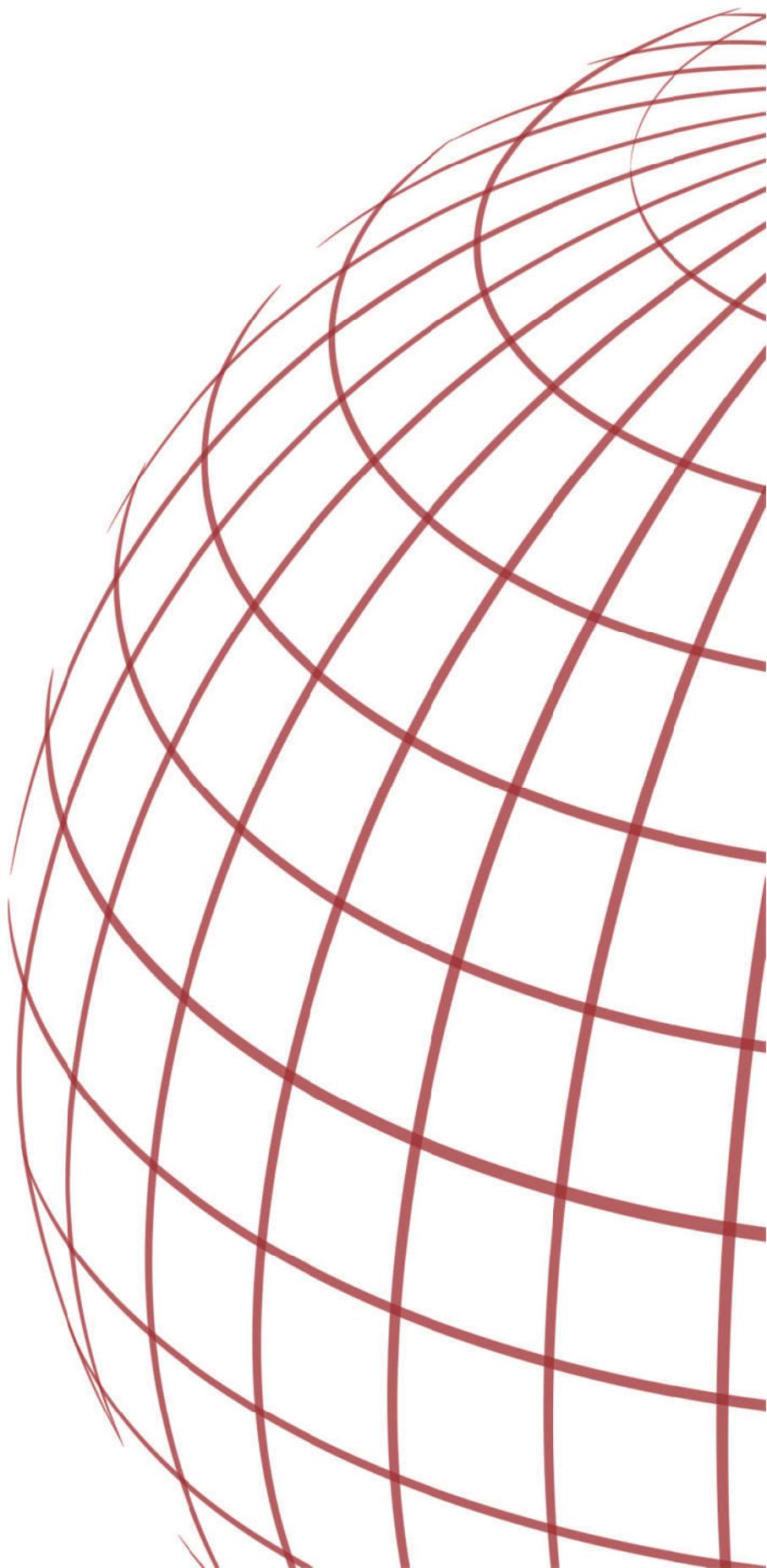
S poštovanjem

U Zagrebu, 22. svibnja 2015.

Dr. sc. Danko Markovinović

ravnatelj Državne geodetske uprave





Pozvana predavanja

Quality Control of SAPOS and Scientific Use of the SAPOS Time Series for Geodynamic Study of the Rhinegrabén

Matthias Becker

EGNSS in surveying and mapping segment

Michal Babáček

CROPOS u homogenizaciji katastarskih planova

Miodrag Roić

CORS networks today and tomorrow – latest improvements and applications

Rana Charara

CROPOS kao Hrvatski terestrički referentni okvir

Marko Pavasović, Marijan Marjanović, Tomislav Bašić

Quality Control of SAPOS and Scientific Use of the SAPOS Time Series for Geodynamic Study of the Rhinegraben

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Matthias Becker¹

¹Physical and Satellite Geodesy, Institute of Geodesy, Technische Universität Darmstadt
Franziska-Braun-Strasse-7, 64287 Darmstadt, becker@psg.tu-darmstadt.de

Introduction

Coordinate time series derived from GNSS processing have to be analyzed in different applications like Geodynamics or the monitoring of station stability in the context of continuously operating reference station (CORS) networks. Based on the reprocessing of a regional part of the SAPOS network in Hesse, Germany, the effect of stochastic modeling on the significance of reprocessed coordinate time series parameters is investigated.

The general aim is to identify a suitable stochastic model for the presumably time correlated time series. Such a model is needed firstly as stochastic model of the input data (e.g. daily coordinates) for the estimation of time series parameters (velocity, periodic effects, offsets) and secondly to enable a realistic statement about their statistical significance. This is of major importance for the quality control of the networks like SAPOS that are used to generate official reference coordinates. The products of the SAPOS have to be continuously checked for changes and anomalies to ensure the quality and the continuity of the results. All kinds of disturbances, like antenna change, constructions at sites, among others have to be detected and tested on significance. Also new satellite systems, like the introduction of GLONASS observations and related antenna and equipment changes have to be validated in order to ensure a continuous operation of the system without jumps or offsets.

At the example of the German SAPOS network in the Federal State of Hesse with 25 SAPOS stations the approach of power-law noise stochastic modeling is applied and investigated. We processed a ten years period (2003-2012) and applied the stochastic modeling described here. For the model estimation and time series analysis the software CATS (Williams, 2008) is utilized. The estimated stochastic parameters and thus the resulting stochastic models best fitting to the coordinate time series are shown and discussed. It is found that the stochastic model parameters are strongly site dependent and site specific. For this reason the stochastic model should be adapted to the time series in a flexible way. The effect of the stochastic modeling on the parameters of main interest (e.g. rate/velocity, annual signal, offsets) is shown then. Clearly the model has to account for the time correlation inherent to the GNSS derived coordinate time series. This mainly affects the statements about accuracy and significance of the time series parameters. It is found that a power-law noise model approach with estimation of the spectral index will yield realistic standard deviations.

Finally the application of the proper stochastic modeling to the assessment of the velocity field of the network is shown. Whether or not a station's velocity, especially with respect to the mean velocity of the network, is significant, can be stated reliably only after application of a proper stochastic model. The enhanced stochastic modeling leads to the identification of significant intra-plate motions.

Quality control results

In order to avoid any inconsistencies due to changes in GNSS data modeling, reference frame or processing procedure, the GNSS data has been reprocessed utilizing the reprocessed IGS products. It is seen that the uncertainty of parameters like e.g. velocity cannot be reliably deduced from a time series analysis based on a white noise assumption. This is even true when the VCM is scaled based on a comparison with the repeatability of individual solutions. Instead a stochastic model accounting for time correlation and flexible to adapt to the

individual nature of a station's coordinate time series is required in order to estimate the time series parameters and their standard deviations. Here the approach of power-law noise modeling has been applied in different combinations of white noise, flicker noise and power-law noise with estimated fractional spectral index. It has also been shown that the size of standard deviations heavily depends of the spectral index of the power-law noise component: a spectral index which is more negative indicates a larger contribution of colored noise and leads to a higher standard deviation. With the strategy of power-law noise models adapted to the individual time series a velocity field is derived for the SAPOS network. It has been analyzed in the ITRF2008 frame and, more important and more interesting with respect to the aim of validating the stability for the network, after removing the datum induced velocity component. This way the intra-network and intra-plate velocities of the stations are analyzed on a profound stochastic basis. As with any time series analysis the time span of available data is crucial to the identification of long term effects.

Geodynamic study of the Rhinegraben

The Upper Rhine Graben (URG) between Frankfurt am Main in the North and Basel in the South is an active rift zone and forms a part of the European Cenozoic Rift System. Activity shows up in small scale recent crustal motions (mm ... sub-mm level) and moderate seismicity with earthquakes of magnitudes up to V of MSK scale. We combined results of the study in Hesse with the GURN (GNSS Upper Rhine Graben Network) and aim at the detection of recent crustal motion in the URG. GURN includes permanent GNSS sites in France, Switzerland and SAPOS in South-West Germany. The Hesse-SAPOS network covers the area of the northern part of the URG. Within our presentation the combination of both projects will be shown in order to deduce a reliable velocity field covering the whole URG and adjacent areas in a consistent geodetic datum. From the combined velocity field the relative motion across the graben area and within the Eurasian plate is analyzed. The combination is achieved by use of the normal equation stacking technique included in the Bernese GNSS software. The combined solution was then analyzed and significant intra-plate deformation was identified. Although the motion is small, residual velocities in Eurasian Reference frame are sub mm/yr mostly, a promising first interpretation the results reveals concordance to geological models.

References

Leinen, S., M. Becker and G. Läufer: Effect of stochastic model fitting on the significance of CORS coordinate time series parameters, J. Appl. Geodesy, Vol. 7 (2012), pp. 1–17
Copyright © 2012 De Gruyter. DOI 10.1515/jag-2012-0038

Leinen, S.; M. Becker; M. Mayer; A. Knöpfler; B. Heck; R. Lehné; F. Masson: A velocity field of the Upper Rhine Graben from a combination of two regional GNSS networks, Wegener 2014: Measuring and Modelling our Dynamic Planet 1st – 4th September, University of Leeds, UK

Williams, S. D. P. (2008): CATS: GPS coordinate time series analysis software. GPS Solutions (2008); 12:147–153. DOI 10.1007/s10291-007-0086-4

Acknowledgement

We acknowledge the IGS for data and products, Simon Williams for providing CATS software, the responsible agencies in Germany and France, especially the Federal State of Hesse, Hessisches Landesamt für Bodenordnung und Geoinformation (HLBG), for providing the data from SAPOS and for their support of the work. We also acknowledge the Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Geodesy, for the GURN results and the good cooperation in our joint Rhinegraben study.

EGNSS in surveying and mapping segment

Michal Babáček¹

¹European GNSS Agency, Janovskeho 438/2, 17000 Prague, Czech Republic

The European Global Navigation Satellite Systems Agency (European GNSS Agency; GSA;) is the agency of the European Union (EU) that aims to ensure that essential public interests are properly defended and represented in connection with satellite navigation programmes of the union: Galileo and European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS). Established in Brussels in 2004 and since 2012 based in Prague, the agency is responsible for managing and monitoring the use of the programmes funds. It will help the European Commission deal with any matters relating to satellite radio-navigation.

Already today EGNOS is growing the use of GNSS in real time basic mapping solutions by providing free accuracy that widely available. Applications where meter accuracy is adequate can benefit from EGNOS such as GIS and thematic mapping for small and medium municipalities forestry and park management as well as surveying of utility infrastructures (e.g. electrical power lines). Most of GNSS receivers used for mapping are now EGNOS ready and the EGNOS signal is free of charge. Besides the professional users, EGNOS also allows more and more non-professionals to access GNSS mapping technologies, thanks to the affordable and simple solutions. The EGNOS signal provides a constant level of position accuracy throughout the EGNOS compliance area which covers Europe and currently extending the coverage to Africa and Middle-East. The EGNOS corrections can be received via different means: directly via EGNOS satellites, with a normal GPS receiver that is EGNOS-enabled, without any communication cost or via terrestrial communication means such as internet or cellular networks, thanks to EDAS, the EGNOS Data Access Service. EDAS is the single point of access for the data generated and collected by EGNOS and as such provides a new opportunity for high precision service providers to enlarge their offer since it can be used in constrained environments such as when signals are blocked, not visible, or are disturbed by interference.

Getting ready for Galileo to fully take off, the surveyors may benefit from multi-constellations even at Initial Services phase. The surveyors will benefit from a stronger signal mitigating the multipath errors, better availability, accuracy and better results in harsh environment such as urban canyons and under tree canopy. Along the Galileo Open Signal with single or dual frequency (E1, E5) with the positioning accuracy up to one meter Galileo will offer Commercial Service (CS) dedicated for high precision applications. CS High Accuracy (CS-HA) will deliver corrections via Galileo E6 across the globe (PPP - precise point positioning) for high accuracy applications across all segments and in quality as comparable to differential positioning techniques. Moreover CS-HA will offer triple frequency with faster convergence time for surveying applications and with achievable accuracy comparable to RTK. Users can also benefit from CS Authentication service which will be the first-ever GNSS spreading code encryption capability for purely civil purposes, allowing to increase the civil security of professional applications providing a level of trust to users in that they are utilising signals and data from actual satellites and not from any other source (anti-spoofing).

CROPOS u homogenizaciji katastarskih planova

Prof. dr. sc. Miodrag Roić¹

¹Sveučilište u Zagrebu Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
Republika Hrvatska, mroic@geof.hr

Sažetak. Porezni katastri služili su za tehničke, gospodarske i statističke potrebe te za izradbu zemljišnih knjiga i kao podloga za izračunavanje katastarskog prihoda. Tijekom dugog razdoblja postojanja ispunili su svoju svrhu. Međutim, današnji zahtjevi za upravljanjem prostorom traže ne samo sveobuhvatnije već i točnije podatke o položaju u prostoru. Zbog toga se katastarski podatci obnavljaju i poboljšavaju i u položajnom smislu. Prijelaz od tradicionalnoga poreznoga katastra zemljišta na suvremenih katastar iziskuje obnavljanje i dopunjavanje mnogih elemenata osim poboljšanja kvalitete položaja. To podrazumijeva prikupljanje novih podataka, pretvorbu podataka u elektronički oblik te objedinjavanje podataka u jedinstveni projekcijski koordinatni referentni sustav. Osnovu višenamjenskog kataстра čini jedinstveni projekcijski koordinatni referentni sustav za pohranjene podatke, koji omogućava i olakšava povezivanje s drugim podatcima o prostoru. Povijesnim razvojem katastra nastale su velike razlike u kakvoći položajnih podataka u različitim područjima Hrvatske. Jedno je od bitnih svojstava katastarskog sustava da je na velikom dijelu u službenoj uporabi katastarski plan izrađen u 19. stoljeću grafičkom metodom izmjere u više koordinatnih sustava. Položajna točnost obilježja zemljišta prikazanih na njemu ograničena je grafičkom metodom kojom su oni mjereni te mjerilom katastarskog plana.

Održavanje i obnova listova katastarskog plana mijenjali su se tijekom povijesti ovisno o promjenama pravnih sustava i dostupne tehnologije. U katastarske izmjere postupno su uvođeni kvalitetniji instrumenti i točnije metode geodetske izmjere. No cijelo to vrijeme bilo je potrebno podatke mjerena uklapati u postojeće katastarske podatke i u granice postojećih katastarskih čestica niže točnosti. Kako je tehnologija prikupljanja podataka napredovala, tako je bilo situacija da su se točni podatci uklapali u netočan katastarski plan. Ako se tomu pridoda i neodržavanje katastra u skladu sa stanjem u naravi, pa i propisi koji nisu pratili razvoj, stanje je katastarskog plana u podatkovnom smislu ponegdje vrlo loše.

Poboljšanje položajne točnosti postojećega katastarskog plana, bez provođenja dugotrajnih i skupih ponovnih katastarskih izmjera, provedeno je homogenizacijom u mnogim zemljama. Posebnim pristupom transformacijama postojećih podataka, uz pomoć identičnih točaka, postiže se veća absolutna točnost i homogenost katastarskog plana. Homogenizacijom se nehomogeni katastarski plan dovodi u službeni projekcijski koordinatni referentni sustav te ispravljaju unutrašnje nehomogenosti kako bi se daljnje održavanje moglo provoditi po suvremenim propisima i zahtjevima kvalitete, u prvom redu neposrednim mjerjenjima oslonjenima na geodetsku osnovu čemu je najbolja podrška CROPOS.

Homogenizacija katastarskog plana je zaseban projekt obnove katastra koji se provodi za područje cijele katastarske općine. Neposredna provedba homogenizacije ovisi o polaznom stanju podataka. Budući da pri homogenizaciji nije riječ o katastarskoj izmjeri, već procesu kojim se postojeći podatci pripremaju za postupnu zamjenu budućim katastarskim izmjerama pojedinačnih katastarskih čestica, to su za homogenizaciju najvažniji parametri brza i financijski održiva provedba te poboljšanje postojećih podataka gdje je to opravdano. Sukladno tomu, za homogenizaciju katastarskog plana vrijedi:

1. homogenizira se sadržaj elektroničkog katastarskog plana
2. područje homogenizacije je katastarska općina
3. obilježja zemljišta prikazana na katastarskom planu dovode se u najvjerojatniji
4. položaj u službenom projekcijskom koordinatnom referentnom sustavu katastra

5. položaj i oblik obilježja zemljišta prikazanih na katastarskom planu smiju se promijeniti unutar propisanih vrijednosti ostali, opisni, službeno upisani katastarski podatci ne mijenjaju se

Iako je katastarska općina područje izvođenja projekta homogenizacije, radi uspostave neprekinutoga katastarskog plana države u projektu homogenizacije se obavlja i usklajivanje granica sa susjednim katastarskim općinama.

Očuvanje postojećih službenih podataka nepromjenjivima, u okvirima propisanih vrijednosti, također je važno načelo homogenizacije. Homogenizacijom se dakle zadržavaju postojeći relativni odnosi obilježja i njihovi atributi nepromjenjenima, odnosno njihova promjena ne smije prijeći propisane vrijednosti. To se ponajprije odnosi na tehničku površinu svake pojedine katastarske čestice. Kako se homogenizacijom mijenjaju samo apsolutni položaji svojstvenih točaka obilježja zemljišta na katastarskom planu, opisni podatci ostaju nepromjenjeni.

Projekt homogenizacije katastarskog plana možemo podijeliti na preuzimanje podataka, transformacije, usklajivanje granica katastarskih općina i završne poslove. Osim toga, posebno je važno naglasiti kontrolu kvalitete koja se ugrađuje u projekt na mjestima gdje je to pogodno i opravdano.

Homogenizacija se sastoji od više skupova aktivnosti. Preuzimanjem podataka započinje projekt u kojem slijede dvije vrste transformacija, globalna i lokalna. Globalnom transformacijom odabiru se identične točke i kontrolira njihova kvaliteta. Lokalnom transformacijom se obilježja zemljišta prikazana na katastarskom planu dovode u najvjerojatniji položaj uz kontrolu kvalitete. Slijed aktivnosti homogenizacije katastarskog plana kontinuiran je, pri čemu se pojedini koraci ponavljaju ovisno o ispunjavanju uvjeta. Takav je pristup nužan radi postavljenih uvjeta.

Radove na transformacijama možemo podijeliti na tri dijela, koji se ponavljaju do postizanja konačnog rezultata. Izborom identičnih točaka određujemo osnovu za određivanje transformacijskih parametara. Njihovom provjerom globalnom transformacijom ispituje se identičnost tih točaka te određuju odstupanja na njima nakon transformacije. Odstupanja nakon transformacije koja izlaze iz okvira za tu katastarsku općinu upućuju na nepouzdanost identične točke. Sve točke koje se u postupku provjere pokažu dvojbenima, nadalje se promatraju kao nepoznate točke. Provjeru identičnih točaka globalnom transformacijom ponavljamo dok ne otkrijemo sve nepouzdane točke i isključimo ih iz utjecaja na konačni rezultat.

Pri homogenizaciji katastarskog plana nisu nam poznati parametri pa ih moramo odrediti. Za to nam je potreban dovoljan broj identičnih točaka poznatih po koordinatama u polaznom i ciljnem sustavu. Ako je riječ o homogenim podatcima, dovoljno je obaviti globalnu transformaciju afinim modelom. Međutim, kako je ovdje riječ o nehomogenim podatcima, moramo koristiti i adaptivni model za lokalno transformiranje. Globalnom transformacijom kontroliramo izbor identičnih točaka, lokalnom transformacijom dolazi se do konačnog rezultata. Lokalna transformacija također će nam pokazati da su eventualno preostale nepouzdane identične točke. Ponavljamo ju do postizanja zadanih uvjeta. Zadržavanje razlika površina katastarskih čestica u propisanim granicama osiguravamo kontinuitet postojećim upisanim podatcima.

Postupak homogenizacije podataka provodi se lokalnom transformacijom nakon što su identične točke ispitane i potvrđena je njihova ispravnost. Koordinate točaka te transformacije konačne su vrijednosti. Izborom identičnih točaka definira se skup parametara temeljem kojih se obavljaju transformacije. Ti parametri obuhvaćaju polazne koordinate identičnih točaka te koordinate u koje se identične točke preslikavaju nakon transformacije. Na osnovi vektora njihova pomaka određuju se vektori pomaka svih ostalih lomnih točaka. Izbor identičnih točaka treba provesti posebnom pozornošću. Izbor svake pojedine identične točke zaseban je proces kod kojega je polazno stanje prikaz ortofota i katastarskog plana. Izabrane identične točke trebaju biti dovoljne gustoće i ravnomjerno raspoređene.

Na sličan način mogu se identične točke prepoznati i odrediti uz pomoć topografskog prikaza. Taj se postupak primjenjuje ako za neko područje nije moguće identične točke odrediti na ortofotu, najčešće za šumovito područje gdje se od krošnji na ortofotu ne vide obilježja zemljišta. Radi postizanja ravnomjernog rasporeda identičnih točaka svakako se treba koristiti tom mogućnošću. Iako će tako određene identične točke biti manje točnosti, one će ipak znatno pridonijeti kvaliteti transformacija.

Projekt homogenizacije, u osnovnoj izvedbi, ne predviđa terenska mjerjenja. Međutim, ako su zahtjevi za kvalitetom veći i na raspolaganju su finansijska sredstva, onda terenska mjerjenja treba uključiti u projekt. Znatno brže i točnije određivanje koordinata identičnih točaka omogućuje CROPOS. Budući da je u tom slučaju riječ o podatcima visoke kvalitete, oni transformacijama ne smiju biti pokvarena. Zbog toga se izmjerene identične točke u procesu transformacija smatraju identičnim, tj. nakon transformacija zadržavaju mjerjenjima određene koordinate. Jednako se postupa ako je riječ o pojedinačnim točkama ili o izmjerrenom dijelu katastarske općine.

U okviru projekta sastavljaju se izvješća o stanju katastarskog operata u pogledu sukladnosti katastarskog plana i knjižnog dijela katastarskog operata. Sastavljaju se dva izvješća, i to jedno sa stanjem katastarskog plana prije homogenizacije, a drugo sa stanjem katastarskog plana nakon homogenizacije.

Kontrolom kvalitete provedene homogenizacije potvrđuje se da je ona provedena sukladno postavljenim načelima. Možemo je podijeliti na unutrašnju i vanjsku. Unutrašnju kontrolu provodi i dokumentira izvoditelj projekta sukladno propisima. Vanjsku kontrolu provodi naručitelj nadzorom i pregledom isporučenog proizvoda i dokumentacije.

Načelo promjenjivosti katastarskih čestica u propisanim okvirima ispituje se usporedbom njihovih površina prije i nakon transformacija. Nepromjenjenost sadržaja katastarskog plana provjerava se usporedbom sadržaja i strukture datoteke prije i nakon homogenizacije. Promjena položaja obilježja kontrolira se ponovnim/neovisnim računanjem koordinata njihovih svojstvenih točaka. Dodatno se obavlja i vizualna kontrola uspoređivanjem prikaza katastarskog plana prije i nakon homogenizacije.



Prije homogenizacije



Nakon homogenizacije

Ključne riječi: CROPOS, homogenizacija, katastar, uređenje zemljišta.

CORS networks today and tomorrow - latest improvements and applications

Ph.D. Rana Charara¹

¹Sales Engineer EMEA, Trimble France S.A.S, rana_charara@trimble.com

Abstract. Satellite positioning technologies such as the Global Positioning System (GPS) have revolutionized the way we realize location and changes of position over a broad range of spatial and temporal scales. This means we are now much more knowledgeable about where they are, when they are and how we communicate that information to our friends, colleagues, clients etc... This paradigm shift has been particularly visible in the surveying, mapping and construction industries where locating something quickly and precisely saves time and money. Trimble Navigation Limited started in 1978 with the launch of the first GPS satellites by the United States Department of Defense. Since then, Trimble has focused on providing industry-leading positioning technology. GNSS (Global Navigation Satellite System) Infrastructure such as CORS (Continuously Operating Reference Station) networks providing high accuracy RTK (Real-time Kinematic) correction data for users of GNSS Rover have become an important part in Surveying, Construction and Mapping/GIS projects. The presentation will give an overview of the Trimble VRS technology for providing high accuracy network RTK corrections to users based on CORS network data. As well as the latest improvements for software and hardware of CORS networks, especially the uses of new constellation Galileo and Beidou. Moreover, new applications for CORS networks such as deformation monitoring and atmospheric study are presented.

Keywords: GNSS, Global Navigation Satellite System, GPS, Global Positioning System; CORS, Continuously Operating Reference Station, GLONASS, Galileo, Beidou, QZSS, TEC, Total Electron Content, IPWV, Integrated Precipitable Water Vapor

Introduction

Reflecting on past experience and evolution of CORS network technology a dramatic shift in the adoption rate within the geodetic community can be seen, resulting in a quick geographic expanding and across new customers (Figure 1).

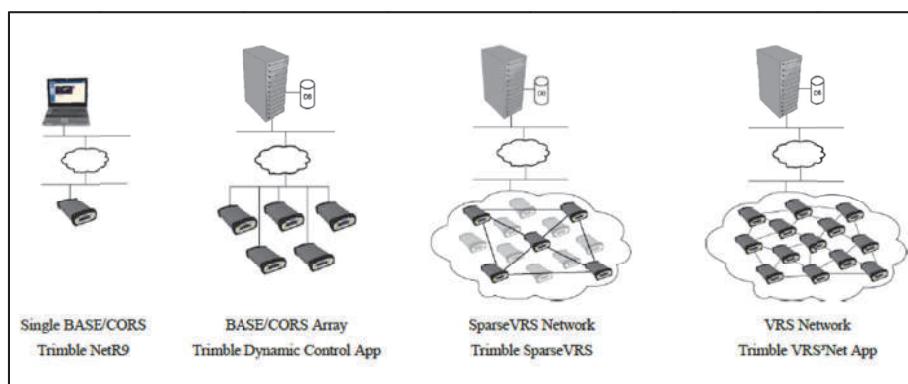


Figure 1: Scalability from Single Station to multipurpose CORS networks

While the „western world“ adoption of CORS networks is fait accompli, barrier to entry in the Emerging Economies remains high. This is based on many factors – namely the absence of modern communication infrastructure, technology adoption status & experience, initial & operating cost of CORS networks and a relatively small market audience who has other higher social priorities to tackle.

A new 3rd generation CORS network solution is now coming to market to enable more simultaneous users and applications across a broader community of users, in order to increase adoption rate in all regions, but specifically for the Emerging Economies markets.

Accuracy

Recent advances in the development of another order of computer performance based on 64-bit distributed architecture on the „Net“ platform have enabled the full use of the new multi-core computer servers. In turn, a better understanding of the IONO modeling and more exhaustive mathematical model have been developed supported by this technology, which can now provide a more flexible and scalable „accuracy“ solution. In the past, only higher cm-level accuracy was possible under the RTK technique.

Today; It is possible to provide different accuracy RTK-based solution as a function of the interstation spacing of the network, the local IONO gradient and the type of RTK solution running in the rover. However, some basic conditions remain, (1) Reliable electrical supply and low-latency Internet LAN and wireless communication (2). The last condition is important for the interconnectivity of the CORS with the Control Center (CC) and for the ability of the rovers to wirelessly reach the computed corrections at the CC *via* a NTRIP connection. The interstation spacing can be derived empirically and as the ionospheric conditions worsen until the solar max of 2013, one must be careful to plan the grid accordingly. The relationship between the cost of CORS network and the distance between the stations is an exponential relationship. Going from 50 Km to 100 Km means only $\frac{1}{4}$ of the CORS are now required.

New constellations

In recent years, a number of new satellite systems were introduced and are now available for processing. GPS and GLONASS went through a number of modernizations, one single QZSS satellite is available in certain areas of the world, BeiDou is deployed with a reasonable number of satellites and Galileo is on the horizon to become the next player (Figure 2).

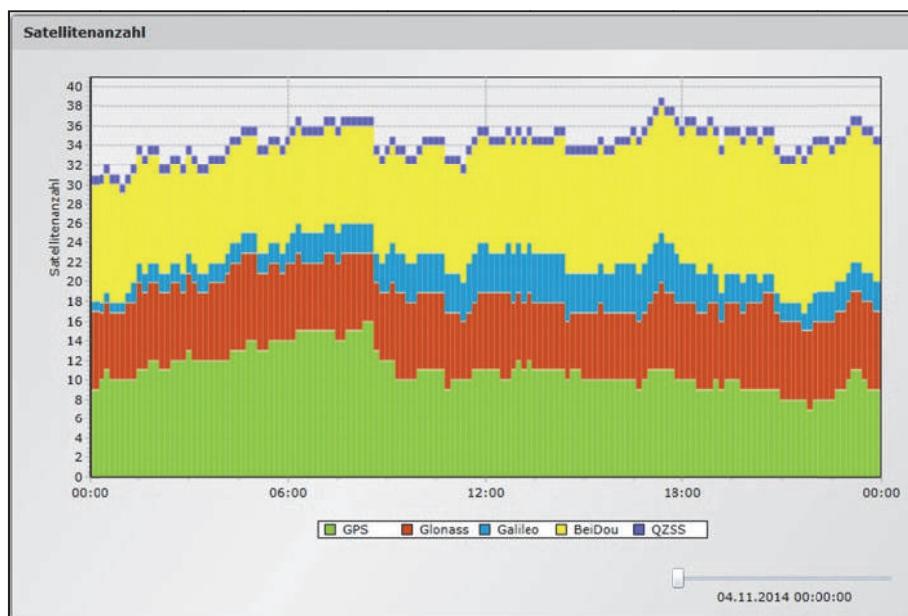


Figure 2: Satellite number for CORS station in Singapore

All satellite systems are ready to be used for field positioning. The number of visible satellites will nearly double from the area of 20 to the area of 40 in the coming years.

A new module in Trimble Pivot Platform is now available to provide high accuracy network RTK that adapted to support all satellites in view. This module uses a new technology in the processing center in terms of load distribution and memory consumption.

New Applications

Trimble Integrity Manager

This tool is based on high-accuracy positioning independent of their spatial positional shift happening over seconds or over long period of times (months).

This application leads to offering GNSS-based Deformation monitoring based on CORS networks; a tool particularly appreciated for large and very large objects – from a large bridge, a water dam, a valley's subsidence or even the drift of a continent (Figure 3).

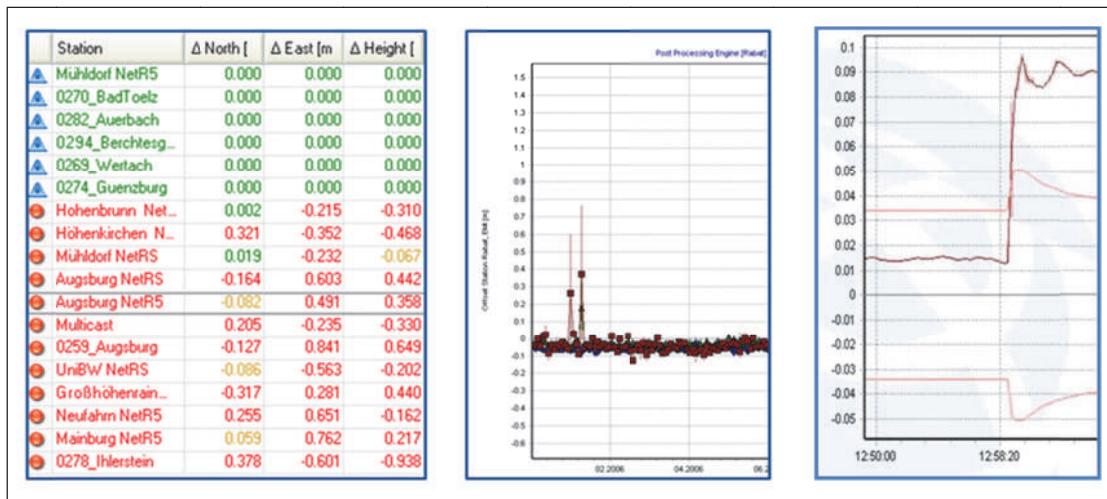


Figure 3: GNSS Monitoring with Trimble PIVOT Platform

Trimble Atmospheric App

The GNSS signals are subject to propagation delays caused by the Atmosphere. Modeling atmospheric conditions is a major point to be considered when improving the accuracy of GNSS measurements.

Troposphere and Ionosphere models have been developed to handle these tasks. Using existing GNSS to calculate, in real-time, the Water Vapor content contained in the Troposphere and the TEC contained in the Ionosphere is one of the latest applications for GNSS infrastructure. Trimble Atmosphere App calculates the IPWV and TEC values. This session gives an overview of the required input data to calculate those values and how these input data are collected. Furthermore, Trimble Ionosphere App calculates the ionosphere scintillation and activity using the I95 Index, IRIM and GRIM (Figure 4).

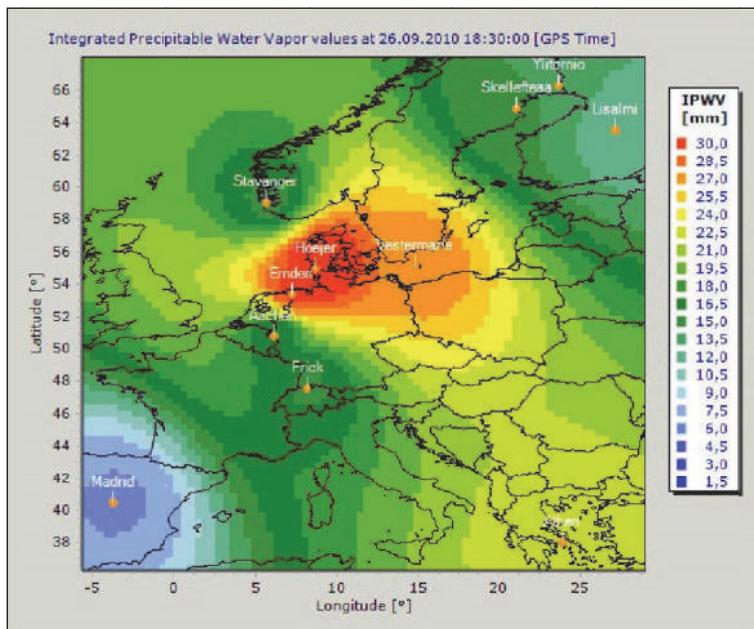


Figure 4: IPWV Map in Trimble PIVOT

Conclusion

Looking at the past evolution of CORS networks and recent developments, we see IT Infrastructure and knowledge becoming more important. While the user community grows the demands to technical IT components, software and their administrators is growing as well. Nowadays, CORS networks have become the positioning backbone for many other users in different working areas from construction to farming. Being a technology that facilitates the development of new technologies in the end-user segment the growth of the user community for CORS network could be expected to continue during the next years.

CROPOS kao Hrvatski terestrički referentni okvir

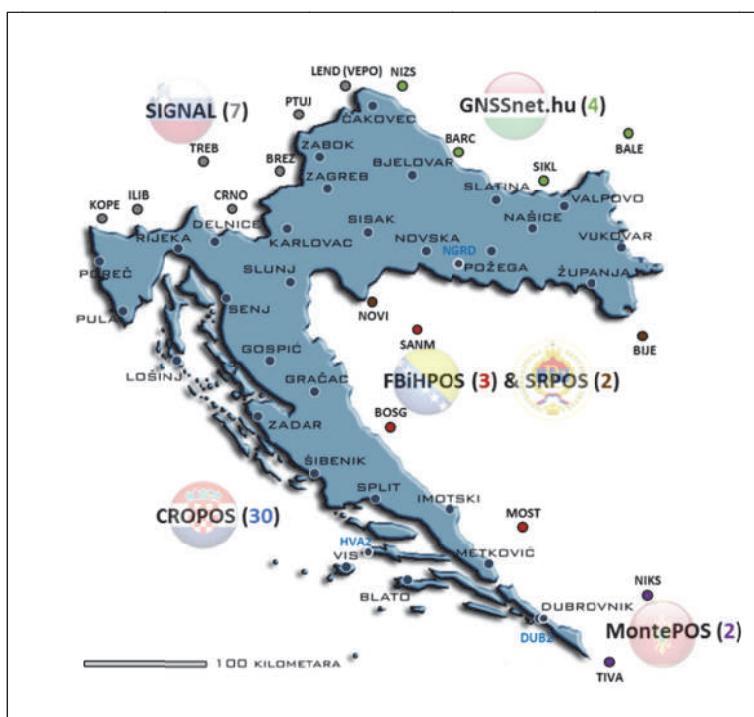
Dr. sc. Marko Pavasović¹, Dr. sc. Marijan Marjanović², Prof. dr. sc. Tomislav Bašić¹

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska, marko.pavasovic@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska, tomislav.basic@geof.hr

²Državna geodetska uprava, Gruška 20, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska
marijan.marjanovic@dgu.hr

Sažetak. U studenom 2007. godine, predstavnici Delegacije Europske unije u Zagrebu, Ministarstvo financija Republike Hrvatske (MIFIN) i izvoditelj radova tvrtka *Trimble Europe* potpisuju ugovor o realizaciji nacionalnog pozicijskog sustava Republike Hrvatske s osiguranim finansijskim sredstvima iz PHARE-2005 programa Europske unije (75%) te državnog proračuna Republike Hrvatske (25%) (Marjanović i dr., 2009). Državna geodetska uprava (DGU) 9. prosinca 2008. godine pušta u službenu uporabu Hrvatski pozicijski sustav - CROPOS (engl. *CRoatiAN Positioning System*), mrežu od 30 referentnih GNSS CORS-ova (engl. *Continuously Operating Reference Station*) (slika 1), ravnomjerno raspoređenih teritorijem Republike Hrvatske na međusobnoj udaljenosti od oko 70 km.



Slika 1: CROPOS i susjedni pozicijski sustavi

Sustav je operabilan 365 dana u godini, 7 dana u tjednu, 24 sata dnevno te omogućuje korisniku pozicioniranje u realnom vremenu u obliku diferencijalnog pozicijskog servisa (DPS) i visokopreciznog pozicijskog servisa (VPPS) s deklariranoj točnošću od 0,3-0,5 m (DPS) odnosno 0,02 m u položajnom i 0,04 m u visinskom smislu (VPPS). Pored pozicioniranja u realnom vremenu, CROPOS omogućuje korisnicima naknadnu obradu podataka mjerjenja (engl. *Post-Processing*) u vidu usluge geodetskog preciznog pozicijskog servisa (GPPS) preuzimanjem ili generiranjem CROPOS CORS ili VRS (engl. *Virtual Reference Station*) datoteka u RINEX (engl. *Receiver INdependant EXchange*) formatu s mogućnošću ostvarivanja subcentimetarske točnosti. Referentni okvir CROPOS-a definiran je obzirom na

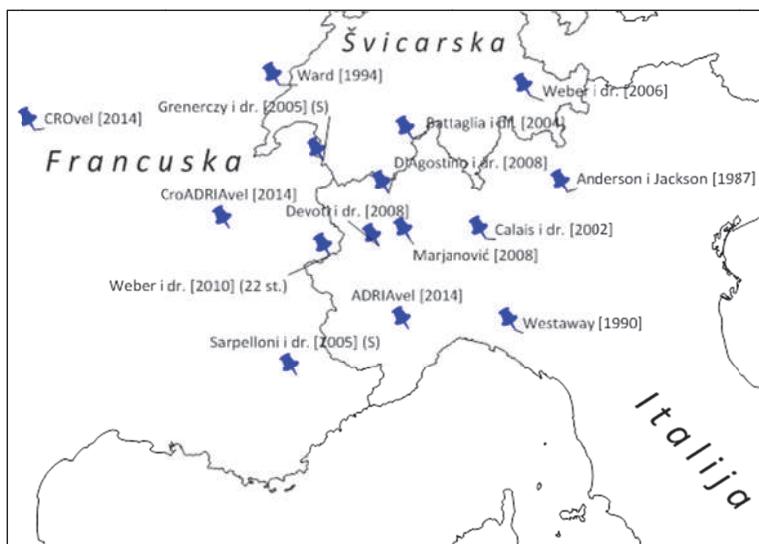
ETRF2000 (R05) naknadnom obradom podataka mjerjenja referentnih GNSS stanica u ITRF2005 za 24 satne sesije u GPS tjednu 1503 za epohu 2008,83 sa srednjim standardnim odstupanjem koordinata referentnih stanica od 1,2 mm u smjeru S-J (po geodetskoj širini), 1,1 mm u smjeru I-Z (po geodetskoj dužini) te 3,4 mm po elipsoidnoj visini (Marjanović, 2008; Marjanović i dr., 2009). U lipnju 2009. godine na 1. CROPOS konferenciji održanoj u Zagrebu (8.-9. lipnja 2009.) potpisani je sporazum između Državne geodetske uprave, Geodetske uprave Republike Slovenije, Mađarskog Instituta za geodeziju, kartografiju i daljinska istraživanja (FÖMI) i Uprave za nekretnine Vlade Republike Crne Gore o razmjeni podataka pograničnih referentnih stanica pozicijskih sustava CROPOS-a, SIGNAL-a, GNSSnet.hu-a i MontePOS-a.

Ovim sporazumom je CROPOS nadopunjena s još 13 referentnih GNSS stanica i to (slika 1): 7 SIGNAL stanica - Koper (KOPE), Ilirska Bistrica (ILIB), Trebnje (TREB), Črnomelj (CRNO), Brežice (BREZ), Ptuj (PTUJ) i Velika Polana/Lendava (VELP/LEND), 4 stanice GNSSnet.hu mreže - Nagykanisza (NIZS), Barcs (BARC), Siklós (SIKL) i Baja (BALE) i 2 stanice MontePOS mreže - Tivat (TIVA) i Nikšić (NIKS), što trenutno čini ukupnu brojku od 43 stanice uključene u mrežno rješenje. Uspostavom GNSS referentnih mreža u susjednoj Federaciji Bosne i Hercegovine (FBiHPOS) i Republici Srpskoj (SRPOS), Državna geodetska uprava u prosincu 2013. godine potpisuje sporazum s Federalnom upravom za geodetske i imovinsko-pravne poslove Federacije Bosne i Hercegovine i Republičkom upravom za geodetske i imovinsko-pravne poslove Republike Srpske o razmjeni podataka 5 (3+2) pograničnih GNSS stanica i to: FBiHPOS mreža - Sanski Most (SANM), Bosanko Grahovo (BOSG) i Mostar (MOST) i SRPOS mreža - Novi Grad (NOVI) i Bijeljina (BIJE). Isključenjem iz rada IGS stanice Dubrovnik (DUBI), odnosno uspostavom i puštanjem u rad nove IGS/EPN stanice Dubrovnik (DUB2) dana 13.11.2011. (GPS tjedan 1662, DOY 317), svega 22 m udaljenoj od stare lokacije te uspostavom i puštanjem u rad nove referentne stanice na otoku Hvaru (HVA2) dana 29.10.2012. (GPS tjedan 1712, DOY 303) u sklopu astronomskog Opservatorija Hvar Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Državna geodetska uprava uključila je iste u travnju 2015. godine u umreženo rješenje CROPOS-a. IGS stanica Osijek (OSJE), premještena je u Novu Gradišku (NGRD) i započela je s radom 14.07.2013. (GPS tjedan 1749, DOY 195) i također je uključena u umreženo rješenje tijekom travnja 2015. godine.

Tijekom 2011. godine Državna geodetska uprava predložila je EUREF EPN centru da se 5 CROPOS stanica (CAKO, DUB2, PORE, POZE i ZADA) uključe u EUREF EPN. Nakon razdoblja kontrole i analize podataka te zadovoljavanja kriterija definiranih u Bruyninx i dr. (2012), 16. lipnja 2013. godine navedene stanice uključene su u EUREF EPN kao *class B* stanice (Marjanović, 2013). S obzirom na dvojnost položajnih i visinskih datuma Republike Hrvatske, naslijedenog položajnog (HDKS/HR1901) i visinskog (HVRS1875), odnosno novog (službenog) položajnog (HTRS96) i visinskog (HVRS71) datuma, 2011. godine transformacijski modeli T7D (s uključenom plohom geoida HRG2009) (Bašić, 2009) i HTMV08 v.1 (Rožić, 2009) (implementirani u računalni program „T7D“), također su implementirani u CROPOS omogućavajući svojim korisnicima izmjeru u naslijedenim i novim datumima Republike Hrvatske u vidu VPPS VRS usluga: CROPOS_VRS_HTRS96 (HTRS96/ETRS89 > HTRS96/TM) i CROPOS_VRS_HDKS (HTRS96/ETRS89 > HDKS), uvažavajući 1 na 1 reverzibilnost transformacije između naslijedenih i novih datuma, T7D transformacijskim modelom (Marjanović i dr., 2009).

Kvaliteta nekog pozicijskog sustava mjerljiva je kvalitetom pružanja usluga njegovim korisnicima, koja se prvenstveno manifestira kroz osnovni preduvjet - stabilnost referentnog koordinatnog okvira realiziranog CORS-ovima samog pozicijskog sustava. Na temelju kombinacije 1741 dnevнog rješenja za vremenski period rada CROPOS-a i pozicijskih sustava susjednih zemalja (s kojima Republika Hrvatska ima sporazum o razmjeni podataka) od 16. studenog 2008. do 30. rujna 2013. godine, odnosno 4,87 godina, izračunano je prvo kombinirano rješenje koordinata 51 permanentne GNSS stanice u odnosu na aktualnu ITRF2008 realizaciju za srednju epohu mjerjenja 2011,31 (Pavasović, 2014). Usporedba

koordinata 30 prvobitnih referentnih stаница CROPOS мреже израчунатих у Marjanović (2008) (ETRF2000 (R05) e2008,83), односно координата добivenih првим и до сада јединим изједнаčењем, које су унесене у сам sustав и координата добivenih комбинираним рješenjem у овом раду (ETRF2000 (R08) e2011,31) ukazuju на постојаност дугoperiodичне стабилности referentnog координatnog okvira reprezentiranog referentnim GNSS stanicama CROPOS mreže sa subcentimetarskim razlikama koordinata po svim komponentама (N, E, U) (Pavasović, 2014). Оcjena тоčnosti pojedine komponente koordinata (N, E, U) комбинираног rješenja ne prelazi granicu од 5 mm postavljenu као standard за položajne тоčности geodetske osnove I. reda, којој припада CROPOS, propisanoj *Pravilnikom o načinu izvođenju osnovnih geodetskih radova Državne geodetske uprave*. Комбинирано rješenje CROPOS-a за период од 4,87 година у kinematičkom smislu rezultirao је dvama kinematičким modelima: relativnim kinematičким modelom Jadranske tektonske ploče - *CROvel* (slika 2) te absolutним kinematičким modelom područja istraživanja као дијела Евроазијске текtonske ploče - *CRO-2014*. (Pavasović, 2014) Координате Eulerovog пола Jadranske tektonske mikroploče relativног kinematičког modela *CROvel* не указују на suglasje s координатама добивеним у досадашњим modelima što je direktna posljedica relativног kratkог vremenskog okvira за koji је kinematički model izračunan kao i geometrijom mreže CORS-ова. Аbsolute亲ematički model CRO-2014 указује на добру подударност s globalnim kinematičким modelima, poseбice s NNR-NUVEL-1A i APKIM2000 modelima ali i добру подударност s absolutним kinematičким modelima MODEL-2008 (Marjanović, 2008) i CRODYN-2014 (Pavasović, 2014) te по потреби također može poslužiti за računanje brzina točaka na teritoriju Republike Hrvatske.



Slika 2: Eulerovi polovi Jadranske tektonske mikroploče (Pavasović, 2014)

Literatura

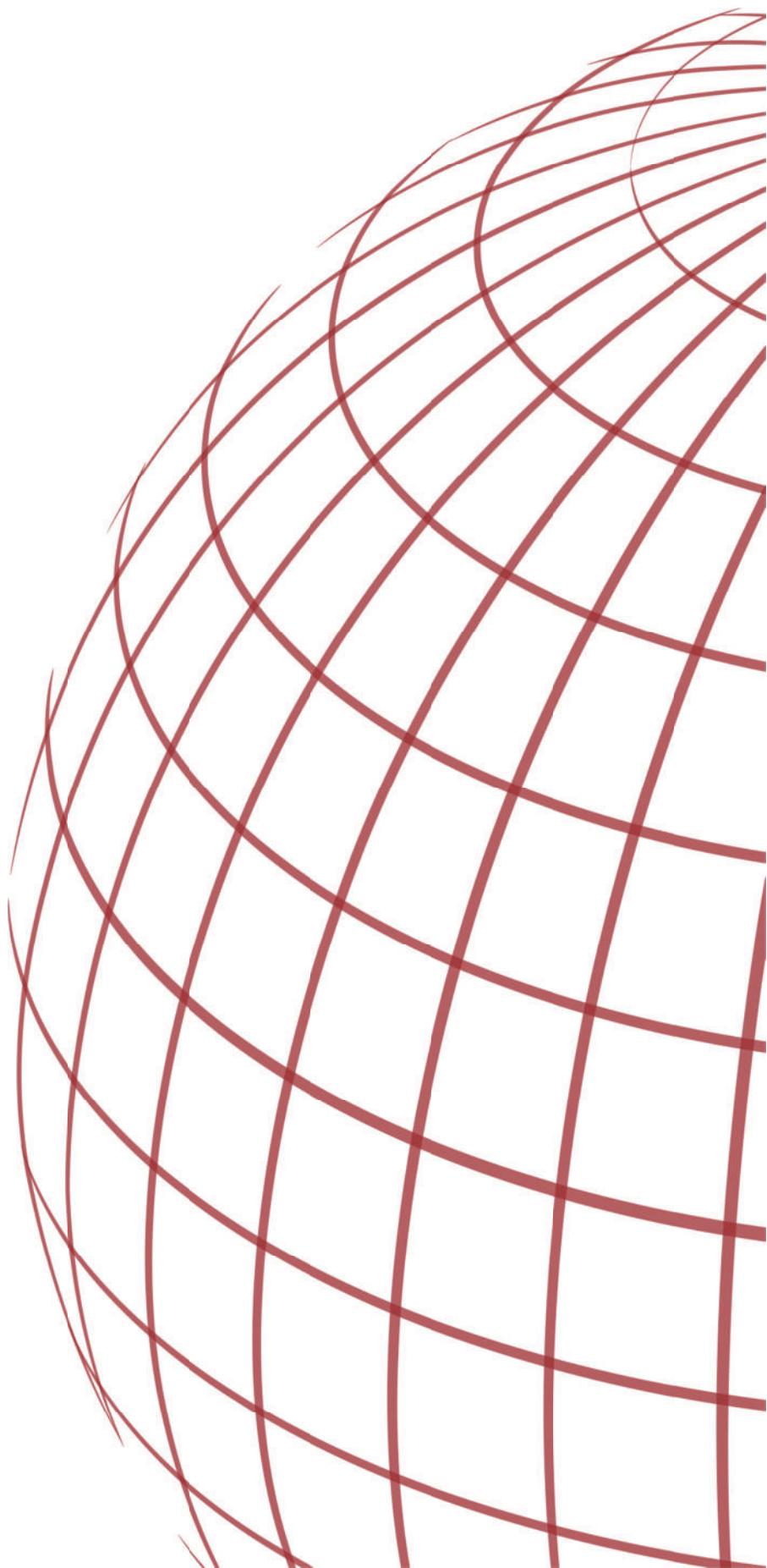
- Bašić, T. (2009): Novi model geoida Republike Hrvatske i poboljšanje T7D modela transformacije. Elaborat za Državnu geodetsku upravu Republike Hrvatske, str. 1-68, Zagreb.
- Bruyninx, C., Altamimi, Z., Caporali, A., Kenyeres, A., Lidberg, M., Stangl, G., Torres, J. A. (2012): Guidelines for EUREF Densifications. IAG sub-commission for the European Reference Frame - EUREF. Version 4 (13.06.2012.)
- Marjanović, M. (2013): CROPOS - status i razvoj sustava. Zbornik radova 3. CROPOS konferencije, Opatija, 24. - 25. listopada 2013. Marjanović, M., Bašić, T. (ur.). Zagreb: Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu Geodetski fakultet, Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije. pp. 16-20.

Marjanović, M., Miletić, I., Vičić, V. (2009): CROPOS - prvih šest mjeseci rada sustava. Zbornik radova 1. CROPOS konferencije, 8. - 9. lipnja 2009. Marjanović, Marijan (ur.). Zagreb: Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Hrvatsko geodetsko društvo. pp. 15-21.

Marjanović, M. (2008): Primjena GPS mjerjenja za određivanje horizontalnih i vertikalnih pomaka Jadranske mikroploče. Doktorska disertacija. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Pavasović, M. (2014): CROPOS kao Hrvatski terestrički referentni okvir i njegova primjena u geodinamičkim istraživanjima. Doktorska disertacija. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Rožić, N. (2009): Hrvatski transformacijski model visina - HTMV08-v.1. Izvješća Državne geodetske uprave o znanstveno-stručnim projektima 2006.-2008. godine. Urednik: Bosiljevac, M. str., 23-46, Zagreb.



Permanentne GNSS mreže i servisi

CROPOS - status i razvoj sustava

Martina Ciprijan, Marijan Marjanović, Margareta Premužić

Status of GNSS network SIGNAL

Niko Fabiani, Katja Bajec

Ispitivanje kvalitete virtualnih RINEX podataka CROPOS-a

Margareta Premužić Ivan Malović Marijan Marjanović

Upotreba bespilotnih letjelica u CROPOS-u

Duro Zalović, Verica Zalović, Diana Bećirević

CROPOS - status i razvoj sustava

Stručni rad

Martina Ciprijan¹, Marijan Marjanović¹, Margareta Premužić¹

¹Državna geodetska uprava, Gruška 20, 10000 Zagreb, martina.ciprijan@dgu.hr

¹Državna geodetska uprava, Gruška 20, 10000 Zagreb, marijan.marjanovic@dgu.hr

¹Državna geodetska uprava, Gruška 20, 10000 Zagreb, margareta.premuzic@dgu.hr

Sažetak. Državna geodetska uprava uspostavila je pozicijski sustav CROPOS 2008. godine te od tada na zahtjev registrirala 700 tvrtki i dodjelila preko 1600 licenci za korištenje istog. Od dana puštanja u službenu upotrebu sustav se konstantno nadograđuje i održava. Ulaže se u programsku i računalnu opremu te u edukaciju. Rezultat stalnog praćenja rada sustava i vođenja brige o sustavu je osiguranje dostupnosti sustava koja je od uspostavljanja sustava do danas veća od 99,9%. Kako bi se postigla bolja pouzdanost pozicioniranja i pokrivenost graničnog područja Republike Hrvatske, u umreženo rješenje i računanje korekcijskih parametara uključeno je, na temelju potpisanih sporazuma o razmjeni podataka, i 18 pograničnih referentnih stanica. Podatci se razmjenjuju s Republikom Slovenijom, Mađarskom, Republikom Crnom Gorom te Bosnom i Hercegovinom. Stoga CROPOS trenutno broji ukupno 51 referentnu stanicu u umreženom rješenju i računanju korekcijskih parametara. Državna geodetska uprava također ostvaruje uspješnu suradnju s EUREF zajednicom te između ostalih aktivnosti svakodnevno šalje podatke pet hrvatskih referentnih stanica u EPN centre u Grazu i Frankfurtu. U 2015. godini planira se zamjena računalne opreme u kontrolnom centru te nadogradnja programske kako bi se mogli pratiti novi trendovi te osigurati i dalje visoka pouzdanost ovog sustava.

Ključne riječi: CROPOS, EUREF/EPN, nadogradnja sustava, razmjena podataka.

1. Razvoj CROPOS sustava

CROPOS (Hrvatski pozicijski sustav) je državna mreža referentnih GNSS stanica Republike Hrvatske. Sustav čine 33 stanice na međusobnoj udaljenosti od otprilike 70 km raspoređenih tako da prekrivaju cijelo područje Republike Hrvatske te kontrolni centar smješten u Središnjem uredu Državne geodetske uprave. Osnovna svrha sustava CROPOS je omogućiti određivanje koordinata točaka na cijelom području države s istom točnošću korištenjem efikasnih metoda mjerena.

Sustav je uspostavljen 2008. godine, a danas ga koristi gotovo 700 tvrtki. Na raspolaganju su tri usluge koje se razlikuju po metodi rješenja, točnosti, načinu prijenosa podataka i formatu podataka (Marjanović, 2013):

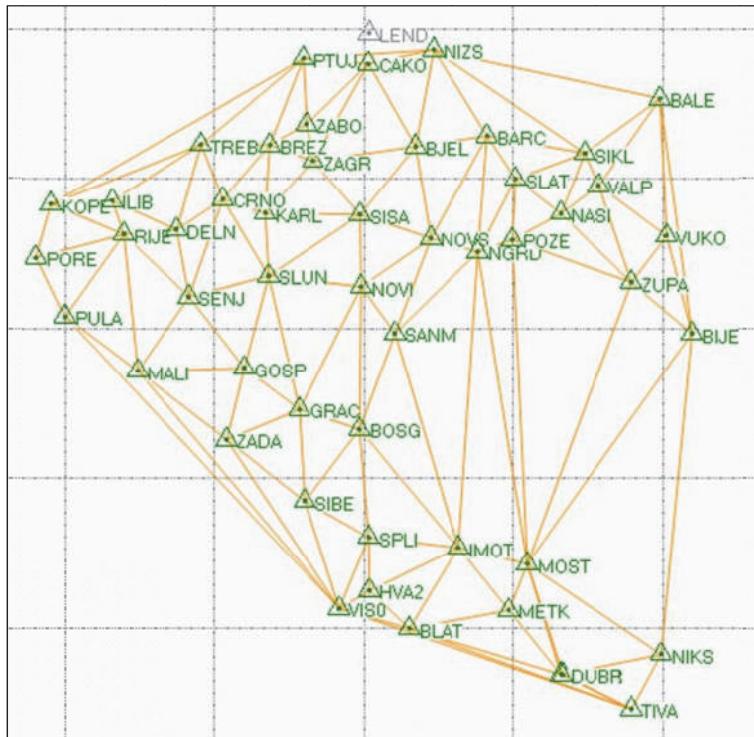
- DPS – diferencijalni pozicijski servis u realnom vremenu,
- VPPS – visokoprecizni pozicijski servis u realnom vremenu,
- GPPS – geodetski precizni pozicijski servis.

Valja napomenuti i dvije transformacijske usluge koje su uvedene 2011. godine, a omogućavaju određivanje položajnih koordinata u realnom vremenu u „starom“ koordinatnom sustavu Republike Hrvatske (HDKS) i u službenom referentnom položajnom sustavu (HTRS96) te određivanje nadmorskih visina u „starom“ visinskom sustavu (Trst) i službenom referentnom visinskom sustavu (HVRS71):

- VRS_HTRS96
- VRS_HDKS.

Dana 4. ožujka 2015. u računanje mrežnog rješenja CROPOS sustava uključene su tri nove hrvatske stanice (Nova Gradiška – NGRD, Hvar – HVA2, Dubrovnik-Srđ – DUB2), tri stanice iz mreže FBiHPOS (SAMN, BOSG, MOST) i dvije iz mreže SRPOS (NOVI, BIJE). Time je osigurana pokrivenost rubnih područja koju zbog terenskih i infrastrukturnih

(ne)mogućnosti sama mreža CROPOS nije mogla ostvariti. Trenutno je u mrežno rješenje uključena ukupno 51 stanica (slika 1). Dakle, uz 33 hrvatske stanice, u ovu brojku ulazi 7 slovenskih, 4 mađarske, 2 crnogorske te 3 stanice mreže FBiHPOS i 2 stanice mreže SRPOS (tablica 1). Republika Hrvatska sa spomenutim mrežama razmjenjuje podatke referentnih GNSS stanica na temelju sporazuma sklopljenih između nadležnih institucija, a sve kako bi se osigurali pouzdani uvjeti mjerenja na graničnim područjima te ostvarila veća pouzdanost sustava.



Slika 1: GNSS stanice uključene u računanje mrežnog rješenja

Tablica 1: Broj referentnih stanica uključenih u CROPOS sustav

| GNSS mreža | Broj stanica |
|------------|--------------|
| CROPOS | 33 |
| SIGNAL | 7 |
| GNSSnet.hu | 4 |
| MontePOS | 2 |
| FBiHPOS | 3 |
| SRPOS | 2 |
| Ukupno | 51 |

2. EPN

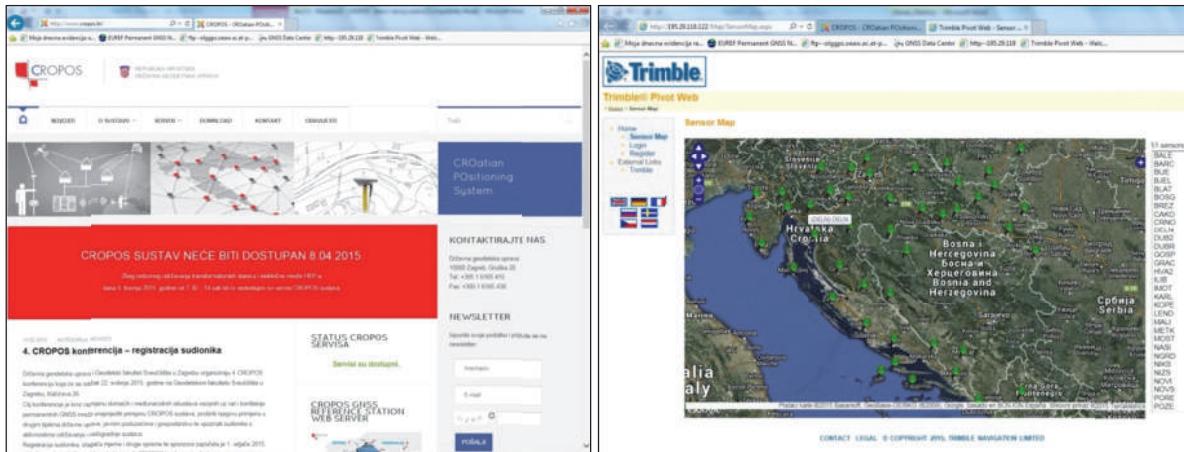
EPN (engl. *EUREF Permanent Network*) je europska mreža permanentnih GNSS stanica (slika 2). Pet stanica CROPOS sustava uključeno je u spomenuto mrežu od 2013. godine, te se podatci s njih svakodnevno šalju u EPN centre u Grazu i Frankfurtu. To su GNSS stanice: Čakovec (CAKO), Dubrovnik (DUB2), Poreč (PORE), Požega (POZE) i Zadar (ZADA). U EPN centre šalju se svakog sata RINEX datoteke prikupljene na stanicama. U centrima se provjerava kvaliteta kao i cjelovitost podataka. Prema statistikama EPN-a podatci s hrvatskih stanica u potpunosti zadovoljavaju zadane kriterije ove mreže (URL 1).



Slika 2: Stanice EPN mreže

3. Nova internet stranica www.cropos.hr

U ožujku 2015. internet stranica www.cropos.hr dobila je novi dizajn (URL 2). Nova stranica preglednija je i informativnija. Na njoj se nalaze, između ostalog, važne ažurne obavijesti o radu i dostupnosti sustava te je na taj način korisnicima omogućena provjera stanja sustava prije odlaska na teren, a kako je prilagođena i korištenju na smartphonima i tabletima, moguća je jednostavna provjera dostupnosti sustava i na terenu. Kratkim pregledom karte na stranici, korisnik također ima uvid i u rad svake pojedinačne stanice (slika 3).

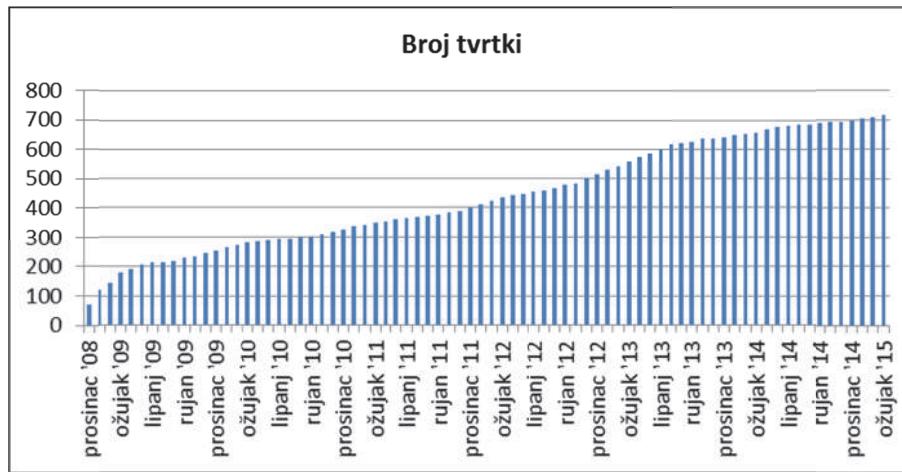


Slika 3: Izgled nove internet stranice i Trimble web aplikacije

Korisnicima je također dostupan i kontakt obrazac kao i e-mail adresa za sva pitanja vezana uz CROPOS sustav, kao i mogućnost dobivanja newslettera.

4. Statistika CROPOS sustava

Broj korisnika od 2008. godine, otkad je CROPOS sustav dostupan javnosti, bitno je narastao. Do kraja mjeseca ožujka 2015. godine registrirane su 692 tvrtke. Na slici 4 prikazan je rast broja registriranih korisnika CROPOS sustava od prosinca 2008. pa do ožujka 2015. godine.

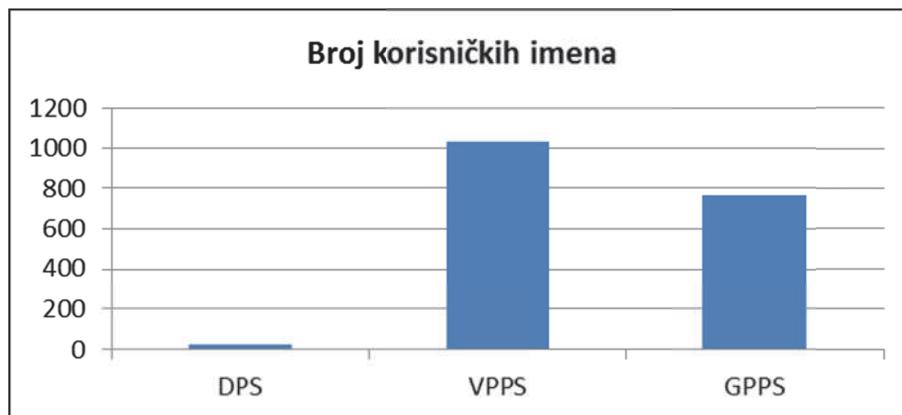


Slika 4: Broj registriranih tvrtki od početka rada sustava

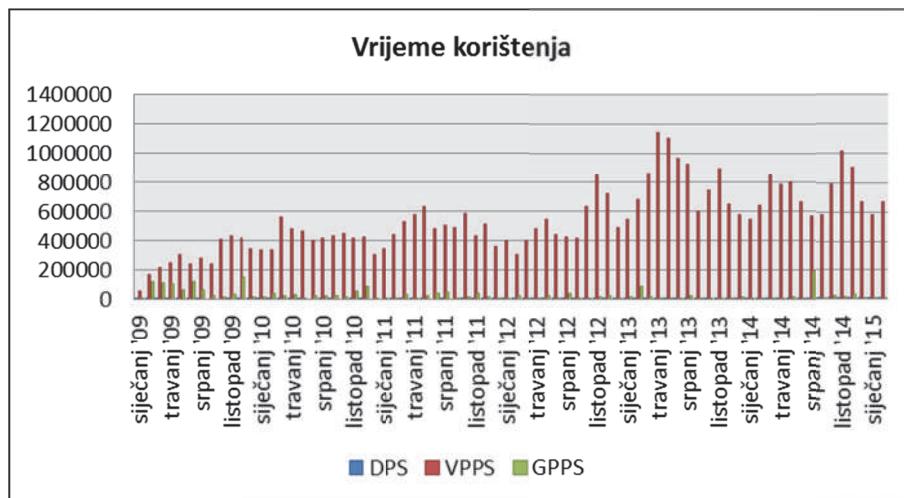
Usluga za koju je zatraženo najviše korisničkih imena je VPPS (tablica 2, slika 5). I u statistikama o vremenu korištenja pojedine usluge vidljivo je da je VPPS najzastupljenija usluga (slika 6). Također je indikativan nagli porast vremena korištenja pojedinih usluga u određenim periodima, koji su karakteristični zbog povećanja obima geodetskog posla uvjetovano zakonskim ili drugim odredbama. Tako je, na primjer, vidljiv skok u vremenu korištenja CROPOS sustava od trenutka kada je započeto s postupkom legalizacije objekata.

Tablica 2: Broj korisničkih imena po uslugama

| Usluga i model plaćanja | Broj korisničkih imena |
|-------------------------|------------------------|
| DPS | 26 |
| VPPS (min) | 510 |
| VPPS (flat) | 527 |
| GPPS | 767 |



Slika 5: Broj korisničkih imena po uslugama



Slika 6: Vrijeme korištenja pojedine usluge (u minutama)

4.1. Prihod i troškovi održavanja

Ukupni troškovi uspostavljanja CROPOS sustava bili su 11,5 milijuna kuna, a značajan dio sredstava osiguran je u okviru PHARE-2005 programa Europske unije (7,9 milijuna kuna). Samo izvedbi projekta koja je započela potpisom ugovora 28. studenog 2007. godine prethodilo je više od tri godine planiranja, priprema, izrada tehničkih specifikacija i natječajne dokumentacije što je rezultiralo uspješnim dovršetkom projekta i puštanjem sustava u službenu upotrebu 9. prosinca 2008. godine. (Marjanović, 2013.)

Korisnicima su omogućena dva modela plaćanja; godišnja pretplata i plaćanje prema vremenu korištenja. Otkad su kreirane 2008. godine, cijene se nisu mijenjale. Formirane su na način da su prihvatljive korisnicima te da prihodi budu dostatni za održavanje sustava. Održavanje se financira iz državnog proračuna, kao što se i ukupni prihodi CROPOS sustava uplaćuju u državni proračun Republike Hrvatske. U tablici 3 prikazan je odnos troškova održavanja i prihoda koje sustav ostvaruje kroz godine.

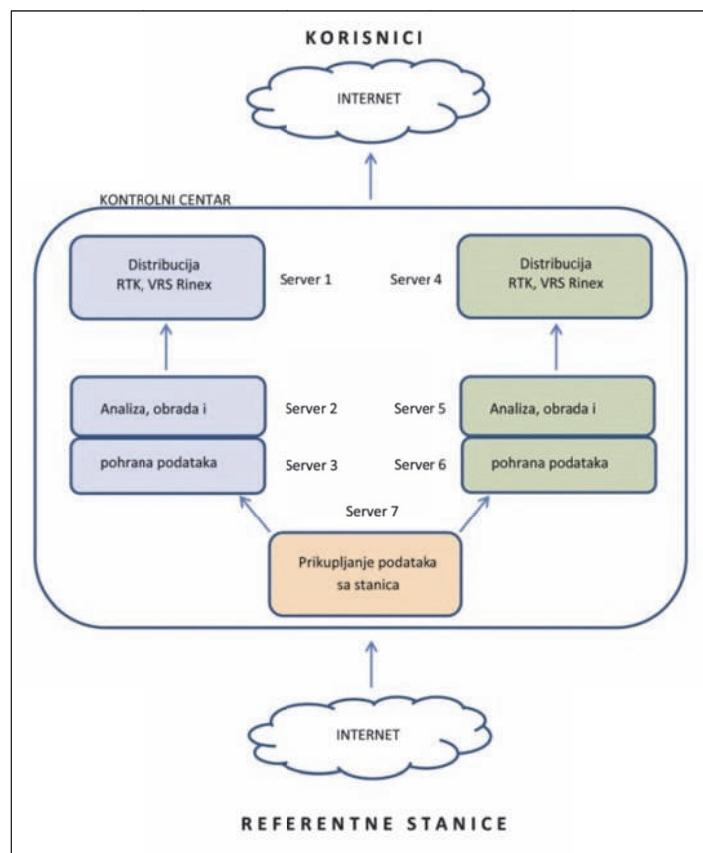
Tablica 3: Prihod i troškovi održavanja sustava

| Godina | Troškovi održavanja (milijuna kuna) | Prihod (milijuna kuna) |
|---------------------------|--|------------------------|
| 2009, | 0,5 | 1,5 |
| 2010, | 0,5 | 1,8 |
| 2011, | 0,5 | 2,0 |
| 2012, | 2,0 | 2,6 |
| 2013, | 1,2 | 2,9 |
| 2014, | 1,2 | 3,1 |
| 2015. (siječanj – ožujak) | 1,1 | 1,4 |

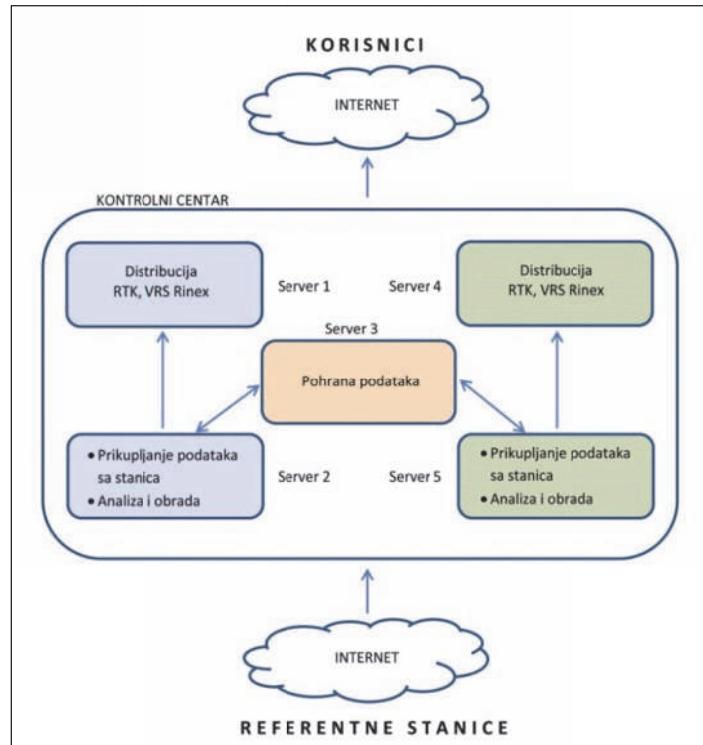
5. Planovi

Kako bi se osigurao pouzdan sustav, u njega je potrebno konstantno ulagati i održavati ga. Trenutno možemo reći da je pouzdanost sustava vrlo visoka s obzirom da je dostupnost istog, otkad je uspostavljen 99,9%. Plan Državne geodetske uprave je u sljedećem razdoblju obnoviti kontrolni centar kako bi i oprema slijedila nove programske zahtjeve koji se ovakvom sustavu nameću. Unaprjedenje kontrolnog centra je također neophodno zbog znatno većeg broja stanica uključenih u mrežno rješenje, što je opisano u prvom poglavljtu, kao i zbog znatno većeg broja korisnika nego je to bilo na početku rada sustava. Kontrolni centar trenutno je konfiguriran na sedam servera (slika 7) na kojima se odvija prikupljanje

podataka, njihova obrada i analiza, pohranjivanje, slanje korekcija, te pružanje ostalih potrebnih podataka korisnicima.



Slika 7: Kontrolni centar – sedam servera



Slika 8: Kontrolni centar – pet servera

S obzirom da nove verzije upravljačkih programa omogućuju postavljanje većeg broja modula na manjem broju servera, tendencija je smanjenje broja servera sa sedam na pet. Kako je za nabavu ovakve opreme potrebno uložiti značajna sredstva, smanjenjem broja servera smanjuju se troškovi same nabave, ali i održavanja ovakvog sustava. Shematski prikaz kontrolnog centra konfiguiriranog na pet servera prikazan je na slici 8, pri čemu serveri 4 i 5 čine cjeloviti backup sustav.

5.1. Funkcionalnosti nove verzije upravljačkog programa

Postojeće programsko rješenje kontrolnog centra CROPOS-a je Trimble Pivot Platform (TPP) verzija 2.1 (Trimble, 2012). Nadogradnja na zadnju verziju 3.5 planirana je za ovu godinu kada bi se trebalo preći na servere s boljim performansama i novijim operativnim sustavima koji podržavaju ovu verziju. Novo rješenje TPP 3.5 razvijeno je na .NET platformi koja podržava najnovije operativne sustave sa servisno-orientiranim arhitekturom (Trimble, 2014). Baza podataka i dalje se temelji na Microsoft SQL rješenju, dok su performanse DB servera poboljšane u svrhu rada s redundantnim sustavima odnosno sesijama. Najvažnija novost Trimble Pivot Platforme je korištenje poboljšanih algoritama mrežnog procesiranja za VRS tehnologiju, kao i mogućnost kreiranja mrežnih korekcija za FKP i MAC metode, uz klasičnu RTK SB opciju.

Nova verzija omogućava i praćenje novo razvijenih RTCM formata, podržane su nove RTCM 3.x poruke kao i RTCM 3.2 MSM (engl. *Multi-Signal Message*) i nove transformacijske poruke. Novi TPP 3.5 ima unaprijeđeni algoritam za smanjivanje utjecaja ionosferske aktivnosti, uz primjenu novo razvijenih ionosferskih i troposferskih modela. Također su razvijeni i novi multipath modeli za potrebe analize okoline stajališta. Uz standardne I95, IRIM i GRIM vrijednosti, dostupni su i atmosferski i ionosferski moduli u svrhu bolje procjene ionosferske i troposferske pogreške (TEC i IPWV vrijednosti) te praćenja aktivnosti ionosfere.

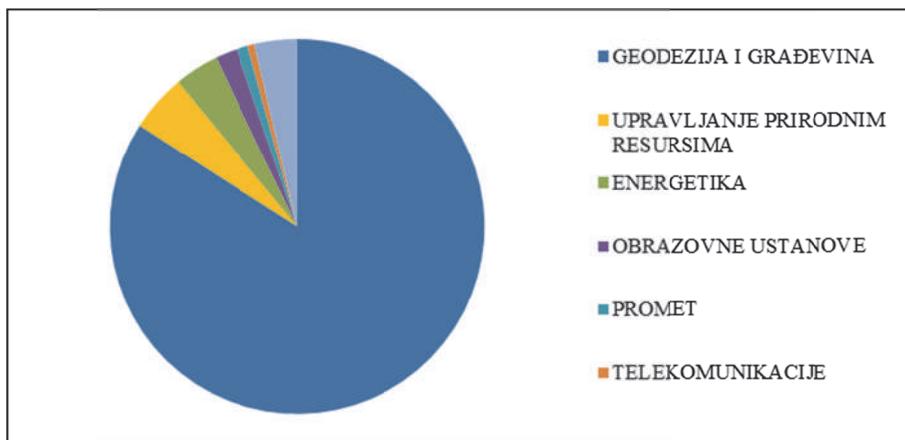
Nove mogućnosti vezane su i za uključivanje, odnosno isključivanje pojedinih stanica mreže ako stanica ima komunikacijskih problema (gubitak veze, kašnjenje), a koja stoga može imati negativan utjecaj na mrežnu obradu i aplikacije u realnom vremenu. RTO Net modul uvodi dodatne mogućnosti kontrole stanica koje su uključene u mrežno rješenje i kontrolu najbliže fizičke permanentne stanice za položaj rovera. Mogućnost SNR filtriranja omogućava da signali sa satelita s visokim SNR (engl. *signal-to-noise-ratio*) mogu biti filtrirani pojedinačno u svrhu poboljšanog mrežnog procesiranja.

Dodatni modul je i Rover Integrity modul koji omogućava analizu performansi rovera u mreži odnosno kvalitetu određivanja položaja rovera s obzirom na primijenjene mrežne korekcije. Utvrđuje vrijeme inicijalizacije nakon restarta i kvalitetu rješenja.

Najveća novost je RTX modul koji uvodi mogućnost apsolutnog pozicioniranja u realnom vremenu u svrhu praćenja rada permanentnih stanica u mreži u realnom vremenu te RTX-PP koji omogućuje apsolutno pozicioniranje u naknadnoj obradi korištenjem Trimble RTX-PP servisa.

6. Zaključak

CROPOS je sustav koji se kroz sve godine njegovog rada konstantno nadograđuje, poboljšava i održava u svakom pogledu. Neprekidno se planira unaprjeđenje kako bi išao u korak sa zahtjevima novih tehnologija kao i zahtjevima korisnika. Broj korisnika sustava i dalje raste te je evidentno da je postao nezaobilazan alat u svakodnevnim geodetskim poslovima. Osim geodetskih, CROPOS nalazi primjenu u sve većem broju zadaća za koje je potrebno pozicioniranje u realnom vremenu s visokom točnošću (slika 9).



Slika 9: Primjena CROPOS sustava po djelatnostima

Međutim, velik je još prostor za primjenu ovog sustava kojeg treba popuniti kroz informiranje i edukaciju potencijalnih korisnika. S obzirom na širinu upotrebe CROPOS-a, obveza Državne geodetske uprave je i nadalje osiguravati dostupnost i pouzdanost sustava 24 sata na dan, sedam dana u tjednu.

Literatura

Marjanović, M. (2013): CROPOS – status i razvoj sustava, 3. CROPOS konferencija, Zbornik radova, Državna geodetska uprava, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, HKOIG, 2013.

Trimble Navigation Limited (2012): Trimble Pivot Platform GNSS Infrastructure Software Manual, ver. 2.1, SAD, 2012

Trimble Navigation Limited (2014): Trimble Pivot Platform GNSS Infrastructure Software Manual, ver. 3.1, SAD, 2014

URL 1: <http://www.epncb.oma.be> (23.04.2015.)

URL 2: <http://www.cropos.hr> (23.04.2015.)

CROPOS – Status and System Development

Abstract. State Geodetic Administration established Croatian Positioning System in 2008. Since then SGA has registered 700 companies with 1600 user names. The system has been upgraded and regularly maintained. Because of that upkeep, CROPOS has been available 99.9% of the time. In order to achieve better coverage along the Croatian border, together with 33 Croatian GNSS stations in networked solution and computation of correction parameters, 18 stations of neighboring countries Republic of Slovenia, Hungary, the Republic of Montenegro and Bosnia and Herzegovina are included on the basis of signed agreements. Also, State Geodetic Administration successfully cooperates with EUREF community and among the other activities SGA is sending data from 5 CROPOS stations to EPN centers in Graz and Frankfurt. During 2015 SGA planes to renew CROPOS Control Center in order to keep up with the new technological requirements and trends, and to insure high reliability of this system.

Keywords: CROPOS, data exchange, EUREF/EPN, system upgrade.

Status of GNSS network SIGNAL

Niko Fabiani¹, Katja Bajec¹

¹ Geodetic Institute of Slovenia, Jamova cesta 2, 10000 Ljubljana, Republic of Slovenia,
niko.fabiani@gsi.si

¹ Geodetic Institute of Slovenia, Jamova cesta 2, 10000 Ljubljana, Republic of Slovenia,
katja.bajec@gsi.si

Abstract. Ongoing development of the SIGNAL Positioning Service is presented. The paper is focused on what is new since November 2013, i.e. after the 3rd CROPOS Conference. The main topics are network improvements and upgrades and also user-access statistics.

Keywords: GNSS, SIGNAL, positioning.

1. Introduction

SIGNAL, the Slovenian permanent GNSS network, has officially come to a full operation in beginning of 2007. Since then the number of stations in the network has increased from 15 to 16 and after the initial setup works the cross-border GNSS data exchange was brought to a routine-level, extending the network SIGNAL with 12 additional stations. More to that we are pleased to realize that after some major hardware and software upgrades in the last 2 years, the availability of SIGNAL's positioning services has increased significantly.

2. The SIGNAL Positioning Service

SIGNAL - Slovenian permanent GNSS station network - is owned by the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia and operated by the Geodetic Institute of Slovenia. The network consists of 16 stations, evenly distributed throughout the country. Twelve of them support GPS and GLONASS signals, the remaining four only GPS. At the moment, 12 additional stations from the neighbouring countries are included into the network: 5 Austrian (APOS), 1 Hungarian (GNSSnet.hu) and 6 Croatian (CROPOS) stations, see Figure 1. A total of 28 stations are actively included in the current network configuration. Croatian station Zagreb can also be used if needed, as a substitution in case of trouble with some of the neighbouring stations (Medved et al., 2013).

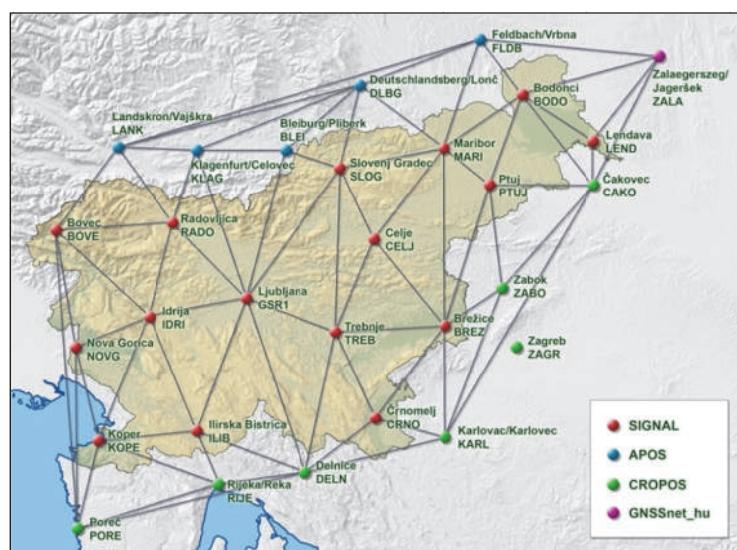


Figure 1: SIGNAL network configuration since January 2014

Stations are located mostly on buildings owned by the state or the local municipalities. Among them are a police station, a school building, a nursing home, a post office, several local offices of the Surveying and Mapping Authority and similar. The only station which is not located in a populated building, but in a tide gauge building, is the Koper station, see Figure 2.



Figure 2: tide gauge building in Koper

Currently, the final distribution of the real-time services is done by Telekom, the Slovenian leading communication services provider. Users pay fixed monthly subscription for real-time services package, which includes unlimited data transfer to and from the SIGNAL network server and unlimited calls to the SIGNAL's dial-up server. RINEX data is free of charge and available to the registered users.

3. Important Changes since late 2013

Antenna and receiver upgrades from GPS only to GNSS were made at the Ilirska Bistrica station in October 2013 and Radovljica and Ptuj stations in January 2015.

A new station was included in the network in January 2014, in Idrija, an old city known for its mercury mine and lace craft (Figure 3). The area around the city is also known for dynamic terrain and deep valleys which results in frequent obstructions of the GNSS signals. After the setup of the new station, this problem is less disturbing and in any case, the distances to the closest stations in that area were too big.



Figure 3: The Idrija GNSS station and mine

In December 2014 the previous Trimble VRS³Net software was upgraded to Trimble Pivot Platform, which was installed on a new server. The preparations for the change took more than 2 months and because of the installation process the network was completely out of operation for one day. After the software upgrade many users reported faster initialization and a better real-time services availability in general.

In April 2015 we have changed the internet provider on the sites and in the operating centre. We switched from residential VDSL connections with our own VPN equipment to an IP/MPLS virtual private network (VPN) with redundant GSM connections on the sites. We expect the connections to the stations to be more stable due to the guaranteed bandwidth, active monitoring on the provider's side and the redundant connections. The communication equipment installation and the VPN setup was underway in the last two weeks of April 2015.

4. The Latest Usage Statistics

CSD real-time connections from February 2014 to November 2014 show that in this timespan we had 319 different users connected, with 240 of them using CSD real-time services for more than 5 hours a year. In a single day up to 139 different users were connected, see Figure 4.

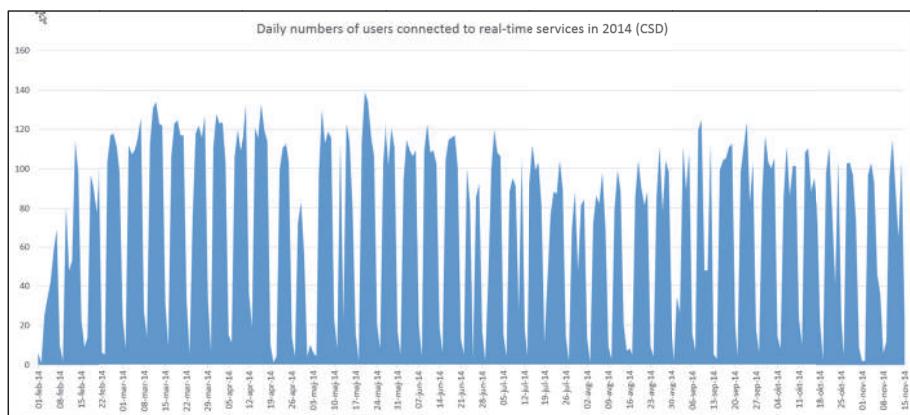


Figure 4: CSD connection statistics

Within the same period, real-time users have used mobile internet real-time access 51% of the time and CSD 49% of the time, see Table 1.

Table 1: Real-time connection method statistics

| | Hours connected | Effective hours connected | Percentage of effective hours | Percentage of hours connected |
|-------|-----------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| NTRIP | 23514 | 20455 | 0,87 | 0,51 |
| CSD | 20560 | 19375 | 0,94 | 0,49 |
| Sum | 44074 | 39830 | 0,9 | |

In terms of services, users have used VRS services 91.8% of the time, RTK single station 8.1% and DGPS 0,03%, see Table 2.

Table 2: Real time services statistics

| Real time service | Hours | Percentage |
|--------------------|-------|------------|
| DGPS | 15 | 0,03% |
| RTK single station | 3590 | 8,1% |
| VRS, MAC | 40467 | 91,8% |

When using RTK single station, the most used is Ljubljana (GSR1) which is expected, since it is in the middle of the most populated area in the country, see Figure 5.

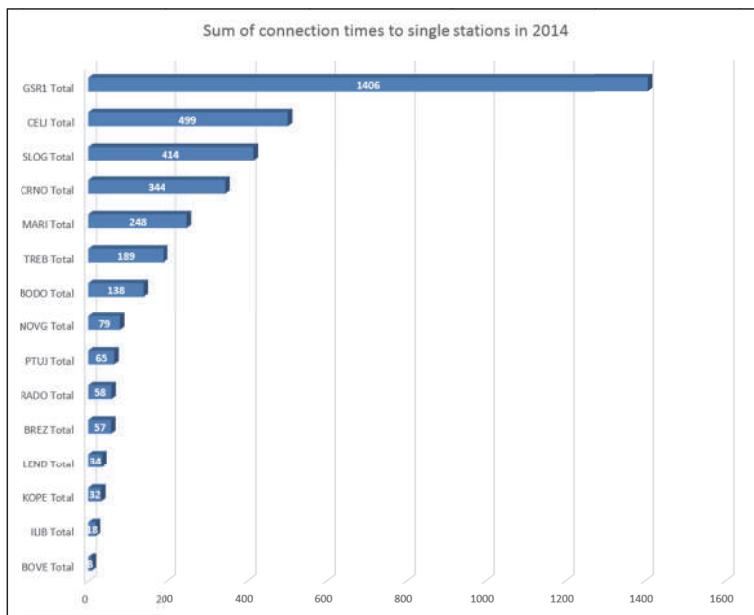


Figure 5: CORS real-time statistics

RINEX users come from different fields of work. Most of the RINEX data downloaded from the SIGNAL webserver was used by foreign research institutes, surveying companies, research and educational institutions see Figure 6

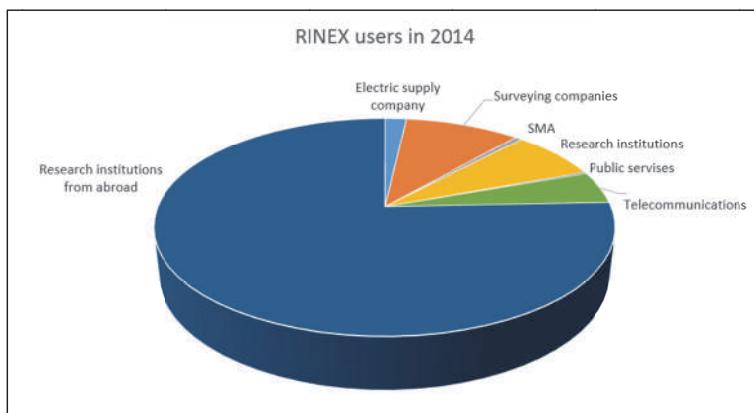


Figure 6: RINEX user statistics

5. Future plans

In the near future, we are providing real-time services in additional formats and setting up a backup system for potential failure of the main servers.

We are also analysing real-time data access, which is currently possible with mobile internet or dialup (CSD) connection. We are aware CSD is a technology in a fast decline and that in some countries (Austria, Croatia) it is being abandoned, some hadn't provided that option from the start (Hungary), while other countries (Germany) still do. At the moment almost half of the real-time data transfers goes through CSD connection.

6. Conclusions

From the last presentation on 3rd CROPOS conference the biggest changes in SIGNAL network were upgrade of the controlling software, a new station in Idrija and upgrade of the communication lines to the permanent stations. The number of active users has been app. 250, not changing much for the last 3 years.

References

Medved, K., Berk, S., Bajec, K. (2013): Recent Developements of Spatial Reference System in Slovenia, 3. CROPOS konferencija, Zagreb, Croatia, 24-25 June 2013, Zbornik radova, pp. 57-62.

Bajec, K., Fabiani, N., Berk, S., Barborič, B. (2012): SIGNAL GPS Service Annual Report (in Slovene). Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana.

Berk, S., Bajec, S., Kozmus Trajkovski, K., Stopar, B. (2011a): Status of the SIGNAL Positioning Service and Transformation between the Local and ETRS89 Coordinates in Slovenia, 2. CROPOS konferencija, Zagreb, Croatia, 8 April 2011, Zbornik radova, pp. 73-82

Radovan, D., Medved, K. (2009): SIGNAL - Slovenian permanent GNSS stations network. 1. CROPOS konferencija. Zagreb, Croatia, 8-9 June 2009. Zbornik radova, pp. 29-40

Ispitivanje kvalitete virtualnih RINEX podataka CROPOS-a

Prethodno priopćenje

Margareta Premužić¹ Ivan Malović¹ Marijan Marjanović¹

¹Državna geodetska uprava, Gruška 20, 10000 Zagreb, margareta.premuzic@dgu.hr

¹Državna geodetska uprava, Gruška 20, 10000 Zagreb, ivan.malovic@dgu.hr

¹Državna geodetska uprava, Gruška 20, 10000 Zagreb, marijan.marjanovic@dgu.hr

Sažetak. Osim u urbanim sredinama CROPOS je, kao efikasan i pouzdan pozicijski sustav Republike Hrvatske, našao primjenu i u ruralnim područjima te na Jadranu. Na tim područjima ne može se uvijek računati na dostupnost GPRS signala, a udaljenosti između permanentnih stаницa su veće, stoga se radi poboljšane točnosti kod zahtjevnih radova koristi statička metoda mjerenja korištenjem VRS RINEX podataka CROPOS-a. Iako se radi o geodetskom preciznom servisu pozicioniranju (GPPS metoda) postavlja se pitanje u kojim slučajevima virtualne RINEX datoteke mogu zadovoljiti točnosti, koje se postižu originalnim RINEX datotekama, a budući da je Pravilnikom o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova propisani interval opažanja korištenjem VRS RINEX podataka 15 minuta. U radu je obrađena mreža stalnih točaka K.O. Kijevo, koja se nalazi blizu graničnog područja Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine (veće udaljenosti između referentnih stаницa) te je analiza rezultata obrade obavljena korištenjem različitih duljina opažanja i duljina baznih linija. Ukupni period opažanja bio je 2 h 15 min, a analizom koordinata dobivene su maksimalne razlike između 15 minutnih intervala i do 17 cm po visini i smjeru sjevera. Također, napravljena je analiza mogućnosti korištenja VRS RINEX podataka kod kinematičke obrade podataka s osvrtom na različite periode opažanja i intervale registracije podataka.

Ključne riječi: CROPOS, VRS RINEX, interpolacija.

1. Uvod

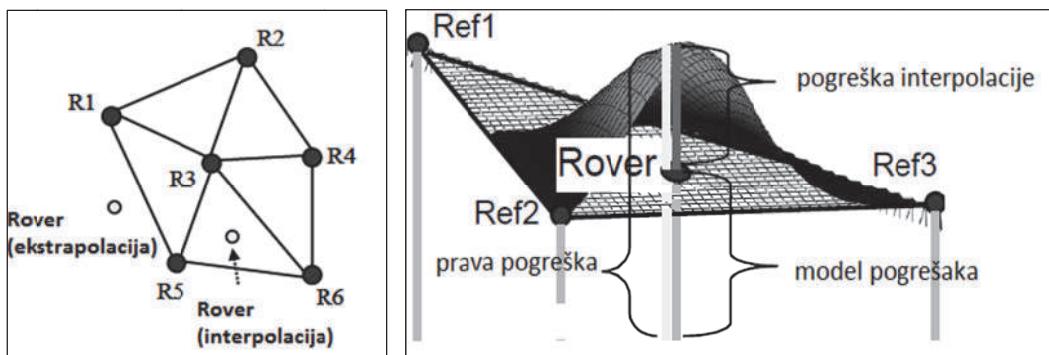
Primjenom CROPOS-a omogućeno je visoko precizno pozicioniranje korištenjem virtualnih referentnih stаницa (VRS) u realnom vremenu i naknadnoj obradi, gdje se korekcije za prostorne pogreške modeliraju na mrežnom serveru. Mogućnost modeliranja pogrešaka ovisi o udaljenosti između referentnih stаницa i trenutnom stanju atmosfere. Pogreške GNSS mjerenja prostorno su korelirane, stoga kvaliteta utvrđivanja pogrešaka opada kao funkcija udaljenosti između referentnih stаницa mreže. U CROPOS-u se koristi programsko rješenje *Trimble Pivot Platform* (TPP) 2.1. u svrhu modeliranja korekcija. Troposferski i ionosferski modeli u TPP-u računaju troposferske i ionosferske korekcije za svaku referentnu stanicu. Parametri tih modela odaslanji su sa svakim blokom podataka od mrežnog procesora, odnosno u realnom vremenu u korisnički prijemnik, dok u svrhu naknadne obrade podataka TPP računa i spremi izračunate mrežne korekcije u satne datoteke Trimble .npr formata koje sadrže ionosferske i troposferske korekcije za sve stанице i satelite (Trimble Navigation Limited, 2012).

2. Interpolacija pogrešaka virtualnih referentnih stаницa

U svrhu korištenja VRS tehnologije, koja omogućava kratke periode opažanja odnosno opažanja u realnom vremenu, uspostavljena je mreža permanentnih stаницa CROPOS s približnim udaljenostima između stаницa od 70 km. Umrežavanjem sa susjednim zemljama omogućeno je kvalitetno korištenje VRS tehnologije i u rubnim područjima Republike Hrvatske. Ipak s obzirom na konfiguraciju države oko 25% baznih linija između permanentnih stаницa prelaze propisane udaljenosti od 70 km, a od tog postotka 15% prelazi vrijednost od

100 km. Također, ukoliko jedna od stаница nije aktivna, udaljenosti među stanicama se povećavaju, a time se smanjuje i kvaliteta mrežnih korekcija.

Koristeći mrežu permanentnih stаница u kontrolnom centru se modeliraju pogreške ovisne o udaljenosti (ionosferska i troposferska refrakcija) te je izrađen model mreže koji uključuje sve stанице. U koraku, koji se odnosi na kreiranje virtualne referentne stанице, odnosno interpoliranje korekcija za položaj korisničkog prijemnika, uz mrežni model za interpolaciju se koristi i linerani dvodimenzionalni model. U svrhu opisivanja pogrešaka, model je određen plohom s dva parametra: inklinacijom u dva definirana smjera (sjever-jug i istok-zapad). Korekcijski model je izračunat za svaki satelit i stanicu, a računanja se obavljaju u intervalu od 1 s. Za utvrđivanje mrežnih korekcija potrebna su simultana opažanja prema barem 5 satelita s najmanje 3 stanicama. S 4 i više stanicama najbolja ploha je određena izjednačenjem po metodi najmanjih kvadrata i stoga su stajališta ovisne pogreške (npr. multipath) smanjene osrednjavanjem. Optimalno je u TPP programu korištenje 5-6 permanentnih stаница u svrhu dobivanja redundantnosti i boljeg modeliranja ionosferske IRIM (engl. *Ionospheric Residual Integrity Monitoring*) i geometrijske GRIM (engl. *Geometric Residual Integrity Monitoring*) vrijednosti, koje služe za otklanjanje pogrešaka ovisnih o udaljenosti. Ionosferske pogreške moraju biti modelirane posebno za svaki satelit, dok troposferske korekcije mogu biti određene po stanicama. Također, ionosferske korekcije trebaju biti odaslane češće (svakih 10 s), a područje modeliranja treba biti manje (dovoljne su tri okolne referentne stанице). S druge strane troposferske pogreške mogu biti odaslane u 60 s intervalu i bolje su modelirane kada je veći broj referentnih stаница korišten (Vollath i dr., 2000).



Slika 1: Interpolacija i ekstrapolacija VRS-a i linearna interpolacijska pogreška

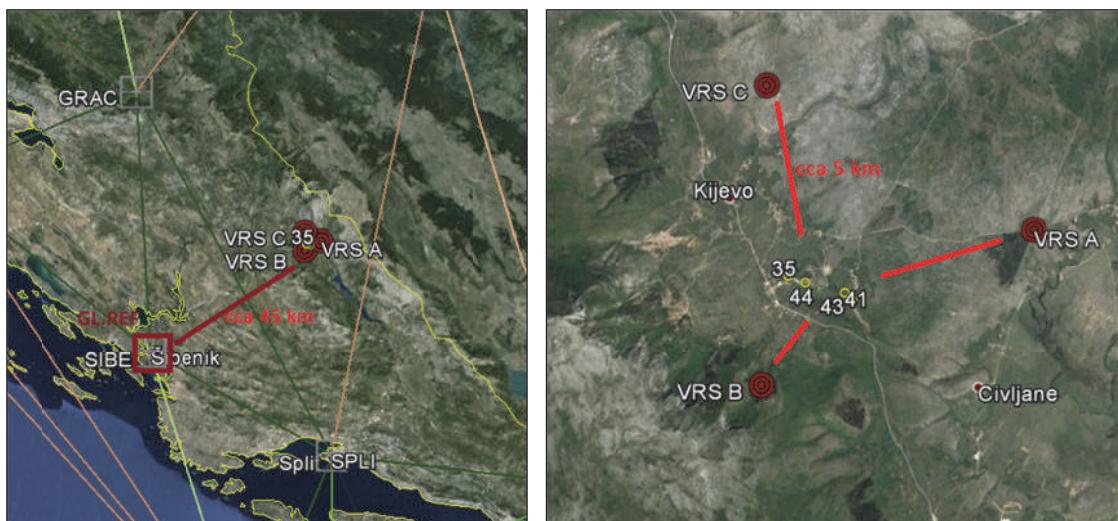
Stанице su povezane mrežom trokuta, a za određivanje korekcija za VRS izabran je trokut koji sadrži položaj prijemnika. U nekim slučajevima položaj VRS-a je ekstrapoliran izvan trokuta koristeći istu metodu računanja (slika 1). Ako je položaj prijemnika izvan trokuta kojeg čine tri referentne stанице (ili više), a koje su korištene za računanje korekcijskih parametara za položaj prijemnika, povećava se pogreška određivanja položaja. Može se zaključiti da što je prijemnik udaljeniji od permanentnih stаница (za koje su utvrđene prave pogreške), kako u položajnom tako i u visinskom smislu, veća je vjerojatnost da će preostati pogreška u određivanju položaja prijemnika. Reziduali pravih pogrešaka s minimalno 3 stanicama trokuta korišteni su u svrhu izrade linearног modela pogrešaka. VRS koji se nalazi unutar (ili izvan) trokuta sadrži interpolirane (ili ekstrapolirane) pogreške, dok se prava pogreška može razlikovati od linearног modela, i može ostati vidljiva u diferencijalnom pozicioniranju prijemnik - VRS, tzv. pogreška interpolacije (slika 1) (Vollath i dr., 2000).

Procijenjene pogreške VRS interpolacije ovisne su o veličini mreže, za manje mreže (cca 50 km među stanicama) procijenjene preciznosti 2D koordinata iznose 5 cm (95% vjerojatnost), za srednje mreže (cca 100 km) preciznosti su do 10 cm te za velike mreže (cca 150 km) preciznosti su do 15 cm. Slične vrijednosti dobivene su i za visinsku komponentu s točnostima za manje / srednje / velike mreže od 6 cm / 10 cm / 25 cm (Dabovic i De Agostino, 2011). Opažanja za VRS stanicu izračunata su iz opažanja glavne referentne stанице (one najbliže prijemniku) i modela korekcija. Ovdje treba napomenuti da glavna referentna stаница ne

mora formirati trokut koji okružuje prijemnik. Bazirana na modelu korekcija i horizontalnim koordinatnim razlikama između glavne referentne stanice i približnog položaja prijemnika, opažanja glavne referentne stanice su virtualno pomaknuta na položaj prijemnika. Mogućnosti korištenja modela korekcija smanjuju se s povećanjem duljina baznih linija između permanentnih stanica, odnosno povećanjem udaljenosti prijemnika od permanentne stanice. Prema preporukama Trimble-a (Trimble Navigation Limited, 2001) primjerena udaljenost između referentnih stanica određena je na 50-70 km. Udaljenosti preko 100 km uzrokuju degradaciju točnosti, dok udaljenosti 80-100 km ne utječu na točnost položajnih koordinata ali kvare točnost visinske komponente. Kod manjih mreža udaljenost prijemnika od referentne stanice nema značajan utjecaj na točnost, dok kod većih mreža točnost s obzirom na duljinu bazne linije do najbliže referentne stanice ima manji utjecaj na ravninske koordinate ali je zato veća razlika u točnosti kod visinske komponente.

3. Testiranje kvalitete VRS RINEX podataka

U svrhu testiranja kvalitete VRS RINEX podataka, odnosno preciznosti mjerjenja s obzirom na propisane procedure mjerjenja prema *Pravilniku o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova* (NN 87/09), izabrana je uspostavljena mreža stalnih točaka u K.O. Kijevo, koja se nalazi blizu graničnog područja Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine. U vrijeme testnih mjerjenja nisu bile umrežene stanice BiHPOS mreže te se položaj Kijeva nalazio u većem trokutu GRAC-SPLI- NOVS CROPOS mreže s udaljenostima između permanentnih stanica od 100- 200 km. Ukoliko se uključi do 6 okolnih stanica (dodatno SIBE, IMOT i SISA) u modeliranje pogrešaka ovisnih o udaljenosti, a stanica SIBE kao najbliža korištena je kao glavna referentna stanica za kreiranje opažanja VRS stanica (cca 45 km udaljenosti od područja mjerjenja), prostorne pogreške na području mjerjenja pouzdano su modelirane. Ipak budući da se radi o većim udaljenostima između referentnih stanica, ispitana je kvaliteta modeliranih korekcija u VRS RINEX podatcima. Naknadno su obrađeni podaci opažanja te je obavljeno izjednačenje mreže točaka K.O. Kijevo korištenjem tri najbliže referentne stanice CROPOS mreže: GRAC, SIBE i SPLI (slika 2).



Slika 2: Položaj testne mreže s obzirom na VRS i CORS stanice u okruženju

Udaljenosti između tih stаницa procijenje su na 50-100 km, dok su udaljenosti prijemnika do permanentnih stаницa procijenjene na 45-55 km. Obrada podataka obavljena je s dva programska rješenja: Trimble Business Center i Trimble Total Control-Motion Tracker modulom (u svrhu kinematicke obrade), a korištene su precizne efemeride koje su preuzete sa službenog portala Međunarodnog GNSS Servisa (engl. *International GNSS Service - IGS*).

Testiranje je obavljeno u svrhu usporedbe klasičnog CORS (engl. *Continuously Operating Reference Station*) RINEX rješenja i mogućnosti VRS RINEX podataka generiranih na istoj

lokaciji kao i tri najbliže CORS stanice (GRAC, SIBE i SPLI). Na sve 4 testne točke obavljeno je ukupno opažanje od 2h i 15 min. Zatim su ispitivane mogućnosti postizanja propisanih točnosti VRS RINEX podatcima obradom 15 minutnih sesija opažanja korištenjem VRS stanica na 5 km i 1 km udaljenosti od područja mjerena (slika 2).

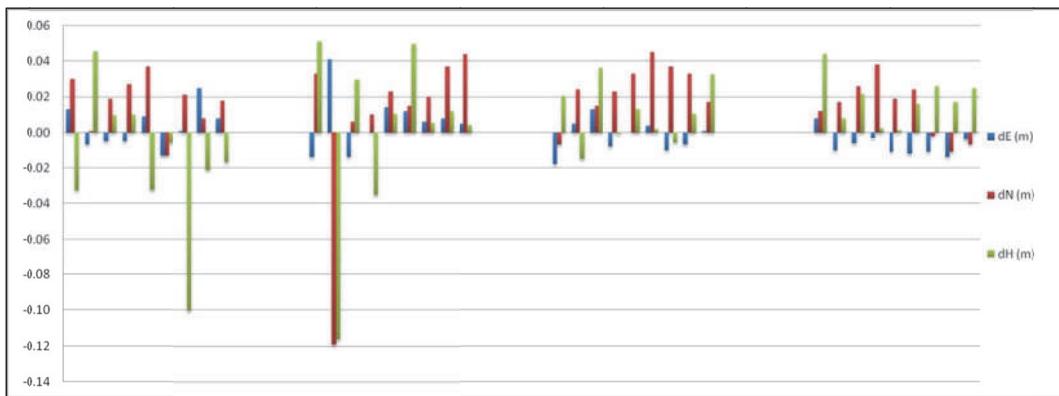
Testna mjerena su pokazala da su koordinate dobivene korištenjem virtualnih RINEX podataka istovjetne RINEX podatcima u preciznosti 1 mm kada se radi o približno istim lokacijama CORS i VRS za dulje periode opažanja (2 h), čak i u duljim baznim linijama prijemnik - VRS (CORS). Za kraće periode opažanja (15 min) kreirane su VRS stanice na udaljenosti do 5 km te su obrađeni različiti vremenski periodi opažanja. Preciznost se smanjuje udaljavanjem VRS-a (interpoliranih pogrešaka) od CORS-a (pravih pogrešaka), pa je za baznu liniju prijemnik - VRS od cca 5 km i 2 h period opažanja dobivena preciznost od 4 cm. Kod kraćeg perioda opažanja od 15 min uz iste uvjete VRS-a (na udaljenosti od cca 5 km) preciznost se smanjila na 12 cm (smjer sjevera i po visini). Relativne razlike između 15 minutnih intervala iznose i do 17 cm po visini i smjeru sjevera (tablica 1, slika 3).

Tablica 1: Usporedba rezultata obrade 15 minutnih intervala opažanja

| od | do | CORS Δ GRAC - SIBE - SPLI (2 h 15 min) | | | | | |
|-------|-----------|---|------------|--------|---------------------------|-------------------|-------------------|
| 12:30 | 14:40 | 489418,01 | 4869832,57 | 516,07 | Razlike CORS - VRS | | |
| od | do | VRS - 5 km (15 min) | | | ΔE [m] | ΔN [m] | ΔH [m] |
| 12:30 | 12:45 | 489417,99 | 4869832,60 | 516,13 | -0,01 | 0,03 | 0,05 |
| 12:45 | 13:00 | 489418,05 | 4869832,45 | 515,96 | 0,04 | -0,12 | -0,12 |
| 13:00 | 13:15 | 489417,99 | 4869832,57 | 516,10 | -0,01 | 0,01 | 0,03 |
| 13:15 | 13:30 | 489418,01 | 4869832,58 | 516,04 | 0,00 | 0,01 | -0,04 |
| 13:30 | 13:45 | 489418,02 | 4869832,59 | 516,08 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| 13:45 | 14:00 | 489418,02 | 4869832,58 | 516,12 | 0,01 | 0,01 | 0,05 |
| 14:00 | 14:15 | 489418,01 | 4869832,59 | 516,08 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| 14:15 | 14:30 | 489418,02 | 4869832,60 | 516,09 | 0,01 | 0,04 | 0,01 |
| 14:25 | 14:40 | 489418,01 | 4869832,61 | 516,08 | 0,01 | 0,04 | 0,00 |
| | MIN | 489417,99 | 4869832,45 | 515,96 | | | |
| | MAX | 489418,05 | 4869832,61 | 516,13 | | | |
| | MIN - MAX | -0,05 | -0,16 | -0,17 | | | |

Bitno je naglasiti da su za obradu korištena 3 seta VRS koordinata generiranih na CROPOS web serveru (URL 1) na udaljenosti 1 - 5 km od lokacije mjerena te da su rezultati obrade 15 minutnih intervala povezani s određenim vremenskim periodom mjerena (vezani uz konstelaciju satelita), odnosno sva 3 seta VRS stanica su u istom vremenskom periodu pokazivala iste razlike s obzirom na CORS rješenje što potvrđuje korištenje istog modela korekcija i iste konstelacije satelita dok odabir različitih položaja VRS-a nema utjecaja u radijsu do 5 km.

Može se zaključiti da na degradaciju preciznosti utječe duljina opažanja te udaljenost VRS-a od CORS-a u većim trokutima mreže stanica. Stoga je u takvima mrežama pogreška interpolacije/ekstrapolacije VRS korekcija izražena kod dugih baznih linija VRS-CORS i kratkih perioda opažanja. Korištenje dužih vremenskih perioda opažanja uklanja efekt konstelacije satelita na rezultat mjerena.



Slika 3: Razlike CORS - VRS 15 minutnih intervala opažanja na 4 stalne točke

Povećanjem udaljenosti među permanentnim stanicama povećavaju se netočnosti, koje se mogu pojaviti u koraku interpolacije za vrijeme generiranja VRS korekcija. Korisnički prijemnik može imati problema s postizanjem inicijalizacije odnosno s računanjem „fiksног“ rješenja, čak i u naknadnoj obradi podataka (tzv. „float“ rješenja). Veće udaljenosti između referentnih stanica mogu uzrokovati smanjenu preciznost pozicioniranja korištenjem VRS metode za određene periode kada je lošija konstelacija satelita.

4. Testiranje kinematičkog pozicioniranja s VRS RINEX podatcima

U svrhu procijene točnosti kratkih sesija opažanja (cca 1 minuta) koje se mogu obrađivati korištenjem VRS RINEX podataka od VRS stanice u neposrednoj blizini (nekoliko metara), postignuta je preciznost određivanja koordinata od 2 - 4 cm. Određivani su minutni intervali opažanja, a točnost ovisi o parametrima izjednačenja odnosno korištenim satelitima s obzirom na period opažanja. Kraći periodi opažanja nisu pod utjecajem promjene konstelacije satelita, stoga su i uspoređeni podatci jednoličniji (tablica 2).

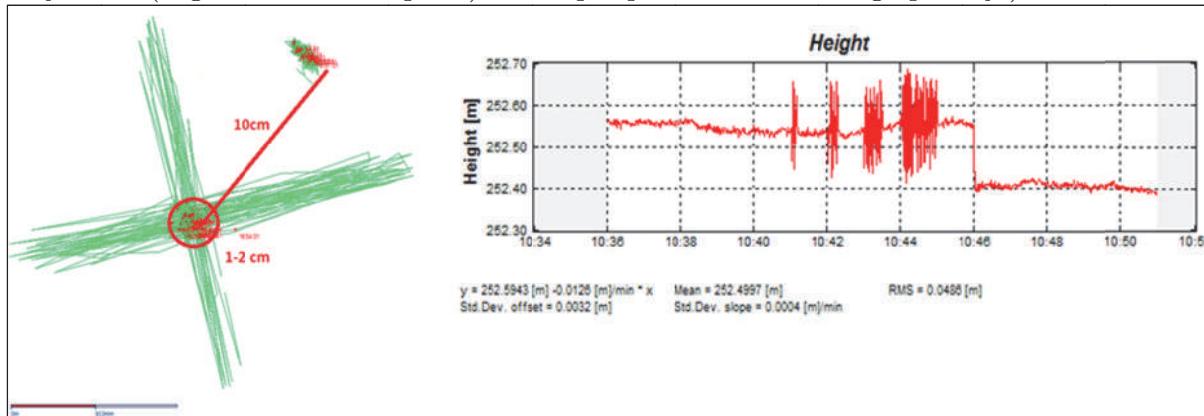
Tablica 2: Usporedba rezultata obrade 1 minutnih intervala opažanja

| Vrijeme | dN [m] | dE [m] | dH [m] | Vrijeme | dN [m] | dE [m] | dH [m] |
|---|---------|---------|---------|---|---------|---------|--------|
| 16:45 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 10:35 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 16:46 | 0,0011 | -0,0040 | -0,0016 | 10:36 | -0,0017 | 0,0020 | 0,0006 |
| 16:47 | 0,0044 | -0,0054 | 0,0070 | 10:37 | -0,0051 | 0,0014 | 0,0029 |
| 16:48 | 0,0044 | -0,0081 | 0,0181 | 10:38 | -0,0083 | -0,0038 | 0,0107 |
| 16:49 | 0,0063 | -0,0071 | 0,0266 | 10:39 | 0,0003 | -0,0077 | 0,0221 |
| Nakon pomaka prijemnika 10 cm u smjeru SI | | | | Nakon pomaka prijemnika 15 cm po visini | | | |
| 16:56 | -0,0890 | -0,0746 | 0,0255 | 10:46 | -0,0091 | 0,0001 | 0,1540 |
| 16:57 | -0,0895 | -0,0771 | 0,0280 | 10:47 | -0,0093 | -0,0012 | 0,1472 |
| 16:58 | -0,0932 | -0,0731 | 0,0324 | 10:48 | -0,0047 | -0,0033 | 0,1496 |
| 16:59 | -0,0912 | -0,0720 | 0,0429 | 10:49 | -0,0062 | -0,0006 | 0,1530 |
| 17:00 | -0,0910 | -0,0716 | 0,0341 | 10:50 | -0,0075 | -0,0021 | 0,1592 |

Vidljivo je da je nakon pomaka prijemnika na lokaciju 10 cm u smjeru sjeveroistoka i u drugoj sesiji 15 cm po visini, dobro zabilježen pomak, kao i da su koordinate određene s preciznošću 1-2 cm (slika 4).

U svrhu analize točnosti određivanja koordinata kinematičkog GNSS uređaja s obzirom na mogućnosti VRS RINEX opažanja napravljen je test gdje su rađeni pomaci GNSS uređaja u 15 minutnom periodu opažanja i to u smjeru sjever-jug i istok-zapad te po visini. Podatci su naknadno obrađeni u kinematičkom modu korištenjem *On-The-Fly* metode rješavanja

ambiguiteta i 1 s intervala opažanja. Rezultati pokazuju da se u naknadnoj obradi mogu dobro opažati pomaci trajektorije, uz procijenjenu preciznost određivanja položaja od 1-2 cm. Također primjećeno je pogoršanje točnosti statističkih pokazatelja kod kinematičkih GNSS opažanja (lošije vrijednosti statističkog pokazatelja Ratio za pojedine periode pomicanja i lošiji RMS (engl. *Root Mean Square*) za ukupni period kinematičkog opažanja).



Slika 4: Kinematička obrada 15 minutnih opažanja za vrijeme položajnih i visinskih pomaka

Rezultati ispitivanja pokazuju da je VRS metoda pouzdana za kinematičke analize kod intervala opažanja od 1 s za sva pomicanja $> 1\text{-}2 \text{ cm}$ ($>$ šum mjerena). Već kod 30 s intervala opažanja ne mogu se zabilježiti brze promjene trajektorije prijemnika, što znači da taj interval nije pouzdan za precizna kinematička opažanja. Ovdje je određivanje položaja prijemnika određeno relativno u odnosu na VRS stanicu te treba voditi računa da se trajektorija prijemnika ne udaljava više od procijenjenih maksimalnih udaljenosti prijemnik-VRS od 5 km. Udaljavanjem prijemnika od lokacije VRS-a te uzimanjem u obzir vremenskog perioda opažanja smanjuje se preciznost VRS metode koja ovisi i o točnosti interpolacije samog VRS rješenja.

5. Zaključak

Korisnici VRS rješenja odnosno VRS RINEX podataka GNSS permanentnih mreža prilikom planiranja mjerne kampanje moraju uzeti u obzir veličinu mreže permanentnih stanica. Mogućnosti korištenja modela korekcija smanjuju se s povećanjem duljina baznih linija među permanentnim stanicama, odnosno dolazi do smanjene preciznosti određivanja koordinata. Dobiveni rezultati upućuju na to da VRS RINEX podatci mogu biti usporedivi s RINEX podatcima za određene primjene ako se uzmu u obzir veličina trokuta u kojem se nalaze (kraće udaljenosti između permanentnih stanica 50-70 km), duljina opažanja (duži periodi opažanja kako bi se smanjio utjecaj konstelacije satelita) i duljina bazne linije (kratka udaljenost prijemnika od permanentne stanice kod većih trokuta permanentnih stanic). VRS metoda može ponuditi vrlo pouzdano određivanje koordinata čak i kod prijemnika u pokretu i kod vrlo kratkih perioda opažanja (1 minuta-15 minuta), ipak za precizno određivanje koordinata potrebno je voditi računa o pogrešci interpolacije (ekstrapolacije) VRS-a odnosno njezine nepreciznosti s obzirom na kratke periode opažanja i s obzirom na udaljenost od referentnih stanica za koje su utvrđene prave pogreške. Stoga je, u svrhu osiguravanja pouzdanih rezultata mjerena, za precizne geodetske radove potrebno voditi računa o preciznost metode VRS-a odnosno držati se propisanih pravila i procedura mjerena, prije svega osiguravanjem prekobrojnih mjerena u različitim vremenskim periodima.

Literatura

Dabovic P., De Agostino M., Petovello M. (2011): GNSS Solutions: Network RTK and Reference Station Configuration, Inside GNSS 2011.

- DGU (2009): Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova (NN 87/09).
- Janssen, V. (2013): Investigation of Virtual RINEX Data Quality, IGNSS Symposium 2013.
- Landau, H., Vollath, U., Chen, X (2002): Virtual reference Station System, Journal of Global Positioning Systems, Vol. 1, No 2137-143, 2002.
- Premužić, M. (2012): Primjena geodetskih metoda u slučaju prirodnih katastrofa i postupovne mjere geodetske službe, Magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2012.
- Trimble Navigation Limited (2001): Trimble Virtual Reference Station VRS. VRS brochure.
- Trimble Navigation Limited (2012): Trimble Pivot Platform GNSS Infrastructure Software manual.
- Vollath, U., Buecherl A., Landau, H., Pagels, C., Wagner, B. (2000): Multi - Base RTK Positioning Using Virtual reference Stations, Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS 2000)
- URL 1: <http://www.cropos.hr/> (23.04.2015.)

Quality testing Virtual RINEX data of CROPOS

Abstract. Beside an urban area, CROPOS system as efficient and reliable positioning system of Republic of Croatia, has found application in rural areas and on the Adriatic sea. On those areas user could not count on availability of GPRS signal and distances between permanent stations are larger, therefore in demanding tasks when higher accuracy is required, CROPOS VRS RINEX solution is used (static method). The question is in which cases VRS RINEX data can achieve accuracy of original RINEX data considering Procedures on performing of fundamental geodetic works. Proscribed observation interval using VRS RINEX data is 15 minutes. This paper describes processing network of permanent points in cadastral municipality of Kijevo that is in the border area of the Republic of Croatia and Bosnia and Herzegovina (longer distances between permanent stations) and analysis of processing results has been done using different observation windows and different baseline length. Overall period of observation was 2 hours and 15 minutes, and the analysis of calculated coordinates showed maximum differences among 15 minutes intervals up to 17 cm in height and in direction of north. Also analysis of possibilities of using VRS RINEX data in kinematic processing has been done regarding different observation periods and registration intervals.

Keywords: CROPOS, VRS RINEX, interpolation.

Upotreba bespilotnih letjelica u CROPOS-u

Stručni rad

Đuro Zalović¹, Verica Zalović¹, Diana Bećirević¹

¹Geo-centar d.o.o., Jurja IV. Zrinskog, 40000 Čakovec, geocentar@geocentar.com

¹Geo-centar d.o.o., Jurja IV. Zrinskog, 40000 Čakovec, verica@geocentar.com

¹Geo-centar d.o.o., Jurja IV. Zrinskog, 40000 Čakovec, diana@geocentar.com

Sažetak. Ubrzani razvoj i tehnološki napredak sustava bespilotnih letjelica (engl. *Unmanned aerial vehicle* - UAV) izaziva veliki interes geodetske struke.

Među brojnim proizvođačima ove vrste letjelica posebno se ističu oni koji razvijaju sustav u kojem je integriran visokoprecizni dvofrekvenčni GNSS uređaj. Navedeni sustavi koriste GNSS RTK metodu mjerjenja u kombinaciji s tehnologijom preciznog određivanja vremena kako bi u svakom trenutku odredili točan položaj kamere prilikom okidanja fotografije. Samim time kod takvih bespilotnih letjelica nije potrebno mjeriti koordinate orijentacijskih točaka (engl. *Ground Control Points*) što znatno ubrzava postupak snimanja i povećava produktivnost rada. Prvi sustav bespilotnih letjelica koji koristi preciznu GNSS RTK tehnologiju je Topconov Sirius Pro UAV.

U ovom radu istaknute su prednosti navedenog sustava te posebno mogućnosti rada s CROPOS sustavom.

Ključne riječi: bespilotna letjelica (UAV), CROPOS, GNSS RTK, orijentacijske točke (GCP), Topcon Sirius Pro.

1. Uvod

Svjedoci smo velikog razvoja znanosti i tehnologije tijekom posljednjih desetljeća kao posljedice modernog društva kakvom težimo. Sukladno tome i geodezija kao znanost doživljava razvoj koji je omogućen novim stupnjem tehnološkog razvijanja. Primjer tehnoloških dostignuća su i bespilotne letjelice (engl. *Unmanned Aerial Vehicles* - UAV) koje nisu novost na području inovacija jer postoje već duže vrijeme, ali sama njihova implementacija u geodeziji je relativno nova i još u razvoju. Svoju primjenu u geodeziji bespilotne letjelice ostvaruju u području aerofotogrametrije.

Bespilotna letjelica je letjelica ili zrakoplov bez posade, kojim se može upravljati na daljinu ili letjeti samostalno uporabom unaprijed programiranog plana leta ili pomoću složenih autonomnih dinamičkih sustava. Razvoj bespilotnih letjelica je započeo prvenstveno od strane vojske u svrhu smanjivanja troškova i ljudskih žrtava. Dovoljno govorilo je da troškovi izrade i održavanja jedne bespilotne letjelice čine desetinu jednog suvremenog zrakoplova. Najveći izazov kod modeliranja je dakako navigacija i pozicioniranje bespilotnih letjelica bilo da se radi o vojnoj ili civilnoj uporabi.

Glavni razlozi uporabe bespilotne letjelice su mogućnost primjene u nepristupačnim područjima, njihova ekonomičnost te dobivanje ažurnih podataka. Potpuno autonomna navigacija omogućuje veliku funkcionalnost u slučajevima kada se prekine radio kontakt s letjelicom te ona autonomno izvršava zadani operaciju. U kontekstu geodezije i aerofotogrametrije rezultat operacije su snimke iz zraka čijom se daljnjom obradom generiraju digitalni modeli terena i digitalni ortofoto prikazi.

2. Osnovne komponente UAV sustava

GNSS (engl. *Global Satellite Navigation System*) uređaj je, uz sustav za automatsko upravljanje, osnovna komponenta UAV sustava. Njegova primarna svrha je određivanje pozicije letjelice, dok kao sekundarne svrhe možemo navesti određivanje visine letjelice ili relativne pozicije. Kako bismo dobili ispravno georeferencirane podatke važno je znati

poziciju i visinu letjelice (kamere) u trenutku okidanja fotografije, odnosno snimka iz zraka. Prilikom gubitka GNSS signala koristi se inercijalni navigacijski sustav (INS) koji ne ovisi o eksternim signalima. INS je sofisticiran sustav za navigaciju koji se sastoji od inercijalne mjerne jedinice (IMU) i računala koje interpretira dobivene podatke te računa trenutnu poziciju letjelice. IMU se najčešće sastoji od tri žiroskopa koji imaju funkciju mjerjenja kutnih pomaka tj. rotacije i tri akcelerometra koji mjere određenu silu odnosno akceleraciju. Za određivanje položaja letjelice potrebno je poznavati početnu poziciju letjelice te uz pomoć navigacijskih jednadžbi doći do potrebnih podataka za računanje pozicije, brzine i smjera letjelice.

Bespilotne letjelice mogu biti umanjene kopije zrakoplova ili helikoptera što znači da postoje letjelice koje imaju krila i treba im mesta da uzlete te letjelice s propelerima koje mogu vertikalno uzletjeti. Međutim glavna podjela bespilotnih letjelica je s obzirom na veličinu i težinu same letjelice. Za geodeziju su bitne mini letjelice težine do 5 kg. One obuhvaćaju kategoriju najmanjih platformi koje ujedno i lete na najmanjim visinama (do 500 metara). Tijekom posljednje dvije godine značajna je i podjela na sustave kod kojih je neophodno određivanje orijentacijskih točaka (engl. *Ground Control Points*) predmetnog područja i sustave koji koriste GNSS RTK metodu mjerjenja bez potrebe određivanja orijentacijskih točaka na terenu. Ovisno o zahtjevima pojedine aplikacije, preciznost pozicije i visina letjelice moraju biti određene unutar decimetra ili centimetra. Navedeni zahtjev sustava koji koriste GNSS RTK metodu mjerjenja može biti ispunjen isključivo korištenjem naprednih visokopreciznih dvofrekvencijskih GNSS uređaja.

3. GNSS RTK metoda pozicioniranja

Metoda pozicioniranja u realnom vremenu kojom se postiže centimetarska točnost temeljena na GNSS opažanjima, razvijena je sredinom 90-ih godina prošlog stoljeća i poznatija je pod nazivom RTK. RTK metoda uključuje referentni prijamnik (baza) postavljen na točki s poznatim koordinatama koji odašilje svoja sirova opažanja (kodne pseudoudaljenosti i noseće faze) ili diferencijalne korekcije opažanja prema pokretnom prijamniku ili prijamnicima (rover) putem nekog komunikacijskog kanala (UHF radio, mobilni telefon i slično). Značajni nedostatak RTK metode pozicioniranja s jednom referentnom točkom (single base RTK) je da maksimalna udaljenost između referentnog i pokretnog prijamnika ne smije prelaziti 10 do 20 km kako bi se mogli brzo i pouzdano odrediti ambiguiteti nosećih faza. Navedeno ograničenje je uzrokovano pogreškama ovisnim o udaljenosti ili prostorno koreliranim pogreškama poput ionosferske i troposferske refrakcije te pogreškama orbita GNSS satelita. Međutim te se pogreške mogu dobro modelirati koristeći opažanja umreženih GNSS referentnih stanica u blizini pokretnog prijamnika. Time se RTK pozicioniranje s jednim referentnim prijamnikom (single base RTK) proširuje na mrežni RTK s mrežom referentnih uređaja (multi-base tehnika).

U Hrvatskoj je 2008. godine uspostavljen CROPOS sustav referentnih GNSS stanica koji je unio bitne promjene u način rada GNSS korisnika koji su do tada koristili vlastite bazne prijamnike. Jedna od metoda mrežnog RTK rješenja koju koristi CROPOS je koncept virtualne referentne stanice (VRS) koji znatno proširuje područje primjene RTK metode. Ukoliko se koristi VRS, sustavne pogreške u podatcima referentnih stanica se mogu umanjiti ili potpuno eliminirati, čime se ne samo omogućuje povećanje udaljenosti GNSS rovera od baze nego i povećanje ukupne pouzdanosti sustava i skraćenje vremena potrebnog za automatsku inicijalizaciju On The Fly (Wanninger, 2002).

Koncept virtualne referentne stanice (VRS) nudi mogućnosti određivanja koordinata na udaljenostima od 70 km do 100 km. Princip se temelji na interpolaciji podataka s nekoliko referentnih stanica u cilju dobivanja podataka za korekciju RTK korisnika.

U okviru CROPOS-a postavljeno je 30 referentnih GNSS stanica na međusobnoj udaljenosti od 70 km tako da ravnomjerno prekrivaju područje Hrvatske i prikupljaju podatke mjerjenja i kontinuirano ih šalju u kontrolni centar. U kontrolnom centru se podatci mjerena

provjeravaju, obrađuju te se obavlja izjednačenje mjerena i računanje korekcijskih parametara. Korekcijski parametri dostupni su korisnicima na terenu putem mobilnog interneta i standardiziranog NTRIP (engl. *Networked Transport of RTCM via Internet*) protokola. Važno je naglasiti da se transformacijski parametri mogu slati korisnicima u okviru RTCM (engl. *Radio Technical Commission for Maritime Services*) 3.1 formata. Za korištenje korekcijskih parametara u realnom vremenu (RTCM format), korisnici pristupaju sustavu putem mobilnog interneta (GPRS), dok se podatci za naknadnu obradu (RINEX i RINEX VRS format) također mogu preuzeti putem interneta. Za pristup sustavu neophodno je imati korisničko ime i lozinku, odnosno obvezna je registracija korisnika u Državnoj geodetskoj upravi. CROPOS pruža korisnicima tri usluge koje se međusobno razlikuju po metodi rješenja, točnosti, načinu prijenosa podataka i formatu podataka. Za nas je svakako najbitniji VPPS - visokoprecizni pozicijski servis u realnom vremenu - namijenjen za primjenu u državnoj izmjeri, katastru i inženjerskoj geodeziji.

4. Bespilotna letjelica Sirius Pro

Njemački proivođač bespilotnih zrakoplova MAVinci je u suradnji s japanskim proizvođačem GNSS uređaja Topcon predstavio prvi UAV sustav Sirius Pro koji koristi preciznu RTK tehnologiju u kombinaciji s tehnologijom preciznog određivanja vremena kako bi u svakom trenutku odredili točan položaj kamere prilikom okidanja.

MAVinci Sirius Pro je potpuno integriran sustav bespilotne letjelice kojim se dobivaju ortofoto prikazi i digitalni modeli terena s visokom apsolutnom točnošću do 5 cm (ovisno o rezoluciji snimaka iz zraka čak i do 2 cm) bez korištenja orientacijskih točaka.

Postavljanje i mjerjenje orientacijskih točaka (GCP) povećava vrijeme i troškove rada na terenu čak do 50%. Nekim područjima se ne može jednostavno pristupiti, postavljanje orientacijskih točaka je opasno ili neizvodivo. Iz navedenih razloga, započeo je razvoj UAV sustava koji ne moraju koristiti orientacijske točke kako bi dosegli točnost potrebnu geodetskim zahtjevima. Tehničke specifikacije sustava prikazane su u tablici 1.

Princip rada ovakvog sustava možemo opisati na slijedeći način. Zamislite da u zadani projekt učitate 1000 orientacijskih točaka - ravnomjerno raspoređenih preko kompletног projekta. Nakon toga odredite njihovu poziciju i visinu unutar nekoliko centimetara i dodate ih u softver za naknadnu obradu. Pozicije takvih 1000 točaka određenih centimetarskom točnošću daje nevjerojatne rezultate. Tih 1000 točaka su smještene u zraku - nema potrebe za njihovim smještanjem na površini zemlje. Integrirani Topconov dvofrekvenčni GNSS RTK uređaj centimetarske točnosti s tehnologijom preciznog određivanja vremena, omogućava dobivanje točne pozicije svakog snimka (orientacijske točke) što osigurava univerzalno rješenje koje pomaže pri realizaciji projekata na bolji i brži način.

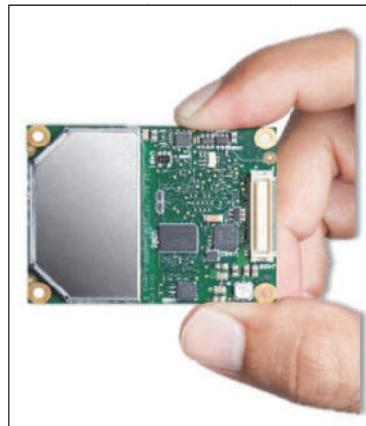
Precizni GNSS uređaj je u stvari Topcon B110 GNSS matična ploča (engl. *board*) s Vanguard ASIC tehnologijom, sadrži 226 univerzalnih kanala za prijem GPS, GLONASS i Galileo satelita i može se iskoristiti za aplikacije različite točnosti – od nekoliko decimetara pa do nekoliko centimetara (slika 1). Vrlo je malih dimenzija, ima malu potrošnju energije, pozicioniranje do 100 Hz te se može konfigurirati prema potrebama korisnika. Zbog svojih karakteristika, idealan je za integriranje u UAV sustave.

Svaki dodatak letjelici trebao bi biti što manji i što lakši, ali istovremeno visokokvalitetan. To je razlog ugradnje Panasonic GX1 kamere u ovu bespilotnu letjelicu. To je kompaktna i lagana digitalna kamera s 16MP MOS objektivom.

Područje obuhvata objektiva je do 9 puta veće nego kod 1/2.5" objektiva koji se obično koriste u kompaktnim digitalnim kamerama. Na kameru GX1 je ugrađena i Panasonic 14mm f/2.5 leća. Žarišna duljina leće je fiksna kako bi se povećala kvaliteta rezultata u naknadnoj obradi. Kalibracija kamere s ovom vrstom leće nije obvezna.

Tablica 1: Sirius Pro tehničke specifikacije

| Performanse letjelice | |
|---|--|
| Raspon krila | 163 cm |
| Duljina | 120 cm |
| Materijal | Izuzetno lagan, pjenasti materijal |
| Težina (s kamerom) | 2,7 kg |
| Baterija | Litij - polimer 18,5 V 30 C 5300 mAh (98 Wh) |
| Pogon | Električni motor bez četkica (900 W peak) |
| Stabilizacija | 3 kormila za stabilizaciju na tri osi: kormilo visine, krila sa strane, avionsko krilce |
| Digitalna kamera | Panasonic GX1 s 14 mm f / 2.5 leća, kalibriran, 16 MP, širokokutni objektiv |
| GNSS/RTK prijamnik | Topcon L1/L2 GPS/GLONASS RTK |
| Transportna kutija | 118,2 x 38,5 x 41,2 cm |
| Sigurnosna tipka za uključivanje/isključivanje elektromotora | Da |
| Performanse leta | |
| Duljina leta | Do 55 minuta |
| Brzina leta | 65 km/h |
| Maksimalna visina leta | Testirano do 4 000 m |
| Doseg signala | 4 km |
| Lansiranje | Ručno (bez katapulte) |
| Metode slijetanja | Automatsko, potpomognuto autopilotom, potpuno ručno slijetanje |
| Utjecaj temperature | Operabilnost u intervalu od -20 °C do +45 °C |
| Otpornost na vjetar | Do 50 km/h s udarima vjetra do 65 km/h |
| Otpornost na kišu | Operabilnost u kišnim uvjetima |
| Potreban broj operatera | 1 |
| Raspon rezolucije pojedine snimke (GSD) | 1.5 cm do 20 cm GSD (ovisi o visini leta) |
| Automatsko 3D planiranje leta | Da |
| Planiranje leta u offline modu | Da |
| Provjera kvalitete rezultata na terenu | Da |
| Karte zračnog prometa | Da |
| Maksimalno područje preleta (GSD 20 cm) | 8.67 km ² |
| Broj snimaka po letu | Do 2 000 |
| Točnost ortomozaika/ 3D modela („Cross-validation Error“) | 2x GSD po x,y osi i 3x GSD po z osi |
| Točnost („True Error“) | Do 1,6 cm po x,y osi i 2,7 cm po z osi |
| Kompatibilan s postojećom RTK mrežom baznih stanica (CROPOS) ili NTRIP protokolom (za razmjenu RTCM podataka putem interneta) | |



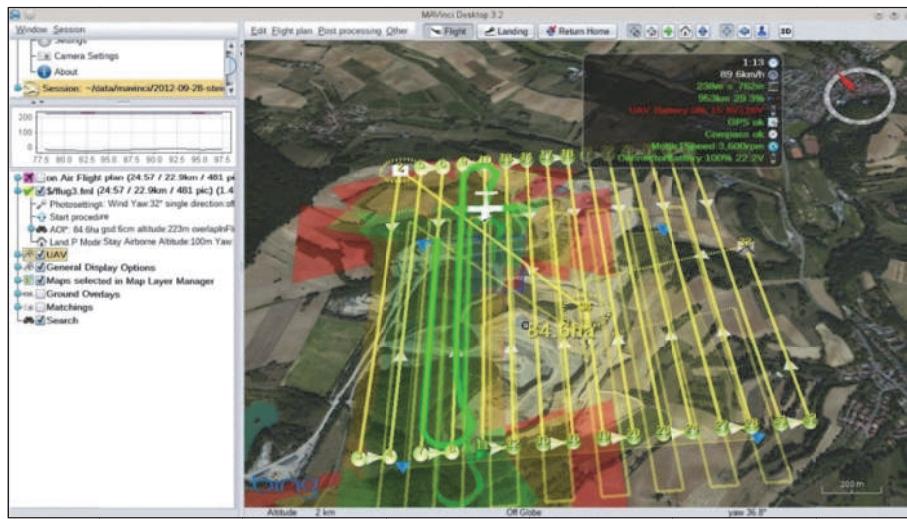
Slika 1: Topcon B110 GNSS tiskana ploča

4.1. Postupak rada sa Sirius Pro letjelicom

Postupak rada s letjelicom je jednostavan i prilagođen upotrebi korisnika koji nisu profesionalni piloti te se može sažeti u 4 glavna koraka:

- planiranje leta s MAVinci Desktop softverom
- automatsko lansiranje letjelice iz ruke
- automatska navigacija kroz MAVinci Autopilot
- rezultat - visoko kvalitetni snimci koji se šalju na naknadnu obradu

Za kreiranje plana leta prvo je potrebno na prijenosnom računalu učitati kartu s interneta (npr. Bing maps). Nakon toga odabiremo poligon koji zaokružuje područje koje želimo preletjeti. Softver sam generira pravac leta, a možemo ga i ručno ispravljati točku po točku, kao i brzinu leta te ostala podešavanja. Plan leta se automatski prilagođava visinskom modelu (slika 2).



Slika 2: Plan leta

Jednom kreirani plan leta moguće je pohraniti ako smo ga planirali u uredu. Na terenu je potrebno plan učitati u letjelicu. Sam postupak se izvodi preko radio komunikacije. Pritisom na tipku „Flight“ letjelica uzljeće i kreće automatski po planiranoj ruti. Plan je moguće mijenjati i tijekom leta.

Prilikom potpuno automatiziranog leta Sirius Pro slijedi predefinirani plan leta. Snimci iz zraka se automatski pohranjuju.

Prije polijetanja obavezno je definirati sigurno područje slijetanja koje ovisi o konfiguraciji terena, vremenskim uvjetima, eventualnoj blizini naselja i sigurnosti ljudi u blizini. Letjelica se lansira iz ruke. Prije lansiranja potrebno je na letjelici provjeriti sve pokretne dijelove (krilca, rep, motor, itd.). Postoji više načina letenja: ručno, automatski i asistirano. U ručnom modu letjelica je u potpunosti upravljana putem RC upravljača od strane operatera i reagira vrlo osjetljivo. U takvom načinu letenja operater mora biti stručna osoba koja je izučena upravljanjem bespilotnim letjelicama. U automatskom modu letjelica ne reagira na RC upravljač, već leti po unaprijed zadanim planu leta. Kontrola uz pomoć autopilota je vrlo jednostavna. U ovom upravljačkom modulu letjelica je uvijek u području vidljivom operateru. U asistiranom modu letjelicom upravljamo ručno, ali je let potpomognut raznim senzorima i GPS navigacijom tako da operater ne mora imati iznad prosječne vještine upravljanja.

Područje zahvata tijekom jednog preleta ovisi o rezoluciji (engl. *Ground Sampling Distance*, - GSD). GSD je udaljenost između centara dvaju susjednih piksela na snimku mjereno na terenu (primjerice GSD 10 cm znači da su centri dvaju susjednih piksela 10 cm udaljeni jedan od drugoga, mjereno na terenu).

Sirius Pro UAV osigurava više od 2000 snimaka po letu, odnosno svaka je točka na terenu pokrivena u prosjeku s 15 pojedinačnih snimaka, ovisno o poprečnom i uzdužnom presjeku. Velik broj snimaka osigurava veliku količinu informacija koje nadalje poboljšavaju kvalitetu i točnost u naknadnoj obradi.

Također je potrebno istaknuti da Sirius Pro UAV ima optičku razlučivost veću od 1.8 cm pri rezoluciji od 1.6 cm, što zapravo odgovara prirodnim granicama unutar zakona fizike. Optička razlučivost snimka opisuje sposobnost slikovnog sustava da razluči detalje prikazanog objekta. Prilikom leta na nižoj visini Sirius Pro postiže visoku rezoluciju od 1.6 do 20 cm GSD.

Uzmimo primjer jednog leta od 40 minuta. U slučaju računanja pseudo digitalnog ortofota (65% preklapanja u uzdužnom i 20% u poprečnom smjeru) pokrivanja su navedena u tablici 2.

U slučaju računanja 3D visinskih modela/true ortofoto (85% preklapanja u uzdužnom i 65% u poprečnom smjeru) su navedena u tablici 2.

Tablica 2: Pseudodigitalni ortofoto

| GSD | Visina | Površina (pseudo ortofoto) |
|--------|--------|----------------------------|
| 20 cm | 743 m | 18,2 km ² |
| 10 cm | 371 m | 9,97 km ² |
| 5 cm | 186 m | 5,12 km ² |
| 3,2 cm | 119 m | 3,20 km ² |
| 2,6 cm | 96,5 m | 2,65 km ² |
| 1,6 cm | 59,4 m | 1,62 km ² |

Tablica 3: 3D visinski model

| GSD | Visina | Površina (true ortofoto) |
|--------|--------|--------------------------|
| 20 cm | 743 m | 8,67 km ² |
| 10 cm | 371 m | 4,54 km ² |
| 5 cm | 186 m | 2,25 km ² |
| 3,2 cm | 119 m | 1,42 km ² |
| 2,6 cm | 96,5 m | 1,13 km ² |
| 1,6 cm | 59,4 m | 0,7 km ² |

4.2. Metode rada

Ovakav sustav bespilotne letjelice nudi različite metode rada (ovisne o vrsti korekcije) kako bi se dobili precizni rezultati mjerena. Za sada ćemo se ograničiti na tzv. metodu "vanjske bazne stanice" (engl. *external base*) koja je za geodeziju najzanimljivija (slika 3). U ovoj metodi potreban je vanjski izvor korekcije koji mora omogućiti L1+L2 korekciju za GPS i GLONASS u RTCM 3.x formatu (tipovi transformacijske poruke trebaju biti 1004, 1012, 1005/1006 i 1007/1008) u tablici 4 su pobliže prikazane i objašnjene karakteristike poruka.

Tablica 4: Transformacijske poruke GNSS mreže za primanje RTCM korekcije

| No | Content | Rate |
|-------------|--|----------|
| 1004 | Extended L1&L2 GPS RTK Observables | 0,5 sec |
| 1012 | Extended L1&L2 GLONASS RTK Observables | 0,5 sec |
| 1005 (1006) | Stationary RTK Reference Station ARP (with Antenna Height) | 10,0 sec |
| 1007 (1008) | Antenna Descriptor (Serial Number) | 10,0 sec |

Kao izvor korekcije može se birati između vlastite GNSS baze (bazna stanica u našem slučaju je Topconov uređaj HiperSR, ali može biti i ostalih proizvođača) ili NTRIP korekcije (mobilni internet).



Slika 3: Sirius Pro sustav – vanjska bazna stanica

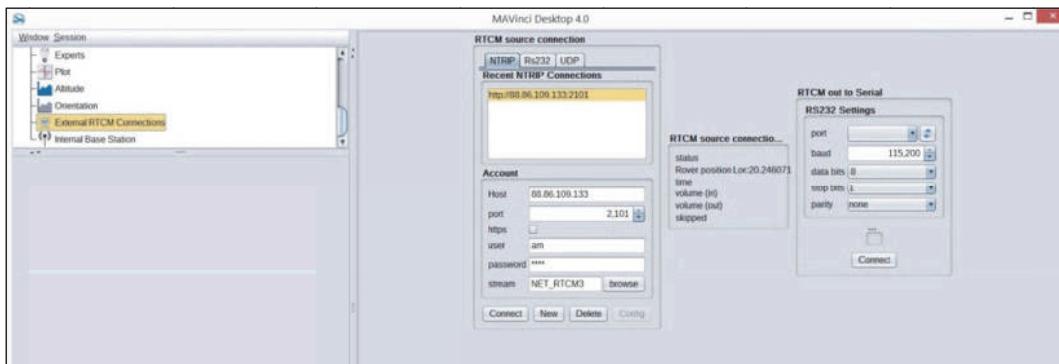
Postupak rada s vlastitom bazom je sljedeći: Postaviti GNSS bazni uređaj na poznatu referentnu točku. GNSS prijamnik se mora precizno horizontirati, centrirati i izmjeriti visinu antene. Ovaj dio je vrlo bitan jer svaki centimetar pogreške na terenu utječe na točnost mjerjenja u zraku. Bazni prijamnik se spaja s prijenosnim kompjuterom na kojem je MaVinci Desktop softver putem Bluetooth-a ili kabla te se podešavaju postavke prijamnika.

Pokreće se bazna stanica i koja putem radio konekcije šalje korekciju GNSS uređaju u letjelicu. Nakon što sustav dobije dobru „Fixed“ soluciju, letjelica je spremna za lansiranje. U početku ova solucija možda neće biti toliko stabilna, ali jednom kada je letjelica u zraku to će se znatno poboljšati.

GNSS sustav na terenu radi u WGS84 koordinatnom sustavu, a apsolutne ravninske koordinate se dobivaju tzv. post – processing metodom odnosno metodom naknadne obrade. Osim vlastite bazne stanice, moguće je raditi i putem NTRIP-a. Postupak rada je još jednostavniji budući da se ne postavlja bazna stanica.

Za NTRIP je potrebna i stalna internet veza tijekom leta ili pristup LAN ili WiFi mreži na stick-u. Također je nužna IP adresa GNSS mreže te „user“ i „password“ za pristup. Ovi podatci se unose u izbornik Desktop softvera „External RTCM Connection panel“ (slika 4). Tipkom „Browse“ odabire se „Mount point“ (pristupna točka) na koji se spaja. Potrebno je napomenuti da Sirius Pro podržava samo VRS koncept. Nakon spajanja na server u izborniku „RTCM source connection status dialog“ moguće je pratiti primljene pakete korekcije.

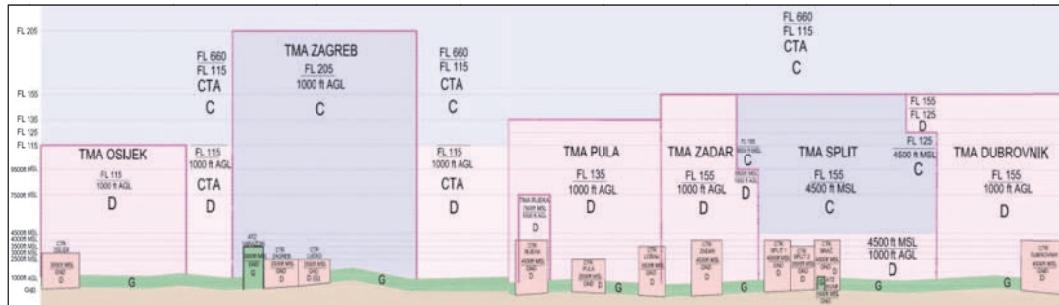
Važno je napomenuti da NTRIP opcija daje lošiju visinsku točnost rezultata mjerjenja što je poznato i prilikom uobičajenog rada u GNSS mrežnom okruženju. Isto tako opasnost od gubitka korekcije je veća nego prilikom korištenja bazne stanice.



Slika 4: RTCM postavke

5. Zakonska regulativa

U veljači 2015. godine Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo donosi prvi prijedlog Pravilnika o sustavima bespilotnih zrakoplova. Zbog velikog interesa geodetske struke, Komora ovlaštenih inženjera geodezije je u suradnji s Agencijom održala i radionicu kako bi se geodetske firme što bolje upoznale sa zakonskom regulativom i mogućnostima korištenja letjelica. Najprije treba napomenuti da bespilotni sustavi mogu letjeti u tzv. G-službu letenja. Sloj G je nekontrolirani zračni prostor u kojem se korisnici nisu obavezni javljati kontroli leta. U cijeloj državi proteže se do 300 metara iznad tla, osim na području CTR-a (kontroliranih zračnih zona) i na zabranjenim područjima (slika 5).



Slika 5: Slojevi letenja

Nekoliko bitnih stvari je potrebno izdvojiti iz ovog Pravilnika. Osnovno je razumjeti da se ovim Pravilnikom vodi briga o sigurnosti leta te da operater mora osigurati da se let bespilotnog zrakoplova izvodi na način da ne predstavlja opasnost po život, zdravlje ili imovinu ljudi. Ostali zakonski propisi vezani uz korištenje podataka (od strane DGU, zaštite privatnosti, itd.) nisu predmet ove regulative i pokriveni su posebnim zakonima koje trebamo poznavati u slučaju korištenja bespilotne letjelice.

Let bi se, ako se Pravilnik usvoji, smio odvijati samo danju, a operater letjelicu mora imati stalno u polju vida i ne smije od nje biti udaljen više od 500 metara.

S obzirom na operativnu masu, za geodetsku struku su svakako najzanimljiviji sustavi koji pripadaju klasi do 5 kg. U odnosu na izgradenost, naseljenost i prisutnost ljudi, područja letenja letjelica, predložena je sljedeća klasifikacija:

- Klasa I - Neizgrađeno područje: Područje u kojem nema izdignutih građevina ili objekata i u kojem nema ljudi, osim rukovatelja i osoblja koje je nužno za letenje.
- Klasa II - Izgrađeno nenaseljeno područje: Područje u kojem postoje pomoćni gospodarski objekti ili građevine koje nisu namijenjene za boravak ljudi i u kojem nema ljudi, osim rukovatelja i osoblja koje je nužno za letenje. Dozvoljen je samo povremeni prolazak, bez zadržavanja, ljudi kroz područje (biciklisti, šetači i sl.).

- Klasa III - Naseljeno područje: Područje u kojem postoje građevine ili objekti primarno namijenjeni za stanovanje, poslovanje ili rekreaciju (stambene zgrade, stambene kuće, škole, uredi, sportski tereni, parkovi i slično).
- Klasa IV - Gusto naseljeno područje: Područje uskih urbanih zona (središta gradova, naselja i mjesta).

Pravilnikom je određeno da operater smije izvoditi letačke operacije kategorije A i B ako je prije izvođenja letačkih operacija Agenciji dostavio Izjavu te u kategoriji C ako je izradio operativni priručnik i Agenciji dostavio Izjavu (tablica 5).

Tablica 5: Klase sustava bespilotnog zrakoplova

| Klasa sustava bespilotnog zrakoplova | Klasa područja izvođenja letenja | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | I Neizgrađeno područje | II Izgrađeno nenaseljeno područje | III Naseljeno područje | IV Gusto naseljeno područje |
| 5 OM(1) < 5 kg | A | A | B | C |

*napomena (1): OM – operativna masa bespilotnog zrakoplova

6. Primjer upotrebe NTRIP korekcije u Poljskoj

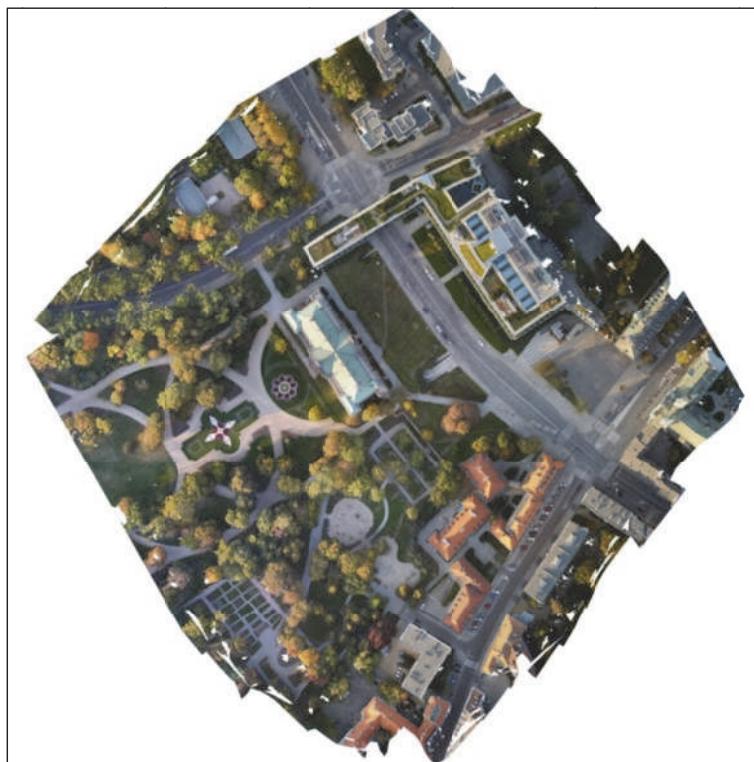
Kao što smo prethodno napomenuli rad sa Sirius Pro sustavom u Hrvatskoj još uvijek nije moguć zbog nepostojanja zakonskog okvira stoga donosimo iskustva firme TPI - distributera Topcon-a iz Poljske. Kako je NTRIP opcija bila predstavljena od strane proizvođača tek na Intergeo u listopadu prošle godine, a mnoge europske zemlje ne mogu koristiti UAV sustave, za sada imamo informacije da je Sirius Pro korišten u SAPOS okruženju (mreža permanentnih GNSS stanica u Njemačkoj) i u TPI Net Pro (mreža permanentnih GNSS stanica u Poljskoj).

Firma TPI koristi ovaj sustav oko 8 mjeseci i ustupila nam je podatke jednog manjeg projekta rađenog u listopadu 2014. godine u Varšavi. Nekoliko snimaka iz ovog projekta su na slici 6:



Slika 6: Primjeri snimaka

Kao konačan rezultat dajemo digitalni ortofoto (slika 7) i digitalni visinski model terena.



Slika 7: Digitalni ortofoto

Nakon što je napravljen plan leta, unešeni su potrebni podatci za dobivanje NTRIP korekcije (područje leta je obuhvaćeno s 90 fotografija, rezolucijom od 0,0285223 m/pix, te je njime pokrivena površina od 0,122103 km² uz visinu leta od 119 m).

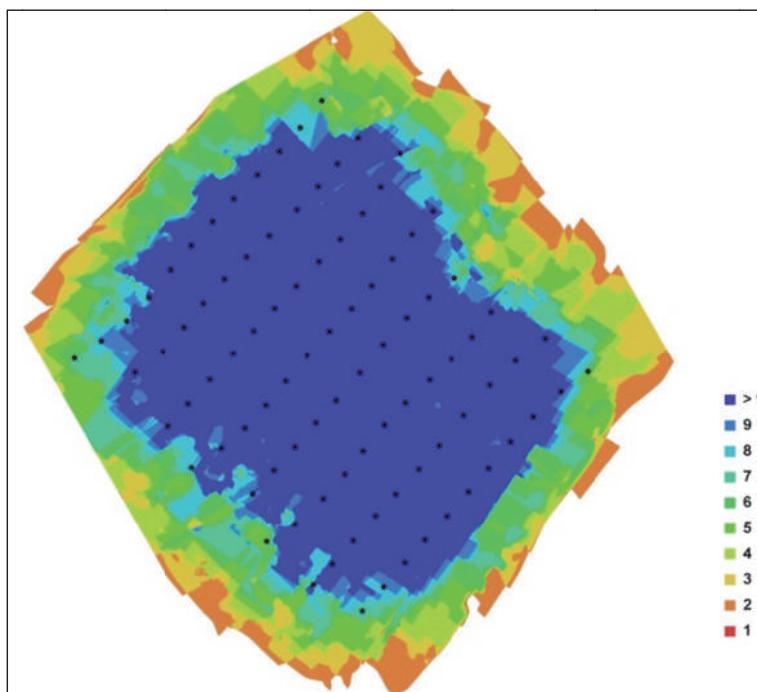
Obrada dobivenih rezultata rađena je u Agisoft PhotoScan Pro softveru. Podatci za kameru prikazani su u tablici 6.

Tablica 6: Vrsta digitalne kamere

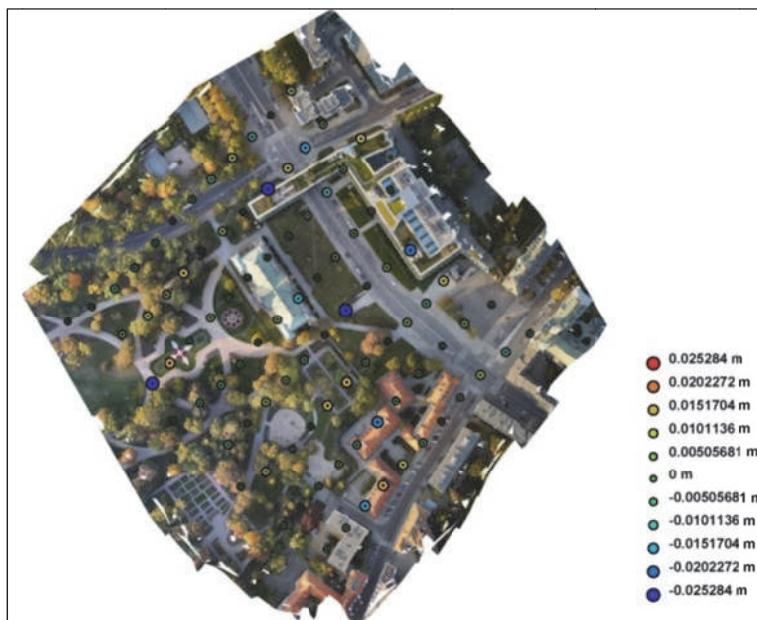
| Vrsta digitalne kamere | Rezolucija | Žarišna duljina | Veličina piksela | Prethodna kalibracija |
|----------------------------|-------------|-----------------|---------------------|-----------------------|
| Lumix GX1-Pancake 14mm-PRO | 4592 x 3448 | 14 mm | 3,76742 x 3,7703 um | Ne |

Položaj kamere i broj preklopa snimljenih fotografija pokazuju da je cijelo područje obuhvaćeno velikim brojem točaka, što doprinosi konačnoj preciznosti rezultata mjerenja (slika 8).

Još bolje predocene lokacije kamere i točnosti njenog položaja prikazano je na slika 9 gdje je pogreška Z koordinate predstavljena bojom elipse, a X, Y pogreška oblikom elipse.



Slika 8: Položaji kamere i preklop snimaka



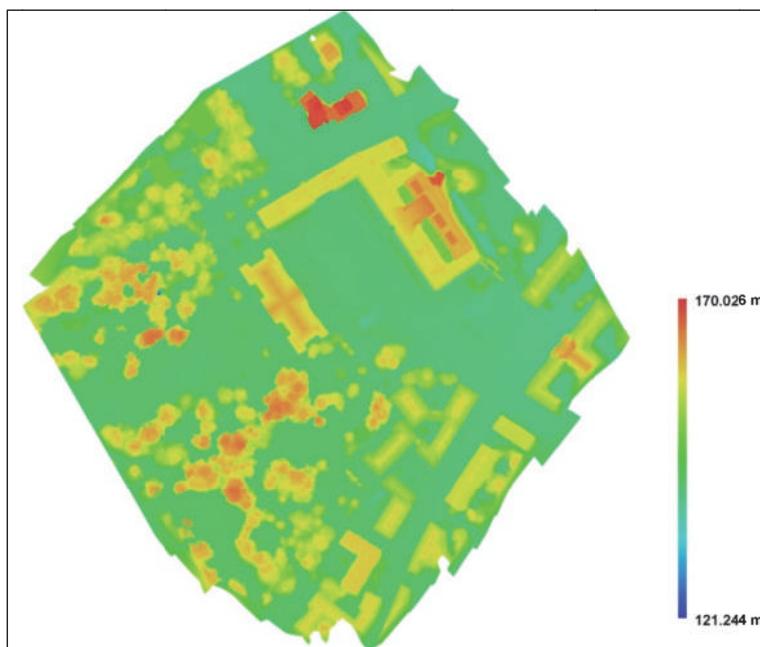
Slika 9: Pogreške položaja kamere

Prosječna pogreška položaja kamere dana je u tablici 7.

Tablica 7: Prosječna pogreška položaja kamere

| X error [m] | Y error [m] | Z error [m] | Total error [m] |
|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| 0,001591 | 0,002018 | 0,008881 | 0,009245 |

Digitalni visinski model prikazan je gustoćom od 307 306 točaka po m^2 i rezolucijom od 0,0570446 m/pix (slika 10).



Slika 10: Visinski digitalni model

Kod predočenog primjera potrebno je naglasiti da se radi o manjem projektu koji je izvođen u Varšavi (gradsko područje) gdje je internetska veza stabilna tako da je RTCM korekcija s GNSS mreže bila neprekidna i dostupna cijelo vrijeme izvođenja leta. Iz rezultata prosječne pogreške položaja kamere, vidljivo je da je pogreška Z koordinate (0,009 m) veća od X, Y pogreške (0,002 m) međutim kod većih projekata gdje let traje duže i područje koje snimamo nije u gradskim područjima, možemo očekivati veću visinsku pogrešku (nekoliko centimetara).

Kao što smo ranije napomenuli, konstantan i stabilan prijem korekcije je najbitniji zahtjev da bi naši rezultati mjerena bili pouzdani. Također je bitno napomenuti da je kod većih projekata visinska točnost bolja ako koristimo vlastitu baznu stanicu.

7. Zaključak

Bespilotne letjelice s integriranim preciznim dvofrekvencijskim GNSS uređajem sigurno će pronaći svoju primjenu u geodeziji. Rješavanjem pitanja zakonske regulative ovakav će sustav svakako u bliskoj budućnosti biti testiran u CROPOS-u kako bi se iskoristile prednosti dobivanja korekcije na brz i ekonomičan način.

Cijena ovakvih UAV sustava je svakako viša od sustava koji koriste orientacijske točke, ali njihova ekonomska isplativost na područjima gdje je zemaljsko određivanje točaka nemoguće ili ugrožava ljudski život je svakako opravdana.

Primjena bespilotnih letjelica u svrhu generiranja 3D prikaza predmetnog područja svakako je veliki korak naprijed u geodetskoj svakodnevničkoj. Bit je ostala ista, prikupljaju se podatci iznimne točnosti, samo što je tehnologija omogućila da proces prikupljanja bude efikasniji, brži i često ekonomski isplativiji budući da je ključni faktor kreiranja cijene finalnog proizvoda zapravo uloženo vrijeme. Predviđena zakonska regulativa i postavljeni uvjeti svakako će odrediti isplativosti korištenja navedenih sustava. Svaku odabranu metodu izmjere potrebno je prilagoditi terenskim uvjetima, tehničkim ograničenjima, zakonskoj regulativi i prije svega zahtjevima korisnika. Razmatranjem korištenja navedenih sustava potvrđujemo tezu o sveprisutnjem trendu masovnog prikupljanja velike količine prostornih podataka. U sljedećim fazama svakako trebamo razmotriti kako iskoristiti prikupljene

podatke u svrhu generiranja prostornih znanja i donošenja bitnih odluka u kojima je ključna baš ta prostorna komponenta.

Literatura

Premužić, M., Šugar, D., Marjanović, M. (2010): Koncepti mrežnih RTK rješenja, Zbornik radova III. simpozija ovlaštenih inženjera geodezije, Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije, 2010., str. 174. -186.

Grgić, I., Bjelotomić, O., Repanić, M., Lučić, M., Bašić, T. (2009): CROPOS u funkciji velikih geodetskih projekata, 1. CROPOS konferencija, Zbornik radova, 2009., str. 75. -86.

Pavlik, D., Popčević, I., Rumora, A. (2014): Bespilotne letjelice podržane INS i GNSS senzorima, Ekscentar, br. 17, str. 65. -70.

„SIRIUS Aerial Image UAS & MAVinci Desktop“ priručnik, MAVinci Unmanned aerial systems, 2015.

URL 1: Sirius Pro, <http://www.topconpositioning.eu/mass-data-collection/aerial-mapping/sirius-pro> (15.02.2015.)

URL 2: MAVinci - Unmanned Aerial Systems, <http://www.mavinci.de> (15.02.2015.)

URL 3: MAVinci Sirius Pro Brochure,
http://www.mavinci.de/download/MAVinci_SIRIUS_2014.pdf (15.02.2015.)

URL 4: Agisoft PhotoScan softver, <http://www.agisoft.com> (15.02.2015.)

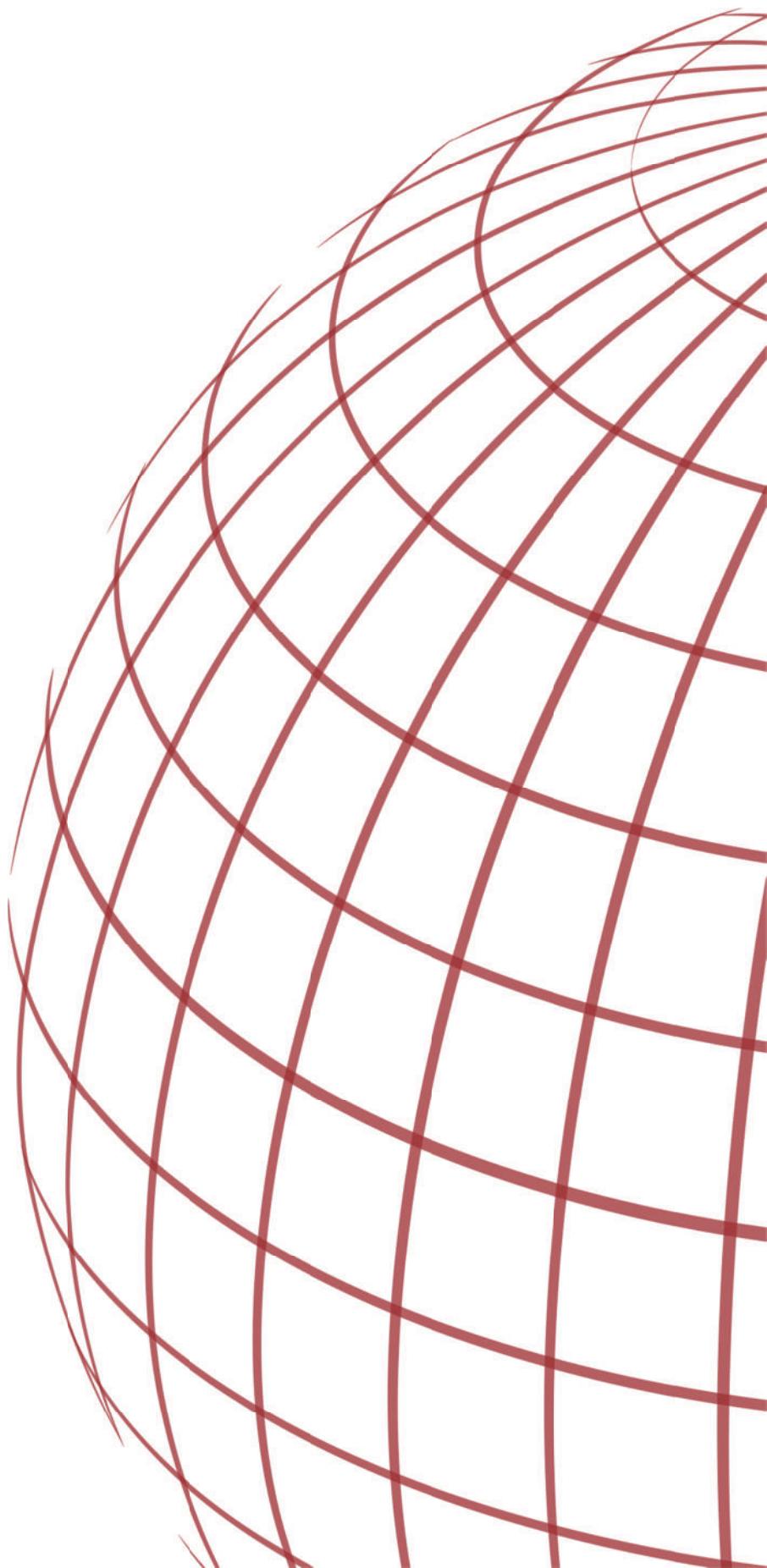
URL 5: Organizacija zračnog prostora FIR-a Zagreb,
<http://www.crocontrol.hr/OrganizacijaZracnogProstora> (15.02.2015.)

URL 6: Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova,
http://www.ccaa.hr/download/documents/nacrt-uas-pravilnika-nakon-komentara_1543 (05.04.2015.)

Use of unmanned aerial vehicles with CROPOS

Abstract. Fast development and technological progress of unmanned aerial vehicles caused a huge interest in land surveying business. Amongst many manufacturers that produce these kinds of aircrafts, there are some that are integrating highly accurate dual frequency GNSS devices. These kinds of systems use GNSS RTK method of measuring (in combination with precise time measuring technology) so that they can define the exact position of camera at each moment of exposition. Because of that advantage, one doesn't need to measure the coordinates of GCPs (ground control points) and that is why the time needed to complete the measurements is a lot shorter and, as a result, productivity is significantly higher. The first UAV system using this technology is Topcon's Sirius Pro UAV. In this article we are talking about the advantages of the above mentioned system and the possibilities when using CROPOS network for improved positioning during surveys.

Keywords: CROPOS, GNSS RTK method, Ground Control Point (GCP), Topcon Sirius Pro, Unmanned Aerial Vehicles (UAV).



Praktična primjena CROPOS-a – iskustva korisnika

Usporedba podataka o položaju vodoopskrbne mreže korištenjem GNSS uređaja uz primjenu CROPOS sustava za potrebe GIS-a

Marija Brajković, Damir Šantek, Loredana Greblo

Automatizacija primjene i ispitivanje kvalitete Hrvatskog transformacijskog modela visina

Nevio Rožić, Marko Radanović, Dino Železnjak

Empirijska usporedba različitih transformacijskih modela s T7D modelom na području grada Zagreba

Marijan Grgić, Šime Skočić, Matej Varga, Marija Pejaković, Tomislav Bašić

Procjena visinske točnosti SRTM i ASTER globalnih digitalnih modela reljefa na području Republike Hrvatske

*Matej Varga, Ivana Vidić, Marijan Grgić, Olga Bjelotomić,
Marija Pejaković, Tomislav Bašić*

Analiza kontinuiranih mjeranja na odabranim EPN stanicama

Željko Hećimović, Matjaž Štanfel, Gordan Horvat

Moguća primjena CROPOS-a u lokalnoj samoupravi

Josip Lisjak, Krešimir Ljulj, Mario Landek

Zapisivanje podataka CROPOS GNSS mjeranja u XML formatu - korak ka digitalnom geodetskom elaboratu

Saša Vranić, Mario Mader, Hrvoje Matijević, Tomislav Bašić

Primjena CROPOS-a u području katastra i postojeći propisi

Nikola Vučić, Marinko Bosiljevac, Antonio Šustić

Usporedba podataka o položaju vodoopskrbne mreže korištenjem GNSS uređaja uz primjenu CROPOS sustava za potrebe GIS-a

*Stručni rad*Marija Brajković¹, Damir Šantek², Loredana Greblo³

¹Čipri 43 b, 52000 Pazin, Republika Hrvatska, marija.brajkovic@pu.t-com.hr

²Petrinjska ulica 6, 44400 Gлина, Republika Hrvatska, dsantek0@gmail.com

³Naselje Verona 1, 52420 Buzet, Republika Hrvatska, loredana.greblo@ivb.hr

Sažetak. U radu je analizirana veza između praktične primjene prikupljanja položaja vodoopskrbne mreže (korištenjem GNSS uređaja uz primjenu CROPOS sustava) i obrade podataka. Prikupljene podatke o položaju (E, N) s GNSS prijemnicima, u realnom vremenu, usporedit će se s obrađenim podatcima u post-procesingu. Napraviti će se analiza uz unaprijed zadane parametre: *preciznost* određivanja položaja, *vrijeme* mjerena u realnom vremenu i obrada istih u post-procesingu. Uzimajući u obzir unaprijed zadane parametre, analiza je pokazala ekonomičniju metodu za prikupljanje i obradu podataka o položaju vodoopskrbne mreže. Položajno evidentirana, nadzemno ili podzemno položena infrastruktura, nužna je za upravljanje prostorom države, županija, jedinica lokalne (regionalne) samouprave, a upraviteljima/vlasnicima je neophodna za planiranje nove i održavanje postojeće. Sadašnje tehnološke mogućnosti za postizanje kvalitete prikupljanja položaja i njegovo održavanje, kroz prilagođeno GIS okruženje, daje mogućnosti o kojima se prije 30-tak godina u Hrvatskoj moglo samo sanjati. Većina upravitelja/vlasnika infrastrukture za svoje potrebe, za potrebe ishodenja građevinske dokumentacije, položajne evidencije i dr. koriste GNSS uređaje za precizna geodetska mjerena i ručne GNSS uređaje prilagođene za GIS sustave te je korištenjem CROPOS sustava moguće postići zadovoljavajuću preciznost i pouzdanost mjerena. Istarski vodovod Buzet, već cijelo jedno desetljeće, koristi GNSS uređaje za prikupljanje podataka položaja vodoopskrbne mreže, prije koristeći permanentne stanice slovenske mreže, a CROPOS sustav od početka uspostave 2008. godine. Nije potrebno naglašavati koliko se ubrzao proces prikupljanja podataka tijekom izgradnje, koristeći prilagođene GNSS uređaje, u postupku stvaranja GIS-a Istarskog vodovoda Buzet.

Ključne riječi: analiza, CROPOS, GNSS, položaj, preciznost.

1. Uvod

Položajno evidentirana nadzemno ili podzemno položena infrastruktura nužna je za upravljanje prostorom države, županija, jedinica lokalne (regionalne) samouprave, a upraviteljima/vlasnicima je neophodna za planiranje nove i održavanje postojeće infrastrukture. Tehnološke mogućnosti u postizanju kvalitete prikupljanja položaja infrastrukture i održavanje kroz prilagođeno GIS okruženje, daje mogućnosti koje upravitelji/vlasnici infrastrukture ne bi trebali zanemarivati, a lokalna samouprava propuste oprštati upraviteljima i loše upravljati prostorom.

Većina upravitelja/vlasnika infrastrukture za svoje potrebe, za potrebe ishodenja građevinske dokumentacije, položajne evidencije i dr. koriste GNSS uređaje za precizna geodetska mjerena (katastar vodova) i tzv. ručne GNSS uređaje prilagođene za GIS, koji imaju zadovoljavajuću preciznost i pouzdanost mjerena uz mogućnost korištenja CROPOS sustava. Istarski vodovod Buzet (IVB) već cijelo jedno desetljeće koristi GNSS uređaje za prikupljanje podataka položaja vodoopskrbne mreže, prije koristeći permanentne stanice slovenske mreže, a CROPOS sustav od uspostave 2008. godine. Nije potrebno naglašavati koliko se ubrzao proces prikupljanja podataka tijekom izgradnje, ali i već izgrađene cjevovode koji nikada nisu položajno snimljeni koristeći prilagođene GNSS uređaje, u postupku stvaranja GIS-a IVB-a.

IVB registrirano je trgovacko društvo od 1995. godine sa sjedištem u Buzetu, kojemu je primarna zadaća zahvaćanje, pročišćavanje i distribucija vode. Osnivači IVB je osam gradova

i 21 općina, što predstavlja oko 2/3 Istarskog poluotoka. Povijest IVB datira od davne 1933. godine kada su izvedeni prvi radovi na kompleksu izvora Sveti Ivan u Buzetu: kaptaža izvora, uređaji za kondicioniranje vode, strojarnica, gravitacijski cjevovod od Buzeta do Sv. Stjepana, crpna stanica Sv. Stjepan, tlačni cjevovod, rezervoar Medici i opskrbni cjevovod Medici, Leganisi, Oprtalj, Triban, Buje. U osamdeset godina svog postojanja IVB je izgradio 2300 km vodovodne mreže, što iznosi preko 99,5 % prostora za područje djelovanja. Gradnja vodovodne mreže pratila je potrebe stanovništva, prema prostornim planovima gdje se planirala.

Na području Hrvatske prvi propis koji je definirano vodove bio je Pravilnik o metodama i načinu rada pri premjeru podzemnih instalacija i objekata iz 1969. godine. Nakon toga Zakon o katastru vodova iz 1973. godine i 1988. godine i Pravilnik o katastru vodova iz 1989. godine. Važeći Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina (NN 16/2007) i Pravilnik o katastru vodova (NN 71/2008) definira katastar vodova kao registar o komunalnoj infrastrukturi koja se nalazi nad/ispod zemlje, pod vodom i pridružene im objekte.

Od prve izgradnje vodovodne mreže i pripadajućih objekata pa do sada, IVB ima položajno evidentirano tek oko 60 %, što se ne poklapa niti s propisima niti s potrebama o evidentiranju. Zašto su se neke dionice cjevovoda položajno evidentirale, a neke nisu, teško je sada reći, no činjenice da IVB položajno neevidentiranu vodoopskrbnu mrežu (otprilike 40 %) žurno mora odraditi. Upravo zbog te činjenice struka u IVB pokušava pronaći najbolja i najbrža rješenja u pogledu uštete vremena i novca kod prikupljanja položaja cjevovoda i pripadajućih objekata, ali poštujući propisanu točnost mjerjenja. U tu svrhu nabavila su se tri GPS TRIMBLE uređaja prilagođena za GIS, deset centimetarsku točnosti mjerjenja. S obzirom da IVB godina koristi precizni GPS TRIMBLE R8, koji uglavnom služi za geodetska snimanja, iskolčenja cjevovoda i snimanja za izradu elaborata katastra vodova, poslužio je za mjerjenja u ovom radu.

2. Cilj rada

U IVB geodetska mjerjenja kod izgradnje cjevovoda izvode se sukladno propisima (NN 71/2008) kod otvorenog kanala, za razliku od neevidentirane vodovodne mreže čiji se položaj, za potrebe GIS, određuje prikupljanjem položaja vidljivih objekata: položaja cijevi u šahtu i položaja loma cjevovoda. Smjer cijevi od šahta/loma ide uglavnom pravocrtno. Sadašnjom tehnologijom, uz dovoljnu količinu informacija (položaj, materijal, profil itd.) o različitim objektima (cijev, šaht, hidrant, kontrolni vodomjer), moguće je bolje upravljanje i održavanje vodoopskrbne mreže. S obzirom da je još uvijek veliki postotok neevidentirane vodoopskrbne mreže u IVB, što znači da je baza GIS-a nepotpuna i otežano je upravljanje održavanjem i prostorom, nužno je pronaći zadovoljavajuću točnost mjerjenog položaja, te prikupiti u optimalnom vremenu što više podataka o položaju cjevovoda.

IVB je postavio za cilj - pronaći najekonomičniji način prikupljanja položaja preostale neevidentirane mreže (cca 800 km) uz unaprijed zadane parametre. Parametri koji su uzeti u analizu su: zadovoljavajuća točnost položaja cjevovoda, odgovarajući GNSS uređaj, vrijeme prikupljanja položaja, ulaganje u GNSS.

Za realizaciju postavljenog cilja bilo je potrebno ispitati točnost snimanja s GNSS uređajem: TRIMBLE GEO 7X prilagođenim za GIS u realnom vremenu i post-procesing u odnosu na geodetski GNSS uređaj TRIMBLE R8 u realnom vremenu, na način da se mjeri položaj identičnih točaka (vidljivih točaka na izgrađenom cjevovodu: projiciranu *točku cijevi na šahtu i lom*) potrebno je usporediti mjerjenja i prikazati odstupanja mjerjenja GNSS prilagođenim za GIS, TRIMBLE GEO 7X u realnom vremenu i post-procesingu, u odnosu na GPS TRIMBLE R8 u realnom vremenu uz pomoć CROPOS sustava.

3. Točnosti mjerjenja kod određivanja koordinata točaka vodova

Kako bi se osiguralo pravilno korištenje trajnog višenamjenskog sustava za satelitsko pozicioniranje CROPOS te GNSS metode mjerjenja u katastarskom sustavu, u proteklom su razdoblju izrađene Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu RH (u dalnjem tekstu: Specifikacije) donesene na temelju članka 166. Zakona (NN 16/2007 i 124/2010). Specifikacije su objavljene na službenim stranicama Državne geodetske uprave te su stavljene u uporabu Odlukom ravnatelja Državne geodetske uprave od 10. listopada 2011. godine. Specifikacije se koriste za potrebe katastra zemljišta, katastra nekretnina, katastra vodova, detaljne topografske izmjere, izrade geodetskih podloga i svih drugih georeferenciranih prikaza te propisuju jedinstven način postupanja pri izradi digitalnog zapisa koordinata točaka.

Točnost određivanja pomoćnih točaka, u kojemu je propisano da pri određivanju koordinata pomoćnih točaka treba ispuniti uvjet točnosti, propisan za IV razred preciznosti položaja geodetske osnove iz čl. 50. Pravilnika o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova te da se ispunjavanje uvjeta točnosti dokazuje ocjenom točnosti za pomoćne točke. Za ispunjenje ovih uvjeta neophodno je provesti dvostruka mjerjenja. U stručnoj su javnosti ove specifikacije izazvale raspravu o tome da li je potrebno provoditi dvostruka mjerjenja pri korištenju GNSS tehnologije za potrebe kataстра.

Razlozi ovih propitivanja su u različitim ulogama koje u primjeni propisa imaju fizičke i pravne osobe, u odnosu na Državnu geodetsku upravu i njene urede s ispostavama (u dalnjem tekstu Državna geodetska uprava). Interes fizičkih i pravnih osoba, koje obavljaju poslove državne izmjere i katastra, u prvom redu je ekonomski (ukidanje provođenja dvostrukih mjerjenja), dok je interes Državne geodetske uprave, kao donosioca propisa, osigurati da se postupcima mjerjenja osigura postizanje propisane točnosti i pouzdanosti mjerjenja (Šantek, 2015).

Ispitivanja koja su provedena i javno objavljena u radu, Ispitivanje CROPOS-a (Šantek, 2013) pokazuju da kvalitetnom analizom podataka mjerjenja, možemo sa sigurnošću reći, koje koordinate, kojih točaka, se nalaze unutar dopuštenih odstupanja i za koje nije nužno potrebno ponovno mjerjenje te tako postići efikasniju i kvalitetniju uporabu GNSS uređaja.

Za primjenu GNSS mjerjenja u katastru pri provođenju katastarske izmjere odnosno bilo kojih drugih radova koji podrazumijevaju određivanje točaka mjerjenjem na terenu, od posebne važnosti su: Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova (NN 87/2009), prilozi 1, 2 i 3 Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske i Pravilnik o katastarskoj izmjeri i tehničkoj reambulaciji (NN 147/2008a). Iz navedenih propisa sljedi da se za točke geodetske osnove, za obavljanje radova katastarskih izmjera, određene GNSS metodom mjerjenja, primjenjuju propisi koji vrijede za referentnu mrežu 3. reda, članak 18. Pravilnika o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova (NN 87/2009), dok je izmjera svih ostalih točaka određena točkom 2.4. Tehničkih specifikacija za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske (Državna geodetska uprava 2013), u suglasju s Pravilnikom o katastarskoj izmjeri i tehničkoj reambulaciji (NN 147/2008a) odnosno Pravilnikom o katastru vodova (NN 71/2008; NN 148/2009), a koja glasi:

Pri određivanju koordinata točaka međa i drugih granica predmetnih katastarskih čestica, treba ispuniti uvjete za iskazivanje točnosti, propisane Pravilnikom o katastarskoj izmjeri i tehničkoj reambulaciji.

- Za točke međa i drugih granica predmetnih katastarskih čestica, za koje je obavljeno jedno mjerjenje, gore navedenim metodama, potrebno je napraviti kontrolna mjerjenja. Ispunjavanje uvjeta točnosti propisanih Pravilnikom o katastarskoj izmjeri i tehničkoj reambulaciji dokazuje se ocjenom točnosti rezultata mjerjenja.
- Pri određivanju koordinata točaka zgrada i drugih građevina, a koje ujedno nisu i točke međa i drugih granica, mjerena se obavljaju jednostruko, gore navedenim metodama.

- Pri određivanju koordinata točaka granica vrste uporabe zemljišta, mjerenja se obavljaju jednostruko, gore navedenim metodama, uz ispunjavanje uvjeta propisanih Pravilnikom o katastarskoj izmjeri i tehničkoj reambulaciji.
- Pri određivanju koordinata točaka vodova i njima pripadajućih objekata, mjerenja se obavljaju jednostruko, gore navedenim metodama, uz ispunjavanje uvjeta propisanih Pravilnikom o katastru vodova.
- Pri određivanju koordinata točaka objekata detaljne topografske izmjere, kao i točaka za izradu geodetskih podloga i svih drugih georeferenciranih prikaza, mjerenja se obavljaju jednostruko, gore navedenim metodama.
- Točke za koje se može smatrati da su identične na katastarskom planu i terenu određuju se na način kao što je propisan za određivanje koordinata točaka međa i drugih granica.

Točnost digitalnog ortofotoplana i digitalnog modela terena koji se koristi u katastarske svrhe izražava se srednjom pogreškom u položajnom i visinskom smislu i to $m = \pm 0.20$ m za zemljište u granicama građevinskog područja i za građevinsko zemljište izvan granica tog područja, odnosno $m = \pm 0.50$ m za ostalo zemljište (NN 147/2008).

Terenska mjerenja moraju biti obavljena barem onom točnošću kojom je obavljena izmjera na temelju koje je izrađen katastarski operat (NN 16/2007).

Granice vrsta uporabe mjere se jednostruko od lomnih točaka međa i drugih granica i za njihovo je prikazivanje na katastarskome planu potrebna dvostruko manja točnost od one propisane za lomne točke međa i drugih granica (NN 147/2008).

4. Parametri kvalitete GNSS mjerenja

Rezultat pozicioniranja sa satelitskim navigacijskim sustavima karakterizira veći broj statističkih parametara kvalitete. S obzirom na karakter GNSS mjerenja ti statistički parametri kvalitete su specifični, kao i njihovo razumijevanje i interpretacija. Kako je primarni sustav koji se u praksi koristi američki GPS, to su i specifikacije koje se odnose na njega temelj za spomenuto i dane su u dokumentu 2012 Federal Radionavigation Plan, Appendix A (Department of Defense i dr., 2012).

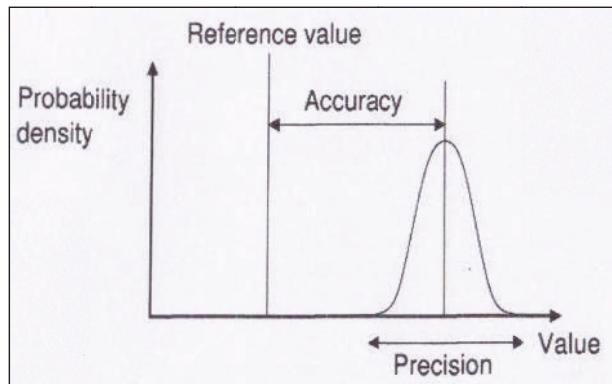
U tom kontekstu se točnost i preciznost često rabe kako bi se opisalo koliko je dobro određena pozicija s GNSS prijamnikom. Pri tome postoje različite definicije ova dva pojma u ovisnosti od aplikacije i korištenog navigacijskog sustava. Tako se točnost, prema Department of Defense i dr. (2012) definira kao statistička mjera koja daje razinu suglasja između procjenjenog ili izmjerенog parametra (npr. pozicije ili brzine) nekog objekta u nekom trenutku vremena i točnog parametra. Kako točnost predstavlja statističku mjeru izvedbe, izjava o točnosti mjernog sustava je beznačajna ukoliko ne sadrži izjavu o nesigurnosti i pozicije na koju se odnosi. Točnost satelitskih navigacijskih sustava uobičajno se daje kao statistička mjera pogreške sustava s razinom povjerenja (npr. 95%) što odražava vjerojatnost dobivene vrijednosti.

Kod GNSS mjerenja, razlikujemo tri tipa točnosti (Hofmann-Wellenhof i dr., 2013.):

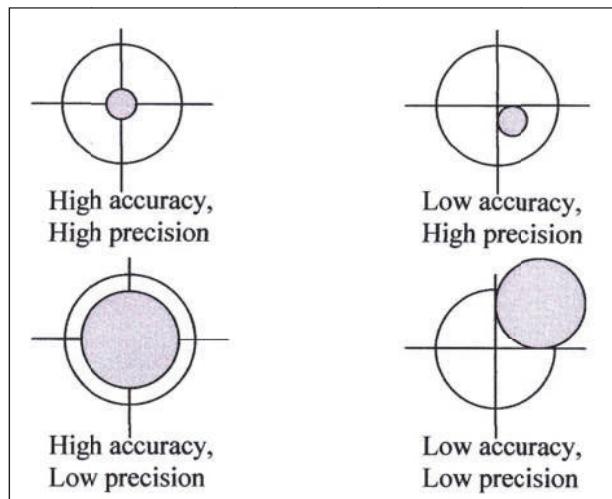
- predvidivu (apsolutnu) točnost koja izražava razinu bliskosti između pozicije koju je navigacijsku sustav odredio i prave pozicije,
- točnost ponavljanje (preciznost) koja opisuje točnost s kojom korisnik može odrediti poziciju točke ponovljenim mjeranjem s istim instrumentarijem
- relativnu točnost koja opisuje točnosti s kojom korisnik može odrediti svoju poziciju relativno, u odnosu na poziciju drugog korisnika, istog sustava, u istom vremenu, neovisno od pogreške, u odnosu na pravu poziciju.

Novatel definira točnost kao mjeru bliskosti procjenjene u odnosu na pravu, ali nepoznatu vrijednost, dok preciznost definira kako mjeru bliskosti opažanja u odnosu na njihovu srednju vrijednost.

Slika 1 prikazuje odnos izmjerene i prave vrijednosti u odnosu na gustoću vjerojatnosti, dok su na slici 2 prikazani mogući odnosi između točnosti i preciznosti. Točna vrijednost smještena je u sjecištu pravaca, središte zasjenjene kružnice predstavlja srednju vrijednost opažanja (izmjerene pozicije ili brzina), a radijus zasjenjene kružnice mjeru nesigurnosti sadržanu u opažanjima.



Slika 1: Funkcija gustoće vjerojatnosti



Slika 2: Odnos točnosti i preciznosti

Drugim riječima, ponavljanjem GNSS mjerjenja, bez poznавanja prave pozicije neke točke, u stanju smo odrediti točnost ponavljanja, preciznost mjerjenja, dok nam je za absolutnu točnost potrebno poznавanje prave pozicije, dakle koordinata neke točke.

Da bi izrazili mjeru točnosti, točnost i preciznost opisuju se s različitim postotcima pri čemu razina vjerojatnosti od $\varepsilon\%$ uvjek ukazuje da $(100 - \varepsilon)\%$ određenih pozicija prelazi iznos navedene točnosti odnosno preciznosti. Statistički izraženo, na način kako je prezentirano u (Hofmann-Wellenhof i dr., 2013.), ako je x slučajna ili stohastička varijabla, a $f(x)$ funkcija gustoće njene distribucije tada integral u izrazu:

$$P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx \quad (1)$$

opisuje vjerojatnost kojom varijabla x obuhvaća bilo koju vrijednost u intervalu $a < x < b$. Srednje očekivanje μ od x je dano izrazom:

$$\mu = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx \quad (2)$$

a varijanca σ^2 od x slijedi iz:

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx \quad (3)$$

gdje kvadratni korijen varijance označavamo kao standardnu devijaciju σ .

Kao mjera točnosti najčešće se koristi srednje kvadratno odstupanje, označeno s RMS (root mean square) odnosno za dvodimenzionalni slučaj DRMS (engl. *Distance Root Mean Square*). DRMS je jedinstveni broj kojim se izražava dvodimenzionalna (horizontalna) točnost. DRMS se dobije kao kvadratni korijen iz kvadrata standardnih devijacija po osima:

$$DRMS = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}. \quad (4)$$

5. CROPOS – Hrvatski pozicijski sustav

CROPOS (Hrvatski pozicijski sustav) je državna mreža referentnih GNSS stanica Republike Hrvatske. Svrha sustava CROPOS je omogućiti određivanje položaja u realnom vremenu s točnošću od ± 2 cm u horizontalnom smislu te ± 4 cm u vertikalnom smislu, na čitavom području države (Državna geodetska uprava, 2009a).

Tablica 1: CROPOS servisi

| CROPOS servisi | Metoda rješenja | Prijenos podataka | Točnost | Format podataka |
|----------------|--|---|------------------------|-----------------|
| DSP | umreženo rješenje kodnih mjerena u realnom vremenu | Wireless Internet (GPRS, UMTS) NTRIP protokol | 0,3 do 0,5 m | RTCM |
| VPPS | umreženo rješenje faznih mjerena u realnom vremenu | Wireless Internet (GPRS, UMTS) NTRIP protokol GSM | 2 cm (2D) 4 cm (3D) | RTCM |
| GPPS | <i>post-processing</i> | Internet (FTP, e-mail) | 1 cm (2D, 3D) | RINEX |

CROPOS sustav čini 30 referentnih GNSS stanica na prosječnoj međusobnoj udaljenosti od 70 km raspoređenih, tako da prekrivaju cijelo područje Republike Hrvatske, u svrhu prikupljanja podataka satelitskih mjerena i računanja korekcijskih parametara. Korekcijski parametri su dostupni korisnicima na terenu putem mobilnog Interneta (GPRS/GSM).

Koordinate referentnih stanica izračunate su u ITRF2005 koordinatnom sustavu, epoha mjerena 2008.83 (GPS tjedan 1503) te zatim transformirane u ETRF00 (R05) sustav (ETRS89). Koordinate točaka odredene pomoću CROPOS sustava u realnom vremenu ili naknadnom obradom podataka mjerena iskazane su u ETRF00 (R05) sustavu (ETRS89) (Državna geodetska uprava, 2009a).

Korisnicima su na raspolaganju tri servisa CROPOS sustava koji se međusobno razlikuju po metodi rješenja, načinu prijenosa podataka i vremenu dostupnosti te točnosti određivanja položaja i formatu podataka (Državna geodetska uprava 2009a) (tablica 1):

- DSP – diferencijalni servis pozicioniranja u realnom vremenu – točnost ispod 1 m

- VPPS – visokoprecizni servis pozicioniranja u realnom vremenu – centimetarska točnost
- GPPS – geodetski precizni servis pozicioniranja – subcentimetarska točnost

6. Terensko mjerjenje položaja GNSS GPS R 8 i GEO 7X i analiza dobivenih podataka položaja (N, E)

Za mjerjenje položaja vidljivih točaka cjevovoda korišteni su ovi GNSS uređaji (URL 1; URL 2):

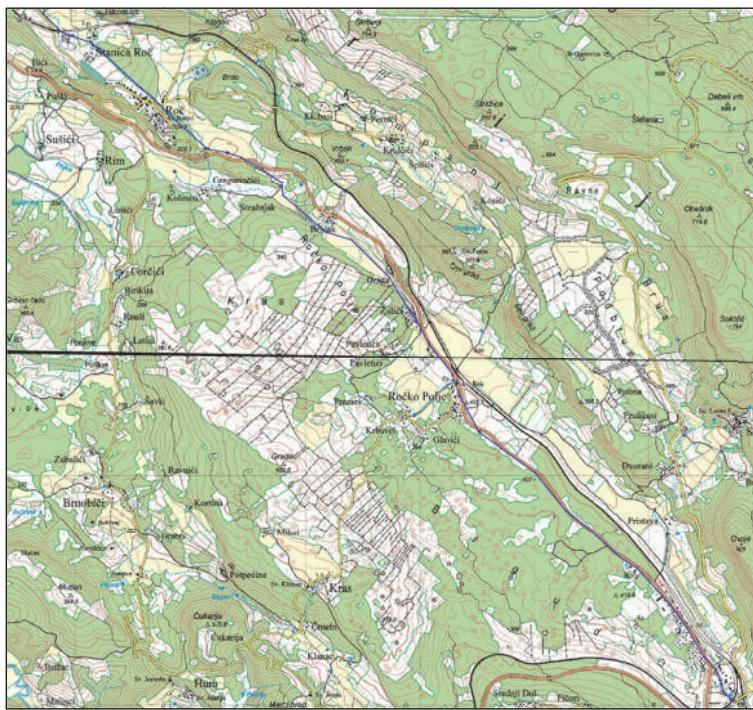
- TRIMBLE R8 za precizna geodetska mjerjenje (slika 3) je GNSS uređaj za precizna geodetska mjerjenja, koristeći popravke dobivene iz CROPOS sustava, u realnom vremenu imaju točnost Cropos Real Time Kinematike $8\text{mm}+0,5\text{ppm}$ RMS horizontalno.
- TRIMBLE GEO 7X s laserskim daljinomjerom ručni je dlanovnik visoke točnosti $10\text{cm}+1\text{ppm}$ (slika 3).



Slika 3: TRIMBLE R8 i GNSS uređaj TRIMBLE GEO 7X

Prema usvojenom planu izvođenja radova u svrhu analize točnosti mjerjenja potrebno je bilo prikupiti položaj vidljivih objekata (šahtovi i lomovi) magistralnog cjevovoda Roč – Lupoglav (slika 4), koji nije evidentiran u GIS IVB. Na šahtovima je označena točka, koja je zapravo projekcija vrha cijevi na površinu šahta, te je izvedeno mjerjenje TRIMBLE R8, zatim se izmjerilo TRIMBLE GEO 7X. Prije samog početka mjerjenja oba GPS uređaja su inicijalizirana. TRIMBLE R8 je imao vrijeme inicijalizacije od 1 minute, dok je vrijeme inicijalizacije TRIMBLE GEO 7X iznosilo 3 – 4 minute. Terensko mjerjenje izvedeno je dva dana u kontinuitetu (03.-04.04.2015) i treći dan (09.04.2015.). Vremenske prilike u oba slučaja su bile veoma povoljne (sunčano vrijeme, temperatura zraka između 10 C i 15 C). Uvjeti na terenu u 80% slučajeva su bili gotovo idealni, a smetanje raslinja i prepreka cca u 20% slučajeva. Dužina izmjerene magistralnog cjevovoda je 9218,76 m, na ukupno 33 izmjerene identične točke s oba GNSS uređaja.

Za analizu veze između praktične primjene prikupljanja položaja vodovodne mreže (realno vrijeme), korištenjem GNSS uređaja uz primjenu CROPOS sustava i obrade istih mjerjenja u post-procesingu, prikupljene podatke o položaju (E, N) s dva GNSS uređaja u realnom vremenu, usporedilo se s obrađenim podatcima u post-procesingu.



Slika 4: Prikaz izmjerene trase Roč - Lupoglav na TK 25

Koordinate točaka dobivene preciznim geodetskim GNSS uređajem TRIMBLE R8 u realnom vremenu uzete su kao referentne, te su se usporedile s koordinatama dobivenim u realnom vremenu i post-procesing s GNSS uređajem TRIMBLE GEO 7X (tablica 2).

Tablica 2: Podatci mjerjenja za analizu

| OBJEKTI TOČKASTI | GNSS | | | | | | | | Δ | | | | | |
|---------------------|------------|-----------|----------------|-----------|------------|-----------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | GEO 7X | | | | R 8 | | | | | | | | | |
| | REALTIME | | POSTPROCESSING | | REALTIME | | | | AN ₁ | ΔE ₁ | fd ₁ | AN ₂ | ΔE ₂ | fd ₂ |
| | N | E | N | E | N | E | | | | | | | | |
| 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | -7-3 | 8-4 | | 7-5 | 8-6 | | | |
| 363S | 5032354.07 | 306829.53 | 5032354.85 | 306830.24 | 5032354.8 | 306830.23 | 0.73 | 0.7 | 1.01 | -0.05 | -0.01 | 0.05 | | |
| 364S | 5032342.8 | 306734.88 | 5032342.23 | 306733.89 | 5032342.24 | 306733.69 | -0.56 | -1.19 | 1.31 | 0.01 | -0.2 | 0.2 | | |
| 365S | 5032011.19 | 306917.25 | 5032011.93 | 306917.42 | 5032011.21 | 306917.24 | 0.02 | -0.01 | 0.02 | -0.72 | -0.18 | 0.74 | | |
| 366S | 5031846.63 | 307075.12 | 5031846.75 | 307077.69 | 5031846.56 | 307077.85 | -0.07 | -0.27 | 0.75 | -0.19 | 0.16 | 0.25 | | |
| 367S | 5031750.91 | 307330.4 | 5031751.21 | 307329.91 | 5031751.18 | 307329.76 | 0.27 | -0.64 | 0.94 | -0.03 | -0.15 | 0.15 | | |
| 368S | 5031734.85 | 307350.91 | 5031734.87 | 307350.6 | 5031734.8 | 307350.85 | -0.05 | -0.06 | 0.07 | -0.07 | 0.25 | 0.26 | | |
| 369S | 5031700.63 | 307391.95 | 5031700.55 | 307392.01 | 5031700.49 | 307391.93 | -0.14 | -0.02 | 0.14 | -0.06 | -0.08 | 0.19 | | |
| 370S | 5031350.05 | 307750.85 | 5031349.88 | 307751.17 | 5031350.2 | 307751.21 | 0.15 | 0.36 | 0.39 | 0.32 | 0.04 | 0.32 | | |
| 371S | 5031256.49 | 307860.95 | 5031256.26 | 307861.27 | 5031256.38 | 307861.34 | -0.11 | 0.39 | 0.41 | 0.12 | 0.07 | 0.14 | | |
| 372S | 5030810.36 | 308329.44 | 5030810.24 | 308329.72 | 5030810.31 | 308329.75 | -0.05 | 0.31 | 0.31 | 0.07 | 0.03 | 0.08 | | |
| 373S | 5030779.52 | 308492.73 | 5030779.6 | 308492.97 | 5030779.56 | 308493.17 | 0.04 | 0.44 | 0.44 | -0.04 | 0.2 | 0.2 | | |
| 377S | 5030629.62 | 308790.4 | 5030629.59 | 308791.59 | 5030629.52 | 308791.59 | -0.1 | 1.19 | 1.19 | -0.07 | 0 | 0.07 | | |
| 374S | 5030469.04 | 308967.59 | 5030469.49 | 308968.2 | 5030468.91 | 308968.2 | -0.13 | 0.61 | 0.62 | -0.09 | 0 | 0.09 | | |
| 375S | 5030075.36 | 309331.14 | 5030075.33 | 309331.51 | 5030075.29 | 309331.54 | -0.07 | 0.4 | 0.41 | -0.04 | 0.03 | 0.05 | | |
| 376S | 5029660.26 | 309890.85 | 5029660.37 | 309890.94 | 5029660.5 | 309890.98 | 0.24 | 0.13 | 0.27 | 0.13 | 0.04 | 0.14 | | |
| 378S | 5029201.1 | 310164.94 | 5029201.15 | 310165.22 | 5029201.08 | 310165.29 | -0.02 | 0.35 | 0.35 | -0.07 | 0.07 | 0.1 | | |
| 379S | 5029085.74 | 310217.78 | 5029085.48 | 310217.84 | 5029085.29 | 310217.8 | -0.45 | 0.02 | 0.45 | -0.19 | -0.04 | 0.23 | | |
| 380S | 5028793.65 | 310431.51 | 5028793.51 | 310431.88 | 5028793.48 | 310431.9 | -0.17 | 0.39 | 0.42 | -0.03 | 0.02 | 0.04 | | |
| 381S | 5028601.03 | 310500.35 | 5028600.46 | 310500.33 | 5028600.96 | 310500.51 | -0.07 | 0.16 | 0.17 | 0.5 | 0.18 | 0.53 | | |
| 382S | 5028294.53 | 310654.26 | 5028294.62 | 310654.43 | 5028294.62 | 310654.44 | 0.09 | 0.18 | 0.2 | 0 | 0.01 | 0.01 | | |
| 383S | 5027938.39 | 311133.57 | 5027938 | 311133.82 | 5027937.91 | 311133.64 | -0.48 | 0.07 | 0.85 | -0.09 | -0.18 | 0.2 | | |
| 384S | 5027603.79 | 311392.73 | 5027603.8 | 311392.76 | 5027603.7 | 311392.74 | -0.09 | 0.01 | 0.09 | -0.1 | -0.02 | 0.1 | | |
| 385S | 5027347.47 | 311694.33 | 5027347.57 | 311694.34 | 5027347.56 | 311694.36 | 0.09 | 0.03 | 0.29 | -0.01 | 0.02 | 0.03 | | |
| 386S | 5027172.6 | 311877.88 | 5027172.51 | 311878.01 | 5027172.55 | 311877.99 | -0.05 | 0.11 | 0.12 | 0.04 | -0.02 | 0.04 | | |
| 386S2 | 5027082.05 | 312012.32 | 5027082.84 | 312013.36 | 5027082.71 | 312013.36 | 0.66 | 1.04 | 1.23 | -0.13 | 0 | 0.13 | | |
| 387S | 5026758.43 | 312292.33 | 5026757.88 | 312293.02 | 5026757.7 | 312293.06 | -0.73 | 0.73 | 1.03 | -0.18 | 0.04 | 0.18 | | |
| 388S | 5026562.66 | 312430.91 | 5026562.96 | 312430.8 | 5026562.94 | 312430.89 | 0.28 | -0.02 | 0.28 | -0.02 | 0.09 | 0.09 | | |
| 390S | 5026308.04 | 312573.82 | 5026307.38 | 312573.79 | 5026307.37 | 312573.85 | -0.67 | 0.03 | 0.67 | -0.01 | 0.06 | 0.06 | | |
| 391S | 5026195.7 | 312673.71 | 5026195.85 | 312673.69 | 5026195.8 | 312673.7 | 0.1 | -0.01 | 0.1 | -0.05 | 0.01 | 0.05 | | |
| 392S | 5026095.72 | 312713.47 | 5026095.68 | 312714.36 | 5026095.76 | 312714.39 | 0.04 | 0.92 | 0.92 | 0.08 | 0.03 | 0.08 | | |
| 393S | 5025998.42 | 312737.24 | 5025998.64 | 312737.37 | 5025998.74 | 312737.39 | 0.32 | 0.15 | 0.35 | 0.10 | 0.02 | 0.1 | | |
| 394S | 5025925.16 | 312805.02 | 5025925.37 | 312804.83 | 5025925.43 | 312804.92 | 0.27 | -0.1 | 0.28 | 0.06 | 0.09 | 0.11 | | |
| 395S | 5025914.62 | 312816.39 | 5025914.89 | 312816.49 | 5025914.85 | 312816.6 | 0.23 | 0.21 | 0.31 | -0.04 | 0.11 | 0.12 | | |

16,39

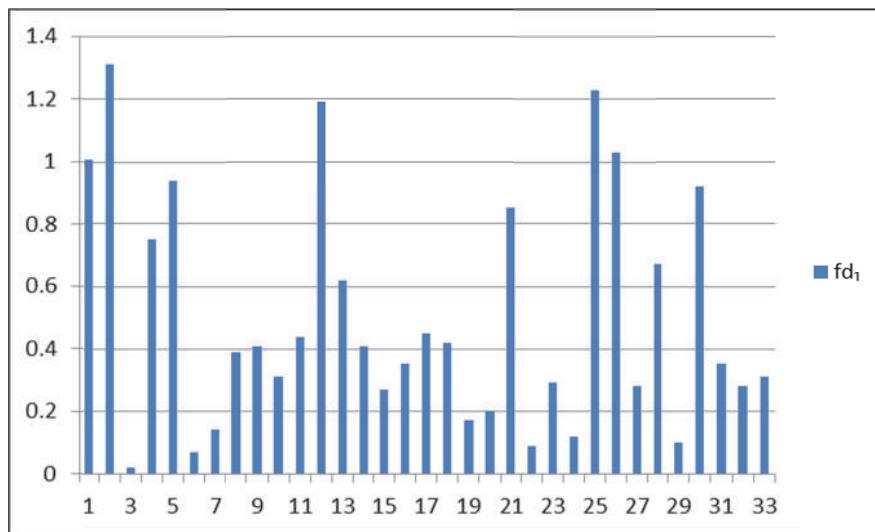
5,13

Na reprezentativnom uzorku od samo 33, položajno mjerene točke, na dužini od 9,2 km, fokus je bio na preciznosti mjerjenja identičnih točaka. Kao referentne koordinate (prava pozicija) uzete su koordinate (E, N) mjerene s preciznim GNSS TRIMBLE R8 u realnom vremenu.

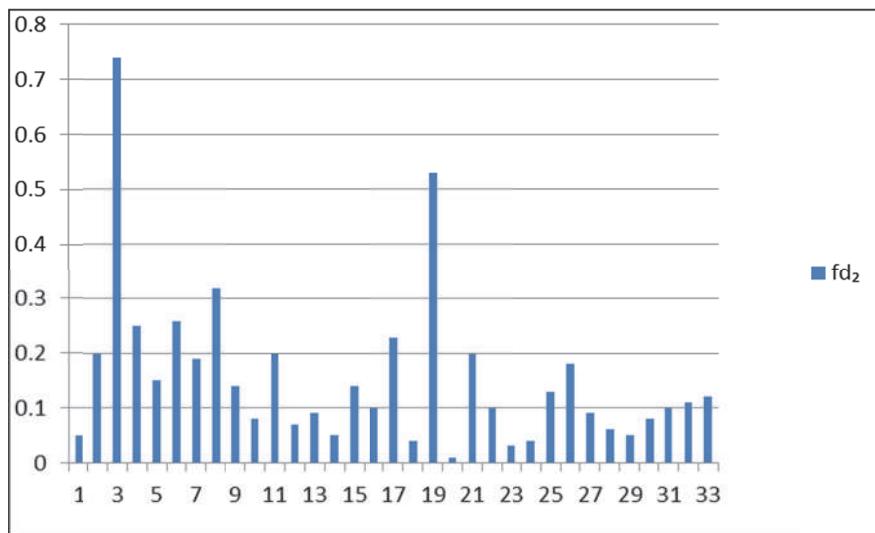
Zatim su te koordinate uspoređene s dobivenim koordinatama mjerenum s GNSS GEO 7X dobivene u realnom vremenu i izračunate u post-procesingu. Dobivene razlike (ΔN , ΔE), prikazane su u tablici 2 i grafički vidljive na istom dijagramu (slika 7).

Mjerene koordinate u realnom vremenu s GNSS uređajem GEO 7X, koji je predviđen za GIS mjerjenja u odnosu na mjerjenja položaja s TRIMBLE R8, kada se u obzir uzmu sva mjerjenja imaju srednju vrijednost odstupanja po udaljenosti od položaja koji se uzeo kao referentni (fd) 50 cm, a kada se izostave mjerjenja koja značajno odstupaju (na tri mjerene točke zbog ometanje raslinja), srednja vrijednost se smanjuje na (fd) 42 cm (slika 5). Kada se uspoređuju mjerjenja s GNSS GEO 7X obrađena u post-procesingu, dobivena srednja vrijednost odstupanja smanjuje se na prihvatljivu točnost za GIS snimanja u iznosu od 16 cm (slika 6), što je u području točnosti snimanja propisanog Pravilnikom o katastru vodova (NN 71/2008; NN 148/2009).

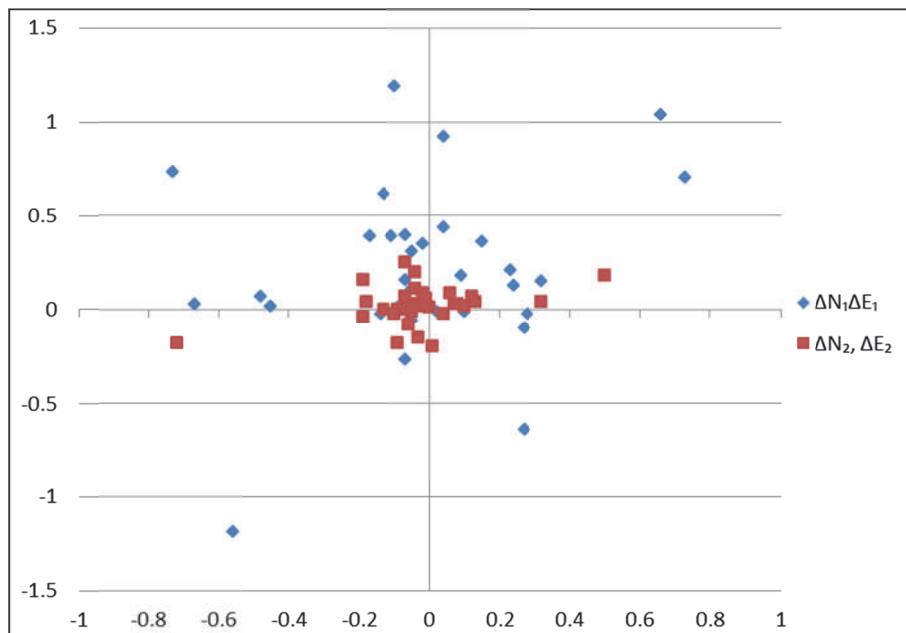
Analiza provedena na malom uzorku pokazala je da su uz unaprijed zadane parametre (preciznost mjerjenja, GNNS uređaj, vrijeme) od kojih je najvažnija preciznost određivanja položaja točaka cjevovoda mjerenih s GNSS GEO 7X uređajem obrađenih u post-procesingu zadovoljavajuća i u skladu su s važećim propisom (NN 71/2008; NN 148/2009). Mjerjenje s manje preciznim GNNS uređajem daje prihvatljivu preciznost za potrebe GIS-a, što u konačnici usmjerava Istarski vodovod Buzet u ekonomičnije prikupljanje podataka položaja.



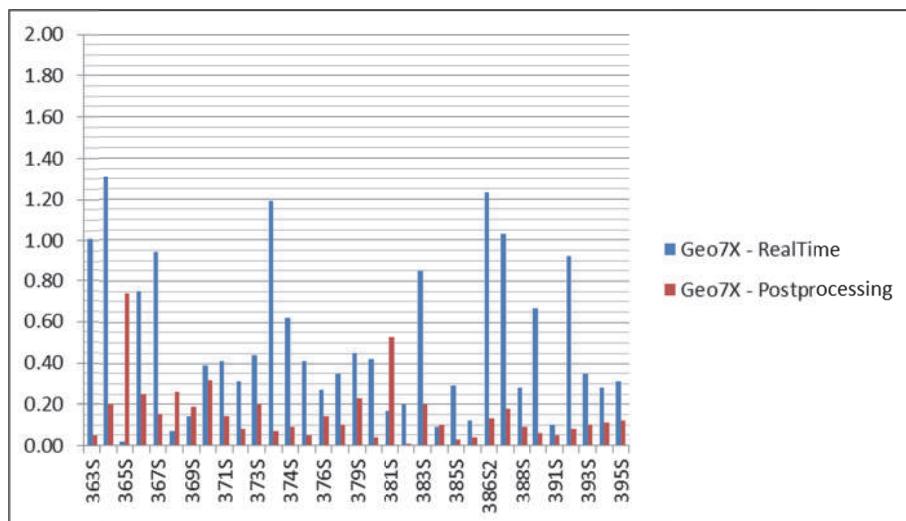
Slika 5: Prikaz variranja udaljenosti fd_1 od referentne vrijednosti



Slika 6: Prikaz variranja udaljenosti fd_2 od referentne vrijednosti



Slika 7: Disperzija točaka u odnosu na točke mjerene s TRIMBLE R8



Slika 8: Usporedba fd_1 i fd_2 po pojedinim mjerjenim točkama

Usporedba vrijednosti fd_1 i fd_2 po pojedinim mjernim točkama (slika 8) zorno pokazuje da se precizniji rezultati dobiju naknadnom obradom podataka (postprocesing) i s GNSS uređajem koji se koristi za GIS (TRIMBLE GEO 7X), odnosno preciznost mjerjenja se približava mjerenuju s GNSS TRIMBLE R8.

7. Zaključak

Kroz analizu mjerjenja s GNSS uređajima različitih točnosti, uz korištenje CROPOS sustava, nameće se zaključak o važnom parametru kod određivanje položaja, a to je preciznost ili relativna točnost mjerjenja, o čemu se u GIS-u mora voditi računa, pogotovo kod prikaza infrastrukture u prostoru. Slabija preciznost izmjerene položaja infrastrukture može upravljanje prostorom preusmjeriti u lošije projekte, a kasnije i izgradnju. Istarski vodovod je pronašao GNSS uređaj, koji ima prihvatljivu preciznost kod određivanja položaja svoje

nevidljive vodoopskrbne mreže i prihvatljuju cijenu, što će doprinijeti ekonomičnosti u popunjavanju baze GIS-a u vremenu potrebnom za mjerjenje položaja i novcu potrebnom za kupnju GNSS uređaja.

Literatura

Republika Hrvatska (2007): Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina, Narodne novine broj 16/2007, 152/08, 124/10, Zagreb, 2007.

Republika Hrvatska (2008): Pravilnik o katastru vodova, Narodne novine broj 71/08, 148/09, Zagreb, 2008.

Republika Hrvatska (2013): Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u kordinatnom sustavu Republike Hrvatske,

Republika Hrvatska (2009): Pravilnik o izvođenju osnovnih geodetskih radova, Narodne novine broj 87/09, Zagreb, 2009.

Department of Defense, Departement of Homeland Security and Department of Transportation (2012): Federal Radionavigation Plan. US National Technical Information Service, Springfield, Virginia, DOT-VNTSC-RITA-08-02/DoD-4650.05.

Hofmann-Wellenhof, B.; Lichtenegger, H.; Wasle, E. (2013): GNSS - Global Navigation Satellite Systems - GPS, GLONASS; Galileo and more. Springer Verlag Wien, New York 2013. ISBN 978-3-11-73012-6.

Šantek, D. (2013): Ispitivanje CROPOS-a, Geodetski list, Vol.67 (90) No.4.

Šantek, D. (2015): Primjena GNSS RTK u katastarskoj izmjeri uz povećanu preciznost i pouzdanost mjerjenja, Doktorska disertacija, Zagreb, Geodetski fakultet sveučilišta u Zagrebu

URL 1: <http://www.trimble.com/mappingGIS/index.aspx> (10.04.2015.)

URL 2: <http://www.geomatika-smolcak.hr/> (10.04.2015.)

Comparison of data on the position of the water supply network using GNSS and CROPOS system for the purposes of GIS

Abstract. The paper analyses the connection between the practical use of the data collection on water network position (employing the GNSS devices along with the CROPOS system) and the data analysis. The gathered data on the (E, N) with the GNSS receiver in real time will be compared with the analyzed data in the post processing. The analysis shall be carried out for the parameters set in advance: position data accuracy and the time of the measurements in real time as well as the data analysis in post processing. Taking into consideration the afore-determined parameters, the analysis showed an economic method for gathering and data analysis on water supply network position. Recorded from the position stance, positioned above - or underground infrastructure is vital for landscape management to a state, county or units of local/regional government, while the managing authority finds it necessary for further planning and maintenance of the existing infrastructure. Current technological possibilities used for reaching high quality positions and their maintenance through the adapted GIS environment gives the possibilities which were quite impossible in Croatia 30 years ago. Most of the infrastructure owners and managing authorities, for the purposes of being issued building documentation, positions files etc. use the GNSS devices for accurate geodetic measurements and manual GNSS devices adapted to the GIS systems; using the CROPOS system, it is possible to reach satisfactory accuracy and reliable measurements. For a decade now, the Istarski vodovod Buzet utility has been using GNSS

devices to gather position water supply network data; earlier by means of a Slovene permanent station and since 2008 the CROPOS system. Needless to say, the process of gaining data has been really sped up during the implementation of the GIS for the Istarski vodovod Buzet utility thanks to the usage of the adapted GNSS devices.

Keywords: analysis, CROPOS, GNSS, position, precision.

Automatizacija primjene i ispitivanje kvalitete Hrvatskog transformacijskog modela visina

Izvorni znanstveni rad

Nevio Rožić¹, Marko Radanović¹, Dino Železnjak¹

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
nrozic@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
maradanovic@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb;
dizeleznjak@geof.hr

Sažetak. Kao jedna od ključnih komponenti vezanih uz pozicioniranje na državnom teritoriju Republike Hrvatske, uz uporabu CROPOS-a ili klasičnih metoda pozicioniranja, javlja se visinska komponenta, odnosno određivanje apsolutnih visina točaka u službenom visinskom referentnom sustavu Republike Hrvatske - HVRS71. Zbog nasljeđa velike količine analognih i digitalnih visinskih podataka koji su proizvedeni do oslužbenjavanja visinskog sustava HVRS71 te pribavljanja recentnih visinskih podataka nakon oslužbenjavanja, kao vrlo važna potreba javila se potreba neposredne transformacije apsolutnih visina između visinskih referentnih sustava, naslijedenog i novog, koja treba biti: jednoznačna, dvosmjerna, učinkovita, pouzdana i primjereno kvalitetna. Za teritorij Republike Hrvatske ova je potreba riješena uvođenjem u službenu uporabu transformacijskog modela visoke točnosti, pod nazivom Hrvatski transformacijski model visina - HTMV. U svrhu uporabe ovaj je model implementiran u službenu programsku aplikaciju za transformaciju koordinata na području Republike Hrvatske *T7D*, koju je verificirala Državna geodetska uprava. S obzirom na činjenicu da transformacija apsolutnih visinskih koordinata diskretnih točaka na državnom teritoriju čini zasebnu transformacijsku cjelinu, u suštini neovisnu od ostalih transformacija koordinata, obavljena je izrada nove programske aplikacije *HTMV_bbi*, na platformi operacijskog sustava *Windows*, za automatiziranu i učinkovitu uporabu HTMV-a. Ona sadrži funkcionalnosti koje izvorno nisu implementirane u programsku aplikaciju *T7D*, tj. ona uz stručnu komponentu uporabe modela sadrži i istraživačku komponentu. Programska aplikacija *HTMV_bbi* omogućuje ispitivanje kvalitete HTMV-a, uz preduvjet pribavljanja skupova visinskih podataka neovisnih od podataka korištenih pri kreaciji modela. Na temelju novih visinskih podataka pribavljenih na lokacijama sjeverne Hrvatske (gradovi: Zagreb, Daruvar, Slavonski Brod i Vukovar) obavljeno je pomoću aplikacije *HTMV_bbi* ispitivanje kvalitete HTMV-a.

Ključne riječi: transformacija visina, HTMV, visinski referentni sustav, kvaliteta, Hrvatska.

1. Uvod

Vlada Republike Hrvatske donijela je 2004. godine Odluku o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i kartografskih projekcija Republike Hrvatske (Narodne novine, 2004), čime je službeno propisana uporaba Hrvatskog visinskog datuma za epohu 1971,5 (HVD71) i Hrvatskog visinskog referentnog sustava (HVRS71), koji zamjenjuje dotadašnji Hrvatski visinski referentni sustav za epohu 1875,5 (HVRS1875).

Kako je HVRS1875 korišten u dugom vremenskom razdoblju, pri rješavanju svakodnevnih geodetskih stručnih i znanstvenih zadaća, evidentan je problem uporabe visinskih koordinata koje su izvorno nastale u tom naslijedenom visinskom sustavu. Stoga, postoji potreba za transformacijom visinskih koordinata iz sustava HVRS1875 u službeni sustav HVRS71 i obratno.

Problematika transformacije riješena je izradom matematičkog modela za transformaciju visinskih koordinata između navedenih visinskih sustava, temeljenih na različitim visinskim

datumima i temeljnim nivelmanskim mrežama (Rožić, 2009c). Model ima naziv Hrvatski transformacijski model visina ili skraćeno HTMV, a kao službeni alat za njegovu primjenu koristi se računalni program *T7D* (Premužić i Šljivarić, 2010).

2. Hrvatski transformacijski model visina - HTMV

Hrvatski transformacijski model visina izrađen je na temelju visinskih koordinata 10564 repera, čije su visinske koordinate poznate u HVRS1875 i HVRS71 sustavima, a koji se nalaze na teritoriju Republike Hrvatske te Bosne i Hercegovine. Olakotna okolnost jest činjenica da su oba visinska sustava izvorno realizirana kao normalno-ortometrijski sustavi visina, pa se visinske koordinate istih repera (točaka) u oba visinska sustava mogu međusobno neposredno uspoređivati. Kako su na području obuhvata HTMV-a visinske koordinate točaka H_S iz visinskog sustava HVRS1875 uvijek dosljedno veće od pripadnih visinskih koordinata H_N u sustavu HVRS71, razlike visina ΔH između visinskih koordinata uvijek su pozitivne i računaju se prema izrazu (Rožić, 2009a):

$$\Delta H = H_S - H_N. \quad (1)$$

Različite definicije visinskih datuma, tj. različita orientacija visinskih referentnih ploha sustava HVRS1875 i HVRS71, su primaran razlog zbog kojeg postoje signifikantne razlike između visinskih koordinata točaka istovremeno obuhvaćenih navedenim sustavima (Rožić, 2009b). Ova po iznosu prevladavajuća komponenta, sadržana u razlikama ΔH , naziva se *datumskom komponentom* ΔH_D . Osim nje javlja se i *distorzijska komponenta* ΔH_d . Distorzijska komponenta je posljedica različitih postupaka, metoda, redoslijeda i vremenske dinamike računskog određivanja visina repera (izjednačenje mreža) te utjecaja geodinamike Zemljine kore (Rožić, 2009a).

Datumska i distorzijska komponenta neovisno su modelirane i integrirane u jedinstveni matematički transformacijski model. Kako su obje komponente funkcije elipsoidnog položaja repera (λ, φ), matematički model izražen je izrazom:

$$\Delta \bar{H}(\lambda, \varphi) = \Delta \bar{H}_D(\lambda, \varphi) + \Delta \bar{H}_d(\lambda, \varphi). \quad (2)$$

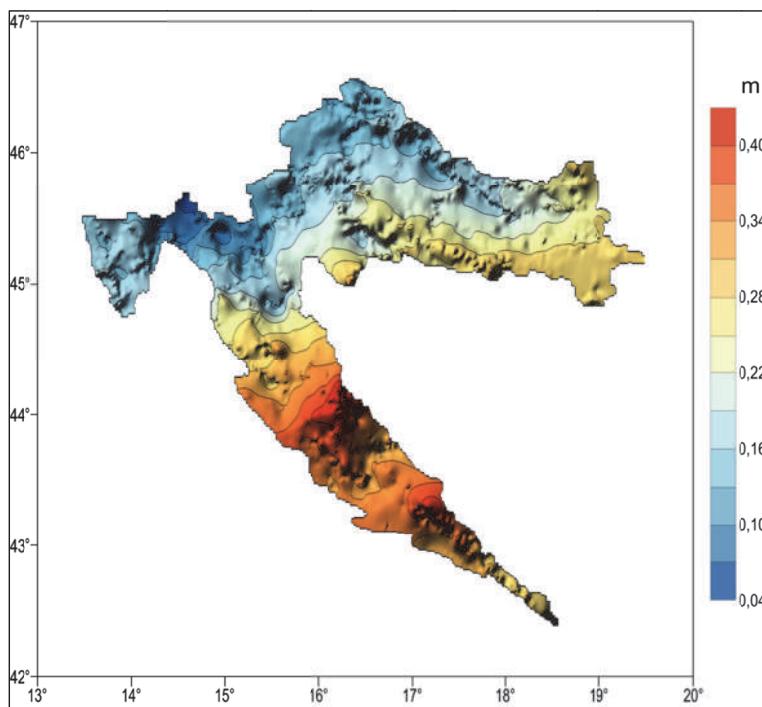
U ovom je izrazu $\Delta \bar{H}$ modelirana vrijednost empirijske razlike visinskih koordinata ΔH , $\Delta \bar{H}_D$ je modelirana vrijednost datumske i $\Delta \bar{H}_d$ je modelirana vrijednost distorzijske komponente. Oznake λ i φ odnose se na elipsoidnu duljinu i širinu repera (točke) na Besselovom referentnom elipsoidu s početnim meridijanom u Greenwich-u.

Modeliranje datumske komponente $\Delta \bar{H}_D(\lambda, \varphi)$ temeljeno je na regresijskom parametarskom modelu, koji je izведен iz 7-parametarske 3D slične transformacije ili tzv. S-transformacije. Model ima oblik eksplicitne linearne regresijske funkcije čiji su parametri: translacije duž sve tri osi prostornog koordinatnog sustava ($\lambda, \varphi, \Delta H$), dvije rotacije (oko apscisne i ordinatne osi), promjena mjerila koordinatnih sustava i parametar promjene visinskog datuma (Rožić, 2009a). Argumenti su elipsoidni položaji repera. Pri određivanju modeliranih vrijednosti distorzijskih komponenti $\Delta \bar{H}_d(\lambda, \varphi)$ korišteni su također prostorni podatci istih repera. Modelirane datumske komponente omogućile su određivanje reziduala $\Delta H_d(\lambda, \varphi)$, tj. empirijskih vrijednosti razlike visinskih koordinata repera ΔH i pripadnih modeliranih datumskih komponenti $\Delta \bar{H}_D(\lambda, \varphi)$, sukladno izrazu:

$$\Delta H_d(\lambda, \varphi) = \Delta H(\lambda, \varphi) - \Delta \bar{H}_D(\lambda, \varphi). \quad (3)$$

Distorzijski model koji sadrži komponente $\Delta \bar{H}_d(\lambda, \varphi)$ izrađen je u obliku pravilne pravokutne mreže ili rastera (grid), uz uporabu interpolacijske metode *plohe minimalne zakrivljenosti* (engl. *Minimal Curvature Surface* - MCS). Objedinjavanjem modeliranih datumskih i distorzijskih komponenti, sukladno izrazu (2), izrađen je jedinstveni grid u kojem je svaki čvor grida eksplicitno određen elipsoidnim položajem, s pridruženom modeliranom vrijednošću razlike visinskih koordinata (visinski transformacijski parametar). Na slici 1 predviđena je ploha Hrvatskog transformacijskog modela visina na teritoriju Republike

Hrvatske, iako je izvorni obuhvat modela znatno veći, jer uz teritorij Hrvatske model obuhvaća i teritorij Bosne i Hercegovine.



Slika 1: Ploha Hrvatskog transformacijskog modela visina – realizacija HTMV08v.1 (Rožić, 2009c)

Kvaliteta HTMV-a primarno ovisi o kvaliteti empirijskih podataka repera ΔH (L , B) koji su korišteni pri modeliranju (preciznost, točnost i pouzdanost određivanja visinskih koordinata repera u oba visinska referentna sustava) te sekundarno o broju repera (odnos broja repera i veličine obuhvata modela), odnosno o kvaliteti prostorne distribucije repera duž obuhvata modela (razina homogenosti distribucije). Utjecaj na kvalitetu transformacijskog modela svakako ima i odabrana metodologija modeliranja datumske i distorzijske komponente modela (regresijsko modeliranje – dugovalna komponenta varijacije razlika ΔH i MCS – kratkovalna komponenta varijacije razlika ΔH).

Kvaliteta modela iskazana je s unutarnjom točnošću transformacijskog procesa, pomoću podataka repera korištenih pri kreaciji modela i s vanjskom točnošću, pomoću podataka referentnog skupa repera, koji je posve neovisan od kreacije modela. Deklarirana je unutarnja točnost u iznosu 2,1 mm i vanjska točnost u iznosu 8,2 mm, izražena kriterijem standardnog odstupanja (Rožić, 2009c). Točnost transformacijskog procesa ukazuje na činjenicu da HTMV osigurava pouzdano i primjereni kvalitetno određivanje visinskih transformacijskih parametara između HVRS1875 i HVRS71 na razini pouzdanog centimetra (1 cm), što je i više nego prihvatljivo u svrhu transformacije visina točaka određenih različitim metodama visinskog pozicioniranja. Važno je pritom razlikovati kvalitetu procesa transformacije visinskih koordinata, od kvalitete transformacijom dobivenih visinskih koordinata. Naime, ona primarno ovisi o kvaliteti visinskih koordinata koje su predmet transformacije (Rožić, 2009a). Drugim riječima, izrazito nekvalitetna visina transformacijskim će se procesom vrlo kvalitetno transformirati u podjednako nekvalitetnu visinu, odnosno vrlo kvalitetna visinska koordinata će se transformirati bez smanjenja njene ishodišne kvalitete.

S obzirom da je transformacijska grid datoteka HTMV-a, sukladno strukturi, broju podataka koje sadrži i njihovoj organizaciji neprilagođena tzv. „ručnoj“ uporabi, uputna je njena automatizirana uporaba. Drugim riječima, funkcionalnost uporabe transformacijskog grida, odnosno transformacijskog procesa sadržanog u HTMV-u, razložno je postaviti na razinu koja će korisnicima omogućiti: jednostavnu, jednoznačnu i krajnje automatiziranu transformaciju visinskih koordinata između naslijedenog i novog visinskog sustava. Može se ocijeniti da je

automatiziranost primjene HTMV-a inicijalno riješena pomoću službenog računalnog programa *T7D*, u svrhu obavljanja stručnih poslova, ali bez funkcionalnosti koje bi omogućile fleksibilniju uporabu HTMV-a u kontekstu istraživanja i kontinuiranog poboljšavanja modela.

3. Izrada računalnog programa HTMV_bbi

U sklopu studentskog rada (Radanović i Železnjak, 2014) izrađen je računalni program *HTMV_bbi*, koji je posve neovisan od programa *T7D*, ali podjednako namijenjen transformaciji visina diskretnih točaka poznatog elipsoidnog položaja između visinskih sustava HVRS1875 i HVRS71, odnosno automatiziranoj primjeni HTMV-a.

Kao polazište za izradu programa poslužila je izvorna datoteka transformacijskog grida *HTMV08-v.1.GRD*, preuzeta iz (Rožić 2009c), koja je izvorno implementirana i u program *T7D*. U datoteci su, sukladno specifičnom formatu zapisa podataka (tzv. *.GRD format), za svaki pojedini čvor grida sadržani eksplicitni položaj (elipsoidna duljina i širina na Besselovom referentnom elipsoidu, s početnim meridijanom u Greenwichu) i pripadna vrijednost visinskog transformacijskog parametra. Transformacijski parametri na čvorovima grida ključni su za određivanje ispravnih vrijednosti transformacijskih parametara na točkama proizvoljnog, ali poznatog položaja unutar područja obuhvata modela. Na temelju ispravno identificirane ćelije grida koja sadrži položaj točke omogućeno je primjenom bivarijatne interpolacije računanje pripadnog visinskog transformacijskog parametra.

U program *HTMV_bbi* ugrađena je mogućnost odabira dvije različite metode interpolacije, tj. primarno jednostavnije bilinearne te sekundarno složenije bikubne interpolacije. Iako mogućnost alternativne primjene različitih interpolacijskih metoda nije primjerena za široku stručnu uporabu, a zbog narušavanja jednoznačnosti transformacijskog rezultata, važna je i korisna u svrhu ispitivanja utjecaja svojstava interpolacijskih metoda na kvalitetu transformacijskog rezultata.

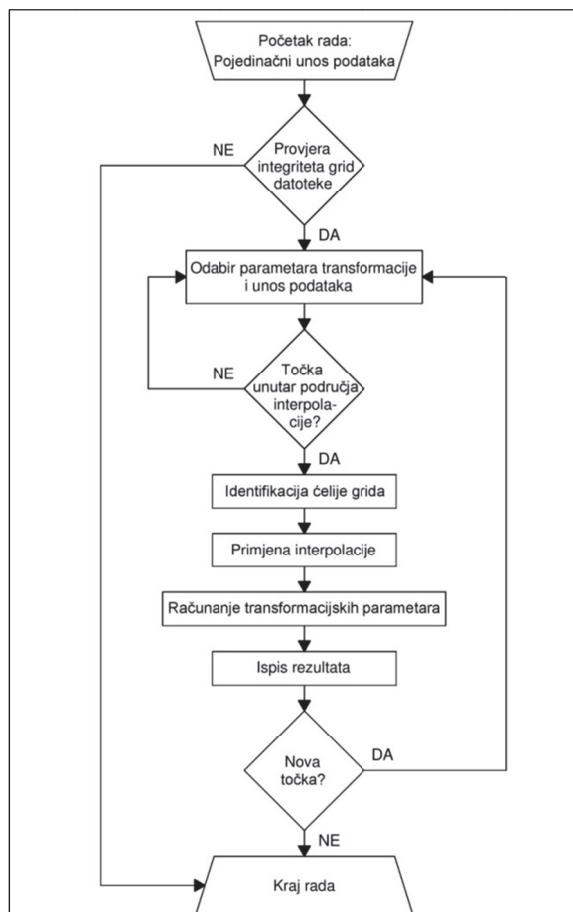
Izrada računalnog programa *HTMV_bbi* obavljena je unutar razvojnog okružja *Microsoft Visual Basic Professional 2012*, uz uporabu višeg programskog jezika *Visual Basic.NET*. Program je namijenjen osobnim računalima koja koriste različite inačice *Microsoft Windows* operacijskih sustava: *Windows XP*, *Windows Vista*, *Windows 7*, *Windows 8* i novije. Kao pretpostavka za ispravan rad programa neophodan je *Microsoft .NET Framework 4.5*.

Ime računalnog programa je rezultat objedinjavanja skraćenica *HTMV* i *bbi*, gdje skraćenica *bbi* proizlazi iz mogućnosti primjene bilinearne i bikubne interpolacije.

Računalni program *HTMV_bbi* na funkcionalnoj razini sadrži dva osnovna načina rada: način rada za *pojedinačni unos podataka* za obradu u realnom vremenu (engl. *real time mode*) i način rada za *unos podataka iz datoteke* za obradu s odgođenim vremenom (engl. *batch time mode*). Pri pojedinačnom unosu podataka, uporabom grafičkog sučelja programa, omogućena je transformacija visinskih koordinata točaka u realnom vremenu, a na temelju elipsoidne širine i duljine točke te njene visinske koordinate u ishodišnom visinskom referentnom sustavu. Korisnik podatke prosljeđuje računalu pomoću tipkovnice, uz pomoć odgovarajućih formatiranih polja na sučelju programa namijenjenih za upis podataka. U slučaju unosa podataka pomoću datoteke neophodno je da korisnik podatke ispravno strukturira, sukladno usvojenom i deklariranom standardu programa *HTMV_bbi*. Odabir načina unosa podataka omogućuje sučelje programa, a odabir je ovisan o potrebama korisnika, odnosno primarno o količini podataka koji su predmet transformacije.

Dijagram toka programa koji se odnosi na pojedinačni unos podataka predočen je na slici 2. Nakon pokretanja programa prva je temeljna operacija provjera integriteta grid datoteke, koja se obavlja posve automatski, a prije pojavljivanja grafičkog sučelja na ekranu računala. U slučaju eventualnog oštećenja grid datoteke program prekida rad, javlja grešku korisniku i upućuje ga na ponovnu instalaciju programa. Slijedi odabir parametara za upravljanje transformacijskim procesom (smjer transformacije, metoda interpolacije, broj decimalnih mjesta i dr.) i unos podataka položaja točke (λ , φ , H). Program provjerava je li točka čija se visina transformira unutar područja obuhvata modela, odnosno nalazi li se na području

Republike Hrvatske. Ukoliko jest, program obavlja postupak identificiranja točno određene čelije grida sadržane u transformacijskom gridu koja sadrži točku, a sukladno originalnom računalnom algoritmu razrađenom u Radanović i Železnjak (2014). U narednom koraku program obavlja računanje visinskog transformacijskog parametra i na sučelju prikazuje transformacijski rezultat. Rezultati se ispisuju u odgovarajućim poljima sučelja i istovremeno se u zasebnom polju dodaju na sekvenčalnu listu rezultata. Nakon obavljene transformacije korisnik može obaviti transformaciju visine naredne točke ili završiti s radom.



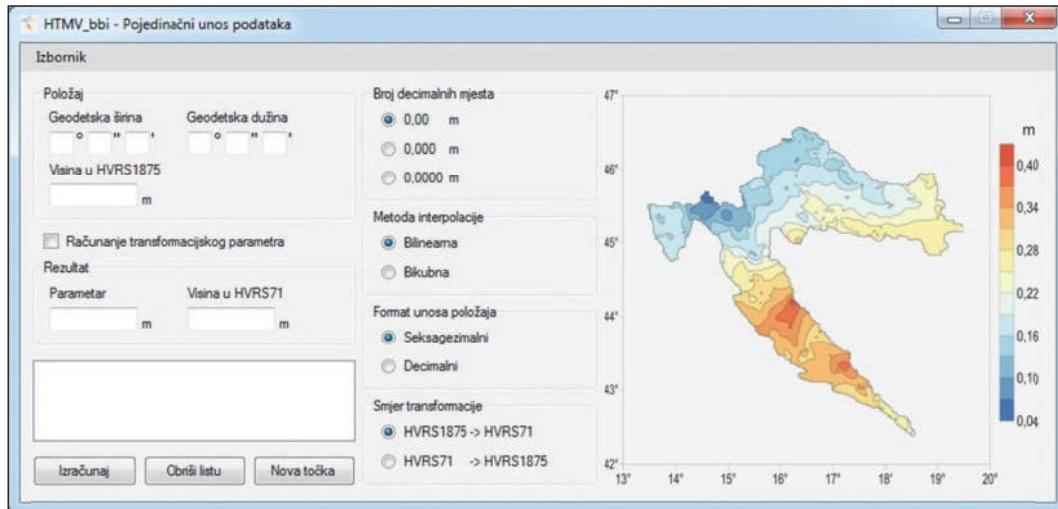
Slika 2: HTMV_bbi - dijagram toka programa pri pojedinačnom unosu podataka

U slučaju dohvata podataka iz prethodno priređene datoteke dijagram toka programa je prilično podudaran s dijagramom predloženim na slici 2. Naime, uporabom odgovarajuće funkcije sadržane u izborniku programa odabire se datoteka u koju su upisani podatci točaka, čije se visinske koordinate transformiraju. Program učitava podatke iz datoteke i obavlja visinsku transformaciju sukladno odabranim parametrima (smjer transformacije, metoda interpolacije, broj decimalnih mjesta i dr.), posve automatski ponavljajući postupak za svaku pojedinu točku, istovjetno kao i pri pojedinačnom unosu podataka. Rezultati transformacije se ispisuju u novu datoteku i pohranjuju na magnetski medij računala.

Zbog provjere ispravnosti rada programa obavljeno je njegovo temeljito testiranje pomoću računalnih programa *Surfer* i *MATLAB*, jer sadrže odgovarajuće funkcije za uporabu grid modela i obavljanje interpolacije podataka sadržanih u transformacijskom gridu. Rezultati bilinearne interpolacije računati programom *Surfer* i bikubne interpolacije računati programom *MATLAB*, za testni skup podataka povoljno odabranih točaka, identični su s rezultatima dobivenim programom *HTMV_bbi*. Pri usporedbi su uzeta u obzir maksimalno četiri signifikantna decimalna mjesta za interpolirani visinski transformacijski parametar. Komparativno testiranje programa *HTMV_bbi* ukazalo je na primjerenu ispravnost rada, s naglaskom na dvije temeljne komponente koje sadrži. To su komponenta identifikacije

odgovarajuće ćelije transformacijskog grida i komponenta interpolacijskog određivanja visinskog transformacijskog parametra.

Na slici 3 predočeno je korisničko sučelje računalnog programa *HTMV_bbi*, čijoj je kreaciji posvećena znatna pozornost, a vodeći računa o funkcionalnosti sučelja u cilju učinkovitog upravljanja procesom transformacije, preglednosti podataka i rezultata, intuitivnosti uporabe i vizualnoj estetici.



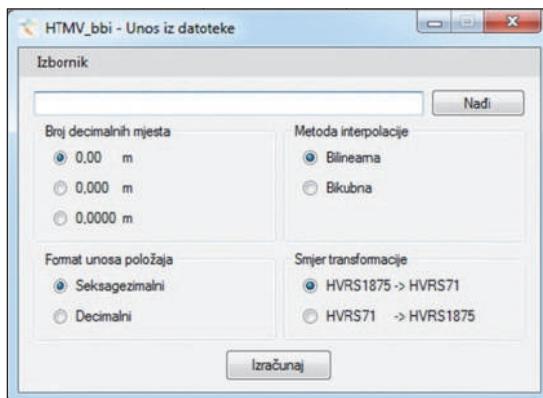
Slika 3: HTMV_bbi – sučelje programa za pojedinačni unos podataka

Na desnoj strani korisničkog sučelja predočena je modelna ploha HTMV-a. Parametri za upravljanje procesom transformacije odabiru se na sučelju pomoću tipki *Broj decimalnih mesta*, *Metoda interpolacije*, *Format unosa položaja* i *Smjer transformacije*. U polje *Položaj* upisuju se elipsoidna, tj. geodetska širina i duljina točke u odabranom formatu (tipka *Format unosa položaja*) te visina u inicijalnom visinskom referentnom sustavu. Moguće je i računanje samo transformacijskog parametra, a bez transformacije visine, odabirom tipke *Računanje transformacijskog parametra*. U tom slučaju nije potreban unos visinske koordinate točke, a niti odabir smjera transformacije. Parametar transformacije tada automatski poprima vrijednost koja odgovara transformaciji visine iz HVRS71 u HVRS1875.

Transformacijom izračunata visina i pripadni visinski transformacijski parametar ispisuju se u polju *Rezultat* i dodaju u prvi redak polja liste zajedno s inicijalnom visinom i elipsoidnim položajem (slika 4). Unutar polja liste omogućeno je označavanje, brisanje ili kopiranje podataka u privremeni spremnik (engl. *clipboard*), pa se podatci prema potrebi mogu prenijeti npr. u uredivač teksta ili neki drugi program. Na desnoj strani sučelja, a nakon pokretanja transformacijskog procesa automatski se za točku iscrtava prikaz položaja (plava boja), u odnosu na mjerodavne čvorove pripadne ćelije transformacijskog grida (crvena boja). U slučaju odabira bikubne interpolacije ovaj se prikaz automatski prilagođava i na sučelju se iscrtava 16 ćelija grida čiji su čvorovi mjerodavni za interpolaciju visinskog transformacijskog parametra.

Slika 4: *HTMV_bbi* – transformacija uz uporabu bilinearne interpolacije

Pomoću izbornika pristupa se unosu podataka iz datoteke, čije je sučelje predloženo na slici 5.

Slika 5: *HTMV_bbi* – unos podataka iz datoteke

Ovaj način rada omogućava automatiziranu visinsku transformaciju velikog broja točaka, čiji su podatci prethodno zapisani u pravilno strukturiranu datoteku ASCII formata. Navigacija i odabir datoteke obavlja se pomoću tipke *Nadi*. Izbor parametara za upravljanje procesom transformacije istovjetan je kao i kod pojedinačnog unosa podataka. Jedina razlika je činjenica da nije moguće izračunati samo visinski transformacijski parametar. Datoteka s podatcima točaka ima klasičnu sekvencijsku strukturu. Podaci svake pojedine točke, čija se visinska koordinata želi transformirati, nalaze se slijedno zapisani u zasebnim retcima datoteke. Za svaku točku strukturirana su i predviđena 4 polja: broj točke, elipsoidna širina, elipsoidna duljina i visinska koordinata u inicijalnom visinskom referentnom sustavu. Polja su razdvojena razmakom, koji ima funkciju separatora. Polja nisu fiksne širine te poravnavanje podataka po stupcima datoteke nije potrebno. Primjer ispravno priređene datoteke s podatcima točaka nalazi se na slici 6.

| | točke - Notepad |
|--------|--------------------------|
| File | Edit |
| Format | View |
| Help | |
| 1 | 46,0000 16,0000 100 |
| 2 | 46,0003 16,0609 1100,12 |
| 3 | 46,0006 16,1629 121,645 |
| 4 | 44,1430 16,0801 28,12882 |
| 5 | 44,2446 15,5432 97 |
| 6 | 45,1243 13,5918 115,3454 |
| 7 | 46,0418 16,0858 734,6287 |
| 8 | 46,12 16,57 674,9454 |
| 9 | 45,2059 19,0100 19,0112 |
| 10 | 44,1057 15,0230 12,97 |

Slika 6: Sadržaj datoteke za unos podataka

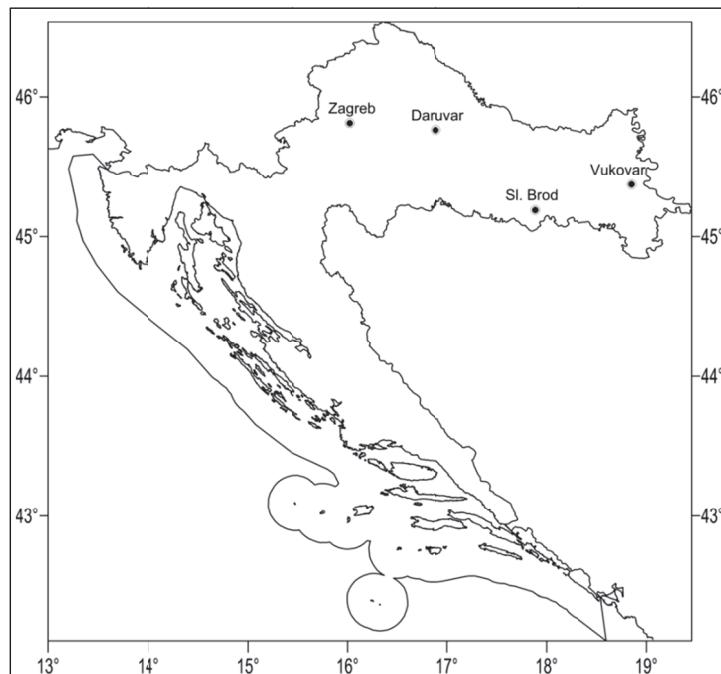
Rezultati transformacije upisuju se u novu datoteku ASCII formata i pohranjuju na magnetski medij računala, uz dodavanje ekstenzije „izračunato“ u nazivu datoteke. Datoteka sadrži i dva nova polja: vrijednosti visinskih transformacijskih parametara i visine u cilnjom visinskom referentnom sustavu. Primjer datoteke s rezultatima transformacije predložen je na slici 7. U zaglavlju datoteke zapisane su i odgovarajuće informacije vezane uz obavljeni transformacijski proces.

| točke-izračunato - Notepad | | | | | | |
|---|---------|---------|-----------|--------|-----------|---------------------------------------|
| File Edit Format View Help | | | | | | |
| Naziv programa: HTMV_bbi | | | | | | |
| Izdavač: Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu | | | | | | |
| Autori: Marko Radanović i Dino Železnjak | | | | | | |
| Smjer transformacije: HVRS71 -> HVRS1875 | | | | | | |
| Metoda interpolacije: Bilinearna | | | | | | |
| Format unosa položaja: Seksagezimalni | | | | | | |
| Jedinica visina: Metar | | | | | | |
| Br. | B | L | Hn | dh | hs | Napomena |
| 1 | 46,0000 | 16,0000 | 100,0000 | 0,1555 | 100,1555 | |
| 2 | 46,0003 | 16,0609 | 1100,1200 | 0,1606 | 1100,2806 | |
| 3 | 46,0006 | 16,1629 | 121,6450 | 0,1531 | 121,7981 | |
| 4 | 44,1430 | 16,0801 | 28,1288 | 0,3498 | 28,4786 | |
| 5 | 44,2448 | 15,5432 | 97,0000 | 0,3051 | 97,3051 | |
| 6 | 45,1243 | 13,5918 | 115,3454 | 0,1748 | 115,5202 | |
| 7 | 46,0418 | 16,0858 | 734,6287 | 0,1478 | 734,7765 | |
| 8 | 46,1200 | 16,5700 | 674,9454 | 0,1793 | 675,1247 | |
| 9 | 45,2059 | 19,0100 | 19,0112 | 0,2506 | 19,2618 | |
| 10 | 44,1057 | 15,0230 | 12,9700 | | | Točka je izvan područja interpolacije |

Slika 7: Sadržaj datoteke s rezultatima transformacije

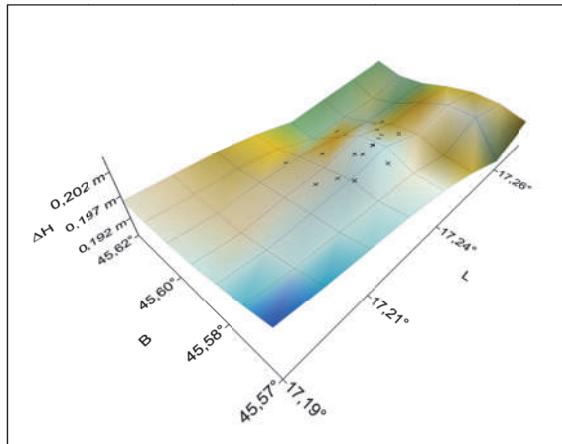
4. Analiza kvalitete HTMV-a

Za analizu kvalitete HTMV-a potrebni su primjereno kvalitetni podatci repera na području obuhvata modela, koji izvorno nisu bili uključeni u njegovu kreaciju. U nemogućnosti pribavljanja podataka većeg broja takvih repera, koji bi ujedno bili i homogeno položajno distribuirani duž ukupnog područja obuhvata modela, primijenjena je alternativna strategija. Iz dostupnih izvornika prikupljeni su podatci repera koji su sadržani u gradskim nivelmanškim mrežama većih gradova na području sjeverne Hrvatske, a koji nisu korišteni pri kreaciji HTMV-a.

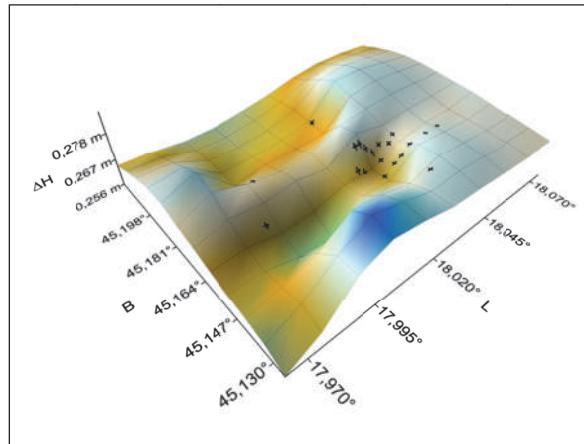


Slika 8: Gradovi sa skupovima referentnih repera

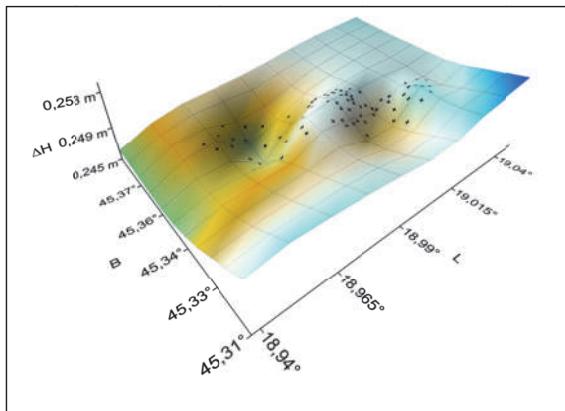
To su podaci: 19 repera iz nivelmanske mreže grada Daruvara (Barbić, 2004), 25 repera iz mreže Slavonskog Broda (Kilić i Kurtović, 2011), 74 repera iz mreže Vukovara (Matišić, 2012) i 24 repera iz mreže Zagreba (Razumović, 2014), predviđeni na slici 8. Objedinjeni su podaci za ukupno 137 repera, koji su kvalitativno primjereni za ispitivanje kvalitete HTMV-a. Iz slike 8 je razvidno da su reperi klasterski raspoređeni duž sjevernog dijela teritorija Republike Hrvatske. Takva položajna distribucija repera nije u potpunosti optimalna za ocjenu kvalitete HTMV-a na ukupnom području Republike Hrvatske, ali je u nedostatku primjerenijih podataka korisna i indikativna. Na slici 9, slici 10, slici 11 i slici 12 predviđeni su izvaci modelne plohe HTMV-a s položajima repera za svaki od gradova pojedinačno. Na slikama je razvidna specifična položajna distribucija repera i dinamika plohe HTMV-a.



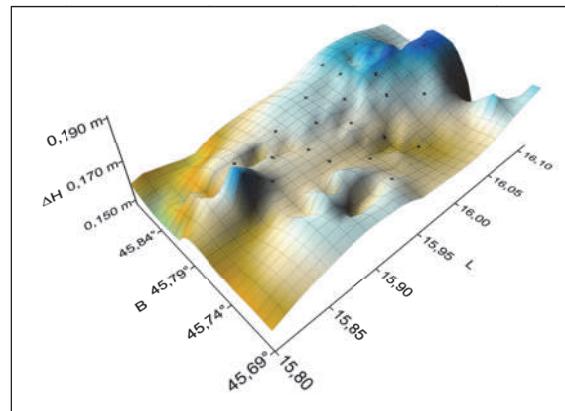
Slika 9: Modelna ploha HTMV-a - Daruvar



Slika 10: Modelna ploha HTMV-a - S. Brod



Slika 11: Modelna ploha HTMV-a - Vukovar



Slika 12: Modelna ploha HTMV-a - Zagreb

Za prosudbu o kvaliteti HTMV-a ključan je međusobni odnos visinskih transformacijskih parametara određenih pomoću transformacijskog modela (modelne vrijednosti) i parametara određenih neposredno i neovisno od modela pomoću podataka referentnih repera čije su visinske koordinate poznate u oba visinska referentna sustava (empirijske vrijednosti). Visoka razina međusobne podudarnosti modelnih i empirijskih vrijednosti transformacijskih parametara svakako ukazuje i na visoku kvalitetu modela, odnosno transformacijskog procesa. Jednako tako, u slučaju pojave izrazitijih razlika razvidna je niska kvaliteta modela i nekvalitetan rezultat transformacijskog procesa.

Kvantificiranje razine kvalitete može se aproksimativno, no ipak primjerenou pouzdano, iskazati kriterijem standardne devijacije računate pomoću odstupanja između empirijskih ΔH i modelnih $\bar{\Delta H}$ vrijednosti transformacijskih parametara, odnosno reziduala ε . Ukoliko se

empirijske vrijednosti transformacijskih parametara usvoje kao apsolutno točne (kvaziprave vrijednosti), reziduali određeni pomoću izraza:

$$\varepsilon = \Delta H - \Delta \bar{H} \quad (4)$$

omogućuju računanje standardne devijacije sukladno njenoj teorijskoj definiciji, odnosno sukladno činjenici da se reziduali mogu interpretirati kao prave pogreške.

Pomoću programa *HTMV_bbi* i pribavljenih podataka referentnih repera određeni su reziduali i pripadne standardne devijacije, koje se odnose na područja pojedinih gradova zasebno te na sva područja gradova objedinjeno. Standardne devijacije izračunate su za dvije varijante visinske transformacije, tj. za varijantu primjene HTMV-a uz uporabu bilinearne interpolacije (s_{BL}) i za varijantu primjene HTMV-a uz uporabu bikubne interpolacije (s_{BK}). Izračunati kriteriji točnosti predočeni su u tablici 1.

Tablica 1: Standardne devijacije

| Područje | s_{BL} [mm] | s_{BK} [mm] |
|------------------------------|---------------|---------------|
| Daruvar (DA) | 1,7 | 1,7 |
| Slavonski Brod (SB) | 2,5 | 2,7 |
| Vukovar (VK) | 0,6 | 0,6 |
| Zagreb (ZG) | 0,7 | 0,8 |
| Objedinjeno (DA+SB+VK+ZG) | 1,3 | 1,3 |

Standardne devijacije, koje u suštini iskazuju tzv. vanjsku kvalitetu transformacijskog procesa, ukazuju na visoku razinu kvalitete, koja je u granicama izvorno deklarirane kvalitete modela u iznosu 1 cm (Rožić, 2009c). Standardne devijacije su na područjima svih gradova zasebno, kao i objedinjeno, malog i međusobno ujednačenog iznosa. Stoga, može se zaključiti da je kvaliteta transformacije visinskih koordinata točaka visoka i posve zadovoljavajuća za standardne stručne potrebe.

Također, pokazuje se da odabir bikubne interpolacije u sklopu transformacijskog procesa dovodi praktički do podudarno kvalitetnih rezultata kao i u slučaju primjene znatno jednostavnije bilinearne interpolacije. Iako uporaba složenije bikubne interpolacije nije sama po sebi problematična, posebice s obzirom na raspoloživost programa *HTMV_bbi*, pokazuje se nepotrebnom, jer razvidno ne prinosi kvaliteti transformacije. Naravno, nepoželjna je i s gledišta obveznog postizanja jednoznačnosti transformacijskih rezultata, iako i nadalje ostaje zanimljiva s gledišta istraživanja.

5. Zaključak

Može se zaključiti da je uspješno obavljena kreacija računalnog programa *HTMV_bbi*, koji sukladno svojim svojstvima primjereno može poslužiti kao jednakovrijedna alternativa računalnom programu *T7D* pri uporabi HTMV-a i transformaciji visinskih koordinata točaka između naslijedenog i novog visinskog referentnog sustava. Pri tomu, ipak treba naglasiti i dvije važne činjenice. Činjenicu da program u ovom trenutku nema službeni karakter, verificiran od Državne geodetske uprave, te se ne smije slobodno distribuirati korisnicima i koristiti u poslovima državne izmjere i katastra nekretnina. Činjenicu da program s obzirom na funkcionalnosti koje su u njega ugrađene, a u cilju upravljanja transformacijskim procesom, u suštini nadilazi potrebe uporabe u standardnim stručnim poslovima državne izmjere i katastra nekretnina, jer je izvorno prilagođen mogućnostima istraživanja i poboljšavanja kvalitete HTMV-a. Naravno, njegova prilagodba i pojednostavljenje funkcionalnosti, a u cilju postizanja bezuvjetne jednoznačnosti transformacijskih rezultata, nisu i ne bi trebale biti znatniji problem.

Pri izradi programa i definiranju pojedinih algoritama primjenjena su i određena posve originalna rješenja, a u cilju optimiranja brzine rada programa, sadržanosti kontrolnih rutina

za automatiziranu provjeru podataka i transformacijskih rezultata, mogućnosti jednostavnog i intuitivnog upravljanja transformacijskim procesom. Posebna pozornost je posvećena korisnički orientiranom dizajnu sučelja programa te estetici njegovog oblika i kolorita, koje omogućuju potencijalnim korisnicima ugodan rad.

Uporabom programa HTMV_bbi obavljeno je ispitivanje kvalitete HTMV-a za područje sjeverne Hrvatske, na temelju podataka referentnih repera koji nisu korišteni pri izvornoj kreaciji modela. Može se zaključiti da pokazatelji kvalitete, tj. standardne devijacije izvedene iz reziduala modela jasno ukazuju na primjerenu kvalitetu na lokacijama gradova: Zagreba, Daruvara, Slavonskog Broda i Vukovara, koja je posve u suglasju s izvorno deklariranim kvalitetom modela.

Također, pokazalo se da alternativna primjena bikubne interpolacije u sklopu transformacijskog procesa praktički nema nikakav signifikantni utjecaj na kvalitetu transformacije te je njena potencijalna primjena primarno usmjerena prema području istraživanja

Literatura

Barbić, M. (2004): Modeliranje odnosa nadmorskih visina repera u gradskoj nivelmanskoj mreži Daruvara. Diplomski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Kilić, J., Kurtović, V. (2011): Analiza kvalitete Hrvatskog transformacijskog modela visina na području Slavonskog broda. Rad nagrađen Rektorovom nagradom za ak. god. 2011/12., Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Matišić, I. (2012): Analiza kvalitete nivelmanske mreže grada Vukovara. Rad nagrađen Dekanovom nagradom za ak. god. 2011/12., Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Narodne novine (2004): Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske. Službeni list Republike Hrvatske, br.110, Zagreb.

Premužić, M., Šljivarić, M. (2010): T7D korisnička aplikacija. Zbornik radova 2. CROPOS konferencije, Državna geodetska uprava, Zagreb.

Radanović, M., Železnjak, D. (2014): Analiza funkcionalnosti i kvalitete Hrvatskog transformacijskog modela visina. Rad nagrađen Dekanovom nagradom za ak. god. 2013/14., Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Razumović, I. (2014): Analiza transformacije visoke točnosti kao osnove za transformaciju visinskih referentnih sustava. Doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Rožić, N. (2009a): Hrvatski transformacijski model visina. Zbornik radova 1. CROPOS konferencije, Državna geodetska uprava, Zagreb.

Rožić, N. (2009b): Implementacija novog visinskog referentnog sustava Republike Hrvatske. Zbornik radova II. Simpozija ovlaštenih inženjera geodezije, Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije, Zagreb, 13-28.

Rožić, N. (2009c): Hrvatski transformacijski model visina. Elaborat, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Automation of application and quality testing of Croatian height transformation model

Abstract. One of the key components connected with positioning on the territory of Republic of Croatia, next to the use of CROPOS system and classic positioning methods, is a height component, i.e. determination of point heights in an official Croatian height reference system – HVRS71. Due to heritage of vast amounts of analog and digital height data that were produced until promulgation of height system HVRS71 and obtaining newer height data after promulgation, as a very important need there is need of direct transformation of heights between height reference systems (the „old“ one and the HVRS71), which needs to be: unambiguous, bidirectional, efficient, reliable and of appropriate quality. For the territory of Republic of Croatia, this need is solved with official introduction of specific grid transformation model under the name Croatian height transformation model – HTMV. With a purpose of its use, this model is implemented in official Croatian application for transformation of coordinates T7D, which was verified by the State Geodetic Administration of the Republic of Croatia. Considering the fact that transformation of discrete point heights on state territory makes a separate transformational unit, basically independent of other coordinate transformations, a new application „HTMV_bbi“ was made for Windows platforms, with a task of automated and effective use of HTMV. The application contains functionalities which are originally not implemented in a application „T7D“, i.e. „HTMV_bbi“ includes, except the technical, research component of the model use. Application „HTMV_bbi“ also enables testing the HTMV quality, with a prerequisite of obtaining sets of height data independent of model creation. Based on new height data obtained on locations of northern Croatia (cities of Zagreb, Daruvar, Slavonski Brod and Vukovar), testing of HTMV's quality was performed with the use of „HTMV_bbi“ application.

Keywords: height transformation, HTMV, height reference system, quality, Croatia.

Empirijska usporedba različitih transformacijskih modela s T7D modelom na području grada Zagreba

Prethodno priopćenje

Marijan Grgić¹, Šime Skočić¹, Matej Varga¹, Marija Pejaković¹, Tomislav Bašić¹

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
mgrgic@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
siskocic@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
mvarga@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
mpejakovic@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
tbasic@geof.hr

Sažetak. Prostorni podatci koji se koriste u Hrvatskoj vrlo često su još uvijek definirani u naslijedenom lokalnom referentnom sustavu, odnosno Hrvatskom državnom koordinatnom sustavu (HDKS). Iz tog razloga transformacija koordinata u službeni Hrvatski terestrički referentni sustav 1996 (HTRS96) svakodnevni je zadatak širokog spektra korisnika. Razvojem navigacijskih i GIS sustava te prijenosnih uređaja koji u realnom vremenu transformiraju koordinate, pojavljuje se pitanje odabira najekonomičnijeg transformacijskog modela i pripadajućih transformacijskih parametara. U radu je prikazana usporedba različitih transformacijskih modela koordinata između službenog i naslijedenog geodetskog datuma. Uspoređeni su sljedeći transformacijski modeli: 3-parametarska konformna transformacija Moloden skog, 5-parametarska konformna transformacija Moloden skog, 7-parametarska Helmertova transformacija, te službeni transformacijski model za područje Republike Hrvatske - T7D. Kvaliteta transformacijskih modela ispitana je na testnom području definiranom na 26 točaka GPS mreže grada Zagreba, a određena je numeričkom usporedbom službenih koordinata homogenog polja točaka GPS mreže grada Zagreba u HDKS i HT RS96 referentnom sustavu s transformiranim koordinatama. Osim usporedbe transformacijskih modela, izvršena je usporedba reopserviranih koordinata GPS mreže grada Zagreba korištenjem CROPOS pozicijskog sustava te službenih koordinata GPS mreže. Nakon analize i usporedbe transformacijskih modela, procijenjena je prikladnost uporabe transformacijskih modela za različite namjene.

Ključne riječi: CROPOS VPPS, HDKS, HT RS96, T7D, transformacijski modeli.

1. Uvod

Uslijed brzog razvoja Globalnih navigacijskih satelitskih sustava (engl. *Global Navigation Satellite System*) nametnula se potreba zamjene lokalnih položajnih koordinatnih sustava globalnim položajnim koordinatnim sustavima (Hofmann-Wellenhof i dr., 1997). Danas postoji čitav niz transformacijskih modela koordinata s različitom razinom očekivane točnosti transformacije, koja se najčešće mijenja s obzirom na složenost transformacije (Featherstone, 1997). Za izbor odgovarajućeg transformacijskog modela u obzir je potrebno uzeti više faktora kako bi njegova implementacija zadovoljila potrebe krajnjeg korisnika. Neki od tih faktora su: zahtijevana točnost, dimenzije geodetske mreže (1D, 2D, 3D), mogućnosti primjene modela s obzirom na veličinu područja primjene, postojanje distorzije koordinata i dr. (Rizos, 1999). Osnovni zahtjevi za transformacijske modele su kontinuiranost, mogućnost ostvarivanja transformacije u oba smjera te postizanje minimalne distorzije i najviše ostvarive točnosti (Berk i Komadina, 2013).

Iako je Vlada Republike Hrvatske, 4. kolovoza 2004. godine, donijela Odluku o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske (NN, 110/2004), kojom je službenim položajnim referentnim koordinatnim sustavom određen Hrvatski terestrički referentni sustav za epohu 1995,55, skraćeno HTRS96, u upotrebi se još uvijek nalazi i stari Hrvatski državni koordinatni sustav, skraćeno HDKS. Zbog činjenice da postoje dva položajna referentna sustava u aktivnoj upotrebi, neophodno je bilo uvođenje službenog transformacijskog modela. Stoga je 2006. godine, u okviru projekta *Izrada jedinstvenog transformacijskog modela - HTRS96/HDKS*, koji je Zavod za geomatiku Geodetskog fakulteta realizirao za Državnu geodetsku upravu, definiran službeni transformacijski model Republike Hrvatske – T7D (Bašić, 2009). T7D transformacijski model uključuje 7-parametarsku Helmertovu transformaciju (Helmert-7p) uz modeliranje distorzija bilinearnom interpolacijom iz grida distorzija definiranog metodom kolokacije po najmanjim kvadratima (više u Bašić, 2009).

Cilj ovog rada određivanje je efikasnosti transformiranja koordinata iz starog lokalnog datuma - HDKS, u novi službeni globalni datum - HTRS96 pomoću različitih transformacijskih modela na području grada Zagreba. U radu su korištene 3-parametarska konformna transformacija Molodenskog (Molod-3p) i 5-parametarska konformna transformacija Molodenskog (Molod-5p), čije se teorijske osnove mogu naći u Molodensky i dr. (1962), 7-parametarska Helmertova transformacija (Burša-Wolf model), čija se teorijska osnova može naći kod Burša (1962) i Wolfa (1963) te T7D transformacija. Transformacijski parametri korišteni u radu preuzeti su iz rada Varge i dr. (2015), u kojem je za računanje parametara korišteno 5055 koordinata identičnih točaka u dva koordinatna sustava na području cijele Republike Hrvatske.

2. Terenska izmjera

Kako bi se uspješno provela analiza transformacijskih modela potrebno je bilo osigurati dva seta koordinata položajnih točaka. Za potrebe rada, definirani su setovi na temelju poznatih koordinata GPS mreže grada Zagreba u HTRS96 i HDKS referentnom sustavu te provedene izmjere korištenjem Visokopreciznog servisa pozicioniranja u realnom vremenu (VPPS) CROPOS sustava.

Homogeno polje točaka GPS mreža grada Zagreba koje je uspostavljeno tijekom 1998. godine i izjednačeno u četiri bloka, uklopljeno je 2004. godine u HTRS96, odnosno ETRS89 te potom i u HDKS u okviru izvođenja zajedničkog projekta Grada Zagreba i Geodetskog fakulteta: *Geodetska-geodinamička studija prostora Grada Zagreba* (više u Bašić, 2004). Za polje točaka GPS mreže definirane su i koordinate u Gauss-Krügerovojoj (GK) i HTRS96/TM koordinatnoj projekciji. Točke mreže pravilno su raspoređene na području grada Zagreba te su većinom kvalitetno trajno stabilizirane što ih čini pogodnima za provođenje testiranja geodetskih mernih tehnologija i geodinamičkih pojava na definiranom području. Neke od studija provedene na GPS mreži grada Zagreba su kontrola određivanja visina korištenjem VPPS servisa CROPOS sustava (Markovinović i dr., 2011), analiza razlike visina u starom i novom visinskom sustavu (Gucek, 2007) i dr.

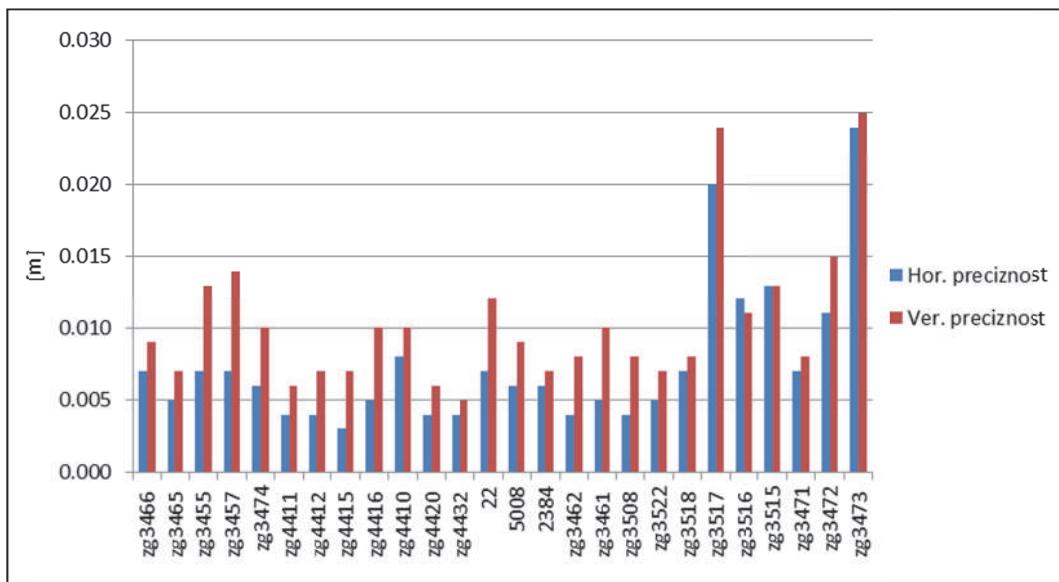
Izmjera na točkama GPS mreže realizirana je 14. ožujka i 6. travnja 2015. godine korištenjem Trimble GNSS R8 uređaja i TSC3 kontrolera, u vlasništvu Katedre za državnu izmjjeru Zavoda za geomatiku Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Izmjera je obavljena korištenjem usluge CROPOS VPPS - CROPOS_VRS_HTRS96. Prilikom povezivanja s CROPOS serverom na listi ponuđenih korekcija odabrana je usluga CROPOS_VRS_HTRS96, nakon čega su prilagođene postavke GNSS prijamnika te parametri projekcije HTRS96/TM. Tako prilagođen prijamnik određuje ETRS89 (HTRS96) elipsoidne koordinate (φ , λ , h) koje se kroz implementaciju T7D računalnog programa u CROPOS usluži, konvertiraju u format nove ravninske projekcije HTRS96/TM (E, N). Uz ravninske koordinate, kao izlazna veličina dobivene su i normalne ortometrijske visine (H)

zahvaljujući modelu geoida HRG2009, koji je također implementiran u CROPOS uslugu (Bašić, 2009).

Izmjera je obuhvatila područje grada Zagreba, a prostorne koordinate određene su na ukupno 26 točaka (slika 1). Sva mjerena izvedena su u 120 epoha (2 minute) s dvostrukim zaposjedanjem, reinicijalizacijom instrumenta i uporabom dvometarskog štapa horizontiranog pomoću dvonošca. Kvalitativni pokazatelji horizontalne i vertikalne preciznosti (slika 2) u obliku standardnog odstupanja mjerena ukazuju na stabilnost i kvalitetu cjelokupnog CROPOS sustava, kao i na interval pouzdanosti dobivenih rješenja.



Slika 1: Točke GPS mreže grada Zagreba obuhvaćene izmjerom



Slika 2: Horizontalna i vertikalna preciznost u obliku standardnih odstupanja mjerena ostvarena korištenjem VPPS servisa CROPOS sustava za provedenu geodetsku izmjedu

Iako je pri planiranju izmjere predviđeno opažanje više točaka GPS mreže, izmjera na više testnih GPS točaka nije provedena uslijed različitih okolnosti – dio trajno stabiliziranih točaka uništen je tijekom građevinskih radova (npr. na području sportske dvorane Arena Zagreb), rekonstrukcije pločnika (npr. asfalt u šahtu stabilizirane GPS točke, slika 3a),

provodenja sigurnosnih mjera (npr. zavareni šaht GPS točke u Savskoj ulici, slika 3b), zaklonjenosti horizonta u središtu grada (slika 3c) i sl.



Slika 3: a) Asfalt u šahtu trajno stabilizirane GPS točke, točka stabilizirana bolcnom nedostupna b) Trajno stabilizirana GPS točka u Savskoj ulici nedostupna iz sigurnosnih mjera, c) Zaklonjenost horizonta GPS točke mreže grada Zagreba u središtu Zagreba.

Izmjera na terenu omogućila je odabir pouzdanih točaka mreže za testiranje transformacijskih modela te je omogućila provjeru pouzdanosti CROPOS VPPS servisa za pozicioniranje.

3. Transformacija koordinata i usporedba transformacijskih modela

Da bi se provela procjena efikasnosti i pouzdanosti kvalitete različitih transformacijskih modela, primjenom svakog od modela koordinate su transformirane iz HDKS/GK projekcije u novu HTRS96/TM projekciju. Prilikom tog postupka potrebno je provesti konverziju i transformaciju koordinata. Pod konverzijom koordinata podrazumijeva se promjena koordinata unutar istog geodetskog datuma (elipsoidne koordinate u pravokutne Kartezijeve ili elipsoidne u ravninske koordinate), a pod transformacijom se podrazumijeva promjena koordinata uz mijenjanje geodetskog datuma pomoću transformacijskih parametara (lokalne Kartezijeve pravokutne u globalne Kartezijeve pravokutne). Transformacijski parametri određuju se pomoću dva skupa identičnih točaka s koordinatama u dva koordinatna sustava s različitim geodetskim datumima. Kako je broj identičnih točaka, odnosno njihovih koordinata, najčešće veći od broja transformacijskih parametara, primjenjuje se izjednačenje metodom najmanjih kvadrata po Gauss - Markovljevom modelu. Ovim postupkom dobivaju se transformacijski parametri, ali i njihova ocjena točnosti.

Teorijska osnova korištena za postupke konverzije između elipsoidnih i pravokutnih Kartezijevih koordinata u ovom radu može se pronaći u Heiskanen i Moritz (1967), a za konverziju iz elipsoidnih u službene ravninske koordinate projekcije HTRS96/TM u Lapaine i Tutić (2007).

Transformacijski parametri korišteni u sklopu ovog rada prikazani su u tablici 1 (preuzeto iz Varga i dr., 2015). Isti set podataka korišten je i za računanje transformacijskih parametara za T7D model (Šljivarić, 2010).

Tablica 1: Transformacijski parametri transformacijskih modela za smjer iz HDKS u HTRS96

| | Molod-3p | Molod-5p | Helmert-7p |
|--------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| T _X [m] | 644,187 | 644,187 | 546,520 |
| T _Y [m] | -213,133 | -213,133 | 162,277 |
| T _Z [m] | 442,786 | 442,786 | 469,417 |
| R _X ["] | - | - | -5,905 |
| R _Y ["] | - | - | -2,075 |
| R _Z ["] | - | - | 11,508 |
| m [ppm] | - | - | 4,421 |
| Δa | - | 739,845 | - |
| Δf | - | 0,00001 | - |

*T - parametar translacije po koordinatnim osima, R - parametar rotacije po koordinatnim osima, m - parametar promjene mjerila, Δa - parametar promjene iznosa male poluosni elipsoida, Δf - parametar promjene faktora spljoštenosti elipsoida

Za transformaciju pomoću Molod-3p, Molod-5p i Helmert-7p, postupak računanja sastojao se od sljedećih koraka:

- konverzija ravninskih koordinata u elipsoidne koordinate u HDKS-u: y, x, H (HDKS) → φ, λ, H (HDKS),
- konverzija zadanih elipsoidnih koordinata lokalnog datuma u pravokutne Kartezijeve koordinate: φ, λ, H (HDKS) → X, Y, Z (HDKS),
- transformacija identičnih točaka iz lokalnog datuma u globalni datum pomoću Molod-3p/Molod-5p/Helmert-7p transformacijskih modela: X, Y, Z (HDKS) → X, Y, Z (HDKS→HTRS96),
- konverzija globalnih pravokutnih Kartezijevih koordinata u elipsoidne: X, Y, Z (HDKS→HTRS96) → φ, λ, H (HDKS→HTRS96),
- konverzija elipsoidnih koordinata u ravninske: φ, λ (HDKS→HTRS96) → E, N (HDKS→HTRS96),
- računanje razlika između transformiranih koordinata i službenih (zadanih koordinata) GPS mreže grada Zagreba, zasebno za E (Easting) koordinatu $ΔE = E$ (HDKS→HTRS96) - E (HTRS96) i zasebno za N (Northing) koordinatu $ΔN = E$ (HDKS→HTRS96) - N (HTRS96).
- računanje ukupne razlike koordinata, tzv. položajnih reziduala, $Δ^{POZ} = \sqrt{ΔE^2 + ΔN^2}$.

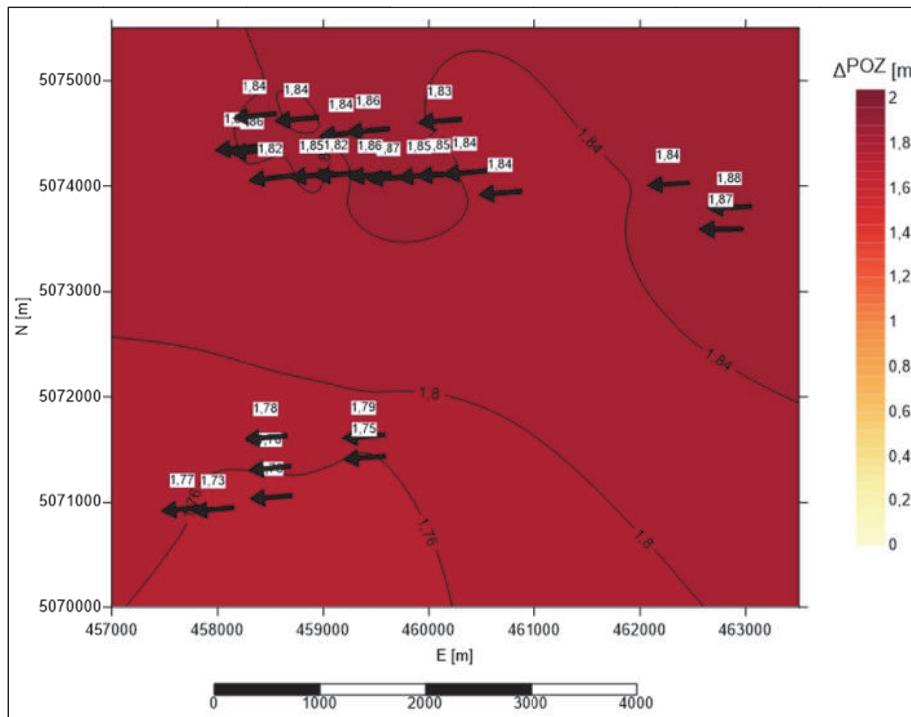
Transformacija pomoću Molod-3p, Molod-5p i Helmert-7p modela obavljena je korištenjem programskog koda izrađenog u Mathworks Matlab programskom paketu, dok je transformacija T7D transformacijskim modelom obavljena pomoću službenog T7D softvera (Bašić, 2009). Za sve transformacijske modele, računanje položajnih reziduala transformiranih i zadanih koordinata realizirano je u skladu s gore opisana zadnjim dva koraka.

Razlike transformiranih koordinata po koordinatnim osima ($ΔE$, $ΔN$) i ukupna položajna koordinatna razlika $Δ^{POZ}$ transformiranih koordinata u odnosu na zadane koordinate veličine su koje su korištene za određivanje točnosti transformacijskih modela. Prema Featherstoneu (1997) i Vargi i dr. (2015), aritmetička sredina i standardno odstupanje reziduala $Δ^{POZ}$, daju dobru procjenu kvalitete pojedinog transformacijskog modela, jer ukazuju na trend odstupanja transformiranih koordinata te pouzdanost provođenja koordinatne transformacije. Za reziduale $Δ^{POZ}$ izračunati su statistički pokazatelji: minimum, maksimum, standardno odstupanje i aritmetička sredina (tablica 2).

Tablica 2: Statistički pokazatelji transformacijskih modela

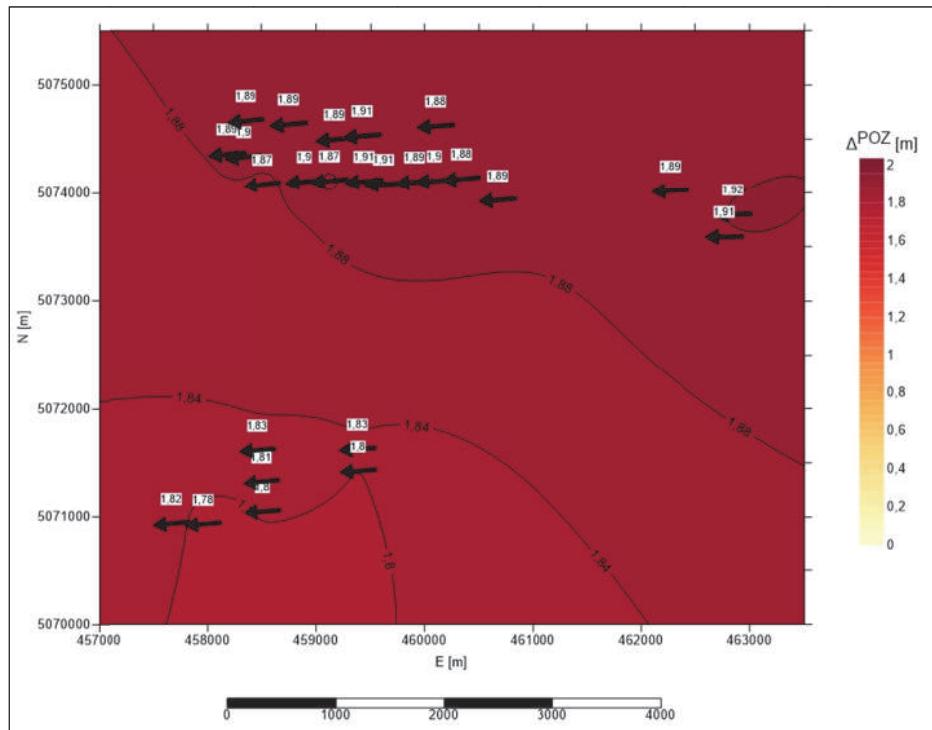
| | Min [m] | Max [m] | Aritmetička sredina [m] | Standardno odstupanje [m] |
|------------|---------|---------|-------------------------|---------------------------|
| Molod-3p | 1,73 | 1,88 | 1,82 | 0,04 |
| Molodv5p | 1,78 | 1,92 | 1,87 | 0,04 |
| Helmert-7p | 0,31 | 0,43 | 0,35 | 0,04 |
| T7D | 0,01 | 0,08 | 0,02 | 0,03 |

Za transformacijske modele izrađeni su grafički prikazi odstupanja transformiranih koordinata prema iznosima koordinatnih razlika i njihovom smjeru (slici 4, slici 5, slici 6, slici 7). Iz statističkih pokazatelja i grafičkih prikaza može se zaključiti kako obje transformacije Molodenskog na testnom području daju slične rezultate, a minimalna prednost glede točnosti, može se dati Molod-3p modelu s obzirom na manju aritmetičku sredinu preostalih položajnih razlika. Dva dodatna transformacijska parametra koja definiraju promjenu parametara elipsoida u Molod-5p transformaciji u odnosu na Molod-3p transformaciju nisu osigurala višu točnost pozicioniranja što se može objasniti razmjerno malim područjem izabranim za testno područje. Smjerovi preostalih položajnih razlika Δ^{POZ} su uniformni, a standardna odstupanja na centimetarskoj razini za obje transformacije Molodenskog. Pošto su preostale koordinatne razlike uniformne, vrlo sličnih iznosa i istog smjera, može se utvrditi da transformirane koordinate sadrže sistematsko odstupanje od zadanih koordinata. Sistematski utjecaj za manje područje može se ukloniti prilagođavanjem modela, u konkretnom slučaju promjenom parametara transformacije koji su izvorno definirani za transformaciju na području cijele Republike Hrvatske. Ipak, jednostavne transformacije ne mogu u potpunosti otkloniti sistematski utjecaj (Varga i dr., 2015).

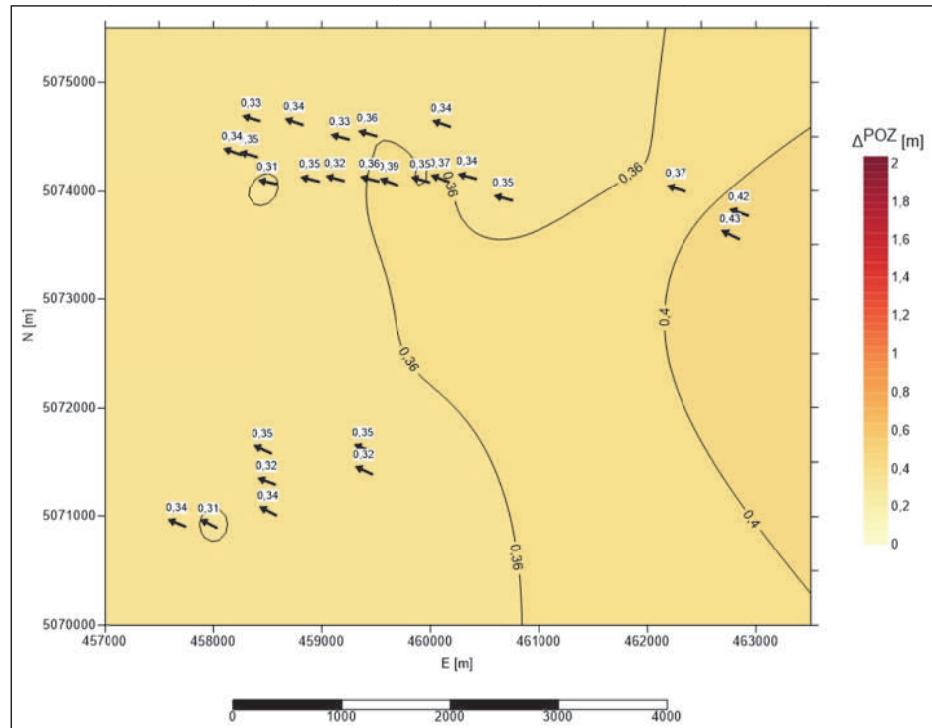
Slika 4: Grafički prikaz ukupnih položajnih razlika Δ^{POZ} transformiranih koordinata, iznos i smjer razlika za Molod-3p

Transformacijom koordinata Helmert-7p modelom transformacije dobivena su očekivana odstupanja koordinata u decimetarskom iznosu i s uniformnim smjerom odstupanja transformiranih koordinata (slika 6). Viša položajna točnost transformacije nije ostvariva korištenjem konformnih transformacija jer su koordinate mreža opterećene distorzijom (Bašić,

2009). Stoga je veliki značaj korištenja modela transformacije koji integriraju konformnu Helmert-7p transformaciju i modele distorzije (slika 7).



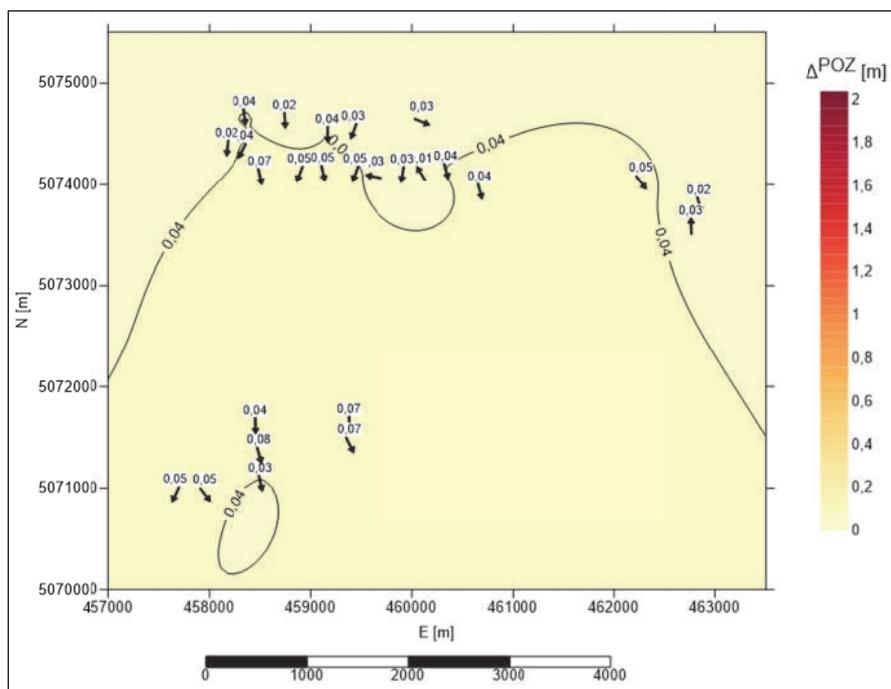
Slika 5: Grid ukupnih razlika Δ^{POZ} , iznos i smjer razlika za Molod-5p



Slika 6: Grid ukupnih razlika Δ^{POZ} , iznos i smjer razlika za Helmert-7p

Primjena takvog transformacijskog modela T7D statistički daje najkvalitetnije rezultate uz najčešće ukupno koordinatno odstupanje od oko 2 cm nakon provedene transformacije na definiranom području. Nepravilnost u smjeru i iznosu položajnih odstupanja nakon provedene

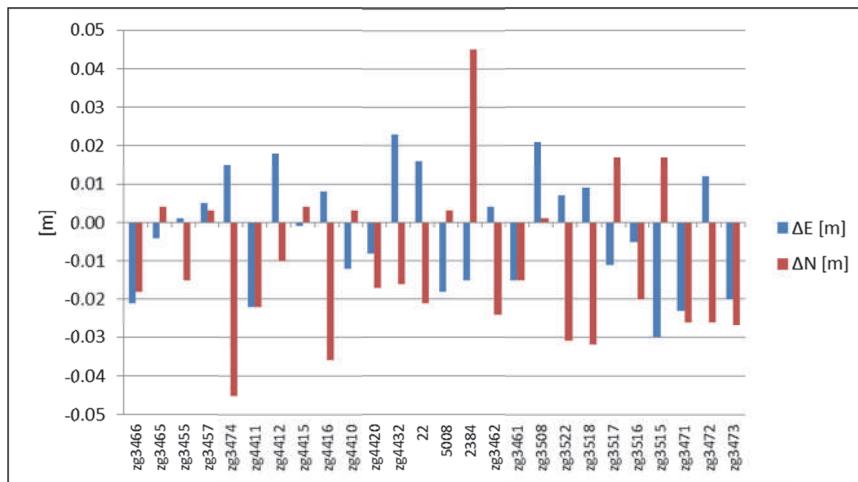
transformacije (slika 7) ukazuje na otklonjen sistematski utjecaj te kvalitetno izvršenu transformaciju.



Slika 7: Grid ukupnih razlika Δ^{POZ} , iznos i smjer razlika za T7D

4. Analiza položajne točnosti koordinata određenih VPPS servisom CROPOS sustava

Grafička analiza odstupanja koordinata određenih korištenjem visokopreciznog servisa za određivanje koordinata u realnom vremenu integriranog u CROPOS sustav prikazana je na slici 8. Analizom izmjerениh podataka utvrđeno je kako koordinate određene u HTRS96/TM projekciji odstupaju maksimalno 4 cm, a u pravilu odstupanja su oko 2 cm u odnosu na zadane koordinate.



Slika 8: Horizontalna odstupanja izmjerenih koordinata E, N točaka GPS mreže grada Zagreba u apsolutnim iznosima

Na navedena odstupanja utječu odstupanja uzrokovana mjerom tehnologijom, pogreškama instrumenta i uvjetima mjerena te odstupanja uzrokovana uporabom transformacijskog modela i modela geoida integriranog u CROPOS sustav. Pošto su navedena odstupanja malih

iznosa, može se utvrditi da je ponovno potvrđeno kako je CROPOS sustav potpuno adekvatan za korištenje u geodetske svrhe i terensku izmjeru različitih namjena.

5. Zaključak

Iako je dostupnost različitih transformacijskih modela koordinata neupitna, samo međusobna empirijska usporedba tih modela može dati uvid u njihovu efikasnost te omogućiti optimizaciju transformiranja koordinata unutar nekog sustava. Empirijska usporedba transformacijskih modela napravljena u okviru ovog rada za područje grada Zagreba daje uvid u točnost jednostavnijih 3-parametarske konformne transformacije Molodenskog, 5-parametarske konformne transformacije Molodenskog, složenije 7-parametarske Helmertove transformacije i najsloženije T7D transformacije koja integrira 7-parametarsku Helmertovu transformaciju i modeliranje distorzijskih pomaka.

Analizom dobivenih rezultata, utvrđeno je da je za potrebe transformacije koordinata na razini metarske točnosti (za definirano područje najveća odstupanja bila su unutar 2 m) dovoljno koristiti jednostavne transformacije (Molod-3p ili Molod-5p). Ukoliko se parametri jednostavnih transformacija definiraju isključivo za manje područje (npr. područje grada ili općine), jednostavnim transformacijama ostvariva je centimetarska točnost uz pouzdano određivanje transformacijskih parametara. Korištenjem Helmert-7p transformacije uz parametre definirane za područje cijele države ostvarena je decimetarska točnost, a najviša točnost s prosječnim odstupanjem od zadanih koordinata u iznosu od 2 cm ostvarena je upotrebom T7D transformacije koja je i najsloženiji od testiranih modela.

Takvi rezultati upućuju na to da se transformacija koordinata unutar nekog sustava može prilagoditi potrebama korisnika ili mogućnostima sustava. Stoga transformacije Molodenskog kojima u prilog ide njihova jednostavnost, jer zahtijevaju definiranje samo tri, odnosno pet parametara, primjenu nalaze u različitim mobilnim satelitskim navigacijskim sustavima i GIS aplikacijama. Sedam parametarska transformacija primjenu nalazi u složenijim sustavima, koji ne ovise o računalnim resursima dok upotreba transformacijskih modela s modeliranjem distorzije u praksi omogućuje primjenu za sve geodetske potrebe i potrebe u drugim geoznanostima, ali zahtjeva i više računalne resurse.

Naposljeku, CROPOS pozicijski sustav koji integrira T7D transformacijski model ponovno se pokazao kao pouzdan i učinkovit alat za pozicioniranje, a njegova primjena potpuno opravdana za proučavanje specifičnih problema u geoznanostima.

Literatura

Bašić, T. (2004): Jedinstveno izjednačenje 10-km GPS mreže Republike Hrvatske. Državna geodetska uprava Republike Hrvatske: „Izvješća o znanstveno-stručnim projektima iz 2002. godine“, urednik I. Landek, 67-79, Zagreb 2004.

Bašić, T. (2009): Jedinstveni transformacijski model i novi model geoida za Republiku Hrvatsku. Izvješća o znanstveno-stručnim projektima 2006. - 2008. Država geodetska uprava Republike Hrvatske.

Berk, S., Komadina V. (2013): Local to ETRS89 datum transformation for Slovenia: triangle-based transformation using virtual tie points. Survey Review 45(328), 25-34.

Burša, M. (1962): The Theory of the Determination of the Nonparallelism of the Minor Axis of the Reference Ellipsoid, Polar Axis of the Earth, and Initial Astronomical and Geodetic Meridians from Observation of Artificial Earth Satellites. Studia Geophysica et Geodetica 6(2), 209-214.

Featherstone, W. E. (1997): A comparison of existing co-ordinate transformation models and parameters in Australia. Australian surveyor 42(2), 25-34.

- Gucek, M. (2007): Analiza razlika visina GPS-točaka u starom i novom visinskom sustavu na testnom području Grada Zagreba. *Geodetski list*, 61(1), 19-40.
- Heiskanen, W. A., Moritz, H. (1967): Physical Geodesy, San Francisco, W. H. Freeman.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger H., Collins J. (1997): Global Positioning System. Theory and Practice, Volume 1., Beč, Springer.
- Lapaine, M., Tutić D. (2007): O novoj službenoj kartografskoj projekciji Hrvatske - HTRS96/TM, Kartografija i geoinformacije 6, 34-53.
- Markovinović, D., Rezo, M., Bjelotomić, O., Pavasović, M., Bašić, T. (2011): Kontrola visina na točkama GPS mreže Grada Zagreba uporabom VPPS servisa CROPOS sustava. In *2. CROPOS konferencija*.
- Molodensky, M. S., Yeremeyev V., Yurkina, M. (1962): Methods for Study of the External Gravitational Field and Figure of the Earth. Technical report.
- Narodne novine (110/2004): Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske. Službeni list Republike Hrvatske, br. 110, Zagreb.
- Rizos, C. (1999): Quality issues in real-time GPS positioning. Technical report.
- Šljivarić, M. (2010): Optimizacija metodologije trodimenzionalnih međudatumskih transformacija u Hrvatskoj, Doktorska disertacija, Zagreb.
- Varga, M., Grgić, M., Bašić, T. (2015): Empirical Comparison of Geodetic Coordinate Transformation Models from the Local to the Global Geodetic Datum over the Croatian Territory (u postupku objave).
- Wolf, H. (1963). Geometric connection and re-orientation of three-dimensional triangulation nets. *Bulletin Géodésique* 68(1), 165–169. doi: 10.1007/bf02526150.

Empirical comparison of different transformation models and T7D model over the area of the city of Zagreb

Abstract. Spatial data used in Croatia are often still referred to the historical local geodetic datum, Croatian State Coordinate System, HDKS (in Croatian: Hrvatski državni koordinatni sustav). Therefore, coordinate transformation from HDKS to the official Croatian terrestrial reference system 1996, HTRS96 (in Croatian: Hrvatski terestrički referentni sustav 1996), is everyday task for a wide range of users. Due to the fast development of the GIS systems and the portable devices that perform the real-time coordinate transformations, the question about the coordinate transformation models and their efficiency has important role. This paper comprises a comparison of different coordinate transformation models used for the coordinate transformation between the official and the historical geodetic datum. The coordinate transformation models tested are: Molodensky 3-parameter conformal transformation, Molodensky 5-parameter conformal transformation, 7-parameter Helmert transformation, and the official Croatian transformation model - T7D. Coordinate transformation performance analysis was done using the test data set of the 26 control points that are included in the GPS network of the City of Zagreb. For analysis purposes, the comparison of the known coordinates referred to the HTRS96 system and the transformed coordinates was done using computation software and developed computer programming routines. Besides, the paper presents the evaluation of the CROPOS positional system by the analysis of the observed coordinates using CROPOS VPPS service. In the end, the suitability and the usability of each transformation model for different users were evaluated.

Keywords: CROPOS VPPS, HDKS, HTRS96, T7D, transformation models.

Procjena visinske točnosti SRTM i ASTER globalnih digitalnih modela reljefa na području Republike Hrvatske

Pregledni znanstveni rad

Matej Varga¹, Ivana Vidić¹, Marijan Grgić¹, Olga Bjelotomić¹,
Marija Pejaković¹, Tomislav Bašić¹

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
mvarga@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
ivvidic@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
mgrgic@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
objelotomic@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
mapejakovic@geof.hr

¹Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
tbasic@geof.hr

Sažetak. Neki od najčešće korištenih geopodataka u geoznanostima su globalni digitalni modeli reljefa (GDMR). Njihova najznačajnija karakteristika je globalna dostupnost u visokim rezolucijama. Trenutačno dva najkorištenija modela izrađena su iz podataka satelitskih misija Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) i The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), ali se njihova visinska točnost dosada pokazala prostorno nehomogenom.

U radu se procjenjuje visinska točnost najnovijih verzija SRTM i ASTER GDMR-a u odnosu na poznate visine GNSS stanica permanentne mreže CROPOS-a i GNSS točaka CRODYN2013 geodinamičke kampanje. Ispitana je ovisnost visinske točnosti o geomorfološkim značajkama reljefa, a rezultati su uspoređeni s dosadašnjim istraživanjima.

Ključne riječi: ASTER, CRO-DEM, CROPOS, CRODYN2013, digitalni model reljefa, SRTM, visinska točnost

1. Uvod

Digitalni model reljefa (DMR) je model definiran u položajnom i visinskom smislu kojim se opisuje Zemljina površina. Prednosti GDMR-a su globalna pokrivenost i dostupnost u visokim rezolucijama (do 1" x 1" ili otprilike 30 m x 30 m), a nedostaci nehomogena i najčešće nepoznata visinska točnost. Visinska točnost DMR-ova najčešće se ispituje u odnosu na visine dobivene nekom od terestričkih (nivelman, lasersko skeniranje, fotogrametrijsko skeniranje, itd.), svemirskih (GNSS) ili fotogrametrijskih (aerofotogrametrija) metoda izmjere. Pogreške visina GDMR-a uzrokovane su metoda i vremenskim uvjetima snimanja terena, gustoćom snimljenih točaka, georeferenciranjem, rezolucijom modela, geomorfološkim značajkama reljefa, pokrovom tla, itd.

Bašić i Buble (2007) analizirali su prvu verziju SRTM modela u odnosu na visine trigonometara i repere II nivelmana visoke točnosti (II NVT). Standardno odstupanje te verzije iznosilo je 27.5 m. Varga i Bašić (2013) ispitivali su međusobne razlike različitih modela na području Republike Hrvatske te utvrdili značajne razlike uzrokovane sustavnim i grubim pogreškama u modelima. Modeli nižih rezolucija (30 i 60 lučnih sekundi) manje su točnosti u odnosu na modele visoke rezolucije (1 i 3 lučne sekunde). Varga i Bašić (2015) analizirali su točnosti GDMR-a na području Republike Hrvatske u odnosu na visine repera II NVT-a te dobili vrijednosti srednjih pogrešaka visina (engl. *Mean Error* - ME) i srednjih kvadratnih pogrešaka visine (engl. *Root Mean Square Error* - RMSE): ASTER -1.7 ± 7.1 m,

SRTM3 verzija 3 $0,2 \pm 3,8$ m, SRTM30+ verzija 9 $6,3 \pm 21,3$ m. U ovisnosti o geomorfološkim značajkama pokazalo se kako ne postoji korelacija visinske točnosti i visine, no postoji korelacija točnosti s nagibom terena i pokrovom tla.

U radu se procjenjuje visinska točnost najnovijih verzija globalnih digitalnih modela reljefa (GDMR) na području Republike Hrvatske: ASTER verzija 2 (engl *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), SRTM (engl. *Shuttle Radar Topography Mission*) verzije: SRTM3, SRTM1, SRTM30+ verzija 11 i SRTM15 verzija 1. S obzirom na objavu novih verzija GDMR-a tijekom 2014. i 2015. godine, modeli SRTM1, SRTM15 verzija 1, SRTM30+ verzija 11 po prvi se puta procjenjuju za područje Republike Hrvatske. Visinska točnost modela procjenjena je u odnosu na visine GNSS stanica CROPOS mreže te GNSS točaka CRODYN2013 geodinamičke kampanje. Izabrane se točke dosada nisu koristile za procjenu visinske točnosti GDMR-ova. Procjenjena je i ovisnost visinske točnosti GDMR-a o geomorfološkim značajkama reljefa: visini, nagibu terena i pokrovu tla.

2. Podatci

U ovom poglavlju ukratko su opisani korišteni skupovi podataka.

2.1. ASTER GDMR

ASTER je jedan od pet uređaja za daljinska istraživanja postavljen na satelitu Terra koji je 1999. godine lansirala NASA (engl. *National Aeronautics and Space Administration*) i METI (engl. *Ministry of Economy, Trade and Industry*). Rezolucija proizvedenih snimaka je od 15 do 90 m izraženo u GSD (engl. *Ground Sample Distance*) što je veličina koja definira duljinu dužine i širine na Zemlji definiranu jednim pikselom snimka.

ASTER GDMR dostupan je bez naknade za korisnike diljem svijeta, a do sada su objavljene dvije verzije; prva verzija 2008., a druga verzija 2011. godine. U odnosu na verziju 1, povećana je horizontalna i visinska točnost te prostorna rezolucija modela. Krajem 2015. godine bit će objavljena verzija 3, od koje se očekuje daljnje povećanje visinske točnosti (Abrams i dr., 2015).

ASTER GDMR distribuira se u obliku datoteka u GeoTIFF formatu koje pokrivaju prostor jednog lučnog stupnja u rezoluciji 1"x1". Horizontalni datum je WGS84 (engl. *World Geodetic System 1984*), a visinski EGM96 (engl. *Earth Gravitational Model 1996*). Više informacija o ASTER GDMR-u može se pronaći na URL 1.

2.2. SRTM GDMR

SRTM je bila međunarodna satelitska misija prikupljanja podataka za izradu GDMR-a za prostorno područje od 60° sjeverne do 56° južne geodetske širine. Misija je realizirana kao zajednički projekt NASA-e, NIMA-e (engl. *National Imagery and Mapping Agency*) te Njemačke i Talijanske svemirske agencije. Podatci su prikupljeni radarskom interferometrijom (engl. *InSAR-Interferometric Synthetic Aperture Radar*) tijekom jedanaest dana 2000. godine. Danas se publiciraju modeli u četiri prostorne rezolucije: 1", 3", 15" i 30". Horizontalni datum SRTM GDMR-ova je WGS84, a visinski EGM96. Više o SRTM misiji i najnovijim verzijama GDMR-ova može se pronaći na URL 2, URL 3 i URL 4.

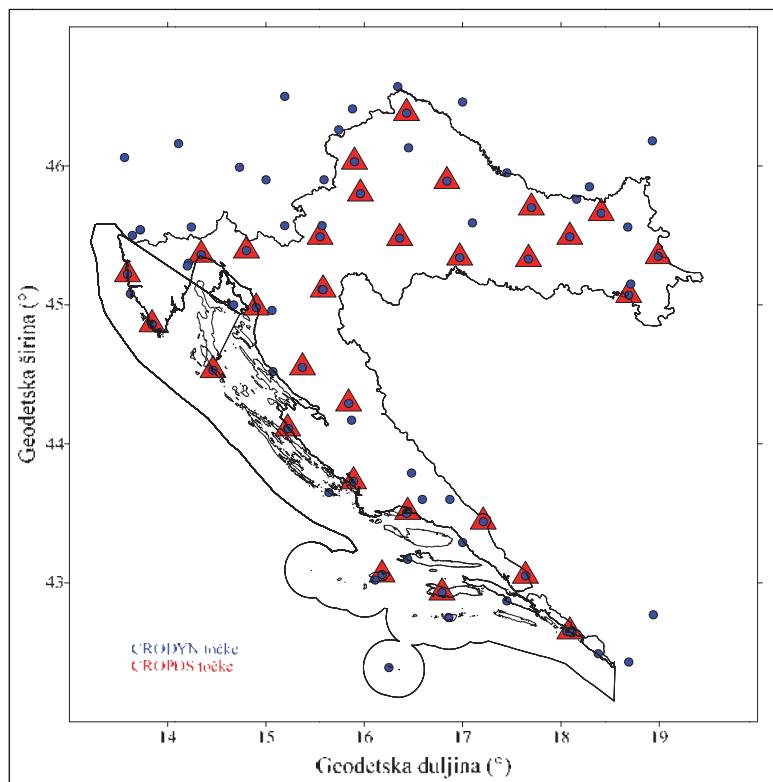
U ovom radu procjenjena je visinska točnost sljedećih verzija:

- *SRTM3*: U studenom 2013. godine LP DAAC (engl. *The Land Processes Distributed Active Archive Center*) objavio je verziju SRTM3 (označava se još i kraticama: Void filled i SRTM Plus) koja je dopunjena visinama iz GDMR-a ASTER i GMTED2010 (engl. *Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010*). Rezolucija modela je tri lučne sekunde.

- *SRTM1*: Krajem 2014. godine objavljen je GDMR SRTM1 s rezolucijom jedne lučne sekunde od 60° sjeverne do 56° južne geodetske širine izuzev za područje Bliskog Istoka i sjevera Afrike.
- *SRTM30+*: SRTM30+ model publiciran krajem 2014. godine pokriva područje cijele Zemlje, a uz visine reljefa sadrži i dubine mora i oceana. Dobiven je kombinacijom podataka SRTM misije i podataka dobivenih iz više satelitskih misija (ICESat, CryoSat-2, Jason-1, Envisat) i distribuiraju se u rezoluciji od 30 sekundi.
- *SRTM15*: SRTM15 izrađen je iz modela SRTM30+, a publiciran 2014. godine. Dodani su podatci iz satelitskih misija ASTER i CryoSat-2. Obuhvaća prostor cijele Zemlje i sadrži dubine mora i oceana u rezoluciji od 15 lučnih sekundi.

2.3. GNSS točke

Za procjenu visinske točnosti korišteno je ukupno 112 GNSS točaka s poznatim elipsoidnim koordinatama (elipsoidna širina φ_{GNSS} , duljina λ_{GNSS} i visina h_{GNSS}) iz dva različita seta (slika 1). Prvi set točaka čini koordinate 30 GNSS stanica CROPOS permanentne mreže. Korištene GNSS CROPOS stanice smještene su na zgradama katastarskih ureda. Koordinate su određene u ITRF referentnom okviru (epoha 2008,83) te transformirane u ETRF00. Dodatne informacije o sustavu mogu se pronaći na stranicama CROPOS-a (URL 6) te na stranicama Državne geodetske uprave Republike Hrvatske (URL 7). Drugi set točaka dobiven je mjerenjima u okviru CRODYN2013 GNSS kampanje koja je izvedena 2013. godine na širem području Republike Hrvatske. Za razliku od CROPOS točaka koje se nalaze u gradskom području i smještene su na zgradama, točke CRODYN2013 GNSS kampanje smještene su na tlu.



Slika 1: Prostorni raspored GNSS stanica CROPOS mreže i točaka CRODYN2013 GNSS kampanje

2.4. Model pokrova tla

Pokrov tla za sve GNSS točke definiran je pomoću globalnog modela pokrova tla AVHRR GLCM (engl. *Advanced Very High Resolution Radiometer Global Land Cover Model*). Model je izrađen na Odjelu za geografiju Sveučilišta Maryland u Sjedinjenim Američkim Državama iz satelitskih snimaka prikupljenih od 1981. do 1994. godine (URL 5). Pokrov tla u modelu definiran je s četrnaest razreda koji su za ovaj rad generalizirani, odnosno spojeni u četiri razreda: (1) šume i šumsko područje, (2) grmlje i nisko raslinje, (3) travnjaci, obradive površine i područja bez vegetacije, (4) izgrađena i gradska područja.

3. Metode

Iz odabranih GDMR-a interpolirane su visine (H_{GDMR}) korištenjem elipsoidnih koordinata (φ_{GNSS} , λ_{GNSS}) GNSS točaka. Ovako interpolirane visine iz GDMR-a nalaze se u ortometrijskom sustavu u odnosu na EGM96 geoid. Stoga su elipsoidne visine GNSS točaka (h_{GNSS}) transformirane u ortometrijske (H_{GNSS}) pomoću undulacija geoida EGM96 modela geoida (N_{EGM96}). Nakon transformacije, ortometrijske visine GNSS točaka (H_{GNSS}) i visine interpolirane iz GDMR-a (H_{GDMR}) odnose se na isti visinski datum. Reziduali (razlike) visina GNSS točaka i visina iz GDMR-a predstavljaju visinsku (vertikalnu) pogrešku GDMR-a:

$$\Delta H_{GNSS-GDMR}^i = H_{GNSS}^i - H_{GDMR}^i. \quad (1)$$

Iz reziduala visina ($\Delta H_{GNSS-GDMR}$) određene su statističke mjere: minimum (min.), maksimum (maks.), srednja pogreška (engl. *Mean Error*, *ME*) i korijen srednje kvadratne pogreške (engl. *Root Mean Square Error*, - *RMSE*). Vrijednosti *ME* su se računale kao aritmetička sredina iz reziduala:

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{GNSS}^i - H_{GDMR}^i)}{n}. \quad (2)$$

Vrijednosti *RMSE* su se računale kao drugi korijen iz kvadrata srednje pogreške:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_{GNSS}^i - H_{GDMR}^i)^2}{n}}. \quad (3)$$

Statistička vrijednost visinske točnosti za svaki GDMR dana je u obliku $ME \pm RMSE$.

Za sve GDMR-ove izračunati su koeficijenti korelacije između: reziduala i visina, reziduala i nagiba terena, te reziduala i pokrova tla. Za potrebe prikaza promjena vrijednosti *RMSE* u ovisnosti o visini i nagibu reziduali su razvrstani u razrede (za visine: 0-100 m, 100-300 m, 300-600 m, 600-900 m, 900-1600 m; za nagib terena: 0-5°, 5-10°, 10-15°).

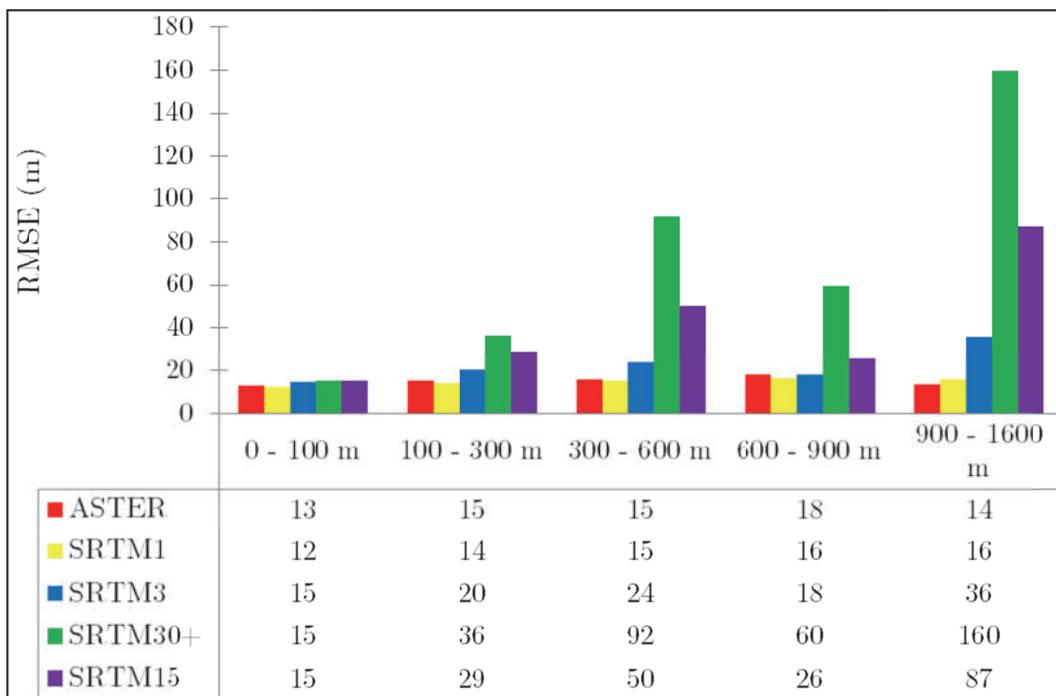
4. Rezultati

Rezultati su prikazani u tablici 1. Najmanji *ME* i *RMSE* pokazuju modeli najveće rezolucije ASTER $12,2 \pm 14,5$ m i SRTM1 $12,1 \pm 13,7$ m. Najveći *ME* i *RMSE* pokazao je SRTM30+ $29,0 \pm 56,9$ m. Vrijednosti *ME* u svim modelima su pozitivnog predznaka i iznosima većim od 10 m.

Tablica 1: Statistika reziduala visina GNSS točaka i GDMR-ova ($\Delta H_{GNSS-GDMR}$)

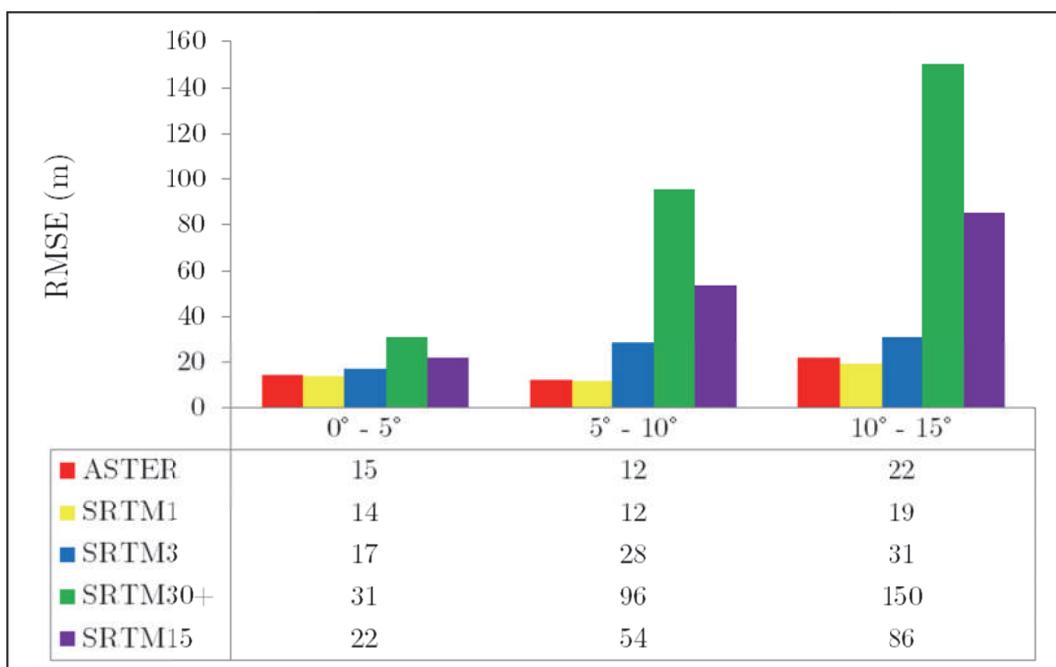
| GDMR | Min. [m] | Maks. [m] | ME [m] | RMSE [m] |
|---------|----------|-----------|--------|----------|
| ASTER | -9,7 | 30,3 | 12,2 | 14,5 |
| SRTM1 | -6,5 | 37,0 | 12,1 | 13,7 |
| SRTM3 | -30,1 | 69,7 | 14,4 | 20,0 |
| SRTM30+ | -21,2 | 197,7 | 29,0 | 56,9 |
| SRTM15 | -9,6 | 118,3 | 23,0 | 34,4 |

Slika 2 pokazuje ovisnost vrijednosti RMSE modela. Vrijednost RMSE za modele ASTER i SRTM1 ne mijenja se značajno promjenom visine terena (koeficijent korelacije manji je od 0,1). Kod modela SRTM30+ i SRTM15 postoji jaka korelacija između vrijednosti RMSE i visine terena (koeficijent korelacije 0,6).



Slika 2: Ovisnost RMSE o visini terena

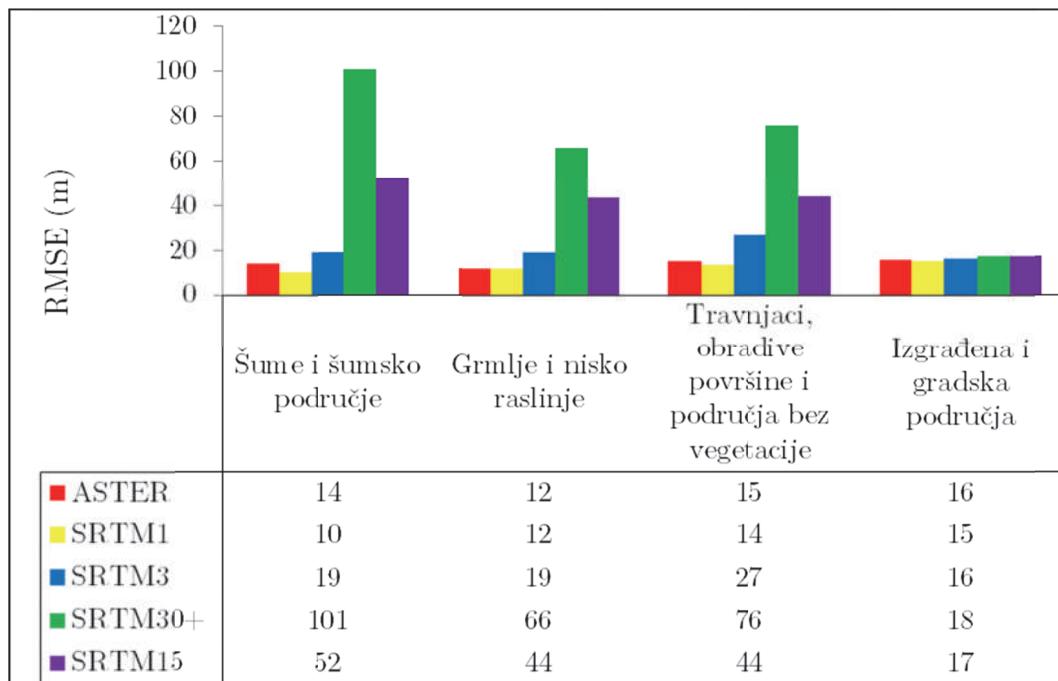
RMSE vrijednost za modele ASTER i SRTM1 GDMR-a jednaka je za sve vrijednosti nagiba terena. Koeficijenti korelacije za modele većih rezolucija (ASTER i SRTM1) manji je od 0,1. Kod modela SRTM30+ i SRTM15 RMSE povećava se porastom nagiba terena (slika 3).



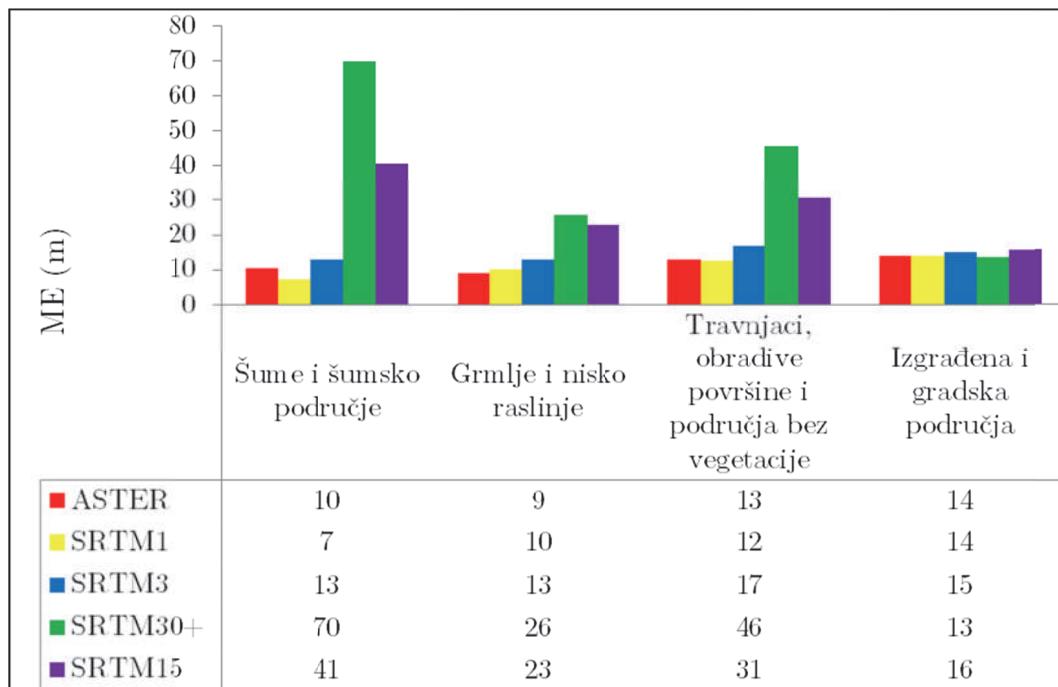
Slika 3: Ovisnost RMSE o promjeni nagiba terena

Ovisnost RMSE i ME o pokrovu tla prikazan je na slici 4 i slici 5. Utvrđena je korelacija između vrijednosti RMSE-a svih modela i pokrova tla, uz izuzetak modela SRTM3 (slika 4).

Vrijednost ME pozitivna je za sve modele. Za modele ASTER i SRTM1 vrijednosti ME kreće se od 7 m do 14 m i najveće su u gradskim, a najmanje u šumskim područjima. Kod modela SRTM3 vrijednost ME najveća je u područjima bez vegetacije (17 m). Kod modela SRTM30+ i SRTM15 vrijednost ME najveća je u šumskim, a najmanja u gradskim područjima.



Slika 4: Ovisnost RMSE o pokrovu tla



Slika 5: Ovisnost ME o pokrovu tla

5. Zaključak

Na području Republike Hrvatske provedena je procjena visinske točnosti najnovijih verzija GDMR-ova ASTER i SRTM. Za tu su se svrhu na prostoru Republike Hrvatske po prvi puta koristile GNSS točke.

Visinska točnost testiranih je prema statističkim pokazateljima $ME \pm RMSE$: ASTER $12,2 \pm 1,5$ m, SRTM1 $12,1 \pm 13,7$ m, SRTM3 $14,4 \pm 20,0$ m, SRTM30+ $29,0 \pm 56,9$ m, SRTM15 $23,0 \pm 34,4$ m. U usporedbi s istraživanjem (Varga i Bašić, 2015) (ASTER $-1,7 \pm 0,1$ m, SRTM3 $0,2 \pm 3,8$ m) visinska točnost GDMR-ova značajno je manja. Uzrok tomu nalazi se u rasporedu (većinom u gradskom i šumskom području) i znatno manjem broju točaka korištenih u ovom radu. Za daljnja istraživanja planirana je izrada i korištenje veće baze GNSS točaka.

RMSE vrijednosti ASTER i SRTM1 modela ne koreliraju s visinom i nagibom terena za razliku od modela SRTM3, SRTM15 i SRTM30+. RMSE vrijednosti svih modela koreliraju s pokrovom tla. Kod svih modela srednje pogreške (ME) velikih su iznosa i pozitivnih predznaka što upućuje na značajan utjecaj sustavnih pogrešaka, kao što su pogreške horizontalnog i visinskog georeferenciranja i pogrešaka uzrokovanih vegetacijom i izgrađenim objektima.

U skoroj budućnosti, na temelju postojećih GDMR-ova, planira se publiciranje digitalnog modela reljefa CRO-DEM i digitalnog modela površine CRO-DSM u različitim rezolucijama (od 1 lučne sekunde do 30 lučnih sekundi) prilagođenog za područje Republike Hrvatske. U odnosu na trenutno dostupne GDMR-ove očekuje se kako će modeli CRO-DEM i CRO-DSM biti znatno veće točnosti.

Zahvala

Autori se zahvaljuju Državnoj geodetskoj upravi na ustupljenim koordinatama GNSS CROPOS permanentne mreže i CRODYN2013 GNSS točaka.

Literatura

Abrams, M., Tsu, H., Hulley, G., Iwao K., Pieri D., Cudahy, T., Kargel, J. (2015): The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) after fifteen years: Review of global products, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 38: 292-301.

Bašić, T., Buble, G. (2007): Usporedba globalnog modela visina SRTM3 s postojećim digitalnim modelima reljefa na području Hrvatske, Geodetski list 61 (2): 93-111.

Varga, M., Bašić, T. (2013): Procjena kvalitete i usporedba globalnih digitalnih modela reljefa na ozemlju Republike Hrvatske, Kartografija i geoinformacije, 12 (20): 4-17.

Varga, M., Bašić, T. (2015): Accuracy validation and comparison of global digital elevation models over Croatia, International Journal of Remote Sensing, 36(1): 170-189, doi: 10.1080/01431161.2014.994720.

URL 1: ASTER, Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer, <http://asterweb.jpl.nasa.gov/> (27.04.2015.)

URL 2: SRTM, Shuttle Radar Topography Mission, <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> (27.04.2015.)

URL 3: USGS, US Geological Survey, <https://lta.cr.usgs.gov/SRTMVF> (27.04.2015.) (27.04.2015.)

URL 4: SRTM 30+, SRTM 15, http://topex.ucsd.edu/WWW_html/srtm30_plus.html (27.04.2015.)

URL 5: Global Land Cover Facility, <http://glcf.umd.edu/data/landcover/> (27.04.2015.)

URL 6: CROPOS, <http://www.cropos.hr/> (27.04.2015.)

URL 7: Državna geodetska uprava, <http://www.dgu.hr/proizvodi-i-usluge/stalne-tocke-geodetske-osnove/cropos-servisi.html> (27.04.2015.)

Accuracy validation of global digital elevation models SRTM and ASTER using GNSS stations of CROPOS permanent network

Abstract. Some of the most commonly used geographic data in geosciences are global digital elevation models (GDEM). Their most significant feature is the global availability in high resolutions. Currently, the two most used models are made from the data of satellite mission *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* and the *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)*. Their vertical accuracy has shown to be spatially inhomogeneous.

In this paper, vertical accuracy of the latest versions of SRTM and ASTER GDEM is estimated in relation to the known heights of permanent GNSS stations network CROPOS and GNSS points from the CRODYN2013 geodynamic campaign. The dependence of vertical accuracy on the geomorphological characteristics of the relief were also estimated and the results were compared with previous research.

Keywords: ASTER, CRODYN, CRO-DEM CROPOS, Digital elevation model, vertical accuracy, SRTM.

Analiza kontinuiranih mjerena na odabranim EPN stanicama

Pregledni znanstveni rad

Željko Hećimović¹, Matjaž Štanfel², Gordan Horvat³

¹Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Ulica Matice hrvatske 15, 21000 Split, zeljko.hecimovic@gradst.hr

²Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, matjaz.stanfel@geof.hr

³Vektra d.o.o., Branka Vodnika 4/B, 42000 Varaždin, gordan.horvat.vz@gmail.com

Sažetak. U ovom radu su analizirana tjedna rješenja promjena koordinata stajališta Europske permanentne mreže (engl. *European Permanent Network* - EPN). Korištena su mjerena na EPN točkama: Biala Podlaska - Poljska (BPDL), Chize - Francuska (CHIZ), Naut Aran - Španjolska (ESCO), Chisnau - Moldavija (IGEO) i Qaqortoq/Julianeaab - Grenland (Danska) (QAQ1). Odredene su brzine pomaka stanica. Nakon odstranjivanja trenda, koji je prvenstveno uzrokovani geotektonskim promjenama, javljaju se sustavne promjene koordinata sinusoidnog karaktera. Da bi se analiziralo ovo ponašanje, u radu je korištena polinomna funkcija i metoda najmanjih kvadrata. Nakon što je utvrđeno postojanje sustavnih utjecaja u permanentnim GNSS mjernjima na analiziranim EPN točkama, ispitano je postojanje korelacije između promjena koordinata (X, Y, Z) odabranih permanentnih EPN stanica. Da bi se utvrdilo da li su promjene koordinata međusobno povezane, izračunati su koeficijenti korelacije između EPN stanica. Koeficijenti korelacije imaju iznose do 0,91, a što upućuje na visok stupanj korelacije u promjenama položaja točaka, do zanemarivo malih iznosa koeficijenta korelacije.

Ključne riječi: brzine pomaka točaka, EPN, GNSS opažanja, korelacija, sustavni utjecaji.

1. Uvod

U ovom radu su analizirane promjene koordinata permanentnih mjerena primjenom globalnog navigacijskog satelitskog sustava (GNSS) na pet *European Permanent Network* (EPN) stanica. Razlikuju se dnevna i tjedna rješenja koordinata EPN stanica (Bruyninx, 2004; Habrich, 2007; URL 1). Korištena su tjedna rješenja. Tjedna rješenja na pojedinim stanicama pokazuju jasne trendove sustavnog ponašanja. Radi se o pojavi koja se javlja na gotovo polovici EPN stanica u jačem ili blažem obliku. Promjene koordinata imaju jasnú frekvenciju, odnosno period koji djeluje na sve tri komponente koordinata (X, Y, Z). Prilikom odabira stanica za istraživanje u ovom radu, točke su odabrane nasumično s kriterijem da se sustavne pogreške javljaju na sve tri koordinatne osi.

Obrada podataka permanentnih EPN stanica obavljena je u nekoliko koraka. Nakon odabira točaka i prikupljanja podataka mjerena, sistematiziran je popis tjednih rješenja koordinata točaka po GPS tjednima. Zatim su uklonjene grube pogreške i linearni trend promjena koordinata, koji je prvenstveno prouzrokovani pomicanjem Euroazijske tektonske ploče u odnosu na ITRF2005 referentni sustav. Da bi se procijenilo da li su promjene koordinata signifikantne, određeni su koeficijenti korelacije.

2. Korištene permanentne GNSS točke

European Reference Frame (EUREF) je permanentna mreža referentnih GNSS stanica s primarnim ciljem uspostave i održavanja europskog referentnog okvira. Prve GNSS stanice su uspostavljene 1987. godine (Bruyninx i dr., 2010; URL 1). EUREF mreža se razvijala da bi bilo aktivno oko 247 permanentnih GNSS stanica (Bruyninxu i dr., 2011). Misija EUREF-a je ustrojavanje i održavanje najbolje mogućeg, jedinstvenog, homogenog referentnog sustava i njihove realizacije za područje Europe (Sideris, 2009; Borkowski i dr., 2001). Glavni razlog uspostave EUREF-a je u činjenici da se Euroazijska ploča, u odnosu na globalni *International*

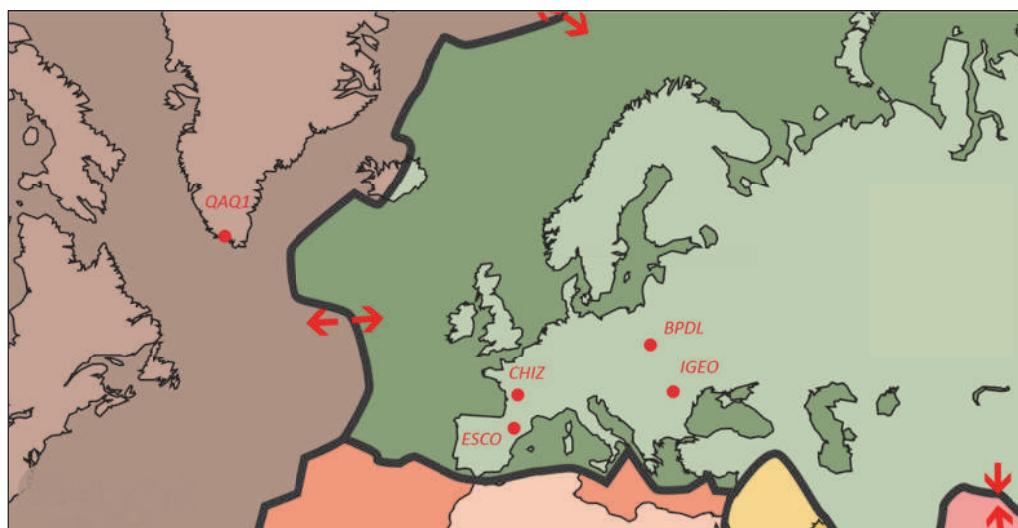
Terrestrial Reference System (ITRS), odnosno *No – Net – Rotation*, pomiče brzinom od oko 2,5 cm/god, te se javlja potreba uspostave regionalnog referentnog okvira za područje Europe (URL 2; URL 3). Na EUREF skupu koji je održan 1990. godine donijeta je odluka o uspostavi *European Terrestrial Reference System 1989* (ETRS89) (Bruyninx, 2012). Promatraljući službena tjedna rješenja EPN stanica, kod nekih EUREF permanentnih stanica je uočljivo periodičko ponašanje promjena koordinata koje ima sinusoidni karakter s amplitudama do ± 20 mm.

Prema Bruyninxu i dr. (2005) promjena referentnog okvira uzrokuje skokove u rješenjima koordinata EPN stanica. Zbog toga je odabran vremenski prozor u kojem skok ne utječe na rezultate odnosno onaj period u kojem se tjedna rješenja koordinata stanica nalaze u istom ITRF-u.

Korištene EPN stanice su dane u tablici 1 i na slici 1.

Tablica 1: EPN stanice korištene u analizi

| Ime točke | Mjesto | Država | Aktivna od (GPS tjedan) | Prijemnik | Antena |
|-----------|------------------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|
| BPDL | Biala Podlaska | Poljska | 1483– | TRIMBLE NETR5 | Trimble |
| CHIZ | Chize | Francuska | 1090– | ASHTECH Z-XII3 | Ashtech |
| ESCO | Naut Aran | Španjolska | 1026– | TRIMBLE NETRS | Trimble |
| IGEO | Chisnau | Moldavija | 1439– | ASHTECH Z | Ashtech |
| QAQ1 | Qaqortoq / Julianehaab | Grenland (Danska) | 1183– | ASHTECH UZ-12 | Ashtech |



Slika 1: Prostorni raspored korištenih EPN stanica (URL 9)

3. Korišteni podatci

Na službenoj internet stranici Europske permanentne mreže, dostupni su podatci o permanentnim točkama mreže. Kao ulazne veličine korištena su tjedna rješenja EPN stanica u SINEX formatu (v. 1.00). Kod obrade i analize podataka korišteni su 3D prostorne Kartezijeve koordinate (X,Y,Z) u ITRF2005 referentnom okviru. Korištene su koordinate točaka u razdoblju od 1450 – 1612 GPS tjedna (URL 13), a što odgovara razdoblju od 21.10.2007. do 4.12.2010. godine. Mjerenja u GPS tjednima u razdoblju od 1475 do 1477 te

1482 su izbačena zbog pogrešaka mjerjenja, a GPS tjedni 1521 i 1557 ne sadrže podatke mjerjenja za dovoljan broj EPN stanica, koje su predmet istraživanja ovoga rada. Mjerjenja u GPS tjednima 1465–1477, 1482, 1521 i 1557 nisu korištena u analizi zbog manjkavosti podataka koja se pripisuje neaktivnosti permanentnih EPN stanica. Podatci su u *Solution (Software/technique) INdependent EXchange Format (SINEX)* (URL 10). SINEX je format za dokumentiranje rješenja koordinata permanentnih GPS stanica u uporabi od 1995. godine (URL 4; URL 5; URL 6; URL 8; URL 11). U SINEX-ovim datotekama su sadržane i informacije o statističkim parametrima poput broja opažanja, broju nepoznanica, broju stupnjeva slobode, intervalu registracije, te ocjene točnosti u obliku varijance, a imena stanica su dana u zaglavlјima s četiri početna slova imena stanice (URL 7; URL 12).

4. Određivanje brzina gibanja EPN točaka

Nakon uklanjanja grubih pogrešaka, trend promjena koordinata je aproksimiran pravcem primjenom metode najmanjih kvadrata (Feil, 1989; Rožić, 2007). Trend pravca određuje srednju brzinu gibanja EPN stanice u razdoblju od 21.10.2007. do 4.12.2010. u ITRF2005 referentnom okviru. Brzine gibanja su određene za svaku analiziranu EPN stanicu i za svaku koordinatnu os. Za funkciju posrednih mjerjenja je korištena jednadžba pravca

$$\bar{Y}_i = Y_i + v_i = \bar{A} * x_i + \bar{B} \quad (1)$$

gdje je \bar{Y}_i izjednačena vrijednost, Y_i mjerena vrijednost, \bar{A}, \bar{B} izjednačene nepoznanice, v_i popravka i x_i prikraćena nepoznanica. U gornjem izrazu su A koeficijenti smjera, a B je odsječak na ordinatnoj osi. Na temelju linearног modela (1) izračunate su brzine gibanja analiziranih EPN stanica. Izračunate vrijednosti komponenti brzina gibanja analiziranih EPN stanica su prikazane u tablici 2 i na slici 2, slici 3 i slici 4.

Tablica 2: Brzine gibanja EPN stanica

| EPN stanica | Brzine EPN stanica | | |
|-------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | v_x [mm/god] | v_y [mm/god] | v_z [mm/god] |
| BPDL | -19,8 | 15,6 | 9,6 |
| CHIZ | -11,3 | 19,2 | 12,6 |
| ESCO | -10,7 | 19,2 | 12,7 |
| IGEO | -18,9 | 16,0 | 10,5 |
| QAQ1 | -18,8 | -4,0 | 10,3 |

Kao što je vidljivo u tablici 2 i na slici 2, slici 3 te slici 4 sve točke imaju vrlo slične trendove gibanja po X-osi, osim EPN stanice QAQ1. Jedan od mogućih razloga je što se ona ne nalazi na Euroazijskoj tektonskoj ploči, kao ostale promatrane EPN stanice, već na Grenlandu, a on je dio Sjevernoameričke tektonske ploče (slika 1).



Slika 2: Vektori brzina gibanja EPN stanica po X-osi



Slika 3: Vektori brzina gibanja EPN stanica po Y-osi



Slika 4: Vektori brzina gibanja EPN stanica po Z-osi

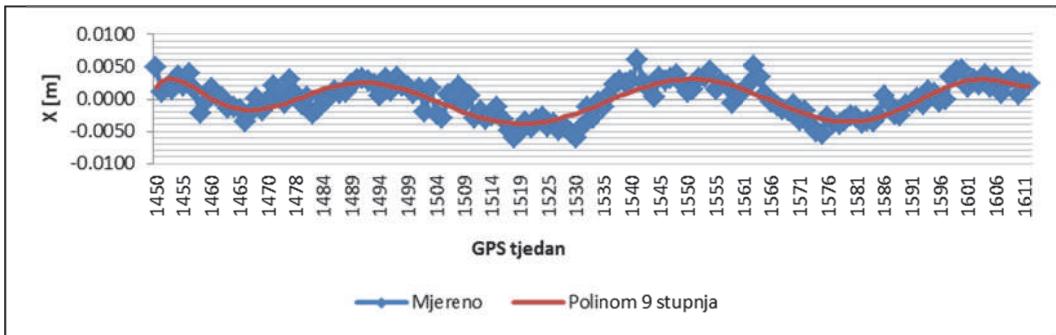
5. Aproksimacija podataka polinomom

Aproksimacija promjena koordinata pravcem i njegovim oduzimanjem od početnih tjednih rješenja, uklonjen je glavni utjecaj pomicanja Euroazijske tektonske ploče u odnosu na ITRF2005. Nakon uklanjanja tog linearne trenda iz podataka, dobiveni su podatci koji prikazuju periodičke promjene koordinata permanentnih EPN stanica, koje su sinusoidnog karaktera. Da bi se analiziralo ovo ponašanje, podatci su aproksimirani polinomom. Korišten je polinom devetog stupnja, jer on vjerno aproksimira podatke. Za određivanje polinoma korišteno je izjednačenje posrednih mjerena, po metodi najmanjih kvadrata, a funkcija posrednih mjerena je imala oblik

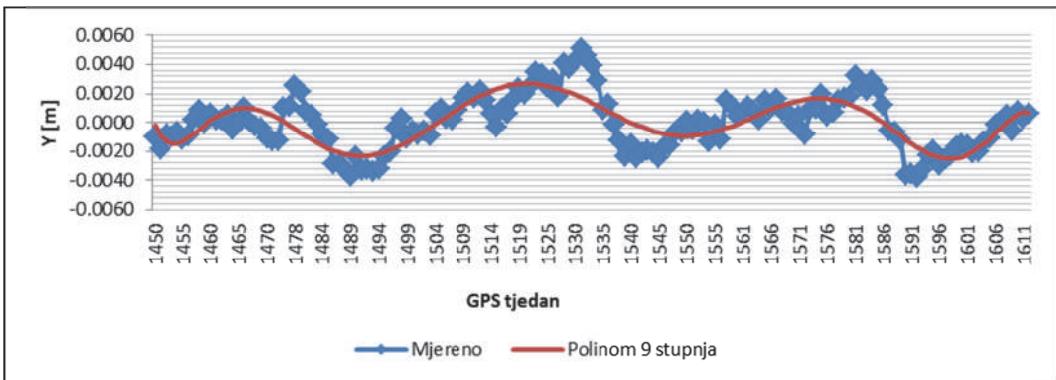
$$\bar{Y}_i = Y_i + v_i = \bar{A} + \bar{B} * x_i + \bar{C} * x_i^2 + \bar{D} * x_i^3 + \bar{E} * x_i^4 + \bar{F} * x_i^5 + \bar{G} * x_i^6 + \bar{H} * x_i^7 + \bar{I} * x_i^8 + \bar{J} * x_i^9 \quad (2)$$

gdje je \bar{Y}_i izjednačena vrijednost, Y_i mjerena vrijednost, \bar{A}, \bar{J} izjednačene nepoznanice, v_i popravke i x_i prikraćene nepoznanice.

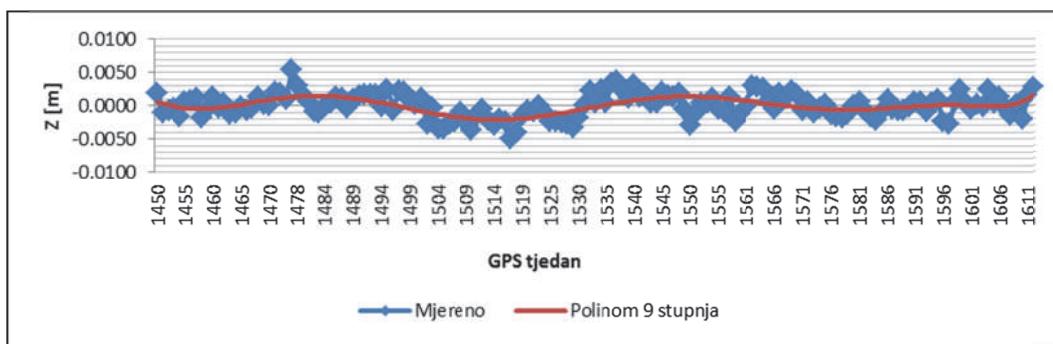
Na slici 5, slici 6 i slici 7 su dani izjednačeni modeli polinoma po koordinatnim osima za EPN stanicu ESCO, a na slici 8, slici 9 i slici 10 su prikazani modeli polinoma promjena koordinata za svih pet analiziranih EPN stanica po koordinatnim osima.



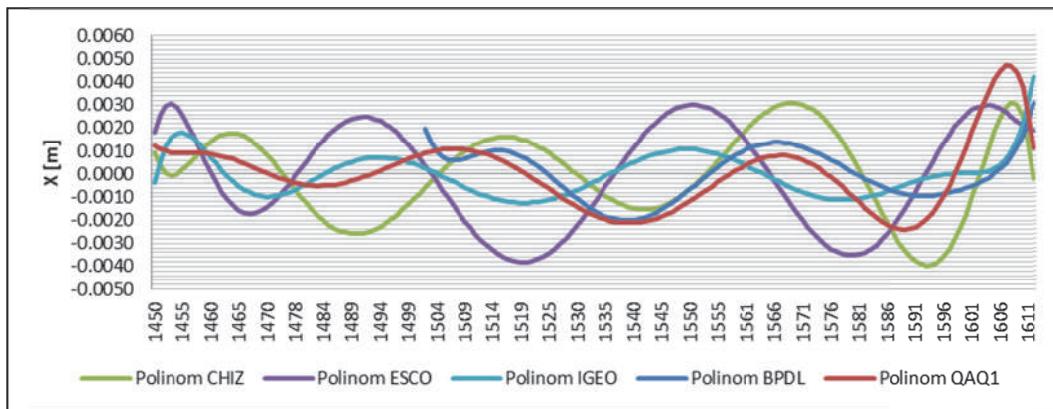
Slika 5: Model polinoma za točku ESCO za X-os



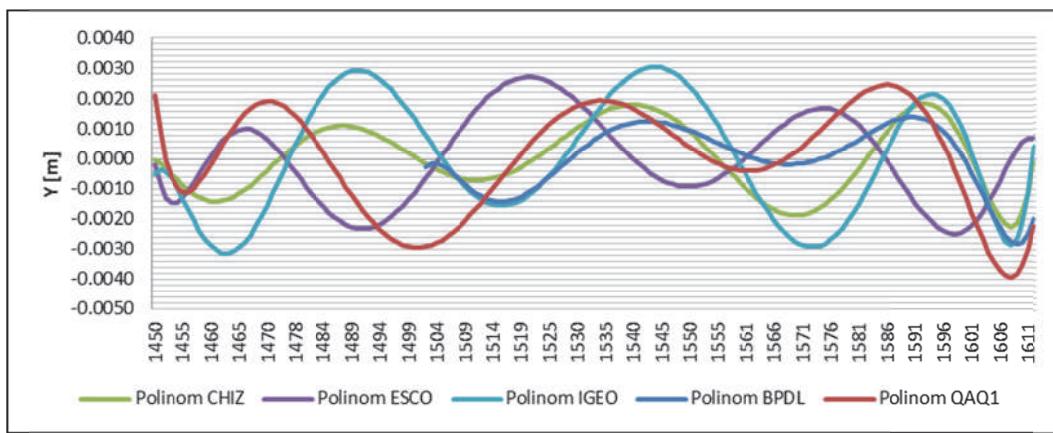
Slika 6: Model polinoma za točku ESCO za Y-os



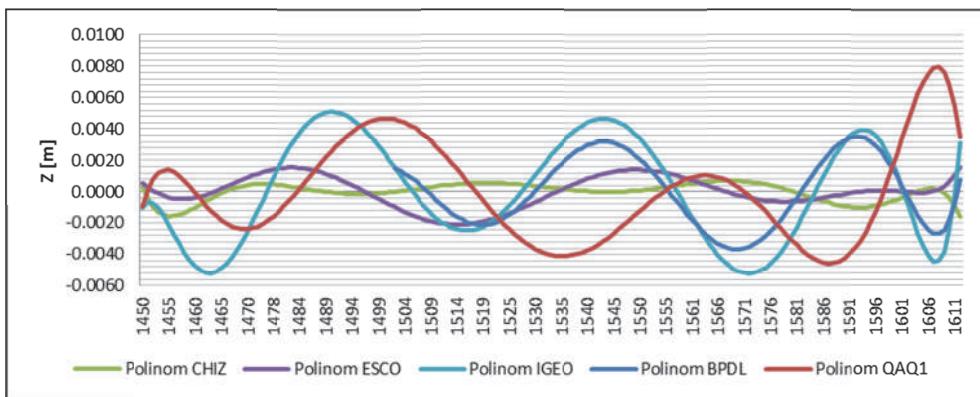
Slika 7: Model polinoma za točku ESCO za Z-os



Slika 8: Modeli polinoma za svih pet EPN stajališta po X-osi



Slika 9: Modeli polinoma za svih pet EPN stajališta po Y-osi



Slika 10: Modeli polinoma za svih pet EPN stajališta po Z-osi

6. Određivanje korelacija između promjena koordinata analiziranih EPN stanica

Da bi se analizirala međusobna povezanost između promjena koordinata na EPN stanicama, potrebno je odrediti koeficijente korelaciije. Prema teoriji pogrešaka i računu izjednačenja korelacija je dio matematičke statistike koja omogućuje ispitivanje postojanja fizikalne ili matematičke korelaciije, tj. utvrđuje postoji li između dva skupa podataka (pojava) povezanost (Klak, 1982). Pri tome se može koristiti izraz:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{f_i} \sum_{j=1}^m f_{ij} y_{ij} \quad (3)$$

gdje je \$\bar{Y}_i\$ srednja vrijednost, \$f_{ij}\$ frekvencija u kojoj nalazimo pojedinu vrijednost \$y_{ij}\$ i \$f_i\$ broj svih \$y_{ij}\$ za neki \$x_i\$. Krivulju regresije možemo aproksimirati pravcem pomoću izraza koji je analogan izrazu (1) i na osnovi njega izračunati koeficijente korelaciije (Song, 2007; Drouet and Kotz, 2001). Kada je koeficijent korelaciije \$\pm 1\$ postoji funkcionalna veza. Općenito gledajući može se reći da postoji korelacija ukoliko je koeficijent korelaciije veći ili jednak 0,5 po apsolutnoj vrijednosti (Klak, 1982). U tablici 3, tablici 4 i tablici 5 dani su izračunati koeficijenti korelaciije za analizirane EPN stanice po koordinatnim osima.

Tablica 3: Koeficijent korelaciije za analizirane EPN stanice po X-osi

| | BPDL | CHIZ | ESCO | IGEO | QAQ1 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| BPDL | – | 0,63 | -0,17 | 0,01 | 0,64 |
| CHIZ | 0,63 | – | -0,32 | -0,17 | 0,58 |
| ESCO | -0,17 | -0,32 | – | 0,82 | 0,24 |
| IGEO | 0,01 | -0,17 | 0,82 | – | 0,24 |
| QAQ1 | 0,64 | 0,58 | 0,24 | 0,24 | – |

Analizirajući koeficijente korelaciije između svih stanica po X-osi (tablica 3), uočljivo je da svaka stаница има barem jednu točку с којом је у кorelацији, tj. има apsolutni koeficijent korelaciјe veći од 0,5. Stanica BPDL има по X-оси највећу korelaciју са stanicom QAQ1. Uočljivo je da je koeficijent korelaciјe između stanic BPDL-CHIZ, te BPDL-QAQ1 gotovo jednak и iznosi \$r_{BPDL-CHIZ}=0,63\$, односно \$r_{BPDL-QAQ1}=0,64\$. Stanica BPDL nema korelaciјe са stanicama IGEO и ESCO. Francuska stаница CHIZ pokazuje највећу korelaciју са stanicom BPDL, а у manjoj mjeri и с QAQ1. Moldavska permanentna EPN stаница IGEO и Španjolska ESCO imaju највећи koeficijent korelaciјe, koji iznosi 0,82. Najlošija korelaciја \$r=0,01\$, односно njezino gotovo potpuno nepostojanje se javља između stanic BPDL и IGEO, a

najbolja korelacija se javlja između stanica IGEO-ESCO. Međutim, promatraljući vezu, tj. korelaciju s ostalim stanicama ne može se govoriti o postojanju jake korelacije. Da bi se moglo donositi daljnji zaključci o razlozima korelacije morale bi se provesti daljnje analize koje bi doprinijele boljem razumijevanju prirode te pojave.

U tablici 4 su dani koeficijenti korelacije za analizirane EPN stanice po Y-osi.

Tablica 4: Koeficijent korelacije za analizirane EPN stanice po Y-osi

| | BPDL | CHIZ | ESCO | IGEO | QAQ1 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| BPDL | – | 0,65 | -0,30 | 0,55 | 0,67 |
| CHIZ | 0,65 | – | -0,39 | 0,91 | 0,40 |
| ESCO | -0,30 | -0,39 | – | -0,59 | 0,30 |
| IGEO | 0,55 | 0,91 | -0,59 | – | 0,08 |
| QAQ1 | 0,67 | 0,40 | 0,30 | 0,08 | – |

Za Y-os javljaju se signifikantni rezultati s većim brojem koeficijenata korelacije većim od $r=\pm 0,5$. Stanica BPDL ima sa svim stanicama sličan koeficijent korelacije koji iznosi između $r=0,55$ i $r=0,67$, s izuzetkom stanice ESCO ($r_{BPDL-ESCO}=-0,30$). Daljnja analiza i usporedba rezultata s podatcima u tablici 4 ne otkriva povezanost na temelju lokacije ili međusobne udaljenosti stanic. Najveći koeficijent korelacije od čak 0,91 javlja se između stаница CHIZ (Francuska) i IGEO (Moldavija). Korelacija između te dvije točke može biti povezana s podjednakom geografskom širinom na kojoj se nalaze te dvije EPN stanice. Da bi se dublje analizirali koeficijenti korelacije trebalo bi prikupiti i analizirati dodatne podatke kao što su meteorološki podatci na stanicama. Stanica ESCO ima relativno manju korelaciju s ostalim stanicama i kreće se u rasponu od -0,30 do 0,30. Izuzetak je koeficijent korelacije $r_{IGEO-ESCO}=-0,59$. Stanica IGEO pokazuje vrlo visok stupanj korelacije sa svim točkama na Euroazijskoj tektonskoj ploči. Stanica QAQ1 nije na Euroazijskoj tektonskog ploči i ima, od svih stanic, najmanji koeficijent korelacije sa stanicom IGEO, koji iznosi $r_{IGEO-QAQ1}=0,08$.

U tablici 5 su dani koeficijenti korelacije za analizirane EPN stanice po Z-osi.

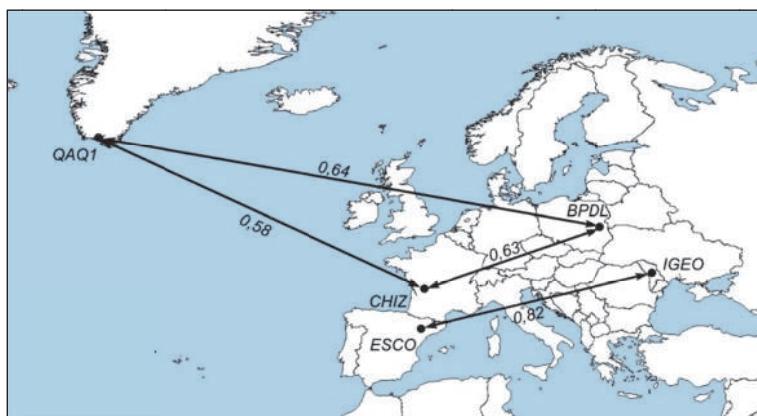
Tablica 5: Koeficijent korelacije za analizirane EPN stanice po Z-osi

| | BPDL | CHIZ | ESCO | IGEO | QAQ1 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| BPDL | – | -0,52 | 0,32 | 0,74 | -0,41 |
| CHIZ | -0,52 | – | -0,07 | -0,20 | -0,01 |
| ESCO | 0,32 | -0,07 | – | 0,44 | -0,11 |
| IGEO | 0,74 | -0,20 | 0,44 | – | -0,15 |
| QAQ1 | -0,41 | -0,01 | -0,11 | -0,15 | – |

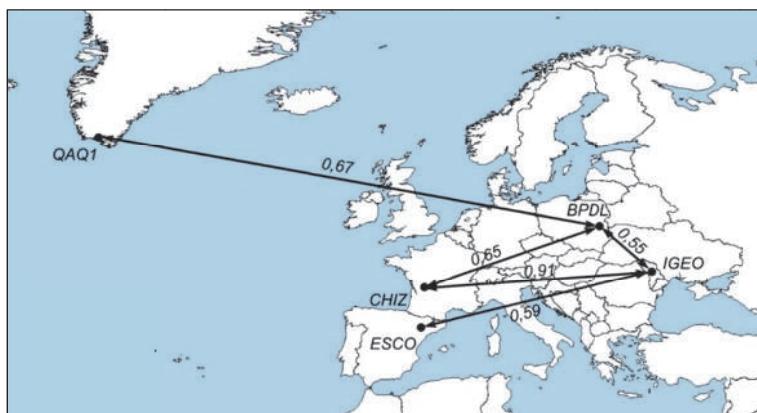
Za Z-os su dobiveni najmanji koeficijenti korelacije. Stanica BPDL (Poljska) pokazuje signifikantnu korelaciju sa stanicama CHIZ (Francuska) i IGEO (Moldavija). Najveći koeficijent korelacije dobiven je između stаница BPDL i IGEO i iznosi 0,74. Slijede BPDL i CHIZ s koeficijentom korelacije od -0,52, a ostale stанице nemaju međusobno signifikantne koeficijente korelacije. Najmanji koeficijent korelacije imaju stанице QAQ1 i CHIZ i on iznosi -0,01.

Na slici 11, slici 12 i slici 13 prikazani su signifikantni koeficijenti korelacije između analiziranih PN stanic.

Najbolja povezanost promjena koordinata očituje se po X-osi između EPN stаница ESCO i IGEO.



Slika 11: Signifikantni koeficijenti korelacije između analiziranih EPN stanica za X-os



Slika 12: Signifikantni koeficijenti korelacije između analiziranih EPN stanica za Y-os



Slika 13: Signifikantni koeficijenti korelacije između analiziranih EPN stanica za Z-os

7. Zaključak

Temelj istraživanja ovog rada bila je analiza promjena koordinata pet permanentnih EPN stanica s ciljem boljeg razumijevanja promjena tjednih rješenja. Osim opće poznatog pomaka stanica uslijed pomaka tektonskih ploča, pokazano je da se javljaju periodička osciliranja koordinata koje imaju godišnju periodu ponavljanja. Koeficijenti korelacije upućuju da se radi o povezanim promjenama koordinata. Iako period promjena koordinata od oko godinu dana

upućuje na sezonske promjene, da bi to mogli s pouzdanošću utvrditi trebalo bi provesti analizu s dodatnim podatcima kao što su meteorološki podatci, udaljenosti stanica, nadmorske visine stanica i drugi.

Literatura

- Borkowski, A., Bosy, J., Kontny, B. (2001): Preliminary results of time series analysis of EPN stations in Central Europe Region, Agricultural University of Wroclaw, Wroclaw, Polska.
- Bruyninx, C., Habrich, H., Söhne, W., Kenyeres, A., Stangl, G., Völksen, C. (2012): Enhancement of the EUREF Permanent Network Services and Products, „Geodesy for Planet Earth“, IAG Symposia Series, Vol 136, str. 27-35, DOI 10.1007/978-3-642-20338-1_4.
- Bruyninx, C., Baire, Q., Legrand, J., Roosbeek, F. (2011): The EUREF Permanent Network: Recent Developments and Key Issues, Royal Observatory of Belgium, Av. Circulaire 3, B-180 Brussels, Belgija.
- Bruyninx, C., Baire, Q., Legrand, J., Aerts, W. (2010): The EPN Infrastructure: Status, Monitoring and Plans, Royal Observatory of Belgium, Av. Circulaire 3, B-1180 Brussels, Belgija.
- Bruyninx, C., Carpentier, G., Defraigne, P. (2005): Analysis of the Coordinate Differences caused by Different Methods to align the Combined EUREF Solution to the ITRF, Royal Observatory of Belgium, Av. Circulaire 3, B-1180 Brussels, Belgija.
- Bruyninx, C. (2004): The EUREF Permanent Network: a multi-disciplinary network serving surveyors as well as scientists, GeoInformatics, Vol 7, p.p. 32–35.
- Drouet, D.; Kotz, S. (2001): Correlation and Dependence. Imperial College Press. London.
- Feil, L. (1989): Teorija pogrešaka i račun izjednačenja - prvi dio, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Habrich, H. (2007): Updated Options and New Products of EPN analysis, Federal Agency for Cartography and Geodesy, Frankfurt, Njemačka.
- Klak, S. (1982): Teorija pogrešaka i račun izjednačenja, Liber, Zagreb, str. 333-343.
- Rožić, N. (2007): Računska obrada geodetskih mjerena, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Sideris, M. G. (2009): Observing and Changing Earth, IAG Symposia 133, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013, DOI 10.1007/978-3-540-85426-5_6, p.p. 48.
- Song, Peter X. -K (2007): Correlated Data Analysis. Modeling, Analytics and Applns. Springer. New York.
- URL 1: <http://www.epncb.oma.be/> (22.04.2015.)
- URL 2: http://www.epncb.oma.be/_productsservices/timeseries/index.php?station=CHIZ_10020M001#extracted (22.04.2015.)
- URL 3: http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2005/ITRF2005.php (22.04.2015.)
- URL 4: <http://ivscc.gsfc.nasa.gov/> (22.04.2015.)
- URL 5: <http://ilrs.gsfc.nasa.gov/> (22.04.2015.)
- URL 6: <http://www.igs.org/> (22.04.2015.)
- URL 7: <http://ids-doris.org/> (22.04.2015.)

URL 8: <http://www.iugg.org/> (22.04.2015.)

URL 9: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Plates_tect2_en.svg (22.04.2015.)

URL 10: http://www.iers.org/nn_10880/SharedDocs/Publikationen/EN/IERS/

Documents/ac/sinex/sinexv2pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/sinex_v2_pdf.pdf (22.04.2015.)

URL 11: <http://www.gps.gov/> (22.04.2015.)

URL 12: <http://www.iag-ggos.org/> (22.04.2015.)

URL 13: <https://www.ngs.noaa.gov/CORS/Gpscal.shtml> (22.04.2015.)

Analysis of continuous measurements on selected EPN stations

Abstract. In this paper are analyzed weekly solutions of the coordinate changes on the points of the European Permanent Network (EPN). Analyzed are data on the EPN stations Biala Podlaska - Poland (BPDL), Chize - France (CHIZ), Naut Aran - Spain (ESCO), Chisnau - Moldova (IGEO) and Qaqortoq/Julianeaaab - Greenland (Denmark) (QAQ1). Velocities of the points are determined. After the linear trend was removed from data, which is primarily caused by geotectonic changes, systematic sinusoidal behavior of the coordinate changes were occurring. Polynomial function and the least squares method are used as coordinate changes approximation model. To analyze if there exist connection between coordinate changes of the EPN stations, the correlation coefficients between each EPN station coordinate changes have been determined. Correlation coefficients have amounts up to 0.91, which indicates the high degree of correlation of the EPN stations coordinates changes.

Keywords: correlation, EPN, GNSS measurements, point velocity, systematic errors.

Moguća primjena CROPOS-a u lokalnoj samoupravi

Stručni rad

Josip Lisjak¹, Krešimir Ljulj², Mario Landek³

¹Grad Požega, Upravni odjel za komunalne djelatnosti i gospodarenje, Trg Svetog Trojstva 1, 34000 Požega, josip.lisjak@pozega.hr

²Grad Zagreb, Gradski ured za imovinsko-pravne poslove i imovinu Grada, Trg Stjepana Radića 1, 10000 Zagreb, kresimir.ljulj@zagreb.hr

³Grad Zagreb, Gradski ured za prostorno uređenje, izgradnju Grada, graditeljstvo, komunalne poslove i promet, Trg Stjepana Radića 1, 10000 Zagreb, mario.landek@zagreb.hr

Sažetak. S obzirom da je cilj ovogodišnje CROPOS konferencije između ostalog proširiti njegovu primjenu u drugim tijelima državne uprave, javnim poduzećima i gospodarstvu, ovaj rad ističe moguće primjene CROPOS-a u lokalnim samoupravama. Primjene mogu biti različite, od identifikacije vlasništva u ruralnim područjima, prikupljanje podataka za potrebe lokalne infrastrukture prostornih podataka, za podloge specifičnih namjena (npr. prikupljanje atributnih i geometrijskih podataka za potrebe rekonstrukcije postojeće javne rasvjete) pa do osnivanje katastra zelenila za optimizaciju poslovanja i reduciranje troškova lokalnih komunalnih poduzeća, a pritom ne ulazeći u djelokrug poslova koje obavljaju privatne geodetske tvrtke i uredi. Kvalitetnije upravljanje i raspolažanje nekretninama u vlasništvu jedinica lokalne samouprave u interesu je društva, ali i privatnog geodetskog sektora, koji bi sudjelovao u očuvanju pravnih interesa na zemljištima u vlasništvu jedinica lokalne samouprave.

Ključne riječi: CROPOS, geodeti, lokalna samouprava.

1. Lokalna samouprava

Ustavom Republike Hrvatske građanima se jamči pravo na lokalnu i područnu (regionalnu) samoupravu. Hrvatski Sabor, 1997. godine, izglasao je Zakon o potvrđivanju Europske povelje o lokalnoj samoupravi (NN 14/97; NN 4/08). Europska povelja o lokalnoj samoupravi sadrži osnovna načela lokalne samouprave. U skladu s Poveljom, lokalnim jedinicama se treba omogućiti da upravljaju lokalnim poslovima, dok se pravo na lokalnu samoupravu ostvaruje putem predstavničkih tijela čije članove biraju građani. Također, ovlasti i dužnosti lokalnih jedinica moraju biti određene ustavom i zakonom, a lokalna jedinica ima slobodu pokretati inicijativu o svakom pitanju koje nije izričito izuzeto iz njezine nadležnosti ili dodijeljeno nekom drugom tijelu.

Poveljom se zahtjeva da se poslovi povjere onim tijelima koja su najbliže građanima. Prihvata načelo samostalnosti lokalnih jedinica u određivanju njihovog unutarnjeg ustrojstva i traži zapošljavanje osoba na temelju kvalitete, sposobnosti i stručnosti. U materijalnom pogledu, Povelja prihvata načelo financijske samostalnosti lokalnih jedinica, zaštite financijski slabijih jedinica te pristup lokalnih jedinica nacionalnom tržištu kapitala.

1.1. Vrste i obilježja jedinica lokalne samouprave

Jedinice lokalne samouprave su općine i gradovi. Uz lokalnu samoupravu postoje i jedinice područne (regionalne) samouprave, odnosno županije. U Republici Hrvatskoj ustrojeno je ukupno 555 jedinica lokalne samouprave, od toga 428 općina i 127 gradova te 20 jedinica područne (regionalne) samouprave, odnosno županija (URL1). Grad Zagreb kao glavni grad Republike Hrvatske, posebna je i jedinstvena, teritorijalna i upravna cjelina kojoj se ustrojstvo uređuje Zakonom o Gradu Zagrebu.

1.1.1. Općina

Općina je jedinica lokalne samouprave koja se osniva, u pravilu za područje više naseljenih mjesto koja predstavljaju prirodnu, gospodarsku i društvenu cjelinu, te koja su povezana zajedničkim interesima stanovništva. Svaka općina ima općinskog načelnika i predstavničko tijelo, općinsko vijeće. Općinom upravlja općinski načelnik koji zastupa Općinu i nositelj je izvršne vlasti Općine.

1.1.2. Grad

Grad je također jedinica lokalne samouprave u kojoj se nalazi sjedište županije, ali i svako mjesto koje ima više od 10000 stanovnika. Grad predstavlja urbanu, povjesnu, prirodnu, gospodarsku i društvenu cjelinu. Iznimno, ukoliko postoje neki posebni razlozi, kao što su geoprometni, povjesni ili gospodarski, gradom se može utvrditi i mjesto koje ne zadovoljava uvjete kao što su da mora imati više od 10000 stanovnika ili da je sjedište županije. Gradonačelnik zastupa grad i nositelj je izvršne vlasti grada, te ga se bira neposredno na izborima. Svaki grad ima i svoje predstavničko tijelo, odnosno gradsko vijeće.

1.2. Djelokrug rada

Općine i gradovi obavljaju različite poslove od lokalnog značaja. Općine i gradovi, koji imaju manje od 35000 stanovnika i nisu središta županija, u svome samoupravnom djelokrugu obavljaju poslove od lokalnog značaja kojima se neposredno ostvaruju potrebe građana, a koji nisu Ustavom ili zakonom dodijeljeni državnim tijelima. Osobito se to odnose na poslove koji se odnose na uređenje naselja i stanovanje, prostorno i urbanističko planiranje, komunalno gospodarstvo, brigu o djeci, socijalnu skrb, primarnu zdravstvenu zaštitu, odgoj i osnovno obrazovanje, kulturu, tjelesnu kulturu i šport, zaštitu potrošača, zaštitu i unaprjeđenje prirodnog okoliša, protupožarnu i civilnu zaštitu, promet na svome području te ostali poslovi sukladno posebnim zakonima.

Veliki gradovi, sa više od 35000 stanovnika, te gradovi koji su sjedišta županija, u svom samoupravnom djelokrugu obavljaju poslove od lokalnog značaja kojima se neposredno ostvaruju potrebe građana. Osim poslova koji se obavljaju isto kao i u općinama te gradovima s manje od 35000 stanovnika, veliki gradovi su zaduženi i za održavanje javnih cesta, izdavanje građevinskih i lokacijskih dozvola, drugih akata vezanih uz gradnju, te provedbu dokumenata prostornog uređenja. Obavljaju i ostale poslove sukladno posebnim zakonima (Zakon o lokalnoj i područnoj (regionalnoj) samoupravi, NN 33/01, 60/01, 129/05, 109/07, 125/08, 36/09, 36/09, 150/11, 144/12, 19/13).

1.3. Izvor financiranja

Svaka jedinica lokalne samouprave ima prihode kojima u okviru svog djelokruga slobodno raspolaze.

Prihodi jedinica lokalne samouprave su općinski i gradski porezi, prikezi, naknade, doprinosi i pristojbe, prihodi od stvari u njezinom vlasništvu i imovinskih prava, prihodi od trgovачkih društava i drugih pravnih osoba u njezinom vlasništvu, odnosno u kojima ima udio ili dionice, prihodi od naknada za koncesiju koje daje njezino predstavničko tijelo, novčane kazne i oduzeta imovinska korist za prekršaje koje sama propiše u skladu sa zakonom, udio u zajedničkim porezima s Republikom Hrvatskom, sredstva donacije i pomoći Republike Hrvatske predviđena u državnom proračunu te drugi prihodi određeni zakonom.

U pojedinim slučajevima, prihod od određenih naknada može se dijeliti između jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave te Republike Hrvatske. Jedan od primjera je u postupku ozakonjena nezakonito izgrađenih zgrada u prostoru. U postupku ozakonjenja, a prije donošenja rješenja o izvedenom stanju, podnositelj zahtjeva odnosno vlasnici zgrade dužni su platiti naknadu za zadržavanje nezakonito izgrađenih zgrada u prostoru. Dvadeset posto sredstava naknade prihod su jedinice lokalne, odnosno područne (regionalne)

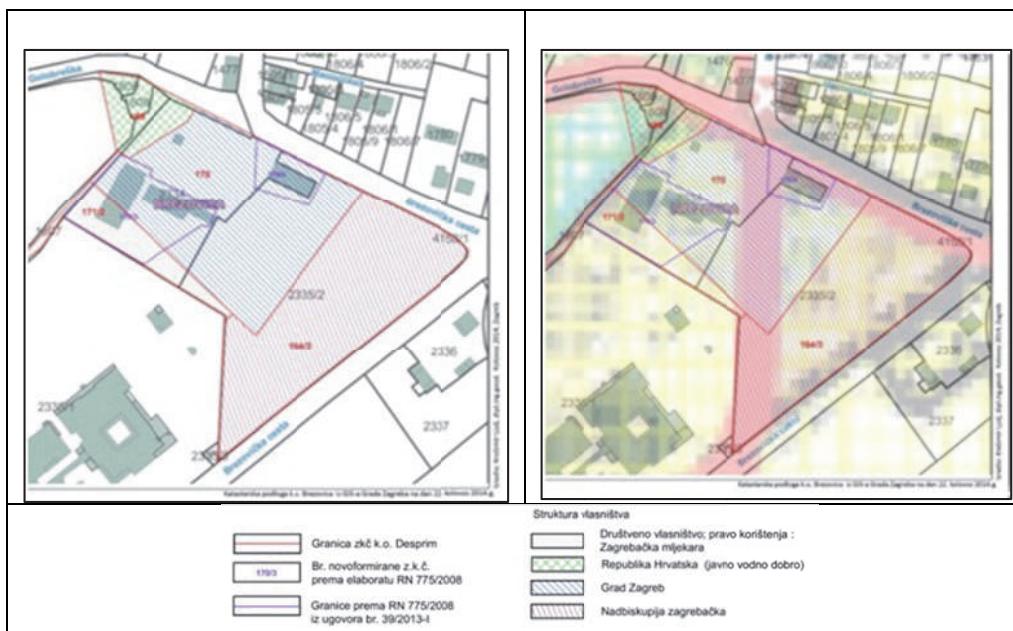
samouprave čije upravno tijelo donosi rješenje o izvedenom stanju, a koriste se namjenski za rad tih upravnih tijela. Trideset posto sredstava naknade prihod su proračuna jedinice lokalne samouprave na čijem se području nezakonito izgrađena zgrada nalazi, dok je pedeset posto sredstava naknade prihod državnog proračuna Republike Hrvatske, a koriste se namjenski za provedbu zakona o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama, uklanjanje zgrada izgrađenih bez akta za građenje, za uspostavu i održavanje informacijskog sustava izdavanja akata za provedbu dokumenata prostornog uredenja, građenje i uporabu građevina te za uspostavu i održavanje katastra nekretnina (Zakon o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama, NN 86/12, NN 143/13). Iznimno, u slučaju da rješenje o izvedenom stanju donosi Agencija za ozakonjenje nezakonito izgrađenih zgrada, dvadeset posto sredstava naknade prihod je državnog proračuna Republike Hrvatske, a koristi se namjenski za rad Agencije.

2. Primjeri primjene CROPOS-a u lokalnoj samoupravi

Jedinice lokalne samouprave mogu biti nositeljem prava vlasništva. Svaka fizička i pravna osoba može biti nositeljem prava vlasništva, a i drugih stvarnih prava: prava služnosti, prava iz stvarnoga tereta, prava građenja i založnoga prava na svemu što može biti objektom tih prava, ako zakonom nije drukčije određeno. Temeljna podjela nekretnina u vlasništvu pravnih osoba javnog prava je na nekretnine koje čine *javnu ili upravnu imovinu* (javne stvari, stvari u javnom vlasništvu) koje služe bilo za opću, bilo za javnu uporabu i *privatnu imovinu* (fiskalna imovina) kojoj je osnovni cilj da donesu finansijsku korist proračunu.

2.1. Korištenje CROPOS servisa u cilju iskorištavanja imovine Grada

Ovaj primjer govori upravo o privatnoj imovini jedinica lokalne samouprave, na čestici u vlasništvu Grada Zagreba. Zakonom o pravu vlasništva i drugim stvarnim pravima utvrđeno je da vlasništvo obvezuje i da je vlasnik dužan pridonositi općem dobru. Jedinica lokalne samouprave mora ispuniti svoj cilj servisa javnih potreba, istovremeno koristeći svoje resurse s pažnjom dobrog domaćina, ali i pokušati korištenjem ili raspolaganjem poboljšati javne prihode. U evidencijama Grada Zagreba postoji preko 10000 nekretnina kojima Grad Zagreb upravlja kao jedini vlasnik i više od 600 nekretnina kojima je Grad Zagreb suvlasnik s trećim osobama. Jasno je da brojka od 10000 nekretnina nikako nije konačna i konstantno se pokušava otkriti i uređiti imovinsko – pravni status velikog broja nekretnina koje su bile zanemarivane u smislu javnih registara. Kompleksnost povijesti stjecanja nekretnina, kao što je nacionalizacija, nije jedina otežavajuća okolnost u njihovom korištenju, raspolaganju, evidenciji i drugim aspektima, tu je i problem neusklađenosti podataka katastra i zemljišne knjige, te neusklađenost podataka sa stvarnim stanjem na terenu. Trenutno postoji neusklađenost podataka katastra i zemljišnih knjiga u katastarskim općinama za koje je šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog stoljeća provedena nova izmjera, a za koje podatci nisu provedeni u zemljišnim knjigama, stoga je tamo na snazi stara izmjera. Neusklađeni su podatci katastra i zemljišne knjige i u katastarskim općinama za koje je provedena nova izmjera, koja je evidentirana i u zemljišnim knjigama, ali naknadne promjene nastale na zemljištu protekom vremena nisu provedene u zemljišnoj knjizi ili čestice iz stare izmjere nikada nisu utrnule. Samim time usporava se i poskupljuje postupak registracije nekretnina i stvarnih prava na njima kao i učinkovito gospodarenje te strateško planiranje razvojnih projekata na zemljištu. Sređivanje stanja u registrima za pojedine nekretnine dugotrajan je postupak, a Grad ima obvezu za imovinu kojom privremeno upravlja napraviti fiskalno aktivnom za doprinos javnom dobru, izravno ili neizravno. Grad Zagreb, prema svojoj nadležnosti, uređio je poslove zakupa Odlukom o građevinskom zemljištu (Službeni glasnik Grada Zagreba 22/13, 16/14, 26/14, i 2/15) kojom je propisano uređenje građevinskog zemljišta na području Grada Zagreba, upravljanje građevinskim zemljištem i stjecanje građevinskog zemljišta u vlasništvo Grada.



Slika 1: Preklop zemljišnoknjižnog stanja sa stanjem u katastru i preklop vlasničkih odnosa s prostornim planom

Na prvom primjeru vide se dvije katastarske čestice (K.O. Brezovica) na kojima postoje 4 zemljišnoknjižne čestice (K.O. Desprim) s 4 različita vlasnika (slika 1). Osim toga, postoji i vanknjižno vlasništvo s neprovedenim RN-om, a tu su i predmeti povrata imovine i na kraju prostorni plan Grada Zagreba. Ono što se ne vidi u registrima i knjižnom stanju, a utječe na korištenje imovine, jest situacija i objekti na terenu, kao što su trafostanice, ograde, stup od struje, betonski šaht i drugo. Na terenu je potrebno iskolčiti zemljište kojim se može raspolagati, a da se pri tome ne radi parcelacijski elaborat. Naravno, niti jedan zakon nije predviđao ovakvu situaciju, niti ima potrebe da se nešto okvirno i privremeno, kao što je zakup, ovjerava i provodi u katastru i zemljišnoj knjizi.

Ovlašteni geodetski stručnjaci definitivno će biti potrebni pri rješavanju ove komplikirane situacije, geodeti u lokalnoj samoupravu provode prvi korak u spoznaji problema. Tako se može na navedenom primjeru, uz pomoć GPS uređaja s CROPOS podrškom, napraviti označavanje dijelova zemljišta na način da se odrede granice onoga što se može odmah koristiti i onoga na što se može računati na dulji period. U konkretnom slučaju, plan je s dijelom zemljišta napraviti zeleni otok, prema prijedlogu Službe mjesne samouprave, jedan dio je predviđen za dječje igralište, a ostatak zemljišta može u zakup. Kada se uzme u obzir činjenica da niti jedna od 50 općina na području Grada Zagreba nije u sustavu ZIS-a, a pod nadležnošću su čak dva zemljišnoknjižna suda (OGS Zagreb i OS Sesvete), može se pretpostaviti kolika je pojavnost poslova kao u navedenom primjeru. Još neki od primjera mogućnosti upotrebe CROPOS-a na poslovima lokalne samouprave mogu biti na određivanju površine zakupa, kao i buduće kontrole zakupa. Također, može se uključiti i prikupljanje podataka od važnosti za korištenje, upravljanje, gospodarenje ili neko buduće raspolažanje zemljištem. Primjera radi, mogu se prikupljati podatci o dužini ograde, pozicija stupa struje, pozicija i površina onečišćenja na čestici, betonskog šahta kao i drugih atributnih podataka s prostornom komponentom. Osim navedenog CROPOS se može koristiti i za otkrivanje ili mjerjenje vodova koji podliježu služnosti i naplati iste, a koji nije evidentiran u zemljišnoj knjizi ili čak niti u katastru vodova.

2.2. Primjena CROPOS-a u postupku ozakonjenja bespravno izgrađenih zgrada

Zgrade koje se ozakonjuju sukladno Zakonu o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama prolaze redovan postupak za ozakonjenje u nadležnim uredima, a to su jedinice lokalne i

područne (regionalne) samouprave, Hrvatske vode te Agencija za ozakonjenje nezakonito izgrađenih zgrada. Nadležno javnopravno tijelo za obračun naknade za zadržavanje nezakonito izgrađene zgrade u prostoru jest lokalna samouprava na čijem se području ozakonjuje zgrada, te se u postupku koristi važeći prostorni plan područja na kojem je zgrada izgrađena. U Članku 7. Uredbe o naknadi za zadržavanje nezakonito izgrađenih zgrada definiran je koeficijent lokacije (Lk) koji se utvrđuje ovisno o lokaciji zgrade, odnosno njezinom položaju u prostoru, te iznosi kako slijedi (tablica 1):

Tablica 1: Koeficijenti lokacije u postupku obračuna naknade

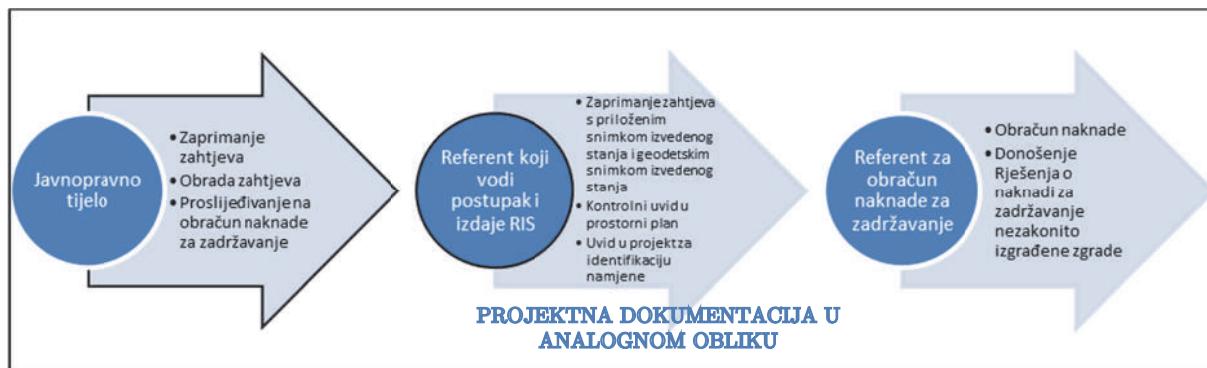
| Lokacija zgrade – položaj u prostoru | Koeficijent lokacije (Lk) |
|---|---------------------------|
| – unutar građevinskog područja | |
| – za zgradu poljoprivredne namjene, ribarstva i akvakulture, koja se nalazi izvan građevinskog područja | 1,00 |
| – izvan građevinskog područja (osim za zgradu poljoprivredne namjene, ribarstva i akvakulture) | 3,00 |
| – u području gospodarske i zaštitne šume, te šume s posebnom namjenom | |
| – na vodnom dobru (osim za zgradu čija je namjena akvakultura) | 5,00 |
| – u zaštićenom obalnom području mora u pojasu do 100 m izvan građevinskog područja (osim za zgradu čija je namjena akvakultura) | 7,00 |

To znači da je iznos naknade za zgrade stambene namjene koje se nalaze u građevinskom području tri puta manji od onih koje su izgrađene izvan građevinskog područja. Iako je većina prostornih planova izrađivana na način da su urbanisti granicu područja namjene koincidirali s granicama katastarskih čestica, postoje slučajevi gdje granica namjene prelazi, odnosno dijeli katastarsku česticu na dva dijela (slika 2).



Slika 2: Izvod iz GUP-a Grada Požege

Postupak obračuna i donošenja Rješenja o naknadi za zadržavanje nezakonito izgrađene zgrade odvija se u većini lokalnih samouprava kao u ilustraciji (slika 3):



Slika 3: Postupak obračuna i donošenja Rješenja o naknadi za zadržavanje nezakonito izgrađene zgrade

Visina naknade utvrđuje se prema izrazu:

$$VN = Non \cdot x \cdot Lk. \quad (1)$$

VN je visina naknade u kunama, Non je naknada po obujmu i namjeni, također u kunama, a Lk je koeficijent lokacije. Naknada po obujmu i namjeni (Non) utvrđuje se prema izrazu:

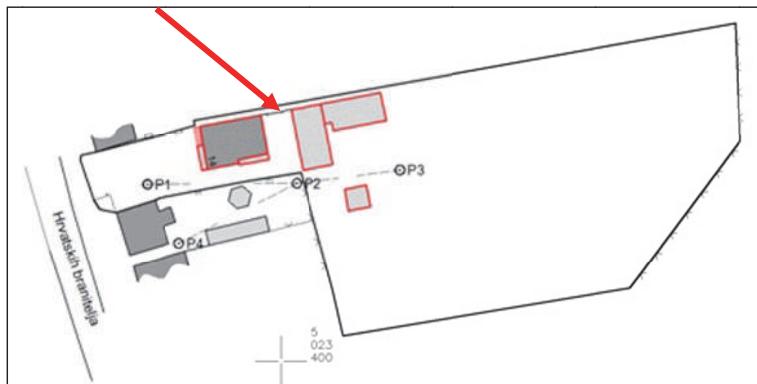
$$Non = No \cdot x \cdot Kn. \quad (2)$$

No je naknada po obujmu, u kunama, dok je Kn koeficijent namjene. Dakle, naknada se obračunava i na osnovu uvida u prostorni plan, koji može biti u digitalnom obliku. Na njemu se može identificirati lokacija katastarske čestice koja je identificirana i iskazana u geodetskom snimku izvedenog stanja. S obzirom da geodetski snimak izvedenog stanja ne sadržava popis koordinata, ne može se točno locirati samu zgradu unutar te katastarske čestice, što može prouzročiti nepravilnosti u obračunu naknade u slučajevima kada granica namjene prolazi, npr. sredinom čestice (slika 4).



Slika 4: Granica namjene prolazi sredinom čestice

Projektanti u većini slučajeva ne konzultiraju geodete radi obilježavanja granice GUP-a. S obzirom na dostupne podatke i dosadašnju paradigmu suradnje ovlaštenih geodeta i lokalne samouprave postavlja se pitanje da li bi to geodeti i mogli ako nemaju dostupne digitalne podatke prostornog plana. Slijedom toga, projektanti iskažu lokaciju zgrade (unutar građevinskog ili izvan građevinskog područja) na temelju uvida u prostorni plan, i to okvirno. Na sljedećem primjeru vidi se zgrada koja se legalizira (slika 5) (označena crvenom bojom) na katastarskoj čestici koja se nalazi u dvojnoj namjeni (dijelom u građevinskom području, a dijelom u zelenoj površini) (slika 4).



Slika 5: Izvod iz geodetskog snimka izvedenog stanja (strelica ističe zgradu za koju je upitno da li se nalazi na granici građevinskog područja)

Projektant (zbog prostornog plana – GUP-a koje je u mjerilu 1:5000, a ponekad se radi i o PPUG/O koji je u mjerilu 1:25000) ne može točno odrediti da li se zgrada, koja se legalizira, u cijelosti ulazi unutar građevinskog područja. U velikom broju slučajeva projektanti će zaključiti kako se zgrada nalazi u području s manjim koeficijentom lokacije, jer to ide u prilog strankama koje su ih angažirale. Referent koji vodi postupak, također ne može apsolutno točno i nedvojbeno utvrditi koeficijent lokacije jer ima projektnu dokumentaciju u analognom obliku. Tada se događa da referent preuzme podatak koji je projektant naveo u projektu koristeći „metodu“ koja je prethodno navedena. To može biti uzrokom nepravilnosti u obračunu naknade ili na štetu RH, odnosno jedinica lokalne i područne samouprave, ili na štetu podnositelja zahtjeva za legalizaciju čak i do 700% (za zgradu na granici zaštićenog obalnog područja mora u pojasu do 100 m izvan građevinskog područja).

Korištenjem CROPOS uređaja i servisa geodetski stručnjaci u lokalnoj samoupravi mogli bi uvrstiti još jedan korak u postupku obračuna naknade kod ovakvih slučajeva na način da obilježe na terenu granicu namjene koju bi prethodno preuzeли iz digitalnog formata kao točku na liniji, odnosno njene koordinate. Na taj način moglo bi se utvrditi da li se zgrada nalazi unutar građevinskog područja, na granici ili je izvan građevinskog područja i to puno pouzdanije i točnije od dosadašnjih metoda, čak i kad se zbroje sve pogreške (pogreška transformacije prostornog plana iz HDKS u HTRS96/TM, te deklarirana točnosti VPPS CROPOS servisa 0,02 cm (URL 2) – iako kombiniranim opažanjem GPS i GLONASS satelita postotak točaka koje su ušle unutar 2 centimetra položajne točnosti iznosi više od 99,8% (Jakopec i dr., 2013)).

Imajući na umu da urbanisti izrađuju prostorne planove na način da crtaju granice namjena koristeći podloge u sitnijim mjerilima, a ne koordinate, odnosno mjerilo 1:1, ne treba zaboraviti da ipak imaju tematsku važnost, npr. koridori zelenih površina koji se određuju u određenoj širini, npr. 25 m od desne međe, što na zapadnom dijelu koridora pada negdje na sredinu katastarske čestice. Iako urbanistima nisu bitne koordinate granice namjena, koje bi se ovako označavale na terenu, debљina linije od 0,5 mm je na terenu 2,5 m (u slučaju GUP-a u mjerilu 1:5000 kad se koristi analogni prostorni plan). Tu postoji veliki prostor za pogrešnu identifikaciju lokacije objekta u odnosu na namjenu površina te pogrešku čak i tematskog smisla prostornog plana, odnosno određene granice namjene površina.

2.3. Primjena CROPOS-a u realizacija projekata – Zeleni vrtovi Grada

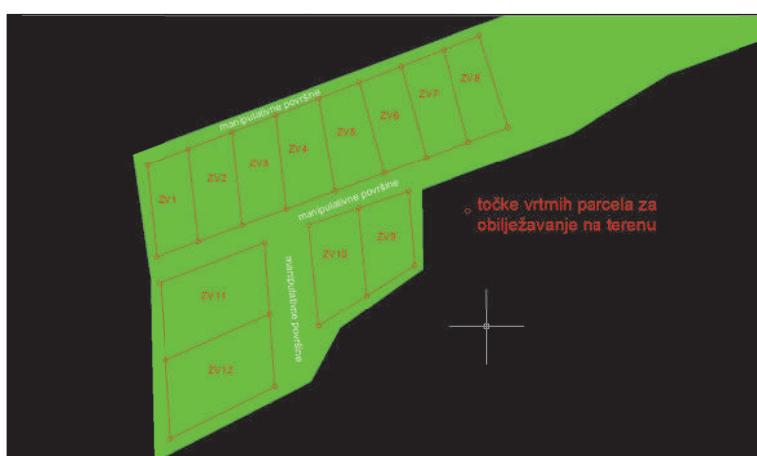
Mnogi gradovi u RH osnivaju tzv. Zelene gradske vrtove, a cilj projekta je omogućiti građanima koji žive u stanovima te nemaju vlastita zemljišta ili okućnice korištenje gradske površine za proizvodnju hrane, začinskog bilja, cvijeća i slično. Za realizaciju projekta potrebno je pronaći neiskorištenu katastarsku česticu u vlasništvu grada, te pripremiti ju za davanje u najam ili na korištenje bez naknade korisnicima, odnosno zainteresiranim građanima. To podrazumijeva i formiranje neke vrste internog katastra zelenih vrtova na

jednoj katastarskoj čestici, tj. internu (neslužbenu) podjelu na manje parcele unutar jedne katastarske čestice koja je određena za tu namjenu. U Gradu Požegi je u okviru prijedloga takvog projekta predložena katastarska čestica na kojoj su dijelom izgrađene zgrade. Zgrade su u postupku ozakonjenja, te taj dio površine nije iskoristiv za namjenu zelenih vrtova, dok sve ostale kriterije to zemljишte zadovoljava (slika 6).



Slika 6: Područje namijenjeno projektu - Zeleni vrtovi Grada

Unutar raspoložive površine prikazane dvije katastarske čestice potrebno je formirati vrtne parcele optimalne površine, te prostor za manipulativne površine (pristupne staze, ostave, prostor za organski otpad, itd.) (slika 7).



Slika 7: Formiranje vrtnih parcela i manipulativnih površina

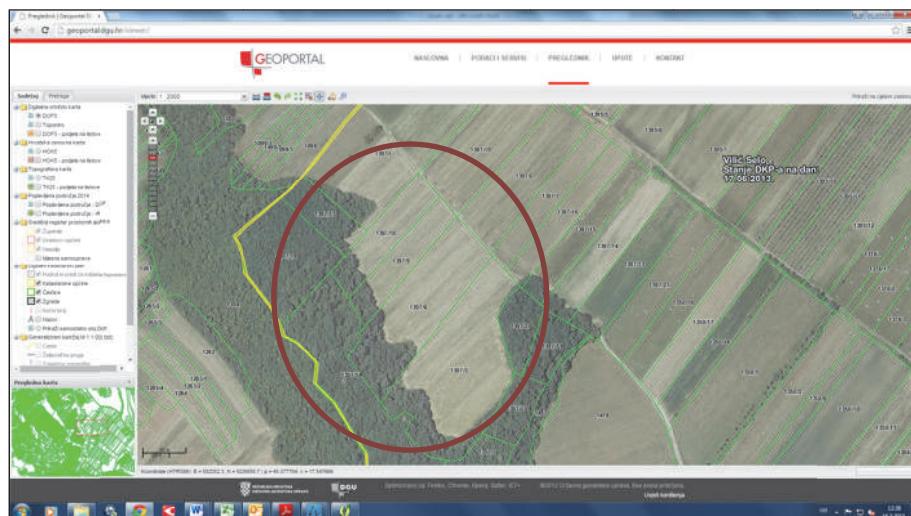
Korištenjem CROPOS sustava, geodetski stručnjaci u gradskoj upravi imali bi mogućnost obilježavanja lomnih točaka koje formiraju vrtne parcele, te na taj način urediti građanima površine za korištenje. Navedeni poslovi ne bi uključivali označavanje granica katastarskih čestica niti bi se zadiralo u dio posla ovlaštenih inženjera geodezije. CROPOS bi se ovdje

koristio samo za potrebe „interne parcelacije“, osnivanje vlastitog katastra zelenih vrtova te kasnije kontroliranje korištenja dodijeljenih površina građanima.

2.4. Primjena CROPOS-a u određivanje granice oranja

Jedinice lokalne samouprave raspolažu poljoprivrednim zemljištem u svom vlasništvu, te ga daju u najam poljoprivrednicima za poljoprivrednu proizvodnju i obrađivanje zemljišta. U JLS se provodi i postupak iznajmljivanja takvog zemljišta koje je u vlasništvu RH, a nalazi se na području lokalne samouprave.

Nerijetka je pojava da zakupac podnosi prijavu gradskoj upravi u kojoj navodi da je vlasnik/korisnik susjedne poljoprivredne parcele oranjem ušao u parcelu koju je zakupac zakupio. Iako je obveza svakog vlasnika da obilježi granice svoje katastarske čestice, poznato je da u većini slučajeva to nije tako. Postoje poljoprivredna zemljišta bez karakterističnih točaka na osnovu kojih se može raspoznati međa ili orientirati se za potrebe identifikacije pojedine katastarske čestice. U navedenom slučaju, službenici gradske uprave uz korištenje Geoportala DGU (URL 4), na kojem su kao podloge objavljeni DOF5 i DKP, ne mogu utvrditi istinitost navoda iz prijave zakupca, prije svega jer objavljeni DOF datira iz 2011. godine (slika 8).



Slika 8: Primjer poljoprivrednih parcela bez karakterističnih točaka za potrebe identifikacije pojedine katastarske čestice

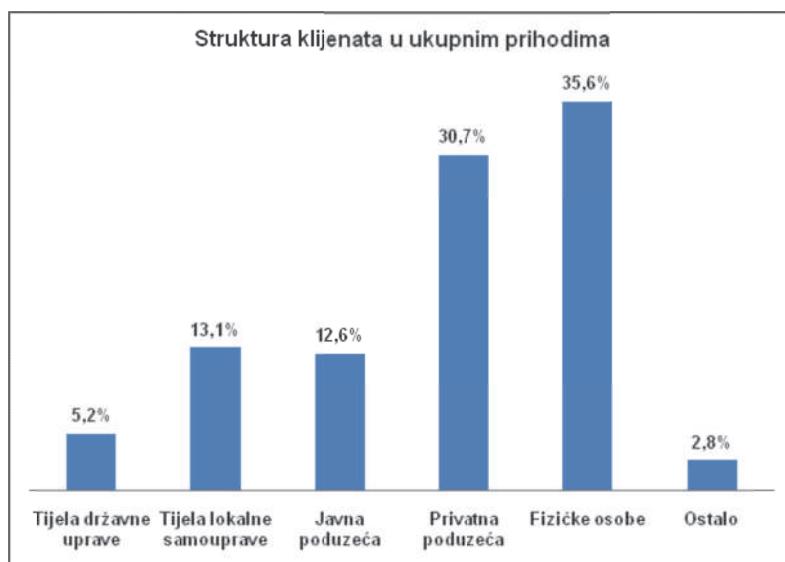
U većini slučajeva komunalni redari obavljaju terenski uvidaj za utvrđivanje navoda iz prijave. U slučajevima kada nema karakterističnih točaka na terenu ne mogu se identificirati katastarske čestice, niti utvrditi da li je došlo do ometanja posjeda od strane susjednog poljoprivrednika na zakupljenoj parcelli. Najčešće ometanje posjeda zakupljenog zemljišta je u širini 3-4 m te se proteže kroz cijelu dužinu čestice. Do postupanja raspoloživim pravnim sredstvima dolazi samo ukoliko je komunalni redar utvrdio da je došlo do prelaska međe oranjem, i to samo onda kada je to evidentno. Kada nije tako, tada se po prijavama u većini slučajeva ne postupa. Korištenjem CROPOS sustava geodetski stručnjaci u lokalnoj samoupravi mogu na terenu prikupiti koordinate lomnih točaka granice oranja, te utvrditi postoji li osnovana sumnja na prelazak međe oranjem. Preklapanjem utvrđene linije s DKP-om utvrdila bi se površina koja je zauzeta. Na osnovu prikupljenih podataka procijenila bi se isplativost angažiranja ovlaštenog inženjera geodezije za obilježavanje međe zakupljene katastarske čestice u vlasništvu grada. Ukoliko bi se utvrdilo da su povrijedena prava zakupca, raspoloživim pravnim sredstvima mogla bi se zaštititi njegova stečena prava kako bi ga se zaštitilo od ometanja njegovog posjeda. Angažiranje ovlaštenog inženjera geodezije za obilježavanje međa bez ovakve prethodne provjere bilo bi neodgovorno trošenje proračunskog novca lokalne samouprave.

3. Procjena ekonomskog učinka

Sljedećom analizom daje se indikativna procjena ekonomskog učinka korištenja CROPOS-a u lokalnoj samoupravi, kako na geodetsku struku tako i na jedinice lokalne samouprave. Korištene su *okvirne* i *približne* vrijednosti, navedene za *ekstremne* slučajeve.

3.1. Procjena učinka na geodetsku struku

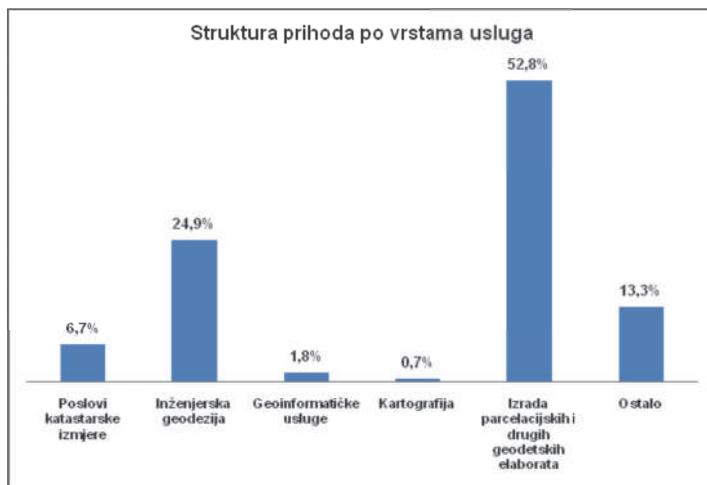
Ekstreman slučaj jest da se kao posljedica uvođenja korištenja CROPOS sustava u praksi upravnih tijela jedinica lokalne i regionalne samouprave u svakoj jedinici zaposli jedan geodetski stručnjak. Imajući u vidu broj jedinica lokalne i regionalne samouprave u Hrvatskoj, dolazimo do brojke od 555 zaposlenih geodeta. Ipak, treba eliminirati općine koje najvjerojatnije nemaju kapacitete niti finansijske resurse za takvo uređenje sistematizacije radnih mjesta. Kada bi samo gradovi zapošljavali navedeni kadar, 127 novozaposlenih geodeta bi u pojedinim gradovima na sebe preuzeли realizaciju prethodno navedenih zadataka i poslova. Ovdje moramo paziti na osnovni, privatni geodetski sektor koji bi time moguće izgubio određeni udio prihoda koji su dolazili od takvih usluga (naravno, pod pretpostavkom da je do sada privatni sektor radio navedene poslove za jedinice lokalne i područne samouprave, što u velikoj većini slučajeva nije). Od svih prihoda geodetske operative u Hrvatskoj, na usluge tijelima lokalne samouprave otpada 13,1 % (slika 9) (Paj i Banović, 2011).



Slika 9: Struktura klijenata u ukupnim prihodima (Paj i Banović, 2011)

U ukupnom broju jedinica lokalne samouprave, gradovi imaju udio od 22,9 %. Ukoliko se uzme u obzir veća ekomska moć gradova u odnosu na općine, taj broj može se zaokružiti na 30%. Sukladno prikazu na slici 9, zaključak je da samo na gradove, od ukupnih prihoda geodetske struke, otpada 3,9% prihoda. Većina prihoda dolazi iz izrade parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata, te inženjerske geodezije (slika 10).

Na ostale usluge, pod koje bismo eventualno mogli uvrstiti usluge iz navedenih primjera u ovom radu, otpada 13,3%. Kada bi sve te ostale poslove u gradovima radili zaposleni geodetski stručnjaci (opet ekstreman slučaj), proizlazi da bi se ukupni prihodi geodetske operative, privatnog sektora, smanjili za 0,5% ($13,3\% \times 3,9\%$). To u ukupnom iznosu prema podatcima iz Strategije razvoja geodetske djelatnosti za 2009. godinu iznosi 3.445.617,72 kn. No, ako pretpostavimo da je prosječna plaća geodeta, u ovom slučaju geodeta s visokom stručnom spremom, 10.000,00 kn bruto, tada 127 novozaposlenih proizvodi trošak na plaće u ukupnom iznosu od 15.240.000,00 kn godišnje. To je 4,4 puta veći iznos od smanjenja ukupnih prihoda privatnog sektora, a plaće bi se isplaćivale iz proračuna gradova.



Slika 10: Struktura prihoda po vrstama usluga (Paj i Banović, 2011)

U posljednjih nekoliko godina svjedoci smo sve veće konkurenциje, a uzrokovano recesijom, i smanjenja potražnje za geodetskim uslugama. Smanjenje cijene usluga je uvjetovano potrebom da se „posao dobije po bilo kojoj cijeni“, samo da poslovanje bude održivo odnosno da bude dovoljno sredstava za isplatu plaće. Sve više stručnog kadra izlazi iz sustava školovanja na tržište rada. Isti se većinom zapošljavaju u privatnom sektoru koji samim time zbog povećane konkurenциje i broja ljudi smanjuje cijene, a time i ukupne prihode. Potvrdu toga nalazimo u tablici 2. koja prikazuje prihode, maržu, broj zaposlenih i broj poduzeća u 2007., 2008. i 2009. godini. U godini kada je kriza započela (2009.) nastupio je negativan trend, odnosno pad prihoda, isto kao i dobiti, te marže, dok je broj zaposlenih i dalje rastao (Paj i Banović, 2011).

Tablica 2: Prihodi, marža, broj zaposlenih i broj poduzeća u 2007., 2008. i 2009. godini (Paj i Banović, 2011)

| Godina | 2007 | 2008 | 2009 |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Prihod | 569.273.088 kn | 698.198.164 kn | 689.123.544 kn |
| Dobitak | 85.884.869 kn | 112.142.105 kn | 95.806.385 kn |
| Neto marža | 15,1% | 16,1% | 13,9% |
| Zaposleni | 1,674 | 1,969 | 2,105 |
| Broj poduzeća | 223 | 252 | 268 |

Zaposlenjem geodetskih stručnjaka u lokalnim samoupravama uvelike bi se doprinijelo zaustavljanju trenda povećanja konkurenциje. Ukoliko se uzme u obzir procjena da bi plaće novozaposlenih bile osigurane u proračunu grada, što iznosi 4.4 puta više od prihoda koji bi se, u ovom slučaju, smanjili u privatnom sektoru, ova mjeru bila bi pozitivan zamašnjak privatnoj geodetskoj operativi.

Treba još jednom napomenuti da ova analiza vrijedi pod pretpostavkom da će polučeni rezultat biti zaposlenje geodetskih stručnjaka u svim gradovima, te samim time i potpuni prelazak poslova kategoriziranih pod „ostalo“ u lokalnu samoupravu. To nije vjerojatan scenarij, te je izvjesno da će privatni sektor i dalje raditi poslove koje su i do sada radili. No treba napomenuti da bi primjenom CROPOS-a u lokalnoj samoupravi vjerojatno došlo do novih angažiranja ovlaštenih geodetskih stručnjaka.

3.2. Procjena učinka na lokalne samouprave i državu

Osim što bi jedinice lokalne samouprave učinkovitije kontrolirale ometanje vlasništva i posjeda na parcelama u njihovom vlasništvu i posjedu, upotreba CROPOS sustava donosi i

značajne prihode. Jedan od slučajeva je ozakonjenje nezakonito izgrađenih zgrada. Primjer je zgrada koja se nalazi na granici područja gdje je dopuštena gradnja te područja gdje nije dopuštena gradnja (izvan građevinskog područja), veličine 100 m², odnosno obujma 350 m³. U slučaju zaključka da se zgrada nalazi unutar građevinskog područja, iznos naknade za zadržavanje nezakonito izgrađene zgrade će biti 1.700,00 kuna. U slučaju zaključka da se zgrada nalazi izvan građevinskog područja, iznos Naknade će biti 5.100,00 kuna. Nepravilnim identificiranjem položaja zgrade, u navedenom primjeru, lokalna samouprava ili investitor je zakinut za 3.400,00 kn. Paušalno se može procijeniti da na području jednog grada ima stotinjak ovakvih slučajeva, što donosi potencijalnu razliku prihoda od 340.000,00 kn. Upotreboom CROPOS sustava, jedinica lokalne samouprave potencijalno bi imala veći prihod, ali bi se ž i osigurala od mogućih sudskeih postupaka u slučaju nanošenja štete investitoru. Od navedenih prihoda mogla bi se financirati bruto plaća jednog geodetskog stručnjaka, te naknada za korištenje CROPOS usluge, što je još jedan od pozitivnih učinaka za proračun, u ovom slučaju Državne geodetske uprave.

4. Zaključak

Na prikazanim primjerima mogućnosti korištenja CROPOS-a u lokalnoj samoupravi vidljivo je da se otvaraju nove mogućnosti ukazivanja na one prostorne podatke koje još treba prikupiti, a koji su ostali izvan vidokruga zakonodavca. Također, ovim načinom rada omogućuje se kvalitetnije upravljanje i raspolažanje nekretninama jedinica lokalne samouprave, u korist društva, a posredno i privatnog geodetskog sektora, koji bi sudjelovao u očuvanju prava na zemljištima u vlasništvu jedinica lokalne samouprave. Ekonomski gledano, zbog nesređenih imovinsko-pravnih odnosa produljuje se vrijeme potrebno za realizaciju projekta i investicija. Sređivanje zemljišno-knjižnog stanja je imperativ i svakako zadire u cilj postojanja jedinica lokalne samouprave, a to je servis javnih potreba.

U vrijeme gospodarske krize, pala je potražnja za geodetskim uslugama. Mnogi sadašnji geodetski stručnjaci našli su zaposlenje u jedinicama lokalne samouprave, čime se otvorilo široko polje poslova, koji iz perspektive DGU, Geodetskog fakulteta i drugih institucija većinom ostaju izvan fokusa, jer se radi o općoj problematiki. Danas geodetski stručnjaci u jedinicama lokalne samouprave rade na poslovima koji će sutra, njihovim kolegama u privatnom sektoru, omogućiti nove poslove, te brže i kvalitetnije obavljanje istih na zadovoljstvo klijenata, privatnog sektora i za opće dobro.

Literatura

Paj, R., Banović, D. (2011): Točne zemljišne evidencije osnovni preduvjet razvoja Republike Hrvatske – strategija razvoja geodetske djelatnosti, HUP-Udruga geodetsko-geoinformatičke struke, Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije, 2011.

Jakopac, I., Šugar, D., Bačić, Ž. (2013): Ispitivanje točnosti VPPS usluge CROPOS-a, Zbornik radova 3. CROPOS konferencije, Državna geodetska uprava, Geodetski fakultet, Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije, 2013.

Skupina autora (2013): ZAGREBPLAN-Razvojna strategija Grada Zagreba, Grad Zagreb – Gradski ured za strategijsko planiranje i razvoj Grada, 2013.

Zakon o potvrđivanju europske povelje o lokalnoj samoupravi (1997), Narodne novine 14/97, 4/08, Zagreb

Zakon o lokalnoj i područnoj (regionalnoj) samoupravi (2001), Narodne novine 33/01, 60/01, 129/05, 109/07, 125/08, 36/09, 36/09, 150/11, 144/12, 19/13, Zagreb

Zakon o postupanju s nezakonito izgrađenim zgradama (2012), Narodne novine 86/12, 143/13, Zagreb

Zakon o vlasništvu i drugim stvarnim pravima(1996), Narodne novine 91/96, 68/98, 137/99, 22/00, 73/00, 129/00, 114/01, 79/06, 141/06, 146/08, 38/09, 153/09, 143/12, 152/14, Zagreb

Uredba o naknadi za zadržavanje nezakonito izgrađene zgrade u prostoru (2012), Narodne novine 98/12, Zagreb

URL 1: <https://uprava.gov.hr/> (18.04.2015.)

URL 2: <http://www.cropos.hr/> (18.04.2015.)

URL 3: <http://www1.zagreb.hr/slglasnik.nsf> (18.04.2015.)

URL 4: <http://geoportal.dgu.hr/> (18.04.2015.)

Potential use of CROPOS in local government

Abstract. Since the goal of this year's CROPOS conference, among other things, is expand of its use in other government bodies, public enterprises and the economy, this article highlights the possible use of CROPOS in local governments.

Applications can be different, from the identification of ownership in rural areas, data collection for the needs of the local spatial data infrastructure, the substrate specific purpose (eg. The collection of attribute and geometric data for the reconstruction of the existing public lighting) to the establishment of the cadastre of greenery for optimizing performance, reducing costs of local utility companies, and without going into the scope of work performed by private surveying companies and offices. Better management and disposition of real estate property owned by the local government is in the interest of the society, and the private geodetic sector, who take part in the preservation of a legal interest in land owned by the local government.

Keywords: CROPOS, geodetic experts, local government.

Zapisivanje podataka CROPOS GNSS mjerena u XML formatu - korak ka digitalnom geodetskom elaboratu

Stručni rad

Saša Vranić¹, Mario Mader¹, Hrvoje Matijević², Tomislav Bašić¹

¹Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb,
svranic@geof.hr

¹Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb
mmadjer@geof.hr

¹Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10000 Zagreb
tbasic@geof.hr

²IGEA d.o.o. Supilova 7/B, 42000 Varaždin, 42000 Varaždin

Sažetak. U svrhu uvrštavanja GNSS mjerena ostvarenih korištenjem CROPOS-a u geodetsku regulativu, Državna geodetska uprava Republike Hrvatske izdala je 2013. godine Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske. U Tehničkim specifikacijama je, između ostalog, definiran i sadržaj datoteke koja se prilaže elaboratu geodetske izmjere, a koja treba sadržavati podatke koji opisuju postupak i kvalitetu mjerena i računanja koordinata točaka koje su mjerene. Format te datoteke nije standardiziran, već svaki proizvođač GNSS mjernih uređaja definira svoj format, najčešće temeljen na vlastitom kodiranom obliku digitalnog zapisivanja teksta. Proizvođač Trimble je otišao korak dalje te omogućava podatke prikupljene tijekom mjerena izvesti u XML formatu. Pohrana svih podataka GNSS mjerena u standardiziranom XML formatu osigurala bi osnovu za implementaciju automatizirane kontrole formata i sadržaja tih datoteka, kontrolu sukladnosti izvorno mjerenih i iz njih izvedenih podataka te što smatramo posebno važnim, ispunjavanje jednog od preduvjeta za definiranje digitalnog geodetskog elaborata.

U radu prvo analiziramo usklađenost tri popularna formata zapisa podataka GNSS mjerena, od kojih su dva temeljena na XML-u, s Tehničkim specifikacijama te opisujemo prednosti XML-a pred kodiranim formatima. U drugom dijelu rada, razvijamo konceptualni i fizički model podataka za zapis i razmjenu podataka GNSS mjerena te u svrhu dokazivanja koncepta, prikazujemo mogućnosti manipulacije takvim podatcima korištenjem PostgreSQL baze podataka koja uključuje podršku za XML.

Ključne riječi: CROPOS, digitalni geodetski elaborat, XML format zapisa.

1. Uvod

Dubinsko uvođenje informacijsko komunikacijskih tehnologija u javnu upravu, odnosno u sve vidove interakcije građana s njom, uvelike povećava učinkovitost i transparentnost svih njenih segmenata. Kako je upis prava na zemljištu jedan od važnih zadataka svake države tako je i u tom segmentu nužno pospješiti učinkovitost i transparentnost. Prateći te trendove, Republika Hrvatska je nedavno implementirala automatizirani sustav za kontrolu usklađenosti građevne parcele koja će se formirati s važećom prostorno planskom dokumentacijom e-dozvola (URL1). Sustav omogućava direktni uvoz podataka o toj parceli u GML (engl. *Geography Markup Language*) formatu kako je propisano Pravilnikom o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN 64/2014). Kako bi ovlaštenim osobama pojednostavila pripremu grafičkog dijela geodetskog projekta odnosno geodetske podloge za zahvat u prostoru, Državna geodetska uprava Republike Hrvatske je implementirala Web Aplikaciju za konverziju sadržaja geodetskog projekta odnosno geodetske podloge za zahvat u prostoru iz DXF formata u GML (URL2).

S motivacijom digitalizacije poslovanja u prometu nekretnina, nekoliko država s naprednim ekonomijama je već neko vrijeme u različitim fazama uvođenja potpuno elektroničkog obavljanja transakcija nad nekretninama (Rouhshi, 2005; Sandberg, 2010). Sustav upisa prava na nekretninama u većini je tih država temeljen na Torrensovom katastru, čiji koncepti omogućavaju jednostavnije obavljanje transakcija nad pravima na nekretninama. Dok se glavnina tih država još bavi pravnim aspektima elektroničke identifikacije stranaka, najdalje se otislo u Australiji i Novom Zelandu gdje je inicijativa za modeliranje i implementaciju elektroničkog geodetskog elaborata rezultirala skupom standarda i protokola nazvanih ePlan (Kalantari i dr., 2009). Slične inicijative pokrenute su i u nekim državama u puno bližem susjedstvu Hrvatske (Gjorgjieva i dr., 2010), ali bez znanstveno obrazložene pozadine.

Principi na kojima se obavljuju transakcije u Torrensovom katastru nisu primjenjivi na klasične europske parcelarne katastre zbog različitih koncepata, prvenstveno u pogledu održavanja katastarskih planova (Williamson i Enemark, 1996). U svrhu stvaranja formalnih preduvjeta za implementaciju elektroničkog obavljanja transakcija u sustavima temeljenim na konceptu klasičnog europskog parcelarnog katastra, pokrenuto je početno istraživanje (Vranić i dr., 2015). Općenito, svaki se geodetski elaborat, kao prostorna sastavnica transakcije nad pravima na nekretninama, sastoji od skupa podataka terenskih mjerena i skupa podataka za provedbu promjene. U ovom se članku bavimo podatcima o terenskim mjerjenjima, odnosno njihovom zapisivanju, razmjeni i arhiviranju.

Uvođenje GNSS mjerena u katastarske procese nije jednostavno i zahtijeva pažljivo planiranje (Wakker i dr., 2003). U Hrvatskoj je to provedeno, a popularizacija CROPOS-a (Marjanović, 2013) uzrokovala je potrebu za propisivanjem načina geodetske izmjere korištenjem njegovih servisa. Državna geodetska uprava Republike Hrvatske izdala je zato 2013. godine Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske (DGU, 2013). U Tehničkim specifikacijama je propisano koje je podatke potrebno isporučiti, no format nije propisan, odnosno predviđa se isporuka u izvornim formatima proizvođača GNSS mjernih uređaja. U takvoj situaciji isporučeni podatci mogu poslužiti samo za manualni pregled kod ovjere i potvrđivanja elaborata, no nikakve automatske kontrole niti drugi oblici naprednog korištenja tih podataka nisu mogući. Unatoč arhiviranju u digitalnom obliku, takav pristup predstavlja mali odmak od analognog načina rada.

U drugačijem slučaju, kada bi podatci neposredno prikupljeni mjerjenjem bili sustavno formatirani i u takvom obliku isporučeni te arhivirani, značajno bi se pojednostavio postupak kontrole ispravnosti obavljenih mjerena i podataka izvedenih iz tih mjerjenja što smatramo važnim korakom u smjeru definicije digitalnog geodetskog elaborata. Osim toga, omogućilo bi se naknadno korištenje tih podataka u svrhe poput pronalaženja korelacije kvalitete mjerjenja s brojem sporova što može ukazati na potrebu za promjenom tehničkih specifikacija za obavljanje mjerena, prepoznavanja potreba za unapređenjem kvalitete ili dostupnosti usluge, ispitivanja ekonomičnosti usluge, naknadne automatske konstrukcije objekata koje u trenutku isporuke podataka nije bilo moguće pohraniti u bazu podataka sustava i slično.

Međunarodna norma ISO 19152 - Model područja upravljanja zemljištem (engl. *Land Administration Domain Model* - LADM) predviđa posebni skup objektnih klasa za modeliranje podataka o nastanku objekata (van Oosterom i dr., 2012; Vranić i dr., 2014a). Nadalje, format zapisa podataka posebno pogodan za prostorne podatke odnosno metapodatke koji ih opisuju je XML (engl. *eXtensible Markup Language*) (Houlding, 2001). Podatke spremljene u XML dokumentima moguće je jednostavno kontrolirati, a promjene modela podataka (schemes) jednostavno je provesti bez utjecanja na funkcionalnosti sustava u odnosu na dokumente koji su napravljeni sukladno prethodno važećim modelima. Dokumente u XML formatu moguće je digitalno potpisati, a što je za transakcije nad pravima na nekretninama posebno važno, dokument može digitalno potpisati više osoba (Kubbilun i dr., 2005). Također, suvremena tehnologija XML baza podataka, korištenjem kojih se takvi podatci mogu održivo arhivirati i koristiti, sazrela je i široko je dostupna. Lu i dr. (2007) u

sklopu analize opcija za pohranu, obradu i vizualizaciju prostornih podataka zapisanih u GML formatu, daju analizu različitih pristupa pohrani XML datoteka korištenjem baza podataka (relacijski, objektno relacijski, objektni i nativni).

Cilj istraživanja kojeg opisujemo u ovom radu bio je ispitati trenutno stanje i pronaći najbolju opciju modela i formata podataka za isporuku podataka GNSS izmjere, a u skladu s trenutnim propisima u Republici Hrvatskoj. Primarni kriterij za određivanje prikladnosti formata bio je raspoloživost i pristupačnost tehnologija za razmjenu i manipulaciju podatcima u promatranom formatu te prikladnost tih tehnologija za proširivanje ka konačnom cilju, digitalnom geodetskom elaboratu. U tu svrhu smo izabrali tri formata. Dva od tri izabrana formata su proizvođački (Carlson RW5 i Trimble JobXML), ali temeljeni na potpuno različitim tehnologijama zapisa podataka (nestrukturirane datoteke i XML), dok je treći otvoreni (LandXML). Ovakvim izborom pokrili smo obje tehnologije koje se najčešće koriste za zapis podataka za potrebe razmjene i manipulacije, te dva različita koncepta definiranja modela (specifični proizvođački i otvoreni domenski). Za sva tri formata obavili smo analizu podrške za podatke koje propisuju Tehničke specifikacije te opcije za upravljanje podatcima jednog i drugog koncepta zapisivanja podataka. Nakon toga, izradili smo konceptualni model podataka za zapis GNSS mjerena te nastavno na to i njegovu fizičku implementaciju na izabranoj tehnologiji. Konačno, na konkretnim primjerima prikazujemo opcije manipulacije podatcima temeljem modela i njegove implementacije.

Ostatak članka je organiziran kako slijedi. Drugo poglavlje daje opis stanja tehnologije s područja formata zapisa geodetskih mjerena te analizu triju izabranih formata s naglaskom na elemente kvalitete mjerena. Temeljem toga, treće poglavlje opisuje prijedlog konceptualnog modela zapisa terenskih mjerena obavljenih GNSS tehnologijom te u svom drugom dijelu i fizičku implementaciju na XML tehnologiji. U četvrtom poglavljtu dan je opis mogućnosti manipulacije takvim podatcima korištenjem PostgreSQL baze podataka koja uključuje podršku za XML. Peto poglavlje daje zaključke te moguće smjernice za daljnja istraživanja.

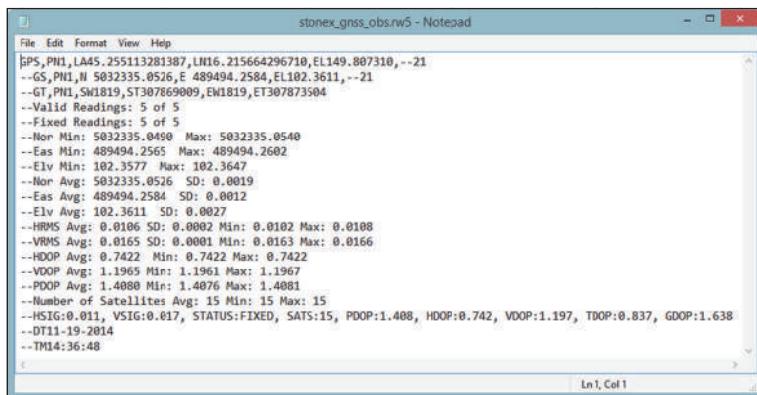
2. Stanje tehnologije

2.1. Tehnologije i formati zapisa podataka geodetskih mjerena

Danas postoji mnoštvo različitih formata zapisa podataka osmišljenih u svrhu njihove razmjene i manipulacije, a za potrebe čitanja podataka zapisanih u nekom formatu te zapisivanja tih podataka u podatkovne strukture u memoriji nekog softvera ili u bazu podataka koriste se programi za sintaktičku analizu podatka - parseri (od latinskog pars orationis - dio govora). Najjednostavniji formati zapisa podataka u nestrukturirane (engl. *flat*) tekstualne datoteke, temelje se na razgraničenom (engl. *delimited*) obliku. Najrašireniji format razgraničenog zapisa podataka je CSV (engl. *Comma Separated Values*). Datoteke u tom formatu sadrže retke i stupce, slično tablicama. Stupci su u svakom retku odvojeni nekim predefiniranim znakom (na primjer zarez) i čine polja. Taj je format osmišljen u vremenu prije popularizacije osobnih računala kao sredstvo za prenošenje podataka između računalnih platformi koje nisu bile neposredno kompatibilne, odnosno kao alternativa formatima s konstantnom širinom zapisa (engl. *fixed width*) koji su uglavnom korišteni u tu svrhu. Radilo se o razgraničenom ili formatu konstantne širine, podatci zapisani u tako formatiranim datotekama, u jednom retku uvijek sadrže jednak broj polja. Pravilo jednakog broja polja čini zapisivanje, a posebno i čitanje podataka vrlo jednostavnim za implementaciju na računalu. Kod čitanja, u svakom se polju svakog retka očekuje vrijednost za točno određeni atribut.

Napredniji formati zapisa u nestrukturirane datoteke temelje se na kodiranim redcima koji mogu sadržavati različite brojeve polja. Većina formata za razmjenu i manipulaciju podataka geodetskih mjerena je temeljena na tom konceptu. Svaki redak je označen kodom koji definira njegovu strukturu odnosno broj i vrste polja. Kod čitanja, čitači program ovisno o

vrsti retka, čitanje i interpretaciju obavlja na drugačije načine. Iako napredniji, niti ovakav način zapisa nije fleksibilan i samo posebno programirani čitač mogu čitati datoteke u tom formatu. Jedan od primjera takvog zapisa je Carlson SurvCE RW5, izvorno osmišljen od strane proizvođača softvera Tripod Data Systems (TDS, 2002), 2000. godine preuzetog od strane Trimble-a, a danas poznatog pod nazivom Microsurwey. Kasnije, proizvođač softvera Carlson uvodi varijacije kako bi prilagodio format svojim potrebama (Carlson, 2010). U pokušaju omogućavanja kompatibilnosti, Carlson neke TDS RW5 elemente, ali i druge nespecificirane elemente spremi u komentare (redovi označeni s dvije crtice --) (slika 1).



Slika 1: Datoteka u Carlson RW5 formatu napravljena iz Stonex GNSS uređaja

Jedan od temeljnih problema kod ovakvih „neformalno“ opisanih formata je nestabilnost algoritama za čitanje, pisanje i interpretaciju podataka. S promjenama modela proizvođači zapisuju prijašnje elemente u komentare i slično. U boljem slučaju datoteka koja nije u potpunosti formatirana u obliku kako čitač očekuje neće moći biti pročitana, dok je lošiji slučaj pogrešna interpretacija nekog koda ili vrijednosti koja je s novom verzijom formata promijenjena. Također, teško je napraviti generičke alate za manipulaciju takvim podatcima, a tržište je malo pa ih u principu ni nema. Svaki proizvođač softvera ili mjerne opreme mora implementirati svoje alate i održavati ih u skladu s promjenama modela koje se objavljuju putem neformalnih dokumenata. Posebni problem kod neformalno opisanog i nestrukturiranog zapisa podataka koji su po prirodi strukturirani, je validacija. Ako se želi kontrolirati ispravnost i cjelovitost strukture koja čini svaki pojedini zapisani objekt potrebno je pročitati podatke koji se često nalaze u odvojenim i različito formatiranim datotekama te stvoriti strukturirani oblik svih objekata koje je onda moguće validirati. Generički softverski alati za takve svrhe ne postoje.

Sve ove nedostatke nadilazi suvremeniji format zapisa podataka XML (URL 3) čija je svrha modeliranje, pohrana i prijenos podataka. XML je proširivi jezik temeljen na oznakama (engl. *tags*) i u svakom XML dokumentu su pohranjeni podaci sadržani unutar XML oznaka. Vrlo je važno svojstvo XML-a mogućnost povezivanja stavki unutar istog, ali i s drugim, vanjskim XML dokumentima. Također, podatci u XML dokumentima mogu biti zapisani u strukturiranom obliku bilo koje dubine.

XML oznake se definiraju po potrebi, a njihova definicija je sadržana u XML shemi koja formalno definira model podataka. XML shema je jezik za opis modela podataka u XML dokumentima. Provjeravanje sintaktičke (formatiranje zapisa) i semantičke ispravnosti XML dokumenata obavlja se korištenjem generičkih softverskih alata i pripadajućih XML shema. Važno je naglasiti i da su norme koje opisuju sve vidove prostornih podataka definirane kao XML sheme te ih je moguće koristiti za kontrolu semantičke ispravnosti XML dokumenta odnosno njihove usklađenosti s normom. Uključivanjem postojećih vanjskih shema u shemu dokumenta koji se validira, automatski te vanjske sheme postaju referentne za njegovu ispravnost. Jedini nedostatak XML-a u odnosu na nestrukturirane datoteke su resursi potrebni za sintaktičku analizu dokumenata. Kako se prilikom sintaktičke analize stvara u memoriji računala objektni model podataka, čitanje zahtjeva značajne memorijske, ali i

procesorske resurse. Ovo je posebno važno kod čitanja na strani servera (Nicola i John, 2003) pa proizvođači baza podataka koje podržavaju XML vrstu podataka zato implementiraju različite optimizacije svojih proizvoda koji moraju obavljati čitanje XML dokumenata.

U skladu sa svim navedenim, Trimble je odlučio definirati napredni format zapisa podataka geodetskih mjerjenja temeljen na XML-u. Struktura je definirana standardnom XML shemom (URL 4), no nema poveznice na međunarodne norme, već su unutar te sheme definirani svi tipovi podataka i svi parametri koji su potrebni za sveobuhvatnu i samodostatnu definiciju formata za pohranu rezultata mjerjenja.

Treći format koji razmatramo je LandXML. LandXML se počeo razvijati 2000-tih godina u svrhu standardizacije razmjene podataka o mjerjenjima i objektima mjerjenja vezanim uz cestogradnju. LandXML je posebna XML gramatika, prilagođena potrebama zapisa podataka o mjerjenjima i o objektima koji se mijere, a moguće je zapisati i podatke GNSS mjerjenja. Model podataka definiran je posebnom XML shemom i trenutno mu je važeća verzija 1.2 (URL 5).

2.2. Modeli podataka zapisa i elementi koji opisuju kvalitetu mjerjenja

Državna geodetska uprava Republike Hrvatske izdala je 2013. godine Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske (DGU, 2013). U Tehničkim specifikacijama je, između ostalog, definiran i sadržaj datoteke koja se prilaže elaboratu geodetske izmjere, a koja treba sadržavati podatke koji opisuju postupak i kvalitetu mjerjenja i računanja koordinata točaka koje su mjerene. Uz ostalo, propisano je da se isporučuju naredni podatci vezani uz kvalitetu mjerjenja:

- početak mjerjenja
- kraj mjerjenja
- broj epoha mjerjenja
- horizontalna točnost
- visinska točnost
- rješenje inicijalizacije prijemnika
- rješenje ambiguiteta

Uz to, Tehničke specifikacije još propisuju da se mjerena korištenjem CROPOS GNSS metode obavljaju samo ako je ispunjen uvjet raspoloživosti barem 6 geometrijski dobro raspoređenih satelita uz vrijednost PDOP-a (engl. *Positional Dillution Of Precision*) ne većoj od 5.

Kao mjerilo točnosti GNSS mjerjenja, proizvođači obično daju vrijednost RMS. Vrijednost RMS odgovara polumjeru kruga, sa središtem u istinskom položaju mjerene točke, u kojem se nalazi otprilike 68% izračunatih rješenja (Diggelen, 1998). U nastavku dajemo analizu triju izabralih formata u odnosu na Tehničke specifikacije s naglaskom na podatke o kvaliteti mjerjenja.

2.2.1. Carlson RW5

Elementi koji definiraju kvalitetu GNSS mjerjenja u Carlson RW5 formatu nisu u dokumentu (Carlson, 2010) jasno opisani, no daju se iščitati iz primjera datoteke prikazanog u istom dokumentu (slika 2).

Iz primjera je vidljivo da su od podataka traženih Tehničkim specifikacijama u Carlson RW5 formatu predviđeni podatci o početku i kraju mjerjenja (u obliku GPS vremena), broju satelita, PDOP, vrsti rješenja (ovdje nazvano status) te položajni i visinski indikator kvalitete koordinata, a nema podataka o broju opažanja. No, kako je vidljivo na primjeru datoteke sa slike 1 prepoznali smo da je i podatak o broju opažanja predviđen

```
--GPS Scale: 1.00000000
--RTK Method: RTCM V3.0, Device: Internal GSM, Network: NTRIP RTCM3_MAX
BP,PN733,LA30.160894090052,LN-97.471343999946,EL175.4530,AG2.000,PA0.114,--
--Entered HR: 6.5620, Vertical
LS,HR6.9344
GPS,PNBWC1+A,LA30.241617091114,LN-97.441679812958,EL231.637722,--PK NAIL
--GS,PNBWC1+A,N 10120391.5553,E 3114671.1420,EL837.6091,--PK NAIL
G0,01/25/2010 20:53:02, (Average) - Base ID read at rover: 733
G1,BP733,PNBWC1+A,DX5692.192,DY6823.564,DZ12978.073
G2,VX0.00863666,VY0.02219784,VZ0.01231287
G3,XY0.00006689,XZ-0.00001147,YZ-0.00017120
--HSDV: 0.034, VSDV: 0.075, STATUS:FIXED, SATS:10, PDOP:1.773, HDOP:0.860,
VDOP:1.550
--DT01-25-2010
--TM14:57:08
GPS,PN3,LA42.214176546000,LN-71.095340522000,EL-8.227500,--base
--GS,PN3,N 5.4159,E 4.9849,EL10.0046,--base
--GT,PN3,SW-522,ST-2592000000,EW-522,ET-259200000
--HRMS: 0.013, VRMS: 0.019, STATUS:FIXED, SATS:8, PDOP:1.800, HDOP:1.000,
VDOP:1.500
```

Slika 2: Primjer zapisa u Carlson RW5 (Carlson 2010)

2.2.2. Trimble JobXML

Podatci o kvaliteti mjerjenja su u JobXML formatu definirani kroz tri elementa:

- QualityControl1
- QualityControl2
- QualityControl3

Podatci koje definiraju Tehničke specifikacije predviđeni su u obaveznom elementu QualityControl1. Tu su između ostalog podatci o broju satelita, PDOP (i HDOP i VDOP) te indikator kvalitete koordinata (RMS), broju rješenja korištenih za izračun konačnih vrijednosti i GPS vremenu (slika 3).

```
<xsd:element name="NumberOfSatellites" type="xsd:integer"/>
<xsd:element name="RelativeDOPs" type="booleanType"/>
<xsd:element name="PDOP" type="xsd:double"/>
<xsd:element name="HDOP" type="xsd:double"/>
<xsd:element name="VDOP" type="xsd:double"/>
<xsd:element name="RMS" type="doubleOrNullType"/>

<!--
    Recorded in millicycles (to convert to metres divide by 1000 to get
    metres)
-->
<xsd:element name="NumberOfPositionsUsed" type="xsd:integer"/>
<xsd:element name="HorizontalStandardDeviation" type="doubleOrNullType"/>
<xsd:element name="VerticalStandardDeviation" type="doubleOrNullType"/>
<xsd:element name="StartTime" type="GPSTimeType"/>
<xsd:element name="EndTime" type="GPSTimeType"/>
<xsd:element name="MonitorStatus" type="monitorStatusType"/>
```

Slika 3: QualityControl1 element iz JobXML formata

Ocjena točnosti je dana jednim indikatorom kvalitete koordinata, dakle nisu predviđeni eksplisitni podatci o visinskoj točnosti niti podatci o rješenju.

2.2.3. LandXML

Podatci o kvaliteti mjerjenja su u LandXML formatu raspodijeljeni u dva elementa:

- GPSQCInfoLevel1
- GPSQCInfoLevel2

Element GPSQCInfoLevel1, od nema zanimljivih, predviđa podatke o vrsti rješenja, broju satelita i RDOP-u (slika 4).

Element GPSQCInfoLevel2 predviđa uz ostalo zapis indikatora kvalitete koordinata te vrijeme početka i kraja mjerjenja. Kao i kod JobXML formata ocjena točnosti je dana samo

jednim indikatorom kvalitete koordinata, a u modelu nije predviđen PDOP, niti VDOP i HDOP iz kojeg bi ga se moglo izračunati.

```
<xs:attribute name="GPSSolnType" type="GPSSolutionTypeEnum"/>
<xs:attribute name="GPSSolnFreq" type="GPSSolutionFrequencyEnum"/>
<xs:attribute name="nbrSatellites" type="xs:integer"/>
<xs:attribute name="RDOP" type="xs:double"/>
```

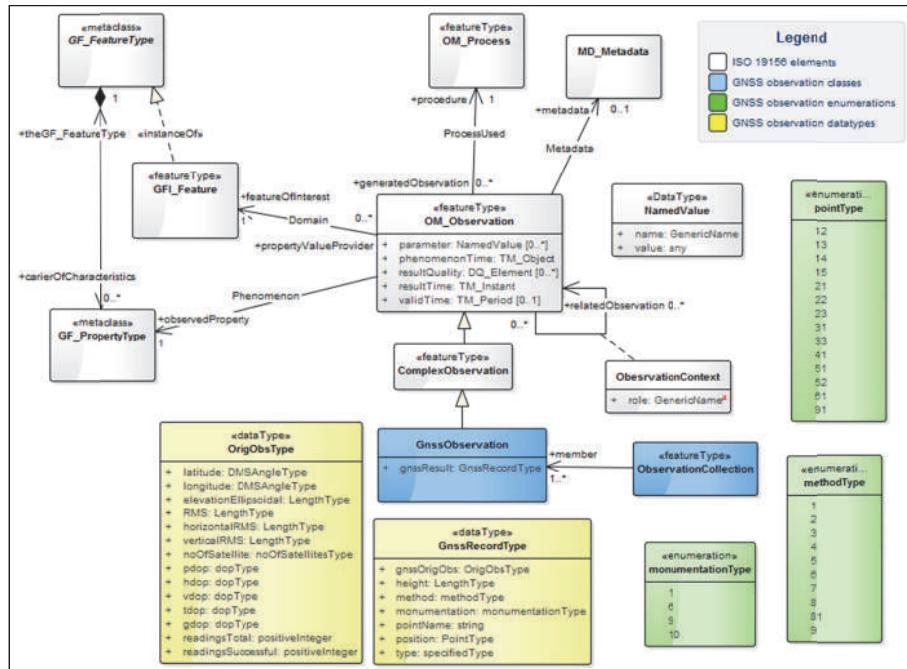
Slika 4: GPSQCInfoLevel1 element iz LandXML formata

3. Model podataka mjerjenja

Klasa LA_AdministrativeSource LADM-A služi za pohranu dokumenata dok klasa LA_SpatialSource služi za pohranu originalnih podataka izmjere. Atributi measurements i procedure klase LA_SpatialSource temelje se na klasama definiranim u međunarodnoj normi ISO 19156 - Geografske informacije - opažanja i mjerjenja (engl. *Geographic information - Observation and Measurements*, O&M). Tom je normom definirana konceptualna shema za opažanja i obilježja objekata uključenih u uzorkovanje prilikom opažanja, a ona izvorno proizlazi iz rada započetog kroz OGC specifikaciju OGC Sensor Web Enablement (SWE). O&M predstavlja konceptualni model za opažanja i mjerjenja, čiji je cilj pružanje ontologije sustava senzora i opažanja. Iako se O&M model većinom koristi kao format razmijene podataka između različitih senzora (brzina vjetra, temperatura zraka i sl.) i servera, taj se model može koristiti i za modeliranje podataka izmjere zemljišta (van Oosterom i dr., 2012; Vranić i dr., 2014b).

3.1. Konceptualni model podataka

Temeljem prethodno obavljene analize formata zapisa GNSS mjerjenja i u skladu s LADM odnosno O&M normama, razvili smo model podataka GNSS mjerjenja (HrGnssXML). Model podataka definiran je UML dijagramom klasa (slika 5). Glavna klasa koja služi za pohranu podataka GNSS mjerjenja je GnssObservation koja je pod-klasa klase ComplexObservation, odnosno OM_Observation te stoga nasljeđuje njihove attribute.



Slika 5: Model podataka GNSS mjerjenja HrGnssXML

Klasa GnssObservation sadrži atribut gnssResult koji je tipa GnssRecordType, a on je definiran u okviru ovog modela. Taj tip podatka je izrađen u skladu s Tehničkim specifikacijama i sadrži sljedeće atribute:

- naziv točke (pointName)
- pozicija točke (position) - tip podatka PointType koji je preuzet iz GML specifikacije
- visina (height) - definiran kao LengthType koji je preuzet iz GML specifikacije
- tip točke (specifiedType) - vrijednost iz definirane liste vrijednosti
- stabilizacija (monumentation) - vrijednost iz definirane liste vrijednosti
- nastanak (method) - vrijednost iz definirane liste vrijednosti
- izvorni podatci izmjere (gnssOrigObs) - kompleksni tip podataka OrigObsType

Kompleksni tip podatka OrigObsType definira sve ostale atribute za zapis izvornih podataka o mjerenu te ocjenu kvalitete tih mjerena u skladu s Tehničkim specifikacijama. Kako neki od formata koje smo analizirali predviđaju odvojene indikatore kvalitete koordinata u položajnom i visinskom smislu, dok je u drugima podržana samo jedna vrijednost, ugradili smo u model opciju zapisa jednog indikatora, ali i posebnih indikatora za položajnu i visinsku kvalitetu. Na proizvođaču softvera koji zapisuju podatke u pojedine formate je odgovornost da zapisivanje obave na ispravan način.

3.2. Fizički model podataka

Fizička implementacija konceptualnog modela može se obaviti korištenjem različitih tehnologija. Ako zanemarimo zastarjeli kodirani zapis u tekstualne datoteke, kao preostali logični izbori ostaju LandXML kao postojeća XML gramatika i izgradnja vlastite gramatike. Kao glavni nedostatak LandXML-a pronalazimo nedostatak korištenja postojećih norma, posebno s područja prostornih podataka. To u slučaju LandXML-a nije neobično jer je razvijan dok norme s područja prostornih podataka još nisu bile sazrele. Tako na primjer LandXML definira vlastite implementacije zapisa prostornih podataka, koji je koncepcijски detaljno razrađen i definiran kroz postojeće međunarodne norme.

Zbog toga smo odlučili za potrebe ovog istraživanja fizičku implementaciju modela izvesti izgradnjom vlastitog modela temeljenog u najvećoj mogućoj mjeri na međunarodno prihvaćenim normama. Temeljem konceptualnog modela podataka izrađena je XML shema kao definicija strukture zapisa podataka u datoteke u skladu s razvijenim modelom (slika 6).

The screenshot shows the XML schema editor interface. The tree view on the left displays the structure of the schema, including namespaces (http://www.w3.org/2001/XMLSchema, http://www.w3.org/1999/xlink, http://www.opengis.net/gml/3.2), target namespace, and various element and type definitions. The code editor at the bottom shows the XML code for these definitions, including imports for LandXML and GML namespaces, and definitions for complex types like TachyObservationType and GnssObservationType.

```

1 <xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xmlns:cgo="http://www.pg.geof.unizg.hr/schemas/om/1.0" xmlns:om="http://www.opengis.net/om/2.0" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/3.2" targetNamespace="http://www.pg.geof.unizg.hr/schemas/om/1.0" elementFormDefault="qualified" attributeFormDefault="unqualified" version="2.0.0">
2   <xs:annotation>
3     <xs:import namespace="http://www.opengis.net/gml/3.2" schemaLocation="http://schemas.opengis.net/gml/3.2.1/gml.xsd"/>
4     <xs:import namespace="http://www.opengis.net/om/2.0" schemaLocation="http://schemas.opengis.net/om/2.0/observation.xsd"/>
5   <xs:simpleType name="dopType">
6     <xs:annotation>
7       <xs:import namespace="http://www.opengis.net/om/2.0" schemaLocation="http://schemas.opengis.net/om/2.0/observation.xsd"/>
8     <xs:restriction base="string">
9       <xs:enumeration value="0.001" />
10      <xs:enumeration value="0.005" />
11      <xs:enumeration value="0.01" />
12      <xs:enumeration value="0.05" />
13      <xs:enumeration value="0.1" />
14      <xs:enumeration value="0.5" />
15      <xs:enumeration value="1.0" />
16      <xs:enumeration value="2.0" />
17      <xs:enumeration value="5.0" />
18      <xs:enumeration value="10.0" />
19    </xs:restriction>
20  </xs:simpleType>
21  <xs:simpleType name="noOfSatellitesType">
22    <xs:restriction base="int">
23      <xs:minInclusive value="1" />
24      <xs:maxInclusive value="1000" />
25    </xs:restriction>
26  </xs:simpleType>
27  <xs:simpleType name="specifiedType">
28    <xs:restriction base="string">
29      <xs:enumeration value="DOP" />
30      <xs:enumeration value="RTK" />
31      <xs:enumeration value="PNT" />
32      <xs:enumeration value="RINEX" />
33      <xs:enumeration value="GLO" />
34      <xs:enumeration value="GLL" />
35      <xs:enumeration value="OM" />
36      <xs:enumeration value="OM_RINEX" />
37    </xs:restriction>
38  </xs:simpleType>
39  <xs:simpleType name="monumentationType">
40    <xs:restriction base="string">
41      <xs:enumeration value="none" />
42      <xs:enumeration value="point" />
43      <xs:enumeration value="line" />
44      <xs:enumeration value="area" />
45    </xs:restriction>
46  </xs:simpleType>
47  <xs:simpleType name="methodType">
48    <xs:restriction base="string">
49      <xs:enumeration value="geometric" />
50      <xs:enumeration value="physical" />
51    </xs:restriction>
52  </xs:simpleType>
53  <xs:complexType name="TachyObservationType">
54    <xs:sequence>
55      <xs:element name="dop" type="cgo:DopType" substitutionGroup="om:result"/>
56      <xs:element name="noOfSatellites" type="cgo:NoOfSatellitesType" substitutionGroup="om:result"/>
57      <xs:element name="specified" type="cgo:SpecifiedType" substitutionGroup="om:result"/>
58      <xs:element name="monumentation" type="cgo:MonumentationType" substitutionGroup="om:result"/>
59      <xs:element name="method" type="cgo:MethodType" substitutionGroup="om:result"/>
60    </xs:sequence>
61  </xs:complexType>
62  <xs:complexType name="TachyRecordType">
63    <xs:sequence>
64      <xs:element name="observation" type="cgo:TachyObservationType" substitutionGroup="om:record"/>
65    </xs:sequence>
66  </xs:complexType>
67  <xs:complexType name="GnssObservationType">
68    <xs:sequence>
69      <xs:element name="gnssResult" type="cgo:GnssRecordType" substitutionGroup="om:result"/>
70      <xs:element name="tachyResult" type="cgo:TachyRecordType" substitutionGroup="om:result"/>
71      <xs:element name="GnssObservation" type="cgo:GnssObservationType" substitutionGroup="om:OM_Observation"/>
72    </xs:sequence>
73  </xs:complexType>
74  <xs:complexType name="GnssRecordType">
75    <xs:sequence>
76      <xs:element name="gnssResult" type="cgo:GnssRecordType" substitutionGroup="om:result"/>
77    </xs:sequence>
78  </xs:complexType>
79  <xs:complexType name="OrigObsType">
80    <xs:sequence>
81      <xs:element name="gnssResult" type="cgo:GnssRecordType" substitutionGroup="om:result"/>
82    </xs:sequence>
83  </xs:complexType>
84</xs:schema>

```

Slika 6: XML shema za HrGnssXML

Za razliku od LandXML implementacije, koja interno sadrži definicije koordinatnih sustava, geometrijskih podataka (točke, linije, površine) HrGnssXML ih preuzima iz vanjskih definicija prema ISO normama.

3.3. Validacija i konverzija podataka zapisanih u XML formatu

Validacija dokumenata zapisanih u skladu s razvijenim modelom je jednostavna i postoji mnoštvo generičkih XML uređivača pomoću kojih se to može obaviti. Osim jednostavne kontrole sadržaja atributa s enumeriranim vrijednostima, moguće je kontrolirati i ispravnost vrijednosti jednostavnih numeričkih atributa. Kao što je na slici 7 prikazano, može se ugraditi kontrola da li je na primjer PDOP i broj satelita unutar vrijednosti propisanih Tehničkim specifikacijama. Korištenjem XML uređivača te pripadajuće XML sheme dovoljno je za željeni dokument pokrenuti validaciju, a navedeni alat javlja je li dokument ispravan odnosno prikazuje pogreške ako ih ima (slika 7).



Slika 7: Prikaz nedozvoljene vrijednosti atributa PDOP u XML uređivaču

Za konverziju XML dokumenata iz jedne XML sheme u drugu koristi se XSL (engl. *eXtensible Stylesheet Language*). XSL je skup jezika koji služe za konverziju i prikaz XML dokumenata i se sastoji od tri dijela:

- XSLT (engl. *eXtensible Stylesheet Language Transformation*)
- XSL-FO (engl. *eXtensible Stylesheet Language Formatting Objects*)
- XPath

XSLT je jezik koji služi za transformaciju dokumenata temeljenih na XML-u. XSLT procesor uzima stablo XML čvorova te ih uz pomoć definiranih predložaka i pravila transformira u izlazni dokument koji može biti u XML, HTML ili tekstualnom formatu. Za navigaciju kroz elemente i atribute unutar XML dokumenata koristi se XPath. Tijekom konverzije, XSLT koristi XPath izraze kako bi pronašao dijelove dokumenta koji odgovaraju jednom ili više predložaka u izvornoj datoteci. Kada se utvrdi podudaranje s predloškom, taj dio dokumenta se konvertira prema instrukcijama u predlošku. Osim definiranja predložaka, mogu se definirati varijable te čitave biblioteke funkcija napisanih XSLT sintaksom koje postaju dostupne uključivanjem XSLT datoteka u kojima su sadržane definicije tih funkcija. Uključivanje vanjskih datoteka funkcionira na isti način kao i kod svih XML datoteka, definiranjem imenika (engl. *namespace*) te navođenjem adrese na kojoj se ta datoteka nalazi. Prilikom prave implementacije sustava temeljenog na opisanim konceptima potrebno bi bilo prvo pripremiti XSLT predloške za konverziju iz postojećih XML formata u HrGnssXML format. Nakon toga, bilo bi moguće korištenjem bilo kojeg XSLT procesora konvertirati svaki dokument u pojedinom XML formatu u HrGnssXML. Ispravni dokument ulaznog formata uvijek će biti konvertiran u ispravni dokument HrGnssXML formata. Za formate s kodiranim zapisom potrebno je implementirati konverter koji će obavljati čitanje datoteke u tom formatu te zapisivati HrGnssXML dokument.

Za potrebe pokušne implementacije odnosno dokazivanja koncepta autori su implementirali jednostavni konverter za RW5 format temeljen na PHP tehnologiji. Sustav može ispravno pročitati Carlson RW5 datoteku u kojoj su svi potrebni podaci o mjerenoj točki sadržani u bloku strukturiranom kao na slici 1. Konverter prepoznaje blokove kao cjeline te unutar svakog pojedinog bloka ciljano pretražuje potrebne podatke te ih u strukturiranom obliku prepisuje u odgovarajuću podatkovnu strukturu u memoriji. Osim jednostavnog prepisivanja u nekim je slučajevima potrebna i manipulacija podatcima, za što je konverter dodatno proširen potrebnim funkcijama. Na primjer, budući da je u RW5 datoteci podatak o početku

i završetku mjerena zapisan u obliku GPS vremena potrebno je napraviti konverziju i iskazati ove podatke kao UTC vrijeme, tj. za Republiku Hrvatsku UTC+1. Po završetku čitanja RW5 datoteke, iz podataka zapisanih u memorijskoj podatkovnoj strukturi, konverter izrađuje XML datoteku sukladno zadanoj XML shemi.

4. Praktični prikaz implementacije na XML bazi podataka

XQuery je jezik za izvršavanje upita nad XML dokumentima. XQuery je izrađen na temelju XPath izraza te je dodatno proširen. XQuery je za XML podatke ono što je za relacijske baze podataka SQL jezik. Jedna od baza podataka koja podržava XML tip podataka je PostgreSQL. U korištenoj verziji 9.2.10, PostgreSQL ne podržava XQuery, ali podržava XPath.

U svrhu ispitivanja generirali smo, korištenjem implementiranog sustava za konverziju, nekoliko dokumenata u HrGnssXML formatu i te dokumente pohranili u tablicu nazvanu „om“ u koju se mogu pohraniti GNSS mjerena u nativnom XML formatu. Nakon što je XML dokument spremljen u nativnom obliku, mogu se postavljati upiti nad podatcima ili kontrolirati ispravnost samih XML dokumenata. Na primjer, u slučaju da se želi promijeniti specifikacije u pogledu traženih podataka o mjerenu, zanimljiv podatak bio bi koliko je dosadašnjih mjerena obavljeno s postavkama koje bi bile definirane nekom novom specifikacijom. Kako je jedna od vrijednosti definiranih Tehničkim specifikacijama najveća dozvoljena vrijednost PDOP-a (ne veća od 5) zanimljiv bi bio podatak o ukupnom broju obavljenih mjerena s PDOP-om ne većim od 4. Tražena informacija dobiva se postavljanjem XPath upita (slika 8).

The screenshot shows the PostgreSQL SQL Editor interface. The top section is the SQL Editor with tabs for 'SQL Editor' and 'Graphical Query Builder'. Below that is a 'Previous queries' pane. The main query area contains the following XQuery code:

```

SELECT
  xpath('//cgo:GnssObservation[./cgo:gnssResult/cgo:gnssOrigObs/cgo:pdop/text()<=4.0]',
        observation,
        ARRAY [
          ARRAY['cgo', 'http://www.pg.geof.unizg.hr/schemas/om/1.0']
        ]
      )
FROM om;
  
```

Below the query is an 'Output pane' with tabs for 'Data Output', 'Explain', 'Messages', and 'History'. The 'Data Output' tab is selected, showing the results of the query as XML. The output is a single row with the number '1' and the XML content:

```

<cgo:GnssObservation xmlns:cgo="http://www.pg.geof.unizg.hr/schemas/om/1.0" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/2.0">
  <cgo:phenomenonTime xmlns:om="http://www.opengis.net/om/2.0">
    <gml:TimePeriod gml:id="gnss2pt">
      <gml:beginPosition>2014-11-19T14:31:23</gml:beginPosition>
      <gml:endPosition>2014-11-19T14:31:28</gml:endPosition>
    </gml:TimePeriod>
  </om:phenomenonTime>
  <cgo:resultTime>
    <gml:TimeInstant gml:id="gnss2rt">
      <gml:timePosition>2015-03-22T08:08:52</gml:timePosition>
    </gml:TimeInstant>
  </cgo:resultTime>
  <cgo:procedure xlink:href="GnssObservation.xml"/>
  <cgo:observedProperty xlink:href="http://www.pg.geof.unizg.hr/schemas/om/1.0/cadastralP</cgo:observedProperty>
  <cgo:featureOfInterest xlink:href="http://www.pg.geof.unizg.hr:8080/geoserver/wfs?servic</cgo:featureOfInterest>
</cgo:GnssObservation>
  
```

Slika 8: Dohvaćanje mjerena iz XML dokumenta s PDOP-om ne većim od 4

U PostgreSQL bazi XPath upiti se postavljaju „obavijeni“ standardnim SQL SELECT upitom, a potrebno je proslijediti i informaciju o korištenim imenicima.

5. Zaključak

U ovom članku smo opisali model podataka za zapis i razmjenu GNSS mjerena temeljen na XML tehnologiji i u skladu s Tehničkim specifikacijama za određivanje koordinata u

koordinatnom sustavu RH. Prilikom analize stanja u svrhu odabira tehnologije analizirali smo tri formata zapisa podataka GNSS mjerjenja s tehnološke i sa strane podrške za podatke koje propisuju Tehničke specifikacije. Nadalje, pokazali smo kako se podatci zapisani u skladu s modelom mogu pohraniti i pretraživati korištenjem XML baza podataka. Sustavno upravljanje podatcima geodetskih mjerjenja važno je za čuvanje njihove vrijednosti, a što je još važnije predstavlja važan korak ka definiciji digitalnog geodetskog elaborata kao sastavnice digitalne transakcije nad pravima na nekretninama. Zanimljivo je napomenuti i činjenicu da LandXML ne predviđa zapisivanje PDOP-a, niti eksplicitno niti kroz VDOP i HDOP.

Daljnja istraživanja trebala bi uključiti druge vrste mjerjenja, primarno tahimetrijska te dublju analizu načina stvaranja isporuke i održivog arhiviranja dokumenata s podatcima mjerjenja.

Literatura

- Carlson (2010): SurvCE Version 2.50 Raw File records.
- DGU (2013): Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske, Državna geodetska uprava Republike Hrvatske.
- Diggelen, F. van (1998): Innovation: Gps accuracy-lies, damn lies, and statistics. GPS WORLD, 9, 41-45.
- Gjorgjiev, V., Gjorgjiev, G., Lazarevski, N. (2010): Real Estate Transaction Procedures in the Cadastre System of r. Macedonia. FIG Congress 2010 Facing the Challenges – Building the Capacity Sydney, Australia, 11-16 April 2010.
- Houlding, S.W. (2001): XML - an opportunity for data standards in the geosciences. Computers & Geosciences, 27(7), 839-849.
- Kalantari, M., Lester, C., Boyle, D. R., Coupar, N. (2009): Towards eLand administration - electronic plans of subdivision in Victoria. In: B. Ostendorf, et al., eds. Proceedings of the Surveying & Spatial Sciences Institute Biennial International Conference. Adelaide: Surveying & Spatial Sciences Institute, 155-162.
- Kubbilun, W., Gajek, S., Psarros, M., Schwenk, J. (2005): Trustworthy verification and visualisation of multiple XML-signatures. In Communications and Multimedia security, 311-320. Springer Berlin Heidelberg.
- Lu, C. T., Dos Santos Jr, R. F., Sripada, L. N., Kou, Y. (2007): Advances in GML for geospatial applications. Geoinformatica, 11(1), 131-157.
- Marjanović, M. (2013): CROPOS – status i razvoj sustava, Zbornik radova - 3. CROPOS konferencija / Bašić, T., Marjanović M., (ur.). Zagreb : Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije.
- Nicola, M., John, J. (2003): Xml parsing: a threat to database performance. In Proceedings of the twelfth international conference on Information and knowledge management, 175-178. ACM.
- NN (2014): Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina, Narodne Novine 64/2014.
- Oosterom, P. van, Lemmen, C., Uitermark, H. (2012): Land Administration Standardization with Focus on Evidence from the Field and Processing of Field Observations, FIG Working Week 2012, May 2012, Rome, 28 p.

Rouhshi, L. (2005): Maintaining the integrity of the Torrens System in a digital environment: A comparative overview of the safeguards used within the electronic land systems in Canada, New Zealand, United Kingdom and Singapore. *Australian Property Law Journal*, 11(2), 155-178.

Sandberg, H. (2010): Real estate e-conveyancing: vision and risks. *Information & Communications Technology Law*, 19(2), 101-114.

TDS (2002): Raw Data Record Specification - Survey Pro - Version 3.6, Tripod Data Systems.

Vranić, S., Jurakić, G., Matijević, H. (2014a): Modelling and Dissemination of Land Survey Data. In INGEO 2014–6th International Conference on Engineering Surveying.

Vranić, S., Matijević, H., Cetl, V. (2014b): Modeliranje i diseminacija podataka izmjere zemljišta. Peti hrvatski kongres o katastru s međunarodnim sudjelovanjem.

Vranić, S., Matijević, H., Roić, M. (2015): Modelling outsourceable transactions on polygon-based cadastral parcels. *International Journal of Geographical Information Science*, (ahead-of-print), 1-21.

Wakker, W. J., Molen, P., van der Lemmen, C. (2003): Land registration and cadastre in the Netherlands, and the role of cadastral boundaries: the application of GPS technology in the survey of cadastral boundaries. *Journal of geospatial engineering*, 5(1), 3-10.

Williamson, I., Enemark, S. (1996): Understanding cadastral maps. *Australian surveyor*, 41(1), 38-52.

URL 1: <https://dozvola.mgipu.hr/> (20.04.2015.)

URL 2: <http://dxf2gml.dgu.hr/> (20.04.2015.)

URL 3: <http://www.w3.org/XML/> (20.04.2015.)

URL 4: http://www.trimble.com/schema/JobXML/5_3/JobXMLSchema-5.3.xsd
(20.04.2015.)

URL 5: <http://www.landxml.org/schema/LandXML-1.2/LandXML-1.2.xsd> (20.04.2015.)

Recording the CROPOS GNSS measurements in XML format – a step towards digital geodetic technical report

Abstract. In order to incorporate GNSS measurements obtained by the use of CROPOS to the geodetic regulations, State Geodetic Administration in the Republic of Croatia has issued Technical specifications for determining the point coordinates in the coordinate system of the Republic of Croatia, in 2013. The Technical specifications, among other things, also define the content of the file to be attached to the geodetic survey report, which should include data describing the process and the quality of measurements and calculation of measured point coordinates. Format of this file is not standardized, but each manufacturer of GNSS measurement devices defines its own format, usually based on its own coded format of digital text recording. Trimble went a step further enabling the data collected during the measurements to be exported in XML format. Storing of all GNSS measurements data in standardized XML format would provide the basis for the implementation of the automated control of the format and content of these files, verification of conformance between originally measured and derived data and, what is considered to be particularly important, fulfilling one of the preconditions for defining the digital geodetic technical report.

In this paper, we first analyse the compliance of three popular data formats of the GNSS measurements, two of which are based on XML, with the technical specifications and describe the advantages of XML compared to coded formats. In the second part of the paper, we

develop a conceptual and physical data model for recording and exchanging GNSS measurements data, and in order to prove the concept, we show the ability of data manipulation through the PostgreSQL database with XML support.

Keywords: CROPOS, digital geodetic technical report, XML file format.

Primjena CROPOS-a u području katastra i postojeći propisi

Stručni rad

Nikola Vučić¹, Marinko Bosiljevac¹, Antonio Šustić¹

¹Državna geodetska uprava, Gruška 20, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska,
nikola.vucic@dgu.hr

¹Državna geodetska uprava, Gruška 20, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska,
marinko.bosiljevac@dgu.hr

¹Državna geodetska uprava, Gruška 20, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska,
antonio.sustic@dgu.hr

Sažetak. U hrvatskoj geodetskoj praksi više gotovo da i nema parcelacijskog ili drugog geodetskog elaborata te elaborata katastra vodova u kojima bar dio točaka nije određen CROPOS-om. Jednako je i s geodetskim projektima, kao i s provođenjem katastarskih izmjera. S obzirom na broj registriranih korisnika CROPOS-a, kao i raširenost njegove primjene u izvođenju svih vrsta geodetskih zadataka, možemo zaključiti da je korištenje CROPOS-a trenutno najpopularnija i najraširenija metoda geodetske izmjere. Iz tog razloga analizirani su važeći hrvatski propisi, a naročito oni propisi koji omogućuju primjenu CROPOS-a u obavljanju zadataka vezanih za područje katastra (Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina NN 16/07, NN 124/10, Pravilnik o parcelacijskim i drugim geodetskim elaboratima, Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova, Pravilnik o katastarskoj izmjeri i tehničkoj reambulaciji, Pravilnik o geodetskom projektu). Također su u radu dati osvrti na dva geodetsko-katastarska „propisa“ koji nemaju snagu zakona ili pravilnika, ali već gotovo dvije godine vrlo značajno utječu na postupanja osoba ovlaštenih za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina te na postupanja katastarskih ureda (Uputa vezano uz postupak izrade parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata kao tehničke osnove za održavanje katastarskog operata i Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske). Poseban naglasak usmjerjen je na metodologiju izvođenja geodetskih mjerena korištenjem CROPOS-a u cilju zadovoljavanja točnosti koje zahtijevaju navedeni propisi. Na kraju su dana razmišljanja autora kako osnažiti pravnu vrijednost izmjerene koordinate.

Ključne riječi: CROPOS, GNSS, katastar, metode mjerena.

1. Uvod

CROPOS sustav uspostavljen je 9. prosinca 2008. godine. CROPOS je državna mreža referentnih GNSS stanica Republike Hrvatske koja omogućava primjenu modernih metoda mjerena i moderne tehnologije u svakodnevnom radu geodetskih stručnjaka. Usputstvom tog sustava Hrvatska je održala korak s razvijenim zemljama u kojima su ti sustavi ranije uspostavljeni, čime je omogućeno učinkovitije, jednostavnije i ekonomičnije obavljanje terenskih mjerena. Primjena CROPOS sustava osigurava određivanje koordinata točaka na cijelom području Republike Hrvatske s istom točnošću (Marjanović i dr., 2009).

Vlada Republike Hrvatske donijela je 2004. godine Odluku o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske (Narodne novine, 2004). Uvođenje novih službenih datuma i kartografskih projekcija u svakodnevnu praksu je vrlo složen i dugotrajan proces. Prema navedenoj odluci hrvatski referentni sustav (HTRS96) definiran je kao novi pozicijski sustav - hrvatska izvedenica ETRS89 (engl. *European Terrestrial Reference System 1989*), dok se stari hrvatski koordinatni sustav HDKS (Bessel, ortometrijske visine) još uvjek koristi u praksi do potpunog prijelaza na novi referentni sustav (Bačić i dr., 2011). Izvjesno je da će potpuni prelazak na novi referentni sustav potrajati još barem nekoliko godina. Implementacija novih geodetskih datuma i

kartografskih projekcija jedini je način da se prestane robovati „treba“ vrijednostima čije porijeklo datira u drugu polovicu 18. stoljeća (Bašić, 2008).

U Hrvatskoj geodetskoj praksi više gotovo da i nema parcelacijskog ili drugog geodetskog elaborata te elaborata katastra vodova u kojima bar dio točaka nije određen CROPOS-om. Jednako je i s geodetskim projektima, kao i s provođenjem katastarskih izmjera, odnosno obavljanjem svih geodetskih zadaća. Osobe ovlaštene za obavljanje poslova Državne izmjere i katastra nekretnina (u dalnjem tekstu: ovlaštenici) prepoznale su CROPOS kao vrlo koristan servis koji se može koristiti u svrhu mjerena za izradu parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata i geodetskih projekata. Jednako tako je i s ostalim geodetsko-katastarskim uslugama koje geodeti u Hrvatskoj pružaju građanima, tvrtkama, gospodarstvu, lokalnoj, regionalnoj te državnoj upravi.

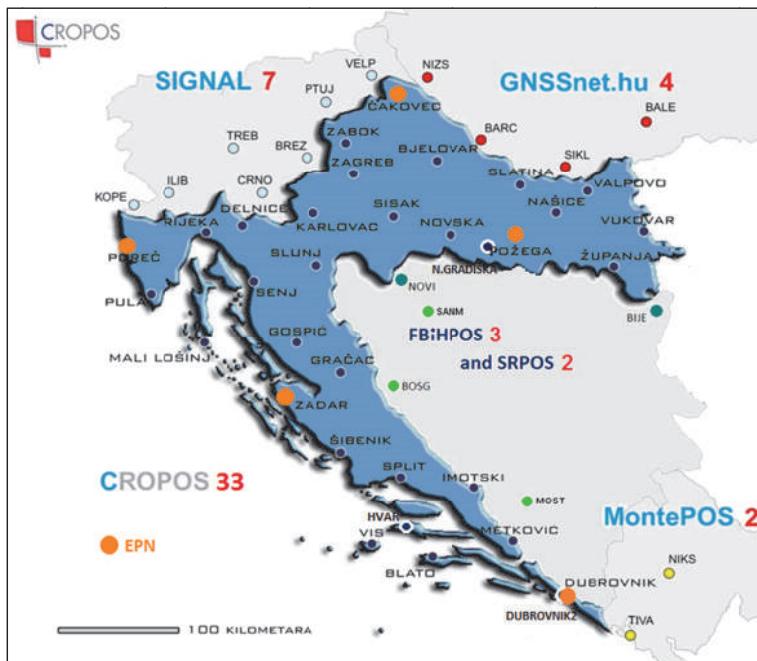
Da bi se CROPOS mogao uspješno primjenjivati u praksi, naročito u praksi vezanoj uz poslove katastra, Državna geodetska uprava pripremila je zakonodavni okvir u tom cilju. Ovim radom analizirani su važeći hrvatski propisi, a naročito oni propisi koji omogućuju primjenu CROPOS-a u obavljanju zadataka vezanih za područje katastra (Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina NN 16/07, NN 124/10, Pravilnik o parcelacijskim i drugim geodetskim elaboratima, Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova, Pravilnik o katastarskoj izmjeri i tehničkoj reambulaciji, Pravilnik o geodetskom projektu). Također su u radu dati osvrti na dva geodetsko-katastarska „propisa“ koji nemaju snagu zakona ili pravilnika, ali već gotovo dvije godine vrlo značajno utječu na postupanja osoba ovlaštenih za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina te na postupanja katastarskih ureda (Uputa vezano uz postupak izrade parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata kao tehničke osnove za održavanje katastarskog operata i Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske). Poseban naglasak usmjeren je na metodologiju izvođenja geodetskih mjerena korištenjem CROPOS-a u cilju zadovoljavanja točnosti koje zahtijevaju navedeni propisi. Na kraju rada su dana razmišljanja autora kako osnažiti pravnu vrijednost izmjerene koordinate.

2. Zakonodavni okvir

Državna izmjeri sustav je mjernih i opisnih podataka trodimenzionalnoga prikaza područja Republike Hrvatske utemeljen na prikupljanju, obradi i prikazivanju topografskih i zemljavičnih podataka sljedećim geodetskim metodama:

- fizikalne,
- matematičke,
- astronomske metode,
- metode satelitske geodezije,
- daljinskoga istraživanja (Narodne novine, 2007).

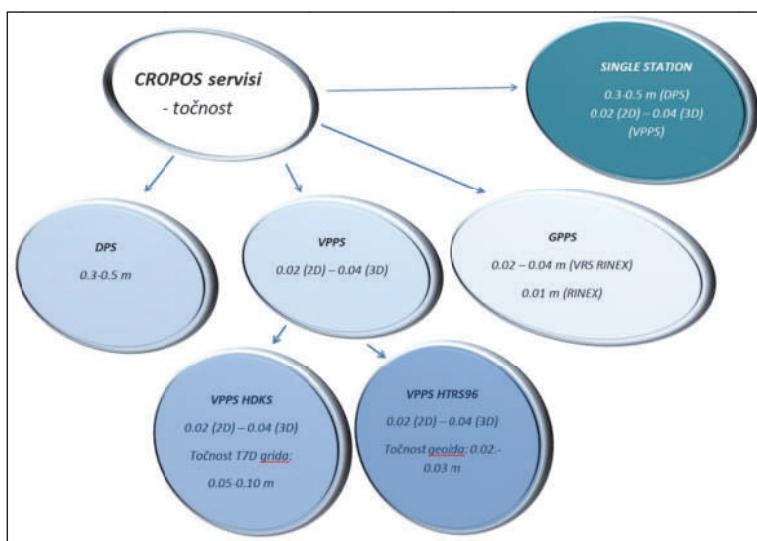
Člankom 10. Zakona o državnoj izmjeri i katastru nekretnina propisano je među ostalim osnovnim geodetskim radovima, uspostavljanje i održavanje trajnoga višenamjenskog sustava za satelitsko pozicioniranje za potrebe državne izmjere, katastra nekretnina, navigacije i ostalih prostorno-informacijskih sustava (Narodne novine, 2007). Taj sustav je CROPOS i on se redovno održava. CROPOS sustav čine 33 referentne GNSS stanice (slika 1) na međusobnoj udaljenosti od 70 km raspoređenih tako da prekrivaju cijelo područje Republike Hrvatske u svrhu prikupljanja podataka satelitskih mjerena i računanja korekcijskih parametara. Korekcijski parametri dostupni su korisnicima na terenu putem mobilnog Interneta (GPRS/GSM).



Slika 1: CROPOS referentne stanice (URL 1)

Na dan 11.3.2015. CROPOS sustav imao je 688 korisnika. S obzirom na točnost Državna geodetska uprava nudi 3 razine usluge (servisa) CROPOS sustava (slika 2):

- diferencijalni servis pozicioniranja u realnom vremenu – točnost ispod 1 m (koristi se za geoinformacijske sustave, navigaciju, upravljanje prometom, zaštitu okoliša, poljoprivredi i šumarstvu)
- visokoprecizni servis pozicioniranja u realnom vremenu – centimetarska točnost (koristi se za izmjeru, katastar, inženjersku geodeziju, izmjeru državne granice, aerofotogrametriju, hidrografiju)
- geodetski precizni servis pozicioniranja - subcentimetarska točnost (koristi se za geodetsku osnovu, referentne sustave, znanstvena i geodinamička istraživanja).



Slika 2: Podjela CROPOS servisa s obzirom na točnost (URL 1)

Ukupan broj korisničkih imena s kojima se tvrtke priključuju na sustav zaključno s 9.12.2014. godine je 1768 od čega 999 koriste VPPS uslugu (Visoko Precizni Pozicijski Servis), 23 DPS

(Diferencijalni Pozicijski Servis) te 746 uslugu GPPS (Geodetski Precizni Pozicijski Servis). S brojem korisnika kontinuirano s povećava i korištenje usluga sustava, tako da je od početka rada sustava korištenje VPPS usluge (RTK) iznosilo 38,754,138 minuta, a GPPS usluge (post-processing) 2.117.175 minuta. U umreženo rješenje CROPOS sustava i računanje korekcijskih parametara uključena je ukupno 51 referentna GNSS stanica i to 33 iz Hrvatske, 7 iz Slovenije, 4 iz Mađarske, 2 iz Crne Gore te 5 iz Bosne i Hercegovine ([URL 2](#)).

2.1. Pravilnik o parcelacijskim i drugim geodetskim elaboratima

Člankom 66. stavak 1. Pravilnika o parcelacijskim i drugim geodetskim elaboratima propisano je da terenska mjerena moraju biti obavljena barem istom točnošću kojom je obavljena katastarska izmjera odnosno tehnička reambulacija na temelju koje je izrađen katastarski operat, osim mjerena koja služe za evidentiranje odnosno promjenu načina uporabe katastarskih čestica (Narodne novine, 2007a).

Katastarski planovi koji su sada u uporabi u Republici Hrvatskoj izrađeni su u različitim vremenskim periodima i različitim metodama. Oko 70% tih planova izrađeno je na osnovi grafičke izmjere geodetskim stolom još u 19. stoljeću. Većina tih planova izrađena je u mjerilu 1:2880, a rijedko u mjerilu 1:1440. U jednom dijelu Dalmacije (Šibenik i okolica), zbog pogreške u triangulaciji i naknadnog preračunavanja, postoje i katastarski planovi mjerila 1:2904. Mjerilo katastarskih planova 1:2880 je relativno sitno, a time i podatci očitani s njih prilično nepouzdani. Računanje površina na starim katastarskim planovima bilo je različito, ovisno o priboru za mjerjenje površina s kojima se raspolagalo, te veličini i obliku katastarskih čestica. Većina površina katastarskih čestica izračunata je korištenjem nitnog planimetra, a manjim dijelom polarnog planimetra. Planimetri su ponekad korišteni za računanje površina iz katastarskog plana čak i u onim izmjerama koje su se radile numeričkom metodom izmjere. Točnost tih površina ovisi o točnosti izmjere i mjerilu planova s kojih su se površine određivale. Točnost grafičke izmjere je u usporedbi s današnjim suvremenim postupcima izmjere vrlo mala, a kako je mjerilo tih planova relativno sitno, to je i točnost izračunatih površina koje se vode upisane u knjižni dio katastarskog operata mala. Posljedice toga svakodnevno osjećaju geodetski stručnjaci koji u praksi koriste te podatke, ali jednako tako i građani te ostali korisnici katastarskih podataka.

Katastarski planovi su u prvom desetljeću 21. stoljeća prevedeni postupkom skeniranja i vektorizacije u digitalni oblik i nalaze se u Središnjoj bazi podataka digitalnog katastarskog plana Državne geodetske uprave.

2.1.1. Izrada dokumentacije koja se prilaže parcelacijskim i drugim geodetskim elaboratima (CROPOS)

Za mjerena svih točaka obavljenih GNSS uređajima elaboratu se prilaže digitalni zapis mjerena u ASCII ili nekom drugom standardnom tekstualnom formatu (tzv. job datoteka, post-processing datoteka) koji ovisno o tipu i proizvođaču GNSS uređaja, minimalno sadrže sljedeće podatke: postavke GNSS uređaja/postavke post-processing programa, broj točke, φ , λ , h , visina antene, početak mjerena, kraj mjerena, broj epoha mjerena, horizontalna točnost, visinska točnost, rješenje inicijalizacije prijemnika/rješenje ambiguiteta.

2.1.2. Dobar i loš primjer iz prakse

- Ovlaštenik radeći parcelaciju izmjeri katastarsku česticu od ukupno 480 m^2 površine u katastarskoj općini gdje je na snazi stara grafička izmjera, a u dosadašnjem stanju u knjižnom dijelu operata je upisana površina od 400 m^2 . Svi međno susjedni vlasnici, kao i vlasnik k.c. koja je parcelirana su potpisali izvješće o utvrđivanju postojećih međa i drugih granica te o novim razgraničenjima (dalje u tekstu: izvješće o međama). Ovlaštenik povećava podatke na desnoj strani prijavnog lista na stvarnu

površinu primjenjujući čl. 74. Zakona o državnoj izmjeri i katastru nekretnina. Postupanje je u potpunosti ispravno.

- Ovlaštenik radeći parcelaciju izmjeri katastarsku česticu od ukupno 480 m^2 površine u katastarskoj općini gdje je na snazi stara grafička izmjera, a u dosadašnjem stanju u knjižnom dijelu operata je upisana površina od 400 m^2 . Svi međno susjedni vlasnici, kao i vlasnik k.c. koja se parcelira su ovlašteniku pokazali nesporne međe i potpisali izvješće o međama, ali ovlaštenik u novom stanju upisuje opet 400 m^2 (premda je na terenu izmjerio 480 m^2). Postupanje je u potpunosti neispravno. Razloge ovakvog postupanja prilikom parcelacije ne možemo razumjeti, a ovakvih primjera na terenu nažalost još uvijek ima dosta te ih katastarski uredi ponekad ovjere, a nikako ne bi trebali.
- Primjer sličan kao pod a) ovog potpoglavlja, *ali kada je riječ o evidentiranju zgrade ili druge građevine može (a prema trenutno važećim propisima i mora) biti ovjeren u katastarskom uredu*, ako se zgrada ili druga građevina ne nalazi na međi, odnosno Pravilnik o parcelacijskim i drugim geodetskim elaboratima omogućio je da se ne treba sastavlјati izvješće o međama s slučajevima upisa zgrada, ako one nisu na međi. Kada ovlaštenik izmjerom i računanjem utvrdi takve razlike u površini katastarske čestice poželjno je i korisno uputiti naručitelja elaborata o postojanju i mogućnosti izrade geodetskog elaborata za evidentiranje stvarnog položaja pojedinačnih već evidentiranih katastarskih čestica te u okviru jednog elaborata, koji na naslovnoj strani obvezno treba imati dva naslova, napraviti dva geodetska posla. Jest da to povećava angažman geodetskog stručnjaka i podrazumijeva potpisivanje izvješća o međama od strane susjeda, ali ujedno podiže i dignitet struke, a stranci rješava točan upis i opis nekretnine.

2.2. Pravilnik o geodetskom projektu

Geodetski projekt je skup javnih isprava, geodetsko-tehničke dokumentacije i izvješća o izvedenim geodetskim poslovima.

Pravilnikom o geodetskom projektu donesena su određena pojednostavljenja u geodetsko-katastarskim postupanjima vezanim uz prostorno uređenje i gradnju pa su se u zadnjih 8 godina „debeli“ elaborati ponešto stanjili te je geodetskim projektom omogućeno spajanje više mjernih, pravnih i postupovnih radnji. Člankom 36. Pravilnika o geodetskom projektu propisano je da popis koordinata lomnih točaka koje određuju granice građevinske čestice i lomnih točaka koje određuju granice jedne ili više građevina sadrži podatke o broju točke te koordinate (E, N, H). Format zapisa koordinata točaka izrađuje se i u digitalnom obliku u skladu s tehničkim specifikacijama koje propisuje DGU (Narodne novine, 2014).

Način određivanja koordinata točaka, kao i format zapisa izrađuje se sukladno Tehničkim specifikacijama za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske, za što odgovara ovlašteni inženjer geodezije koji je izradio geodetski projekt pa je radi dodatnog pojednostavljenja omogućeno da se uz geodetske projekte katastarskim uredima na pregled i potvrđivanje ne dostavljaju zapisnici mjerena, job datoteke i fotografije pomoćnih točaka. Tu postoji određena distinkcija između parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata i geodetskih projekata.

2.3. Pravilnik o katastarskoj izmjeri i tehničkoj reambulaciji

Člankom 9. Pravilnika o katastarskoj izmjeri i tehničkoj reambulaciji propisano je da se točnost digitalnog ortofotoplana i digitalnog modela terena koji se koristi u katastarske svrhe izražava srednjom pogreškom u položajnom i visinskom smislu i to $m = \pm 0.20 \text{ m}$ za zemljište u granicama građevinskog područja i za građevinsko zemljište izvan granica tog područja, odnosno $m = \pm 0.50 \text{ m}$ za ostalo zemljište (Narodne novine, 2008).

Dopušteno maksimalno odstupanje izmjerenih položajnih koordinata lomnih točaka međa i drugih granica između dva neovisna mjerjenja je 0.2 m na zemljишtu u građevinskom području i građevinskom zemljишtu izvan građevinskog područja, odnosno 0.4 m za ostalo zemljiste. Unutar granica građevinskog područja naselja koja su sjedišta velikih gradova, kao i unutar građevinskog područja naselja koja su u zaštićenom obalnom području, dopušteno maksimalno odstupanje izmjerenih položajnih koordinata lomnih točaka međa i drugih granica između dva neovisna mjerjenja je 0.1 m (Narodne novine, 2008).

2.4. Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova

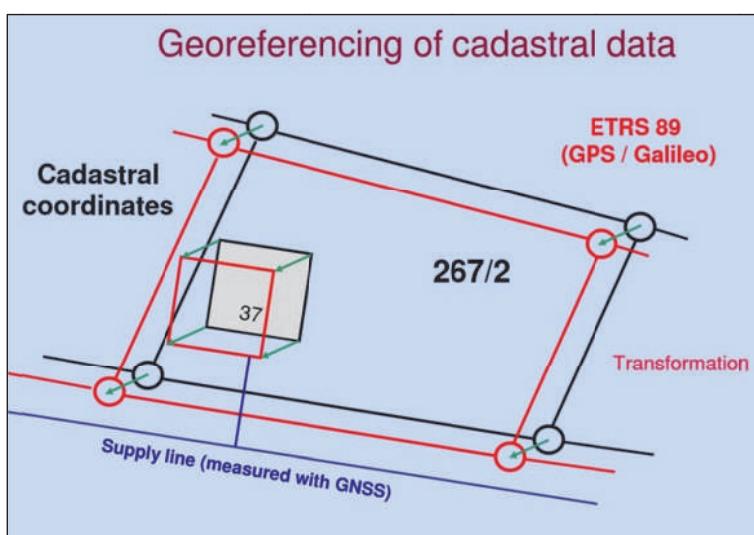
Postupak obavljanja GNSS mjerjenja korištenjem sustava CROPOS u okviru osnovnih geodetskih radova opisan je u Prilogu 3 Pravilnika o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova – CROPOS-hrvatski pozicijski sustav (Narodne novine, 2009).

Katastarski dio nadležnosti vezan uz Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova propisan je člancima 81. do 84. tog pravilnika. Nadzor stalnih geodetskih točaka je u nadležnosti Državne geodetske uprave, Područnih ureda za katastar i njihovih Ispostava.

3. Uputa i Tehničke specifikacije

Jedan od ključnih problema vezanih uz sustav upravljanja zemljишtem u Hrvatskoj je kako uklopiti vrlo precizna mjerena (npr. mjerena izvedena CROPOS-om) u katastarske planove stare između 100 i 150 godina koji pokrivaju više od 70 % teritorija države (Vučić, 2013).

Nije Hrvatska jedina u problemu uklapanja vrlo preciznih mjerena u stare katastarske planove. Slične servise kao i CROPOS nudi njemačka mreža permanentnih stanica SAPOS. Njemački SAPOS sustav ima različite usluge s različitim razinama točnosti u rasponu od 1 do 3 m za plovidbu, centimetarske usluge za inženjersku geodeziju, a za katastarske svrhe ima uslugu koja se zove HEPS (engl. *High Precision Real Time Positioning Service*). HEPS omogućuje RTK mjerena s točnošću od 1 do 5 cm koja su u Njemačkoj dovoljna za katastarske zadaće. Pred 12 godina i Njemačka (iako visoko gospodarski i tehnološki razvijena te ujedno među najnaprednjim zemljama svijeta) je bila u poziciji dugotrajnog uvođenja novog geodetskog datuma i novih kartografskih projekcija te su također bili suočeni s problemima koordinata točaka granica katastarskih čestica koje su izmjerom utvrđene da su različite od koordinata u katastarskim planovima (slika 3). Visoko točna DGPS mjerena u Njemačkoj često se nisu ni približno uklapala s koordinatama iskazanim u starim katastarskim planovima (Hawerk, 2002).



Slika 3: Primjer iz Njemačke - različite koordinate dobivene izmjerom od onih u katastarskim planovima (URL 3)

Uz prethodno, u ovom radu, navedene propise Republike Hrvatske trenutno važeće rješenje za uklapanje vrlo preciznih mjerena u stare katastarske planove je Uputa vezano uz postupak izrade parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata kao tehničke osnove za održavanje katastarskog operata i Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske.

3.1. Uputa vezano uz postupak izrade parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata kao tehničke osnove za održavanje katastarskog operata

Uputa vezano uz postupak izrade parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata kao tehničke osnove za održavanje katastarskog operata (digitalnog katastarskog plana) od 10.6.2013. godine je kao i Pravilnik o parcelacijskim i drugim geodetskim elaboratima usko povezana s Tehničkim specifikacijama za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske, a koje je izdala Državna geodetska uprava pod oznakom KLASA: 931-01/12-01/21, URBROJ: 541-03-01/1-13-31 od 11.6.2013. godine. Možemo reći da je toga 10. i 11. lipnja 2013. godine u hrvatskoj geodeziji stupila nova geodetska praksa, jer je od toga dana za veći dio Republike Hrvatske po pitanju katastarskih zadataka odredba članka 66. stavka 1. Pravilnika o parcelacijskim i drugim geodetskim elaboratima postrožena za nekoliko redova veličine iz razloga što je navedenom Uputom i navedenim Tehničkim specifikacijama derrogirana odredba članka 67. stavka 2. navedenog pravilnika da se terenska mjerena za elaborate koji se odnose na katastar zemljišta, u katastarskim općinama u kojima nije razvijena geodetska osnova, mogu obavljati i u lokalnim sustavima. Također iz uvida u poslovanje katastarskih ureda možemo konstatirati da su se osobe ovlaštene za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina i prije donošenja navedenih uputa i tehničkih specifikacija, uglavnom zahvaljujući primjeni CROPOS-a i posjedovanju modernih GNSS uređaja, više orijentirale na izmjeru u državnom koordinatnom sustavu nego u lokalnim sustavima (to se je naročito počelo zapažati i rapidno povećavati od dana puštanja u pogon CROPOS sustava). Za napomenuti je da je veći dio privatnog geodetskog sektora počeo s mjeranjima u apsolutnom sustavu nabavkom uređaja koji omogućavaju primjenu CROPOS sustava te da su prije navedenih tehničkih specifikacija oko godinu dana bile na snazi slične tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka, koje su također propisivale izmjeru u državnom koordinatnom sustavu za određene geodetske zadaće. No tada je još uvijek bilo, za određene geodetske zadaće, moguće birati hoće li izmjera biti u lokalnom ili državnom koordinatnom sustavu, jer nije postojala navedena Uputa vezano uz postupak izrade parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata kao tehničke osnove za održavanje katastarskog operata (digitalnog katastarskog plana) od 10.6.2013. godine koja eksplikite propisuje dostavu koordinata katastarskome uredu u strukturi zapisa točaka sukladnom Tehničkim specifikacijama za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske.

3.2. Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske

Tehničkim specifikacijama za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske propisan je način određivanja koordinata točaka u koordinatnom sustavu određenom Odlukom o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske (NN. 110/2004; NN 117/2004), za potrebe kataстра zemljišta, katastra nekretnina, katastra vodova, detaljne topografske izmjere, izrade geodetskih podloga i svih drugih georeferenciranih prikaza.

Tehničke specifikacije su osnova za jedinstven način postupanja pri određivanju koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske, izradi digitalnog zapisa koordinata točaka za potrebe katastra zemljišta, katastra nekretnina, katastra vodova, detaljne topografske izmjere, izrade geodetskih podloga i svih drugih georeferenciranih prikaza, te transformaciji koordinata točaka za potrebe katastra vodova, detaljne topografske izmjere,

izrade geodetskih podloga i svih drugih georeferenciranih prikaza (Državna geodetska uprava 2013).

Način određivanja koordinata točaka obuhvaća:

- stabiliziranje i određivanje koordinata pomoćnih točaka,
- određivanje koordinata točaka međa i drugih granica, zgrada i drugih građevina, granica načina uporabe zemljišta, točaka vodova i njima pripadajućih objekata te točaka objekata detaljne topografske izmjere kao i točaka za izradu geodetskih podloga i svih drugih georeferenciranih prikaza,
- izradu dokumentacije koja se prilaže elaboratima prilikom mjerjenja uređajima za satelitsko pozicioniranje te drugim metodama mjerjenja.

3.2.1. Pomoćne točke

Za mjerjenja u svrhu određivanja pomoćnih točaka korištenjem trajnog višenamjenskog sustava za satelitsko pozicioniranje CROPOS te GNSS metode mjerjenja potrebno je ispuniti sljedeće uvjete:

- ukupno 6 geometrijski dobro raspoređenih satelita (PDOP maksimalno 5),
- u blizini mjerjenih točaka ne smije biti fizičkih zapreka (visoki objekti, visoka vegetacija i sl.), a naročito na južnoj strani u odnosu na točku na kojoj se obavlja mjerjenje,
- minimalan potencijalni utjecaj izvora multipath-a i radio-elektroničkog zračenja u blizini točke.

Ukoliko nisu ispunjeni navedeni uvjeti preporuča se primjena terestričkih geodetskih metoda mjerjenja.

Mjerena za određivanje koordinata pomoćnih točaka CROPOS-om obavljaju se:

- korištenjem VPPS servisa u realnom vremenu,
- korištenjem GPPS servisa za naknadnu obradu podataka.

Pri korištenju oba servisa, GNSS mjerena mogu se obavljati samo GNSS uređajima koji imaju opremu minimalnih tehničkih specifikacija propisanih u Prilogu 3. točke 5. i 6. Pravilnika o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova (NN 87/09). Osim navedenog u Pravilniku o načinu izvođenju osnovnih geodetskih radova, uređaji moraju imati mogućnost prijema i primjene RTK korekcije CROPOS sustava.

Mjerena za određivanje koordinata pomoćnih točaka GNSS metodom mjerjenja obavljaju se:

- statičkom metodom,
- real-time (RTK) metodom.

Mjerena statičkom metodom i real-time (RTK) metodom mogu se obavljati samo GNSS uređajima koji imaju opremu minimalnih tehničkih specifikacija propisanih u Prilogu 3 točke 5. i 6. Pravilnika o načinu izvođenju osnovnih geodetskih radova. Mjerena se obavljaju u odnosu na referentne točke osnovne, dopunske (popunjavajuće) mreže ili u odnosu na pomoćne točke određene CROPOS-om odnosno GNSS metodom mjerjenja čiji je položaj određen u HTRS96/TM koordinatnom sustavu. Udaljenost pomoćnih točaka koje se određuju i referentnih točaka ne smije biti veća od 10 km (Državna geodetska uprava, 2013).

3.2.2. Detaljne točke

Za mjerjenja u svrhu određivanja koordinata točaka međa i drugih granica, zgrada i drugih građevina, granica načina uporabe zemljišta, točaka vodova i njima pripadajućih objekata te točaka objekata detaljne topografske izmjere kao i točaka za izradu geodetskih podloga i svih drugih georeferenciranih prikaza korištenjem trajnog višenamjenskog sustava za satelitsko pozicioniranje CROPOS te GNSS metode mjerjenja potrebno je ispuniti sljedeće uvjete:

- ukupno 6 geometrijski dobro raspoređenih satelita (PDOP maksimalno 5),

- u blizini mjerjenih točaka ne smije biti fizičkih zapreka (visoki objekti, visoka vegetacija i slično), a naročito na južnoj strani u odnosu na točku na kojoj se obavlja mjerenje,
- minimalan potencijalni utjecaj izvora multipath-a i radio-elektroničkog zračenja u blizini točke.

Ukoliko nisu ispunjeni navedeni uvjeti preporuča se primjena terestričkih geodetskih metoda mjerenja te stereozmjera.

Mjerenja za određivanje koordinata točaka CROPOS-om obavljaju se:

- korištenjem VPPS servisa u realnom vremenu
- korištenjem GPPS servisa za naknadnu obradu podataka.

Pri korištenju oba servisa, GNSS mjerenja mogu se obavljati samo GNSS uređajima koji imaju opremu minimalnih tehničkih specifikacija propisanih u Prilogu 3. točke 5. i 6. Pravilnika o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova (NN 87/09). Osim navedenog u Pravilniku o načinu izvođenju osnovnih geodetskih radova, uređaji moraju imati mogućnost prijema i primjene RTK korekcije CROPOS sustava (Državna geodetska uprava, 2013).

4. Točnost CROPOS sustava s obzirom na primjenu u katastru

Kroz niz znanstveno-stručnih radova i istraživanja dokazano je da je primjena CROPOS sustava s obzirom na točnost potpuno primjerena katastarskim zadaćama. Tako mjerjenjima dokazuju da opažanjem GPS satelita postotak koordinata točaka koje su ušle unutar 2 cm položajne točnosti iznosi više od 99.6%, a da postotak koordinata točaka koje su ušle unutar 4 cm visinske točnosti iznosi 99.4 %. Također dokazuju da kombiniranim opažanjem GPS i GLONASS satelita postotak točaka koje su ušle unutar 2 cm položajne točnosti iznosi više od 99.8% te više od 99.6% koje su ušle unutar 4 cm visinske točnosti. Tvrde da se CROPOS-om može odrediti 3D položaj točke u svakom trenutku unutar 5 cm (Jakopec i dr., 2013).

Ispitivanjem i testiranjem ukazuje se da GNSS sustav uz jasno definiranje kriterija prihvaćanja u sebi ima potencijal za neprovođenjem ponovljenih (dvostrukih) mjerjenja nakon proteka dva ili više sati, ali da za jednoznačno prihvaćanje navedenog zaključka u praksi treba prethodno ispitati i druge tipove uređaja i programskih paketa te da treba formalno definirati proceduru testiranja (Šantek, 2015).

Tehničko izvješće velikog broja parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata i geodetskih projekata predanih katastarskim uredima na pregled i potvrđivanje katastarskim uredima, iskazuje da je ili dio mjerjenja izvršen CROPOS-om ili da su sva mjerena izvršena CROPOS-om te je s obzirom na točnost koju zahtjeva održavanje katastarskih operata, CROPOS izuzetno koristan servis.

4.1. Tehnička i pravna vrijednost izmjerene koordinate

Nedvojbeno je da osobe ovlaštene za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina primjenom CROPOS servisa mogu postići više nego zadovoljavajuću točnost za sve katastarske zadaće. Člankom 66. Pravilnika o pravelacijskim i drugim geodetskim elaboratima propisano je da se mjerena lomnih točaka međa i drugih granica katastarskih čestica obavljaju na način da za svaku takvu točku postoji barem jedno kontrolno mjerjenje i na način koji omogućuje obnovu tih točaka na terenu. Nije izričito propisano kojom metodom treba izvesti to kontrolno mjerjenje, dakle ostavljeno je geodetskom stručnjaku na volju da izabere metodu mjerjenja kojom će izvršiti kontrolno mjerjenje lomnih točaka međa i drugih granica katastarskih čestica (dakle valja se zapitati i vidjeti što je najbolje za geodetskog stručnjaka – ovlaštenika, za katastar i za stranku, odnosno što nam znače dva neovisna mjerjenja kada koristimo istu metodu mjerjenja i kada koristimo različite metode mjerjenja). Međutim kada je riječ o postavljanju pomoćnih točaka treba se ispuniti uvjet točnosti propisan za IV. razred preciznosti položaja geodetske osnove iz čl. 50. Pravilnika o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova.

Glede pravne vrijednosti izmjerene koordinate ma koliko impresivnom točnošću ona bila određena, katastarski uredi i osobe ovlaštene za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina mogu jamčiti samo onoliko koliko su dva međaša (vlasnika ili stvarna korisnika neke katastarske čestice) suglasna da je ono što su pokazali i potpisali ovlašteniku i dalje tako. Stoga da u nekom današnjem elaboratu neka katastarska čestica ne bi bila 20% veća, a već za par mjeseci 20% manja, što omogućava čl. 74. Zakona o državnoj izmjeri i katastru nekretnina, valjalobi propisom utjecati i na pravnu vrijednost izmjerene koordinate. Dakle ono što je od stranaka potpisano, od geodeta izmjereno i upisano u katastru putem parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata (ne i elaborata upisa zgrada), to je referentno i ne bi se moglo olako mijenjati. Kako je širenje zajedničkog informacijskog sustava zemljишnih knjiga i katastra upravo u tijeku i punom zamahu, vrijeme je i prilika da jedna od osnovnih informacija koje geodeti prikupljaju na terenu (koordinata) dobije zasluženi tretman u sustavu upravljanja zemljишtem Republike Hrvatske.

5. Zaključak

Današnjim postojećim i trenutno važećim geodetsko-katastarskim propisima definiran je solidan okvir kako bismo zauvijek napustili robovanje „treba“ vrijednostima u dijelu geodezije i u katastru. Ipak poneke „treba“ vrijednosti i dalje će (do eventualne promjene propisa) ostati bitan dio geodezije u onim geodetskim zadaćama, gdje ih ne možemo zaobići i trebamo neke referentne polazne podatke (npr. evidentiranje zgrade ili druge građevine na katastarskoj čestici kada zgrada nije niti na jednoj međi – uvriježilo se, a i potpuno je zakonito da ostavimo „treba“ vrijednost površine u desnoj strani prijavnog lista – bez obzira što je na terenu izmjereno). Međutim, ako se stranku upozna s time da joj je prema Pravilniku o parcelacijskim i drugim geodetskim elaboratima uz upis građevine, moguće izraditi i geodetski elaborat za evidentiranje stvarnog položaja pojedinačnih već evidentiranih katastarskih čestic te ako stranka na to pristane i naravno nositelji prava na susjednim katastarskim česticama potpišu, tada podatak o površini izračunat i u službeni upisnik upisan prije 150 ili više godina, svakako treba mijenjati, jer su geodetski stručnjaci ovlašteni za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina opremljeni (ponajviše zahvaljujući CROPOS-u i vlastitoj investiciji), sposobljeni te zakonima ovlašteni mijenjati stare podatke te mjeriti i prikazivati na katastarskim planovima stvarno stanje na terenu.

Literatura

- Baćić, Ž., Marjanović, M., Bosiljevac, M. (2011): Usage and Upgrade of the CROatian PPosition System, FIG Working Week, Marrakesh, Morocco
- Bašić, T. (2008): Nalazi li se hrvatska geodezija na prekretnici?, pozvano predavanje - prezentacija, Hrvatska komora arhitekata i inženjera u graditeljstvu, 1. Simpozij ovlaštenih inženjera geodezije - Hrvatska geodezija - izazovi struke u 21. stoljeću, Opatija, 24.10.2008.
- Državna geodetska uprava (2013): Tehničke specifikacije za određivanje koordinata točaka u koordinatnom sustavu Republike Hrvatske, Zagreb
- Hawerk, W. (2002): Cadastre 2020 - New Trends in Germany's Cadastre ?!, FIG XXII International Congress, Washington, D.C. USA, travanj 19.-26. 2002. godine
- Jakopec, I., Šugar, D., Baćić, Ž. (2013): Ispitivanje točnosti VPPS usluge CROPOS-a, 3. CROPOS konferencija, Opatija, Zbornik radova, str. 141-149, Državna geodetska uprava, Sveučilište u Zagrebu - Geodetski fakultet, Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije

Marjanović, M., Miletić, I., Vičić, V. (2009): CROPOS - prvih šest mjeseci rada sustava, 1. CROPOS konferencija, Zagreb, Zbornik radova, str. 15-28, Hrvatsko geodetsko društvo, Državna geodetska uprava

Narodne novine (2004): Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske, 110

Narodne novine (2007): Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina, 16

Narodne novine (2007a): Pravilnik o parcelacijskim i drugim geodetskim elaboratima, 86

Narodne novine (2008): Pravilnik o katastarskoj izmjeri i tehničkoj reambulaciji, 147

Narodne novine (2009): Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova, 87

Narodne novine (2014): Pravilnik o geodetskom projektu, 12, 56

Šantek, D. (2015): Primjena GNSS RTK u katastarskoj izmjeri uz povećanu preciznost i pouzdanost mjerenja, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu - Geodetski fakultet, Zagreb

Vučić, N., Markovinović, D., Mičević, B. (2013): LADM in the Republic of Croatia - Making and Testing Country Profile, 5th Land Administration Domain Model Workshop, Kuala Lumpur, Malezija, Zbornik radova, str. 329-344, FIG, Copenhagen, Danska

URL 1: CROPOS, <http://www.cropos.hr> (11.03.2015.)

URL 2: 4. CROPOS konferencija, <http://www.cropos-konferencija.org> (08.04.2015.)

URL3:http://bono.hostireland.com/~eurosdr/km_pub/no49/html/PAI2/PDF%20presentations/Nagel-WELCOME.pdf (08.04.2015.)

CROPOS application in the field of cadastre and existing regulations

Abstract. In the Croatian geodetic practice there is almost no parcelling report or any other geodetic reports including utility cadastre reports in which at least some points aren't defined with CROPOS. Same situation also applies to surveying designs, as well as with implementation of new cadastral surveys. Considering the number of registered CROPOS users, as well as the extent of its application in all kinds of surveying tasks, we can conclude that CROPOS usage is currently the most popular and most widely used method of geodetic survey. For that reason currently valid Croatian regulations were analyzed, in particular those regulations that allow the CROPOS application in carrying out tasks related to the cadastre (Law on state survey and real estate cadastre NN 16/07, 124/10, Ordinance on concerning subdivision and other geodetic reports, Ordinance on the manner of conducting fundamental geodetic works, Ordinance on cadastral survey and technical reambulation, Ordinance on surveying design). Paper also reviews two geodetic-cadastral „rules“ that do not have the force of law or regulation, but for almost two years are influencing significantly the procedures of persons authorized to perform state survey and real estate cadastre and actions of cadastral offices (Instructions regarding the creation process of subdivision and other geodetic surveys as a technical basis for the maintenance of cadastral documentation and Technical specifications for determining the coordinates of points in the coordinate system of the Republic of Croatian). Special emphasis is focused on the methodology of performing geodetic measurements using CROPOS in order to meet the accuracy required by these regulations. Finally are given author's reflections how to strengthen the legal value of the measured coordinate.

Keywords: CROPOS, GNSS, cadastre, measurement method.

