

UDK: 528

CODEN: GDLIAW

ISSN 0016-710X

Geodetski list

GLASILO HRVATSKOGA GEODETSKOG DRUŠTVA



Izdavač / Published by:



HRVATSKO GEODETSKO DRUŠTVO CROATIAN GEODETIC SOCIETY

HR-10000 Zagreb, Berislavićeva 6, Tel./Fax.: (+385 1) 48 72 495, račun: 2360000-1101433512 (Zagrebačka banka);
E-mail: hgd@inet.hr, URL: <http://www.hgd1952.hr>

Glavni urednik / Editor-in-chief:

Prof.dr.sc. Damir Medak

Zamjenik glavnog urednika / Associate editor:

Doc.dr.sc. Robert Župan

Tehnički urednik / Technical editor:

Doc.dr.sc. Mladen Zrinjski

Urednički odbor / Editorial board:

Prof.Dr.Dr.h.c. mult. Helmut Moritz (Graz, Austria), Univ.Prof.Dr.-Ing. Thomas Wunderlich (München, Germany), Prof.dr.ing. Pavao Štefanović (Enschede, Netherland), Prof.Dr. Alojz Kopačič (Bratislava, Slovakia), prof.dr.sc. Asim Bilajbegović (Dresden, Germany), prof.dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenia), prof.dr.sc. Tomislav Bašić, prof.dr.sc. Mario Brkić, prof.dr.sc. Teodor Fiedler, prof.dr.sc. Stanislav Frangeš, izv.prof.dr.sc. Željko Hećimović, prof. emeritus dr.sc. Nikola Solarić, doc.dr.sc. Mladen Zrinjski (svi iz Zagreba), izv.prof.dr.sc. Ivana Racetin (Split)

Adresa uredništva / Editorial board:

Geodetski fakultet, HR-10000 Zagreb, Kačićeva 26

Tel.: +385 1 46 39 222, Fax: +385 1 48 28 081

E-mail: geodetskilist@gmail.com; <http://hrcak.srce.hr/geodetski-list>

Uredništvo ne mora uvijek biti suglasno sa stavovima autora.

Lektorice / Proof readers:

Branka Makovec, prof.

Ljubica Šego, prof.

**Geodetski list se tiska uz financijsku pomoć
Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske.**

Međunarodni izvori u kojima se referiraju članci iz Geodetskog lista

1. Science Citation Index Expanded (Web of Science) – od broja 1/2007 do broja 1/2011
2. SCOPUS
3. DOAJ – Directory of Open Access Journals
4. Bibliographia Cartographica, Internationale Dokumentation des kartographischen Schrifttums, K.G. Saur München, New Providence, London, Paris
5. Bibliography of Publications in the Field of Geodetic Computations, Geodesy Bulletin, Cracow
6. GEOBASE
7. GEOPHOKA
8. TRIS
9. Referativnyj žurnal 52. Geodezija i aeros'emka, VINITI, Moskva
10. Referativnyj žurnal 07. Geografija, 07M Kartografija, VINITI, Moskva
11. Übersicht über die Literatur im Vermessungswesen, Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart
12. Journal of Geodesy (Continuation of Bulletin Geodesique and manuscripta geodaetica), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Geodetski list izlazi u pravilu četiri puta u godini. Cijena: 40 kn. Godišnja pretplata: 120 Kn; umirovljenici, đaci, studenti 20 Kn; inozemstvo 30 €. Za članove HGD-a pretplata je uključena u članarinu.

Tisak / Printed by:

Tomagraf, Zagreb

Priprema / Copyset:

GRAPA, Zagreb

Naklada / Issue: 1800

Geodetski list

GEOD. LIST

GOD. 70 (93) 3

S. 207–309

ZAGREB, RUJAN 2016.

SADRŽAJ

<i>Izvorni znanstveni članci</i>	
<i>Pribičević, Đapo: Analiza pomaka na Geodinamičkoj mreži Grada Zagreba iz različitih vremenskih epoha.....</i>	207
<i>Šiljeg, Jurišić, Marić: Batimetrijska izmjera jezera Skradinskog buka.....</i>	231
<i>Pregledni znanstveni članak</i>	
<i>Gašparović, Gajski: Ispitivanje parametara kvalitete snimki digitalnih kamera za potrebe fotogrametrijske izmjere primjenom bespilotnih letjelica</i>	253
<i>Stručni članak</i>	
<i>Davidović, Petrović, Borisov: Analiza prikaza digitalnih modela terena primjenom različitih metoda interpolacije</i>	267
Vijesti	283
Pregled stručnog tiska i softvera.....	304
In memoriam	308
Predstojeći događaji.....	309

CONTENTS

<i>Original scientific papers</i>	
<i>Pribičević, Đapo: Movement Analysis on Geodynamic Network of the City of Zagreb from Different Time Epochs</i>	207
<i>Šiljeg, Jurišić, Marić: Bathymetric Measures of the Lakes Skradinski Buk</i>	231
<i>Review</i>	
<i>Gašparović, Gajski: Testing of Image Quality Parameters of Digital Cameras for Photogrammetric Surveying with Unmanned Aircrafts</i>	253
<i>Professional paper</i>	
<i>Davidović, Petrović, Borisov: Analysis of the Display of Digital Terrain Models using Different Interpolation Methods</i>	267
News	283
Publications and Software review	304
In memoriam	308
Forthcoming events	309

INHALT

<i>Originalbeiträge</i>	
<i>Pribičević, Đapo</i> : Analyse der Verlagerungen im Geodynamischen Netz der Stadt Zagreb aus unterschiedlichen Zeitepochen.....	207
<i>Šiljeg, Jurišić, Marić</i> : Bathymetrische Vermessung des Sees Skradinski buk.....	231
<i>Wissenschaftliche Übersichtsartikel</i>	
<i>Gašparović, Gajski</i> : Prüfung von Qualitätsparametern der mit digitalen Kameras gemachten Aufnahmen für Bedarfszwecke der photogrammetrischen Vermessung durch Einsatz von unbemannten Luftfahrzeugen.....	253
<i>Fachartikel</i>	
<i>Davidović, Petrović, Borisov</i> : Analyse der Darstellung von digitalen Geländemodellen durch Anwendung unterschiedlicher Methoden der Interpolation	267
Nachrichten	283
Bücher- und Softwareschau	304
In memoriam	308
Termine	309

SOMMAIRE

<i>Contributions scientifiques authentiques</i>	
<i>Pribičević, Đapo</i> : Analyse des déplacements sur le réseau géodynamique de la Ville de Zagreb datant de diverses époques	207
<i>Šiljeg, Jurišić, Marić</i> : Mesure bathymétrique du lac de la chute de Skradinski buk	231
<i>Contribution scientifique synoptique</i>	
<i>Gašparović, Gajski</i> : Examen des paramètres de qualité des photos prises par des cameras numériques pour les besoins de mesure photogrammétrique par l'application des drones	253
<i>Contribution professionnelle</i>	
<i>Davidović, Petrović, Borisov</i> : Analyse des modèles numériques du terrain par l'application de diverses méthodes d'interpolation	267
Actualités	283
Revue de la littérature professionnelle et du software.....	304
In memoriam	308
Événements précédents	309

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Подлинные научные статьи</i>	
<i>Прибичевич, Джано</i> : Анализ сдвигов в Геодинамической сети Города Загреба из разных эпох	207
<i>Шилег, Юришич, Мариц</i> : Батиметрические измерения водопада Скрадинский Бук..	231
<i>Обзорная научная статья</i>	
<i>Гашпарович, Гайски</i> : Испытание параметров качества съемок цифровых камер для нужд фотограмметрического измерения, применением беспилотных летательных аппаратов.....	253
<i>Специальная статья</i>	
<i>Давидович, Петрович, Борисов</i> : Анализ изображений цифровых моделей местности, применением различных методов интерполяции	267
Новости	283
Обзор специальной печати и программного обеспечения.....	304
In memoriam/В память	308
Предстоящие события	309

UDK 551.2/.3:551.242.1:528.061:004.4(497.5)
Izvorni znanstveni članak / Original scientific paper

Analiza pomaka na Geodinamičkoj mreži Grada Zagreba iz različitih vremenskih epoha

Boško PRIBIČEVIĆ, Almin ĐAPO – Zagreb¹

SAŽETAK. Mjerenja na Geodinamičkoj mreži Grada Zagreba provedena u razdoblju od 18 godina potvrđuju stalno prisutnu tektonsku aktivnost u obuhvaćenom širem prostoru oko Medvednice. Sva GPS mjerenja obrađena su na istovjetan način: s pomoću najnovije inačice znanstvenog GPS softvera GAMIT/GLOBK 10.6, koji se koristi Kalman filtrom za određivanje brzina iz vremenski odvojenih kampanja. Svi parametri GAMIT-a podešeni su za regionalnu, odnosno lokalnu kampanju. Za ishodišni referentni okvir predmetne geodinamičke mreže izabrane su dvije najstabilnije točke na području istraživanja. Pomaci svih ostalih točaka u mreži odnose se na vektor između dviju spomenutih točaka. Na taj se način izbjegla mogućnost precjenjivanja pomaka svih točaka u mreži zbog možebitnog pomaka jednog jedinstvenog ishodišta. U radu je provedena interdisciplinarna geodetska i geološka analiza i usporedba rezultata dobivenih iz razdoblja 2008–2009. i 2009–2015. Usporedba navedenih razdoblja provedena je zbog njihova različita vremenskog razmaka, koji iznosi jednu godinu (2008–2009), odnosno šest godina (2009–2015). Rezultati analize opisane u radu evidentno pokazuju nužnost provođenja takve vrste mjerenja u vremenskim intervalima od maksimalno jedne godine. Naime, u slučaju višegodišnjih vremenskih razmaka između GPS kampanja dolazi do usrednjavanja pomaka te se zapravo izgube pomaci na godišnjoj razini koji su iznimno vrijedni podaci potrebni za kvalitetnu analizu i razumijevanje mehanizma strukturnog sklopa širega zagrebačkog područja.

Ključne riječi: GPS, geodinamika, geodinamička mreža, GAMIT/GLOBK, geodetski model, geološki model.

1. Uvod

Šire zagrebačko područje seizmički je najaktivnije područje kontinentalnog dijela Republike Hrvatske (Herak i dr. 2009, Herak i dr. 2011), a time i potresno najugroženije. Povijesno gledano tu su se dogodili jaki potresi 1775., 1880. i 1905. godine, od kojih su neki bili i katastrofalni za Grad Zagreb (Prelogović i Cvijanović

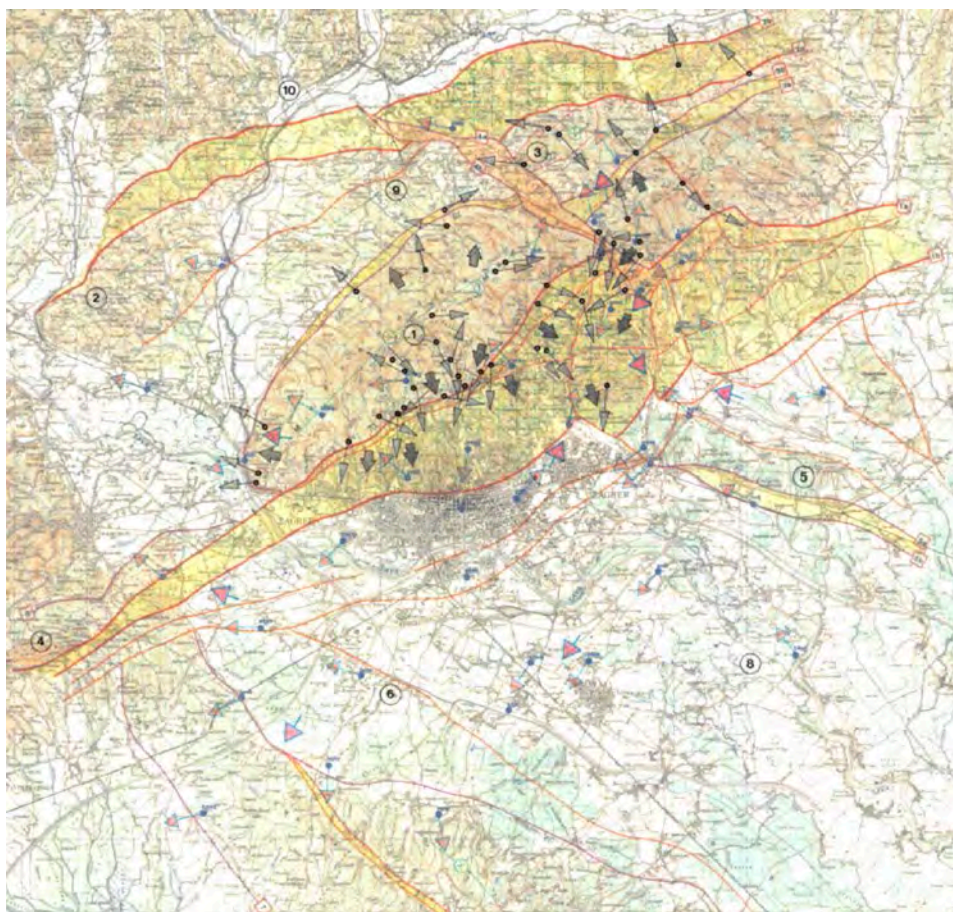
¹ prof. dr. sc. Boško Pribičević, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: bpribic@geof.hr,
doc. dr. sc. Almin Đapo, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: adapo@geof.hr.

1981). Budući da to područje zauzima samo 7% ukupne površine, gdje živi 30% stanovništva koje ostvaruje 50% nacionalnog bruto dohotka Republike Hrvatske, jasno je da to područje ima veliki značaj. To je bio glavni razlog razvoja predmetnoga geodinamičkog projekta za praćenje tektonskih pomaka na području Zagrebačke gore i rubnih područja nekoliko važnih tektonskih cjelina koje se susreću na širem zagrebačkom području, a to su izdanci jugoistočnih Alpa, zatim Dinaridi, te Panonski bazen. Na području Grada Zagreba ističu se mnogobrojni važni rasjedi, duž kojih tektonska aktivnost određuje brojnost i intenzitet potresa (Matoš i dr. 2014, Van Gelder i dr. 2015). Grad Zagreb prepoznao je važnost takvog projekta, te je uspostavljena Geodinamička mreža Grada Zagreba, čiji su počeci i prvi rezultati detaljno opisani u nizu radova i studija (Medak i Pribičević 2001, Medak i Pribičević 2002, Pribičević i dr. 2007a, 2007b, 2008, Đapo 2009, Đapo i dr. 2009, Pribičević i dr. 2011). Mreža je projektirana i uspostavljena 1997. godine s početne ukupno 43 specijalno stabilizirane točke, tako da najbolje reprezentiraju geodinamička događanja na području istraživanja (Solarić 1999, Gerasimenko i dr. 2000). GPS mjerne kampanje na Geodinamičkoj mreži izvedene su od 1997. godine 10 puta, čime je ostvaren skup mjernih podataka u devet vremenskih razdoblja, koji su iskorišteni za određivanje geodinamičkih pomaka u mreži.

U sklopu istog projekta je na području istraživanja proveden i cijeli niz geoloških mjerenja, te je izvedena znanstvena usporedba dvaju modela realiziranih neovisnim metodama: geodetskog modela, utemeljenog na preciznim GPS mjerenjima, te geološkog modela, utemeljenog na dugotrajnim geološkim istraživanjima. Nakon sustavnih interdisciplinarnih analiza geodetskih i geoloških podataka, kao rezultat je određen jedinstveni interdisciplinarni model gibanja pripovršinskih slojeva na području Grada Zagreba. Ti će se rezultati upotrebljavati za opisivanje zona potencijalnih opasnosti od potresa i tektonski izazvanih klizišta. Za potrebe ovoga rada obrada svih provedenih GPS mjerenja izvedena je na istovjetan način: uporabom najnovije (10.6) inačice znanstvenoga GPS softvera GAMIT/GLOBK, koja je objavljena 15. lipnja 2015. godine, a sam postupak obrade bit će detaljnije opisan u nastavku. Deset mjernih GPS kampanja i njihova obrada izvedeno je: 1997., 2001., 2003., 2004., 2005., 2006., 2007., 2008., 2009. i 2015. godine. Kao što se vidi nije bio uspostavljen kontinuitet izvođenja mjernih kampanja. Najveći vremenski razmak bio je između posljednjih dviju kampanja, koji je iznosio 6 godina. Ovaj rad bavi se usporedbom rezultata dobivenih iz razdoblja 2008–2009. i 2009–2015. godine, jer je za razdoblje 2009–2015. utvrđena aktivnost geološkoga strukturnog sklopa u relativno dužem vremenskom razdoblju, pa se detaljne promjene i oscilacije aktivnosti, te godišnje promjene smjera tektonskih pomaka nisu mogle odrediti. Stoga je bilo potrebno provesti interdisciplinarnu analizu s dosadašnjim pomacima posebice iz razdoblja 2008–2009. godine. Najvažnije je bilo uočiti uzroke tektonske aktivnosti i ovisnost položaja obuhvaćenoga geološkog strukturnog sklopa o regionalnim tektonskim pokretima. Zbog toga je potrebno najprije istaknuti njegove osnovne značajke i upozoriti na strukturno-tektonske odnose koji će biti opisani u nastavku.

2. Recentni geološki strukturni sklop za područje istraživanja

Kao što je već napomenuto, u sklopu predmetnog projekta proveden je i niz geoloških mjerenja, te je kao rezultat izrađen recentni geološki strukturni sklop utemeljen na dugotrajnim geološkim istraživanjima, koji je prikazan na slici 1.



Slika 1. *Recentni geološki strukturalni sklop.*

Najvažniji je položaj strukturalne jedinice Žumberačka gora–Medvednica (1 na slici 1), smjera pružanja SI–JZ, što je neposredna granica između zapadnog i južnog rubnog dijela Panonskog bazena. Jedinice Vukomeričke gorice–Šamarica (2), Dugo Selo–Vrbovec–Moslavačka gora (3) i Savski bazen (4) pripadaju južnom rubnom dijelu Panonskog bazena. Imaju pružanje SZ–JI. Uzročnici tektonske aktivnosti jesu tektonski pokreti koji se događaju u regionalnom prostoru (Prelogović i dr. 1995, Prelogović i Kuk 1998, Tomljenović 2002, Pribičević i dr. 2007a, 2007b). U zaleđu strukturalne jedinice Žumberačka gora–Medvednica (1) prisutna je transpresija prostora. To uključuje kompresiju prostora uz regionalne pomake strukturalna prema istoku, jugoistoku. Ti pomaci stvaraju u čelnom dijelu, pogotovo u Medvednici, izraženu kompresiju prostora uz pojavu potresa relativno velike jakosti. Na slici 1 označeni su samo najjači potresi koji su se dogodili. Međutim neprestana pojava potresa manje jakosti izravno upućuju na stalno prisutnu tektonsku aktivnost (Prelogović i Cvijanović 1981, Kuk i dr. 2000, Prelogović i Kuk 1998).

Unutar strukturnih jedinica razlikuju se pojedine strukture koje su odvojene rasjedima (slika 1). U oblikovanju struktura veliku važnost imaju raspored, položaj i pružanje stijena različite gustoće koje se nalaze u dubini ili dopiru do površine. Osi gravimetrijskih maksimuma pokazuju njihov položaj i pružanje (Zagorac 1974). Na deformacije i pomake dijelova strukturne jedinice Žumberačka gora–Medvednica (1) važan utjecaj ima prostiranje većega kompleksa granitnih stijena unutar jedinice Dugo Selo–Vrbovec–Moslavačka gora (3) koje se kraj Vrbovca nalaze na dubini oko 1 km. U Vukomeričkim goricama (7) u prvim kilometrima dubine rasprostranjeni su paleozojski škrljavci i mezozojski karbonati blizu površine. U Medvednici (1), Mariji Gorici (2) i Humu (3) te stijene nalaze se i na površini (Šikić i dr. 1977). Gravimetrijski minimumi označavaju najspuštenije dijelove Savskog bazena (4) i Stubičkog podbazena (8). Postoje i skokovita uzdizanja i spuštanja pojedinih kompleksa stijena u dubini zbog kompresije prostora. Zone većih skokova predstavljene su gravimetrijskim gradijentima. Oni upućuju na najaktivnije dionice rasjeda (slika 1), koje se pružaju granicom strukturne jedinice Žumberačka gora–Medvednica (1) i posebno strukture Medvednice (1). To upućuje na postojanje znatne kompresije prostora između tih rasjeda izazvane regionalnim tektonskim pokretima.

Zbog tektonskih pokreta u strukturnom sklopu stvara se polje stresa. Orijentacija maksimalnoga kompresijskog stresa je sjever–jug, a lokalnog stresa je promjenljiva. Orijentacija kompresijskog stresa izravno utječe na pomake i deformaciju Medvednice (1) i njezinih dijelova, te ostalih okolnih struktura. Smjerovi pomaka dijelova struktura uz površinu prema geološkim podacima prikazani su na slici 1.

U strukturnom sklopu dominantnu važnost imaju rasjedi. Uvijek su predstavljeni zonama različite širine unutar kojih ima rasjeda istog pružanja. Pojedini rasjedi imaju i ogranke. Osobito aktivni ogranci, te najaktivniji rasjedi koji dijele strukturne blokove posebno su izdvojeni na slici 1.

U seizmotektonski najaktivnijoj strukturnoj jedinici Žumberačka gora–Medvednica (1) izdvajaju se sljedeći rasjedi za koje se navode osnovni podaci koji upućuju na njihovu aktivnost:

- Zagrebački rasjed (1a, 1b), reversni; seizmotektonski najaktivniji,
- Rasjed Brežice–Koprivnica (2a, 2b), reversni,
- Rasjed Bistra–Laz–Bisag (3a, 3b), reversni,
- Rasjed Stubica–Kašina (4a, 4b), promjenljivoga karaktera.

Najvažnijim rasjedima strukturnog sklopa još se pridružuju: rasjed Dugo Selo–Ivanić Grad (5), reversni, Vukomerički rasjed (6), reversni, Pokupski rasjed (7), reversni, i rasjed Sv. Nedelja–Plešivica (8), reversni.

Za odredbu tektonske aktivnosti i uočavanja posljedica te aktivnosti najprije je bilo potrebno izdvojiti amplitude, smjerove i kutove pomaka mjerene u pojedinim geodetskim točkama. Za ocjenu dinamike tektonskih pokreta provedena je interdisciplinarna analiza dobivenih podataka za razdoblje 2009–2015. s podacima iz ranijih razdoblja, posebice razdoblja 2008–2009. godine, što će biti detaljno opisano u nastavku rada.

3. Računanje pomaka iz GPS mjerenja

Sva provedena GPS mjerenja obrađena su na istovjetan način: korištenjem najnovije (10.6) inačice znanstvenog GPS softvera GAMIT/GLOBK, koja je objavljena 15. lipnja 2015. godine.

Svi su podaci mjerenja konvertirani u RINEX format uz pomoć programa “teqc”, koji je razvio međunarodni sveučilišni konzorcij za GPS–UNAVCO, a preporučen je i od MIT-a. Prilikom imenovanja RINEX datoteka primijenjena su sljedeća pravila: prva četiri znaka jednoznačno određuju stajalište (npr. BKVJ), sljedeća tri su znaka broj dana u godini (183), osmi je znak broj sesije (1). Prva dva znaka u ekstenziji označavaju godinu opažanja (15), a treći je ‘o’ (opažanje). Popis četveroslovnih kratica za stajališta s brojevima točaka korištenih u obradi dan je u tablici 1.

Tablica 1. *Kratice naziva točaka Geodinamičke mreže Grada Zagreba.*

Kratica	Broj	Naziv	Kratica	Broj	Naziv
SKRL	1001	Škrlečev breg	MRTR	1022	Turopoljski Markuševac
ZLMG	1002	Zelena magistrala	GRNS	1023	Granešina
SLJM	1003	Sljeme	PRPS	1024	Prepuštovec
KPTL	1004	Kaptolska lugarnica	DSTB	1025	Donja Stubica
LAZZ	1005	Laz	MRGJ	1026	Mirogoj
BLGS	1006	Blaguša	TKRT	1028	Trg kralja Tomislava
PLNN	1007	Planina	BRDV	1029	Brdovec
MRKS	1008	Markuševac	BRZV	1030	Brezovica
SVDH	1009	Sveti Duh	VMLK	1031	Velika Mlaka
GRNC	1010	Goranec	BKVJ	1032	Bukevje
STPN	1011	Stupnik	KPNC	1033	Kupinec
KPKR	1012	Kupinečki Kraljevec	SVMG	1034	Magdalena
SSVT	1013	Sesvete	KPLJ	1035	Kupljenovo
GTSK	1014	Geod. tehnička škola	MDVG	1036	Medvedgrad
INAZ	1015	INA Žitnjak	HRVT	1037	Horvati
PPVC	1016	Popovec	CAOP	1038	GZAOP
LKTC	1017	Laktec	ZZFP	1039	Zavod za fotogrametriju
KRLJ	1018	Kraljevec	KTSS	1043	Katastar Sesvete
SCTR	1019	Ščitarjevo	VKVD	–	Vukovdol
PLES	1020	Pleso	HRTC	–	Hrtić
KLBR	1021	Kalibracijska baza	GPLN	–	Gornja Planina

Precizne efemeride (IGS final) za sve dane kampanja preuzete su s internetskih stranica američkoga nacionalnoga geodetskog servisa (NGS) u SP3 formatu i konvertirane u G-datoteku odgovarajućim modulom u GAMIT-u.

Svi parametri GAMIT-a podešeni su za regionalnu, odnosno lokalnu kampanju. Za ishodišni referentni okvir predmetne geodinamičke mreže izabrane su dvije točke: gradska permanentna GPS stanica CAOP 1038, jer je upravo to najstabilnija točka na području Grada Zagreba i osim toga je i gradska permanentna GPS stanica, te točka ZZFP 1039. Točke ishodišnog okvira također su imale mogućnost relativnog pomaka, ali su se pokazale jako stabilnima. Pomaci svih ostalih točaka u mreži odnose se na vektor između dviju spomenutih točaka. Na taj se način izbjegla mogućnost precjenjivanja pomaka svih točaka u mreži zbog možebitnog pomaka jednog jedinstvenog ishodišta.

Softver se sastoji od više modula od kojih svaki ima točno određenu ulogu: priprema podataka opažanja, generiranje referentnih orbita satelita, računanje reziduala opažanja i parcijalnih derivacija iz geometrijskog modela, otkrivanje ekstremnih vrijednosti (outliers) ili prekida u podacima, te analiza po metodi najmanjih kvadrata. Iako se svaki modul može pokrenuti neovisno, oni su povezani tijekom podataka, posebice pravilima za imenovanje datoteka, tako da je velik dio obrade najbolje izvesti uz pomoć komandnih datoteka (shell scripts ili batch datoteke), koje priređuju važni moduli: MAKEJ i MAKEXP (make experiment) za pripremu podataka odnosno generiranje J, K i X datoteka, tj. datoteke satova satelita, prijavnika i ulaznih podataka za daljnju obradu, te modul FIXDRV (fixed-table driver) za modeliranje, korekciju i procjenu. Međurezultate je uvijek moguće prikazati kako bi se manualno mogli otkloniti problematični podaci (Herring i dr. 2006a, 2006b, 2015a, 2015b).

Standardni postupak podrazumijeva dva prolaza kroz sve faze programa, što je posebno opravdano ako se ne raspolaže dovoljno točnim koordinatama stajališta. Čak i ako su poznate točne apriori koordinate, drugi prolaz je koristan jer omogućuje bolju manipulaciju lošijim podacima te ocjenu kvalitete za svaku stanicu u mreži.

U tablici 2 prikazan je tijek obrade u softverskom paketu GAMIT, od potrebnih ulaznih podataka u pojedine module programa, preko redoslijeda izvršavanja modula pa do izlaznih podataka iz pojedinih modula.

Primarni rezultat obrade mjerenja slobodno je rješenje u obliku H-datoteke koja se sastoji od procijenjenih parametara i odgovarajućih kovarijanci. Takvo se rješenje prosljeđuje programu GLOBK (GLOBal Kalman filter) koji se koristi principom Kalmanova filtriranja za dobivanje rezultata (Herring i dr. 1990).

Uloga GLOBK programa je kombiniranje podataka iz više sesija (dana) radi dobivanja položaja i brzina opažanih točaka, kao i parametara orbita satelita i Zemljine rotacije.

GAMIT (program *solve*) uključuje težinski algoritam najmanjih kvadrata koji procjenjuje relativne položaje skupa stanica, orbitalne i parametre rotacije Zemlje, zenitna kašnjenja i fazne neodređenosti tako da ih podešava prema dvostrukim razlikama faza opažanja. Budući da je funkcionalni (matematički) model koji se odnosi na opažanja i parametre nelinearan, GAMIT producira dva rješenja: prvo za dobivanje koordinata unutar nekoliko decimetara, a drugo kako bi se dobile konačne procjene (Herring i dr. 2006b, 2015b).

Tablica 2. *Tablični prikaz tijeka obrade u GAMIT-u.*

Modul	INPUT	OUTPUT
(1) Generiranje referentnih orbita za satelite		
NGSTOT	SP3 datoteka (Zemaljski fiksirane efemeride)	T-datoteka (Zemaljski fiksirane tablične efemeride) G-datoteka (inicijalni orbitalni uvjeti)
ARC	arc.bat G-datoteka (inicijalni orbitalni uvjeti)	T-datoteka (inercijalne tablične efemeride) G-datoteka (interpolacija iz inercijalne T-datoteke)
ORBFIT	T-datoteka (inercijalne tablične efemeride)	G-datoteka
(2) Pripremanje podataka za procesiranje		
MAKEXP	RINEX datoteke Station.info (antena, prijamnik visina, info.)	D-datoteka (FIXDRV ulazna datoteka) Session.info Ulazna batch datoteka za MAKEX, MAKEJ
MAKEJ	RINEX nav datoteka	J-datoteka (datoteka sata satelita)
MAKEX	RINEX datoteke Station.info Session.info RINEX nav datoteka J-datoteka (datoteka sata satelita) L-datoteka (inicijalne koordinate točaka)	K-datoteka (sat prijmnika) X-datoteka (ulazna mjerenja)
FIXDRV	D-datoteka (definira input i output) sestbl. (kontrola sesije) sittbl. (kontrola točaka) T, J, L, X input	B-datoteka (bexpy.bat; primarna batch datoteka) B-datoteka (bexpy.nnn; sekundarna batch datoteka) I-datoteka (polinomi sata prijmnika)
(3) Računanje reziduala i parcijalnih mjerenja derivacija		
MODEL	L-datoteka (inicijalne koordinate točaka) station.info (antena, prijamnik, visina, info.) X,T,I,J	C-datoteka (računata mjerenja, parcijalne derivacije)
(4) Detektiranje anomalija i cycle-slipova u podacima		
AUTOCLN	C-datoteka	C-datoteka (očišćena)
(5) Provođenje analize po metodi najmanjih kvadrata za procjenu položaja seta točaka		
SOLVE	M-datoteka (kontrolno spajanje podataka) C-datoteka (podaci)	Q-datoteka (sadrži zapis analize) H-datoteka (labavo ograničena rješenja) G,L (update)

U trenutačnoj praksi, GAMIT rješenje obično se ne upotrebljava izravno za dobivanje konačne procjene položaja točaka iz mjerenja već za produciranje procjene i pridružene matrice kovarijanci (“kvazi opažanja”) pozicija točaka i (eventualno) orbitalne i parametre rotacije Zemlje koji su potom ulazi za GLOBK ili druge slične programe za kombiniranje podataka s onima iz drugih mreža i vremena za procjenu pozicije i brzine (Feigl i dr. 1993, Dong i dr. 1998). GLOBK se koristi Kalman filtrom (ekvivalent sekvencijalnim najmanjim kvadratima ako ne postoje stohastički parametri u rješenju) koji radi s matricama kovarijance, a ne s normalnim jednadžbama i stoga zahtijeva da se navede nebeskonačno apriori ograničenje za svaki procijenjeni parametar (vidi npr. Herring i dr. 1990). Kako se ne bi utjecalo na njihovu kombinaciju, GAMIT generira rješenje kojim se koristi GLOBK uz labava ograničenja parametara. Fazne neodređenosti treba riješiti (ako je moguće) pri obradi faze, međutim, GAMIT također stvara nekoliko međurješenja s korisnički definiranim ograničenjima prije popuštanja ograničenja za svoje konačno rješenje. Ovi koraci detaljno su opisani u Herring i dr. (2006b, 2015b) i Dong i dr. (1998).

3.1. Određivanje pomaka za razdoblje 2008–2009.

Za obradu mjerenja odnosno određivanje pomaka korištena je, kao i za prije provedene GPS mjerne kampanje, najnovija inačica 10.6 GAMIT/GLOBK znanstvenog softvera za obradu GPS mjerenja i određivanje brzina uzrokovanih tektonskim pomacima na točkama mjerenja iz vremenski pomaknutih serija mjerenja.

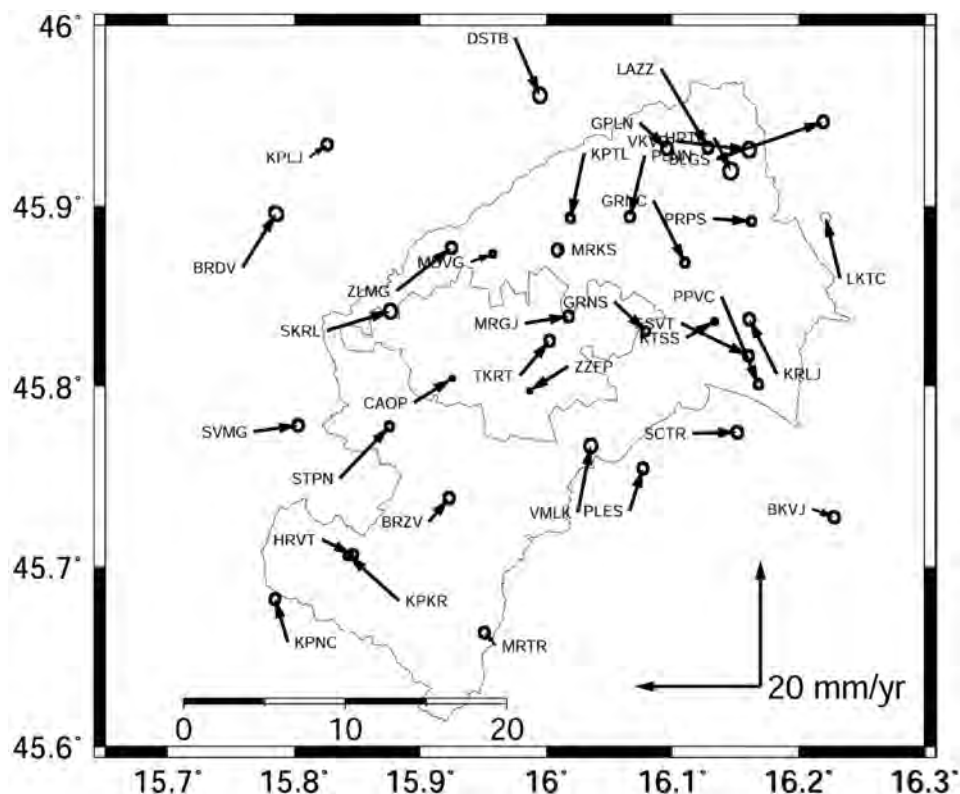
Tablica 3. *Statistički prikaz apsolutnih vrijednosti godišnjih brzina za razdoblje 2008–2009. godine.*

	vφ [mm/god.]	vλ [mm/god.]	vhor [mm/god.]	vh [mm/god.]
min	0,09	1,22	1,22	0,68
max	13,96	16,94	17,93	45,81
avg	5,39	5,42	8,36	15,03

Na slici 2 prikazani su vektori brzina na točkama geodinamičke mreže za razdoblje 2008–2009. godine s pripadnim elipsama pogrešaka. Prikazi brzina izrađeni su s pomoću softverskog paketa Generic Mapping Tools (Wessel i Smith 2004). Statistički prikaz apsolutnih vrijednosti godišnjih brzina za razdoblje 2008–2009. godine prikazan je u tablici 3. Na slici 2 te iz vrijednosti navedenih u tablici 3 evidentno je da je riječ o razdoblju s povećanom tektonskom aktivnošću.

3.2. Određivanje pomaka za razdoblje 2009–2015.

Kako bi se dobio model brzina pomaka točaka Geodinamičke mreže Grada Zagreba za razdoblje od 2009. do 2015. godine, u daljnjoj obradi podataka bilo je potrebno kombinirati prije dobivena rješenja kampanje iz 2009. i 2015. godine.



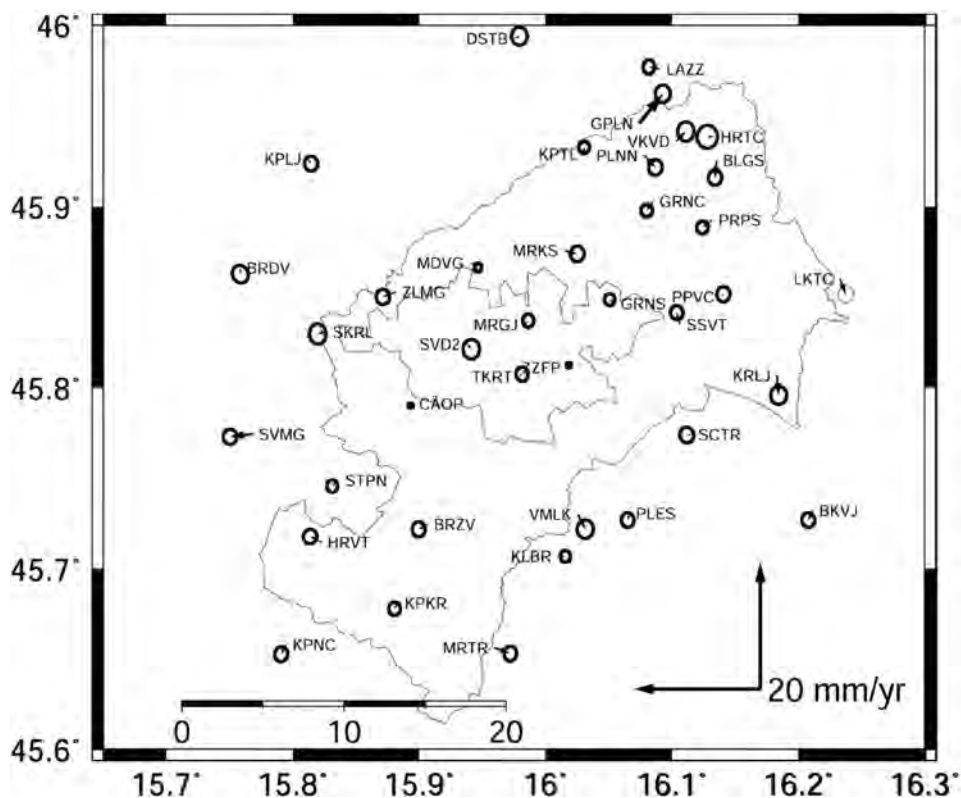
Slika 2. Vektori brzina na točkama Geodinamičke mreže za razdoblje 2008–2009. godine.

Brzine točaka izračunate su uz pomoć modula GLOBK, dakle polje brzina izračunato je prema posebnom modelu računskim postupkom Kalmanova filtriranja (Reilinger i dr. 2006, Dong i dr. 1998, McClusky i dr. 2000, Davies i Blewitt 2000, Lavallee i dr. 2001). Brzine su izražene u milimetrima na godinu (mm/god.). Također je izračunata i magnituda ukupnog prostornog vektora pomaka u sve tri dimenzije.

Dakle, u modul GLOBK uvrštena su rješenja kampanje iz 2009. i 2015. godine kako bi se dobile godišnje brzine točaka Geodinamičke mreže za to razdoblje, koje su prikazane na slici 3. U tablici 4 dan je statistički prikaz apsolutnih vrijednosti godišnjih brzina točaka mreže za razdoblje 2009–2015. godine.

Tablica 4. Statistički prikaz apsolutnih vrijednosti godišnjih brzina za razdoblje 2009–2015. godine.

	$v\varphi$ [mm/god.]	$v\lambda$ [mm/god.]	v_{hor} [mm/god.]	v_h [mm/god.]
min	0,01	0,02	0,45	0,05
max	3,70	4,67	5,96	22,97
avg	1,10	1,10	1,72	5,17



Slika 3. Vektori brzina pomaka za razdoblje 2009–2015.

Još jedna od prednosti znanstvenog softvera GAMIT/GLOBK za obradu GPS mjerenja njegova je modularnost i sposobnost prilagođavanja pojedinim slučajevima i drugim open source programima, kao što je GMT (Generic Mapping Tools) (Wessel i Smith 2004).

Za uspješno korištenje GMT-a potrebno je poznavanje “shell” skriptiranja i osnovnih Unix naredbi, te su za dobivanje potrebnih prikaza i analiza rezultata korištene “shell” skripte koje objedinjuju GMT i GAMIT module.

“Shplotvel” skripta jedna je od važnijih skripti koja se koristi GMT alatima, a primjenjuje se na izlazne GLOBK datoteke s rezultatima i omogućuje iscrtavanje prikaza dobivenih vektora brzina na pojedinim točkama mreže skupa s pripadnim elipsama pogrešaka u zadanom mjerilu (Herring i dr. 2006a, 2006b, 2015a, 2015b). Budući da je riječ o shell skriptiranju, također je moguće uz navedene vektore brzina kombinirati i granice Grada Zagreba, digitalni model reljefa i razne druge podloge koje pomažu u jasnijem prikazu i boljoj analizi dobivenih rezultata.

U tablici 5 dan je prikaz vrijednosti godišnjih brzina točaka mreže za razdoblje 2009–2015. godine. Za svaku točku mreže prikazane su brzine u smjeru sjever–jug, istok–zapad te posebno vertikalna komponenta. Također je određen i horizontalni i prostorni vektor brzine za koji su dani i azimut i vertikalni kut koji imaju veliku važnost za kvalitetnu interdisciplinarnu analizu.

Tablica 5. Prikaz vrijednosti izračunatih godišnjih brzina na točkama Geodinamičke mreže za razdoblje 2009–2015.

Točka	Long. [°]	Lat. [°]	vN [mm/ god]	vE [mm/ god]	vH [mm/ god]	v_horiz [mm/ god]	v_prostor [mm/ god]	Azimut [°]	Verti- kalni kut [°]
BKVJ	16,21141	45,73230	-0,69	-1,55	7,56	1,7	7,7	246,0	77,35
BLGS	16,13530	45,92571	-0,22	-2,78	-1,04	2,8	3,0	265,5	-20,45
BRDV	15,75851	45,86620	-0,01	-0,99	-5,42	1,0	5,5	269,4	-79,65
BRZV	15,90652	45,72470	-1,38	-0,83	10	1,6	10,1	211,0	80,85
CAOP*	15,89491	45,79124	-0,31	-0,33	3,84	0,5	3,9	226,8	83,28
DSTB	15,97528	45,99288	0,8	0,32	-2,54	0,9	2,7	21,8	-71,26
GPLN	16,07426	45,94598	3,7	4,67	-11,51	6,0	13,0	51,6	-62,63
GRNC	16,08497	45,90307	-0,98	-1,49	-6,83	1,8	7,1	236,7	-75,37
GRNS	16,05438	45,84655	-0,73	0,6	-3,65	0,9	3,8	140,6	-75,49
HRTC	16,13332	45,93845	-1,05	0,02	-0,49	1,1	1,2	178,9	-25,01
HRVT	15,82245	45,71470	-1,75	0,89	8,23	2,0	8,5	153,0	76,58
KLBR	16,00970	45,70697	1,2	-0,07	0,86	1,2	1,5	356,7	35,58
KPKR	15,88319	45,68086	-0,53	-0,9	6,7	1,0	6,8	239,5	81,14
KPLJ	15,81184	45,92653	0,52	-0,78	0,22	0,9	1,0	303,7	13,21
KPNC	15,79474	45,65799	-0,79	-1,54	6,43	1,7	6,7	242,8	74,93
KPTL	16,03042	45,92909	0,02	1,05	-5,42	1,1	5,5	88,9	-79,03
KRLJ	16,18323	45,80683	0,26	-3,16	0,49	3,2	3,2	274,7	8,79
LAZZ	16,09058	45,97594	-1,76	0,34	2,61	1,8	3,2	169,1	55,52
LKTC	16,23299	45,86035	0,92	-2,5	0,85	2,7	2,8	290,2	17,70
MDVG	15,94044	45,86908	1,22	-0,77	-0,05	1,4	1,4	327,7	-1,98
MRGJ	15,98343	45,83506	0,58	0,55	-5,13	0,8	5,2	43,5	-81,14
MRKS	16,01490	45,87583	2,04	-0,54	0,32	2,1	2,1	345,2	8,62
MRTR	15,95959	45,65622	2,48	-0,93	13,74	2,6	14,0	339,4	79,09
PLES	16,06627	45,73066	-0,25	-1,08	-2,13	1,1	2,4	257,0	-62,51
PLNN	16,07798	45,92836	1,8	-1,94	-5,49	2,6	6,1	312,9	-64,26
PPVC	16,13879	45,85029	0,39	0,39	-1,59	0,6	1,7	45,0	-70,87
PRPS	16,13168	45,89270	-1,49	-1,2	-0,48	1,9	2,0	218,8	-14,08
SCTR	16,11589	45,77443	-0,82	-0,12	3,63	0,8	3,7	188,3	77,14
SKRL	15,82647	45,83092	-1,35	-0,33	14,56	1,4	14,6	193,7	84,55
SSVT	16,10654	45,83485	-0,52	1,89	-4,28	2,0	4,7	105,4	-65,39
STPN	15,83637	45,74894	-1,04	-0,9	6,9	1,4	7,0	220,9	78,73
SVD2	15,93755	45,82420	0,75	-0,83	-3,67	1,1	3,8	312,1	-73,05
SVMG	15,76812	45,77457	-3,55	-0,45	16,37	3,6	16,8	187,2	77,67
TKRT	15,97869	45,80619	0,54	0,38	-4,32	0,7	4,4	35,1	-81,31
VKVD	16,10349	45,93614	1,51	1,54	-1,94	2,2	2,9	45,6	-41,97
VMLK	16,02548	45,73023	1,19	-2,37	-3,07	2,7	4,1	296,7	-49,18
ZLMG	15,88132	45,85281	-2,01	-0,75	22,97	2,1	23,1	200,5	84,66
ZZFP*	16,01704	45,81117	0,32	0,33	-3,45	0,5	3,5	45,9	-82,41

4. Interdisciplinarna analiza pomaka

Za određivanje tektonske aktivnosti i uočavanje posljedica te aktivnosti najprije je bilo potrebno izdvojiti amplitude, smjerove i kutove pomaka mjerene na pojedinim geodinamičkim točkama. Za ocjenu dinamike tektonskih pokreta dodatno su se usporedili dobiveni podaci s podacima iz ranijih razdoblja, posebice razdoblja 2008–2009. godine.

Sumarne amplitude tektonskih pokreta za promatrano, relativno dugotrajno razdoblje (2009–2015) promjenljive su i iskazane u mm (slika 5). Uočava se da su dobivene vrijednosti amplituda pomaka relativno male. To je znak da su se u razmatranom razdoblju događale promjene u intenzitetu tektonske aktivnosti. Ipak, dobivene su sumarne vrijednosti amplituda koje omogućavaju izdvajanje najaktivnijih dijelova strukturnog sklopa. Najveće amplitude tektonskih pomaka upućuju na aktivnost zapadnog dijela Medvednice (1) i prostora između Sljemena (1) i Zelinske gore (2), te posebno oko Sv. Nedelje (4) i u Vukomeričkim goricama (7). Ističu se točke mjerenja s utvrđenim amplitudama pomaka: ZLMG sjeverno od Gornjeg Vrapča 23,1 mm, GPLN u Gornjoj Planini 13,0 mm, SVMG u Sv. Nedelji 16,8 mm i MRTR u Vukomeričkim goricama 14,0 mm. Dobivene vrijednosti amplituda 6,0 mm na slici 4 ističu najaktivnije dijelove strukturnog sklopa, osobito Vukomeričke gorice (7) te središnji i zapadni dio Medvednice (1). Najaktivniji su rasjedi Bistra–Laz–Bisag (3), Vukomerički rasjed (6) i rasjed Sv. Nedelja–Plešivica (8). Posebno se uočava mala aktivnost dijela Zagrebačkog rasjeda (1).

Za uočavanje razmatrane tektonske aktivnosti i ovisnosti položaja obuhvaćenog područja o regionalnim tektonskim pokretima potrebno je istaknuti i dobivene spoznaje iz ranijih razdoblja. Na slici 4 iz razdoblja 2008–2009. godine razabire se povećana aktivnost u dijelu zone Zagrebačkog rasjeda (1) i posebice u zapadnom dijelu Medvednice (1) i u Vukomeričkim goricama (7). Potonje je istaknuto i u razmatranom razdoblju. Maksimumi su mjereni u točkama: ZLMG, sjeverno od Gornjeg Vrapča 40,13 mm/god. i u MRTR u Vukomeričkim goricama 45,81 mm/god. U ranijim razdobljima razlike su naglašenije (Đapo 2009). Primjerice, u razdoblju 2006–2007. godine općenito se bilježi veća aktivnost osobito u zonama Zagrebačkog rasjeda (1) i rasjeda Stubica–Kašina (4) između 19,7 mm/god. (Markuševac) i 50,5 mm/god. (Gornja Planina). U razdoblju 2007–2008. godine tektonska aktivnost se smiruje. Samo u točki SSTV (Sesvete) zabilježena je amplituda pomaka 24,1 mm/god. U zoni Zagrebačkog rasjeda (1) zabilježene su amplitude pomaka iznad 10 mm/god.

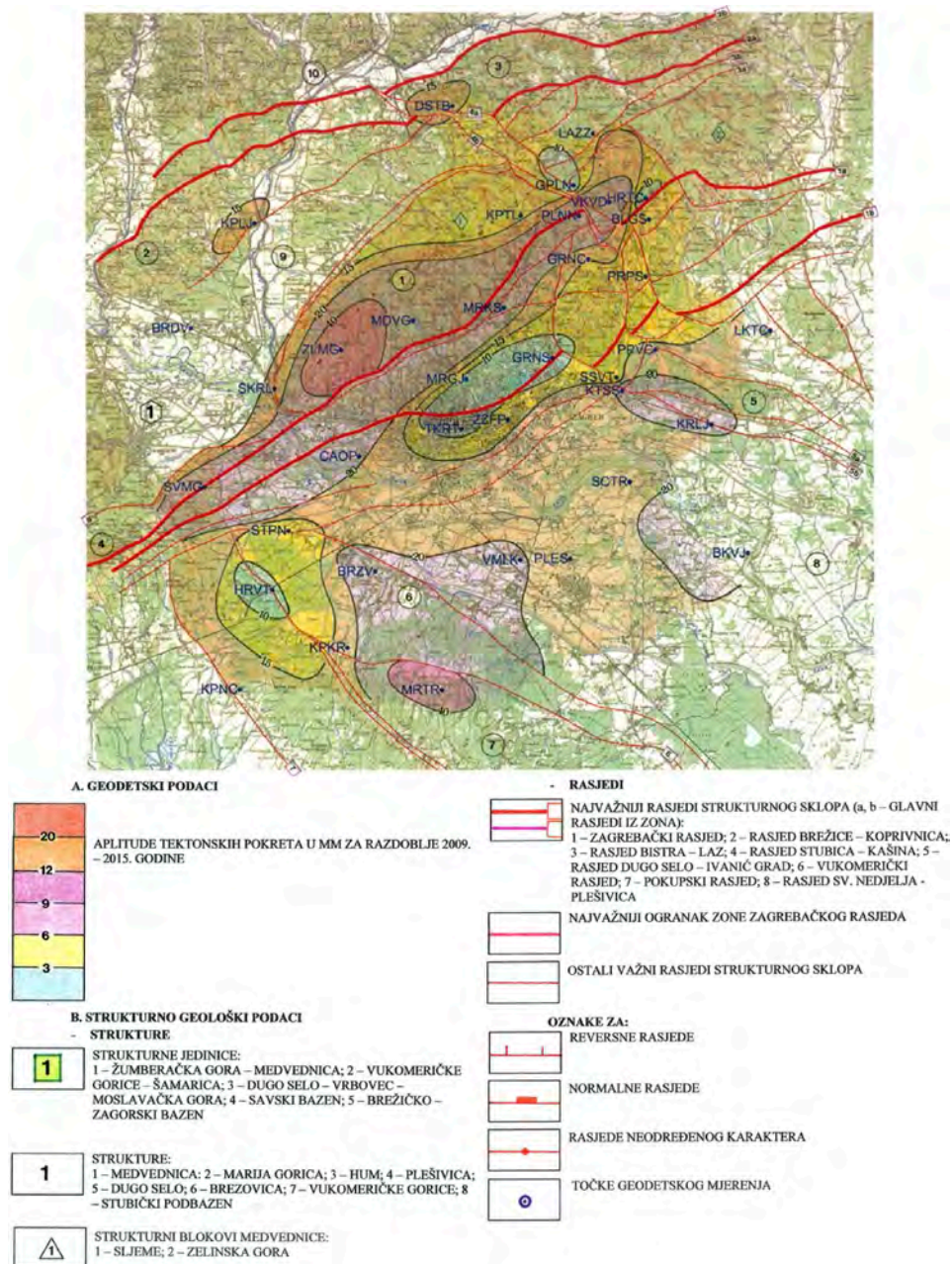
Za cjelovito određivanje tektonske aktivnosti te osobito uočavanja deformacija i pomicanja dijelova struktura važni su dobiveni smjerovi i kutovi nagiba pomaka na pojedinim točkama geodinamičke mreže (slika 6). Potrebno je istaknuti dvije činjenice: promjenljivost smjerova pomaka te stalna prisutnost dijagonalnih pomaka u prostoru, koji su pozitivni (uzdizanje) ili negativni (spuštanje). Strmi kutovi pomaka iznad 70° nabolje pokazuju prostore prevladavajuće kompresije. Izdvajaju se Vukomeričke gorice (7), zapadni dio Medvednice (1) i zona Zagrebačkog rasjeda (1). Uočavaju se i strmi pomaci u točkama u krilima rasjeda Stubica–Kašina (4), u strukturi Dugo Selo (5) i unutar Savskog bazena (4) između Ščitarjeva i Bukovja. Potonje upućuje na suženje prostora bazena i uzdizanje reljefa.

Na temelju mjerenja na pojedinim geodinamičkim točkama, na slici 6 prikazani su i srednji smjerovi pomaka dijelova geološkoga strukturnog sklopa. Oni najbolje pokazuju osnovne pomake struktura. Suprotni smjerovi pomaka na kraćem razmaku izravno označavaju prostore veće kompresije i najaktivnije zone rasjeda npr. u Vukomeričkim goricama (7), zapadnom dijelu Medvednice (1) i široj okolici Sessveta. Također se uočavaju promjenljivi smjerovi pomaka. Pojedini nizovi upućuju na retrogradnu rotaciju dijelova strukturnog sklopa. Uočljiv je niz srednjih smjerova pomaka prema JZ, J i JI u zapadnim dijelovima Medvednice (1) i Vukomeričkim goricama (7), zatim smjerovi pomaka prema JZ i J između Kašine i Sessveta koji su vjerojatno uvjetovani pomacima Zelinske gore (2), te djelomice u Medvednici (1) prema S između Zagreba i Bistre.

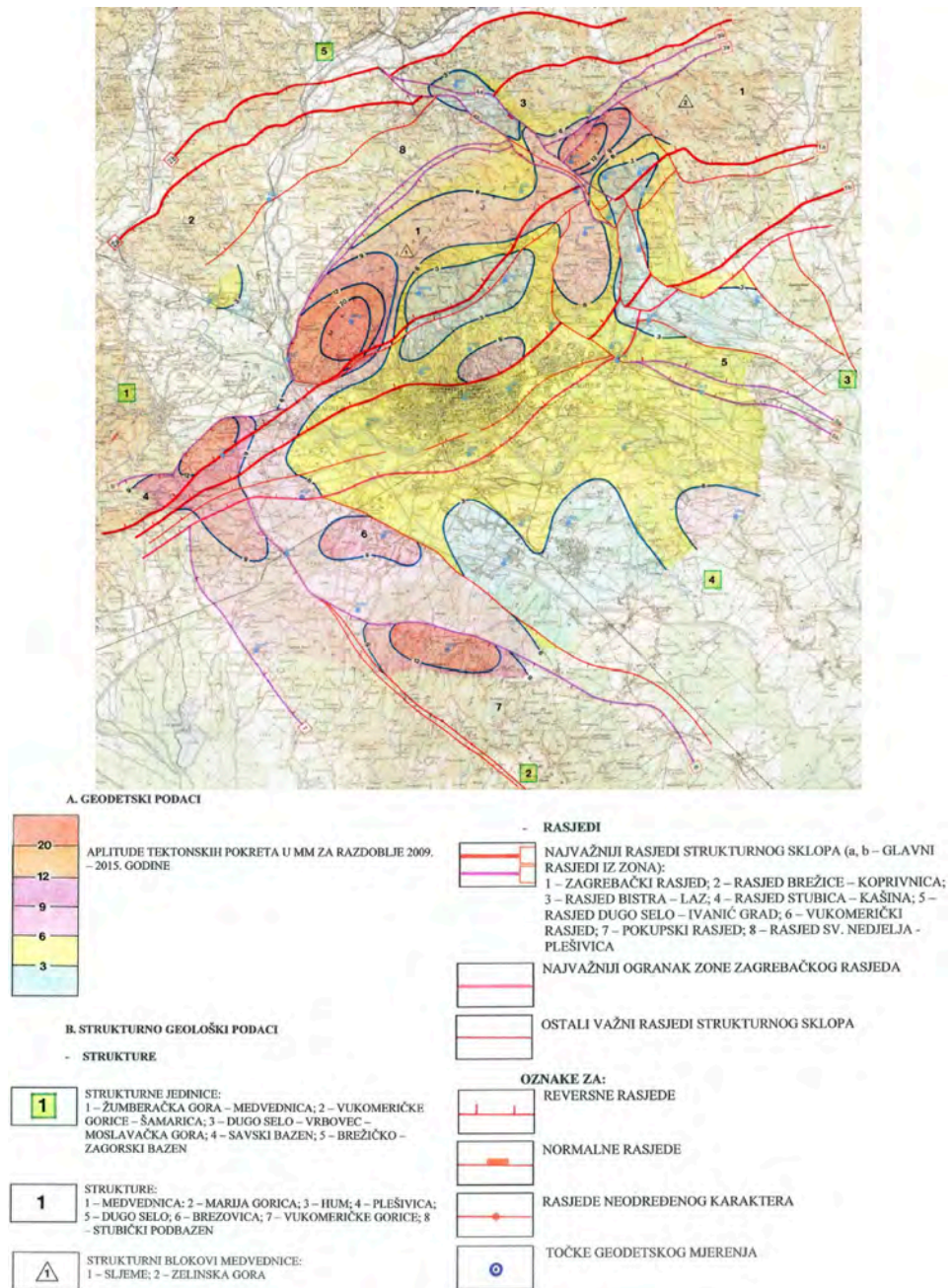
Na temelju dobivenih podataka o amplitudama tektonskih pokreta, smjerovima i dodatno nagibima pomaka izdvojeni su na slici 7 prostori najveće kompresije. Ističu se označeni prostori u Medvednici (1) i Vukomeričkim goricama (7). U tim prostorima događaju se i strmi pomaci točaka i suženje prostora uz isticanje najaktivnijih dionica rasjeda. Prevladavajuća horizontalna komponenta pomaka primjerice između Kašine, Prepuštovca i Popovca posljedica je pomaka Zelinske gore (2) duž zone rasjeda Stubica–Kašina (4). Još treba istaknuti granicu između prevladavajućih pozitivnih (uzdizanje) i negativnih (spuštanje) pomaka dijelova geološkoga strukturnog sklopa. Spuštanje dijelova Medvednice (1) oko zona Zagrebačkog rasjeda (1) i rasjeda Stubica–Kašina (4) pokazuje da se rotacija dijelova Medvednice (1) vjerojatno događa oko koso nagnute osi u prostoru.

Također je izrađena interdisciplinarna analiza dinamike u obuhvaćenom geološkom strukturnom sklopu između razdoblja 2008–2009. godine i 2009–2015. godine (slika 8). Najprije se naglašava nekoliko bitnih činjenica. U svim točkama u oba razdoblja ustanovljeni su različiti smjerovi pomaka. Očito je to posljedica različitih pomaka dijelova struktura i utjecaja regionalnih tektonskih pokreta. Pritom je u pojedinim točkama zadržan trend uzdizanja npr. u LAZZ, HRTC (oko Kašine), HRVT i KPNC (Vukomeričke gorice). Stalno spuštanje postoji u točkama GPIN, VKVD, GRNC, PLNN i PRPS oko zone rasjeda Stubica–Kašina (4), u GRNS u zoni Zagrebačkog rasjeda (1b), u PLES i VMLK u Savskom bazenu (4). Posebno se izdvajaju točke s gotovo istim smjerovima pomaka, npr. HRVT i MRTR u Vukomeričkim goricama (7), HRTC i LAZZ u zapadnom dijelu Zelinske gore (2) te MRGJ, GRNS i TKRT oko zone Zagrebačkog rasjeda (1b). Još su važni srednji pomaci dijelova strukturnog sklopa, primjerice: prema JJI i JI u Medvednici (1) i uz zonu rasjeda Stubica–Kašina (4). Oko Brezovice i Sv. Nedelje te u Savskom bazenu (4) srednji pomaci su prema I i SI, a u Vukomeričkim goricama (7) i kod Dugog Sela (5) prema JZ. Srednji smjerovi pomaka u Medvednici (1) te oko Sv. Nedelje podudaraju se sa smjerom regionalnih tektonskih pokreta. Smjerovi prema SZ upućuju na postojanje odupiranja tim pomacima koji ovise o položajima kompleksa stijena veće gustoće u dubini. Time se povećava kompresija prostora. Konture tih prostora u razdobljima 2008–2009. i 2009–2015. godine uglavnom se podudaraju (slika 8). Osobito se ističu označeni prostori u Vukomeričkim goricama (7), u Medvednici (1), oko Dugog Sela (5), te posebno u zonama Zagrebačkog rasjeda (1) i rasjeda Stubica–Kašina (4).

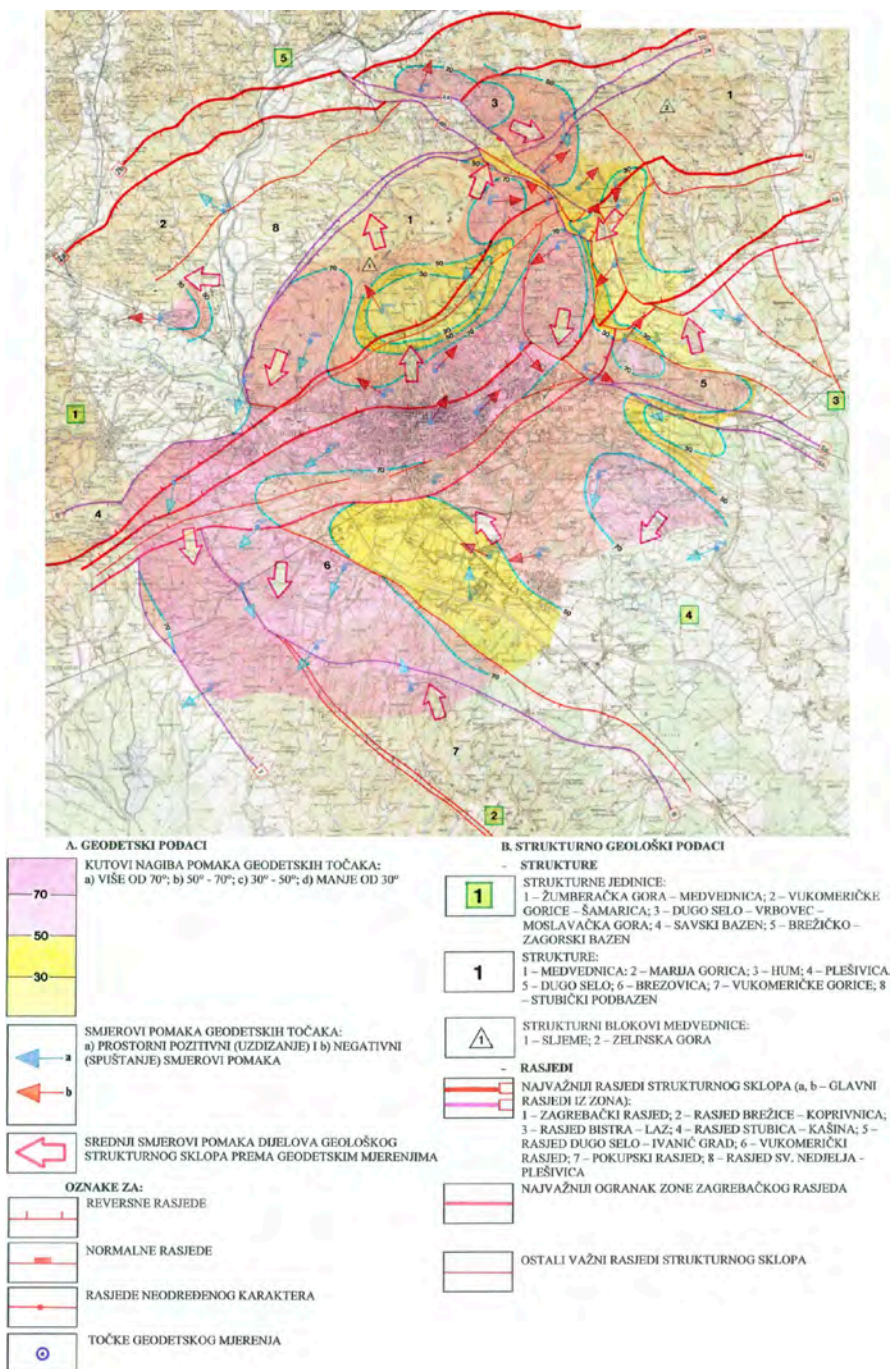
Kompresiju prostora i stalnu tektonsku aktivnost prate pojave potresa (slika 8). U razdoblju 2009–2015. godine dogodilo se 14 potresa magnitude do 3,2 MCS. Svi su povezani s izdvojenim prostorima veće kompresije i zonama rasjeda. U



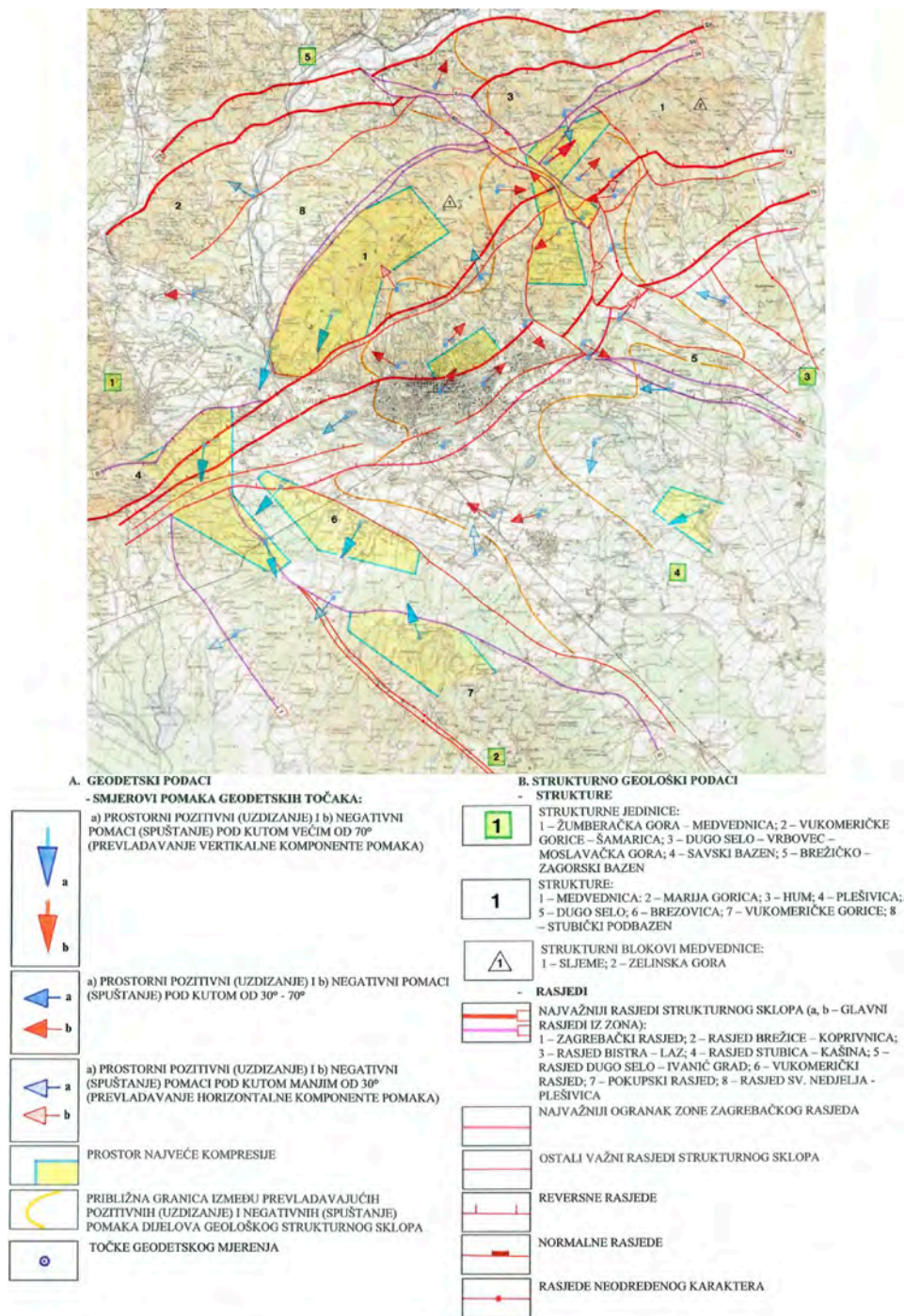
Slika 4. Vrijednosti amplituda tektonskih pomaka u razdoblju 2008–2009. godine.



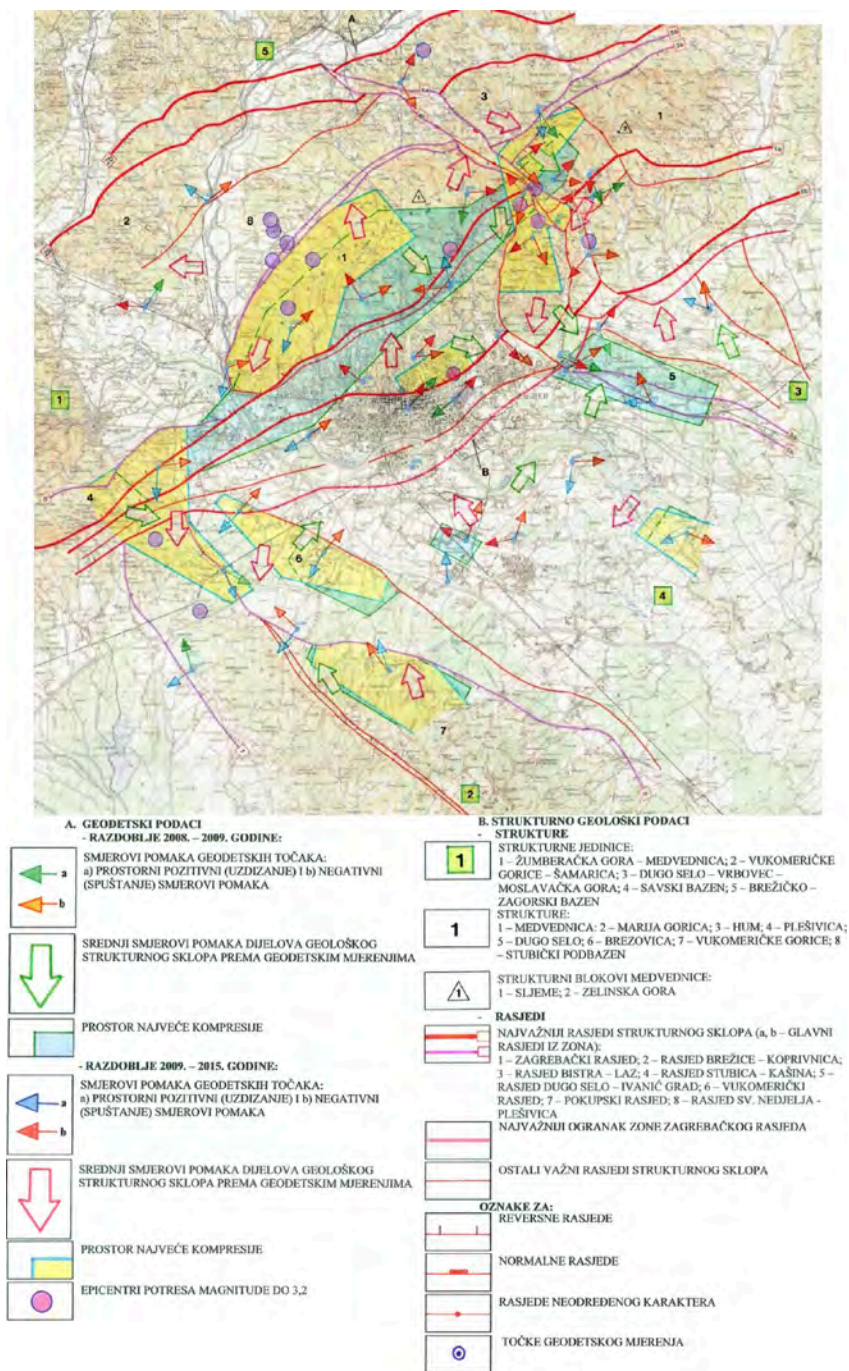
Slika 5. Amplitude tektonskih pokreta na temelju geodetskih podataka za razdoblje 2009–2015. godine.



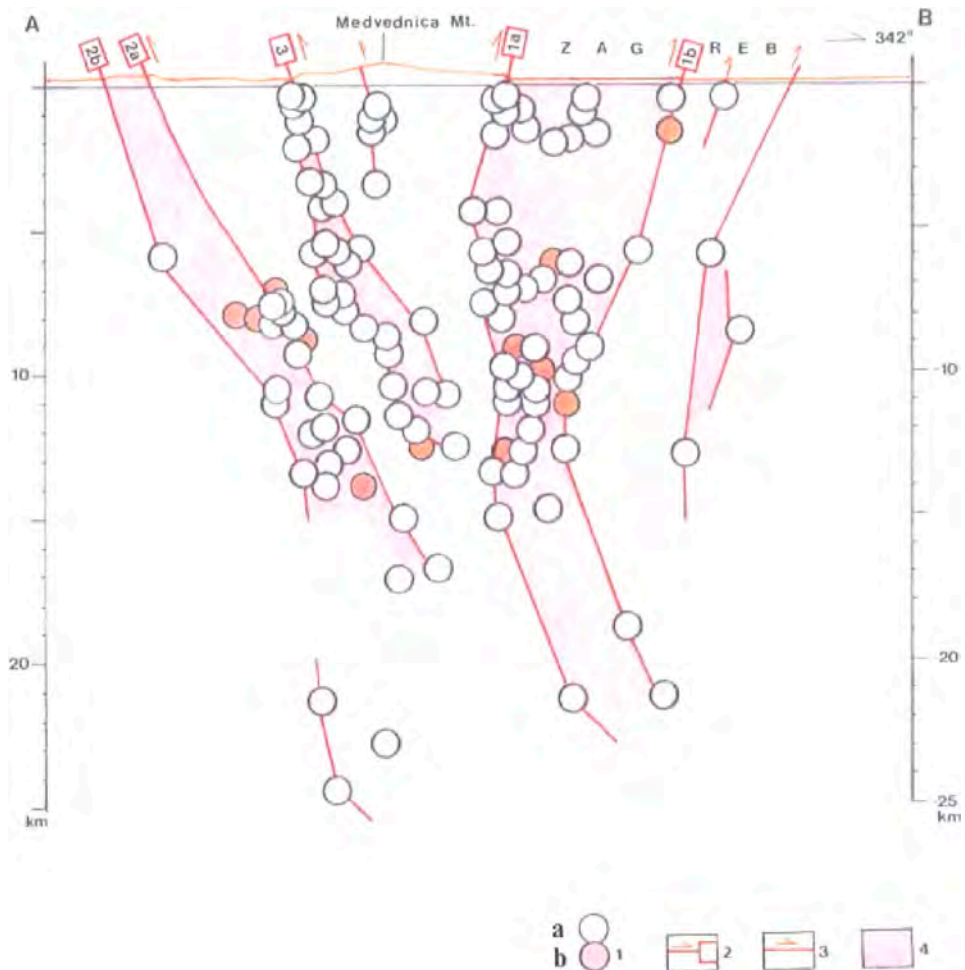
Slika 6. Kutovi nagiba i smjerovi tektonskih pokreta na temelju geodetskih podataka za razdoblje 2009–2015. godine.



Slika 7. Dinamika geološkoga strukturnog sklopa u razdoblju 2009–2015. godine.



Slika 8. Usporedba dinamike geološkoga strukturnog sklopa između razdoblja 2008–2009. i 2009–2015. godine.



Legenda:

- 1 Žarišta potresa koji su se dogodili:
 - a) u razdoblju 1997–2009. godine magnitude do 3,5
 - b) u razdoblju 2009–2015. godine magnitude do 3,2
- 2 Najvažniji rasjedi granični strukturnoj jedinici Žumberačka gora–Medvednica: Zagrebački rasjed (1), rasjed Brežice–Koprivnica (2) i rasjed Bistra–Laz–Bisag (3)
- 3 Ostali aktivni rasjedi
- 4 Seizmotektonski aktivna zona u prostoru

Slika 9. Seizmotektonski profil A–B.

seizmotektonskom profilu A–B prikazana su žarišta potresa u prostoru koji su se dogodili u razdobljima 1997–2009. godine i 2009–2015. godine (slika 9). Seizmotektonski aktivne zone izravno se povezuju s najaktivnijim zonama Zagrebačkog rasjeda (1), rasjeda Brežice–Koprivnica (2) i rasjeda Bistra–Laz–Bisag (3). Pojedini potresi događaju se i u prostoru sučeljavanja Zagrebačkog rasjeda (1) i rasjeda Stubica–Kašina (4).

5. Zaključak

Predmetna interdisciplinarna geodinamička istraživanja provedena su u razdoblju od 18 godina i potvrđuju stalno prisutnu tektonsku aktivnost u obuhvaćenom širem prostoru oko Medvednice. Geodinamička mreža projektirana je i uspostavljena 1997. godine s početne ukupno 43 specijalno stabilizirane točke, tako da najbolje reprezentiraju geodinamička događanja na području istraživanja. Za potrebe ovog rada obrada svih provedenih GPS mjerenja izvedena je na istovjetan način: korištenjem najnovije (10.6) inačice znanstvenog GPS softvera GAMIT/GLOBK, koja je objavljena 15. lipnja 2015. godine. Od uspostave geodinamičke mreže do sada je izvedeno i obrađeno 10 GPS kampanja: 1997., 2001., 2003., 2004., 2005., 2006., 2007., 2008., 2009. i 2015. godine. Nažalost, nije bio uspostavljen kontinuitet godišnjeg izvođenja mjernih kampanja, a najveći vremenski razmak koji je iznosio 6 godina, bio je između posljednjih dviju kampanja. U radu je provedena interdisciplinarna analiza rezultata dobivenih u razdoblju 2008–2009. i 2009–2015. godine zbog njihova različita vremenskog razmaka koji je iznosio jednu godinu (2008–2009), odnosno šest godina (2009–2015). Naime, za razdoblje 2009–2015. utvrđena je aktivnost geološkoga strukturnog sklopa u relativno dužem vremenskom razdoblju, pa se detaljne promjene i oscilacije aktivnosti te godišnje promjene smjera tektonskih pomaka nisu mogle odrediti.

U razdoblju 2008–2009. godine pomaci na geodinamičkim točkama pokazuju povećanje tektonske aktivnosti. Osobito je aktivna zona Zagrebačkog rasjeda (1), i to na čitavoj dužini između Sv. Magdalene i Planine, zatim u Vukomeričkim goricama duž dionice Vukomeričkog rasjeda (6), te unutar Savskog bazena (8). Maksimumi su mjereni u točkama: ZLMG (sjeverno od Gornjeg Vrapča) 40,13 mm/god, MRTR (Vukomeričke gorice) 45,81 mm/god, BKVJ (Bukevje na Šavi) 39,37 mm/god, MDVG (Medvedgrad) 36,59 mm/god, SVMG (Sv. Magdalena) 27,08 mm/god, BRZV (Brezovica) 26,95 mm/god, VKVD (Vukovdol) 27,08 mm/god i MRKS (Markuševac) 21,83 mm/god.

U razdoblju 2009–2015. godine dobivene su vrijednosti pomaka relativno male. To je znak da su se u razmatranom razdoblju događale promjene u intenzitetu tektonske aktivnosti. Najveće amplitude tektonskih pomaka upućuju na aktivnost zapadnog dijela Medvednice (1) i prostora između Sljemena (1) i Zelinske gore (2), te posebno oko Sv. Nedelje (4) i u Vukomeričkim goricama (7). Ističu se točke mjerenja s utvrđenim amplitudama pomaka: ZLMG sjeverno od Gornjeg Vrapča 23,1 mm, GPLN u Gornjoj Planini 13,0 mm, SVMG u Sv. Nedelji 16,8 mm i MRTR u Vukomeričkim goricama 14,0 mm.

Iz provedene je interdisciplinarnе analize razvidno da je s obzirom na dugo razdoblje između dviju GPS kampanja (2009–2015) došlo do znatnog smanjenja amplitude pomaka.

Još jednom se pokazalo da je nužno provođenje GPS kampanja u vremenskim intervalima od maksimalno jedne godine kako bi se izbjegla vremenska interpolacija rezultata. Naime, u slučaju višegodišnjih vremenskih razmaka između GPS kampanja dolazi do usrednjavanja pomaka te se zapravo izgube pomaci na godišnjoj razini koji su iznimno vrijedni podaci potrebni za kvalitetnu analizu i razumijevanje mehanizma strukturnog sklopa šireg zagrebačkog područja.

ZAHVALA. Autori zahvaljuju prof. dr. sc. Eduardu Prelogoviću, redovitom profesoru Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u miru, na sudjelovanju i velikom doprinosu u svim fazama predmetnih istraživanja od njihova početka.

Literatura

- Davies, P., Blewitt, G. (2000): Methodology for global geodetic time series estimation: A new tool for geodynamics, *Journ. Geophys. Res.*, 105, 11, 11083–11100.
- Dong, D., Herring, T., King, R. (1998): Estimating regional deformation from a combination of space and terrestrial geodetic data, *Journal of Geodesy*, 72, 4, 200–214.
- Dapo, A. (2009): Korelacija geodetskog i geološkog modela tektonskih pomaka na primjeru šireg područja Grada Zagreba, doktorski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Dapo, A., Pribičević, B., Medak, D., Prelogović, E. (2009): Correlation between Geodetic and Geological Models in the Geodynamic Network of the City of Zagreb, *Reports on geodesy*, 86, 1, 115–122.
- Feigl, K. L., Duncan, C. A., Bock, Y., Dong, D., Donnellan, A., Hager, H. B., Herring, T. A., Jackson, D. D., Jordan, T. H., King, R. W., Larsen, S., Larson, K. M., Murray, M. H., Shen, Z., Webb, F. H. (1993): Space geodetic measurement of crustal deformation in central and southern California 1984–1992, *J. Geophys. Res.*, 98, 21677–21712.
- Gerasimenko, M. D., Shestakov, N. V., Teruyuki, K. (2000): On optimal geodetic network design for fault-mechanics studies, *Earth Planets Space*, Vol. 52.
- Herak, D., Herak, M., Tomljenović, B. (2009): Seismicity and earthquake focal mechanisms in North-Western Croatia, *Tectonophysics*, 485, 212–220.
- Herak, M., Allegretti, I., Herak, D., Ivančić, I., Kuk, K., Marie, K., Markušić, S., Sović, I. (2011): Seismic hazard maps of Croatia, *Geophysical Challenges of the 21st century Zagreb*, poster, Zagreb, Croatia.
- Herring, T., Davis, J., Shapiro, I. (1990): Geodesy by radio astronomy: the application of Kalman filtering to Very Long Baseline Interferometry, *J. Geophys. Res.*, 95, 12561–12581.
- Herring, T., King, R., McClusky, S. (2006a): Documentation for the MIT Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program: GLOBK 10.3, Cambridge.
- Herring, T., King, R., McClusky, S. (2006b): Documentation for the MIT GPS analysis software: GAMIT 10.3, Cambridge.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., McClusky, S. C. (2015a): Introduction to GAMIT/GLOBK, Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., McClusky, S. C. (2015b): GAMIT – GPS Analysis at MIT, Reference Manual 10.6, Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology.
- Kuk, V., Prelogović, E., Sović, L., Kuk, K., Marić, K. (2000): Seizmološke i seizmotektonske značajke šireg zagrebačkog područja, *Građevinar*, 52, 11, 647–653.

- Lavallee, D., Blewitt, G., Clarke, P. J., Nurutdinov, K., Holt, W. E., Kreemer, C., Meertens, C. M., Shiver, W. S., Stein, S., Zerbini, S., Bastos, L., Kahle, H-G. (2001): GPSVEL Project: Towards a Dense Global GPS Velocity Field, In Proceedings of the International Association of Geodesy Scientific Assembly, Budapest.
- Matoš, B., Tomljenović, B., Trenc, N. (2014): Identification of tectonically active areas using DEM: a quantitative morphometric analysis of Mt. Medvednica, NW Croatia, *Geological quarterly*, 58, 1, 51–70.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M. N., Veis, G. (2000): Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, *Journal of Geophysical Research*, 105.
- Medak, D., Pribičević, B. (2001): Geodynamic GPS-Network of the City of Zagreb – First Results, In The Stephan Mueller topical conference of the European Geophysical Society: Quantitative neotectonic and seismic hazard assessment: new integrated approaches for environmental management, Balatonfüred, Hungary.
- Medak, D., Pribičević, B. (2002): Geodinamička mreža Grada Zagreba, *Zbornik Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu povodom 40. obljetnice samostalnog djelovanja 1962–2002*, Bašić, T. (ur.), Zagreb, 145–156.
- Prelogović, E., Cvijanović, D. (1981): Potres u Medvednici 1880. godine, *Geol. vjesnik*, 34, 137–146.
- Prelogović, E., Jamičić, D., Aljinović, B., Velić, J., Saftić, B., Dragaš, M. (1995): Dinamika nastanka struktura južnog dijela panonskog bazena, *Prvi hrvatski geološki kongres, Opatija, Vol. 2*, 481–486.
- Prelogović, E., Kuk, V. (1998): Seizmotektonska aktivnost zapadnog dijela Hrvatske, *Znanstveni skup Andrija Mohorovičić – 140. obljetnica rođenja, Zbornik radova, Bajić, A. (ur.)*, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 115–124.
- Pribičević, B., Medak, D., Prelogović, E., Đapo, A. (2007a): Geodinamika prostora Grada Zagreba, *Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, Zagreb.
- Pribičević, B., Medak, D., Đapo, A. (2007b): Progušćenje točaka Geodinamičke mreže Grada Zagreba u podsljemenskoj zoni, *Geodetski list*, 4, 247–258.
- Pribičević, B., Medak, D., Đapo, A. (2008): Utjecaj geodinamičkih procesa na izgradnju objekata i infrastrukture na području Grada Zagreba, *Razvitak Zagreba – Zagreb 2008, Zbornik radova, Radić, J. (ur.)*, Gradsko poglavarstvo Grada Zagreba i Hrvatski inženjerski savez, Zagreb, 109–116.
- Pribičević, B., Đapo, A., Medak, D. (2011): Geodetsko-geološka istraživanja na širem zagrebačkom području oslonjena na Geodinamičku mrežu Grada Zagreba, *Geodetski list*, 1, 1–19.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G. (2006): GPS Constraints on Continental Deformation in the Africa–Arabia–Eurasia Continental Collision Zone and implications for the Dynamics of Plate Interactions, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, B05411.
- Solarić, M. (1999): Suradnja srednje europskih zemalja u geodeziji i geodinamici, *Znanstveni skup Andrija Mohorovičić – 140. obljetnica rođenja, Zbornik radova, Bajić, A. (ur.)*, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 165–177.

- Šikić, K., Basch, D., Simunić, A. (1977): Osnovna geološka karta, list Zagreb, L38-80, 1:100000.
- Tomljenović, B. (2002): Strukturne značajke Medvednice i Samoborskog gorja, doktorski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Van Gelder, I. E., Matenco, L., Willingshofer, E., Tomljenovic, B., Andriessen, P. A. M., Ducea, M. N., Beniest, A., Gruić, A. (2015): The tectonic evolution of a critical segment of the Dinarides–Alps connection: Kinematic and geochronological inferences from the Medvednica Mountains, NE Croatia, *Tectonics*, Vol. 34, Issue 9, 1952–1978.
- Wessel, P., Smith, W. H. F. (2004): *The Generic Mapping Tools – Technical Reference and Cookbook*, 4th edition.
- Zagorac, Z. (1974): Interpretacija gravimetrijskog reziduala i njena primjena u području Savske i Dravske potoline, doktorski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Movement Analysis on Geodynamic Network of the City of Zagreb from Different Time Epochs

ABSTRACT. Measurements conducted on the Geodynamic Network on the City of Zagreb in the period of 18 years confirm the ever-present tectonic activity in the covered wider area around the Medvednica mountain. All GPS measurements are processed in the same way: using the latest version of the scientific GPS software GAMIT/GLOBK 10.6, which uses Kalman filter to determine the velocities from time separated GPS campaigns. All parameters of GAMIT are configured for regional or local campaign. As the reference points of the Geodynamic network, two of the most stable points in the research area were chosen. Movements of all other points in the network refer to the vector between the two points mentioned. In this way, the possibility of overestimating the movement of all points in the network for possible displacement of one single origin is avoided. In the paper an interdisciplinary geodetic and geological analysis and comparison of results obtained from periods 2008–2009 and 2009–2015 was conducted. The reason for comparing these periods is their different time period, which is one year (2008–2009) and six years (2009–2015). The results of the analysis described in this paper, clearly demonstrate the necessity of conducting this type of measurements in intervals of up to one year. Specifically, in the case of perennial time intervals between GPS campaigns comes to averaging of the movements, and actually the loss of movements on an annual basis which are extremely valuable and essential for quality analysis and understanding of the mechanism of the structural assembly of the wider Zagreb area.

Keywords: GPS, geodynamics, geodynamic network, GAMIT/GLOBK, geodetic model, geologic model.

Primljeno / Received: 2016-07-21

Prihvaćeno / Accepted: 2016-08-25

UDK 551.46.082:556.55(497.5):528.063.4:528.067:311
Izvorni znanstveni članak / Original scientific paper

Batimetrijska izmjera jezera Skradinskog buka

Ante ŠILJEG – Zadar¹, Mladen JURIŠIĆ – Osijek²,
Ivan MARIĆ – Zadar¹

SAŽETAK. Batimetrijsko istraživanje jezera na Skradinskom buku obuhvaćalo je širok spektar aktivnosti koje su se provodile u nekoliko faza prema standardima Međunarodne hidrografske organizacije. Mjerenja su izvedena integriranim mjernim sustavom koji je uključivao tri glavne sastavnice: jednosnopni dubinomjer Hydrostar 4300 i GPS uređaje Ashtech Promark 500 – bazni (base) i Thales Z-Max – pokretni (rover). Područje premjera obuhvatilo je 8 jezera ukupne površine 5,677 ha. Ukupno su prikupljene 2623 točke. Istraživanje je provedeno u svrhu: izrade batimetrijskih karta, klasifikacije jezerskog dna, upravljanja i zaštite flore i faune, infrastrukture podataka, turizma i ostalog. Osnovni su ciljevi rada: usporediti učinkovitost metoda interpolacije, odrediti najprikladnije interpolatore za izradu rasterskih modela jezera, izračunati površinu i volumen jezera i usporediti razlike u izračunu između rasterskih modela. Točnost metoda interpolacije ispitana je analizom 8 statističkih parametara koji su dobiveni metodom unakrsnog vrednovanja (cross-validation). Osim analize parametara, interpolacijske metode uspoređene su i vizualno, grafičkim prikazom podataka (dvodimenzionalno i trodimenzionalno). Utvrđeno je da je multikvadratna radijalna osnovna (ROF) metoda po svim parametrima najbolja deterministička, a obični kriging najbolja geostatistička metoda interpolacije. Izrađene su prve batimetrijske karte jezera na Skradinskom buku u Republici Hrvatskoj. Prikazani su novi znanstvenometodološki utemeljeni podaci o batimetrijskim značajkama, površini i volumenu jezera.

Ključne riječi: batimetrijska izmjera, jednosnopni dubinomjer, determinističke i geostatističke metode interpolacije, srednja kvadratna pogreška, Skradinski buk.

1. Uvod

Hidrografska izmjera obuhvaća proces mjerenja, proučavanja i prikaza konfiguracije dna oceana, mora, jezera, rijeka i drugih oblika vode na Zemlji (NOAA 1976). Hidrografija je grana primijenjene znanosti koja se bavi izmjerom i opisom fizičkih karakteristika vodnog dijela Zemljine površine s obalnim područjima (Schiller i dr.

¹ doc. dr. sc. Ante Šiljeg, Odjel za geografiju, Sveučilište u Zadru, Trg kneza Višeslava 9, HR-23000 Zadar, Hrvatska, e-mail: asiljeg@unizd.hr,

Ivan Marić, mag. geogr., Odjel za geografiju, Sveučilište u Zadru, Trg kneza Višeslava 9, HR-23000 Zadar, Hrvatska, e-mail: imariczadar@net.hr,

² prof. dr. sc. Mladen Jurišić, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Sveučilište J. J. Strossmayer u Osijeku, Trg Sv. Trojstva 3, HR-31000 Osijek, Hrvatska, e-mail: mjurisic@pfos.hr

2012). Glavni je cilj većine hidrografskih istraživanja dobivanje egzaktnih podataka za izradu pomorskih karata s naglaskom na mogućnosti koje utječu na sigurnost plovidbe (IHO 2005, Šiljeg i dr. 2015).

Suvremena batimetrija (grč. *bathus* – dubina) grana je hidrografije, a predstavlja znanost o određivanju dubina, odnosno utvrđivanju fizičkih značajki dna na temelju analize podataka iz snimljenih profila (Sandwell i dr. 2001, Šiljeg i dr. 2015). Predmet joj je istraživanja dno i njegov prikaz (Đapo i Medved 2003, Medak i dr. 2008).

Postoje različite metode i tehnike batimetrijske izmjere koje ovise o kompleksnosti projektnog zadatka (Smith i Sandwell 2004, Medak i dr. 2008, Šiljeg i dr. 2015). Zahtjevi za pouzdanim batimetrijskim kartama raznoliki su, a očituju se u procjeni opasnosti od tsunamija, planiranju komunikacijskih kanala i plinovoda (Sandwell i dr. 2001).

Danas su, bez obzira na rapidni razvoj tehnologije, većina prikupljenih (izmjerenih) podataka točkasti uzorci. Da bi se odredile fizičke značajke dna jezera, dobile kontinuirane površine, potrebno je procijeniti vrijednosti na neuzorkovanim područjima korištenjem pritom različite metode interpolacije (Collins i Bolstad 1996, Hartkamp i dr. 1999, Hu i dr. 2004, Naoum i Tsanis 2004).

Osnovni su ciljevi rada: 1) usporedba metoda interpolacije te određivanje najprikladnijih interpolatora za izradu rasterskih modela jezera, korištenjem pritom metodu unakrsne provjere, 2) određivanje najprimjerenije prostorne rezolucije, 3) izračun volumena jezera.

Za potrebe ostvarivanja ciljeva rada izvedena je batimetrijska izmjera osam jezera na Skradinskom buku. Područje premjera utjecalo je na izbor metoda batimetrijske izmjere, a obuhvatilo je ukupnu površinu jezera od 5,677 hektara.

Prikupljeni podaci poslužili su za generiranje batimetrijskih karata, turističkih panoa te perspektivnih prikaza dna jezera. Svi izlazni rezultati izvedeni su iz digitalnih modela reljefa jezera koji su u rasterski orijentiranom GIS-u osnova za izvođenje topografskih atributa ili generalnih informacija o terenu (Dikau i dr. 1995, Bishop i Shroder 2000, Millaresis i Argialas 2000).

Batimetrijska izmjera jezera na Skradinskom buku provedena je radi: izrade batimetrijskih karta, klasifikacije jezerskog dna, upravljanja i zaštite flore i faune, infrastrukture podataka, turizma itd. Primarna svrha trebala bi biti izrada batimetrijskih karta i različitih digitalnih analiza reljefa jezera za potrebe turizma i daljnjih istraživanja. Dobiveni su prvi egzaktni podaci o površini, opsegu vodnog lica jezera i volumenu svih osam jezera.

Tijekom istraživanja plan izmjere obuhvaćao je širok spektar aktivnosti, a sastojao se od nekoliko faza koje su prilagođene standardima hidrografske organizacije.

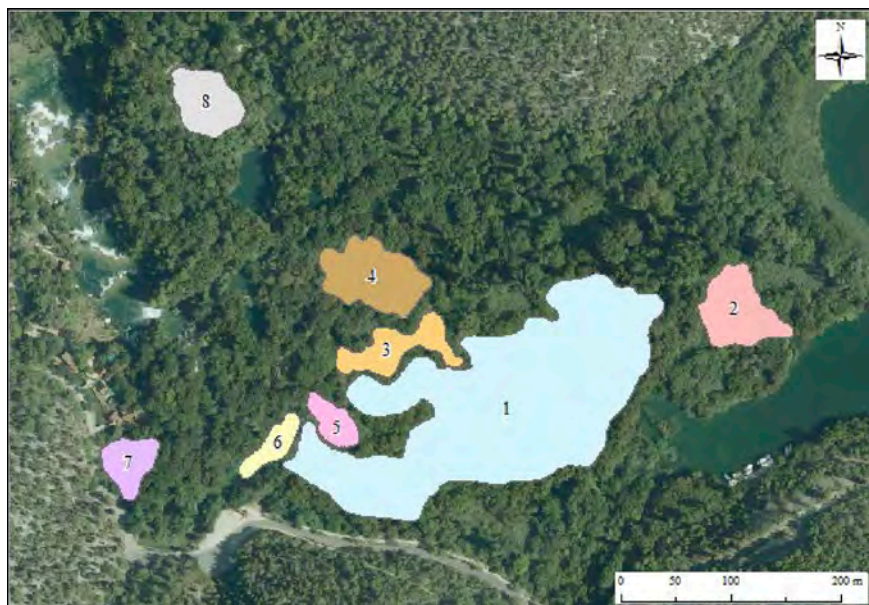
2. Područje istraživanja

Skradinski buk najveće je sedreno slapište Europe. Slap čine sedrene kaskade, otoci i jezera (slika 1). Područje premjera obuhvatilo je osam jezera (tablica 1). Područje jezera na Skradinskom buku karakterizira: znatna vertikalna raščlanjenost reljefa; bujna vegetacija u obalnom pojasu jezera; sezonske oscilacije razine jezera; nedostupnost do pojedinih jezera; protok vode.

Za batimetrijski premjer ekonomična je i efikasna uporaba jednosnopnog ultrazvučnog dubinomjera. Prednost je te tehnologije niža cijena opreme i lakša obrada izmjerenih podataka. Danas jednosnopni dubinomjeri imaju centimetarsku točnost (IHO 2005).

Tablica 1. Osnovni podaci o jezerima na Skradinskom buku.

Oznaka jezera	Naziv jezera	Opseg vodnog lica (m)	Površina vodnog lica (m ²)	Volumen (m ³)
1	Jezero pod Pločom	1248,450	36894,297	1328223,00
2	Jezero Vrtača nad Jarugom	270,732	4007,498	156140,86
3	Jezero Draga	346,256	3010,444	123971,80
4	Jezero Nad Pilama	306,940	4953,175	172860,20
5	Jezero Dedinac	160,758	1416,385	59056,97
6	Jezero Mala vrtača	181,457	1376,715	57601,30
7	Šupukovo jezero	184,585	1999,462	74848,93
8	Marasovića jezero	213,683	3116,920	86462,73
	Ukupno	2912,861	56774,895	2059165,79



1 = Jezero pod Pločom; 2 = Jezero Vrtača nad Jarugom; 3 = Jezero Draga; 4 = Jezero Nad Pilama; 5 = Jezero Dedinac; 6 = Jezero Mala vrtača; 7 = Šupukovo jezero; 8 = Marasovića jezero

Slika 1. Područje batimetrijskog istraživanja.

3. Metode i materijali istraživanja

3.1. Plan batimetrijske izmjere

Tijekom batimetrijske izmjere iznimno je važno detaljno planiranje koje omogućava praćenje razvoja i organizaciju izmjere. Plan izmjere obuhvaćao je širok spektar aktivnosti i sastojao se od nekoliko faza: 1) određivanja točnog područja istraživanja; 2) utvrđivanja svrhe batimetrijske izmjere; 3) primjene metode izmjere (tehnika, točnost, horizontalni i vertikalni referentni geodetski sustav, oprema itd.); 4) vremenskog roka (duži ili kraći); 5) prikupljanja različitih sekundarnih podataka (aerosnimke, vodostaj, protok, temperatura itd.); 6) uzimanja u obzir ograničavajućih faktora (proračun, logistika itd.); 7) obrade podataka (konvertiranje, filtriranje, metode interpolacije itd.).

3.2. Korištena oprema

Za batimetrijski premjer korišten je gumenjak (slika 2) dužine 2 metra. Batimetrijska mjerenja izvedena su integriranim mjernim sustavom (slika 3) koji je uključivao tri glavne sastavnice: dubinomjer Hydrostar 4300 i GPS uređaje Ashtech Promark 500 i Thales Z-Max (slika 4).



Slika 2. Korišteni gumenjak s montiranim drvenim nosačem.

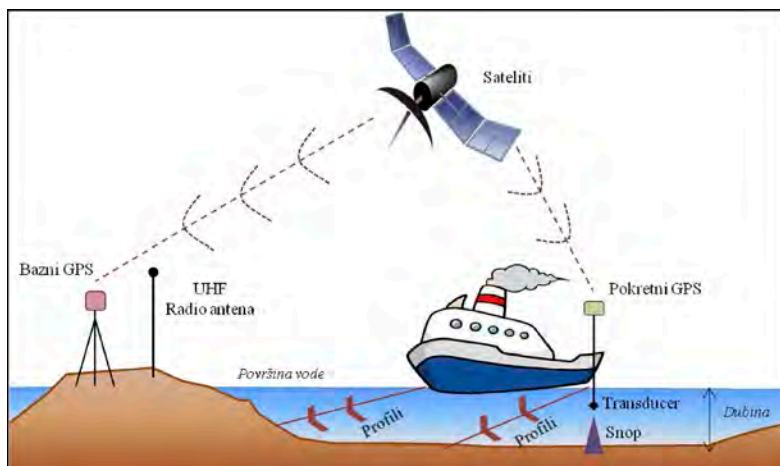


Slika 3. Pokretni GPS i dvofrekventna sonda.



Slika 4. Bazni GPS i UHF antena.

Osnovni profili mjerenja isplanirani su okomito na nagib reljefa. Nakon toga uneseni su u kontroler Allegro, koji je omogućio navođenje čamca na linije profila (slika 5). Planirane linije premjera (osnovni batimetrijski profili) osigurale su odgovarajuću pokrivenost odnosno dovoljno veliku rezoluciju u području premjera. U premjer je bio uključen i manji broj poprečnih profila koji se međusobno presijecaju s glavnim profilima, što je omogućilo usporedbu a time i kontrolu izmjerenih dubina u profilima.



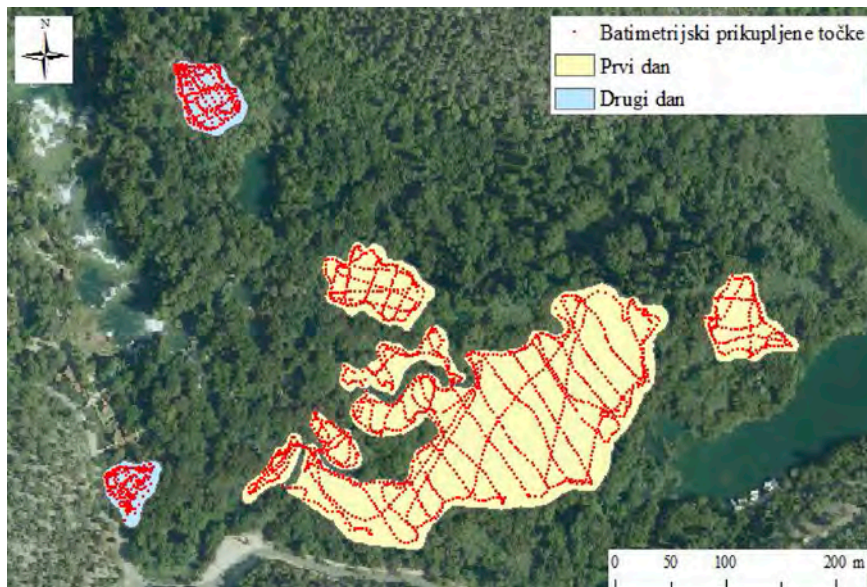
Slika 5. Integralni mjerni sustav – kombinacija GPS-RTK i dubinomjera.

3.3. Vremenski rok

Vremenski rok i dan početka premjera bili su uvjetovani vodostajem, protokom, vremenskim uvjetima i obvezama tima. Vodostaj je važan zbog nemogućnosti registriranja dubina dubinomjera u područjima jezera plićim od 0,5 metara, a protok zbog instaliranja integralnog mjernog sustava. Vremenski uvjeti su bitni zbog mogućnosti plovidbe i kvalitetne registracije podataka. Npr. vjetar, kiša, valovi i hladnoća ograničavajući su faktori (to se posebno odnosi na jezero 1). Mjerenja su obavljena u dvije faze (slika 6): 1) 16. prosinca 2013. godine i 2) 19. prosinca 2013. godine.

U prvoj fazi premjereno je 51 658,513 m² (područje jezera od 1 do 6) istočnog (gornjeg) dijela jezera na Skradinskom buku. Ukupna dužina premjerenih profila iznosila je 7,21 km, a broj prikupljenih točaka 2051. Vremenski uvjeti bili su idealni za plovidbu i premjer. Ograničavajući faktori u tom dijelu jezera bili su gusta vegetacija u rubnim dijelovima jezera (tršćaci i stabla). Premjer se stoga nije mogao obaviti u vegetacijskom razdoblju, jer su krošnje stabala onemogućavale ispravan rad integralnog mjernog sustava.

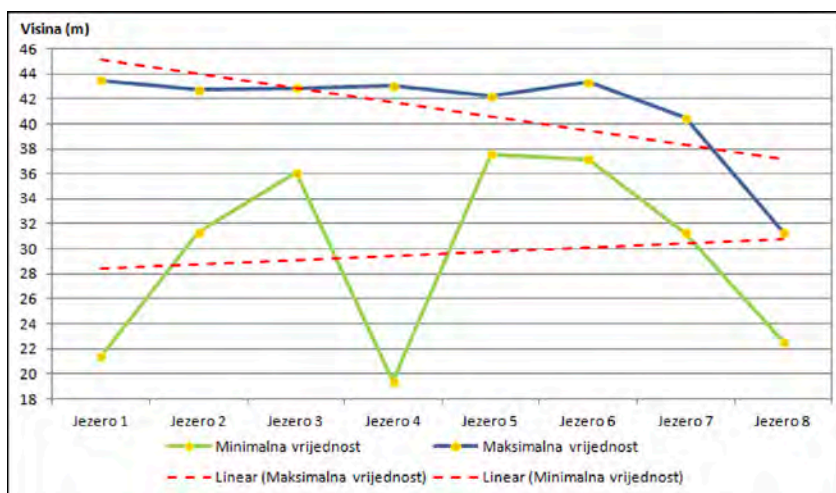
U drugoj fazi premjereno je (područje jezera 7 i 8) 5116,382 m² zapadnog (donjeg) dijela jezera na Skradinskom buku. Ograničavajući faktori bili su znatno veći: gusta vegetacija u rubnim dijelovima jezera (trstici i stabla), dostupnost i udaljenost jezera (dostupnost se odnosi na veliku vertikalnu raščlanjenost pojedinih jezera, čime je onemogućena instalacija opreme; udaljenost se odnosi na otežano



Slika 6. Faze i plan batimetrijske izmjere jezera na Skradinskom buku.

fizičko dopremanje opreme po turističkim stazama do jezera 8), protok (brzina protoka i dostupnost onemogućile su premjer dvaju jezera).

Ukupna dužina premjerenih profila iznosila je 1,7 km, a broj prikupljenih točaka 572. Raspored, gustoća i karakteristike prikupljenih visinskih točaka (tablica 2) uvjetovani su površinom, izgledom, dostupnosti do pojedinih dijelova jezera i planom izmjere (slika 7).



Slika 7. Prikaz minimalnih i maksimalnih vrijednosti prikupljenih visinskih točaka.

Tablica 2. Osnovni podaci o batimetrijski prikupljenim točkama.

Oznaka	Naziv jezera	Broj visinskih točaka	Minimalna vrijednost (m)	Maksimalna vrijednost (m)	Raspon vrijednosti (m)	Zbroj vrijednosti (m)	Srednja vrijednost (m)	Standardno odstupanje (m)
1	Jezero pod Pločom	1218	21,463	43,492	22,029	44393,42	36,447	4,168
2	Jezero Vrtača nad Jarugom	197	31,325	42,721	11,396	7576,109	38,457	3,141
3	Jezero Draga	155	36,137	42,889	6,752	6160,852	39,747	1,637
4	Jezero Nad Pilama	272	19,382	43	23,618	9079,832	33,381	6,223
5	Jezero Dedinac	102	37,576	42,258	4,682	4118,808	40,380	1,273
6	Jezero Mala vrtača	107	37,184	43,36	6,176	4210,474	39,350	1,397
7	Šupukovo jezero	226	31,263	40,487	9,224	7847,881	34,725	2,243
8	Marasovića jezero	346	22,569	31,338	8,769	9314,565	26,920	2,108

3.4. Sekundarni podaci

Dobivanje sekundarnih podataka je proces koji je uključivao prikupljanje svih podataka potrebnih za optimalno planiranje batimetrijske izmjere. DOF i HOK korišteni su kao podloge za isrtavanje okvirne granice jezera i profila. Pomoću izohipsi s HOK-a je analiziran reljef, nakon čega je utvrđen pravac pružanja profila.

Analizom aerofotogrametrijskih podataka dobivenih od DGU-a posredstvom NP Krka, uočeno je da linija visokih voda nije jasno utvrđena. Razlog su mala jezera i bujna vegetacija. Čak ni terenskim radom ne može se pouzdano odrediti granica koja bi reprezentirala određeni vodostaj, jer se granica između vodene i kopnene površine neprestano mijenja. Stoga je granica određena na temelju predloška, DOF-a i terenskih zapazanja.

Odlučeno je da se linija granice jezera interpolira na temelju podataka o dubinama i visinama (dodani skup visinskih točaka) izvan prije definirane granice obalne linije. Na taj način moguće je u softveru zadati određeni vodostaj i tada odrediti površinu jezera. Podaci o temperaturi bitni su zbog izračuna brzine zvuka u vodi. Dobivena vrijednost važan je parametar prilikom kalibracije dubinomjera.

3.5. Obrada batimetrijskih podataka

Izmjereni podaci su preko kontrolora Juniper System-Allegro i programskog paketa Fast Survey prebačeni u stolno računalo na daljnju obradu i interpretaciju. Obrada podataka uključivala je filtriranje podataka od šumova, podešavanje provjerenih dubina na zajedničku referentnu razinu i na kraju interpolaciju.

Filtriranje podataka izvedeno je pomoću kreiranog programa koji omogućuje uklanjanje grubih pogrešaka u registraciji podataka.

Pri mjerenju dubine ultrazvučnim dubinomjerom pojavljivali su se šumovi. Pojednostavljeno rečeno, ultrazvučni se snop odbija od prve prepreke na koju naiđe, dubinomjer određuje udaljenost i prikazuje ju kao dubinu. To npr. mogu biti različiti materijali u vodi, plankton, riba ispod transducera ili vrhovi vegetacije na dnu. Sve te šumove potrebno je ili reducirati ili filtrirati da bi se dobili korektni i upotrebljivi podaci.

3.6. Metode interpolacije

Interpolacija se definira kao proces determinističke ili geostatističke procjene vrijednosti neuzorkovanih područja na temelju skupa izmjerenih vrijednosti s poznatim koordinatama, u svrhu dobivanja kontinuirane površine s nizom vrijednosti (Šiljeg 2013). Iako postoji dosta radova koji istražuju točnost interpolacijskih metoda u generiranju digitalnih modela reljefa, još uvijek se javlja potreba za njihovom procjenom (Chaplot i dr. 2006, Šiljeg i dr. 2015).

U radu su uspoređene tri metode interpolacije implementirane unutar ekstenzije *Geostatistical Analyst*. Od determinističkih metoda korištene su inverzna udaljenost (*inverse distance weighting* – IDW) i radijalna osnovna funkcija (ROF) – multikvadratna (*radial basis function* – MQ). Od geostatističkih metoda korišten je obični kriging (*ordinary kriging* – OK).

Inverzna udaljenost je često korištena metoda interpolacije (Li i Heap 2008). Glavni faktor koji utječe na točnost izlaznih rezultata je eksponent udaljenosti (*power*). Radijalne osnovne funkcije egzaktni su interpolator, a upotrebljava se više radijalnih Kernelovih funkcija, među ostalim i multikvadratnu. Na temelju njih definira se optimalni skup težinskih koeficijenata koji se dodjeljuju izmjerenim točkama, ovisno o udaljenosti (Šiljeg i dr. 2015).

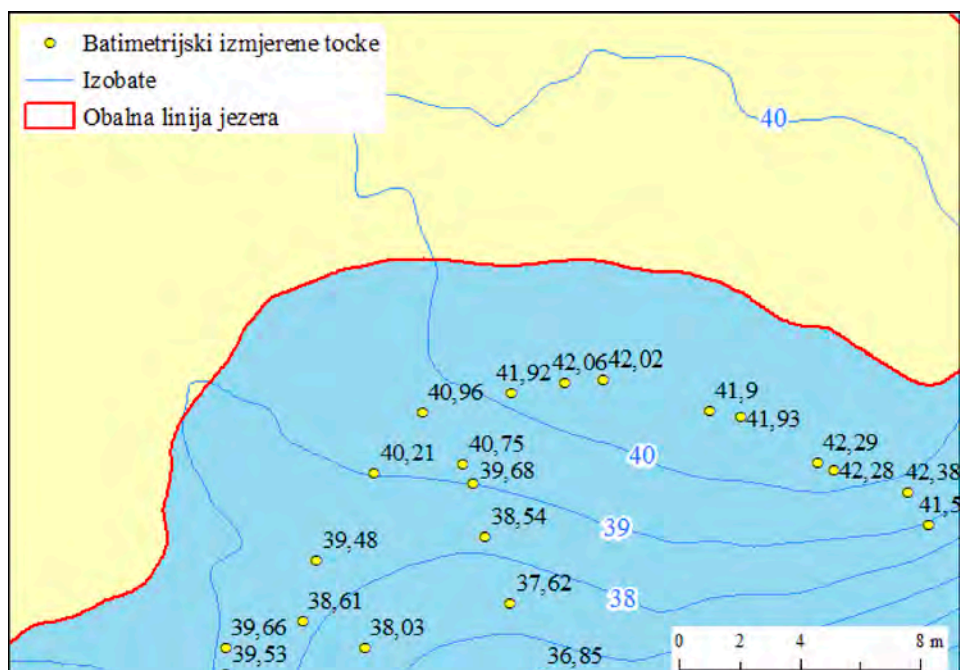
Kriging je geostatistička interpolacijska metoda svrstana u kategoriju najboljega linearnog nepristranog procjenitelja. Smatra se najzahtjevnijom metodom interpolacije, za čije je pravilno i uspješno korištenje potrebno opsežno znanje (Medved i dr. 2010, Šiljeg 2013). Kriging zadržava trendove koji su izraženi u ulaznim podacima, odnosno njihove vrijednosti pri postupku interpolacije uzima kao fiksne (Medved i dr. 2010). U radu je najprikladnija metoda interpolacije odabrana na temelju 8 statističkih parametara (Šiljeg i dr. 2015). Od statističkih parametara treba izdvojiti parametar standardne devijacije ili srednje kvadratne pogreške. Ona je u svijetu najkorištenija mjera za ocjenjivanje točnosti digitalnih modela (Yang i Hodler 2000, Aguilar i dr. 2005). Za usporedbu točnosti metoda interpolacije korištena je metoda unakrsnog vrednovanja (*cross-validation*).

4. Rezultati istraživanja

4.1. Interpolacija podataka prikupljenih batimetrijskom izmjerom

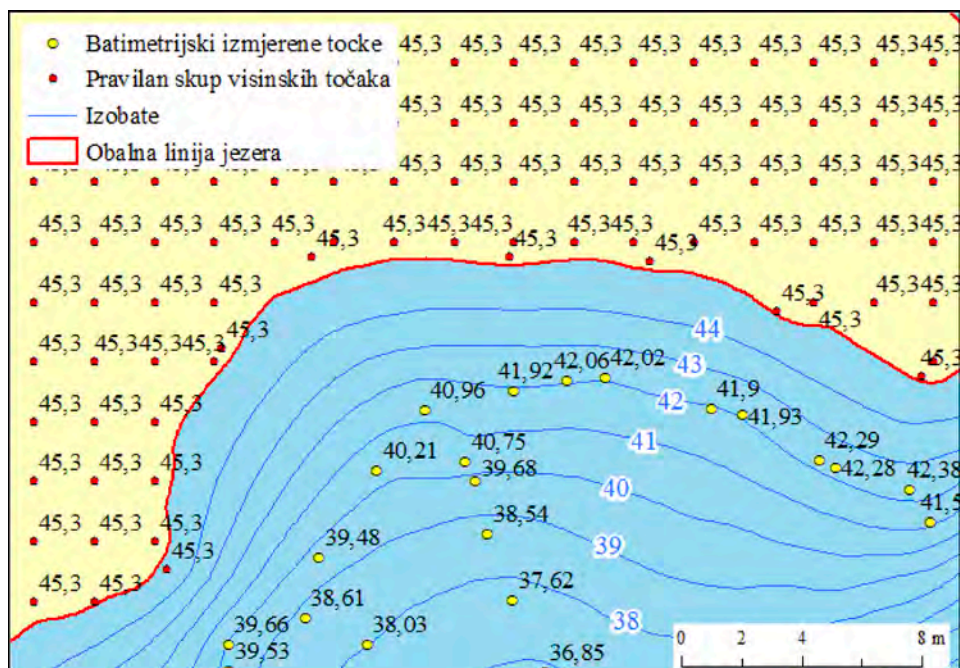
Kako bi se dobile kontinuirane površine potrebne za proučavanje, a time i poznavanje dna jezera na Skradinskom buku, treba procijeniti vrijednosti na neuzorkovanim područjima koristeći pritom interpolacijske metode.

Za statističku usporedbu metoda interpolacije korištena je metoda unakrsnog vrednovanja. Deskriptivna statistika izračunata je posebno za svako jezero. Razlozi su sljedeći: različita površina vodnog lica jezera i gustoća uzorkovanja prilikom prikupljanja visinskih podataka. U slučaju korištenja samo visinskih točaka prikupljenih batimetrijskom izmjerom pojavio bi se problem ekstrapolacije u obalnim područjima jezera (slika 8). Taj problem riješen je dodavanjem pravilnog skupa visinskih točaka (razmak između točaka 2 metra) oko svakog jezera (slika 9). Dakle, ako se na područje kopna ne postave točke s istim vrijednostima dubina, pogreške u obalnim područjima modela bit će izrazito velike, što će utjecati na izlazne rezultate naknadnih analiza (slika 8). U istraživanju je dokazano da generalno postoje i znatnija odstupanja između izobata s istim vrijednostima kada se kao ulazni podaci upotrebljavaju samo batimetrijski izmjerene točke i kada je istima pridodan pravilni skup visinskih točaka. Odstupanja su uvjetovana većim brojem visinskih točaka, što se reflektira na promjenu interpolacijskih parametara. Kod determinističkih metoda to se odnosi na eksponent udaljenosti (primarni parametar) i udaljenost, a kod geostatističkih na gotovo sve parametre pri kreiranju semivariograma.



Slika 8. Problem ekstrapolacije u obalnim područjima jezera.

Kod determinističkih metoda interpolacije na izlazne rezultate standardne devijacije i drugih statističkih parametara utječu eksponent udaljenosti, broj susjeda, udaljenost i tip sektora (tablica 3). Za sve determinističke metode vrijedi pravilo da eksponent udaljenosti ovisi o broju susjeda i tipu sektora. Povećanjem



Slika 9. Primjer mogućeg rješenja ekstrapolacije u obalnim područjima.

eksponenta udaljenosti, smanjuje se utjecaj (težinski koeficijent) onih točaka koje su udaljenije.

Za determinističke metode interpolacije udaljenost za svako jezero je različita (tablica 3). Korišten je kružni izotropni model. Glavna je pretpostavka da na točku za koju se procjenjuje vrijednost okolne izmjerene točke utječu ravnomjerno (bez definiranog smjera).

Brojem susjeda određuje se koliko će točaka utjecati na izlazni rezultat točke za koju se procjenjuje vrijednost. Broj susjeda koji su utjecali na izlazne rezultate točke za koju se procjenjuje vrijednost bio je 15. Može se zaključiti da je nepotrebno povećavati broj susjeda koji bi trebali utjecati na izlazne rezultate točaka za koje se procjenjuje vrijednost.

U ekstenziji *Geostatistical Analyst* postoje četiri tipa sektora: sektor bez podjele, sektor podijeljen na četiri dijela, sektor podijeljen na četiri dijela pod nagibom od 45° i sektor podijeljen na osam dijelova. Dakle, o odabranom sektoru ovisi broj i raspored susjednih točaka. Na izlazne rezultate geostatističkih metoda utječe izrađeni semivariogram, broj susjeda i tip sektora. Pri kreiranju semivariograma najvažniji su parametri teorijski model i udaljenost na kojoj se podaci uspoređuju. Oni utječu na doseg, prag i odstupanje, a time i na izlazne statističke pokazatelje. Za razliku od determinističkih metoda interpolacije, udaljenost je kod geostatističkih metoda podijeljena na odmake.

Tablica 3. *Parametri metoda interpolacije.*

Oznaka jezera	Metoda interpolacije	EkspONENT udaljenosti (m)	Model	Doseg (m)	Prag (m)	Odstupanje	Odmak	Udaljenost (m)	Broj odmaka	Broj susjeda	Sektor (kvadrant)
Jezero 1	IDW	2						120,960		15	1
	MQ	0						120,960		15	1
	OK		Sferni	149,193	8,056	0	18,386	220,632	12	5	4 (45°)
Jezero 2	IDW	2						42,145		15	1
	MQ	0						42,145		15	1
	OK		Sferni	58,900	5,722	0	7,350	88,2	12	5	4 (45°)
Jezero 3	IDW	2						44,418		15	1
	MQ	0						44,418		15	1
	OK		Sferni	42,176	2,486	0	4,513	54,156	12	5	4 (45°)
Jezero 4	IDW	2						44,905		15	1
	MQ	3,018						44,905		15	1
	OK		Sferni	60,515	22,320	0	7,905	94,86	12	5	4 (45°)
Jezero 5	IDW	2						25,811		15	1
	MQ	0						25,811		15	1
	OK		Sferni	37,104	3,547	0	3,824	45,888	12	5	4 (45°)
Jezero 6	IDW	2						28,657		15	1
	MQ	0,172						28,657		15	1
	OK		Sferni	35,724	3,920	0	3,971	47,652	12	5	4 (45°)
Jezero 7	IDW	2						26,518		15	1
	MQ	0,459						26,518		15	1
	OK		Sferni	37,312	17,492	0	5,018	60,216	12	5	4 (45°)
Jezero 8	IDW	2						33,301		15	1
	MQ	0,084						33,301		15	1
	OK		Sferni	46,710	10,241	0	6,163	73,956	12	5	4 (45°)

1 = Jezero pod Pločom; 2 = Jezero Vrtača nad Jarugom; 3 = Jezero Draga; 4 = Jezero Nad Pilama; 5 = Jezero Dedinac; 6 = Jezero Mala vrtača; 7 = Šupukovo jezero; 8 = Marasovića jezero

Za sve metode broj odmaka (klasa) bio je 12 (optimalan broj u korištenom softveru). Kod geostatističkih metoda optimiziran broj susjeda je 5, a s obzirom na sektor (4 pod nagibom od 45°) broj susjeda koji utječu na točku za koju se procjenjuje vrijednost je 20.

Tablica 4. Rezultati za metodu unakrsnog vrednovanja.

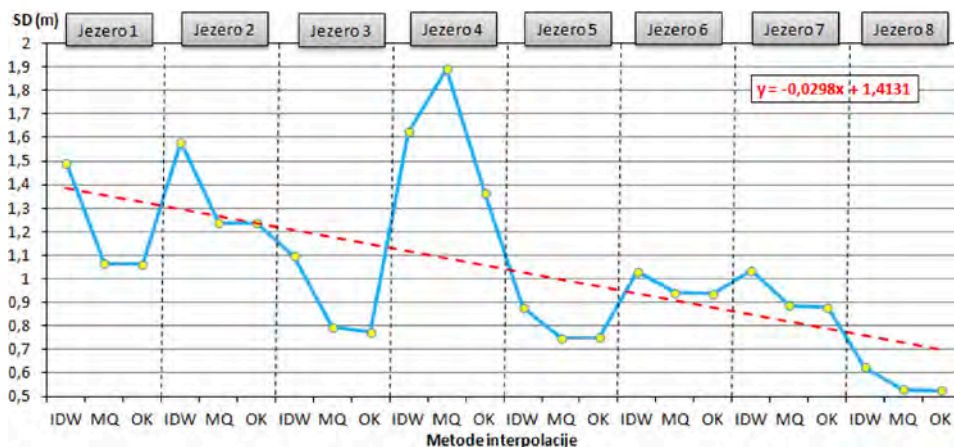
Oznaka jezera	Metoda interpolacije	Broj izmjerenih točaka	Minimalna vrijednost (m)	Maksimalna vrijednost (m)	Doseg (m)	Zbroj vrijednosti (m)	Srednja vrijednost (m)	Varijanca (m ²)	Standardno odstupanje (m)
Jezero 1	IDW	1218	-4,915	9,996	14,911	844,911	0,694	2,222	1,491
	MQ	1218	-4,772	8,626	13,398	262,914	0,216	1,135	1,065
	OK	1218	-4,821	8,586	13,407	260,992	0,214	1,126	1,061
Jezero 2	IDW	197	-3,967	7,605	11,572	138,763	0,704	2,500	1,581
	MQ	197	-4,374	6,047	10,421	37,639	0,191	1,531	1,237
	OK	197	-4,309	6,052	10,361	35,692	0,181	1,532	1,238
Jezero 3	IDW	155	-1,608	4,417	6,025	135,891	0,877	1,202	1,096
	MQ	155	-1,641	2,864	4,505	56,916	0,367	0,630	0,794
	OK	155	-1,637	2,834	4,471	52,709	0,340	0,599	0,774
Jezero 4	IDW	272	-5,547	5,767	11,314	162,337	0,597	2,643	1,626
	MQ	272	-7,841	7,644	15,484	8,496	0,031	3,577	1,891
	OK	272	-4,831	4,768	9,599	56,447	0,208	1,864	1,365
Jezero 5	IDW	102	-0,090	3,966	4,056	120,615	1,182	0,773	0,879
	MQ	102	-1,106	3,028	4,134	41,040	0,402	0,561	0,749
	OK	102	-0,920	3,142	4,062	40,758	0,400	0,562	0,750
Jezero 6	IDW	107	-4,044	3,170	7,214	40,933	0,383	1,063	1,031
	MQ	107	-3,716	2,966	6,682	22,350	0,209	0,885	0,941
	OK	107	-3,360	2,952	6,312	23,525	0,220	0,875	0,935
Jezero 7	IDW	226	-2,121	5,935	8,056	46,849	0,207	1,076	1,037
	MQ	226	-2,480	3,941	6,422	38,648	0,171	0,787	0,887
	OK	226	-2,114	3,842	5,956	41,274	0,183	0,774	0,880
Jezero 8	IDW	346	-2,216	2,756	4,971	51,968	0,150	0,390	0,624
	MQ	346	-2,064	2,399	4,463	30,099	0,087	0,282	0,531
	OK	346	-2,010	2,415	4,424	29,132	0,084	0,277	0,526

1 = Jezero pod Pločom; 2 = Jezero Vrtača nad Jarugom; 3 = Jezero Draga; 4 = Jezero Nad Pilama; 5 = Jezero Dedinac; 6 = Jezero Mala vrtača; 7 = Šupukovo jezero; 8 = Marasovića jezero

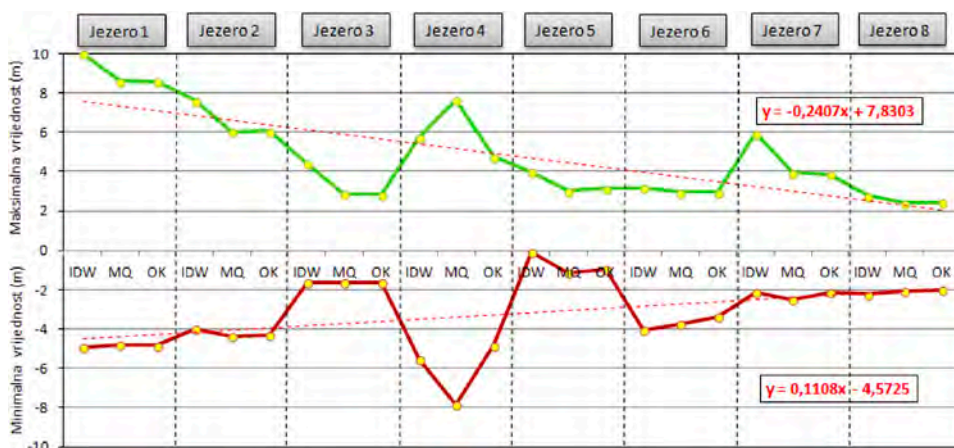
Usporedbom dviju determinističkih i jedne geostatističke metode interpolacije mogu se uočiti razlike u izlaznim vrijednostima. Iz tablica 3 i 4 vidljivo je koliko ulazni parametri, broj visinskih točaka i raščlanjenost reljefa utječu na izlazne rezultate pojedine metode interpolacije. Raspon minimalnih vrijednosti kada se

analiziraju točke unutar svih jezera posebno kreće se od $-0,09$ (jezero 5, IDW) do $-7,841$ m (jezero 4, MQ), a maksimalnih vrijednosti (m) od $2,399$ m (jezero 8, MQ) do $9,996$ m (jezero 1, IDW).

Na temelju minimalne i maksimalne vrijednosti izračunava se doseg (u m) (raspon između maksimalne i minimalne vrijednosti). Zbroj vrijednosti je pokazatelj ravnomjernosti između pozitivnih i negativnih vrijednosti. Ako je zbroj vrijednosti pozitivan, veći je udio pozitivnih vrijednosti i obrnuto. Srednja je vrijednost bitna jer upućuje na karakterizaciju distribucije frekvencija. Najbolja metoda po svim pokazateljima, generalno za svih osam jezera, geostatistička je metoda obični kriging. Standardno odstupanje za visinske točke unutar jezera kreće se od $0,526$ (jezero 8) do $1,365$ (jezero 4) (slika 10, tablica 4).



Slika 10. Standardno odstupanje za metode interpolacije.



Slika 11. Minimalne i maksimalne vrijednosti za metodu unakrsnog vrednovanja.

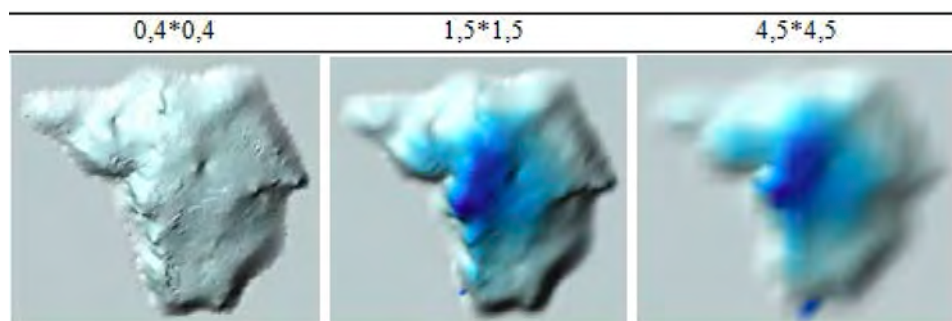
Vrijednost standardne devijacije u jezeru 4 jasan je pokazatelj utjecaja vertikalne raščlanjenosti na izlazne rezultate interpolacijskih metoda. Parametar standardne devijacije je bitan, međutim, jasno je da i najbolje metode interpolacije imaju znatne pogreške koje se kroz ovaj parametar generaliziraju (sintetiziraju), jer standardno odstupanje pokazuje odstupanje minimalnih i maksimalnih vrijednosti (slika 11).

4.2. Odabir prostorne rezolucije

Određivanje veličine piksela unutar *grida* (mreže) jedan je od središnjih problema izrade DMR-a i prostorne analize. U procesu određivanja veličine piksela potrebno je postaviti odgovarajuća znanstvena pitanja:

- 1) koju metodu upotrijebiti za odabir prostorne rezolucije
- 2) kako usporediti metode odabira prostorne rezolucije
- 3) o čemu ovise izlazni rezultati.

Uspoređene su četiri metode (tablica 5) za izračun prostorne rezolucije: McCullaghova metoda, metoda kontrolnih točaka, metoda gustoće uzoraka (*random, regular, composite*) (Šiljeg 2013).



Slika 12. Prikaz utjecaja prostorne rezolucije na izlazne rezultate (metoda OK i jezero 2).

Iz trodimenzionalnih grafičkih prikaza za jezero 2 uočljivo je da McCullaghova metoda nije dobra jer previše zaglađuje i generalizira reljefne oblike jezera (slika 12). Isto tako, vidljivi su nedostaci metode kontrolnih točaka (prostorna rezolucija 0,4 metra), posebice na zaravnjenim područjima gdje se javlja problem „pruskih šljemova“. U tablici 5 bold su označene metode koje su najprikladnije s obzirom na gustoću, raspored uzoraka i površinu jezera te analizirane dvodimenzionalne i trodimenzionalne prikaze.

Tablica 5. *Metode odabira prostorne rezolucije.*

Metoda	Formula	Jezero	Površina (m ²)	Prikupljeni broj točaka	Preporučena veličina piksela
McCullaghova	$p = \sqrt{\frac{A}{n}}$	Jezero 1	36 894,297	1218	5,5
Kontrolnih točaka	$p = 0,0791 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				0,4
Gustoće uzoraka (<i>random</i>)	$p = 0,25 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,4
Gustoće uzoraka (<i>regular</i>)	$p = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				2,8
Gustoće uzoraka (Šiljeg 2013)	$p = 0,375 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				2
McCullaghova	$p = \sqrt{\frac{A}{n}}$	Jezero 2	4 007,498	197	4,5
Kontrolnih točaka	$p = 0,0791 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				0,4
Gustoće uzoraka (<i>random</i>)	$p = 0,25 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,1
Gustoće uzoraka (<i>regular</i>)	$p = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				2,3
Gustoće uzoraka (Šiljeg 2013)	$p = 0,375 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,7
McCullaghova	$p = \sqrt{\frac{A}{n}}$	Jezero 3	3 010,444	155	4,4
Kontrolnih točaka	$p = 0,0791 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				0,3
Gustoće uzoraka (<i>random</i>)	$p = 0,25 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,1
Gustoće uzoraka (<i>regular</i>)	$p = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				2,2
Gustoće uzoraka (Šiljeg 2013)	$p = 0,375 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,6
McCullaghova	$p = \sqrt{\frac{A}{n}}$	Jezero 4	4 953,175	272	4,3
Kontrolnih točaka	$p = 0,0791 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				0,3
Gustoće uzoraka (<i>random</i>)	$p = 0,25 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,1
Gustoće uzoraka (<i>regular</i>)	$p = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				2,1
Gustoće uzoraka (Šiljeg 2013)	$p = 0,375 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,5

Tablica 5. *Metode odabira prostorne rezolucije (nastavak).*

Metoda	Formula	Jezero	Površina (m ²)	Prikupljeni broj točaka	Preporučena veličina piksela
McCullaghova	$p = \sqrt{\frac{A}{n}}$	Jezero 5	1 416,385	102	3,7
Kontrolnih točaka	$p = 0,0791 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				0,3
Gustoće uzoraka (<i>random</i>)	$p = 0,25 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				0,9
Gustoće uzoraka (<i>regular</i>)	$p = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,8
Gustoće uzoraka (Šiljeg 2013)	$p = 0,375 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,4
McCullaghova	$p = \sqrt{\frac{A}{n}}$	Jezero 6	1 376,715	107	4,2
Kontrolnih točaka	$p = 0,0791 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				0,3
Gustoće uzoraka (<i>random</i>)	$p = 0,25 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1
Gustoće uzoraka (<i>regular</i>)	$p = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				2,1
Gustoće uzoraka (Šiljeg 2013)	$p = 0,375 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,6
McCullaghova	$p = \sqrt{\frac{A}{n}}$	Jezero 7	1 999,462	226	3
Kontrolnih točaka	$p = 0,0791 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				0,2
Gustoće uzoraka (<i>random</i>)	$p = 0,25 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				0,7
Gustoće uzoraka (<i>regular</i>)	$p = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,5
Gustoće uzoraka (Šiljeg 2013)	$p = 0,375 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,1
McCullaghova	$p = \sqrt{\frac{A}{n}}$	Jezero 8	3 116,920	346	3
Kontrolnih točaka	$p = 0,0791 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				0,2
Gustoće uzoraka (<i>random</i>)	$p = 0,25 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				0,7
Gustoće uzoraka (<i>regular</i>)	$p = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,5
Gustoće uzoraka (Šiljeg 2013)	$p = 0,375 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}}$				1,1

4.3. Određivanje površine i volumena jezera

Završna faza procesa batimetrijskog istraživanja određivanje je površine i obujma ili volumena vode u jezerima na Skradinskom buku. Volumen se može definirati kao količina vode koja zauzima određeni prostor između površine i dna jezera izražen u kubičnim jedinicama. Danas se, zahvaljujući modernoj tehnologiji, postupak izračuna volumena maksimalno ubrzao (Diolaiuti i dr. 2005, Ahmed 2010).

Na tržištu su zastupljeni različiti programi koji omogućuju pregledan prikaz svih rezultata te njihovu laku usporedbu. Izlazni rezultati volumena ovise: o metodi prikupljanja podataka, raščlanjenosti dna jezera, gustoći i rasporedu točaka, prostornoj rezoluciji (veličini piksela), algoritmima i metodi interpolacije.

Volumen jezera najjednostavnije se može izračunati pomoću pravilne mreže dobivene određenom metodom interpolacije. Postupak izračuna za područje jezera na Skradinskom buku bio je jednostavan budući da je poznat broj piksela, površina (m^2) i dubina (Z) unutar koordinatnog sustava. Piksela u ovom slučaju predstavlja trodimenzionalni objekt (kocku ili kvadratnu prizmu) kojem se može izračunati volumen. Volumen se može izračunati pomoću zadane formule:

$$V = P_p \cdot B_p \cdot Z_p, \quad (1)$$

gdje su:

P_p – površina piksela

B_p – broj piksela

Z_p – visina piksela.

Radi usporedbe s drugim algoritmima, volumen je izračunat za pravilnu prostornu mrežu dobivenu metodom interpolacije koja se pokazala najboljom (obični kriging). Izlazni rezultati određivanja volumena pomoću pravilne mreže ovise ponajprije o prostornoj rezoluciji; što je ona veća to će izračun biti točniji, jer će i skokovi između piksela biti manji.

Za izračun volumena optimalno je upotrijebiti Newton-Cotesove formule: 1) produljeno trapezoidno pravilo, 2) produljeno Simpsonovo 1/3 pravilo te 3) produljeno Simpsonovo 3/8 pravilo (Press i dr. 1988).

Newton-Cotesove formule vrlo su korisne i izravne tehnike za aproksimativno izračunavanje integrala uz pomoć numeričkih metoda i algoritama (njihova uporaba rezultira različitim stupnjem pogrešaka u izračunu) (Medved i dr. 2010). Upotrebljavaju se za izračun površine i volumena različitih oblika. Simpsonovo pravilo aproksimira integral pomoću Lagrangeova polinoma koji prolazi kroz tri točke, a trapezoidno pravilo pomoću Lagrangeova polinoma koji prolazi kroz dvije točke (Palata 2003).

S obzirom na to da svaka od metoda pokazuje određenu pogrešku u procjeni volumena, izračunata je i aritmetička sredina za tri metode (tablica 6). Granicu jezera u svim modelima predstavljaju izobate koje su dobivene interpolacijom batimetrijski izmjerenih podataka o dubinama i pravilnog skupa visinskih točaka oko jezera.

Tablica 6. Podaci za vrijednost volumena, površinu i opseg vodnog lica jezera.

Metoda interpolacije	Obični kriging (<i>Ordinary Kriging – OK</i>)							
Jezero	Jezero pod Pločom	Jezero Vrtača nad Jarugom	Jezero Draga	Jezero Nad Pilama	Jezero Dedinac	Jezero Mala vrtača	Šupukovo jezero	Mara-sovića jezero
Vodostaj (m)	45	45	45	45	45	45	43,5	33
Prostorna rezolucija (m)	3,5	1,5	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5
Trapezoidno pravilo (m ³)	329184,1	29282,5	14313,3	56597,8	7795,8	7485,5	15308,7	19239,0
Simpsonovo pravilo (m ³)	329079,2	29130,0	14314,4	54943,6	7752,8	7449,2	15259,9	19134,4
Simpsonovo 3/8 pravilo (m ³)	329138,0	28298,3	13392,2	56231,5	7300,7	6925,5	15277,7	18634,1
Aritmetička sredina (m ³)	329133,8	28903,6	14006,6	55924,3	7616,4	7286,8	15282,1	19002,5
Površina vodnog lica jezera (m ²)	36894,298	4007,497	3010,441	4953,181	1416,391	1376,719	1999,459	3116,918
Opseg vodnog lica jezera (m)	1248,449	270,732	346,256	306,939	160,758	181,457	184,585	213,683

4.4. Primjer izrade turističkih panoa

Digitalni modeli reljefa dna jezera uz korištenje primjerenih tehnika vizualizacije poslužili su za izvođenje dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih prikaza i profila jezera koji su potom upotrijebljeni u izradi informativnih turističkih panoa. Vertikalni profili jezera dobiveni su presjekom vertikalne ravnine i dobivenih trodimenzionalnih prikaza jezera.

Geografska vizualizacija iskorištava umnu sposobnost da se lakše uvide i razumiju kompleksni odnosi kroz jasne vizualne oblike pružajući tako jasno razumijevanje određene pojave, smanjujući vrijeme pretraživanja te otkrivanje novih odnosa koji nisu bili primijećeni prije spomenutog procesa (Dodge i dr. 2008).

5. Zaključak

Na osam jezera Skradinskog buka izvedena je batimetrijska izmjera u svrhu generiranja digitalnih modela reljefa dna jezera. Primjenom suvremene tehnologije te upotrebom specifičnih metoda, tehnika i procedura dobiveni su pouzdani podaci koji mogu služiti kao osnova za daljnja istraživanja i analize. U radu je dokazano da se primjenom specifične tehnologije prikupljanja podataka, metodom interpolacije te prostorne rezolucije dobivaju različiti prikazi rezultata izmjere koji u manjoj ili većoj mjeri odstupaju od realnog izgleda područja. Usporedbom osam statističkih parametara kao najbolja metoda interpolacije za svih osam jezera utvrđena je geostatistička metoda obični kriging (*ordinary kriging*).

Ovisno o odabiru metode interpolacije, prostorne rezolucije, gustoće uzorkovanja te o korištenim algoritmima, mijenjanju se i podaci o izračunu volumena jezera, površine i opsega vodnog lica jezera. Kao najprimjereniji podatak o volumenima jezera korištena je aritmetička sredina vrijednosti koje su dobivene formulama produljenoga trapezoidnoga, produljenog Simpsonova 1/3 i 3/8 pravila. Dakle, na temelju dobivenih modela pouzdano su određeni površina vodnog lica, opseg vodnog lica i volumen svakog jezera.

Izrađeni digitalni modeli mogu se upotrebljavati kao ulazni podatak za izradu dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih grafičkih prikaza, različitih karata koje služe za prikaz slojnica, jezerskog reljefa sjenčanjem, žičanih modela, nagiba, itd. Vizualna komponenta ima bitnu ulogu u turizmu jer omogućuje da se izrađeni grafički prikazi usporede sa stvarnim reljefnim oblicima. Tako se posjetitelju na konkretnim primjerima (pojednostavljenim prikazima) egzaktno predočuju kompleksni reljefni oblici. Vizualizacija podataka generiranih iz digitalnog modela jezera može imati važnu ulogu u daljnjem promoviranju jezera, educiranju i podizanju svijesti o zaštiti koja je nužna za očuvanje tih prirodnih fenomena.

Važno je naglasiti značaj odabira odgovarajućega programskog paketa koji na primjeren način zadovoljava potrebe trodimenzionalnog modeliranja.

Literatura

- Aguilar, F. J., Agüera, F., Aguilar, M. A., Carvajal, F. (2005): Effects of terrain morphology, sampling density and interpolation methods on grid DEM accuracy, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 71, 7, 805–816.
- Ahmed, S. (2010): Water Volume Calculation of Hill Country Trinity Aquifer Blanco, Hays and Travis Counties, Central Texas GIS and GPS Applications in Earth Science, http://www.geo.utexas.edu/courses/371C/project/2010F/Ahmed_Project.pdf, (6. 5. 2015.).
- Bishop, M. P., Shroder, J. F. (2000): Remote sensing and geomorphometric assessment of topographic complexity and erosion dynamics in the Nanga Parbat massif, In: *Tectonics of the Nanga Parbat Syntaxis and the Western Himalaya*, Khan, M. A. et al. (ed.), Geological Society London, London, 181–199.
- Chaplot, V., Darboux, F., Bourennane, H., Leguédou, S., Silvera, N., Phachomphon, K. (2006): Accuracy of interpolation techniques for the derivation of digital elevation models in relation to landform types and data density, *Geomorphology*, 77, 1–2, 126–141.
- Collins, F. C., Bolstad, P. V. (1996): A comparison of spatial interpolation techniques in temperature estimation, In: *Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, Proceedings*, Santa Fe, New Mexico, Santa Barbara, 21–25 January, CA, USA, National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara.
- Dikau, R., Brabb, E. E., Mark, R. K., Pike, R. J. (1995): Morphometric landform analysis of New Mexico, *Zeitschrift für Geomorphologie*, N. F. Suppl.-Bd. 101, 109–126.
- Diolaiuti, G., Kirkbride, M. P., Smiraglia, C., Benn, D. I., D'Agata, C., Nicholson, L. (2005): Calving processes and lake evolution at Miage Glacier (Mont Blanc, Italian Alps), *Annals of Glaciology*, 40, 207–214.

- Dodge, M., McDerby, M., Turner, M. (2008): Geographic Visualization, Concepts, tools and applications, 1–9.
- Đapo, A., Medved, I. (2003): Trodimenzionalni geodetski model jezera šljunčare Novo Čiče, Ekscentar, 5, 13–18.
- Hartkamp, A. D., De Beurs, K., Stein, A., White, J. W. (1999): Interpolation Techniques for Climate Variables, NRG-GIS Series 99-0, CIMMYT, Mexico, D. F.
- Hu, K., Li, B., Lu, Y., Zhang, F. (2004): Comparison of various spatial interpolation methods for non-stationary regional soil mercury content, Environmental Science, 25, 3, 132–137.
- IHO (2005): Manual of Hydrography, Publication M-13, 1st edition, International Hydrographic Bureau, Monaco.
- Li, J., Heap, A. D. (2008): A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists, Geoscience Australia, Record 2008/23, Canberra.
- Medak, D., Pribičević, B., Krivoruchko, K. (2008): Geostatistička analiza batimetrijskih mjerenja na primjeru jezera Kozjak, Geodetski list, 3, 131–142.
- Medved, I., Pribičević, B., Medak, D., Kuzmanić, I. (2010): Usporedba metoda interpolacije batimetrijskih mjerenja za praćenje promjena volumena jezera, Geodetski list, 2, 71–86.
- Millaresis, G. C., Argialas, D. P. (2000): Extraction and delineation of alluvial fans from digital elevation models and Landsat Thematic Mapper images, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66, 9, 1093–1101.
- Naoum, S., Tsanis, I. K. (2004): Ranking spatial interpolation techniques using a GIS based DSS, Global Nest: the International Journal, 6, 1, 1–20.
- NOAA (1976): Hydrographic Manual, 4th edition, National Oceanic and Atmospheric Administration, US Department of Commerce.
- Palata, D. (2003): Newton-Cotesove formule numeričke integracije.
- Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., Flannery, B. P. (1988): Numerical Recipes in C, The Art of Scientific Computing, Cambridge University Press, New York.
- Sandwell, D. T., Smith, W. H., Gille, S., Jayne, S., Soofi, K., Coakley, B. (2001): Bathymetry from space, In: Report of the High-resolution Ocean topography Science working Group Meeting, 2001–2004.
- Schiller, L., Böder, V., Schenke, H. W. (2012): A comprehensive definition and systematic subdivision of hydrography, http://proceedings.utwente.nl/266/1/Hydro12_No_49_Schiller_et_al.pdf, (20. 10. 2015.).
- Smith, W. H., Sandwell, D. T. (2004): Conventional bathymetry, bathymetry from space and geodetic altimetry, Oceanography, Washington DC, Oceanography Society, 17, 1, 8–23.
- Šiljeg, A. (2013): Digitalni model reljefa u analizi geomorfometrijskih parametara – primjer PP Vransko jezero, doktorski rad, Prirodoslovno-matematički odjel, Geografski odsjek, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Šiljeg, A., Lozić, S., Šiljeg, S. (2015): A comparison of interpolation methods on the basis of data obtained from a bathymetric survey of Lake Vrana, Croatia, Hydrology and Earth System Sciences, 19, 8, 3653–3666.
- Yang, X., Hodler, T. (2000): Visual and statistical comparisons of surface modeling techniques for point-based environmental data, Cartography and Geographic Information Science, 27, 2, 165–175.

Bathymetric Measures of the Lakes Skradinski Buk

ABSTRACT. Bathymetric survey of the lake at Skradinski noise has included a wide range of activities that were carried out in several stages according to the standards of the International Hydrographic Organization. The measurements were made integrated measuring system that included three main components: sonar Hydrostar 4300 and GPS devices Ashtech Promark 500 – base (base) and Thales Z-Max – mobile (rover). Area survey included 8 lakes total area of 5.677 ha. Total has collected 2623 points. The survey was conducted for several reasons: making bathymetry map, lake bottom classification, management and protection of flora and fauna, data infrastructure, tourism and others. The main objectives of the work are to compare the efficacy of the method of interpolation, determine the most appropriate interpolator to produce raster models lakes, calculate the area and volume of the lake and to compare the differences in the calculation between raster models. The accuracy of the interpolation method was tested by analysing eight statistical parameters obtained by the method of cross-evaluation (cross-validation). Besides the analysis parameters, interpolation methods were compared and visually, the graphic representation of data (two-dimensional and three-dimensional). It was found that multiquadrics radial basic (ROF) in all parameters best deterministic, and ordinary kriging best geostatistical methods of interpolation. Made first bathymetric map of Lake at Skradinski buk in Croatia. Shown are new scientific and methodological compelling data on bathymetric features, surface and volume of the lake.

Keywords: bathymetric survey, sonar, deterministic and geostatistical interpolation methods, mean square error, Skradinski buk.

Primljeno / Received: 2016-07-18

Prihvaćeno / Accepted: 2016-08-30

Testing of Image Quality Parameters of Digital Cameras for Photogrammetric Surveying with Unmanned Aircrafts

Mateo GAŠPAROVIĆ, Dubravko GAJSKI – Zagreb¹

ABSTRACT. Nowadays, unmanned aircrafts are more frequently used for measurement purposes. Size of aircrafts is often proportional to its price and load. Aircraft load of 2–3 kg, as required to lift DSLR camera, lens and gimbal (camera stabilizer) in the air, are higher-priced (>50,000 kn). Those kinds of aircrafts have their limits within the law, but also practical limitations because of its size. With the development of autonomous small size cameras such as action cameras appeared the ability to use cheaper, smaller and unmanned aircrafts with lower load in photogrammetric purposes. Of course, to use such a camera in measuring purposes first it is necessary to carry out adequate calibration method and define the elements of internal orientation of the camera. It is important to emphasize that the geometric calibration, or the elimination of geometric errors in the mapping is the key precondition to create idealized images i.e. images of actual optical mapping. This paper researches the quality of content mapped on images with the purpose of investigating the possibility of using action cameras in measuring purposes. The study is based on objective indicators such as global statistical image quality parameters, Modulation Transfer Function and visual analysis of test field images. For the purpose of the paper a modified test field based on the ISO 12233 standard was developed and for the first time used.

Keywords: image quality, unmanned aircrafts, MTF, ISO 12233.

1. Introduction

We are witnessing the increasing use of unmanned aircrafts in measuring purposes. There is a wide range of unmanned aircrafts that can be used in the measurement purposes but a basic requirement in order to use the aircraft for photogrammetric measurement is the possibility of installing digital cameras on the aircraft. One of the limiting factors of unmanned aircrafts is its load. There are aircrafts from several hundred to several million Euros that are used in measurement and

¹ dr. sc. Mateo Gašparović, Faculty of Geodesy, University of Zagreb, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Croatia, e-mail: mgasparovic@geof.hr,

doc. dr. sc. Dubravko Gajski, Faculty of Geodesy, University of Zagreb, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Croatia, e-mail: dgajski@geof.hr.

other purposes and on it, as one of the basic measuring devices, is a digital camera. With the development of technology of digital cameras a wide range of digital cameras is produced regarding the quality, price, size and weight of the camera itself. Several years ago the market was flooded with small, so called high resolution action cameras. Such cameras are primarily developed and can be applied for documenting extreme sports, but because of their compactness they are also used in many other cases. The authors Schmidt and Rzhanov (2012) tested the possibility of using action cameras in underwater stereographic survey.

Of course, for the action cameras to be used in photogrammetric purposes it is necessary to conduct the calibration process, as well as for the other amateur cameras. In the paper Balletti et al. (2014) scientific research with the aim of determining the parameters of calibration and internal orientation in action camera was carried out. Along the process of geometric camera calibration, important information is the image quality if the camera is used for photogrammetric purposes. One of the main indicators of image quality in geometrical terms is the spatial resolution. The problem of determining image quality was researched by numerous authors in their works: Eskicioglu and Fisher (1995), Wang and Bovik (2002), Wang et al. (2004), Wang and Bovik (2009) and Gašparović and Malarić (2012). The real spatial resolution of digital camera is not set only by the number of effective pixels on image sensor matrix, but also by the quality of lens mapping, accuracy of focusing the camera lens to the object, atmospheric conditions, shutter speed and dynamics of the camera or the object. The impact of all the above mentioned elements takes into account the Modulation Transfer Function (MTF). MTF of digital images was researched by many authors in their works: Williams (1998), Burns (2000), Estriebeau and Magnan (2004), Gül and Efe (2010) and Roland (2015).

In this paper the most important parameters for evaluating the image quality taken with Nikon D800E camera and Xiaomi Yi action camera will be given. On the basis of objective indicators comparison of the two cameras, conclusion and possibilities of action cameras application in the aerial photogrammetry will be given.

2. Image quality parameters

The image quality can be assessed by objective and visual methods. Image quality expressed in the resolution values, or the ability of recognizing number of lines per image height (LN/H) can be obtained by simply reviewing the image of the test fields template developed for the purposes of this research (Fig. 5). Such a parameter may be determined in different parts of the images and of course, in different axis.

Objective parameters for assessing the image quality can be divided in two categories: global statistical image quality parameters and MTF (Modulation Transfer Function).

2.1. Global statistical image quality parameters

For the purpose of this paper global statistical image quality parameters are:

- RMSE (Root Mean Squared Error)
- PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)
- SNR (Signal-to-Noise Ratio)
- Korr (Correlation coefficient)
- σ (Standard deviation).

Formulas for statistical indicators SNR, RMSE, PSNR and Korr are given in the expressions (Gašparović and Malarić 2012, Gašparović 2015):

$$\text{Korr} = \frac{\sum_0^{n_x-1} \sum_0^{n_y-1} [(r(x,y) - \bar{r})(t(x,y) - \bar{t})]}{\sqrt{\sum_0^{n_x-1} \sum_0^{n_y-1} [r(x,y) - \bar{r}]^2 \sum_0^{n_x-1} \sum_0^{n_y-1} [t(x,y) - \bar{t}]^2}} \tag{1}$$

$$\text{SNR} = 10\log_{10} \left[\frac{\sum_0^{n_x-1} \sum_0^{n_y-1} [r(x,y)]^2}{\sum_0^{n_x-1} \sum_0^{n_y-1} [r(x,y) - t(x,y)]^2} \right] \tag{2}$$

$$\text{MSE} = \frac{1}{n_x n_y} \sum_0^{n_x-1} \sum_0^{n_y-1} [r(x,y) - t(x,y)]^2 \tag{3}$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\text{MSE}} \tag{4}$$

$$\text{PSNR} = 10\log_{10} \frac{L^2}{\text{MSE}}, \tag{5}$$

where L is the dynamical range of allowable image pixel intensities. For 8-bit image L is $2^8 = 256$. Variables $r(x,y)$ and $t(x,y)$ represent two visual images, discrete signals, where n_x and n_y are numbers of matrix columns and rows, \bar{r} and \bar{t} are the mean raster matrix.

From conducted previous research (Gašparović and Malarić 2012, Gašparović 2015) and researching literature (Wang et al. 2004, Wang and Bovik 2009) it is known that greater value of PSNR, SNR and Korr or lower RMSE values and σ indicates a better and more accurate image. That kind of image represents a higher quality input, with higher spatial resolution and more realistic radiometric characteristics which is the foundation for further photogrammetric survey.

2.2. Modulation Transfer Function

Modulation Transfer Function is a value expressing how faithfully a system has mapped the taken scene, or the ratio of the output modulation produced by the system, and input modulation of spatial frequency (Holst 1998). Digital record of the taken scene, due to the imperfections of electro-optical system through which it was created, will not be identical to the real scene. This happens due to the limitations of certain parts of the system where it creates image. Modulation (M) is a variation of a sinusoidal signal around its mean value (Fig. 1), which can be described in the expression (Boreman 2001):

$$M = \frac{V_{\text{MAX}} - V_{\text{MIN}}}{V_{\text{MAX}} + V_{\text{MIN}}}, \tag{6}$$

where V_{MAX} and V_{MIN} are maximum and minimum signal values.

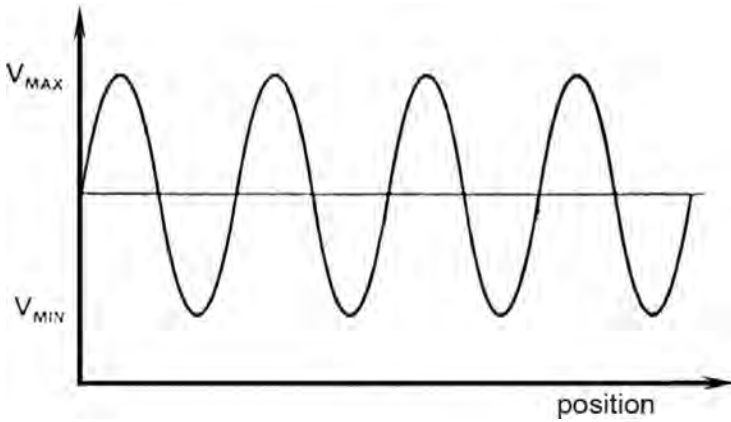


Fig. 1. The definition of modulation described in expression (6) (Boreman 2001).

MTF consists of magnitudes of sinusoidal response of different spatial frequencies of the optical system, or it shows the decrease of the modulation with increasing spatial frequency (Fig. 2).

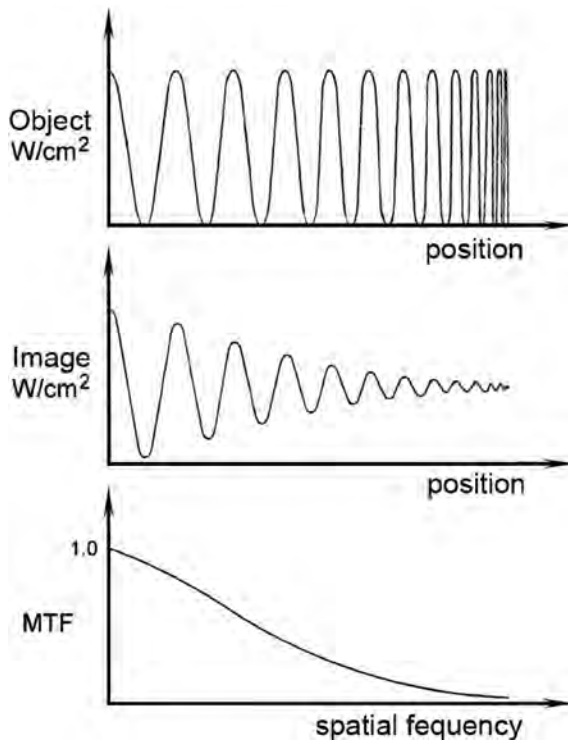


Fig. 2. MTF shows the decrease of the modulation with increasing spatial frequency (Boreman 2001).

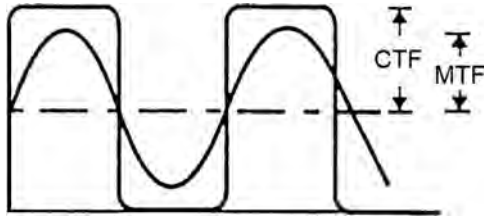


Fig. 3. Representation of CTF and MTF (Holst 1998).

There are two general methods for the determination of the MTF: direct method, based on measuring the response of sinusoidal signals with descending line width on the taken template and indirect method, which is based on the calculation of Fourier transformation of linear transfer function. Template with dotted lines with descending width is used to retrieve Contrast Transfer Function (CTF) and is mathematically translated into a sinusoidal response (MTF) using serial approximation. CTF is not a substitute for MTF, but presents a suitable measurement technique (Fig. 3). The response of the system in the form of rectangular waves is called the Contrast Transfer Function, which is usually equal to or higher than the MTF (Holst 1998).

The spatial frequency ξ is the reciprocal value of the spatial period X (distance between two peaks, amplitude, repeated value). The angular spatial frequency ξ_{ang} is the distance ratio of the system R from the object and the spatial period X (Fig. 4),

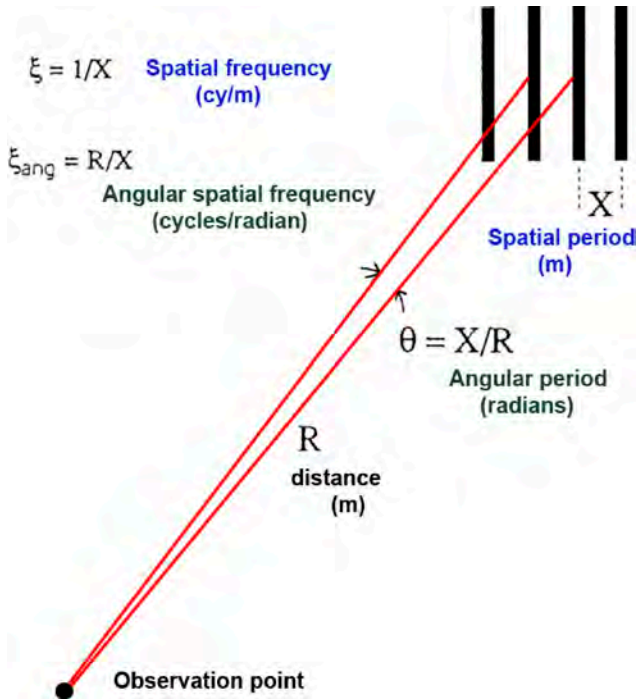


Fig. 4. The spatial frequency (Boreman 2001).

while the angular period Θ is the reciprocal value of spatial frequency ξ_{ang} (Boreman 2001). In the event that the samples are not periodic, or total line width is reduced, the minimum angular frequency determines the spatial resolution of the image.

The static response of the sensor is determined according to the expression (Holst 1998):

$$MTF(f_x) = \frac{\pi}{4} \left| CTF(f_x) + \frac{CTF(3f_x)}{3} - \frac{CTF(5f_x)}{5} + \frac{CTF(7f_x)}{7} + \frac{CTF(11f_x)}{11} \right|, \quad (7)$$

where is:

- $MTF(f_x)$ – Statistical MTF
- $CTF(f_x)$ – Contrast Transfer Function
- f – Spatial frequency.

3. Test field development and measurement

To be able to implement all previous theoretically explained research it was necessary to define an adequate test field. Today, for testing spatial resolution in digital cameras according to ISO standard (URL 1) it is most commonly used ISO 12233 test field (URL 2). To further examine the focus of the optical system on the test field a template of the Siemens star was added (URL 3). For more precise determination of the MTF (indirect method) slanted-edge chart is added on the template. In order to more accurately define the maximum value in determining MTF, sinusoidal field with bars was added to the chart. The final template of the test field underlying this study is shown in Fig. 5. The numbers shown in the test

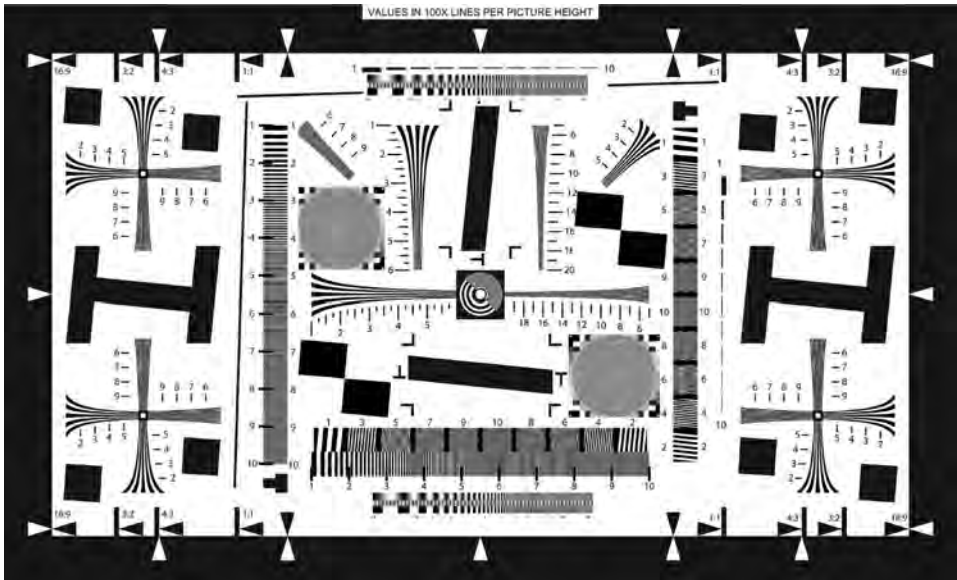


Fig. 5. A modified template based on ISO 12233 standard (URL 1, URL 2, URL 3, URL 4).

field indicate the resolution in 100X line per raster matrix height. So, if we can discern the bars through the number 19 in test field, this means that maximum of 1900 lines in image height can be discern in the digital image. If digital image height is 4912px, that means that for defining a pair of lines (black and white) or one cycle takes 2.59px.

In this study two cameras were tested: DSLR (Digital single-lens reflex camera) Nikon D800E camera (No. 6021274) with SIGMA DGRF20/1.8 lens (No. 2004569) and Xiaomi Yi action camera (No. Z221514A4991014). Table 1 shows the characteristics of digital cameras used in this study.

Table 1. *The characteristics of digital cameras used in the research (URL 5, URL 6, URL 7).*

Digital camera	Nikon D800E	Xiaomi Yi
Sensor type	CMOS	CMOS
Sensor size	35.9 x 24.0 mm	6.2 x 4.7 mm
Pixels size on the sensor	4.9 μm	1.34 μm
Number of pixels	36.8 million	16 million
Max. image size	7360 x 4912 px	4608 x 3456 px
Sensor sensitivity	ISO 100 – 6400	ISO 100 – 25600
Max. aperture	F1.8	F2.8
FOV	94.4°	155°
Focal length	20 mm	3 mm
Size	146 x 123 x 81.5 + 87 mm lens	60.4 x 42 x 21.2 mm
Weight	1000 g + 520 g lens	76.6 g

The research was conducted in the laboratory of the Chair of Photogrammetry and Remote Sensing of the Faculty of Geodesy. Given that both cameras have a fixed focal length they are set at an appropriate distance from the template so that the height of the images coincides with the height of the template. Both cameras captured the RAW and JPG format images which were used in the study.

4. Image quality analysis

In this chapter the results of research based on the test field developed for this study were given (Fig. 5). The main objective is the testing and analysis of spatial resolution of Nikon D800E camera and Xiaomi Yi action camera.

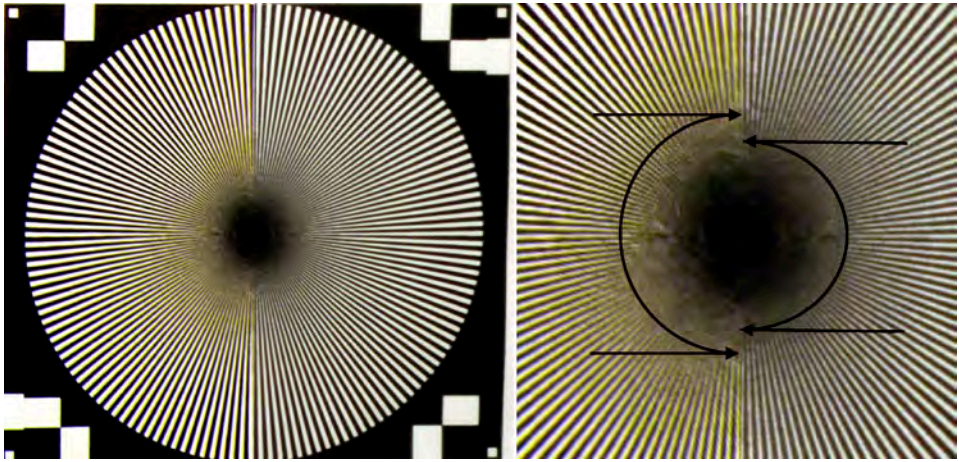


Fig. 6. a) Siemens star taken with Xiaomi Yi camera (left) and with Nikon D800E (right) and b) magnification.

From the Fig. 6 and Fig. 7 parameters of images resolution from different cameras are determined by visual analysis (Table 2). For the purposes of determining the objective indicators of image quality, MTF graphs for images obtained by

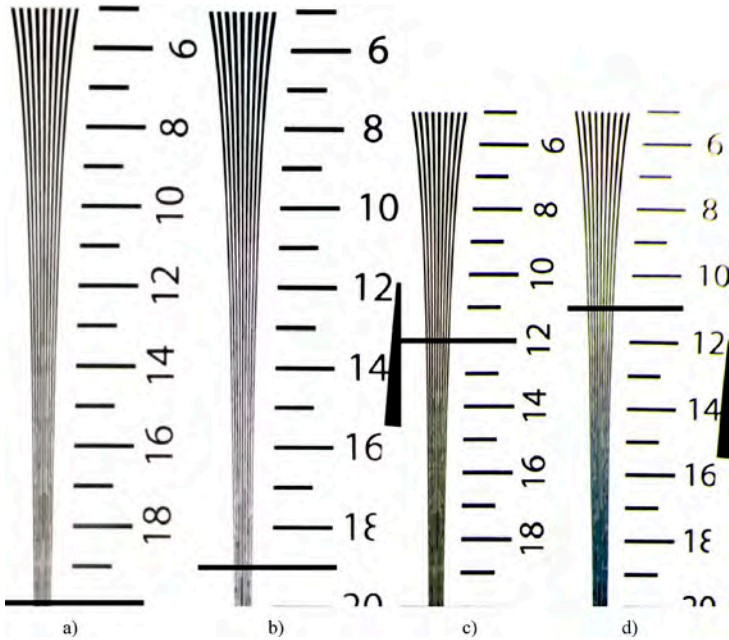


Fig. 7. Testing the resolution of images taken with Nikon D800E camera (left – a and b) and Xiaomi Yi camera (right – c and d) along the vertical axis (a and c) and along the horizontal axis (b and d).

different cameras were made (Fig. 8 and Fig. 9, Table 2) as well as global statistical image quality parameters (Table 3). Since it was necessary to examine the resolution on the horizontal and vertical axes, special graphs were made. Authors Holst (1998) and Boreman (2001) note that the limit resolution defines the value of 10% of the MTF or on the Fig. 8 and Fig. 9 it is the $MTF = 0.1$. The value of frequency, or cycles per pixel for the MTF value it is the minimum value that can be detected on the image.

Table 2. *Image resolution obtained by an objective analysis of the test field.*

Axis	Unit	Nikon D800E	Xiaomi Yi
Vert.	No. lines per image height	2000	1200
Horiz.	No. lines per image height	1900	1100
Vert.	No. lines per px (Freq.)	0.4072	0.3472
Horiz.	No. lines per px (Freq.)	0.3868	0.3183
Vert.	No. px per line	2.46	2.88
Horiz.	No. px per line	2.59	3.14
Vert.	Freq. for $MTF=0.1$	0.308	0.266
Horiz.	Freq. for $MTF=0.1$	0.264	0.223

From the values shown in Table 2 it is clearly seen the correlation between the data obtained by the MTF graph and by visual analysis. The values of frequency for $MTF = 0,1$ and the number of lines per pixel should be identical for the same cameras and axes. Of course, as the values of the number of lines per pixel are obtained by visual assessment of the observer there is a small deviation. It is important to emphasize that trends and relative relations match, so it can be said that the Nikon D800E camera has a better resolution than Xiaomi Yi.

Independent objective assessment of quality was carried out on the basis of the previously described global statistical parameters (section 2.1). To determine the parameters σ , Korr, RMSE, PSNR and SNR images taken with Xiaomi Yi and Nikon D800E cameras were compared with the original template in digital form. Raster matrix of the template was taken as “should”, and images taken by each camera as “is”. The values of the image quality parameters calculated for each band (red, green and blue), and for the grayscale band are shown in Table 3. From these values it is clear that for each band values of PSNR, SNR and Korr are higher in Nikon D800E while the values of RMSE and σ are higher in Xiaomi Yi.

This confirms that the images obtained by Nikon D800E camera are better or more accurate.

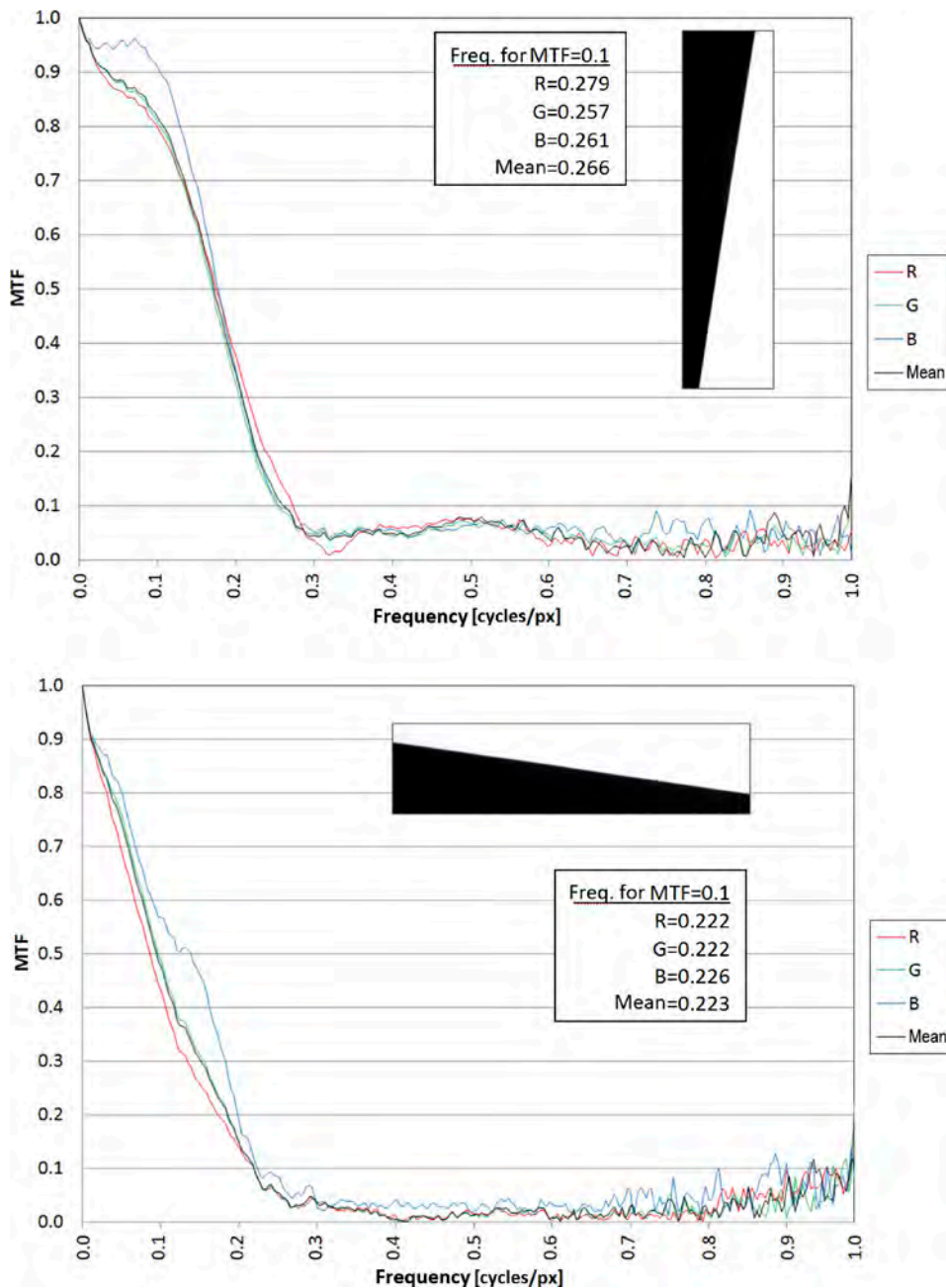


Fig. 8. MTF graphs by bands showing the original sample and frequency values of $MTF = 0.1$ for the Xiaomi Yi camera based on the vertical (up) and horizontal (down) slanted-edge.

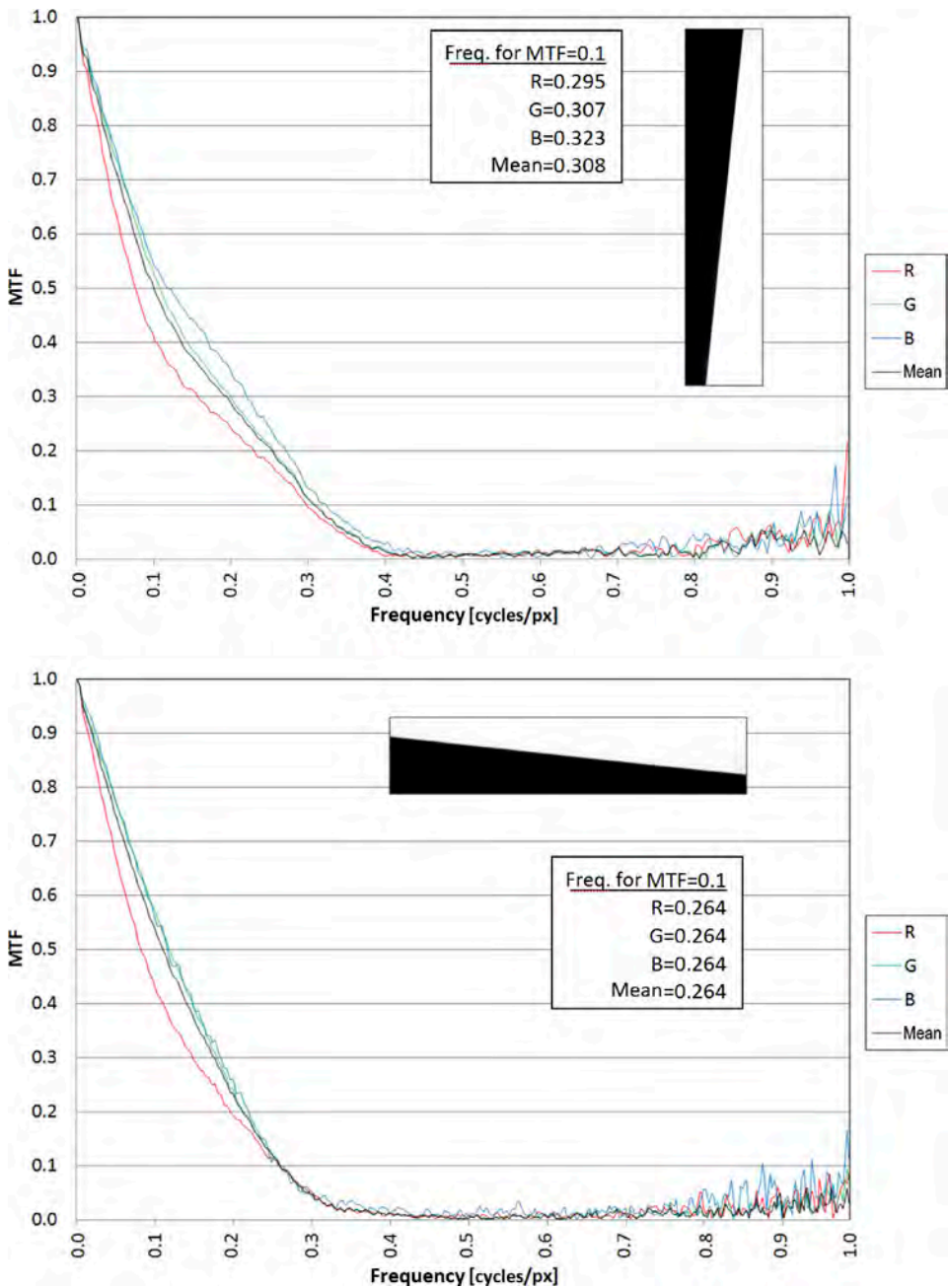


Fig. 9. MTF graphs by bands showing the original sample and frequency values of MTF = 0.1 for the Nikon D800E camera based on the vertical (up) and horizontal (down) slanted-edge.

Table 3. *Global statistical image quality parameters.*

Camera	Band	σ	Korr	RMSE	PSNR [dB]	SNR [dB]
Nikon D800E	Red	94.9368	0.56450	94.8559	8.6235	7.079
Nikon D800E	Green	96.5606	0.55429	97.8910	8.3499	6.814
Nikon D800E	Blue	100.2938	0.54868	99.5109	8.2074	6.673
Nikon D800E	Grayscale	95.4030	0.55786	96.9637	8.4326	6.886
Xiaomi Yi	Red	120.2579	0.49555	98.2373	8.3193	6.911
Xiaomi Yi	Green	121.5206	0.49981	99.5298	8.2057	6.767
Xiaomi Yi	Blue	120.1591	0.47431	106.6444	7.6060	6.281
Xiaomi Yi	Grayscale	116.6063	0.49905	99.2006	8.2345	6.776

5. Conclusion

Primarily, it can be concluded that action cameras with their size and weight compared to DSLR digital cameras make photogrammetric survey with unmanned aircrafts cheaper and easier. The Xiaomi Yi camera is 20 times lighter than the Nikon D800E and if we add the weight of the gimbal which is usually as heavy as the camera then it comes to unbelievable 40 times difference in weight between the recording systems on the aircrafts. In this way the costs are optimized and the aircraft itself becomes more practical for the field work. Also, the legal framework restricts the use of aircraft depending on their weight.

Of course, to use such a camera in photogrammetric purposes first it is necessary to carry out camera calibration and examine the image quality. The main aim of this study was to assess and compare the image quality obtained by the action and DSLR cameras. From the results of independent research conducted in this study it is clearly demonstrated that the Nikon D800E camera has higher quality than the Xiaomi Yi camera. We can single out two indicators such as the number of lines per px (Freq.) obtained from the MTF graph for $MTF = 0.1$ which represents the limit of sharpness. Thus, the Nikon D800E has a frequency for $MTF = 0.1$ per vertical axis of 0.308, and the horizontal axis of 0.264, while Xiaomi Yi has 0.266 per vertical and 0.223 per horizontal axis. The reciprocal value of this number represents a number of pixels per line and Nikon D800E has 3.25 per vertical and 3.79 per horizontal axis, and the Xiaomi Yi has 3.76 per vertical and 4.48 per horizontal axis. It is shown from these values that the Nikon D800E has about 15% better image quality in both directions. If we compare the values obtained by visual analysis of the test field we come to 16% better image quality on the D800E camera. It should be noted that all global statistical indicators (across all bands) indicate that the images taken with the Nikon D800E camera have higher quality than Xiaomi Yi camera. The differences between the cameras are not so big, which coincides with other studies already mentioned in this paper.

The difference of 15% in the image quality taken with Nikon D800E and Xiaomi Yi is a really surprising result for the action camera. It should be noted that the price

of digital camera Nikon D800E and Sigma lenses used in the study is 70 times higher than the price of the Xiaomi Yi action camera. If we add the difference in the weight of one camera over another and the price and the size of the potential aircraft for each of the two tested cameras, we come to the conclusion that the use of action cameras in photogrammetric purposes significantly reduce the cost of the entire system with a small and controlled deterioration of image quality.

References

- Balletti, C., Guerra, F., Tsioukas, V., Vernier, P. (2014): Calibration of Action Cameras for Photogrammetric Purposes, *Sensors*, Vol. 14, No. 9, 17471–17490.
- Boreman, G. D. (2001): Modulation transfer function in optical and electro-optical systems, SPIE Press, Bellingham, Washington.
- Burns, P. D. (2000): Slanted-edge MTF for digital camera and scanner analysis, *Image Processing, Image Quality, Image Capture, Systems Conference*, 16–19. 3. 2000, Portland, 135–138.
- Eskicioglu, A. M., Fisher, P. S. (1995): Image quality measures and their performance, *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 43, No. 12, 2959–2965.
- Estribeau, M., Magnan, P. (2004): Fast MTF measurement of CMOS imagers using ISO 12333 slanted-edge methodology, *Proceedings of SPIE, International Society for Optics and Photonics*, Vol. 5251, No. 1, 1–10.
- Gašparović, M., Malarić, I. (2012): Increase of readability and accuracy of 3D models using fusion of close range photogrammetry and laser scanning, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B5, XXII ISPRS Congress, 25. 8.–1. 9. 2012, Melbourne, 93–98.
- Gašparović, M. (2015): Radiometrijsko izjednačenje tekstura fotorealističnih 3D modela, doktorski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Gül, N., Efe, M. (2010): Improved analytical modulation transfer function for image intensified charge coupled devices, *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, Vol. 18, No. 1, 71–82.
- Holst, G. C. (1998): CCD arrays, cameras and displays, SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, Washington.
- Roland, J. K. (2015): A study of slanted-edge MTF stability and repeatability, *Proceedings of SPIE, International Society for Optics and Photonics*, Vol. 9396, No. 1, 1–9.
- Schmidt, V. E., Rzhanov, Y. (2012): Measurement of micro-bathymetry with a GOPRO underwater stereo camera pair, *Oceans*, 14–19. 10. 2012, Hampton Roads, 1–6.
- Wang, Z., Bovik, A. C. (2002): A universal image quality index, *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 9, No. 3, 81–84.
- Wang, Z., Bovik, A. C. (2009): Mean Squared Error: Love it or Leave it?, *IEEE signal processing magazine*, Vol. 26, No. 1, 98–117.
- Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., Simoncelli, E. P. (2004): Image quality assessment: from error visibility to structural similarity, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 13, No. 4, 600–612.
- Williams, D. (1998): Benchmarking of the ISO 12233 slanted-edge spatial frequency response plug-in, *Image Processing, Image Quality, Image Capture, Systems Conference*, 17–20. 5. 1998, Portland, 133–136.

URLs

- URL 1: ISO 12233:2000, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=33715, (21. 12. 2015).
- URL 2: ISO 12233 Test Chart, <http://www.graphics.cornell.edu/~westin/misc/res-chart.html>, (21. 12. 2015).
- URL 3: High Resolution Test Patterns, <http://www.bealecorner.org/red/test-patterns/>, (19. 12. 2015).
- URL 4: Norman koren, <http://www.normankoren.com/>, (22. 12. 2015).
- URL 5: Nikon Imaging, <http://imaging.nikon.com/>, (22. 12. 2015).
- URL 6: Xiaomi Yi, <http://www.xiaoyi.com/>, (23. 12. 2015).
- URL 7: Sony IMX206CQC/IMX206HQC, http://www.sony.net/Products/SC-HP/new_pro/december_2013/imx206_e.html, (5. 1. 2016).

Ispitivanje parametara kvalitete snimki digitalnih kamera za potrebe fotogrametrijske izmjere primjenom bespilotnih letjelica

SAŽETAK. U današnje je vrijeme sve češća upotreba bespilotnih letjelica u mjerne svrhe. Veličina bespilotne letjelice često je proporcionalna cijeni i nosivosti. Letjelice nosivosti 2–3 kg, koliko je potrebno da se u zrak podigne DSLR kamera i objektiv te stabilizator kamere (engl. gimbal), višeg su cjenovnog razreda (>50000 kn). Takve letjelice imaju svoja ograničenja u zakonskim okvirima, ali i praktična ograničenja zbog svoje veličine. Razvojem autonomnih kamera malih dimenzija, kao što su akcijske kamere, pojavila se mogućnost korištenja jeftinijih, manjih te bespilotnih letjelica manje nosivosti u fotogrametrijske svrhe. Naravno, kako bi se takva kamera mogla koristiti u mjerne svrhe potrebno je prije svega provesti adekvatnu metodu kalibracije te definirati elemente unutarnje orijentacije kamere. Važno je naglasiti kako je geometrijska kalibracija, odnosno eliminacija geometrijskih pogrešaka u preslikavanju, ključan preduvjet u stvaranju idealizirane snimke, tj. snimke stvarnog optičkog preslikavanja. U ovom radu provedeno je ispitivanje kvalitete preslikanog sadržaja na snimke s ciljem ispitivanja mogućnosti korištenja akcijskih kamera u mjerne svrhe. Istraživanje se temelji na objektivnim pokazateljima kao što su globalni statistički parametri kvalitete snimki i modulacijska prijenosna funkcija te vizualna analiza snimki testnog polja. Za potrebe rada razvijeno je i po prvi puta korišteno modificirano testno polje temeljeno na normi ISO 12233.

Ključne riječi: kvaliteta snimki, bespilotne letjelice, MTF, ISO 12233.

Primljeno / Received: 2016-07-04

Prihvaćeno / Accepted: 2016-08-19

UDK 528.93:517.518.85:519.21/.24
Stručni članak / Professional paper

Analysis of the Display of Digital Terrain Models using Different Interpolation Methods

**Marina DAVIDOVIĆ – Novi Sad¹, Vladimir M. PETROVIĆ – Belgrade²,
Mirko BORISOV – Novi Sad¹**

ABSTRACT. In the paper is described the process of creating digital terrain models (DTM) using different interpolation methods. The analyses show the accuracy of the DTM obtained from topographic maps at different scales and using different interpolation methods. The quality and accuracy of DTM depends on the complexity of the terrain, data sources, and methods of height interpolation. The basic idea is the creation of the DTM for the selected area and the comparison of the results by applying appropriate interpolation methods. The aim of the research is to analyse the quality of the DTM model and to consider suitability of certain interpolation methods, based on the obtained results, i.e. their advantages and disadvantages. The experiment was done in the software environment ERDAS IMAGINE 2014.

Keywords: DTM, interpolation, method of inverse distance weight, spline, kriging, analysis of quality data.

1. Introduction

Presentation of the Earth surface and various spatial analyses using technologies of digital terrain modeling are more and more in use. As requirements in terms of accuracy, quality and speed of obtaining digital elevation model are increasing, the problem occurs primarily in the choice of the most suitable interpolation method for obtaining DTM. This paper deals with DTM, i.e. interpretation of terrain with help of different interpolation methods and with different level of detail. The aim of the research is the analysis of the quality of DTM depending on the interpolation method and level of detail of the data, i.e. the complexity of the terrain.

¹ Marina Davidović, B.Sc., Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, RS-21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: d.marina92@yahoo.com,

Doc. dr. sc. Mirko Borisov, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, RS-21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: mirkoborisov@gmail.com,

² Vladimir M. Petrović, M.Sc., Department for Ecology and Technoeconomics, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Njegoševa 12, RS-11000 Belgrade, Serbia, e-mail: vladimirpetrovic.gis@gmail.com.

The basic idea of this project is DTM creation by interpolation methods from the topographic maps (TM) at different scales for specified – identical area of interest. Thereby, three interpolation methods are processed. The practical part of the paper describes the method of collecting and modeling of the data, and the process of obtaining the DTM.

The main sources of information are topographic maps at scales 1:25000, 1:50000 and 1:100000, covering part of the territory of Bijeljina (Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina). After that, DTMs with different interpolation methods are formed and analysed in terms of accuracy and displayed quality. Data processing and analysis, i.e. vectorization, modeling and accuracy assessment of the model were carried out in the software environment Erdas Imagine. The final part includes the presentation of the conclusions.

2. Digital terrain modeling

The introduction of the term digital data modeling and digital terrain modeling is attributed to two American engineers from the Massachusetts Institute of Technology. The definition that they gave is following (ESRI 2010): “The digital terrain model – DTM is a statistical performance of continuous surface of terrain, with a large number of selected points with known X, Y and Z coordinates in the specified coordinate system.” Since then, in foreign literature more similar terms and definitions are in use. Some of them refer to the same or similar concepts, while others are significantly different, so it should be paid attention to it.

Thereby, in practice, the most common terms are:

- digital elevation model
- digital terrain model
- digital surface model.

Digital elevation model – DEM (rarely Digital Height Model – DHM) is a name that derives from German-speaking countries, which typically refers to an elevation system of a regular points grid. That is a rectangular grid or cells matrix covering a certain surface of the field (Fig. 1).

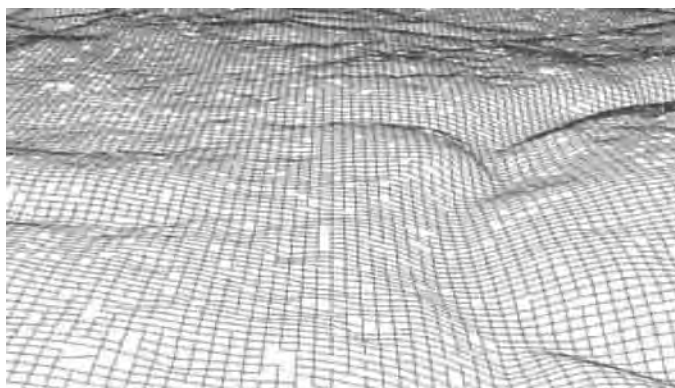


Fig. 1. *Digital elevation model (URL 2).*

The digital terrain model – DTM, is more complex concept and includes not only the elevation of points, but also other characteristics of the terrain, such as breaking and structural lines and characteristic points (Fig. 2). In addition, DTM may also contain other derived information such as slopes, aspects, field discontinuity, etc.

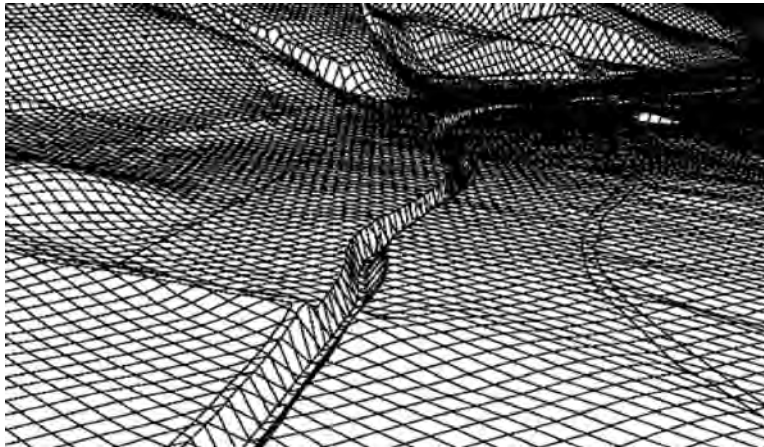


Fig. 2. *Digital terrain model (URL 2).*

Thereby, in the narrow sense, a DTM represents the relief of the terrain, while the broader sense of the term can also include objects and phenomena on the given surface. In this case it is a digital surface model – DSM. Unlike the previous two terms related to “naked” surface terrain, DSM includes roads, hydrography, vegetation and other objects that are directly on the terrain surface (Fig. 3).

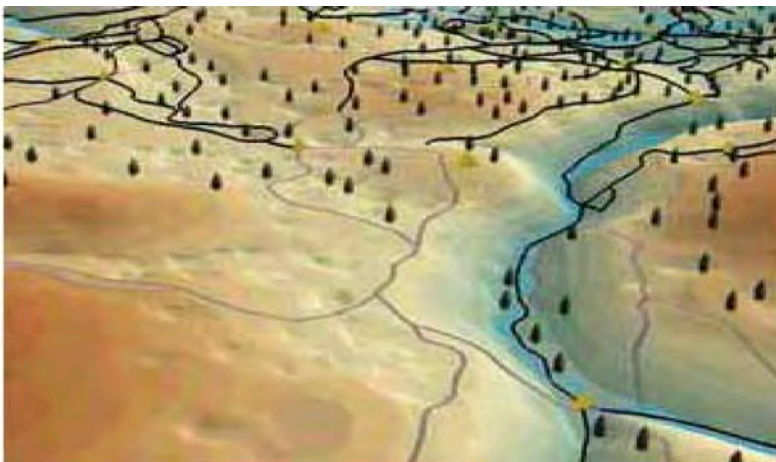


Fig. 3. *Digital surface model (URL 2).*

In the literature are to be found other terms of 3D models of geodata as well. One of them is the DTED (Digital Terrain Elevation Data), which uses for their products the National Geospatial-Intelligence Agency of the United States – NGA, (old name: The National Imaging and Mapping Agency – NIMA) (URL 3).

2.1. Interpolation techniques for digital terrain modeling

Evaluation, or interpolation, can be made in one, two or three dimensions. The assessment can be made using the known values of the observed primary variables (autocorrelation) or with the value of one or more secondary variables in the same area, under the condition that the secondary variables are strongly correlated with the primary variable. There are also a number of methods that include bilinear and bicubic interpolation in two dimensions, and trilinear interpolation in three dimensions (Medved et al. 2010).

Unlike traditional statistical approach, geostatistics consider geospatial dependence of the variable. The geostatistical interpolation methods assume that a value knowledge of some attributes at familiar points, allows establishing the value at the unknown points. Assuming that the samples are representative and consistent, values of corresponding variables on a new location s_o can be obtained using appropriate interpolation methods.

They represent the most probable location or set equally probable location-element of interest defined through the list of input data, described by equation (1):

$$z(s_o) = E \{ Z | z(s_i), q_k(s_o), \gamma(h), s \in A \} \quad (1)$$

where:

$z(s_i)$ – set of input point data

$\gamma(h)$ – covariance model, which defines the spatial structure of auto-correlation

$q_k(s_o)$ – set of predictors, known values and variables, which should be available at any location in the A space.

2.1.1. The method of inverse distance weight

One of the oldest interpolation techniques (methods) is a method of inverse distance weight (IDW). In this method, the value of the corresponding variable at a new location can be obtained as the average weight, using the formula (2):

$$z(s_o) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(s_o) \cdot z(s_i) \quad (2)$$

where:

λ_i – corresponding weight for the environment i

$z(s_i)$ – set of input point data.

Sum of weight must provide impartial interpolator. Example in a matrix form is described by equation (3):

$$z(s_o) = \lambda_o^T \cdot z \quad (3)$$

The simplest way to determine the weight is to use the inverse distance of all points to a new point, which is represented by formula (4):

$$\lambda_i(s_o) = \frac{1}{\sum_{i=0}^n \frac{d^\beta(s_o, s_i)}{d^\beta(s_o, s_i)}}; \quad \beta > 1 \quad (4)$$

where:

$d^\beta(s_o, s_i)$ – the distance from a new point to a known point

β – coefficient, which is used to adjust the weights.

The principle of using the method of inverse distance weighting is largely a reflection of Waldo Tobler's first law of geography, which states: "Everything is interconnected with everything, but things that are close to each other are more connected than those that are far away." Therefore, points that are close to the output pixel will contain greater weight, while those that are further away from that pixel, will have lower weight. The parameter β is used to emphasize the spatial similarity. If β increases, the less importance will be given to the remote points.

The method of inverse distance weighting is interpolation method that fits in continuous models, i.e. surfaces or spatial variations. The output pixel value in this method is limited by the values that were used for interpolation. As the average value is used, it can not be greater or lower than the maximum, or a minimum value of the input data. So, this method does not take values that do not already exist in the set of input data.

The best results are obtained when sampling is sufficiently dense, with the emphasis on local variations that are attempted to be simulated. If input points samples are rare or non-planar, results may not satisfyingly represent the specified surface. The impact of these input points to the interpolated value is isotropic. If there are points on a common (same) location having the same x, y coordinates, they are considered duplicates, and do not affect the output data. If the values of these points are different, it is considered that these points coincide. In any case, it is better to remove these points before the interpolation process. If two points are on the border of two separate surfaces, topological separation is not necessary. These points will be included in the interpolation with the both surfaces. The maximum point number for using this method defines a software package. However, if the surface contains more than this number, it is necessary to split on more surfaces, and separately interpolate, in order to avoid blocking, errors, etc. (Davidović 2015).

2.1.2. Spline method

A particular group of interpolations is based on the splines. Spline is a type of polynomial in parts, that is desirable for simple polynomial interpolation, because

the more parameters can be defined, including smoothing. Smoothing spline functions (equalization) also assumes that there is an error in the measurement, i.e. in the data, that needs to be locally smoothed. There are many versions and modifications of spline interpolator. The most widely used techniques are thin plates spline, regularized, and spline with tension and smoothing. Predictions are obtained as follows:

$$z(s_o) = \alpha_1 + \sum_{i=1}^n w_i \cdot R(v_i) \quad (5)$$

where:

α_1 – constant

$R(v_i)$ – the radial based function (which is why this method is also called the method with radial basis functions) is determined using:

$$R(v_i) = - \left[E_1(v_i) + \ln(v_i) + C_E \right]$$

$$v_i = \left[\varphi \cdot \frac{h_0}{2} \right]^2 \quad (6)$$

where:

$E_1(v_i)$ – exponential integral function

$\ln(v_i)$ – logarithm function

$C_E = 0.577215$ – Oiler constant

φ – the generalized parameter tensions

h_0 – the distance between the new and the interpolated point.

The coefficients α_1 and w_i are obtained by solving the system:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 0$$

$$\alpha_1 + \sum_{i=1}^n w_i \cdot \left[R(v_i) + \delta_{ij} \cdot \frac{\varpi_0}{\varpi_i} \right] = z(s_j); \quad j = 1, \dots, n \quad (7)$$

where:

$R(v_i)$ – the radial based function

$z(s_i)$ – set of input point data

$\frac{\varpi_0}{\varpi_i}$ – positive weight factors which are smoothing parameter at any given point s_i .

Tension parameter φ controls the distance over which given points could has an impact on the resulting surface, while smoothing parameter controls the vertical deviation of the point surface. Using the appropriate combination of tension and smoothing, this method of interpolation can create surface that exactly corresponds to the expected variations (Hengl 2009).

This method interpolates raster surface from points using a two-dimensional minimum curvature spline technique. The resulting flat, smooth surface goes exactly through the input points. If there are points on a common (same) location having the same x, y coordinates, they are considered duplicates, and do not affect the output data. In any case, it is better to remove these points before the interpolation process is done.

Determination of spline functions is performed for each rectangle separately, provided that the assessment is used for all data from the rectangle, plus all the data from neighboring rectangles. The set of rectangles, from which data are taken for the spline functions determination can be expanded until the sum of the input data (points) is larger than the specified.

The optimum size of the rectangle is obtained by setting the term that the amount of data in the rectangle together with the data from all the neighboring rectangles does not exceed a specified value. In software applications segmented data processing is automatically done, but the user can specify some of the processing parameters (minimum number of points for the spline functions calculation, the rectangle size, the number of nearby rectangles that should be considered, etc.). Regularized spline produces flatter (smoother) surface comparing to the spline with tension.

2.1.3. Kriging method

Theoretically, the most accurate result in some surface modeling based on measured values at the reference points should be expected when using geostatistical methods. This group includes:

- collocation according to the minimum square method
- kriging.

Kriging assessment is based on the use of known values of a variable control points, whose influence on the assessment is expressed by the relevant weighting coefficients. The most demanding kriging procedure is individually weight coefficients determination for each control point. These criteria must be satisfied assessment process: it is ought to be impartial and configured in the way that the difference of the variance between actual and estimated values is the smallest in selected points (Medved et al. 2010).

Kriging is a geostatistical interpolation method, which has, due to reliable estimations of spatially distributed variables, found application in various fields of scientific research. It was created for the needs of the mining industry in the early 1950s as a mean to improve the assessment of the ore reserves. The original idea came from mining engineer D.G.Krige and statistician H.S.Sichel. The technique was published in 1951, but it took almost the entire decade before the French mathematician G. Matheron formed formula and founded the entire field of linear geostatistics. Since then, many different versions of kriging are used (Varga and Bašić 2013). The kriging method is presented using a mathematical formula, as for IDW method (8):

$$z(s_o) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot z(s_i) \quad (8)$$

where:

λ_i – correspondent weight for the environment i

s_0 – location that is predicted

n – the number of measured values

$z(s_i)$ – the measured value of this location.

Therefore, IDW method weight λ depends only on the distance to a location that is predicted, while in kriging method, the weights are based not only on the distance, but also on the overall spatial arrangement of measured points. In order to use overall spatial arrangement, spatial autocorrelation should be calculated. Therefore, in the ordinary kriging (which is used in this paper), the weight λ depends on the model formed by the measured points, the distance to a location that is predicting and the spatial connection between the measured values in the nearby of locations that need to be obtained, i.e. predict.

3. Method of production and visualisation of DTM

There are many programs that are used to create and visualize spatial data. Some simple programs use only the basic functions of 3D production, while other more complex applications provide advanced and realistic representations. Most professional programs are commercial, and they are free for certain limited purposes. Commercial software usually comes in the combination of the 3D display main elements, with additional features, such as GIS applications (Župan and Rezo 2014).

In this paper for processing, analysis and spatial data visualization Erdas Imagine 2014 was used. Also, Erdas software environment, provides a multitude of tools such as those for image ortorectification, mosaicing, redesigning, different conversion (rasterization, vectorization), digital terrain modeling, image classification and interpretation, which provides the user with image data analysis and display them in various forms from 2D images to 3D models (URL 5).

Practical part of the work deals with methods of making digital elevation model at the selected test-area. At first, it is a necessary to choose workspace that represents a particular representative field, processed with earlier analysed methodology – in order to verify its validity and justification in practice. The result of processing should be a model of geospatial data collected by digitizing existing DTM, presented in a suitable format, and the necessary conclusions and recommendations arising from this task. It is necessary to fulfill some other conditions, to make test-area valid. They relate primarily to the selection of areas that need to be diverse in content, that is not too big, that it does not require additional work, except than those intended, and does not require additional material costs (URL 2).

At the end of this part the obtained results are presented and compared, which were the aim of the work. Since the vectorization content is done, we started data rasterization, with appropriate interpolation methods (URL 5). In Fig. 4, the results that are achieved by the IDW interpolation are given.

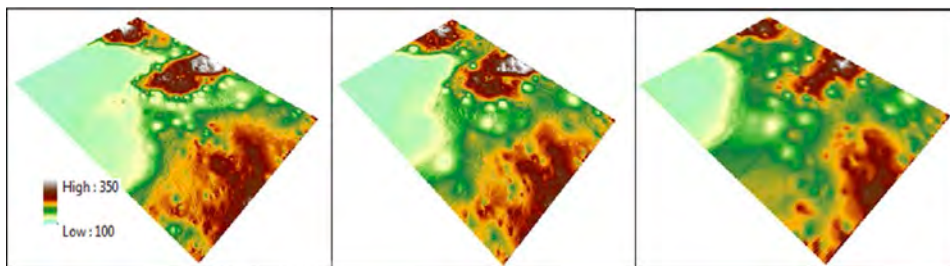


Fig. 4. DTM obtained by IDW interpolation (TK 25, TK50, TK100).

In Fig. 5, the results obtained by spline method are shown.

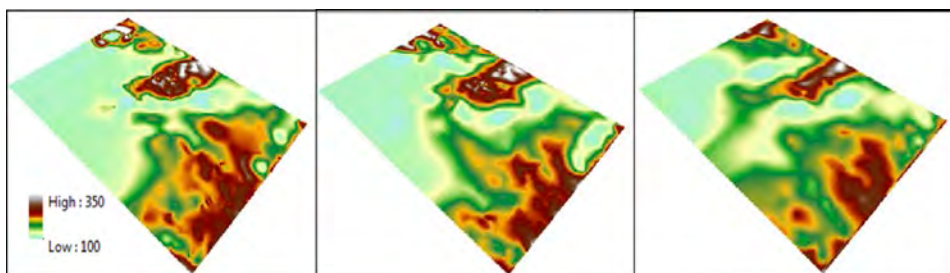


Fig. 5. DTM obtained by SPLINE interpolation (TK 25, TK50, TK100).

In Fig. 6, the results obtained by kriging method are shown.

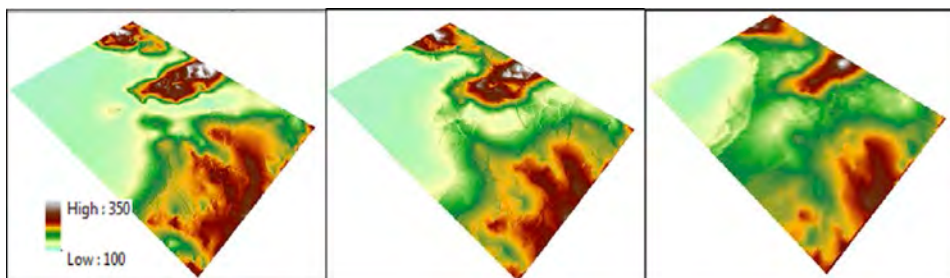


Fig. 6. DTM obtained by KRIGING interpolation (TK 25, TK50, TK100).

Due to the different data interpolation methods and their display on the maps, it is possible to get a reliable model that can represent as best as possible a particular set of spatial data. Dynamic display of DMT and visualizations leaves much stronger impression to users than the presentation in another form (Župan and Rezo 2014). Regular spatial network is used to generate different map types that can be used to display contour lines, vectors, shaded relief, three-dimensional surface model, and more.

4. Analysis and results discussion

At the same set of data (sheet of map Bijeljina at scales 1:25000, 1:50000, and 1:100000) the three previously described interpolation methods were applied and compared: kriging, inverse distance weight and spline. The process of creating DTM was consisted of the following phases of work:

- Elements of mathematical and geographical cartographic data base sources were analyzed
- Quality and characteristics of geomorphology were considered
- Digitalisation of data (contour lines set) is done
- Contour lines were transformed (converted) into points
- Interpolation by the above mentioned methods was conducted.

During the analysis should be kept in mind that the treated geographical area, obtained from the topographic maps at different scales 1:25000, 1:50000 and 1:100000 is identical. The geodetic datum, projection, zone and other parameters were also taken into consideration. After vectorization, contours were splited into a point cloud and the grid or DEM was made (for TM 25 is 25m, for TM 50 is 50m and for TM 100 is 100 m), with above described interpolation methods. After that, properly selected and sufficient dense control points were distributed, and based on them, statistics were carefully done, i.e. accuracy assessment of the model was conducted.

As it is already mentioned in previous chapters, the project of comparing interpolation methods was performed using the software environment Erdas Imagine. Also, vectorization in this program is carried out, as well as a comparison of the outputs of different interpolation methods. In assessing the geometric accuracy elements that define the vertical position of the point are tested. Accuracy assessment is obtained from the difference between the model tested point coordinates to their true values, i.e. the coordinate values of a higher accuracy degree from the tested points. The measure of accuracy is the basic (statistical) Root Mean Square Error (RMSE), with the procedure for the maps quality analysis.

Digital terrain model quality assessment defines the accuracy degree with help of which the terrain surface by digital model is presented. The standard procedure for assessing the DEM quality is a comparison of interpolated heights from generated DEM with the given heights for specified number of control points, where the heights of the control points must be made with greater accuracy than the expected accuracy of the DEM. Differences are based on the formula:

$$\Delta i = Z_i^T - Z_i^I, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

where:

Z_i^T – provided control points height

Z_i^I – checkpoint height obtained by interpolation

n – the number of control points.

After that, root mean square error (RMSE) equation can be formulated:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta i^2}{n-1}} \quad (10)$$

Depending on the topographic maps scale, there are limitations in terms of reading and tolerances. As control points on a topographic map, angles were used. For each of the base (DTM), graphical and tabular presentation was obtained. By the term graphic display obtained DTM is ment, and by tabular display the coordinates comparing table of TK control points with coordinates of pixels from DTM are ment.

4.1. Application analysis of the same methods over data at different scales

These techniques have been implemented for interpolation at every scale, i.e. 3 methods and 3 scales (9 results comparisons in total). Display analysis is a method of determining the differences in the properties and extraction the areas with specified properties. These properties may be, for example, relief characteristics, differences in the vegetation development, the intensity of tone in black – and – white images, or different colors on the pseudo color images and color composites, etc. (URL 1).

Display (recording) analysis in principle can be done in two fundamentally different ways. The first method represents a visual or logical, while other represents instrumental or formal analysis. Each of them has certain advantages and limitations. The best results are obtained by combining both procedures.

For analyzing the data in the same method and different scale, it is most appropriate to use visual analysis. Visual or logical analysis is carried out by observation of the obtained digital model, noticing the difference and exclusion of anomalous areas, that are very different from the environment by certain characteristics. The advantage of this procedure is the possibility of a logical selection data. Anyone analysing images would set aside an anomalous area of the rapidly dimming black-and-white images, basing their criteria on the fact that the rocks with a different composition have different color, or gray tone intensity in the black – and – white snapshot. In the second case, the extremely dark tone area observed on the canyon side would be ignored, because it is clearly shadow of something (URL 4).

IDW Interpolation

Fig. 7 shows the digital elevation model derived by IDW interpolation, at scales 1:25000, 1:50000 and 1:100000, respectively.

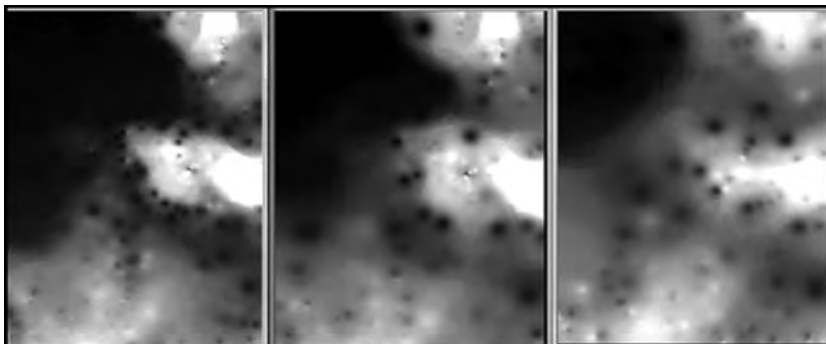


Fig. 7. *Digital elevation model – IDW interpolation.*

In the visual data analysis, it can be concluded that the first picture from left is the most detailed, i.e. range of color shades is wider. There are bright and dark shades comparing to the other images. Also, here are the tiniest details (dark spots that can not be seen in other pictures). Similarly, the second picture has more details in comparasion to the third image (scale 1:100000). So, it follows that the best 3D model is the one at the largest scale (1:25000).

Spline interpolation

Fig. 8 shows the 3D models obtained by spline interpolation, at scales of 1:25000, 1:50000 and 1:100000, respectively.

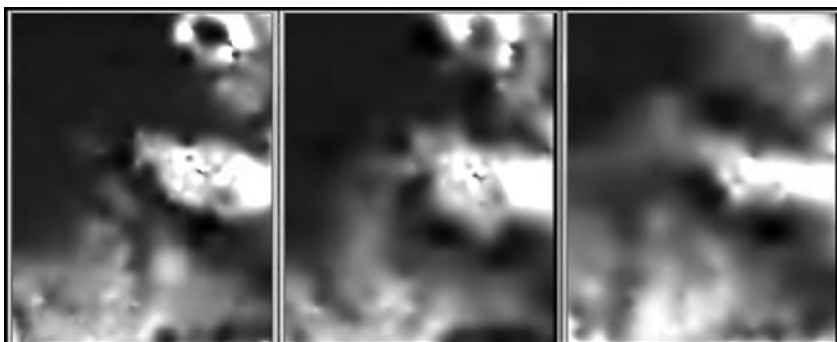


Fig. 8. Digital elevation model – *SPLINE* interpolation.

As with the previous method, it is obvious that the image at scale 1:25000 (first image) is the most appropriate.

Kriging interpolation

Fig. 9 shows the 3D models obtained by kriging interpolation, at scales of 1:25000, 1:50000 and 1:100000, respectively.

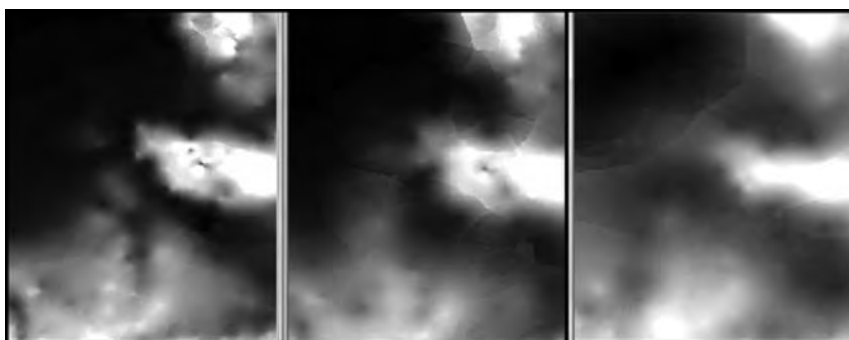


Fig. 9. Digital elevation model – *KRIGING* interpolation.

Visual analysis indicates that the best DEM in this method is at scale 1:25000. The DEM at scale 1:100000 has the least details and minimum color shades, DEM at scale 1:50000 provides more details than the previous one, while the DEM at the largest scale, represents the most detailed and the most realistic terrain.

4.2. Application analysis of different methods in data at the same scale

Formal analysis is based on previous explained procedure – obtaining root mean square error. The tables below show the comparison of TM control points with coordinates of pixels from DTM. The same seven, properly distributed, control points for each interpolation methods at the same scale are used. The obtained results are shown in Table 1.

Table 1. Comparing control point heights with heights obtained by different interpolation methods.

Topographic map at scale		1 : 25 000			1 : 50 000			1 : 100 000		
Ordinal point number	Control point height	INTERPOLATION METHODS								
		IDW	Spline	Kriging	IDW	Spline	Kriging	IDW	Spline	Kriging
1	138	145.0	141.7	142.9	133.0	132.9	132.0	155.2	151.4	150.0
2	111	111.1	107.7	110.4	114.4	108.4	108.7	118.4	108.0	115.5
3	110	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	114.8	115.0	115.4
4	225	226.6	226.6	226.6	227.3	228.9	227.5	228.9	237.4	227.5
5	112	110.5	110.7	110.8	110.0	109.7	109.5	110.5	107.9	114.6
6	178	175.8	182.8	175.5	184.8	175	180.5	168.0	167.7	161.4
7	129	131.4	126.5	128.8	140.9	124.7	136.2	142.4	128.5	137.9

After comparing the data obtained by the same method at a different scale, it is evident that the best scale is 1:25000. Comparison of different methods of interpolation is carried out using formal analysis. Formal analysis is performed in instrumental computer-supported way. There are exclusively recordings in digital form, and the whole procedure is known as digital analysis. The essential advantage of the formal on the logical analysis is the far greater range of differences in properties that can be registered, and the objectivity of the procedure. Digital analysis allows extraction of the bigger number of tonal differences but simply visual observation (URL 4).

Analyzing the data in the tables above, it is noticeable that the slightest deviation in altitude conditions are at scale 1:25000, then at scale 1:50000, and at the scale of 1:100000. It is to be expected, because the larger scale gives greater accuracy – as shown in visual analysis. From these tables is calculated, as described above, the RMSE. Results table of data processing is displayed in Table 2.

Table 2. *RMSE* – root mean square error by obtained DEM.

Scale	IDW interpolation [m]	SPLINE interpolation [m]	KRIGING interpolation [m]
1 : 25 000	3.13	2.94	2.40
1 : 50 000	3.92	3.23	3.16
1 : 100 000	9.05	9.03	8.97

From the Table 2 it is evident that the kriging method is the best, and that it gives the best results, because of its smallest error. Then the spline method, while the IDW method has the largest deviation, i.e. the highest RMSE. If the significance of the closeness of these results is given, it is striking that the kriging method and spline are very close. Spline with tension and smoothing, on the one hand, is the equivalent of ordinary kriging, where the coordinates are used to describe a specific part of the variation, and give very similar results.

However, their greatest weakness is that the parameters of smoothing tensions are normally set by the user, based on experience. Thus, it is clear that the differences between these methods are very small, and that all these RMSE are in the allowable ranges, in accordance with scales. Looking at the resulting root mean square errors, higher figures at scale 1:100000, compared to the other two, are observed. The reason for this is the manual vectorization, which is performed before the DEM formation.

5. Conclusion

This paper presents some of the ways to obtain DEM, using a specific interpolation methods. It should be noted that only some of the interpolation method are implemented for obtaining DEM. After careful analyses, it is clear that in selecting the interpolation method, it is necessary to pay attention to the nature of the input data, the modeled surfaces characteristics and the degree of modeling objectivity. Also, the software environment is important. From the mathematical point of view, the reliable DEM must have surface geometric continuity, and the possibility of differentiability and smoothness surface at any point. In practice, however, good DEM considers the model that illustrates the terrain topography confidentially and well. The analysis of the three different interpolation methods, i.e. the method of inverse distance weighting, spline and kriging method, over the same set of spatial data of the selected areas carry out important conclusions.

In the interpretation of spatial data continuity and terrain topography, the best results were obtained by kriging method. Similar representations are obtained by the spline method and the method of inverse distance weight, but statistical indicators of kriging methods give better values. The statistics for the kriging method show the smallest values of the standard deviation and the deviation comparing

to other methods, from which it follows that the interpolated values are the closest to the measured input values. All this results in a more reliable and accurate terrain model.

Performing of a visual analysis in this paper leads to the conclusion that, if the modeled surface characteristics are known, then what should be chosen is the one that shows in a best way the surface (eg. the one that contains the greatest range of color shades). Also, the mean square error (RMSE) values are closest to the limit, and have a maximum value at scale 1:100000. There also occur errors as a consequence of content vectorization at smaller scale, because the other cartographic basis (scales 1:25000 and 1:50000) are more detailed.

References

- Davidović, M. (2015): Analyses interpolation methods for creating digital elevation model, Diploma thesis, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia.
- ESRI / Environmental Systems Research Institute (2010): Using Arc GIS 3D Analyst, User Guide, Redlands, USA.
- Hengl, T. (2009): A Practical Guide to Geostatistical Mapping, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Medved, I., Pribičević, B., Medak, D., Kuzmanić, I. (2010): Comparison of Interpolation Methods of Bathymetry Data used for Monitoring of Lake Volume Change, Geodetski list, 2, 71–86.
- Varga, M., Bašić, T. (2013): Quality Assessment and Comparison of Global Digital Elevation Models on the Territory of Republic of Croatia, Kartografija i geoinformacije, 20, 4–17.
- Župan, R., Rezo, A. (2014): Visualization of 3D Model of Samobor Mountains, Geodetski list, 4, 309–324.

URLs

- URL 1: Republic Geodetic Institute, <http://www.rgz.gov.rs>, (28. 8. 2015).
- URL 2: The Military Geographical Institute, <http://www.vgi.mod.gov.rs/>, (15. 9. 2015).
- URL 3: DEM explorer, <http://ws.csiss.gmu.edu/DEMExplorer/>, (8. 9. 2015).
- URL 4: Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Geodesy and Geomatics, <http://geo.ftn.uns.ac.rs/course/view.php?id=116>, (3. 7. 2015).
- URL 5: Erdas, <http://www.tips.osmre.gov/Software/remotesensing/Erdas.shtml>, (10. 7. 2015).

Analiza prikaza digitalnih modela terena primjenom različitih metoda interpolacije

SAŽETAK. Rad opisuje postupak izrade digitalnih modela terena (DMT) primjenom različitih metoda interpolacije. Pritom se analiziraju prikaz i točnost DMT-a, dobiveni s topografskih karata različitih mjerila te primjenom različitih metoda interpolacije. Kvaliteta i točnost DMT-a ovise o složenosti reljefa, izvoru podataka, ali i o metodi interpolacije visina. Osnovna ideja u radu je kreiranje DMT-a za izabrano područje te primjenom odgovarajućih metoda interpolacije usporediti dobivene rezultate. Cilj istraživanja je analizirati kvalitetu DMT-a te na temelju dobivenih rezultata razmotriti pogodnost pojedinih metoda interpolacije, odnosno njihove prednosti i mane. Istraživanje je realizirano u softverskom okruženju ERDAS IMAGINE 2014.

Ključne riječi: DMT, interpolacija, metoda inverzne udaljenosti, spline, kriging, analiza kvalitete podataka.

Primljeno / Received: 2016-03-16

Prihvaćeno / Accepted: 2016-07-04

OTVOREN PRISTUP ČASOPISIMA TAYLOR & FRANCISA ZA HRVATSKU AKADEMSKU I ZNANSTVENU ZAJEDNICU

Nacionalna i sveučilišna knjižnica (NSK) u Zagrebu objavila je da je pristup na *online* časopise Taylor & Francisa otvoren do 8. lipnja 2016. za sva sveučilišta i javne institute koji nisu pretplaćivali T&F zbirke u 2015. godini. Međutim, u kolovozu 2016. pristup je još uvijek otvoren, a prema informacijama iz NSK-a bit će otvoren do kraja 2016., a vjerojatno i nakon toga datuma.

Skrećemo stoga pozornost na časopise važne geodetima, a kojima je Taylor & Francis izdavač. Za sve časopise uvrštene u bibliografske i citatne baze podataka *Current Contents* (CC), *Science Citation Index Expanded* (SCIE), *Social Sciences Citation Index* (SSCI) i *Emerging Sources Citation Index* (ESCI) naveden je taj podatak u zagradi:

- Annals of GIS
- Annals of the American Association of Geographers (CC, SSCI)
- Cartographic Journal (CC; SSCI)
- Cartography and Geographic Information Science (CC, SSCI)
- Geocarto International (SCIE)
- Geodesy and Cartography (Vilnius)
- Geomatics, Natural Hazards and Risk (CC, SCIE)
- Geo-spatial Information Science
- GIScience & Remote Sensing (CC, SCIE)
- Imago Mundi (CC, SSCI)
- International Journal of Cartography
- International Journal of Digital Earth (CC, SCIE)
- International Journal of Geographical Information Science (CC, SCIE, SSCI)
- International Journal of Remote Sensing (CC, SCIE)
- International Journal of Science Education (CC, SSCI)
- International Research in Geographical & Environmental Education
- Journal of Geography (CC, SSCI)
- Journal of Location Based Services (ESCI)
- Journal of Map and Geography Libraries
- Journal of Maps (CC, SCIE, SSCI)
- Journal of Spatial Science (SCIE)
- Marine Geodesy (CC, SCIE)
- New Review of Hypermedia and Multimedia (SCIE)
- Professional Geographer (CC, SSCI)
- Survey Review (CC, SCIE).

STUDENTI GEODETSKOG FAKULTETA DOBITNICI REKTOROVE NAGRADE ZA AKADEMSKU GODINU 2015/2016.

Rektorovu nagradu za ak. god. 2015/2016. dobila su 183 studenta Sveučilišta u Zagrebu. Nagrade su podijeljene u šest kategorija:

- Nagrada za individualni znanstveni i umjetnički rad (jedan ili dva autora)
- Nagrada za timski znanstveni i umjetnički rad (tri do deset autora)
- Nagrada za individualni ili timski znanstveni i umjetnički rad u području translacijskih istraživanja (jedan do deset autora)
- Nagrada za „veliki“ timski znanstveni i umjetnički rad (više od deset autora)
- Nagrada za posebne natjecateljske uspjehe pojedinaca ili timova (na prijedlog člника sastavnice ili rektora)
- Nagrada za društveno koristan rad u akademskoj i široj zajednici (na prijedlog člника sastavnice ili rektora).

Unutar svake od navedenih kategorija, Rektorova nagrada dodijeljena je u osam područja:

- Interdisciplinarno područje
- Područje biomedicine i zdravstva
- Područje biotehničkih znanosti
- Područje društvenih znanosti
- Područje humanističkih znanosti
- Područje prirodnih znanosti
- Područje tehničkih znanosti
- Umjetničko područje.

Rektorovu nagradu za akademsku godinu 2015/2016. dobilo je devet studenata Geodetskog fakulteta (slika 1).

Ivan Majić dobitnik je Rektorove nagrade u kategoriji a) Nagrada za individualni znanstveni i umjetnički rad u području tehničkih znanosti za rad „*Detekcija urbane vegetacije*“



Slika 1. Studenti Geodetskog fakulteta dobitnici Rektorove nagrade.

snimanjem georeferenciranog videozapisa modificiranom GoPro kamerom“ pod mentorstvom prof. dr. sc. Damira Medaka.

Smiljan Buhin i Tomislav Jogun dobitnici su Rektorove nagrade u kategoriji b) Nagrada za timski znanstveni i umjetnički rad u interdisciplinarnom području za rad „*Analiza promjene zemljišnog pokrova u sjevernoj Hrvatskoj od 1981. do 2011. godine*“ pod mentorstvom doc. dr. sc. Dubravke Spevec (Prirodoslovno-matematički fakultet) i dr. sc. Matea Gašparovića.

Jelena Gabela, Majda Ivić i Nataša Jovanović dobitnice su Rektorove nagrade u kategoriji b) Nagrada za timski znanstveni i umjetnički rad u području tehničkih znanosti za rad „*Analiza vegetacijske aktivnosti pomoću NDVI metode upotrebom geostatističkih alata*“ pod mentorstvom doc. dr. sc. Roberta Župana.

Marina Giljanović i Anja Škara dobitnice su Rektorove nagrade u kategoriji e) Nagrada za posebne natjecateljske uspjehe pojedinaca ili timova u interdisciplinarnom području za *osvojeno 1. mjesto ženske sveučilišne reprezentacije u košarci na 13. Europskome sveučilišnom prvenstvu.*

Tihana Vidnjević dobitnica je Rektorove nagrade u kategoriji f) Nagrada za društveno koristan rad u akademskoj i široj zajednici u području tehničkih znanosti za *Sajam poslova – Job Fair.*

Čestitamo uvažanim studenticama i studentima na dobivenoj Rektorovoj nagradi i njihovim mentorima.

Mateo Gašparović i Robert Župan

ISPRS kongres u Pragu, Češka

U Pragu, u Češkoj, održan je od 12. do 19. srpnja 2016. godine 23. kongres Međunarodnog udruženja za fotogrametriju i daljinska istraživanja (engl. International Society of Photogrammetry and Remote Sensing – ISPRS). Organizator kongresa bili su ISPRS, Češko udruženje za fotogrametriju i daljinska istraživanja i Češko tehničko sveučilište u Pragu. Kongres je održan u Prague Congress Centre (slika 1), grandioznom kongresnom centru izgrađenom 1981. godine.

Tema 23. ISPRS kongresa bila je: “From human history to the future with spatial information”. Na kongresu je sudjelovalo više od 3990 sudionika iz svih dijelova svijeta: Australije, SAD-a, Njemačke, Turske, Kine, među ostalima i iz Hrvatske. Prezentirano je ukupno 1378 znanstvenih radova, a kongres je sudionicima tijekom osam dana održavanja nudio niz radionica, tehničkih prezentacija i poduka. Radovi s kongresa podijeljeni su u dvije publikacije: ISPRS Archives i ISPRS Annals te 8 tehničkih komisija. Među prezentiranim radovima bilo je i pet radova hrvatskih autora s Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu:

- Adaptation of industrial hyperspectral line scanner for archaeological applications (Vanja Miljković, dipl. ing. geod., doc. dr. sc. Dubravko Gajski)
- Analysis of the pit removal methods in digital terrain models of various resolutions (dr. sc. Sanja Šamanović, prof. dr. sc. Damir Medak, doc. dr. sc. Dubravko Gajski)
- Analysis of the segmented features of indicator of mine presence (doc. dr. sc. Andrija Krtalić)
- Applications of macro photogrammetry in archaeology (doc. dr. sc. Dubravko Gajski, Ana Solter*, dr. sc. Mateo Gašparović)
- Two-step camera calibration method developed for micro UAV's (dr. sc. Mateo Gašparović, doc. dr. sc. Dubravko Gajski).

* djelatnica Arheološkog muzeja u Zagrebu



Slika 1. Svečano otvaranje ISPRS kongresa.

Sljedeći, 24. ISPRS kongres održat će se 2020. godine u Nici, u Francuskoj.

Mateo Gašparović

NATJEČAJ HRVATSKOGA KARTOGRAFSKOG DRUŠTVA ZA DJEČJU KARTU SVIJETA ***Volimo karte***

Nagradu Barbara Petchenik pokrenulo je Međunarodno kartografsko društvo (International Cartographic Association – ICA) 1993. godine kao uspomenu na Barbaru Petchenik, dopredsjednicu toga društva i kartografkinju koja je cijeli život radila s kartama i djecom. Nagrade se dodjeljuju svake druge godine za vrijeme međunarodne kartografske konferencije, po mogućnosti barem jedna za svaki kontinent, s posebnom pažnjom posvećenom dobi djeteta koje je nacrtalo crtež. Ciljevi natjecanja su promoviranje dječjeg kreativnog prikazivanja svijeta u grafičkom obliku, poboljšanje njihove kartografske percepcije i percepcije okoline.

Pravila natjecanja

Zemlje članice ICA-e (Međunarodnoga kartografskog društva, a među njima je i Hrvatska) prikupit će dječje likovne radove na temu “Volimo karte” (*We love maps*). To je tema sljedeće izložbe dječjih radova na međunarodnoj kartografskoj konferenciji koja će se održati 2–7. srpnja 2017. u Washingtonu D.C., SAD.

Međunarodni žiri posebno će obratiti pažnju na tri kriterija:

1. prepoznatljivost poruke
2. kartografski sadržaj i
3. kvalitetu izvedbe.

Osim toga žiri će ocijeniti i:

- 1) prepoznatljivost veze između oblika i upotrebe kartografskih elemenata koji se kreativno povezuju s temom
- 2) prepoznatljivost cijelog ili većeg dijela svijeta, gdje se ocjenjuju relativni odnosi, raspored i oblici kopna i mora, već prema dječjim dobnim skupinama
- 3) prikladnost kartografskih elemenata kao što su npr. znakovi, boje, imena i sl., a koji se odnose na temu, te:
 - jasnoću i čitkost točkastih, linijskih i površinskih znakova, u skladu s medijem izražavanja, bilo da se radi o papiru ili drugoj površini
 - izražajnost i pogodnost upotrebe boja, razlikovanje i zasićenost
 - cjelokupna estetika, balans i harmonija među slikovnim elementima.

- Veličina karte ne smije preći format A3 (420 mm × 297 mm). Površina karte treba biti ravna, a ukoliko postoje zalijepljeni elementi oni ne smiju biti viši od 5 mm i trebaju biti dobro učvršćeni. Karta treba biti izrađena od nelomljivih materijala. Nije dozvoljeno upotrebljavati pomične elemente koji pokrivaju dijelove crteža (izabrani crteži bit će skenirani ili fotografirani, te cijeli crtež treba biti vidljiv). Nije dozvoljena upotreba trošnih materijala (poput biljaka ili listova), a crteži ne smiju biti plastificirani ili laminirani.
- Izbor kartografske projekcije kao osnove za stvaranje obalnih linija i drugog osnovnog materijala (npr. međunarodnih granica i mreže meridijana i paralela) nije ograničen. Karta treba biti izvorni likovni rad koji je izrađen upotrebom tradicionalnih metoda (npr. olovke u boji, vodene bojice i dr.) ili s pomoću računala.
- Svaka karta mora sadržavati sljedeće informacije na naljepnici (može se preuzeti s web-stranica HKD-a http://www.kartografija.hr/tl_files/Hkd/novosti/Data_of_author_form.pdf) pričvršćenju na poledini: naslov na engleskom ili francuskom, ime, dob, e-adresu, adresu škole ili vrtića i zemlju autora.
- Roditelji pobjednika na natječaju u Hrvatskoj (koji su odabrani kao predstavnici Hrvatske na međunarodnoj izložbi) moraju potpisati službeni obrazac ICA-e da se slažu sa sudjelovanjem svoje djece na natječaju i budućem publiciranju njihovih likovnih radova.
- Dječji radovi koji pristignu na natječaj ne vraćaju se pošiljatelju (sudioniku natječaja).
- Svaki natjecatelj se slaže da njegov rad ICA, UNICEF ili Hrvatsko kartografsko društvo mogu reproducirati bez posebnog dogovora ili plaćanja određenog iznosa za autorska prava.
- Izvršni odbor ICA-e poslat će pobjedničke radove UNICEF-ovu Međunarodnom odboru za umjetnost kao prijedloge za razglednice.
- Natjecateljske karte arhiviraju se u Arhivsko-istraživačkim zbirka Knjižnice Sveučilišta Carleton u Kanadi (Archives and Research Collections at Carleton University Library) i pripremaju se za objavljivanje na internetu (vidi <https://childrensmaps.library.carleton.ca/>).



Slika 1. *Moje mjesto u današnjem svijetu / My Place in Today's World*
 Karlo Koren Klišanić, 11 god., Osnovna škola Bartola Kašića, Zagreb.

Dosadašnji uspjesi hrvatskih natjecatelja

Hrvatska je s uspjehom sudjelovala na izložbama u Barceloni 1995., Stockholmu 1997., Ottawi 1999., Pekingu 2001., Durbanu 2003., A Coruñi 2005., Moskvi 2007., Santiagu 2009., Parizu 2011., Dresdenu 2013. i Rio de Janeiru 2015. Rad *Once is not enough – Recycle* Marinka Cirkvenčića izložen u Barceloni uvršten je poslije u poster UNICEF-a *Children Draw the World*, a *Compass Card* Anite Matković, izložen u Stockholmu, proglašen je jednim od pobjednika. Crtež *World Map* Ranka Vukovića izložen u Pekingu, izabran je za ilustraciju na naslovnici knjige *Elementi kvalitete prostornih podataka* (urednici izvornika S. C. Guptill i J. L. Morrison, preveli D. Tutić i M. Lapaine) što ju je izdala Državna geodetska uprava u Zagrebu, 2001. *Eco map of the World* Amele Kičić crtež izložen u Pekingu, uvršten je kao ilustracija u stolni kalendar što ga je za 2004. godinu, a u povodu Međunarodne kartografske konferencije u Durbanu, izdao the Council for Geoscience iz Južne Afrike u suradnji s ICA-om. Šest dječjih radova iz Hrvatske objavljeno je u knjizi *Children Map the World* što su je uredili J. M. Anderson, J. Atwal, P. Wiegand i A. Auringer Wood (ESRI Press, Redlands, California, 2005). Natjecateljski rad za izložbu u Barceloni *My Island* Ivane Miličević izabran je za naslovnicu 5. broja časopisa *Kartografija i geoinformacije*. U drugom svesku knjige *Children Map the World* koju su uredili T. Bandrova, J. R. Nunez, M. Konecny i J. Atwal (ESRI Press, Redlands, California, 2010) objavljen je rad šestogodišnjeg Elvise Plantaka iz Varaždina *A Map of the World in Colors for Dancing* izložen u Moskvi. Isti dječji rad objavljen je i na naslovnici 8. broja časopisa *Kartografija i geoinformacije* te 2011. izabran za izradu božićne i novogodišnje čestitke HKD-a. Rad *Many Nations – One World in the Baloon* Agate Lučić izložen u Moskvi, izabran je za izradu pohvalnice i zahvalnica koje su dodijeljene sudionicima radionice *Djeca crtaju svijet* održane u sklopu Festivala znanosti 2010. koju je organiziralo Hrvatsko kartografsko društvo. Na tom je Festivalu znanosti održana radionica pod naslovom *Djeca crtaju svijet* i postavljena izložba sa 16 dječjih crteža koji su predstavljali Hrvatsku na prethodnim međunarodnim izložbama. Rad *The Crystal World* Elvise Plantaka izabran je za izradu zahvalnica koje su dodijeljene djeci čiji su radovi bili izloženi na Međunarodnoj izložbi dječjih radova u Parizu 2011. i njihovim mentorima (odgojiteljima, učiteljima, nastavnicima i profesorima) te svim ustanovama. Natjecateljski rad za izložbu u Parizu *For long life on Earth* Tee Cecelja izabran je 2012. za izradu božićne i novogodišnje čestitke HKD-a. Pohvaljeni rad od hrvatskog žirija na natjecanju 2013. *Looking to the Future* Vilima Borovnjaka izabran je za naslovnicu 19. broja časopisa *Kartografija i geoinformacije*. Pristigli rad na natječaj 2015. *Helping to Keep our Planet Beautiful* Placc to Live Marte Vračar, izabran je za izradu zahvalnica koje su dodijeljene djeci čiji su radovi pobijedili ili pohvaljeni na natječaju 2015. i njihovim mentorima (odgojiteljima, učiteljima, nastavnicima i profesorima) te svim ustanovama.

Detaljni prikazi dosadašnjih sudjelovanja Hrvatske na međunarodnim kartografskim izložbama mogu se naći u časopisu *Kartografija i geoinformacije* (www.kartografija.hr/kig) i na web-stranicama HKD-a u rubrici *Dječja kartografija*.

POZIV

Natjecanje u Hrvatskoj provodi Hrvatsko kartografsko društvo. Radove za natječaj treba poslati najkasnije do **17. ožujka 2017.** na adresu koordinatorice za Hrvatsku:

Doc. dr. sc. Ivka Kljajić
Hrvatsko kartografsko društvo
Kačićeva 26
10000 Zagreb

Sve dodatne informacije mogu se dobiti na tel.: 01/ 46 39 481, faks: 01/ 48 28 081 ili e-poštom: ikljajic@geof.hr

Šest najboljih dječjih radova iz Hrvatske na temu "Volimo karte" (*We love maps*) bit će izloženo na izložbi dječjih radova u sklopu 28. međunarodne kartografske konferencije u Washingtonu D.C., 2–7. srpnja 2017.

Ivka Kljajić i Ana Kuveždić Divjak

SIG 2016 – MEĐUNARODNI SIMPOZIJ O INŽENJERSKOJ GEODEZIJI 2016, Varaždin, Hrvatska, 20–22. svibnja 2016.



U Varaždinu je od 20. do 22. svibnja 2016. godine održan Međunarodni simpozij o inženjerskoj geodeziji – SIG 2016. Organizator Simpozija bilo je Hrvatsko geodetsko društvo (HGD) u suradnji s Geodetskim fakultetom (GF) Sveučilišta u Zagrebu, a pod pokroviteljstvom Međunarodne udruge geodeta (FIG), Komisija 6 – Inženjerska geodezija. Simpozij je održan na Geotehničkom fakultetu (slika 1) Sveučilišta u Zagrebu, a održava se tradicionalno svake četiri godine.



Slika 1. Geotehnički fakultet u Varaždinu.

Cilj Simpozija bio je prikazati najnovija domaća i svjetska znanstvena i stručna dostignuća iz područja inženjerske geodezije. Službeni jezici Simpozija bili su hrvatski i engleski jezik, sa osiguranim simultanim prijevodom. Međunarodni simpozij o inženjerskoj geodeziji – SIG 2016 treći je Simpozij o inženjerskoj geodeziji organiziran u Hrvatskoj. Prvi simpozij organiziran je 2007. u Belom Manastiru, iza kojega je 2012. uslijedio drugi u Slavanskom Brodu. Sve Simpozije organizirao je HGD, koji je član FIG-a, u suradnji s Geodetskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu – FIG akademskim članom. SIG 2016 prvi je simpozij iz ove serije simpozija o inženjerskoj geodeziji koji je organiziran pod pokroviteljstvom FIG Komisije 6 – Inženjerska geodezija, koja je dala punu podršku organizatorima na čelu s njihovim predsjednikom prof. dr. Ivom Milevom.

Na Simpoziju je prisustvovalo oko 350 sudionika, najvećim dijelom ovlaštenih inženjera geodezije, ali i onih koji će to tek postati. Prisustvovao je i veliki broj profesora i asistenta, kako s Geodetskog fakulteta u Zagrebu tako i s nekoliko fakulteta iz inozemstva. Sudjelovali su kolege iz Slovenije, Bosne i Hercegovine, Srbije, Slovačke, Njemačke, pa čak i iz Maroka te Tajlanda. Na Simpoziju je aktivno sudjelovalo i 15-ak studenata Geodetskog fakulteta iz Zagreba. Neki od njih su sudjelovali i u organizaciji samoga Simpozija.

Na svečanosti otvaranja Simpozija pred prepunom predavaaonom Geotehničkog fakulteta sve prisutne pozdravili su dekan Geotehničkog fakulteta izv. prof. dr. sc. Josip Mesec, gradonačelnik Grada Varaždina Goran Habuš, dekan Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu prof. dr. sc. Damir Medak, predsjednik Organizacijskog odbora doc. dr. sc. Milan Rezo, predsjednik Znanstvenog odbora doc. dr. sc. Rinaldo Paar (slika 2) te ministar graditeljstva i prostornog uređenja Lovro Kušević koji je ujedno i otvorio Simpozij (slika 3).



Slika 2. Pozdravni govori.



Slika 3. Svečano otvaranje simpozija.

U sklopu svečanosti otvaranja predsjednik Organizacijskog odbora SIG 2016, a ujedno i predsjednik Hrvatskoga geodetskog društva doc. dr. sc. Milan Rezo te predsjednik Znanstvenog odbora SIG 2016 doc. dr. sc. Rinaldo Paar uručili su profesoru emeritusu Zdravku Kapoviću nagradu za životno djelo HGD-a kao najviše priznanje istaknutom pojedincu za njegov sveukupni stvaralački rad koji je od osobitog značenja za promicanje HGD-a, odnosno za izuzetno ostvarenje koje predstavlja značajan doprinos i od značaja je za HGD i geodetsku struku uopće (slika 4).



Slika 4. Uručenje nagrade HGD-a za životno djelo profesoru emeritusu Zdravku Kapoviću.

Znanstveno-stručni dio Simpozija sastojao se od prezentacija 5 pozvanih predavanja i 40 znanstveno-stručnih radova. Prezentirani radovi i predavanja bili su podijeljeni u šest sesija i tema.

Pozvana predavanja

Petak, 20. svibanj 2016., 16:00–19:30

1. *Prof. Dr. Thomas Wunderlich*: “Getting to the Point: the Engineering Geodesist’s Role in an Interdisciplinary Team of Experts”, Tehničko sveučilište u Minhenu, Fakultet građevinarstva, geodezije i okoliša, Njemačka
2. *Dr. Ján Erdélyi*: “New Trends in Engineering Geodesy – Bridge Monitoring using TLS, Accelerometers and Ground Based-Radar Interferometry”, Slovačko tehničko sveučilište u Bratislavi, Građevinski fakultet, Slovačka
3. *Prof. emeritus dr. Zdravko Kapović*: “Povijest inženjerske geodezije u Hrvatskoj”, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Hrvatska
4. *Izv. prof. dr. Boštjan Kovačič*: “Praćenje pomaka i deformacija geološki opasnih područja”, Sveučilište u Mariboru, Građevinski fakultet, Slovenija
5. *Doc. dr. Branko Milovanović*: “Projektiranje kontrolnih mreža hidrotehničkih objekata za potrebe geodetskog praćenja”, Sveučilište u Beogradu, Građevinski fakultet, Srbija

Slike 5, 6, 7, 8 i 9 prikazuju predavače tijekom održavanja pozvanih predavanja.



Slika 5. Predavanje prof. dr. sc. Thomasa Wunderlicha.



Slika 6. Predavanje dr. sc. Jána Erdélyia.



Slika 7. Predavanje prof. emeritusa Zdravka Kapovića.



Slika 8. Predavanje doc. dr. sc. Boštjana Kovačiča.



Slika 9. Predavanje doc. dr. sc. Branka Milovanovića.

1. sesija – Praćenje i određivanje pomaka i deformacija, analiza i interpretacija

Subota, 21. svibanj 2016., 8:30–10:30

Voditelj: *Alojz Kopčić, Slovačko tehničko sveučilište u Bratislavi, Građevinski fakultet, Bratislava, Slovačka*Zamjenik: *Ante Marendić, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb, Hrvatska*

1. *Rok Kamnik, Boštjan Kovačič*: Geološko istraživanje i statičko ispitivanje vijadukta Pe-račica
2. *Domagoj Damjanović, Janko Koščak, Marko Bartolac, Ivan Duvnjak, Ante Marendić, Rinaldo Paar*: Mjerenja pri ispitivanju čeličnih željezničkih mostova
3. *Alojz Kopčić, Imrich Lipták, Ján Erdélyi, Peter Kyrinovič*: Monitoring mosta Slovak National Uprising pomoću automatskog sustava
4. *Andreas Wagner, Wolfgang Wiedemann, Peter Wasmeier, Thomas Wunderlich*: Koncept monitoringa korištenjem mjernih stanica s ugrađenim CMOS senzorima
5. *Ante Marendić, Rinaldo Paar, Igor Grgac, Domagoj Damjanović*: Određivanje dinamičkih pomaka oslonca rotacione peći robotiziranom totalnom stanicom
6. *Lidija Špiranec, Almin Đapo, Boško Pribičević*: Određivanje recentnih pokreta litosfere na područjima s kemogenim sedimentima na površini u području Dinarida – preliminarni rezultati
7. *Rinaldo Paar, Ante Marendić, Siniša Mastelić Ivić, Tomislav Bašić, Zdravko Kapović*: Izvješće o prethodnim i plan budućih geodinamičkih istraživanja u povijesnoj jezgri staroga grada Dubrovnika

2. sesija – Geodetske mreže, kontrola kvalitete podataka, ispitivanje i umjeravanje

Subota, 21. svibanj 2016., 8:30–10:30

Voditeljica: *Gorana Novaković, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb, Hrvatska*Zamjenik: *Mladen Zrinjski, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb, Hrvatska*

1. *Slavko Vasiljević, Branko Milovanović, Zagorka Gospavić*: Inovativni projekt geodetskog monitoringa brane „Bočac“
2. *Esad Vrce, Asim Bilajbegović*: Optimalni 3D model izjednačenja hibridnih mreža i deformacijske analize
3. *Aleksandar Sekulić, Milutin Pejović, Milan Kilibarda, Branislav Bajat*: Razvoj interaktivnog programa za optimiranje i izjednačenje 1D/2D geodetskih kontrolnih mreža u Open Source okruženju (R + Google Earth + Google Maps)
4. *Matej Varga, Olga Bjelotomić, Tomislav Bašić*: Razmatranje modernizacije Hrvatskoga visinskog referentnog sustava
5. *Mladen Zrinjski, Đuro Barković, Jelena Gabela*: Pregled nove međunarodne norme za ispitivanje GNSS RTK mjernih sustava
6. *Ivica Šarušić, Sanja Šarušić, Mladen Zrinjski*: Ispitivanje kvalitete RTK pozicioniranja primanjem signala samo s GLONASS satelita prema normi ISO 17123-8:2015
7. *Danijel Šugar, Petar Sučić, Željko Bačić*: Ispitivanje pogodnosti lokacije za GNSS mjerenja

3. sesija – Inženjerska geodezija u graditeljstvu, industriji i istraživanjima

Subota, 21. svibanj 2016., 11:00–13:00

Voditelj: *Branko Božić, Sveučilište u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija*Zamjenik: *Almin Đapo, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb, Hrvatska*

1. *Zagorka Gospavić, Branko Božić*: Instrukcijski okviri djelovanja geodezije u Republici Srbiji – suvremeni problemi, izazovi i perspektive
2. *Jelena Pandžić, Marko Pejić, Branko Božić, Verica Erić*: TLS za potrebe određivanja geometrije visokih građevina
3. *Rinaldo Paar, Ante Marendić, Igor Grgac, Ivan Jakopec*: Određivanje plošnosti betonske ploče pomoću linearnoga regresijskog modeliranja

4. *Luka Babić, Boško Pribičević, Almin Đapo*: Mjerenje deformacija u industrijskim postrojenjima korištenjem laserskih skenera – primjer Kolone 321-C-001 u Rafineriji nafte Rijeka
5. *Karlo Šimek, Damir Medak, Ivan Medved*: Upotreba službenoga digitalnog modela reljefa Republike Hrvatske u izradi projekta za izgradnju sustava odvodnje oborinskih voda
6. *Dragomir Bušić, Vedrana Garmaz*: Uporaba mobilnog kartiranja u svrhu kvalitetnog upravljanja prometnicama i prometnom infrastrukturom
7. *Ante Rezo, Branimir Marinčić, Slavica Bevanda*: Geodetski radovi pri uspostavi vjetroelektrana

4. sesija – Inženjerstvo okoliša

Subota, 21. svibanj 2016., 11:00–13:00

Voditeljica: *Anka Liseč, Sveučilište u Ljubljani, Fakultet građevinarstva i geodezije, Ljubljana, Slovenija*

Zamjenik: *Siniša Mastelić Ivić, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb, Hrvatska*

1. *Dinko Rončević, Rajko Horvat, Lidija Špiranec*: Primjena suvremenih metoda mjerenja i automatizacija obrade podataka u komasaciji
2. *Sergej Baričević, Daria Dragčević, Leonardo Patalen, Blaženka Mičević*: Inženjerska geodezija u postupcima komasacije poljoprivrednog zemljišta u Republici Hrvatskoj
3. *Franjo Ambroš, Justina Bajt, Aleksandra Rulj, Mislav Skelin*: Posebni pravni režimi na infrastrukturi – zadatak geodetske struke stvoriti tehničku osnovu za primjenu pravnih propisa iz područja infrastrukture
4. *Justina Bajt*: Uloga geodezije u preobrazbi katastra vodova iz evidencije u javni upisnik
5. *Dalibor Marinčić, Damir Medak*: Prostorno-vremensko modeliranje utjecaja vjetroelektrane Mesihovina na okoliš i društvo
6. *Vesna Poslončec-Petrić, Lovro Šlabek, Stanislav Frangeš*: Volonterskim prostornim podacima do dinamičke karta buke grada Zagreba

Obilježavanje 250. obljetnice izmjere meridijanskoga luka od Brna preko Beča do Varaždina

Subota, 21. svibanj 2016., 13:00–13:30

Miljenko Lapaine: Ruđer Josip Bošković i 250. godišnjica izmjere bečkog meridijana

5. sesija – GNSS i navigacija u zatvorenim prostorima

Subota, 21. svibanj 2016., 15:00–16:30

Voditelj: *Tomislav Bašić, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb, Hrvatska*

Zamjenik: *Rinaldo Paar, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb, Hrvatska*

1. *Željko Hećimović, Igor Matišić, Josip Peroš*: Pseudoliti kao podrška za navigaciju bespilotnih zrakoplova
2. *Ěubica Ilkovičová, Pavol Kajánek, Alojz Kopáček*: Pozicioniranje i praćenje pješaka u zatvorenim prostorima pomoću senzora pametnih telefona, detekcije pokreta i Map Matching algoritma
3. *Igor Grgac, Gorana Novaković, Robert Ilijaš*: Prva primjena Locata tehnologije za pozicioniranje u Hrvatskoj
4. *Loris Redovniković, Baldo Stančić, Vlado Cetl*: Usporedba različitih sustava za podzemnu izmjeru
5. *Zoran Nedeljković, Momir Mitrović, Stevan Milić*: Brzo uspostavljeni horizontalni i vertikalni referentni okviri pomoću GNSS-a za inženjerske projekte velikih razmjera
6. *Ruža Čeliković, Edis Imamović*: Kontinuirano GNSS praćenje pomaka u zoni utjecaja eksploatacije tuzlanskoga solnog ležišta

6. sesija – Nove tehnologije u inženjerskoj geodeziji i multisenzorski sustavi

Subota, 21. svibanj 2016., 17:00–18:30

Voditelj: *Thomas Wunderlich, Tehničko sveučilište u Minhenu, Fakultet građevinarstva, geodezije i okoliša, Minhen, Njemačka*

Zamjenik: *Vlado Cetl, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb, Hrvatska*

1. *Željko Hećimović, Slaven Marasović, Andrea Lukić*: Program Copernicus kao izazov za geodeziju i geoinformatiku
2. *Andreas Wagner, Wolfgang Wiedemann, Thomas Wunderlich*: Očitavanje i analiza digitalne nivelmanske letve pomoću mjerne stanice s ugrađenim CMOS senzorom
3. *Vlado Cetl, Goran Jurakić, Mario Mader, Hrvoje Tomić, Tomáš Kliment*: Bespilotni zrakoplovi – učinkovita uporaba ograničena zakonskom regulativom?
4. *Branke Kordić, Boško Pribičević, Almin Đapo, Luka Babić, Marin Govorčin*: Primjena bespilotnih zrakoplova za prikupljanje prostornih podataka
5. *Marijan Car, Danijela Jurić Kaćunić, Meho-Saša Kovačević*: Primjena bespilotnih letjelica za kartiranje klizišta
6. *Mateo Gašparović, Dubravko Gajski*: Bespilotni fotogrametrijski sustavi u službi inženjerske geodezije

Svaka sesija Simpozija imala je svoju temu u koje su bili podijeljeni i prezentirani svi radovi. Kao aktivni sudionici Simpozija sudjelovali su profesori, asistenti i studenti s Geodetskog fakulteta u Zagrebu. Neki su sudjelovali kao voditelji ili zamjenici voditelja sesija, a neki su prezentirali radove koje su napravili zajedno s drugim kolegama. S Geodetskog fakulteta bilo je prisutno ukupno trideset profesora i asistenata, te petnaest studenata. Prezentirali su ukupno dvadeset radova. Bilo je i mladih kolega s fakulteta kao i studenata kojima je ovo bilo prvo iskustvo, odnosno po prvi put su prezentirali rad na međunarodnom skupu. Slike 10, 11, 12, 13 i 14 prikazuju prezentacije radova.

Svi radovi dostupni su u objavljenom Zborniku radova (slika 15), kao i u digitalnom obliku na službenim web stranicama Simpozija: <http://www.geof.unizg.hr/sig2016/>. Svi radovi recenzirani su od strane recenzentskog odbora Simpozija i prošli su postupak lekture. Glavni urednici zbornika radova su: doc. dr. sc. Rinaldo Paar, doc. dr. sc. Ante Marenić i doc. dr. sc. Mladen Zrinjski. Radovi su objavljeni na engleskom jeziku u Zborniku radova i na internetskim stranicama Simpozija, a posebno treba istaknuti da je i većina radova izlagana na engleskom jeziku. Za vrijeme održavanja Simpozija organizator je osigurao simultani prijevod, kako bi svi sudionici mogli nesmetano i bez poteškoća pratiti sva izlaganja.



Slika 10. Predavanje prof. dr. sc. Alojza Kopáčika, bivšeg predsjednika FIG Komisije 6 – Inženjerska geodezija.



Slika 11. Student Louro Šlabek po prvi put prezentira rad na međunarodnom skupu.



Slika 12. Andreas Wagner prezentira rad nagrađen kao najbolji među mladim znanstvenicima.



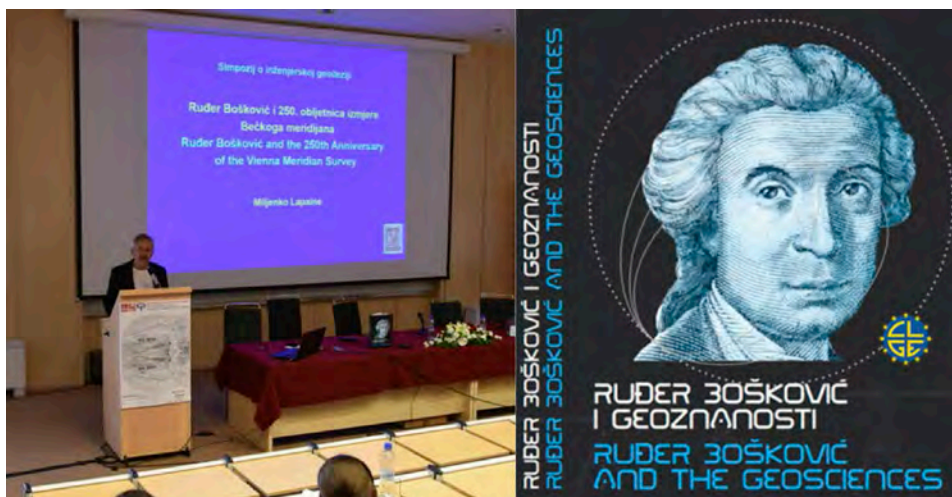
Slika 13. Asistent Igor Grgac po prvi put prezentira rad na međunarodnom skupu.



Slika 14. Zainteresirana publika uvijek je imala pitanja.

<p>Silvija Perić was born in 1978 in Vukovar, Republic of Croatia. She graduated from the Faculty of Geodesy, University of Zagreb in 2000. She worked in the field of geodesy and photogrammetry. She is currently an assistant professor in the Chair of Engineering Geodesy, Faculty of Geodesy, University of Zagreb. She is also a member of the Croatian Geodesy Association and the International Geodesy Association. She is currently a member of the Croatian Geodesy Association and the International Geodesy Association.</p> <p>Igor Grgac was born in 1980 in Zagreb, Croatia. He graduated from the Faculty of Geodesy, University of Zagreb in 2002. He worked in the field of geodesy and photogrammetry. He is currently an assistant professor in the Chair of Engineering Geodesy, Faculty of Geodesy, University of Zagreb. He is also a member of the Croatian Geodesy Association and the International Geodesy Association.</p> <p>Andreas Wagner was born in 1975 in Vukovar, Croatia. He graduated from the Faculty of Geodesy, University of Zagreb in 1998. He worked in the field of geodesy and photogrammetry. He is currently an assistant professor in the Chair of Engineering Geodesy, Faculty of Geodesy, University of Zagreb. He is also a member of the Croatian Geodesy Association and the International Geodesy Association.</p> <p>ISBN: 978-953-99018-0-8</p>	<p>International Symposium on Engineering Geodesy SIG 2016</p> <p>Proceedings</p> <p>Varaždin, 20th - 22nd May 2016</p>
---	--

Slika 15. SIG 2016 – Zbornik radova.



Slika 16. Predavanje prof. dr. sc. Miljenka Lapainea i knjiga Ruder Bošković i geoznanosti.

U sklopu simpozija obilježena je i 250. obljetnica izmjere luka meridijana od Brna preko Beča do Varaždina. Vrlo zanimljivo predavanje održao je prof. dr. sc. Miljenko Lapaine (slika 16) gdje je predstavio život i djelo Rudera Josipa Boškovića, Europskog geodeta 2016. godine. Malo je poznato da je upravo Ruder Bošković dao preporuku za provedbu mjerenja luka meridijana kojeg je na zahtjev Marije Terezije proveo Joseph Liesganig. Izmjera luka meridijana provedena prije 250 godina vrlo je bitna za Hrvatsku iz razloga što je tom prigodom postavljena i izmjerena prva trigonometrijska točka u Hrvatskoj uopće.

Nakon prezentacija radova po sesijama dodijeljena je i nagrada za najbolji rad u kategoriji mladih znanstvenika do 35 godina života (slika 17). Za najbolji rad odabran je rad Andreaša Wagnera uz koautore Wolfganga Wiedemanna, Petera Wasmeiera i prof. dr. sc. Thomasa Wunderlicha. Tema rada je: "Koncept monitoringa korištenjem mjernih stanica s ugrađenim CMOS senzorima".



Slika 17. Uručivanje nagrade za najbolji rad.



Slika 18. Zatvaranje simpozija.

Samim time se krenulo i sa zatvaranjem simpozija (slika 18). Simpozij su zaključili prof. dr. sc. Thomas Wunderlich, doc. dr. sc. Rinaldo Paar i doc. dr. sc. Milan Rezo koji su se kroz kratak osvrt na cijeli Simpozij zahvalili svima koji su sudjelovali u organizaciji i omogućili da Simpozij ostvari veliki uspjeh. Istaknuli su i pohvalili sve studente koji su prisustvovali Simpoziju, a posebno one koji su sudjelovali i u organizaciji Simpozija (slika 19). Također, treba zahvaliti i sponzorima Simpozija koji su omogućili njegovo održavanje i organizirali sajam geodetskog instrumentarija i opreme u auli Geotehničkog fakulteta (slika 20).



Slika 19. Studenti za registracijskim stolom.



Slika 20. Sajam geodetske opreme.

Profesor Wunderlich na ceremoniji zatvaranja je istaknuo da je na Simpoziju bila zamjetna zavidna visoka razina radova, kao i izlaganja istih te da treba pohvaliti mlade kolege od kojih su neki i po prvi put prezentirali radove. Simpozij je osim svog znanstveno-stručnog dijela, u kojem su prezentirani radovi, imao i društveni dio. Sudionici su se okupili na svečanoj večeri gdje je u opuštenoj atmosferi organizirano druženje kako bi se izmijenili dojmovi sa Simpozija. I na kraju, valja istaknuti kako je organizator najavio i četvrti Simpozij o inženjerskoj geodeziji, koji bi se trebao održati u svibnju 2020. godine u Dubrovniku. Nadamo se da će zacrtani cilj i ostvariti, a četvrti Simpozij biti još kvalitetniji i bolji od ovogodišnjega.

Rinaldo Paar

Prof. emer. dr. sc. ZDRAVKO KAPOVIĆ **Dobitnik Nagrade za životno djelo Hrvatskoga geodetskog društva**



Slika 1. Prof. emer. Zdravko Kapović.

Zdravko Kapović rođen je 1. travnja 1948. u Opuzenu. Osnovnu školu završio je u Opuzenu, a gimnaziju u Pločama 1967. godine. Diplomirao je na Geodetskom fakultetu u Zagrebu 1974., magistrirao 1984., a doktorirao 1993. godine tezom: *“Prilog određivanju i analizi pomaka i deformacija mostova s posebnim osvrtom na temperaturne utjecaje”*.

Od 1974. do 1977. radio je u Zavodu za katastar i geodetske poslove grada Zagreba. Za asistenta u Geodetskom zavodu Geodetskog fakulteta u Zagrebu izabran je 1977. U znanstveno-nastavno zvanje docent za kolegij Inženjerska geodezija izabran je 1994., a u zvanje izvanrednog profesora 1999. U zvanje redovitog

profesora izabran je 2003. godine. Profesorom emeritusom postao je 2014. godine. Tijekom svoga djelovanja na Geodetskom fakultetu u Zagrebu održavao je vježbe i predavanja iz više kolegija na preddiplomskim, diplomskim i poslijediplomskim studijima. Izdvajaju se: Inženjerska geodezija I, II i III, Uvod u geodeziju, Inženjerska geodetska osnova, Inženjerska geodezija, Inženjerska geodezija u graditeljstvu, Pomaci i deformacije, Organizacija geodetskih radova, Geodetski nadzor i kontrola objekata niskogradnje, Analiza pomaka i deformacija objekata, Optimizacija specifičnih geodetskih osnova i deformacijska analiza. Predavao je i kolegij Geodezija na Građevinskom fakultetu u Zagrebu. Također je predavao i kolegij Inženjerska geodezija na Fakultetu građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu. Bio je predsjednik Savjeta fakulteta od 1988. do 1990., član Poslovnog odbora od 1990. do 1991., voditelj usmjerenja Inženjerska geodezija na dodiplomskom i poslijediplomskom studiju Geodetskog fakulteta u periodu od 1997. do 2001., pročelnik Zavoda za inženjersku geodeziju od 1995. do 2001., pročelnik Katedre za inženjersku geodeziju do 2013., te dekan Fakulteta u 2 mandata od 2003. do 2007. godine. Treba istaknuti da je bio i predsjednik vijeća Tehničkog područja Sveučilišta u Zagrebu od 2008. do 2012. godine. Bio je i zaposlenik Instituta građevinarstva Hrvatske – IGH u periodu od 18 mjeseci. Danas je predsjednik Udruge bivših studenata i prijatelja Geodetskog fakulteta (AMCA) u Zagrebu.

Objavio je 100-tinjak znanstvenih i stručnih radova objavljenih u inozemnim i domaćim časopisima, odnosno u zbornicima radova s međunarodnih i domaćih skupova. Glavno područje njegova znanstvenog rada su precizna geodetska terestrička i satelitska mjerenja pri namjerno izazvanim pomacima i deformacijama različitih građevinskih konstrukcija. Dio radova vezan je i uz uspostavu suvremenih geodetskih osnova za potrebe izgradnje mostova i tunela. Zahvaljujući dugogodišnjoj suradnji s mnogim institucijama sudjelovao je na više od 900 znanstvenostručnih ekspertiza u području pomaka i deformacija povezanih s ispitivanjima različitih građevinskih objekata, prvenstveno mostova, vijadukata i nadvožnjaka. Pod njegovim mentorstvom izrađeno je 5 disertacija, 4 magistarska rada te 206 diplomskih radova. Autor je sveučilišnog udžbenika "Geodezija u niskogradnji" izdanog 2010. godine, koji je postao obavezna literatura studentima za kolegije iz područja Inženjerske geodezije.

Bio je i još uvijek je vrlo istaknuti član Hrvatskoga geodetskog društva (HGD). Od 1983. do 1985. obavljao je funkciju tajnika društva. Za predsjednika društva izabran je 1996. godine. Funkciju predsjednika obavljao je u 2 mandata od 1996. do 2004. Za njegova mandata kao predsjednika organizirani su Prvi hrvatski kongres o katastru 1997. i Drugi hrvatski kongres o katastru 2001., te simpozij Državne geodetske osnove i zemljišni informacijski sustavi (1999). Bio je jedan od dva glavna urednika zbornika radova navedenih skupova. Isto tako, dok je bio predsjednik HGD-a organizirano je i četiri Susreta geodeta Hrvatske – X. susrete u Dubrovniku 1998., XI. susrete u Puli 2000., XII. susrete u Zatonu kraj Zadra 2002. i XIII. susrete u Solarisu kod Šibenika 2004. godine. Također za njegova mandata osigurana su financijska sredstva i kupljen vrlo kvalitetan prostor od 60 m² u zgradi Hrvatskog inženjerskog saveza u Zagrebu.

Na temelju svega navedenoga vidljivo je da je profesor emeritus Zdravko Kapović ispunio sve uvjete iz čl. 8. Pravilnika o dodjeli priznanja HGD-a za dobivanje Nagrade za životno djelo. Bio je iznimno uspješan tijekom cijele svoje karijere na svim poljima svoga djelovanja. Ne treba posebno ništa isticati iz gore navedenog, ali valja ponoviti da je njegov opus zasluga izniman, kako onih Geodetskom fakultetu i Hrvatskome geodetskom društvu, tako u konačnici i Sveučilištu u Zagrebu gdje je uvijek bio i još uvijek je iznimno cijenjen i uvažavan.

Profesoru emeritusu Zdravku Kapoviću dodijeljena je Nagrada za životno djelo HGD-a (slika 2) u sklopu svečanosti otvaranja Međunarodnog simpozija o inženjerskoj geodeziji SIG 2016, koji je održan u Varaždinu od 20. do 22. svibnja 2016. Nagradu su mu uručili predsjednik HGD-a doc. dr. sc. Milan Rezo, koji je ujedno bio i predsjednik Organizacijskog odbora Simpozija, te predsjednik Znanstvenog odbora Simpozija doc. dr. sc. Rinaldo Paar. Nagrada za životno djelo HGD-a najviše je priznanje istaknutom pojedincu za njegov sveukupni stvaralački rad koji je od osobitog značenja za promicanje HGD-a, odnosno za izuzetno ostvarenje koje predstavlja značajan doprinos i od značaja je za HGD i geodetsku struku opće.



Slika 2. Nagrada za životno djelo – Zlatni globus HGD-a.

Dragom profesoru, mojemu šefu, u svoje osobno i u ime svih bivših kolega i studenata te prijatelja, upućujem iskrene čestitke i želim puno uspjeha, sreće, zdravlja i veselja u daljnjem životu!

Rinaldo Paar

SVEUČILIŠNI PRVOSTUPNICI (BACCALAUREUSI) INŽENJERI GEODEZIJE I GEOINFORMATIKE

Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, dana 13. srpnja 2016. godine, Završni ispit položilo je ukupno 30 pristupnika i time stekli akademski naziv sveučilišni prvostupnik (baccalaureus) inženjer geodezije i geoinformatike, odnosno sveučilišna prvostupnica (baccalaurea) inženjerka geodezije i geoinformatike.

Pregled prvostupnika inženjera geodezije i geoinformatike na preddiplomskom studiju:

13. srpanj 2016.

- | | | |
|---------------------|----------------------|---------------------|
| • Antonio Banko | • Dora Hulina | • Aneta Muslić |
| • Tedi Banković | • Matea Ivaničić | • Antonio Njegovan |
| • Lucija Brajković | • Josipa Karačić | • Marijo Pejak |
| • Karlo Čmrlec | • Danijel Kisela | • Ana Radić |
| • Petar Delač | • Nikola Kraljić | • Anto Rumbočić |
| • Marko Dumančić | • Teo Magdić | • Ena Smoković |
| • Viktorija Đuračić | • Sara Majstorović | • Đana Šimičić |
| • Alen Ešegović | • Nejira Mandal | • Antonija Veselski |
| • Ivan Golub | • Antonio Margaretić | • Luka Zalović |
| • Mirna Hanževački | • Andrea Miletić | • Matea Zlatunić |

Kratice za ovaj akademski naziv je: univ. bacc. ing. geod. et geoinf.

Čestitamo novim sveučilišnim prvostupnicima inženjerima geodezije i geoinformatike.

Mladen Zrinjski

MAGISTRI INŽENJERI GEODEZIJE I GEOINFORMATIKE

Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, dana 1. srpnja i 15. srpnja 2016. godine, na sveučilišnome diplomskom studiju geodezije i geoinformatike diplomirao je ukupno 31 pristupnik i time stekli akademski naziv magistra inženjerka geodezije i geoinformatike, odnosno magistar inženjer geodezije i geoinformatike.

Pregled magistara inženjera geodezije i geoinformatike:

Pristupnik	Datum obrane, mentor
Naslov diplomskog rada	
<i>Luka Alaupović</i> "Analiza točnosti određivanja visina geometrijskim, 1. 7. 2016., doc. dr. sc. Mladen Zrinjski trigonometrijskim i GNSS nivelmanom"	
<i>Franko Buča</i> "Usporedba podataka slivnih područja dobivenih na osnovu digitalnog modela terena i Landsat satelitskih snimaka"	1. 7. 2016., prof. dr. sc. Siniša Mastelić Ivić
<i>Dominik Dujnić</i> "Ispitivanje položajne i visinske točnosti e-bee ortofota test lokacije na Velebitu"	1. 7. 2016., prof. dr. sc. Željko Bačić

- Majda Ivić*
"Pomorski katastar" 1. 7. 2016., doc. dr. sc. Mladen Zrinjski
- Nataša Jovanović*
"Ažuriranje podataka STOKIS-a" 1. 7. 2016., prof. dr. sc. Stanislav Frangeš
- Filip Lagator*
"Izravna monokularna tehnika istovremene lokalizacije i kartiranja" 1. 7. 2016., doc. dr. sc. Loris Redovniković
- Ivana Lončar*
"Primjena slobodnih softvera kod preraspodjele zemljišta u okviru komasacije" 1. 7. 2016., prof. dr. sc. Siniša Mastelić Ivić
- Marija Mišković*
"A priori analiza točnosti geodetske osnove za praćenje klizišta" 1. 7. 2016., prof. dr. sc. Gorana Novaković
- Mateja Moslavac*
"Fotogrametrijska izmjera arheoloških artefakata" 1. 7. 2016., doc. dr. sc. Dubravko Gajski
- Ružica Šiško*
"Prostorna analiza postojeće evidencije nekretnina u RH" 1. 7. 2016., prof. dr. sc. Siniša Mastelić Ivić
- Lovro Štabek*
"Moderne tehnologije u funkciji pametnih gradova" 1. 7. 2016., doc. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić
- Anastazija Bakran*
"Primjena postojećih web-servisa u turističkoj kartografiji" 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić
- Orsat Benić*
"Analiza podataka 3D laserskog skeniranja i modela dobivenih iz video snimaka rezolucije na primjenu filmskog grada Mana" 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Almin Đapo
- Vjekoslav Biluš*
"Izrada Geodetskog projekta za područje grada Velika Gorica" 15. 7. 2016., izv. prof. dr. sc. Brankica Čigrovski-Detelić
- Jelena Gabela*
"Utjecaj defektne konfiguracije CROPOS stanica na VPPS mjerenja" 15. 7. 2016., prof. dr. sc. Željko Bačić
- Grgo Gotovac*
"Određivanje statičkih pomaka mosta različitim geodetskim metodama" 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Ante Marendić
- Mario Grabovac*
"Interaktivna turistička karta Imotskog za mobilne uređaje" 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Robert Župan
- Roko Grzunov*
"Ispitivanje performansi INS/GNSS senzora bespilotnih letjelica" 15. 7. 2016., prof. dr. sc. Željko Bačić

- Ivan Kolar*
 “Usporedba vanjske i unutarnje točnosti eBee ortofota na test lokaciji na Velebitu” 15. 7. 2016., prof. dr. sc. Željko Bačić
- Ivan Majić*
 “Detekcija i analiza urbane vegetacije uz gradske prometnice” 15. 7. 2016., prof. dr. sc. Damir Medak
- Bruno Marđetko*
 “Određivanje pomaka pješačkog mosta preko Miramarske ceste primjenom DSLR fotoaparata Nikon D750” 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Ante Marendić
- Leona Menalo*
 “Testiranje karakteristika programa Drone to Map za bespilotne letjelice na testnom poligonu na Velebitu” 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić
- Andreja Mustać*
 “Kartografija za djecu” 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Dražen Tutić
- Lovre Nekić*
 “Izmjera i kalibracija spremnika nafte u RN Sisak primjenom metode laserskog skeniranja” 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Almin Đapo
- Ines Pavičić*
 “Određivanje statičkih pomaka pješačkog mosta primjenom integriranog CMOS senzora u RTS-u” 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Rinaldo Paar
- Jurica Polegubić*
 “Vektorizacija katastarske općine Svirče” 15. 7. 2016., prof. dr. sc. Miodrag Roić
- Valentino Radak*
 “Informacijski sustav zelenih površina” 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić
- Katija Špika*
 “Interaktivna turistička web karta Trogira i okolice” 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Robert Župan
- Karlo Tkalec*
 “Geodetska izmjera i 3D prikaz špilje Vindije” 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Loris Redovniković
- Antonio Tupek*
 “Određivanje dinamičkih pomaka pješačkog mosta primjenom integriranog CMOS senzora u RTS-u” 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Rinaldo Paar
- Ina Zlojutro*
 “Geodetska izmjera i prikaz turističkog dijela Gornje Cerovačke špilje” 15. 7. 2016., doc. dr. sc. Loris Redovniković

Kratica za ovaj akademski naziv je: mag. ing. geod. et geoinf.

Čestitamo novim magistrima inženjerima geodezije i geoinformatike.

Mladen Zrinjski

STANJE KORIŠTENJA ZEMLJIŠTA U EUROPI PREMA OpenStreetMapu

Karte korištenja zemljišta nužne su stručnjacima u urbanom i regionalnom planiranju. Takve karte nastaju geodetskom izmjerom koja se u tu svrhu danas služi metodom daljinskih istraživanja. Međutim, rezultate dobivene daljinskim istraživanjima potrebno je i provjeriti na terenu.

OpenStreetMap (OSM) je danas alternativni izvor podataka o korištenju zemljišta. Važno je naglasiti da se dobrovoljci koji stvaraju OSM, pri omeđivanju zemljišnih čestica na satelitskim snimcima, služe za označivanje korištenja zemljišta svojim poznavanjem tog krajolika, a na raspolaganju im je kvalitetan softver za uređivanje i satelitski snimci prostorne razlučivosti i do 20 cm.

Veliki trud i značajna novčana sredstva uložena su do sada u izradu karata korištenja zemljišta na globalnoj razini. U Europi je to projekt CORINE. Te karte zahtijevaju stalno osuvremenjivanje pa stoga i velika ulaganja. Postavlja se pitanje mogu li se u tu svrhu primijeniti podaci OSM-a.

Arsanjani i dr. (2014) odlučili su stoga prvo istražiti u kojoj su mjeri podaci o korištenju zemljišta OSM-a u pojedinim europskim državama kompletni, tj. u kojem postotku pokriva ju površinu svake države. Istraživanje je obuhvatilo 40 europskih država, a podaci se odnose na 20. veljače 2014. U posebnoj su tablici za svaku državu naveli ukupnu površinu države u kilometrima kvadratnim, površinu kartografiranog korištenja zemljišta te postotak pokrivenosti.

Za osam europskih država postotak pokrivenosti podacima o korištenju zemljišta veći je od 50 posto. To su (u zagradi je naveden postotak pokrivenosti): Bosna i Hercegovina (96,6), Slovačka (89,1), Nizozemska (82,5), Belgija (63,0), Rumunjska (58,2), Luksemburg (55,2), Francuska (54,1) i Njemačka (53,4). Pet država ima pokrivenost između 30 i 50 posto: Lihtenštajn (41,2), Makedonija (36,7), Češka (36,4), Hrvatska (31,1) i Andora (30,9). Pokrivenost između 20 i 30 posto ima deset država, među njima Austrija (27,1), Švicarska (26,2), Slovenija (25,8) i Crna Gora (21,1). Trinaest država ima pokrivenost između 10 i 20 posto, među njima Velika Britanija (19,1), Kosovo (18,4), Mađarska (15,3), Srbija (13,0) i Italija (12,6). Četiri države imaju pokrivenost manju od 10 posto: Irska (7,1), Portugal (4,3), Albanija (3,1) i Island (1,6).

Pri analizi podataka o pokrivenosti pojedinih država treba voditi računa o različitoj gustoći naseljenosti. Na primjer, država s najmanjom pokrivenosti Island (1,6%) ima površinu 103 000 km² i oko 300 000 stanovnika, dok jedna od država s najvećom pokrivenosti Nizozemska (82,5%) ima površinu 41 500 km² i oko 17 milijuna stanovnika.

Literatura

- Arsanjani, J. J., Vaz, E., Bakillah, M., Mooney, P. (2014): Towards initiating OpenLandMap founded on citizens' science: The current status of land use features of OpenStreetMap in Europe, Proceedings of the AGILE'2014 International Conference on Geographic Information Science, Castellón, June 3-6, 2014, https://agile-online.org/Conference_Paper/cds/agile_2014/agile2014_134.pdf, (18. 7. 2016.).

ANALIZA SATELITSKIH SNIMAKA UZ MASOVNU PODRŠKU UKLOPLJENA U RAČUNALNU IGROU

Analizu satelitskih snimaka ili aerosnimaka ljudi rade još uvijek bolje od računala. Danas je dostupna ogromna količina satelitskih snimaka Zemlje i ostalih planeta, ali nema dovoljno stručnjaka za njihovu analizu. Citirani članak opisuje novi pristup kojim se analiza snimaka može znatno ubrzati masovnom podrškom uklopljenom u računalnu igru.

Nizozemska tvrtka *BlackShore* u želji da pomogne NASA-inim znanstvenicima u analizi snimaka Marsa došla je na ideju da u računalnoj igri vizualizira dijelove površine Marsa, na kojima se zbiva radnja znanstveno-fantastičnog filma *The Martian*, i zamoli gomilu (*crowd*) igrača da prema zahtjevima istraživača kartografiraju određene terenske oblike. Na taj način igrači uče o Marsu nadahnuti ljepotom planeta i ujedno kartografiraju njegovu površinu te time kontinuirano pružaju doprinos znanstvenim istraživanjima. Eksperiment je pokazao da gomila igrača obavlja zadatak brže i temeljitije od stručnjaka te jednako točno kao oni sve dok ih računalna igra upućuje što da rade i drži ih motiviranima.

Tom računalnom igrom nazvanom *Cerberus*, tvrtka *BlackShore* ušla je u poslovni odnos s Europskom svemirskom agencijom (ESA) u svrhu kartografiranja Zemlje i otkrivanja potencijalnih tržišta, npr. područja pogođenih prirodnim katastrofama. Cilj je igre napraviti kartu koja prikazuje obilježja od interesa, npr. drveća, na temelju satelitskih snimaka. Snimci su podijeljeni u šesterokutne pločice koje su igrači označili prema dominantnom obilježju u svakoj pločici. Ako više igrača označi isti objekt u pločici, tada *Cerberus* tretira taj objekt kao stvarni objekt i prenosi ga na kartu kompatibilnu s bilo kojim geoinformacijskim sustavom. Algoritam automatski odbacuje nepouzdanе rezultate. Na primjer, ako od stotinu igrača samo troje klikne na neki objekt, sustav ga ne prenosi na kartu. Ali ako deset ili više igrača označi neki objekt, sustav ga smatra istinitim i prenosi ga na kartu.

Za točnu identifikaciju objekata igrači dobivaju određeni broj bodova. Za napredak u igri potreban je određeni broj bodova pa su igrači stimulirani da posao odrade što bolje. Rezultat je da gomila igrača identificira više objekata od pojedinog stručnjaka, kartografiranje je brzo i besplatno, a kvaliteta nije smanjena.

Cerebrus je uspješno primijenjen za kartografiranje štete od tajfuna *Haiyan*, koji je pogodio Filipine krajem 2013. Primijenjeni su satelitski snimci visoke rezolucije, dobiveni neposredno nakon prolaska tajfuna. Igrači su u dan i pol kartografirali više od 8000 objekata na području od 25 km². Kartografirana je razina oštećenja imovine, blokirane ceste i oštećenja ključne infrastrukture, poput luka i sl. Osim toga kartografirani su i oblaci vidljivi na snimcima. To radnicima na terenu, koji se služe tim kartama, ukazuje na područja sa smanjenom pouzdanošću podataka, što je ključno za povjerenje ljudi u karte.

Sve primjene *Cerebrusa* do sada oslanjaju se na komercijalne i skupe satelitske snimke ultra visoke rezolucije. ESA je nedavno financirala studiju izvodljivosti sa slobodno dostupnim satelitskim snimcima satelita *Sentinel 2*. Istraživanje je bilo usmjereno na otkrivanje ilegalnog krčenja šuma u zemljama u razvoju. Tražila se masovna podrška igrača u izradi karte područja od 500 km² u Gani na kojem se ilegalno krče šume. Dugoročni je plan molba igračima da masovnom podrškom prate poljoprivredne aktivnosti u Gani, npr. pomažući u otkrivanju bolesti u ranoj fazi i u planiranju sustava za navodnjavanje kako bi se osiguralo da poljoprivrednici mogu nastaviti raditi na svojim postojećim parcelama. Na taj se način povećava prinos na postojećem zemljištu i pomaže rastu gospodarstva uz očuvanje prašuma.

U budućnosti se planira kombiniranje masovne podrške igrača i umjetne inteligencije (*artificial intelligence* – AI). Na primjer, na području od 1000 km² pogođenom cunamijem kartografirat će se masovnom podrškom prvih 100 km² i na osnovi te karte trenirati sustav AI, pa će taj sustav kartografirati preostalih 900 km². Računalni rezultat verificirat će se masovnom podrškom.

Literatura

Woud, van't H. (2016): Game-based Crowdsourcing for Image Analysis, *GIM International*, 6, 25-44.

Nedjeljko Frančula

IZ STRANIH ČASOPISA

Acta Geodaetica et Geophysica, Vol. 51, No. 3, 2016.

- Seismicity distribution and focal mechanism solution of major earthquakes of northern Pakistan. Pervez Khalid, Asif Ali Bajwa, Mustansar Naeem, Zia Ud Din. 347-357.
- Regional level forecasting of seismic energy release. B. Kavitha, S. T. G. Raghukanth. 359-391.
- Thermal analysis of the LLR optical telescope tube assembly based in Hartebeesthoek Radio Astronomy Observatory. P. Tsela, L. Combrinck, R. Botha, B. Ngcobo. 393-403.
- Cartographic analysis of some old Transylvanian geological maps from the second half of the nineteenth century. Enikő Korodi, Zsombor Bartos-Elekes, Ioan Rus, Ionel Haidu. 405-419.
- Accuracy improvement by implementing sequential measurement update in robust Kalman filter. Guobin Chang, Yunjia Wang, Qianxin Wang. 421-433.
- Taylor iteration downward continuation method for gravity gradient tensor data. Shuiliang Tang, Danian Huang. 435-449.
- The evaluation of the geoid-quasigeoid separation and consequences for its implementation. Joachim Schwabe, Martin Horwath, Mirko Scheinert. 451-466.
- Analysis of water vapor characteristics of regional rainfall around Poyang Lake using ground-based GPS observations. Yujing Cao, Hang Guo, Rongwei Liao, Marcin Uradzinski. 467-479.
- A new diagram of Earth's global energy budget. Miklos Zagoni. 481-492.
- Estimation of the Love numbers: k_2 , k_3 using SLR data of the LAGEOS1, LAGEOS2, STELLA and STARLETTE satellites. Marcin Jagoda, Miłoslawa Rutkowska. 493-504.
- Analysis of the calibration quality of the Kyviškės Calibration Baseline. Arūnas Būga, Rosita Birvydienė, Ričardas Kolosovskis, Boleslovas Krikštaponis, Romuald Obuchovski, Eimuntas Paršeliūnas, Raimundas Putrimas, Dominykas Šlikas. 505-514.
- On the errors-in-variables model with equality and inequality constraints for selected numerical examples. Xing Fang, Yun Wu. 515-525.
- The sundial of Augustus and its survey: unresolved issues and possible solutions. V. Baiocchi, M. Barbarella, M. T. D'Alessio, K. Lelo, S. Troisi. 527-540.
- Efficiency of artificial neural networks in map of total electron content over Iran. Mir Reza Ghaffari Razin, Behzad Voosoghi, Ali Mohammadzadeh. 541-555.
- Iterative approach of 3D datum transformation with a non-isotropic weight. Huaian Zeng, Qinglin Yi, Yue Wu. 557-570.
- Correlating physico-mechanical properties of intact rocks with P-wave velocity. C. Kurtuluş, F. Sertçelik, I. Sertçelik. 571-582.
- Radon emission evolution and rock failure. Qiang Sun, Chunhu Zhao, Hanjiang Lü. 583-595.

Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Vol. 123, No. 7, 2016.

- Tunnelvermessungen in der Schweiz im 19. und 20. Jahrhundert. Bertold Witte.
- AlpTransit-Gotthard-Basistunnel: Aspekte zu den Themen Schwerefeld, Höhe und Geodynamik. Andreas Schlatter, Urs Marti, Adrian Wiget.
- Aktuelle Tunnelbauverfahren und ihre Messtechnik. Aktuelle Tunnelbauverfahren und ihre Messtechnik. Hilmar Ingensand, Klaus Chmelina.
- Neue Entwicklungen bei Steuerleitsystemen für Tunnelbaumaschinen. Klaus Chmelina.
- Beste Fahrbahn im Gotthard-Basistunnel. Ulrich Völter.

Geoinformatica, Vol. 20, No. 3, 2016.

- Finding optimal region for bichromatic reverse nearest neighbor in two- and three-dimensional spaces. Huaizhong Lin, Fangshu Chen, Yunjun Gao, Dongming Lu. 351-384.
- Robust high-quality interpolation of regions to moving regions. Florian Heinz, Ralf Hartmut Güting. 385-413.
- Location K-anonymity in indoor spaces. Joon-Seok Kim, Ki-Joune Li. 415-451.
- Skyline for geo-textual data. Jianing Li, Hongzhi Wang, Jianzhong Li, Hong Gao. 453-469.
- The direction-constrained k nearest neighbor query. Min-Joong Lee, Dong-Wan Choi, SangYeon Kim, Ha-Myung Park, Sunghye Choi, Chin-Wan Chung. 471-502.
- Geographically weighted evidence combination approaches for combining discordant and inconsistent volunteered geographical information. Alexis Comber, Cidália Fonte, Giles Foody, Steffen Fritz, Paul Harris, Ana-Maria Olteanu-Raimond, Linda See. 503-527.
- Task selection in spatial crowdsourcing from worker's perspective. Dingxiang Deng, Cyrus Shahabi, Ugur Demiryurek, Linhong Zhu. 529-568.

Geomatics Info Magazine (GIM International), Vol. 30, No. 8, 2016.

- Fit-for-purpose Land Administration for Sustainable Development. Stig Enemark. 16-19.
- Enabling Global Land Tenure Using High-resolution Imagery. Kumar Navulur. 20-21.
- Towards Automated Detection of Visual Cadastral Boundaries. Yismaw Wassie, Mila Koeva, Rohan Bennett. 23-25.

Journal of Geodesy, Vol. 90, No. 9, 2016.

- Taking correlations in GPS least squares adjustments into account with a diagonal covariance matrix. Gaël Kermarrec, Steffen Schön. 793-805.
- Caveats on the equivalent water thickness and surface mascon solutions derived from the GRACE satellite-observed time-variable gravity. B. F. Chao. 807-813.
- A conventional value for the geoid reference potential W_0 . L. Sánchez, R. Čunderlík, N. Dayoub, K. Mikula, Z. Minarechová, Z. Šíma, V. Vatrt, M. Vojtíšková. 815-835.
- PPP-RTK and inter-system biases: the ISB look-up table as a means to support multi-system PPP-RTK. A. Khodabandeh, P. J. G. Teunissen. 837-851.
- Fast ultrahigh-degree global spherical harmonic synthesis on nonequispaced grid points at irregular surfaces. Siamak Moazezi, Hossein Zomorrodian, Hamid Reza Siahkoohi, Alireza Azmoudeh-Ardalan, Ali Gholami. 853-870.
- 2D Fourier series representation of gravitational functionals in spherical coordinates. Khosro Ghobadi-Far, Mohammad Ali Sharifi, Nico Sneeuw. 871-881.
- Topographic gravitational potential up to second-order derivatives: an examination of approximation errors caused by rock-equivalent topography (RET). Michael Kuhn, Christian Hirt. 883-902.

Survey Review, Vol. 48, No. 348, 2016.

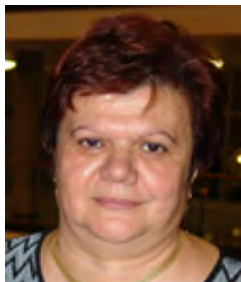
- LIDAR-based roadway and roadside modelling for sight distance studies. M. Castro, S. Lopez-Cuervo, M. Paréns-González & C. de Santos-Berbel. 309-315.
- Conflict and post-conflict land administration – the case of Kosovo. D. Todorovski, J. Zevenbergen & P. van der Molen. 316-328.
- Use of the gyrotheodolite in underground networks of long high-speed railway tunnels. J. Velasco-Gómez, J. F. Prieto, I. Molina, T. Herrero, J. Fábrega & E. Pérez-Martín. 329-337.
- Recovery of cadastral boundaries with GNSS equipment. A. Cina, A. M. Manzano & G. Manzano. 338-346.
- Models for positional accuracy assessment of linear features: 2D and 3D cases. P. Gil de la Vega, F. J. Ariza-López & A. T. Mozas-Calvache. 347-360.
- Strain estimation using ordinary Kriging interpolation. Y. Ghiasi & V. Nafisi. 361-366.
- Real-time cycle-slip detection and repair for BeiDou triple-frequency undifferenced observations. Y.-F. Yao, J.-X. Gao, J. Wang, H. Hu & Z.-K. Li. 367-375.
- The SMITSWAM method of datum transformations consisting of Standard Molodensky in two stages with applied misclosures. A. C. Ruffhead. 376-384.

Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Vol. 141, No. 3, 2016.

- Galileo-Testzentren GATEs in Deutschland: Fit für Europas zukünftiges Satellitennavigationssystem Galileo. René Zweigel, Matthias Hoppe, Thomas Engelhardt, Frank-Josef Heiler, Oliver Funke, René Kleeren, Dirk Abel.
- Nutzung der globalen Optimierung mittels Intervall-Analyse zur Bestimmung von Wasseroberflächenhöhen aus GNSS-SNR-Daten. Jörg Reinking.
- Forensisches Laserscanning in der Kriminaltechnik Hamburg. Stefanie Johnke.
- Die festgestellten Grundstücksgrenzen in Nordrhein-Westfalen – Teil I: Anerkennung. Markus Rembold.
- Zum aktuellen Stand der Raumordnung und Landesplanung in Südamerika. Guido Staub, Andreas Hendricks, Luis Navarrete, Karl-Heinz Thiemann.
- Die umlegungsbedingte Beseitigung von Gebäuden und baulichen Anlagen nach d⁵⁹ Abs. 8 BauGB. Jürgen Goldschmidt.
- Zum Problem der Enteignung bei der Durchführung von Infrastrukturprojekten in Russland. Reinhold Wessely.
- Auf dem Weg zur GeoBasisDE 2030 – Ein Zwischenfazit aus kommunaler Sicht. Stefan Ostrau.

NEVENKA KRZNARIĆ, dipl. ing. geod.

29. 8. 1949. – 4. 9. 2015.



Prošla je godina dana kako nas je ražalostila vijest da nas je napustila draga suradnica, kolegica i prije svega prijateljica Nevenka Krznarić. Dana 4. rujna 2015. prestalo je kucati jedno veliko srce. Naša draga Nena, kako smo je svi zvali, ostavila je veliku prazninu, kako u našim životima tako i u cijeloj geodetskoj zajednici.

Rođena je 29. kolovoza 1949. godine u Jezeranama, a osnovnu školu završila je u Stajnici. Srednju tehničku školu završila je u Slavonskom Brodu, nakon koje 1968. upisuje Geodetski fakultet Sveučilištu u Zagrebu, na kojem je diplomirala 1974. godine.

Po završetku studija stjecala je radno iskustvo radeći u gospodarstvu na poslovima inženjerske geodezije, kao što su iskolčenja pri izgradnji tvornice u Kutini, obilaznice oko Zagreba te kolektora i cesta u naselju Savica u Zagrebu.

Od 1981. godine zaposlena je u Gradskom uredu za katastar i geodetske poslove Grada Zagreba, u Odsjeku III Sesvete, gdje je 1991. godine imenovana šefom Odsjeka.

Nekoliko godina predavala je kao vanjski suradnik na Geodetskom fakultetu tematske cjeline vezane uz katastarske poslove iz predmeta Katastar nekretnina i Izmjera zemljišta. Studente je upoznavala i s radom Gradskog ureda za katastar i geodetske poslove Grada Zagreba, Zemljišno-knjižnog odjela Općinskoga građanskog suda u Zagrebu i Općinskog suda u Sesvetama.

Godine 1999. imenovana je šefom Odsjeka za katastar zemljišta i nekretnina u Odjelu za katastar zemljišta i nekretnina Zagreb, a na mjesto pročelnice Gradskog ureda za katastar i geodetske poslove Grada Zagreba imenovana je 2005. godine.

Svi veliki projekti u Gradu Zagrebu u posljednjih desetak godina realizirani su i njenom pomoći. Navodimo samo najvažnije: planiranje i realiziranje uspostave nove zemljišne knjige i novog katastarskog operata za k. o. Sesvete, projekt Zagrebačke stanogradnje Sopnica-Jelkovec te praćenje postupka nove katastarske izmjere katastarskih općina Granešina i Čučerje.

U svojoj 40-godišnjoj praksi obavljala je različite geodetske poslove, sudjelovala je u različitim projektima, seminarima i konferencijama na kojima su eminentni stručnjaci prezentirali svoje radove i tumačili zakone i pravilnike vezane za geodetsku struku.

Kao koautor objavila je nekoliko radova iz područja katastra zemljišta i katastra vodova.

Najviše pažnje poklanjala je mladim stručnjacima iz geodetske struke. Svi mladi ovlaštene inženjeri geodezije, kada su otvorili svoje urede, bili su rado primljeni i upućeni u izradu različitih geodetskih elaborata sukladno Zakonu o državnoj izmjeri i katastru nekretnina i odgovarajućim pravilnicima.

Bila je aktivan član Zagrebačke udruge geodeta.

Svi navedeni podaci ne pokazuju ono najvažnije. Kao stručnjak s velikim radnim iskustvom obogatila je i unaprijedila rad katastarskog sustava, a kao čovjek s velikim srcem ostala je zauvijek u našim mislima.

Prije svega bila je osoba koja bi uvijek priskočila u pomoć, pomogla bi ponekad i na uštrb svoga slobodnog vremena, nama kolegama pomogla bi savjetom, ali i djelom. Nikada joj nije bilo teško „zasukati rukave“.

Dana 31. svibnja 2015. godine napokon je otišla u zasluženu mirovinu, na žalost vrlo je kratko uživala u odmoru.

Svima nama koji smo je dobro poznavali ostat će u sjećanju kao vesela i vedra osoba, uvijek spremna na šalu, prijateljsku riječ i razgovor. Kolege iz struke sjećat će je se kao velikog stručnjaka i radnika, s neiscrpnom radnom energijom i optimizmom. Prijatelji će je pamtiti kao toplu, nesebičnu osobu punu razumijevanja.

Jasna Jezerčić Cvitković

RUJAN

INSPIRE Conference 2016*Barcelona, Spain, 26.-30. 9.*Web: http://inspire.ec.europa.eu/events/conferences/inspire_2016/**9th International Conference on Geographic Information Science – GIScience 2016***Montreal, Canada, 27.-30. 9.*Web: <http://gis.science.geog.mcgill.ca/>

LISTOPAD

4th International Open Data Conference (IODC 2016)*Madrid, Spain, 6.-7. 10.*Web: <http://www.iodc2016.es/>E-mail: info@iodc2016.es**INTERGEO 2016***Hamburg, Germany, 11.-13. 10.*Web: <http://www.intergeo.de/>E-mail: info@hinte-messe.de**9. simpozij ovlaštenih inženjera geodezije***Opatija, Hrvatska, 21.-23. 10.*Web: <http://www.hkoig.hr/>E-mail: hkoig@hkoig.hrsimpozij@hkoig.hr**TOPCART 2016 – XI International Congress of Geomatics and Earth Sciences 2016***Toledo, Spain, 26.-30. 10.*Web: <http://www.topcart2016.com/>E-mail: info@coit-topografia.es

STUDENI

Trimble Dimensions 2016*Las Vegas, Nevada, 7.-9. 11.*Web: <http://trimbledimensions.com/>E-mail: Trimble_dimensions@trimble.com**13th International Conference on Location Based Services***Vienna, Austria, 14.-16. 11.*Web: <http://lbsconference.org/>E-mail: info@lbs2016.org**12. savjetovanje Kartografija i geoinformacije s međunarodnim sudjelovanjem***Zagreb, Hrvatska, 16.-18. 11.*Web: <http://www.kartografija.hr/>E-mail: mlapaine@geof.hr**Mobile Laser Scanning Technology Workshop***Freiburg, Germany, 23.-24. 11.*Web: <http://www.molas.fraunhofer.de/>E-mail: alexander.reiterer@ipm.fraunhofer.de**Dani Infrastruktura prostornih podataka 2016***Zagreb, Hrvatska, 24.-25. 11.*Web: <http://www.event.nipp.hr/><http://www.geof.unizg.hr/>E-mail: infonipp@dgu.hr**15th GSDI World Conference***Taipei, Taiwan, 28. 11. – 2. 12.*Web: <http://gsdi15.org.tw/>E-mail: gsdi15info@gmail.com

PROSINAC

XIV International Conference on Geographic Information Science and Technology (ICGIST 2016)*Dubai, UAE, 26.-27. 12.*Web: <https://www.waset.org/conference/2016/12/dubai/ICGIST>

2017

Modern Technologies for the 3rd Millennium*Oradea, Romania, 23.-24. 3.*Web: <http://www.arhiconoradea.ro/Conferinta/>E-mail: fcca.uoradea@gmail.com**18. Internationalen Ingenieurvermessungskurs***Graz, Austria, 25.-29. 4.*Web: <https://www.tugraz.at/events/iv2017/>E-mail: iv2017@tugraz.at**ICC 2017 – 28th International Cartographic Conference***Washington, DC, USA, 2.-7. 7.*Web: <http://www.icc2017.org/>E-mail: info@icc2017.org**INTERGEO 2017***Berlin, Germany, 26.-28. 9.*Web: <http://www.intergeo.de/>E-mail: info@hinte-messe.de**INGEO 2017 – 7th International Conference on Engineering Surveying***Lisbon, Portugal, 18.-20. 10.*Web: <http://ingeo2017.lnec.pt/>E-mail: ingeo@lnec.pt

2018

FIG XXVI Congress and General Assembly*Istanbul, Turkey, 6.-11. 5.*Web: <http://www.fig.net/>E-mail: fig@fig.net**INTERGEO 2018***Frankfurt am Main, Germany, 16.-18. 10.*Web: <http://www.intergeo.de/>E-mail: info@hinte-messe.de

HI-TARGET

KVALITETA
POUZDANOST
BRZINA

Hi-Target H32, V30 - GPS (GNSS) sistem



Spreman za rad u CROPOSS-u.
Izuzetno brza inicijalizacija do 10 sec.
Integrirani radio 2W. 220 kanala (V30).
RTK kontroler robusnog dizajna.
Intuitivan softver (opcionalno:
Carlson ili neki drugi).
Povoljna cijena i vrhunska podrška.

Hi-Target Z120R mjerna stanica

Vrlo precizno mjerenje kuta: 2"
Intelligentno kalibriranje
Preciznost: 2mm +/- 2ppm
Mjerenje bez reflektora do 350m



Niveliri, distomati, bolcne, reperi, mjerni kotači,
međne / poligone točke, stativi, ...

Brza usluga i podrška. Besplatna dostava.*

* ZA IZNOSE IZNAD 1.000kn.

Tvrtka Hi-Target osnovana je 1999 godine, te posjeduje vlastite patente koje koristi u svojoj opremi. Zapošljava 1000 radnika (80 razvojnih inženjera), te ima godišnji promet od oko 50 milijuna \$.

GS-09 GPS

Vaši su zadaci i izbor, a naša je ponuda uređaja

Odaberite kombinaciju koja zadovoljava vaše potrebe, a kasnije ju nadogradite:

- SmartWorx kontroler
- RTK rover
- Referentna stanica
- Mrežni rover
- SmartStation



- when it has to be right

Leica
Geosystems

SmartWorx kontroler

Širok spektar aplikacija omogućavaju obavljanje bilo kojeg radnog zadatka.

SmartWorx softver je baziran na dokazanom konceptu Leica System 1200, a sa svojim jednostavnijim menijem omogućava veću efikasnost.



RTK Rover

Ekstremno lagan i bez kablova pogodan je za upotrebu cijeli dan. Kako može primati sve vrste RTK signala, GS09 se može koristiti sa bilo kojom vrstom referentnih stanica.

Automatski prepoznaje bilo koju vrstu radio veze pa nije potrebno nikakvo konfiguriranje.



Referentna stanica

RTK bazna stanica, koja se jednostavno postavlja, a radi bez kontrolera, potrebno joj je samo GS09 Smart Antena, radio modem i baterija. Korekcijski podaci se mogu poslati na bilo koju vrstu RTK rovera.

Sirovi satelitski podaci se mogu prenijeti za daljnju obradu spajanjem CS09 kontrolera. Sva oprema se motira na stativ.



Mrežni rover

U mrežnom načinu rada, GS09 radi savršeno u svim referentnim mrežama. Potpuni geodetski sistem se može kreirati koristeći GS09 Smart antenu i CS09 kontroler bez investiranja u baznu stanicu.

Mrežna veza se može primati preko Leica GSM/CDMA modula ili vašeg mobilnog telefona.



SmartStation

Leica TPS1200+ i TS30/TM30 se mogu kombinirati sa GS09 Smart antenom u jedan instrument, što eliminira potrebu za traženjem kontrolnih točki i računanje vlakova.

Kao idealno rješenje za mjerenje točaka koje nisu pokrivene GNSS mrežom pokazao se SmartStation.

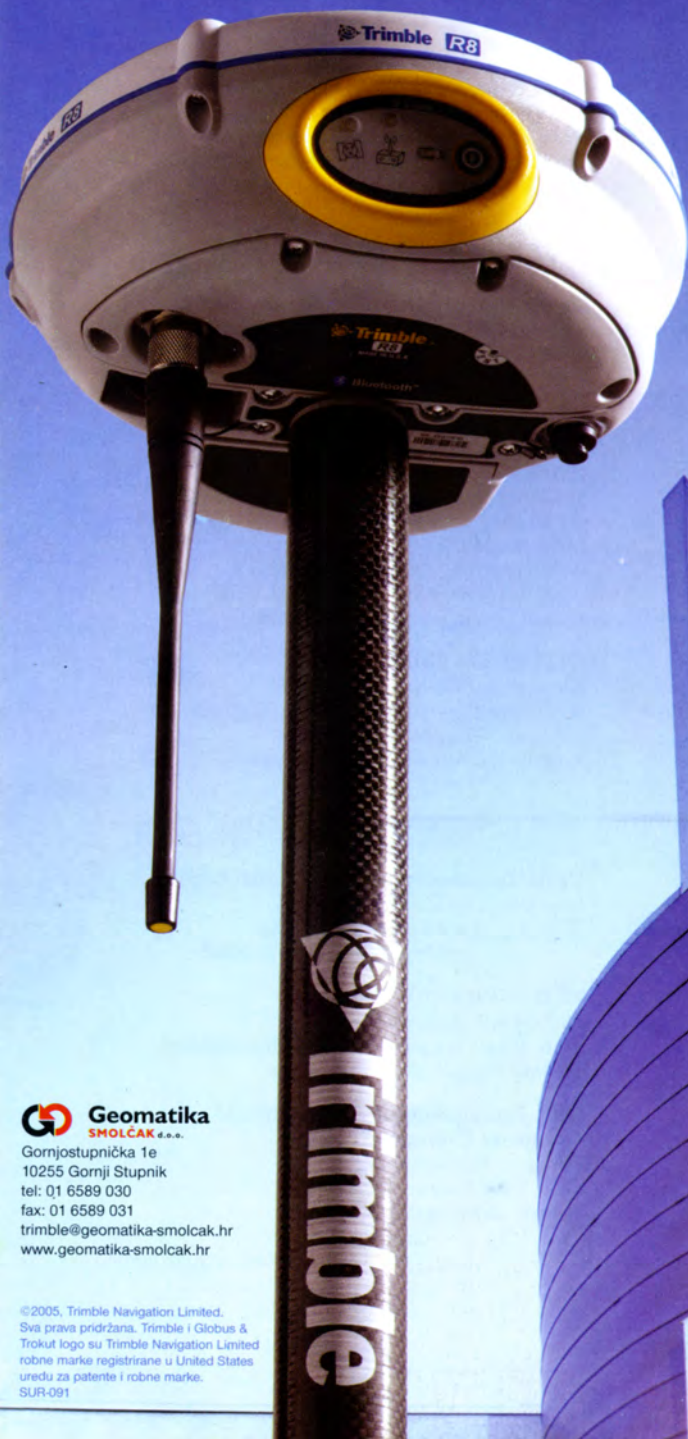


Geo  **WILD**

Savska cesta 144a | 10 000 ZAGREB |
Tel: +385 1 309 47 90 | Fax: + 385 1 309 47 91 |
E-mail: geowild@geowild.hr | www.geowild.hr

L5-READY
TRIMBLE® R8 GNSS SYSTEM

Budućnost je počela.



Budite spremni za L5. Prvi L2C satelit lansiran je u Rujnu 2005 omogućujući robusniji prijem L2 signala. Trimble je uključen u GPS modernizaciju uključivanjem prijema treće frekvencije - L5 u Trimble R-Track tehnologiju; sigurni smo da je Trimble R8 GNSS System daleko ispred današnje tehnologije. Treća frekvencija L5 dodatno omogućava mjerenje i u nepovoljnim uvjetima. Investirajte u najnapredniju tehnologiju današnjice da bi bili spremni za budućnost.

Otkrijte kako budućnost može utjecati na Vaš business.

www.trimble.com/GPSmodernize



 **Geomatika**
SMOLČAK d.o.o.

Gornjostupnička 1e
10255 Gornji Stupnik
tel: 01 6589 030
fax: 01 6589 031
trimble@geomatika-smolcak.hr
www.geomatika-smolcak.hr

©2005, Trimble Navigation Limited.
Sva prava pridržana. Trimble i Globus & Trokut logo su Trimble Navigation Limited
robne marke registrirane u United States
uredu za patente i robne marke.
SUR-091

 **Trimble.**

www.trimble.com

Ne Evolucija. Revolucija.

Predstavljamo Trimble S6.



Zahtjevi za geodetskim radovima veći su no ikada. Prema tome, kad pitate za bolje performanse, povećanu točnost i ekstremnu funkcionalnost mi Vas slušamo. Trimble S6 predstavlja revoluciju u geodetskoj mjernoj tehnologiji.

Donoseći unaprijedenu i dinamičniju funkcionalnost, Trimble S6 uključuje posljednje tehničke inovacije.

BEŽIČAN

Interna baterija i ugrađen radio modem čine i Instrument i Robotic Rover potpuno lišene kablova. Inteligentna interna baterija pruža šest sati rada u Robotic načinu rada.

MAGDRIVE™

Nečujan, direct-drive elektromagnetski servo omogućava nedostižnu brzinu i točnost.

MULTITRACK™

Kombinira pasivno praćenje prizme s aktivnom identifikacijom za izvanrednu fleksibilnost i.

SUREPOINT™

Automatska korekcija viziranja osigurava najtočnija moguća mjerenja, čak i u najzahtjevnijim uvjetima.

Iskusite Trimble S6 odmah.
www.trimble.com/revolution

 **Geomatika**
SMOLČAK d.o.o.

Gornjostupnička 1e
10255 Gornji Stupnik
tel: 01 6589 030
fax: 01 6589 031
trimble@geomatika-smolcak.hr
www.geomatika-smolcak.hr

 **Trimble**

www.trimble.com



FIELD MAP

GDi FIELD MAP omogućava ažuriranje informacija raznih lokacija na terenu kao što su npr. ažuriranje kvarova na infrastrukturi i ostalih nepravilnosti uočenih na terenu u offline okruženju, gdje god ih trebate.

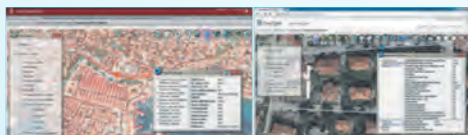
KLJUČNE PREDNOSTI koje donosi GDi FIELD MAP:

- Točni podaci - lokacijske informacije su najpreciznije kad su izmijenjene odmah na terenu korištenjem mobilnih rješenja, a kašnjenja i pogreške su svedene na minimum kod prijenosa podataka između terena i ureda.
- Niski troškovi implementacije - uređujete podatke u offline načinu rada i smanjite troškove mobilne veze i koristite pristupačne Android uređaje na vašem postojećem ArcGIS Platform.
- Veća produktivnost na terenu - nema više trošenja dodatnih sati zbog spore ili nepouzdanve veze, sada možete urediti svoje podatke offline i postavljati ih izravno na svoj sustav kada možete.
- Bolje poslovne odluke - točno prikupljeni i ažurirani podaci omogućuju Vam bolju procjenu situacije, izvještavanje i odluke.

LOCALIS GDi LOCALIS VISIOS

Što je GDi LOCALIS VISIOS?

GDi LOCALIS VISIOS je standardni GIS preglednik za vizualizaciju geografskih podataka koji omogućava prikaz prostornih objekata kao što su: katastar, ulice i kućni brojevi, prostorni planovi, prikaz i javni uvid geodetskih izmjera, prikaz dozvola u prostoru itd. Podloge su DOF, HOK, TK25.



KLJUČNE PREDNOSTI

- Uspostavom GIS preglednika u svojoj organizaciji omogućavate svakom djelatniku dohvat potrebnih informacija na jednostavan i pristupačan način
- Na jednom mjestu prikaz geografskih podataka proizašlih iz raznih projekata unutar organizacije
- Poboljšano upravljanje znanjem koje je raspršeno diljem organizacije
- Pojednostavljeno dijeljenje informacija i donošenje odluka



GDi školovanje

GDi već godinama posjeduje Esri autorizirani centar za učenje te održava osnovne i napredne tečajeve koji pokrivaju sve dijelove Esri platforme. Tečajevi koje najčešće održavamo su:

- ArcGIS 1: Počeci rada u GIS-u;
- ArcGIS 2: Alati i funkcionalnost;
- ArcGIS 3: GIS obrade i analiza;
- Kartografija pomoću ArcGIS-a;
- Izgradnja geografskih baza podataka i
- Unos i uređivanje podataka pomoću ArcGIS for Desktop-a.

Za sve navedene uspješno odslušane tečajeve polaznici dobivaju međunarodno prepoznatu Esri potvrdu, a tečajeve održavaju Esri certificirani instruktori.

Prema odobrenju Verifikacijskog povjerenstva za stručno usavršavanje Hrvatskog saveza građevinskih inženjera ARC 1 tečaj donosi 12 bodova, a ARC 2 i ARC 3 donose svaki po 20 bodova.

Esri ArcPad

ESRI ArcPad je softver za mapiranje i prikupljanje podataka na terenu koji je dizajniran je za GIS profesionalce. Uključuje napredne GIS i GPS mogućnosti za prikupljanje, editiranje i prikazivanje geografskih podataka i to brzo i učinkovito. Podaci iz multi-user geodatabaza podataka se mogu eksportirati i importirati iz baza i dijeliti u vašoj organizaciji.

ArcGIS for INSPIRE

ArcGIS for INSPIRE pomaže razviti geoprostornu platformu za potporu odlučivanju i uključivanje građana. INSPIRE direktiva postavlja okvir i raspored za razmjenu prostornih podataka unutar europske zajednice kako bi pomogla adresirati paneuropska pitanja u multinacionalnu i multiagencijsku infrastrukturu prostornih podataka (NIPP). ArcGIS pruža snažno i sveobuhvatno SDI rješenje koje sada uključuje skladnost INSPIRE-a i podataka, usluga i metapodataka, koji su uključeni u novi ArcGIS for INSPIRE.



S ArcGIS for INSPIRE možete:

- Zadovoljiti trenutne zahtjeve isporukom INSPIRE-compliant Discovery, View i Download Services koje ne zahtijevaju složene migracije podataka.
- Pripremiti se za buduće zahtjeve za skupove podataka izloženih sa INSPIRE Download Services.

UPUTE SURADNICIMA

Geodetski list objavljuje znanstvene članke iz područja geodezije, geoinformatike, GNSS-a, GIS-a i općenito svih područja koja se bave informacijama o prostoru te donosi značajnije spoznaje iz drugih područja koje su važne za razvoj i unapređenje geodezije i geoinformatike. Objavljuje nadalje i sve što se odnosi na stručna zbiranja u nas i u svijetu, podatke iz prošlosti geodezije te aktivnosti Hrvatskoga geodetskog društva. List se tiska u pravilu 4 puta godišnje (ožujak, lipanj, rujan, prosinac).

Geodetski list objavljuje članke koji se recenziraju i one koji ne podliježu recenzentskom postupku, npr. članci u rubrikama: Terminologija, Povijest, Vijesti, Pregled stručnog tiska i softvera, In memoriam, Predstojeći događaji i dr.

Recenzirani se radovi razvrstavaju na sljedeći način:

- izvorni znanstveni članci
- prethodna priopćenja
- pregledni znanstveni članci
- izlaganja sa znanstvenih i stručnih skupova
- stručni članci.

Autori predlažu kategoriju za svoje radove, ali konačnu odluku o svrstavanju donosi uredništvo na temelju zaključaka recenzenata.

Izvorni znanstveni članak sadrži neobjavljene rezultate izvornih znanstvenih istraživanja. Znanstvene obavijesti trebaju biti izložene tako da se može provjeriti točnost analiza i dedukcija na kojima se temelje rezultati.

Prethodno priopćenje sadrži nove znanstvene spoznaje, koje treba hitno objaviti. Ne moraju omogućavati ponavljanje i provjeru iznesenih rezultata.

Pregledni znanstveni članak mora biti izvoran, sažet i kritički prikaz nekog područja ili njegova dijela, u kojem autor i sam aktivno djeluje. Mora biti naglašena uloga autorova izvornog prinosa tom području s obzirom na već publicirane radove te dan i pregled tih radova.

Izlaganja sa znanstvenih i stručnih skupova bit će u pravilu objavljena samo onda ako ne budu tiskana u zbornicima s tih skupova. Iznimno će se tiskati bitno prerađeni i dopunjeni članci.

Stručni članak koristan je prilog iz područja struke, problematika kojega nije vezana uz izvorna istraživanja. To se, primjerice, odnosi na reprodukciju u svijetu poznatih istraživanja koja su vrijedan materijal u pogledu širenja znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama znanosti i prakse.

Jednom prihvaćeni članak obvezuje autora da isti članak ne smije objaviti na drugome mjestu bez odobrenja uredništva Geodetskog lista, a i tada samo uz podatak o tome gdje je članak objavljen prvi put.

OPREMA RUKOPISA

1. Rukopis na hrvatskom književnom jeziku (ili engleskome) podnosi se uredništvu otisnut s jednostrukim proredom na stranici papira formata A4 (210 x 297 mm). Predaju se *dvi* kopije i CD (DVD) (bilo koji softver, npr. MS Word). S lijeve strane svakog otisnutog lista treba ostaviti barem 3 cm slobodnog prostora za oznake i napomene urednika. Sve stranice rukopisa označavaju se rednim brojevima.
Radovi se šalju na e-mail: geodetskilist@gmail.com ili na adresu uredništva.
2. Opseg rada treba ograničiti *na najviše 16 stranica* s jednostrukim proredom.
3. Naslov treba biti jasan, informativan i po mogućnosti *što kraći*.
4. Rad treba napisati u najkraćem obliku što ga jasnoća izlaganja dopušta. Tekst treba biti jasan, koncizan, gramatički ispravan, bez tipografskih pogrešaka. Za isticanje važnih riječi i rečenica u radu upotrebljavati kurziv (*italic*), a ne masno (**bold**) pismo.
5. Crteži, dijagrami i fotografije prilažu se u digitalnom obliku, uključeni u rad i odvojeno (.tif, jpg, .bmp), te moraju biti kvalitetni.
6. Osobitu pozornost treba posvetiti pravilnom citiranju literature. Citiranu literaturu treba poredati po abecednom redu prezimena autora.
Članci u časopisu se citiraju sljedećim redoslijedom: prezime autora (ako ih ima više, odvajaju se zarezom), inicijali imena, godina u zagradi, naslov članka, naziv časopisa ili međunarodna kratica, broj sveska, početna i završna stranica.
Na primjer: Božićnik, M. (1992): Geodeti u hramu prirode Plitvička jezera, Geodetski list, 4, 497–505.
Knjige se citiraju na sljedeći način: prezime autora, inicijali imena, godina u zagradi, naslov knjige, izdavač, mjesto izdanja.
Na primjer: Macarol, S. (1950): Praktična geodezija, Tehnička knjiga, Zagreb.
Pojedini naslovi iz popisa literature citiraju se u tekstu rukopisa navođenjem prezimena autora i godine, npr. (Macarol 1950).
URL adrese citiraju se u tekstu članka po njihovu redoslijedu: (URL 1), (URL 2), itd. U popisu literature na kraju članka treba biti: naslov, cijela URL adresa i datum posljednjeg pristupa navedenoj adresi, *na primjer:*
URL 1: Hrvatsko geodetsko društvo, <http://www.hgd1952.hr>, (25. 11. 2006.).
U popisu literature mogu se uvrstiti samo naslovi i URL adrese koji su citirani u tekstu.
7. Rad treba sadržavati ključne riječi i sažetak, koji mora objasniti svrhu rada i prikazati najznačajnije podatke i zaključke. Optimalan je opseg sažetka do 250 riječi. Sažetak i ključne riječi na jeziku članka nalaze se ispod naslova i imena autora, a naslov, sažetak i ključne riječi na drugom jeziku (npr. engleskome), na kraju članka.
8. U *popratnom dopisu* koji se šalje uz članak treba navesti: naslov članka, točno ime(na) i prezime(na) autora, njegovu stručnu spremu (npr. diplomirani inženjer geodezije), znanstveno zvanje (npr. doktor znanosti), naziv i adresu ustanove u kojoj radi, broj telefona, faksa, e-mail i točnu adresu te prijedlog rubrike i kategorizacije članka.

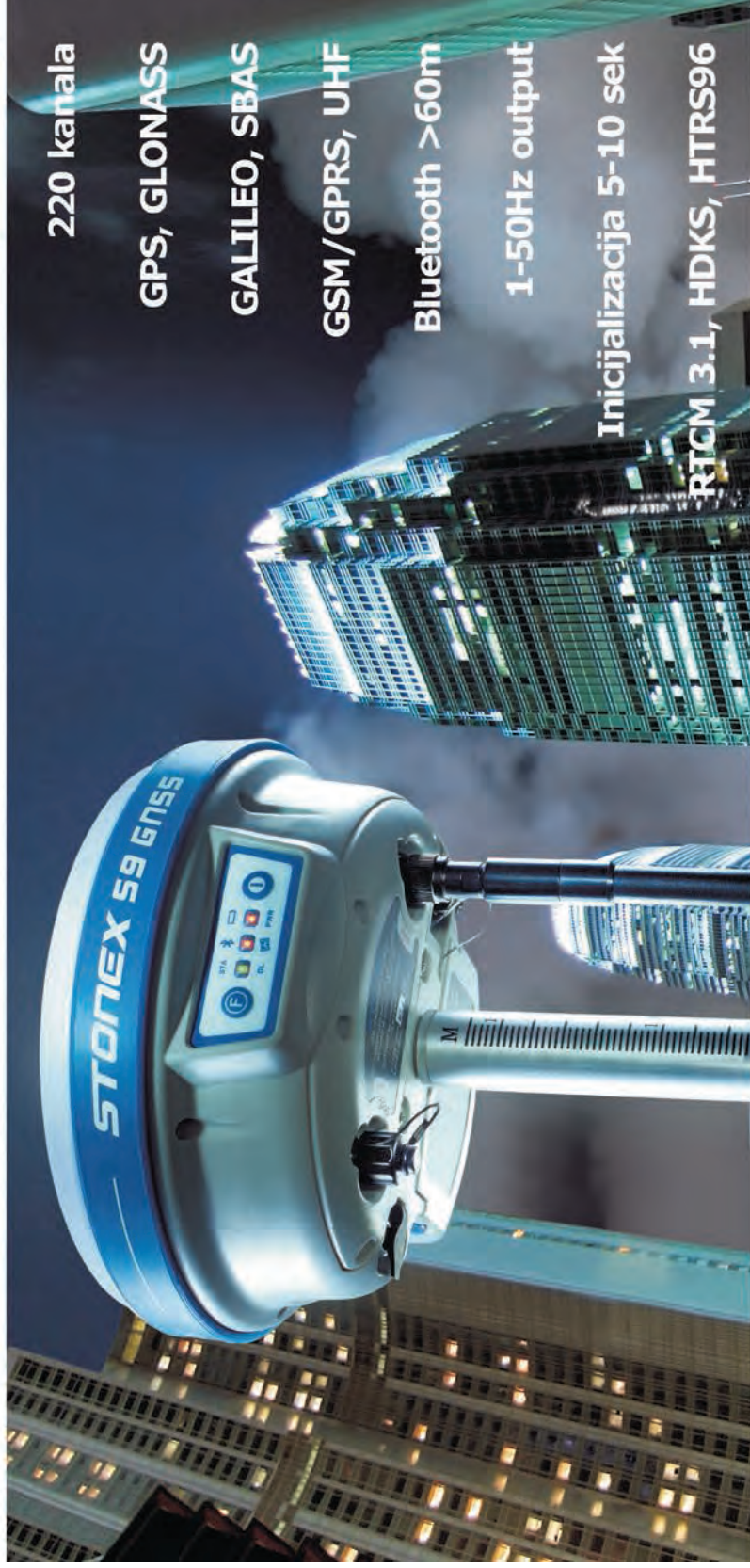
VAŽNO UPOZORENJE!

MOLIMO AUTORE DA SE TOČNO PRIDRŽAVAJU UPUTA.

SVE ČLANKE KOJI NE BUDU NAPISANI U SKLADU S UPUTAMA VRATIT ĆEMO AUTORIMA NA DORADU.

Zainteresirani za objavljivanje oglasa mogu dobiti informacije o mogućnostima oglašavanja i cijenama u tajništvu Hrvatskoga geodetskog društva, Berislavićeva 6, Zagreb, tel./faks: +385 1 48 72 495.

STONEX S9 GNSS prijemnik za CROPOS



220 kanala

GPS, GLONASS

GALILEO, SBAS

GSM/GPRS, UHF

Bluetooth >60m

1-50Hz output

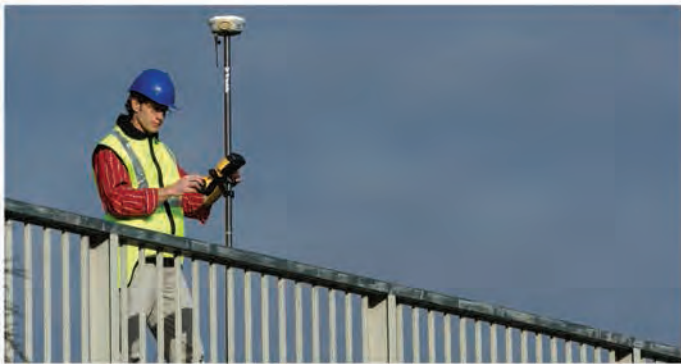
Inicijalizacija 5-10 sek

RTCM 3.1, HDKS, HTRRS96

Powered by



www.stonex.hr



Spojite se sa svijetom
novih mogućnosti.



TRIMBLE® ACCESS™ SOFTWARE

Bilo da je Vaš posao vođen unaprijedom sinergijom terena i uređa ili optimizacijom radnih procesa, Trimble Access oslobađa stvarni potencijal kolaboracije u geodetskom poslu

Šaljite podatke naprijed i nazad, a ne ljude

Nemate vremena za put nazad do uređa? Novim Trimble Access softwareom jednostavno sinkronizirajte podatke iz Trimble TSC2™ Kontrolera na terenu s podacima u uredu.

Access efikasnost

S Trimble Access softwareom, osnažujete Vašu ekipu novim radnim procesima. Ove jednostavne, specijalizirane aplikacije štede vrijeme i skraćuju process učenja, te time povećavaju Vašu konkurentnost.

Pogledajte Trimble Access u akciji. Trimble Izazov film dostupan je online. Trimble.com/access

 **Trimble.**