

Glasilo Zveze geodetov Slovenije
Journal of the Association of Surveyors of Slovenia



G EODETSKI

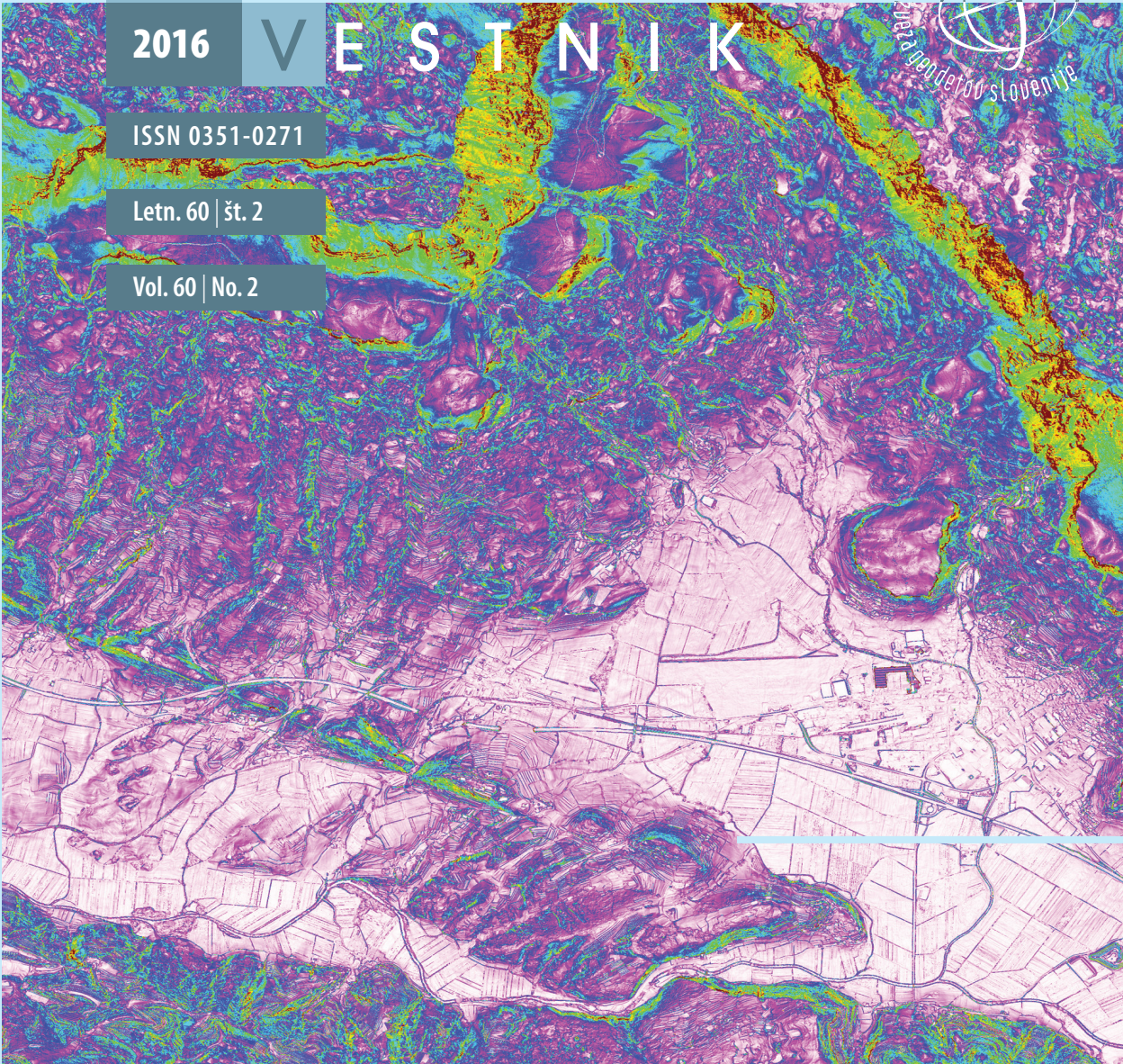
2016

V E S T N I K

ISSN 0351-0271

Letn. 60 | št. 2

Vol. 60 | No. 2





Geodetski vestnik je indeksiran in povzet v Social Sciences Citation Index (SSCI), Social Scisearch (SSS) in Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE).

Indeksiran in povzet je tudi v naslednjih bibliografskih zbirkah:

GEOBASE(TM), ICONDA - International Construction Database, COBISS, DOAJ, Civil Engineering Abstracts, GeoRef, CSA Aerospace & High Technology, Database, Electronics and Communications Abstracts, Materials Business File, Solid State and Superconductivity Abstracts, Computer and Information Systems, Mechanical & Transportation, Engineering Abstracts, Water Resources Abstracts, Environmental Sciences.

Izdajanje Geodetskega vestnika sofinancira:
Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije

Geodetski vestnik je vpisan v razvid medijev na Ministrstvu za kulturo Republike Slovenije pod zaporedno številko 526.

Geodetski vestnik is indexed and abstracted in Social Sciences Citation Index (SSCI), Social Scisearch (SSci) and Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE).

Indexed and abstracted is also in those bibliographic data bases:

GEOBASE(TM), ICONDA - International Construction Database, COBISS, DOAJ, Civil Engineering Abstracts, GeoRef, CSA Aerospace & High Technology Database, Electronics and Communications Abstracts, Materials Business File, Solid State and Superconductivity Abstracts, Computer and Information Systems, Mechanical & Transportation, Engineering Abstracts, Water Resources Abstracts, Environmental Sciences.

Geodetski vestnik is partly subsidized by the Slovenian Research Agency.

Geodetski vestnik is entered in the mass media register at the Ministry of Culture of the Republic of Slovenia under No. 526.

GEODETSKI VESTNIK

UDK 528=863
ISSN 0351-0271
EISSN 1581-1328



Letnik 60, št. 2, str. 185–364, Ljubljana, junij 2016. Izidejo štiri številke na leto. Naklada te številke: 1200 izvodov.

Barvna različica je prosto dostopna na spletnem naslovu: <http://www.geodetski-vestnik.com>.

IZDAJATELJ

Zveza geodetov Slovenije

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana

E-naslov: info@geodetski-vestnik.com

MEDNARODNI UREDNIŠKI ODBOR

Dr. Ivan Aleksić (Beograd, Srbija)
Dr. Branislav Bajat (Beograd, Srbija)
Dr. Tomislav Bašić (Zagreb, Hrvatska)
Dr. Øystein Jakob Bjerva (Ås, Norveška)
Dr. Giuseppe Borruso (Trst, Italija)
Dr. Raffaella Cefalo (Trst, Italija)
Dr. Urška Demšar (St Andrews, Velika Britanija)
Dr. Henrik Harder (Aalborg, Danska)
Dr. Thomas Kalbro (Stockholm, Švedska)
Dr. Reinfried Mansberger (Dunaj, Avstrija)
Dr. Leiv Bjarte Mjøs (Bergen, Norveška)
Dr. Gerhard Navratil (Dunaj, Avstrija)
Dr. Kristof Oštir (Ljubljana, Slovenija)
Dr. Andrea Pódör (Székesfehérvár, Madžarska)
Dr. Alenka Poplin (Iowa, ZDA)
Dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenija)
Dr. Miodrag Roić (Zagreb, Hrvatska)
Dr. Balázs Székely (Freiburg, Nemčija)
Dr. Joc Triglav (Murska Sobota, Slovenija)
Dr. Arvo Vitikainen (Aalto, Finska)
Dr. John Weber (Michigan, ZDA)
Dr. Klemen Zakšek (Hamburg, Nemčija)

IZDAJATELJSKI SVET

Mag. Blaž Mozetič, *predsednik Zveze geodetov Slovenije*
Mag. Erna Flogie Dolinar, *generalna sekretarka Zveze geodetov Slovenije*
Dr. Anka Lisec, *glavna in odgovorna urednica*
Sandi Berk, *urejanje rubrike Strokovne razprave*
Erik Karbič
Mag. Mojca Foški, *tehnično urejanje in oblikovanje*

TEHNIČNO UREJANJE IN OBLIKOVANJE

Mag. Mojca Foški, *e-naslov: mojca.foski@fgg.uni-lj.si*
Barbara Trobec, *e-naslov: barbara.trobec@fgg.uni-lj.si*
Dr. Teja Koler Povh, *e-naslov: teja.povh@fgg.uni-lj.si*

GLAVNA IN ODGOVORNA UREDNICA

Dr. Anka Lisec

Tel.: +386 1 4768 560

E-naslov: urednik@geodetski-vestnik.com

PODROČNI IN PODPODROČNI UREDNIKI

Dr. Bojan Stopar, *področni urednik za geodezijo*
Dr. Radoš Šumrada, *področni urednik za geoinformatiko*
Dr. Božena Lipej, *področna urednica za upravljanje in evidentiranje nepremičnin*
Dr. Alma Zavodnik Lamovšek, *področna urednica za načrtovanje in urejanje prostora*
Tomaž Petek, *upravno področje, Geodetska uprava Republike Slovenije*
Miran Brumec
Dr. Marjan Čeh
Mag. Samo Drobne
Mag. Erna Flogie Dolinar
Dr. Dušan Kogoj
Dr. Božo Koler
Dr. Mojca Kosmatin Fras
Dr. Miran Kuhar
Dr. Dušan Petrovič
Dr. Dalibor Radovan
Dr. Maruška Šubic Kovač

LEKTORIRANJE

Manica Baša

UREJANJE SPLETNIH STRANI

Dr. Klemen Kozmus Trajkovski, *e-naslov: web@geodetski-vestnik.com*

TISK

Geodetski inštitut Slovenije

DISTRIBUCIJA

Janez Goršič

TRŽENJE (OGLASNO TRŽENJE)

Zveza geodetov Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
E-naslov: zveza.geodetov.slovenije@gmail.com

GEODETSKI VESTNIK

UDK 528=863
ISSN 0351-0271
e-ISSN 1581-1328



Vol. 60, No. 2, pp. 185–364, Ljubljana, Slovenia, Jun 2016. Issued four times a year. Circulation: 1,200 copies.
Free on-line access to the colour version at <http://www.geodetski-vestnik.com>.

PUBLISHER

Association of Surveyors of Slovenia
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
E-mail: info@geodetski-vestnik.com

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Ivan Aleksić, Ph.D. (Belgrade, Serbia)
Branislav Bajat, Ph.D. (Belgrade, Serbia)
Tomislav Bašić, Ph.D. (Zagreb, Croatia)
Øystein Jakob Bjerva, Ph.D. (Ås, Norway)
Giuseppe Borruso, Ph.D. (Trieste, Italy)
Rafaela Cefalo, Ph.D. (Trieste, Italy)
Urška Demšar, Ph.D. (St. Andrews, Great Britain)
Henrik Harder, Ph.D. (Aalborg, Denmark)
Thomas Kalbro, Ph.D. (Stockholm, Sweden)
Reinfried Mansberger, Ph.D. (Vienna, Austria)
Leiv Bjarte Mjøs Ph.D. (Bergen, Norway)
Gerhard Navratil, Ph.D. (Vienna, Austria)
Krištof Oštir, Ph.D. (Ljubljana, Slovenia)
Alenka Poplin, Ph.D. (Iowa, USA)
Andrea Pödör, Ph.D. (Székesfehérvár, Hungary)
Anton Prosen, Ph.D. (Ljubljana, Slovenia)
Miodrag Roić, Ph.D. (Zagreb, Croatia)
Balázs Székely, Ph.D. (Freiburg, Germany)
Joc Triglav, Ph.D. (Murska Sobota, Slovenia)
Arvo Vitikainen, Ph.D. (Aalto, Finland)
John Weber, Ph.D. (Michigan, USA)
Klemen Zakšek, Ph.D. (Hamburg, Germany)

PUBLISHING COUNCIL

Blaž Mozetič, M.Sc., *president of The Association of Surveyors of Slovenia*
Erna Flogie Dolinar, M.Sc., *general secretary of The Association of Surveyors of Slovenia*
Anka Lisec, Ph.D., *editor-in-chief*
Sandi Berk, *Editor of the section Professional Discussion*
Erik Karbič
Mojca Foški, M.Sc., *Technical Editor and Design*

TECHNICAL EDITOR AND DESIGN

Mojca Foški, M.Sc., e-mail: mojca.foski@fgg.uni-lj.si
Barbara Trobec, e-mail: barbara.trobec@fgg.uni-lj.si
Teja Koler Povh, Ph.D., e-mail: teja.povh@fgg.uni-lj.si

EDITOR-IN-CHIEF

Anka Lisec, Ph.D. (Ljubljana, Slovenia)
Phone: +386 1 4768 560
E-mail: editor@geodetski-vestnik.com

FIELD AND SUB-FIELD EDITORS

Bojan Stopar, Ph.D., *field editor for Geodesy*
Radoš Šumrada, Ph.D., *field editor for Geoinformatics*
Božena Lipej, Ph.D., *field editor for Real Estate Management and Evidencing*
Alma Zavodnik Lamovšek, Ph.D., *field editor for Spatial Planning*
Tomaž Petek, *Administrative Field (Surveying and Mapping Authority of Republic of Slovenia)*
Miran Brumec
Marjan Čeh, Ph.D.
Samo Drobne, M.Sc.
Erna Flogie Dolinar, M.Sc.
Dušan Kogoj, Ph.D.
Božo Koler, Ph.D.
Mojca Kosmatin Fras, Ph.D.
Miran Kuhar, Ph.D.
Dušan Petrovič, Ph.D.
Dalibor Radovan, Ph.D.
Maruška Šubic Kovač, Ph.D.

PROOFREADING

 Manica Baša

WEB PAGE EDITING

Klemen Kozmus Trajkovski, Ph.D., e-mail: web@geodetski-vestnik.com

PRINT

 Geodetski inštitut Slovenije

DISTRIBUTION

 Janez Goršič

MARKETING (ADVERTISING)

Association of Surveyors of Slovenia,
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-mail: zveza.geodetov.slovenije@gmail.com

VSEBINA CONTENTS

UVODNIK | EDITORIAL

<i>Anka Lisec</i> TLAKOVANJE POTI ...	193
<i>Blaž Mozetič</i> BREZGLAVI ZRAKOPOLOVI	195

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Rudi Čop</i>	197
SI VPLIV SONCA NA PRENOS MERILNIH PODATKOV V REALNEM ČASU PO OMREŽJU MOBILNE TELEFONIJE IMPACT OF THE SUN ON THE TRANSMISSION OF MEASURING DATA IN REAL TIME BY MOBILE TELEPHONE NETWORK	
<i>Aleš Marjetič, Klemen Kregar</i>	212
SI DOLOČITEV PRIMERNEGA GEODETSKEGA DATUMA Z UPORABO ROBUSTNIH STATISTIČNIH METOD DEFINITION OF APPROPRIATE GEODETIC DATUM USING ROBUST STATISTICAL METHODS	
<i>Tomislav Popit, Blaž Supej, Žiga Kokalj, Timotej Verbovšek</i>	227
SI PRIMERJAVA METOD ZA GEOMORFOMETRIČNE ANALIZE HRAPAVOSTI POVRŠJA NA PRIMERU VIPAVSKE DOLINE COMPARISON OF METHODS FOR GEOMORPHOMETRIC ANALYSIS OF SURFACE ROUGHNESS IN THE VIPAVA VALLEY	
<i>Polona Pavlovčič Prešeren, Bojan Stopar, Oskar Sterle</i>	241
SI MODELIRANJE 3D-PLOSKEV Z NEVRONSKIMI MREŽAMI Z RADIALNIMI BAZNIMI AKTIVACIJSKIMI FUNKCIJAMI THE EMPLOYMENT OF A RADIAL BASIS FUNCTION NETWORK FOR 3D SURFACE MODELLING	
<i>Jesper M. Paasch, Jenny Paulsson, Gerhard Navratil, Nikola Vučić, Dimitrios Kitsakis, Marcin Karabin, Mohamed El-Mekawy</i>	256
VZPOSTAVITEV SODOBNEGA KATASTRA: PRAVNI VIDIK OPISOVANJA NEPREMIČNINE V TREH RAZSEŽNOSTIH EN BUILDING A MODERN CADASTRE: LEGAL ISSUES IN DESCRIBING REAL PROPERTY IN 3D	

<i>Siniša Drobňjak, Dragoljub Sekulović, Mladen Amović, Ljubomir Gigović, Miodrag Regodić</i>	269
ANALIZA KAKOVOSTI PODATKOV CESTNE INFRASTRUKTURE KOT DELA CENTRALNE GEOPROSTORSKE PODATKOVNE ZBIRKE	
EN CENTRAL GEOSPATIAL DATABASE ANALYSIS OF THE QUALITY OF ROAD INFRASTRUCTURE DATA	

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

<i>Mihaela Triglav Čekada, Stane Tršan, Borut Pegan Žvokelj, Niko Lukač, Marko Bizjak, Matej Brumen, Borut Žalik</i>	285
STEZA – STEREOZAJEM IZ AEROFOTOGRAFIJ IN PODATKOV LIDAR	
STEZA – COMBINED STEREORESTITUTION FROM AEROPHOTOGRAPHS AND LIDAR DATA	
<i>Joc Triglav</i>	289
POVEZAVE MED PARCELAMI TER DETAJLNIMI LISTI IZVORNIH NAČRTOV IN TERENSKIH SKIC	
LINKS BETWEEN LAND PARCELS AND SHEETS OF ORIGINAL CADASTRAL MAPS AND CADASTRAL FIELD SHEETS	
<i>Blaž Mozetič, Polona Filipič</i>	297
UPORABA GIS-ORODIJ ZA SPREMLJANJE REALIZACIJE CILJEV KOHEZIJSKE POLITIKE NA PODROČJU OSKRBE S PITNO VODO TER ODVAJANJA IN ČIŠČENJA KOMUNALNIH ODPADNIH VOD	
UTILIZATION OF GIS TOOLS FOR THE MONITORING OF THE PURSUANCE OF COHESION POLICY GOALS IN THE FIELDS OF POTABLE WATER SUPPLY, DRAINAGE AND WASTEWATER TREATMENT	
<i>Irena Ažman</i>	305
POROČILO O IZVAJANJU DIREKTIVE INSPIRE	
REPORT ON THE IMPLEMENTATION OF THE INSPIRE DIRECTIVE	

NOVICE | NEWS

<i>Tomaž Petek</i> NOVICE Z DELOVNEGA PODROČJA GEODETSKE UPRAVE RS	315
<i>Damjan Kvas, Damjan Doler, Martina Vošnjak</i> 33. STROKOVNO SREČANJE GEODETSKIH UPRAV DRŽAV NASLEDNIC AVSTRO-OGRSKEGA KATASTRA	318
<i>Mojca Kosmatin Fras</i> MAGISTRICA ZNANOSTI NA UL FGG – PODROČJE GEODEZIJE IN GEOINFORMATIKE	320
<i>Tėja Japelj</i> SEZNAM DIPLOM NA ODDDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG, OD 1. 2. 2016 DO 30. 4. 2016	321

<i>Mihaela Triglav Čekada</i> ZELENİ PLAZ – VČERAJ, DANES, JUTRI: 70 LET REDNIH MERITEV TRIGLAVSKEGA LEDENIKA	329
<i>Aleš Lazar, Klemen Kregar</i> GEO & IT NOVICE	331

DRUŠTVENE DEJAVNOSTI | ACTIVITIES OF THE PROFESSIONAL SOCIETY

<i>Jožica Marinko</i> SKUPŠČINA ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE 2016	337
<i>Dušan Petrovič</i> 10. DELAVNICA KOMISIJE ZA GORSKO KARTOGRAFIJO PRI MEDNARODNEM KARTOGRAFSKEM ZDRUŽENJU ICA, BERCHTESGADEN, NEMČIJA, 26.–30. 5. 2016	339
<i>Vesna Mikek</i> PRLEKIJA IN PREKMURJE – SPOMINOM NAPROTI	342
<i>Janez Dular</i> KULTURNI DAN IN ZBOR ČLANOV DOLENJSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA	345
<i>Simona Savšek</i> STROKOVNA EKSKURZIJA ŠTUDENTOV UL FGG (GIG MA) V ZAGREB IN BEOGRAD	348
<i>Ajda Kafol Stojanović, Ana Potočnik</i> STROKOVNA EKSKURZIJA ZA ŠTUDENTE GEODEZIJE IN PROSTORSKEGA NAČRTOVANJA V GRADEC	351

NAPOVED DOGODKOV | ANNOUNCEMENTS OF EVENTS

<i>Aleš Lazar</i> KOLEDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV V OBDOBJU JULIJ–SEPTEMBER 2016	354
<i>Janez Slak, Boštjan Pucelj</i> TEODOLIT P. I. GROMOV, MOSKVA	358

Slika na naslovnici:

Zemljevid variabilnosti višin (angl. Height Variability), ki prikazuje stopnjo hrapavosti površja na območju severnega roba Vipavske doline. Različne barve na zemljevidu označujejo različno stopnjo variabilnost višin oziroma hrapavosti površja. Odtenki belih in vijoličnih ustrezajo nerazgibanemu površju (npr. dno Vipavske doline, modro-zeleni toni barv ustrezajo srednjim vrednostim, topli (rumeno-rjavi) toni barv pa ustrezajo območjem z grobo oziroma hrapavo površino (npr. ostenje Čavna na Trnovskem Gozdu).

Avtorja izdelanega zemljevida sta Tomislav Popit in Timotej Verbovšek.

TLAKOVANJE POTI ...

Anka Lisec

glavna in odgovorna urednica Geodetskega vestnika

V prvi številki 60. letnika *Geodetskega vestnika* je bil v uvodniku izpostavljen pomen tako velikega jubileja za znanstveno-raziskovalno delo, za samo stroko ter seveda tudi za negovanje in razvoj strokovnega jezika. Mnogi posamezniki, skupine in institucije so v teh letih vztrajno in zaneseno prispevali kamenček za kamenčkom k razvoju revije ter uspešno tlakovali pot naprej, pot navzgor. Vsem se iskreno zahvaljujem in upam tudi na lepo sodelovanje v prihodnje. Ravno posamezni raznoliki prispevki so razlog, da je revija od prvotnega društvenega glasila v 50. in 60. letih preteklega stoletja prerasla ozke društvene okvirje ter postala nacionalno in mednarodno prepoznavna strokovna revija, ki objavlja kakovostne znanstvene in strokovne članke ter razprave in novosti s širših področij geodezije, geoinformatike in prostorskega načrtovanja. Poudariti velja, da je revija ob tem ostala zvesta društveni dejavnosti članov Zveze geodetov Slovenije.

Pomen sodelovanja posameznikov pri ustvarjanju vsebine revije je v uvodnih besedah prve številke izpostavil že redakcijski odbor prvega letnika takratnega *Vestnika Geodetskega društva LRS* (1953), kje je bilo med drugim zapisano, da bo društvo poskušalo s »*pisano besedo*« *pripomoči k reševanju problemov in izzivov v stroki. Redakcijski odbor je prvi uvodnik sklenil z besedami: »Vestnik Geodetskega društva pa bo seveda pripomogel k uspešnemu delovanju društva le tedaj, če ga bo članstvo ne le z zanimanjem prebiralo, ampak če bo tudi sodelovalo pri njegovi oblikovni in vsebinski izpopolnitvi.«*

Pa ni bilo vedno lahko, kot je razbrati iz zanimivih uvodnikov in razprav, ki jih odkrijemo ob temeljitem preučevanju knjižne police s starimi številkami *Geodetskega vestnika* ter njegovih predhodnikov. Že v prvi številki 10. letnika takratnega *Biltena* (1966) so bile omenjene težave s financiranjem revije, toda sklenjeno je bilo, da »*naj Bilten izhaja vse dotlej, dokler bodo na razpolago materialna in organizacijska sredstva*«. Dodatno je bilo izpostavljeno, »*da je krog sodelavcev Biltena zelo majhen ter da posamezniki sicer obljublajo prispevke, a obljub običajno ne izpolnijo, vsaj v doglednem času ne*«. Sredstva za izdajanje revije so se očitno našla, saj je revija redno izhajala, obenem pa je širila vsebino objav in nabor avtorjev prispevkov. Poleg društvenih novic, novic s področja delovanja javne geodetske službe, je mesto v reviji našlo vse več strokovnih prispevkov, posebej pa velja poudariti poročila očitno izredno dejavne slovenske geodetske stroke na jugoslovanskih in mednarodnih znanstvenih ter strokovnih dogodkih.

Uvodni nagovor prve številke 20. letnika (1976), takrat že *Geodetskega vestnika*, je precej optimističen, ko je novo uredništvo napovedalo vsebinsko bolj bogato revijo »*z več strokovnimi, poljudno znanstvenimi*

in znanstvenimi prispevki, z novimi rubrikami ...«. V uvodniku je še zapisno: *»Seveda pa nam mora biti jasno, tako nam v uredniškem odboru kot vam, dragi bralci, da bo to naše strokovno glasilo tako, kakor ga bomo ustvarili s skupnimi močmi.*« Pri pregledu vsebin objav v tem obdobju je razvidno, da so področje geodezije in urejanja prostora močno zaznamovale, poleg zakonskih in institucionalnih sprememb, nove tehnologije – od sodobnih terestričnih elektronskih merskih sistemov do razvoja fotogrametrije in informacijske tehnologije.

Nekoliko bolj zadržan je bil uvodnik prve številke 30. letnika *Geodetskega vestnika* (1986), kjer so izpostavljene finančne in tehnične težave pri izdajanju revije. Kljub temu je konec uvodnika nekoliko bolj optimističen, saj je v njem zapisano: *»V jubilejno leto izhajanja smo stopili precej skromno in manj odmevno. Jubileju bomo posvetili večjo pozornost v naslednjih številkah in v aktivnostih, ki jih bomo v teh okvirjih izvedli v letošnjem letu. Ostaja nam le polna mera optimizma in želja po nadaljevanju medsebojnega sodelovanja in razumevanja.*«

Naslednje desetletje je tudi geodetsko stroko zaznamovala družbeno-gospodarska sprememba z osamosvojitvijo Slovenije in prehodom na tržno gospodarstvo. Revija je kljub nekoliko razburkanim družbeno-političnim razmeram izhajala neprekinjeno, za kar se moramo zahvaliti predvsem takratnim članom uredniškega odbora, avtorjem prispevkov ter drugim soustvarjalcem in podpornikom *Geodetskega vestnika*. Slednje je posebej izpostavljeno tudi v uvodniku prve številke 40. letnika (1996), ki se začne tako: *»Dokaj neopazno smo vstopili v jubilejno leto – 40. leto izdajanja geodetske strokovne revije Geodetski vestnik. Za visok jubilej so zaslužni predvsem pisci znanstvenih in strokovnih člankov, recenzenti, uredniški odbori z uredniki, programski sveti ...*«

Posebej pomembno je bilo za geodetsko stroko leto 2006, ko smo zaznamovali 50. letnik *Geodetskega vestnika*. Ob jubileju *Geodetskega vestnika* in 55-letnici Zveze geodetov Slovenije je zveza prejela medaljo za zasluge predsednika države Republike Slovenije. V uvodniku sklepne številke 50. letnika revije je bilo tako zapisano: *»Kakšna je prihodnost, se nam ni treba bati. Stroka postaja iz leta v leto bolj prepoznavna in tudi revija, ki je odsev razvoja stroke, postaja tako doma kot v tujini vse bolj poznana. Načrti za prihodnost so veliki, s skupnimi močmi jih moramo uresničiti ...*«

Zadnjim mislim se pridružujem tudi jaz. Verjamem, da je pred našo revijo lepa prihodnost in da bomo s skupnimi močmi uspešno tlakovali pot naprej, pot navzgor!

BREZGLAVI ZRAKOPLOVI

Blaž Mozetič

predsednik Zveze geodetov Slovenije

V nedavno objavljenem predlogu Uredbe o sistemih brezpilotnih zrakoplovov je spregledana njihova vse pomembnejša uporaba za potrebe geodetske stroke. Za resno delo, tako geodetsko kot znanstveno-raziskovalno, je z navedenim predlogom omejena uporaba brezpilotnih zrakoplovov, kar je z vidika opravljanja in razvoja geodetskih meritev in storitev nesprejemljivo. Ne glede na vse pozive iz geodetske stroke, bodisi posamične bodisi cehovske, zakonodajalec ni videl oziroma ni prepoznal pomembnosti geodetske stroke pri uporabi brezpilotnih zrakoplovov. Vse kaže, da bo treba – če bomo geodeti želeli brez omejitev opravljati geodetske meritve tudi z uporabo brezpilotnih zrakoplovov – naše geodetske storitve opredeliti kot dejavnost v »nejavnem zaprtem prostoru«, kamor nas trendi deregulacije poklica in cene, ki jih za svoje storitve lahko zaračunamo na trgu, in še kaj bi še našlo, tako ali tako potiskajo.

Zadnje dogajanje in trendi na področju geodetske stroke vodijo v razvrednotenje geodeta kot osebe, ki je odgovorna, pravzaprav je poklicana, za varovanje zasebne lastnine prek geodetskih storitev in evidenc. Žal geodetske storitve tako izgubljajo »glavo«, ki ve, kaj in zakaj dela, ter je sposobna naročniku storitev preprosto, vendar še vedno strokovno korektno, pojasniti tako postopke kot dobljene rezultate.

Na letošnji letni skupščini Zveze geodetov Slovenije smo se zopet, kot že večkrat doslej, dotaknili problematike zmanjševanja članstva v društvih in težav pri privabljanju mladih geodetov, ki iz izobraževalnega sistema prihajajo na trg. Vzroki, zakaj so odleteli mimo, so različni, eden izmed njih vsekakor je, da v brezglavih geodetskih podvigih, kjer smo sami geodeti morda še najmanj vpleteni in krivi, ne vidijo prihodnosti in posledično ne čutijo pripadnosti stroki, cehu.

Geodetska stroka ni brezglavi zrakoplov, ampak je resen »biznis«, ki je sposoben interpretirati pretekle meritve in podatke, uporabljati najnovejše tehnološke in znanstvene dosežke pri svojih postopkih, izmeriti neizmerjeno, obvladovati ključne in dolgoročne evidence prostorskih podatkov, zadovoljiti še tako zahtevne naročnike ter, kot se v poslu spodobi, prinašati tudi dobiček. Samo z vetrom pod krili se žal ne da jadrati v nedogled.

Našo resnost dokazuje tudi 60. letnik Geodetskega vestnika, strokovne revije Zveze geodetov Slovenije. Iskrene čestitke vsem urednikom, avtorjem, recenzentom in vsem, ki ste ali pa še vedno sodelujete in

pomagate, za vašo vztrajnost, pogum, voljo in vizijo, da lahko letos slavimo izdajo 60. letnika Geodetskega vestnika. Posebna zahvala pa vam, bralcem, ki Geodetskemu vestniku vlivate energijo, da natislane besede zaživijo. Slavnostni jubilej bomo v septembru primerno obeležili, zato že danes vljudno vabljeni!

Srečno in prijetno branje!

VPLIV SONCA NA PRENOS MERILNIH PODATKOV V REALNEM ČASU PO OMREŽJU MOBILNE TELEFONIJE

IMPACT OF THE SUN ON THE TRANSMISSION OF MEASURING DATA IN REAL TIME BY A MOBILE TELEPHONE NETWORK

Rudi Čop

UDK: 550.3
 Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
 Prispelo: 28. 10. 2015
 Sprejeto: 4. 4. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.197-211
 SCIENTIFIC ARTICLE
 Received: 28. 10. 2015
 Accepted: 4. 4. 2016

IZVLEČEK

Merilni podatki se iz geomagnetnega observatorija PLA (Piran, Slovenija) do njegovega strežnika prenašajo po omrežju digitalne mobilne telefonije. Zaradi občasnih izpadov je ta del prenosne poti ozko grlo v celotnem sistemu zajemanja, prenosa, shranjevanja in obdelave merilnih podatkov o spremembi geomagnetnega polja. Omogoča pa galvansko ločitev observatorija in s tem njegovo zaščito pred atmosferskimi prenapetostmi. Zato smo v prvih desetih efektivnih obratih Sonca v letu 2015, poleg izpadov samodejnega prenosa merilnih podatkov po omrežju mobilne telefonije, spremljali tudi podatke o stanju Sonca in vremena v slovenskem delu Istre. V opazovanem obdobju je bilo iz observatorija v povprečju prenesenih 91,6 % vseh merilnih podatkov. Velika večina izpadov je nastala ob povečani aktivnosti Sonca. Rezultate opazovanj smo na observatoriju uporabili za povečanje zanesljivosti prenosa merilnih podatkov. Koristni pa so lahko tudi vsem tistim, ki uporabljajo mobilno telefonijo za prenos merilnih podatkov v realnem času.

ABSTRACT

The measuring data from the PLA geomagnetic observatory (Piran, Slovenia) to its server are transmitted via a mobile telephone network. From time to time, this communication is interrupted. For this reason, the wireless communication from the observatory to its server is the bottleneck of the entire system of collection, transmission, storage and processing of measuring data. However, wireless communication offers galvanic isolation of the observatory and protects it against the atmospheric electrical discharges. In the first ten effective rotations of the Sun in 2015 we registered the interruption of transmission and also collected the data about the conditions of the Sun and the conditions of the local weather in the Slovenian part of Istria. In the observed period, 91.6% of all measuring data were transmitted from the observatory to its server. The majority of interruptions of transmission were caused by the higher activity of the Sun. We shall use the results of analysis of all collected data to improve the reliability of the transmission of measuring data from the observatory. They are useful also for the other users of mobile telephone network for transmission of measuring data in the real time.

KLJUČNE BESEDE

meritve, omrežje mobilne telefonije, prenos v realnem času, prekinitve

KEY WORDS

measurements, mobile telephone network, real-time transmission, interruption

1 TELEMETRIJA NA GEOMAGNETNEM OBSERVATORIJU

V letu 2014 smo pri vasi Sv. Peter nad Sečovljami v okviru geofizikalnega observatorija Sikuri postavili osnovni geomagnetni del opreme. V prvi polovici decembra 2014 smo ga vključili v vozlišče INTERMAGNET (angl. INTERnational Real-time MAGnetic observatory NETwork) v Edinburgu na Škotskem kot testni observatorij s kodo IAGA (angl. International Association of Geomagnetism and Aeronomy): PIA (Piran, Slovenia). Deluje kot observatorij IMO (angl. *INTERMAGNET Magnetic Observatory*), za katerega mora biti zagotovljena visoka zanesljivost prenosa merilnih podatkov o spremembi zemeljskega magnetnega polja (INTERMAGNET, 2012).

Merilne podatke iz observatorija PIA prenašamo na strežnik po omrežju digitalne mobilne telefonije, kar je v danih razmerah najboljša rešitev. Na mesec se prenese do 30 MB merilnih podatkov v kodi ASCII v stisnjeni obliki oziroma 0,9 MB na dan (Deželjin in Čop, 2012). Brezžični prenos merilnih podatkov, ki omogoča tudi galvansko ločitev observatorija od komunikacijskega omrežja (Čop et al., 2014), je enostavna, cenena in standardizirana rešitev, ki ne zahteva dodatnih vzdrževalnih del in stroškov. Observatorij PIA je na robu dosega signala ponudnika storitev mobilne telefonije. Zato smo lahko uporabili že predhodno pridobljene izkušnje glede registracije izpadov prenosa merilnih podatkov v realnem času po omrežju mobilne telefonije z območja z zelo slabim signalom.

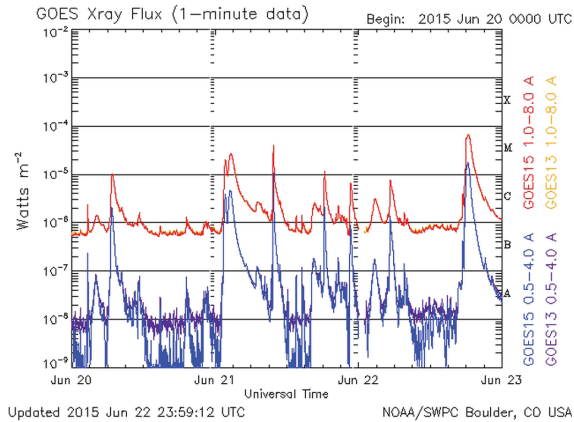
Na observatoriju PIA se za telemetrijo uporablja digitalni brezžični komunikacijski sistem za mobilno telefonijo GSM (angl. Global System for Mobile communications) nosilnih frekvenc v območju UHF (angl. Ultra High Frequency), Band 900 ($l = 1/3$ m). Po standardu IEEE (IEEE, 2003) konkretno frekvenčno območje elektromagnetnih valov uvrščamo v področje mikrovalov. Na observatoriju se iz zapisovalnika podatkov (angl. *data logger*) prek komunikacijskega usmerjevalnika in modema za digitalno mobilno komunikacijo na strežnik prenašajo datoteke preteklega dne z enosekundnimi merilnimi podatki o spremembi zemeljskega magnetnega polja. Ta prenos je bil namenoma organiziran enkrat dnevno, in to takoj po 02:00 UTC, ko je Slovenija še v repu magnetosfere in je omrežje mobilne telefonije najmanj obremenjeno. Zato smo bili na izpad samodejnega prenosa bolj pozorni in smo lahko sproti spremljali še druge parametre, kot so stanje aktivnosti Sonca, stopnja geomagnetne aktivnosti celotnega našega planeta in njegove ionosfere, lokalne vremenske razmere, geomagnetne razmere na observatoriju ter stanje merilne in komunikacijske opreme.

Zaradi občasnih izpadov prenosa merilnih podatkov iz observatorija PIA na strežnik smo v prvih 270 dneh leta 2015 naredili sistematično raziskavo vseh izpadov samodejnega prenosa merilnih podatkov. Rezultate raziskave smo uporabili za povečanje zanesljivosti samodejnega prenosa merilnih podatkov na strežnik observatorija. Prenos digitalnih merilnih podatkov po omrežju mobilne telefonije v realnem času uporabljajo tudi: a) pri določanju položaja visoke točnosti v realnem času (Petovello, 2011; Rizos in Han, 2003) z metodo RTK (angl. *Real Time Kinematic*) izmere GNSS (angl. *Global Navigation Satellite System*), b) za radionavigacijo, c) za samodejni prenos podatkov iz signalno-varnostnih sistemov in d) pri prenosu signala za klic na pomoč. V vseh naštetih primerih se morajo podatki prenesti z visoko zanesljivostjo v realnem času. Pri meritvah položaja visoke točnosti se je v praksi celo izkazalo, da je izpad prenosa merilnih podatkov po omrežju mobilne telefonije, ki se širijo v atmosferi (angl. *surface waves*), vsaj tako problematičen, kot je sprememba širjenja mikrovalov od satelitov GNSS skozi ionosfero (angl. *sky waves*) (Štern in Bešter, 2012). Brezžično komunikacijsko zvezo namreč najamemo, za uporabo in

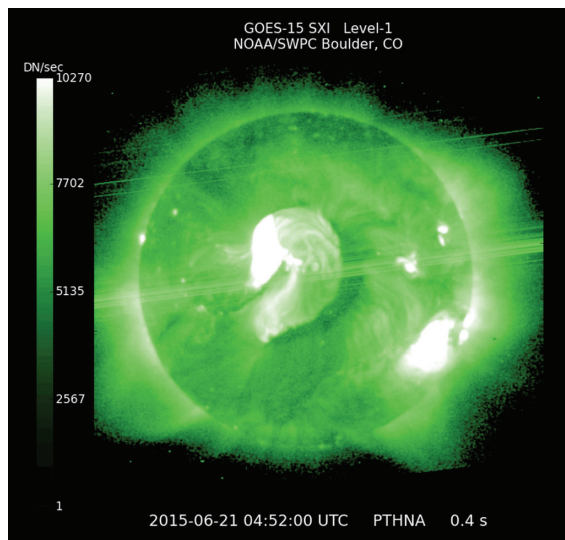
pravilnost informacij pa smo sami odgovorni, zato moramo poznati lastnosti prenosa merilnih podatkov po mikrovalovnih zvezah. Na osnovi statistične obdelave meritev spremembe lokalnega geomagnetnega polja in vzporednih meritev lastnosti ionosfere je mogoče večino izpadov zaradi povečane aktivnosti Sonca tudi napovedati.

2 PRVIH DESET EFEKTIVNIH OBRATOV SONCA V LETU 2015

Čas rotacije Sonca je odvisen od solarne širine. V ekvatorialnem delu se zavrti v 24 dneh, področja okoli njegovih polov pa se zavrtijo v 34 dneh. Nam najbližja zvezda se torej vrtilo diferencialno. Če pri določevanju časa rotacije Sonca upoštevamo njegov vpliv na Zemljo, potovanje Zemlje okoli Sonca in njeno rotacijo okoli svoje osi, potem je učinkoviti čas rotacije Sonca 27 dni. Os Sonca je glede na Zemljino ekliptično ravnino nagnjena za 7°, zato lahko opazovalec na Zemlji v času enega njegovega učinkovitega obrata vidi večino njegove površine (Air, 1985).



Slika 1: Sevanje žarkov X iz Sonca, merjeno na geostacionarnem satelitu GEOS-15 od 20. do 22. junija 2015 (SWPC, 2015c).



Slika 2: Sonce 21. junija 2015 ob izbruhu v skupini sončnih peg AR 2371, posnetem s satelita GEOS-15 s teleskopom na žarke X (SWPC, 2015c).

Sončne pege so začeli opazovati s teleskopom v začetku sedemnajstega stoletja (Galilei in Scheiner, 2010). Pomembno astronomsko odkritje, da se sončne pege pojavljajo ciklično, je utemeljil Heinrich Schwabe (1789–1875) (Arlt et al., 2013). Cikli so v povprečju dolgi 11,4 leta (Air, 1985). Da pa je pojav geomagnetnih neviht vezan na sončne cikle, je ugotovil Sir Edward Sabine (1788–1883) (Sabine, 1852). Cikel geomagnetnih neviht je v maksimumu zamaknjen za eno do treh let za ciklom sončnih peg in v minimumu najmanj za eno do dveh let. Izbruh v sončni pegi je prvi opazoval Richard Carrington (1826–1875) (Carrington, 1859; Cliver in Dietrich, 2013). Predvidel je tudi vpliv teh izbruhov na Zemljo in na pojav polarnih sijev na njej ter ugotovil, da se Sonce vrti diferencialno (angl. *Carrington rotation*).

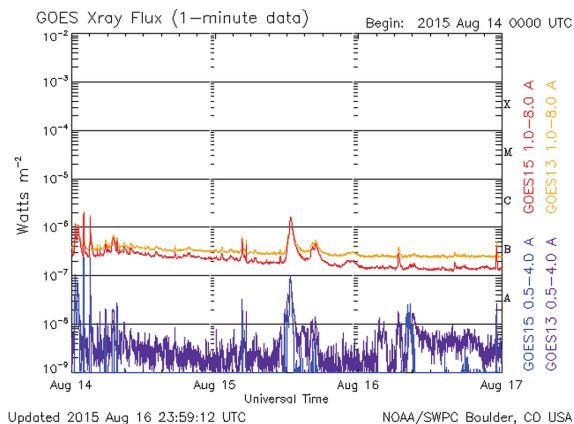
Opazovano obdobje od 1. januarja 2015 do 27. septembra 2015 obsega 270 dni ali deset efektivnih obratov Sonca. Obdobje se nanaša na začetek druge polovice 24. cikla sončnih peg (SILSO, 2015), ki se je začel januarja 2008. Ti cikli se štejejo od leta 1755, ko se je začelo sistematično zapisovati število opaženih sončnih peg. Trenutni sončni cikel je primerljiv s cikli z najnižjim številom registriranih sončnih peg. Zadnji tak je bil 14. cikel v začetku 20. stoletja, najnižji po Daltonovem minimumu (1790–1830) (Eddy, 1976; Anet in sod. 2014).

V opazovanem obdobju prvih desetih efektivnih obratov Sonca v letu 2015 je aktivnost upadala, se pa je pogostnost geomagnetnih neviht povečevala. Zato je bilo v opazovanem obdobju zelo neugodno razmerje med pojavnostjo sončnih peg in izbruhi na Soncu ter številom registriranih geomagnetnih neviht. Tako stanje se bo predvidoma nadaljevalo še naslednji dve leti, nato se bo 24. sončni cikel na koncu tega desetletja predvidoma končal.

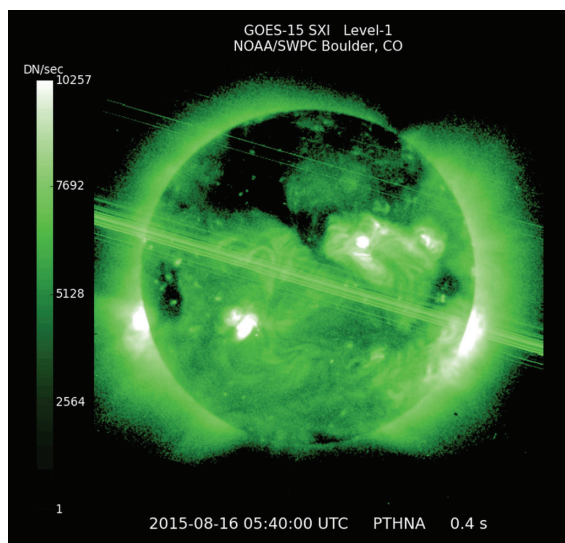
3 GEOMAGNETNA AKTIVNOST

V relativno mirni atmosferi Sonca, imenovani korona, se občasno pojavljajo izbruhi (angl. *flares*). Izbruhi na Soncu nastajajo v bližini sončnih peg in tudi v aktivnejših delih njegove atmosfere z močno popačenim magnetnim poljem. So najmočnejše eksplozije v celotnem solarnem sistemu. Običajno ne trajajo več kot 10 minut, pri čemer pride do povečanega sevanja radijskih valov, ultravijoličnih žarkov, mehkih in trdih žarkov X (slika 1) ter žarkov gama. Pogosto, vendar ne vedno, spremljajo te izbruhe tudi izbruhi v koroni Sonca CME (angl. *Coronal Mass Ejection*), ki imajo izvor v globljih plasteh Sonca in ne samo v njegovi koroni (slika 2). Ti izbruhi odnesejo v medplanetarni prostor precej materije. Znanje o njih smo pridobili šele v zadnjih desetletjih s pomočjo instrumentov na umetnih satelitih (Lang, 2009).

Izbruhi žarkov X (angl. *X-ray flares*) na Soncu so merjeni na geostacionarnih satelitih GEOS (angl. *Geostationary Operational Environmental Satellite*) (National, 2009), in to na dveh valovnih področjih (slika 1, slika 3): od 0,1 do 0,8 nm in od 0,05 do 0,4 nm. Glede na največjo gostoto sevanja v valovnem področju od 0,1 do 0,8 nm (1–8 Angstrom) so izbruhi žarkov X razvrščeni v pet razredov: A ($< 10^{-7}$ W/m²), B (10^{-7} – 10^{-6} W/m²), C (10^{-6} – 10^{-5} W/m²), M (10^{-5} – 10^{-4} W/m²) in X ($> 10^{-4}$ W/m²). Znotraj posameznega razreda je linearna skala od 1 do 9. Tako je izbruh M2 dvakrat bolj močan kot izbruh M1 in štirikrat bolj kot izbruh C5. Izbruhi žarkov X razreda A, B in C le manj vplivajo na Zemljo, izbruhi žarkov X razreda M in X povzročajo krajše oziroma daljše prekinitev radijskih zvez na Zemlji.



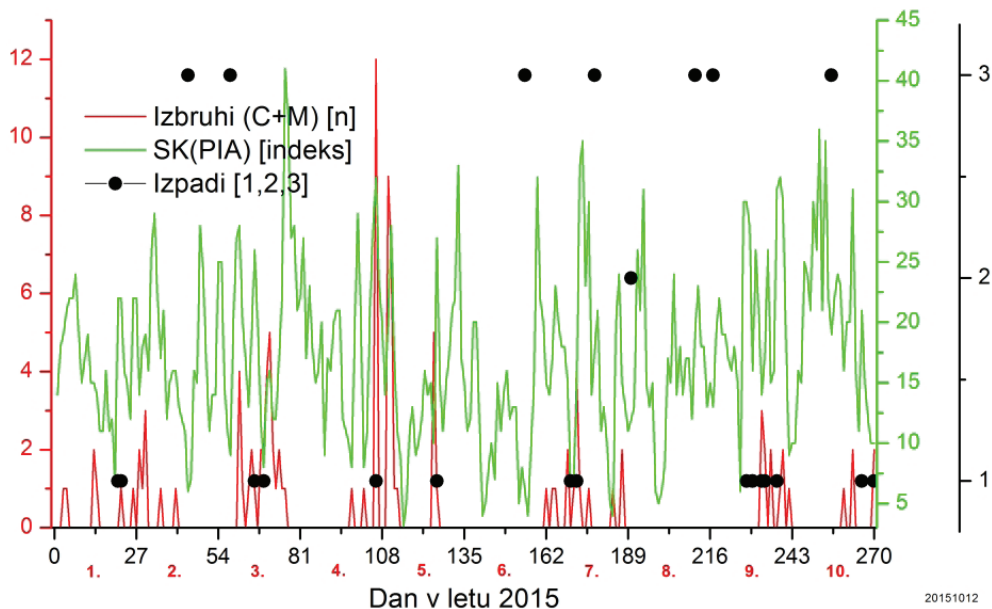
Slika 3: Sevanje žarkov X iz Sonca, merjeno na geostacionarnem satelitu GEOS-15 od 14. avgusta do 16. avgusta 2015 (SWPC, 2015c).



Slika 4: Sonce z luknjami v koroni, posneto 16. avgusta 2015 z geostacionarnega satelita GEOS-15 s teleskopom na žarke X (SWPC, 2015c).

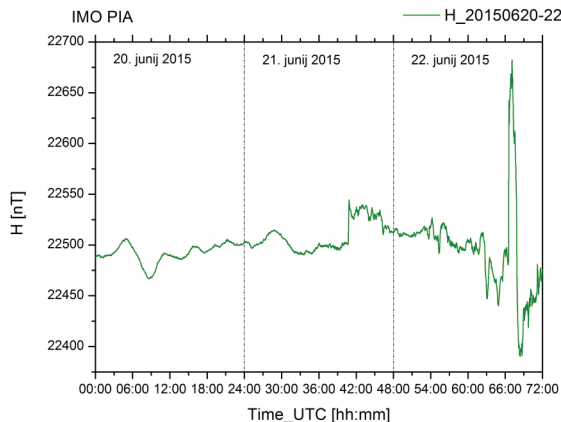
Sončni veter, ki napolnjuje heliosfero, je podaljšek zunanje atmosfere Sonca v medplanetarni prostor. Je tok naelektrnih elementarnih delcev, ki v obliki električno nevtralne plazme iz Sončevih zunanjih plasti potuje po celotnem osončju. Obstajata dve njegovi osnovni obliki: hitri s tipično hitrostjo, večjo od 600 km/s, in počasni s tipično hitrostjo, manjšo od 400 km/s. Med seboj se razlikujeta tudi po gostoti, sestavi in temperaturi. Hitri sončni veter izhaja iz lukenj v koroni Sonca z odprto strukturo magnetnega polja (slika 4), ki doseže največje hitrosti ob izbruhih v koroni Sonca CME (slika 2). Struktura medplanetarnega prostora je tako v času kot v prostoru določena s stanjem Sončeve korone. Iz nje izhaja tako počasni kot tudi hitri sončni veter v obliki tokovnic. Na mejah med temi tokovnicami se oblikujejo prehodne cone CIR (angl. *Co-rotating Interacion Region*). Zaradi rotacije Sonca se te cone v medplanetarnem prostoru

oblikujejo v spirale in se z njim tudi vrtijo (Balogh in Bothmer et al., 1999; Tappin in Howard, 2009). Ko taka prehodna cona doseže Zemljo, zadene ob njeno magnetosfero v obliki udarnega vala, ki mu sledi sončni veter z večjo hitrostjo. Ker je izbruh v koroni Sonca CME prehodni pojav, ta v medplanetarnem prostoru ne oblikuje prehodnih con CIR, temveč le udarni val, ki se širi v sončnem vetru (Webb in Howard, 2012).

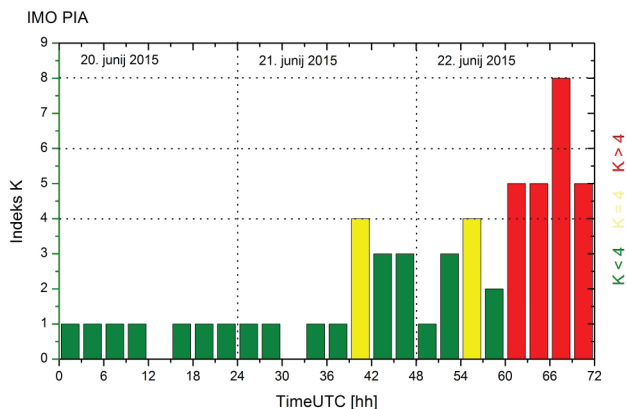


Slika 5: V prvih desetih efektivnih obratih Sonca v letu 2015 doseženo v posameznem dnevu: a) skupno število izbruhov žarkov X na Soncu razreda M in C; b) vsota vseh osnih geomagnetnih indeksov K posameznega dne za observatorij PIA (Piran) in c) tri vrste izpadov prenosa merilnih podatkov.

Na geomagnetnem observatoriju na površini Zemlje se geomagnetna aktivnost spremlja z merjenjem vrednosti horizontalnih komponent vektorja zemeljskega magnetnega polja. Opisuje se z lokalnim geomagnetnim indeksom K (nem. *Kennziffer*). Je neimenovano število: od 0 za najbolj miren dan do 5, ko nastopa najmilejša oblika geomagnetne nevihte, pa vse do 9 za opis razmer, ko je zemeljsko magnetno polje najbolj razburkano. Indeks K zajema le neciklične spremembe zemeljskega magnetnega polja, ki jih v triurnem časovnem intervalu povzročajo elementarni delci, izsevani s Sonca. Vse ostale ciklične in neciklične spremembe zemeljskega magnetnega polja kot tudi vsi ostali vplivi Sonca na Zemljo niso vključeni v geomagnetni indeks K (Mayaud, 1980; Čop, Deželjin in De Reggi, 2015). Med te vplive spadajo predvsem neposredni vplivi radiacij ultravijoličnih žarkov in žarkov X, ki spreminjajo količino hladne plazme v ionosferi. Geomagnetno aktivnost celotne Zemlje podaja planetarni geomagnetni indeks K_p (nem. *planetarische Kennziffer*). Ta je srednja vrednost lokalnih geomagnetnih indeksov K na trinajstih izbranih observatorijih na srednjih zemljepisnih širinah na obeh zemeljskih poloblah (GFZ, 2015b). Ta indeks se najprej ocenjuje in podaja kot ocenjeni K_p (angl. *estimated K_p*) s časovno zakasnitvijo do največ treh ur (SWPC, 2015a) in nato postprocesiran s časovno zakasnitvijo mesec dni (GFZ, 2015a). Ponavljanje obdobji s povečano geomagnetno aktivnostjo sovpadajo z rotacijo Sonca.



Slika 6: Magnetogram geomagnetne nevihte stopnje G4 (*severe*), izmerjene na observatoriju PIA z začetkom 21. junija 2015 ob 16:42 UTC.



Slika 7: Vrednosti geomagnetnih indeksov K za observatorij PIA od 20. junija do 22. junija 2015.

Geomagnetna aktivnost v prvih desetih učinkovitih obratih Sonca v letu 2015 je predstavljena na grafu (slika 5) z vsoto SK vseh osmih geomagnetnih indeksov K za posamezni dan. Ti indeksi so bili izračunani na podlagi meritev sprememb zemeljskega magnetnega polja na observatoriju PIA. Izhodišče tega grafa je vsota izbruhov žarkov X na Soncu razreda C im M posameznega dne. Poleg izbruhov žarkov X na Soncu smo vzporedno spremljali tudi razvoj ionosferskih neviht z globalnim modelom D-RAP (angl. *D-Region Absorption Product*) (Akmaev, 2010; SWPC, 2015b). Ta model obravnava spremembo širjenja radijskih valov frekvenc od 3 do 30 MHz, ki se odbijajo od ionosfere in se na tej poti tudi delno absorbirajo. Model je kombinacija dveh empiričnih modelov absorpcije radijskih valov visokih frekvenc zaradi vpliva Sonca: model absorpcije zaradi sevanja žarkov X v srednjih in višjih geografskih širinah ter model absorpcije zaradi sipanja protonov visokih energij SEP (angl. *Solar Energetic Particles*) okoli magnetnih polov. Prvi del modela D-RAP je rezultat sprotih meritev večjega števila ionosond na srednjih geografskih širinah. Rezultati tega modela so predvsem uporabni za kakovostno indikacijo ob zelo razburkanih razmerah v ionosferi.

4 PRIMERA GEOMAGNETNIH NEVIHT RAZREDA G4 IN G1

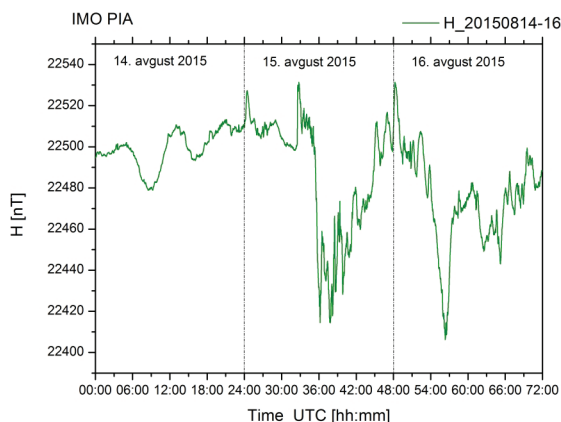
Prekinitev prenosa po omrežju mobilne telefonije 21. junija je sovpadala z dodatnimi izbruhi CME na Soncu v skupini sončnih peg AR 2371 v prvih urah tega dne (slika 1, slika 2), ki so povzročili geomagnetno nevihto 25. junija 2015 razreda G1 (*minor*) (SWPC, 2011). Dan za navedeno prekinitev komunikacije pa je nastala najmočnejša geomagnetna nevihta v prvi polovici leta 2015 razreda G4 (*severe*), ki se je nadaljevala še 23. junija 2015. Nastala je zaradi izbruha CME v isti skupini sončnih peg v prvih urah 18. junija 2015.

Vsak izbruh CME na Soncu povzroči na Zemlji (Langhoff in Straume, 2011; Viberg et al., 2012):

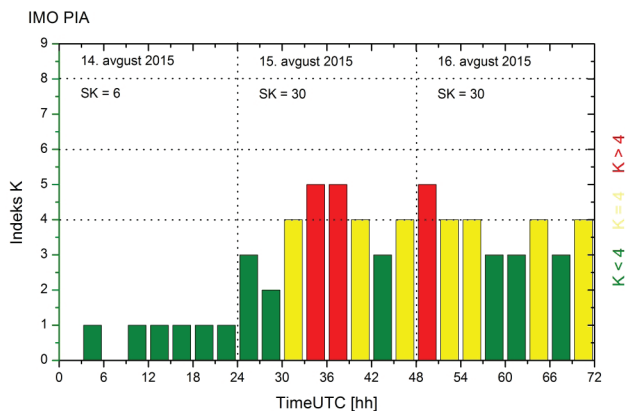
- povečano radiacijo žarkov X, ki Zemljo doseže v 8 minutah po izbruhu na Soncu;
- občasno dodatno sipanje pozitivno naelektrenih težjih elementarnih delcev SEP z energijo nad 1 MeV, ki Zemljo dosežejo v 10 do 30 minutah;
- sunke sončnega vetra, ki Zemljo dosežejo v 18 do 96 urah, če je izbruh na Soncu v bližini njegovega osrednjega meridiana glede na Zemljo (slika 2). Ti vplivajo na njeno magnetno polje in lahko povzročijo geomagnetno nevihto (slika 6). V tem primeru se poveča tako planetarni geomagnetni indeks K_p kot lokalni indeks K (slika 7).

Od 19. do 30. junija 2015 se je dodatna ionizacija ionsofske plasti D iz srednjih geografskih širin postopoma prestavila v območje magnetnih polov (Čop, 2015a). Protone in elektrone iz Sonca je namreč magnetno polje Zemlje zavrtinčilo v ti dve področji. To dogajanje se je dalo spremljati tudi z modelom D-RAP.

Luknja v koroni Sonca CH 88, ki se je 9. avgusta 2015 pojavila na sončnem disku ob vzhodnem limbu tik pod ekvatorjem, se je v naslednjih dneh povečevala in je bila 16. avgusta že v bližini zahodnega solarnega limba (slika 4). Iz nje je izhajal sončni veter večje hitrosti, ki je v medplanetarnem prostoru povzročil cone CIR. Te so v več zaporednih valovih dosegle Zemljo (slika 8) in povzročile geomagnetne nevihte na njej (slika 9). 15. avgusta je nastopila geomagnetna nevihta, ki se je nadaljevala tudi naslednji dan. Na observatoriju PIA je bila izmerjena geomagnetna nevihta razreda G1 (*minor*), na planetarni ravni pa razreda G3 (*strong*). V magnetosferi so nastale razpoke, skozi katere je vdrl sončni veter in povzročil nevihte v ionsosferi razreda R1 (angl. *radio blackouts*), kar je bilo mogoče spremljati tudi z modelom D-RAP. Te ionsofske nevihte so 16. avgusta povzročile prekinitev mikrovalovne zveze med observatorijem PIA in njegovim strežnikom.



Slika 8: Magnetogram geomagnetne nevihte stopnje G1 (*minor*), izmerjene na observatoriju PIA 15. in 16. avgusta 2015.



Slika 9: Vrednosti lokalnih geomagnetnih indeksov K za observatorij PIA od 14. do 16. avgusta 2015.

5 IZPAD PRENOSA MERILNIH PODATKOV

V prvih devetih mesecih leta 2015 je bilo povprečno vsak mesec samodejno prenesenih 91,6 % vseh merilnih podatkov iz observatorija PIA na njegov strežnik prek omrežja mobilne telefonije. Ta prenos se je izkazal kot najmanj zanesljiv v juniju 2015, ko je bil 86,7 %, in v mesecu avgustu 2015, ko je bil 80,6 %. Od prvih devetih mesecev v letu 2015 je bilo le v teh dveh mesecih samodejno prenesenih pod 90 % datotek. Primerjava srednjih vrednosti vsote vseh geomagnetnih indeksov SSK v posameznem mesecu (preglednica 1) kaže, da je bil prenos zanesljivejši v geomagnetno manj aktivnih mesecih (preglednica 2). Ko je bila srednja vrednost vsote geomagnetnih indeksov SSK večja od 16, je bil v posameznem mesecu več kot enkrat zabeležen izpad samodejnega prenosa merilnih podatkov, in to v času povečane geomagnetne aktivnosti ali nevihte v ionosferi.

V prvih desetih efektivnih obratih Sonca v letu 2015 od 270 datotek z enosekundnimi merilnimi podatki ni bilo prenesenih 23 ali 8,5 % (preglednica 2). Izpade smo razvrstili v tri skupine (slika 5):

1. Izpadi, nastali v času povečane aktivnosti Sonca v spektru žarkov X ali v času, ko je nastala samo ionsferska nevihta.
2. Izpadi, nastali v času lokalnih ploh dežja, ki so bile tudi registrirane na najbližji meteorološki opazovalnici.
3. Izpadi, ki jih ni bilo mogoče uvrstiti v nobeno od predhodnih dveh skupin.

Preglednica 1: Srednja vrednost vsote lokalnih geomagnetnih indeksov SSK za observatorij PIA v letu 2015.

Mesec:	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september
SSK:	16,8	16,8	19,7	15,7	14,5	16,7	14,9	19,3	20,6

Med izpadi iz tretje skupine sta bila dva, ki sta nastala zaradi lokalnih ploh dežja in smo ju opazovali tudi z vremenslovnim radarjem. Vendar ti plohi nista bili registrirani na najbližji meteorološki opazovalnici. Preostalih pet iz te skupine ali 21,7 % vseh izpadov ($> 2/10$) pa nismo mogli zanesljivo uvrstiti v nobeno od predhodnih dveh skupin. Ti izpadi prenosa podatkov so nastali zaradi lokalnih vzrokov tehnične narave. Ponudnik storitve mobilne telefonije je potrdil, da v obdobju opazovanja na bazni postaji, ki

pokriva področje geomagnetnega observatorija PIA, niso bili registrirane nobene prekinitve delovanja. Če se je komunikacija prekinila zaradi trenutnega izpada modema na observatoriju PIA, je sledil samodejni zagon, ki je bil v modemu registriran (Čop, 2015b).

Zanesljivo pa je bil 9. julija 2015 močan kratkotrajni naliv dežja na območju Sv. Petra v slovenskem delu Istre, ki je bil tudi registriran na najbližji vremenoslovni postaji. To je bila tudi prva potrditev opažanj, da izpadi prenosa nastajajo ob močnih in kratkotrajnih plohah dežja, ki zadušijo signal sistema mobilne telefonije. Prenos merilnih podatkov v realnem času po omrežju mobilne telefonije pa spremljamo vse od aprila 2012.

Izpadov iz prve skupine v prvih desetih učinkovitih obratih Sonca v letu 2015 je bilo petnajst ali 65,2 % vseh izpadov v tem obdobju ($> 6/10$). V to skupino smo uvrstili vse izpade, ki niso bili tehnične narave ali niso nastali zaradi lokalnih deževnih ploh. Prvo skupino izpadov smo oblikovali na podlagi astronomskih opazovanj ter meritev sevanja žarkov X in sipanja elementarnih delcev velikih energij SEP iz Sonca, izmerjenih na geostacionarnih satelitih GEOS (SWPC, 2015a). Tem podatkom smo dodali še razmere v ionosferi na Zemlji, določene z modelom D-RAP (tabela 2). Za primerjavo smo za posamezni dan, v katerem je nastal izpad prenosa merilnih podatkov, dodali še vsoto SK vseh osmih lokalnih geomagnetnih indeksov K za observatorij PIA. Tudi te vsote kot tudi geomagnetne indekse v posameznih dneh smo uporabili za ovrednotenje izpadov iz prve skupine.

6 DUŠENJE MIKROVALOV V ATMOSFERI

V našem primeru se za prenos merilnih podatkov od modema na observatoriju do najbližje bazne postaje omrežja mobilne telefonije uporabljajo mikrovalovi. Jakost signala v anteni sprejemnika je odvisna od izhodne moči oddajnika in njegove frekvence, oblike in prevodnosti površine, prek katere se to elektromagnetno valovanje širi, ter od lokalnih vremenskih razmer (Navy, 1999). Zaradi oblike reliefa med observatorijem in bazno postajo se lahko za prenos uporabijo le mikrovalovi, ki se na različne načine odbijajo (refleksija), razpršujejo (angl. *scattering*) ali ukrivljajo zaradi lokalne spremembe lomnih količnikov vzdolž poti razširjanja (refrakcija). Zato lahko signal do sprejemne antene prihaja istočasno po več različnih poteh. V anteni sprejemnika nastajajo interferenčni pojavi, ki lahko povzročijo, da signal v njej zelo oslabi ali celo izgine. Signal tudi ne doseže sprejemne antene, če se na poti širjenja popolnoma odbije ali popolnoma zaduši, čemur pravimo absorpcija. Sam prenos slabšajo tudi motnje, ki nastanejo ob atmosferskih razelektritvah, razelektritvah v ionosferi in v žepih magnetosfere Zemlje (angl. *whistles*) (Singh et al., 2009).

Na širjenje mikrovalov vplivajo tudi izbruhi na Soncu, vendar jih z globalnimi parametri stanja magnetosfere in ionosfere zelo težko vrednotimo. Zato se morajo vedno obravnavati le lokalne razmere na prenosni poti, vključno s spremembami okolice te poti, ki neposredno vplivajo na način širjenja mikrovalov.

Teoretično so zelo dobro obdelani in s praktičnimi meritvami dokazani primeri širjenja mikrovalov skozi okolico enostavnih geometrijskih oblik in z enotno električno prevodnostjo (Exslie, Lagace in Strong, 1975). V primerjavi s tem primeri so matematični modeli, ki se uporabljajo za projektiranje omrežij mobilne telefonije, bolj empirične narave. Kateri od teh modelov je najbolj uporaben, odloča končni cilj projektiranja. Tako se splošni modeli uporabljajo v začetni fazi projektiranja, ko kraj postavitve bazne postaje še ni točno znan. Oblika takega splošnega modela je podana v enačbi (1) (Graham, Kirkman in Paul, 2007).

Preglednica 2: Izpadi samodejnega prenosa merilnih podatkov v prvih desetih efektivnih obratih Sonca v letu 2015.

Izpadi prenosov		Razmere na Soncu in na Zemlji		Razdelitev v skupine	
zaporedni dan v letu	datum	izbruhi žarkov X (B, C, M) / Kp	ionosferske (R) in protonske (S) nevihte	skupina (1, 2, 3)	dnevna vsota SK
21	2015-01-21	C2,9	R1	1	22
22	2015-01-22	C1,7	R1	1	22
44	2015-02-13	B9,6	-	3	6
58	2015-02-27	-	-	3	9
66	2015-03-07	C1,0	R1	1	26
69	2015-03-10	C2,2	R1	1	9
106	2015-04-16	-	-	1	32
126	2015-05-06	C3,9	-	1	27
155	2015-06-04	-	-	3	6
170	2015-06-19	C2,8	-	1	7
172	2015-06-21	M2,0	R1, S1	1	14
178	2015-06-27	-	-	3	18
190	2015-07-09	-	-	2	12
211	2015-07-30	-	-	3	19
217	2015-08-05	-	-	3	13
228	2015-08-16	Kp = 6	-	1	30
230	2015-08-18	B2,9	-	1	16
233	2015-08-21	M1,2	R1	1	14
234	2015-08-22	C2,0	R1	1	17
238	2015-08-26	C1,5	R1	1	31
256	2015-09-13	-	-	3	19
266	2015-09-23	B5,6	-	1	21
270	2015-09-27	-	R1	1	10

$$E_r = -\gamma \cdot \log(d) + K(P_{BS}, E, H_{BS}, H_{MS}) \tag{1}$$

kjer so:

E_r ... jakost signala v sprejemni anteni mobilne postaje v dBm/m;

d ... dolžina poti signala v km;

γ ... inverzni eksponent uporabljen pri dolžini poti;

K ... kompenzacija, odvisna od oddajniške moči bazne postaje *P_{BS}* v dBW ali dBm, uporabljene frekvence *f* v MHz ter višin postavljenih anten bazne postaje *H_{BS}* in mobilne postaje *H_{MS}* podanih v metrih iznad zemeljske površine.

Za bolj natančno analizo posamezne prenosne poti so bolj uporabni modeli, ki upoštevajo tako obliko kot tudi električne lastnosti površin, prek katerih se širi signal. Nobeden od teh modelov pa ne upošteva

sprememb električnih lastnosti, nastalih vzdolž teh poti zaradi različne aktivnosti Sonca. Ta se upoštevajo pri proučevanju širjenja signala na večje razdalje, ko se prostorski val odbija in lomi v ionosferi. Podrobnejše analize refrakcije radijskih valov zelo visokih frekvenc so bile narejene za prve satelitske radio-navigacijske sisteme (Yionoulis, 1998). V atmosferi nastajajo refrakcije mikrovalov v njenih ioniziranih delih ter zakasnitev v neioniziranih delih. Ker prispevka neioniziranih delov atmosfere niso mogli izmeriti z dvema različnima nosilnima frekvencama, so v matematičnih modelih za refrakcijo prostorskega vala zelo visokih frekvenc upoštevali troposfero kot nespremenljivo plast zraka okoli Zemlje. Rezultati, pridobljeni na podlagi matematičnih modelov zakasnitve elektromagnetnega signala v troposferi, se v več kot 90 % primerih pokrivajo z dejanskimi meritvami.

Pri hitri spremembi načina širjenja in absorpcije mikrovalov zaradi različne aktivnosti Sonca nastanejo spremembe v signalih v amplitudi (angl. *amplitude scintillation*), v fazi (angl. *phase scintillation*) in v skrajnem primeru tudi občasne prekinitve celotnega prenosa (angl. *cycle slips*). Čeprav se ti pojavi proučujejo že od prvih začetkov uporabe hiperboličnih navigacijskih sistemov in radarja v drugi svetovni vojni, njihovega vpliva še vedno popolnoma ne obvladujemo (Langhoff in Straume, 2011; Skolnik, 1990; SBAS, 2010).

7 SKLEP

Za sodoben digitalni geomagnetni observatorij je zanesljiva in robustna telemetrija potrebna ne le za prenos merilnih podatkov, temveč tudi za daljinski nadzor delovanja merilnih instrumentov in celotnega observatorija. Ta zahteva izhaja iz sedanje oblike organizacije geomagnetnih observatorijev. Pogojena je z rezultati razvoja merilne tehnike na področju meritev zemeljskega magnetnega polja, telekomunikacij in računalništva. Cilj je zagotoviti zanesljivo in neprekinjeno registracijo vrednosti komponent zemeljskega magnetnega polja ter prenos merilnih rezultatov ob sprejemljivih stroških.

V prvih desetih učinkovitih obratih Sonca v letu 2015 smo na observatoriju PIA testirali opremo za zajemanje, shranjevanje in prenos merilnih podatkov o spremembi zemeljskega magnetnega polja. V tem obdobju na tej opremi nismo odkrili nobenih tehničnih napak. Na celotni prenosni poti od observatorija do vozlišča mednarodne informacijske mreže INTERMAGNET pa je bilo omrežje digitalne telefonije tisto, ki je v celotni telemetriji pomenilo ozko grlo. To ozko grlo smo ustvarili namenoma na podlagi predhodnih izkušenj z registracijo izpadov prenosa merilnih podatkov v realnem času po omrežju mobilne telefonije. Kljub vsemu znanju pa obstaja možnost, da je bil spregledan kateri od vplivnih faktorjev. Vendar ta možnost ni velika, ker so bili pridobljeni rezultati primerjani z rezultati meritev mreže ionosond D-RAP (Akmaev, 2010; SWPC, 2015b) in z lestvico prekinitvev radijskih zvez zaradi vpliva vesolja (SWPC, 2015c).

Največ prekinitvev prenosa merilnih podatkov v realnem času iz observatorija PIA do strežnika prek omrežja mobilne telefonije v prvih desetih učinkovitih obratih Sonca v letu 2015 je nastalo ob povečani aktivnosti Sonca. V ionosferi Zemlje se je zato povečala ionizacija ali se je povečala geomagnetna aktivnost. Ta dva vzroka za prekinitvev prenosa sta lahko nastopila drug za drugim v razmiku od enega do treh dni oziroma istočasno. Njun pojav na Zemlji pa ni nujno povzročil tudi prekinitvev prenosa na območju, ki ga pokriva observatorij PIA. Zato je pomembno spremljati te spremembe z lokalnimi meritvami.

Prekinitvev prenosa v realnem času po omrežju mobilne telefonije na območju, ki ga pokriva observatorij PIA, je mogoče napovedati na podlagi statistične obdelave sprememb lokalnega geomagnetnega

indeksa K (Čop, Deželjin in De Reggi, 2015). Taka napoved velja vnaprej za obdobje enega učinkovitega obrata Sonca. Zanesljivost teh napovedi za naslednjih nekaj ur bi se močno povečala s sprotno obdelavo enosekundnih meritev spremembe zemeljskega magnetnega polja in analizo magnetnih impulzov, ki jih povzroča sprememba hitrosti sončnega vetra. Vendar samo napovedovanje spremembe lokalnega geomagnetnega indeksa K še ne bi zadoščalo za pravilno napovedovanje prekinitev prenosa. Šele z meritvami lastnosti ionosfere (Zolesi in Cander, 2014) bi tako kratkoročno napoved izboljšali do stopnje, ko bi lahko napovedali lastnosti ionosfere tudi nad posameznim delom območja, ki ga observatorij PIA pokriva s svojimi meritvami.

Izpadom prenosa merilnih podatkov iz geomagnetnega observatorija po omrežju mobilne telefonije se lahko izognemo: a) s povečanjem jakosti signala bazne postaje ponudnika storitev mobilne telefonije, b) z ustrežnejšim načinom prenosa merilnih podatkov prek celega dneva in z njihovim kodiranjem ter c) s prestavitvijo prenosa na vzporedne prenosne poti. Kot vzporedne prenosne poti smo imeli na voljo neposredni prenos prek evropskega geostacionarnega meteorološkega satelita METEOSAT ali prek obstoječega žičnega telefonskega omrežja. Ker je priključek obstoječega žičnega telefonskega omrežja že obstajal na najbližji hiši, smo se vključili v to omrežje prek njega. Galvansko ločitev komunikacijskih povezav smo zagotovili s postavitvijo lokalnega brezžičnega računalniškega omrežja na samem observatoriju, ki s signalom seže do najbližjega priključka na žično telefonsko omrežje. Po prehodu na vzporedno prenosno pot nismo več zabeležili izpadov prenosa merilnih podatkov in je sedaj zanesljivost prenosa najbolj odvisna le še od zanesljivosti delovanja strežnikov. Seveda pa pravi uporabniki mobilne telefonije nimajo vseh možnosti izboljšav, kot smo jih imeli na razpolago na geomagnetnem observatoriju, pri katerem se kraj postavitve ne spreminja.

Literatura in viri:

- Air Force Geophysics Laboratory (1985). *Geophysics Laboratory Handbook of Geophysics and the Space Environment*. Scientific editor Adolph S. Jursa. Springfield (VA, US): United States Air Force; Air Force system Command; Air Force Geophysics Laboratory.
- Akmaev, R. A. (2010). DRAP Model Validation: I. Scientific Report. For the Validation Team. Boulder (CO, US): National Oceanic and Atmospheric Administration; National Weather Service; National Centers for Environmental Prediction; Space Weather Prediction Center.
- Anet, J. G., Muthers, S., Rozanov, E. V., Raible, C. C., Stenke, A., Shapiro, A. I., Brönnimann, S., Arfeuille, F., Brugnara, Y., Beer, J., Steinhilber, F., Schmutz, W., Peter, T. (2014). Impact of solar versus volcanic activity variations on tropospheric temperatures and precipitation during the Dalton Minimum. *Climate of the Past*, 10(3), 921–938. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/cp-10-921-2014>
- Arit, R., Leussu, R., Giese, N., Mursula, K., Usoskin, I. G. (2013). Sunspot positions and sizes for 1825–1867 from the observations by Samuel Heinrich Schwabe. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 433(4), 3165–3172. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/stt961>
- Balogh, A., Bothmer, V. et al. (1999). The Solar Origin of Co-rotating Interaction Regions and Their Formation in the Inner Heliosphere. Report of Working Group I. *Space Science Reviews of ISSI*, 89, 141–178. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-1179-1_11
- Carrington, C. R. (1859). Description of a Singular Appearance seen in the Sun on September 1, 1859. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 20(1), 13–15.
- Cliver, W. E., Dietrich, F. W. (2013). The 1859 space weather event revisited: limits of extreme activity. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 3, A31 (1–15). DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/swsc/2013053>
- Čop, R. (2015a). Razelektirive v ionosferi. V: M. Kuhar et al. (ur.), 20. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 29. januar 2015. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2014: zbornik del. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 7–14.
- Čop, R. (2015b). Zemeljsko magnetno polje in njegov vpliv na telekomunikacije. V: T. Mlinar (ur.), Enaintrideseta delavnica o telekomunikacijah VITEL, 11. in 12. maja 2015, Brdo pri Kranju. Krična infrastruktura in IKT: zbornik referatov. Ljubljana: Slovensko društvo za elektronske komunikacije, 129–133.
- Čop, R., Deželjin, D. (2012). Transmission of Measuring Data from the Sinji vrh Geomagnetic Observatory. *Proceeding of the XVth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition, and Processing*. Edited by: Pavel Hejda, Arnaud Chulliat, Manuel Catalan. Extended Abstract Volume. San Fernando; Cadiz (Spain): Real Instituto y Observatorio de la Armada, June 4th – 14 th, 2012. *Boletion Roa*, 3(13), 160–164.

- Čop, R., Deželjin, D., De Reggi, R. (2015). Določitev lokalnega geomagnetnega indeksa K. *Geodetski vestnik*, 59(4), 697–708. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.04.697-708>
- Čop, R., Milev, G., Deželjin, D., Kosmač, J. (2014). Protection against lightning at a geomagnetic observatory. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems (GI)*, 3(2), 135–141. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/gi-3-135-2014>
- Deželjin, D., Čop, R. (2015). Prenos merilnih podatkov iz geomagnetnega observatorija po obstoječem komunikacijskem omrežju. V: M. Kuhar et al. (ur.), 20. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 29. januar 2015. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2014: zbornik del. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 127–132.
- Eddy, A. J. (1976). The Maunder Minimum; The reign of Luis XIV appears to have been a time of real anomaly in the behavior of the sun. *Science*, 192(4257), 1189–1202. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.192.4245.1189>
- Escoubet, C. P., Taylor, M. G., Masson, A., Laakso, H., Volpp, J., Hapgood, M., Goldstein, M. L. (2013). Dynamical processes in space: Cluster results. *Annales Geophysicae*, 31(6), 1045–1059. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/angeo-31-1045-2013>
- Exslie, G. A., Lagace, L. R., Strong, F. P. (1975). Theory of the Propagation of UHF Radio Waves in Coal Mine Tunnels. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 23(2), 192–205.
- Galilei, G., Scheiner, C. (2010). On Sunspots. Translated and introduced by Eileen Reeves and Albert Van Helden. Chicago: University of Chicago.
- GFZ (2015a). Kp index archive. Potsdam (D): GFZ German Research Centre for Geosciences (Deutsche GeoForschungsZentrum) – Helmholtz Centre. <http://www.gfz-potsdam.de/en/section/earths-magnetic-field/services/kp-index/archive>, pridobljeno 30. 9. 2015.
- GFZ (2015b). Kp Sites List. Potsdam (D): GFZ German Research Centre for Geosciences (Deutsche GeoForschungsZentrum) – Helmholtz Centre. <http://www.gfz-potsdam.de/en/section/earths-magnetic-field/services/kp-index/explanation/kp-sites-list>, pridobljeno 9. 10. 2015.
- Graham, W. A., Kirkman, C. N., Paul, M. P. (2007). *Mobile Radio Network Design in the VHF and UHF Bands; A Practical Approach*. Chichester (UK): John Wiley & Sons.
- Hasegawa, H., Fujimoto, M., Phan, T.-D., Reme, H., Balogh, A., Dunlop, M. W., Hashimoto, C., TanDokoro, R. (2004). Transport of solar wind into Earth's magnetosphere through rolled-up Kelvin–Helmholtz vortices. *Nature*, 430(7001), 755–758. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nature02799>
- IEEE (2003). IEEE Standard 521-2002: Standard Letter Designations for Radar-Frequency Bands. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/IEEESTD.2003.94224>
- INTERMAGNET (2012). INTERMAGNET Technical Reference Manual. Version 4.6. Edited by: Benoit St-Louis. Edinburgh (UK): British Geological Survey.
- Lang, R. K. (2009). *The Sun from Space*. Second Edition. Berlin; Heidelberg (D): Springer-Verlag.
- Langhoff, S., Straume, T. (2011). Workshop Report on Space Weather Risks and Society. NASA/CP–2012-216003. Report of a workshop sponsored by and held at NASA Ames Research Center Moffett Field, California on October 15–16, 2011. Moffett Field (CA, US): National Aeronautics and Space Administration; Ames Research Center.
- Mayaud, P. N. (1980). *Derivation, Meaning, and Use of Geomagnetic Indices*. Geophysical monograph 22. Washington (DC, US): American Geophysical Union.
- National Environmental Satellite, Data, and Information Service (2009). *User's Guide for Building and Operating Environmental Satellite Receiving Stations*. U.S. Department of Commerce; National Oceanic and Atmospheric Administration; National Environmental Satellite, Data, and Information Service.
- Navy (1999). *Radio Operator's Handbook*. MCRP 3–40.3B. PCN 144 00067 00. Washington (DC, US): U.S. Marine Corps; Department of the Navy.
- Nykyri, K., Otto, A., Lavraud, B., Moukis, C., Kistler, L. M., Balogh, A., Reme, H. (2006). Cluster observations of reconnection due to the Kelvin–Helmholtz instability at the downside magnetospheric flank. *Annales Geophysicae*, 24(10), 2619–2643. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/angeo-24-2619-2006>
- Petovello, M. (2011). GNSS Solutions: What is a virtual reference station and how does it work? *InsideGNSS*. July/August 2011, 28–31.
- Rizos, C., Han, S. (2003). Reference Station Network Based RTK Systems – Concepts and Progress. *WUJNS, Wuhan University Journal of Natural Sciences*, 8(2B), 566–574. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/bf02899820>
- Sabine, E. (1852). On Periodical Laws Discoverable in the Mean Effects of the Larger Magnetic Disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 142, 103–124.
- SBAS (2010). *Effect of Ionospheric Scintillations on GNSS – A White Paper*. Stanford (US): Stanford University; Global Positioning System (GPS) Lab; SBAS Satellite-based Augmentation Systems – Ionosphere Working Group.
- Siingh, D., Singh, A. K., Patel, R. P., Singh, R., Singh, R. P., Veenadhari, B., Mukherjee, M. (2009). Thunderstorms, lightning, sprites and magnetospheric whistler-mode radio waves. Varanasi (India): Banaras Hindu University, Department of Physics, Atmospheric Research Laboratory.
- SILSO (2015). Sunspot number series: latest update [online]. World Data Center for the production, preservation and dissemination of the international sunspot number. Brussels (Belgium): Royal Observatory of Belgium; SILSO – Sunspot Index and Long-term Solar Observations. <http://www.sidc.be/silso/home>, pridobljeno 30. 9. 2015.
- Skolnik, I. M. (1990). *Radar handbook*. Second edition. McGraw-Hill.
- SWPC (2011). *NOAA Space Weather Scales*. Boulder (CO, US): National Oceanic and Atmospheric Administration; National Weather Service; National Centers for Environmental Prediction; Space Weather Prediction Center.
- SWPC (2015a). *Space Weather Highlights*. SWPC PRF 2053 (29 December – 04 January 2015) – SWPC PRF 2091 (21 September – 27 September). The Boulder (CO, US): National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – Space Weather Prediction Center (SWPC).
- SWPC (2015b). *Global D-region absorption prediction documentation*. Boulder (CO, US): National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – Space Weather Prediction Center (SWPC). <http://www.swpc.noaa.gov/content/global-d-region-absorption-prediction-documentation>, pridobljeno 20. 10. 2015.
- SWPC (2015c). *NOAA Space Weather Scales*. Boulder (CO, US): National Oceanic and Atmospheric Administration; National Weather Service; National Centers for Environmental Prediction; Space Weather Prediction Center. <http://www.swpc.noaa.gov>, pridobljeno 18. 8. 2015.

- Štern, A., Bešter, J. (2012). Zasnova opozorilnega sistema na odstopanje GNSS. ERK'2012, Portorož, A, 57–60.
- Tappin, S. J., Howard, T. A. (2009). Direct Observation of a Corotating Interaction Region by Three Spacecraft. *The Astrophysical Journal*, 702, 862–870.
- Viberg, H., Khotyaintsev, Y., Vaivads, A., André, M. (2012). Observation of High-Frequency Waves in Relation to Magnetic Reconnection in the Magnetotail. Poster. Stockholm (Sweden): Svenska Rymdforskarens Samarbetsgrupp; Annual Meeting, 2012; KTH Royal Institute of Technology, 13–14 March, 2012.
- Webb, F. D., Howard, A. T. (2012). Coronal Mass Ejections: Observations. *Living Reviews Solar Physics*, 9(3), 1–83. DOI: <http://dx.doi.org/10.12942/lrsp-2012-3>
- Yionoulis, M. S. (1998). The Transit Satellite Geodesy Program. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, 19(1), 36–42.
- Zolesi, B., Cander, R. L. (2014). *Ionospheric Prediction and Forecasting*. Heidelberg (D): Springer. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-38430-1>



Čop R. (2016). Vpliv sonca na prenos merilnih podatkov v realnem času po omrežju mobilne telefonije. *Geodetski vestnik*, 60 (2): 197-211.
DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.197-211

doc. ddr. Rudi Čop, univ. dipl. inž. elek.

Zavod Terra Viva

Sv. Peter 115, SI-6333 Sečovelje

e-naslov: rudi@artal.si

DOLOČITEV PRIMERNEGA GEODETSKEGA DATUMA Z UPORABO ROBUSTNIH STATISTIČNIH METOD

DEFINITION OF APPROPRIATE GEODETIC DATUM USING ROBUST STATISTICAL METHODS

Aleš Marjetič, Klemen Kregar

UDK: 528.1:528.3:519.246
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 18. 3. 2016
Sprejeto: 13. 5. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.212-226
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 18. 3. 2016
Accepted: 13. 5. 2016

IZVLEČEK

Pravilna določitev geodetskega datuma je nujen pogoj za pravilno določitev premikov točk. Obstajajo različne metode deformacijske analize, katerih bistvo je pravilna določitev tistih točk, ki niso podvržene premikom in ki lahko predstavljajo primerno koordinatno osnovo za izračun realnih vrednosti premikov ostalih točk. Te metode v večini temeljijo na statističnemu testiranju. Predstavljajo celovito in hkrati kompleksno analizo spreminjanja oblike geodetske mreže in omogočajo določitev statistično značilnih premikov. Če poznamo lastnosti transformacije med rešitvami premikov, ki so določene na podlagi različnih definicij geodetskih datumov, lahko problem definiranja primernege geodetskega datuma rešujemo nekoliko drugače.

V obravnavanem članku smo se osredotočili na določitev ustrezne utežne matrike E v transformaciji S . Pri tem smo uporabili splošno znane metode robustne statistike. Robustnost treh izbranih metod smo preverili na dveh različnih situacijah izbranih premikov v obravnavani geodetski mreži ter rezultate primerjali tudi na izbranem primeru geodetske mreže z rezultati klasičnih metod deformacijske analize.

KLJUČNE BESEDE

geodetski datum, transformacija S , robustna statistika, premik, vplivna funkcija, iterativno prilagajanje uteži

ABSTRACT

The correct determination of geodetic datum is an obligatory condition for the proper determination of the point displacements. There are various methods of deformation analysis focused on the right identification of stable points, which may define an appropriate coordinate basis for calculating the displacements of other points. These methods are largely based on the statistical testing and represent a comprehensive and complex analysis of change of geometry of geodetic network and allow definition of statistically significant displacements. Knowing the characteristics of the transformation between the solutions of displacements that are based on different definitions of geodetic datums, the problem of defining an appropriate geodetic datum can be solved in a slightly different way.

In this article we have focused on the problem of determining the appropriate weighting matrix E in the model of S -transformation. We used the generally known methods of robust statistics. The robustness of the three selected methods were tested on two different situations of preselected displacements in the considered geodetic network and the results on selected case of geodetic network with results of conventional methods of deformation analysis were compared.

KEY WORDS

geodetic datum, S transformation, robust statistics, displacement, influence function, IWP – iterative weighted projection

1 UVOD

Deformacije v geodetskem smislu v splošnem obravnavamo kot premike posameznih točk objekta, ki so položajno določene z meritvami (dolžin, kotov, višinskih razlik, GNSS-opazovanj itd.). Meritve ne podajajo vseh informacij o geodetskem datumu. Z izravnavo geodetske mreže po metodi najmanjših kvadratov (v nadaljevanju: MNK) izračunamo rešitev za vektor koordinatnih neznank točk mreže v posamezni epohi t . Če predpostavimo, da so opazovanja med posameznimi izmerami med seboj neodvisna, lahko vektorsko polje premikov predstavimo z razliko koordinat točk mreže \mathbf{x}_1 in \mathbf{x}_2 med dvema epohama t_1 in t_2 :

$$\mathbf{u} = \mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2. \quad (1)$$

Posamezni rezultati izravnave geodetske mreže (\mathbf{x}_1 in \mathbf{x}_2) ter \mathbf{u} so seveda datumsko pogojeni, kar pomeni, da vsebujejo tudi vse informacije o datumu geodetske mreže v posamezni terminski izmeri. Tako lahko vektor \mathbf{u} v začetni fazi imenujmo samo vektor koordinatnih sprememb. Pogoji, da lahko spremembe koordinat definirajo tudi vektorsko polje premikov, so opisani v Xu et al., 2000, in Marjetič, 2013. Najpomembnejša pa je zahteva, da moramo zagotoviti enak in smiselno definiran geodetski datum v obeh časovno ločenih izmerah, ki ju primerjamo. Enak koordinatni sistem v dveh ločenih izmerah bi teoretično lahko zagotovili, če bi imeli enako geometrijo mreže, enak tip in število opazovanj, enak instrumentarij, enake vremenske pogoje, enake vrednosti danih količin ter način obdelave opazovanj (Sterle, 2007). To pa je tako rekoč nemogoče zagotoviti. Zato iz vseh navedenih razlogov vektorja \mathbf{u} ne moremo obravnavati kot vektor premikov točk, ampak samo vektor koordinatnih sprememb.

Opisane težave po nekaterih standardnih metodah deformacijske analize, kot so Delft, Hannover, Karlsruhe, Muenchen in Fredericton (Chrzanowski et al., 1983; Van Mierlo, 1978; Welsch in Zhang, 1983; Vrečko in Ambrožič, 2013), rešujejo s primerjavo koordinat točk izravnave proste mreže dveh izmer. S tem zagotovijo enakost geodetskih datumov, in sicer z identično datumsko matriko, ki zagotavlja ustrezne notranje datumske vezi v geodetski mreži. S postopki statističnega testiranja se določijo domnevno mirujoče točke geodetske mreže, s katerimi lahko na novo definiramo geodetski datum s transformacijo S (Marjetič in Stopar, 2007). Tako transformiramo vektor koordinatnih sprememb preostalih točk v datum domnevno mirujočih točk.

V članku problem definicije primernege geodetskega datuma obravnavamo nekoliko drugače. Prek lastnosti transformacije S in osnov robustne statistike lahko iterativno lociramo množico točk, ki se med dvema terminskima izmerama niso premaknile, in točke, ki ne ohranjajo položaja med izmerama in so z vidika robustne statistike grobo pogošena opazovanja.

2 DOLOČITEV GEODETSKEGA DATUMA Z ROBUSTNIMI STATISTIČNIMI METODAMI

Pri iskanju optimalnega geodetskega datuma z metodami robustne statistike (Chen et al., 1990) obravnavamo funkcionalni model transformacije S . Imamo vektor premikov točk \mathbf{u} in pripadajočo matriko kofaktorjev \mathbf{Q}_{uu} kot razliko rezultatov izravnave (proste mreže) dveh terminskih izmer. Pogoj obeh rešitev terminskih izmer je, da sta izračunani v istem geodetskem datumu. Na podlagi lastnosti transformacije S (Baarda, 1981; Marjetič in Stopar, 2007) lahko rešitev \mathbf{u} transformiramo iz datuma i v poljubno izbran geodetski datum j . Model transformacije S ima obliko:

$$\mathbf{u}_j = \mathbf{S}_j \mathbf{u}_i = \left(\mathbf{I} - \mathbf{H} \left(\mathbf{H}^T \mathbf{E}_j \mathbf{H} \right)^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{E}_j \right) \mathbf{u}_i, \tag{2}$$

$$\mathbf{Q}_{\mathbf{u}\mathbf{u}}^j = \mathbf{S}_j \mathbf{Q}_{\mathbf{u}\mathbf{u}}^i \mathbf{S}_j^T,$$

kjer indeks i in j označuje geodetski datum, ter:

\mathbf{I} – enotska matrika dimenzije $2m \times 2m$, kjer je m število točk v mreži,

$$\mathbf{H}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & \dots & 0 & 1 \\ -y_1^0 & x_1^0 & -y_2^0 & x_2^0 & \dots & -y_m^0 & x_m^0 \\ x_1^0 & y_1^0 & x_2^0 & y_2^0 & \dots & x_m^0 & y_m^0 \end{bmatrix} - \text{matrika dimenzije } 4 \times 2m, \text{ ki izhaja iz pogojev za}$$

definiranje notranjih vezi za določitev geodetskega datuma (Caspary, 1988) oziroma matrika Helmertove transformacije za vse točke geodetske mreže, kjer prvi dve vrstici podajata zahtevo, da se mreža v povprečju ne premakne, tretja, da se ne zasuka, in četrta, da ne spremeni merila po izravnavi.

\mathbf{E}_j – matrika dimenzije $2m \times 2m$, katere izvendiagonalni elementi so enaki 0, na diagonali pa so vrednosti 1 samo na mestih, ki pripadajo posamezni koordinatni komponenti, ki je dana količina za definiranje geodetskega datuma i .

Če zapišemo Gauss-Markov funkcionalni model geodetske mreže, imamo (Teunissen, 2003):

$$\mathbf{v} + \mathbf{B}\Delta = \mathbf{f} = \mathbf{d} - \mathbf{l}. \tag{3}$$

V teoriji izravnave po metodi najmanjših kvadratov iščemo rešitve, ki izpolnjujejo pogoj najmanjše vsote kvadratov popravkov opazovanj. Te rešitve dobimo, ko izpolnimo pogoj ortogonalnosti med vektorjem popravkov opazovanj in prostorom matrike \mathbf{B} (Teunissen, 2003), pri čemer upoštevamo različen vpliv opazovanj, ki ga podajamo z matriko uteži \mathbf{P} :

$$\mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{v} = \mathbf{0}, \tag{4}$$

$$\mathbf{B}^T \mathbf{P} (\mathbf{f} - \mathbf{B}\Delta) = \mathbf{0},$$

iz katerega izhajajo normalne enačbe:

$$\mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{B} \Delta = \mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{f}. \tag{5}$$

Iz (4) in (5) izhajajo rešitve izravnave po metodi najmanjših kvadratov (tu jih posebej označujemo s strešico):

$$\Delta = \left(\mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{B} \right)^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{f} = \mathbf{N}^{-1} \mathbf{t}, \tag{6}$$

$$\hat{\mathbf{l}} = \mathbf{d} - \mathbf{B}\Delta,$$

$$\hat{\mathbf{v}} = \mathbf{f} - \mathbf{B}\Delta = \mathbf{f} - \mathbf{B} \left(\mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{B} \right)^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{f} = \left(\mathbf{I} - \mathbf{B} \left(\mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{B} \right)^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} \right) \mathbf{f}.$$

Primerjava modelov (2) in (6) kaže, da je funkcionalni model transformacije S (2) dejansko Gauss-Markov model, ki povezuje »opazovanja« \mathbf{u}_p , »popravke« \mathbf{u}_j ter »neznanke« vektorja transformacijskih parametrov \mathbf{t}_s :

$$\mathbf{u}_j + \mathbf{H} \mathbf{t}_s = \mathbf{u}_p, \tag{7}$$

kjer je rešitev za \mathbf{t}_s :

$$\mathbf{t}_s = (\mathbf{H}^T \mathbf{E} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{E} \mathbf{u}_i \tag{8}$$

Matrika transformacije S in matrika $\mathbf{H}(\mathbf{H}^T \mathbf{E} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{E}$ sta ortogonalna projektorja, ki projicirata vektor opazovanj \mathbf{u}_i na dve ortogonalni komponenti: \mathbf{t}_s in \mathbf{u}_j .

Če bi reševali model (7), bi iskali rešitev za \mathbf{t}_s pod pogoji metode najmanjših kvadratov, tokrat minimuma vsote kvadratov elementov vektorja \mathbf{u}_j s predhodno nastavljenno matriko uteži \mathbf{E} . Model transformacije S podaja torej rešitev, ki minimizira evklidsko normo vektorja koordinatnih komponent točk mreže.

Matrika \mathbf{H} je datumska matrika notranjih vezi, ki vključuje vse točke geodetske mreže, ali drugače: matrika, ki zagotavlja, da vse točke geodetske mreže definirajo datum (primer: prosta mreža). To pomeni, da je matrika \mathbf{E} kot matrika uteži tista, ki določa, katerim točkam dodati večji oziroma manjši vpliv pri definiranju datuma. Želimo torej nastaviti tako matriko uteži \mathbf{E} , ki bo prek matrike \mathbf{S} definirala optimalni geodetski datum oziroma na koncu zagotavljala optimalno rešitev za vektor \mathbf{u}_j .

V matematičnem smislu je primerno definiran geodetski datum pogoj za uspešno reševanje modela (7), ki je parametrični model (tudi vsak model izravnave je parametrični model). Parametrični modeli imajo v splošnem nekaj prednosti in slabosti (Hampel et al., 1986):

- pojav grobih pogreškov vpliva na računane parametre,
- model je samo idealizirana aproksimacija realnosti, ki pa je seveda tako matematično veliko lažje obvladljiva,
- parametričnemu modelu pripada dokaj enostaven stohastični model,
- obstaja možnost, da je parametrični model napačno izbran,
- parametrični modeli ločujejo informacije iz opazovanj na strogo strukturne in strogo slučajne spremenljivke.

3.1 Metoda največjega verjetja

Pri definiranju geodetskega datuma v funkcionalnem modelu (7) se lahko pojavi problem točk, ki so se premaknile. Te točke so v modelu transformacije S neke vrste grobo pogrešena opazovanja (enačba (2)). Ta problem lahko rešimo z robustnimi statističnimi metodami, ki v splošnem minimizirajo vpliv grobo pogrešenih opazovanj v modelu. Optimalni geodetski datum lahko v tem primeru določimo z uporabo metode največjega verjetja (angl. *MLE – Maximum Likelihood Estimation*; Hampel et al., 1986) ali ocene M , ki omogoča določitev najverjetnejše vrednosti za iskani parameter in je tudi najpogosteje uporabljena ocena v linearnih (lineariziranih) modelih. V splošnem uporaba ocene M za rešitev obravnavanega funkcionalnega modela zahteva določitev minimuma funkcije odstopanj (Jäger et al., 2005; Berné Valero in Baselga Moreno, 2005) ali popravkov \mathbf{u}_{gdj} . V obravnavanem primeru transformacije S iščemo minimum funkcije r (Jäger et al., 2005; Chen et al., 1990; Hampel et al., 1986; Rousseeuw in Leroy, 1987):

$$\rho(\mathbf{u}_{gdj}) = \min. \tag{9}$$

Za ekstrem (minimum) funkcije $\rho(\mathbf{u}_{gdj})$ velja, da je prvi odvod te funkcije po \mathbf{u}_{gdj} enak 0. Prvi odvod definira vplivno funkcijo (Hampel et al., 1986), v tuji literaturi pogosto označeno z IF (angl. influence function). Vplivna funkcija predstavlja vpliv grobega pogreška na ocenjene vrednosti neznank v izravnavi (Hampel et al., 1986). Funkcija je oblike (Jäger et al., 2005; Berné Valero in Baselga Moreno, 2005):

$$\psi(\mathbf{u}_{gdj}) = \text{IF}(\mathbf{u}_{gdj}) = \frac{\partial \rho(\mathbf{u}_{gdj})}{\partial \mathbf{u}_{gdj}} = 0. \tag{10}$$

Ker je \mathbf{u}_{gdj} odvisen od \mathbf{t}_s , za določitev minimuma uporabimo pravilo posrednega odvajanja odvisne funkcije (Jäger et al., 2005) in imamo:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho(\mathbf{u}_j(\mathbf{t}))}{\partial t_p} &= \frac{\partial}{\partial t_p} \sum_k \rho(u_j^k(\mathbf{t}_s)) = \sum_k \frac{\partial \rho(u_j^k(\mathbf{t}_s))}{\partial u_j^k} \cdot \frac{\partial u_j^k}{\partial t_p} = \\ &= \sum_k \psi(u_j^k) \cdot \frac{\partial u_j^k}{\partial t_p} = 0, \\ \sum_k \psi(u_j^k) \cdot \frac{\partial u_j^k}{\partial t_p} &= \sum_k \psi(u_j^k) \mathbf{h}^k = 0, \end{aligned} \tag{11}$$

kjer je:

u_j^k – k -ti element vektorja \mathbf{u}_j , $k = 1 \dots 2m$ (št. koord. komponent),

\mathbf{h}^k – k -ta vrstica matrike \mathbf{H} , ki je dimenzije $2m \times d$ (d – defekt datuma),

$p = t_x, t_y$, ω, ds – indeks, ki predstavlja transformacijske parametre med dvema koordinatnima sistemoma (geodetskima datumoma).

Iz (11) izhaja pogoj ortogonalnosti (4) za določitev optimalne rešitve modela transformacije S:

$$\mathbf{H}^T \begin{bmatrix} \psi(u_j^1) \\ \psi(u_j^2) \\ \vdots \\ \psi(u_j^{2m}) \end{bmatrix} = \mathbf{H}^T \begin{bmatrix} \frac{\psi(u_j^1)}{u_j^1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{\psi(u_j^2)}{u_j^2} & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \frac{\psi(u_j^{2m})}{u_j^{2m}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_j^1 \\ u_j^2 \\ \vdots \\ u_j^{2m} \end{bmatrix} = \mathbf{H}^T \mathbf{E} \mathbf{u}_j = \mathbf{0}. \tag{12}$$

Za določitev minimuma funkcije ρ (enačbe 9–11) imamo pri uporabi ocene M več možnosti izbire različnih ocen (Chen et al., 1990; Jäger et al., 2005). Lahko izberemo več oblik funkcije ρ .

a) **norma L_1** oziroma prva norma vektorja \mathbf{u}_j :

$$\begin{aligned} \rho(\mathbf{u}_j) &= \|\mathbf{u}_j\|_1 = \min., \\ \sum_k \rho(u_j^k) &= \sum_k |u_j^k| = \sum_k |u_j^k - \mathbf{h}^k \mathbf{t}_s| = \min. \end{aligned} \tag{13}$$

Potem je vplivna funkcija teoretično definirana z (Jäger et al., 2005):

$$\psi(u_j^k) = \begin{cases} +1, & \rho(u_j^k) > 0 \\ -1, & \rho(u_j^k) < 0 \end{cases} \rightarrow \psi(u_j^k) = 1. \tag{14}$$

b) **metoda Welsch** (Jäger et al., 2005):

$$\rho(\mathbf{u}_j) = \frac{1}{2}(a \cdot \sigma)^2 \cdot \left(1 - e^{-\left(u_j / (a \cdot \sigma)\right)^2}\right) = \min., a = 2.985 \tag{15}$$

Vplivna funkcija ima obliko:

$$\psi(u_j^k) = u_j^k \cdot e^{-\left(u_j^k / (a \cdot \sigma_k)\right)^2}. \tag{16}$$

V literaturi (Jäger et al., 2005) je metoda izpeljana za standardizirani »popravek«, tu pa govorimo o dejanski vrednosti »popravka« (koordinatne spremembe med dvema epohama), zato predpostavljen faktor a pomnožimo s pripadajočo standardno deviacijo spremembe.

Naslednja možnost, ki je v geodeziji precej razširjena predvsem pri iskanju grobih pogreškov v opazovanih in pomeni modifikacijo metode Welsch, je:

c) **danska metoda** (Jäger et al., 2005; Grigillo in Stopar, 2003):

Pri danski metodi napišimo samo vplivno funkcijo:

$$\psi(u_j^k) = \begin{cases} \mathbf{E}_{k,k}^{it-1} \cdot u_j^k, & |u_j^k| < c \cdot \sigma_k \\ u_j^k \cdot e^{-u_j^k / (c \cdot \sigma_k)}, & |u_j^k| \geq c \cdot \sigma_k \end{cases}, \tag{17}$$

kjer je:

c – konstanta v intervalu [2, 3].

Za različne metode (a, b, c) in z upoštevanjem izraza (12) ter izraza za vplivno funkcijo $\psi(u_j^k)$ posamezne metode a, b ali c imamo lahko različne načine definiranja diagonalnih elementov matrike \mathbf{E} . Za določitev optimalne rešitve oziroma optimalne definicije geodetskega datuma uporabimo iterativni postopek prilagajanja »uteži« v diagonalni matriki \mathbf{E} , ki jo na začetku izberemo kot enotsko matriko.

$$\mathbf{E}^{it=1} = \mathbf{I}_{2m \times 2m}, \text{ za } it=1, \tag{18}$$

oziroma za nadaljnje iteracije

Metoda	Matrika \mathbf{E} v iteraciji $it \geq 2$
L1	$\mathbf{E} = \text{diag}_{it} \left\{ 1 / \left \mathbf{u}_j^{it-1,k} \right \right\}$
Welsch	$\mathbf{E} = \text{diag}_{it} \left\{ e^{-\left(u_j^{it-1,k} / (a \cdot \sigma_k^{it-1})\right)^2} \right\}$
Danska	$\mathbf{E} = \begin{cases} 1, & u_j^{it-1,k} < c \cdot \sigma_k^{it-1} \\ e^{-u_j^{it-1,k} / (c \cdot \sigma_k^{it-1})}, & u_j^{it-1,k} \geq c \cdot \sigma_k^{it-1} \end{cases}$

kjer je:

it – število ponovitve ali iteracije,

$\mathbf{u}_{gdj}^{it-1,k}$ – k -ti element vektorja \mathbf{u}_{gdj} po predhodni ($it - 1$) iteraciji,

σ_k^{it-1} – standardna deviacija k -tega elementa vektorja \mathbf{u}_{gdj}^{it-1} .

Postopek ponavljamo toliko časa, dokler razlika med dvema iteracijama za vektor \mathbf{u}_{gdj} ni manjša od izbranega kriterija prekinitve iteracijskega postopka. V vsakem iteracijskem koraku izračunamo vrednost vektorja premikov točk in pripadajočo matriko kofaktorjev:

$$\begin{aligned} \mathbf{u}_{gdj}^{it} &= \mathbf{S}^{it} \mathbf{u}_{gdi}, \\ \mathbf{Q}_{gdj}^{it} &= (\mathbf{S}^{it})^T \mathbf{Q}_{gdi} \mathbf{S}^{it}. \end{aligned} \quad (20)$$

Opisani postopek prilagajanja uteži matrike \mathbf{E} po metodi LL je dejansko sestavni del metode deformacijske analize Fredericton (Vrečko in Ambrožič, 2013). Tu jo obravnavamo z nekoliko drugačnega vidika. Zanima nas robustnost metode z vidika zmožnosti določitve optimalnega geodetskega datuma v geodetski mreži, ko so v njej prisotni premiki, ki jih v tem primeru obravnavamo kot neke vrste grobo pogrešene meritve.

V nadaljevanju prikazujemo delovanje opisanih metod na praktičnem primeru geodetske mreže.

4 PRAKTIČNI PRIMER

Obravnavamo ravninsko geodetsko mrežo sedmih točk (slika 1), v kateri lahko računsko simuliramo opazovanja horizontalnih smeri in dolžin z metodo Monte Carlo (Rubinstein, 1981; Savšek-Safić, 2002) s predpostavljeno natančnostjo merjenih dolžin $\sigma_{0,dol} = 0.3$ mm in smeri $\sigma_{0,smer} = 0.5''$. V obravnavani mreži imamo tako: $n = 48 - 24$ smeri in 24 dolžin ter $7 \times 2 = 14$ koordinatnih neznank. Tako imamo 30 nadštevilnih opazovanj z defektom datuma $d = 3$ (trije neznani datumski parametri – 2 translaciji in rotacija).

Preglednica 1: Izhodiščne koordinate točk v geodetski mreži.

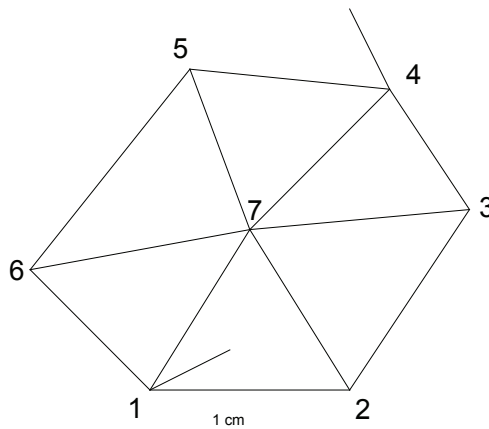
T	x_0 [m]	y_0 [m]
1	1000,000	1000,000
2	2000,000	1000,000
3	2600,000	1900,000
4	2200,000	2500,000
5	1200,000	2600,000
6	400,000	1600,000
7	1500,000	1800,000

V mreži predpostavimo, da se je zgodil premik izbranih točk. Tako imamo dve predpostavljene epohi v geodetski mreži – pred premikom t_0 in po premiku t_1 . Mrežo za obe epohi simuliranih meritev izravnamo kot prosto mrežo. Pri izračunu premikov točk med dvema epohama v prosti mreži je pričakovan rezultat tak, da za vse točke zaznamo premik, tudi za tiste, ki se dejansko niso premaknile. Glede na to, da geodetsko mrežo za obe epohi izravnamo kot prosto mrežo z enakimi približnimi koordinatami točk, ohranimo v obeh epohah enak geodetski datum, ki je definiran z notranjimi vezmi oziroma tako imenovano datumsko matriko \mathbf{H} . Tako v posamezni epohi pri izravnavi proste mreže težimo k temu, da se mreža v povprečju ne premakne, ne rotira in ne spremeni merila, kar seveda ne omogoča realne ocene premikov točk v mreži.

Način definicije geodetskega datuma, kot ga definirajo notranje vezi v mreži, torej ne podaja ustrezne rešitve. Iščemo način, kako ustrezno definirati geodetski datum. Kot alternativo klasičnim deformacijskim metodam, ki na podlagi statističnega testiranja hipotez ugotavljajo spremembe oblik v geodetski mreži, preizkusimo obravnavane robustne statistične metode na dveh različnih situacijah v geodetski mreži.

SITUACIJA 1:

Najprej izberemo premik relativno majhnega števila točk (slika 1). To pomeni, da se z vidika robustne statistike pri definiciji geodetskega datuma v sklopu transformacije S spopadamo z malo opazovanji, ki so kontaminirana z grobimi pogreški (premikami). Predpostavimo torej, da se je v geodetski mreži zgodil premik točk 1 in 4 (preglednica 2 in slika 1).



Slika 1: Obravnavana geodetska mreža z izbranimi premiki – situacija 1 (merilo premikov je večje od merila mreže – glej grafično merilo).

Na podlagi simuliranih meritev horizontalnih smeri in dolžin v dveh »epohah« izravnamo mrežo kot prosto z enakimi približnimi koordinatami točk (preglednica 1) in izračunamo vektor premikov (preglednica 2).

Preglednica 2: Situacija 1 – predpostavljen premik točk v mreži (slika 1) in rezultati proste mreže.

T	Predpostavljeni premik		Prosta mreža			
	Δx [m]	Δy [m]	Δx [m]	$\sigma_{\Delta x}$ [m]	Δy [m]	$\sigma_{\Delta y}$ [m]
1	+0,0200	+0,0100	0,0147	0,0002	0,0087	0,0003
2	0,0000	0,0000	-0,0050	0,0002	-0,0067	0,0002
3	0,0000	0,0000	-0,0008	0,0002	-0,0095	0,0002
4	-0,0100	+0,0200	-0,0078	0,0002	0,0123	0,0003
5	0,0000	0,0000	0,0024	0,0002	-0,0024	0,0002
6	0,0000	0,0000	-0,0023	0,0002	0,0018	0,0002
7	0,0000	0,0000	-0,0012	0,0002	-0,0041	0,0002

Rezultat izračuna premikov med dvema epohama v prosti mreži je pričakovan. Za vse točke izračunamo vrednosti premikov, ki niso samo posledica slučajnih pogreškov v opazovanjih, ampak tudi posledica ohranjanja položaja težišča mreže, orientacije in merila v izravnavi proste mreže v posamezni epohi.

Z izvedbo iteracijskega postopka prilaganja uteži glede na vrednosti sprememb koordinat točk med dvema epohama po treh različnih metodah dobimo rezultate, zbrane v preglednici 3. Pri vseh treh metodah dobimo skoraj enake rezultate. Izračunane vrednosti premikov točk sovpadajo s predpostavljenimi premiki (preglednica 2). Seveda vrednosti na ostalih točkah niso povsem enake 0, ker so v meritvah prisotni tudi slučajni vplivi.

Preglednica 3: Situacija 1 – rezultati iteracijskega postopka.

Metoda	<i>LI</i>				<i>Welsch</i>				<i>Danska</i>			
	Δx	$\sigma_{\Delta x}$	Δy	$\sigma_{\Delta y}$	Δx	$\sigma_{\Delta x}$	Δy	$\sigma_{\Delta y}$	Δx	$\sigma_{\Delta x}$	Δy	$\sigma_{\Delta y}$
T	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	0,0198	0,0002	0,0102	0,0003	0,0200	0,0002	0,0102	0,0003	0,0200	0,0002	0,0102	0,0003
2	0,0001	0,0002	-0,0005	0,0002	0,0003	0,0002	-0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	-0,0002	0,0002
3	0,0000	0,0002	-0,0005	0,0002	0,0000	0,0002	0,0000	0,0002	0,0000	0,0002	0,0000	0,0002
4	-0,0098	0,0002	0,0194	0,0003	-0,0100	0,0002	0,0198	0,0003	-0,0100	0,0002	0,0198	0,0003
5	-0,0001	0,0002	0,0000	0,0002	-0,0003	0,0002	0,0001	0,0002	-0,0003	0,0002	0,0001	0,0002
6	-0,0001	0,0002	0,0004	0,0002	0,0000	0,0002	0,0003	0,0002	0,0000	0,0002	0,0003	0,0002
7	0,0001	0,0002	-0,0003	0,0002	0,0001	0,0002	-0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	-0,0001	0,0002
št. iteracij	15				8				5			

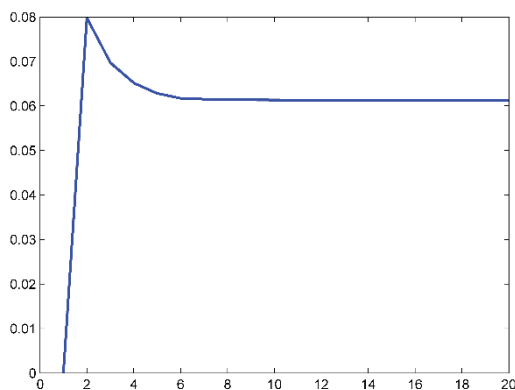
Zanimajo nas tudi komponente »utežne« matrike **E** transformacije **S** pri posamezni izbrani metodi.

Preglednica 4: Situacija 1 – diagonalni elementi matrike **E**.

Točka	<i>LI</i>		<i>Welsch</i>		<i>Danska</i>	
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
1	0,005	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
2	1,000	0,186	0,815	0,919	1,000	1,000
3	1,000	0,196	0,999	1,000	1,000	1,000
4	0,010	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000
5	1,000	1,000	0,755	0,986	1,000	1,000
6	1,000	0,237	0,999	0,787	1,000	1,000
7	1,000	0,340	0,977	0,958	1,000	1,000

Število potrebnih iteracij za izračun optimalnega datuma je odvisno od stopnje konvergence posamezne numerične metode h končni rešitvi. Iteracijski proces ustavimo, ko maksimalna absolutna vrednost razlike v vektorja **u** med dvema zaporednima iteracijskima korakoma pade pod določeno vrednost (v našem primeru smo izbrali 10^{-5}). S tega vidika nam najhitreje poda optimalni rezultat danska metoda. Pri ugotavljanju števila potrebnih iteracijskih korakov za določitev optimalne rešitve lahko gledamo tudi vrednost prve norme vektorja koordinatnih razlik med dvema epohama (enačba 1). Graf na sliki 2 kaže odvisnost prve norme vektorja **u** od števila iteracij. V prvem koraku je vrednost prve norme vektorja **u** pričakovano 0, kajti izhajamo iz rezultatov izravnave proste mreže v dveh epohah. Lastnost izravnave proste mreže je tudi, da se težišče mreže točk glede na približne koordinate za posamezno izmero po

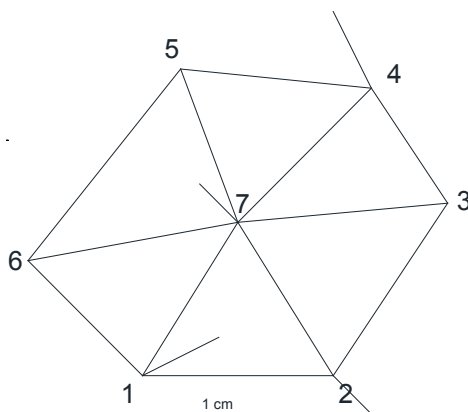
izravnavi ne premakne. Če izhajamo iz istih približnih koordinat v obeh izmerah, je jasno, da enako velja tudi za vektor \mathbf{u} kot razliko rezultatov izravnave proste mreže v posamezni epohi, kar dejansko dobimo v prvem koraku. V drugem iteracijskem koraku se vrednost v obravnavanem primeru povzpne na 0.08, potem zlimitira do vrednosti 0.0612 za metodo L1 po petnajstih korakih oziroma do vrednosti 0.0614 za metodo Welsch (po osmih korakih) in dansko metodo (po petih korakih). Graf je v vseh treh primerih približno enake oblike.



Slika 2: Odvisnost prve norme vektorja \mathbf{u} od števila iteracij.

SITUACIJA 2:

V drugem primeru izberemo premike 4 točk (premikoma točk 1 in 4 dodamo še premik točk 2 in 7). Imamo torej spremembo 8 koordinatnih komponent ali 57 % vseh. Iz teorije robustne statistike izhaja, da so robustne statistične metode zmožne kompenzirati približno 50 % »kontaminacijo« meritev z grobimi pogreški. Pričakujemo torej, da izbrani načini uporabe robustnih statističnih metod za določitev geodetskega datuma ne bodo zagotovili zadovoljivih rezultatov v obravnavani geodetski mreži.



Slika 3: Obravnavana geodetska mreža z izbranimi premiki – situacija 2.

Preglednica 5: Situacija 2 – predpostavljen premik točk v mreži (slika 3) in rezultati proste mreže.

T	Predpostavljen premik		Prosta mreža			
	Δx [m]	Δy [m]	Δx [m]	$\sigma_{\Delta x}$ [m]	Δy [m]	$\sigma_{\Delta y}$ [m]
1	+0,0200	+0,0100	0,0141	0,0002	0,0086	0,0003
2	+0,0100	-0,0100	0,0042	0,0002	-0,0170	0,0002
3	0,0000	0,0000	-0,0012	0,0002	-0,0098	0,0002
4	-0,0100	+0,0200	-0,0074	0,0002	0,0126	0,0003
5	0,0000	0,0000	0,0035	0,0002	-0,0025	0,0002
6	0,0000	0,0000	-0,0021	0,0002	0,0024	0,0002
7	-0,0100	+0,0100	-0,0112	0,0002	0,0059	0,0002

Preglednica 6: Situacija 1 – rezultati iteracijskega postopka.

Metoda	L1				Welsch				Danska			
	Δx [m]	$\sigma_{\Delta x}$ [m]	Δy [m]	$\sigma_{\Delta y}$ [m]	Δx [m]	$\sigma_{\Delta x}$ [m]	Δy [m]	$\sigma_{\Delta y}$ [m]	Δx [m]	$\sigma_{\Delta x}$ [m]	Δy [m]	$\sigma_{\Delta y}$ [m]
1	0,0125	0,0002	0,0043	0,0003	0,0180	0,0002	0,0105	0,0003	0,0198	0,0002	0,0097	0,0003
2	0,0026	0,0002	-0,0244	0,0002	0,0081	0,0002	-0,0121	0,0002	0,0099	0,0002	-0,0104	0,0002
3	0,0000	0,0002	-0,0191	0,0002	0,0000	0,0002	-0,0031	0,0002	-0,0005	0,0002	0,0002	0,0002
4	-0,0043	0,0002	0,0046	0,0003	-0,0080	0,0002	0,0181	0,0003	-0,0101	0,0002	0,0204	0,0003
5	0,0069	0,0002	-0,0074	0,0002	0,0026	0,0002	0,0000	0,0002	0,0003	0,0002	-0,0003	0,0002
6	-0,0018	0,0002	0,0000	0,0002	0,0000	0,0002	0,0025	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002
7	-0,0103	0,0002	0,0001	0,0002	-0,0097	0,0002	0,0093	0,0002	-0,0100	0,0002	0,0098	0,0002
št. iteracij	58				5				6			

Rezultati v preglednici 6 so neposredno povezani z diagonalnimi elementi matrike **E** transformacije **S** pri posamezni izbrani metodi.

Preglednica 7: Situacija 2 – diagonalni elementi matrike **E**.

Točka	L1		Welsch		Danska	
	x	y	x	y	x	y
1	0,008	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,039	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
3	1,000	0,005	1,000	0,000	1,000	1,000
4	0,023	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,015	0,014	0,000	1,000	1,000	1,000
6	0,055	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000
7	0,010	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Vidimo, da pri metodi *L1* ne dobimo zadovoljivih rezultatov. Po izvedenem postopku iskanja optimalnega geodetskega datuma dobimo celo slabše rezultate premikov točk kot pri obravnavi samo proste mreže. V

nasprotju z metodo *L1* rezultati metode *Welsch* in *danske metode* odražajo precej realno stanje premikov. Vidimo lahko, da danska metoda zagotovi najboljše rezultate, če jih primerjamo s predpostavljenimi premiki v preglednici 5, pri tem pa potrebuje 6 iteracij.

SITUACIJA 3:

Tretja situacija se nanaša na geodetsko mrežo Pesje, ki jo je v diplomski nalogi obravnavala Anja Vrečko (Vrečko, 2010; Vrečko in Ambrožič, 2013). Gre za geodetsko mrežo, ki je bila razvita v okolici Velenja za potrebe tamkajšnjega premogovnika. V izračunu obravnavamo rezultate izmer dveh epoh – oktober 2000 in april 2001. V mreži so bile merjene horizontalne smeri, zenitne razdalje in poševne dolžine. Izhajamo iz rezultatov izravnave proste mreže za obe obravnavani epohi na podlagi enakih približnih vrednosti koordinat točk (Vrečko, 2010, str. 31–32).

Za določitev premikov točk v mreži so bile v navedeni diplomski nalogi uporabljene vse klasične metode deformacijske analize. Te rezultate primerjamo z rezultati izračuna z robustnimi statističnimi metodami, obravnavanimi v tem članku (preglednica 8).

Preglednica 8: Primerjava rezultatov klasičnih metod deformacijske analize in obravnavanih robustnih metod v mreži Pesje.

Točka	Klasične metode deformacijske analize								Robustne metode					
	Delft		Karlsruhe		Hannover		Fredericton		L1		Welsch		Danska	
	<i>dx</i>	<i>dy</i>	<i>dx</i>	<i>dy</i>	<i>dx</i>	<i>dy</i>	<i>dx</i>	<i>dy</i>	<i>dx</i>	<i>dy</i>	<i>dx</i>	<i>dy</i>	<i>dx</i>	<i>dy</i>
26Z/A	1,5	-4,0	-	-	7,3	0,0	0	0	6,6	-2,1	-0,4	-6,3	6,4	-1,3
11A	3,7	-0,4	-	-	5,9	-1,9	0	0	5,9	2,7	3,1	-0,8	5,7	-2,1
N6A	-3,9	4,9	4,8	4	-3,8	4,6	-3,3	4,3	-4,7	-10,6	-3,1	4,7	-4,9	2,7
S5A	10,9	-17,1	6,7	-13,9	7,8	-14,2	8,2	-14,4	2,3	1,2	15,1	-21,2	2,1	-10,6
PP	-2,5	2,0	-2,2	1,2	-1,7	1,6	0	0	-4,0	3,1	-1,5	1,1	-4,1	1,2
VII/5	0,0	3,9	-	-	-2,2	3,6	0	0	-1,4	0,1	1,0	3,1	-1,5	3,1
VII/4	-1,3	0,9	-	-	-3,2	0,6	0	0	-2,4	0,4	-0,4	0,1	-2,6	0,1
PD4	-0,9	0,1	-	-	-3,0	1,1	0	0	-2,2	2,8	0,0	-1,2	-2,3	0,4
PC3	0,8	3,6	-	-	-0,7	3,3	0	0	0,0	0,4	1,5	2,8	-0,2	2,8
PBI	5,2	2,5	6,2	2,5	5,8	1,9	7,3	1,7	5,6	-5,1	5,4	2,2	5,5	0,4
PB0	-2,0	-2,5	-1,1	-4,0	-0,5	-3,3	-1,0	-3,3	-1,5	-2,3	-1,9	-2,5	-1,7	-5,0
PB8	-1,6	0,2	-	-	-1,9	-2,2	0	0	-1,5	3,6	-1,4	0,1	-1,6	-2,3
PA1	-0,5	6,8	-	-	-0,2	6,1	1,4	5,7	-0,8	16,6	0,0	7,1	-1,0	3,6
XI/A1	-5,1	19,6	-6,7	17,9	-5,3	19,4	-4,5	19,1	-6,6	-1,6	-4,0	19,7	-6,7	16,7
PB7	-0,8	0,5	-	-	-1,2	-1,4	0	0	-0,7	-0,1	-0,4	0,2	-0,9	-1,6
PB9	0,0	2,5	-	-	0,7	0,0	0	0	1,0	3,3	-0,1	2,5	0,8	0,0
PA0	0,7	6,4	-	-	1,1	5,8	1,4	5,7	0,9	-5,6	0,9	6,7	0,8	3,3
PCK	-2,2	-5,1	-	-	-1,2	-5,0	0	0	-1,0	1,2	-2,4	-6,1	-1,1	-5,6
PC0	7,2	2,5	7,6	1,9	5,3	2,2	7,3	1,7	8,0	1,6	7,2	1,9	7,9	1,2
PD2	-1,5	-1,5	-	-	-2,0	2,3	0	0	-1,5	-3,3	-1,1	0,3	-1,6	1,6
PC2	-0,3	-2,2	-	-	-1,2	-2,9	-1,2	-3,6	-0,6	-4,2	0,2	-2,9	-0,8	-3,3
PC1	-1,2	-3,0	-0,9	-2,0	-1,6	-3,8	-1,2	-3,6	-1,1	-1,3	-0,9	-3,6	-1,3	-4,2

	Klasične metode deformacijske analize								Robustne metode					
	Delft		Karlsruhe		Hannover		Fredericton		L1		Welsch		Danska	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
Točka	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
PD0	2,2	-1,1	-	-	3,8	-0,7	3,1	-1,8	3,9	-1,3	1,8	-2,2	3,7	-1,3
PC8	-0,9	0,1	-	-	0,0	-1,0	0	0	0,2	0,3	-1,0	-0,4	0,1	-1,3
PC9	0,6	1,8	-	-	1,8	0,6	0	0	2,0	-0,4	0,4	1,3	1,8	0,3
PD1	1,0	-0,4	0,8	-0,9	1,1	0,3	0	0	1,5	0,8	1,2	-1,6	1,3	-0,4
PE1	0,8	0,8	-	-	-3,3	0,9	0	0	1,5	-1,8	0,9	-0,4	1,4	0,8
PE2	3,6	-2,1	-	-	4,5	-1,1	3,1	-1,8	4,7	0,1	3,5	-3,4	4,6	-1,8
PD3	-0,3	0,6	-	-	-0,4	0,6	0	0	0,0	-11,1	-0,1	-0,4	-0,1	0,1
PE0	0,1	-11,4	-0,7	-11,7	5,6	-11,0	-0,7	-11,2	0,8	0,0	0,2	-12,7	0,7	-11,1
							št. it =		35		14		6	

Primerjava rezultatov kaže na največje ujemanje premikov točk, izračunanih z dansko metodo, s premiki, izračunanimi z metodo Hannover. Tako kot v situaciji 2 lahko rečemo, da danska metoda zagotavlja »najrealnejše« vrednosti, hkrati pa za to potrebuje najmanj iteracij. Pričakovali smo sicer največje ujemanje z metodo Fredericton, ki že v osnovi uporablja iterativno prilagajanje uteži v matriki **E**. Razlika obravnavanih metod robustne statistike v primerjavi z metodo Fredericton je kljub temu precejšnja, saj metoda Fredericton temelji na delitvi celotne mreže v posamezne bloke točk, ki imajo približno enake deformacijske karakteristike. Na podlagi blokov točk se odločamo o različnih deformacijskih modelih, ki jih statistično na podlagi izbrane stopnje tveganja ter globalnega testa modela zavrnamo ali ne.

5 SKLEP

V članku smo obravnavali tri različne metode robustne statistike za določitev optimalnega geodetskega datuma. Skupni imenovalac vseh treh je, da iterativno prilagajamo diagonalne elemente matrike **E** matematičnega modela transformacije **S**, ki povezuje vektor koordinatnih sprememb točk v aktualnem geodetskem datumu glede na predhodno definiran geodetski datum. Dejansko gre za uporabo robustnih statističnih metod, ki temeljijo na vplivni funkciji (Hampel et al., 1986). Obravnavane metode oziroma pristopi se razlikujejo samo v vplivni funkciji, iz katere izhajamo. Različne vplivne funkcije uvajajo različne načine definiranja uteži v matriki **E** transformacije **S**.

Obravnavane metode robustne statistike smo preizkusili na praktičnem primeru geodetske mreže, v kateri smo predpostavili premik določenega števila točk. V mreži smo na podlagi predpostavljenih premikov točk simulirali meritve in mrežo za obe epohi izravnali po metodi najmanjših kvadratov. Vektor koordinatnih sprememb izravnave proste mreže v dveh epohah ter približne koordinate točk so bile podlaga za nadaljnji izračun, to je iskanje optimalne rešitve za vektor koordinatnih sprememb med dvema epohama, ki bo odražal tudi vrednosti dejanskih premikov točk v mreži. Pri predpostavljenem relativno majhnem številu točk, ki so se premaknile med dvema epohama, ne glede na izbrano metodo, zelo enostavno, elegantno pridemo do optimalnega rezultata v le nekaj iteracijskih korakih. Pri premikih večjega števila točk, to je več kot polovice točk, pa pričakovano ne dobimo zadovoljivih rezultatov za vse tri obravnavane metode. »Okuzenost« modela transformacije **S** z grobo pogrešenimi meritvami oziroma

premiki je v tem primeru prevelika. Najboljšo oziroma najprimernejšo rešitev zagotavlja danska metoda. Podobno se je izkazalo tudi, ko smo rezultate vseh treh metod primerjali z rezultati metod deformacijske analize na primeru mreže Pesje.

Ugotovimo lahko, da so robustne statistične metode enostavno orodje za definiranje optimalnega geodetskega datuma za izračun realnih vrednosti premikov točk v geodetski mreži med dvema epohama. Med obravnavanimi metodami se je kot najbolj zanesljiva izkazala danska metoda, saj ima največjo stopnjo odpornosti proti grobim pogreškom v modelu. Tudi drugače je danska metoda splošno uveljavljena metoda, predvsem v nalogah iskanja grobih pogreškov v modelih, ki povezujejo meritve in iskane količine. Ne glede na to je treba biti pri definiranju geodetskega datuma previden, saj je težko zanesljivo vedeti, katere so tiste točke, ki se dejansko niso premaknile. Zatorej so opisane metode lahko le podpora ali pa sestavni del že obravnavanih in uporabljenih bolj celostnih metod deformacijske analize, ki lahko prinesejo optimalne rešitve le ob dobrem poznavanju stanja v geodetski mreži.

Literatura in viri:

- Baarda, W. (1981). *S-Transformations and Criterion Matrices*. Publications on Geodesy, 5(1). Delft, Nizozemska: Geodetic Commission, 168 str.
- Berné-Valero, J. L., Baselga Moreno, S. (2005). Robust Estimation in Geodetic Network. *Física de la Tierra*, 17, 7–22.
- Caspar, W. F. (1988). *Concepts of Network and Deformation Analysis*. Kensington, N. S. W., Avstralija: The University of New South Wales.
- Chen, Y. Q., Chrzanowski, A., Secord, J. M. (1990). A Strategy for the Analysis of the Stability of Reference Points in Deformation Measurements. *CISM Journal ACSGC*, 44(2), 141–149.
- Chrzanowski, A., Chen, Y. Q., Secord, J. M. (1983). *Analysis of the Simulated Monitoring Network Using the Fredericton Approach*. V: W. Welsch (ur.), *Deformationsanalysen '83, Geometrische Analyse und Interpretation von Deformationen Geodätischer Netze*. Schriftenreihe des Wissenschaftlichen Studiengangs Vermessungswesen. München: Hochschule der Bundeswehr München.
- Grigillo, D., Stopar, B. (2003). Metode odkrivanja grobih pogreškov v geodetskih opazovanjih. *Geodetski vestnik*, 47(4), 387–403.
- Hampel, F. R., Ronchetti, E. M., Rousseeuw, P. J., Stahel, W. A. (1986). *Robust Statistics: The Approach Based on Influence Functions*. New York: John Wiley & Sons, 502 str.
- Jäger, R., Müller, T., Saler, H., Schwäble, R. (2005). *Klassische und robuste Ausgleichungsverfahren*. Heidelberg: Wichmann Verlag, 340 str.
- Marjetič, A. (2013). Datumsko odvisnost deformacij in rotacij geodetske mreže. *Geodetski vestnik*, 57(3), 447–464. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2013.03.447-464>
- Marjetič, A., Stopar, B. (2007). Geodetski datum in S-transformacija. *Geodetski vestnik*, 51(3), 549–564.
- Rubinstein, R. Y. (1986). *Monte Carlo Optimization, Simulation and Sensitivity of Queueing Networks*. New York: John Wiley & Sons, 260 str.
- Rousseeuw, P. J., Leroy, A. M. (1987). *Robust Regression and Outlier Detection*. John Wiley & Sons, 329 str. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/0471725382>
- Savšek Safič, S. (2002). *Optimalna metoda določanja stabilnih točk v deformacijski analizi*. Doktorska disertacija. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 211 str.
- Sterle, O. (2007). *Združevanje klasičnih geodetskih in GNSS-opazovanj v geodinamičnih raziskavah*. Magistrsko delo. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 118 str.
- Teunissen, P. J. G. (2003). *Adjustment Theory*. Delft, Nizozemska: VSSD, 193 str.
- Van Mierlo, J. (1978). *A Testing Procedure for Analyzing Geodetic Deformation Measurements*. 2nd FIG Symposium on Deformation Measurements by Geodetic Methods, Bonn.
- Vrečko, A. (2010). *Določitev premikov točk v geodetski mreži po metodi Fredericton*. Diplomsko naloga. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Vrečko, A., Ambrožič, T. (2013). Deformacijska analiza po postopku Fredericton. *Geodetski vestnik*, 57(3), 479–497. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2013.03.479-497>
- Welsch, W., Zhang, Y. (1983). *Einige Methoden zur Untersuchung kongruenter und affiner Beziehungen in geodätischen Überwachungsnetzen zur Ermittlung von Deformationen*. V W. Welsch (ur.), *Deformationsanalysen '83: Geometrische Analyse und Interpretation von Deformationen Geodätischer Netze*. Schriftenreihe des Wissenschaftlichen Studiengangs Vermessungswesen. München: Hochschule der Bundeswehr München.
- Xu, P., Shimada, S., Fujii, Y., Tanaka, T. (2000). Invariant Geodynamical Information in Geometric Geodetic Measurements. *Geophysical Journal International*, 142(2), 586–602. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-246x.2000.00181.x>



Marjetič A., Kregar K. (2016). Določitev primernega geodetskega datuma z uporabo robustnih statističnih metod. Geodetski vestnik, 60 (2): 221-226.
DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.212-226

doc. dr. Aleš Marjetič, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: ales.marjetic@fgg.uni-lj.si

asist. Klemen Kregar, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: klemen.kregar@fgg.uni-lj.si

PRIMERJAVA METOD ZA GEOMORFOMETRIČNE ANALIZE HRAPAVOSTI POVRŠJA NA PRIMERU VIPAVSKE DOLINE

COMPARISON OF METHODS FOR GEOMORPHOMETRIC ANALYSIS OF SURFACE ROUGHNESS IN THE VIPAVA VALLEY

Tomislav Popit, Blaž Supej, Žiga Kokalj, Timotej Verbošek

UDK: 551.4:528.8.044.6(497.4)Vipavska dol.

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 31. 3. 2016

Sprejeto: 4. 6. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.227-240

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 31. 3. 2016

Accepted: 4. 6. 2016

IZVLEČEK

Pri opredelitvi prostorske spremenljivosti oblik površja na primarnih kamninah in njihovih pobočnih gruščih na severnem robu Vipavske doline smo za potrebe prostorskih analiz izbrali metodo, ki najizraziteje podaja posamezne geomorfometrične elemente. Pri pregledu in izbiri geomorfometričnih metod na podlagi laserskega skeniranja površja smo preizkusili morfometrične kazalnike hrpavosti površja, ki so poleg ukrivljenosti površja najbolj v rabi. Detajlno smo proučili pet metod, ki jih lahko uporabimo za analizo hrpavosti površja in so potencialno uporabne za proučevanje kamninske podlage in predvsem gruščnatih pobočnih sedimentov. Kot najprimernejša se je izkazala metoda variabilnosti višin, ki je uporabno dopolnilo tradicionalnemu terenskemu evidentiranju, izdelani zemljevidi variabilnosti višin pa so lahko nepogrešljiv pripomoček pri geološkem in geomorfološkem kartiranju.

ABSTRACT

A method that gives the clearest individual geomorphometric elements for the requirements of spatial analysis was selected to define the spatial variability of landforms on primary bedrocks and their slope deposits on the northern edge of the Vipava Valley in Slovenia. We tested the most frequently used morphometric indicators of surface roughness, other than the curvature of the surface, and reviewed them based on their performance with lidar data. We analysed in detail five methods that can be used for surface roughness evaluation and that have a potential for the study of the bedrock and slope deposits. Height variability was identified as the most appropriate method. We have also found that maps of properly portrayed height variability can be an indispensable tool for geological and geomorphological mapping.

KLJUČNE BESEDE

geomorfologija, lidar, hrpavost površja, variabilnost višin, Vipavska dolina

KEY WORDS

geomorphology, lidar, surface roughness, height variability, Vipava Valley

1 UVOD

Kamninska sestava in reliefna izoblikovanost sta na območju Vipavske doline pestri in raznoliki. Topografijo Vipavske doline določa specifična kamninska zgradba narivnega sistema. Njena severna in severovzhodna karbonatna ostenja določata narivna robova Trnovskega in Hrušiškega pokrova, ki sta del narivnega sistema Zunanjih Dinaridov (Placer, 1998; Vrabc in Fodor, 2006) in sta zgrajena iz mezozojskih karbonatnih kamnin, medtem ko spodnje, položnejše dele pobočij gradi naguban in tektonsko porušen eocenski fliš. Pod čelom narivnega roba se pojavljajo obsežne akumulacije karbonatnega gruščja, ki so značilne za ves severni in severovzhodni rob Vipavske doline.

Vpadi plasti in močna tektonska pretrtost kamnin povzročajo veliko mehansko nekoherentnost kamnin, ki razpadajo in se v obliki melišč odlagajo pod vznožjem sten Nanosa. V zgornjem delu, na prevojih pobočij ob vznožjih strmih karbonatnih sten na meji z relativno položnim flišnim ozemljem, so odložena večja ali manjša telesa melišč, sestavljena iz nesprijetega in deloma sprijetega karbonatnega gruščja. Nižje po pobočju se karbonatni gruščji širijo v obliki velikih jezičastih in pahljačastih sedimentnih teles, ki so odložena na flišni podlagi in se razširjajo v dno Vipavske doline, na primer plaz Selo (Popit in Košir, 2003). Zaradi različnih litoloških lastnosti materiala (karbonat in fliš) je bilo pričakovati, da bo tudi stopnja hrapavosti površja teh dveh materialov različna. Sestava in geneza kvartarnih sedimentov sta na območju celotnega roba izredno kompleksni (Popit in Košir, 2010; Popit s sod., 2014a; Popit s sod., 2014b; Popit s sod., 2014c), zato je tudi geomorfometrična analiza posameznih sedimentnih teles pomemben način proučevanja sedimentacijskih procesov.

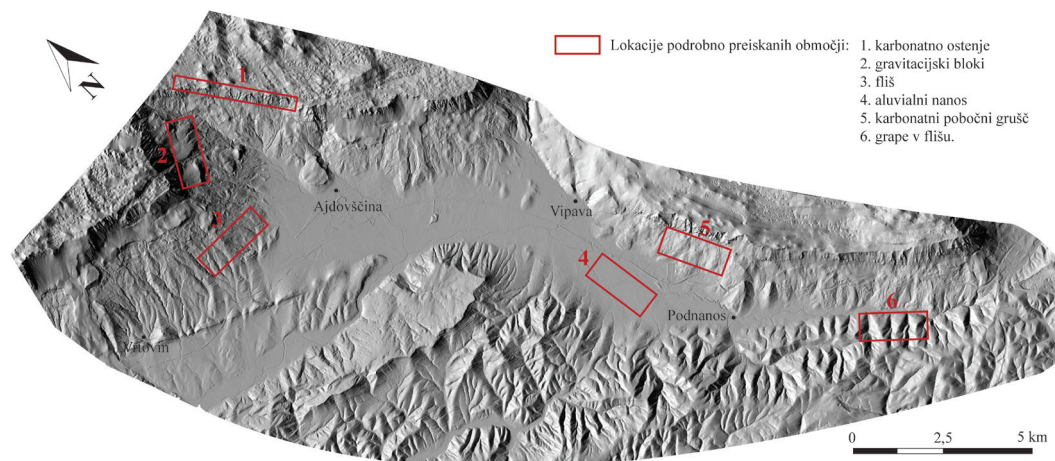
Z ugotavljanjem geomorfometričnih lastnosti in njihovim prostorskim spreminjanjem lahko izoblikovanost površja tudi kvantitativno opredelimo (Hrvat in Perko, 2003; Ruszkiczay-Rüdiger s sod., 2009). Kvantitativno merjenje oblik površja omogoča objektivno primerjavo reliefnih oblik (Ruszkiczay-Rüdiger s sod., 2009) in se pogosto uporablja pri prepoznavanju in opredeljevanju zemeljskega površja (Scott in Pinter, 2003; Ruszkiczay-Rüdiger s sod., 2009), modeliranju površinskih procesov in tektonski geomorfologiji (na primer Jordan s sod., 2005).

Detajlni analitično senčen digitalni model reliefa (DMR), ki smo ga pridobili z zračnim laserskim skeniranjem (lidarjem), omogoča kakovostne vizualne preglede terena na širšem območju Vipavske doline od Razdrtega na jugovzhodni strani prek Vipave, Ajdovščine, Predmeje in vse do Vrtovina na zahodni strani (slika 1). Celotno območje je z izjemo strmih sten na jugozahodnem območju Nanosa in Trnovskega gozda ter v osrednjem delu Vipavske doline pod gostim rastjem, zato so bili lidarski podatki zelo primerni in uporabni za proučevanje različnih reliefnih oblik na tem območju. Za obdelavo smo izbrali šest območij, in sicer: karbonatno ostenje, gravitacijska bloka, fliš, aluvialni nanos, karbonatni pobočni grušč in grape v flišu (slika 1). Vsa območja obsegajo enako površino, in sicer 155 ha.

V okviru geomorfometričnih analiz smo uporabili več morfometričnih kazalnikov hrapavosti površja (angl. *surface roughness*), ki so poleg ukrivljenosti površja zelo uporabni za proučevanje in prepoznavanje fosilnih in recentnih pobočnih sedimentov. »Hrapavost« površja v smislu popisa površine veliko pove o izoblikovanosti površja. Tudi v nasprotnem primeru, kadar je hrapavost površja nizka

oziroma je ni, to območje poimenujemo »zglajeno«. Nekateri hrapavost površja poimenujejo tudi »razgibanost« površja (Hrvat in Perko, 2003; Perko, 2007), ki pa je lahko v nekaterih primerih (merilih) zavajajoča. Območje je namreč lahko zelo razgibano v obliki hribov in dolin, njegovo površje pa izredno gladko, zato menimo, da je uporaba izraza »hrapavost« površja za obravnavani primer bolj primerna.

Kvantifikacijo variabilnosti hrapavosti površja smo izvedli z metodami, ki so v ta namen na voljo v programskem orodju ESRI ArcGIS. Rezultate smo ovrednotili in izbrali najboljšo metodo za prepoznavanje posameznih geomorfometričnih elementov na površini kvartarnih pobočnih sedimentov.



Slika 1: Senčen modela reliefa s prostorsko ločljivostjo 1 meter dela Vipavske doline in položaji detajlno obravnavanih območij.

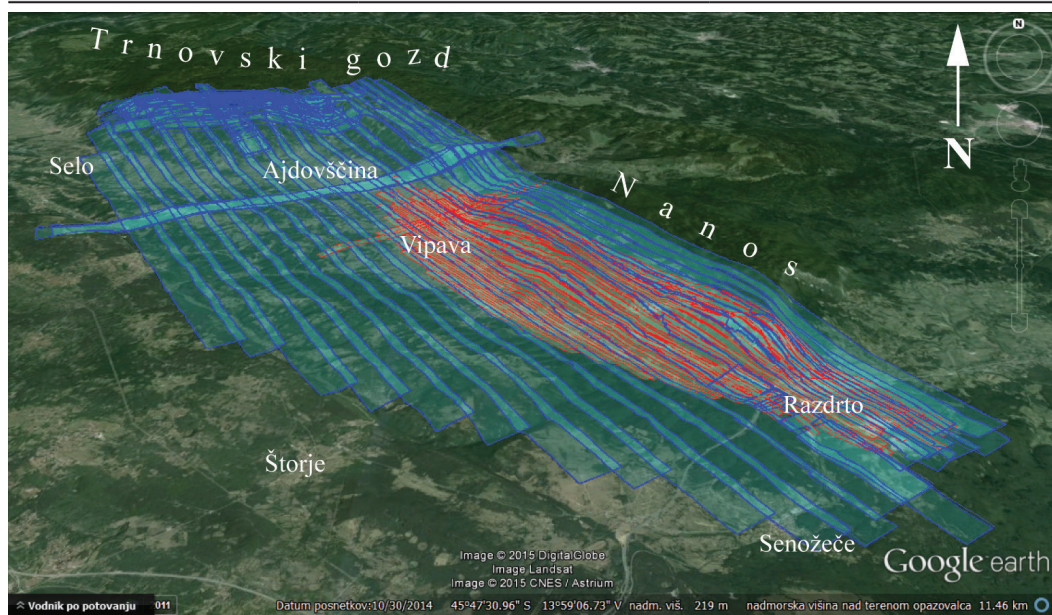
2 METODE

2.1 Lasersko skeniranje in izračun digitalnega modela reliefa

Oblak lidarskih točk za raziskavo je zagotovilo podjetje Geodetski inženiring Maribor, d. o. o. (GeoIn, 2011). Podatki so bili zajeti s sistemom za lidarsko snemanje Optech ALMT Gemini, nameščenim na turbopropellerskem letalu Canguro SF600. Navedeni lidarski sistem lahko podatke zajema s frekvenco snemanja (angl. *scanning frequency*, hitrost skeniranja vidnega polja) do 70 Hz in hitrostjo oddajanja laserskega pulza (angl. *pulse repetition rate*, hitrost oddajanja in sprejemanja laserskega žarka) med 33 in 167 kHz, pri čemer je najvišja višina leta 4000 metrov. Snemalne parametre in lastnosti snemanja Vipavske doline prikazuje preglednica 1. Lidarsko snemanje Vipavske doline je potekalo v 12 kilometrov širokem in 30 kilometrov dolgem pasu, in sicer v dveh delih, med Razdrtim prek Ajdovščine vse do Sela ter zaradi višinske razlike terena na dveh različnih nadmorskih višinah. Dne 16. aprila 2010 je bilo posneto območje Rebrnic na višini 700 in 1000 metrov, kasneje, 24. junija, pa v dveh delih še celotno območje med Razdrtim in Selom ter detajlno še širše območje plazu Slano blato (slika 2). Dosežena je bila srednja gostota vseh odbojev 2,6 točke/m² (Triglav-Čekada, 2010), oziroma gostota talnih točk na poraščenem terenu 0,8 točke/m².

Preglednica 1: Snemalni parametri lidarskega snemanja.

Parameter	Snemanje 16. 4. 2010	Snemanje 24. 6. 2010
Instrument	Optech ALTM GEMINI	Optech ALTM GEMINI
Platforma	letalo	letalo
Skupna velikost območja	12 x 30 km	12 x 30 km
Višina leta nad terenom	700 in 1000 m	700 in 1000 m
Prekrivanje preletnih linij	30 %	23 %
Hitrost leta	110 kts (203 km/h)	110 kts (203 km/h)
Število snemalnih linij	16 in 15 (dve misiji)	17
Širina med posameznimi pasovi	170 m	710 m
Frekvenca laserja	100 kHz	70 kHz
Frekvenca snemanja	70 Hz	34 Hz
Kot snemanja	10 in 7 stopinj	16 stopinj
Razdalja med točkami prečno	0,34 m	0,98 m
Razdalja med točkami vzdolžno	0,40 m	0,83 m
Gostota točk	7,2 točke/m ²	1,4 točke/m ²
Širina snemalnega pasu	250 m	920 m
Višinska napaka laserskih meritev	med 5 in 8 cm	med 5 in 8 cm
Prostorska ločljivost DMV	1 m	1 m



Slika 2: Obravnavano območje in poti letala. Rdeče linije označujejo snemalne pasove, katerih meritve so bile izvedene 16. aprila 2010, modre pa snemalne pasove, katerih meritve so bile izvedene 24. junija 2010.

Digitalni model reliefa s prostorsko ločljivostjo 1 m je bil pridobljen s kombinacijo filtriranja in odstranjevanja netalnih točk s prilagodljivim goščenjem mreže neenakih trikotnikov (ATIN – angl. *adaptive triangulated irregular network densification*) (Axelsson, 2000; izvedba v Terrascan 11) ter rastriranja s ponavljajočo se interpolacijo (REIN – angl. *repetitive interpolation*, Kobler s sod., 2007). Algoritem REIN uporablja dvostopenjski proces pridobivanja rastrskega reliefa. V prvi fazi se z geomorfološkim filtrom odstranijo vsi odboji, ki ležijo pod tlemi, in večina, vendar ne nujno vsi, odboji, ki ležijo nad terenom. V drugi fazi so iz prvotno filtriranega oblaka točk odstranjeni še preostali netalni odboji ter izdelan rastrski model reliefa (Popit s sod., 2014a). Prvo fazo, torej geomorfološki filter, smo nadomestili s filtrom ATIN, katerega prednost je sposobnost obravnavanja nepovezanega površja, kar je posebno uporabna značilnost na urbanih območjih (Sithole in Vosselman, 2004). S tem smo združili prednosti obeh algoritmov, torej dobro delovanje v urbanem okolju (ATIN) in na nagnjenem gozdnatem terenu (REIN). Z večkratno triangulacijo rastriran relief je tudi primernejši za nadaljnjo obdelavo kot relief, pridobljen z neposrednim rastriranjem, saj algoritem REIN uporablja več ocen višine terena za vsako posamezno točko rastrske mreže, ki jih dobi z interpolacijo z okoliških točk odboja v mreži neenakih trikotnikov (TIN).

Model reliefa vsebuje nekatere grobe napake, ki so posledica neprekrivajočih se preletnih linij. Manjkajoče točke lidarskih meritev so bile nadomeščene z interpoliranimi točkami precej bolj grobega, petmetrskega državnega modela reliefa, zato na teh območjih, skupne površine 0,31 km², ni bilo mogoče slediti drobni krajevni izoblikovanosti reliefa.

V pomoč vizualnemu pregledu smo z orodjem Relief Visualization Toolbox (različica 1.1, <http://iaps.zrc-sazu.si/en/rvt>) iz modela terena izračunali senčen modela terena in delež vidnega neba. Njuna kombinacija namreč poudari robove, vdolbine in izbokline, kar olajša geomorfološko interpretacijo terena (Kokalj s sod., 2011; Zakšek s sod., 2011).

2.2 Hrapavost površja

Za geomorfometrične analize smo uporabili kazalnike hrapavost površja, ki so zelo uporabni tudi pri proučevanju in prepoznavanju fosilnih plazov (Staley s sod., 2006; Cavalli, 2008; Cavalli in Marchi, 2008; Jaboyedoff s sod., 2012) in/ali recentnih plazov (McKean in Roering, 2004; Glenn s sod., 2006; Van Den Eeckhaut s sod., 2007, 2011; Amundsen s sod., 2010).

Programsko orodje ESRI ArcGIS (ESRI, 2012) omogoča številne pristope za analizo hrapavosti površja. Najbolj poznani so (<http://gis4geomorphology.com/roughness-topographic-position>):

- relativna lega (angl. *Relative Position*; Jenness 2002),
- variabilnost naklonov (angl. *Slope Variability*; Ruszkiczay-Rudiger s sod., 2009),
- variabilnost višin (angl. *Height Variability*; Ruszkiczay-Rudiger s sod., 2009),
- hrapavost v merilu hidrografskega bazenov (angl. *Basin-scale Ruggedness*; Collins in Bras, 2010),
- razmerje med 2D- in 3D-območjem (angl. *2D Area : 3D Area Ratio*; Berry, 2007),
- Meltonova vrednost hrapavosti (angl. *Melton Ruggedness Number*; Melton, 1965),
- indeks TRI (*Topographic Ruggedness Index*) po Rileyju (angl. *Topographic Ruggedness Index Riley*; Riley, DeGloria in Elliot, 1999),

- indeks TRI po Nellemannu (angl. *Topographic Ruggedness Index Nellemann*; Nellemann in Fry, 1995),
- indeks hrapavosti RIX (Ruggedness IndeX) (angl. *RIX Site Ruggedness Index*; Mortensen s sod., 2007; Bowen and Mortensen, 2004),
- standardni odklon naklona (angl. *Standard Deviation of Slope*) (Grohmann s sod., 2011),
- prvi odvod smeri toka (angl. *1st Derivative of Flow Direction*).

Izmed naštetih metod smo uporabili le nekatere, saj druge niso ustrezale osnovnih kriterijem uporabe. Tako nismo uporabili hrapavosti v merilu hidrografskega porečij, ker je metoda uporabna za topografsko sklenjene hidrografske bazene, čemur v tem prispevku analizirano območje ne ustreza. Iz istega razloga nismo uporabili Meltonove vrednosti hrapavosti in metode prvega odvoda smeri toka. Metoda razmerja med 2D- in 3D-območjem ni primerna, ker temelji na primerjavi površine na sklenjenem območju in ker nanjo vpliva tudi ločljivost rastrskih podatkov. Indeksa TRI po Nellemannu (Nellemann in Fry, 1995) nismo računali, ker temelji na metodi z izohipsami in preseki z umetnimi linijami na terenu (česar na analiziranem območju ni). Indeksa hrapavosti RIX (Mortensen s sod., 2007; Bowen in Mortensen, 2004) nismo uporabili, ker zahteva umetno postavljeno mejo kritičnega naklona.

V nadaljevanju so na kratko povzete proučene in preizkušene metode. Vse temeljijo na računskih operacijah v iskalnem oknu 3 krat 3 celice oziroma 3 krat 3 metre, ki je optimalno za tovrstne izračune pri originalni ločljivosti podatkov 1 meter. Rezultati pri tako majhnem iskalnem oknu namreč prikazujejo zelo podrobno hrapavost površja, pri večjih iskalnih oknih pa so bili za naš namen detajli reliefa že preveč posplošeni.

1. **Relativna lega** (angl. *Relative position*; Jenness 2002). Gre za pristop, kjer vsaki centralni celici v iskalnem oknu pripišemo vrednost:

$$\frac{DMV - DMV_{min}}{DMV_{max} - DMV_{min}}$$

kjer so:

- DMV – višina v sredinski celici iskalnega okna,
- DMV_{min} – najmanjša višina v iskalnem oknu in
- DMV_{max} – največja višina v iskalnem oknu.

Rezultat je brezdimenzijsko število, ki podaja »relativno lego« glede na najmanjšo višino v okolici. Število se večja z večanjem razlike med najmanjšo in največjo vrednostjo ter bližanjem vrednosti proučevane celice najvišji vrednosti.

2. **Variabilnost naklonov** (angl. *Slope Variability*; Ruszkiczay-Rudiger s sod., 2009). Metoda poda razliko med največjim in najmanjšim naklonom: $S_{max} - S_{min}$. Rezultat je podan kot razlika naklonov v odstotkih ali stopinjah.

Uporabili smo tudi spremenjeno metodo variabilnosti naklona, ki je opisana v nadaljevanju pri rezultatih.

3. **Indeks TRI po Rileyju** (angl. *TRI Riley*; Riley s sod., 1999). Metoda poda koren razlike kvadratov največje in najmanjše višine:

$$TRI = \sqrt{|DMV_{max}^2 - DMV_{min}^2|}$$

4. **Standardni odklon naklona** (angl. *Standard Deviation of Slope*) (Grohmann s sod., 2011). Metoda poda spremljivost naklonov v iskalnem oknu. Rezultat je podan v odstotkih ali stopinjah, odvisno od vhodnih podatkov.
5. **Variabilnost višin** (angl. *Height Variability*) je podobna variabilnosti naklonov (angl. *slope variability*), kot je opredeljena v programskem orodju ArcGIS (Ruszkicay-Rudiger s sod., 2009), le da namesto naklonov upoštevamo razliko med največjo in najmanjšo višino v iskalnem oknu: $DMV_{\max} - DMV_{\min}$ (Popit in Verbovšek, 2013). Rezultat je zemljevid razlik višin v metrih.

Poleg vizualnih primerjav rezultatov smo opravili tudi kvantitativno primerjavo vrednosti hrapavosti med posameznimi območji oziroma litološkimi enotami po posameznih metodah. Razlike smo ugotavljali statistično s Kruskal-Wallisovim testom, primerjali pa smo medsebojno po dve analizirani območji v parih.

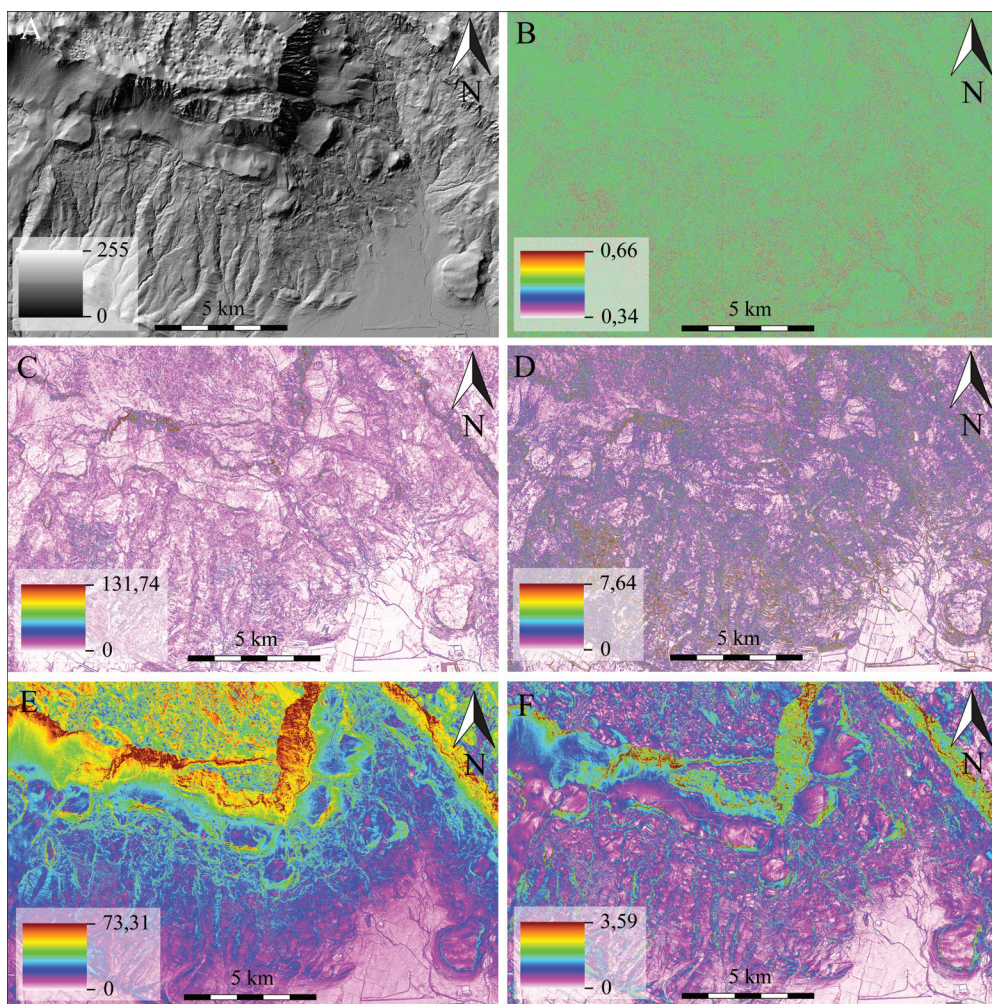
3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Rezultati uporabljenih metod se zelo razlikujejo pri prikazovanju hrapavosti površja. Pomembno vlogo ima tudi subjektivni faktor izbora barvne lestvice in načina prikaza, saj s tem poudarimo ali skrijemo razlike v hrapavosti. Pri vseh zemljevidih smo v prid boljše primerljivosti med območji uporabili isto barvno lestvico ter linearni razteg med najmanjšo in največjo prikazano vrednostjo. Vizualno interpretacijo izdelanih zemljevidov smo podprli z numerično opredelitvijo razlik med območji in metodami z analizo histogramov.

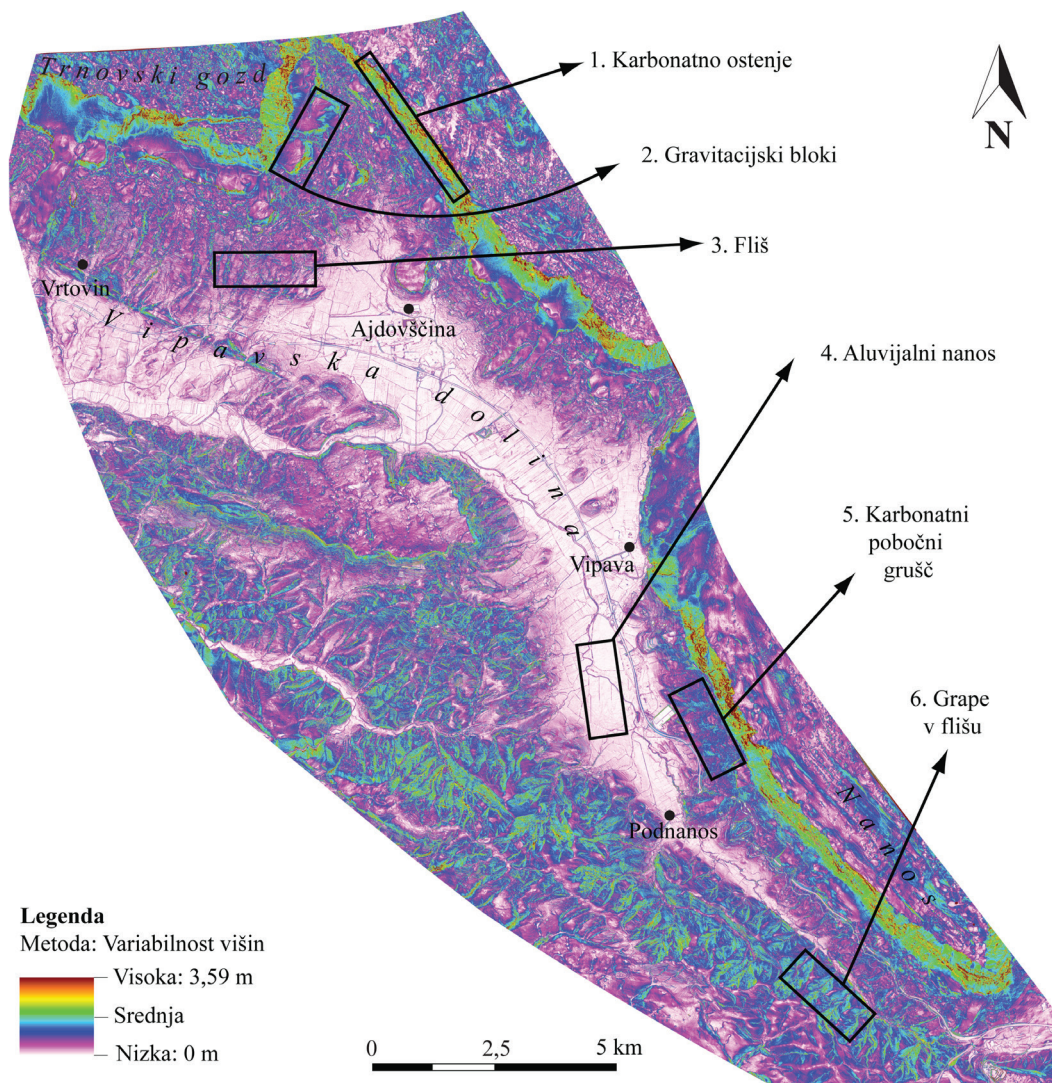
Rezultati metode *relativne lege* ne odsevajo dobro razlik v hrapavosti površja (slika 3B), saj na metodo močno vpliva majhno iskalno okno, zato prevladujejo srednje vrednosti in so dobro vidni le zelo poudarjeni robovi (na primer robovi nasutij in jarkov). Na karti ni jasno vidnih razlik med območji z različnimi lastnostmi, česar ne izboljša niti uporaba večjega iskalnega okna. *Variabilnost naklonov* (slika 3C) je vizualno lažje interpretirati, saj se na zemljevidu dobro ločijo manj hrapava območja od bolj hrapavih. Izraziteje so poudarjene ekstremne vrednosti, torej ravna območja in zelo razgibana območja, srednjih vrednosti je manj. Podobno kot variabilnost naklonov tudi *standardni odklon naklona* (slika 3D) poudari le nekatere razrede in zato hrapavosti ne prikaže jasno. *Indeks TRI po Rileyju* omogoča jasn prikaz razlik med različno hrapavimi območji površja (slika 3E). Tako so jasno vidne posamezne morfološke oblike, kot so robovi sedimentnih teles, strma ostenja karbonatnih kamnin in posamezni odlomni robovi plazov. Zaradi kvadriranja vrednosti pa na rezultat vpliva absolutna nadmorska višina. Zato da na primer 10-metrski razpon višin pri nižjih nadmorskih višinah drugačen rezultat kot enak razpon višin pri višjih nadmorskih višinah. Metoda je zato po našem mnenju manj ustrezna za analizo hrapavosti površja, kjer bi morale biti poudarjene le krajevne razlike, neodvisno od absolutne višine. Tej težavi se izogne metoda *variabilnosti višin*, kot jo podrobno opisujeta Popit in Verbovšek (2013), in zato še jasneje podaja območja z različno hrapavostjo površja (slika 3F). Rezultat je zelo podoben analizi TRI po Rileyju, pri zelo majhnem iskalnem oknu tudi sliki naklonov, vendar z nekoliko bolj poudarjenimi razlikami. Po našem mnenju sta za tovrstne analize metoda variabilnosti višin in TRI po Rileyju edini primerni metodi, pri čemer je metoda variabilnosti višin iz zgoraj opisanih razlogov boljša.

Primerjavo med vsemi analiziranimi metodami smo izdelali na podlagi histogramov, kjer so prikazane porazdelitve vrednosti hrapavosti površja na izbranih območjih. Izmed vseh analiziranih metod smo na

podlagi vizualne interpretacije najboljše rezultate pridobili z metodo variabilnosti višin (slika 4). Metoda dobro prikazuje razlike v hrapavosti površja glede na litološko raznolikost dveh vrst kamnin, in sicer karbonatnega gruščča, ki pripada posameznim sedimentnim telesom, karbonatnemu ostenju in večjim splazelim gravitacijskim blokom, ter flišnih kamnin, ki so matična kamnina ter so danes v podlagi in neposredni okolici kvartarnih nanosov. Karbonatni pobočni grušč ali kamnine na robovih sedimentnih teles in gravitacijskih blokov imajo povečini visoko variabilnost višin, znotraj teles pa so območja večinoma zglajena. S takšnim kontrastom v stopnji hrapavosti površja so posamezna sedimentna telesa zelo dobro prepoznavna in močno izstopajo na flišni podlagi. Fliš ima z izjemo grap, ki so vrezane v flišno podlago, nizko variabilnost višin in je torej območje z nizko stopnjo hrapavosti površja, površje pa je na teh območjih razmeroma gladko (slika 4).



Slika 3: Različne metode hrapavosti površja in senčen model reliefa s prostorsko ločljivostjo 1 m: (A) senčen DMR (1 x 1 m); (B) relativna lega (angl. *Relative Position*); (C) variabilnosti naklonov (angl. *Slope Variability*); (D) standardni odklon naklonov (angl. *Standard Deviation of Slope*); (E) TRI (angl. *TRI Riley*); (F) variabilnost višin (angl. *Height Variability*).



Slika 4: Zemljevid variabilnosti višin (angl. *Height Variability*) in označena posamezna detajlno proučevana območja.

Barve v legendi na zemljevidu (sliki 3 in 4) smo razdelili na tri stopnje, ki označujejo nizko, srednjo in visoko variabilnost višin. Odenki belih in vijoličnih ustrezajo nerazgibanemu površju (na primer dno Vipavske doline), modro-zeleni toni barv ustrezajo srednjim vrednostim, topli (rumeno-rjavi) toni barv pa ustrezajo območjem z grobo oziroma hrapavo površino (na primer ostenje Čavna na Trnovskem gozdu, slika 4). Prav barvni prikaz omogoča ponazoritev območij z nizko in/ali visoko variabilnostjo višin in je odlično dopolnilo senčnim modelom reliefa. Raznoliko hrapavost površja sedimentnih teles in njihove neposredne okolice je mogoče razbrati tudi z vizualno interpretacijo senčnega modela reliefa (slika 3A), vendar izračunani sloj variabilnosti višin omogoča tudi dobro ločevanje sedimentacijskih procesov v posameznem telesu (Popit in Verbovšek, 2013). Na pod-

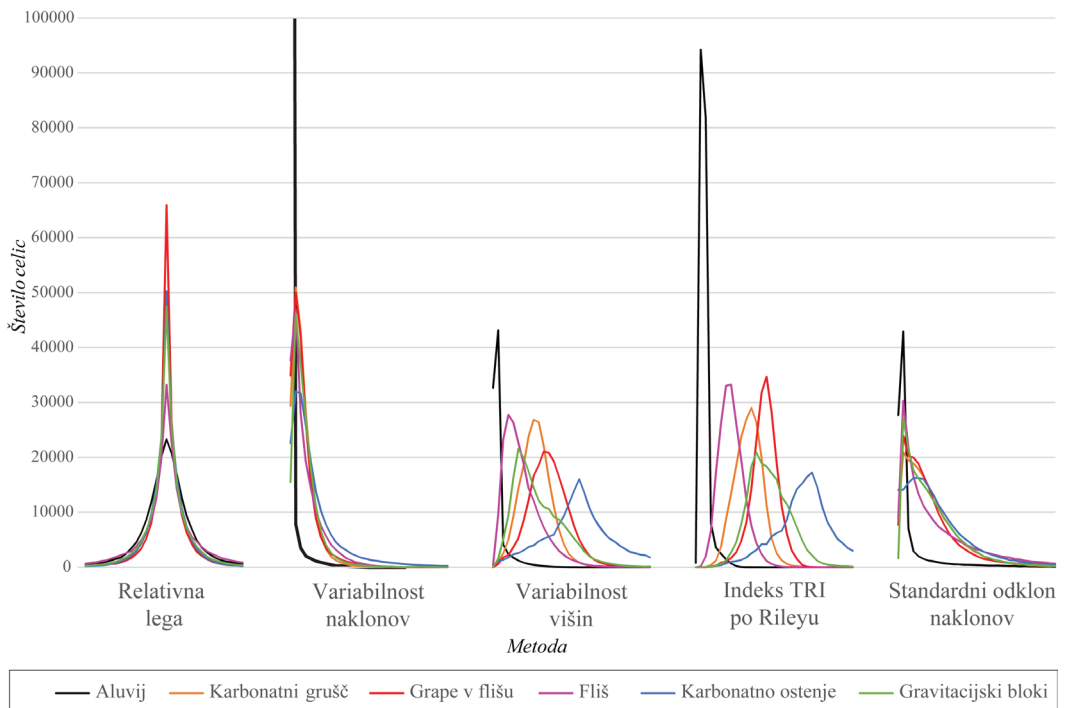
lagi analize hrapavosti površja sedimentnega telesa Sveta Magdalena na Rebrnicah sta Popit in Verbovšek (2013) ugotovila, da se vrednost hrapavosti znotraj posameznega telesa zelo spreminja. Višja vrednost hrapavosti površja se pojavlja v obrobem in spodnjem delu v obliki dobro izražene pahljačaste oblike telesa, ki kaže na sedimentni gravitacijski tok. Prav tako so bili prepoznani nekateri drugi geomorfometrični elementi, kot na primer usločeni (lokasti) grebeni, ki lahko kažejo na zaporedne valove v nenasičenem masnem toku, ki prekrivajo predhodni drobir (Major, 1994; Popit in Verbovšek, 2013).

V prid kvantitativni opredelitvi ocene hrapavosti površja smo izdelali histograme, kjer so na abscisi prikazane različne stopnje hrapavosti površja (normirane na vrednosti od 1 do 256 in združene v 32 enako velikih razredov), na ordinati pa je število rastrskih celic, ki v danem območju ustrezajo določeni vrednosti na zemljevidu (slika 5). Skupno število točk oziroma podatkov v histogramih je enako, ker zajemajo območja enake površine. Do zelo majhnih razlik med številom celic posameznih območij prihaja zaradi določitve območij v vektorski obliki in računanjem v rastrski obliki, vendar so te razlike zanemarljive. Večjo hrapavost površja izražajo v desno pomaknjeni histogrami (asimetričnost oziroma vrh na desni), saj odražajo višje število celic z visokimi vrednostmi hrapavosti površja. Podobno kot na sliki 4B je tudi iz histogramov razvidno, da metoda relativna lega slabo odseva razlike v hrapavosti površja (slika 5). Prevladujoča srednja stopnja hrapavosti površja povzroči, da imajo vsa območja visoke vrednosti (višje vrhove) v srednjem delu histograma. Območja, ki so močno gladka (na primer območje aluvialnega nanosa), ali izrazito hrapava območja (na primer karbonatno ostenje) pa so v histogramu metode slabo prepoznana oziroma so kumulativne vrednosti zelo nizke v primerjavi z vrednostmi srednje stopnje hrapavosti površja. Histogrami metod variabilnost naklonov in standardni odklon naklona (slika 5) so si podobni, enako kot velja za prej opisane zemljevide (sliki 3C in D). Ti metodi sta sicer bolj uporabni kot prva (relativna lega), saj prikažeta večjo razliko med območji z manjšo in večjo stopnjo hrapavosti površja. Močno so poudarjeni viški, torej gladka in hrapava območja. Pri metodi variabilnosti naklonov je vrednost za aluvij enaka 580.084 in presega mejo na grafu (100.000) (slika 5). Histogrami na sliki 5 prikazujejo izredno visoke vrednosti (visoke vrhove) zglijenega površja na območju aluvialnega nanosa, saj so krivulje na histogramih pri vseh metodah pomaknjene na levo stran, torej na visoko število nizkih vrednosti hrapavosti.

Podobno kot pri zemljevidih, ki prikazujejo indeks TRI po Rileyju (slika 3E) in variabilnost višin (slika 3F), je tudi pri histogramih teh metod (slika 5) najlaže prepoznati razlike v hrapavosti površja. V primerjavi z drugimi metodami, kjer se krivulje na histogramih prekrivajo, je za ti metodi razvidno, da se krivulje dobro ločijo med seboj. Obe metodi sta torej sposobni ločiti lito-loško drugačna območja. Podani so vsi razredi hrapavosti površja, tako območja z zglijenim kot tudi hrapavim površjem in vsemi vmesnimi vrednostmi stopnje hrapavosti površja. Na histogramu metod variabilnosti višin in TRI po Rileyju (slika 5) lahko vidimo, da najvišje vrednosti visoke stopnje hrapavosti površja (razvidno kot zamik histograma v desno proti visokim vrednostim) pripadajo karbonatnemu ostenju in grapam v flišu, nekoliko manj pa karbonatnemu grušču in splazelim gravitacijskim blokom. Območje aluvialnega nanosa ima v primerjavi z drugimi območji podobno kot že v zgoraj navedenih histogramih (slika 5) nizko hrapavost površja ter izredno

nizke vrednosti srednje stopnje hrapavosti površja. Podobno velja za območje fliša, kjer je najbolj pogosta vrednost nizke stopnje hrapavosti površja ter postopoma manj pogoste vrednosti srednje in redko visoke stopnje hrapavosti površja.

Kvantitativna primerjava vrednosti hrapavosti površja med posameznimi območji oziroma litološkimi enotami po posameznih metodah s Kruskal-Wallisovim testom (preglednica 2) pokaže, da se statistično (95-odstotna stopnja zaupanja) večinoma ločijo aluvialni nanosi in karbonatno ostenje od ostalih skupin, saj največ metod pokaže statistične razlike. Prav tako se loči fliš od večine ostalih litoloških skupin. Razlike so komajda opazne med grapami v flišu in rotacijskimi bloki ter karbonatnim ostenjem in rotacijskimi bloki, ni pa jih med karbonatnim gruščem in grapami v flišu. Najbolj izstopajo oziroma se od ostalih skupin razlikujejo torej aluvialni nanosi, ki imajo najbolj gladko površino, po drugi strani pa je površje karbonatnega ostenja najbolj hrapavo, kar je razvidno tudi iz histogramov. Ostale skupine so si po vrednostih in porazdelitvah precej podobne in jih je težko ločiti med seboj.



Slika 5: Histogrami hrapavosti površja na posameznih območjih. Metoda relativne lege (angl. *Relative Position*), variabilnost naklonov (angl. *Slope Variability*), variabilnost višin (angl. *Height Variability*), TRI (angl. *TRI Riley*) in standardnega odklona naklona (angl. *Standard Deviation of Slope*). Pri metodi variabilnosti naklonov je vrednost za aluvij enaka 580.084 in presega mejo na grafu (100.000).

Iz preglednice 2 je razvidno tudi, da največ razlik med skupinami pokažeta metodi variabilnosti višin in metoda TRI po Rileyju, saj pokažeta po 10 in 12 razlik. Manj razlik daje metoda relativne lege (8 razlik), najmanj pa metoda standardnega odklona naklonov (4 razlike) in variabilnosti naklonov (3 razlike). Najbolj sta torej primerni prvi dve metodi, saj zaznata največ razlik.

Preglednica 2: Statistične razlike med obravnavanimi območji po posameznih metodah. Oznaka metode pomeni, da je razlika statistično značilna po 95-odstotni stopnji zaupanja. Kratice metod: RL: relativna lega, VN: variabilnost naklonov, VV: variabilnost višin, TRI: indeks TRI po Rileyu, SN: standardni odklon naklona. Oznaka –: ni statističnih razlik.

	Aluvij	Karbonatni grušč	Grape v flišu	Fliš	Karbonatno ostenje	Rotacijski bloki
Aluvij	/					
Karbonatni grušč	RL, VV, TRI, SN	/				
Grape v flišu	RL, VV, TRI, SN	–	/			
Fliš	VN, VV, TRI	RL, VN, TRI	RL, VN	/		
Karbonatno ostenje	RL, VV, TRI, SN	VN, VV, TRI	VN, TRI	RL, VV, TRI	/	
Gravitacijski bloki	RL, VV, TRI, SN	VV, TRI	TRI	RL, VN, VV, TRI	VV	/

4 SKLEP

Proučili smo pet metod, ki se uporabljajo za analizo hrapavosti površja in so potencialno uporabne za študije razgibanosti površja na območju Vipavske doline na podlagi lidarskih podatkov. Z izdelavo zemljevidov in histogramov ter njihovo vizualno analizo je bilo ugotovljeno, da je za ločevanje hrapavosti površja na območjih z različno litološko podlago najbolj uporabna metoda variabilnosti višin (angl. *Height Variability*). Metoda variabilnosti višin, ki podaja razliko med največjimi in najmanjšimi nadmorskimi višinami znotraj iskalnega okna, daje najboljše rezultate v primerjavi z ostalimi metodami, saj so razlike v hrapavosti površja posameznih litoloških elementov (karbonatno ostenje, gravitacijski bloki, flišna podlaga, aluvialni nanos, karbonatni pobočni grušč in grape v flišu) najbolj razvidne. Metoda variabilnosti višin je zato odlično dopolnilo tradicionalnemu terenskemu delu, izdelani zemljevidi variabilnosti višin pa so dober pripomoček pri geološkem in geomorfološkem kartiranju. Metoda variabilnosti višin je še posebno priporočljiva pri vizualnem prepoznavanju in omejevanju kvartarnih pobočnih gruščev, saj je območje Vipavske doline litološko zelo pestro. Metoda je seveda uporabna tudi v drugih litoloških okoljih s pestro reliefno razgibanostjo. Kvantitativna analiza histogramov hrapavosti površja po posameznih območjih in metodah kaže, da se med skupinami najbolj razlikujejo aluvialni nanosi, ki imajo najmanjšo hrapavost površja, po drugi strani pa je površje karbonatnega ostenja najbolj hrapavo. Največ razlik med skupinami pokažeta metodi variabilnosti višin in metoda TRI po Rileyju, ki sta zato bolj primerni od ostalih za ugotavljanje hrapavosti površja.

Literatura in viri:

- Amundsen, J., Johnson, S., Rouse, K., Wang, H. (2010). Using LiDAR-derived DEMs to delineate and characterize landslides in Northern Kentucky and Hamilton County, Ohio. http://www.trishock.com/academic/pdf/lidar_landslides.pdf, pridobljeno 22. 5. 2013.
- Axelsson, P. (2000). DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33, B4-1, 110–117.
- Berry, J. K. (2007). Beyond Mapping III: Procedures and applications in GIS modeling. http://www.innovativegis.com/basis/BeyondMappingSeries/BeyondMapping_III/Default.htm, pridobljeno 30. 6. 2014.
- Bowen, A. J., Mortensen, N. G. (2004). Was Prediction errors sue to site orography. *Risø-R-995(EN)*. Roskilde.
- Cavalli, M., Marchi, L. (2008). Characterisation of the Surface Morphology of an Alpine Alluvial Fan Using Airborne LiDAR. ed. L. Marchi. *Natural Hazards and Earth System Science*, 8(2), 323–333. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/nhess-8-323-2008>
- Cavalli, M., Tarolli, P., Marchi, L., Dalla Fontana, G. (2008). The Effectiveness of Airborne LiDAR Data in the Recognition of Channel-bed Morphology. *Catena*, 73(3), 249–260. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2007.11.001>
- Collins, D. B. G., Bras, R. L. (2010). Climatic and ecological controls of equilibrium drainage density, relief, and channel concavity in dry lands. *Water Resources Research*, 46(4), 1–18. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/2009wr008615>
- ESRI, I. (2012). *ArcGIS v.10*. ESRI, Inc., Redlands, CA, ZDA.
- Geoin. LIDAR. <http://www.geoin.com/si/strani/12/LIDAR.html>, pridobljeno 20. 8. 2011.
- Glenn, N. F., Streutker, D. R., Chadwick, D. J., Thackray, G. D., Dorsch, S. J. (2006). Analysis of LiDAR-derived topographic information for characterizing and differentiating landslide morphology and activity. *Geomorphology*, 73(1-2), 131–148. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.07.006>
- Grohmann, C. H., Smith, M. J., Riccomini, C. (2011). Multiscale Analysis of Topographic Surface Roughness in the Midland Valley, Scotland. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49(4), 1200–1213. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/tgrs.2010.2053546>
- Hrvatín, M., Perko, D. (2003). Surface roughness and land use in Slovenia. *Acta Geographica Slovenica*, 43(2), 33–86. DOI: <http://dx.doi.org/10.3986/ags43202>
- Jaboyedoff, M., Oppikofer, T., Abellán, A., Derron, M.-H., Loye, A., Metzger, R., Pedrazzini, A. (2012). Use of LiDAR in Landslide Investigations: A Review. *Natural Hazards*, 61(1), 5–28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-010-9634-2>
- Jenness, J. S. (2004). Calculating landscape surface area from digital elevation models. *Wildlife Society Bulletin*, 32(3), 829–839. DOI: [http://dx.doi.org/10.2193/0091-7648\(2004\)032\[0829:clsafd\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.2193/0091-7648(2004)032[0829:clsafd]2.0.co;2)
- Jordan, G., Meijninger, B. M. L., Hinsbergen, D. J. J. V., Meulenkamp, J. E., Dijk, P. M. V. (2005). Extraction of Morphotectonic Features from DEMs: Development and Applications for Study Areas in Hungary and NW Greece. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7(3), 163–182. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2005.03.003>
- Kobler, A., Pfeifer, N., Ogrinc, P., Todorovski, L., Ostir, K., Dzeroski, S. (2007). Repetitive interpolation: A robust algorithm for DTM generation from aerial laser scanner data in forested terrain. *Remote Sensing of Environment*, 108(1), 9–23. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2006.10.013>
- Kokalj, Ž., Zakšek, K., Ostir, K. (2011). Application of sky-view factor for the visualization of historic landscape features in lidar-derived relief models. *Antiquity*, 85(327), 263–273. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0003598X00067594>
- McKean, J., Roering, J. (2004). Objective landslide detection and surface morphology mapping using high-resolution airborne laser altimetry. *Geomorphology*, 57(3-4), 331–351. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X\(03\)00164-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X(03)00164-8)
- Melton, M. A. (1965). The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona. *Journal of Geology*, 73(1), 1–38. DOI: <http://dx.doi.org/10.1086/627044>
- Mortensen, N. G., Rathmann, O., Tindal, A., Landberg, L. (2008). Field validation of the DRIX performance indicator for flow in complex terrain. *Proceedings of the 2008 European Wind Energy Conference and Exhibition, March 31 to April 3. Brusej, Belgija.*
- Nellemann, C., Fry, G. (1995). Quantitative analysis of terrain ruggedness in reindeer winter grounds. *Arctic*, 48(2), 172–176. DOI: <http://dx.doi.org/10.14430/arctic1239>
- Perko, D. (2007). *Morfometrija površja Slovenije*. Georitem 3. Ljubljana.
- Placer, L. (1998). Contribution to the macrotectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides. *Geologija*, 41, 223–255. DOI: <http://dx.doi.org/10.5474/geologija.1998.013>
- Popit, T., Košir, A. (2003). Pleistocene debris flow deposits in the Vipava Valley, SW Slovenia. V: I. Vlahovič (ur.). *22nd IAS Meeting of Sedimentology: e-Abstracts book (str 161)*. Zagreb: Institute of geology.
- Popit, T., Košir, A. (2010). Kvarterni paleoplazovi na Rebrnicah. V: A. Košir (ur.), et al. 3. Slovenski geološki kongres. Povzetki in ekskurzije (str. 39–40). Postojna: Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Inštitut za raziskovanje krasi; Ljubljana: Paleontološki inštitut Ivana Rakovca.
- Popit, T., Verbovšek, T. (2013). Analysis of surface roughness in the Sveta Magdalena paleo-landslide in the Rebrnice area. *RMZ - Materials and geoenvironment*, 60(3), 197–204.
- Popit, T., Rožič, B., Kokalj, Ž., Šmuc, A., Verbovšek, T., Košir, A. (2014a). A LiDAR, GIS and basic spatial statistic application for the study of ravine and palaeo-ravine evolution in the upper Vipava valley, SW Slovenia. *Geomorphology*, 204(1), 638–645. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.09.010>
- Popit, T., Verbovšek, T., Šmuc, A., Košir, A., Kokalj, Ž., Rožič, B. (2014b). Geomorfološka karta kvartarnih paleoplazov na območju Rebrnic. V: B. Rožič (ur.), T. Verbovšek (ur.) in M. Vrabec (ur.), 4. slovenski geološki kongres. Povzetki in ekskurzije (str. 57–58). Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta.
- Popit, T., Jež, J., Košir, A., Fifer Bizjak, K., Ribičič, M. (2014c). Kvartarni pobočni sedimenti severnega in vzhodnega roba Vipavske doline. V: B. Rožič (ur.), T. Verbovšek (ur.) in M. Vrabec (ur.), 4. slovenski geološki kongres. Povzetki in ekskurzije (str. 89–103). Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta.

- Riley, S. J., DeGloria, S. D., Elliot, R. (1999). A Terrain Ruggedness Index that Quantifies Topographic Heterogeneity. *Intermountain Journal of Sciences*, 5(1–4), 23–27.
- Ruszkiczay-Rüdiger, Z., Fodor, L., Horváth, E., Telbisz, T. (2009). Discrimination of Fluvial, Eolian and Neotectonic Features in a Low Hilly Landscape: A DEM-based Morphotectonic Analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary. *Geomorphology*, 104(3–4), 203–217. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.08.014>
- Scott, A. T., Pinter, N. (2003). Extraction of Coastal Terraces and Shoreline-angle Elevations from Digital Terrain Models, Santa Cruz and Anacapa Islands, California. *Physical Geography*, 24(4), 271–294. DOI: <http://dx.doi.org/10.2747/0272-3646.24.4.271>
- Sithole, G., Vosselman, G. (2004). Experimental comparison of filter algorithms for bare-Earth extraction from airborne laser scanning point clouds. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59(1–2), 85–101. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2004.05.004>
- Staley, D. M., Waskiewicz, T. A., Blaszczyński, J. S., (2006). Surficial patterns of debris flow deposition on alluvial fans in Death Valley, CA using airborne laser swath mapping data. *Geomorphology*, 74(1–4), 152–163. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.07.014>
- Triglav-Čekada, M. (2010). Zračno lasersko skeniranje in nepremičniške evidence. *Geodetski vestnik*, 54(2), 181–194. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2010.02.181-194>
- Van Den Eeckhaut, M., Poesen, J., Verstraeten, G., Vanacker, V., Nyssen, J., Moeyersons, J., Van Beek, L. P. H., Vandekerckhove, L., (2007). Use of LIDAR-derived images for mapping old landslides under forest. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(5), 754–769. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/esp.1417>
- Van Den Eeckhaut, M., Poesen, J., Gullentops, F., Vandekerckhove, L., Hervás, J. (2011). Regionall mapping and characterization of old landslides in hilly regions using LiDAR-based imagery in Southern Flanders. *Quaternary Research*, 75(3), 721–733. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yqres.2011.02.006>
- Vrabec, M., Fodor, L. (2006). Late Cenozoic Tectonic of Slovenia: Structural styles at the Northeastern Corner of the Adriatic Microplate. V: N. Pinter (ur.), G. Grenczy (ur.), J. Weber (ur.), S. Stein, D. Medak. *The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonic and Hazards*. NATO Science Series, IV, Earth and Environmental Sciences, Springer Netherlands, 61, 151–168. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-4235-3_10
- Zakšek, K., Oštir, K., Kokalj, Ž. (2011). Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique. *Remote Sensing*, 3, 398–415. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/rs3020398>



Popit T., Supej B., Kokalj Ž., Verbovšek T. (2016). Primerjava metod za geomorfometrične analize hrapavosti površja na primeru Vipavske doline. *Geodetski vestnik*, 60 (2): 227–240. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.227-240](http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.227-240)

asist. dr. Tomislav Popit, univ. dipl. inž. geol.
Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta
Privoz 11, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: tomi.popit@ntf.uni-lj.si

Blaž Supej, inž. gr.
Mensuras d.o.o.
Ulica arhitekta Novaka 13, SI-9000 Murska Sobota
e-naslov: blaz.supej@mensuras.si

dr. Žiga Kokalj, univ. dipl. geograf
ZRC SAZU, Inštitut za antropološke in prostorske študije
Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: zkokalj@zrc-sazu.si

izr. prof. dr. Timotej Verbovšek, univ. dipl. inž. geol.
Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta
Privoz 11, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: timotej.verbovsek@ntf.uni-lj.si

MODELIRANJE 3D-PLOSKEV Z NEVRONSKIMI MREŽAMI Z RADIALNIMI BAZNIMI AKTIVACIJSKIMI FUNKCIJAMI

THE EMPLOYMENT OF A RADIAL BASIS FUNCTION NETWORK FOR 3D SURFACE MODELLING

Polona Pavlovčič Prešeren, Bojan Stopar, Oskar Sterle

UDK: 528.22:004.032.26
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 21. 3. 2016
Sprejeto: 10. 6. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.241-255
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 21. 3. 2016
Accepted: 10. 6. 2016

IZVLEČEK

Določitev matematičnega modela ploskve temelji na naboru diskretno pridobljenih prostorskih podatkov, ki jih nadalje uporabimo za predstavitev zvezne ploskve. Za določitev funkcij za opis ploskev navadno uporabljamo različne interpolacijske ali aproksimacijske metode. V prispevku opisujemo modeliranje ploskev z nevronskimi mrežami z radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami. Pri reševanju problema z nevronskimi mrežami je pristop nekoliko drugačen. Tu gre za učenje mreže na znanih diskretnih vhodno-izhodnih parih podatkov, da mreža določi lastno funkcijo za modeliranje ploskve. To uporabimo za izračun višin tudi v točkah, ki niso bile vključene v fazo učenja. V prispevku opisujemo, kako smo za rešitev problema aproksimacije zvezne ploskve uporabili nevronsko mrežo z enim skritim slojem nevronov, in uporabo različnih radialnih baznih funkcij za aktivacijo nevronov skritega sloja. Na študijskem primeru podatkov smo pokazali, da obstajajo razlike v kakovosti modeliranja višinske ploskve ob uporabi različnih aktivacijskih funkcij nevronske mreže. Medtem ko nam z nevronsko mrežo z Gaussovo aktivacijsko funkcijo ni uspelo modelirati ploskve z želeno natančnostjo, smo bili z izborom poliharmoničnega zlepk za aktivacijsko funkcijo veliko uspešnejši.

KLJUČNE BESEDE

višinska ploskev, interpolacija, aproksimacija, nevronske mreže, radialne bazne aktivacijske funkcije, vzvratno razširjanje napake, psevdoinverzija

ABSTRACT

Determination of the mathematical model of elevation computation is based on a discrete data set, which could be used for elevation modelling. Usually, interpolation or approximation techniques are used for function determination. We describe an aspect of radial basis function networks employment in a smooth surface representation using a sample of discrete 3D positional input-output data pairs. In this article we present a different solution using a neural network, which is trained upon given discrete input-output data pairs and uses radial basis functions for activation in hidden layer. Radial basis function network surface approximation is based on a single hidden-layer structure and uses pseudo-inversion as an alternative to back-propagation learning algorithm to obtain optimal weights. Radial basis function network determines its own specific model for continuous function representation. In case study, we have shown that differences in quality surface modelling upon several activation functions exist. While using Gaussian activation function we have not reached desired results, the use of poly-harmonic lead to much more successful surface modelling results.

KEY WORDS

elevation model, interpolation, approximation, neural networks, radial basis activation functions, back-propagation, pseudo-inversion

1 UVOD

Določitev funkcij, ki opisujejo razmerje med danimi diskretnimi vhodno-izhodnimi pari podatkov, je splošna težava pri modeliranju katere koli vrste podatkov. Čeprav današnje tehnologije omogočajo pridobivanje diskretnih podatkov z vedno višjo gostoto, te še vedno obravnavamo kot diskretne spremenljivke, ki jih z različnimi postopki modeliranja uporabimo za določitev zveznih funkcij. V danem primeru smo se omejili na določitev funkcije za izračun višinske ploskve iz diskretnih podatkov, da lahko na obravnavanem definicijskem območju z ustrežno natančnostjo izračunamo višino katere koli točke z znanim položajem v horizontalni ravnini. Opredelitev kakovosti izračuna s posamezno metodo zunaj točk celične mreže je pomembna, kar navaja tudi Kosmatin-Fras (2004) v povezavi z digitalnim modelom višin (DMV).

Predstavitve modela višin lahko poteka z determinističnimi metodami, pri katerih se za izračun vrednosti funkcij na posameznih lokacijah uporabljajo matematične funkcije. Lokalne metode se uporabljajo za interpolacijo vrednosti glede na stopnjo podobnosti med sosednjimi točkami (Šumrada, 2005). Med te uvrščamo metodo naravnih sosedov, metodo z inverzno razdaljo, metodo trenda in *kriginga* kot tudi radialne bazne funkcije, ki jih ne smemo enačiti z nevronske mreže z radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami. Model površja lahko nadalje predstavimo s pravilno kvadratno ali pravokotno mrežo, tako kot je predstavljen digitalni model višin (kvadratna mreža) ali model geoida (pravokotna mreža). Vse navedene metode temeljijo na matematični razrešitvi problema modeliranja zveznih ploskev in so že vključene v programske pakete (npr. *ArcGis*, *Surfer* ...). Če je območje razgibano in so točke naključno razpršene, ga lahko predstavimo s trikotniško mrežo (Thiessenovi poligoni in Delaunayev algoritem za določitev trikotnikov). Šumrada (2005) govori o uporabnosti Thiessonovih poligonov in Delaunayev triangulacije za primere razpršenih točk, saj metodi omogočata enostavno vzpostavitev povezave položaja točke z njenim vplivnim območjem. Vse navedene metode se ne izkažejo najbolje, ko je na posameznih območjih manj podatkov oziroma so podatki slabše kakovosti. Metode namreč temeljijo na geometričnem pristopu razrešitve problema, kjer postavimo zahtevo, da imamo na voljo dovolj kakovostnih podatkov za modeliranje.

Že nekaj časa je znano tudi drugačno modeliranje funkcij, in sicer z uporabo umetnih nevronske mreže. Različni avtorji (McCulloch in Pitts, 1943; Hebb 1949; Rosenblatt, 1958; Hopfield, 1982, Hornik et al., 1989) so utemeljili in empirično pokazali prednost uporabe umetnih nevronske mreže pri reševanju problema določitve zveznih funkcij. Pokazali so, da nevronske mreže obdržijo lastnost univerzalne aproksimacije (Cybenko, 1989; Hornik et al. 1989). Koncept določitve zvezne ploskve z uporabo nevronske mreže temelji na preprostem preslikovanju vhodno-izhodnih parov podatkov, kjer preslikovanje poteka po vnaprej določeni strukturi. Struktura in način učenja posamezne nevronske mreže sta opredeljena s tipom nevronske mreže. Pri uporabi nevronske mreže eksplicitno enačbo za izračun funkcije f (na primer pri determinističnih metodah) nadomešča model, ki ga pridobimo z učenjem. Na danih vhodno-izhodnih parih podatkov umetne nevronske mreže ne programiramo po algoritmih, ampak jo učimo. Če izberemo pravilno strukturo in način učenja, lahko z uporabo nevronske mreže pridobimo model izračuna funkcije, v našem primeru višinske ploskve, ki prav tako kot lokalne deterministične metode temelji na upoštevanju podobnosti podatkov med sosednjimi točkami. Z uporabo umetnih nevronske mreže modele ploskev pridobimo z aproksimacijo in le v posebnih strukturah z interpolacijo. Kot zelo uspešen primer mode-

liranja zvezne ploskve naj omenimo modeliranje geoida z večslojno nevronske mreže (angl. *multilayer feed-forward network*) (Ambrožič et al., 1999), kasneje je Derenda (2007) z nevronske mreže uspešno aproksimiral referenčno višinsko ploskev. Nevronske mreže z radialnimi baznimi funkcijami smo uspešno uporabili pri aproksimaciji zvezne tirnice gibanja umetnih satelitov (Pavlovčič Prešeren in Stopar, 2009).

V prispevku želimo pokazati, da je mogoče tudi z drugačnimi strukturami nevronske mreže modelirati zvezno ploskev iz diskretnih podatkov. Pri tem rešujemo problem aproksimacije ploskve z nevronske mreže z radialnimi baznimi funkcijami (angl. *radial basis function networks*). Nevronske mreže so se izkazale kot učinkovito orodje, ko so podatki obremenjeni s šumom. Izbor nevronske mreže z radialnimi baznimi funkcijami v skritem sloju ni bil naključen, ampak je potekal na optimizaciji postopka učenja, najprej, da bi pospešili hitrost učenja, nadalje, da bi zmanjšali možnost neuspešnega učenja, in nazadnje, da bi lahko modelirali ploskev, tudi če so podatki obremenjeni s šumom.

V drugem poglavju podrobno opišemo nevronske mreže z radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami, s poudarkom na drugačnem učnem algoritmu, kot je zelo pogosto uporabljeno vzvratno razširjanje napake (angl. *backpropagation*). Podrobno predstavimo nekatere radialne bazne funkcije, ki izpolnjujejo pogoj uporabe v skritem sloju nevronske mreže. V tretjem poglavju predstavimo uporabo različnih radialnih nevronske mreže na primeru diskretnih podatkov, za katere želimo pridobiti zvezno funkcijo. Predstavimo učinkovitost uporabe posameznega tipa radialnih nevronske mreže na primeru istih vhodno-izhodnih parov podatkov. V četrtem poglavju podrobneje komentiramo rezultate različnih testov, ki smo jih naredili na študijskem primeru podatkov. Nazadnje v petem poglavju predstavimo bistvene značilnosti uporabe radialnih nevronske mreže v dani situaciji s kritično oceno uporabe posamezne metode.

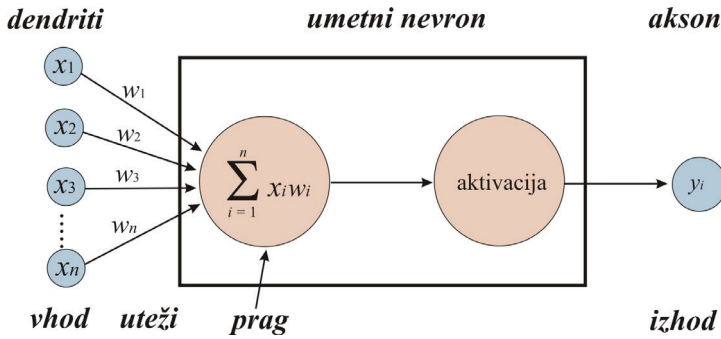
2 NEVRONSKE MREŽE

Za lažje razumevanje delovanja umetnih nevronske mreže in predvsem zato, da bo v nadaljevanju lažje izpostaviti prednosti nevronske mreže z radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami, opisujemo osnovno strukturo katere koli umetne nevronske mreže. V splošnem z umetnimi nevronske mrežami matematično opisujemo računski model, ki deluje podobno, a precej bolj preprosto kot človeški možgani (Ambrožič et al., 1999). Model sestavljajo sloji nevronov, ki so med seboj zaporedno povezani. Vsak nevron naslednjega sloja je povezan z vsemi nevroni prejšnjega sloja. Povezave matematično predstavljamo s sinaptičnimi utežmi. Model med učenjem na izbranih učnih podatkih in rezultatih (znani so vhodni podatki in izhodni rezultati) pridobiva znanje, ki je izhodišče, da lahko kasneje pridobi rezultate za poljubne podatke. Strukturo nevronske mreže s sloji nevronov predstavljamo na sliki 1. V vhodnem sloju so vhodni podatki (x_1, \dots, x_n) in v izhodnem rezultati (y_1, \dots, y_m) . Na sliki 1 predstavljamo delovanje enega nevronske mreže z enim izhodom, čeprav jih je lahko tudi več. Vhodi v nevronske mreže x_j , ki predstavljajo dendrite biološkega nevronske mreže, so ojačani z utežmi w_j . Če obstaja več vhodov in več nevronske mreže v skritem sloju, uteži različnih povezav nevronske mreže zapišemo kot w_{ij} . Vsota vhodov, ki jih pomnožimo z ustreznimi utežmi, predstavlja vhod v aktivacijsko funkcijo, ki določi jakost izhoda nevronske mreže.

Umetni nevron opišemo z enačbama (Ambrožič et al., 1999):

$$u_k = \sum_{i=1}^n w_{ki} x_i, y_k = \phi(u_k - \theta_k), \text{ za } k = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

kjer je u_k aktivacija, $\phi(\cdot)$ aktivacijska funkcija in θ_k pragovna vrednost, ko se sproži nevron.



Slika 1: Osnovna struktura nevronske mreže in analogija z biološkim nevronom (vhodni dendriti, nevron in izhodni akson).

Nevronske mreže se po strukturi ločijo po številu vmesnih ali skritih slojev nevronov. Govorimo o večslojnih nevronskih mrežah, pri čemer ima trislojna mreža le en skriti sloj. Nevronske mreže ločimo tudi glede na uporabljeno aktivacijsko funkcijo. Ko določimo strukturo nevronske mreže, jo v nadaljevanju učimo. Poznamo več vrst učenja, na primer prilaganje uteži določeni strukturi nevronske mreže, prilagajamo lahko obliko izbrane aktivacijske funkcije ali spreminjamo število nevronov v posameznem skritem sloju. V nekaterih primerih učenje poteka s povratnimi zankami, kar pomeni, da poteka od vhodnega prek skritih do izhodnega sloja, čemur sledi popravljanje uteži v nasprotni smeri. Pri specifičnih strukturah nevronskih mrež učenje poteka le od vhodnega prek skritih slojev do izhodnega sloja, kar imenujemo učenje brez povratne zanke. Tako učenje vključujejo tudi nevronske mreže z radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami.

Nevronska mreža temelji na preslikovanju znanih vhodno-izhodnih parov podatkov. Če so v vektorju \mathbf{x} vključeni vhodni podatki in v vektorju \mathbf{y} izhodni podatki ter je n število vhodno-izhodnih parov podatkov, ki so vključeni v učenje:

$$x_i \in \mathbb{R}^n \text{ in } y_i \in \mathbb{R}^1, \text{ kjer je: } i = 1, 2, \dots, n,$$

z nevronske mreže iščemo neznan funkcijo, ki se v vsaki točki skuša približati pogoju:

$$f(x_i) = y_i. \quad (2)$$

Splošno ob uporabi nevronskih mrež pogoja (2) ne moremo izpolniti, zato govorimo o aproksimaciji funkcij z nevronske mreže. Light (1992) in Powell (1987) pa so dokazali, da nekatere nevronske mreže, tudi RBFN, problem lahko rešijo tudi z interpolacijo. Podrobneje o tem govorimo v opisu enačbe (9).

Oceno kakovosti učenja določimo z izračunom napake (angl. *error function*) na nizu učnih podatkov n , medtem ko ustreznost uporabe aproksimacijske funkcije preverimo na nizu testnih podatkov N . Pogostokrat v izračunih uporabimo funkcijo (Zainuddin in Pauline, 2008):

$$E(f) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2, \quad (3)$$

kjer je y_i dejanska vrednost izhodnega nevrona in $f(x_i)$ z nevronske mreže izračunana vrednost. Določitev strukture in učenja umetne nevronske mreže poteka podobno kot pri drugih metodah. Cilj je določiti

najmanjšo napako aproksimacije na nizu učnih/testnih podatkov. Velikokrat uporabljajo tudi druge funkcije izračuna napake (razdelek 3).

Najprej so poizkušali probleme reševati z nevronske mreže z več skritimi sloji nevronov (Rumelhart et al., 1986). Kasneje so Cybenko (1989) ter Hornik et al. (1989) pokazali, da obstaja nevronska mreža z le enim skritim slojem nevronov, ki je zmožna aproksimirati poljubno nelinearno funkcijo f z ustrežno natančnostjo. Nevronska mreža z enim skritim slojem nevronov ima prednost, da med učenjem ne zaide tako hitro v lokalni minimum, kot se to lahko zgodi pri večslojni nevronske mreži. Broomhead in Lowe (1988) sta pokazala, da lahko globalno aktivacijsko funkcijo, kot je na primer sigmoidna, nadomestimo z lokalizirano radialno bazno funkcijo v strukturi z enim skritim slojem in brez povratne povezave (slika 2). V tem primeru govorimo o nevronske mreži z radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami RBFN (angl. *radial basis function network*). Velja poudariti, da bi radialne bazne funkcije lahko uporabili tudi pri večslojni nevronske mreži in povratni strukturi. Pri RBFN mreža od vhodnega sloja k skritemu sloju določi centre, ki pravzaprav predstavljajo uteži, in v drugem koraku uteži od skritega proti izhodnemu sloju. Večslojna nevronska mreža in mreža z radialnimi baznimi funkcijami brez povratne strukture se razlikujeta tudi v uporabi. Prvo uporabimo, ko imamo na voljo manj podatkov in želimo določiti globalno aproksimacijsko funkcijo. Drugo pa, ko imamo na voljo več podatkov in želimo s funkcijo predstaviti tudi lokalne značilnosti. Medtem ko so RBFN hitrejši pri učenju, so pri nadaljnji uporabi naučene strukture velikokrat počasnejše kot večslojne nevronske mreže.

Če primerjamo sigmoidno funkcijo, ki je velikokrat uporabljena v nevronske mreži z več kot enim skritim slojem, in Gaußovo funkcijo (uporabljena v RBFN) kot predstavnici različnih aktivacijskih funkcij, ima slednja bistvene prednosti. Glavna slabost sigmoidne funkcije je, da njeno definicijsko območje pokriva celotno območje vhodnih podatkov. Tako izboljšava uteži in ostalih parametrov med učenjem poteka z vsemi nevroni, zato je učenje dolgotrajno in lahko vključuje precej napak. Bolj učinkovita pri generalizaciji funkcij je nevronska mreža z radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami, vendar le, ko imajo podatki lastnosti, ki bi jih predstavili z enostavnimi matematičnimi funkcijami (na primer z eksponentno). Pomanjkljivost nevronske mreže z Gaußovo aktivacijsko funkcijo se pokaže v obdelavi podatkov, katerih vrednosti se ne spreminjajo zvezno, ampak so med seboj zelo različne (oscilacije). Zato namesto Gaußove funkcije v skriti sloj vključujemo tudi druge radialne bazne funkcije, ki se bolje odzovejo na lokalno območje podatkov. To vpliva na določitev manjšega števila uteži kot pri nevronske mreži, ko so spremembi podvržene vse uteži. Sprememba števila uteži povzroči hitrejšo učenje nevronske mreže in boljše aproksimacijo.

2. 1 Nevronske mreže z radialnimi baznimi funkcijami

Pri nevronske mreži z radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami rešujemo problem v prostoru višjih dimenzij, čeprav je v osnovi vezan na območje nižjih dimenzij. Ob tem nevronska mreža še vedno obdrži lastnost univerzalne aproksimacije (Park in Sandberg, 1991). Še več, glede na to, da problem prevedemo v večdimenzionalen prostor, je mreža sposobna reševati probleme tudi s podatki, ki so obremenjeni s šumom (Carozza in Rampone, 2001).

2.1.1 Radialne bazne funkcije

Radialna bazna funkcija, ki je zvezna funkcija v prostoru $\Omega \subseteq \mathbb{R}^m$, je odvisna od razdalje med $x \in \mathbb{R}^m$ in dano točko $x_j \in \mathbb{R}^m$, kar zapišemo kot:

$$\phi(x) = \phi(\|x - x_j\|). \tag{4}$$

V skritem sloju RBFN za aktivacijske funkcije lahko uporabimo različne bazne funkcije (preglednica 1), vendar je najbolj pogosto v uporabi Gaußova. Predvsem zato, ker ima lokalne lastnosti, kar pomeni, da spremembe parametrov nekega nevrona ne vplivajo bistveno na vrednosti, ki so zelo oddaljene od centra tega nevrona:

$$\lim_{\|x\| \rightarrow \infty} \phi(\|x - x_j\|) = 0 \tag{5}$$

V preglednici 1 podajamo matematične izraze za nekatere radialne bazne funkcije, ki jih lahko uporabimo v vmesnem sloju nevronske mreže (Buchmann, 2003). Pri tem z r označimo Evklidsko razdaljo med katerim koli parom točk v prostoru Ω : $r = \|x - x_j\|$.

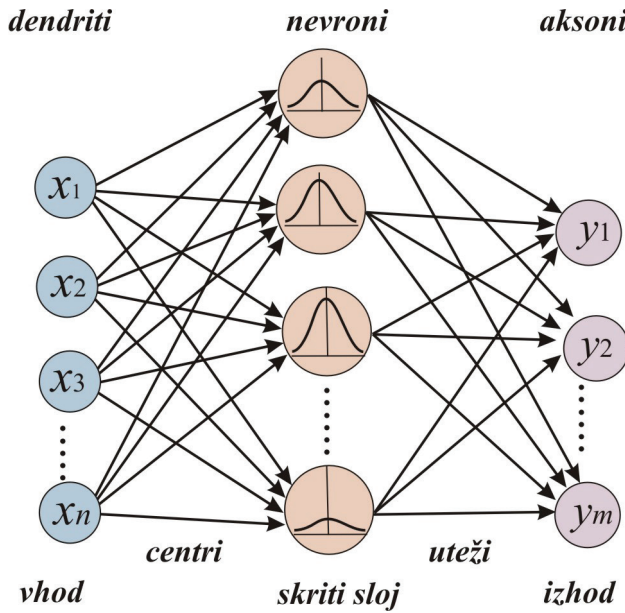
Preglednica 1: Matematični izrazi za radialne bazne funkcije. Parameter $\sigma > 0$ določa širino funkcije (Fornberg in Flyer, 2014).

Gaußova funkcija	$\phi(r) = \exp\left(-\frac{r}{2\sigma^2}\right)$
multikvadratično (angl. <i>multi-quadric</i>)	$\phi(r) = \sqrt{r^2 + \sigma^2}$
inverzno kvadratično (angl. <i>inverse quadratic</i>)	$\phi(r) = \frac{1}{\sigma^2 + r^2}$
inverzno multikvadratično (angl. <i>inverse multi-quadric</i>)	$\phi(r) = \frac{1}{\sqrt{\sigma^2 + r^2}}$ (6)
poliharmonični zlepek	$\phi(r) = r^k, k = 1, 3, 5, \dots$
	$\phi(r) = r^k \ln(r), k = 2, 4, 6, \dots$
tanek gladek zlepek (angl. <i>thin-plate spline</i>)	$\phi(r) = r^2 \ln(r)$

2.1.2 Nevronske mreže z radialnimi baznimi funkcijami

Nevronska mreža z radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami je v obliki, ki sta jo predstavila Bromhead in Lowe (1988), vezana na trislojno strukturo. Vhodni sloj ima toliko nevronov, kot je vhodnih podatkov, skriti (vmesni) sloj ima h nevronov. Število nevronov skritega sloja lahko določimo vnaprej oziroma ga med učenjem spreminjamo. Nevroni skritega sloja pri radialni nevronske mreži delujejo nekoliko drugače kot pri nevronskih mrežah s sigmoidno aktivacijsko funkcijo. Vsak nevron skritega sloja izračuna Evklidsko razdaljo med vektorjema \mathbf{x} in \mathbf{x}_j . V danem primeru še ne govorimo o utežeh med vhodnim in skritim slojem, kot to velja pri običajnih strukturah umetnih nevronskih mrež. Pojem uteži tokrat privzamejo centri ali središča aktivacijske funkcije ($\mathbf{x}_j = \mathbf{c}_j$). Pri nevronskih mrežah z radialnimi baznimi funkcijami načeloma o utežeh govorimo le pri povezavah med skritim in izhodnim slojem nevronov. Aktivacijska funkcija ϕ ima nalogo preračunati razdaljo med vhodnim vektorjem \mathbf{x} in vektorjem posameznega nevrona \mathbf{x}_j v aktivacijo. Manjša je razdalja, večja je aktivacija. Tako nevronska mreža pridobi vrednost, ki jo uporabi naprej za izračun vrednosti nevronov izhodnega sloja \mathbf{y} in je linearna kombinacija vrednosti nevronov skritega sloja. Optimizacija strukture nevronske mreže temelji na

izboru ustreznega števila nevronov skritega sloja in določitvi primernih vrednosti vektorjev \mathbf{x}_j ali \mathbf{c}_k , ki so vključeni v nevrone.



Slika 2: Struktura nevronske mreže z radialnimi baznimi funkcijami.

Vsak nevron ima svoj center in radij, ki se med nevroni razlikujeta. Velja pravilo, da nevroni z večjim radijem bolj vplivajo na spremembo vrednosti funkcije na večjih razdaljah kot nevroni z manjšim radijem.

Za aktivacijsko funkcijo v skitem sloju niso primerne vse radialne bazne funkcije. Najbolj pomembno je, da jih lahko matematično eksplicitno predstavimo. Nadalje iz sistema normalnih enačb določimo vrednosti uteži w_1, \dots, w_n :

$$\begin{aligned}
 w_1 \cdot \phi(\|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_1\|) + \dots + w_n \cdot \phi(\|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_n\|) &= y_1 \\
 w_1 \cdot \phi(\|\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1\|) + \dots + w_n \cdot \phi(\|\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_n\|) &= y_2 \\
 \vdots & \\
 w_1 \cdot \phi(\|\mathbf{x}_n - \mathbf{x}_1\|) + \dots + w_n \cdot \phi(\|\mathbf{x}_n - \mathbf{x}_n\|) &= y_n
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Dokler velja $\mathbf{x}_i \neq \mathbf{x}_j$ za $i \neq j$, bo matrika za izračun uteži, velikosti $n \times n$, obrnljiva. Povedano drugače, mogoča bo interpolacija:

$$f(\mathbf{x}) = w_1 \cdot \phi(\|\mathbf{x} - \mathbf{x}_1\|) + \dots + w_n \cdot \phi(\|\mathbf{x} - \mathbf{x}_n\|).
 \tag{8}$$

V enačbi (8) lahko uporabimo manj centrov, kot je vhodnih podatkov $k < n$ (to je: $\mathbf{c}_1, \dots, \mathbf{c}_k$), da pridobimo bolj enostavno funkcijo:

$$f(\mathbf{x}) = w_1 \cdot \phi(\|\mathbf{x} - \mathbf{c}_1\|) + \dots + w_n \cdot \phi(\|\mathbf{x} - \mathbf{c}_k\|).
 \tag{9}$$

Paziti je treba, da določimo optimalno število in vrednosti centrov. Z manjšim številom centrov, kot je vhodnih nevronov, nadalje zapišemo preslikovanje vhodnih podatkov v izhodne kot:

$$\phi \begin{pmatrix} \|\mathbf{x} - \mathbf{c}_1\| \\ \|\mathbf{x} - \mathbf{c}_2\| \\ \vdots \\ \|\mathbf{x} - \mathbf{c}_k\| \end{pmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \phi \|\mathbf{x} - \mathbf{c}_1\| \\ \phi \|\mathbf{x} - \mathbf{c}_2\| \\ \vdots \\ \phi \|\mathbf{x} - \mathbf{c}_k\| \end{bmatrix} \cdot \mathbf{W} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix} \quad (10)$$

2.1.3 Določitev centrov in uteži v RBFN

Določitev strukture RBFN poteka v dveh korakih. Najprej določimo centre in velikosti vplivnega območja (radija) posameznega nevrona skritega sloja, zatem izračunamo uteži.

Določitev centrov lahko poteka povsem naključno, vendar je veliko bolje, da vhodne podatke razdelimo v skupine, ki jim priredimo centre. Velikost območja, na katero ima posamezni nevron še vpliv, določimo z razdaljo podatkov posamezne skupine od centra. Razdelitev podatkov v skupine, imenovano grozdenje, poteka s tehniko nenadzorovanega združevanja podatkov v skupine (grozde), ki imajo skupne značilnosti. Velikokrat pri RBFN za ta namen uporabimo algoritem *K-means* (MacQueen, 1967). Algoritem *K-means* podatke razdeli v skupine in skupini priredi središče oziroma center. Ko so centri določeni, jih v nadaljevanju učenja z RBFN ne spreminjamo več, ampak spreminjamo le vplivno območje (radij) in uteži nevronske mreže.

Ker so izhodi linearni, uteži določimo z reševanjem enačbe (11). To pomeni, da nevronska mreža lahko privzame nepovratno strukturo. Učenje je vsak vhodno-izhodni par poteka po postopku določitve linearnih enačb (enačba 8), ki jih rešimo z metodo najmanjših kvadratov.

Če enačbo (10) poenostavimo, dobimo:

$$\Phi \cdot \mathbf{W} = \mathbf{Y} \quad (11)$$

kjer velja:

$$\Phi_{i,j} = \phi \|\mathbf{x}_j - \mathbf{c}_i\| \quad (12)$$

Φ je izhodna matrika skritega sloja nevronov, pri čemer je i -ti stolpec matrike Φ pravzaprav i -ti nevron skritega sloja. Večinoma je število nevronov skritega sloja manjše od števila vhodnih podatkov. To pomeni, da je Φ navadno pravokotna in lahko zato za določitev uteži uporabimo postopek metode najmanjših kvadratov, kjer minimiziramo kvadratno formo $E(f) = \|\Phi\mathbf{W} - \mathbf{Y}\|^2$. Na podlagi metode najmanjših kvadratov določimo uteži kot:

$$\mathbf{W} = \Phi^+ \mathbf{Y}, \quad \Phi^+ = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T \quad (13)$$

Ko je matrika Φ regularna, obstaja samo en vektor \mathbf{W} , ki reši enačbo (11). Rešitev je torej vedno enolična. Če je Φ singularna, ne moremo enolično določiti uteži. Rešitev temelji na najmanjši izračunani normi vseh možnih rešitev po metodi najmanjših kvadratov. V tem primeru za linearni sistem $\mathbf{Y} = \Phi \cdot \mathbf{W}$ velja, da ob poznanem vektorju \mathbf{Y} neskončno mnogo različnih uteži \mathbf{W} reši problem. Do posamezne (partikularne) rešitve pridemo z uporabo ustrezne generalizirane inverzije $(\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T$. Če uporabimo psevdoinverzijo $(\Phi^T \Phi)^+ \Phi^T$, ima vektor $\mathbf{W} = (\Phi^T \Phi)^+ \Phi^T \mathbf{Y}$ lastnost, da ima najmanjšo normo. Tudi norma diagonalnih elementov matrike $(\Phi^T \Phi)^+$ je najmanjša možna.

Manjša kot je norma za uteži, boljše aproksimacijo funkcije lahko dosežemo z uporabo konkretne strukture nevronske mreže. Pri tem je pomembno vedeti, da pri nevronske mreži z enim skritim slojem pri nadzorovanem učenju vhodnih vrednosti uteži ni treba prilagajati, ampak jih lahko izberemo poljubno. To pomeni, da v danem primeru pri nadzorovanem učenju izhodne vrednosti uteži obravnavamo kot rešitev linearnega sistema enačb, ki ima analitično rešitev ob predpostavki, da nevroni skritega sloja vključujejo eksplicitno izražene funkcije, ki so zvezno odvedljive (Huang, 1999). Te trditve ponujajo najbolj enostavno, najhitrejšo in najbolj učinkovito možnost učenja nevronske mreže z enim skritim slojem nevronov.

2.1.3.1 Dodatna izboljšava učenja RBFN

Še boljše rešitev so pokazali Chen et al. (1991) in Zhao in Huang (2002), ki so določitev uteži povezali s postopkom optimalnega izbora števila nevronov skritega sloja. Tu zaporedno dodajamo nove centre in posledično nevrone, računamo napako ter postopek ustavimo, ko je napaka aproksimacije manjša od dopustne. Postopek lahko opišemo s koraki:

1. začnemo z n kandidati za centre, pri čemer prvega še nismo izbrali ($M = 0$);
2. za vse preostale kandidate za centre $p = n - M$ ravnamo takole: p -ti center dodamo že izbranim centrom M , izračunamo uteži (enačba 13) in nazadnje napako aproksimacije (enačba 3) ;
3. izberemo center z najmanjšo napako aproksimacije in povečamo: $M = M + 1$;
4. ponovimo vse od točke 2.

Ker moramo z vsakim na novo dodanim nevronom ponovno izračunati uteži, je postopek zamuden. Chen et al. (1991) so predlagali, da centre izbiramo iz niza ortogonalnih vektorjev iz matrike Φ . Tako se izognemo večkratnemu izračunu uteži, ker je produkt $\Phi^T\Phi$ diagonalna matrika. Določitev uteži v vsaki novi strukturi še vedno poteka s psevdoinverzijo (enačba (13)), vendar je zaradi ohranjanja ortogonalnosti centrov eden od najhitrejših načinov učenja.

3 UPORABLJENE METODE Z DANIMI PODATKI

V prispevku prikazujemo prednosti uporabe nevronske mreže z radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami pri določitvi zveznih funkcij iz diskretnih podatkov. Grafično in numerično predstavljamo razlike v delovanju nevronske mreže, če v skritem sloju uporabimo različne aktivacijske funkcije.

3.1 Ocena kakovosti aproksimacije

Pri oceni kakovosti aproksimacije zvezne ploskve s posamezno strukturo nevronske mreže bomo določili:

1. oceno aproksimacije na primeru učnih vhodno-izhodnih parih podatkov, kar je vezano na oceno uspešnosti učenja, in
2. oceno aproksimacije na primeru testnih podatkov, ki jih nismo vključili v učenje, kar je vezano na oceno uporabnosti aproksimacijske funkcije.

Pri tem bomo določili normirano napako aproksimacije $E(f)$:

$$E(f) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - f(x_i))^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}, \tag{14}$$

kjer je $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$. Koren srednjega kvadratnega odstopanja (angl. *root mean squared error*) izračunamo kot:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2} \quad (15)$$

Dotatno bomo predstavili največje in najmanjše odstopanje aproksimirane vrednosti funkcije na primeru testnih podatkov. Pri učnem nizu nimamo težav, ker je učenje vezano na določitev najmanjšega odstopanja v aproksimaciji.

3.2 Struktura nevronske mreže za obravnavani primer

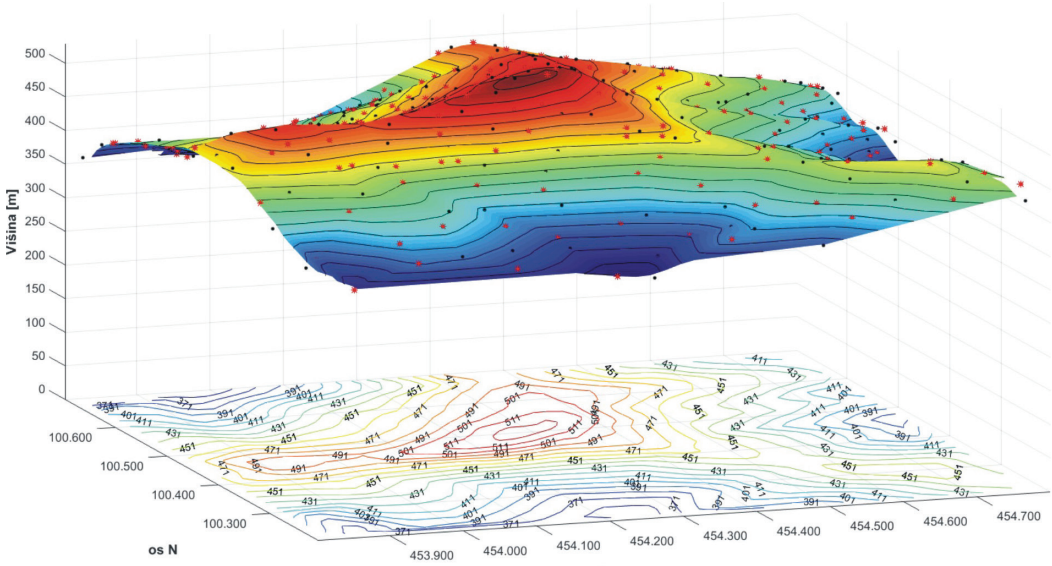
V dani situaciji imamo dva vhoda v nevronske mrežo in en izhod. Vsak vhod je vezan na eno položajno komponento horizontalnega položaja v koordinatnem sistemu D96/TM ($x_i \rightarrow e, n$). Izhod vključuje podatek o višini ($y_i \rightarrow H$). Cilj učenja je iz diskretnih podatkov pridobiti model višinske ploskve, iz katerega bo v poljubni točki mogoče določiti višino z ustrezno natančnostjo.

Nevronska mreža deluje po naslednjih korakih:

1. vzpostavitev začetnih vrednosti aktivacijske funkcije,
2. izračun produkta vmesnega sloja nevronske mreže (enačba 10),
3. določitev matrike uteži (enačba 13) oziroma,
4. določitev izhodnih vrednosti RBFN (enačba 11),
5. ocena, ali je aproksimacija za vse razpoložljive podatke v zelenih mejah (enačba 3), pri čemer predhodno določimo dopustno odstopanje. Če ne ustreza zahtevanemu, program usmerimo nazaj v drugi korak, kjer dodamo nevronske skrite sloje (enačba 10). Tu velja omeniti, da tako tudi tvegamo, da bo mreža prenaučena.

3.3 Testiranje učinkovitosti aproksimacije z različnimi aktivacijskimi funkcijami

V danem primeru imamo na obravnavanem območju na voljo 1399 vhodno-izhodnih parov podatkov. Gre za koordinate točk v koordinatnem sistemu D96/TM z danimi nadmorskimi višinami (slika 3), ki smo jih privzeli naključno iz digitalnega modela višin DMV 5. Podatke iz digitalnega modela višin smo pridobili le zato, da smo lahko pokazali primernost uporabe posamezne metode na razgibanem območju, medtem ko bi v nadaljevanju potek terena lahko prikazali na podlagi veliko več podatkov. Višina najnižje točke obravnavanega primera znaša 299,965 m in najvišje 378,426 m. Čeprav ocene kakovosti določitve višin iz DMV 5 nismo naredili, smo v izračun privzeli vrednosti, da bi lahko primerjali kakovost aproksimacije z različnimi metodami. Različne nevronske mreže smo testirali na enakih učnih in testnih parih podatkov, pri čemer smo nevronske mreže učili na 874 učnih parih, medtem ko smo na preostalih 525 podatkih testirali učinkovitost aproksimacije. Nadalje smo rezultate učenja primerjali z rezultati modeliranja ploskev z metodo *kriging*. Primerjavo smo naredili v poljubno izbranih točkah na ploskvi, za katere smo poznali višine, vendar jih nismo uporabili za modeliranje. V učenje nevronske mreže smo vključili različno število podatkov tudi zato, da smo pokazali prednosti aproksimacije ploskve, ko na posameznih območjih nimamo dovolj podatkov.



Slika 3: Obravnavano območje. Poljubno razporejeni podatki so predstavljeni točkovno. Učni podatki so na ploskvi označeni z belimi krogi, s črnimi kvadrati so označeni testni podatki.

V danem primeru smo v program vgradili možnost uporabe Gaußove, multikvadratične, inverzne kvadratične in inverzne multikvadratične funkcije ter poliharmoničnega zleпка. Uspešnost učenja smo preverili na testnih podatkih, kjer smo ocenili:

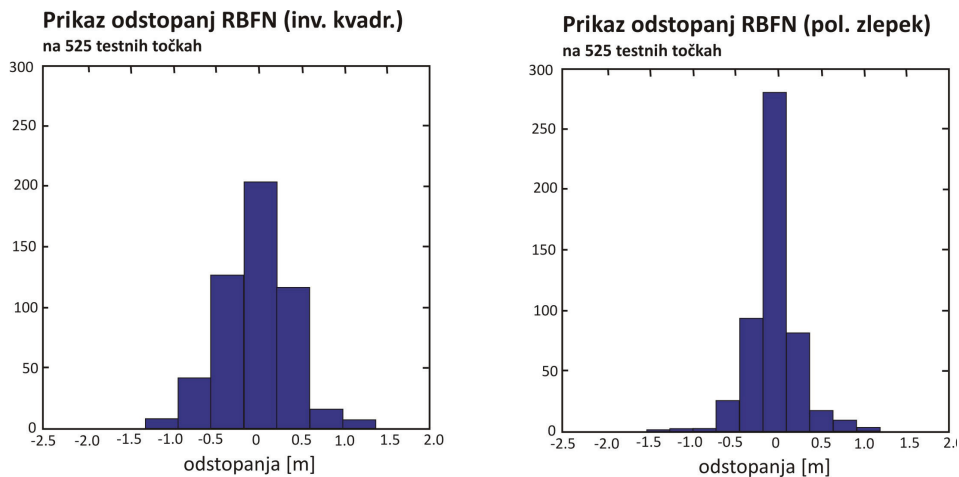
- najmanjše odstopanje od danih testnih vrednosti $\delta_{min} = \min (y - f(x))$;
- največje odstopanje na danih testnih vrednostih $\delta_{max} = \max (y - f(x))$;
- sredino odstopanja $\bar{\delta} = \sum_{i=1}^n \delta_i / N$, kjer je N število testnih podatkov;
- koren srednjega kvadratnega odstopanja $RMSE$.

Preglednica 2: Razlika med testnimi podatki in podatki, pridobljenimi z nevronskimi mrežami, ki vključujejo različne aktivacijske funkcije. V vsakem učenju smo uporabili enake učne in testne podatke.

	Gaußova funkcija	Multikvadratična funkcija	Inverzna kvadratična funkcija	Inverzna multikvadratična f.	Poliharmonični zlepek
$\delta_{min} [m]$	-50,189	-2,348	-2,072	-2,066	-1,113
$\delta_{max} [m]$	35,257	2,003	1,328	1,773	0,904
$\bar{\delta} [m]$	-0,324	-0,011	-0,016	-0,013	-0,008
$RMSE [m]$	4,663	0,523	0,387	0,447	0,204

V danem prispevku smo se omejili na uporabo manjšega števila podatkov za učenje nevronske mreže zato, da bi pokazali večjo oziroma manjšo učinkovitost aproksimacije z različno strukturo nevronske mreže. Treba je poudariti, da bi manjšo razliko med aproksimiranimi in danimi vrednostmi lahko določili, če bi imeli več vhodno-izhodnih parov podatkov. Številu podatkov nismo posvečali večje pozornosti, ker smo ugotavljali, katera radialna bazna funkcija je v danem primeru najboljša izbira za aktivacijsko funkcijo. Ker veliko programskih paketov v povezavi z RBFN vključuje le Gaußovo radialno funkcijo (tudi v MATLAB vgrajena funkcija), bi v danem primeru lahko rekli, da RBFN niso primerna izbira za

aproximacijo ploskve, saj so odstopanja na testnih podatkih prevelika (50 m, preglednica 2). Če pojem RBFN razširimo na uporabo različnih aktivacijskih funkcij, kot smo jih uporabili tudi mi, vidimo, da so RBFN zelo učinkovite pri aproksimaciji višinske ploskve. Iz rezultatov učenja in nadaljnjega testiranja, ki so predstavljeni v preglednici 2, vidimo, da je bila v danem primeru najboljša za aktivacijsko funkcijo izbira poliharmoničnega zlepka. V tem primeru se izračunane višine od dejanskih podatkov, ki niso bili vključeni v fazo učenja, razlikujejo le za približno en meter. Na sliki 4 prikazujemo histogram odstopanj na testnih podatkih za primer, ko smo v RBFN uporabili različni aktivacijski funkciji. Videti je, da so odstopanja najmanjša in najboljše razporejena pri izboru poliharmoničnega zlepka (desna slika).



Slika 4: Histogram odstopanj na testnih podatkih za RBFN, ko smo uporabili inverzno multikvadratno aktivacijsko funkcijo (levo) in poliharmonični zlepek (desno).

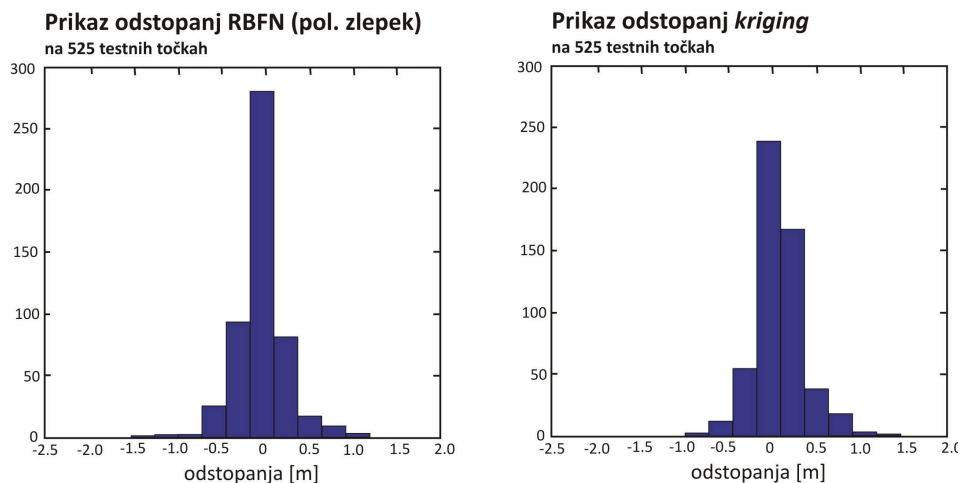
Želeli smo preveriti tudi učinkovitost aproksimacije z RBFN glede na ostale metode. Kot izhodišče za primerjavo smo uporabili stohastično metodo *kriging* in postopek linearne interpolacije, kjer smo ploskev, enako kot pri RBFN, določili na podlagi učnih podatkov, testni podatki pa so se uporabljali za določitev kakovosti modeliranja. Za analizo učinkovitosti modeliranja smo uporabili točke, ki so bile le znotraj območja danih podatkov.

Preglednica 3: Razlika med testnimi podatki in podatki, pridobljenimi z linearno interpolacijo in *krigingom* – računano le znotraj robov definicijskega območja podatkov.

	Linearna interpolacija	<i>Kriging</i>
δ_{min} [m]	-2,480	-1,643
δ_{max} [m]	3,488	1,110
$\bar{\delta}$ [m]	0,001	-0,015
<i>RMSE</i> [m]	0,523	0,311

Izračuni (preglednici 2 in 3) so na danem primeru podatkov pokazali prednost uporabe nevronske mreže pred drugimi metodami. Največje odstopanje z RBFN modeliranih od danih vrednosti v absolutnem smislu znaša približno en meter. Rezultati uporabe radialne nevronske mreže s poliharmoničnim zlepkom za aktivacijsko funkcijo (6. stolpec v preglednici 2) so zelo podobni rezultatom *kriginga* (3. stolpec v

preglednici 3). Histogram odstopanj na testnih podatkih za RBFN s poliharmoničnim zlepkom in za metodo *kriging* prikazujemo na sliki 5. Porazdelitev odstopanj je obkraj podobna, večina odstopanj je med $-0,5$ in $0,5$ metra.



Slika 5: Levo – histogram odstopanj na testnih podatkih za RBFN (poliharmonični zlepek); desno – histogram odstopanj za *kriging*.

4 RAZPRAVA O REZULTATIH

Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko rečemo, da je uporaba nevronske mreže z radialnimi baznimi funkcijami smiselna izbira aproksimacije za višinsko ploskev. Iz rezultatov v preglednici 2 je razvidno, da ni vsaka struktura nevronske mreže primerna za reševanje posameznega problema. V dani situaciji smo z nevronske mreže z Gaušovo aktivacijsko funkcijo dobili rezultate, na podlagi katerih smo lahko ugotovili, da RBFN niso primerne za uporabo. Šele nadaljnja analiza različnih uporab aktivacijskih funkcij je privedla do ocene primernosti uporabe RBFN. V našem primeru se je kot najbolj učinkovita izkazala uporaba poliharmoničnega zleпка za aktivacijsko funkcijo. Različni avtorji navajajo, da splošnega pravila, katero aktivacijsko funkcijo v posameznem primeru uporabiti, ni, zato je treba aproksimacijo z RBFN narediti z različnimi aktivacijskimi funkcijami. O povezavi med obliko vhodnih podatkov (na primer podatki z velikimi/manjšimi spremembami v vrednostih) in uporabo aktivacijske funkcije lahko le sklepamo, praktične rešitve še ne poznamo. Kakovost aproksimacije je še vedno pogojena s količino podatkov, ki jih imamo na voljo. Če bi na testnem območju določili več vhodno-izhodnih parov podatkov za učenje, bi bila tudi kakovost aproksimacije v smislu največjega/najmanjšega odstopanja boljša. Vendar se to praviloma nanaša na vse metode modeliranja ploskev. Tako pri uporabi RBFN kot pri drugih metodah je treba imeti na voljo tudi podatke, ki jih ne uporabimo za modeliranje, ampak jih uporabimo naknadno za oceno kakovosti modeliranja. V nadaljevanju bi bilo dobro preveriti delovanje nevronske mreže zunaj definicijskega območja danih podatkov in opredeliti kakovost aproksimacije še z drugimi metodami (na primer kolokacija po metodi najmanjših kvadratov).

5 SKLEP

V prispevku smo želeli prikazati lastnosti uporabe nevronske mreže z različnimi radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami na praktičnem primeru aproksimacije višinske ploskve. Nevronske mreže v zadnjem času uporabljajo kot alternativo že znanim in preizkušenim metodam, in izkazale so se za učinkovito orodje, predvsem tam, kjer nimamo na voljo dovolj podatkov oziroma so ti obremenjeni s šumom. Pokazali smo, da je nevronska mreža, čeprav ne temelji na upoštevanju zaporednih matematičnih korakov modeliranja, primerno orodje za določitev zveznih funkcij, ki jih potrebujemo za grafične izrisi, izračun točk med diskretnimi podatki ali za nadaljnje računanje prostornin z določenim naborom podatkov.

Kljub dobri aproksimaciji v povezavi z RBFN še vedno ostajajo nerazrešena vprašanja. Naprej se navezujejo na izbor aktivacijske funkcije v skritem sloju. Tako kot navajajo drugi avtorji, smo tudi v danem primeru prišli do ugotovitve, da je najboljši izbor strukture nevronske mreže vezan na večkratno uporabo različnih nevronske mreže (z različnimi aktivacijskimi funkcijami) na istem nizu podatkov in na oceni, s katero strukturo pridobimo najboljše rezultate. Predvidevamo, da je izbor aktivacijske funkcije v skritem sloju odvisen tudi od podatkov, ki jih obdelujemo. Enako velja za predstavitev učinkovitosti nevronske mreže na primeru »problematičnih podatkov«, ki lokalno odstopajo od drugih podatkov.

Kakovost aproksimacije je zelo odvisna od izbora oziroma razdelitve podatkov na učne in testne. Če izbor delamo naključno, kar je navadno vezano na večje število podatkov, je dobro učenje ponoviti na različnih kombinacijah učnih in testnih podatkov, saj včasih razdelitev podatkov vodi do problematike neupoštevanja lokalnih značilnosti poteka ploskev. Izbor lahko naredimo tudi naključno ob predhodnem hitrem pregledu podatkov, kjer postavimo zahtevo, da pri večjih odstopanjih podatkov glede na prehodne vrednosti izberemo del podatkov, ki bo vedno vključen v skupino učnih podatkov.

Uporaba nevronske mreže z radialnimi baznimi funkcijami na danem primeru se je izkazala kot učinkovito orodje aproksimacije, ki ima zaradi nepovratne strukture prednosti v hitrosti učenja. V prihodnosti bi bilo morda smiselno učni algoritem povezati s še bolj kompleksnimi aktivacijskimi funkcijami in narediti analizo, katero aktivacijsko funkcijo uporabiti, ko imamo na voljo različno število in različno razporeditev diskretnih podatkov.

Literatura in viri:

- Ambrožič, T., Kuhar, M., Stopar, B., Turk, G. (1999). Modeliranje lokalnega geoida z umetnimi nevronske mrežami. *Geodetski vestnik*, 43(2), 118–129.
- Broomhead, D. S., Lowe, D. (1988). Multivariable functional interpolation and adaptive networks. *Complex Systems* 2, 321–355. <https://www.complex-systems.com/pdf/02-3-5.pdf>, pridobljeno 15. 3. 2016.
- Buchmann, M. D. (2003). *Radial Basis Functions: Theory and Implementations*. Cambridge University Press. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511543241>
- Carozza, M., Rampone, S. (2001). An incremental multivariate regression method for function approximation from noisy data. *Pattern Recognition*, 34(3), 179–186. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neunet.2005.07.008>
- Chen, S., Cowan, C. F. N., Grant, P. M. (1991). Orthogonal least squares algorithm for radial basis function networks. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2(2), 302–309. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/72.80341>
- Cybenko, G. (1989). Approximation by superpositions of a sigmoidal function. *Mathematics of control Signals Systems* 2, 303–314. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02134016>
- Derenda, I. (2007). *Aproksimacija višinske referenčne ploskve z nevronske mrežami*. Diplomsko delo. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. http://drug.fgg.uni-lj.si/834/3/GEU_0731_Derenda.pdf, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Fornberg, B., Flyer, N. (2014). *Solving PDEs with Radial Basis Functions*. https://amath.colorado.edu/sites/default/files/2014/09/.../Paper_04.pdf, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Hebb, D. O. (1949). *The Organization of Behavior*. Wiley, New York. DOI: [http://dx.doi.org/10.1002/1097-4679\(195007\)6:3<307::aid-jclp2270060338>3.0.co;2-k](http://dx.doi.org/10.1002/1097-4679(195007)6:3<307::aid-jclp2270060338>3.0.co;2-k)

- Hopfield, J. J. (1982). Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proceedings of National Academy of Sciences USA*, 79(8), 2554–2558. DOI: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.79.8.2554>
- Hornik, K., Stinchcombe, M., White, H. (1989). Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural Networks*, 359–366. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0893-6080\(89\)90020-8](http://dx.doi.org/10.1016/0893-6080(89)90020-8)
- Huang, D. S. (1999). Radial Basis Probabilistic Neural Networks: Model and Applications. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 13, 1083–1101. DOI: <http://dx.doi.org/10.1142/S0218001499000604>
- Light, W. A., Cheney, W. W. (1992). Interpolation by periodic radial basis functions. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 168(1), 111–130. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-247x\(92\)90193-h](http://dx.doi.org/10.1016/0022-247x(92)90193-h)
- Kosmatin-Fras, M. (2004). Vpliv kakovosti vhodnih podatkov na kakovost ortofota. *Geodetski vestnik*, 48(2), 167–178. http://www.geodetski-vestnik.com/48/2/gv48-2_168-178.pdf, pridobljeno 15. 3. 2016.
- McCulloch, W. S., Pitts, W. (1943). A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115–133. Ponovni natis v Anderson & Rosenfeld, 1988, 18–28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/bf02478259>
- Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B. (2009). GPS orbit approximation using radial basis function networks. *Computers & Geosciences*, 35(7), 1389–1396. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2008.02.038>
- Powell, M. (1987). Radial basis functions for multivariable interpolation. V: J. Mason, M. Cox (ur.) *Algorithms and Approximation*. Clarendon Press, Oxford.
- Rosenblatt, F. (1958). The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain, Cornell Aeronautical Laboratory, *Psychological Review*, 65(6), 386–408. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/h0042519>
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., Williams, R. J. (1986). Learning internal representations by error propagation. V: *Readings in Cognitive Science*, 399–421. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-1-4832-1446-7.50035-2>
- Šumrada, R. (2005). *Strukture podatkov in prostorske analize*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Zainuddin, Z., Pauline, O. (2008). Function approximation using artificial neural networks. *WSEAS Transactions on Mathematics*, 7(6), 333–338. <http://www.naun.org/main/UPress/saed/saed-23.pdf>, pridobljeno 10. 3. 2016.
- Zhao, W. B., Huang, D. S. (2002). Application of Recursive orthogonal Least Squares Algorithm to The Structure Optimization of Radial Basis Probabilistic Neural networks. *ICSP*, 1211–1214. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/icosp.2002.1180008>



Pavlovčič Prešeren P., Stopar B., Sterle O. (2016). Modeliranje 3D-ploskev z nevronskimi mrežami z radialnimi baznimi aktivacijskimi funkcijami. *Geodetski vestnik*, 60 (2): 241–255. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.241-255

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: polona.pavlovic@fgg.uni-lj.si

prof. dr. Bojan Stopar, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: bojan.stopar@fgg.uni-lj.si

asist. dr. Oskar Sterle, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: oskar.sterle@fgg.uni-lj.si

VZPOSTAVITEV SODOBNEGA KATASTRA: PRAVNI VIDIK OPISOVANJA NEPREMIČNINE V TREH RAZSEŽNOSTIH

BUILDING A MODERN CADASTRE: LEGAL ISSUES IN DESCRIBING REAL PROPERTY IN 3D

*Jesper M. Paasch, Jenny Paulsson, Gerhard Navratil, Nikola Vučić, Dimitrios Kitsakis,
Marcin Karabin, Mohamed El-Mekawy*

UDK: 338.486.1:528.4+006.024
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
Prispelo: 26. 2. 2016
Sprejeto: 6. 6. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.256-268
REVIEW ARTICLE
Received: 26. 2. 2016
Accepted: 6. 6. 2016

IZVLEČEK

Obravnava nepremičnin v treh razsežnostih (3D) je postala pomembna raziskovalna tema v preteklem desetletju. V prispevku so predstavljene ugotovitve in nadaljevanje mednarodne razprave o pravnem vidiku evidentiranja nepremičnin v treh razsežnostih, ki je potekala na četrti mednarodni delavnici o 3D-katastru leta 2014 v Dubaju. Namen prispevka je nadgraditi in analizirati pravne vidike trirazsežne nepremičnine ter predstaviti izkušnje na področju določevanja in registracije 3D-nepremičnin. Vzpodbuditi želimo nadaljnjo razpravo o pravnih okvirjih uveljavitve koncepta 3D-nepremičnine in 3D-katastra, predvsem pa pri tem določiti ključne vsebine pri obravnavanju pravnega vidika tega vprašanja.

ABSTRACT

Three-dimensional (3D) real property has been the subject of increased research activity during the last decade. This article continues the discussions of the legal framework sessions at the 4th international workshop on 3D cadastres in Dubai 2014 in order to further develop and analyse the legal concepts of 3D real property, and presents an overview of experiences from 3D property use and registration. The outcome is intended to initiate discussions on the legal framework of 3D cadastres and aims at identifying the main topics concerning the legal aspects of 3D property and cadastre.

KLJUČNE BESEDE

3D-kataster, 3D-nepremičnina, pravni okvir, upravljanje zemljišč

KEY WORDS

3D cadastre, 3D real property, legal framework, land management

1 INTRODUCTION

As humans we live in a three-dimensional (3D) world. All processes are implemented and experienced in a 3D environment; from agriculture to navigation, from recreation to consumption. We use the space for e.g. apartments and offices, and implicitly attach ownership rights and rights of use to these spaces and objects. Legislation traditionally addressed real property as two-dimensional (2D), only implying limited or ambiguous vertical aspects depending on each case. As needs of modern societies on land increased, further limitations were required to regulate overlapping private and public rights. Such complex cases cannot be accommodated through current legislation, which was based on the assumption that overlapping rights could be addressed through instruments such as condominiums, limited real rights or specific legislation.

The documentation of the legal situation for rights on real property, however, is traditionally done in 2D. The reason is that 3D models were expensive to build and difficult to store. It was computers with 3D visualization capabilities that changed the situation and allowed the use of real 3D models for design, visualization, documentation, and analysis. Since most land right documentation systems were introduced before computers were even developed, traditionally rights are documented in the horizontal plane only and seen as vertically unrestricted. This obviously collides with the observation of a 3D reality, so the shift from 2D to 3D documentation is reasonable.

Ploeger (2011) argues that “*if a legal system does not provide the instruments to create 3D property, there is no need for a 3D cadastre at all.*” In addition, a 3D cadastre itself does not make 3D property rights possible. The term 3D property is much used in connection with three-dimensional objects such as apartments/condominiums in (often multi-floor) buildings and other physical constructions such as underground garages and tunnels. Nevertheless, the foundation for managing physical facilities is the legal framework(s) which define the rules for e.g. RRRs (rights, restrictions and responsibilities) in three dimensions. When developing and using a successful and lasting system for 3D property rights, there are certain key factors that seem to be of particular importance regardless of legal system, several of which are related to management (Paulsson, 2007). There have to be clear rules regarding this management of 3D property included in the legal framework of 3D property rights. The concepts of 3D property formation and management are for example used to secure and describe ownership and other rights in densely populated urban areas, thus making it possible to establish real properties and other RRRs “on top” of each other, thereby creating a framework for a more effective management and use of space in three dimensions.

Although 3D property has a foundation in legislation, the authors have noted a tendency to focus on non-legal, e.g. technical, questions in 3D property research rather than on legal issues, which are the basis of 3D property. This observation is supported by the discussions during the 2nd and 4th international workshops on 3D cadastre (Banut, 2011, pp. 3–4; Paasch, 2014), which both resulted in conclusions that further research on the legal aspects is required. The 4th workshop discussions were based on a position paper aiming at initiating the discussions of 3D legal frameworks by identifying the main topics concerning the legal aspects of 3D cadastre (Paasch and Paulsson, 2014). The paper initiated discussions on the legal framework of 3D cadastres and aimed at identifying the main topics concerning the legal aspects of 3D cadastre and further future research.

2 PROBLEM DESCRIPTION AND AIM

Several problems in the use of 3D property today from a legal point of view have previously been identified. Ho et al. (2013) mention, among others, the concept of 3D property, its legal status and classification of associated rights; questions raised over the legislative framework required to support autonomous registration of 3D property, common property regimes, and the registration of real property vs. physical objects. Ho et al. (2013) point out that the literature on legal issues in this field has to a large extent been focusing on the actual concept of 3D property and refers e.g. to different types and categories of 3D property (see Paulsson, 2007). They point to the lack of progress towards implementation of 3D cadastre as resting mainly on legal limitations. That is why this article is focusing more on other issues related to implementation of a 3D cadastre rather than discussing the concept of 3D property.

Other examples illustrating the need for research on 3D property have been described in Paulsson and Paasch (2013), Paasch (2014), and Paasch and Paulsson (2014). The outcome of the legal framework working sessions (Paasch, 2014) showed several areas in which 3D legal research could be improved, e.g. illustration of the benefits in describing and securing real property through the introduction of 3D real property concepts, restrictions and responsibilities affecting land use. The workshop also concluded that comparative studies on the use of 3D property concepts are a valuable input for understanding other legal systems and receive input for e.g. further development of one's own legal system(s).

A land right documentation system consists of definitions, documentation, and processes. The required processes are the same as for any documentation system: Data needs to be created, changed, deleted, and retrieved (Navratil and Frank, 2004). These processes may not require much change. However, the data itself, i.e., the documentation, and the definition of the elements need to be addressed when moving from 2D to 3D.

Definition of legal attributes is also complex. Changes in the definition are necessary and a typical change is the term of the range of property rights (compare Acharya, 2011; Erba and Graciani, 2011; Dimopoulou and Elia, 2012; Karabin, 2014). There may be regional similarities, but each country has its own legal framework, constitutional definitions, and legal traditions. Definitions developed for one country may not be applicable in any other jurisdiction. It needs to be analysed what parts of a legal setup can be transferred to another country and what parts need to be adapted. This would require a common terminology that is still lacking (Ploeger, 2011). Any technically sound solution could be implemented. The solutions for one country can be used as starting points for the development of solutions in other countries and thus countries can learn from others' experiences and avoid their implementation errors.

This article continues the discussions of the legal framework sessions at the 4th international workshop on 3D cadastres in Dubai 2014 in order to further develop and analyse identified research issues relating to the legal concepts of 3D real property, and presents an overview of experiences from 3D property use and registration. The outcome is, however, not intended to present a comparison of national 3D solutions, but to initiate discussions on the legal framework of 3D cadastres and aims at identifying the main topics concerning the legal aspects of 3D property and cadastre, as well as needs and possibilities for further future research (Paasch, 2014). These legal aspects are categorized below as the legal difference between 2D and 3D; ownership rights and building (use) rights; and cost and value of 3D cadastral processes.

3 LEGAL ASPECTS OF 3D REAL PROPERTY

The legal definition of real property worldwide is, in most cases, based on the Roman principles comprising vertical accession and land extents from the centre of the earth up to the sky. Such principles are either applied in a more flexible way facilitating real property stratification, e.g. Common Law jurisdictions, or in a more restrictive way, e.g. in Civil Law jurisdictions (Kitsakis and Dimopoulou, 2013). While old, the concept is still in use in many modern jurisdictions (compare Ball, 1928; Dale and McLaughlin, 1988, p. 20; Ellickson, 1993, p. 1363). Ellickson uses the example of mining activities to motivate the necessity for vertical boundaries, i.e., a separation of ownership of the land from the ownership on the mineral resources. He also points out that mining activities are typically undertaken on larger areas than other types of land use like agriculture or housing (Ellickson, 1993, p. 1363). However, the focus here is on the simplicity of rules as the “creation of a new vertical boundary is administratively burdensome and invites conflicts between owners of adjoining layers” (Ellickson, 1993, p. 1364). Thus 3D property is less a problem of legal definition and more a problem of delineation.

Establishment of 3D Cadastres does not imply the introduction of a radically different land management system. Its aim is identical to that of a traditional cadastre: to provide legal security on rights, restrictions, and responsibilities (RRRs) imposed on land by representing it on a map. However, it is able to cope with more complex RRRs and can represent their spatial extent more clearly. Given the diversities of national legal systems, there is no unique 3D Cadastre solution that is pursued. Implementation of general concepts of land management in 3D would be sufficient, if adapted to national legal peculiarities. These concepts include legal definition and establishment of 3D real property units that are unambiguously delimited in 3D space, along with necessary tools of management of such 3D objects. Furthermore, adjustment of Public Law regulations to 3D reality is required to support efficient land management. Organisational and technical aspects should also be considered within the, pursued, 3D cadastral framework; cadastral laws should be amended accordingly to support 3D cadastral survey along with cadastral databases to record and present real property data in 3D.

Looking through lawyers' participation in 3D Cadastre Workshops, it seems that their interest in the legal aspects of 3D Cadastre is not great; as noticed during the 4th Workshop on 3D Cadastres, no lawyers attended (Paasch, 2014). Furthermore, property laws are well established and not easily reformed, reflecting social and cultural peculiarities of each jurisdiction (Ho et al., 2013). However, there are still legal issues that need attention. We pinpoint some of them in the continuation.

3.1 Is there a legal difference between 2D and 3D?

2D and 3D parcels are not much different: A parcel is an n -dimensional subspace in n -dimensional space. Whether it is modelled as a 2D space or a 3D space is irrelevant. The concept of neighbours exists in a 2D system as well as in a 3D system. However, there are different kinds of legal dependencies between neighbouring parcels. Whereas in 2D, aspects like water runoff or physical access are easy to model and solve, physical dependencies in 3D situations are much more complex. A multi-storey building is constructed in a way that the weight of the upper levels is supported by the lower levels. This physical dependency translates into ownership restrictions if the condominium rights are defined as 3D parcels (Navratil, 2012). This relation is new and although it may be treated like other relations, legal experts must analyse it for possible effects. The same may be true for other relations that are connected to 3D, such as the ownership of walls between apartments or maintenance rules for common staircases and building infrastructure.

Land seems to share similar definitions both in Civil and Common Law jurisdictions. Civil Law defines real property to be extending to the space above and below the surface parcel, comprising all buildings and constructions permanently attached to it. However, the real property extent is either delimited to the extent that the owner has “no interest in opposing against it”, (the expression “as far as the owner has any practical interest” is also used) or it is subject to laws referring to mines, water, environment, archaeology, urban planning and aviation. Explicit reference to individual stratified property is e.g. made to Swedish Land Code defining that real property can be delimited either horizontally or both horizontally and vertically (Chapter 1, Sec. 1). Similarly applies to the Cadastre Act of Norway that provides for 3D parcels along with limitations on cadastral parcels due to “possible creation of 3D parcels” (Chapter 2, Sec. 5). Latin American “(legal) land objects” may also be considered as a kind of 3D concept, although, except for Argentina, are not explicitly defined in Latin American countries’ legislation (Erba and Piumetto, 2012). In Common Law “land” is commonly defined as “...land, messuages, tenements, hereditaments, corporeal and incorporeal, of every kind and description, whatever the estate or interest therein, together with all paths, passages, ways, watercourses, liberties, privileges, and easements appertaining thereto, and all trees and timber thereon, and all mines, minerals and quarries, unless specially excepted...” (stipulation used in Transfer Land Act of New Zealand, Land Titles Act of Alberta, Real Property Act of Manitoba).

Terminology describing 3D property internationally along with legal definitions differs (Paulsson and Paasch, 2013). Independent 3D property units may be defined as “volumetric parcels (or spaces)” situated above and/ or below land surface, that may or may not be partially or totally occupied by a structure. Australian states and New Zealand definitions of 3D property focus on horizontal and vertical delimitation of land in height and depth; a similar concept applies to Swedish and Norwegian legislation while in Israel, subdivision of surface parcels to spatial sub-parcels has been selected after a research and development project to register rights in space (Benhamu, et al., 2005) although relative legislation has not yet been established. A more complex concept of real property units with 3D aspects applies in Malaysia, including accessory units, parcel units, limited common property and land parcels (Zulkifli, et al., 2014). Depending on intended use of 3D property, some countries have introduced different types of 3D units, such as the three-dimensional property unit and three-dimensional space in Sweden, or the standard, volumetric, restricted and remainder parcels in the state of Queensland (Paulsson, 2012; Land Act of Queensland).

3.2 Ownership rights and building (use) rights

Definition of real property by law comprises everything that is permanently attached to land, i.e. the “*superficies solo cedit*” principle. Consequently, real property ownership has been strongly related to building rights. Such a concept could not accommodate vertical real property exploitation involving overlapping rights, which has led to the introduction of limited real rights or other laws establishing horizontal property or posing restrictions on real property’s vertical extent, aiming to dissociate building and use rights from land property rights (Monteiro, 2008). 3D Cadastre legislation would allow for such a distinction and secure proper exploitation of real property within the land market.

Furthermore, 3D Cadastre legislation provides the opportunity for exceptional real property regimes with 3D aspects to be incorporated in cadastral databases so that such rights are properly described and secured. Characteristic examples are Special Real Property Objects, SRPO, e.g. in Greece where land

ownership and building rights do not coincide and e.g. public properties located below private properties, see Figure 1, or building rights in Brazil, where land is owned by the surface parcel owner, while the air in which buildings stand belongs to the State (Erba and Piumetto, 2012).

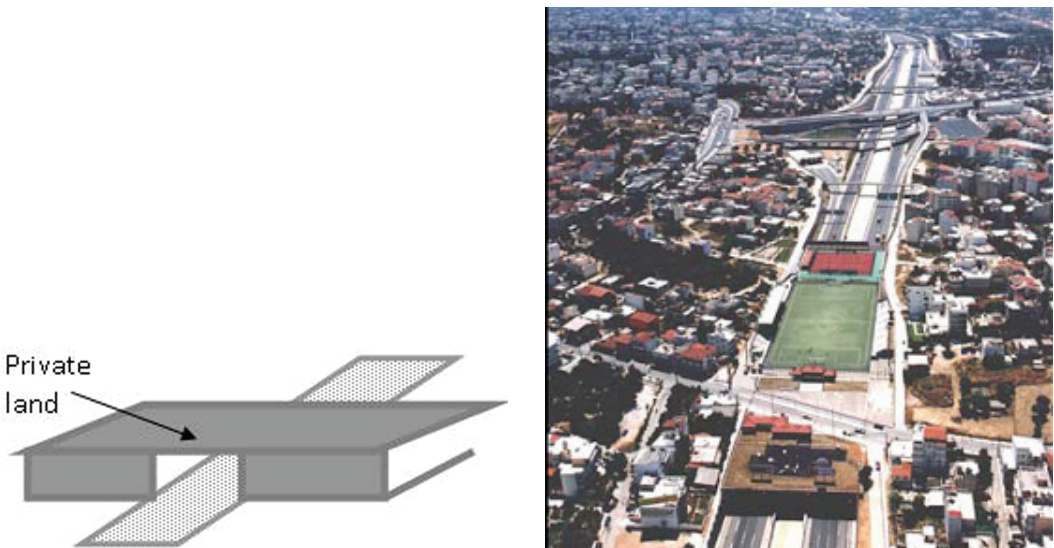


Figure 1: Sports facilities situated above a major public road (Dimopoulou et al., 2006).

Similarly applies in case of utility easements for the establishment and maintenance of underground utilities, where ownership of the surface land parcel may not imply respective building rights, due to restrictions posed by the exercise of the easement. Public Law regulations may also result in differentiation between land ownership and building or use rights that fall in 3D Cadastre legislation scope; within a 3D cadastral legal framework, such differences are easier to be established, recorded to cadastral databases, presented on cadastral maps and managed. An example of 3D subdivision of a building creating separate ownership rights for horizontal properties can be seen in Figure 2.

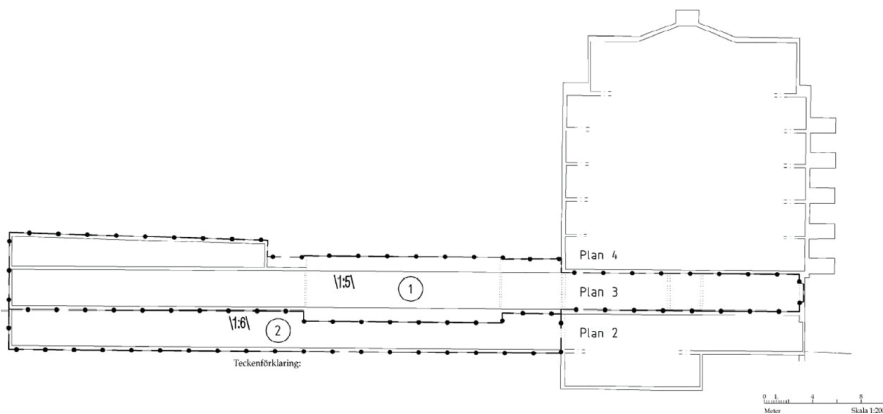


Figure 2: Example of 3D subdivision of a building creating separate ownership rights for horizontal properties: Offices (Plan 2), parking facilities (Plan 3) and dwelling purposes (Plan 4). Source: Lantmäteriet, the Swedish mapping, cadastral and land registration authority.

Building rights are difficult to manage in traditional 2D cadastral systems. An example is the Austrian cadastre, which is well-developed and provides the concept of building right. The land owner grants the right to build on his/her land and during the legal existence of the right (which is restricted to 99 years), the beneficiary of the building right is the owner of the building. This includes the right to use the land in a required extent. This implies using the path from the building to public land. However, the right holder may be entitled to use the complete parcel or at least parts of it. The actual spatial extent and the included rights (e.g., plant trees or pave the path to the house) are part of the building right contract. However, the cadastral map does not show the spatial extent and the land register does not show the included rights. Figure 3 shows the missing representation of the geographic extends in the cadastral map. Although the construction is situated in the southern part only, the cadastre does not indicate any restriction.

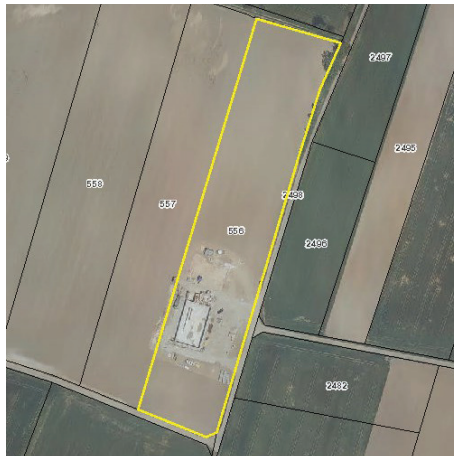


Figure 3. Example of a building right in the Austrian cadastral map. Source: BEV, Federal Office of Metrology and Surveying, Republic of Austria.

3D ownership and building rights may be subject for rather rudimentary descriptions in a nation's cadastre. For example, the registration of a Swedish 3D property is done by registration of textual information in the textual part of the cadastre, and by registration of contour footprints in the cadastral index map. The spatial representation of 3D property in the cadastral index map is sometimes also quite rudimentary. See Figure 4 and 5.

Läge, karta (09)				
Område	N, E (SWEREF 99 TM)		N, E (SWEREF 99 18 00)	
1	6582728.4	671911.8	6581457.7	151337.1
2 3D-utrymme	6582787.6	672177.9	6581504.8	151605.6
Ändamål: byggnad				
Storlek: Utrymmet i horisontalplan är ca 75 kvm.				
Höjd: Höjdläget är mellan CA+31,2 meter och CA+55 meter i RH00.				
Urholkar: Solna Haga 4:20, Solna Haga 4:26				
3 3D-utrymme	6582888.3	672049.6	6581611.2	151481.9
Ändamål: byggnad				
Storlek: Utrymmet i horisontalplan är ca 6 kvm.				
Höjd: Höjdläget är mellan CA+26,3 meter och CA+58,5 meter i RH00.				
Urholkar: Solna Haga 4:20				
Urholkas av				
3D-utrymme: Solna Haga 6:1 område 1				

Figure 4: Registration of textual 3D property information in the Swedish cadastre, marked by red circles. Extract from the Swedish real property register. Source: Lantmäteriet, the Swedish mapping, cadastral and land registration authority.

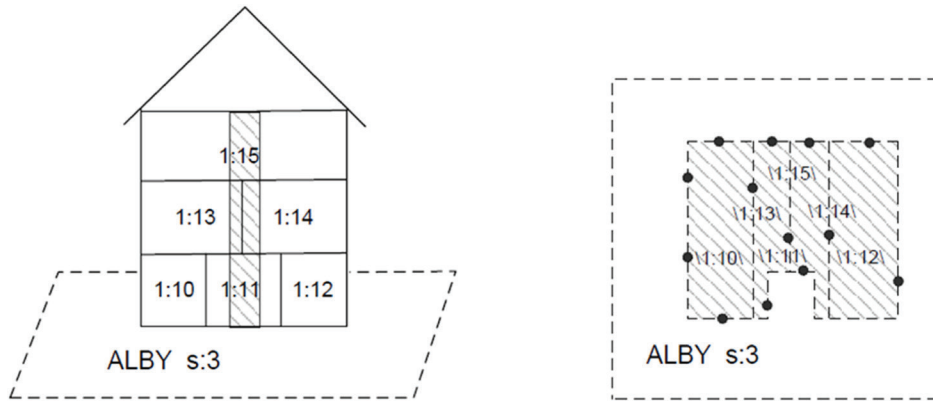


Figure 5: Registration of spatial 3D property information (left) in the Swedish cadastral index map (right). Lantmäteriet (2004).

Similarly, in Croatia ownership rights in the form of separating special parts of a real property unit can be modelled as integral parts of a 3D building model (Figure 6) and during that process a unique identifier of special part of a real property can be assigned to an apartment or an office space within each building (Vučić et al., 2013). Attributes which can be registered for special part of a real property, and can be potentially important, are 3D coordinates, plan area and volume (which are calculated by 3D coordinates), orientation of special part of a real property, the use (for example apartment, a suite, an office space, etc.), the number of floors in a building, the year in which the building was built etc. That means everything that is necessary for the country as the founder and owner of the official register, having in mind the needs of potential users of that register, the needs of the country itself and the economic progress and legal security which is expected out of an official real property register.



Figure 6: A special part of real property.

A unique feature identifier can be assembled by using the identification number of the municipality, the number of a building in a cadastral municipality, floor (where underground partitions are identified as P-1 until P-n, ground floor as P, and over-ground partitions as P+1 until P+n) and in the end the number of the special part of a real property on an individual floor. As an example a building was chosen at address Zagreb, Trnsko 12, an apartment on the 10th floor (Table 1).

Table 1: An example of forming a unique identifier of a special part of real property

Identification number of a cadastral municipality	Number of building in cadastral municipality	Floor	Number of a special part of real property
335444	55	P+10	4
Unique feature identifier = 335444,55,P+10,4			

3.3 Cost and value of 3D cadastral processes

The success of a cadastral system is not dependent on its legal or technical sophistication, but whether it protects land rights adequately and permits those rights to be traded (where appropriate) efficiently, simply, quickly, securely and at low cost. The Bogor Declaration identifies, among others, the following key issues: clear identification and recording of ownership rights and restrictions and obligations to land, speed and keeping up-to-date (UN-FIG 1996). 3D cadastres aim at improving the first part by providing better spatial delimitation of rights. However, if the available (financial) resources are insufficient to keep an existing, traditional cadastral system up-to-date then there is a need for economic justification. Protection of rights and restrictions in 3D cadastres is identical to the protection in 2D systems and needed in both cases. The description of real property in 3D is considered to be more complex, though, and influences existing formalities such as subdivision, conveyance, mortgage and management of real property. This may cause higher costs for changes in the data. These costs must be justified by added value for the right holders.

However, these concerns do not reflect the practical benefits that could be reaped through 3D cadastral legislation. Feder and Feeny (1991) present the way land rights impact on the incentives and scope of land market transactions in land and credit, including provision of incentives to efficient land use and investment, reduction of uncertainty and credit market efficiency. Establishment of 3D land rights practically generates “new”, legally secure, property units that can be exploited with similar effects to land rights in contemporary 2D real property. Possibility of 3D property segmentation would allow for more space to be available on the land market that allows reduction of acquisition costs and therefore, a more attractive concept for investment projects.

Use of 3D property as collateral for financial credit would be of benefit both for financial institutions and the borrowers. 3D rights secure 3D real property, reducing the risk of financial institutions to provide funding, which, consequently, facilitates financing of investment projects. Proper implementation of such a concept would require to be combined with the development of 3D Public Law and any other regulations, ensuring timely update of the Public Registers so that no 3D units that are encumbered by 3D restrictions can be used as collateral. Given that restrictions on real property do not always imply preventions of using real property as collateral, legislation would also be required to define the cases where 3D restrictions on real property comply with the establishment of collateral relationships.

The introduction of 3D cadastral parcels would result - the case of many investments - in the lack of a necessity to purchase the property rights to "entire" cadastral parcels, as it happens in the case of the two-dimensional cadastre (Karabin, 2014). Many types of aboveground and underground objects like tunnels of underground railways, railway tunnels, overpasses or underground parking places in 2D cadastre are established in a way of setting a servitude. A servitude right is not an attractive form for investors, because the lack of possibility to set a mortgage based on this right. Conversion of servitude based investment into ownership right based investment is a qualitative step. Ownership right provides full security for the owner and gives the possibility to credit the investment based on the ownership right. 3D cadastral parcels would also allow economical use of compulsory purchase because it allows to restrict the deprivation of ownership to the minimum amount of space.

Another benefit of introduction of 3D cadastral legislation in case of underground infrastructure can be the disengagement from real property expropriation or obligatory utility servitudes' establishment for reasons of public benefit, which requires issuing of an implementing Act or ministerial order or decree. Relative volumes of real property could be conveyed from the surface parcel owner to the agency responsible for infrastructure's establishment, minimizing time costs and offering full ownership of the relative volumes. In general, all kinds of vertical restrictions or responsibilities on real property originating from Public Law, in most cases non parcel based, can be taken into account. Such regulations have an impact on the exploitation of real property; definition of the exact extent of Public Law regulations within 3D Cadastre would prevent encumbering of the whole real property, but only of specific volumes where such regulations apply and at the same time improve the transparency by making the restriction visible.

Furthermore, the vertical extent of each of these rights is in most cases described literally and is not defined using height reference systems or vertical coordinates, which can lead to disputes and uncertainties between overlapping rights' owners. Additionally, as overlapping ownership may be established through different limited real rights, the association of the authorities, deriving from such rights, between different owners becomes a complicated task. Rights, restrictions and responsibilities on land defined in 3D do not imply ambiguities concerning their extents, can be surveyed and recorded in public registers and, therefore, are more secure over "traditional" 2D descriptions of real property.

Existing concepts of real property stratification such as limited real rights, or indirect ownership, provide inferior legal safeguards to real property and the authority of their holder on land is defined by his/her contractual agreement with the landowner or it is subject to Civil Code or relative laws on real property. This means that he/she cannot freely exploit real property but only within the aforementioned limits which makes such rights less attractive to be used for investments (Ekbäck, 2011).

Description of real property in 3D also allows for more efficient exploitation of real property as the restrictions posed by surface parcel's indivisibility and limited real rights or other stratification alternatives' drawbacks could be prevented. Similarly, in case that only a volumetric part of the real property is required for exploitation, it allows "extraction" of the specific real property volume instead of the whole of the real property itself. A characteristic relative example is presented by Sandberg (2003) concerning the Akunas case where expropriation of volumes under privately owned land was required in order to construct a tunnel.

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

From the above it is evident that the topics discussed in the legal framework working sessions are still relevant. The workshop concluded that comparative studies on the use of 3D property concepts are a valuable input for understanding other legal systems and receiving input for e.g. further development of one's own legal system(s). General issues that have been discussed in this article are important to consider in relation to 3D property.

The selection of the aforementioned topics was based on justifying the necessity of 3D cadastral legislation compared to conventional 2D. Therefore, the analysis was initiated by presenting why and how 3D property is differentiated from 2D property and examined whether these types of property are the same.

From the studies the importance of legal aspects of 3D cadastre is evident and we believe that research towards this direction should be continued and promoted. Not only researchers should continue this important task, but also legal professionals should be motivated to participate in 3D cadastre research, using an interdisciplinary approach.

As we can see from previous studies, 3D property is differently perceived worldwide, which means that comparative studies should take into account differentiations in national legislation. It also means that the 3D property concepts should be clarified concerning the terminology that is used and the fields of application. In this way 3D property should become familiar to the public and professionals instead of being a complicating factor in real property management.

The discussions at the 3D Cadastre Workshop started from the ideas summarized by Paasch and Paulsson (2014). Questions like the difference between 2D and 3D were a direct result from these discussions. What was missing is an overview on different approaches used in different countries. These approaches comprise legal concepts and organisational issues, and economic benefits. One of the observations at the workshop was the absence of legal experts. It seems that the topic of 3D cadastre is of no real interest for them. Much legal research is done as soon as conflicts arise. These may be conflicting concepts between laws (e.g. data preservation law vs. privacy) or between persons. Since there are not many registered 3D property objects, no boundary conflicts happened yet. The authors assume that more legal interest will be observed when the first boundary disputes between 3D property objects are brought to court.

5 FURTHER RESEARCH

This research has shown that interconnection between technical and administrative structures of Land Administration Systems are of importance for achieving an effective 3D Cadastre. We are beyond the time where "land register" and "maps" are treated as separate entities. Further research could support developing effective land management systems that are able to manage both spatial and textual 3D components, regardless of information being stored in single or multiple databases.

Another research issue is how concepts of (formal) 3D property may be used to ensure informal and/or customary ownership and use rights in three dimensions. An example is the Social Tenure Domain Model (FIG 2010), which has gained much interest in recent years as a tool for securing rights, e.g. in developing countries.

The interrelation between legal and economic aspects of 3D property concepts should also be given more attention in future research. Examples of questions to be investigated are: 1) how the implementation of a national legal framework allowing the creation of 3D property formation would influence property values; and 2) how 3D property would influence the pricing level of local property markets, compared to the use of outer means of securing ownership and use rights in three dimensions, such as joint tenant ownership where the tenants are co-owners of a building and are provided a right to live in a specified apartment.

The concepts of 3D property formation and management must also be developed in rural areas, e.g. for registration of mineral rights in mining areas, since these fields are not properly explored yet. Another issue to further investigate is how legislation could be adjusted to 3D reality in terms of Public Law Regulations, that affect land management to a significant extent while it is important to achieve an increased knowledge of 3D legal concepts among the public and professionals.

The legal definitions of land ownership vary between countries. Some countries do not have land ownership at all, others are based on Germanic or Roman law or on other legal traditions. However, 2D cadastral systems are able to cope with each type of rules. It will be necessary to achieve the same for 3D cadastres, i.e., find definitions and technical (geometrical) solutions that are general enough to fit into every legal framework without too much effort. This would then make knowledge gained by national projects transferrable to other countries.

Literature and references:

- Acharya B., R. (2011). Prospects of 3D Cadastre in Nepal. In: van Oosterom, P., Fendel, E., Stoter, J., Streilein, A. (Eds.), *Proceedings 2nd International Workshop on 3D Cadastres*, 16–18 November 2011, Delft, the Netherlands, pp. 241–253.
- Ball, S.S. (1928). *The Vertical Extent of Ownership in Land*. University of Pennsylvania Law Review, 76 (6), 631–689. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/3307365>
- Banut, R. (2011). Overview working sessions. Summary and conclusions. 2nd International Workshop on 3D Cadastres organized by FIG, EuroSDR and TU Delft, 16–18 November 2011, Delft, The Netherlands. Draft report. Kadaster, the Dutch Land Registry Office.
- Benhamu, M., Shoshani, U., Goshen, E., Denekamp, S., Bar, R. (2005). A Multi Layers 3d Cadastre in Israel: A Research and Development Project Recommendations. In: FIG Working Week 2005 and GSDI-8 Cairo, Egypt April 16–21, 2005.
- Dale, P. F., McLaughlin, J. D. (1988). *Land Information Management*. Oxford, NY, Oxford University Press.
- Dimopoulou, E., Ganava, I., Zentelis, P. (2006). 3D Registration in the Hellenic Cadastre. In: *Proceedings FIG Working Week*, Munich, Germany, October 8–13, 2006.
- Dimopoulou, E., Elia, E. (2012). Legal aspects of 3D property rights, restrictions and responsibilities in Greece and Cyprus. In: van Oosterom, P., Guo, R., Li, L., Ying, S., Angsüßer, S. (Eds.), *Proceedings 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices*, 25–26 October 2012, Shenzhen, China, pp. 41–60.
- Ekbäck, P. (2011). Towards a Theory of 3D Property Rights – With an Application to Nordic Legislation. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research*, 8 (1), 65–80.
- Ellickson, R. C. (1993). Property in Land. *Yale Law Journal*, 102 (6), 1315–1400. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/796972>
- Erba, D. A., Graciani S. D. (2011). 3D Cadastre in Argentina: Maps and future perspectives. In: van Oosterom, P., Fendel, E., Stoter, J., Streilein, A. (Eds.), *2nd International Workshop on 3D Cadastres*, 16–18 November 2011, Delft, the Netherlands, pp. 15–29.
- Erba, D., Piumetto, M. (2012). 3D Cadastre in the Federal Countries of Latin America, FIG Working Week 2012, Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italy, 6–10 May 2012.
- Feder, G., Feeny, D. (1991). Land Tenure and Property Rights: Theory and Implications for Development Policy, *The World Bank Economic Review*, 5 (1), 135–153. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/wber/5.1.135>
- FIG (2010). *The Social Tenure Domain Model, A Pro poor land Tool*. FIG Publication 52. International Federation of Surveyors (FIG), Copenhagen, Denmark.
- Ho, S., Rajabifard, A., Stoter, J., Kalantari, M. (2013). Legal barriers to 3D cadastre implementation: What is the issue? *Land Use Policy*, 35, 379–387. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.06.010>
- Karabin, M. (2014). A concept of a model approach to the 3D cadastre in Poland – technical and legal aspects. In: van Oosterom, P., Fendel, E. (Eds.), *Proceedings 4th International FIG 3D Cadastre Workshop*, 9–11 November 2014, Dubai, United Arab Emirates, pp. 281–298.
- Kitsakis, D., Dimopoulou, E. (2013). 3D Cadastres: legal Approaches and Necessary Reforms, *Survey Review*, 46 (338), 322–332. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1752270614y.0000000119>
- Lantmäteriet (2004). *Handbok registerkarta*. (In Swedish). [Handbook Digital Cadastral Index Map]. Lantmäteriet, the Swedish mapping, cadastral and land registration authority. Report no. LMV-Rapport 2004:6. With later amendments. Version 2014-06-04.

- Monteiro, C. (2008). Building Rights as Property Rights The Dissociation between Building Rights and Land Property Rights in Portugal, II Symposium on Planning, Law and Property Rights, 14–15 February 2008, Warsaw, Poland.
- Navratil, G. (2012). Combining 3D Cadastre and Public Law – An Austrian Perspective. In: van Oosterom, P., Guo, R., Li, L., Ying, S., Angsüßer, S. (Eds.), Proceedings of the 3rd International Workshop on 3D Cadastres, International Federation of Surveyors (FIG), 2012, pp. 61–71.
- Navratil, G., Frank, A.U. (2004). Processes in a Cadastre. *Computers, Environment and Urban Systems*, 28 (5), 471–486. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2003.11.003>
- Paasch, J.M. (2014). Parallel working sessions. 1. Legal framework 3D cadastres. Report from working session I and II. 4th International FIG 3D Cadastre Workshop. http://www.gdmc.nl/3DCadastres/workshop2014/programme/Pres2014_p28.pdf, accessed 4. 6. 2016.
- Paasch, J.M., Paulsson, J. (2014). Legal Framework 3D Cadastres – Position Paper 1. In: van Oosterom, P., Fendel, E. (Eds.), Proceedings 4th International FIG 3D Cadastre Workshop, 9–11 November 2014, Dubai, UAE, pp. 411–416.
- Paulsson, J. (2007). 3D Property Rights – An Analysis of Key Factors Based on International Experience. Doctorate thesis. Report 4:99 from the Section of Real Estate Planning and Land Law, KTH Royal Institute of Technology. Stockholm.
- Paulsson, J. (2012). Swedish 3D Property in an International Comparison, 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, 25–26 October 2012, Shenzhen, China.
- Paulsson, J., Paasch, J.M. (2013). 3D property research from a legal perspective. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 7–13. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2012.11.004>
- Ploeger, H. (2011). Legal framework 3D cadastres - Position paper 1. In: van Oosterom, P., Fendel, E., Stoter, J., Streilein, A. (Eds.), Proceedings 2nd International Workshop on 3D Cadastres, 16–18 November 2011, Delft, the Netherlands, pp. 545–549.
- Sandberg, H. (2003). Three-Dimensional Partition and Registration of Subsurface Space. *Israel Law Review*, 37 (1), 119–167. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/s0021223700012425>
- UN-FIG (1996). Bogor Declaration on Cadastral Reform. Report from United Nations Interregional Meeting of Experts on the Cadastre, Bogor, Indonesia, 18–22 March, 1996. A joint initiative of the International Federation of Surveyors (FIG) and the United Nations.
- Vučič, N., Tomić, H., Roić, M. (2013). Registration of 3D Situations in Croatian Land Administration System, ISG 2013 symposium, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Zulkifli, N.A., Abdul Rahman, A., van Oosterom, P. (2014). 3D Strata Objects for Malaysia within the LADM Framework, In: van Oosterom, P., Fendel, E. (Eds.), Proceedings 4th International FIG 3D Cadastre Workshop, 9–11 November 2014, Dubai, UAE, pp. 379–390.



Paasch J. M., Paulsson J., Navratil G., Vučić N., Kitsakis D., Karabin M., El-Mekawy M. (2016). Building a modern cadastre: legal issues in describing real property in 3D. *Geodetski vestnik*, 60 (2): 256–268. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.256-268

Jesper M. Paasch, Ph.D.

Lantmäteriet (the Swedish mapping, cadastral and land registration authority)
Lantmäterigatan 2, SE-80182 Gävle, Sweden
e-mail: jesper.paasch@lm.se

Jenny Paulsson, Ph.D.

KTH Royal Institute of Technology, Real Estate Planning and Land Law
Brinellvägen 1, SE-10044 Stockholm, Sweden
e-mail: jenny.paulsson@abe.kth.se

Gerhard Navratil, Ph.D.

Technical University Vienna
Gusshausstr. 27-29, A-1040 Vienna, Austria
e-mail: navratil@geoinfo.tuwien.ac.at

Nikola Vučić, Ph.D.

State Geodetic Administration
Gruška 20, Zagreb, Croatia
e-mail: nikola.vucic@dgu.hr

Dimitrios Kitsakis, Ph.D. Candidate

National Technical University of Athens
School of Rural and Surveying Engineering
9 Iroon Polytechniou Str. - 157 80, Zographos, Greece
e-mail: dimskit@yahoo.gr

Marcin Karabin, Ph.D., D.Sc.

Warsaw University of Technology
Faculty of Geodesy and Cartography
Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland
e-mail: M.Karabin@interia.pl

Mohamed El-Mekawy, Ph.D.

Stockholm University
Department of Computer and Systems Sciences (DSV)
SE-164 07 Kista, Stockholm, Sweden
e-mail: moel@dsv.su.se

ANALIZA KAKOVOSTI PODATKOV CESTNE INFRASTRUKTURE KOT DELA CENTRALNE GEOPROSTORSKE PODATKOVNE ZBIRKE

CENTRAL GEOSPATIAL DATABASE ANALYSIS OF THE QUALITY OF ROAD INFRASTRUCTURE DATA

Siniša Drobnjak, Dragoljub Sekulović, Mladen Amović, Ljubomir Gigović, Miodrag Regodić

UDK: 711.7+004.65

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04

Prispelo: 7. 3. 2016

Sprejeto: 10. 6. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.269-284

PROFESSIONAL ARTICLE

Received: 7. 3. 2016

Accepted: 10. 6. 2016

IZVLEČEK

V članku je opisan osnovni logični podatkovni model centralne baze podatkov (CGB). Model je uporabljen pri podatkovni strukturi listov digitalne topografske karte največjega merila – 1 : 25.000, ki so bili izdelani v Vojaškem geografskem inštitutu v Beogradu v Srbiji. Analiza kakovosti cestne infrastrukture v CGB je bila izdelana po standardu ISO 19157, kar je vodilo do nivojskega razvrščanja elementov in podelementov kakovosti, ki so bili analizirani ločeno. Standard ISO 19157 določa postopek ocenjevanja kakovosti, ki prikazuje rezultate analize za vsak element.

ABSTRACT

This paper describes the basic logical data model from the central geospatial database (CGD) which is applicable to the structure of a digital topographic map of the largest scale – 1:25,000 made in the Military Geographical Institute (MGI), Belgrade, Serbia. CGD analysis of the road infrastructure quality, done according to the ISO 19157 standard, led to a layering of elements and sub-elements of quality which were analysed separately. ISO 19157 standard defines a procedure of quality assessment which depicts the results of the analysis for each element.

KLJUČNE BESEDE

baza prostorskih podatkov, digitalna topografska karta, cestna infrastruktura, kakovost podatkov

KEY WORDS

Geospatial database, digital topographic map, road infrastructure, data quality

1 INTRODUCTION

Spatial data represent a “reality model”, a coherent and generalized display of a complex reality. Each map or database is thus a model with a certain intent which contains a number of generalized elements which are simplified, grouped or eliminated, all for the purpose of a clearer presentation and stimulation of the communication process through information. Having an understanding of the data and its accuracy is of crucial importance both for the users and the publishers of geographic, topographic and thematic maps. Their ability to be tested and quantified precisely is of crucial importance in this field of work. Modern topographic cartography led to the established conventional solutions and standards in content display of topographic maps (TM) which raised their utility value in the country and worldwide (Petrovič, 2006; Zhang et al., 2013; Amović et al., 2015). By following the development of standards in the process of collecting, organizing, processing and presenting of spatial data in the Military Geographic Institute (MGI), spatial data are organized in the central geospatial database (CGD). The main purpose of CGD is to be the basis for generating the whole scale series of digital topographic maps which are made in the MGI. The main part of the CGD content represents spatial data that define the digital topographic map at a scale of 1:25,000. By using methods of cartographic generalization we produce whole scale series of digital topographic maps. Topographic maps have a great advantage over some other collections of spatial data because of their visual effects, conciseness and the simplicity of use and that is why the demands for a developed system of elaboration, assessment and reporting procedures of their quality are completely justified (Božić et al., 2011; Radojčić et al., 2011).

Road infrastructure represents a thematic layer of the central geospatial database. It is significant regarding the aspects of usage of different network analyses like: the establishment of the shortest route between certain locations, navigation in traffic, tracking the transport of goods, services and the population. In countries with a developed and stable economy, a clearly articulated road network data is usually established on the basis of updated topographic data and with the usage of updated and high quality spatial data and modern topographic technology. In less developed countries, there is an alternative and more financially acceptable strategy which is used for years for updating road network data by using the existing topographic maps, satellite images and other sources of spatial data which are available. (Siva Kumar, 2000; Ozah et al., 2008).

Because of all the above mentioned, the main goal of this research is to analyse the quality of this thematic layer of CGD in accordance with ISO 19157 standard and to present the results of the analysis.

The central geospatial database represents the basic topographic database in MGI. By using procedures of cartographic generalization and map design of CGD we produce whole scale series of digital topographic maps. Because of the mentioned, the main purpose of CGD is military and civilian mapping, various GIS analyses, navigation. The possibility of assessment and presentation of road infrastructure quality of CGD is in question. Due to diverse needs of users, the most frequent questions we encounter during the analysis of the road infrastructure quality are (Shekhar et al., 2002; Fisher et al., 2006, Goodchild et al., 2006):

- Does the thematic layer contain all the elements of the database defined by the physical data model?
- What is the value of road infrastructure positional accuracy for the needs of navigation?

- Are all elements of thematic layer connected well enough to enable network analyses?
- Are there any other geometries and irregular junctions?
- When were the data collected and when were they updated?

Several contributions were made for the needs of the research. An advanced conceptual frame for analysing the road infrastructure quality of CGD, which contains clear methodological and technological wholes, has been proposed. The methodological part forms an empirical frame for a selected set of limitations of a coherent evaluation of geospatial data, readability, keeping, entity level, specific/relational limitations, individual and group limitations, characteristics of classes composed of “enrichment”, finding and date evaluation. In the implementation phase, the focus is on the evaluation of characteristics of classes which define the road infrastructure in CGD on the basis of this theory.

2 CENTRAL GEOSPATIAL DATABASE, DATA MODEL AND A DEPICTION OF THEMATIC LAYER OF ROAD INFRASTRUCTURE

The technological process of CGD creation is based on the mapping of the topographic map content by using methods of digital photogrammetric restoration, direct mapping from modern photogrammetric base maps such as orthophoto and its cartographic processing in CGD by using various alphanumeric data and the data acquired on the field. The process of vectorization is realized with a strict respect of a logical data model, bearing in mind possibilities and the work mode in the chosen software environment.

SQL database and the software platform of the American firm ESRI, ArcGIS, which contains an entirely new approach in the process of creation of geospatial databases are chosen for the creation of the CGD. The selection of this software platform requires a completely new technology in all phases of work, but the existing cartographic solutions remain. With the consideration of these needs, the process of CGD creation encompasses the following phases (Sekulović et al., 2011):

- Creation of a logical data model,
- Creation of a physical data model,
- Creation of a model and generalization procedures,
- Creation of symbols,
- Quality analysis.

In the process of creation of the logical data model of CGD specific geographical elements of TM are divided into thematic units. Particular cases of each of the content elements are defined by the system of layers and codes as unique indicators of belonging to the corresponding thematic unit, which is a closely defined specification of a particular class of objects. The main logical data model corresponds to the structure of a digital topographic map (DTM) of the largest scale 1:25,000 made in the Military Geographical Institute – Belgrade.

Physical data model defines the appearance of the database, i.e., „the space” for the storage of data defined by the logical data model. Types of data, the way of storing as well as all the columns in which attributes of classes and specific objects are written are also defined in the process of creation of the physical data model (Table 1).

Table 1: Physical data model of the thematic layer – Roads.

DTK25.DBO.Putevi

Alias	Putevi	Geometry:	Polyline				
Dataset Type	FeatureClass	Average Number of Points:	0				
Feature Type	Simple	Has M:	No				
		Has Z:	Yes				
		Grid Size:	-6				
Field Name	Alias Name	Model Name	Type	Precn.	Scale	Length	Null
OBJECTID	OBJECTID	OBJECTID	OID	10	0	4	No
SIFRA_txt	SIFRA_txt	SIFRA_txt	String	0	0	4	Yes
LAYER	LAYER	LAYER	Integer	10	0	4	Yes
SIFRA	SIFRA	SIFRA	Integer	10	0	4	Yes
NAZIV	NAZIV	NAZIV	String	0	0	50	Yes
VISINA	VISINA	VISINA	Double	38	8	8	Yes
OZNAKA	OZNAKA	OZNAKA	String	0	0	10	Yes
NAPOMENA	NAPOMENA	NAPOMENA	String	0	0	255	Yes
VEZA_1	VEZA_1	VEZA_1	String	0	0	50	Yes
VEZA_2	VEZA_2	VEZA_2	Integer	10	0	4	Yes
VEZA_3	VEZA_3	VEZA_3	Double	38	8	8	Yes
VEZA_4	VEZA_4	VEZA_4	Blob	0	0	0	Yes
DATUM	DATUM	DATUM	Date	0	0	36	Yes
NAZIV_ELEMENTA	NAZIV_ELEMENTA	NAZIV_ELEMENTA	String	0	0	255	Yes
VISINA_OBJEKTA	VISINA_OBJEKTA	VISINA_OBJEKTA	Double	38	8	8	Yes
ANOTACIJA_1	ANOTACIJA_1	ANOTACIJA_1	Double	38	8	8	Yes
ANOTACIJA_2	ANOTACIJA_2	ANOTACIJA_2	Double	38	8	8	Yes
ANOTACIJA	ANOTACIJA	ANOTACIJA	String	0	0	50	Yes
ZNACAJ	ZNACAJ	ZNACAJ	String	0	0	50	Yes
TIP_ZASTORA	TIP_ZASTORA	TIP_ZASTORA	String	0	0	50	Yes
GlobalID	GlobalID	GlobalID	Global ID	0	0	38	No
RuleID	RuleID	RuleID	Integer	10	0	4	Yes
Override	Override	Override	Blob	0	0	0	Yes
BSP_PUTA	BSP_PUTA	BSP_PUTA	String	0	0	10	Yes
SHAPE	SHAPE	SHAPE	Geometry	0	0	4	Yes
FOTO	FOTO	FOTO	Raster	0	0	4	Yes
SHAPE.STLength()	SHAPE.STLength()	SHAPE.STLength()	Double	0	0	0	No

Physical data model precedes the hierarchical model and in a wider sense it defines the database domain, the coordinate system, i.e. a place for storing the main graphical elements, their attributes and the default relations (relationship class) among the complex (groups of classes of objects) and simple (classes of objects) elements that are closely defined. Default relations are automatically generated in the database

and as a result the obtained themes are derived from the basic classes of objects. This can be explained on the example of conversion of labels into annotations where a new class of objects is automatically created. (e.g. “RoadsAnno” from the class of objects “Roads”). Default relations enable changes in the basic classes of objects to be automatically carried out in the derived classes of objects as well (“RoadsAnno”). The derived classes are physically present only in the database because their basic, essential parameters are either obtained from the default classes of objects or predefined by the software (Figure 1).

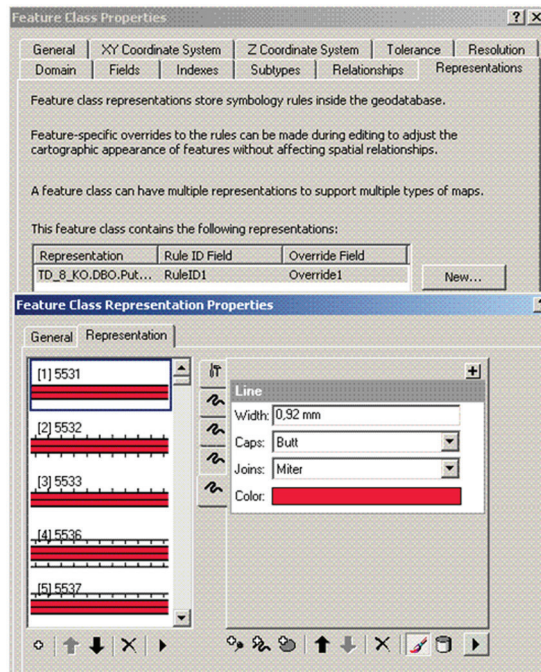


Figure 1: A picture of the representation of road infrastructure thematic layer.

The definition of the appearance of CGD is a type of a physical data modelling where in the interface of the used software the sequence of the themes display is defined, i.e., the visual display of CGD is defined on a level that cannot be achieved through symbols. This phase represents the last step in the creation of CGD concerning the practical creation.

3 THE TEST EXAMPLE AND THE USED DATA

The test area, which is analysed in this work, encompasses the road infrastructure thematic layer of a part of CGD of the Military Geographical Institute in the period of the testing shown on the Figure 2. A total number of 317,877 spatial objects analysed in the thematic layer of road infrastructure are shown in the Table 2. This includes a total of 4198 of point objects (labelled as “Objects on communication 1”), 259,991 of line objects (labelled as “Objects on communication 2”), 97 polygon objects (labelled as “Objects on communication 3”) and a total of 53,591 objects with names presented in a form of annotations, geographical names related to roads. The marked rectangles on Figure 2 represent the tested sheets of digital topographic maps at scale 1:25,000, as part of CGD.

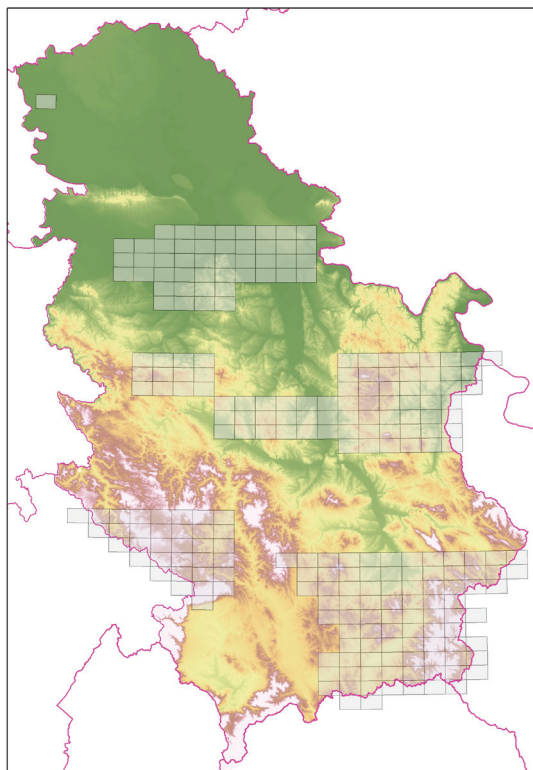


Figure 2: Test example for the evaluation of the road infrastructure quality.

Table 2: The number of analysed spatial objects.

Number	Thematic layer title	Total Number of elements	Thematic layer of corresponding annotations	Total number of annotations
1.	Objects on communication 1	4198	Objects on comm._1_Anno	1105
2.	Objects on communication 2	511	Objects on comm._2_Anno	264
3.	Roads	259,480	Roads_Anno	52,171
4.	Objects on communication 3	97	Objects on comm._3_Anno	51

4 ANALYSIS OF THE ROAD INFRASTRUCTURE QUALITY ACCORDING TO ISO QUALITY ELEMENTS

We performed the analysis of the road infrastructure by using the classification of elements and sub-elements of spatial data quality defined by the ISO 19157 standard for the specified test area. According to ISO 19157 standard, the quality of spatial data is defined by a quantitative model through 5 elements: completeness, logical consistency, positional accuracy, time and thematic accuracy. Each element of quality is individually analysed and assessed (Drobnjak, et al., 2014; Talhofer, et al., 2011). The assessment procedure of road infrastructure data quality is carried out in accordance with the defined ISO 19157 standard procedure with steps displayed on Figure 3. (ISO 19157, 2011).

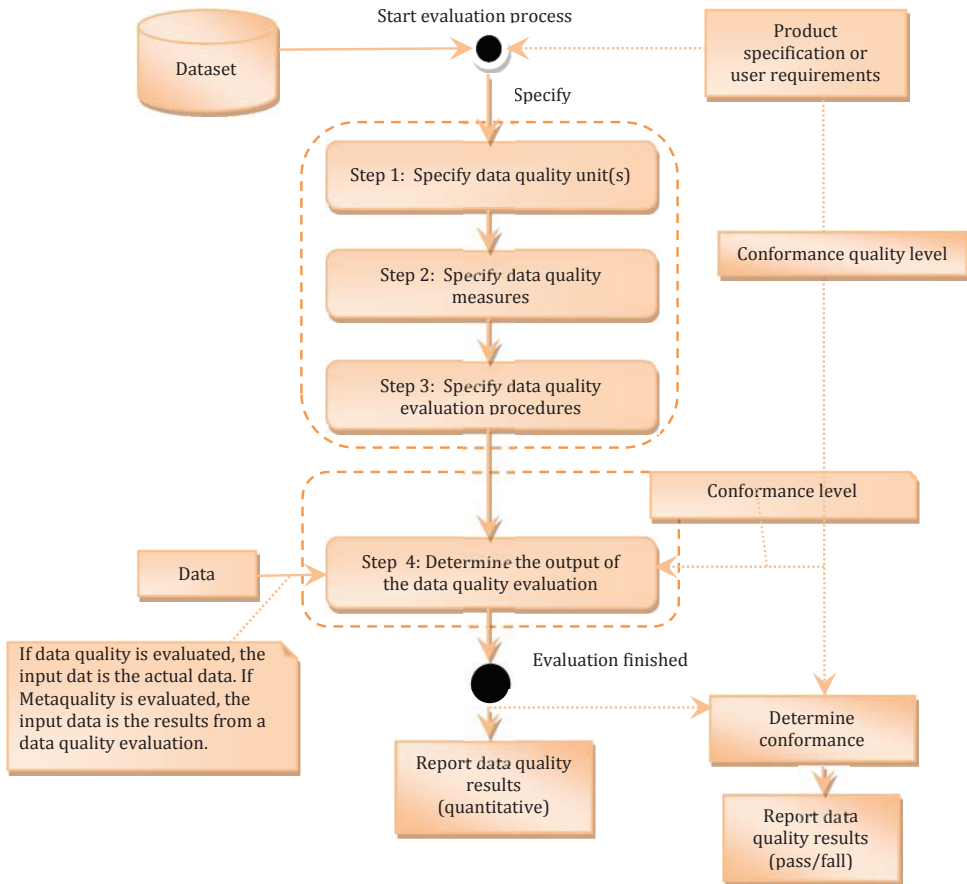


Figure 3: The procedure of quality assessment according to ISO 19157.

4.1 Completeness

Completeness is an element of quality which describes the relationship between the spatial objects present in the data collection and objects which represent the abstractions of the modern world. It is usually described as the presence or the absence of spatial data, their attributes or relations. This is why completeness contains two main sub-elements: omission and commission of data (Servigne et al., 2006; Petrovič, 2006).

Quality measurements for completeness which were analysed in this work are: the number of objects, the number of doubled objects and the number of missing objects of the road infrastructure, their attributes and relations. Physical data model defines the direct listing of annotations of height or depth (in meters) of banks and cuts if they are encountered on the road section, the foundation width, i.e. road width, as well as the base type of the road infrastructure (Figure 4). When it comes to bridges, additional data is listed concerning the construction material of the bridge, its transport capacity (in tonnes) and width of the bridge (in meters). In the process of making of the DTM within the CGD it happens that the restorers make mistakes and accidentally erase annotations while attributes remain

in the attribute field and that is how we encounter an excess of attributes with regard to their relation which represents annotation.

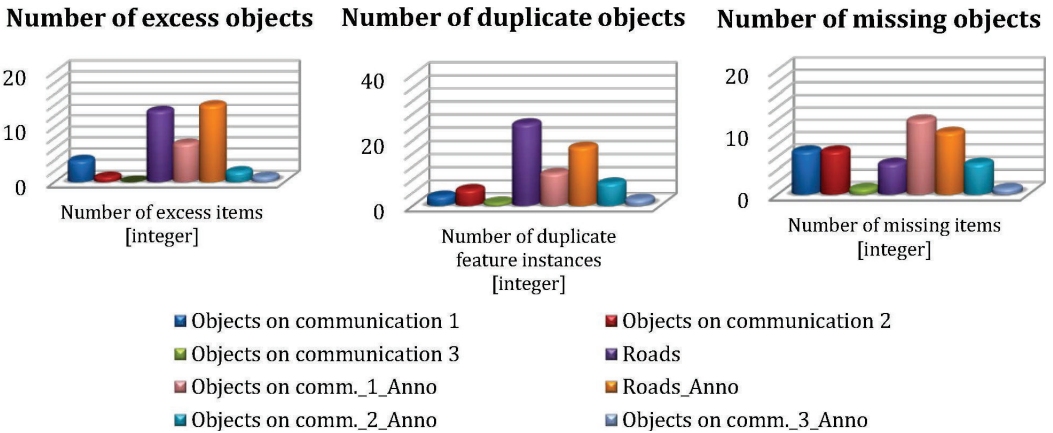


Figure 4: Defined annotations on the road infrastructure.

The assessment of the excess, doubled or missing objects is realized by an internal method of quality assessment of CGD spatial data, by using ArcGIS Data Reviewer extension. This extension contains tools which were used for the analysis of the total number of excess, doubled and missing objects and their relations and those are: the tool for the number of excess and missing elements (Table to Table Check) and the tools for the double geometry analysis (Duplicate Geometry Check). Table 3 shows the results of the quality analysis for completeness of the road infrastructure while the diagram (Graph 1) gives a graphical depiction of the total number of excess, doubled and missing objects in relation to the number of listed annotations for the test area.

Table 3: Analysis of the road infrastructure completeness.

Dataset layer	Total number of objects in universe of discourse	Data Quality Measure (data type value)				
		Number of excess items (integer)	Rate of excess items (%)	Number of duplicate feature instances (integer)	Number of missing items (integer)	Rate of missing items (%)
COMMUNICATION						
Objects on communication 1	4198	4	0.10	3	7	0.17
Objects on communication 2	511	1	0.20	5	7	1.37
Objects on communication 3	97	0	0.00	1	1	1.03
Roads	259,480	13	0.01	25	5	0.00
Objects on comm._1_Anno	1105	7	0.63	10	12	1.09
Roads_Anno	52,171	14	0.03	18	10	0.02
Objects on comm._2_Anno	264	2	0.76	7	5	1.89
Objects on comm._3_Anno	51	1	1.96	2	1	1.96
Σ	317,877	42		71	48	



Graph 1: Analysis of the road infrastructure completeness.

4.2 Logical consistency

Logical consistency represents the degree of the data structure compatibility, its attributes and relations with logical rules. The mentioned structure can be conceptual, logical and physical. So the data collection is consistent on a logical level if it follows the structural characteristics of the selected data model and if it is consistent with the attributes and relations defined for that data (Devillers et al., 2006).

Sub-elements of logical consistency are:

- Conceptual consistency (consistency with the rules of conceptual scheme),
- Domain consistency (consistency of data values with the allowed values),
- Topological consistency (correctness of the explicitly encoded topological characteristics of a dataset),
- Format consistency (the degree of data compatibility with the physical data structure).

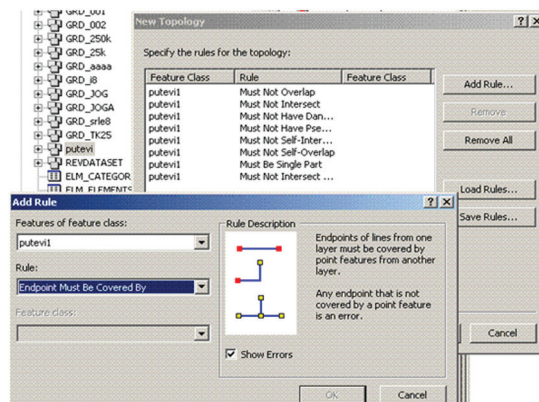


Figure 5: An example of logical consistency – verification of topological rules

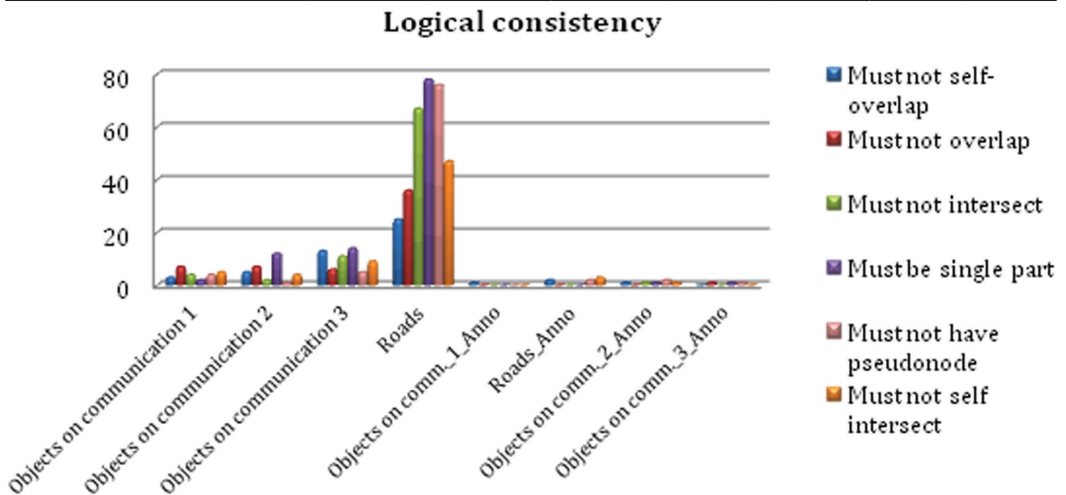
Conceptual consistency, domain and format consistency are the three sub-elements of logical consistency quality which define the integrity of a spatial database. If errors occur in any of the mentioned sub-elements they have to be immediately removed because they diminish the integrity of the spatial

database and can completely disable any work with spatial data from the database. Topological consistency is analysed with the usage of topological rules. Those rules are depicted in Figure 5.

An internal, direct and complete method of quality assessment, done with Topology checks tool and *ArcGis* software extension – *DataReviewer*, was used for the analysis of quality of elements concerning logical consistency. The results are depicted on Table 4 and on the diagram on graph 2.

Table 4: Analysis of the road infrastructure logical consistency.

Dataset layer	Total number of objects in universe of discourse	Data Quality Measure (data type value)					
		Must not have pseudonode (integer)	Must not selfintersect (integer)	Must not selfoverlap (integer)	Must not overlap (integer)	Must not intersect (integer)	Must be single part (integer)
COMMUNICATION							
Objects on communication 1	4,198	4	5	3	7	4	2
Objects on communication 2	511	1	4	5	7	2	12
Objects on communication 3	97	5	9	13	6	11	14
Roads	259,480	76	47	25	36	67	78
Objects on comm._1_Anno	1,105	0	0	1	0	0	0
Roads_Anno	52,171	2	3	2	0	0	0
Objects on comm._2_Anno	264	2	1	1	0	1	1
Objects on comm._3_Anno	51	1	0	0	1	0	1
Σ	317,877	91	69	50	57	85	108



Graph 2: Analysis of the road infrastructure logical consistency

During the analysis of road infrastructure logical consistency, a total number of 317,877 elements were analysed. By means of topological rules a total of 460 errors were found and they were automatically removed so that the thematic layer of road infrastructure could be used in other analyses. The relation between the number of analysed elements and the obtained topological errors showed a logical consistency of 99.86%.

4.3 Positional accuracy

Knowledge of positional accuracy is of fundamental value both for the user of the map and for the producer. Unlike other spatial data elements of quality, spatial accuracy consisting of a horizontal (planimetric) and height accuracy can be completely tested and accurately quantified. The testing of the spatial accuracy is done by comparing the specific points determined by reading the map with referent, far more accurate, coordinates of the same points obtained by land survey or retrieved from other accurate sources. The main problem for the process of assessing spatial accuracy is the choice of measurements (i.e. the unit for measurement and assessment of accuracy) as well as the appropriate set of points which represent a certain sheet of topographic map and sheets that represent a whole map. (Drummond et al., 1995; Ozah et al., 2008; Govedarica et al., 2011; Amović et al., 2015).

In this analysis we used *ArcGis* software tool called PAAT (Positional accuracy assessment tool). While assessing the spatial accuracy this tool uses a starting point marked as a RMSE (Root Mean Squared Error). Error in RMSE is the second root mean value of the total number of square differences between the coordinates read from the map and the appropriate referent (“true”) coordinates. Absolute horizontal accuracy represents an uncertainty of two dimensional positions (in relations to a horizontal datum) and is expressed in error tolerance range within the 90, 95 to 99% confidence level. Accuracy is expressed in the same units as those expressing coordinates in nature (meter) thus enabling the direct comparison of different products, regardless of differences in scale or resolution. PAAT tool can analyse both horizontal and vertical components of positional accuracy. This paper only analyses the horizontal positional accuracy which is why the road infrastructure data is mapped with 2D base, digital orthophoto (ESRI, 2012). Relative horizontal accuracy represents uncertainty in difference of crossroad positions and the corresponding points collected from the referent base of digital orthophoto and it is expressed in error tolerance range within 90, 95 to 99% confidence level. The horizontal accuracy of the digital orthophoto was known and its maximum value is 0.8 m. For the tested example a total number of 6,000 characteristic points with clearly seen crossroads of different road categories was analysed and this can be seen on Figure 6.

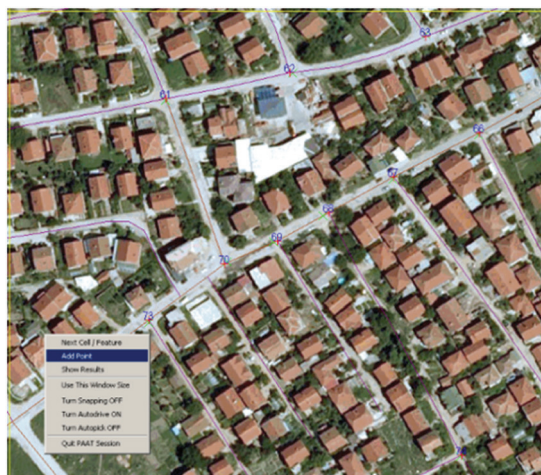


Figure 6: An example of logical consistency – verification of topological rules.

PAAT tool requires that the mean square errors should be computed by y and x axis accordingly (1):

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n dy^2} \text{ and } RMSE_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n dx^2} \quad (1)$$

Where:

$dy_i = (y_{map} - y_{reference})_i$ is the difference of coordinates by axis y,
 $dx_i = (x_{map} - x_{reference})_i$ is the difference of coordinates by axis x,
 (y_{map}, x_{map}) are point coordinates measured on the map,
 $(y_{reference}, x_{reference})$ are referent point coordinates ("true").

Then the equation for the root mean square error of horizontal position of point i is (2):

$$RMSE_i = \sqrt{dy_i^2 + dx_i^2} \quad (2)$$

and the mean value of root mean square error of the horizontal position of the selected sample is (3):

$$RMSE_r = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n dy^2 + \frac{1}{n} \sum_1^n dx^2} = \sqrt{RMSE_y^2 + RMSE_x^2} \quad (3)$$

PAAT has the ability of the automatic testing and elimination of gross errors. A testing statistic called 3σ threshold is used for this. If a specific positional error is greater than the value of 3σ , the program eliminates it, leaving the possibility to keep these points if we wish to do that (ESRI, 2012).

In the procedure of quality assessment of positional accuracy, we used PAAT tool. The type of value used is RMSE while the unit of quality value is meter (m). While analysing horizontal positional accuracy we obtained the following results:

- Absolute horizontal circular error with 90% confidence level is 4.69 m, relative horizontal circular error is 5.34 m, root mean square error in the range with 90% confidence level is 3.82 m while the standard deviation is 1.83.
- Absolute horizontal circular error in the error range with 95% confidence level is 5.02 m, relative horizontal circular error is 5.87 m, root mean square error is 3.82 m while the standard deviation is 1.83.
- Absolute horizontal circular error in the error range with 99% confidence level is 5.25 m, relative horizontal circular error is 6.71 m, root mean square error is 3.82 m while standard deviation is 1.83.

4.4 Thematic (semantic) accuracy

Thematic accuracy represents a degree of consistency between quantitative attributes and the correctness of non-quantitative attributes, classification of objects and their relations. Sub-elements of thematic accuracy are (Harding, 2006):

- Correctness of classification – comparison of classes assigned to objects or their attributes with the area of analysis;
- Correctness of qualitative attributes;
- Accuracy of quantitative attribute values.

Figure 7 shows an example of error done in thematic accuracy analysis. The shown error refers to a road being classified as a gravel road while the referent data of importance classified the road as a modern roadway (asphalt road).

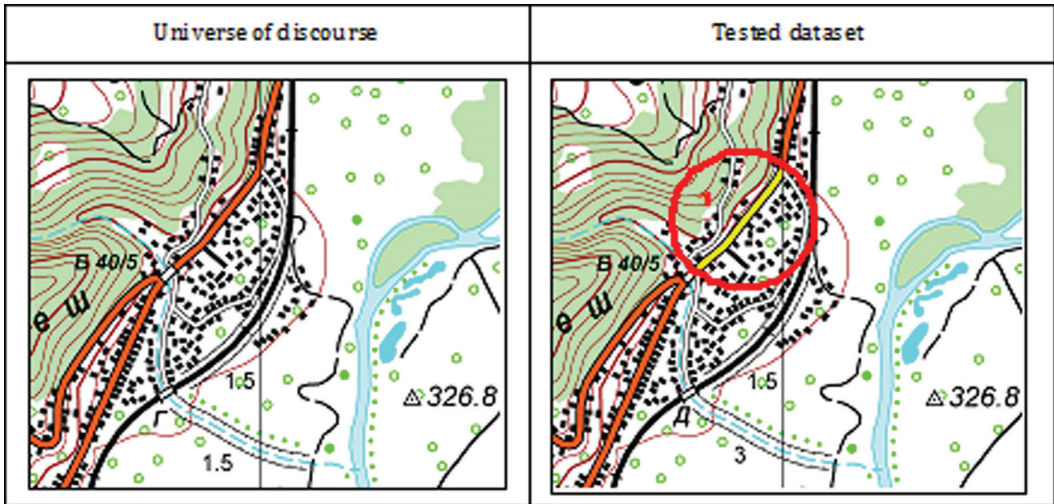


Figure 7: Analysis of thematic accuracy (asphalted – left, gravel road – right).

The process of acquisition of thematic accuracy is sometimes similar to logical consistency if we consider the difference in conceptual modelling transformed to the attribute of class and vice versa.

Similar to that, positional accuracy becomes a type of semantic accuracy when we treat the object location as a specific entity attribute.

What is identified and used in assessment of thematic accuracy is the misclassification matrix which is a quadrant matrix with n columns and n lines where n marks the number of classes discussed:

$$MCM(i, j) = (\# \text{ class objects } (i) \text{ classified as class } (j)) \tag{4}$$

Its diagonal elements contain wrongly classified objects in the frame of one theme while non-diagonal elements contain number of errors of wrong classification where spatial objects are wrongly classified. Misclassification matrix of spatial objects represents one of the quantitative results of DTM thematic accuracy quality assessment. It is depicted in Table 5.

With the usage of misclassification matrix, we get a coefficient of kappa statistics which is a good indicator of the choice of classification method consistency taking their randomness into account. Kappa coefficient (κ) represents a coefficient which expresses a degree of compatibility between assigned classes by removing the misclassification and it is calculated based on the following formula (ISO 19157, 2011):

$$\kappa = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^r MCM(i, i) - \sum_{i=1}^r \left(\sum_{j=1}^r MCM(i, j) \cdot \sum_{j=1}^r MCM(j, i) \right)}{N^2 \cdot \sum_{i=1}^r \left(\sum_{j=1}^r MCM(i, j) \cdot \sum_{j=1}^r MCM(j, i) \right)} \tag{5}$$

The high value of kappa coefficient ($\kappa = 0.9466$) shows that the method of classification is good and highly efficient.

Table 5: Misclassification Matrix of thematic road layer.

Universe of discourse	Spatial Dataset							
	Highway	Semi-highway	Modern road	Modernized roadway	Gravel road	Better vehicular road	Vehicular road	Poorer vehicular road
Highway	12	0	0	0	0	0	0	0
Semi-highway	0	32	2	7	0	12	0	0
Modern road	0	2	45	3	0	6	0	0
Modernized roadway	0	1	0	14	0	2	0	0
Gravel road	0	0	0	0	85	2	0	0
Better vehicular road	0	2	5	2	0	145	0	0
Vehicular road	0	0	0	0	0	0	3	0
Poorer vehicular road	0	0	0	0	0	0	3	45
Sum	12	37	52	26	85	167	6	45

4.5 Temporal accuracy

The date of data input or the date of its update is a very important factor for the user while assessing the data quality. Temporal accuracy refers to the date of acquisition, the type of change and the validity date of spatial data, i.e. temporal accuracy represents a degree of consistency between time attributes and time relations of objects.

Manipulation of time data comes down to addition of time dimension to the data model and by that to all elements of the database, for example, with the help of one or more added “attributes” for each database entity, each attribute and each relation among objects. Sub-elements of temporal accuracy are (Devillers et al., 2006):

- Accuracy of time measurement (correctness of time references – display of errors in time measurement),
- Temporal consistency (correctness of sequence of events if they exist),
- Temporal validity (expiration date).

For the assessment procedure of road infrastructure temporal accuracy, we used the creation date of the main cartographic source and that is, in this testing sample, a digital orthophoto with the date of acquisition from July 2009. Data quality value for the temporal accuracy of road infrastructure is date, while the unit of quality is year.

The temporal aspect of the CGD is realized by including tools Enable Editor Tracking for monitoring changes of resulting spatial objects. The database can then generate special four fields that define the user who first mapped the specific object, the time when the listed building was mapped, as well as the user and time of the last change to the specified spatial object. The obtained temporal validity values for all objects of road infrastructure are in the range *START_DATE* = “2012-12-02”, *END_DATE* = “2015-05-15”.

5 CONCLUSION

Spatial data have an increasing significance in the process of decision making, situation follow-up and planning in all segments of life and development. In these circumstances, the importance of knowledge of data quality is increasing as well as the need for quality indicators to be established and presented in a standardized way. While analysing the quality of CGD road infrastructure according to ISO standards we could conclude that it meets all international standards.

Besides spatial accuracy, the goal of this research was to analyse and present the verification of geometrical connection of elements of road infrastructure in geospatial database, so the database would gain a required utility value. This is accomplished by creation of topological rules, but the correction of the content comes down to controlling the compliance with the rules. Topological rules refer to the elimination of double lines, connectivity of lines and points, control of the connected junctions, elimination of line breaks, compatibility control of joint border lines of polygonal element contours etc. Cartographic correction of CGD road infrastructure, compared to traditional cartographic correction has an additional control function of input attributes in the associated database. This additionally complicates the process of cartographic correction so it implies the correction of visual errors created in the previous process of mapping as well as the semantic consistency in respect to following the rules of the logical data model. In this form of correction, a special attention should be paid because even though some elements have an identical visual identity, they sometimes may have a completely different structure of the attribute in the geospatial database.

Literature and references:

- Amović, M., Vasiljević, S., Sekulović, D. (2015). Assessment of Positional Accuracy of Topographic Maps and Plans of Banja Luka (Bosnia and Herzegovina) of Different Editions. In FIG Working week 2015, From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World, 17–21 May, Sofia, Bulgaria.
- Amović, M., Vasiljević, S., Sekulović, D. (2015). Assessment of Positional Accuracy on the historical review of topographic maps and plans of Banja Luka Region (Bosnia and Herzegovina) of different editions. In 27th International Cartographic Conference, Maps Connecting the World, August 23–28, Rio de Janeiro, Brasil.
- Božić B., Radojčić S. (2011). Horizontal accuracy of 1:50 000 digital topographic maps. *Survey Review*, 43 (319), 94–104. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/003962611x12894696204740>
- Docan, D. C. (2013). Spatial data quality assessment in GIS. In 1st European Conference of Geodesy & Geomatics Engineering, GENG2013 Conference Proceedings, WSEAS Press: Antalya, Turkey.
- Devillers, R., Jeansoulin, R. (2006). Spatial Data Quality: Concepts, In R. Devillers, R. Jeansoulin (Eds.), *Fundamentals of Spatial Data Quality*. London, ISTE, pp. 31–42. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470612156.ch2>
- Drobnjak, S., Radojčić, S., Božić, B. (2014). Primena ISO 19157 standarda u tehnološkom procesu izrade digitalnih topografskih karata. *Tehnika*, 66 (4), 551–556.
- Drummond, J. (1995). Positional accuracy. In S. C. Guptill, J. L. Morrison (Eds.), *Elements of Spatial Data Quality*. Elsevier Science Ltd, pp. 31–58. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-042432-3.50010-0>
- ESRI ArcGis 10.2.2, (2014). *Positional Accuracy Assessment Tool Help*, 380 New York Street, Redlands, CA 92373–8100, USA.
- Fisher, P.F., Comber, A.J. and Wadsworth, R.A. (2006). Approaches to uncertainty in spatial data. In R. Devillers and R. Jeansoulin (Eds.), *Fundamentals of Spatial Data Quality*. London: ISTE, pp. 43–59. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470612156.ch3>
- Govedarica, M., Borisov, M. (2011). The Analysis of the Data Quality on Topographic Maps. *Geodetski vestnik*, 55 (4), 713–725. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.04.713-725>
- Goodchild, M.F. (1993). Data Models and Data Quality: Problems and Prospects. In M. F. Goodchild, B. O. Parks, L. T. Steyaert (Eds.), *Environmental Modelling with GIS*. Oxford, New York, pp. 94–103.
- Harding, J. (2006). Vector Data Quality: A Data Provider's Perspective, In R. Devillers, R. Jeansoulin (Eds.), *Fundamentals of Spatial Data Quality*. London: ISTE, pp. 141–159. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470612156.ch8>
- ISO (19157). *The International Organization for Standardization, ISO 19157: Geographic information – Data Quality*. Geneva.
- Ozah, A. P., Kufoniyi, O. (2008). Accuracy Assessment of Contour Interpolation from 1:50 000 Topographical Maps and SRTM Data for 1:25 000 Topographical Mapping. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVII (B7), 1347–1354.
- Petrović, D. (2006). Ocena kvaliteta državne topografske karte v merilu 1:50 000. *Geodetski vestnik*, 50 (2), 187–200.

- Radojčić, S., Borisov, M., Božić, B. (2011). Položajna tačnost geografskih informacija i savremeni standardi za njeno ocenjivanje. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 91 (2), 99–112. DOI: <http://dx.doi.org/10.2298/gsgd1102099r>
- Siva Kumar, R. (2000). Data integration and accuracy issues in digital topographic databases. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, XXXIII (B4), 848–854.
- Sekulović, D., Drobňjak, S. (2011). Primena savremenih tehnologija u procesu izrade geoprostorne baze podataka u rezoluciji 1:25 000 (GBP25). In *Međunarodno – naučno stručni skup: „Arhitektura i urbanizam, Građevinarstvo, Geodezija – Juče, Danas, Sutra“*, Zbornik radova (CD), Banja Luka, BiH, pp. 755–766.
- Servigne S., Lesage N., Libourel T. (2006). Quality Components, Standards, and Metadata. In R. Devillers, R. Jeansoulin (Eds.), *Fundamentals of Spatial Data Quality*. London, ISTE, pp. 179–208. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470612156.ch10>
- Shekhar S., Ma X., Xiong H., Wu W., Donath M., Cheng P. (2002). Digital Road Map Accuracy Evaluation: A Buffer-based Approach. In W. Wu (Ed.), *Digital Road Map Accuracy Evaluation: A EuGer-based Approach*. Department of computer Science, University of Minnesota.
- Talhofer, V., Hofmann, A., Hošková-Mayerová, Š., Kubiček, P. (2011). Spatial analyses and spatial data quality. In *Proceedings of the 14th AGILE International Conference on Geographic Information Science-Advancing Geoinformation Science for a Changing World*, AGILE.
- Zhang, X., Stoter, J., Ai, T., Kraak, M. J., Molenaar, M. (2013). Automated evaluation of building alignments in generalized maps. *International Journal of Geographical Information Science*, 27 (8), 1550–1571. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/13658816.2012.758264>



Drobňjak S., Sekulović D., Amović M., Gigović L., Regodić M. (2016). Central geospatial database analysis of the quality of road infrastructure data. *Geodetski vestnik*, 60 (2): 270–285. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.269-284](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.269-284)

Assist. Siniša Drobňjak, M.Sc.

*Military Geographical Institute
Mije Kovačevića 5
SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: sdrobnyak81@gmail.com*

Assist.prof. Ljubomir Gigović, Ph.D.

*University of Defence, Military Academy
Pavla Jurišića Šturma 33
SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: gigoviclj@gmail.com*

Full prof. Dragoljub Sekulović, Ph.D.

*University of Defence, Military Academy
Pavla Jurišića Šturma 33
SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: sekulovicdr@yahoo.co.uk*

Assoc. prof. Miodrag Regodić, Ph.D.

*University of Defence, Military Academy
Pavla Jurišića Šturma 33
SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: mregodic62@gmail.com*

Assist. Mladen Amović, M.Sc.

*University of Banja Luka, Faculty of Architecture,
Civil Engineering and Geodesy
Bulevar Vojvode Petra Bojovića 1A
BIH-78000, Banja Luka, Bosna i Hercegovina
e-mail: mladen.amovic@hotmail.com*

STEZA – STEREOZAJEM IZ AEROFOTOGRAFIJ IN PODATKOV LIDAR

STEZA – COMBINED STEREORESTITUTION FROM AEROPHOTOGRAPHS AND LIDAR DATA

*Mihaela Triglav Čekada, Stane Tršan, Borut Pegan Žvokelj, Niko Lukač, Marko Bizjak,
Matej Brumen, Borut Žalik*

1 UVOD

Kljub obstoju različnih tujih računalniških programov, ki omogočajo fotogrametrični zajem podatkov iz aerofotografij velikega formata, tudi slovenska stroka zadnjih dvajset let ne zaostaja za tujino in izdeluje svoje fotogrametrične programe. Ti omogočajo večjo optimizacijo 3D-zajema pri slovenskih projektih: na primer pohitritev zajema zaradi vnaprej opredeljenih atributnih tabel in optimalno izvedbo operacij, ki se velikokrat ponavljajo.

Tako so na DFG Consultingu že leta 1997, ko je večina fotogrametričnega zajema še potekala na analitičnih fotogrametričnih instrumentih, razvili prvo slovensko digitalno fotogrametrično programsko opremo StereoEXplorer za zajem iz aerofotografij velikega formata. StereoEXplorer je bil najprej namenjen za urejanje DMR-jev, kasneje pa so ga nadgradili v klasično digitalno fotogrametrično postajo za potrebne fotogrametričnega zajema obrisov streh stavb.

Obrise streh stavb celotne Slovenije so pričeli zajemati že leta 1999, glavnina zajema pa je bila izvedena med letoma 2000 in 2002. Skupno je bilo zajetih 1.400.000 streh, ki so bile podlaga za vzpostavitev Katastra stavb (Grilc in sod., 2003). StereoEXplorer so po koncu zajema stavb večkrat nadgradili za zajem različnih verzij državnih topografskih kart oziroma topografskih baz merila 1 : 5000 (DTK 5). Tako se ponekod uporablja še danes.

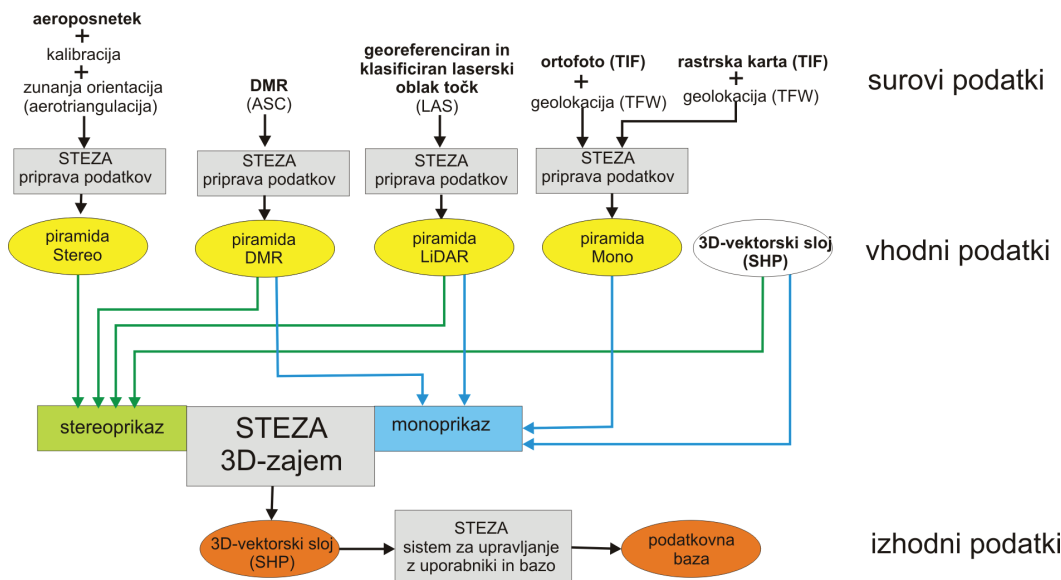
Ob skorajšnji uvedbi podatkov laserskega skeniranja celotne Slovenije v fotogrametrični zajem (Triglav Čekada in Bric, 2015) pa se je pokazala potreba po skupni uporabi aerofotografij in podatkov laserskega skeniranja Slovenije. Pri tem že obstajajo različne vrste tuje programske opreme, ki omogočajo fotogrametrični stereo-zajem iz aerofotografij ali 3D-zajem iz laserskih podatkov, pri čemer se kot pomožni vir za interpretacijo uporabljajo ortofoto. Ker je ortofoto že izveden podatek, obremenjen s svojimi položajnimi napakami (Kosmatin Fras, 2004), ki lahko pri interpretaciji podrobnosti v velikih merilih povzročijo večje položajne napake, lahko najbolj natančen 3D-zajem dosežemo le v kombinaciji stereofotogrametričnega zajema in laserskih podatkov. Slednji namreč omogočajo 3D-pogled pod vegetacijo, stereoposnetki pa lažjo interpretacijo ter pravilno izmero lege in dimenzij objektov, ki v laserskih podatkih niso vidni (na primer vode) ali pa so slabše določljivi zaradi manjše gostote laserskih točk na tem mestu. Prav tako taka kombinacija omogoča 3D-zajem skoraj enakovredno natančnih podatkov na območjih, na katerih uporabljamo različno stare podatke.

Zato smo na Geodetskem inštitutu Slovenije ter Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI) na Univerzi v Mariboru v letu 2015 razvili računalniško programsko opremo z imenom STEZA (STEereoZAJem), ki omogoča kombiniran stereofotogrametrični zajem podatkov iz aerofotografij CAS in laserskih podatkov. Kot pomožne vire za zajem lahko uporabljamo tudi različne pomožne georeferencirane rastrske ali vektorske vire. Programska oprema je bila optimizirana za obsežen projekt množičnega 3D-zajema podatkov hidrografije in dejanske rabe – vodno zemljišče (krajše: zajem vod), ki se izvaja v letih 2015 in 2016.

2 OPIS GLAVNIH FUNKCIJ PROGRAMA

STEZA je fotogrametrična programska oprema, ki skupaj s fotogrametrično strojno opremo (3D-monitor, IR-oddajnik in aktivna polarizacijska stereoočala) ali brez nje v anaglifnem načinu omogoča zajem topografskih vsebin na podlagi merskih stereofotografij. Deluje na operacijskem sistemu Windows 7 ali novejših različicah. Pri tem izkorišča grafične kartice, ki podpirajo NVIDIA 3D Vision. STEZA omogoča izmero, zajem in urejanje vektorskih 3D-točkovnih, linijskih in ploskovnih slojev v formatu Shapefile (SHP).

STEZA omogoča kombiniran zajem na podlagi stereoerofotografij in laserskih podatkov oziroma izdelkov; uporablja točke terena iz klasificiranega oblaka točk v formatu LAS (GKOT) ali digitalni model reliefa v tekstovnem formatu ASCII (DMR). Omogoča pripenjanje položajnih in/ali višinskih koordinat na točke ali na ploskev med točkami GKOT/DMR. Stereomodel se prikazuje v oknu, imenovanem Stereoprikaz. Dodatni kartografski viri, kot so ortofoti in različne rastrske karte, se prikazujejo v oknu, imenovanem Monoprikaz (slika 1).



Slika 1: Shema priprave podatkov v STEZI in shranjevanje rezultatov zajema v skupni podatkovni bazi.

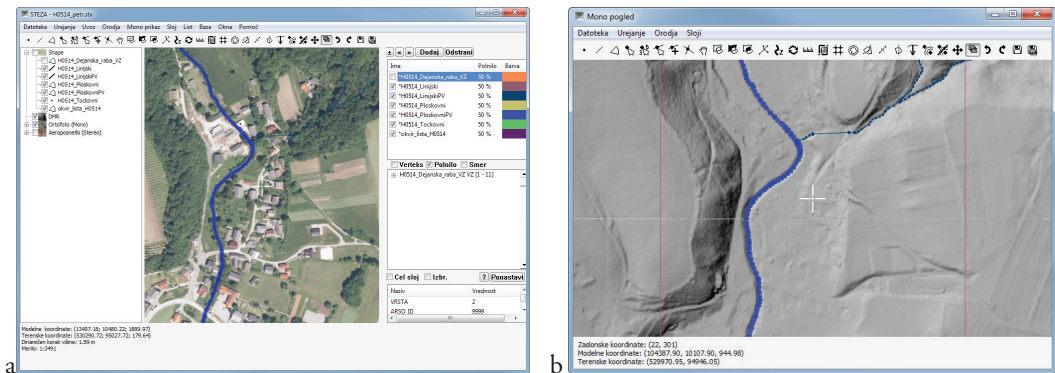
Za zagotovitev hitrejšega dela z večjim številom aerofotografij in laserskih podatkov (povprečna datoteka aerofotografije je velika 1 GB, povprečna datoteka GKOT pa 0,3 GB) so vsi rastrski in laserski podatki

v STEZI najprej pretvorjeni v interni piramidni format. Vsaka piramida vsebuje orientacijo, tako dve piramidi aerofotografij sestavljata stereomodel na območju prekrivanja. V posamezni piramidi aerofotografij so že upoštevani podatki notranje (kalibracija kamere) in zunanje orientacije (aerotriangulacija) aerofotografije. Piramide nad ortofotom pa že vsebujejo geolokacijske podatke iz datoteke TFW. Po pripravi podatkov v piramide ti omogočajo zelo hitro prehajanje med stereomodeli, kar je še posebej prikladno za hitro kontrolo že zajetih podatkov.

Program omogoča tudi gradnjo kompleksnih atributnih podatkovnih tabel ter izvedbo atributnih, geometrijskih in topoloških kontrol, odvisnih od posameznega podatkovnega modela. Podatkovna baza je izvedena kot baza PostgreSQL z dodatkom PostGIS, ki omogoča shranjevanje in arhiviranje prostorskih podatkov več uporabnikov na enem mestu ter prav tako različne nivoje vpogleda v podatke različnim uporabnikom (na primer zajemalci in kontrolorji različnih nivojev), vključuje tudi različne samodejne, geometrijske in topološke kontrole, ki se izvajajo nad podatki, shranjenimi v podatkovni bazi.

Osnovna verzija STEZE je bila razvita za zajem vod. V ta namen smo vgradili kompleksne, vsebinsko prilagojene atributne podatkovne tabele in različne kontrole podatkov. Skupno je za zajem vod vgrajenih prek 150 samodejnih kontrol, od tega 60 atributnih, ki delujejo že ob vpisovanju atributov pri zajemu podatkov, ter 90 geometrijskih in topoloških kontrol, ki se izvajajo nad podatki, shranjenimi v podatkovni bazi.

Orodja za 3D-vektorizacijo so na voljo v orodni vrstici in prek menujev, ki jih lahko uporabljamo v stereo- in monooknu (slika 2). Sestavlja jih kombinacija orodij za klasičen fotogrametrični zajem (na primer 2D- in 3D-pripenjanje točk, ohranjanje dolvodnosti vod) in orodij za pripenjanje zajema na larserske podatke (na primer pripenjanje na točke in samodejno prilagajanje trenutne višine merske marke med točkami) ter orodij za urejanje podatkov (na primer kopiranje elementov med sloji različnega tipa z ohranjanjem atributnih vrednosti ter rezanje, združevanje, unije in preseki zaključenih poligonov ...). Omogoča tudi izvajanje enostavnejših izračunov, kot je izračun dolžin in površin objektov. Program podpira tudi veliko klasičnih operacij, ki se izvajajo v orodjih GIS, kot so barvanje, skrivanje vektorskih slojev, barvanje objektov v posameznem sloju glede na atributne vrednosti posameznih objektov v sloju, preverjanje usmerjenosti vektorjev, obračanje usmerjenosti vektorjev in druge podobne operacije.



Slika 2: a) Stereoprikaz potoka s pritokom in b) monoprikaz iste podrobnosti na podobi analitičnega senčenja laserskega DMR.

3 SKLEP

Po končanem zajemu vod bodo za nadaljnji razvoj STEZE, enako kot je bilo pred desetimi leti s StereoEXplorerjem, zelo pomembni 3D-zajemi ostalih prostorskih podatkov ter razvoj potreb in zahtev uporabnikov večrazsežnih prostorskih podatkov. Nova verzija STEZE je že bila nadgrajena in prirejena za zajem zadnje različice topografske baze merila 1 : 5000, imenovane Državni topografski model.

STEZA trenutno deluje na stacionarni stereoskopski fotogrametrični postaji, na kateri je nameščena, prek interneta pa dostopa do oddaljene baze, kamor se shranjujejo rezultati. V prihodnosti lahko pričakujemo, da se bodo taka fotogrametrična orodja v večjem delu ali v celoti preselila v obliko oddaljene aplikacije (spletne aplikacije), kjer se bo zajem izvajal lokalno, aerofotografije in ostali podatki pa bodo dostopni prek oddaljenega dostopa, čemur bo seveda sledil tudi razvoj te programske rešitve.

ZAHVALA

Avtorji se zahvaljujemo še vsem drugim zaposlenim na Geodetskem inštitutu Slovenije, Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko na Univerzi v Mariboru ter Geodetskemu zavodu Celje, ki so prispevali svoje znanje za načrtovanje, optimizacijo ter testiranje različnih procesov na STEZI in njenih posodobitvah. Za informacije o programu StereoEXplorer se zahvaljujemo mag. Tomažu Gvozdanoviču iz DFG Consultinga.

Literatura in viri:

Grilc, M., Pogorelnik, E., Triglav, M., Pegan - Žvokelj, B. (2003). Vzpostavitev katastra stavb – registrski podatki. *Geodetski vestnik*, 47(3), 193–214.

Kosmatin Fras, M. (2004). Vpliv kakovosti vhodnih podatkov na kakovost ortofota.

Geodetski vestnik, 48(2), 167–178.

Triglav Čekada, M., Bric, V. (2015). Končan je projekt laserskega skeniranja Slovenije. *Geodetski vestnik*, 59(3), 586–592.



dr. Mihaela Triglav Čekada, univ. dipl. inž. geod.

Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: mihaela.triglav@gis.si

Stane Tršan, geodetski tehnik

Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: stane.trsan@gis.si

mag. Borut Pegan Žvokelj, univ. dipl. inž. geod
Inštitut PROIN, Inštitut za prostorski inženiring, d. o. o.
Kidričeva ulica 25, SI-3000 Celje
e-naslov: borut.pegan-zvokelj@proin.si

Niko Lukač, mag. inž. rač. in inf. tehnol.

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
Smetanova 17, SI-2000 Maribor
e-naslov: niko.lukac@um.si

Marko Bizjak, mag. inž. rač. in inf. tehnol.

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
Smetanova 17, SI-2000 Maribor
e-naslov: m.bizjak@um.si

Matej Brumen, dipl. inž. rač. in inf. tehnol.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
Smetanova ulica 17
SI-2000 Maribor
e-naslov: matej.brumen@um.si

prof. dr. Borut Žalik, univ. dipl. inž. el.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
Smetanova ulica 17
SI-2000 Maribor
e-naslov: borut.zalik@um.si

POVEZAVE MED PARCELAMI TER DETAJLNIMI LISTI IZVORNIH NAČRTOV IN TERENSKIH SKIC

LINKS BETWEEN LAND PARCELS AND SHEETS OF ORIGINAL CADASTRAL MAPS AND CADASTRAL FIELD SHEETS

Joc Triglav

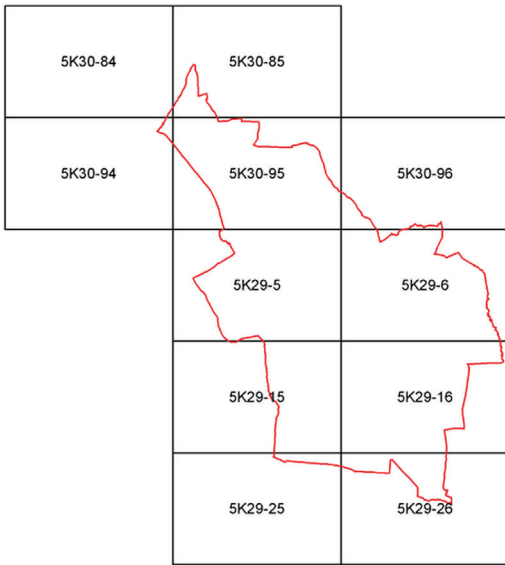
1 UVODNI PROBLEM

Iz atributnega dela zemljiškega katastra smo z letošnjim spomladanskim letnim prepisom baz zemljiškega katastra v celoti izbrisali podatek o povezavi lege parcel z izvornimi detajlnimi listi zemljiškokatastrskih načrtov. Ta podatek je za povezavo z arhivom zemljiškega katastra iz različnih razlogov zelo pomemben, zato ga je treba nadomestiti z digitalnimi grafičnimi podatki, ki v bazah GURS za vse katastrske občine v Sloveniji že obstajajo ali pa jih je vanje mogoče hitro in enostavno vnesti.

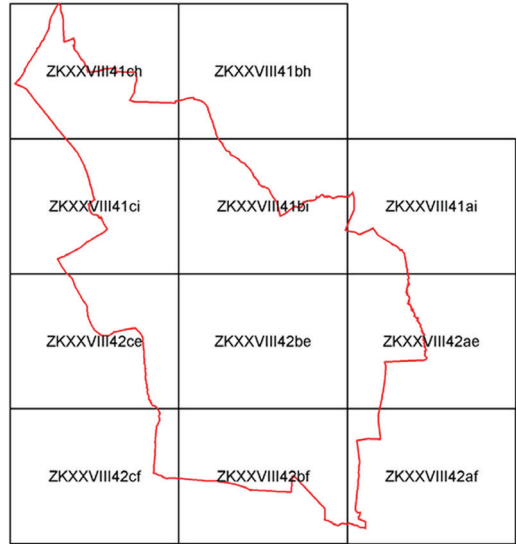
2 ENOSTAVNA MOŽNOST ODPRAVE PROBLEMA

Ena od najbolj racionalnih, priročnih in za vsakdanjo uporabo geodetov koristnih možnosti za to je sistematična nastavitev standardnih dostopov do dodatnih grafičnih vektorskih ali rastrskih slojev v grafičnem delu prihodnje aplikacije Centralne baze nepremičnin (CBN). Aplikacijo bomo v bližnji prihodnosti pri vsakdanjem delu z elaborati geodetskih storitev množično in intenzivno uporabljali tako zaposleni na geodetski upravi kot pri geodetskih podjetjih.

Povezavo med parcelami in detajlnimi listi izvornih ZK-načrtov je mogoče vzpostaviti z dostopom do baze geolociranih shem razreza detajlnih listov analognih katastrskih načrtov, ki so bili skenirani za digitalni arhiv ZK-načrtov. Te sheme z vneseno uradno nomenklaturu detajlnih listov že obstajajo na Geodetski upravi RS v digitalni vektorski obliki za vse katastrske občine v Sloveniji in za vsa merila zemljiškokatastrskih načrtov posamezne katastrske občine v arhivu skeniranih načrtov kot prikaz preglednega sloja listov za posamezna merila načrtov, ki so se uporabljali v posameznih časovnih obdobjih za posamezne katastrske občine (glej primera na slikah 1 in 2 ter skupni prikaz za vso Slovenijo na sliki 3).

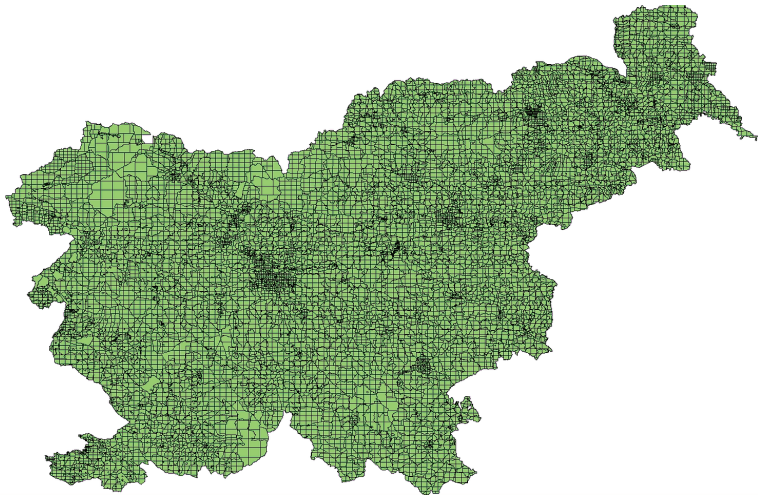


0001, HODOŠ
 MEROLO LISTOV 1: 2880
 Pregledni sloj listov



Slika 1: Geolocirana shema razreza katastrske občine 1 Hodoš na detaljne liste zemljiškokatastrskih načrtov nove izmere iz leta 1962 v merilu 1 : 2500 z nomenklaturo v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu. Vir: GURS, Digitalni arhiv načrtov zemljiškega katastra, 2016.

Slika 2: Geolocirana shema razreza katastrske občine 1 Hodoš na detaljne liste zemljiškokatastrskih načrtov prve izmere iz leta 1859 v merilu 1 : 2880 z nomenklaturo v koordinatnem sistemu Gellérthegey. Vir: GURS, Digitalni arhiv načrtov zemljiškega katastra, 2016.

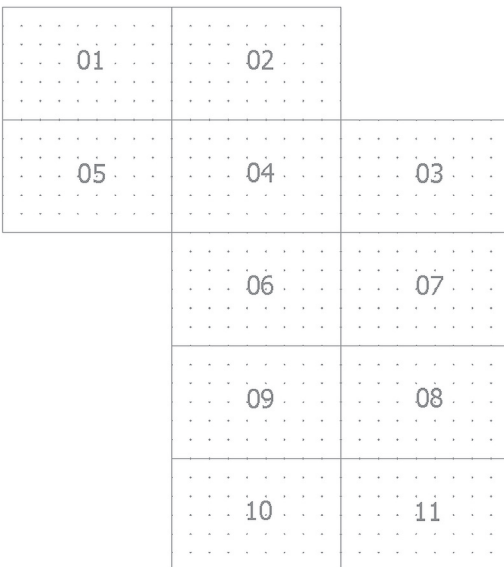


Slika 3: Shema razreza na detaljne liste zemljiškokatastrskih načrtov za vso Slovenijo, izdelana v obdobju skeniranja analognih načrtov Geodetske uprave RS. Vir: GURS, Digitalni arhiv načrtov zemljiškega katastra, 1997.

3 NASLEDNJI KORAK

Poleg povezave parcel z detajlnimi listi zemljiškokatastrskih načrtov je zelo koristna povezava z geolociranimi shemami razreza detajlnih listov terenskih skic novih izmer katastrskih občin in merskih skic komasacij, kjer so izdelane. Za območje GP Murska Sobota so sheme skic novih izmer in komasacij na primer izdelane za vse katastrske občine kot vektorski sloji v DWG-slikah posameznih katastrskih občin in kot samostojne DWG-slike, ki jih je prek DXF-izvoza mogoče enostavno zapisati v ustrezno obliko digitalnega zapisa za uvoz v dodatni sloj prihodnje aplikacije CBN – glej primere za k. o. 1 Hodoš na spodnjih slikah (slike od 4 do 8).

Podlaga za geolociranje sheme detajlnih listov terenskih skic v posamezni katastrski občini je prej navedena geolocirana shema razreza detajlnih listov zemljiškokatastrskih načrtov za to isto katastrsko občino. Geolocirani razrez na detajlne liste načrtov merila 1 : 2500 z lokalnim oštevilčenjem listov načrtov je za izbrano katastrsko občino geolokacijsko enak razrezu preglednega sloja listov v digitalnem arhivu skeniranih zemljiškokatastrskih načrtov Geodetske uprave RS (slika 4). Povezava med polno in lokalno nomenklaturo je vpisana v tabelaričnem delu digitalnega arhiva skeniranih zemljiškokatastrskih načrtov Geodetske uprave RS, kjer je za spletno povezavo na rastrsko sliko načrta in navedbo tipa načrta najprej navedena polna nomenklatura listov, za njo pa pripadajoče lokalno oštevilčenje listov (npr. **5K30-84, HODOŠ 1** – glej sliko 5).



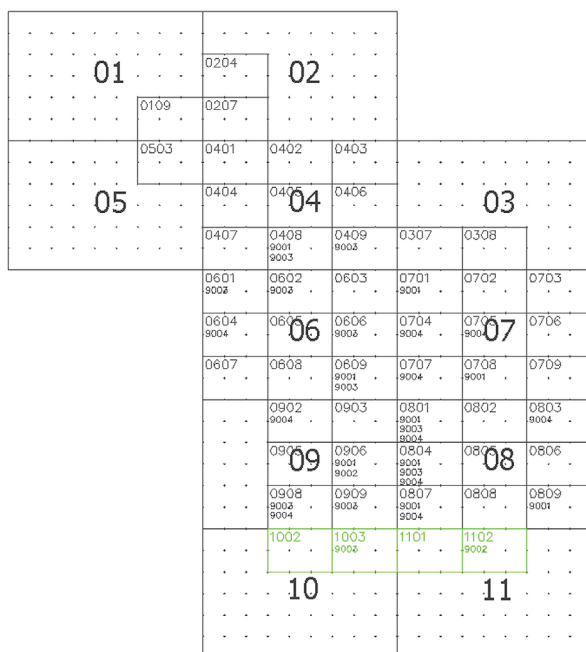
Slika 4: Primer sheme razreza na detajlne liste zemljiškokatastrskih načrtov merila 1 : 2500 z lokalno označbo detajlnih listov za k. o. 1 Hodoš. Vir: OGU Murska Sobota, 2016.

Zadnje stanje : 0	
0001	O, 5K30-84, HODOŠ 1, Vzdrževano do:31.12.2002, Prva n.:1.1.1962
0002	O, 5K30-85, HODOŠ 2, Vzdrževano do:31.12.2002, Prva n.:1.1.1962
0003	O, 5K30-96, HODOŠ 3, Vzdrževano do:31.12.2002, Prva n.:1.1.1962
0004	O, 5K30-95, HODOŠ 4, Vzdrževano do:31.12.2002, Prva n.:1.1.1962
0005	O, 5K30-94, HODOŠ 5, Vzdrževano do:31.12.2002, Prva n.:1.1.1962
0006	O, 5K29-5, HODOŠ 6, Vzdrževano do:31.12.2002, Prva n.:1.1.1962
0007	O, 5K29-6, HODOŠ 7, Vzdrževano do:31.12.2002, Prva n.:1.1.1962
0008	O, 5K29-16, HODOŠ 8, Vzdrževano do:31.12.2002, Prva n.:1.1.1962
0009	O, 5K29-15, HODOŠ 9, Vzdrževano do:31.12.2002, Prva n.:1.1.1962
0010	O, 5K29-25, HODOŠ 10, Vzdrževano do:31.12.2002, Prva n.:1.1.1962
0011	O, 5K29-26, HODOŠ 11, Vzdrževano do:31.12.2002, Prva n.:1.1.1962

Slika 5: Povezava med polno in lokalno nomenklaturo detajlnih listov v digitalnem arhivu zemljiškokatastrskih načrtov Geodetske uprave RS. Vir: GURS, Digitalni arhiv načrtov zemljiškega katastra, 2016.

Detajlni listi terenskih skic novih izmer in komasacij so praviloma izdelani v urejenih pravokotnih shemah. Za načrte merila 1 : 2500 je na primer praviloma izdelana pravokotna shema razreza na 3 × 3 detajlne liste skic za en detajlni list načrta, za načrte merila 1 : 1000 pa pravokotna shema razreza na 4 × 4 de-

tajne liste skic ipd. Primer takšne geolocirane sheme razreza na detaljne liste terenskih skic je na sliki 6. Prvi dve cifri v oznaki posameznega detaljnega lista terenske skice pomenita številko (lokalno označbo) detaljnega lista načrta, drugi dve cifri pa zaporedno številko detaljnega lista terenske skice na tem listu načrta. Tako na primer oznaka »0406«, vpisana v shemi razreza detaljnih listov terenskih skic, pomeni, da je to skica številka 6 na detaljnem listu načrta 4. Morebitne dodatne oznake na posameznih detaljnih listih skic, ki se začnejo s cifro 90**, pomenijo številke dodatnih skic s popravki in domeritvami. Tako na primer oznaka 9004 pomeni, da je to dodatna skica z zaporedno številko 4 v okviru nove izmere te katastrske občine. Številčenje dodatnih skic je v elaboratih novih izmer in komasacij namreč zaporedno za območje celega delovišča, na eni dodatni skici pa je lahko vrisanih več popravkov in domeritev z območij različnih detaljnih listov načrtov oziroma skic.



Slika 6: Primer sheme razreza na detaljne liste terenskih skic nove izmere iz leta 1962 z lokalno označbo detaljnih listov za k. o. 1 Hodoš. Vir: OGU Murska Sobota, 2016.

Geolocirani razrez na detaljne liste načrtov z vnesenim razrezom na detaljne liste merskih skic nove izmere je le začetni korak, vstopnica do geodetskih terenskih merskih podatkov, na podlagi katerih so bili načrti novih izmer izdelani.

4 POVEZAVA S SKENOGRAMI NAČRTOV IN TERENSKIH SKIC

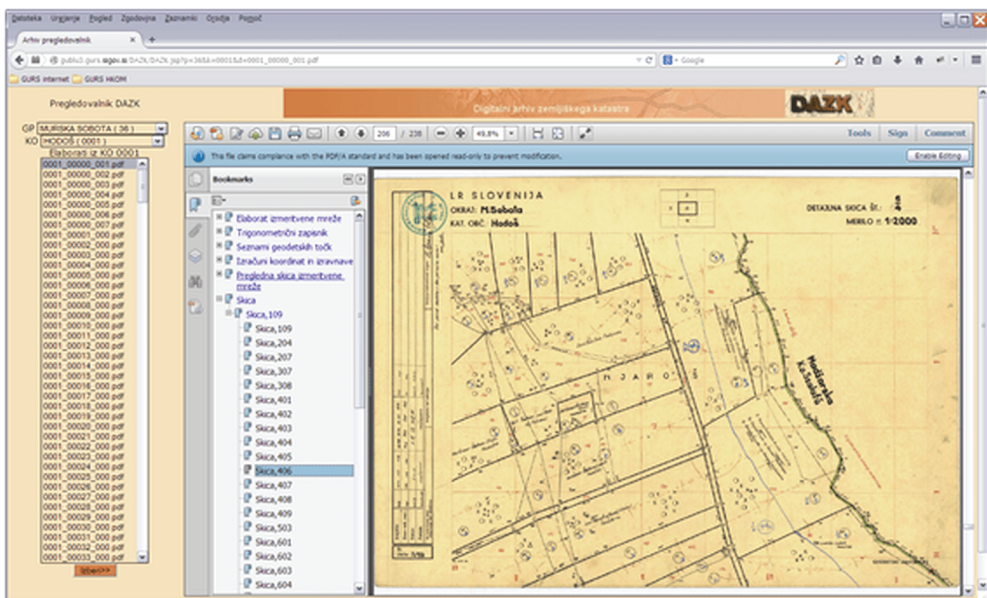
Geodeti, ki se med izvajanja svojih meritev in izdelavo elaboratov geodetskih storitev dnevno ukvarjajo z iskanjem izvornih arhivskih merskih podatkov zemljiškega katastra, vedo, da je hiter dostop do pravih in originalnih geodetskih podatkov zlata vreden. Povezava med parcelo in detaljnim listom izvornega zemljiškokatastrskega načrta ter terensko skico in pripadajočim tahimetričnim zapisnikom, na podlagi

katerih je bil ta načrt narejen, ponuja enostaven in pregleden dostop do teh ključnih geodetskih arhivskih terenskih merskih podatkov.

Oštevilčenje detajlnih listov terenskih skic v zgoraj opisanih shemah je namreč enako kot v digitalnem arhivu evidence elaboratov Evela. Štirimestna oznaka detajlnih listov skic v grafiki je ključ povezave z digitalnim arhivom skic v Eveli DAZK, kjer je v zaznamkih prav tako zapisana oznaka detajlnega lista terenske skice (glej sliko 7).

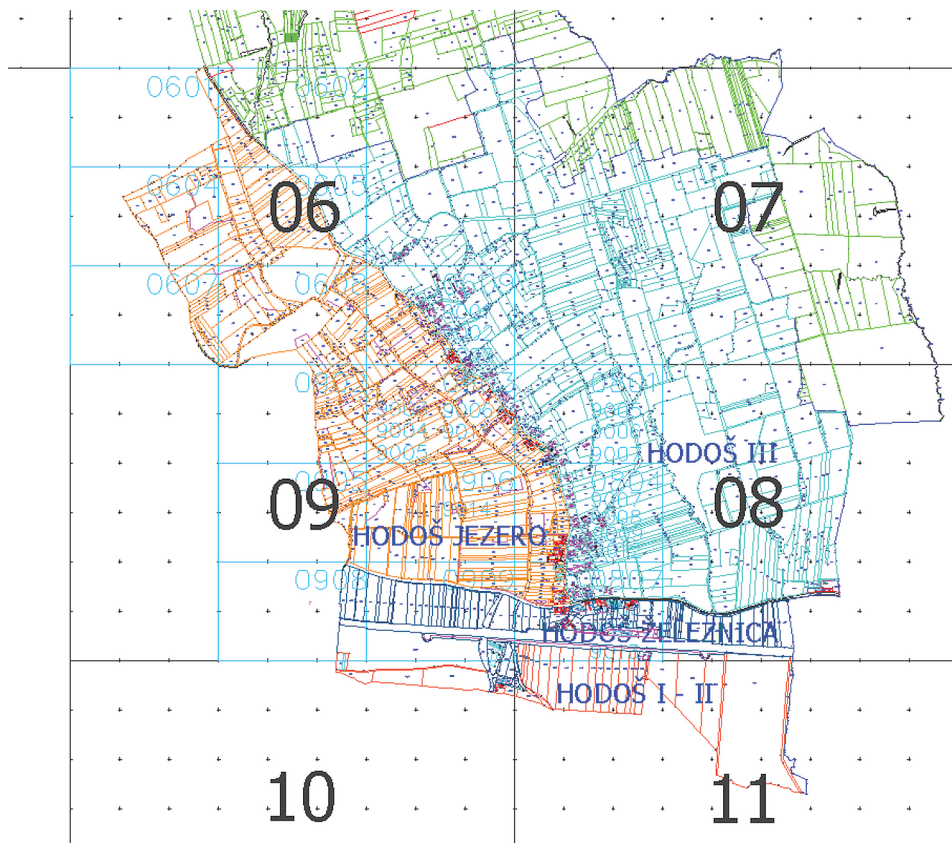
(Opomba: Podrobnejši opis pomena in uporabnosti teh podatkov je avtor opisal leta 2010 v Geodetskem vestniku v članku »Zemljiški kataster, Prekmurje in ... jurčki« – glej http://www.geodetski-vestnik.com/54/3/gv54-3_556-576.pdf – od strani 567 naprej. Sam potek meritev pri novih izmerah v Prekmurju pa nam je leta 2010 v članku z naslovom »Geodeti ob petkih in svetkih – utrinki z meritev v Prekmurju« v več nadaljevanjih »iz prve roke« na podlagi lastnih izkušenj krasno opisal kolega Peter Svetik – glej:

- http://www.geodetski-vestnik.com/54/1/gv54-1_141-159.pdf, od strani 156 naprej,
- http://www.geodetski-vestnik.com/54/2/gv54-2_338-368.pdf, od strani 362 naprej, in
- http://www.geodetski-vestnik.com/54/3/gv54-3_556-576.pdf, strani 563–566).



Slika 7: Primer detajlnega lista terenske skice v digitalnem arhivu zemljiškega katastra (DAZK). Ključ iskanja oziroma povezave je oznaka detajlnega lista v shemi razreza na detajlne liste terenskih skic nove izmere. Vir: GURS, DAZK, 2016.

Vsebinsko enako so izdelane sheme skic za komasacije v posamezni k. o. – na primer v k. o. 1 Hodoš so bile štiri komasacije in za vsako je izdelana posebna geolocirana shema razreza na detajlne liste skic. Tako lahko s tem grafičnim vhodnim podatkom, izrisanim hkrati v vsebino ZK-načrta oziroma ZK-prikaza, v digitalni Eveli hitro in enostavno poiščemo terensko skico, na kateri so originalni terenski merski podatki za iskano parcelo, na primer za parcelo komasacije Hodoš-Jezero, kot je razvidno iz spodnjega skupnega prikaza sheme razreza na liste detajlnih skic te komasacije in grafike zemljiškega katastra (slika 8).



Slika 8: Primer sheme razreza na detaljne liste terenskih skic komasacije Hodoš-Jezero iz leta 2008 z lokalno označbo detaljnih listov za k. o. 1 Hodoš, prikazano skupaj z vsebino zemljiškokatastrskega načrta. Vir: OGU Murska Sobota, 2016.

Možnost uporabe si predstavljam tako, da bo imel grafični uporabniški vmesnik aplikacije CBN dostop do centralne baze shem razrezov na detaljne liste načrtov in shem razrezov na detaljne liste skic, ki bo organizirana po šifrah k. o. za vso Slovenijo. Shema razreza na detaljne liste načrtov za vse k. o. v Sloveniji in za vsa merila posameznih k. o. je že v bazi GURS pri arhivu skeniranih ZK-načrtov, treba je le »napeljati poti« do nje.

Shema razrezov na detaljne liste terenskih skic novih izmer in komasacij verjetno še ne obstaja za vso Slovenijo, zato bi v centralno bazo za potrebe CBN na začetku vključili le sheme skic, ki so že izdelane (na primer za celotno območje geodetske pisarne Murska Sobota itd.). Sheme teh razrezov skic v centralni bazi bi postopoma dopolnjevale posamezne geodetske pisarne.

Grafični vmesnik naj bi v začetni fazi deloval vsaj tako, da uporabniku ob označitvi oziroma izboru parcel ponudi nabor shem razrezov na liste za tisto k. o. (ali več k. o., če so izbrane parcele iz več k. o.), v kateri so izbrane parcele. Uporabnik v ponujenem naboru shem razreza na detaljne liste s klikom izbere shemo za tisto k. o., ki jo želi videti na zaslonu prikazano skupaj z drugimi sloji grafike. Tako je enostavno in pregledno rešen problem povezave grafike parcel z digitalnim arhivom detaljnih listov načrtov in terenskih skic. V naslednji fazi bi te povezave lahko nadgradili, da bodo spletne povezave na digitalni arhiv

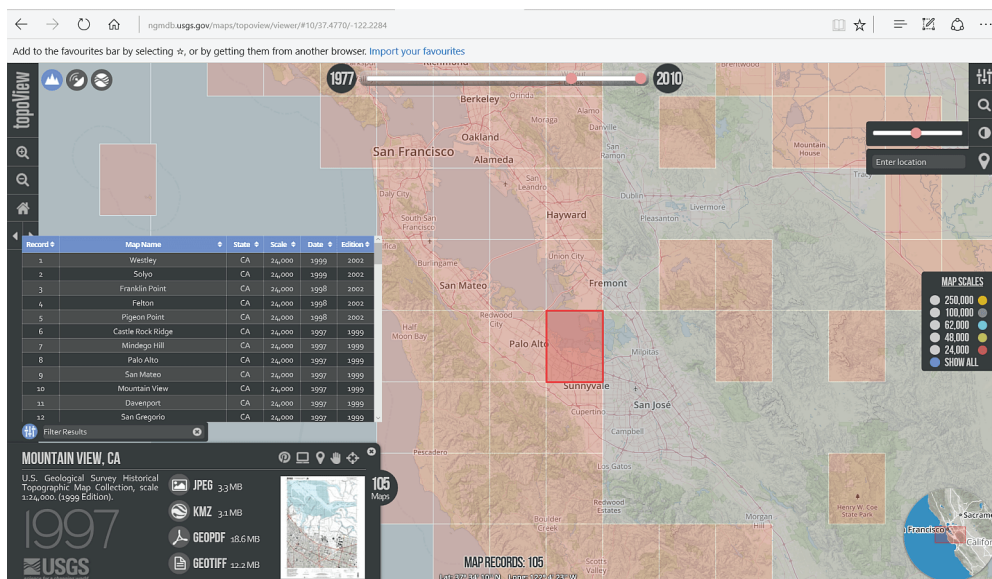
geolociranih skenogramov posameznih detajlnih listov načrtov in terenskih skic neposredno dostopne s klikom miške v grafičnem vmesniku CBN, saj oboje digitalno že obstaja – za sheme razdelitve načrtov v celoti že v bazi GURS, za sheme skic pa za zdaj še delno in lokalno.

5 RAZŠIRIMO KARTOGRAFSKO OBZORJE

Dostop, kot je opisan zgoraj za arhivske podatke zemljiškega katastra, je le del tega, kar lahko geodetska služba v prihodnje sistematično ponudi geodetom. In kako malo nas je geodetov v primerjavi z drugimi uporabniki kartografskih podatkov.

Ena od kakovostnih možnosti geolociranja starih topografskih kart in katastrskih načrtov je opisana v lanskem članku »E pluribus unum: stare karte, nov pogled« (http://www.geodetski-vestnik.com/59/1/gv59-1_triglav.pdf). V arhivih je še veliko kartografskega gradiva, kot so arhivske topografske karte in načrti iz različnih obdobj 20. stoletja, posnetki cikličnega letalskega snemanja iz preteklih desetletij ipd., ki geodetom ter strokovni in laični javnosti niso enostavno in pregledno dostopni kot geolocirani podatki, ponujajo pa dragocen vpogled v spreminjanje fizičnih, naravnih in kulturnih lastnosti prostora skozi časovne preseke, določene z letnicami izdelave kart.

Ena od takih kakovostno izvedenih aplikacij za organizirano spletno predstavitev in uporabo geolociranih digitalnih kartografskih vsebin različnih meril iz različnih časovnih presekov je na primer spletni portal topoView. Ameriška državna geodetska služba (USGS), ki je pristojna za izdajanje državnih kart v različnih merilih in izdeluje od leta 2009 novo generacijo svojih digitalnih topografskih kart US Topo, je nove karte dopolnila z zbirko visoko ločljivih skenogramov zgodovinskih topografskih kart vse od leta 1884 naprej, ko so v ZDA začeli sistematično izdelavo državnih topografskih kart.



Slika 9: Primer spletnega portala topoView, ki za območje ZDA omogoča enostavno iskanje arhivskih državnih topografskih kart po različnih merilih in uporabniške prenose digitalnih kart v različnih formatih. Vir: http://ngmdb.usgs.gov/maps/topoview/viewer, 2016.

Zbirka The National Map's Historical Topographic Map Collection (HTMC) vsebuje digitalni repozitorij državnih kart merila 1 : 250 000 in večjih, ki šteje 178.000 detajlnih listov kart in se še dopolnjuje. Naloge točnega katalogiziranja kart in evidentiranja metapodatkov izvajajo v okviru državnega geoprostorskega programa National Geospatial Program (NGP). TopoView s kakovostnim grafičnim vmesnikom in tekstovnim iskalnikom omogoča izbor in brezplačen prenos (angl. *download*) kart za izbrano geolokacijo, časovno obdobje, merilo kart itd. (slika 9). Karte so uporabniku brezplačno na voljo v obliki datotek GeoPDF, GeoTIFF, JPG in KMZ.

6 SKLEP

Prispevek je napisan predvsem z namenom, da spodbudi aktivnosti za vsebinsko kakovosten, tehnološko sodoben ter organizacijsko, prostorsko in časovno enotno urejen celovit digitalni dostop do množice geolociranih skenogramov zemljiškokatastrskih načrtov, terenskih skic in pripadajočih pisnih podatkov geodetskih meritev, na podlagi katerih so bili v različnih zgodovinskih časovnih obdobjih ti načrti izdelani. Podatki in načrti, v katere so generacije geodetov v preteklosti vložile ogromno umskih in fizičnih naporov, geodetska služba pa veliko javnofinančnih sredstev, so temelj današnjih geodetskih evidenc. Samo s strokovnim poznavanjem, razumevanjem in upoštevanjem teh temeljev pri vsakdanjem geodetskem delu se bomo geodeti tudi v prihodnje ključno razločevali od drugih strok in služb ter ohranili možnost, da upravičimo svoj strokovni obstoj v obsegu, ki se ne bo bistveno razlikoval od današnjega.

V zadnjem delu članka je dodan še namig geodetski službi, da je treba za enotno urejen in uporabniško enostaven način na široko odpreti vpogled tudi do vseh drugih veljavnih in arhivskih digitalnih kartografskih podatkov geodetske uprave. Želje in pričakovanja ter potrebe po tem so med geodeti in uporabniki v geodetski službi, pa tudi med vsemi drugimi uporabniki, iz leta v leto večje. Cilj vseh deležnikov geodetske službe mora biti, da bo geodetska služba vse bogastvo lastnih aktualnih in arhivskih podatkov geodetom in ostalim uporabnikom ponujala enotno strukturirano, vsebinsko celovito in tehnološko sodobno. Vsak proračunski evro, vložen v to, se bo geodetski službi in vsej družbi na različne načine mnogokratno obrestoval!



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

UPORABA GIS-ORODIJ ZA SPREMLJANJE REALIZACIJE CILJEV KOHEZIJSKE POLITIKE NA PODROČJU OSKRBE S PITNO VODO TER ODVAJANJA IN ČIŠČENJA KOMUNALNIH ODPADNIH VOD

UTILIZATION OF GIS TOOLS FOR THE MONITORING OF THE PURSUANCE OF COHESION POLICY GOALS IN THE FIELDS OF POTABLE WATER SUPPLY, DRAINAGE AND WASTEWATER TREATMENT

Blaž Mozetič, Polona Filipič

Ob končevanju projektov, financiranih s sredstvi evropske kohezijske politike, za obdobje 2007–2013 so upravičenci (lokalne skupnosti) po pogodbi o sofinanciranju dolžni pripraviti končno poročilo o izvajanju operacije. Njegov sestavni del so tudi kazalniki rezultata, ki morajo biti doseženi in dokazujejo uspešnost operacije. Da upravičenci v končnem poročilu ne bi podali le ocen o vrednosti doseženih kazalnikov oziroma zgolj prepisali vrednosti doseženih kazalnikov v končno poročilo, je ministrstvo za okolje in prostor kot posredniški organ pripravilo metodologijo za preverjanje vrednosti kazalnikov.

1 UVOD

Kohezijska politika se izvaja na območju celotne Evropske unije in izvira iz načela solidarnosti. Namenjena je vsem regijam in mestom v Evropski uniji za podporo ustvarjanja delovnih mest, poslovne konkurenčnosti, gospodarske rasti, trajnostnega razvoja in izboljšanja kakovosti življenja državljanov (Eu-skladi, 2014). Vsaka država članica je morala za izvajanje kohezijske politike EU v obdobju 2007–2013 pripraviti operativne programe.

Operativni program je dokument, v katerem je posamezna država članica predvidela črpanje sredstev iz posameznega evropskega sklada v programskem obdobju 2007–2013. To je skupni programski dokument Slovenije in EU, ki je sprejet na predlog države članice in po uskladitvi z Evropsko komisijo. Vsebuje neke vrste osnovni načrt, v katerem je predvideno, v kakšne namene bodo porabljena pridobljena evropska sredstva. Za programsko obdobje 2007–2013 so bili pripravljene trije operativni programi. Na področju okolja in prometa je bil sprejet Operativni program razvoja okoljske in prometne infrastrukture (v nadaljevanju: OP ROPI). OP ROPI je podlaga za črpanje sredstev iz Kohezijskega sklada in Evropskega sklada za regionalni razvoj. Njegov cilj je zagotoviti razmere za rast z zagotavljanjem trajnostne mobilnosti, za izboljšanje kakovosti okolja in izgradnjo ustrezne infrastrukture (OP ROPI, 2007).

V okviru OP ROPI sta bili na področju varstva okolja oblikovani dve razvojni prednostni nalogi (OP ROPI, 2007):

- razvojna prednostna naloga Ravnanje s komunalnimi odpadki,
- razvojna prednostna naloga Varstvo okolja – področje voda.

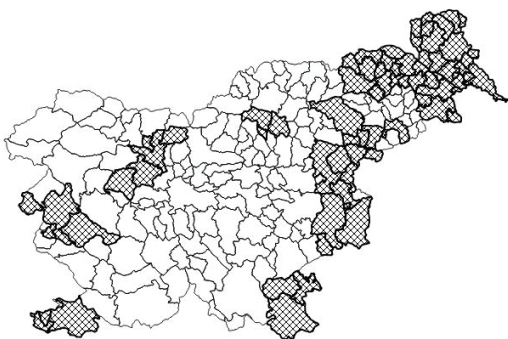
V okviru razvojne prednostne naloge Varstvo okolja – področje voda so se naložbe nanašale na razvoj okoljske infrastrukture na naslednjih področjih (OP ROPI, 2007):

- oskrba s pitno vodo,
- odvajanje in čiščenje komunalnih odpadnih vod,
- zmanjšanje škodljivega delovanja voda.

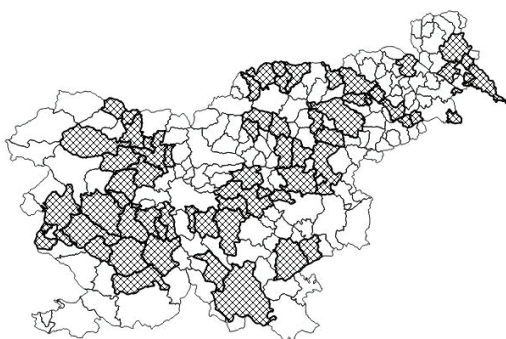
Za vsako razvojno prednostno nalogo so določeni skupni kazalniki rezultatov, za katere je bila v OP ROPI 2007–2013 določena ciljna vrednost. Naloga posredniškega telesa je spremljati vrednosti doseženih kazalnikov. Na ministrstvu za okolje in prostor se je izoblikovala delovna skupina in pripravila Navodila za posredovanje podatkov za potrebe spremljanja realizacije ciljev kohezijske politike na področju oskrbe s pitno vodo ter odvajanja in čiščenja komunalnih vod – GIS (Cerar et al., 2016). Cilj projekta je bil vzpostaviti kartografsko podatkovno bazo, ki temelji na geografskem informacijskem sistemu za izračun vrednosti doseženih kazalnikov rezultata. Namen projekta je v grafični obliki prikazati priključenost stavb na čistilno napravo/vodni vir in grafični prikaz celotnega kanalizacijskega/vodovodnega sistema.

2 PREDSTAVITEV KOHEZIJSKIH PROJEKTOV V OKVIRU RAZVOJNE PREDNOSTNE NALOGE VARSTVO OKOLJA – PODROČJE VODA

V Sloveniji se je v okviru razvojne prednostne naloge Varstvo okolja – področje voda v programskem obdobju 2007–2013 izvajalo 45 operacij, in sicer na področju oskrbe s pitno vodo 16 operacij, na področju odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih vod 26 operacij in na področju zmanjšanja škodljivega delovanja voda 3 operacije. Pri slednjih je upravičenec, ki je prejemnik sredstev, ministrstvo za okolje in prostor (v nadaljevanju: MOP). Pri vseh ostalih MOP opravlja naloge posredniškega organa, ki bdi nad pravilno in smotno porabo sredstev, upravičenci pa so občine (lokalne skupnosti). Skupaj je bilo v navedene projekte vključenih več kot 130 občin iz celotne Slovenije. Na področju oskrbe s pitno vodo je bilo vključenih več kot 70 občin (slika 1), na področju odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih vod pa več kot 60 občin (slika 2).



Slika 1: Občine, ki so bile vključene v kohezijske projekte oskrbe s pitno vodo v programskem obdobju 2007–2013 (Ministrstvo za okolje in prostor, 2016).



Slika 2: Občine, ki so bile vključene v kohezijske projekte odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih vod v programskem obdobju 2007–2013 (Ministrstvo za okolje in prostor, 2016).

Ministrstvo za okolje in prostor je v finančni perspektivi 2007–2013 v okviru teh projektov črpalo več kot 500 milijonov evrov evropskih sredstev. Na področju odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih

vod je bilo zgrajenih približno 600 kilometrov kanalizacijskih vodov, 43 čistilnih naprav, 235 črpališč, 36 zadrževalnih bazenov in 61 razbremenilnikov. Na področju oskrbe s pitno vodo je bilo zgrajenih približno 1240 kilometrov vodovodnih vodov, 74 novih vodohranov, 8 vodnih virov, 80 črpališč in 23 prečrpališč.

Preglednici 1 in 2 prikazujeta prve tri projekte na področju oskrbe s pitno vodo ter odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda v finančni perspektivi 2007–2013 glede na višino investicije, dolžino zgrajenih komunalnih vodov in število na novo priključenih prebivalcev na kanalizacijski/vodovodni sistem.

Preglednica 1: Prvi trije projekti z najvišjimi mesti v finančni perspektivi 2007–2013 glede na višino investicije, dolžino zgrajenih kanalizacijskih vodov in število prebivalcev, na novo priključenih na kanalizacijski sistem (Zbirka podatkov, 2016).

Zap. št.	Višina investicije z DDV	Dolžina kanalizacijskih vodov	Število prebivalcev, na novo priključenih na kanalizacijski sistem
1.	Odvajanje in čiščenje odpadne vode v porečju Ljubljane – 1. sklop: 70.679.639 EUR	Celostno urejanje odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda ter varovanje vodnih virov na spodnjem povodju reke Mure – Dolinska kanalizacija: 94 km	Odvajanje in čiščenje odpadne vode v porečju Soče (CČN Nova Gorica): več kot 28.500 preb.
2.	Odvajanje in čiščenje odpadne vode v porečju Soče (CČN Nova Gorica): 48.486.647 EUR	Odvajanje in čiščenje odpadne vode v porečju Ljubljane – 1. sklop: 89 km	Odvajanje in čiščenje odpadne vode v porečju Ljubljane – 1. sklop: več kot 24.000 preb.
3.	Odvajanje in čiščenje komunalnih odpadnih voda v porečju Zgornje Save ter na območju Kranjskega in Sorškega polja – 2. sklop, 1. faza: 45.933.072 EUR	Celostno urejanje odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda in varovanje vodnih virov na povodju Savinje: 49 km	Odvajanje in čiščenje odpadne vode v porečju Srednje Save – 2. faza: več kot 15.900 preb.

Preglednica 2: Prvi trije projekti v finančni perspektivi 2007–2013 glede na višino investicije, dolžino zgrajenih vodovodnih vodov in število prebivalcev, na novo priključenih na vodovodni sistem (Zbirka podatkov, 2016).

Zap. št.	Višina investicije z DDV	Dolžina vodovodnih vodov	Število novopriključenih prebivalcev na vodovodni sistem
1.	Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem B: 49.549.480 EUR	Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem B: 229 km	Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem B: več kot 14.000 preb.
2.	Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C: 49.375.566 EUR	Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C: 172 km	Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C: več kot 4000 preb.
3.	Oskrba s pitno vodo v Šaleški dolini: 41.487.453 EUR	Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem A: 166 km	Celovita oskrba severovzhodne Slovenije s pitno vodo – SZ Slovenske gorice: več kot 3900 preb.

3 VZPOSTAVITEV PROSTORSKE PODATKOVNE BAZE

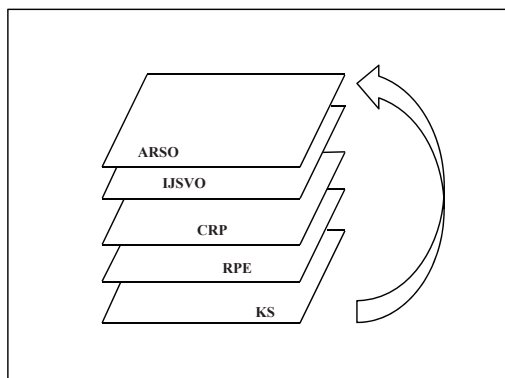
Ob zaključevanju kohezijskih projektov so upravičenci (lokalne skupnosti) dolžni pripraviti končno poročilo, katerega sestavni del so tudi vrednosti doseženih kazalnikov rezultata (Navodila organa upravljanja, 2016). Kazalniki izhajajo iz OP ROPI (2007) in so glede na področje naslednji:

- področje oskrbe s pitno vodo:
 - povečanje števila prebivalcev, oskrbovanih iz vodovodnih sistemov z zagotovljenim monitoringom,
 - število prebivalcev, ki bo deležno boljše in varnejše oskrbe s pitno vodo;
- področje odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih vod:
 - povečanje števila prebivalcev, priključenih na javni kanalizacijski sistem,
 - zmanjšanje emisij v vode v PE (populacijski ekvivalent).

Za izračun vrednosti doseženih kazalnikov je bilo treba vzpostaviti prostorsko podatkovno bazo, ki temelji na uporabi geografskega informacijskega sistema (v nadaljevanju: GIS). GIS-okolje omogoča grafični prikaz priključenosti stavb na čistilno napravo/vodni vir in prikaz celotnega kanalizacijskega/vodovodnega sistema. Priprava take podatkovne baze, ki zahteva popis vseh stavb in objektov gospodarske javne infrastrukture (v nadaljevanju: GJI) na obravnavanem območju izvajanja kohezijskega projekta, je zelo obsežna naloga. Določitev strukture in vsebine prostorske podatkovne baze je zato ključnega pomena.

Za izvedbo projekta je bil uporabljen prosto dostopen odprtokodni program Quantum GIS 2.14.2 (v nadaljevanju: QGIS), torej ministrstvo za okolje in prostor ni imelo stroškov za nakup drage programske opreme. Najprej so bile analizirane obstoječe zbirke prostorskih in drugih podatkov, ki se vodijo na državni ravni, da podatkov ne bi po nepotrebnem zbirali še enkrat. To bi za upravičence pomenilo več dela in višje stroške. Rezultat analiziranih državnih podatkovnih baz so bili izbrani sloji za namene projekta. Na tej stopnji so imeli geodetski podatki, na katere so se vezali kazalniki OP ROPI in ki jih vodi Geodetska uprava Republike Slovenije (v nadaljevanju: GURS), ključno vlogo.

Na osnovni sloj katastra stavb so se vezali naslednji sloji: Register prostorskih enot (v nadaljevanju: RPE), Centralni register prebivalstva (v nadaljevanju: CRP), podatki iz informacijske evidence Informacijskega sistema javnih služb varstva okolja (v nadaljevanju: IJSVO) in sloj aglomeracije, ki jih vodi Agencija Republike Slovenije za okolje (v nadaljevanju: ARSO), slika 3.



Slika 3: Uporabljeni sloji iz državnih evidenc (lasten vir).

Kot osnovni sloj za prikaz kanalizacijskega/vodovodnega sistema je bil uporabljen kataster GJI, na katerega smo vezali Register prostorskih enot. Na oba sloja (kataster stavb in kataster GJI) so upravičenci vnašali dodatne atribute v skladu z Navodili za posredovanje podatkov za potrebe spremljanja realizacije ciljev kohezijske politike na področju oskrbe s pitno vodo ter odvajanja in čiščenja komunalnih voda – GIS (v nadaljevanju: Navodila). Sledi predstavitev dodatnih atributov za oba sloja.

Dodatni atributi za sloj kataster stavb (Cerar et al., 2016):

- **VIR_FIN** (vir financiranja): vir, iz katerega je bil financiran najbližji kanalizacijski/vodovodni vod. Možnosti vnosa:
 - KS – Kohezijski sklad,
 - ESRR – Evropski sklad za regionalni razvoj,
 - PRS – proračun Republike Slovenije,
 - PLS – proračun lokalne skupnosti,
 - DV – drugi viri,
 - PRED – objekt je bil zgrajen pred 31. 12. 2006 s takratnimi viri financiranja.
- **ST_PE**: število populacijskih ekvivalentov,
- **IME_PROJ**: ime kohezijskega projekta,
- **OPOMBE**: opombe/pojasnila pripravljavca podatkov.

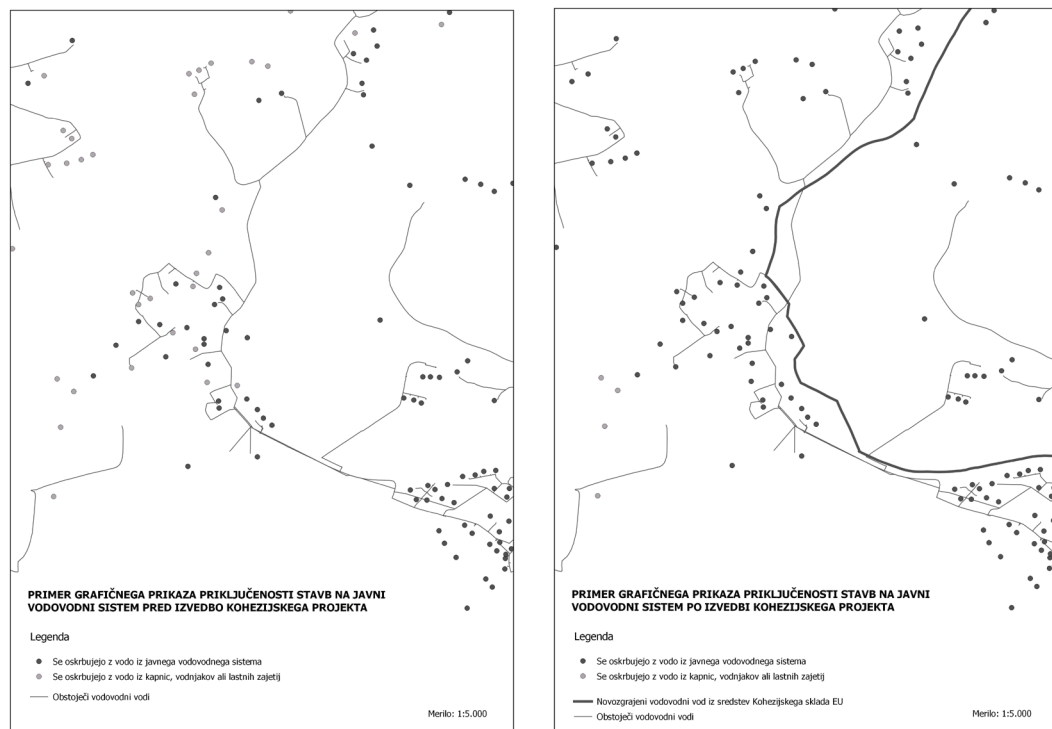
Dodatni atributi za sloj kataster GJI (Cerar et al., 2016):

- **VIR_FIN** (vir financiranja): vir, iz katerega je bil financiran kanalizacijski/vodovodni vod. Možnosti vnosa:
 - KS – Kohezijski sklad,
 - ESRR – Evropski sklad za regionalni razvoj,
 - PRS – proračun Republike Slovenije,
 - PLS – proračun lokalne skupnosti,
 - DV – drugi viri,
 - PRED – objekt je bil zgrajen pred 31. 12. 2006 s takratnimi viri financiranja.
- **KANSI_ID**: ID kanalizacijskega sistema, kamor se odpadna voda odvaja (velja za kohezijske projekte odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda),
- **VS_ID**: ID vodovodnega sistema, ki ga vodno zajetje napaja (velja za kohezijske projekte oskrbe s pitno vodo),
- **IME_PROJ**: ime kohezijskega projekta,
- **OPOMBE**: opombe/pojasnila pripravljavca podatkov.

3.1 PREDSTAVITEV GRAFIČNIH PRIMEROV PRIKLJUČENOSTI STAVB NA VODOVODNI/KANALIZACIJSKI SISTEM

Slika 4 prikazuje primer grafičnega prikaza priključenosti stavb na javni vodovodni sistem. Leva slika prikazuje stanje pred izvedbo kohezijskega projekta, desna pa stanje po njej. V svetlejšem odtenku sive so stavbe, ki se oskrbujejo z vodo iz kapnic, vodnjakov ali lastnih zajetij, v temnejšem odtenku sive pa so prikazane stavbe, ki so priključene na javni vodovodni sistem.

Karti sta nastali na podlagi posredovanih grafičnih podatkov upravičencev. Iz njiju lahko razberemo, kje je potekala novogradnja trase vodovoda in katere stavbe so v okviru kohezijskega projekta na novo priključene na javni vodovod. Na točkovne in linijske podatke so vezani tudi metapodatki, iz katerih so mogoče poizvedbe po atributih in izračuni kazalnikov OP ROPI 2007–2013.

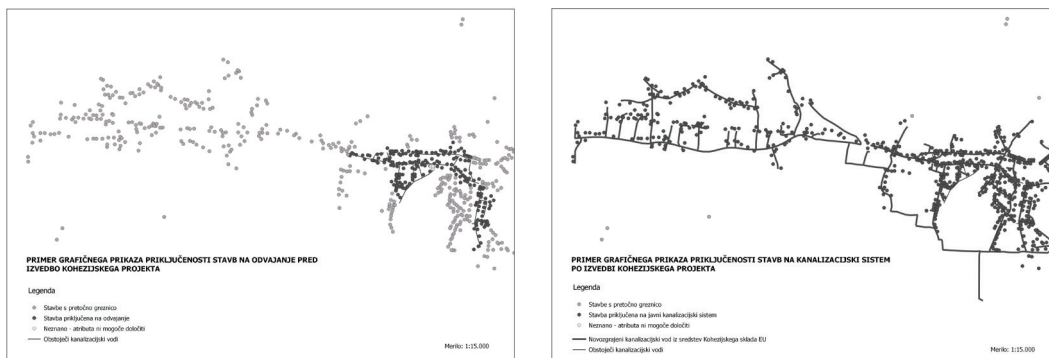


Opomba: Karti nista v navedenem merilu.

Slika 4: Primer grafičnega prikaza priključenosti stavb pred izvedbo kohezijskega projekta na področju oskrbe s pitno vodo in po njej (Ministrstvo za okolje in prostor, 2016).

Slika 5 prikazuje primer grafičnega prikaza priključenosti stavb na področju odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih vod. Zgornja slika prikazuje stanje pred izvedbo kohezijskega projekta. V temnejšem odtenku sive so stavbe, ki so bile pred kohezijskim projektom priključene na odvajanje, v svetlejšem odtenku sive pa stavbe, ki so imele pretočno greznico. Drugim stavbam ni bilo mogoče določiti atributa.

Spodnja slika prikazuje stanje priključenosti stavb po izvedbi kohezijskega projekta. V temnejšem odtenku sive so prikazane stavbe, ki so priključene na javni kanalizacijski sistem, v svetlejšem odtenku sive pa so prikazane stavbe z nepretočno greznico. Drugim stavbam ni bilo mogoče določiti atributa. Karti sta nastali na podlagi posredovanih grafičnih podatkov upravičencev. Iz njiju lahko razberemo, kje je potekala novogradnja trase kanalizacije in katere stavbe so v sklopu kohezijskega projekta na novo priključene na javni kanalizacijski sistem. Na točkovne in linijske podatke so vezani tudi metapodatki, iz katerih so mogoče poizvedbe po atributih in izračuni kazalnikov OP ROPI 2007–2013.



Opomba: Karti nista v navedenem merilu.

Slika 5: Primer grafičnega prikaza priključenosti stavb pred izvedbo kohezijskega projekta na področju odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih vod ter po njej (Ministrstvo za okolje in prostor, 2016).

4 SKLEP

V kohezijske projekte je bilo vključenih več kot 130 slovenskih občin. Nekatere so imele večje težave pri izdelavi zahtevane GIS-podatkovne baze. Največkrat so bile to majhne občine, ki ne zaposlujejo ustreznih strokovnjakov za področje GIS. Sogovornik, ki ne pozna konceptov GIS, pravil, izrazoslovja, prostorskih podatkov, geodetskih podatkov, načina zajema in interpretacije prostorskih podatkov, težje razume, kaj je cilj in namen prostorske podatkovne baze.

Na samem začetku se je pojavila težava pri razumevanju Navodil za zajem atributov, čemur so sledile težave pri izračunu kazalnikov in poizvedovanju po atributnih podatkih. V občinah, kjer niso imeli zaposlenega ustreznega strokovnjaka za GIS, so zahtevane attribute najprej skušali pridobiti sami, a velikokrat neuspešno. Zbrani podatki so bili pomanjkljivi, niso imeli ustreznega šifrantnega zapisa, nekatere stavbe so bile locirane v sosednjih državah, pojavili so se vsebinsko nesmiselni podatki. Po neuspelem poskusu so občine poiskale pomoč za pripravo podatkovne baze pri izvajalcu, ki ima ustrezne strokovnjake za GIS (velikokrat so bili to strokovnjaki s področja geodezije). Ko se je v pripravo prostorske podatkovne baze vključil strokovnjak za GIS, je delo steklo, seveda ko so mu občine oziroma njihovi upravljavci javne gospodarske infrastrukture zagotovili ustrezne podatke. Komunikacija med ministrstvom za okolje in prostor ter pripravljavcem podatkovne baze ni bila več ovirana. Strokovnjak za GIS je razumel navodila ministrstva in pripravil izračune kazalnikov ter druge poizvedbe po atributnih podatkih. Želeli bi poudariti, da so občine, ki imajo strokovnjake za GIS ali znanje s tega področja, hitro in samostojno pripravile kakovostno in uporabno podatkovno bazo GIS.

V zbirnem katastru GJI je evidentirana večina gospodarske javne infrastrukture državnega pomena (na primer državne ceste, železnice, prenosni plinovodi) in del infrastrukture, ki je v občinski in zasebni lasti. V Sloveniji je tako evidentirana približno polovica vseh objektov GJI (Mlinar, 2008). Na področju oskrbe s pitno vodo ter odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih vod so bile vključene tudi občine, ki na obravnavanem območju v katastru GJI nimajo evidentiranih primarnih in sekundarnih kanalizacijskih/vodovodnih vodov, kaj šele vpogled v digitalni grafični prikaz na sedežu občine.

S pripravo grafične podatkovne baze so občine od izvajalca javnih služb pridobile zahtevane linijske izseke kanalizacijskih/vodovodnih vodov. Strokovnjak za GIS jim je pripravil sloj komunalnih sistemov v skladu z Navodili, tako so nekatere občine pridobile prve digitalne grafične prikaze. Po končanem projektu so spoznale uporabnost grafičnih prikazov predvsem pri prostorskem načrtovanju, gradnji in nadaljnjih investicijah v komunalno infrastrukturo. Iz grafičnega prikaza je sedaj mogoče razbrati, katera območja še niso priključena na ustrezen javni vodovod in koliko občanov še nima ustrezne pitne vode. Enako velja za projekte odvajanja in čiščenja odpadnih vod, kjer občine sedaj lahko pridobijo pomembne informacije glede opremljenosti aglomeracij, naselij, ulic itd.

Med izvajanjem projekta se je izkazalo, da je preverjanje doseženih kazalnikov s programsko opremo GIS učinkovito orodje za spremljanje in dokazovanje doseženih kazalnikov. S projektom so bili vzpostavljeni temelji za kontrolo in izračun vrednosti doseženih kazalnikov, ki se bodo uporabljali tudi v finančni perspektivi 2014–2020.

Literatura in viri:

- Cerar, U., et al. (2016). Navodila za posredovanje podatkov za potrebe spremljanja realizacije ciljev kohezijske politike na področju oskrbe s pitno vodo ter odvajanja in čiščenja komunalnih voda – GIS. Interni dokument. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, 19 str.
- Eu-skladi (2014). Predstavitev kohezijske politike EU 2014–2020. <http://www.eu-skladi.si/sl/dokumenti/publikacije/predstavitev-kohezijske-politike-eu-2014-2020.pdf>, pridobljeno 16. 5. 2016.
- Mlinar, J. (2008). Prostorski podatki kot pogoj za trajnostno upravljanje gospodarske javne infrastrukture. Geodetski vestnik, 52(4), 812–821.
- Navodila organa upravljanja (2014). Navodila organa upravljanja za načrtovanje, odločanje o podpori, spremljanje, poročanje in vrednotenje izvajanja evropske kohezijske politike v programskem obdobju 2007–2013. <http://www.eu-skladi.si/kohezija-do-2013/ostalo/navodila-za-izvajanje-kohezijske-politike-2007-2013/navodila-ou-za-nartovanje-spremljanje-poroanje-in-vrednotenje>, pridobljeno 16. 5. 2016.
- OPROPI (2007). Operativni program razvoja okoljske in prometne infrastrukture za obdobje 2007–2013. http://www.mgrt.gov.si/fileadmin/mgrt.gov.si/pageuploads/svtr/KOHEZIJA/Operativni_programi/OP_ROPI_Usklajeno-1.pdf, pridobljeno 16. 5. 2016.
- Zbirka podatkov (2016). Zbirka podatkov kohezijskih projektov. Interni dokument. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor.



mag. Blaž Mozetič, univ. dipl. inž. geod.
Ministrstvo za okolje in prostor RS
Dunajska cesta 84, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: blaz.mozetic@gov.si

Polona Filipič, mag. prost. načrt.
Ministrstvo za okolje in prostor RS
Dunajska cesta 84, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: polona.filipic@gov.si

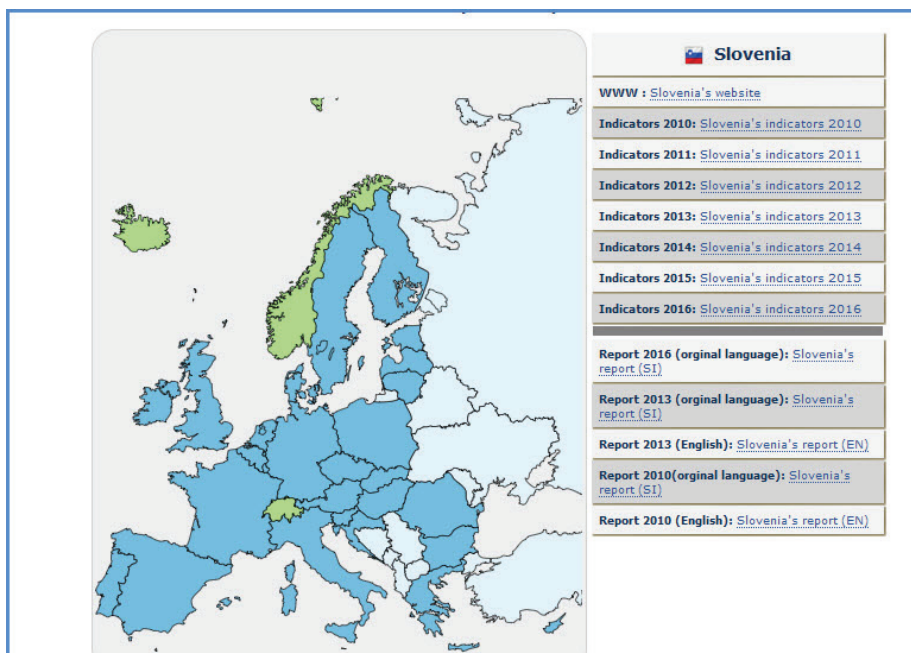
POROČILO O IZVAJANJU DIREKTIVE INSPIRE

REPORT ON THE IMPLEMENTATION OF THE INSPIRE DIRECTIVE

Irena Ažman

1 UVOD

Direktiva 2007/2/ES Evropskega in Sveta z dne 14. marca 2007 o vzpostavitvi infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti (direktiva INSPIRE) in Zakon o infrastrukturi za prostorske informacije – ZIPI (Uradni list RS, št. 8/2010 in 84/2015) določata, da »nacionalna točka za stike« vsaka tri leta pripravi poročilo o zagotavljanju infrastrukture za prostorske informacije in ga pošlje Evropski komisiji. Naloge nacionalne točke za stike je ZIPI poveril Geodetski upravi Republike Slovenije, ki je v sodelovanju s člani projektne skupine INSPIRE pripravila Poročilo o zagotavljanju infrastrukture za prostorske informacije v Republiki Sloveniji za obdobje 2013–2015. Vsebina oziroma struktura poročila je opredeljena v Odločbi Komisije z dne 5. junija 2009 o izvajanju Direktive 2007/2/ES Evropskega parlamenta in Sveta glede spremljanja in poročanja (Uradni list RS, št. 148 z dne 11. 6. 2009), ki določa podrobna pravila, po katerih države članice spremljajo vzpostavitev in uporabo svojih infrastruktur za prostorske informacije ter poročajo o izvajanju direktive INSPIRE.



Slika 1: Pregled izvedbe poročevalskih obveznosti za Slovenijo na evropskem geoportalu INSPIRE.

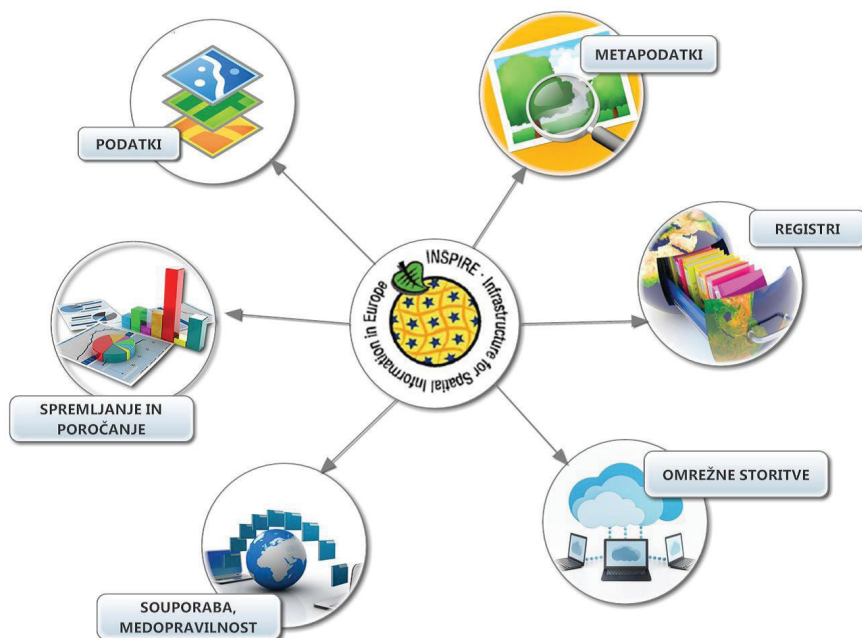
Poročilo o zagotavljanju infrastrukture za prostorske informacije v Republiki Sloveniji za obdobje 2013–2015 opisuje stanje v Republiki Sloveniji v zvezi z infrastrukturo za prostorske informacije. Priložen je akcijski načrt izvedbe preostalih nalog, ki jih predpisuje direktiva INSPIRE. Poročila vseh držav članic so objavljena na evropskem portalu INSPIRE, slovenska poročila pa tudi na slovenskem geoportalu INSPIRE.

2 VSEBINA POROČILA

Struktura poročila je določena z Odločbo komisije glede spremljanja in poročanja: koordinacija in zagotavljanje kakovosti, delovanje in koordinacija infrastrukture za prostorske informacije, uporaba infrastrukture za prostorske informacije, dogovori o souporabi podatkov ter stroški in koristi. Poročilu sta priloženi prilogi: Seznam upravljavcev zbirk in storitev ter Akcijski načrt izvedbe zahtev INSPIRE.

2.1 Koordinacija in zagotavljanje kakovosti

ZIPI, s katerim je bila v slovenski pravni red prenesena direktiva INSPIRE, določa, da naloge nacionalne točke za stike z Evropsko komisijo v zvezi z direktivo INSPIRE izvaja ministrstvo, pristojno za geodetsko dejavnost. Tako opravlja Geodetska uprava Republike Slovenije naloge, ki jih za nacionalno točko za stike določa ZIPI: vodi in vzdržuje seznam zbirk prostorskih podatkov, vodi podrobnejše opise teh prostorskih podatkov, upravlja nacionalni geoportal za prostorske informacije, vodi in vzdržuje informacijski sistem za metapodatke, skrbi za zagotavljanje medopravilnosti zbirk podatkov in storitev, pripravlja predloge operativnih programov in strategijo infrastrukture za prostorske informacije, skrbi za izvajanje izvedbenih pravil direktive INSPIRE ter pripravlja program dejavnosti in ukrepov za njihovo izvedbo ter pripravlja poročila o izvajanju direktive INSPIRE.



Slika 2: Sestavni deli infrastrukture za prostorske informacije.

Za usmerjanje ukrepov za souporabo zbirk in storitev ter izvajanje direktive INSPIRE je bil ustanovljen strateški organ – projektna skupina INSPIRE. Skupina poleg drugih nalog svetuje in pomaga državnim organom pri pripravi pravnih aktov s področja ureditve in upravljanja zbirk prostorskih podatkov ter njihove uporabe. V skupini sodelujejo številni resorji, večinoma ustvarjalci zbirk podatkov in storitev, po potrebi pa se v njeno delo vključujejo tudi predstavniki drugih resorjev in lokalne skupnosti. Projektna skupina INSPIRE za podrobnejšo obravnavo posameznih vsebin ustanavlja delovne skupine. Administrativno podporo pri delu ji zagotavlja nacionalna točka za stike. Pri izvajanju nalog strateškega pomena nacionalna točka za stike in projektna skupna INSPIRE vključujeta tudi druge institucije zasebnega sektorja ter predstavnike izobraževalnih in raziskovalnih institucij.

Pomemben dogodek, povezan s koordinacijo izvajanja direktive, je bil namenjen informiranju in usposabljanju deležnikov INSPIRE. To je bil 1. slovenski dan INSPIRE z mednarodno udeležbo, ki so se ga udeležili številni gostje, predstavniki javnega in zasebnega sektorja ter izobraževalne in razvojne sfere, vsem pa je bilo skupno vključevanje ali vsaj zanimanje za izvajanje direktive INSPIRE. Glavna tema konference so bile omrežne storitve, ki so jih predstavili domači in tuji predavatelj. Podrobnejše informacije o dogodku in vsebina predstavitev so dostopne na slovenskem geoportalu INSPIRE (www.geoportal.gov.si).

Glede **kakovosti prostorskih podatkov** velja, da posamezni upravljavci zbirk prostorskih podatkov zagotavljajo kontrolo predvsem v skladu z internimi predpisi in navodili. Najbolj podrobno kontrolo kakovosti opredeljuje Agencija Republike Slovenije za okolje, ki je v internih navodilih predpisala natančne postopke za vsako zbirko prostorskih podatkov in njeno vzdrževanje. Postopke za zagotavljanje kakovosti evidenc iz svoje pristojnosti je Geodetska uprava Republike Slovenije predpisala z internimi navodili, med drugimi je uvedena kontrola položajne natančnosti meritev GPS, uporabljenih pri vzdrževanju lokacijskih podatkov zemljiškega katastra, pri izdelavi ortofota in drugih geodetskih postopkih. Dodatna kontrola kakovosti se zagotavlja z uporabo in izmenjavo podatkov ter medsebojno povezavo med podatki v različnih državnih registrih.

2.2 Delovanje infrastrukture za prostorske informacije in njena koordinacija

ZIPI ureja vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje infrastrukture za prostorske informacije v Republiki Sloveniji kot sestavnega člana evropske infrastrukture za prostorske informacije ter določa naloge v zvezi z vzpostavitvijo in delovanjem metapodatkovnega sistema, omrežnih storitev za dostop do podatkov in njihovo uporabo, koordinacijo vzpostavljanja infrastrukture za prostorske informacije ter njeno uporabo. Skladno z določili ZIPI je Geodetska uprava Republike Slovenije v vlogi nacionalne točke za stike vzpostavila nacionalni geoportal INSPIRE ter informacijski sistem za vodenje in vzdrževanje metapodatkov, skladnih z direktivo INSPIRE.

Vsebino **geoportala INSPIRE** podrobneje predpisuje ZIPI. Tako poleg metapodatkovnega sistema vsebuje še pregledovalnik gesel INSPIRE, seznam slovenskih zbirk podatkov, za katere veljajo pravila INSPIRE, povezave do omrežnih storitev in aplikacij ter informacije, pomembne za vzpostavitev slovenske infrastrukture za prostorske informacije, skladne z zahtevami INSPIRE (seznam dogodkov, novice, seznam deležnikov INSPIRE, predpise in druga gradiva za implementacijo, poročila o izvajanju direktive, informacije za zagotavljanje medopravilnosti, povezave ...).



Slika 3: Struktura metapodatkovnih opisov, skladnih z INSPIRE.

Metapodatki, skladni z INSPIRE, se prek informacijskega sistema za metapodatke vodijo, vzdržujejo in upravljajo na geoportalu INSPIRE. Metapodatki opisujejo zbirke in storitve za dostop do zbirk za vse zbirke in storitve, ki spadajo pod okrilje INSPIRE, lahko pa tudi za druge zbirke podatkov in storitve. Metapodatki se lahko vzdržujejo neposredno na geoportalu INSPIRE, lahko pa se zajemajo z metodo harvestinga iz metapodatkovnih sistemov upravljavcev. Tisti metapodatki, ki imajo status INSPIRE, se tudi prenesejo na evropski geoportal INSPIRE. Izdelana je bila prenova metapodatkovnega sistema ter njegova nadgradnja na novejšo različico uporabljene programske opreme.

Poleg nacionalnega geoportala INSPIRE so posamezni upravljavci zbirk podatkov in storitev vzpostavili in nadgradili svoje portale za dostop do podatkov z različnimi storitvami: Geodetska uprava Republike Slovenije – portal Prostor (<http://e-prostor.gov.si>), Agencija Republike Slovenija za okolje – geoportal ARSO (<http://gis.arso.gov.si/geoportal>), Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (<http://rkg.gov.si/GERK/WebViewer/>), Geološki zavod Slovenije (<http://www.geo-zs.si/index.php/izdelki2/aplikacije2>), Statistični urad Republike Slovenije (<http://gis.stat.si>) ter drugi, tudi iz zasebnega sektorja. Portali omogočajo tudi uporabo spletnih storitev za prenos pdoatkov (WFS) in vpogled v podatke (WMS).

Dejavnosti vzpostavitve infrastrukture za prostorske podatke v Sloveniji so vpete tudi v širši sklop aktivnosti za urejanje in usklajevanje prostorskih podatkov – **eProstor**. To je celostna strategija izboljšanja procesov na področju prostorskega načrtovanja, graditve objektov in upravljanja nepremičnin, kar je mogoče doseči s povezljivimi (medopravilnimi), enostavno dostopnimi in zanesljivimi zbirkami prostorskih podatkov, ki jih vodi in vzdržuje javni sektor. Aktivnosti zastavljene strategije eProstora pa se povezujejo v še širši sklop strategije javnega sektorja Republike Slovenije – **eUprave**. Izvedbena strategija eUprave vključuje tudi ustanovitev sveta za razvoj informatike v državni upravi, ki usmerja razvoj informacijsko-komunikacijskih sistemov državne uprave in upravljanje njihovih finančnih virov. Zaradi velike prepletenosti in soodvisnosti nalog v okviru vzpostavljanja infrastrukture za prostorske informacije ter nalog, ki jih izvaja strateški svet za razvoj informatike, sta geodetska uprava ter ministrstvo za okolje in prostor podala pobudo za ustanovitev strateškega sveta za geoinformatiko, ki bi deloval v okviru sveta za razvoj informatike v državni upravi. **Strateški svet za geoinformatiko** bi usklajeval vse strateške naloge pri vzpostavljanju in vodenju infrastrukture za prostorske informacije v Republiki Sloveniji, ki izhajajo iz ZIPI.

V Sloveniji pri izvajanju direktive INSPIRE sodelujejo različni **deležniki** – to so nacionalna točka za stike, projektna skupina INSPIRE, upravljalci zbirk prostorskih podatkov, druge javne institucije in zainteresirani uporabniki. Ključni nosilci so predvsem naslednji organi javne uprave:

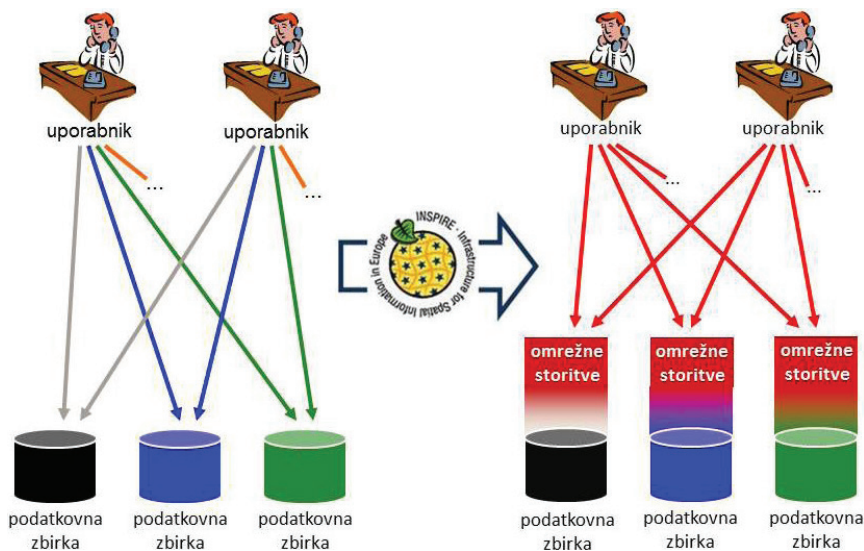
- Ministrstvo za okolje in prostor (<http://www.mop.gov.si/si/>) in v njegovi sestavi:
 - Geodetska uprava Republike Slovenije (www.gu.gov.si),
 - Agencija Republike Slovenije za okolje (www.arso.gov.si),
 - Direkcija Republike Slovenije za vode (<http://www.dv.gov.si/>),
- Ministrstvo za infrastrukturo (<http://www.mzi.gov.si/si/>) in v njegovi sestavi:
 - Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo (<http://www.di.gov.si/>),
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (<http://www.mkgp.gov.si/si/>),
- Ministrstvo za obrambo (www.mo.gov.si/) in v njegovi sestavi:
 - Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje (www.sos112.si),
- Ministrstvo za kulturo (www.mk.gov.si),
- Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo (<http://www.mgrt.gov.si/>),
- Ministrstvo za zdravje (www.mz.gov.si),
- Ministrstvo za notranje zadeve (www.mnz.gov.si),
- Ministrstvo za javno upravo (www.mju.gov.si),
- Geološki zavod Slovenije (www.geo-zs.si),
- Zavod za gozdove Slovenije (www.zgs.gov.si/),
- Zavod za ribištvo Slovenije (www.zzrs.si),
- Zavod Republike Slovenije za varstvo narave (www.zrsvn.si/),
- Statistični urad Republike Slovenije (www.stat.si),
- druga ministrstva in
- samoupravne lokalne skupnosti (občine).

Za ustrezno koordinacijo dela je nujna jasna organizacijska struktura vseh deležnikov. Nacionalna točka za stike in projektna skupina INSPIRE že sestavljata osnovno ogrodje te organizacijske strukture. V razpravah z deležniki je bilo ugotovljeno, da je v prihodnje treba več pozornosti nameniti vključevanju vseh preostalih deležnikov, ki niso neposredni upravljalci zbirk, navedenih v seznamu zbirk, kot so predstavniki

razvojno-raziskovalnih ter izobraževalnih institucij in zasebnega sektorja na področju geoinformatike, v skupno platformo, v okviru katere bi usklajevali nerešena vprašanja, povezana z zagotavljanjem medopravnosti. Za pripravo odgovorov na posamezna kompleksna tehnološka vprašanja so se že doslej oblikovale delovne skupine, vse naloge pa že potekajo ob vključevanju in delovanju geodetske uprave kot izvajalke državne geodetske službe.

2.3 Uporaba infrastrukture za prostorske informacije

Vsi vzpostavljeni deli slovenske infrastrukture za prostorske informacije se uporabljajo predvsem v institucijah javne uprave pri izvajanju njenih nalog. Uporabnikom so že več let na voljo posamezni elementi. Predvsem gre za skupno hitro komunikacijsko omrežje državnih organov (v nadaljnjem besedilu: HKOM), ki ga vodi in vzdržuje ministrstvo za javno upravo. V omrežje HKOM se povezujejo vsi organi državne uprave in nekatere druge javne institucije. Ministrstvo za javno upravo je dejavno pri vzpostavljanju nacionalnega medopravnostnega okvirja NIO in zastopa Republiko Slovenijo v programu ISA »Medopravilne rešitve evropske javne uprave« Evropske unije. Sodelovanje v programu ISA daje še dodatno dimenzijo uporabi infrastrukture za prostorske informacije v Sloveniji.



Slika 4: Shema dostopa do podatkov prek omrežnih storitev.

Uporaba storitev je najbolj razširjena v organih javne uprave, ki uporabljajo izdelane omrežne storitve iskanja, pregledovanja, prenosa in preoblikovanja zbirk podatkov ali njihovih delov. Nekatere od teh storitev so že, druge pa še niso popolnoma skladne z zahtevami direktive INSPIRE. V letu 2015 je bil izveden projekt za vzpostavitev skupne infrastrukture – vzpostavitev skladnih omrežnih storitev INSPIRE, da bi zagotovili z INSPIRE skladne storitve iskanja, vpogleda in prenosa podatkov ter priprave dostopa do delujočih storitev prek slovenskega in evropskega geoportala INSPIRE. V prvi fazi so bili z INSPIRE usklajeni obstoječi hidrografske in topografske podatki, v nadaljevanju pa tudi drugi podatki v pristojnosti geodetske uprave, ki ustrezajo temam INSPIRE. Ker so storitve v sklepnih fazi informacijskega testiranja in končne kontrole skladnosti z direktivo INSPIRE kot tudi določili ZUPI, še niso odprte za javno uporabo.

Mnogi drugi že naštetih upravljavci ponujajo svoje omrežne storitve na svojih geoportalih, njihov seznam je dostopen na slovenskem geoportalu INSPIRE.

Uporaba zbirk prostorskih podatkov, ki ustrezajo temam iz prilog direktive INSPIRE, je izredno široka. Uporabljajo se za izvajanje nalog s področja prostorskega načrtovanja, kmetijske politike, izvajanja okoljskih politik, sodnih ter davčnih postopkov in drugih aktivnosti državnih organov, vse bolj pa se uporabljajo tudi v zasebnem sektorju (izvajanje storitev, zavarovalništvo, bančništvo ...). Pod okrilje INSPIRE spada približno 80 zbirk prostorskih podatkov, upravljavci največ zbirk so Agencija Republike Slovenije za okolje (32), Geološki zavod Slovenije (22), Geodetska uprava Republike Slovenije (12), Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (5).

V Sloveniji lahko uporabniki uporabljajo obstoječo infrastrukturo za prostorske informacije pod pogoji, kot jih določata Zakon o dostopu do informacij javnega značaja (Uradni list RS, št. 51/06 – UPB-2 in 117/06 – ZDavP-2, 23/14, 50/14, 19/15 – odl. US in 102/15), za katerega je bila v letu 2015, kot je bilo že navedeno v poročilu, sprejeta dopolnitev za še večjo preglednost in širši dostop do podatkov na podlagi javnih sredstev, ter Zakon o varstvu osebnih podatkov (Uradni list RS, št. 94/07 – UPB-1). Uporabnikom so na voljo predvsem storitve iskanja in vpogleda ter prenosa podatkov.

Pomembne aktivnosti v zadnjih treh letih so bile predvsem v letu 2015 izvedeni projekt za vzpostavitev z INSPIRE skladnih omrežnih storitev. Pri tem so bile vzpostavljene z INSPIRE skladne storitve iskanja, vpogleda in prenosa ter pripravljen dostop do delujočih storitev prek slovenskega in evropskega geoportala INSPIRE. Pri prenovi topografskih podatkov je bil izdelan nov podatkovni model – model topografskih podatkov, ki temelji na zahtevah INSPIRE in vsebuje podatke, ki se nanašajo na teme INSPIRE, tj. stavbe, promet, hidrografija, zemljepisna imena in pokritost tal.

Zahteve in priporočila, ki jih uvajajo predpisi INSPIRE, so postale med deležniki infrastrukture za prostorske informacije splošno znane in poznane, saj jih upoštevajo upravljavci zbirk podatkov pri pripravi storitev za dostop do podatkov ter predvsem pri prenovi obstoječih podatkovnih zbirk. Prav tako so načela INSPIRE postala sestavni del strategij na ravni države za upravljanje prostorskih podatkov, njihovo uporabo in povezavo z drugimi podatki v državi.

2.4 Souporaba podatkov

V preteklih letih je bila souporaba podatkov v okviru javne uprave določena z medsebojnimi dogovori, po sedanji zakonodaji pa takšni dogovori niso več potrebni, čeprav se zaradi zagotavljanja ustrezne ravni storitev v posameznih primerih še vedno sklepajo. Pomoč pri souporabi in ponovni uporabi podatkov in informacijskih rešitev zagotavlja tudi Nacionalni interoperabilnostni okvir (v nadaljnjem besedilu: NIO), ki je orodje za lažje sodelovanje med organi javne uprave.

Vzpostavljena infrastruktura za prostorske informacije je eden od osnovnih pogojev za trajnostno upravljanje naravnih in grajenih virov. Da bi zagotovili ustrezno souporabo zbirk prostorskih podatkov, je treba zagotoviti učinkovito sodelovanje vseh deležnikov, kar je ena težjih nalog. Posodobitev in harmonizacija obstoječih podatkov pa ni samo časovni, temveč tudi finančni zalogaj za upravljavce prostorskih podatkov in omrežnih storitev. Zato je velikega pomena tudi stabilna finančna struktura za zagotavljanje ustreznih aktivnosti, ki omogočajo souporabo prostorskih podatkov, kot jo predvideva direktiva INSPIRE.

V primerjavi s preteklim poročevalskim obdobjem je bilo evidentiranih več primerov dobre prakse glede souporabe podatkov. Izvedla se je vrsta pilotnih in drugih razvojnih projektov, v katerih je bila obravnavana in uporabljena souporaba prostorskih podatkov. Poglavitna sprememba glede souporabe podatkov je preprostejša in lažja souporaba in izmenjava podatkov, saj za takšno sodelovanje med javnimi ustanovami niso več potrebni medsebojni dogovori.

2.5 Stroški in koristi

Natančna opredelitev in spremljanje stroškov, povezanih z izpolnjevanjem izvajanja obveznosti direktive INSPIRE, je zaradi heterogenosti aktivnosti težko izvedljiva naloga. Po dostopnih podatkih so upravljavci zbirk prostorskih podatkov v preteklih letih namenili za izvajanje navedenih obveznosti približno 1,5 milijona evrov, od česar največji delež odpade na vzpostavitev infrastrukture (približno 75 % vseh stroškov), preostanek pa se nanaša na vodenje in vzdrževanje vzpostavljene infrastrukture. Glede na vrsto stroškov je bila velika večina (85 %) namenjena pokrivanju stroškov vzpostavljanja same informacijsko-komunikacijske infrastrukture, vzpostavitve omrežnih storitev in harmonizacije podatkov. Stroški vodenja in vzdrževanja metapodatkovnega sistema in metapodatkovnih opisov, koordinacija ter spremljanje in poročanje pomenijo zgolj manjši delež celotnih stroškov (približno 15 %).

Upravljavci zbirk stroške praviloma pokrivajo iz sredstev svojih integralnih proračunov, zgolj v nekaj osamljenih primerih so bila za izvedbo teh nalog namenjena sredstva iz drugih virov, kot so evropska sredstva ali sredstva finančnih mehanizmov. Takšne projekte sta v preteklem triletnem obdobju med drugimi izvajala Geološki zavod Republike Slovenije, ki je sodeloval v projektih OneGeology in eENV-plus, InGeoClouds idr., ter Geodetska uprava Republike Slovenije, vključena v projekt ELF in projekt, financiran iz NFM EGP.

Ker področje spremljanja prednosti in koristi v Republiki Sloveniji (še) ni sistemsko urejeno, jih ocenjujemo zgolj na podlagi dosedanjih lastnih izkušenj in izkušenj iz tujine. Zaradi usklajene prenove zbirk prostorskih podatkov in uveljavljanja medopravilnosti bodo informacijske rešitve racionalnejše, odpravljeno bo podvajanje podatkov in informacijskih rešitev. Dolgoročno bo to pomenilo zmanjšanje finančnih sredstev, potrebnih za zagotavljanje prostorskih podatkov in iz njih izviraajočih informacij. Zaradi poenotenja zbirk in z njimi povezanih storitev bo upravljanje vseh zbirk v prihodnje bolj racionalno.

Ocenjujemo, da bodo v Sloveniji po izpolnitvi vseh obveznosti iz direktive INSPIRE nastale gospodarske koristi, predvsem v smislu zmanjšanja stroškov zaradi enostavnejšega pridobivanja in uporabe usklajenih digitalnih prostorskih podatkov ter njihove večje kakovosti, ažurnosti in transparentnosti. Obravnavana investicija izpolnjevanja obveznosti INSPIRE nima izračunljivega vpliva na druge zunanje dejavnike; vsekakor pa bo pripomogla k izvajanju politik, povezanih z okoljem, blaženjem podnebnih sprememb, zlasti z zmanjšanjem emisij toplogrednih plinov in ekvivalentov CO₂, s povečano pripravljenostjo na podnebne spremembe in morebitne naravne nesreče.

Prve koristi se kažejo v naslednjih oblikah:

- zmanjšano je število zahtevkov za posredovanje podatkov, ker se uporabniki usmerjajo na spletne storitve,
- manjša je obremenitev notranjih virov,

- potrebe po vsakokratni pripravi podatkov na zahtevo uporabnikov (notranjih ali zunanjih) je vse manj zaradi uvajanja spletnih servisov,
- podatki so javno dostopni širši javnosti in strokovnim krogom, kar omogoča izdelavo aplikativnih rešitev z dodano vrednostjo,
- odzivnost in razpoložljivost sistema sta večji,
- ob vzpostavitvi so podatki novelirani in imajo večjo uporabno vrednost – več vsebine, boljša kakovost podatkov,
- večja in širša uporaba podatkov prinašata tudi večjo kakovost podatkov,
- začena se uvajati souporaba in medopravilnosti,
- pri prenovi zbirk prostorskih podatkov se upoštevajo enotna pravila in usmeritve direktive INSPIRE in ZIPI ter njunih izvedbenih predpisov.

2.6 Akcijski načrt

Poročilu izvajanja direktive INSPIRE je priložen tudi Akcijski načrt izvedbe bodočih nalog. Akcijski načrt je razdeljen na naslednje ukrepe:

1. koordinacija in krepitev pomena IPI – dopolnjen in prilagojen način upravljanja in koordinacije IPI, ki bi nadziral izvajanje strateških načrtov in zagotavljal sprotno spremljanje izvajanja;
2. metapodatki – vzpostavitev in vzdrževanje trajnega sistema za vodenje metapodatkov o zbirkah in storitvah ter omrežnih storitev iskanja INSPIRE;
3. omrežne storitve – zagotovitev izdelave in delovanja omrežnih storitev skladno z zahtevami in v rokih, ki jih predpisuje zakonodaja INSPIRE;
4. medopravilnost – operativno izvajanje uredbe Komisije glede medopravilnosti zbirk prostorskih podatkov in storitev ter, kjer je smotno, medsebojna harmonizacija zbirk prostorskih podatkov in storitev;
5. souporaba in izmenjava podatkov – priprava in uporaba standardov za izmenjavo podatkov ter ustrezna politika za dostop in (so)uporabo podatkov n storitev.

3 SKLEP

Republika Slovenija že izpolnjuje precejšen del usmeritev in zahtev, ki izhajajo iz direktive INSPIRE. V Sloveniji je na voljo dovolj temeljnih prostorskih podatkov, ki so uporabnikom preprosto dostopni, kakovostni in precej redno vzdrževani, vendar bo treba dokončati obsežne in zahtevne aktivnosti za pripravo in harmonizacijo podatkov, ki so osnovna sestavina infrastrukture za prostorske informacije. Pozitivno lahko ocenimo tudi delujoči metapodatkovni sistem, ki uporabnikom olajša iskanje in daje informacije o obstoju posameznih podatkovnih zbirk, njihovi kakovosti, pogojih dostopa in cenovni politiki. Vse večji razvoj spletnih storitev za dostop zbirk v zadnjem obdobju omogoča preprostejšo uporabo podatkov in utira pot njihovi boljši in širši uporabi. V prihodnjem obdobju bo največ skrbi namenjene zagotavljanju skladnosti omrežnih storitev z zahtevami izvedbenih pravil INSPIRE.

Doseženi rezultati so dobro izhodišče za nadaljevanje vzpostavitve kakovostne prostorske podatkovne infrastrukture v Republiki Sloveniji. Izvajanje nalog programa projektov eProstor smo vključili v operativni program za finančno perspektivo 2014–2020, s čimer je zagotovljenih tudi nekaj evropskih sredstev.

Republiko Slovenijo tudi v prihodnjih letih čaka še veliko dela in napornega usklajevanja, vendar je to tudi priložnost za odpiranje novih področij delovanja slovenske javne uprave. Pogoji za to so ustrezna koordinacijska struktura, zavedanje vseh deležnikov o svojih obveznostih kot priložnostih za razvoj, in zagotovitev zadostnih virov za izvajanje nalog. Na podlagi dobrih izkušenj pri izvedbi »dneva INSPIRE« bomo tudi v prihodnje nadaljevali informiranje in obveščanje vseh deležnikov v infrastrukturi za prostorske informacije.

Vir:

Geodetska uprava Republike Slovenije (2016). Poročilo o zagotavljanju infrastrukture za prostorske informacije v Republiki Slovenije za obdobje 2013–2015.



mag. Irena Ažman, univ. dipl. inž. geod.
Geodetska uprava Republike Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: irena.azman@gov.si

NOVICE Z DELOVNEGA PODROČJA GEODETSKE UPRAVE RS

Tomaž Petek

Spoštovane bralke in bralci naše skupne strokovne revije, dovolite mi, da v nadaljevanju povzamem nekaj aktivnosti, ki so potekale na Geodetski upravi RS od izida zadnje številke Geodetskega vestnika. Tako kot že vrsto let smo tudi v začetku letošnjega leta na geodetski upravi izdelali letno poročilo o delu v letu 2015 in program del državne geodetske službe za leto 2016.

Iz poročila o opravljenem delu v preteklem letu razberemo, da smo na GURS tudi v letu 2015 izvajali aktivnosti, s katerimi svojim uporabnikom omogočamo enostaven dostop do kakovostnih podatkov iz geodetskih evidenc in storitev, povezanih z uporabo teh podatkov. Geodetska uprava nadaljuje posodabljanje sistema registracije nepremičnin in upravljanja prostora. Sem spada tudi vzpostavljanje učinkovite infrastrukture za prostorske informacije. V nadaljevanju vam v poletno branje ponujamo nekaj novic.

Objavljeno poročilo o slovenskem nepremičninskem trgu za leto 2015

Leta 2015 smo evidentirali približno 28 tisoč kupoprodajnih poslov z nepremičninami, ki so bili sklenjeni na prostem trgu ali na javnih dražbah. Njihova skupna vrednost je znašala kakih 1,6 milijarde evrov. V primerjavi z letom 2014 se je število evidentiranih poslov povečalo za dva odstotka, njihova skupna vrednost pa za štiri odstotke. Leta 2014 se je število poslov v primerjavi z letom prej povečalo za deset odstotkov, njihov vrednostni obseg pa za 22 odstotkov. Celotno poročilo je dostopno na spletni strani geodetske uprave. (http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/etn/Porocila/Letno_porocilo_za_letno_2015.pdf)

Delovni obisk predstavnikov hrvaške državne geodetske uprave



Slika 1: Udeleženci delovnega obiska med sestankom na geodetski upravi.

Geodetsko upravo je v četrtek, 24. marca 2016, obiskala osemčlanska delegacija državne geodetske uprave republike Hrvaške in urada za katastrske zadeve mesta Zagreb. Obisk je bil namenjen seznanitvi s področjem delovanja katastra gospodarske javne infrastrukture v Sloveniji. V uvodu je udeležence sestanka

nagovoril generalni direktor GURS in jim predstavil delovna področja uprave. Predstavniki oddelka za gospodarsko javno infrastrukturo na uradu za nepremičnine so gostom predstavili način vodenja in vzdrževanja katastra gospodarske javne infrastrukture, postopke za izmenjavo podatkov in podrobnosti o pravni ureditvi tega področja.

Delavnica na temo izvajanja novega višinskega sistema v Sloveniji

V okviru podprojekta Geodetski referenčni sistem (GRS) je v od 3. do 5. maja 2016 v Ljubljani potekala delavnica na temo izvajanja novega višinskega sistema v Sloveniji. Poleg slovenskih strokovnjakov so na njej sodelovali svetovalci projektnih partnerjev iz Norveške in Islandije. Delavnica je bila namenjena seznanitvi s stanjem v Sloveniji ter podajanju izkušenj partnerjev iz Norveške in Islandije. V okviru delovnega obiska je bil izveden tudi ogled lokacije prve delujoče državne geodetske točke 0. reda v Prilozju. Več na spletni strani projekta (<http://www.gurs-egp.si/>).

Končano posodabljanje mejne dokumentacije na slovensko-avstrijski državni meji

V petek, 20. maja 2016, je bil na ministrstvu za zunanje zadeve Republike Slovenije podpisan sporazum med vlado Republike Slovenije in zvezno vlado Republike Avstrije o uveljavitvi novih mejnih listin za mejne sektorje od XVI do XXI na skupni državni meji. V imenu avstrijske vlade je sporazum podpisal veleposlanik Republike Avstrije v Republiki Sloveniji nj. eksc. dr. Clemens Koja, v imenu slovenske vlade pa veleposlanik Borut Mahnič, vodja sektorja za mednarodno pravo.



Slika 2: Podpis sporazuma med slovensko in avstrijsko vlado (Foto: Taja Kastelic Merhar, MZZ).

Podpis sporazuma je sklepno dejanje v okviru priprave in uveljavitve posodobljene mejne dokumentacije, ki poteka že vse od leta 1995. Geodetski strokovnjaki iz obeh držav, ki sodelujejo v komisiji za državno mejo, so v preteklih letih izdelali posodobljen opis meje, seznam koordinat in mejne načrte za vse mejne sektorje.

Dosedanja mejna dokumentacija je bila namreč zastarela in ni prispevala k racionalizaciji dela pri vzdrževanju mejnih znakov in mejne dokumentacije. V posodobljeni dokumentaciji so vse mejne točke izmerjene z GNSS-tehnologijo, na mejnih načrtih je uporabljen DOF namesto klasičnih topografskih načrtov in celotna dokumentacija je izdelana v digitalni obliki. Prvi mejni sektorji so bili uveljavljeni že s pogodbo iz leta 1995, druga skupina leta 2008, s tokratnim podpisom sporazuma pa so se uveljavile nove mejne listine še za mejne sektorje od XVI do XXI. Tako je posodobljena mejna dokumentacija za celotno slovensko-avstrijsko državno mejo.

Izvajanje INSPIRE v Sloveniji na spletnem seminarju

Skupno raziskovalno središče Evropske komisije (JRC) organizira spletne seminarje (angl. *webminar*) na temo izvajanja obveznosti Direktive 2007/2/ES Evropskega parlamenta in Sveta o vzpostavitvi infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti (direktiva INSPIRE) v državah članicah. Tako je bila 25. junija 2016 na sporedu predstavitev Slovenije, ki jo je v imenu GURS pripravil Tomaž Petek. Prispevek o uresničevanju obveznosti iz direktive INSPIRE in Zakona o infrastrukturi za prostorske informacije (ZIPI, Ur. l. RS, št. 8/2010 in 84/2015) je skupaj s predstavitvami drugih držav dostopen na **spletnem naslovu** JRC. (https://ies-svn.jrc.ec.europa.eu/projects/mig-inspire/wiki/National_implementation_webinars)

33. strokovno srečanje geodetskih uprav držav naslednic avstro-ogrskega katastra

Sodelavci geodetske uprave so se udeležili 33. strokovnega srečanja geodetskih uprav držav naslednic avstro-ogrskega katastra, ki je bilo letos maja v Trenčianskih teplicah na Slovaškem. Sodelovale so geodetske uprave Avstrije, Češke, Madžarske, Hrvaške, Slovenije, italijanskih dežel Trentinsko - Južna Tirolska in Furlainja - Julijska krajina ter Slovaške. GURS so na srečanju predstavljali mag. Damjan Kvas, Damjan Doler in Martina Vošnjak iz OGU Celje.

Srečanje je zaznamovala tudi bližajoča se obletnica stabilnega katastra, saj bo decembra 2017 minilo 200 let od sprejetja zakona o zemljiškem davku, ki je bil podlaga za katastrsko izmero in vzpostavitev zemljiškega katastra. Tako bo naslednje, 34. srečanje na Dunaju v Avstriji. Praznovanje 200-letnice katastra bo zagotovo zaznamovalo več dogodkov, tako v Avstriji kot v vseh državah, ki so povezane s franciscejskim katastrom.

Simpozij EUREF 2016

Od 24. do 27. maja 2016 je v kraju Donostia-San Sebastian v Španiji potekal letni simpozij EUREF-a, evropske podkomisije za referenčni sestav mednarodnega združenja za geodezijo IAG (International Association of Geodesy). Njegovo osnovno poslanstvo je definicija, realizacija in vzdrževanje skupnega evropskega prostorskega referenčnega koordinatnega sistema. Simpozija se je udeležilo kakih 100 predstavnikov iz 28 držav. Slovenska predstavnika (mag. Klemen Medved, GURS, in Sandi Berk, Geodetski inštitut Slovenije) sta podala slovensko nacionalno poročilo, ki je dostopno na spletni strani geodetske uprave (http://www.gu.gov.si/si/medijsko_sredisce/novica/article/4971/5614/).

Program simpozija je bil sestavljen iz štirih delov, in sicer je bila prvi dan izvedena delavnica na temo terestrični referenčni sistemi v Evropi, sledil je niz strokovnih predavanj z razpravami, predstavitev nacionalnih poročil in na koncu še sprejemanje resolucij.

*Tomaž Petek in sodelavci na Geodetski upravi RS
Geodetska uprava RS
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: tomaz.petek@gov.si*

33. STROKOVNO SREČANJE GEODETSKIH UPRAV DRŽAV NASLEDNIC AVSTRO-OGRSKEGA KATASTRA

TRENČIJSKE TEPLICE, SLOVAŠKA, 18.–20. MAJA 2016

Damjan Kvas, Damjan Doler, Martina Vošnjak

Na letošnjem, 33. po vrsti, strokovnem srečanju geodetskih uprav držav naslednic avstro-ogrskega katastra, v katerih je bil zemljiški kataster vzpostavljen pod pristojnostjo Cesarsko-kraljevskega vojaškega geografskega inštituta (nem. *Kaiserlich und Königlich Militär geographischen Institute, K.u.K MGI*), sta bili obravnavani dve temi:

- Zagotavljanje podatkov na temelju katastra nepremičnin (angl. *Providing data from the Real Estate Cadastre – REC*) ter
- Kakšni so pristopi za odpravo nepravilnih podatkov v katastru nepremičnin? (angl. *What is the correcting mechanism of incorrect data in REC like?*).

Strokovno srečanje je potekalo v Trenčijanskih Teplicah na Slovaškem. Sodelovale so geodetske uprave Avstrije, Češke, Madžarske, Hrvaške, Slovenije, italijanskih dežel Trentino - Južna Tirolska, Furlanija - Julijska krajina ter Slovaške.

Geodetske uprave držav naslednic avstro-ogrske monarhije imajo na področju zemljiškega katastra podobna strokovna izhodišča in rešitve, zato je spontano sodelovanje preraslo v organizirano letno strokovno srečevanje, ki sledi štirim načelom:

1. omejeno na države naslednice nekdanje monarhije (*Tagungen über den altösterreichischen Kataster oder K.u.K. Katastertagung*);
2. srečanje enkrat letno;
3. vsako leto v eni od držav udeleženk;
4. jezika srečanja sta nemščina in angleščina.

Slovenija je že od začetka zelo dejavna udeleženka in je srečanje organizirala petkrat. Naslednje leto je 34. srečanje na Dunaju v Avstriji. Takšen vrstni red sicer ne sledi zaporednemu menjavanju držav organizatork, vendar je Avstrija predlagala, da srečanje poteka na Dunaju zaradi 200-letnice zemljiškega katastra, ki jo bosta Avstrija ter njen Zvezni urad za meroslovje in geodezijo (nem. *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen – BEV*) praznovala v naslednjem letu. Ob 200-letnici katastra bodo pripravili več dogodkov, o katerih bo organizator udeleženke še obvestil.

Države so na srečanju predstavile delovanje geodetskih uprav v povezavi z naslovnima temama ter novosti in projekte, ki potekajo. V slovenskem referatu smo predstavili evidence, za katere je pristojna Geodetska uprava RS, dostopnost do podatkov, omejitve pri dostopu in uporabi podatkov. Opisali smo, kako

odpravljamo napake v podatkih, ter pojasnili siceršnji sistem spreminjanja podatkov v evidencah. Na srečanju smo predstavili tudi projekt izboljšave podatkov zemljiškega katastra.

Ugotovimo lahko, da nobeden od udeležencev posveta ne ponuja podatkov popolnoma v skladu z opredelitvijo izraza *open data* (podatki, ki so dostopni ter vsakomur na voljo za uporabo in ponovno uporabo ter prerezporejanje brez omejitev avtorskih pravic ter kakršnih koli prepovedi kopiranja in objavljanja).



33. Fachtagung der Vermessungsverwaltungen von Kroatien, Österreich, Slowenien, Südtirol, Trentino, der Tschechischen Republik, Ungarn und Slowakei, 18.- 20. Mai 2016, Trenčianske Teplice, Slowakei

mag. Damjan Kvas, univ. dipl. inž. geod.
Geodetska uprava RS, OGU Celje
Mariborska cesta 88, SI-3000 Celje
e-naslov: Damjan.Kvas@gov.si

Martina Vošnjak, univ. dipl. inž. geod.
Geodetska uprava RS, OGU Celje
Mariborska cesta 88, SI-3000 Celje
e-naslov: Martina.Vosnjak@gov.si

Damjan Doler, univ. dipl. inž. geod.
Geodetska uprava RS, OGU Celje
Mariborska cesta 88, SI-3000 Celje
e-naslov: Damjan.Doler@gov.si

MAGISTRICA ZNANOSTI NA UL FGG – PODROČJE GEODEZIJE IN GEOINFORMATIKE

NIKA MESNER, MAGISTRICA ZNANOSTI

Dne 19. maja 2016 je na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG) magistrsko nalogo zagovarjala Nika Mesner, univ. dipl. inž. geod., ki je nalogo pripravila pod mentorskim vodstvom izr. prof. dr. Krištofa Oštirja.

Avtorica: Nika Mesner
Naslov: Analiza možnosti uporabe samodejne klasifikacije podobe za vzdrževanje prostorskih podatkovnih zbirk (angl. Analysis of the possibility of using automatic image classification for the maintenance of spatial databases)
Mentor: izr. prof. dr. Krištof Oštir
URL: <http://drugg.fgg.uni-lj.si/5518/>

Vzdrževanje prostorskih podatkov s fotointerpretacijo je časovno in kadrovsko ter zato tudi finančno zelo zahtevno. Težnje upravljavcev podatkov po avtomatizaciji postopka so zelo velike. Kljub številnim raziskavam na tem področju se samodejne metode vzdrževanja v praksi redko uporabljajo. V magistrski nalogi so preučene možnosti uporabe objektno usmerjene analize za določitev pozidanih površin na podlagi podatkov daljinskega zaznavanja. Izvedena je analiza vpliva prostorske, spektralne in časovne ločljivosti ter filtriranja in transformacije podobe na kakovost obeh faz objektno usmerjene analize, segmentacije in objektno klasifikacije. Na podlagi rezultatov analize je predlagana optimalna izbira ločljivosti podatkov in predobdelave posnetka za razpoznavo pozidanih površin. Podan je pregled podatkovnih zbirk v Sloveniji, v katerih se vodijo podatki o stavbah, topografiji, pokrovnosti tal in rabi prostora. Ocenjena je tudi možnost uvedbe samodejnih postopkov v proces vzdrževanja. Na testnem območju so na podlagi ortofota in lidarskih podatkov določeni obrisi stavb in druge pozidane površine. Na podlagi enotnega sloja obrisov stavb so identificirane spremembe glede na evidentirano stanje v katastru stavb ter dejanski rabi kmetijskih in gozdnih zemljišč z visoko stopnjo popolnosti (več kot 80 %). Bistvena prednost uvedbe samodejnih postopkov v proces vzdrževanja prostorskih podatkov je, da s samodejno identificiranimi spremembami usmerimo operaterja na zajem podatkov le na območja, kjer so spremembe.

Podatke zbrala in pripravila:
doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2
SI-1000 Ljubljana
e-naslov: mojca.kosmatin-fras@fgg.uni-lj.si

SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 2. 2016 DO 30. 4. 2016

Teja Japelj

Dijakom zadnjih letnikov srednjih šol smo 12. in 13. februarja predstavili študij geodezije. Glede na gospodarski položaj v družbi je zanimanja za ta študij malo manj kot v preteklih letih. Če že ne bomo imeli več na novo vpisanih študentov, pa bo zagotovo več takšnih, ki bodo končali študij, na katerega so bili vpisani že pred časom.

Študenti, ki imajo še »stare grehe«, morajo – če želijo končati po starem programu – vse obveznosti opraviti do konca septembra 2016. Po tem roku dokončanje starih, predbolonjskih študijev ne bo več mogoče, torej imajo še nekaj časa, da zavihajo rokave, se lotijo dela in ujamejo vlak, ki jim bo omogočil ustrezno izobrazbo.

Nekaj jih je že končalo, večina pa bo počakala do zadnjega mogočega datuma. Na univerzitetnem študijskem programu geodezije je zaključno potrdilo prejel en študent, na visokošolskem študijskem programu geodezije dva študenta, na prvostopenjskem študijskem programu tehnično upravljanje nepremičnin en študent, na drugostopenjskem študijskem programu geodezija in geoinformatika štiri študenti ter na drugostopenjskem študijskem programu prostorsko načrtovanje en študent.

GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA, 2. STOPNJA

Jan Možina: Kontrolne meritve žerjavne proge s terestričnim laserskim skeniranjem

Mentor: izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Somentor: asist. Klemen Kregar

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5503/1/BGD013_Mozina.pdf

V magistrskem delu je predstavljena nova metoda za določitev geometrije tirnic žerjavne proge, in sicer na podlagi meritev s terestričnim laserskim skeniranjem in z izdelanim računalniškim programom, ki na podlagi oblaka točk tirnic določi horizontalni in vertikalni potek žerjavne proge. Metodo smo testirali na žerjavni progah hidroelektrarne Krško in termoelektrarne Brestanica, za kateri smo po skeniranju iz oblaka točk ekstrahirali zgornjo in stransko notranjo ploskev glave tirnic. Posamezno žerjavno progno smo razdelili na segmente, skozi katere smo izravnali ravnine in določili karakteristične linije tirnic. Na podlagi profilov smo med karakterističnima točkama na istem profilu določili položajne in višinske odmike tirnic, dejanski razpon in višinsko razliko med tirnicama žerjavne proge ter preverili, ali so izračunani parametri geometrije skladni s predpisi, ki jih določa obravnavani standard. V nalogi smo tudi raziskali, kako se parametri geometrije tirnic, ki so določeni z metodo terestričnega laserskega skeniranja, ujemajo s parametri, določenimi s klasično polarno metodo detajlne izmere. Prav tako smo testirali, kako na določitev parametrov vpliva dolžina segmenta in gostota točk tirnic. Na podlagi ugotovitev, do katerih smo prišli med izdelavo naloge, smo podali nekatere smernice za kakovostno določitev geometrije tirnic žerjavne proge s tehnologijo terestričnega laserskega skeniranja.

Eva Primožič: Spremljanje stabilnosti opornega zidu
Mentor: doc. dr. Božo Koler
Somentor: asist. Tilen Urbančič
http://drugg.fgg.uni-lj.si/5460/1/BGG2011_Primozic.pdf

V magistrski nalogi obravnavamo praktičen primer spremljanja stabilnosti opornega zidu, za katerega se po končanju gradbenih del predvideva nagib in posed. Izdelava naloge je vključevala izmero in obdelavo podatkov treh terminskih izmer, na podlagi katerih smo želeli ugotoviti, ali je ob obremenitvi opornega zidu prišlo do nagiba oziroma poseda in kolikšna je ta deformacija. Z izvedbo klasične geodetske izmere vseh treh terminskih izmer s tahimetroma Leica Nova MS50 in Leica TCRA 1105 plus smo analizirali tudi primernost uporabe manj natančnih tahimetrov za tovrstne naloge. Posed opornega zidu smo določili tudi z nivelmansko izmero. Poleg dobljenih rezultatov, torej določitve in analize premikov kontrolnih točk ter reperjev na opornem zidu, so v magistrski nalogi predstavljeni tudi številni dejavniki, ki vplivajo na sam potek in kakovost izvedbe geodetskih opazovanj v praksi.

Irena Rojko: Uporaba diferencialne radarske interferometrije za opazovanje premikov površja
Mentor: izr. prof. dr. Krištof Oštir
Somentor: Klemen Čotar, univ. dipl. inž. el.
http://drugg.fgg.uni-lj.si/5459/1/BGG2012_Rojko.pdf

Tehnologija SAR je zaradi relativne cenovne učinkovitosti in tehničnih lastnosti, ki omogočajo opazovanje velikih območij, postala zelo priljubljena. Brezplačen dostop do podatkov SAR Sentinel-1, satelita Evropske vesoljske agencije, je izjemno dobrodošel. V sklopu magistrskega dela nas je zanimalo, koliko se jih da s tehniko diferencialne radarske interferometrije (DInSAR) uporabiti za spremljanje premikov na območju Slovenije, ki ima ob visokem deležu gozda pričakovano nizko koherenco. V prvem delu magistrskega dela smo analizirali vrednost koherence med zaporednimi posnetki skozi leto glede na rabo tal. V drugem delu smo v obdobjih z ugotovljeno najboljšo koherenco opazovali premike s tehniko DInSAR. Zaradi značilnih poseadanj premogovniških mest smo za testno območje izbrali Velenje z okolico. Rezultate smo primerjali z rezultati GNSS-meritev. V prvem delu smo ugotovili, da je najboljša koherenca med zaporednimi posnetki v mesecih med novembrom in marcem, oziroma v času, ko vegetacija miruje. Koherenca dosega najboljše rezultate v zimskem obdobju brez snega, in sicer na urbanih območjih in njivah. V drugem delu smo posedanje pravega reda velikosti dobili šele, ko smo testno območje zmanjšali na majhen urbani del Šaleške doline. Kot problematična se je izkazala nizka koherenca, ki negativno vpliva na uspeh razvijanja faze. Le-to je samo po sebi zelo občutljiv postopek. Nadalje ocenjujemo, da je rezultate poslabšal tudi atmosferski vpliv, ki ga z uporabljenimi metodo ne moremo oceniti in odstraniti. Rezultati tega magistrskega dela naj služijo kot izhodišče tistim, ki se bodo v prihodnje odločili za uporabo podatkov Sentinel-1 za radarsko interferometrijo na območjih z gosto vegetacijo.

Dinko Zelenbaba: Modeliranje podatkov terestričnega laserskega skeniranja za uporabo v navidezni resničnosti
Mentor: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras
Somentor: asist. dr. Dejan Grigillo
http://drugg.fgg.uni-lj.si/5485/1/BGD014_Zelenbaba.pdf

V magistrski nalogi obravnavamo področje 3D-modeliranja oblakov točk, pridobljenih s terestričnim laserskim skeniranjem, načine pridobivanja 3D-modelov ter njihovo uporabo in podrobneje uporabo v navidezni resničnosti na primeru video iger. Naloga je sestavljena iz teoretičnega in praktičnega dela. V teoretičnem delu so opisane vrste 3D-modelov in 3D-podatkov, načini njihovega pridobivanja in uporabe. Opisana je zgodovina industrije video iger, navidezna resničnost kot sestavni del te industrije, video igre in vrste video iger. Poudarek je na prvoosebni (angl. first person) video igrah, ki se dogajajo v ustvarjenih navideznih 3D-prostorih, skozi katere se igralci giblje in ob tem rešuje različne naloge. Opisani so tudi elementi video iger, ki jih lahko povežemo z večpredstavnostno kartografijo oziroma splošno z geodezijo in geoinformatiko. Praktični del magistrske naloge je sestavljen iz treh delov: pridobivanja podatkov (skeniranje objekta), obdelave podatkov (registracija oblakov točk, izdelava modela) in uporabe modela (izdelava aplikacije navideznega sprehoda v igralnem pogonu). Za potrebe pridobivanja podatkov oziroma skeniranja je izbran objekt, ki ima zgodovinski pomen. Pri obdelavi podatkov smo preizkusili več programov, ki omogočajo obdelavo oblaka točk in izdelavo modelov. Na koncu je razloženo, kako se izdelava najenostavnejši nivo aplikacije sprehajanja okoli izdelanega modela objekta z izbranim orodjem (igralnim pogonom), v katerem so izdelane mnoge priljubljene video igre.

Opomba: V obdobju od 1. 11. 2015 do 31. 1. 2016 so na Oddelku za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo magistrski študij končali tudi naslednji študenti, ki so bili objavljeni v prvi številki Geodetskega vestnika, niso pa bili objavljeni povzetki del, za kar se uredništvo opravičuje.

Maša Boh: Analiza postopkov urejanja in registriranja nepremičnin v sistemu zemljiške administracije v Sloveniji

Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentorica: Janja Borec Merlak, univ. dipl. inž.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5393/1/BGD006_Boh.pdf

V magistrski nalogi so predstavljeni rezultati analize sistema zemljiške administracije v Sloveniji. Podatkovni del sistema zemljiške administracije predstavljajo v Sloveniji tri temeljne zemljiške evidence: zemljiški kataster, kataster stavb in zemljiška knjiga. V prvem delu raziskave smo pregledali zakonodajni okvir, kjer smo predstavili tudi nekatere zakonske spremembe, proučili postopke v sistemu zemljiške administracije, ki so potrebni, da se nepremičnina vpiše v javno evidenco pri državni geodetski službi in v zemljiško knjigo, pregledali smo vsebine javnih nepremičninskih evidenc in opisali postopke, kako do podatkov v javnih evidencah dostopamo. V drugem delu smo analizirali podatke javnih nepremičninskih evidenc za izbrane nepremičnine. Za študijo primerov smo izbrali bazo nepremičnin, ki je v lasti izbrane gospodarske družbe. Seznam nepremičnin, ki ga ima gospodarska družba, smo dopolnili s podatki iz javnih evidenc in pregledali stanje nepremičnin. Tako smo poskušali oceniti »urejenost« oziroma pravilnost podatkov nepremičnin gospodarske družbe v javnih evidencah geodetske uprave in zemljiške knjige ter vzroke za neskladja.

Jernej Nejc Dougan: Uporaba brezpilotnega sistema za zajem prostorskih podatkov in ocena kakovosti klasifikacije fotogrametričnega oblaka točk

Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Somentorja: asist. dr. Dejan Grigillo, Rok Valič

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5394/1/BGD007_Dougan.pdf

Magistrsko delo »Uporaba brezpilotnega sistema za zajem prostorskih podatkov in ocena kakovosti klasifikacije fotogrametričnega oblaka točk« zajema pregled področja brezpilotnih letalnikov za zajem prostorskih podatkov,

teorijo obdelave in možnosti klasifikacije fotogrametričnih oblakov točk z oceno kakovosti. V delu smo opredelili brezpilotne sisteme in podali značilnosti brezpilotnih sistemov, namenjenih za zajem prostorskih podatkov. Opredelili smo delitev brezpilotnih sistemov in opisali podsisteme, ki sestavljajo brezpilotne sisteme za uporabo v geodeziji. Na kratko opišemo pravno podlago in značni prostor v Republiki Sloveniji. Opišemo brezpilotni sistem senseFly eBee, ki smo ga tudi uporabili za izvedbo praktičnega dela. Podrobneje opišemo programski paket za obdelavo posnetkov PostFlight Terra 3D. Opišemo delovni postopek za zajem podatkov z brezpilotnim sistemom. V teoretičnem delu podrobno opišemo metode in postopke, ki jih implementirajo programi za obdelavo fotografij, pridobljenih z brezpilotnimi sistemi. Predstavimo, kako je narejena rekonstrukcija in orientacija posnetkov s postopkom Structure from Motion, izravnava bloka posnetkov in samokalibracija. Opišemo eno izmed metod zgoščevanja oblaka točk in pregledamo metode za klasifikacijo oblakov točk. Podamo opise izdelave drugih fotogrametričnih izdelkov, kot so DMR in ortomozaik. V okviru praktične raziskave smo izvedli projekt zajema prostorskih podatkov z brezpilotnim sistemom. Načrtovali smo zajem, izvedli zajem podatkov, obdelali pridobljene aeroposnetke, iz njih izdelali oblak točk, DMP in ortomozaik. Brezpilotni sistemi lahko v nekaterih pogledih nadomestijo aerolasersko skeniranje, zato smo izvedli primerjavo med fotogrametričnim oblakom točk in oblakom točk, pridobljenim z aerolaserskim skeniranjem. Fotogrametrični oblak točk smo klasificirali z različnimi metodami in programi. Za oceno kakovosti klasifikacije smo izdelali referenčni oblak točk ter lasten program za ocenjevanje kakovosti klasifikacije. Podali smo ocene kakovosti različnih metod klasificiranja. Podamo možnosti za izboljšave klasifikacij fotogrametričnega oblaka točk.

Tina Golob: Vzpostavitev geodetske mreže za spremljanje stabilnosti melišča na Potoški planini

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentor: asist. Tilen Urbančič

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5399/1/BGD008_Golob.pdf

Na območju melišča na Potoški planini je drsenje drobirskega materiala stalni proces. Po analizah in ocenah geologov to upliva na količine drobirskega materiala v rečni strugi pod lijakom na vznožju melišča. Za večletno spremljanje oblike površja melišča ter ocenjevanje količin materiala je bila za potrebe zagotavljanja enotnega geodetskega datuma vzpostavljena geodetska mreža. Ta naj bi v različnih terminskih izmerah služila za določitev koordinat oslonilnih in kontrolnih točk pri izmerah s sodobnimi tehnologijami množičnega zajema prostorskih podatkov. Naš cilj je bil s prvo izmero zagotoviti koordinatno osnovo na melišču, z drugo pa ugotoviti, ali je mreža stabilna in primerna za uporabo v naslednjih terminskih izmerah. Pridobljena opazovanja klasične izmere smo ustrezno obdelali in statistično analizirali. Z ločenima izravnava opazovanj smo dobili horizontalne in višinske koordinate točk geodetske mreže. Premike točk geodetske mreže smo določili s primerjavo velikosti premikov ter trikratne vrednosti natančnosti določitve teh premikov. Ugotovili smo, da so se točke na spodnjem delu melišča povprečno premaknile za 5,4 centimetra v horizontalnem smislu in 2,2 centimetra v višinskem smislu. V zaključku so podani komentarji rezultatov in ocena primernosti uporabe geodetske mreže v prihodnje.

Urša Poglajen: Prostorske analize podatkov Reševalne postaje UKC Ljubljana

Mentor: prof. dr. Goran Turk

Somentor: viš. pred. mag. Samo Drobne

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5427/1/BGD009_Poglajen.pdf

V magistrskem delu analiziramo intervencije in odzive dispečerske službe Reševalne postaje UKC Ljubljana v obdobju med letoma 2005 in 2014. V nalogi je predstavljena zakonodaja in drugi predpisi s področja nujne medicinske pomoči v Sloveniji in tujini. Na podlagi analiz je prikazana porazdelitev intervencij v obdobju dneva, tedna in leta. V nalogi smo preverili nekatere domneve o doseganju standardov odzivnih časov, časov sprejema klica, izvoza ekip nujne medicinske pomoči ter drugih predpisanih časov. Za ugotovitev in statistično potrditev prostorske povezanosti podatkov smo uporabili globalno avtokorelacijsko statistiko. Preverili smo avtokorelacijo voznih časov in z metodo krigriranja izdelali ploskve voznih časov ekip nujne medicinske pomoči. Na podlagi rezultatov statističnih prostorskih analiz smo prikazali verjetnost pojavljanja izrednih dogodkov na območju, ki ga pokriva Reševalna postaja UKC Ljubljana, ter prikazali območja, kjer so potrebe po pokrivanju z novimi izpostavami nujne medicinske pomoči večje. S podatki o lokacijah avtomatskih eksternih defibrilatorjev ter lokacij dogodkov srčnega zastoja smo preverili pokritost analiziranega območja z nameščenimi defibrilatorji ter prikazali območja s slabim oziroma nezadostnim dostopom do defibrilatorjev.

Daniil Vinko: Zmožnosti in uporabnost Topcon Hybrid Positioning sistema v detajlni izmeri in detajlni zakoličbi

Mentor: izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor: prof. dr. Bojan Stopar

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5426/1/BGD010_Vinko.pdf

Magistrsko delo »Zmožnosti in uporabnost Topcon Hybrid Positioning sistema v detajlni izmeri in detajlni zakoličbi« zajema pregled metod geodetske izmere, in sicer tahimetrično izmero, statično izmero GNSS, izmero RTK-GNSS in kombinirano izmero Topcon Hybrid Positioning. Sistem Topcon Hybrid Positioning omogoča istočasno uporabo tahimetrične izmere in izmere GNSS. V prvem delu naloge je narejen pregled sistemov in raziskav na področju kombinirane geodetske izmere, opredeljena pa je tudi problematika kombiniranja terestričnih meritev in opazovanj GNSS. (V prvem, teoretičnem delu naloge je prikazan pregled sistemov in raziskav na področju kombinirane geodetske izmere in opredeljena je problematika kombiniranja terestričnih meritev in opazovanj GNSS. V drugem, praktičnem delu naloge smo na osnovi praktične raziskave ovrednotili natančnost, učinkovitost (poraba časa in število operaterjev) in ekonomičnost kombinirane izmere Topcon Hybrid Positioning ter jo primerjali s tahimetrično izmero, izmero RTK-GNSS in statično izmero GNSS. Raziskava je izvedena na način, da smo koordinate točk začasno stabilizirane izmeritvene mreže določili z že omejenimi geodetskimi metodami izmere. Nato smo koordinate točk izmeritvene mreže, pridobljene z obravnavanimi metodami, primerjali glede na koordinate točk, pridobljenih s statično izmero GNSS, torej smo koordinate točk, pridobljene s statično izmero GNSS, privzeli kot referenčne. Na podlagi analize rezultatov smo v zaključku podali komentarje glede uporabnosti sistema Topcon Hybrid Positioning v geodetski praksi.

PROSTORSKO NAČRTOVANJE, 2. STOPNJA

France Vesel: Analiza uporabe državnega ortofota in DTK 5 za namene prostorskega načrtovanja

Mentor: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Somentorja: viš. pred. mag. Mojca Foški, asist. dr. Dejan Grigillo

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5486/1/BPN005_Vesel.pdf

Za izdelavo kakovostnih prostorskih aktov v prostorskem načrtovanju je treba uporabiti kakovostne in ustrezne prostorske podatke. Med najbolj uporabljene in uporabne podatkovne vire uvrščamo državni ortofoto in

državne topografske podatke (DTK 5), ki jih uporabljamo kot osnovne vhodne podatke pri pričetku izdelave strokovnih podlag in prostorskih analiz, zagotavlja pa jih Geodetska uprava Republike Slovenije. Z leti so postali podatki dostopni in zanesljivi, vendar mora prostorski načrtovalec poznati njihove omejitve pri določenih namenih uporabe. Z različnimi metodami analize ortofota in podatkov DTK 5 ter anketno raziskavo smo v nalogi predstavili uporabnost ter prednosti in slabosti teh izdelkov za delo v prostorskem načrtovanju. Na podlagi pridobljenih odgovorov v anketi in raziskovalnega dela smo opravili še kritično presojo objektnega kataloga DTK 5 ter podali predloge njegove izboljšave.

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GEODEZIJE

Gregor Čurk: Prenos dokumentacije telekomunikacijskega omrežja v geografski sistem

Mentor: izr. prof. dr. Radoš Šumrada

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5504/1/GEU982_Curk.pdf

Podjetjem, ki so lastniki oziroma upravljavci gospodarske javne infrastrukture, prehod na geografski informacijski sistem prinaša veliko prednosti. Med temi je v ospredju predvsem lažji in hitrejši dostop do zahtevanih informacij. Prostorski podatki so najpomembnejša sestavina geografskega informacijskega sistema. V diplomskem delu je predstavljen projekt prenosa podatkov o telekomunikacijskem omrežju iz tehnične dokumentacije v obstoječi informacijski sistem. Najprej je treba te prostorske podatke pretvoriti v ustrezno obliko, ki omogoča njihov uvoz v informacijski sistem. Ta proces pretvorbe podatkov je najpomembnejši in najzahtevnejši del projekta. S tem namenom diplomska naloga podrobneje obravnava del projekta, ki zajema pretvorbo digitaliziranih rastrskih slik tehnične dokumentacije v vektorizirane prostorske podatke: predstavljen je postopek priprave vhodnih podatkov, opis poteka zajema podatkov, kontrole kakovosti in na koncu še analiza celotnega postopka zajema. Navedeni postopki se izvajajo v programskem orodju, ki je bilo razvito za namen projekta.

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ GEODEZIJE

Gregor Furlan: Testiranje instrumenta Meteo Station HM30

Mentor: izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5506/1/GEV420_Furlan.pdf

V diplomski nalogi so podrobneje predstavljene tri fizikalne količine, ki opisujejo stanje atmosfere, in instrumenti za njihovo merjenje. To so temperatura, vlaga in zračni tlak. Gostota zraka in z njo povezana optična gostota je namreč odvisna od njihovih vrednosti. Pri natančnem merjenju dolžin moramo upoštevati dejanske pogoje v zraku v času meritve. Izmerjeno dolžino je treba popraviti zaradi spremembe lomnega količnika zraka. V enačbah za izračun dejanskega lomnega količnika in dejanske dolžine je obravnavan vpliv meteoroloških parametrov na vrednost dolžine. Izvedeno je bilo testiranje vremenske postaje Meteo Station HM30. Za optimalnejše pogoje merjenja temperature in zračne vlage je bila izdelana naprava za prisilni vpih zraka, na katero namestimo sondo. Testi so obravnavali čas temperiranja in različne možne postavitve sonde ter analize možnih vplivov. Sonda zelo dobro deluje v napravi za prisilni vpih zraka. Različne globine in rotacije sonde ne pokažejo vplivov na izmerjene vrednosti temperature. Čas temperiranja je enak času, ki ga predvideva proizvajalec.

Sabina Zupančič: Spreminjanje namenske rabe prostora s primerjavo podatkov občinskih prostorskih aktov na primeru občin Polzela in Dobrna

Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

Somentorica: viš. pred. Mag. Mojca Foški

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5505/1/GEV421_Zupancic.pdf

V diplomski nalogi je predstavljena zakonodaja s področja urejanja prostora v letih 1984, 2002 in 2007. Narejena je primerjava in analiza osnovne in podrobne namenske rabe prostora v občini Polzela in občini Dobrna. Primerjali smo podatke predhodno veljavnih občinskih prostorskih aktov (prostorske sestavine srednje-ročnih in dolgoročnih družbenih planov) s podatki o osnovni in podrobni namenski rabi prostora veljavnih občinskih prostorskih načrtov (OPN). Primerjave so bile narejene za celotno območje občin, pri tem pa smo izračunali in analizirali spremembe površin posameznih kategorij osnovne in podrobne namenske rabe prostora med obravnavanimi prostorskimi akti občin Polzela in Dobrna. Izračunali smo tudi delež in razliko deležev površin posameznih kategorij namenske rabe prostora glede na prebivalca. Ugotovili smo povečanje območij gozdnih zemljišč, prav tako območij stavbnih zemljišč, zmanjšala pa so se območja kmetijskih zemljišč. Razlike v povečanju so majhne ter pomenijo le nekaj odstotkov. Ob primerjavi s številom prebivalcev pa ugotavljamo, da se je obseg stavbnih površin na prebivalca v obeh občinah zmanjšal.

Opomba: V obdobju od 1. 11. 2015 do 31. 1. 2016 so na Oddelku za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo visokošolski študij geodezije končali tudi naslednji študenti, ki so bili objavljeni v prvi številki Geodetskega vestnika, niso pa bili objavljeni povzetki del, za kar se uredništvo opravičuje.

Miha Ovca: Množična izboljšava zemljiškega katastra s postopkom nove izmere

Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentor: viš. pred. dr. Miran Ferlan

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5423/1/GEV417_Ovca.pdf

V diplomski nalogi je predstavljena evidenca zemljiškega katastra v Sloveniji, ki je bila prvotno vzpostavljena izključno za potrebe obdavčitve, medtem ko ima danes več funkcij in je temelj za gospodarjenje z nepremičninami. Predstavljena so obdobja, ki so zaznamovala razvoj zemljiškega katastra in ki so tudi prinašala spremembe na področju vzdrževanja zemljiškega katastra. Poudarek je na obravnavi postopka nove izmere, ki prinaša možnost množične izboljšave zemljiškega katastra. Postopek nove izmere po sedanji zakonodaji smo primerjali s postopki nove izmere v preteklosti ter s postopkom v Avstriji. Ugotovili smo, da imamo v slovenski zakonodaji primerljiv postopek novi izmeri v Avstriji, ki je namenjen množični izboljšavi in tudi katastrskemu preurejanju – to je nastavitev katastra.

Darko Pavlovič: Geodetska dela pri izgradnji montažnega objekta

Mentor: doc. dr. Božo Koler

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5437/1/GEV419_Pavlovic.pdf

V diplomski nalogi so predstavljena geodetska dela pri izgradnji montažnega objekta, s poudarkom na opisu praktične izvedbe zakoličenja objekta. Vsebina naloge je razdeljena na tri dele. V prvem delu so opisane zakonske podlage, ki opredeljujejo geodetska dela pri izgradnji objektov. Navedeni in razloženi so pojmi o

gradbeništvu, ki jih mora geodet pri svojem delu dobro poznati. V nadaljevanju je opisan uporabljeni instrumentarij ter programska oprema za zakoličenje objekta in okolice. V glavnem delu je najprej predstavljen način stabilizacije geodetske mreže, ki je geodetom na terenu služila kot izhodišče za izvedbo del. Opisana je polarna metoda zakoličenja, prikazan pa je tudi način ocene natančnosti zakoličenja po tej metodi. Praktični del naloge se nanaša na delo geodeta na terenu in vsebuje razlago načina uporabe programske opreme instrumenta pri zakoličenju objekta. Za potrebe izračuna prostornin izkopenin je bil izveden tudi geodetski posnetek, izračunane so bile tudi same prostornine. V zadnjem delu je predstavljen način računanja prostornin izkopenin, prikazani pa so tudi rezultati izračunov.

Petra Škulj: Strokovne podlage za oblikovanje zemljiške politike v občini Ribnica

Mentorica: izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

Somentor: asist. mag. Matija Polajnar

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5424/1/GEV418_Skulj.pdf

Diplomska naloga obravnava nekatere strokovne podlage za oblikovanje zemljiške politike v občini Ribnica. S tem namenom je v prvem delu predstavljen veljavni občinski prostorski načrt občine Ribnica. V nadaljevanju je opisano stanje in razvoj gospodarske javne infrastrukture ter prikazani izračuni višine komunalnega prispevka za izbrana naselja. Izvedena je tudi analiza podatkov o izdanih gradbenih dovoljenjih na območju občine v obdobju od 2010 do 2014. Eno izmed strokovnih podlag predstavlja tudi analiza trga nepremičnin, ki je bila izvedena za prodana kmetijska in nezazidana stavbna zemljišča v obdobju 1. 1. 2009 do 1. 6. 2015. Osrednji del naloge predstavlja anketni vprašalnik o namerah lastnikov zemljišč glede gradnje, ki je bil izdelan leta 2003 na Inštitutu za komunalno gospodarstvo pri UL FGG. Iz rezultatov analize lahko ugotovimo, da večina lastnikov zemljišč v naslednjih petih letih nima namena niti pozidati niti prodati zemljišča, prav vsi anketirani lastniki zemljišč pa so mnenja, da poplavno območje, na katerem so nekatera stavbna zemljišča, negativno vpliva na ceno teh zemljišč. Te in druge ugotovitve iz naloge so pomembne za oblikovanje programa aktivnosti in ukrepov, s katerimi bodo v obravnavani občini dosegli cilje zemljiške politike, ki jih bodo oblikovali v skladu s cilji drugih politik v občini.

TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN, 1. STOPNJA

Matjaž Vidmar: Primerjava funkcionalnih regij stalnih selitev in delovne mobilnosti v Sloveniji

Mentor: viš. pred. mag. Samo Drobne

Somentor: doc. dr. Mitja Lakner

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5507/1/BTU056_Vidmar.pdf

ZELENI PLAZ – VČERAJ, DANES, JUTRI: 70 LET REDNIH MERITEV TRIGLAVSKEGA LEDENIKA

Mihaela Triglav Čekada

V Slovenskem planinskem muzeju v Mojstrani je med 15. aprilom in 15. julijem 2016 na ogled razstava z zgornjim naslovom, ki so jo pripravili sodelavci Geografskega inštituta Antona Melika ZRC SAZU ob sedemdesetletnici rednih meritev Triglavskega ledenika, nekoč imenovanega Zeleni sneg, v prvi omembi iz leta 1778 pa celo ‚Seleni plas‘.



V sodelovanju z Geografskim inštitutom Antona Melika ZRC SAZU
vas v petek, **15. aprila 2016, ob 18. uri**
vabimo na odprtje muzejsko-dokumentarne razstave
ZELENI PLAZ – VČERAJ, DANES, JUTRI
70 let rednih opazovanj Triglavskega ledenika.



Kredarica izpod zgornjega roba Triglavskega ledenika.
Foto: Miha Pavšek. GIAM ZRC SAZU



ZRC SAZU

G GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE



LJUBLJANSKE MLEKARNE
Tradicija. Skrb. Zanesljivost.

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KULTURO



Občina Kranjska Gora

Slovenski planinski muzej

Triglavska cesta 49 • 4281 Mojstrana • t: +386 (0)8 380 67 30 • f: +386 (0)4 589 10 35
info@planinski.muzej.si • www.planinski.muzej.si



Slika 1: Vabilo na odprtje razstave.

Vsakoletne redne meritve so sodelavci inštituta začeli izvajati že septembra 1946, saj je bila to ena prvih nalog tedaj ustanovljenega inštituta. Prva geodetska izmera je bila narejena leta 1952. V letu 1999 smo se z rednimi fotogrametričnimi in geodetskimi metodami izmere geografovm pridružili sodelavci Geodetskega inštituta Slovenije.

Razstava sledi vsebinskim sklopom, predstavljenim v knjigi Triglavski ledenik, ki je izšla konec leta 2014 (Gabrovec in sod., 2014), vendar je obogatena z obsežnejšim slikovnim gradivom in reprodukcijami starejših slik, ki predstavljajo Triglavski ledenik, njegovo okolico in najrazličnejše vire. Na ogled so tudi publikacije, v katerih so bili objavljeni članki o Triglavskem ledeniku. Poleg starih Geografskih zbornikov in vestnikov, Planinskih vestnikov in drugih revij je predstavljenih tudi nekaj izvodov našega Geodetskega vestnika. Omeniti je treba še muzejske najdbe, ki so jih našli na ledeniku ali v njegovi bližnji okolici med rednimi meritvami. Med njimi najdemo tudi poligonsko točko.

Razstava bo v prihodnje gostovala na različnih lokacijah, opozorimo le, da bo od 11. do 25. novembra 2016 na ogled v atriju ZRC SAZU (Novi trg 2) v Ljubljani.

Viri:

Gabrovec, M., Hrvatin, M., Komac, B., Ortar, J., Pavšek, M., Topole, M., Triglav Čekada, M., Zorn, M., Kladnik, D., Perko, D. (2014): Triglavski ledenik. Geografija Slovenije, 30. Ljubljana: Založba ZRC, 2014. 252 str.

dr. Mihaela Triglav Čekada, univ. dipl. inž. geod.

*Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: mihaela.triglav@gis.si*

GEO & IT NOVICE

Aleš Lazar, Klemen Kregar

Nekaj zanimivih prikazov

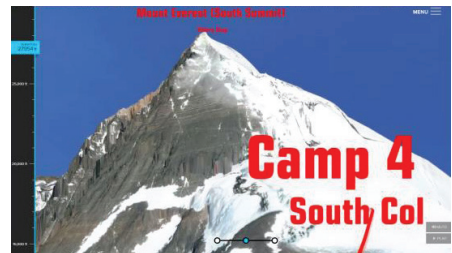
Na spletni strani <http://thetruesize.com> lahko med seboj primerjamo površine držav. Izbrano državo z miško premikamo po karti sveta, pri čemer se njena velikost spreminja skladno z deformacijo zaradi projekcije, ki je odvisna od geografske širine. Tako lahko vidimo, da Grenlandija v resnici ni tako velika kot Afrika, kar nam sicer kaže vzdolžna Mercatorjeva projekcija.



za vsak dan navedenega leta vidiš, kam so plule ladje, lahko tudi spremljaš, kakšen tovor so prepeljale in koliko ga je bilo. In ugotovitve? Vsak dan prepeljejo več kot 14,5 milijona kontejnerjev, več kot pol milijona kiloton suhega tovora in za več kot 10 milijonov kiloton avtomobilov. Zemljevid je mogoče tudi približati in si ogledati promet za posamezno regijo ali pristanišče.

Kanal Discovery pa nam na spletni strani <http://everestavalanchetragedy.com/mt-everest-journey.html> ponuja izjemen 3D-prelet trase klasične smeri na vrh gore Everest. Med preletom se na površju terena izrisuje rdeča linija, ki približno označuje potek smeri, na levi strani zaslona pa števec kaže, na kakšni nadmorski višini smo (na žalost le v čevljih).

Studio Kiln iz Londona in energetska inštitut ULC sta izdelala interaktivno karto ladijskega prometa. Po morju prepeljemo kar 90 % vsega tovora na svetu, zato so oceani in morja povsem preprejeni z ladijskimi potmi. Interaktivni zemljevid s strani <https://www.shipmap.org/> prikazuje poti vseh tovarnih ladij v letu 2012. Avtorji pravijo, da so vključili kar 250 milijonov podatkov. Poleg tega, da lahko



Vir: <http://thetruesize.com>, [24ur.com](http://www.24ur.com) – <http://www.24ur.com/novice/znanost-in-tehnologija/>, <http://everestavalanchetragedy.com/mt-everest-journey.html>, maj 2016

Monitoring jezu z elektronskim tahimetrom

Pred kratkim so na jezu Razisse na reki Dadou v jugozahodni Franciji končali gradbena dela, popravila in izboljšave, pri čemer so stabilnost jezu stalno spremljali z robotskim tahimetrom Spectra Precision FOCUS 35. Z instrumentom, ki so ga izbrali zaradi sekundne natančnosti merjenja kotov, so z natančnostjo pol milimetra sledili premikom bokov ločnega jezu v kritičnem šesttedenskem obdobju prenove konstrukcije.

Razisse je 30 metrov visoka in 300 metrov dolga težnostna pregrada, zgrajena leta 1955, ki zadržuje vodo za hidroelektrarno. Za povečanje izkoristka elektrarne in varnosti so pregrado povišali za 60 centimetrov, okrepili obstoječe boke ter dodali dve pretočni polji.

Pričakovati je bilo, da bo dvig višine jezua povzročil posedanje opornikov, zato so s preciznim tahimetrom FOCUS 35 merili horizontalne premike jezua. Vzpostavili so osem merskih točk: štiri na obstoječi ograji desnega opornika in štiri na levem oporniku, kjer so pričakovali premike. Vse točke so merili večkrat v različnih fazah projekta: pred rekonstrukcijo in po njej ter potem še pred obremenitvijo objekta in po njej. Za zagotovitev zahtevane natančnosti so v vsaki izmeri meritve ponavljali po štirikrat.

Instrument je rezultate meritev prek Excelove datoteke v realnem času pošiljal izvajalcu, ki je preverjal skladnost teoretičnih oziroma pričakovanih premikov z izmerjenimi. Rezultati so inženirjem pomagali sprejeti ključne odločitve v zvezi z nadaljevanjem projekta. Končni premiki so bili manjši od desetinke milimetra, kar je bilo v okviru pričakovanih vrednosti.

Vir: Geoinformatics, maj 2016 – <http://www.geoinformatics.com/>

In vendar se giblje – že 14 satelitov Galileo v orbiti



Satelitski navigacijski sistem, ki je poimenovan po znanstveniku, ki je Zemljo postavil na njeno mesto v osončju, in bo pomagal Evropi poiskati pot v 21. stoletje, ima v orbiti že 14 satelitov. Galilea 13 in 14 sta vzletela v torek, 24. maja, ob 08:48 GMT na raketi Soyuz z Esinega vzletišča v Francoski Gvajani.

Sedma izstrelitev satelitov Galileo je šla kot po maslu. Prve tri stopnje Soyuzja so satelita varno ponesle v nizko orbito, od koder ju je fregata zadnje stopnje dostavila v njuno končno orbito srednje višine. Satelita sta bila v orbito na 23.522 kilometrih višine odložena 3 ure in 48 minut po vzletu. Poimenovana sta po ciprski deklici Andriani in Latvijki Liene, po Slovenki Tari bo imenovan 25.

satelit, ki bo skupaj s slovaškim, finskim in švedskim predvidoma izstreljen v tretji četrtini leta 2018. Naslednji vzlet je načrtovan 17. novembra, kot kaže, bodo zdaj izstreljevali po štiri satelite naenkrat.

Vir: ESA, maj 2016 – http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Galileo/Launching_Galileo; Wikipedia, maj 2016 – [https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_\(satellite_navigation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation))

Sodelovanje Topconja in Volva

Topconova skupina za pozicioniranje želi izdelati aplikacijo za usmerjanje gradbenih strojev, zato sodelujejo s podjetjem Volvo CE (Construction Equipment). Izdelati nameravajo tehnologijo, ki se bo brezhibno integrirala z Volvovo aplikacijo za vodenje strojev Dig Assist. Integracija Topconovega izuma

3D-MC v Volvove bagre je zasnovana tako, da omogoča vključitev 3D-projektčnih datotek in povezljivost s Topconovim instrumentarijem prek obstoječe Volvove aplikacije za usmerjanje izkopov.

Podpredsednik Topconovega oddelka za gradbene dejavnosti Ulrich Hermanski je dejal, da so v podjetju vznemirjeni zaradi možnosti širitve njihove tehnologije usmerjanja delovnih strojev neposredno na Volvovo aplikacijo Dig Assist. Njihovi uporabniki, ki že sedaj prisegajo na Topconove rešitve usmerjanja strojev, jih bodo sedaj lahko uporabljali tudi pri kopanju s stroji Volvo.

»Z integracijo lahko svojim uporabnikom ponudimo najboljše iz obeh svetov, pozicioniranja in kopanja,« je povedal Niels Haverkorn, podpredsednik razvoja pri Volvu CE. »Volvovi kopači z aplikacijo Dig Assist se sedaj popolno dopolnjujejo z aplikacijo za 3D-usmerjanje izkopov enega od vodilnih ponudnikov geodetske merske opreme na svetu.«

Vir: Geoinformatics, maj 2016 – <http://www.geoinformatics.com/>

Samovozni avtomobili potrebujejo inercialne merske enote

Žiroskopi iz optičnih vlaken (angl. *fiber-optic gyros* – FOG) in inercialna merska enota – IMU s sistemom FOG sta ključni člen integriranih senzorskih sistemov, ki so nujni za razvoj avtonomnih avtomobilov. Žiroskop na primer zagotavlja natančne meritve azimuta, ki jih logična procesna enota avtonomnega vozila potrebuje, ko računa premikanje vozila skozi ovinek. Inercialna merska enota navadno vsebuje žiroskop in pospeškometre v skupnem ohišju. Meri šest prostostnih stopenj: spremembe orientacije in hitrosti z visoko natančnostjo. Podatki omogočajo določanje položaja vozila, celo kadar je GNSS-signal prekinjen, in s tem vozilu omogočajo, da ostane na zeleni poti.



KVH Industries razvija poceni IMU z žiroskopom iz optičnih vlaken, ki bo namenjen razvoju avtomobilov brez voznika. Izdali so celo paket za razvijalce, ki bo inženirjem olajšal integracijo njihovega izdelka v kontrolne sisteme teh samovozov. Razvijalski paket vključuje programsko opremo za uporabniški vmesnik in vse komponente, ki so potrebne za povezavo IMU na računalnik, da ga lahko nastavljamo, analiziramo in testiramo. Paket je narejen tako, da ga lahko vzpostavimo in začnemo uporabljati že v nekaj minutah, kar inženirjem olajša diagnosticiranje ter pospeši razvoj njihovega sistema.

KVH-jeva enota 1750 IMU je bila sestavni del enajstih izmed 23 humanoidnih robotov – finalistov lanskega tekmovanja DARPA Robotics. Na tem tekmovanju roboti prikazujejo svoje sposobnosti pomoči ali celo nadomeščanje ljudi v zelo nevarnih situacijah, kot so požari, potresi ali druge nadloge.

Vir: GPS world, maj 2016 – <http://gpsworld.com/>

Facebook z GIS in umetno inteligenco izdeluje karto svetovnega prebivalstva

Karte, ki prikazujejo gostoto prebivalstva v razvitih delih sveta, jemljemo kot danost. Internetni velikani, kot sta Google in Facebook, jih potrebujejo za lastne interese, ki so v splošnem širitev interneta in s tem njihovega trga na območja, kjer povezave niso dostopne. Facebook želi vsakemu človeku, kjerkoli na svetu, omogočiti, da se poveže v njihovo socialno omrežje.

Karto gostote poselitve so izdelali na podlagi obstoječih podatkov in ogromne računalniške moči, ki jo imajo na voljo. Sedaj najkakovostnejšo karto poselitve so izdelali na Kolumbijski univerzi na podlagi vseh dosegljivih podatkov popisov z vsega sveta. Njena glavna omejitev je neenaka ločljivost podatkov glede na gostoto poselitve. Pri Facebooku so uporabil satelitske posnetke podjetja DigitalGlobe, ki kontinuirano snema površje zemlje s podmetrsko resolucijo. Iz njihovih podob so se naučili samodejno prepoznavati stavbe (podobno v doktorski disertaciji počne dr. Dejan Grigillo z UL FGG). Privzeli so, da je gostota hiš na nekem območju sorazmerna z gostoto prebivalstva. Ker za nekatera območja pravo gostoto poznajo zelo natančno, lahko z umetno inteligenco oziroma strojnim učenjem zelo dobro napovedo gostoto poselitve za neznana območja.

Vir: GIS lounge, maj 2016 – <https://www.gislounge.com/>

Ruđer Josip Bošković, evropski geodeta leta 2016

Ruđer Josip Bošković je bil na 5. evropskem dnevu geodezije in geoinformatike izbran za evropskega geodeta za leto 2016. Rodil se je leta 1711 v Dubrovniku. Vse življenje je preživel v tujini, kjer je postal svetovno znan fizik, astronom, matematik, geodet, filozof, inženir in diplomat.

Je tvorec enotnega zakona sil, pri čemer je predpostavil, da gravitacija ni le privlačna sila (*Newtonov splošni gravitacijski zakon*), temveč je tudi odbojna, in se njen »predznak« na majhnih razdaljah med telesi izmenično spreminja. Menil je, da je osnovni delec brez razsežnosti izvor sile. Čas in prostor je imel v nasprotju z Newtonom za relativna. Njegova **atomska teorija** je primer jasnega in točno opredeljenega sistema, ki izkorišča načela klasične mehanike.

Objavil je veliko razprav, kot so: **prehod Merkurja**, **severni sij**, **oblika Zemlje**, opazovanja **zvezd**, nepravilnosti v **zemeljski težnosti**, matematična orodja pri **daljnogledih**, meje zanesljivosti v astronomskih opazovanjih, **cikloida**, logistična krivulja, teorija kometov, plimovanje, zakon zveznosti, dvojni refrakcijski mikrometer in problemi iz **sferne trigonometrije**.

Leta 1750 je začel izvajati obsežne dvoletne meritve poldnevniškega loka dveh stopinj med Rimom in Riminijem. Poročilo so objavili v latinščini leta 1755 pod naslovom *De Litteraria expeditione per pontificiam ditionem ad dimetiendos meridiani gradus a PP. Maire et Boscovicli*. Vrednost tega dela se je povečala pri točni izdelavi zemljevida papeških dežel. Francoski prevod je izšel leta 1770.

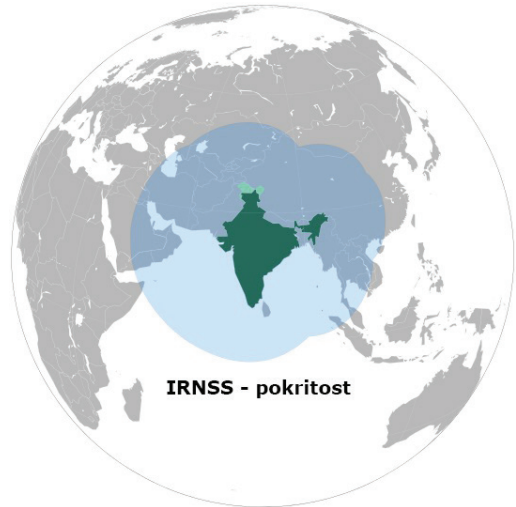
Na Dunaju je leta 1758 objavil svoje znamenito delo *Teorija naravoslovja, izvedena na edini zakon sil, ki obstajajo v naravi*. Delo vsebuje njegovo atomsko teorijo in teorijo o silah. **Bohrov model atoma** je neposredni potomec Boškovičevega modela atoma. Uvedel je zakon sil, ki so na majhnih medelektronskih razdaljah odbojne, na velikih razdaljah pa privlačne, kar je pozneje naprej razvil Faraday. Atom je po Boškoviću središčna točka, okrog katere se širijo oblaki privlačnih in odbojnih sil (*Boškovičevo polje*).

Po Boškoviću se imenuje hrvaški raziskovalni inštitut s področja atomske fizike *Inštitut Ruđerja Boškovića*. Po njem se imenuje tudi udarni krater Bošković na Luni s koordinatama 9,8° severno; 11,1° vzhodno, premerom 46 kilometrov in globino 1,8 kilometra.

Vir: Hrvatska zbornica inženirjev geodezije, april 2016 – <http://www.rudjerboskovic.com.hr/>; Wikipedia, junij 2016 – <https://sl.wikipedia.org/>

Indijski regionalni navigacijski satelitski sistem (IRNSS)

Indija je 28. aprila 2016 lansirala sedmi, hkrati zadnji navigacijski satelit konstelacije IRNSS (Indijski regionalni navigacijski satelitski sistem). S tem je postala prva, ki je po ZDA in Rusiji vzpostavila kompletno konstelacijo lastnih navigacijskih satelitov. Sateliti IRNSS sicer ne pokrivajo vsega sveta kot sistem GPS in GLONASS, temveč le območje Indije in njene okolice v radiju 2000 kilometrov. Kot samostojni navigacijski sistem omogoča določevanje absolutnega položaja z natančnostjo 10 metrov, v kombinaciji z GPS-om pa dosega boljše rezultate kot sam GPS.



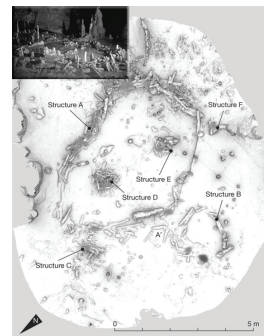
IRNSS je bil izgrajen v treh letih za izboljšavo terestrične, zračne in navtične navigacije, za sledenje vozil, geodetske meritve, integrirane aplikacije mobilnih telefonov, vojaške namene, boljše odzivanje pri katastrofah itd. Življenjska doba satelitov znaša 12 let. Opremljeni so z visoko natančnimi rubidijevimi atomskimi urami. Oddajajo frekvenci L5 in S. Poleg sedmih satelitov, ki so utirjeni v vesolju, sta v rezervi še dva satelita, če bi kateri izmed aktivnih satelitov deloval narobe.

Indija se je s tem uspehom postavila po robu svetovnim velesilam. Poleg Indije lahko IRNSS uporabljajo še Afganistan, Bangladeš, Butan, Nepal, Maldivi, Pakistan in Šrilanka.

Vir: GPS Daily, april 2016 – <http://www.gpsdaily.com>

Morda niste vedeli:

- Francoski raziskovalci so v jami Bruniquel (jugozahodni del Francije) odkrili najstarejšo znano skulpturo. Neandertalska skulptura krožne konstrukcije je bila narejena iz približno 400 kosov lomljenih stalagmitov pred približno 176.000 leti. Funkcija teh kolobarju podobnih struktur še ni znana. Nahajališče doslej najstarejše odkrite umetne strukture je oddaljeno 336 metrov od vhoda v jamo, kar nakazuje, da so ljudje iz tega obdobja že obvladovali orientacijo v podzemnem okolju. (Nature.com, maj 2016)



- V Švici so 1. junija 2016 odprli najdaljši in najgloblji železniški predor na svetu St. Gotthard. Dolg je več kot 57 kilometrov, pripomogel pa bo k večjemu prevozu tovora skozi Alpe po železnici. Predor so gradili več kot 17 let. Pri gradnji je sodelovalo 2400 delavcev, ki so izkopali več kot 28 milijonov ton kamenja in skal. Skupna dolžina vseh predorov presega 152 kilometrov, na najgloblji točki pa meri 2,3 kilometra. (MMC RTV Slovenija, junij 2016)

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.

MAGELAN skupina d.o.o.
Glavni trg 13, SI-4000 Kranj
e-naslov: lazarales@gmail.com

Klemen Kregar, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: klemen.kregar@fgg.uni-lj.si

SKUPŠČINA ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE 2016

Jožica Marinko

Redna letna skupščina Zveze geodetov Slovenije (ZGS) je potekala 2. junija 2016 v Ljubljani. Predsednik ZGS mag. Blaž Mozetič je v uvodu pozdravil navzoče delegate iz šestih geodetskih društev ter preveril sklepčnost. Skupščine se je udeležilo 25 oseb, od tega 18 delegatov s pooblastili predsednikov geodetskih društev ter 7 oseb, ki jih niso delegirala društva. Delovno predsedstvo je vodila Jožica Marinko, člana sta bila Milan Brajnik in Tomaž Petek. Za zapisničarko je bila potrjena Renata Jordan, za overoviteljici zapisnika pa Anka Lisec in Erna Flogie Dolinar.

Na skupščini je bilo predstavljeno poročilo ZGS za leto 2015, finančno poročilo za leto 2015 in poročilo nadzornega odbora. V nadaljevanju je bil potrjen program dela ZGS za leto 2016, predstavnik geodetske uprave Tomaž Petek pa nam je predstavil *Zasnovo strategije javne geodetske službe* v Sloveniji za obdobje 2015–2025.

Poročilo o delovanju ZGS v letu 2015 je podal predsednik ZGS mag. Blaž Mozetič in predstavil ključne dejavnosti, ki so se izvajale:

- slavnostna akademija ZGS v počastitev 4. evropskega dneva geodetov in geoinformatikov;
- priznanja Zveze geodetov Slovenije;
- predstavitev knjige in predavanje o množičnem vrednotenju nepremičnin;
- sodelovanje pri soorganizaciji razstave European Space Expo;
- odziv na novo prostorsko in gradbeno zakonodajo;
- zagotovitev izdajanja Geodetskega vestnika;
- zagotavljanje financiranja ZGS;
- posodabljanje spletnih strani ZGS;
- strokovno delovanje v okviru sekcij in sodelovanje na področju zakonodaje;
- mednarodno sodelovanje.

Finančno poročilo za leto 2015 je podala generalna sekretarka ZGS mag. Erna Flogie Dolinar. Finančno stanje na dan 31. decembra 2015 je bilo pozitivno, največ odhodkov pa je bilo z izdajanjem Geodetskega vestnika.

Nadzorni odbor je navzoče predstavnike skupščine seznanil, da v finančnem poslovanju ni ugotovljenih nepravilnosti in je delo vzorno vodeno.

V nadaljevanju je predsednik ZGS predstavil program za leto 2016–2017 in prednostne naloge:

- obveščanje članstva, predvsem prek spletnih strani in elektronskih informativnih gradiv društvom;
- organizacija tematskih delavnic oziroma izobraževanj;
- povezovanje društev in pridobivanje novih članov;

- zagotovitev izhajanja Geodetskega vestnika;
- organiziranje geodetskega dneva;
- zaznamovanje 60-letnice izhajanja Geodetskega vestnika;
- vzpostavitev sodelovanja z drugimi sorodnimi društvi;
- financiranje mednarodnega delovanja;
- vzpostavitev sodelovanja s tujimi sorodnimi društvi.

V nadaljevanju nam je g. Tomaž Petek predstavil izhodišča za strategijo javne geodetske službe, ki so jo pripravili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. Pri tem je bilo poudarjeno, da so to le osnovna izhodišča za delovanje javne geodetske službe. Treba pa bi bilo pripraviti še podobna izhodišča na področju zasebnega sektorja in izobraževalne sfere. V tem smislu bi lahko v jesenskem delu izvedli več delavnic, na katerih bi poskušali poiskati skupne usmeritve na področju geodezije.

Pod točko razno je bil sprejet dogovor, da članarina v letu 2016 ostane nespremenjena oziroma enaka kot v letu 2015. Napovedano je bilo tudi, da je leto 2017 za ZGS volilno leto.

Uradni del skupščine Zveze geodetov Slovenije se je končal ob 17.50. Sledilo je prijetno druženje.

Na skupščini so vbili sprejeti naslednji sklepi:

- sklep 1/8: Skupščina je sklepčna;
- sklep 2/8: Soglasno je izvoljeno delovno predsedstvo – predsednica in dva člana ter dva overovatelja zapisnika;
- sklep 3/8: Potrjen dnevni red skupščine;
- sklep 4/8: Skupščina ZGS potrjuje poročilo o delu za leto 2015;
- sklep 5/8: Skupščina ZGS potrjuje finančno poročilo za leto 2015;
- sklep 6/8: Skupščina potrjuje poročilo nadzornega odbora za leto 2015;
- sklep 7/8: Skupščina potrjuje program za leto 2016;
- sklep 8/8: Skupščina potrjuje znesek članarine v letu 2016.

10. DELAVNICA KOMISIJE ZA GORSKO KARTOGRAFIJO PRI MEDNARODNEM KARTOGRAFSKEM ZDRUŽENJU ICA, BERCHTESGADEN, NEMČIJA, 26.–30. 5. 2016

Dušan Petrovič

Konec aprila, na avstrijsko-nemški meji, 1733 metrov visoko v planinskem domu Carl-von-Stahl-Haus nad Berchtesgadnom, je letos potekala jubilejna, 10. bienalna delavnica komisije za gorsko kartografijo pri mednarodnem kartografskem združenju ICA. Delavnica je pred desetletjem gostovala tudi v Bohinju v Sloveniji. Če smo povsem natančni, koča leži že na avstrijski strani sedla, večina pa nas je prišla do nje s precej zastarelo gondolo in nato še slabo uro peš ali na smučeh iz mondenega nemškega Berchtesgadna. Dostop iz Avstrije se je namreč zavlekel kar na skoraj pet ur pešačenja. Tako je bila letošnja delavnica posebna že po tem, da smo se gorski kartografi pri dostopu in vrnitvi morali izkazati tudi kot gorniki z obilnimi nahrbtniki, v katerih smo imeli poleg osebne opreme vsaj še prenosne računalnike in primerke kart. Za popestritev je poskrbelo vreme, saj je pot na dan prihoda prekrilo 20 centimetrov svežega snega, naslednja dva dneva, ko je bila večina udeležencev že v koči, pa smo bili deležni celo pravega snežnega viharja.



ICA Commission on Mountain Cartography Berchtesgaden 2016-04-28

Zbralo se nas je kar 46 udeležencev, ki smo prišli iz kar 18 držav s prav vseh šestih (naseljenih) celin! Ja, imeli smo udeležence iz Čila, Indije, Nove Zelandije, Južne Afrike, Kanade in ZDA, preostali pa smo bili iz Evrope, iz Slovenije sva prišla s Klemnom Kozmusom Trajkovskim.



Delavnica je bila prva, odkar sam vodim komisijo, Klemen pa skrbi za njene spletne strani. Tako sva imela poleg strokovnih predstavitev tudi mnogo dodatnega organizacijskega dela. Kot je že uveljavljeno, je večina udeležencev predstavila svoje dosežke, projekte in izdelke z različnih področij, bolj ali manj povezanih s kartografskim upodabljanjem gorskega sveta. Izmenjavali smo si izkušnje in mnenja o novosti in idejah pri pridobivanju podatkov, kartografskem oblikovanju in upodabljanju gorskih območij. Uskladili smo obliko in vsebino posterja, ki ga tehnično izdeluje diplomantka naše fakultete Maša Arnež, z njim pa se bo komisija predstavila v okviru razstave OZN o trajnostnih ciljih človeštva, ki bo julija v Parizu.

Večerni program so izpopolnili predavanje direktorja nacionalnega parka Berchtesgaden, kviz med udeleženci o poznavanju svetovnih gorstev ter predstavitev (visokogorskih) kulinarčnih posebnosti. Dogovorili smo se tudi o nadaljnjem delu komisije in predlagali, da se po hladni snežno-zimski izkušnji na naslednji delavnici leta 2018 srečamo v topli pozni pomladi na enem od hrvaških jadranskih otokov.

Edini vremensko ugoden dan delavnice smo v prekrasnem soncu izkoristili za nekaj zimskih vzponov na okoliške vrhove ali smučarskih spustov z njih.

Po vrnitvi v dolino so v bližnji okolici Berchtesgadna obiskali delavnico Wolfganga Puscha, v kateri iz mavca izdeluje fizične 3D-modele najrazličnejših gorstev, vrhov in pokrajin. Predstavil nam je postopke

in nekaj izdelkov, ki delujejo izredno resnično. Sledil je ogled največje ledene jame na svetu Eisriesenwelt nad krajem Werfen na Solnograškem. Zadnja postaja delavnice in ogleda pa je bila avstrijska Štajerska, kraj Ramsau s pogledom na veličastno južno steno pogorja Dachstein ter ogled več metrov široke lenticularne karte stene v smučarskem muzeju v znanem smučarskem središču Schladming.



doc. dr. Dušan Petrovič
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
e-naslov: dusan.petrovic@fgg.uni-lj.si

PRLEKIJA IN PREKMURJE – SPOMINOM NAPROTI

Vesna Mikek

Jutro je obetalo lep dan. Z malim avtobusom smo hiteli proti Muri in krajem, ki jih reka zaznamuje. Le malo mladih je bilo med udeleženci spomladanskega izleta Ljubljanskega geodetskega društva.

Ko smo pri Bakovcih zapustili AC Maribor–Lendava, so se pričeli razlivati spomini. Peljali smo se mimo dolgih, ravnih polj, večinoma prekritih z žitom ali sončno rumeno oljno repico. Mnogim sopotnikom se je delovna doba pričela v tem delu Slovenije. Izmera Prekmurja in kasneje komasacije razdrobljenih zemljišč so zaznamovale prva leta in desetletja našega službovanja. Obilica terenskega dela in slabe prometne povezave so bile vzrok, da je veliko kolegov večji del leta preživelo v Prekmurju. Zunaj v dežju in soncu, med komarji, v vročini in mrazu. Stiki z domačini so bili dokaj tesni, spomini nanje prijetni, pa tudi drugačni. Marsikdo se je tam zblížal s poznejšim zakonskim partnerjem, geodetski pari niso bili redkost. Stkale so se vezi z domačini, pri katerih smo geodeti stanovali, pa s figuranti, s katerimi smo delali. Tudi kakšen flirt se je zgodil in kakšno srce zlomilo.

Prvi večji postanek je bil pri Babičevem mlinu v Veržeju. Mleli smo še sendviče, ki nam jih je priskrbel gospod Drenšek, vodja poti, ko nam je lastnik že razlagal zgodovino in delovanje mlina ter prednosti in tegobe tega poklica. Pohvalil se je tudi, da so dekleta nekoč cenila močne mlinarje. Sicer pa je mlin v lasti Babičevih od leta 1912. Prvi je po 15 letih zgorel in postavili so novega. Mlinska hiša stoji na bregu, kolo pa na čolnih na vodi. Pogonska sila se prenaša z jekleno vrvjo. Narasla Mura je mlinsko kolo večkrat ogrozila in ga kmalu po vojni tudi odnesla, a so zgradili novo. Enaka nesreča se je pripetila še pred četrto stoletja in takrat je bil narejen ta, ki obratuje še danes.

Preko polj in preko Mure smo odhiteli k naslednjemu cilju, stolpu Vinarium na Dolgovaških goricah nad Lendavo. Nov, vitek lepote z jeklenim ogrodjem v obliki šopa paličic igre mikado, je s 53,5 metra višine najvišji razgledni stolp v naši državi. Pogled z vrha seže preko Lendavskih goric, porečja Mure na gozdove in ravnice kar štirih držav – Slovenije, Hrvaške, Madžarske in Avstrije. Nanj smo se lahko povzpeli z dvigalom ali po 240 stopnicah. V stolpu je bila tudi razstava raznovrstnih pirhov, največji pa stoji na ploščadi pred stolpom. Imenuje se Pisanica od srca, poslikali so jo hrvaški naivci s prizori štirih letnih časov.

Spustili smo se z goric med pomurske ravnice. Med vožnjo do Bogojine nam je Janez Urh z besedo in sliko predstavil arhitekta Jožeta Plečnika. V tem kraju stoji namreč župnijska rimskokatoliška cerkev Gospodovega vnebohoda, katere avtor je prav znani slovenski arhitekt. Kot preddverje je uporabil staro gotsko cerkvico iz 14. stoletja, nanjo pa pripel nov del in okrogel zvonik z ravno streho. Prvotno zamisel, da bi staro cerkev podrli, je Plečnik zavrnil z besedami: »Še nikdar nisem podiral, kar so očetje dobro naredili«. Zanimiv je temen lesen strop, okrašen s prekmursko keramiko. Lepo je urejena tudi okolica cerkve.

Čas nas je preganjal in že smo hiteli skozi Moravske Toplice, Mursko Soboto in Radence do Gornje Radgone. Sledeč znakom FP z belim rimskim kolesom na rdeči podlagi, smo se povzpeli na Hercegovščak,

kjer stoji hiša penin Frangež. Kaj hiša, cel grad! Pogledi so se nehote ustavili še na instrumentih v tam parkiranem avtomobilu, ki so neločljivo povezani z našim poklicem. Vstopili smo v hišo in se spustili v vinsko klet, ki jo zapirajo težka, lepo rezljana lesena vrata. Lastnik nam je predstavil postopke pridelave, zorenja in hranjenja njihovih penin. Sledil je ogled najvišjega nadstropja z ogromno stiskalnico grozdja, v kateri stiskajo grozne jagode na točno določen dan v letu. Tam je tudi veliko klopi iz masivnega lesa, namenjenih postrežbi velikega števila gostov. Obogateni z novimi spoznanji smo se spustili še nadstropje nižje, kjer so nam v sobi, lepo opremljeni z mnogimi domiselno aranžiranimi detajli iz narave, postregli s sirom, kruhom in peninami. Mehurčki šestih penin so se vili v stolpcih navzgor, z njimi pa tudi naše razpoloženje.

Z Radgonsko-Kapelskih goric smo se spustili proti Dravi in se ob njej zapeljali do Apač, kjer smo v oljarni Štuhec nakupili bučno olje in semena, zainteresiranim pa so z veseljem predstavili tudi postopke pridelave njihovih olj. Nekaj kilometrov naprej, na kmečkem turizmu pri Markotu v Nasovi, smo se ustavili še na poznem kosilu.

Prijeten izlet se je ob mraku končal tam, kjer se je začel, na Viču pri Dolgem mostu.



Slika 1: Babičev mlin v Veržeju. (Foto M. Kastelic)



Slika 2: Zanimiva razlaga. (Foto J. Urh)



Slika 3: Župnijska rimskokatoliška cerkev Gospodovega vnebohoda v Bogijini. (Foto M. Kastelic)



Slika 4: Lastnik hiše penin Frangež nam je predstavil postopke pridelave, zorenja in hranjenja njihovih penin. (Foto J. Urh)



Slika 5: Stolp Vinarium na Dolgovaških goricah nad Lendavo. (Foto M. Kastelic)

Vesna Mikek, za Ljubljansko geodetsko društvo

KULTURNI DAN IN ZBOR ČLANOV DOLENJSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA

Janez Dular

Zbor članov Dolenjskega geodetskega društva vsako leto popestrimo z zanimivim uvodnim izobraževanjem. Seveda je namen društva dvigovanje strokovne ravni svojih članov, toda pogled čez planke nikoli ne škodi. Letošnje druženje je tako zaznamovala arheologija.

Pomladnega dne, 24. marca, smo se zbrali v Dolenjskem muzeju v Novem mestu. Ob odličnem vodenju kustosa in arheologa Boruta Križa smo si ogledali občasno razstavo z naslovom *Novo mesto – tisočletja na okljuku Krke*. Na njej je mogoče prek različnih predmetov potovati od prvih sledi človekove prisotnosti na tem prostoru vse do danes.

Težišče obiska je bila stalna razstava z naslovom *Arheološka podoba Dolenjske*, ki jo je leta 2008 s sodelavci pripravil prav Borut Križ. V bogati arheološki dediščini Dolenjske prevladujejo najdišča iz starejše železne dobe (8.–4. st. pr. n. št.), ko je regija zaradi nahajališč železove rude dosegla razcvet. Jantarni nakit, grški čeladi, steklena čaša, bronaste, figuralno okrašene situle. Razstava pritegne obiskovalca s svojo pestrostjo in slikovitostjo ter mu spodbudi domišljijo.

Obisk smo sklenili z ogledom občasne razstave z naslovom *Tisočletna nekropola*. Na njej so predstavljeni rezultati treh desetletij izkopavanj na znameniti Kapiteljski njivi v Novem mestu. Ob ličnem kartografskem prikazu območja izkopavanj se je vnela razprava o geodetskem instrumentariju in metodah, ki jih pri delu uporabljajo arheologi.



Slika 1: Dolenjski muzej. *Novo mesto – tisočletja na okljuku Krke*. (Fotografija: Boštjan Pucelj)



Slika 2: Dolenjski muzej. Kartografski prikaz Kapiteljske njive. (Fotografija: Boštjan Pucelj)

Za boljšo predstavo o Kapiteljski njivi kot najbolj znanem dolenjskem arheološkem najdišču in aktivnostih, ki so tu potekale v zadnjih desetletjih, smo se odpravili na kraj sam. Peš.



Slika 3: Teren. Kapiteljska njiva. (Fotografija: Boštjan Pucelj)

Na pohodu smo se prezračili in se tako pripravili na formalni del zбора, ki smo ga nadaljevali v prijetnem ambientu Vile Otočec. Na sicer običajnem dnevnem redu je nekaj točk izstopalo po zanimivosti, slovesnosti pa tudi čustvenosti.

Mag. Janez Slak in Boštjan Pucelj sta predstavila uspešno napredovanje projekta reprezentančne knjige o geodetskih instrumentih, ki so se v preteklosti uporabljali na območju Slovenije. V okviru projekta je že izšel koledar. Porodila se je tudi zamisel o razstavi instrumentov. Z dogodkom bi v naslednjem letu lahko zaznamovali 40-letnico delovanja društva.

Lahko smo prisluhnili kritičnemu pogledu na dogajanje v stroki, ki ga je priložnostno podala ga. Jožica Auersperger, dolgoletna članica in izkušena, sicer ne več aktivna geodetka. Dotaknila se je problematike nizkih cen in posledično marsikdaj vprašljive kakovosti geodetskih storitev. Pozvala nas je, naj stremimo k ohranitvi ugleda stroke. Naj njeno razmišljanje pri aktivnih in prihajajočih generacijah pade na plodna tla.

G. Vinku Petriču smo podelili priznanje za zaslužnega člana Dolenjskega geodetskega društva. Petrič je eden od ustanovnih članov društva, pozneje član izvršilnega odbora in častnega razsodišča. Za njim je pestra, odgovorna in vzorna strokovna pot, na kateri še vztraja.



Slika 4: Priznanje zaslužnemu članu Vinku Petriču. (Fotografija: Mateja Janežič)



Slika 5: Delovno predsedstvo zбора. (Fotografija: Mateja Janežič)

Z minuto molka smo se spomnili kolegov Romana Novšaka in Dušana Novaka, ki sta nas zapustila v zadnjem letu. V društvo smo sprejeli tri nove člane.

Postopoma in prijetno smo zbor, ki se je zgodil na veliki četrtek, pripeljali do konca. Katerega praznika se bomo lotili naslednje leto, je še skrivnost.

STROKOVNA EKSKURZIJA ŠTUDENTOV UL FGG (GIG MA) V ZAGREB IN BEOGRAD

Simona Savšek

Študenti Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani na bolonjskem drugostopenjskem študijskem programu geodezija in geoinformatika (GIG MA) so se v okviru obveznosti pri predmetu *Projektna naloga* udeležili strokovne ekskurzije. Na tridnevno pot v Zagreb in Beograd se je prvega junija odpravilo kar trideset študentov in štirje profesorji.

V Zagrebu smo obiskali državno geodetsko upravo (DGU), kjer so nam predstavili organizacijo in način njenega delovanja na nacionalni ravni. Vodje sektorjev so nam predstavili sektor za državno izmero s podrobnejšimi vsebinami izdelave kart in sistema referenčnih permanentnih GNSS-postaj Republike Hrvaške CROPOS, sektor za kataster s podrobnejšimi vsebinami sodobnega informacijskega sistema in registra prostorskih enot ter sektor za infrastrukturo prostorskih podatkov z izvajanjem direktive INSPIRE (nacionalna infrastruktura prostorskih podatkov – NIPP) s podrobnejšimi vsebinami metodologije za vzpostavitev nacionalne infrastrukture prostorskih podatkov ter izdajanja prostorskih podatkov. Predstavili so nam nacionalni program urejanja zemljiške knjige in katastra na Hrvaškem v okviru projekta Urejena zemljišča (hrv. *Uređena zemlja*). Študenti so se po vsakem sklopu predstavitev vključili v razpravo ter z vprašanji skušali zaznati podobnosti in razlike med hrvaško in slovensko državno geodetsko upravo. Predstavniki so poudarili pomen celostnega delovanja državne geodetske uprave, in sicer na strokovno-tehničnem, organizacijskem ter zakonodajnem področju.



Drugi dan ekskurzije smo obiskali gradbeno fakulteto v Beogradu (srb. *Građevinski fakultet*), ki deluje v okviru Univerze v Beogradu. To je najstarejša in največja visokošolska izobraževalna in znanstvena ustanova na področju gradbeništva in geodezije v Srbiji ter na ozemlju nekdanje Jugoslavije. Začetki izobraževanja s področja gradbeništva in geodezije segajo v leto 1846, ko je bila pod okriljem beograjskega liceja ustanovljena inženirska šola. V okviru fakultete deluje sedem kateder, našo skupino je gostila Katedra za geodezijo in geoinformatiko.



Predstojnik katedre prof. dr. Branislav J. Bajat je predstavil študijske programe na fakulteti ter organizacijo njihovega pouka in znanstveno-raziskovalnega dela. V okviru Inštituta za geodezijo in geoinformatiko izvajajo številne znanstveno-raziskovalne projekte, študije, ekspertize, terenske, laboratorijske raziskave in revizije tehnične dokumentacije s področja gradbeništva in geodezije. Asist. mag. Branko Đ. Milovanović nam je predstavil zanimiv projekt s področja inženirske geodezije, v okviru katerega so obnovili objekt, porušen med zadnjo vojno, in spet postavili stolp na Avali. Obnovljeni objekt smo si tudi ogledali ter uživali v prekrasnem razgledu na Beograd ter sotočje Save in Donave. Študenti so bili še posebej navdušeni nad obiskom kluba študentov tehnike (KST), ki ima prostore v kletnih prostorih fakultete, v katerem zvečer potekajo rock koncerti in kjer so se družili s srbskimi kolegi.

Poseben izziv je bil obisk Vojno-geografskega inštituta v Beogradu (VGI), ki kot znanstveno-tehnična in proizvodna ustanova geodetske službe Vojske Srbije deluje v okviru uprave za sistem logistike ministrstva za obrambo Srbije. Osnovna dejavnost inštituta je zbiranje, obdelava in distribucija podatkov o prostoru, ki so pomembni za geotopografsko varnost vojske Srbije. VGI je vojaška znanstveno-raziskovalna ustanova, ki se ukvarja z raziskovalno-razvojnimi delom in proizvodnjo na področju geodezije, fotogrametrije, kartografije, GIS, kartografske reprodukcije, metrologije in drugih geodisciplin z namenom izdelave geotopografskih podlag.

Podrobneje so nam predstavili dejavnosti s področja aerofotogrametričnega snemanja, pri katerem uporabljajo sodobno letalo Piper Seneca, opremljeno z najsodobnejšo digitalno kamero Leica ADS80 (angl. *airborne digital sensor*). Predstavili so nam sedaj najpomembnejši projekt oddelkov za fotogrametrijo in kartografijo, to je izdelavo digitalne topografske karte Srbije v merilu 1 : 25.000 s pripadajočo bazo podatkov. Ogledali smo si urejen muzej VGI, ki kronološko prikazuje dejavnosti ustanove v 140 letih njenega obstoja. Kot zanimivost naj navedemo, da je bil eden od načelnikov VGI v letih od 1979 do 1987 generalmajor dr. Miroslav A. Peterca, rojen v Sloveniji 22. 7. 1926.

Udeleženci ekskurzije se zahvaljujemo za tople sprejem in zanimiv program državni geodetski upravi v Zagrebu, posebej načelniku dr. Danku Markovinoviću in Sanji Zekušić. Zahvala velja tudi dekanu gradbene fakultete v Beogradu prof. dr. Branku Božiću ter predstojniku katedre za geodezijo in geoinformatiko prof. dr. Branislavu Bajatu za gostoljubnost, zanimive predstavitve in druženje. Posebna zahvala gre načelniku Vojnogeografskega inštituta v Beogradu polkovniku doc. dr. Stevanu Radojčiću in njegovim sodelavcem, da so nam na stežaj odprli vrata VGI in nas seznanili z aktualnimi dejavnostmi.

V veliko veselje nam je, da smo v 140 letih obstoja in delovanja inštitut kot prva organizirana skupina iz Slovenije obiskali prav mi.



doc. dr. Simona Savšek

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

e-naslov: simona.savsek@fgg.uni-lj.si

STROKOVNA EKSURZIJA ZA ŠTUDENTE GEODEZIJE IN PROSTORSKEGA NAČRTOVANJA V GRADEC

Ajda Kafol Stojanović, Ana Potočnik

Študenti 2. letnika magistrskega študija geodezije in geoinformatike ter 1. letnika magistrskega študija prostorsko načrtovanje na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani smo se v okviru rednih študijskih obveznosti udeležili enodnevne strokovne ekskurzije v Gradec.

V Gradcu smo obiskali tamkajšnji katastrski urad državne geodetske uprave BEV (nem. *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen*), kjer nam je gostitelj dr. Ernst Primas predstavil delovanje državne geodetske službe. Podrobneje nam je predstavil delo katastrskega urada, vsebino katastrske podatkovne zbirke ter sam potek katastrskih postopkov. Seznanili smo se z izzivi, s katerimi se srečujejo pri izvajanju službe, nadzorom nad geodetskim delom (na primer pri transformaciji podatkov iz starega v novi koordinatni sistem). Ureditev in delovanje geodetske službe ima s slovensko ureditvijo, zaradi skupne preteklosti, številne podobnosti. Evidenci zemljiškega katastra in zemljiške knjige sta vodeni ločeno, a sta povezani. Sedaj na uradu poteka projekt digitalizacije, izjemno obsežnih, lokalnih katastrskih arhivov.



Slika 1: Sprejem gostitelja dr. Ernsta Primasa (levo) in skupna fotografija udeležencev ekskurzije pred katastrskim uradom v Gradcu (desno).

Predstavitvi na katastrskem uradu je sledil ogled Gradca. Da bi občutili mestni utrip, smo se peš povzpeli na grajski hrib Schlossberg, se naužili razgleda na mesto, si ogledali stolp z uro (nem. *der Grazer Uhrturm*), gledališče na prostem ter vhod v koncertno dvorano ob vznožju hriba, ki je s podzemnimi predori in dvigalom povezana z vrhom hriba. Po znamenitih stopnicah smo se spustili do grajskega trga in se mimo mestne hiše podali na ogled mestnega središča, glavnega trga, mestnega parka in druge največje operne hiše v Avstriji. Presenečeni smo bili nad urejenostjo mesta, živahnostjo v popoldanskem času ter prepletom tradicionalne in moderne arhitekture (hiša moderne umetnosti – nem. *Kunsthaus*, v starem mestnem jedru).



Slika 2: Vzpon na grajski hrib (nem. *Schlossberg*) in pogled na staro mestno jedro.



Slika 3: Znamenite stopnice do vrha Schlossberga in vhod v koncertno dvorano (levo) ter preplet tradicionalne in moderne arhitekture v starem mestnem jedru (desno).

Na poti proti Ljubljani smo imeli še poučen in zanimiv ogled vinske kleti Zlati Grič. Lastniki so nas popeljali na enourni ogled posestva in vinske kleti ter nas seznanili z okolju prijaznimi načini pridelave. Mikroklima na obrobju Pohorja in Konjensiške gore s številnimi sončnimi dnevi ter prepletom alpskega in panonskega podnebja pozitivno vpliva na vinsko trto, ki daje kakovostno vino. Na vinogradniškem kompleksu Škalce smo med drugim lahko prisluhnili zanimivim izkušnjam podjetja Geodetski zavod Celje na področju izvajanja komasacij kmetijskih zemljišč. Zaradi neskladja dejanskega stanja uporabe zemljišč in zemljiškoknjžnih evidenc so bili vinogradi na območju lastniško in parcelno preurejeni v postopku komasacij. Preurejeno območje danes omogoča učinkovitejšo kmetijsko pridelavo ob ohranjeni krajinski identiteti z značilnim vzorcem vinogradov, hramov in dvorcev. Izkušnje pri izvajanju komasacijskega postopka sta nam slikovito predstavila Emil Ratek in Mitja Nunčič iz navedenega podjetja.



Slika4: Oglad komasacijskega območja vinogradov (levo) ter predavanje Emila Ratku in Mitje Nunčiča na Zlatem Griču (desno).

Na koncu bi se udeleženci ekskurzije radi zahvalili dr. Ernstu Primasu (BEV) ter Emilu Ratku in Mitji Nunčiču (Geodetski zavod Celje d.o.o.), da so nas lepo sprejeli, pripravili zanimiva predavanja ter si vzeli čas za prijazen klepet! Hvala!

The participants of the excursion would like to express a great thanks to dr. Ernst Primas (BEV), and Emil Ratek and Mitja Nunčič (Geodetski zavod Celje d.o.o.) for a nice reception, interesting presentations and discussion. Many thanks!

Ana Potočnik in Ajda Kafol Stojanović,

za študente 2. letnika magistrskega študija geodezije in geoinformatike ter 1. letnika magistrskega študija prostorsko načrtovanje na UL FGG
e-naslov: ana.potocnik1@gmail.com, kafol.ajda@gmail.com

KOLENDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV

V OBDOBJU JULIJ–SEPTEMBER 2016

Aleš Lazar

V SLOVENIJI

15.–16. september 2016 CIRCE 2016 conference of interdisciplinary research on real estate

Ljubljana, Slovenija

Spletna stran: <http://www.cirre.eu>

27. september 2016 13. bienalni simpozij Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2016

Ljubljana, Slovenija

Spletna stran: <http://giss.zrc-sazu.si>

V TUJINI

4.–6. julij 2016 EORSA 2016

Guangzhou, Kitajska

Spletna stran: <http://www.eorsa2016.org/>

4.–9. julij 2016 Workshop: Geospatial Technologies and Remote Sensing for Monitoring Sustainable Development Goals (SDGs)

Budimpešta, Madžarska

Spletna stran: <http://isepei.org/geospatial-2016>

5.–8. julij 2016 GI_Forum 2016 – open:spatial:interfaces

Salzburg, Avstrija

Spletna stran: <http://www.gi-forum.org/>

11.–15. julij 2016 Workshop: Innovations in Disaster Risk Reduction

Budimpešta, Madžarska

Spletna stran: <http://isepei.org/innovations-drr-2016>

12.–19. julij 2016 XXIII ISPRS Congress 2016

Praga, Češka

Spletna stran: <http://www.isprs2016-prague.com/>

-
- 30. julij–7. avgust 2016** **41st Scientific Assembly of the Committee on Space Research (COSPAR)**
Istanbul, Turčija
Spletna stran: <https://www.cospar-assembly.org/>
-
- 2.–4. avgust 2016** **Geomatics Indaba 2016**
Johannesburg, Južnoafriška republika
Spletna stran: <http://geomatics.org.za/>
-
- 24.–26. avgust 2016** **FOSS4G 2016**
Bonn, Nemčija
Spletna stran: <http://2016.foss4g.org/>
-
- 28. avgust–1. september 2016** **Optical Engineering + Applications 2016**
San Diego, Kalifornija, ZDA
Spletna stran: <http://spie.org/conferences-and-exhibitions/optics-and-photonics/optical-engineering-and-applications>
-
- 4.–7. september 2016** **International Conference on Geomatics and Geospatial Technology (GGT) 2016**
Kuala Lumpur, Malezija
Spletna stran: <https://www.geoinfo.utm.my/GGT2016>
-
- 7.–9. september 2016** **1st International Conference on Smart Data and Smart Cities, 30th UDMS**
Split, Hrvaška
Spletna stran: <https://www.udms.net>
-
- 12.–16. september 2016** **International Congress on Mine Surveying (ISM) 2016**
Brisbane, Avstralija
Spletna stran: <http://www.ism2016.com/>
-
- 14.–16. september 2016** **GEOBIA 2016**
Twente, Nizozemska
Spletna stran: <https://www.geobia2016.com/>
-
- 19.–21. september 2016** **Workshop on Sustainable Real Estate Markets Policy Framework & Necessary Reforms**
Atene, Grčija
Spletna stran: <http://www.fig.net/>
-
- 21.–23. september 2016** **2nd International Symposium on Cellular Automata Modeling for Urban and Spatial Systems**
Québec, Kanada
Spletna stran: <http://www.camuss2016.ulaval.ca/>

22.–23. september 2016 2nd Virtual Geoscience Conference 2016

Bergen, Norveška

Spletna stran: <http://virtualoutcrop.com/vgc2016>

25.–28. september 2016 GeoTirol 2016

Innsbruck, Avstrija

Spletna stran: <https://www.uibk.ac.at/geologie/geotiro12016-pangeo/>

26.–29. september 2016 SPIE Remote Sensing 2016

Edinburgh, VB

Spletna stran: <http://spie.org/spieremotesensing>

26.–30. september 2016 GRss-YP & ISPRS Summer School 2016

Presidente Prudente, Brazilija

Spletna stran: http://docs.fct.unesp.br/eventos/ypss/e_index.html

26.–30. september 2016 INSPIRE Conference 2016

Barcelona, Španija

Spletna stran: http://inspire.ec.europa.eu/events/conferences/inspire_2016/

27.–30. september 2016 Selçuk International Scientific Conference On Applied Sciences - 2016

Belek, Anatolija, Turčija

Spletna stran: <http://iscas2016.selcuk.edu.tr/>

29.–30. september 2016 EUROGEO 2016

Malaga, Španija

Spletna stran: <http://www.eurogeography.eu/conference-2016-malaga/>

Sporočila s podatki o nacionalnih in mednarodnih kongresih, simpozijih in srečanjih s področja geodezije, upravljanja zemljišč in na splošno geoinformatike v Sloveniji ali tujini pošiljajte na e-naslov: lazarales@gmail.com.

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.

MAGELAN skupina d.o.o.

Glavni trg 13, SI-4000 Kranj

e-pošta: lazarales@gmail.com

*Slavnostni dogodek
ob 60. letniku
Geodetskega vestnika*

*2. september 2016
Cankarjev dom*



V Geodetskem vestniku predstavljamo različne stare geodetske instrumente. Gradivo pripravlja mag. Janez Slak, ki je tudi dal pobudo, da bi popisali vse instrumente, ki so se na Slovenskem v javnem in zasebnem sektorju uporabljali pri vzpostavitvi in vzdrževanju zemljiškega katastra. Z njim sodeluje Boštjan Pucelj, ki instrumentarij slikovno dokumentira.

Naj povabimo vse, ki imate doma kakšen geodetski instrument (predvsem iščemo priprave izpred leta 1950), da to sporočite mag. Janezu Slaku (janez.slak1@gov.si), ki ga bo vključili v svojo opisno evidenco.

TEODOLIT P. I. GROMOV, MOSKVA

Teodolit izhaja iz delavnice Petra Ivanoviča Gromova (1867–1927), ki je leta 1895 v Moskvi odprl obrat za proizvodnjo mehanskih in optičnih instrumentov.

Instrument spada v obdobje okrog leta 1910. Njegova posebnost je, da sta horizontalni libeli vgrajeni v ohišju busole. Horizontalni krog (natančnost čitanja je minuta) je zaščiten v ohišju instrumenta, odčitavanje omogoča nonij s 30-minutno razdelbo, nad katerim je pritrjena lupa. Instrument ima vgrajen dodatni mehanizem za namestitev začetnega čitanja horizontalnih kotov (repeticija).

Minutno natančnost čitanja vertikalnega kroga omogoča nonij, nad katerim je nameščena lupa. Razdelba vertikalnega kroga je vgravirana na 360-stopinjskem medeni-nastem krogu, vendar v obeh legah daljnogleda le v razdelbi tretjine celotnega kroga.

Daljnogled, v katerem je vgraviran Reichenbachov nitni križ, omogoča 17-kratno povečavo.

Instrumenti tega proizvajalca se zelo poredko pojavljajo na slovenskih tleh. Teodolit hrani Območna geodetska uprava Celje.





Ul. XIV divizije 10
SI 3000 Celje

t +386 3 42 56 700
f +386 3 42 56 727

e-mail: info@gz-ce.si
www.gz-ce.si

Geodetski zavod **Celje**

LAND CADASTRE
ZEMLJIŠKI KATASTER

INTERNATIONAL PROJECT
mednarodni projekti

GIS applications
GIS aplikacije

knjave@geoz.si

IACS CONTROLS
IAKS kontrole

LASER SCANNING
LASERSKO SKENIRANJE

CONTROL OF ANIMALS
KONTROLA ŽIVALI

DIGITAL DATA BASES
DIGITALNE BAZE PODATKOV
research
raziskave

TOPOGRAPHY
TOPOGRAFIJA

spatial plans
prostorski načrti

local plans
občinski plans

statistika
statistical services

real estate
nepremičnine

developmet
razvoj

LAND MANAGEMENT
UREJANJE ZEMLJIŠČ

DALJINSKO ZAZNAVANJE
REMOTE SENSING

PUBLIC INFRASTRUCTURE CADASTRE
kataster GJI

AGRICULTURAL INFORMATION SYSTEMS
KMETIJSKI INFORMACIJSKI SISTEMI

LAND CONSOLIDATION
KOMASACIJE

civil surveying
inženirska geodezija

SPATIAL DATA
PROSTORSKI PODATKI

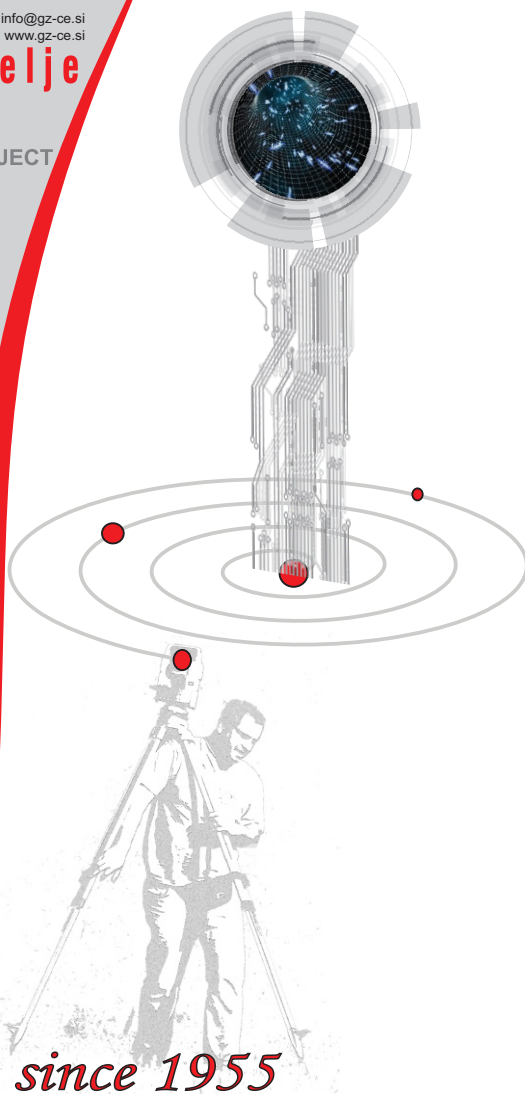
BUILDINGS CADASTRE
KATASTER STAVB

CARTOGRAPHY
KARTOGRAFIJA

spatial plans
prostorski načrti

CURRENT STATE ANALYSIS
ANALIZA STANJA

SPATIAL PLANNING AND MANAGEMENT
NAČRTOVANJE IN UREJANJE PROSTORA



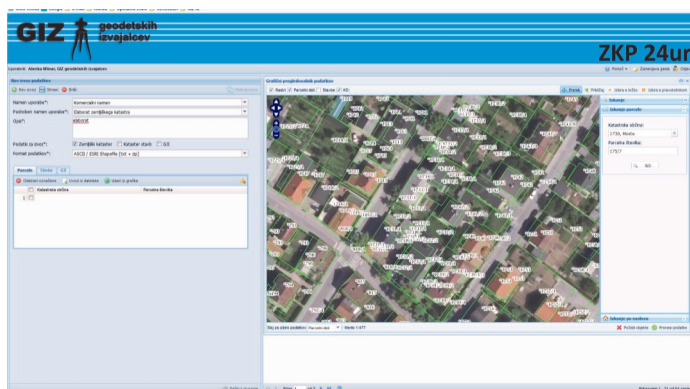
since 1955

IZRAVNAJMO TENZIJE POSLOVNEGA SVETA,
PODAJMO SI ROKE DRAGI POSLOVNI PARTNERJI
IN KRENIMO SKUPAJ NOVIM IZZIVOM NAPROTI!

HIVALA VAM ZA SKUPNIH 60 LET!

ELEKTRONSKI DOSTOP DO PODATKOV ZEMLJIŠKEGA KATASTRA, KATASTRA STAVB IN ZBIRNEGA KATASTRA GJI

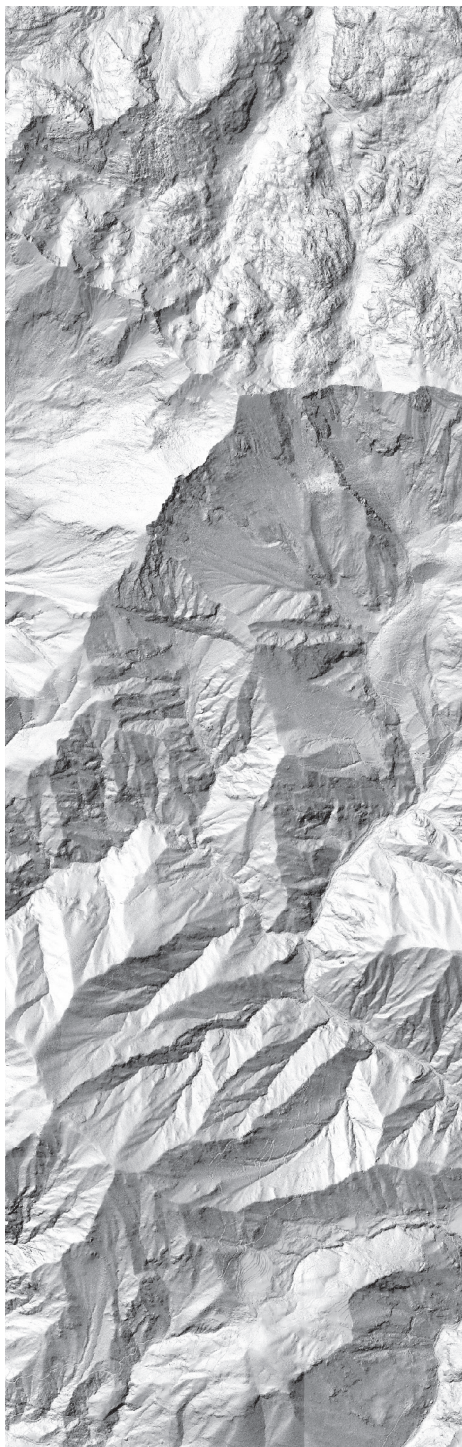
ZKP 24 UR



Vse dodatne informacije dobite na
spletni strani GIZ GI
www.giz-gi.si

ali po elektronski pošti
giz-gi@giz-gi.si.



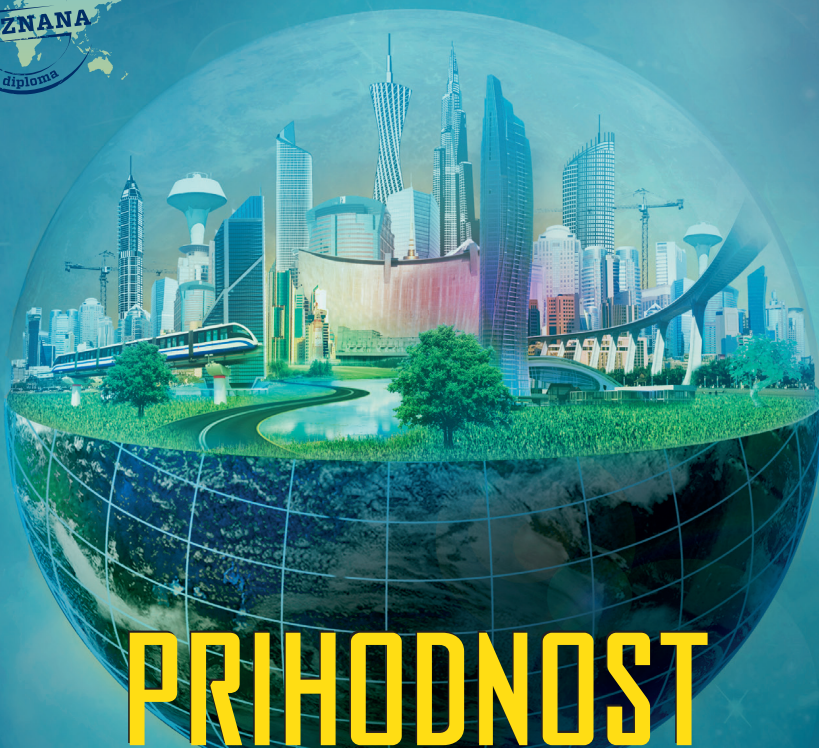


GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE

- **Geodetski referenčni sistem, SIGNAL**
- **Prostorski podatki, statistike in analize**
- **Nepremičninske evidence in upravljanje z nepremičninami**
- **Daljinsko zaznavanje, fotogrametrija in lasersko skeniranje**
- **Hidrografija**
- **Kartografija**
- **Geografski informacijski sistemi (GIS)**
- **Lokacijske storitve in navigacija**
- **Izdelki za orientacijo in mobilnost ranljivih skupin**
- **Razvoj kazalnikov in večrazsežna vizualizacija**
- **Priprava in vodenje mednarodnih projektov**
- **Izobraževanje**
- **Izdelava prostorskih maket**
- **Grafične storitve**

Podoba analitičnega senčenja DMR1
Laserskega skeniranja Slovenije 2014-2015

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana
tel.: 01 200 29 00, faks: 01 425 06 77, e-pošta: info@gis.si
medmrežje: www.gis.si



PRIHODNOST JE TREBA ŠE ZGRADITI

GRADBENIŠTVO, OKOLJSKO GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJA
SKOZI CELOTNO ZGODOVINO ČLOVEŠTVA PREMIKAJO MEJE ZNANEGA.
PRIHODNOST PRINAŠA TRAJNOSTNE IZZIVE NA ZEMLJI IN NOVE V VESOLJU.

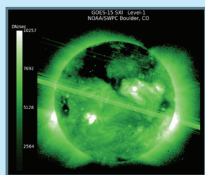
BOŠ ZRAVEN, KO SE BO GRADILA PRIHODNOST?

Vpiši se na Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo
Univerze v Ljubljani z mednarodno priznano diplomom.

Prijava na II. stopenjski študij Geodezije in
geoinformatike, Gradbeništva, Vodarstva in okoljskega
inženirstva in Stavbarstva je možna do **1. septembra 2016!**

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo



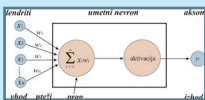


GEODETSKI VESTNIK

Glasilo Zveze geodetov Slovenije

Journal of the Association of Surveyors of Slovenia

ISSN 0351-0271 | letn./Vol. 60 | št./No. 2 | str./pp. 185-364 |



RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES



Rudi Čop

VPLIV SONCA NA PRENOS MERILNIH PODATKOV V REALNEM ČASU PO OMREŽJU MOBILNE TELEFONIJE

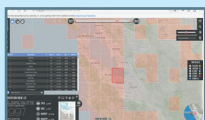
IMPACT OF THE SUN ON THE TRANSMISSION OF MEASURING DATA IN REAL TIME BY MOBILE TELEPHONE NETWORK



Aleš Marjetič, Klemen Kregar

DOLOČITEV PRIMERNEGA GEODETSKEGA DATUMA Z UPORABO ROBUSTNIH STATISTIČNIH METOD

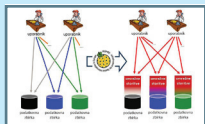
DEFINITION OF APPROPRIATE GEODETIC DATUM USING ROBUST STATISTICAL METHODS



Tomislav Popit, Blaž Supej, Žiga Kokalj, Timotej Verbošek

PRIMERJAVA METOD ZA GEOMORFOMETRIČNE ANALIZE HRPAVOSTI POVRŠJA NA PRIMERU VIPAVSKE DOLINE

COMPARISON OF METHODS FOR GEOMORPHOMETRIC ANALYSIS OF SURFACE ROUGHNESS IN THE VIPAVA VALLEY



Polona Pavlovčič Prešeren, Bojan Stopar, Oskar Sterle

MODELIRANJE 3D-PLOSKEV Z NEVRONSKIMI MREŽAMI Z RADIALNIMI BAZNIMI AKTIVACIJSKIMI FUNKCIJAMI

THE EMPLOYMENT OF A RADIAL BASIS FUNCTION NETWORK FOR 3D SURFACE MODELLING



Jesper M. Paasch, Jenny Paulsson, Gerhard Navrtil, Nikola Vučić, Dimitrios Kitsakis, Marcin Karabin, Mohamed El-Mekawy

VZPOSTAVITEV SODOBNEGA KATASTRA: PRAVNI VIDIK OPISOVANJA NEPREMIČNINE V TREH RAZSEŽNOSTIH

BUILDING A MODERN CADASTRE: LEGAL ISSUES IN DESCRIBING REAL PROPERTY IN 3D



Siniša Drobnyak, Dragoljub Sekulović, Mladen Amović, Ljubomir Gigović, Miodrag Regodić

ANALIZA KAKOVOSTI PODATKOV CESTNE INFRASTRUKTURE KOT DELA CENTRALNE GEOPROSTORSKE PODATKOVNE ZBIRKE

CENTRAL GEOSPATIAL DATABASE ANALYSIS OF THE QUALITY OF ROAD INFRASTRUCTURE DATA

ISSN 0351-0271



Dostopno na | available at: <http://www.geodetski-vestnik.com>