

GEODETSKI VESTNIK

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



Letnik 63, št. 2, str. 151–310, Ljubljana, junij 2019. Izidejo štiri številke na leto.

Naklada te številke: 1200 izvodov.

Prosto dostopno na spletnem naslovu: <http://www.geodetski-vestnik.com>.

Vol. 63, No. 2, pp. 151–310, Ljubljana, Slovenia, Jun 2019. Issued four times a year.

Circulation: 1,200 copies.

Free on-line access at <http://www.geodetski-vestnik.com>.

IF JCR (2017/2018): 0,337

IF SNIP (2017/2018): 0,433



*Geodetski vestnik je odprtodostopna revija.
Recenzirani objavljeni članki so indeksirani in povzeti v:*

Social Sciences Citation Index (SSCI)

Social Scisearch (SSS) in

Journal Citation Reports/Social Sciences Edition (JCR/SSE)

Geodetski vestnik je indeksiran in povzet tudi v bibliografskih zbirkah:

GEOBASE(TM), ICONDA – International Construction Database, DOAJ – Directory of Open Access Journals, SCOPUS, COBISS, 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 an open access journal.

The reviewed papers are indexed and abstracted in:

Social Sciences Citation Index (SSCI)

Social Scisearch (SSS) 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, DOAJ – Directory of Open Access Journals, SCOPUS, COBISS, 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 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.

GLAVNA IN ODGOVORNA UREDNICA

dr. Anka Lisec

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana

Tel.: +386 1 4768 560

e-naslov: urednik@geodetski-vestnik.com

PODROČNI UREDNIKI

dr. Božo Koler, področni urednik za *inženirsko geodezijo*

dr. Mojca Kosmatin Fras, področna urednica za *fotogrametrijo*

dr. Božena Lipej, področna urednica za *upravljanje in evidentiranje nepremičnin*

dr. Krištof Oštir, področni urednik za *daljinsko zaznavanje in geoinformatiko*

dr. Bojan Stopar, področni urednik za *geodezijo in geofiziko*

dr. Alma Zavodnik Lamovšek, področna urednica za *načrtovanje in urejanje prostora*

MEDNARODNI UREDNIŠKI ODBOR

dr. Ivan R. Aleksić (Univerza v Beogradu, Gradbena fakulteta, Beograd, Srbija)

dr. Janja Avbelj (Eumetsat, Darmstadt, Nemčija)

dr. Branislav Bajat (Univerza v Beogradu, Gradbena fakulteta, Beograd, Srbija)

dr. Tomislav Bašić (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Zagreb, Hrvaška)

Sandi Berk (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

dr. Giuseppe Borruso (Univerza v Trstu, DEAMS, Trst, Italija)

Miran Brumec (Inženirska zbornica Slovenije)

dr. Raffaella Cefalo (Univerza v Trstu, Oddelek za inženirstvo in arhitekturo, Trst, Italija)

dr. Vlado Cetl (EK, Skupno raziskovalno središče, Ispra, Italija)

dr. Joep Crompvoets (KU Leuven, Public Governance Institute, Leuven, Belgija)

dr. Marjan Čeh (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Walter Timo de Vries (Tehniška univerza München, München, Nemčija)

dr. Urška Demšar (Univerza St. Andrews, Velika Britanija)

dr. Samo Drobne (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

mag. Erna Flogie Dolinar (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

dr. Thomas Kalbro (Kraljevi inštitut KTH, Stockholm, Švedska)

dr. Dušan Kogoj (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Žiga Kokalj (ZRC SAZU, Inštitut za antropološke in prostorske študije, Ljubljana, Slovenija)

dr. Miran Kuhar (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Reinfried Mansberger (Univerza za naravoslovne in biotehniške vede, IVFL, Dunaj, Avstrija)

dr. Leiv Bjarte Mjøs (Visoka šola v Bergnu, Bergen, Norveška)

dr. Gerhard Navratil (Tehniška univerza na Dunaju, Dunaj, Avstrija)

Tomaž Petek (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

dr. Dušan Petrovič (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Alenka Poplin (Iowa State University, College of Design, Ames, Iowa, ZDA)

dr. Andrea Pödör (Univerza Óbuda, Székesfehérvár, Madžarska)

dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenija)

dr. Dalibor Radovan (Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija)

dr. Fabio Remondino (Fondazione Bruno Kessler, 3DOM, Trento, Italija)

dr. Miodrag Roić (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Zagreb, Hrvaška)

dr. Balázs Székely (Univerza Eötvösa Loránd, Budimpešta, Madžarska)

dr. Bojan Šavrič (ESRI Ltd, Redlands, Kalifornija, ZDA)

dr. Maruška Šubic Kovač (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Joc Triglav (Geodetska uprava RS, Murska Sobota, Slovenija)

dr. Mihaela Triglav Čekada (Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija)

dr. Arvo Vitikainen (Univerza Aalto, Aalto, Finska)

dr. John C. Weber (Grand Valley State College, Department of Geology, Allendale, Michigan, ZDA)

dr. Klemen Zakšek (Rosen Group, Lingen, Nemčija)

EDITOR-IN-CHIEF**Anka Lisec, Ph.D.**

University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia

Phone: +386 1 4768 560

E-mail: editor@geodetski-vestnik.com

FIELD AND SUB-FIELD EDITORS**Božo Koler, Ph.D.**, field editor for Engineering Geodesy**Mojca Kosmatin Fras, Ph.D.**, field editor for Photogrammetry**Božena Lipej, Ph.D.**, field editor for Real Estate Management and Recording**Krištof Oštir, Ph.D.**, field editor for Remote Sensing and Geoinformatics**Bojan Stopar, Ph.D.**, field editor for Geodesy and Geophysics**Alma Zavodnik Lamovšek, Ph.D.**, field editor for Spatial Planning**INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD****Ivan R. Aleksić, Ph.D.** (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)**Janja Avblej, Ph.D.** (Eumetsat, Darmstadt, Germany)**Branislav Bajat, Ph.D.** (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)**Tomislav Bašić, Ph.D.** (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)**Sandi Berk** (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Giuseppe Borruso, Ph.D.** (University of Trieste, DEAMS, Trieste, Italy)**Miran Brumec** (Slovenian Chamber of Engineers)**Raffaella Cefalo, Ph.D.** (University of Trieste, Department of Engineering and Architecture, Trieste, Italy)**Vlado Cetl, Ph.D.** (EC, Joint Research Centre, Ispra, Italy)**dr. Joep Crompvoets** (KU Leuven, Public Governance Institute, Leuven, Belgium)**Marjan Čeh, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Walter Timo de Vries, Ph.D.** (Technical University of Munich, München, Germany)**Urška Demšar, Ph.D.** (University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland, United Kingdom)**Samo Drobne, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Erna Flogie Dolinar, M.Sc.** (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Thomas Kalbro, Ph.D.** (Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden)**Dušan Kogoj, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Žiga Kokalj, Ph.D.** (ZRC SAZU, Institute of Anthropological and Spatial Studies)**Miran Kuhar, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Reinfried Mansberger, Ph.D.** (University of Natural Resources and Life Sciences, IVFL, Vienna, Austria)**Leiv Bjarte Mjøs, Ph.D.** (Bergen University College, Bergen, Norway)**Gerhard Navratil, Ph.D.** (Vienna Technical University, Vienna, Austria)**Tomaž Petek** (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)**Dušan Petrovič, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Alenka Poplin, Ph.D.** (Iowa State University, College of Design, Ames, Iowa, USA)**Andrea Pódör, Ph.D.** (Óbuda University, Székesfehérvár, Hungary)**Anton Prosen, Ph.D.** (Ljubljana, Slovenia)**Dalibor Radovan, Ph.D.** (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Fabio Remondino, Ph.D.** (Fondazione Bruno Kessler, 3DOM, Trento, Italy)**Miodrag Roić, Ph.D.** (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)**Balázs Székely, Ph.D.** (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)**Bojan Šavrič, Ph.D.** (ESRI Ltd, Redlands, California, USA)**Maruška Šubic Kovač, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Joc Triglav, Ph.D.** (Surveying and Mapping Authority, Murska Sobota, Slovenia)**Mihaela Triglav Čekada, Ph.D.** (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Arvo Vitikainen, Ph.D.** (Aalto University, Aalto, Finland)**John C. Weber, Ph.D.** (Grand Valley State College, Department of Geology, Allendale, Michigan, USA)**Klemen Zakšek, Ph.D.** (Rosen Group, Lingen, Nemčija)

IZDAJATELJ

Zveza geodetov Slovenije

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: info@geodetski-vestnik.com

IZDAJATELJSKI SVET

mag. Blaž Mozetič, predsednik *Zveza geodetov Slovenije*
mag. Erna Flogie Dolinar, *Zveza geodetov Slovenije*
dr. Anka Lisec, *glavna in odgovorna urednica*
Sandi Berk, *urejanje rubrike Strokovne razprave*
dr. Mojca Foški, *tehnično urejanje in oblikovanje*

TEHNIČNO UREJANJE IN OBLIKOVANJE

dr. 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

LEKTORIRANJE

Manica Baša

UREJANJE SPLETNIH STRANI

dr. Klemen Kozmus Trajkovski
e-naslov: web@geodetski-vestnik.com

TISK

SIMPRO d.o.o., Brezovica

DISTRIBUCIJA

mag. Janez Goršič, e-naslov: janez.gorsic@fgg.uni-lj.si

TRŽENJE (OGLASNO TRŽENJE)

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

NAVODILA AVTORJEM

<http://www.geodetski-vestnik.com>

PUBLISHER

Association of Surveyors of Slovenia

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
e-mail: info@geodetski-vestnik.com

PUBLISHING COUNCIL

Blaž Mozetič, M.Sc., president and Erna Flogie Dolinar, M.Sc.,
the Association of Surveyors of Slovenia
Anka Lisec, Ph.D., *editor-in-chief*
Sandi Berk, *editor of the section Professional Discussions*
Mojca Foški, Ph.D., *technical editor and design*

TECHNICAL EDITOR AND DESIGN

Mojca Foški, Ph.D., 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

SLOVENE PROOFREADING

Manica Baša

WEB PAGE EDITING

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

PRINT

SIMPRO d.o.o., Brezovica

DISTRIBUTION

Janez Goršič, M.Sc., e-mail: janez.gorsic@fgg.uni-lj.si

MARKETING (ADVERTISING)

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

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

<http://www.geodetski-vestnik.com>

VSEBINA CONTENTS

UVODNIK | EDITORIAL

<i>Anka Lisec</i>	ZAVZETOST ENGAGEMENT	157 159
<i>Blaž Mozetič</i>	SREČEVALIŠČE MEETING POINT	161 162

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Tomaž Ambrožič, Admir Mulahusić, Nedim Tuno, Jusuf Topoljak, Amir Hajdar, Dušan Kogoj</i>	DEFORMACIJSKA ANALIZA V GEODETSKIH MREŽAH Z ROBUSTNIMI METODAMI DEFORMATION ANALYSIS WITH ROBUST METHODS IN GEODETIC NETS	163
<i>Mateja Krivic, Miran Ferlan, Anka Lisec</i>	DINAMIKA IZVAJANJA ZEMLJIŠKOKATASTRSKIH POSTOPKOV GLEDE NA SPREMINJAJOČO SE ZAKONODAJO THE DYNAMIC OF CADASTRAL PROCEDURE IMPLEMENTATION IN RELATION TO THE CHANGEABLE CADASTRAL LEGISLATION	179
<i>Mihaela Triglav Čekada, Anka Lisec</i>	PRILOŽNOSTI ZA UPORABO PROSTOVOLJNIH GEOGRAFSKIH INFORMACIJ V OKVIRU NACIONALNE PROSTORSKE PODATKOVNE INFRASTRUKTURE OPPORTUNITIES FOR USING THE VOLUNTEERED GEOGRAPHIC INFORMATION WITHIN THE NATIONAL SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE	199
<i>Roberta Martella, Eliseo Clementini, Christian Kray</i>	GEOGRAFSKE INFORMACIJE MNOŽIČNIH VIROV S PRISTOPOM NA TEMELJU IGER CROWDSOURCING GEOGRAPHIC INFORMATION WITH A GAMIFICATION APPROACH	213
<i>Julius Ernst, Reinfried Mansberger, Gerhard Muggenhuber, Gerhard Navratil, Stefan Ozlberger, Christoph Twaroch</i>	PRAVNO ZAVEZUJOČ MEJNI KATASTER V AVSTRIJI: ZGODBA O USPEHU? THE LEGAL BOUNDARY CADASTRE IN AUSTRIA: A SUCCESS STORY?	234

<i>Edward Osada, Małgorzata Mendela-Anzlik</i>	250
KOTNA IZRAVNAVA IZMERJENEGA POLIGONA STAVBE Z ROBUSTNO METODO M-OCENJEVANJA	
ANGULAR ADJUSTMENT OF SURVEYED BUILDING POLYGON USING ROBUST M-ESTIMATION METHODS	

<i>Darko Anđić</i>	260
SEZONSKA SPREMENLJIVOST ČASOVNIH VRST GPS-KOORDINAT NA PODLAGI ANOVA-VARIANC	
SEASONAL PATTERN IN TIME SERIES OF VARIANCES OF GPS RESIDUAL ERRORS ANOVA ESTIMATES	

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

<i>Joc Triglav</i>	272
GEODETSKA SLUŽBA IN NAČELO KISS	
SURVEYING SERVICE AND THE KISS PRINCIPLE	

<i>Marjan Jenko</i>	279
ZGODOVINSKI POMEN TOČKE NA KRIMU	
THE HISTORICAL IMPORTANCE OF THE GEODETIC POINT IN KRIM	

<i>Milan Naprudnik</i>	282
ODLOČAJMO SE NA PODLAGI PODATKOV, NE INTUICIJE	
MAKE DECISIONS ON THE BASIS OF DATA, NOT JUST INTUITION	

NOVICE IZ STROKE NEWS FROM THE FIELD	284
---	-----

NOVICE IZ GEODETSKIH DRUŠTEV NEWS FROM PROFESSIONAL SOCIETIES	292
--	-----

RAZNO OTHERS	302
-----------------------	-----

DIPLOME IN MAGISTERIJI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG, OD 1. 2. 2109 DO 30. 4. 2019

Slike na naslovnici:

25. obletnica postavitve spominskega obeležja ob metrični točki 1. reda številka 172 na Krimu, ki označuje zgodovinsko izhodišče krimskega koordinatnega sistema. Ob planinski koči ga je leta 1994 postavilo Ljubljansko geodetsko društvo. (Foto: Miha Muck)

ZAVZETOST ENGAGEMENT

Anka Lisec

glavna in odgovorna urednica | Editor-in-chief

Dragi bralci in bralke Geodetskega vestnika!

Pred nami je letošnja druga številka, ki že tradicionalno izhaja tik pred poletjem, ko si, upam, večina najde čas za letni oddih. Vsakdanjik nam namreč močno kroji hiter življenjski ritem z mnogo stresnimi trenutki, zato je občasen odmik od službenih obveznosti postal resnična nuja.

Naše profesionalne, službene poti so sicer različno zahtevne. Ne glede na zahtevnost dela pa na splošno v družbi velja, da so eni bolj, drugi pač manj angažirani pri svojem strokovnem delu – naj bo to na delovnem mestu ali v strokovnih združenjih. Med nami so posamezniki, katerih delo zaznamuje izreden entuziazem in pozitiven pristop, odprtost do novosti, na drugi strani pa opazamo posameznike, ki vztrajajo v tako imenovani coni udobja in se, kolikor je to mogoče, izogibajo spremembam. Toda cona udobja je pravzaprav največji sovražnik ustvarjalnosti in zelo omejuje naše vedenje, s tem pa nas postavlja v nezavidljiv položaj, ko se srečujemo s spremembami. Tema je zagotovo relevantna, še posebej v strokah, kot so geodezija, geoinformatika ter prostorsko načrtovanje, kjer tehnološki razvoj in vse večje potrebe družbe močno vplivajo na stanje in razvoj stroke, na naravo našega dela.

Spremembe so torej postale del našega strokovnega udejstvovanja in od nas je odvisno, kako uspešno in (ne)stresno se bomo spoprijemali z njimi. Stalno srečevanje z novostmi in mnogo zaskrbljenih obrazov v stroki pa tudi razprave, ki jih objavljamo v naši reviji, so pravzaprav razlog, zakaj želim v tem uvodniku, pred letnimi dopusti, nekaj besed nameniti tem izzivom.

Po prepričanju nekaterih tujih avtorjev s področja upravljanja človeških virov naj bi se na delovnih mestih, pri našem strokovnem delu, uspešneje spoprijemali s spremembami tam, kjer prevladujejo zavzeti posamezniki. Zavzetost naj bi namreč močno vplivala na delovno okolje, s tem pa na počutje, uspešnost in rezultate dela. Kaj je pravzaprav zavzetost in kako lahko vplivamo na zavzetost posameznikov?

Posamezniki naj bi se počutili zavzete, kadar v svojem delovanju vidijo osebni smisel in motivacijo, čutijo pozitivno medsebojno podporo in delujejo v učinkovitem ter prijaznem delovnem okolju. Mednarodna organizacija Gallup, ki se ukvarja z raziskavami javnega mnenja in svetovanjem, predlaga, da se posamezniki v organizaciji oziroma združenju razdelijo v tri skupine glede na stopnjo zavzetosti: »zavzeti«, »nezavzeti« in »aktivno nezavzeti«. Pri tem so »zavzeti« tisti energični posamezniki, ki jih zaradi njihovega nalezljivega navdušenja in pozitivnega pogleda na svet zelo radi srečamo v ponedeljek zjutraj. Vedno znova iščejo boljše načine za doseganje rezultatov ter delujejo povezovalno in odgovorno, so odprti za

sodelovanje ter močno prispevajo k novostim in uspehom v skupini, v organizaciji. Praviloma iščejo in razvijajo enostavne, razumljive, a hkrati kakovostne rešitve, ki prispevajo k učinkovitosti in uspešnosti dela. »Nezazveti« posamezniki vidijo svoje delovanje kot izmenjavo časa v zameno za plačilo, praviloma se ne javljajo za sodelovanje pri novih projektih in pač naredijo toliko, da izpolnijo minimalne zahteve – v svoje delo vlagajo sicer svoj čas, ne pa tudi veliko energije in samoiniciativnosti. Takšne posameznike je težko opaziti, a kot rečeno, praviloma opravijo delo, ki jim je naloženo. Zelo problematični za delovno klimo so »aktivni nezazveti«, ki so praviloma zelo nezadovoljni v delovnem okolju, nezadovoljstvo pa izkazujejo z besedami, vedenjem in dejanji, s tem pa škodljivo vplivajo tudi na zavzetost in zadovoljstvo tako sodelavcev kot strank.

Ljudje po naravi ne želimo biti nezazveti, želimo živeti polno, uspešno in zadovoljno. Večina zaposlenih je ob prihodu na delovno mesto visoko zavzeta in motivirana, pomembno vprašanje je, kako to ohraniti. Ustrezna organizacija dela, ustrezno vodenje z zavzetimi vodji ter enostavni instrumenti za motivacijo, kot je recimo preprosta pohvala za dobro opravljeno delo, so zagotovo pomembni pristopi k ohranjanju zavzetosti naših sodelavcev, naših strokovnih kolegov.

Kot že omenjeno, je zavzetost pomembna tudi v strokovnih združenjih in prav je, da tu izrazim pohvalo vsem, ki ste pred 25 leti prispevali k obeležanju geodetske točke na Krimu ter od takrat ohranjali vsakoletno tradicijo srečanja geodetov na Krimu v juniju. Prepoznavnost obeležbe izhodišča krimskega koordinatnega sistema presega meje geodetske stroke in meje naše države, saj gre za izhodišče koordinatnega sistema, v katerem se je pred dvema stoletjema izvedla katastrska izmera širše regije, vključujoč nekatera območja današnje Avstrije, Hrvaške in Italije. Upajmo, da bomo uspešni s predlogom za razglasitev katastrskih in geodetskih znamenj za Unescovo kulturno dediščino, pri čemer smo na seznam izrednih spomenikov uvrstili tudi krimsko točko. Ob tej priložnosti iskrena hvala tudi vsem, ki ste prispevali k zbiranju predlogov in še pomagate z zbiranjem gradiv za pripravo vloge za razglasitev Unescove kulturne dediščine, ki jo bomo predvidoma v tem letu vložili skupaj z še nekaterimi državami iz regije na pobudo prve predlagateljice, to je Avstrije. Čaka nas izredno pestro poletje, v katerem bomo končali pisanje vloge, a verjamem, da bo delo obrodilo sadove! O tem seveda poročamo v prihodnjih številkah vestnika.

Naj uvodnik te predpoletne številke sklenem z besedami ameriškega pisatelja N. D. Walscha, ki jih lahko razumemo kot motivacijo in pomoč pri spoprijemanju s spremembami: »*Pravo življenje se začne na koncu cone udobja*« (angl. *Life begins at the end of your comfort zone*).

Dear Readers of Geodetski Vestnik,

You are holding this year's second issue, which is traditionally published just before the beginning of summer, when, I sincerely hope, most of you will find some time to rest. Our fast-paced everyday lives with numerous stressful moments urgently require us to leave behind the professional duties from time to time.

Indeed, not all working lives are equally demanding. Nevertheless, not taking into account how difficult your work is, it is generally accepted that some individuals are more engaged in their professional lives – be it at their workplaces or in professional associations. There are individuals among us who work with extraordinary enthusiasm and positive attitudes, and they are open for innovation, while in contrast one comes across those that are reluctant to step out of the so-called comfort zone and avoid change by any means. The comfort zone is undoubtedly the worst enemy of creativity and severely limits our knowledge, which puts one in an unfavourable position when faced with change. The issue is undoubtedly relevant, especially in professions such as geodesy, geoinformatics and, spatial planning, in which technological development and growing needs in society strongly influence the situation in the profession and its development, as well as the nature of our work.

So, change has become a permanent factor in our professional settings, and it largely is upon us how successfully and (un)stressfully we are going to cope with it. Constant encounters with innovations, worried looks in the faces of professionals along with discussions that are published in our journal, are the primary reason that I wish to touch upon these challenges in this pre-holiday period.

Some foreign authors covering human resources management claim that people surrounded by engaged individuals are more successful when it comes to embracing change. Engagement is believed to strongly influence the working environment, the effects flowing to well-being, and successful work results. What is engagement, and how is it possible to influence the engagement of individuals?

People are believed to feel engaged when their actions fulfil their sense of meaning, and they are motivated when they experience positive interpersonal support and function in an efficient and pleasant working environment. Gallup, a global public opinion and advisory organisation, has put forward the division of employees in an organisation or an association into three groups according to the level of their engagement: 'engaged', 'unengaged', and 'actively disengaged'.

The 'engaged' are those energetic individuals who we are happy to meet on a Monday morning because they spread their enthusiasm and positive attitude to others. They constantly look for new ways to deliver results; they are a connecting force, responsible and open to cooperation; they actively contribute to innovation and success in a group or an organisation. They usually seek and develop simple, obvious and high-quality solutions that improve the efficiency and effectiveness of work.

'Disengaged' individuals perceive their work as an exchange for their time for payment; they are usually reluctant to take part in new projects; they do as much as it is needed to fulfil minimal demands – it is true that they devote their time to their work, but not a lot of energy and initiative. Such individuals usually remain hidden but, as was said, they typically fulfil the tasks allocated to them.

Very problematic for the work climate are 'the actively unengaged'. For the most part, they are highly unsatisfied in their work environment and express their dissatisfaction with words, behaviours, and actions, negatively influencing the engagement and levels of satisfaction of their colleagues and customers.

It is not in the nature of human beings to be disengaged – we want to live fully, successfully and happily. When they come to a new position, the majority of employees is highly engaged and motivated; it is important to consider how to retain such attitudes. Correct organisation of work, sound management by engaged leaders and simple instruments of motivation, like a word of praise for a work well done, are undoubtedly important approaches that help to retain the engagement of people we work with, of our peers.

As already mentioned above, engagement is also essential in professional associations, and it is only fitting to give praise to all the individuals who are deserving for the plaque dedicated to the triangular point on Krim and have ever since kept alive the traditional yearly June meetings of surveyors. The visibility of the commemoration of the origin triangular point of the coordinate system crosses the borders of surveying as a profession and the borders of our country. It is the origin point of the coordinate system that was used two centuries ago when they carried out the cadastral measurement of the wider region, including some areas of what is now Austria, Croatia, and Italy.

We hope to be successful with the proposal to nominate cadastral and surveying signs as a UNESCO cultural heritage, the list of exceptional monuments that also includes the point on Krim. I would also like to take this opportunity to thank everybody who has helped to prepare the nomination and are still collecting the material for the UNESCO cultural heritage site application. It is expected that we will submit the application in this year together with a few countries from the region, for which Austria is the initiator.

We are heading towards a vibrant summer, dedicated to the completion of the application, but I am confident the efforts will bear fruit! You will undoubtedly be informed about everything in the next issues of the journal.

Allow me to finish the editorial of this pre-summer issue with the words of the American author Neale Donald Walsch; they can serve as a motivation and aid when we encounter change: “Life begins at the end of your comfort zone.”

SREČEVALIŠČE MEETING POINT

Blaž Mozetič

predsednik Zveze geodetov Slovenije | president of the Association of Surveyors of Slovenia

V začetku junija je Ljubljansko geodetsko društvo pripravilo slovesnost ob 25. letnici postavitve obeležja koordinatnemu izhodišču prve katastrske izmere na območju Slovenije. Koordinatni križ oziroma izhodišče koordinatnega sistema je bil leta 1818 položen v trigonometrično točko na Krimu in tako je nastal krimski koordinatni sistem.

Izhodišče je točka ali mesto, iz katerega nekaj izhaja oziroma v katerem se nekaj začne, in je obenem osnova oziroma temelj tega. Koordinatno izhodišče je izhodišče koordinatnega sistema, skozi katerega sta položeni koordinatni osi, ki bežita vsaka v svojo smer, ven, stran, v svet. Vse ima svoj temelj oziroma mesto, pa čeprav zgodovinski, kot je to pri izhodišču krimskega koordinatnega sistema.

Z leti se je Krim kot izhodišče koordinatnega sistema vedno bolj spreminjal v srečevališče geodetske stroke. Postal je prostor srečevanja ljudi, idej, problemov, vizij, veselja, športa ... Ves ta geodetski zanos in ponos opisuje že sama beseda srečevališče, je srečanje dveh besed, sreča in vališče; sreča je razmeroma trajno stanje velikega duševnega ugodja, veliko zadovoljstvo in veselje; vališče pa je prostor, kjer valijo ptice, kjer se rojeva novo življenje in novo upanje.

Krim je tako postal razpoznavni znak oziroma simbol geodetske stroke v Sloveniji, ni ostal samo opomnik na koordinatno izhodišče, ampak je postal srečevališče stanovskega združenja, kamor se geodeti vedno vračamo. Vračamo se simbolično na zgodovinski kraj, v temelj, po mir in moč za premislek, kako in kam preudarno naprej. S takšnimi dogodki geodeti opozarjamo na zgodovinsko in vsakodnevno vpetost naše stroke v družbo, da kljub sodobni in lahko dostopni tehnologiji ni vse imaginarno in nekje tam zunaj, kot se zdi na prvi pogled, in da imamo geodeti izhodišče postavljeno daleč nazaj po časovnem traku, vendar se ravno zato srečujemo, da so lahko naši pogledi in ideje usmerjeni v prihodnost.

Dandanašnji je srečevanje ob vsej sodobni komunikacijski tehnologiji še toliko pomembnejše, ker smo prehitro pozabili na tisti pristni fizični človeški stik, ki se po navadi začne in konča s krepkim stiskom roke.

Zato ima geodezija več izhodišč, ki so tudi srečevališča, kot je to na primer naš Krim.

Srečno!

The Ljubljana Society of Surveyors organised a ceremony in celebration of the 25th anniversary of the plaque dedicated to the origin point of the triangulation network of the first cadastral measurement in the territory Slovenia. In 1818, a coordinate cross, i.e., the origin point of the coordinate system, was built into the trigonometry point in Krim, which marks the birth of the Krim coordinate system.

The point of origin is a spot or place where something comes from, or where something begins, also representing its basis or foundation. The origin triangulation point is the starting point of a coordinate system determined by two coordinate axes that each runs in its separate direction, out, away, into the world. Everything has its foundation or position, although historical, as is the case with the origin point of the Krim coordinate system.

Krim, as the origin point of the coordinate systems, has gradually developed into the meeting point of the land surveying profession. It has become the place where people, ideas, problems, visions, joy, sport and other elements meet. The expression 'meeting point' nicely embraces the zeal and the pride that permeate land surveying; 'to meet' also signifies to fulfil, to satisfy, to achieve while 'a point' can be an idea, an opinion that is worth serious consideration.

So it happened that Krim became the emblem, the symbol of the surveying profession in Slovenia. It has not remained a mere reminder of an origin triangulation point but has become the meeting point of the professional association where land surveyors like to return. It is our symbolic comeback to a memorial site, to the foundation, where we seek peace, the strength to consider how and where to prudently continue our journey. Such events are an opportunity for land surveyors to call attention to the historical and everyday significance of our profession for society; to the fact that easily accessible modern technology does not mean everything is imaginary and somewhere out there as it might seem at first glance; to the fact that the origin point of land surveying dates back on the historical timeline. This is the exact reason we keep meeting – so that our sight and ideas are turned/fixed to the future.

Nowadays, in the era of modern communication technology, meetings are even more critical as we have forgotten about the pristine human contact that usually begins and ends with a firm handshake.

This is why land surveying has several origin points that are also meeting points – one of them being our Krim.

Best of luck!

DEFORMACIJSKA ANALIZA V GEODETSKIH MREŽAH Z ROBUSTNIMI METODAMI

DEFORMATION ANALYSIS WITH ROBUST METHODS IN GEODETIC NETS

Tomaž Ambrožič, Admir Mulahusić, Nedim Tuno, Jusuf Topoljak, Amir Hajdar, Dušan Kogoj

UDK: 528.4
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 1. 2. 2019
Sprejeto: 22. 4. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.163-178
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 1. 2. 2019
Accepted: 22. 4. 2019

IZVLEČEK

V članku je opisan postopek deformacijske analize v geodetskih mrežah z robustnimi metodami. Značilnost tega postopka je iterativno prilagajanje uteži in transformacija S , tako da se vektor premikov $\mathbf{d}$ transformira v datum, ki ga določajo točke z manjšo koordinatno razliko med dvema terminskima izmerama. V članku je najprej podano teoretično ozadje postopka, nato je postopek uporabljen na primeru simuliranih meritev v dveh terminskih izmerah. Izračunani rezultati postopka deformacijske analize z robustnimi metodami na obravnavanem primeru se ne razlikujejo bistveno od rezultatov, pridobljenih s klasičnimi postopki deformacijske analize.

ABSTRACT

This article describes the deformation analysis approach with robust methods in geodetic networks. The characteristic of this approach is the iterative weighted similarity transformation in which the displacement vector $\mathbf{d}$ is transformed into a datum determined by points with a smaller coordinate difference between two epochs. The article first gives a theoretical background of the approach, and then the approach is applied to the case of simulated measurements in two epochs. The calculated results of the deformation analysis approach with the robust methods in the present case do not differ significantly from the results obtained by conventional deformation analysis approaches.

KLJUČNE BESEDE

deformacijska analiza, robustne metode, računski primer

KEY WORDS

deformation analysis, robust methods, numerical example

1 UVOD

Z metodami deformacijske analize lahko na podlagi geodetskih meritev, ki jih opravimo na točkah geodetske mreže v različnih časovnih trenutkih, ugotavljamo stabilnost referenčnih točk v geodetski mreži in določamo premike kontrolnih točk na objektih (Bogatin in Kogoj, 2006). Metode deformacijske analize razdelimo (Welsch in Heunecke, 2001) na:

- metode, v katerih so premiki in deformacije uporabljeni kot funkcije časa, ali pa čas ni modeliran,
- metode, v katerih so premiki in deformacije uporabljeni kot funkcije vzročnih sil, ali pa vzročne sile niso modelirane,
- metode, ko je stanje objekta v ravnovesju, ali nenehno v gibanju,
- opisne (deskriptivne) oziroma vzročne (kavzalne) modele.

Testiranje statistično značilnih premikov v metodah deformacijske analize obravnavamo s klasičnimi postopki in tudi z robustnimi postopki deformacijske analize (Savšek, 2017).

2 TEORETIČNO OZADJE

Deformacijsko analizo z robustnimi metodami razdelimo na šest korakov (Lim in Setan, 2014; Ogundare, 2016), ki jih podrobneje opišemo v podpoglavjih v nadaljevanju.

2.1 Izravnavna meritev vsake posamezne terminske izmere posebej kot proste mreže in odkrivanje morebitnih grobo pogrešenih meritev

Podobno kot pri drugih metodah deformacijske analize lahko med seboj primerjamo le terminske izmere, ki se po natančnosti meritev ne razlikujejo statistično značilno ter imajo usklajeno natančnost kotnih in dolžinskih meritev (Ambrožič, 2004). Med meritvami v posamezni terminski izmeri ne sme biti grobo pogrešenih, zato jih poiščemo in izločimo. Za iskanje in izločitev uporabimo enega izmed splošno znanih postopkov (Caspary, 1988; Grigillo in Stopar, 2003). Za deformacijsko analizo v geodetskih mrežah z robustnimi metodami moramo uporabiti rezultate izravnave meritev posamezne terminske izmere kot proste mreže, saj pred deformacijsko analizo ne vemo, katera referenčna točka je stabilna in katera ne (Chen et al., 1990). Orientacijske neznanke in morebitno neznanko faktorja merila mreže moramo v enačbah popravkov odstraniti z eno od metod redukcije neznank (Van Mierlo, 1978).

2.2 Transformacija terminskih izmer v isti geodetski datum z uporabo transformacije S

Če se v geodetski mreži število točk v eni terminski izmeri razlikuje od števila v drugi terminski izmeri, ali je v obravnavanih terminskih izmerah različen geodetski datum (ker smo na primer v eni izmeri merili samo smeri, v drugi pa dolžine in smeri), moramo koordinatne neznanke neidentičnih točk izločiti oziroma geodetski datum uskladiti. To lahko naredimo s transformacijo S, ki je dobro opisana v literaturi (Van Mierlo, 1978; Caspary, 1988; Marjetič in Stopar, 2007). Po tem koraku lahko primerjamo koordinate točk različnih terminskih izmer med seboj, saj se vse točke nanašajo na isti geodetski datum.

2.3 Testiranje homogenosti natančnosti meritev obravnavanih izmer

Testiranje homogenosti natančnosti meritev obravnavanih izmer naredimo s testiranjem hipoteze o homogenosti natančnosti meritev v dveh izmerah, kar je mnogokrat opisano v literaturi (Chrzanowski

et al., 1986; Mihailović in Aleksić, 1994; Ambrožič, 2001). Po testiranju izračunamo novo oceno za referenčno varianco a posteriori $\hat{\sigma}^2$ in skupno število nadštevilnih meritev v dveh izmerah f (Ambrožič, 2001 – enačba (4); Mihailović in Aleksić, 1994 – enačba (5.2.5); Chrzanowski et al., 1986 – enačba (4.11); Frankić, 2012 – enačba(8)).

2.4 Izračun vektorja premikov in pripadajoče kovariančne matrike premikov iz rezultatov izravnave obravnavanih izmer

Po testiranju statistične homogenosti natančnosti meritev dveh obravnavanih med seboj mersko neodvisnih izmer izračunamo vektor premikov $\mathbf{d}$ in pripadajočo kovariančno matriko premikov $\mathbf{Q}_{dd}$ po mnogokrat zapisanih enačbah (Chen et al., 1990 – enačba (10); Vrečko in Ambrožič, 2013 – enačbi (1) in (4); Mihailović in Aleksić, 1994).

2.5 Izračun vektorja premikov z uporabo iterativnega prilagajanja uteži s transformacijo S in izračun kovariančne matrike premikov

Ker nestabilnih referenčnih točk geodetske mreže še nismo identificirali, se lahko izračunani premiki nanašajo na geodetski datum, ki ga določajo tudi te nestabilne referenčne točke, ali pa imamo lahko v obravnavanih terminskih izmerah različen geodetski datum. Težavo rešimo z metodo iterativnega prilagajanja uteži s transformacijo S (angl. *Method of Iterative Weighted Similarity Transformation* ali na kratko IWST), ki jo je predlagal Chen, 1983. Drugi raziskovalci (Pardoe et al., 2018, ali Berné Valero in Beselga, 2005) metodo imenujejo IRLS (angl. *Iteratively Reweighted Least Squares*).

Metoda iterativnega prilagajanja uteži s transformacijo S temelji na tem, da transformiramo vektor premikov $\mathbf{d}$ v datum, ki ga določajo točke z manjšo koordinatno razliko med dvema terminskima izmerama. Manjšim koordinatnim razlikam med dvema terminskima izmerama tako dodelimo večjo utež, večjim koordinatnim razlikam pa manjšo utež (Vrečko in Ambrožič, 2013).

Če torej v transformaciji S obravnavamo nestabilne referenčne točke kot grobo pogrešene meritve, lahko z robustnimi (statističnimi) metodami, ki v splošnem zmanjšajo ali celo eliminirajo vpliv grobo pogrešenih meritev, rešimo problem določitve geodetskega datuma. Geodetski datum določimo z oceno M, ki je posplošena metoda največjega verjetja (angl. *Maximum Likelihood Estimation*) (Marjetič in Kregar, 2016). Teoretično s tem postopkom določimo datum, ki minimizira prvo normo končne projekcije vektorja premikov (Chen, 1983; Setan in Singh, 2001; Vrečko in Ambrožič, 2013; Amiri-Simkooei et al., 2017).

Postopek je modifikacija transformacije S (Marjetič in Stopar, 2007). V klasični transformaciji S imamo v matriki $\mathbf{E}_p$ kot sta jo označila Marjetič in Stopar, 2007, v enačbi (31) vrednosti na diagonali le 0 ali 1. V metodi iterativnega prilagajanja uteži pa matriko $\mathbf{E}_p$ zamenjamo z matriko uteži $\mathbf{W}^{(it)}$, vrednosti njenih elementov na diagonali določimo z iteracijskim postopkom. Vektor premikov točk $\mathbf{d}$ in pripadajočo kovariančno matriko premikov $\mathbf{Q}_{dd}$ izračunamo:

$$\mathbf{d}^{(it)} = \mathbf{S}^{(it)} \mathbf{d}, \quad (1)$$

$$\mathbf{Q}_{dd}^{(it)} = \mathbf{S}^{(it)} \mathbf{Q}_{dd} (\mathbf{S}^{(it)})^T, \quad (2)$$

kjer so:

$\mathbf{S}^{(it)} = \mathbf{I} - \mathbf{H}(\mathbf{H}^T \mathbf{W}^{(it)} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{W}^{(it)}$... matrika transformacije $\mathbf{S}$ velikosti $2m \times 2m$ (m je število točk v geodetski mreži),

(3)

$\mathbf{H}$... datumska matrika velikosti $2m \times d$ (d je defekt datuma) – (Marjetič in Stopar, 2007 – enačba (13); Marjetič et al., 2012),

$\mathbf{W}^{(it)} = \text{diag}(\omega_i^{(it)})$... matrika uteži velikosti $2m \times 2m$,

(4)

$\omega_i^{(it)}$... vrednost utežne funkcije, njen izračun podajamo v nadaljevanju ($i=1 \dots 2m$),

(it) ... iteracijski korak.

Na začetku privzamemo, da je matrika uteži enaka enotski matriki:

$$\mathbf{W}^{(it=0)} = \mathbf{I} \text{ oz. } \omega_i^{(it=0)} = 1, i = 1 \dots 2m, \quad (5)$$

torej vse točke v enaki meri določajo datum mreže. Ta rešitev je popolnoma enaka rešitvi, ki bi jo dobili po transformaciji $\mathbf{S}$ v prosto geodetsko mrežo (Caspary, 1988). Na začetku uporabimo vektor komponent premikov točk $\mathbf{d}$ (izračunan v podpoglavju 2.4): $\mathbf{d}^{(it=0)} = \mathbf{d}$. Nato v naslednjih iteracijah izračunamo vektor komponent premikov točk

$$\mathbf{d}^{(it+1)} = \mathbf{S}^{(it+1)} \mathbf{d}^{(it)} \quad (6)$$

tako, da v matriki transformacije $\mathbf{S}$

$$\mathbf{S}^{(it+1)} = \mathbf{I} - \mathbf{H}(\mathbf{H}^T \mathbf{W}^{(it+1)} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{W}^{(it+1)} \quad (7)$$

uporabimo z različnimi ocenami M izračunane matrike uteži $\mathbf{W}^{(it+1)}$. Vrednosti elementov na diagonalni matrike uteži (4) torej izračunamo z različnimi utežnimi funkcijami. Poznamo mnogo različnih utežnih funkcij, izbrane smo za 2D-geodetske mreže uporabili v naši raziskavi. Podajamo jih v preglednici 1.

Števce iteracijskih korakov oziroma ponovitev (it) gre od nič do vrednosti, ki jo dobimo, ko je izpolnjen pogoj, da je največja razlika komponent vektorja premika $|\mathbf{d}^{(it+1)} - \mathbf{d}^{(it)}|$ manjša od izbrane meje prekinitev iteracijskega procesa δ (Setan in Singh, 2001; Taşçı, 2008; Sušić et al., 2017):

$$\max. (|\mathbf{d}^{(it+1)} - \mathbf{d}^{(it)}|) < \delta. \quad (8)$$

Preglednica 1: Utežne funkcije. V enačbah je $d_i^{(it)}$ komponenta vektorja premika točke i , torej ali $dy_i^{(it)}$, ali $dx_i^{(it)}$, enačba (1) oziroma (6), σ_{d_i} pa standardna deviacija komponente premika točke i , torej ali σ_{dy_i} ali σ_{dx_i} , ki je diagonalni element matrike kofaktorjev koordinatnih neznank, enačba (2). $s_i^{(it)}$ je dolžina vektorja premika, računana po enačbi (11), σ_{s_i} je standardna deviacija premika točke i , računana po enačbi (12).

Utežna funkcija	Ocena za komponente vektorja premika točke i	Ocena za premik točke i
ocena L_1	$\omega_i^{(it+1)} = \frac{1}{ d_i^{(it)} }$	$\omega_i^{(it+1)} = \frac{1}{ s_i^{(it)} }$
ocena L_1 - L_2	$\omega_i^{(it+1)} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{(d_i^{(it)})^2}{2}}}$	$\omega_i^{(it+1)} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{(s_i^{(it)})^2}{2}}}$
ocena L_p	$\omega_i^{(it+1)} = d_i^{(it)} ^{p-2}, p = 1, 2$	$\omega_i^{(it+1)} = s_i^{(it)} ^{p-2}$

Utežna funkcija	Ocena za komponente vektorja premika točke i	Ocena za premik točke i
Huberjeva ocena	$\omega_i^{(i+1)} = \begin{cases} 1 & \text{če je } d_i^{(i)} \leq q_i \\ \frac{q_i}{ d_i^{(i)} } & \text{če je } d_i^{(i)} > q_i, q_i = c\sigma_{d_i} \end{cases}$	$\omega_i^{(i+1)} = \begin{cases} 1 & \text{če je } s_i^{(i)} \leq q_i \\ \frac{q_i}{ s_i^{(i)} } & \text{če je } s_i^{(i)} > q_i, q_i = c\sigma_{s_i} \end{cases}$
modificirana Huberjeva ocena	$\omega_i^{(i+1)} = \begin{cases} \frac{q_i}{ d_i^{(i)} } \sin\left(\frac{ d_i^{(i)} }{q_i}\right) & \text{če je } \frac{ d_i^{(i)} }{q_i} \leq \frac{\pi}{2} \\ \frac{q_i}{ d_i^{(i)} } & \text{če je } \frac{ d_i^{(i)} }{q_i} > \frac{\pi}{2} \end{cases}, q_i = c\sigma_{d_i}$	$\omega_i^{(i+1)} = \begin{cases} \frac{q_i}{ s_i^{(i)} } \sin\left(\frac{ s_i^{(i)} }{q_i}\right) & \text{če je } \frac{ s_i^{(i)} }{q_i} \leq \frac{\pi}{2} \\ \frac{q_i}{ s_i^{(i)} } & \text{če je } \frac{ s_i^{(i)} }{q_i} > \frac{\pi}{2} \end{cases}, q_i = c\sigma_{s_i}$
Fairova ocena	$\omega_i^{(i+1)} = \frac{1}{1 + \frac{ d_i^{(i)} }{q_i}}, q_i = c\sigma_{d_i}$	$\omega_i^{(i+1)} = \frac{1}{1 + \frac{ s_i^{(i)} }{q_i}}, q_i = c\sigma_{s_i}$
Chauchyjeva ocena	$\omega_i^{(i+1)} = \frac{1}{1 + \left(\frac{ d_i^{(i)} }{q_i}\right)^2}, q_i = c\sigma_{d_i}$	$\omega_i^{(i+1)} = \frac{1}{1 + \left(\frac{ s_i^{(i)} }{q_i}\right)^2}, q_i = c\sigma_{s_i}$
Welscheva ocena	$\omega_i^{(i+1)} = \exp\left(-\left(\frac{ d_i^{(i)} }{q_i}\right)^2\right), q_i = c\sigma_{d_i}$	$\omega_i^{(i+1)} = \exp\left(-\left(\frac{ s_i^{(i)} }{q_i}\right)^2\right), q_i = c\sigma_{s_i}$
Tukeyjeva ocena	$\omega_i^{(i+1)} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{ d_i^{(i)} }{q_i}\right)^2\right)^2 & \text{če je } d_i^{(i)} \leq q_i, q_i = c\sigma_{d_i} \\ 0 & \text{če je } d_i^{(i)} > q_i \end{cases}$	$\omega_i^{(i+1)} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{ s_i^{(i)} }{q_i}\right)^2\right)^2 & \text{če je } s_i^{(i)} \leq q_i, q_i = c\sigma_{s_i} \\ 0 & \text{če je } s_i^{(i)} > q_i \end{cases}$
German-McClurejeva ocena	$\omega_i^{(i+1)} = \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{ d_i^{(i)} }{q_i}\right)^2\right)^2}$	$\omega_i^{(i+1)} = \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{ s_i^{(i)} }{q_i}\right)^2\right)^2}$
Hampelova ocena	$\omega_i^{(i+1)} = \begin{cases} 1 & \text{če je } 0 < d_i^{(i)} \leq q_i \\ \frac{q_i}{ d_i^{(i)} } & \text{če je } q_i < d_i^{(i)} \leq u_i \\ \frac{q_i(v_i - d_i^{(i)})}{ d_i^{(i)} (v_i - u_i)} & \text{če je } u_i < d_i^{(i)} \leq v_i \\ 0 & \text{če je } d_i^{(i)} > v_i \end{cases}, q_i = a\sigma_{d_i}, u_i = b\sigma_{d_i}, v_i = c\sigma_{d_i}$	$\omega_i^{(i+1)} = \begin{cases} 1 & \text{če je } 0 < s_i^{(i)} \leq q_i \\ \frac{q_i}{ s_i^{(i)} } & \text{če je } q_i < s_i^{(i)} \leq u_i \\ \frac{q_i(v_i - s_i^{(i)})}{ s_i^{(i)} (v_i - u_i)} & \text{če je } u_i < s_i^{(i)} \leq v_i \\ 0 & \text{če je } s_i^{(i)} > v_i \end{cases}, q_i = a\sigma_{s_i}, u_i = b\sigma_{s_i}, v_i = c\sigma_{s_i}$
danska ocena	$\omega_i^{(i+1)} = \begin{cases} 1 & \text{če je } d_i^{(i)} \leq q_i \\ \exp\left(-\left(\frac{ d_i^{(i)} }{q_i}\right)^2\right) & \text{če je } d_i^{(i)} > q_i, q_i = c\sigma_{d_i} \end{cases}$	$\omega_i^{(i+1)} = \begin{cases} 1 & \text{če je } s_i^{(i)} \leq q_i \\ \exp\left(-\left(\frac{ s_i^{(i)} }{q_i}\right)^2\right) & \text{če je } s_i^{(i)} > q_i, q_i = c\sigma_{s_i} \end{cases}$

Ocena L_1 minimizira prvo normo vektorja komponent premika $\mathbf{d}_i = \sum_{i=1}^{2m} |d_i^{(i)}| = \min$, ta ocena zmanjša

vpliv grobo pogrešenih meritev. Prvi jo je uporabil avtor postopka Chen (1983) in več drugih avtorjev (Setan in Singh, 2001; Taşçi, 2008; Pennacchi, 2008; Erenoglu, 2018). Rešitev nedoločenosti v $d_i^{(i)} = 0$ opisujemo v nadaljevanju, glej enačbi (9a) in (10).

Ocena L_1 – L_2 ohranja prednosti ocen L_1 (zmanjša vpliv grobo pogrešenih meritev) in L_2 (rešitev je enolična), za majhne $d_i^{(it)}$ se obnaša kot L_2 , za večje pa kot L_1 (Pennacchi, 2008).

Raziskovalci predlagajo v oceni L_p (Pennacchi, 2008) vrednost eksponenta $\nu = 1,2$, saj s takšno izbiro ohranimo robustnost ocene (na oceno grobo pogrešene meritve malo vplivajo), težavo predstavlja nedoločeno v $d_i^{(it)} = 0$ – rešitev te težave opisujemo v nadaljevanju, glej enačbi (9b) in (10).

Za izračun Huberjeve ocene lahko uporabimo za $c = 1,3450$ (Pennacchi, 2008; Banaš, 2017; Pardoe et al., 2018), drugi avtorji (Nowel, 2015; Gašinec in Gašincová, 2016; Hassan, 2016; Sušić et al., 2017; Erenoglu, 2018) pa predlagajo vrednosti za c med 1,5 in 2.

Prav tako lahko za izračun modificirane Huberjeve ocene uporabimo za $c = 1,2107$ (Pennacchi, 2008), drugi avtorji, ki jo imenujejo Andrewsova ocena, pa predlagajo $c = 1,5 \cdot 2$ (Andrews, 1974; Erenoglu, 2018) ali $c = 1,339 \cdot 2$ (Pardoe et al., 2018), težavo pa predstavlja nedoločeno v $d_i^{(it)} = 0$ – rešitev te težave opisujemo v nadaljevanju, glej enačbi (9c) in (10).

Za izračun Fairrove ocene uporabimo za $c = 1,3998$ (Pennacchi, 2008), za izračun Chauchyjeve ocene uporabimo za $c = 2,3849$, za izračun Welscheve ocena uporabimo za $c = 2,9846$ (Pennacchi, 2008; Gašinec in Gašincová, 2016), za izračun Tukeyjeve ocene uporabimo za $c = 4,6851$ (Pennacchi, 2008) – to oceno imenujejo tudi Beaton-Tukeyjeva ocena (Sisman, 2010).

V izračunu German-McClurejeve ocene ne nastopa parameter c (Pennacchi, 2008).

Za izračun Hampelove ocene uporabimo za $a = 1,5$, $b = 3$ in $c = 6$ oziroma $a = 0,8$, $b = 1,6$ in $c = 3,2$ (Erenoglu, 2018), $a = 1,7$, $b = 3,4$ in $c = 8,5$ (Banaš, 2017) ali $a = 2$, $b = 4$ in $c = 8$ (Labant et al., 2011), za izračun danske ocene uporabimo za $c = 3$ (Erenoglu, 2018), drugi predlagajo $c = 2$ (Hassan, 2016). Opozoriti moramo, da je v izračunu danske ocene, katere avtor je prof. Krarup, v kar nekaj člankih napaka (Hassan, 2016; Erenoglu, 2018) – ulomek v eksponentu je treba kvadrirati!

Težavo v izračunu ocen L_1 , L_p in modificirane Huberjeve ocene v točki nedoločenosti $d_i^{(it)} = 0$ rešimo tako, da vrednost utežne funkcije izračunamo v njeni bližini, (Chen, 1983; Setan in Singh, 2001; Tašči, 2008; Sušić et al., 2017).

$$\omega_i^{(it+1)} = \frac{1}{|d_i^{(it)}| + \varepsilon} \dots \text{ocena } L_1 \text{ za komponente vektorja premika točke } i, \quad (9a)$$

$$\omega_i^{(it+1)} = |d_i^{(it)} + \varepsilon|^{\nu-2} \dots \text{ocena } L_p \text{ za komponente vektorja premika točke } i, \quad (9b)$$

$$\omega_i^{(it+1)} = \begin{cases} \frac{q_i}{|d_i^{(it)}| + \varepsilon} \sin\left(\frac{|d_i^{(it)}|}{q_i}\right) & \text{če je } \frac{|d_i^{(it)}|}{q_i} \leq \frac{\pi}{2} \\ \frac{q_i}{|d_i^{(it)}|} & \text{če je } \frac{|d_i^{(it)}|}{q_i} > \frac{\pi}{2} \end{cases} \dots \text{modificirana Huberjeva ocena za komponente vektorja premika točke } i, \quad (9c)$$

kjer je:

ε ... izbrana majhna vrednost,

ali kar zapišemo, da je na primer

$$\omega_i^{(it+1)} = 10^9, \quad (10)$$

in ne $\omega_i^{(it+1)} = 0$, kot je zapisano v Chen, 1983; Chrzanowski et al., 1986; Chen et al., 1990, saj:

- ni v skladu z osnovnim konceptom metode iterativnega prilagajanja uteži s transformacijo S (manjšim koordinatnim razlikam med dvema terminskima izmerama dodelimo večjo utež, večjim koordinatnim razlikam pa manjšo utež),
- ni logično, da v točki nedoločenosti $d_i^{(it)}=0$, to je v točki, ki ni spremenila položaja (to je torej stabilna referenčna točka), dodelimo vrednost utežne funkcije $\omega_i^{(it+1)} = 0$,
- izračunamo popolnoma drugačne vrednosti, kot če uporabimo enačbe (9),
- se rezultati, ki jih prikazujejo v tretjem poglavju, razlikujejo od pričakovanih (izračunanih z enačbami 9), če uporabimo $\omega_i^{(it+1)} = 0$.

Po končanem iteracijskem procesu imamo na diagonali matrike $\mathbf{W}$, enačba (4), elemente blizu 1 oziroma 1 na tistih mestih, ki se nanašajo na komponente vektorja premika točke, ki se niso statistično spremenile (stabilne komponente), in elemente blizu 0 oziroma 0 na mestih, kjer se nanašajo na komponente vektorja premika točke, ki so se statistično spremenile, če vrednosti utežnih funkcij izračunamo z ocenami po enačbah v preglednici 1. Izjema sta oceni L_1 , L_p in modificirana Huberjeva ocena, ko v točki nedoločenosti $d_i^{(it)} = 0$ ne moremo izračunati uteži, rešitev podajamo z enačbo (9) ali (10). Na koncu iteracijskega procesa zavzame števec iteracijskih korakov vrednost ($it = kon$). Če v enačbah za izračun premikov $\mathbf{d}$ (izračunan v podpoglavju 2.4) in pripadajočo kovariančno matriko premikov $\mathbf{Q}_{dd}$ (izračunana v podpoglavju 2.4) obravnavamo tudi kontrolne točke na objektu (nedatumske točke), imamo na diagonali matrike $\mathbf{W}$ elemente z vrednostmi 0 na tistih mestih, ki se nanašajo na komponente vektorja premika teh točk (Nowel, 2015; Sušić et al., 2017), saj te točke obravnavamo kot nestabilne.

Ker so komponente vektorja premikov odvisne od orientacije koordinatnega sistema, ki je določen s približnimi koordinatami, nekateri avtorji (Caspary, 1988; Caspary et al., 1990; Nowel, 2015; Nowel, 2016) predlagajo za izračun utežne funkcije namesto komponent vektorja premika točke i uporabo premika točke s_i :

$$s_i = \sqrt{dy_i^2 + dx_i^2}, \quad (11)$$

ki je neodvisen od orientacije koordinatnega sistema s standardno deviacijo oziroma varianco (Savšek-Safić et al., 2006; Nowel, 2015; Savšek, 2017):

$$\sigma_{s_i}^2 = \left(\frac{dy_i}{s_i} \right)^2 \sigma_{dy_i}^2 + 2 \frac{dy_i}{s_i} \frac{dx_i}{s_i} \sigma_{dy_i dx_i} + \left(\frac{dx_i}{s_i} \right)^2 \sigma_{dx_i}^2. \quad (12)$$

Tako lahko s premikom točke zapišemo v naši raziskavi uporabljene utežne funkcije, ki jih podajamo v preglednici 1. Ocena L_1 za premik točke i zdaj minimizira prvo normo vektorja premika

$$\mathbf{d}_i = \sum_{i=1}^m s_i^{(it)} = \sum_{i=1}^m \sqrt{(dy_i^{(it)})^2 + (dx_i^{(it)})^2} = \min. \quad (\text{Setan in Singh, 2001}). \quad (13)$$

Iteracijski proces prekinemo, ko je izpolnjen pogoj, da je največja razlika premikov točk med dvema iteracijskima korakoma $|s_i^{(it+1)} - s_i^{(it)}|$ manjša od izbrane meje prekinitve iteracijskega procesa δ .

Težavo v izračunu ocen L_1 , L_p in modificirane Huberjeve ocene v točki nedoločenosti $s_i^{(it)}=0$ lahko rešimo

na več načinov. Tako na primer v izračunu ocene L_1 izračunamo vrednost utežne funkcije

$$\omega_i^{(it+1)} = \frac{1}{s_i^{(it)} + \varepsilon} = \frac{1}{\sqrt{(dy_i^{(it)})^2 + (dx_i^{(it)})^2} + \varepsilon} \quad (\text{Sušić et al., 2017}) \quad \text{ali} \quad (14a)$$

$$\omega_i^{(it+1)} = \frac{1}{\sqrt{(dy_i^{(it)} + \varepsilon)^2 + (dx_i^{(it)} + \varepsilon)^2}} \quad (\text{Setan in Singh, 2001}) \quad \text{ali} \quad (14b)$$

$$\omega_i^{(it+1)} = 10^9 \quad (\text{glej enačbo 10}). \quad (14c)$$

Poudariti moramo, da sta oba elementa matrike uteži $\mathbf{W}^{(it+1)}$, ki ju izračunamo z utežnimi funkcijami iz desnega stolpca v preglednici 1 in se nanašata na točko i , enaka (Nowel, 2015).

Ko je izpolnjen pogoj v enačbi (8) in je iteracijski postopek prilagajanja uteži končan, izračunamo kovariančno matriko premikov

$$\mathbf{Q}_{dd}^{(it+1)} = \mathbf{S}^{(it+1)} \mathbf{Q}_{dd} (\mathbf{S}^{(it+1)})^T. \quad (15)$$

2.6 Testiranje stabilnosti posamezne točke geodetskem mreže in končna transformacija S

Po končanem iteracijskem postopku prilagajanja uteži opravimo testiranje stabilnosti komponent vektorja premika točke geodetske mreže. Testiranje opravimo za vse referenčne točke v geodetski mreži. Sestavimo ničelno in alternativno hipotezo:

$H_0: \mathbf{E}(\mathbf{d}^{(it+1)}) = 0 \dots$ ena komponenta vektorja premika točke v mreži se med dvema terminskima izmerama ni spremenila, če uporabljamo v izračunu enačbe iz srednjega stolpca v preglednici 1, oziroma obe komponenti vektorja premika točke v mreži se med dvema terminskima izmerama nista spremenili, če uporabljamo v izračunu enačbe iz desnega stolpca v preglednici 1 in (16)

$H_a: \mathbf{E}(\mathbf{d}^{(it+1)}) \neq 0 \dots$ mreža, opisana v H_0 , je spremenila svojo geometrijo.

Sestavimo testno statistiko (Taşçi, 2010; Nowel, 2015; Sušić et al., 2017):

$$T_i = \frac{(\mathbf{d}_i^{(it+1)})^T (\mathbf{Q}_{dd_i}^{(it+1)})^{-1} \mathbf{d}_i^{(it+1)}}{h_i \hat{\sigma}^2}, \quad (17)$$

kjer je:

$h_i = \text{rang}(\mathbf{Q}_{dd_i}^{(it+1)}) \dots$ število prostostnih stopenj – za 2D-mrežo je $h_i = 1$, če obravnavamo eno komponento vektorja premika točke in uporabljamo v izračunu enačbe iz srednjega stolpca v preglednici 1, oziroma $h_i = 2$, če obravnavamo obe komponenti vektorja premika točke in uporabljamo v izračunu enačbe iz desnega stolpca v preglednici 1.

Testna statistika se porazdeljuje po Fisherjevi porazdelitvi z izbrano stopnjo zaupanja $1 - \alpha$, z f in h_i prostostnimi stopnjami. Če je vrednost testne statistike manjša ali enaka kritični vrednosti $T_i \leq F_{f, h_i, 1-\alpha}$, potem ničelne hipoteze H_0 (16) ne moremo zavrnila in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da se komponenta vektorja premika točke v mreži med dvema terminskima izmerama ni statistično spremenila oziroma obe komponenti vektorja premika točke v mreži med dvema terminskima izmerama nista

statistično spremenili. Če je vrednost testne statistike večja od kritične vrednosti, potem ničelno hipotezo zavrnilo in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da se je komponenta vektorja premika točke med dvema terminskima izmerama spremenila oziroma obe komponenti vektorja premika točke med dvema terminskima izmerama spremenili in je mreža spremenila svojo geometrijo. Poudariti moramo, da lahko pri obravnavanju premika po komponentah ugotovimo, da se točka v mreži ni statistično značilno premaknila le, če se obe komponenti vektorja premika točke v mreži med dvema terminskima izmerama nista statistično spremenili.

Po testiranju stabilnosti posamezne točke naredimo končno transformacijo S tako, da v matriki uteži $\mathbf{W}^{(it=kon)}$ postavimo na diagonalni vrednosti 1 na tistih mestih, ki se nanašajo na komponente vektorja premika točke, ki se niso statistično spremenile, in vrednosti 0 na tistih mestih, ki se nanašajo na komponente vektorja premika točke, ki so se statistično spremenile, ter izračunamo

$$\mathbf{d}^{(it=kon)} = \mathbf{S}^{(it=kon)} \mathbf{d}^{(it+1)} \text{ in} \quad (18)$$

$$\mathbf{Q}_{dd}^{(it=kon)} = \mathbf{S}^{(it=kon)} \mathbf{Q}_{dd} \left(\mathbf{S}^{(it=kon)} \right)^T, \quad (19)$$

kjer je:

$$\mathbf{S}^{(it=kon)} = \mathbf{I} - \mathbf{H}(\mathbf{H}^T \mathbf{W}^{(it=kon)} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{W}^{(it=kon)}.$$

Če obravnavamo obe komponenti vektorja premika točke hkrati, potem sta oba diagonalna elementa v matriki uteži, ki se nanašata na točko, ki se ni premaknila, enaka 1. To velja za vse elemente, ki se nanašajo na točke, ki se niso premaknile. Vsi drugi diagonalni elementi so enaki 0. Ti elementi se nanašajo na točke, ki so se premaknile, in na točke na objektu. Na koncu izvedemo testiranje stabilnosti posamezne točke po enačbi (17), le da uporabimo v izračunu vektor premika iz (18) in kovariančno matriko iz (19).

3 RAČUNSKI PRIMER

Učinkovitost deformacijske analize z robustnimi metodami prikazujemo na primeru iz literature (Mihailović in Aleksić, 1994), kjer so za obe terminski izmeri podani vhodni podatki za izravnavo in skica mreže. Isti primer smo obravnavali v vseh drugih postopkih deformacijske analize (Ambrožič, 2001; Ambrožič, 2004; Marjetič et al., 2012; Vrečko in Ambrožič, 2013; Soldo in Ambrožič, 2018), zato izravnanih koordinat ne podajamo. Pri vseh testih izberemo stopnjo značilnosti testa $\alpha = 0,05$.

V prvem koraku izravnamo meritve vsake posamezne terminske izmere posebej kot prosti mreži. Grobih pogoškov med meritvami ni, saj uporabimo simulirane meritve. Tudi drugega koraka nam mi treba opraviti, saj imamo v obeh terminskih izmerah identične točke in se rezultati izravnave nanašajo na isti geodetski datum.

Po testiranju homogenosti natančnosti meritev obravnavanih izmer, kar je tretji korak deformacijske analize in je v celoti opisano v Ambrožič, 2001, izračunamo novo oceno za referenčno varianco a posteriori $\hat{\sigma}^2 = 1,1387$. Vsi podatki za izračun so zapisani v Ambrožič (2004) ali Soldo in Ambrožič (2018).

V četrtem koraku izračunamo vektor premikov $\mathbf{d}$ in pripadajočo kovariančno matriko premikov $\mathbf{Q}_{dd}$.

Deformacijsko analizo nadaljujemo s petim korakom, to je z izračunom komponente vektorja premika $\mathbf{d}$ z metodo iterativnega prilagajanja uteži s transformacijo S . Na začetku iterativnega procesa izračunamo matriko uteži po enačbi (5) in vektor premikov po enačbi (1). V naslednjih korakih izračunamo kom-

ponento vektorja premika po enačbi (6). Matriko transformacije S po enačbi (7) izračunamo z matriko uteži $W^{(it+1)}$, njene elemente na diagonali izračunamo z utežnimi funkcijami z enačbami v preglednici 1. Iteracijski proces prekinemo, ko je izpolnjen pogoj (8). V vseh primerih izračunov komponent vektorja premikov z različnimi utežnimi funkcijami smo uporabili isto mejo prekinitve iteracijskega procesa $\delta = 0,0001$ m. Po prekinitvi iteracijskega procesa izračunamo kovariančno matriko po enačbi (15) in izvedemo testiranje stabilnosti posamezne komponente vektorja premika točke geodetske mreže tako, da izračunamo testno statistiko po enačbi (17) in jo primerjamo s kritično vrednostjo, ki je v vseh primerih izračunov komponent premika z različnimi utežnimi funkcijami enaka $F_{f, b_i, 1-\alpha} = 4,001$ ($f = 60, b_i = 1$). V preglednici 2 prikazujemo rezultate po zadnji iteraciji (d_y, d_x), zapišemo še dolžino vektorja premika točke, ki ga izračunamo po enačbi (11).

Preglednica 2: Izračunani premiki točk, če jih obravnavamo po komponentah premika točke, in izračunani premiki točk, če naenkrat izračunamo vektor premika za posamezno točko. Na obarvanem polju so zapisani statistično značilni premiki.

točka	premik [mm]	it _{kon}	koordinatno skupno	simulirano		ocena L ₁		ocena L ₁ – L ₂		ocena L _p v = 1,2		Huberjeva ocena c = 1,3450		modificirana Huberjeva ocena c = 1,2107		Fairvoa ocena c = 1,998		Chauchyjeva ocena c = 2,3849		Welscheva ocena c = 4,6851		Tukeyjeva ocena c = 4,6851		German-McClurejeva ocena		Hampelova ocena a = 1,5 b = 3 c = 6		danska ocena c = 3		končno		
				dy dx	s	dy dx	s	dy dx	s	dy dx	s	dy dx	s	dy dx	s	dy dx	s	dy dx	s	dy dx	s	dy dx	s	dy dx	s	dy dx	s	dy dx	s			
1	dy	-20.0	-18.4	-10.8		-14.6		-14.5		-14.4		-11.6		-17.5		-19.4		-19.4		-10.8		-19.4		-19.4		-19.4		-19.4		-19.4		-19.4
	dx	-34.6	-38.1	-44.1		-37.0		-37.7		-37.6		-37.5		-37.7		-37.6		-37.5		-44.1		-37.5		-37.5		-37.5		-37.5		-37.5		-37.5
	s	40.0	42.3	42.9	45.4	45.4	39.8	41.8	40.4	41.1	40.3	41.3	39.3	40.6	41.5	41.9	42.3	42.3	42.3	42.3	45.5	45.4	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	
2	dy	-30.0	-37.1	-29.5		-33.3		-33.2		-33.1		-30.3		-36.2		-38.1		-38.1		-29.5		-38.1		-38.1		-38.1		-38.1		-38.1		-38.1
	dx	52.0	50.0	51.8		53.7		53.0		53.1		55.3		50.7		49.4		49.4		51.8		49.5		49.5		49.5		49.5		49.5		49.5
	s	60.0	62.3	62.0	59.6	59.6	63.2	62.5	62.5	62.3	62.6	62.4	61.1	62.6	62.3	62.4	62.4	62.4	62.4	59.6	59.6	62.5	62.5	62.4	62.5	62.5	62.4	62.5	62.4	62.5	62.5	
3	dy	25.0	21.4	22.0		22.9		23.0		23.0		24.0		22.0		21.4		21.4		22.0		21.4		21.4		21.4		21.4		21.4		21.4
	dx	-43.3	-42.2	-35.8		-37.1		-37.7		-37.6		-34.1		-41.4		-43.5		-43.5		-35.8		-43.5		-43.5		-43.5		-43.5		-43.5		-43.5
	s	50.0	47.3	48.3	42.0	42.0	43.6	46.4	44.2	46.6	44.1	46.5	41.7	45.0	46.9	47.8	48.5	48.5	48.5	48.5	42.0	42.0	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	
4	dy	0.0	0.0	-4.0		0.0		0.1		0.1		-0.2		0.5		0.7		0.7		-4.0		0.7		0.7		0.7		0.7		0.7		0.7
	dx	0.0	1.8	5.1		5.9		5.2		5.4		8.0		2.5		0.9		0.9		5.1		1.0		1.0		1.0		1.0		1.0		1.0
	s	0.0	1.8	0.8	6.5	6.5	5.9	2.7	5.2	2.9	5.4	3.0	8.0	4.5	2.6	1.8	1.2	1.2	1.2	6.5	6.5	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
5	dy	0.0	-1.6	-6.4		-1.9		-1.8		-1.8		-2.3		-1.1		-0.8		-0.8		-6.4		-0.8		-0.8		-0.8		-0.8		-0.8		-0.8
	dx	0.0	-2.7	-7.1		-1.1		-1.8		-1.7		-1.1		-2.2		-2.3		-2.3		-7.1		-2.3		-2.3		-2.3		-2.3		-2.3		-2.3
	s	0.0	3.1	3.4	9.6	9.6	2.2	2.9	2.5	2.4	2.4	2.3	2.6	2.3	2.5	2.3	2.5	2.5	2.5	9.6	9.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	
6	dy	0.0	0.4	3.3		2.6		2.7		2.8		4.4		1.1		0.0		0.0		3.3		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
	dx	0.0	0.0	-10.6		-0.4		-1.1		-1.0		-2.2		0.3		1.3		1.3		-10.6		1.3		1.3		1.3		1.3		1.3		1.3
	s	0.0	0.4	0.0	11.1	11.1	2.6	0.8	2.9	1.4	2.9	1.4	4.9	2.1	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	11.1	11.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
7	dy	25.0	24.1	25.5		25.8		25.9		26.0		27.2		24.8		24.0		24.0		25.5		24.0		24.0		24.0		24.0		24.0		24.0
	dx	43.3	42.9	40.8		45.3		44.6		44.7		45.8		43.5		42.9		42.9		40.8		42.9		42.9		42.9		42.9		42.9		42.9
	s	50.0	49.2	48.6	48.1	48.1	52.1	49.8	51.6	50.3	51.7	50.3	53.3	51.2	50.0	49.6	49.1	49.1	49.1	49.1	48.1	48.1	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	

legenda:

uporabljene ocene za izračun končnih vrednosti premikov
premik je statistično značilen

Podatki o premikih točk po komponentah in skupnih premikih so podani numerično v preglednici 2, statistično značilni premiki po komponentah in statistično značilni skupni premiki so označeni z barvno podlago, in grafično na sliki 1.

3.1 Komentar rezultatov – premiki točk po koordinatnih komponentah

V izračunu utežne funkcije z oceno L_1 za komponente vektorja premika točke po enačbi iz srednjega stolpca v preglednici 1 težavo nedoločenosti rešimo na oba predlagana načina. Če v enačbi (9a) uporabimo vrednosti za ε med 0,0001 m in 0,000001 m, ali če uporabimo enačbo (10), se vrednosti za skupen premik točke ne razlikujejo za več kot desetinko milimetra, različno je le število korakov iteracijskega procesa (kar zaradi današnjih procesorjev ni pomembno).

Če izračunamo utežne funkcije z oceno L_1-L_2 za komponente vektorja premika točke po enačbi v preglednici 1, se dobljeni rezultati precej razlikujejo od simuliranih. Po tej oceni dobimo, da sta se premaknili tudi točki 5 in 6, kar se ne ujema s simuliranimi rezultati.

V izračunih utežne funkcije z oceno L_p za komponente vektorja premika točke po enačbi v preglednici 1 uporabimo različne vrednosti eksponenta ν . Če uporabimo za vrednost $\nu = 1,1$ ali $\nu = 1,2$, dobimo vrednost za komponento vektorja premika točke največ 6,2 mm drugačno od simulirane (navedena vrednost velja za komponento x točke 3), vendar po testiranju stabilnosti posamezne komponente za vse točke pravilno potrdimo simulirani premik oziroma stabilnost točke. Če pa izračunamo utežno funkcijo z eksponentom $\nu \geq 1,3$, pa trditev po testiranju stabilnosti posamezne komponente ni vedno pravilna glede na simuliran premik. Če v enačbi (9b) uporabimo vrednosti za ε med 0,0001 m in 0,000001 m, ali če uporabimo enačbo (10), se vrednosti za skupen premik točke razlikujejo kvečjemu za 0,0001 m, različno je le število korakov iteracijskega procesa.

S Huberjevo oceno za komponente vektorja premika točke po enačbi v preglednici 1 dobimo največjo razliko 5,6 mm v vrednosti za komponento x vektorja premika točke 3, če v izračunu utežne funkcije uporabimo $c = 1,3450$ oziroma $c = 2,0$, razlike na drugih točkah so manjše. Ne glede na vrednost c pa za točko 4 velja, da po testiranju stabilnosti posamezne komponente dobimo, da se je točka premaknila, kar je drugače glede na simulirano stanje.

Podobne rezultate kot s Huberjevo oceno dobimo tudi z modificirano Huberjevo oceno za komponente vektorja premika točke po enačbi v preglednici 1. Največjo razliko 5,7 mm dobimo v vrednosti za komponento x vektorja premika točke 3, če v izračunu utežne funkcije uporabimo $c = 1,2107$, $c = 1,339$ oziroma $c = 1,5$, razlike na drugih točkah so manjše. Za točko 4 po testiranju stabilnosti posamezne komponente spet dobimo, da se je točka premaknila, kar je drugače glede na simulirano stanje. Če v enačbi (9c) uporabimo vrednosti za ε med 0,0001 m in 0,000001 m, ali če uporabimo enačbo (10), vedno dobimo enake rezultate, enako je celo število korakov iteracijskega procesa.

Z uporabo Fairrove ocene za komponente vektorja premika točke po enačbi v preglednici 1 dobimo precej podobne rezultate, kot jih dobimo s Huberjevo oceno. Točka 4 ponovno izkazuje neskladje s simulirano stabilnostjo.

Chauchyjeva, Welscheva in Tukeyjeva ocena za komponente vektorja premika točke po enačbah v preglednici 1 dajo podobne rezultate simuliranim. Potrjena je stabilnost točk 4, 5 in 6 ter nestabilnost točk 1, 2, 3 in 7.

Po testiranju stabilnosti posamezne komponente z German-McClurejevo oceno za komponente vektorja premika točke po enačbah v preglednici 1 se za točki 5 in 6 rezultat ne ujema glede s simuliranim stanjem.

Če uporabimo različne konstante (Erenoglu, 2018; Banaś, 2017; Labant et al., 2011) v Hampelovi oceni za komponente vektorja premika točke po enačbi v preglednici 1, dobimo precej podobne rezultate – izračunane komponente premikov se razlikujejo za največ 3,6 mm, izračunani premiki pa 2,5 mm. Potrjena je stabilnost točk 4, 5 in 6 ter nestabilnost točk 1, 2, 3 in 7. Zelo podobne rezultate, dobljene s Hampelovo oceno, dobimo tudi z dansko oceno za komponente vektorja premika točke po enačbah v preglednici 1.

3.2 Komentar rezultatov – skupni premik točk

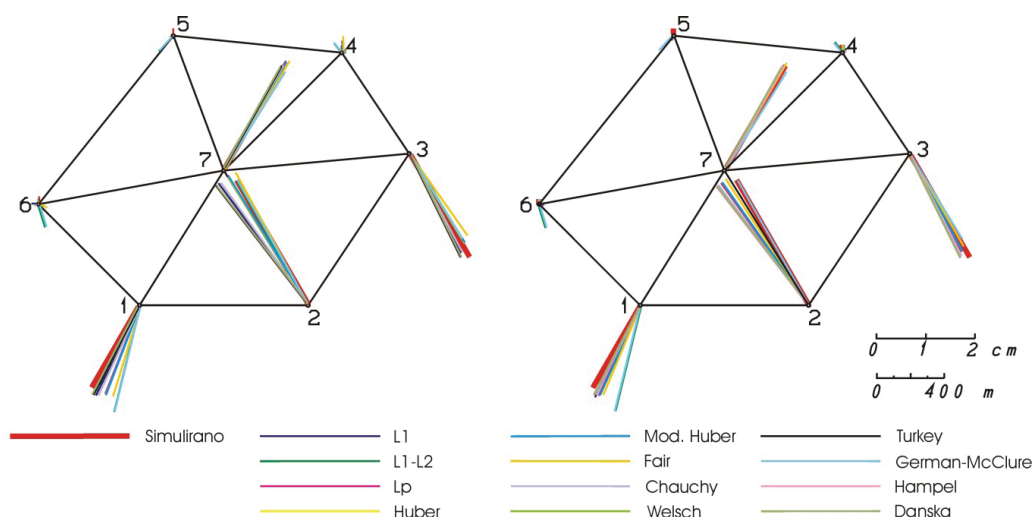
V petem koraku deformacijske analize pa lahko naenkrat izračunamo vektor premika za posamezno točko $\mathbf{d}$ z metodo iterativnega prilagajanja uteži s transformacijo S . Ves izračun naredimo popolnoma enako, kot opisan postopek izračuna vektorja premika po komponentah, le za izračun diagonalnih elementov matrike $\mathbf{W}$ uporabimo utežne funkcije iz desnega stolpca namesto iz srednjega stolpca v preglednici 1 in izračunano testno statistiko po enačbi (17) primerjamo s kritično vrednostjo, ki je v vseh primerih izračunov vektor premika za posamezno točko z različnimi utežnimi funkcijami enaka $F_{f, b_i, 1-\alpha} = 3,150$ ($f = 60, b_i = 2$). V preglednici 2 prikazujemo rezultate po zadnji iteraciji v stolpcih z oznako s .

Rezultati testiranja premikov točk, ki jih izračunamo z različnimi ocenami M oziroma z različnimi utežnimi funkcijami, so med seboj podobni, saj pravilno določijo, katere točke so se statistično značilno premaknile, le ocena L_1 – L_2 in German-McClurejeva ocena za premik točke napačno določita, da so se točke 4, 5 in 6 statistično značilno premaknile. Tudi sicer dobimo s tema dvema ocenama zelo podobne rezultate. Če pa primerjamo velikosti izračunanih premikov točk in ne upoštevamo rezultatov ocene L_1 – L_2 in German-McClurejeve ocene, saj dobimo z njima najslabše rezultate, lahko rečemo, da dobimo največjo razliko glede na simulirane premike z oceno L_1 (za točke 1, 5 in 7) in Fairovo oceno (za točke 2, 3, 4 in 6).

Če za rešitev težave nedoločenosti v izračunu utežne funkcije z oceno L_1 za vektorja premika točke uporabimo v enačbah (14a), (14b) ali (14c) vrednosti za ε med 0,0001 m in 0,000001 m, se vrednosti za skupen premik točke razlikujejo kvečjemu za 0,0001 m, različno je tudi število korakov iteracijskega procesa.

Na sliki 1 grafično prikazujemo izračunane premike točk najprej, če jih obravnavamo po komponentah (zgoraj), in nato, če naenkrat izračunamo vektor premika. Ob izbiri ustreznega merila in različnih barv lahko že iz grafičnega prikaza prepoznamo:

- izračunani premiki po komponentah se na simulirano nestabilnih točkah (1, 2, 3 in 7) ne bistveno razlikujejo,
- izračunani skupni premiki se na simulirano nestabilnih točkah (1, 2, 3 in 7) ne bistveno razlikujejo,
- za izračun premikov po komponentah dajejo na simulirano nestabilnih točkah vse metode podobne rezultate, dovolj dobre, da je odločitev o nestabilnosti lahka,
- evidentna je napačno ugotovljena nestabilnost točk 4, 5 in 6 za ocene L_1 – L_2 , German-McClurejevo oceno ter nestabilnost točke 4 tudi za Huberjevo, modificirano Huberjevo in Fairovo oceno.



Slika 1: Levo: izračunani premiki točk, če jih obravnavamo po komponentah premika točke; desno: izračunani premiki točk, če naenkrat izračunamo vektor premika za posamezno točko.

3.3 Končni premiki točk

V zadnjem, šestem koraku deformacijske analize opravimo testiranje stabilnosti posamezne komponente oziroma naenkrat obeh komponent vektorja premika točke geodetske mreže. Sestavimo testno statistiko po enačbi (17) z izračunanim $\mathbf{d}^{(it=kon)}$ – enačba (18) in $\mathbf{Q}_{dd}^{(it=kon)}$ – enačba (19). Končne rezultate podajamo v preglednici 2 (zadnji stolpec – končno). Izračunane končne premike točk, če jih obravnavamo po komponentah premika točke, zapišemo pod d_y, d_x , če pa jih naenkrat izračunamo, jih zapišemo pod s .

Če za izračun premikov (in pripadajočih kovariančnih matrik premikov) uporabimo tiste ocene M , ki dajo enak rezultat po testiranju premikov (ocena L_1 in L_p , Chauchyjeva, Welscheva, Tukeyjeva, Hampelova in danska ocena za komponente vektorja premika točke ter ocena L_1 in L_p , Huberjeva, modificirana Huberjeva, Fairova, Chauchyjeva, Welscheva, Tukeyjeva, Hampelova in danska ocena za premik točke), izračunamo z vsemi ocenami popolnoma enake rezultate za vrednosti komponent premikov, vrednosti premikov in rezultate po testiranju premikov. Z drugimi ocenami (ki jih v prejšnjem stavku nismo navedli), s katerimi dobimo drugačne rezultate po testiranju premikov, pa se rezultati za vrednosti komponent premikov pričakovano razlikujejo od simuliranih.

4 SKLEP

V članku podrobno opisujemo postopek deformacijske analize z robustnimi metodami. Geodetski datum moramo v izravnavi terminske izmere izbrati tako, da ga določajo samo stabilne referenčne točke. Le tako lahko primerjamo koordinate točk različnih terminskih izmer med seboj in določamo njihove premike. Če geodetski datum določajo tudi nestabilne referenčne točke, kar se v praksi lahko zgodi, rešitev ni primerljiva, saj ne moremo med seboj primerjati koordinat točk in določati premikov točk, ki se nanašajo na različne geodetske datume. Težavo zaradi zahteve, da morajo geodetski datum določati samo stabilne referenčne točke, rešimo z robustnimi metodami, ko nestabilne referenčne točke obravnavamo kot grobo

pogrešene meritve v modelu. Rezultat uporabe robustnih metod zagotavlja, da je tako določeni datum robusten glede na referenčne točke, ki so se statistično premaknile (Chen, 1983).

Za izračun vrednosti elementov na diagonali matrike uteži, ki jo potrebujemo za izračun matrike transformacije S , smo uporabili različne utežne funkcije. Vse utežne funkcije smo izračunali z dvema različnima načinoma obravnavanja premikov, in sicer smo najprej uporabili posamezne komponente vektorja premika točke in nato skupen premik točke. Izračune smo naredili z različnimi konstantami v Huberjevi, modificirani Huberjevi, Fairovi, Chauchyjevi, Welschevi, Tukeyjevi, Hampelovi in danski oceni, ki smo jih zasledili v literaturi in so jih predlagali avtorji prispevkov. Tudi težavo v točki nedoločenosti pri uporabi nekaterih utežnih funkcij (oceni L_1 in L_p ter modificirana Huberjeva ocena) smo reševali na tri različne načine.

Z oceno L_1 , L_p ali Chauchyjevo, Welschevo, Tukeyjevo, Hampelovo ali dansko oceno za komponente vektorja premika točke smo dobili zelo podobne rezultate in pravilno trditev o stabilnosti posamezne točke. Ko smo ugotavljali stabilnost referenčnih točk z oceno L_1 , L_p ali Huberjevo, modificirano Huberjevo, Fairovo, Chauchyjevo, Welschevo, Tukeyjevo, Hampelovo ali dansko oceno, če smo naenkrat izračunali skupen premik točke, smo tudi dobili zelo podobne rezultate. Z naštetimi metodami smo dobili rezultate, ki so podobni simuliranim, torej izhodiščnim rezultatom, pa tudi rezultatom, ki jih dobimo z drugimi metodami deformacijske analize, pri katerih se uporablja kongruenčni model (Hannover, Karlsruhe, Delft, Fredericton in München).

Prav tako so si bili rezultati zelo podobni, če smo za izračun utežnih funkcij uporabili različne konstante.

Pri uporabi različnih načinov reševanja težave v točki nedoločenosti, ki nastopi pri nekaterih ocenah, smo prišli do spoznanja, da po vseh načinih dobimo zelo podobne rezultate.

ZAHVALA

Prispevek je nastal v okviru raziskovalnega programa *Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije (P2-0227)*, ki ga sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije – ARRS iz državnega proračuna.

Literatura in viri:

- Ambrožič, T. (2001). Deformacijska analiza po postopku Hannover. *Geodetski vestnik*, 45 (1-2), 38–53. <http://www.geodetski-vestnik.com/45/gv45-12.pdf>, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Ambrožič, T. (2004). Deformacijska analiza po postopku Karlsruhe. *Geodetski vestnik*, 48 (3), 315–331. http://www.geodetski-vestnik.com/56/1/gv56-1_009-026.pdf, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Amiri-Simkooei, A. R., Alaei-Tabatabaei, S. M., Zangeneh-Nejad, F., Voosoghi, B. (2017). Stability Analysis of Deformation-Monitoring Network Points Using Simultaneous Observation Adjustment of Two Epochs. *Journal of Surveying Engineering*, 143 (1), 1–16. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000195](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000195)
- Andrews, D. F. (1974). A Robust Method for Multiple Linear Regression. *Technometrics*, 16 (4), 523–531. DOI: <https://doi.org/10.1080/00401706.1974.10489233>
- Banaš, M. (2017). Application of Robust Estimation Methods to Displacements Determination in Geodetic Control Network of Dam. *Baltic Geodetic Congress*, 22–25 June 2017, Gdansk (str. 89–94). DOI: <https://doi.org/10.1109/BGC.GEOMATICS.2017.42>
- Berné-Valero, J. L., Baselga, S. (2005). Robust estimation in geodetic networks. *Física de la Tierra*, 17, 7–22. <http://revistas.ucm.es/index.php/FITE/article/view/FITE0505110007A>, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Bogatin, S., Kogoj, D. (2006). Pregled modelov vrednotenja geodetskih kontrolnih meritev. *Geodetski vestnik*, 50 (2), 201–210. http://www.geodetski-vestnik.com/50/2/gv50-2_201-210.pdf, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Caspary, W. F. (1988). *Concepts of Network and Deformation Analysis*. Kensington: The University of New South Wales, School of Surveying.
- Caspary, W. F., Haen, W., Borutta, H. (1990). *Deformation Analysis by Statistical*

- Methods. *Technometrics*, 32 (1), 49–57. DOI: <https://doi.org/10.1080/00401706.1990.10484592>
- Chen, Y. Q. (1983). *Analysis of Deformation Surveys – A Generalized Approach*. Doktorska disertacija. Fredericton: University of New Brunswick, Department of Geodesy and Geomatics Engineering. <http://www2.unb.ca/gge/Pubs/TR94.pdf>, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Chen, Y. Q., Chrzanowski, A., Secord, J. M. (1990). A strategy for the analysis of the stability of reference points in deformation surveys. *CISM Journal ACSGC*, 44 (2), 141–149. https://www.researchgate.net/publication/296725463_A_strategy_for_the_analysis_of_the_stability_of_reference_points_in_deformation_surveys, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Chrzanowski, A., Chen, Y. Q., Secord, J. M. (1986). Geometrical analysis of deformation surveys. VY. Bock (ur.), *Proceedings of the Deformation Measurements Workshop*, 31 October–1 November, Boston (str. 170–206). Boston: Massachusetts Institute of Technology. <http://www2.unb.ca/ccge/publications/downloads/CCGE%20-%201986%20-%20Geometrical%20analysis%20of%20deformation%20surveys.pdf>, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Erenoglu, R. C. (2018). A Novel Robust Scaling for EDM Calibration Baselines using Monte Carlo Study. *Tehnički vjesnik*, 25 (1), 92–99. DOI: <https://doi.org/10.17559/TV-20160407214150>
- Frankić, K. (2012). Analiza deformacij s Helmertovo transformacijo. *Geodetski vestnik*, 56 (1), 27–40. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2012.01.027-040>
- Gašinec, J., Gašincová, S. (2016). Landslide deformation analysis based on robust M-estimations. *Inżynieria Mineralna*, 17 (1), 171–176. http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-d7a8f9e5-23dd-4ee5-8216-aa3565d34b65/c/IM_1-2016-a25.pdf, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Grigillo, D., Stopar, B. (2003). Metode odkrivanja grobih pogreškov v geodetskih opazovanjih. *Geodetski vestnik*, 47 (4), 387–403. http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_387-403.pdf, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Hassan, K. M. Z. (2016). Comparative Evaluation Among Various Robust Estimation Methods in Deformation Analysis. *Spatial Information Research*, 24 (4), 485–492. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41324-016-0047-5>
- Labant, S., Weiss, G., Kukučka, P. (2011). Robust adjustment of a geodetic network measured by satellite technology in the Dargovských Hrdinov suburb. *Acta Montanistica Slovaca*, 16 (3), 229–238. https://www.researchgate.net/publication/268408359_Robust_adjustment_of_a_geodetic_network_measured_by_satellite_technology_in_the_Dargovskych_Hrdinov_suburb, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Lim, M. C., Setan, H. (2014). A Practical Deformation Monitoring Procedure and Software System for CORS Coordinate Monitoring. V *FIG Congress 2014, Engaging the Challenges – Enhancing the Relevance*, 16.–21. junij 2014, Kuala Lumpur, Malezija (str. 1–22). https://www.fig.net/resources/monthly_articles/2014/april_2014/lim_setan_april_2014.pdf, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Marjetič, A., Regar, K. (2016). Določitev primernega geodetskega datuma z uporabo robustnih statističnih metod. *Geodetski vestnik*, 60 (2), 212–226. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.212-226>
- Marjetič, A., Stopar, B. (2007). Geodetski datum in S-transformacija. *Geodetski vestnik*, 51 (3), 549–564. http://www.geodetski-vestnik.com/51/3/gv51-3_549-564.pdf, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Marjetič, A., Zemljak, M., Ambrožič, T. (2012). Deformacijska analiza po postopku Delft. *Geodetski vestnik*, 56 (1), 9–26. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2012.01.009-026>
- Van Mierlo, J. (1978). A testing procedure for analysing geodetic deformation measurements. V L. Hallermann (ur.), *Proceedings of the II. International Symposium on Deformation Measurements by Geodetic Methods*, Bonn, Germany (str. 321–353). Stuttgart: Konrad Wittwer.
- Mihailović, K., Aleksić, I. (1994). *Deformaciona analiza geodetskih mreža*. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Institut za geodeziju.
- Nowel, K. (2015). Robust M-Estimation in Analysis of Control Network Deformations: Classical and New Method. *Journal of Surveying Engineering*, 141 (4), 1–10. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000144](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000144)
- Nowel, K. (2016). Investigating efficacy of robust M-estimation of deformation from observation differences. *Survey Review*, 48 (346), 21–30. DOI: <https://doi.org/10.1080/00396265.2015.1097585>
- Ogundare, J. O. (2016). *Precision Surveying: The Principles and Geomatics Practice*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Pardoe, I., Simon, L., Young, D. (2018). Regression Methods, Lesson 13: Weighted Least Squares & Robust Regression, 13.3 – Robust Regression Methods. State College: The Pennsylvania State University, Department of Statistics Online Programs. <https://newonlinecourses.science.psu.edu/stat501/node/353/>, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Pennacchi, P. (2008). Robust estimate of excitations in mechanical systems using M-estimators – Theoretical background and numerical applications. *Journal of Sound and Vibration*, 310 (4–5), 923–946. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2007.08.007>
- Savšek, S. (2017). Alternativna metoda testiranja premikov v geodetski mreži. *Geodetski vestnik*, 61 (3), 387–411. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.03.387-411>
- Savšek-Safić, S., Ambrožič, T., Stopar, B., in Turk, G. (2006). Determination of Point Displacements in the Geodetic Network. *Journal of Surveying Engineering*, 132 (2), 58–63. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(2006\)132:2\(58\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(2006)132:2(58))
- Setan, H., Singh, R. (2001). Deformation analysis of a geodetic monitoring network. *Geomatica*, 55 (3), 333–346. <http://eprints.utm.my/id/eprint/1191/1/2001-geomatica.pdf>, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Sisman, Y. (2010). Outlier measurement analysis with the robust estimation. *Scientific Research and Essays*, 5 (7), 668–678. http://www.academicjournals.org/article/article1380536697_Sisman.pdf, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Soldo, J., Ambrožič, T. (2018). Deformacijska analiza po postopku München. *Geodetski vestnik*, 62 (3), 392–412. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.392-414>
- Sušić, Z., Batilović, M., Ninkov, T., Bulatović, V., Aleksić, I., Nikolić, G. (2017). Geometric deformation analysis in free geodetic networks: case study for Fruska Gora in Serbia. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 14 (3), 341–355. DOI: <https://doi.org/10.13168/AGG.2017.0017>
- Taşçi, L. (2008). *Dam Deformation Measurements with GPS*. Geodezija ir Kartografija,

- 34 (4), 116–121. DOI: <https://doi.org/10.3846/1392-1541.2008.34.116-121>
- Tašči, L. (2010). Analysis of dam deformation measurements with the robust and non-robust methods. *Scientific Research and Essays*, 5 (14), 1770–1779. http://www.academicjournals.org/article/article1382947377_Tasci.pdf, pridobljeno 5. 5. 2018.
- Vrečko, A., Ambrožič, T. (2013). Deformacijska analiza po postopku Fridericton. *Geodetski vestnik*, 57 (3), 479–497. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2013.03.479-497>

Welsch, W. M., Heunecke, O. 2001, Models and terminology for the analysis of geodetic monitoring observations, Official report of the Ad-Hoc committee of FIG Working Group 6.1. V The 10th FIG International Symposium on Deformation Measurements, 19.–22. marec 2001, Orange, Kalifornija, ZDA (str. 390–412). https://www.fig.net/resources/proceedings/2001/com6_orange_2001/pdf/Session%20XI_Paper%201.pdf, pridobljeno 5. 5. 2018.



Ambrožič T., Mulahusić A., Tuno N., Topoljak J., Hajdar A., Kogoj D. (2019). Deformacijska analiza v geodetskih mrežah z robustnimi metodami. *Geodetski vestnik*, 63 (2), 163–178.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.163-178>

**izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič, univ. dipl. inž. geod.,
univ. dipl. inž. rud.**

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

izr. prof. dr. Admir Mulahusić, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Sarajevu, Gradbena fakulteta
Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo, Bosna in Hercegovina
e-naslov: admir_mulahusic@gf.unsa.ba

doc. dr. Nedim Tuno, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Sarajevu, Gradbena fakulteta
Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo, Bosna in Hercegovina
e-naslov: nedim_tuno@gf.unsa.ba

doc. dr. Jusuf Topoljak, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Sarajevu, Gradbena fakulteta
Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo, Bosna in Hercegovina
e-naslov: jusuf_topoljak@gf.unsa.ba

asist. mag. Amir Hajdar, univ. dipl. inf.

Univerza v Sarajevu, Gradbena fakulteta
Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo, Bosna in Hercegovina
e-naslov: amir_hajdar@gf.unsa.ba

izr. prof. dr. Dušan Kogoj, univ. dipl. inž. geod.

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

DINAMIKA IZVAJANJA ZEMLJIŠKOKATASTRSKIH POSTOPKOV GLEDE NA SPREMINJAJOČO SE ZAKONODAJO

THE DYNAMIC OF CADASTRAL PROCEDURE IMPLEMENTATION IN RELATION TO THE CHANGEABLE CADASTRAL LEGISLATION

Mateja Krivic, Miran Ferlan, Anka Lisec

UDK: 528.44
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
Prispelo: 12. 3. 2019
Sprejeto: 15. 5. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.179-198
REVIEW ARTICLE
Received: 12. 3. 2019
Accepted: 15. 5. 2019

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

SI | EN

IZVLEČEK

Namen prispevka je predstaviti zakonske predpise na področju zemljiškega katastra v Sloveniji od nastanka parcelno orientiranega katastra v začetku 19. stoletja do danes. Ob tem smo izpostavili bistvene značilnosti zakonodaje za posamezno obdobje, pri čemer smo se osredotočili predvsem na zahtevane vsebine dokumentacije o zemljiškokatastrskih postopkih. V raziskavi smo preučevali vrste zemljiškokatastrskih postopkov, ki so se izvajali v obravnavanih obdobjih. Želeli smo preučiti dinamiko izvajanja katastrskih postopkov v odvisnosti od veljavne zakonodaje in za študijsko območje izbrali 67 katastrskih občin v osrednji Sloveniji, ki pripadajo geodetskima pisarnama Trbovlje in Litija. Na izbranem območju smo analizirali številčnost izvedbe zemljiškokatastrskih postopkov, pri izbranih katastrskih občinah pa smo še podrobneje analizirali vrste zemljiškokatastrskih postopkov. Ugotovljeno je bilo, da je dinamika izvajanja zemljiškokatastrskih postopkov zelo različna po obdobjih. Pregled vsebine elaboratov je nadalje pokazal izredno razliko med posameznimi obdobji, zanimivo pa je, da se velike razlike pojavijo tudi med različnimi izvajalci/geodeti. Poznavanje teh posebnosti je izrednega pomena za pravilno uporabo arhivskih zemljiškokatastrskih virov pri zemljiškokatastrskih storitvah.

ABSTRACT

The objective of this paper is to present the land cadastre legal framework in Slovenia from the very beginning of the parcel-oriented land cadastre at the beginning of the 19th century to the present. The essential characteristics of legal regulations have been highlighted for each period, focusing primarily on the content requirements for the cadastral documentation – field books. Within our research, we have further investigated the types of land cadastre procedures that were carried out during the studied periods. Aiming to study the dynamics of the execution of the cadastral procedures in dependence on the legislation framework, that is the period, we selected 67 cadastral municipalities in central Slovenia belonging to the state geodetic offices of Trbovlje and Litija. For each study period, which was defined based on the study of cadastral legislation, the number of the cadastral procedures were analysed – classified according to their type. Furthermore, a detailed analysis of cadastral documentation was performed for the selected cadastral municipalities. It has been shown, that the dynamics of the execution of the cadastral procedures varies in the terms of studied periods. The review of the contents of the documentation further showed a remarkable difference between periods, and it is interesting that significant differences occur among the various surveyors. This knowledge is crucial for the proper use of archival cadastral resources within cadastral procedures.

KLJUČNE BESEDE

zemljiški kataster, zemljiškokatastrski postopki, zakonodaja, elaborat, evidenca elaboratov, EVELA, Slovenija

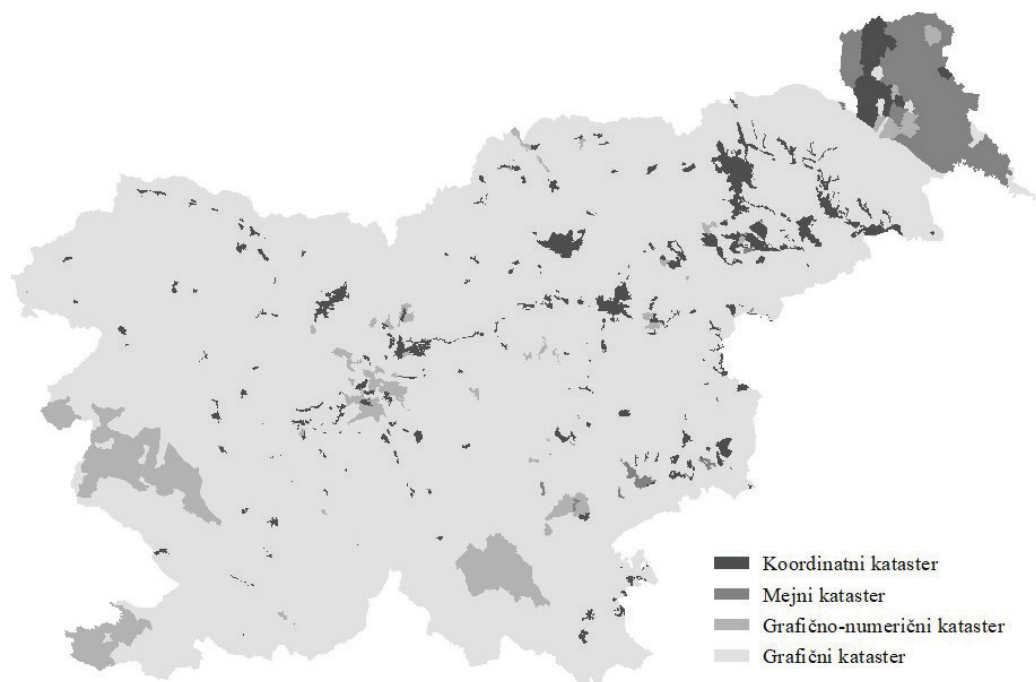
KEY WORDS

land cadastre, cadastral procedures, legislation, field book, field book database, EVELA, Slovenia

1 UVOD

Zemljiški kataster, kot ga poznamo danes, se je razvijal več tisočletij. Načrti zemljišč v različnih zgodovinskih obdobjih izkazujejo takratno človeško predstavo o okolju in pomenu zemljišč v družbi. Popisi in načrti zemljišč so kmalu postali temelj za obdavčevanje zemljišč in tudi varovanje lastništva, saj so bili zakonito izdelani, javno priznani in zelo spoštovani (Williamson et al., 2010). Zaradi raznoliklega družbenega in gospodarskega razvoja so se v svetu razvili različni katastrski sistemi (Korošec, 1987; Ferlan, 2005).

V Sloveniji segajo začetki parcelno orientiranega zemljiškega katastra, ki ga priporoča mednarodni standard za zemljiško administracijo ISO LADM (ISO, 2012; glej tudi Steudler, 2014; Zupan et al., 2014), v začetek 19. stoletja. Po obsežnih pripravah je bil leta 1817 sprejet Zakon o zemljiškem davku (nem. Grundsteuerpatent), s katerim je bila v delih avstrijskega cesarstva uzakonjena vzpostavitev stabilnega (davčnega) katastra, kasneje imenovanega franciscejski kataster. Na podlagi sprejete zakonodaje je bil med letoma 1818 in 1828 izmerjen pretežen del današnje Slovenije, z izjemo manjšega dela Primorske, kjer je bila izmera izvedena pod francosko okupacijo v letih 1811 in 1813, ter Prekmurja, kjer je bila izmera izvedena med letoma 1856 in 1861 v okviru katastrske izmere ogrskega dela avstrijskega cesarstva (Mlakar, 1986; Zupančič, 1991; Triglav, 2003; Ferlan, 2005; Lisec in Ferlan, 2017). Izvirni načrti in opisni podatki zemljiškega katastra so se vzdrževali in posodabljali z bolj ali manj kompleksnimi katastrskimi postopki. Danes je podatkovna zbirka zemljiškega katastra sestavljena iz zadnjih vpisanih podatkov o zemljiščih ter zbirke listin in podatkov, ki omogočajo zgodovinski pregled sprememb (ZEN, 2006). V zbirko listin uvrščamo posamezne elaborate, na podlagi katerih so bile v zemljiškem katastru izvedene spremembe, hranijo se v fizični in elektronski obliki.



Slika 1: Vrsta katastra po delih katastrskih občin glede na izvor podatkov, pri čemer niso upoštewane posamezne individualne meritve (vir podatkov: Geodetska uprava RS, 2019).

Sistematično posodabljanje zemljiškega katastra se je pričelo šele leta 1883 z uveljavitvijo Zakona o vzdrževanju zemljiškega katastra (nem. *Evidenzhaltungsgesetz*), s čimer sta se uvedla tudi sledljivost in zgodovinski pregled sprememb v katastru. Glavni razlogi za tako imenovane katastrske postopke so bili že od vsega začetka bodisi izboljšanje podatkov zemljiškega katastra o poteku parcelne meje bodisi katastrske preureditve (Lisec in Navratil, 2014). Kljub posodabljanju podatkov velja, da v Sloveniji večina podatkov zemljiškega katastra, predvsem na ruralnih območjih, še vedno temelji na podatkih prve grafične izmere iz 19. stoletja (slika 1). Namen prispevka je predstaviti zakonske predpise na področju zemljiškega katastra v Sloveniji od samega nastanka parcelno orientiranega katastra v začetku 19. stoletja, s poudarkom na vrstah zemljiškokatastrskih postopkov in vsebini katastrske dokumentacije. Dodatno smo preučevali dinamiko izvajanja katastrskih postopkov v odvisnosti od veljavne zakonodaje.

2 METODE IN MATERIALI

Pregled zakonodaje na področju zemljiškega katastra v Sloveniji začenjamo z vzpostavitev franciscejskega katastra. Analizo zemljiškokatastrskih postopkov smo izvedli za obdobje po letu 1883, ko se je za vsak zemljiškokatastrski postopek izdelala dokumentacija, ki jo danes poznamo pod terminom »elaborat«. Na podlagi analize sprememb zakonodaje na področju zemljiškega katastra smo obravnavano obdobje razdelili na pet delov. V posameznih obdobjih smo podrobneje analizirali vsebino dokumentacije zemljiškokatastrskih postopkov, kot so jo določali zakonski predpisi:

- prvo obdobje (1817–1927) se začne z vzpostavitev franciscejskega katastra in traja do leta 1928, ko tudi uradno na našem ozemlju preneha veljati avstrijski Zakon o vzdrževanju zemljiškega katastra (nem. *Evidenzhaltungsgesetz*) iz leta 1883;
- drugo obdobje (1928–1952), ki velja za najmanj aktivno na področju zemljiškega katastra na Slovenskem, zaznamuje sprejetje Zakona o katastru zemljišč (Zakon o katastru zemljišta 1928) v tedanji Kraljevini SHS;
- v tretjem, povojnem obdobju (1953–1973) se pomen zemljiškega katastra poveča; takrat se začnejo aktivneje izvajati postopki vzdrževanja katastra v obliki novih izmer, revizij vrst rabe, pa tudi komasacij;
- četrto obdobje (1974–1999) se začne s sprejetjem Zakona o zemljiškem katastru leta 1974, na katerega močno vplivajo avstrijske izkušnje (glej tudi Lisec in Navratil, 2014). Z novim zakonom se v katastrske postopke uvedejo upravne odločbe, s čimer so hoteli dati zemljiškemu katastru večjo pravno veljavo. Konec četrtega obdobja zemljiški kataster močno zaznamuje digitalizacija;
- peto obdobje, ki se začne s sprejetjem Zakona o evidentiranju nepremičnin, državne meje in prostorskih enot (ZENDMPE) leta 2000, prinese bistvene novosti glede načina izvajanja katastrskih postopkov pa tudi posodabljanja in shranjevanja podatkov zemljiškega katastra.

Obravnavana obdobja so približno enako dolga (20–25 let), z izjemo prvega, ki je nekoliko daljše. Posamezna obdobja s krovnimi zakoni in pravilniki na področju zemljiškega katastra so predstavljena v preglednici 1.

Preglednica 1: Zakonski predpisi in navodila na področju zemljiškega katastra v Sloveniji v preteklih dveh stoletjih.

Obdobje	Predpisi na področju zemljiškega katastra	Leto
I. obdobje (1817–1927)	Zakon o zemljiškem davku (nem. <i>Grundsteuerpatent</i>)	1817
	Navodila za katastrsko izmero (nem. <i>Katastral-Vermessungs Instruktion</i>)	1820
	Navodila za izvedbo katastrske izmere (nem. <i>Instruction zur Ausfuhrung der Katasral-Vermessung</i>)	1865
	Zakon o zemljiškem davku (nem. <i>Regelung der Grundsteuer</i>)	1869
	Zakon o vzdrževanju zemljiškega katastra (nem. <i>Evidenzhaltungsgesetz</i>)	1883
II. obdobje (1928–1952)	Zakon o zemljiškem katastru (<i>Zakon o katastru zemljišta</i>)	1928
	Pravilnik v več delih (V. del: Izdelava katastrskih načrtov in računanje površin (<i>Izrada katastarskih planova i računanje površina</i>) ter VII. del: II. poglavje za vzdrževanje katastra v občinah, kjer je kataster vzpostavljen na podlagi izmere (<i>II. odeljak za održavanje katastra u općinama, u kojima je katastar izrađen na osnovu premjera</i>))	1930
III. obdobje (1953–1973)	Uredba o zemljiškem katastru	1953
	Pravilnik za državno izmero, III. del (<i>Pravilnik za državni premjer III deo Razgraničenje i snimanje detalja i reljefa zemljišta i detaljni nivelman</i>)	1958
	Temeljni zakon o izmeritvi zemljišč in zemljiškem katastru	1965
	Uredba o izdelavi izmeritve in zemljiškega katastra in njunem vzdrževanju	1967
	Pravilnik o tehničnih predpisih za izdelavo izvirnikov načrtov in za določanje površin parcel pri izmeritvi zemljišč	1970
IV. obdobje (1974–1999)	Zakon o zemljiškem katastru	1974
	Navodilo za ugotavljanje in zamejnichenje posestnih mej	1976
	Pravilnik za katastrsko klasifikacijo zemljišč	1979
	Pravilnik o vodenju vrst rabe zemljišč v zemljiškem katastru	1982
	Navodilo o uvedbi novih katastrskih kultur v zemljiško katastrski operat	1983
	Navodilo o preoštevilčbi stavbnih parcel v zemljiškem katastru	1984
	Navodilo o prevedbi starih imen rabe zemljišč v kategorije po nomenklaturi pravilnika o vodenju vrst rabe zemljišč	1989
V. obdobje (2000–)	Zakon o evidentiranju nepremičnin, državne meje in prostorskih enot	2000
	Pravilnik o urejanju in spreminjanju mej parcel ter spreminjanju ter o evidentiranju mej parcel v zemljiškem katastru	2004
	Zakon o evidentiranju nepremičnin	2006
	Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru	2007
	Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o evidentiranju nepremičnin	2018
	Pravilnik o evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru	2018

Poleg analize vrst katastrskih postopkov in zahtev glede njihovega dokumentiranja v zemljiškem katastru je bil pomemben cilj raziskave ugotoviti, kakšna je bila dinamika zemljiškokatastrskih postopkov in kateri postopki so prevladovali v posameznem obdobju. V ta namen smo izbrali študijsko območje s 67 katastrskimi občinami v osrednji Sloveniji. Izbrane katastrske občine ležijo v občinah Trbovlje, Zagorje ob Savi, Hrastnik, Litija, Šmartno pri Litiji ter Ivančna Gorica in v okviru območne geodetske uprave Ljubljana pripadajo geodetskima pisarnama Trbovlje in Litija. Analizo zemljiškokatastrskih postopkov smo izvedli na podlagi podatkov centralne evidence elaboratov Geodetske uprave RS, ki jo v nadaljevanju

imenujemo EVELA. V tej evidenci so zbrani elaborati zemljiškokatastrskih postopkov, ki so enolično določeni z identifikacijsko številko postopka/postopkov (IDPOS) v posamezni katastrski občini. Enotna oštevilčba elaboratov se je izvedla s prehodom zbirke podatkov zemljiškega katastra iz analogne v digitalno obliko. Prehod se je izvajal postopoma, opisni del zemljiškega katastra se je tako začel digitalizirati leta 1968, končal pa leta 1979 (Kupic, Mivšek in Kogovšek, 2001). V evidenci ima vsak katastrski elaborat shranjen podatek o vrsti zemljiškokatastrskega postopka, žal pa je naveden le en zemljiškokatastrski postopek, ne glede na to, ali se elaborat nanaša na več zemljiškokatastrskih postopkov.

Na podlagi analize podatkovne zbirke EVELA torej ni mogoče neposredno ugotoviti, koliko zemljiškokatastrskih postopkov zajema en elaborat. Za postopke po letu 2000 lahko to informacijo pridobimo posredno z vpogledom v vzporedno interno podatkovno zbirko Geodetske uprave RS, kjer je za vsak elaborat navedeno število zahtevkov, pri čemer pa še vedno nimamo informacije o vrsti zemljiškokatastrskega postopka, temveč le podatek o številu zahtevkov. Dodatno se je pri pregledu elaboratov in primerjavi praks med posameznimi območnimi geodetskimi upravami (op. v Sloveniji imamo dvanajst območnih geodetskih uprav) izkazalo, da se je število zahtevkov za katastrske postopke v okviru enega elaborata določalo različno. To lahko razberemo tudi iz dokumenta Geodetske uprave RS (2006), v katerem so omenjena razhajanja glede načina obravnave zahtev in zahtevkov, še posebej to velja za obravnave odmere dolžinskih objektov. Razlogi so različni, tu velja izpostaviti, da je z zahtevami in zahtevki povezano obračunavanje upravnih taks, pri čemer je zahteva posebna vrsta vloge oziroma skupina več zahtevkov, zahtevkov pa se nanaša na posamezen zemljiškokatastrski postopek. Z drugimi besedami, zahteve so vloge, za katere organ v skladu s predpisom vodi upravni postopek glede posamezne zadeve. Na podlagi ugotovljenih dejstev je bilo določeno, da mora zahteva med drugim obsegati navedbo zahtevka, lahko obsega tudi več zahtevkov, vendar v okviru istega klasifikacijskega znaka, iste katastrske občine in istega lastninskega stanja (GURS, 2006). V raziskavi nas ni zanimalo lastniško stanje, niti število parcel, ki so bile vključene v zemljiškokatastrski postopek oziroma postopke v okviru enega elaborata, temveč le leto, v katerem se je izvedel zemljiškokatastrski postopek (ali več postopkov), in vrsta zemljiškokatastrskih postopkov v okviru enega elaborata. Informacija o številu zahtevkov, ki je na voljo za elaborate po letu 2000, ni bila zanimiva za našo raziskavo – tako zaradi zapletenosti določevanja števila zahtevkov kot tudi neprimerljivosti podatkov s starejšimi obdobji. Kljub temu smo želeli ugotoviti odstopanja med podatki zbirke EVELA in dejanskim stanjem izvedenih zemljiškokatastrskih postopkov v okviru posameznih elaboratov, tako smo izbrali dve katastrski občini, za kateri smo pregledali arhivske elaborate zemljiškega katastra in iz njih razbrali, kateri zemljiškokatastrski postopki so bili izvedeni v okviru posameznega elaborata.

Izbor katastrskih občin Jesenovo in Izlake ni naključen. Meje katastrskih občin so se namreč v preteklosti zaradi različnih razlogov spreminjale. Veliko katastrskih občin je nastalo s postopkom nove izmere, pri čemer je bil del katastrske občine, ki je bil vključen v novo izmero, oblikovan v novo katastrsko občino, preostanek katastrske občine pa je ostal v izvorni katastrski občini. Meje katastrskih občin so se lahko spreminjale tudi zaradi prilagajanja mejam upravnih občin. Poleg večjih sprememb meja katastrskih občin so se lahko izvajale manjše spremembe v obliki prenosa nekaj parcel iz ene katastrske občine v drugo. Katastrska občina Jesenovo že od uveljavitve zemljiškokatastrskih postopkov leta 1883 ohranja svoj obseg. Katastrska občina Izlake pa je nastala z odcepitvijo od katastrskih občin Ržiše, Kolovrat, Hrastnik pri Trojanah in Brezje leta 1973, to je med izvajanjem nove izmere na tem območju.

3 ZEMLJIŠKOKATASTRSKA ZAKONODAJA NA SLOVENSKEM

3.1 Od vzpostavitve franciscejskega katastra do leta 1927

3.1.1 Prve zakonske podlage zemljiškega katastra (1817–1927)

Za uradni začetek parcelnega zemljiškega katastra na našem ozemlju praviloma navajamo datum 23. 12. 1817, ko je bil sprejet Zakon o zemljiškem davku (nem. *Grundsteuerpatent*), s katerim je bila uzakonjena vzpostavitev stabilnega (davčnega) katastra. Izvorna navodila za katastrsko izmero in triangulacijo segajo v leto 1818 in so bila izdelana kot rokopis. Leta 1820 so jih prvič natisnili, prenovljena izdaja pa je izšla leta 1824 (Lego, 1968; Čuček, 1979). Po razmeroma hitro izvedeni katastrski izmeri predvsem na območjih, zanimivih za zemljiški davek, se je kmalu pokazalo, da so snovalci zemljiškega katastra močno podcenili dinamiko zemljiško-parcelne strukture (Lego, 1968). Poleg sprememb zaradi posamičnih transakcij zemljišč, sprememb rabe zemljišč z urbanizacijo in infrastrukturnimi projekti je velike spremembe prinesla tudi zemljiška odveza v drugi polovici 19. stoletja. Do leta 1869 so se podatki izvirne katastrske izmere posodabljali bolj ali manj izjemoma (Lego, 1968), spremembam pa je mogoče slediti iz indikacijskih skic ali katastrskih načrtov.

Takratna Avstro-Ogrska (nastala leta 1867) je zato začela revizijo zemljiškega katastra, ki je danes poznan kot reambulančni kataster (Seručnik, 2009). Reambulacijo je predpisoval Zakon o zemljiškem davku (nem. *Regelung der Grundsteuer*) z dne 24. 5. 1869. Glavni namen katastrske revizije je bila posodobitev podatkov o zemljiških parcelah, njihovih posestnikov ter rabi zemljišč. Podlaga za zemljiško izmero so bila Navodila za izvedbo katastrske izmere iz leta 1865 (nem. *Instruction zur Ausführung der Katsaral-Vermessung*). Pomembna prelomnica v tem obdobju je bilo sprejetje Zakon o vzdrževanju zemljiškega katastra (nem. *Evidenzhaltungsgesetz*) z dne 23. 5. 1883, ki je predpisoval sprotno evidentiranje sprememb v zemljiškem katastru na podlagi ustrezne dokumentacije. Veliko spremembo na področju zemljiške administracije uvedeta tudi leta 1871 sprejeta Zakon o splošni zemljiški knjigi (nem. *Grundbuchsgesetz*) ter Zakon o nastavitvi zemljiške knjige (nem. *Grundbuchsanlegungsgesetz*), s katerima so bili vzpostavljeni zemljiška knjiga ter temelji za povezavo zemljiškega katastra in zemljiške knjige.

3.1.2 Vsebina katastrskega operata in katastrski postopki (1817–1927)

Rezultat prvotne grafične katastrske izmere je bil za vsako katastrsko občino izdelan katastrski operat, ki je vseboval grafični in opisni del. Grafični del sestoji iz originalnega katastrskega načrta (pogosto se uporablja staroavstrijska zloženka »katastrska mapa«), indikacijske skice, kopije katastrskih načrtov (mapne kopije) ter rektifikacijskih načrtov (rektifikacijske mape). Opisni ali spisovni del pa sestavljajo popis mej katastrske občine, seznam zemljiških parcel, seznam stavbnih parcel, izkaz površin zemljišč po katastrskih kulturah, abecedni seznam zemljiških posestnikov, zapisnik o izračunu površin zemljišč, pisna dokazila o imenovanju ter seznam neznanih lastnikov zemljišč (Čuček, 1979; Ribnikar, 1982; Arhiv RS, 2013). Katastrski načrti so pomensko zelo bogati. Poleg originalnih načrtov so izdelali kopije, ki so služile upravnim in drugim namenom ter varovanju originalnega izvoda katastrskega načrta (Ribnikar, 1982). Katastrski načrti za območje današnje Slovenije so bil izdelani med letoma 1818 in 1828 (Goriška z Istro 1818–1822, Štajerska 1820–1825, Kranjska 1823–1826, Koroška 1826–1828), z izjemo

manjšega dela Primorske, kjer je bila izmera izvedena med francosko okupacijo (v letih 1811–1813), ter Prekmurja, kjer je bila izmera izvedena med letoma 1856 in 1861 (Mlakar, 1986; Zupančič, 1991; Ferlan, 2005; Triglav, 2003).

Reviziji katastrskih podatkov v drugi polovici 19. stoletja so sledile sistematične posodobitve prvotno izdelanega katastrskega operata. Katastrski načrti in spremni opisni podatki katastrskega operata so se posodobili bodisi z vnosom posamičnih sprememb, na območjih z večjimi spremembami pa se je izvedla tudi nova izmera. Tako imenovani reambulančni načrti so pogosto posodobljena kopija originalnih katastrskih načrtov, izjema so bila območja, kjer je nastalo veliko sprememb v prostoru. Katastrski načrti iz tega obdobja niso več tako pomensko bogati kot originalni načrti. Čeprav so za podlago praviloma prevzeli že obstoječe načrte, so na novo izdelali sezname parcel po katastrskih občinah, ker je bilo ukinjeno ločeno številčenje zemljiških in stavbnih parcel. Preverili in posodobili so opisne podatke o zemljiščih, tako je reambulacija zajela vsa zemljišča (Mlakar, 1990; Blaznik, 1981; Ferlan, 2005).

S sprejetjem Zakona o vzdrževanju zemljiškega katastra leta 1883 se je zakonsko uveljavilo sistematično vzdrževanje stabilnega katastra, ki je zahtevalo dokumentiranje v obliki katastrskih elaboratov (Lego, 1968). V zakonu je bilo jasno izpostavljeno, da se parcelne meje lahko prenašajo v naravo le, če so na voljo zanesljivi merski podatki. Med postopke vzdrževanja zemljiškega katastra so uvrščali spremembe podatkov zaradi spremembe meje katastrske občine, spremembe meje zemljiških parcel, spremembe meje in vrste rabe zemljišč; spremembe lastnikov zemljišč in tudi spremembe zaradi odprave napak na katastrskih načrtih ali opisnih podatkih (Lego, 1968). S tem letom se je dejansko začelo vzdrževanje stabilnega katastra, bodisi na podlagi revizije ali pa na podlagi posameznih zahtevkov (Lisec in Navratil, 2014; Lisec in Ferlan, 2017). Tudi pri pregledu postopkov v izbranih katastrskih občinah smo ugotovili, da se evidenca elaboratov začneja z letom 1883, vendar pa ti elaborati niso bili v obliki, kot jih poznamo danes. Praviloma so to skice izmere (redkeje tudi merski podatki) in pogosto je na eni skici prikazanih več različnih območij izmere. Čeprav bi se morale spremembe v katastrskih načrtih evidentirati na podlagi katastrskih elaboratov, so se v tem obdobju v katastrske načrte vnašale tudi spremembe brez elaboratov (Lego, 1968).

3.2 Obdobje od leta 1928 do leta 1952

3.2.1 Zakonska podlage zemljiškega katastra v obdobju 1928–1952

Na območju današnje Slovenije se je v avstro-ogrski državi uveljavljeni sistem zemljiškega katastra ohranil tudi po prvi svetovni vojni. V takratni Kraljevini SHS (od leta 1929 imenovani Kraljevini Jugoslaviji) sprva ni bilo veliko političnega interesa za zemljiški kataster, po dobrem desetletju pa se je kraljevina osredotočila predvsem na vzpostavitev zemljiškega katastra na območjih, kjer ga še ni bilo. Leta 1928 je bil tako izdan Zakon o zemljiškem katastru (*Zakon o katastru zemljišta*), ki je določal tudi redno vzdrževanje in obnavljanje zemljiškega katastra. Zakonske zahteve so bile podrobneje pojasnjene na podlagi pravilnika, izdanega v osmih delih:

- I. del: Triangulacija (*Triangulacija*) (1929);
- II. del: Poligonska in linijska mreža (*Poligona i linijska mreža*) (1930);
- III. del: Zamejičenje in izmera detajla (*Omeđivanje i snimanje detalja*) (1930);

- IV. del: Nivelman (*Nivelman*) (1930);
- V. del: Izdelava katastrskih načrtov in računanje površin (*Izrada katastarskih planova i računanje površina*) (1930);
- VI. del: Klasifikacija zemljišč, izdelava katastrskega operata in njegova razgrnitev (*Klasiranje zemljišta, izrada katastrskega operata i njegovo izlaganje*) (1930);
- VII. del: I. poglavje za vzdrževanje katastra na območjih, kjer katastrska izmera še ni bila izvedena (*I. odeljak za održavanje katastra u krajevima, gde još nije izvršen katastarski premer*) (1929);
- VII. del: II. poglavje za vzdrževanje katastra v občinah, kjer je kataster vzpostavljen na podlagi izmere (*II. odeljak za održavanje katastra u općinama, u kojima je katastar izrađen na osnovu premjera*) (1930).

Po drugi svetovni vojni se zemljiški kataster in zemljiška knjiga sprva nista veliko razvijala. Naprudnik (2002a; 2002b) med razlogi navaja pomanjkanje kadra, odnose med upravo in izvajalsko vejo ter razmerja med tedanjimi republikami in federacijo. V Sloveniji je bila na področju zemljiškega katastra glavna naloga ponovna vzpostavitev katastrskih uradov po okrajih ter posodobitev stanja zemljiškega katastra. V letu 1947 je bila ustanovljena Geodetska uprava LRS in v istem letu tudi državno podjetje Geodetski zavod (Naprudnik, 2002a).

3.2.2 Katastrski postopki v obdobju 1928–1952

Vzdrževanje zemljiških evidenc je v tem obdobju temeljilo na katastrski izmeri in katastrski klasifikaciji ter vzdrževanju in reviziji katastra (*Zakon o katastru zemljišta*, 1928). Katastrski postopki z izmero so se izvajali za obnovo posestnih oziroma lastniških mej, delitev parcel, odmero cest, železniških prog ter vodne infrastrukture, v okviru komasacij in drugih agrarnih operacij pa tudi zaradi sprememb meja katastrskih občin ter odprave napak pri predhodnih izmerah. Katastrsko izmero so izvajale krajevno pristojne katastrske uprave, lahko pa tudi pooblaščen inženirji.

Postopke v okviru katastrske izmere, obnove posestne meje, parcelacije ter spremembe vrste rabe (klasifikacije) je podrobneje predpisoval VII. del pravilnika. Na podlagi podatkov izmere so se izdelale skice. V VII. delu pravilnika je navedeno (*Pravilnik o održavanju katastra u opštinama u kojima je katastar izrađen na osnovu premera*, 1930): »Skice, ki niso izdelane na terenu, nimajo nikakršne važnosti za katastrski operat...« Podobno je veljalo za zapisnik, ki so ga morali udeleženci podpisati na kraju samem in v katerem so bila zapisana vsa ugotovljena dejstva, vezana na katastrske spremembe. Prisotnost pri ugotavljanju zemljiških sprememb je predpisoval 47. člen zakona (*Zakon o katastru zemljišta*, 1928).

Skicam katastrskega postopka je bila posvečena velika pozornost, biti so morale jasne, popolne in pregledno izdelane, saj so bile podlaga za nadaljnje kartiranje izmerjenih sprememb in vnos rezultatov v katastrske načrte. Merilo skic je bilo približno in odvisno predvsem od velikosti parcel, obenem pa je moralo ustrezati pogoju, da so bili vsi objekti in vsi merski podatki nedvoumno razumljivi. Veljalo je, da se na eno stran nariše le ena merska situacija (op. medtem ko je bilo lahko v preteklem obdobju na eni skici narisanih več situacij). K skicam, ki so bile sestavni del katastrskega operata in so bile arhivirane po katastrskih občinah, so bili priloženi tudi podatki terenske izmere. Zakonsko je bilo še določeno, da morajo podatki katastra ustrezati dejanskemu stanju v naravi in biti usklajeni z zemljiško knjigo. Osrednji vezni element med zemljiškim katastrom in zemljiško knjigo je bil naznanilni list.

Na podlagi zakonskih določil in pregleda elaboratov v arhivu zemljiškega katastra ugotavljamo, da so elaborati iz tega obdobja vsebinsko obsežnejši kot v preteklem obdobju in praviloma vsebujejo skico terenske meritve skupaj z merskimi podatki, zapisnikom terenske izmere, delilnim načrtom, zapisnikom o izračunu površin ter naznanilnim listom. Pomemben vir podatkov o spremembah so tudi indikacijske skice. Vidna je razlika med elaborati, ki so jih izdelali zaposleni na katastrskih upravah, in tistimi, ki so jih izdelali pooblaščen inženirji in geodeti – slednji so vsebinsko bogatejši in vizualno privlačnejši.

3.3 Obdobje od leta 1953 do leta 1973

3.3.1 Preporod zemljiških predpisov (1953–1973)

Po drugi svetovni se postopoma povečuje pomen zemljiških evidenc (Naprudnik, 2002a). Leta 1953 (25 let po zadnjem zakonu na področju zemljiških evidenc) je sprejeta državna Uredba o zemljiškem katastru (dopolnjena v letih 1956, 1959 in 1961), s katero je postal zemljiškokatastrski operat javen. Uredba kot bistven namen zemljiškega katastra izpostavlja njegovo uporabo za tehnične, ekonomske in statistične namene, za izdelavo zemljiške knjige (kjer še ne obstaja) in kot podlago za obdavčenje zemljišč. Obenem predpisuje trajno vzdrževanje in obnavljanje podatkov zemljiškega katastra v skladu z dejanskim stanjem. Z uredbo se po nekajletni ukinitvi ponovno uvede obdavčitev zemljišč na podlagi katastrskega dohodka. Zakonska določila so podrobneje dopolnjevali pravilniki¹:

- Pravilnik za državno izmero, II-A del: Osnovna dela pri mestni izmeri (*Pravilnik za državni premjer II-A deo: Osnovni radovi na gradskom premjeru*) (1956);
- Pravilnik za državno izmero, II. del: Splošna določila o izmeri in predpisi o poligonski in linijski mreži (*Pravilnik za državni premjer II deo: Opće odredbe o premjeru i propisi o poligonskoj i linijskoj mreži*) (1959);
- Pravilnik za državno izmero, III. del: Zamejičenje in izmera detajla in reliefa zemljišča ter detajlni nivelman (*Pravilnik za državni premjer III deo: Razgraničenje i snimanje detalja i reliefa zemljišta i detajlni nivelman*) (1958).

To obdobje je pomembno tudi za začetke fotogrametrije, saj se je v zemljiškem katastru začela uporabljati fotogrametrična izmera. V tem obdobju se je javna geodetska služba oddaljila od finančnega resorja ter se povezala z urbanizmom in urejanjem prostora (Naprudnik, 2003a). Poleg že navedene uredbe in pravilnikov je v tem obdobju sledil še en sklop zakonodaje. Temeljni zakon o izmeritvi zemljišč in zemljiškem katastru (1965) je bil prvi sistemski zakon o katastru zemljišč po drugi svetovni vojni. Dve leti za njim je bila izdana Uredba o izdelavi izmeritve in zemljiškega katastra in njunem vzdrževanju (1967), ki pa ni prinašala bistvenih sprememb gleda na Uredbo o zemljiškem katastru iz leta 1953. Na podlagi uredbe je bil izdan Pravilnik o tehničnih predpisih za izdelavo izvirnikov načrtov in za določanje površin parcel pri izmeritvi zemljišč (1970). V letu 1971 so se začele aktivnosti na področju bonitiranja zemljišč ter obnove katastrske klasifikacije, v letu 1972 pa priprave za sprejetje nove republiške zakonodaje o izmeri in zemljiškem katastru. Decembra istega leta so bile zakonske pristojnosti na področju geodezije v celoti prenesene v pristojnost republik, podlaga za to so bili leta 1971 sprejeti amandmaji k zvezni ustavi (Naprudnik, 2003b).

¹ Pravilnik za državno izmero I. del: Triangulacija (*Pravilnik za državni premjer I deo – triangulacija*) je bil sprejet leta 1951.

3.3.2 Katastrski postopki v obdobju 1953–1973

Postopki vzdrževanja zemljiškega katastra so bili vezani na posodobitev podatkov katastrskega operata zaradi sprememb glede posestnega stanja, oblike, površine, kulture, razreda zemljišč in meja katastrske občine. V ta namen so bili zakonsko določeni zemljiškokatastrski postopki parcelacije (zemljiška delitev), obnove posestne meje, poprave mapnega zarisa, evidentiranja stavbe (objektne spremembe), spremembe kulture. V tem obdobju se pojavi več zemljiškokatastrskih postopkov zaradi ekspropriacije zemljišč za ceste, veliko je bilo nadaljnjih projektov nove izmere in komasacij. Sama zakonodaja v tem obdobju ne predpisuje podrobnih navodil glede načina izvajanja zemljiškokatastrskih postopkov, posledično so pri delu upoštevali predpise preteklega obdobja.

V prvi polovici tega obdobja so med zemljiškokatastrskimi postopki, predvsem zaradi ponovne obdavitve zemljišč na podlagi katastrskega dohodka, prevladovali postopki katastrske klasifikacije. Elaborat spremembe katastrske kulture običajno vsebuje skico, merske podatke, originalno kartiranje, oleato kartiranja ter naznanilni list, kjer so na hrbtni strani ugotovitve katastrskega organa po opravljenem ogledu s podpisi lastnikov. Naznanilne liste so hranili ločeno – obstajali sta dve vrsti naznanilnih listov, in sicer za enostavne postopke ter za dolžinske objekte, kjer so bile poleg informacij o starem in novem stanju tudi informacije o obsegu odtujenega zemljišča. Tu gre omeniti, da pri ugotovitvah katastrskega organa po ogledu pri odmeri dolžinskih objektov ni podpisov udeleženih oseb, kot je običajno pri enostavnih katastrskih postopkih. Katastrski uradi so spremembe v eni katastrski občini beležili v zvezek – poljske skice. Geodet je ob odhodu na teren za izbrano katastrsko občino vzel zvezek in vanj zabeležil izvedeno spremembo. Skicam so posvečali veliko pozornosti, saj so morali biti predstavljeni podatki jasni in berljivi tako zaradi kartiranja kot tudi zaradi naknadne uporabe. Detajlna skica je morala biti izdelana upoštevajoč topografski ključ in je vsebovala podatke o obliki izmerjenih parcel, podatke o lastnikih in obdelovalni vrsti parcel (te je bilo treba vpisati tudi za okoliške parcele, ki so bile v detajlni skici samo nakazane), nazive objektov, zemljepisna imena ter trigonometrične in poligonske točke ter podatke izmere (Pravilnik za državno izmero, III. del, 1958).

Okrog leta 1960 se pojavi katastrski ovoj, v katerem so vsi dokumenti, ki se nanašajo na zemljiškokatastrski postopek. Hranjenje podatkov postane s tem preglednejše, vsebina samega elaborata se obogati in praviloma sestoji iz vloge s prilogami, skice izmere z merskimi podatki, delilnega načrta, originalnega kartiranja, oleate kartiranja, naznanilnega lista (v okviru katerega je tudi zapisnik), zapisnika računanja površin ter trigonometričnih obrazcev. Proti koncu tega obdobja veliko meritev opravijo zunanji izvajalci, ki si delo lajšajo z univerzalnimi (deloma predizpolnjenimi) obrazci za zapisnik.

3.4 Obdobje od leta 1974 do leta 1999

3.4.1 Prve zakonske podlage v republiški pristojnosti (1974–1999)

V tem obdobju preide zemljiški kataster in z njim povezane dejavnosti v pristojnost posameznih republik, veliko družbeno-politično spremembo pa prinese tudi neodvisnost Slovenije v letu 1991. Zemljiški kataster v tem obdobju zaznamuje predvsem Zakon o zemljiškem katastru (ZZkat, 1974), pa tudi istočasno sprejeti Zakon o temeljni geodetski izmeri (ZTGI, 1974). V okviru zakonodajnih reform je bil leta 1976 sprejet tudi Zakon o geodetski službi (ZoGS, 1976). Katastrsko zakonodajo so podpirali podzakonski predpisi:

- Navodilo za ugotavljanje in zamejničenje posestnih mej (NUZPM, 1976),
- Pravilnik za katastrsko klasifikacijo zemljišč (PzKKZ, 1979),
- Pravilnik o vodenju vrst rabe zemljišč v zemljiškem katastru (PoVVRZK, 1982),
- Navodilo o uvedbi novih katastrskih kultur v zemljiško katastrski operat (1983),
- Navodilo o preštevilčbi stavbnih parcel v zemljiškem katastru (1984),
- Navodilo o prevedbi starih imen rabe zemljišč v kategorije po nomenklaturi pravilnika o vodenju vrst rabe zemljišč (1989)

ter posamezne določbe iz pravilnikov oziroma navodil, sprejetih v prejšnjih obdobjih, ki jih tedanji zakoni in podzakonski predpisi niso obravnavali. Vsebina zakonskih predpisov in smernice za delo na področju zemljiškega katastra so bile zbrane v Priročniku za vzdrževanje katastrskega operata lastninsko davčnega dela zemljiškega katastra (1984), ki ga je izdala republiška geodetska uprava. Priročnik je veljal za osrednje gradivo pri vzdrževanju zemljiškega katastra. Zemljiški kataster v tem obdobju postane temelj prostorskemu planiranju, z uvedbo stvarno-pravnih pravic v zemljiški kataster pa ne govorimo več o posestnikih, temveč o lastnikih zemljišč.

3.4.2 Katastrski postopki v obdobju 1974–1999

Zakon je predpisoval, da za vzdrževanje zemljiškega katastra skrbijo občine, opravila, vezana na vzdrževanje, pa opravljajo občinski upravni organi, pristojni za geodetske zadeve. Vzdrževanje se je z uvedbo ZZkat (1974) izvrševalo na podlagi vlog strank (prijava, zahtevke) ali po uradni dolžnosti (sprotno ob reševanju vlog, reviziji vrste rabe). Izvedene spremembe v zemljiškem katastru dobijo pravno veljavo z listino geodetske uprave, ki je bila pogosto odločba. To je bila pomembna novost v katastrskih postopkih. Iz listine izvedenega postopka so razvidne bistvene spremembe, ki so se izvedle v zemljiškem katastru. Pred tem je podobno vsebino podajal naznanilni list.

Zakonsko so bili določeni zemljiškokatastrski postopki mejno ugotovitvenega postopka (v nadaljevanju MUP), parcelacije, prenosa meje v naravo ter katastrske klasifikacije. Potek zemljiškokatastrskega postopka je bil zakonsko podrobno predpisan: upravičene udeležence je bilo treba na postopek vabiti z vabilom; o izvedenem postopku se zapiše zapisnik, ki vsebuje tudi podpise udeležencev o strinjanju s predlogom parcelnih meja; izdelata se zakonsko predpisan elaborat; postopki se zaključijo z listino (pogosto s pravnomočno odločbo). Velika novost v tem obdobju je uvedba MUP-a, čeravno izhaja iz dobro poznanih postopkov ugotavljanja posestne meje. Z MUP-om se je ob soglasju vseh lastnikov določil potek nesporne parcelne meje, mejne točke pa so se označile z mejnimi znamenji. Ob končanem upravnem postopku se je takšna meja, vrisana v katastrski načrt, obravnavala kot dokončna. Določena parcelna meja je bila med drugim pogoj za parcelacijo. Temu primerno je bil oblikovan tudi zapisnik, ki je bil razdeljen na »del A«, namenjen obravnavi oziroma urejanju poteka parcelnih meja, in na »del B«, namenjen parcelaciji. Izjema so bile parcelacije za potrebe razlastitve ter ekspropriacije na novo zgrajenih dolžinskih objektov, kjer ni bilo treba predhodno ugotavljati parcelnih meja. Parcelacija za potrebe razlastitve se je izdelala na podlagi sprejetega zazidalnega načrta, kjer soglasje lastnika ni bilo nujno, prav tako ni bila nujna njegova prisotnost na terenu (na postopek je bil vabljen). Pri ekspropriaciji dolžinskih objektov elaborat ni sestavljen po lastniških kosih, temveč je dolžinski objekt obravnavan kot

celota. V tem obdobju uvrščamo med pomembne množične zemljiškokatastrske postopke tudi novo izmero in komasacije.

Pomembna vsebina elaborata je bila na terenu izdelana skica izmere, ki je bila obvezna priloga k zapisniku o ugotavljanju oziroma določanju parcelnih mej parcel. Stranka je namreč s podpisom zapisnika podpisala tudi seznanitev z vsebino skice. V ovoj posameznega katastrskega elaborata iz tega obdobja najdemo skice izmere, kartiranje, oleato kartiranja, izračun površin, delilni načrt, zapisnik terenske ugotovitve, vlogo za izvedbo postopka, povratnice vabil, listino oziroma odločbo in sklep o stroških. Že iz same vsebine celotnega elaborata je mogoče razbrati, da so zemljiškokatastrski postopki postali upravni postopki z dokumentiranim začetkom postopka (vlogo) in končno odločitvijo (listino).

3.5 Obdobje od leta 2000

3.5.1 Zakonske podlage od leta 2000

Razvoj tehnologije, informatizacija zemljiškega katastra, nova družbena ureditev, spremembe v organizaciji dela v državni upravi, pa tudi postopni prenos izvajanja večine geodetskih storitev na zasebni sektor so narekovali spremembo zakonodaje na področju zemljiškega katastra. Zakon o geodetski dejavnosti (ZGeoD, 2000) je opredelil javno geodetsko službo ter geodetsko dejavnost in predpisal pogoje za opravljanje te dejavnosti v zasebnem sektorju. V istem letu mu je sledil Zakon o evidentiranju nepremičnin, državne meje in prostorskih enot (ZENDMPE, 2000), ki je sistematično urejal evidentiranje nepremičnin, državne meje in prostorskih enot ter urejanje in spreminjanje mej zemljiških parcel. Navedeni zakon med drugim uvede novo nepremičninsko evidenco – poleg zemljiškega katastra še kataster stavb. Podrobnejša pojasnila o urejanju mej v zemljiškem katastru so bila podana v Pravilniku o urejanju in spreminjanju mej parcel ter o evidentiranju mej parcel v zemljiškem katastru (Pravilnik, 2004).

Z namenom poenostavitvi postopke, odpraviti pomanjkljivosti obstoječega sistema, vzpostaviti celovit nepremičninski administrativni sistem ter uskladiti katastrsko zakonodajo z novimi področnimi zakoni (Stvarnopravni zakonik – SPZ, 2002; Zakon o urejanju prostora – ZureP, 2002; Zakon o graditvi objektov – ZGO, 2002), je bil leta 2006 sprejet Zakon o evidentiranju nepremičnin (2006). Leto pozneje mu je sledil Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru (Pravilnik, 2007). Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o evidentiranju nepremičnin (ZEN-A, 2018) med drugim prinaša novosti glede posodabljanj podatkov o dejanski rabi zemljišč, uvaja nov zemljiškokatastrski postopek, to je lokacijsko izboljšavo. Pravilnik o evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru (Pravilnik, 2018) je v celoti nadomestil Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru iz leta 2007, kjer so največje vsebinske spremembe opazne v razširjeni vsebini elaboratov geodetskih storitev ter zbiranju podatkov o dejanski rabi zemljišč.

3.5.2 Katastrski postopki od leta 2000

ZENDMPE (2000) uvede več sprememb na področju zemljiškokatastrskih postopkov in napove ukinitve postopkov vzdrževanja podatkov katastrske klasifikacije. Nekdanji mejno ugotovljeni postopek nado-

mesti postopek ureditve meje ob hkratni uvedbi postopka izravnave meje, s katerim se lahko spremeni potek urejenega dela meje ob upoštevanju zakonskih pogojev. Posamične spremembe zemljiških parcel so mogoče tudi s postopkom parcelacije, kjer po veljavni zakonodaji ni treba predhodno urejati meja celotne parcele, urejen mora biti le tisti del parcelne meje, ki se je nova meja dotika. Leta 2006 je bil v povezavi s katastrom stavb uveden še postopek evidentiranja zemljišča pod stavbo (ZEN, 2006), leta 2018 (ZEN-A, 2018) pa postopek lokacijske izboljšave grafičnega dela zemljiškega katastra. Med množičnimi postopki zemljiškokatastrskega urejanja in preurejanja parcel velja poleg komasacij (poleg upravnih se uvajajo tudi pogodbene komasacije) in nove izmere izpostaviti še postopek nastavitve katastra. Z letom 2000 se zemljiškokatastrski postopki praviloma izvajajo v dveh delih – terensko delo z izdelavo elaborata geodetske storitve izvede geodetsko podjetje, posodobitev podatkov v zemljiškem katastru pa se nato izvede na podlagi upravnega postopka, upoštevajoč elaborat geodetske storitve.

Pomembna novost v tem obdobju je digitalizacija podatkov zemljiškega katastra, vključno z njegovim arhivom. Že leta 1999 je bilo izdano Navodilo o začetku uradne uporabe digitalnega katastrskega načrta, na podlagi katerega se ja za posamezno katastrsko občino izdal sklep o začetku uradne uporabe digitalnega katastrskega načrta (DKN). Obvezna sestavina elaborata geodetske storitve ni več kartiranje in oleata kartiranja, saj se evidentiranje sprememb v zemljiškem katastru izvede na podlagi digitalnih podatkov. Obvezna vsebina elaborata ostaja skica terenske izmere, ki pa jo v praksi pogosto naknadno digitalno pripravijo v pisarni. Skice morajo biti pregledne ter izdelane v skladu s Tehničnimi specifikacijami za prikaz podatkov v skici elaborata (2008). Elaborat geodetske storitve je moral po pravilniku iz leta 2007 vsebovati naslovno stran, skico, prikaz sprememb ter digitalne podatke, izračun površin parcel in zemljišča pod stavbo, za ureditev meje zapisnik mejne obravnave in dokazila o vabljenju, za izravnavo meje izjavo o soglasju k izravnavi in za spremembo bonitete zemljišča poročila kmetijskega oziroma gozdarskega strokovnjaka (Pravilnik, 2007). Tu velja izpostaviti, da geodetska opazovanja niso več obvezni del elaborata, kar vključuje tudi metapodatke o navezavi izmere na referenčni geodetski koordinatni sistem. Pri pregledu elaboratov iz tega obdobja še ugotavljamo, da so tudi skice oziroma načrti katastrske izmere praviloma izredno preprosti, z zelo malo merskimi podatki in povezav katastrskih vsebin s topografskimi vsebinami.

V skladu z zahtevami novega Pravilnika (2018) in Tehničnih specifikacij (2018) se bo struktura elaborata katastrskega postopka po 1. 6. 2019 spremenila. Poleg zgoraj navedenih obveznih sestavin je po novem obvezna sestavina elaborata tudi strokovno poročilo, katerega vsebina je odvisna od vrste geodetskega postopka, načeloma pa mora elaborat vsebovati podatke geodetske izmere, podatke o izračunu površin, informacijo o uporabljenih podatkih za določitev predlagane meje ter analizo natančnosti koordinat zemljiškokatastrskih točk (Pravilnik, 2018).

4 REZULTATI ANALIZE ZEMLJIŠKOKATASTRSKIH POSTOPKOV

V preglednici 2 so prikazane vrste zemljiškokatastrskih postopkov, ki so se po podatkih Geodetske uprave RS izvajali na študijskem območju, to je v katastrskih občinah geodetskih pisarn Litija in Trbovlje. Poleg vrste postopkov in števila je dodana informacija o obdobju izvajanja teh postopkov, pri čemer je upoštevano leto, ko je bil dokončan zadnji postopek, četudi je lahko takrat veljala že nova zakonodaja.

Preglednica 2: Pregled nad izvedenimi zemljiškokatastrskimi postopki v katastrskih občinah na območju geodetskih pisarn Litija in Trbovlje v obdobju od leta 1883 do vključno leta 2018 (vir podatkov: Geodetska uprava RS, 2019).

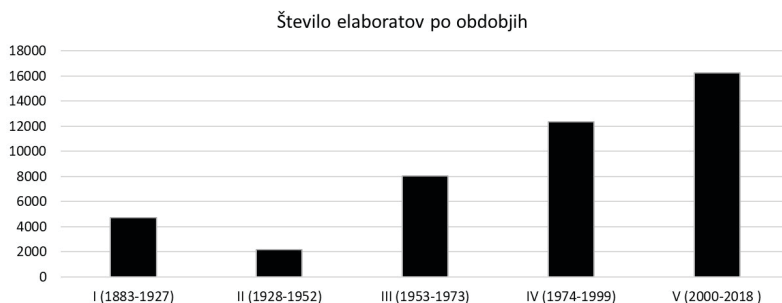
SKUPINA KATASTRSKEGA POSTOPKA	ŠT. ELABORATOV	SKUPINA KATASTRSKEGA POSTOPKA	ŠT. ELABORATOV
VRSTA KATASTRSKEGA POSTOPKA	LETO	VRSTA KATASTRSKEGA POSTOPKA	LETO
UREJANJE PARCELNE MEJE	6676	SODNA DOLOČITEV MEJE	128
MEJNO UGOTOVITVENI POSTOPEK	1920–2003	EVIDENTIRANJE SODNIH AKTOV	2014
OBNOVA DOKONČNE MEJE (ZEN)	2003–2008	SODNA DOLOČITEV MEJE	1919–2010
PRENOS POSESTNE MEJE	1894–2005	IZMERA DOLŽINSKIH OBJEKTOV	372
TEHNIČNO POROČILO OZNAČITVE MEJE	1996–2018	IZMERA DOLŽINSKIH OBJEKTOV	1887–2004
UGOTOVITEV DOKONČNOSTI MEJE	2001–2008	EVIDENTIR. ZEMLJIŠČA POD STAVBO	1933
UREDITEV MEJE DO ZEN	2001–2007	EVIDENTIR. ZEMLJIŠČA POD STAVBO	2000–2018
UREJENE MEJE (ZEN)	2008–2018	IZRAVNAVA MEJE	132
PARCELACIJA	17756	IZRAVNAVA MEJE	2002–2018
PARCELACIJA	1879–2013	KOMASACIJA ZEMLJIŠČ	11
PARCELACIJA (ZEN)	2001–2018	KOMASACIJA ZEMLJIŠČ	1947–1963
PARCELACIJA – DENACIONALIZACIJA	2005–2011	OSTALO	5651
ZDRUŽITEV PARCEL	1891–1962	HOMOGENIZACIJA ZK	2018
KATASTRSKA KLASIFIKACIJA	10884	IZBOLJŠAVA LOKAC. PODATKOV	2013
PREVEDBA VRST RABE	1912	IZREDNA PRAVNA SREDSTVA	2013, 2016
REVIZIJA VRST RABE	1954–1991	ODPRAVA NESKLADIJ – SPR. VPISA ZK	1889–2018
SPREMEMBA KAT. KULTURE - RAZREDA	2002–2005	OŠTEVILČBA LOMNIH TOČK ZKP	2017, 2018
SPREMEMBA BONITETE ZEMLJIŠČA	2009–2018	PRENOS KOMPLEKSA V NUM. KAT.	1970–1975
SPREMEMBA DEJANSKE RABE	2002, 2003	PREVEDBA V ZPS*	2017
SPREMEMBA KATASTRSKEGA RAZREDA	1893–1999	SPREMEMBA MEJE k. o.	1924–2018
SPREMEMBA VRSTE RABE	1884–2013	USKLADITEV MEJA k. o.	1940–2010
NOVA IZMERA	11	USKLADITEV POD. O PARC. ŠTEVILKAH	1884–2018
NASTAVITEV ZEMLJIŠKEGA KATASTRA	2018		
NOVA IZMERA	1963–1974		

Na obravnavanem območju je bilo po letu 1883 po podatkih zbirke EVELA izvedenih približno 40 (različnih) vrst zemljiškokatastrskih postopkov. Nekateri se izvajajo stalno, takšen primer je parcelacija, nekateri so se izvajali le v posameznem obdobju, na primer mejno ugotovitveni postopek, prenos posestne meje ipd. Pomembno je, da so med posameznimi vrstami postopkov tudi množični zemljiškokatastrski postopki, ki zajemajo večja območja, na primer komasacije, nove izmere ipd. Med posebnimi množičnimi postopki velja izpostaviti postopke iz novejšega obdobja, kot je homogenizacija zemljiškega katastra, izboljšava lokacijskih podatkov, prevedba v ZPS*, oštevilčba lomnih točk zemljiškokatastrskega prikaza, prenos kompleksa v numerični kataster. V zadnjem obdobju se pojavijo tudi novi posamični zemljiškokatastrski postopki, kot sta izravnavna meje ter evidentiranje zemljišča pod stavbo. V podatkovni zbirki EVELA pa se kot posebna vrsta zemljiškokatastrskega postopka ne evidentira več izmera dolžinskih objektov, čeprav se ta postopek še vedno izvaja in je v podatkovni zbirki EVELA shranjen v okviru postopka ureditve meje ali parcelacije.

Zaradi podobnosti postopkov in njihovega drugačnega poimenovanja v posameznih obravnavanih obdobjih smo posamezne vrste postopkov združili v deset razredov oziroma skupin (glej preglednico 2). V skupini »Ostalo« smo združili predvsem tehnične postopke, ki so potrebni zaradi sprememb informacijskih rešitev ali sprememb zakonodaje, ter enkratne množične postopke, kot je izboljšava lokacijskih podatkov. Ti postopki namreč niso tako bistveni za analizo dinamike izvajanja zemljiškokatastrskih postopkov.

Na podlagi preučenih pravnih predpisov s področja zemljiškega katastra nas je zanimala povezava med zakonskim okvirjem in dinamiko izvajanja zemljiškokatastrskih postopkov tako v posameznih obdobjih kot v celotnem obravnavanem obdobju (1883–2018). Kot je bilo že navedeno v poglavju o metodologiji, zgolj na podlagi podatkov zbirke EVELA ni mogoče podrobno analizirati števila vseh zemljiškokatastrskih postopkov po vrsti in času izvajanja. Ne glede na to, ali se posamezni elaborat nanaša ne enega ali več zemljiškokatastrskih postopkov, smo za analizo dinamike izvajanja zemljiškokatastrskih postopkov posamezen elaborat obravnavali kot en postopek. Elaborate, končane v letu, ko je bil sprejet nov zakonski predpis, smo uvrstili v preteklo obdobje.

Pri pregledu podatkov EVELA in elaboratov smo sicer ugotovili, da so se lahko isti zemljiškokatastrski postopki različno opredelili v okviru posameznih elaboratov. To na primer velja za revizijo vrste rabe, kjer je zajetih več lokacijsko neodvisnih parcel različnih lastnikov – pri tem smo našli primere, ko se je na eno revizijo nanašal en elaborat, in primere, ko je bilo za eno revizijo izdelanih več elaboratov. Zaradi poenotenja smo takšno revizijo obravnavali kot en elaborat. Poleg tega smo v zbirki EVELA odkrili nekaj napak pri pripisu podatka o vrsti zemljiškokatastrskega postopka. Posebnost so tudi dvojni elaborati na mejah katastrskih občin. Glede na obravnavno število elaboratov na študijskem območju, to je več kot 43.000, predpostavljamo, da je elaboratov, ki so nepravilno razvrščeni ali podvojeni, zanemarljivo malo, zato jih nismo podrobno raziskali.



Slika 2: Število elaboratov zemljiškokatastrskih postopkov na študijskem območju po obravnavanih obdobjih od leta 1883 do vključno leta 2018 (vir podatkov: Geodetska uprava RS, 2019).

Rezultati analize števila zemljiškokatastrskih postopkov na študijskem območju potrjujejo domnevo, da je bilo na področju zemljiškega katastra najmanj intenzivno II. obdobje (1928–1952). Po drugi svetovni vojni začne število elaboratov zemljiškokatastrskih postopkov naraščati (slika 2). Med vrstami postopkov velja izpostaviti predvsem parcelacijo, v III. obdobju (1953–1973) in IV. obdobju (1974–1999) so bile poleg parcelacije precej pogoste še storitve katastrske klasifikacije, v zadnjem, V. obdobju (2000–2018) pa prevladujejo postopki ugotavljanja posestnih meja ter ostali (tehnični) postopki. V zadnjem obdobju izstopa predvsem postopek evidentiranja zemljišča pod stavbo, ko je bilo evidentiranih okoli 2000 stavb,

od tega je približno 300 postopkov izvedla geodetska uprava po uradni dolžnosti. Podrobneje je pojavnost posameznih skupin postopkov razvidna s slike 3, kjer je predstavljeno število izvedenih elaboratov za pet najštevilčnejših postopkov v posameznem obdobju.

Med manj številčnimi so postopki nove izmere, sodne določitve meje ter komasacije zemljišč. Svojevrstni so bodisi glede vključitve drugih akterjev ali pa obsega izmere. Ne glede na majhno število gre izpostaviti nekatera dejstva, povezana s samimi postopki. Pretežen del postopkov nove izmere se je na študijskem območju izvajal v drugi polovici III. obdobja (1953–1973). Mednje smo uvrstili tudi postopek reambulacije stanovanjske soseske konec 80. letih preteklega stoletja ter nastavitev zemljiškega katastra v letu 2018. Navedena postopka sta sicer po obsegu precej manjša kot druge nove izmere, ki so na obravnavnem območju kar v štirih novih izmerah zajemale dele dveh katastrskih občin. Sodnih postopkov je bilo na obravnavnem območju nekaj več kot sto, od tega dve tretjini v IV. in V. obdobju (1974 – 2018).



Slika 3: Število elaboratov za posamezne skupine zemljiškokatastrskih postopkov na študijskem območju po obravnavanih obdobjih od leta 1883 do vključno leta 2018 (vir podatkov: Geodetska uprava RS, 2019).

V nadaljevanju smo želeli ugotoviti, kakšna so odstopanja med podatki zbirke EVELA in dejanskim stanjem izvedenih zemljiškokatastrskih postopkov. Za katastrski občini Jesenovo (ruralno območje) in Izlake (urbano območje) smo v ta namen pregledali elaborate katastrskega arhiva in iz njih razbrali, kateri zemljiškokatastrski postopki so bili izvedeni v sklopu enega elaborata.

Iz preglednice 3 je razvidno, da število elaboratov pomeni 63 % dejanskih zemljiškokatastrskih postopkov. To pove, da se večina elaboratov nanaša na več kot en katastrski postopek. Razlogi so lahko različni, odvisno tudi od obdobja obravnave. Tako se je v III. obdobju (1953–1973) poleg parcelacije običajno izvedla še katastrska klasifikacija (glej število uradnih in dejanskih postopkov katastrske klasifikacije v tem obdobju). Podobno je bilo s postopki ugotavljanja meja v IV. obdobju (1974–1999), kjer sta bila med drugim pogoja za izvedbo parcelacije: (1) če so se odtujile vse novo nastale parcele, so se morale ugotoviti vse posestne meje obstoječe parcele; (2) če se je od obstoječe parcele odtujil le del, dotedanjemu lastniku pa je ostalo več kot 3000 m², se je moralo za obstoječo parcelo ugotoviti le tiste posestne meje, ki so tudi meje dela parcele, ki se odtuji (glej število uradnih in dejansko izvedenih mejno ugotovitvenih postopkov). V V. obdobju (2000–2018) je ravno nasprotno in je večja razlika med uradnim in dejanskim številom

postopkov parcelacije, medtem ko ni veliko odstopanj pri postopkih ugotavljanja meja. Tudi postopek izravnave meje se ne izvaja kot samostojen postopek, ampak običajno v okviru ureditve meje, saj je pogoj za izravnavo meje urejena meja. Je pa zanimiva ugotovitev, da je število elaboratov, ki zajemajo le postopke urejanja meja, v katastrski občini Jesenovo, kjer so podatki grafičnega katastra, zanemarljivo (le dva), medtem ko jih je v katastrski občini Izlake, kjer so podatki numeričnega katastra, nekaj več kot dvajset.

Preglednica 3: Dejansko število in uradno zabeleženo število (to je število elaboratov) zemljiškokatastrskih postopkov v izbranih katastrskih občinah v obdobju od leta 1883 do vključno leta 2018 (vir podatkov: Geodetska uprava RS, 2019)

OBDOBJE	k. o. JESENOVO		k. o. IZLAKE	
	ŠTEVILO POSTOPKOV	ŠTEVILO ELABORATOV	ŠTEVILO POSTOPKOV	ŠTEVILO ELABORATOV
I (1883–1927)	4	2		
PARCELACIJA	2	2		
KATASTRSKA KLASIFIKACIJA	2	/		
II (1928–1952)	1	1		
PARCELACIJA	1	1		
III (1953–1973)	92	57		
KATASTRSKA KLASIFIKACIJA	49	17		
PARCELACIJA	37	34		
UREJANJE PARCELNE MEJE	3	3		
IZMERA DOLŽINSKIH OBJEKTOV	3	3		
IV (1974–1999)	147	83	361	210
PARCELACIJA	61	59	122	112
UREJANJE PARCELNE MEJE	44	1	109	11
KATASTRSKA KLASIFIKACIJA	37	18	118	75
IZMERA DOLŽINSKIH OBJEKTOV	1	1	5	5
OSTALO	4	4	7	7
V (2000–2018)	151	108	312	218
PARCELACIJA	34	11	61	17
UREJANJE PARCELNE MEJE	28	26	73	70
KATASTRSKA KLASIFIKACIJA	28	18	50	30
EVIDENTIR. ZEMLJIŠČA POD STAVBO	14	9	81	65
IZRAVNAVA MEJE	4	1	9	/
IZMERA DOLŽINSKIH OBJEKTOV	1	1	/	/
SPREMEMBA BONITETE	/	/	2	/
OSTALO	42	42	36	36
Skupna vsota	395	251	673	428

5 SKLEPNE UGOTOVITVE

V prispevku je predstavljen zakonski okvir zemljiškega katastra na Slovenskem od začetka nastanka parcelno orientiranega katastra, s poudarkom na analizi zakonsko zahtevanih vsebin katastrske dokumentacije v posameznih obdobjih razvoja in vzdrževanja zemljiškega katastra. Dodatno so predstavljeni katastrski

postopki, ki so bili zakonsko predpisani z namenom katastrskega urejanja in preurejanja zemljiških parcel. Na temelju podatkov Geodetske uprave RS smo za študijsko območje analizirali dinamiko izvajanja katastrskih postopkov po obravnavanih obdobjih.

Zakonodaja na področju zemljiškega katastra se je v preteklosti večkrat spremenila, razlike so tudi v sami vsebini in obsegu predpisov. Prvotno so bili zakoni kratki in so podajali bistvene usmeritve, pravilniki pa so vsebinsko podrobneje pojasnjevali posamezne člene zakona, zaradi česar so bili zelo obširni, sestavljeni tudi iz več delov. Danes je ravno nasprotno in so zakoni obsežni, pravilniki pa krajši in manj podrobni. Njihovemu pogostemu spreminjanju je težko slediti, kar je skrb vzbujajoče. Je pa način vzdrževanja katastra danes enoten in centraliziran, kar se izraža v hkratnem uvajanju zakonskih novosti, doslednosti izvajanja zakonskih predpisov in enotnosti elaboratov.

Elaborati zemljiškokatastrskih postopkov predstavljajo osrednjo dokumentacijo, na podlagi katere se izvajajo spremembe podatkov zemljiškega katastra. Njihova vsebina je pogojena predvsem z zakonskimi predpisi in seveda tudi z načinom obdelave podatkov. Prvotno so bili elaborati preprosti, predstavljeni s skico situacije, merskimi podatki ter opisnimi podatki, ki so del katastrskega sistema. Z leti so postajali vsebinsko vse obsežnejši. V zadnjem obdobju (po letu 2000) se je zgodil preobrat, obseg elaboratov se je začel postopoma zmanjševati. Zaskrbljujoča je predvsem ugotovitev, da se iz mnogih elaboratov ne da enostavno rekonstruirati katastrske situacije zaradi manjkajočih podatkov o geodetski izmeri, preveč poenostavljenih skic katastrske situacije pred katastrskim postopkom in po njem, kjer praviloma manjka tudi informacija o relaciji med abstraktnimi katastrskimi mejami in fizičnimi oziroma topografskimi pojavi v prostoru.

Rezultati raziskave med drugim kažejo na družbene prioritete in prioritete stroke v posameznem obdobju. Vsekakor je poznavanje zakonodaje in vsebine katastrske dokumentacije preteklih zemljiškokatastrskih postopkov pomembno z vidika razumevanja, interpretacije ter nadaljnje uporabe arhivskih in aktualnih podatkov zemljiškega katastra.

Zahvala

Raziskovalno delo je bilo delno opravljeno v okviru raziskovalnega programa P2-0406: *Opazovanje Zemlje in geoinformatika*, ki ga sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

Literatura in viri:

- Arhiv RS (2013). Arhiv Republike Slovenije. <http://arsq.gov.si>, pridobljeno 20. 10. 2013.
- Blaznik, P. (1981). Reambulacija v luči katastrske občine Žiri. Loški razgledi, 28 (1), 197–206. <http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-0YJH4G6T>, pridobljeno 3. 5. 2014.
- Čuček, I. (1979). Instrukcija za izvršitev deželne izmere za namen splošnega katastra. Ljubljana: Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo.
- Evidenzhaltungsgesetz (1883). [Zakon o vzdrževanju zemljiškega katastra]. Gesetz vom 23. Mai 1883 über die Evidenzhaltung des rundsteuerkatasters RGL. Nr. 83/1883.
- Ferlan, M. (2005). Geodetske evidence. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Grundsteuerpatent (1817). [Zakon o zemljiškem davku]. 8 str.
- GURS (2006). Označevanje zahtev in obračunavanje upravnih taks s področja zemljiškega katastra – navodilo. Inertno navodilo št. 00705-15/2006-1.
- Instruction zur Ausführung der Katastral-Vermessung (1865). [Navodilo za izvedbi katastrske izmere]. Wien: Aus der kaiserlich-königlichen Hof- und Staatsdruckerei.
- ISO 2012. ISO 19152:2012, Geographic Information – Land Administration Domain Model. Edition 1, 118 str. Ženeva, Švica.
- Katastral-Vermessungs Instruktion (1820). [Navodila za katastrsko izmero]. 49 str.
- Korošec, B. (1978). Naš prostor v času in projekciji: Oris razvoja zemljemerstva, kartografije in prostorskega urejanja na osrednjem Slovenskem. Ljubljana: Geodetski zavod SRS Ljubljana, 298 str.
- Kupic, A., Mivšek, E., Kogovšek, A. (2001). Pregled razvoja digitalnih baz zemljiškega katastra v zadnjem desetletju. Geodetski vestnik, 45 (3), 191–201. <http://www.geodetski-vestnik.com/45/gv45-3.pdf>, pridobljeno 8. 9. 2018.
- Lisec, A., Navratil, G. (2014). The Austrian land cadastre: from the earliest beginnings to the modern land information system [Avstrijski zemljiški kataster: od prvih začetkov do sodobnega zemljiškega informacijskega sistema]. Geodetski vestnik, 58 (3), 482–516. DOI: <https://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.03.482-516>
- Lisec, A., Ferlan, M. (2017). 200 let od začetka parcelno orientiranega katastra na Slovenskem. Geodetski vestnik, 61 (1), 76–90. https://geodetski-vestnik.com/61/1/gv61-1_lisec.pdf, pridobljeno 15. 12. 2018.
- Lego, K. (1968). Geschichte des Österreichischen Grundkatasters. Wien: Bundesamt für Eichund Vermessungswesen.
- Mlakar, G. (1986). Kataster 1: Zemljiški kataster in zemljiška knjiga. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Mlakar, G. (1990). Kataster, 1. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Naprudnik, M. (2002a). Geodezija v Sloveniji v obdobju 1945–2000 (1. del). Geodetski vestnik, 46 (3), 249–256.
- Naprudnik, M. (2002b). Geodezija v Sloveniji v obdobju 1945–2000 (2. del). Geodetski vestnik, 46 (4), 428–441.
- Naprudnik, M. (2003a). Geodezija v Sloveniji v obdobju 1945–2000 (3. del). Geodetski vestnik, 47 (1–2), 96–109.
- Naprudnik, M. (2003b). Geodezija v Sloveniji v obdobju 1945–2000 (4. del). Geodetski vestnik, 47 (3), 308–321.
- Navodilo (1999). Navodilo o začetku uradne uporabe digitalnega katastrskega načrta. Uradni list RS, št. 57/1999.
- Navodilo (1976). Navodilo za ugotavljanje in zamejčenje posestnih meja parcel. Uradni list SRS, št. 2/1976.
- Pravilnik o održavanju katastra u opštinama u kojima je katastar izradjen na osnovu premera VII. deo II odeljak (1930). [Pravilnik za vzdrževanje katastra v občinah, v katerih je izdelan kataster na podlagi premera VII. del 2. razdelek]. Službene novine, št. 212-LXXV/460.
- Pravilnik za državni premer III deo. (1958). Pravilnik za državni premer III deo: Razgraničenje i snimanje detalja i reliefa zemljišta i detaljni nivelman [Pravilnik za državno izmero III. del: Zamejčenje in izmera detalja in reliefa zemljišča ter detaljni nivelman]. Savezna geodetska uprava, št. 857. Beograd.
- Pravilnik (1970). Pravilnik o tehničnih predpisih za izdelavo izvornikov načrtov in za določanje površin parcel pri izmeritvi zemljišč. Uradni list SFRJ, št. 8/1970.
- Pravilnik (2004). Pravilnik o urejanju in spreminjanju mej parcel ter o evidentiranju mej parcel v zemljiškem katastru. Uradni list RS, št. 1/2004.
- Pravilnik (2007). Pravilnik o urejanju ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru. Uradni list RS, št. 08/2007.
- Pravilnik (2018). Pravilnik o evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru. Uradni list RS, št. 48/2018.
- Priročnik (1984). Priročnik za vzdrževanje katastrskega operata lastninsko davčnega dela zemljiškega katastra. Ljubljana: Republiška geodetska uprava.
- Ribnikar, P. (1982). Zgodovinski časopis. Zemljiški kataster kot vir za zgodovino. Zgodovinski časopis. 36 (4), 321–337. <http://www.sistory.si/publikacije/prenos/?urn=SISTORY:ID:110>, pridobljeno 3. 5. 2014.
- Seručník, M. (2009). Reambulančni kataster za Kranjsko. Kronika (Ljubljana), 57 (3), 491–504. <http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:doc-86U9EG9T>, pridobljeno 10. 5. 2014.
- Steudler, D. (2014). Cadastre 2014 and beyond. FIG Publication No. 61. <http://www.fig.net/pub/figpub/pub61/figpub61.pdf>, pridobljeno 18. 12. 2018.
- Temeljni zakon o izmeritvi zemljišč in zemljiškem katastru (1965), Uradni list SFRJ, št. 15/1965.
- Tehnične specifikacije za prikaz podatkov v skici elaborata (2008). Tehnične specifikacije za prikaz podatkov v skici elaborata št. 00703-4/2007-2. http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/zakonodaja/ZEN/teh_spec_skice_elab.pdf, pridobljeno 15. 2. 2013.
- Tehnične specifikacije (2018). Tehnične specifikacije št. 35311-61/2018-2 http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/zakonodaja/ZEN_am/Tehnicne_specifikacije_objava.pdf, pridobljeno 4. 1. 2019.
- Triglav, J. (2003). Zemljiški kataster na Slovenskem – nekoč in danes. Maribor: Društvo geodetov severovzhodne Slovenije.
- Uredba o izdelavi izmeritve in zemljiškega katastra in njunem vzdrževanju (1967). Uradni list SFRJ, št. 44/1967.

Uredba o zemljiškem katastru (1953). Uradni list FLRJ, št. 43/1953.

Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J., Rajabifard, A. (2010). Land Administration for Sustainable Development. United States: ESRI Press Academic.

ZEN (2006). Zakon o evidentiranju nepremičnin. Uradni list RS, št. 47/2006.

ZEN-A (2018). Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o evidentiranju nepremičnin. Uradni list RS, št. 7/2018.

ZENDMPE (2000). Zakon o evidentiranju nepremičnin, državne meje in prostorskih enot. Uradni list RS, št. 52/2000.

Zakon o katastru zemljišta (1928). [Zakon o zemljiškem katastru]. Službene novine, št. 14-VII od 18/1. 1929.

ZZKat (1974). Zakon o zemljiškem katastru. Uradni list SRS, št. 16/1974.

Zupan, M., Lisec, A., Ferlan, M., Čeh, M. (2014). Razvojne usmeritve na področju zemljiškega katastra in zemljiške administracije. Geodetski vestnik, 58 (4), 710–723. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.04.710-723>

Zupančič, P. (1991). Geodezija 4. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo.



Krivic M., Ferlan M., Lisec A. (2019). Dinamika izvajanja zemljiškokatastrskih postopkov glede na spreminjajočo se zakonodajo.

Geodetski vestnik, 63 (2), 179–198.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.179-198>

asist. Mateja Krivic, univ. dipl. inž. geod.

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

izr. prof. dr. Anka Lisec, univ. dipl. inž. geod.

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

viš. pred. dr. Miran Ferlan, univ. dipl. inž. geod.

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

PRILŽNOSTI ZA UPORABO PROSTOVOLJNIH GEOGRAFSKIH INFORMACIJ V OKVIRU NACIONALNE PROSTORSKE PODATKOVNE INFRASTRUKTURE

OPPORTUNITIES FOR USING THE VOLUNTEERED GEOGRAPHIC INFORMATION WITHIN THE NATIONAL SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE

Mihaela Triglav Čekada, Anka Lisec

UDK: 659.25:91:528.44

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02

Prispelo: 6. 2. 2019

Sprejeto: 16. 3. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.199-212

REVIEW ARTICLE

Received: 6. 2. 2019

Accepted: 16. 3. 2019

IZVLEČEK

Vse pogostejše se srečujemo z novimi viri prostorskih podatkov in informacij, ki jih zbirajo in prek spleta delijo različni uporabniki. Povezovanje teh virov, ki jih pogosto imenujemo prostovoljne geografske informacije (angl. Volunteered Geographic Information – VGI) ali geografske informacije množičnih virov (angl. Crowdsourced Geographic Information – CGI), ponuja izjemne priložnosti za uporabo prostorskih podatkov: od spremljanja naravnih nesreč in njihovih posledic, preučevanja in spremljanja rabe prostora do različnih kartografskih in družbenih pobud, če naštejemo le nekatere. Prostovoljne geografske informacije prinašajo nove izzive tudi za področje nacionalne prostorske podatkovne infrastrukture (angl. National Spatial Data Infrastructure – NSDI). V članku je podan pregled najnovejših raziskav na področju prostovoljnih geografskih informacij, s poudarkom na njihovi uporabi na nacionalnih geodetskih upravah, ki so praviloma zadolžene za področje nacionalne prostorske podatkovne infrastrukture. Kot primeri dobrih praks so predstavljene izkušnje iz Švice, Velike Britanije, Nizozemske in Finske. V članku so še predstavljene nekatere pobude iz držav v razvoju, kjer prostovoljne geografske informacije ponujajo posebne izzive tudi na področju topografskega in katastrskega kartiranja.

KLJUČNE BESEDE

prostovoljne geografske informacije, množični viri, zajem podatkov, prostorska podatkovna infrastruktura, zemljiški kataster

ABSTRACT

New sources of geospatial data and information have recently become available in the form of user-generated web content. The integration of these sources, often termed Volunteered Geographic Information (VGI) or Crowdsourced Geographic Information (CGI), offer various options for geospatial applications: from monitoring natural disasters and their damages, analysing and monitoring of land cover to various cartographic and societal initiatives, to name just a few. Among other things, VGI brings new challenges in the field of National Spatial Data Infrastructure – NSDI. The paper aims to review the current state of the art in the VGI research field focusing on the voluntary geographic information in national surveying and mapping agencies often competent for NSDI. As case studies, Switzerland, the United Kingdom, the Netherlands, and Finland have been chosen. Furthermore, various initiatives for topographic and land-cadastral mapping in developing countries and potentials offered by VGI are presented.

KEY WORDS

volunteered geographic information, crowdsourcing, mapping, spatial data infrastructure, land cadastre

1 UVOD

Prostovoljne geografske informacije so najbolj poznane pod angleškim imenom *volunteered geographic information*, s tem terminom pa je pogosto povezan tudi pojem množičnih virov (angl. *crowdsourcing*), iz katerega prihaja drugo pogosto poimenovanje teh informacij v angleščini, to je *crowdsourced geographic information*. Različni avtorji uporabljajo sicer oba angleška termina kot sopomenki ali pa kot termina, katerih pomena se le nekoliko razlikujeta (npr. See et al., 2016; Bittner, 2017). V bistvu pa pri obravnavanju prostovoljnih geografskih informacij govorimo o podatkih oziroma informacijah, ki jih generirajo prostovoljci, to praviloma niso strokovnjaki s področja geoinformatike, v prostem času. Poudariti velja, da lahko prostovoljci geografske podatke samo zbirajo in jih delijo prek svetovnega spleta, obdeluje pa jih nekdo drug (Triglav Čekada in Radovan, 2013). Pri tem se uporabljajo najnoveše tehnologije za zajem in posredovanje prostorskih podatkov, kar vključuje tudi informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, svetovni splet ter tehnologijo za pozicioniranje in navigacijo (glej tudi Šumrada, 2013). Danes obstajajo posebej razvita računalniška okolja in orodja, ki omogočajo strukturirano zbiranje prostorskih podatkov, na primer *OpenStreetMap* ali *Wikimapia*, če omenimo le dve najbolj razširjeni spletni platformi.

Zbiranje geografskih informacij je že dlje dobro poznano v različnih amaterskih društvih in združenjih. Tako na primer slovenski biologi že od leta 1988 vsako leto januarja prostovoljno preštevajo vodne ptice v okviru mednarodne pobude opazovanja vodnih ptic (angl. *International Waterbird Census*) (Božič, 2018). Slovenski amaterski astronomi so vključeni v opazovanje meteorjev od leta 1988 v okviru mednarodne organizacije *International Meteor Organization* (IMO, 2018). Podatke obeh v bistvu amaterskih združenj s pridom že dolgo uporabljajo tako amaterji kot strokovnjaki in raziskovalci. Zbirke takih podatkov so vsaj v astronomiji omogočile znanstveni preboj na področju napovedovanja aktivnosti meteorskih rojev, kar je bilo še pred dvajsetimi leti nepojmljivo. Koncept prostovoljnih geografskih informacij, kjer v nasprotju s prej navedenimi društvi sodeluje večja množica ljudi, je zanimiv predvsem z vidika udeležbe širše javnosti pri različnih pobudah. Med zelo odmevnimi v Sloveniji je zagotovo akcija *Očistimo Slovenijo*, ki sega v leto 2012. Takrat so prostovoljci prek spletnega portala *geopedia.si* določevali zbirna mesta za odpadke in registrirali divja odlagališča. V Sloveniji smo tako z njimi že preučevali poplave iz leta 2012 (Triglav Čekada in Radovan, 2013). Prek rešitve spletnega portala Uporabna geografija lahko sodelujemo pri primerjavi občin glede na različne kazalnike, pri zbiranju lokacij invazivnih vrst, pri zbiranju lokacij lokalnih pridelovalcev hrane ipd. (Uporabna geografija, 2019). Prostovoljci lahko nadalje prispevajo prostorske podatke tudi za Slovenijo prek spletnih platform *OpenStreetMap* in *Wikimapia*, če omenimo le dve najbolj znani tuji pobudi.

Kako posebne so prostovoljne geografske informacije, ki jih zbira širša množica prostovoljcev? Goodchild (2007) je prvi sestavil besedno zvezo prostovoljne geografske informacije, v angleškem jeziku *volunteered geographic information*, in jih opredelil kot rezultat množičnega zajema prostorskih podatkov, pri katerem prostovoljni udeleženci pridobijo in prek spleta posredujejo prostorske podatke in sorodna dejstva o stvarnem svetu, ki se nato vključijo v obstoječe baze podatkov. V primerjavi z amaterskimi društvi prostovoljci večinoma niso organizirani v društva, delujejo pa prek svetovnega spleta. K razvoju tega področja je zagotovo pomembno prispeval razvoj tehnologije svetovnega spleta, saj je tehnologija Web2.0 omogočila interakcijo uporabnikov na svetovnem spletu v okviru tako imenovanih spletnih geografskih informacijskih sistemov (GIS). Spletna tehnologija, informacijsko-komunikacijska tehnologija ter ra-

zvoj in raznolikost senzorjev, ki so danes na voljo za zajem podatkov v prostoru in času, so popolnoma spremenili način komunikacije in tudi vedenje posameznikov v družbi (Sui in Delyser, 2013). Navedene tehnologije so namreč postale izredno široko dostopne in vsak posameznik lahko sodeluje pri zbiranju prostorskih podatkov ter njihovem posredovanju prek spleta. Ravno od tu izhaja pomen že omenjene množične udeležbe (angl. *crowdsourcing*) pri zbiranju prostorskih informacij, ki je delno rezultat pobude odprtih virov (angl. *open source*) in vsaj v teoriji temelji na ideji, da informacijska družba vsakemu posamezniku omogoča udeležbo z deljenjem znanja in spretnosti prek svetovnega spleta (Capineri, 2016).

Tehnološki razvoj ter vse večja uporaba opisanih tehnologij v praksi sta ponudila veliko priložnosti za raziskave in inovacije na tem področju. V preteklem desetletju je bila objavljena množica znanstvenih prispevkov s področja prostovoljnih geografskih informacij, ki so v uvodnem delu povzeti v monografiji *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information* (Capineri et al., 2016). Medtem ko so se avtorji v začetnem obdobju ukvarjali bolj s konceptom prostovoljnih geografskih informacij (Goodchild, 2007; Coleman, Georgiadou in Labonte, 2009; Haklay, 2010), se je na tem področju kmalu pojavil izziv zagotavljanja in nadzorovanja kakovosti tako zbranih prostorskih podatkov in informacij (Goodchild in Li, 2012; See et al., 2013; Ali in Schmid, 2014; Senaratne et al., 2016).

Ker so področja uporabe prostovoljnih geografskih podatkov zelo široka, od spremljanja naravnih nesreč, preučevanja vrst rabe prostora do različnih kartografskih in političnih pobud (npr. Klonner et al., 2016; Massa in Campagna, 2016), se bomo v tem sestavku osredotočili na izzive prostovoljnih geografskih informacij in uradnih podatkov v okviru državne prostorske podatkovne infrastrukture – predvsem na področju uradnih topografskih in katastrskih podatkov, za katere so praviloma zadolžene javne geodetske uprave.

2 KAKOVOST PROSTOVOLJNIH GEOGRAFSKIH PODATKOV IN INFORMACIJ

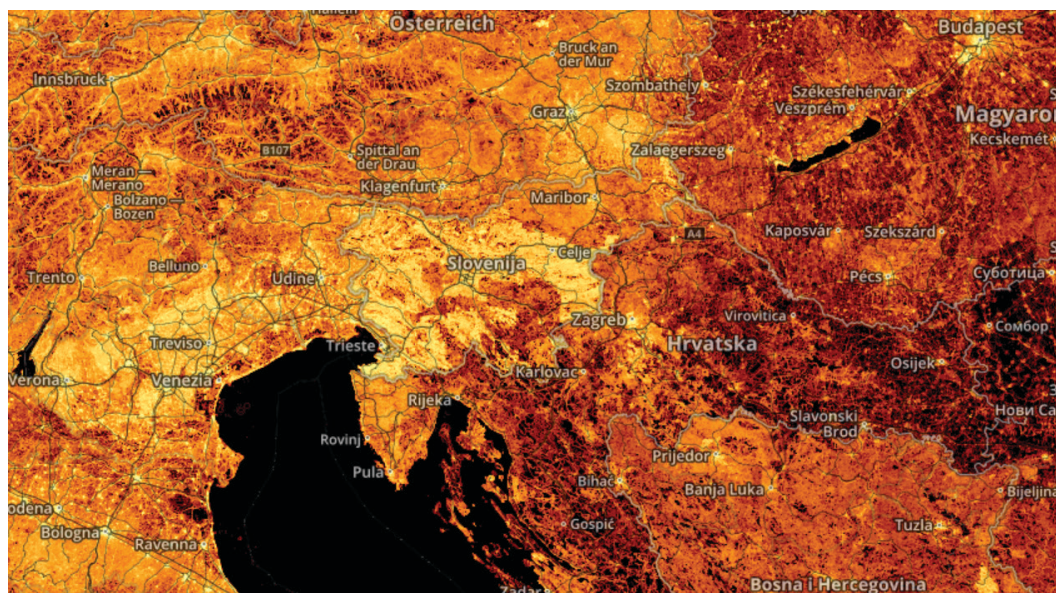
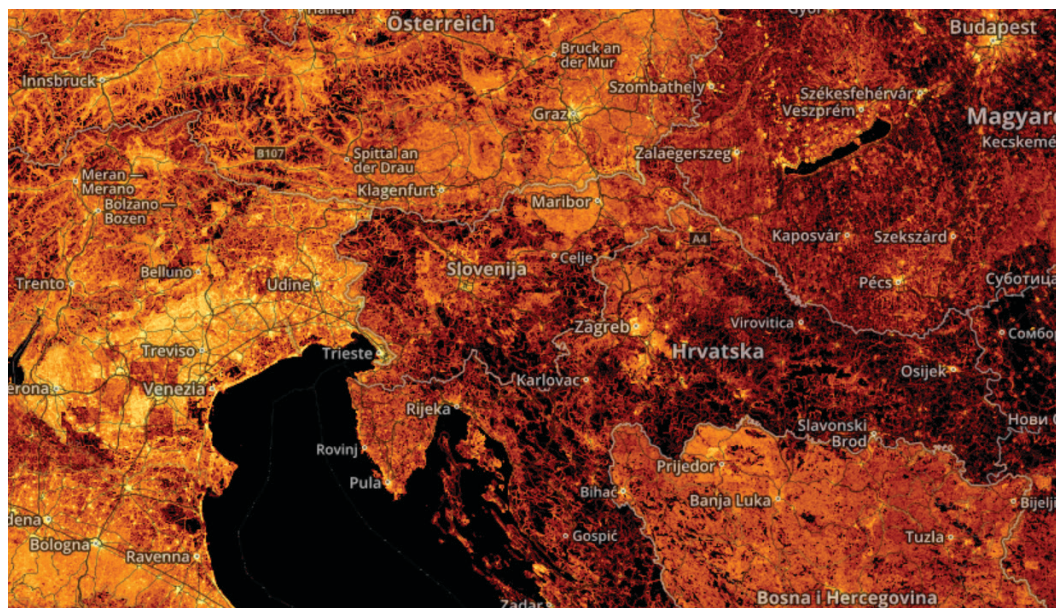
Kakovost podatkov pogosto pogojuje tudi njihova uporabnost, zato ne čudi, da je preučevanje kakovosti prostovoljnih geografskih podatkov in informacij predmet mnogih raziskav. Kot primer si pogledimo rešitev *OpenStreetMap*, ki je bila vzpostavljena leta 2004 ter primarno namenjena kartiranju ulic in cest, naknadno pa so dodajali še druge topografske podatkovne sloje, kot so stavbe, občinske meje, vrsta rabe, zanimive točke za uporabnike ipd. (Barrington-Leigh in Millard-Ball, 2017). Prve raziskave kakovosti podatkov v okviru *OpenStreetMap* se nanašajo na preučevanje popolnosti podatkov o cestah. Haklay (2010) je na primeru cest v Londonu pokazal, da so podatki o cestah s portala *OpenStreetMap* primerljive kakovosti kot uradni podatki agencije *Ordnance Survey* (večina primerjav je bila izvedena za podatke, pripravljene za prikaz v merilu 1 : 10.000), če preučujemo položajno točnost in popolnost. Podatki obeh podatkovnih virov so se kar v 80 % položajno ujemali. Pri preučevanju popolnosti podatkov o odsekih cest so zaznali razlike med gostejše in redkeje poseljenimi deli, pri čemer so v slednjih zaznali občutno slabšo popolnost podatkov. Do podobne ugotovitve so prišli raziskovalci pri preučevanju popolnosti podatkov o cestah za širše območja Dunaja, kjer so prav tako ugotovili, da so prostovoljno zbrani podatki o poteku cest v mestnem delu veliko popolnejši od podatkov o cestah na podežlju (Graser, Straub in Dragaschnig, 2014). Podoben razkorak v popolnosti podatkov, zbranih v okviru *OpenStreetMap*, med mestom in podeželjem so ugotovili v državah v razvoju, na primer v Keniji, kjer pa so podatki o cestah *OpenStreetMap* v mestih celo bolj ažurni kot uradni podatki (Mahabir et al., 2017).

V začetku decembra 2017 je imela rešitev *OpenStreetMap* 4,4 milijona uporabnikov, ki so skupaj dodali 455 milijonov linijskih elementov (OpenStreetMap Statistics, 2017). Za Evropo ocenjujejo, da ima večinoma zajeto celotno cestno omrežje, kar pa ne velja za druge dele sveta, kot sta Kitajska in Brazilija, če omenimo le večje države, kjer so že izvedli analize popolnosti podatkov o cestah (Barrington-Leigh in Millard-Ball, 2017). Barrington-Leigh in Millard-Ball (2017) sta z vzorčenjem preučila popolnost prikaza cest na *OpenStreetMap* iz leta 2015 na svetovni ravni, pri čemer sta v vsaki državi samodejno izbrala 45 vzorčnih točk in tam na območju 1,2 km² preštela število odsekov cest v *OpenStreetMap* ter neodvisno še na zračnih ali satelitskih posnetkih iz istega obdobja. Rezultati njune statistične analize so pokazali, da so ceste v rešitvi *OpenStreetMap* s stopnjo popolnosti 95 % zajete v 42 % držav, kamor se večinoma uvrščajo goste poseljene države, mednje spada tudi večina evropskih držav. Kot primer slabo pokrite države omenimo Kitajsko, ki ima tudi slabo internetno infrastrukturo in ima zajetih le približno tretjino vseh cestnih odsekov. Ugotovila sta še, da se stopnja popolnosti zajetih podatkov o cestah razlikuje med gosto poseljenimi, mestnimi območji in redko poseljenimi območji, kjer je stopnja popolnosti zajetih cest visoka, in »vmesnimi« ruralnimi območji, kjer pa je stopnja popolnosti nižja (Barrington-Leigh in Millard-Ball, 2017).

Slovenijo lahko štejemo med majhne države z dobro urejeno infrastrukturo za internetni dostop, tako lahko pričakujemo 95-odstotno stopnjo popolnosti zajetih cest v *OpenStreetMap* (Barrington-Leigh in Millard-Ball, 2017). Na sliki 1 vidimo, da je Slovenija na *OpenStreetMap* v letu 2017 prešla s stopnje vključenih cestnih odsekov, podobne Hrvaški in Madžarski iz leta 2014, na stopnjo vključenih cestnih odsekov, podobno severni Italiji in Avstriji. Tako visoka stopnja popolnosti podatkov pa že omogoča prepoznavanje sprememb v prostoru, v tem primeru cest (Barrington-Leigh in Millard-Ball, 2017). Podatki so lahko uporabni tudi kot dopolnilni vir pri posodabljanju državnih topografskih kart – *OpenStreetMap* že uporablja swisstopo v Švici (Kellenberger, 2017).

OpenStreetMap pa ne vsebuje le podatkov o cestah – namen razvite spletne rešitve je podpirati zajem različnih topografskih pojavov oziroma objektov. Glede raziskav o kakovosti podatkov *OpenStreetMap* velja tako izpostaviti tudi študije kakovosti podatkov o stavbah. Podobno kot za ceste so raziskave o popolnosti podatkov o stavbah na primeru Avstrije in Nemčije pokazale, da so podatki popolnejši na urbanih območjih v primerjavi z ruralnimi območji (Hecht, Kunze in Hahmann, 2013; Klonner et al., 2014). Študija kakovosti podatkov o stavbah v *OpenStreetMap* avtorjev Fana et al. (2014) je pokazala, da je sicer delež zajetih stavb v Nemčiji relativno visok, s tlorisi, skladnimi z uradnimi topografskimi podatki, in povprečnim položajnim odstopanjem 4 metre, vendar z zelo omejenimi opisnimi podatki. Veliko boljša položajna kakovost in ujemanje podatkov o stavbah sta se izkazala pri primerjavi podatkov *OpenStreetMap* z uradnimi topografskimi podatki na Poljskem, kjer je bilo položajno odstopanje ocenjeno na 0,6 metra za urbana območja in 1,7 metra za ruralna območja, ob izpostavljenem pomanjkanju opisnih podatkov o stavbah v podatkovni zbirki *OpenStreetMap* (Nowak da Costa, 2016).

Dodatna posebnost prostovoljno zbranih geografskih podatkov in informacij je, da vsebina, na primer na spletnih portalih *OpenStreetMap* ali *Wikimapia*, ni opredeljena z ravno podrobnosti, ki jo v kartografiji med drugim določa merilo prikaza. Posledično so vsebine na nekaterih območjih predstavljene zelo podrobno, na drugih pa veliko manj, kar je odvisno od prostovoljca, ki je posamezno vsebino dodajal.



Slika 1: OpenStreetMap – primerjava pokritost Slovenije v letu 2014 – zgoraj in 2017 – spodaj (vir: Martin Raifer, OpenStreetMap, Mapbox, <https://tyrasd.github.io/osm-node-density/#2/26.9/35.9/latest/places>, licenca CC-BY). Svetlejše barve predstavljajo večjo gostoto podatkov, temnejše barve manjšo gostoto podatkov.

Z vnaprej opredeljeno podrobnostjo prikaza bi lahko odvrnili potencialne prostovoljce, zato v navodilih za sodelovanje v takšnih pobudah praviloma ni opredeljena. Poleg merila je problematična tudi tematska popolnost oziroma raznolikost podatkov (Olteanu-Raimond et al., 2017).

3 PROSTOVOLJNE GEOGRAFSKE INFORMACIJE IN NACIONALNA PROSTORSKA PODATKOVNA INFRASTRUKTURA

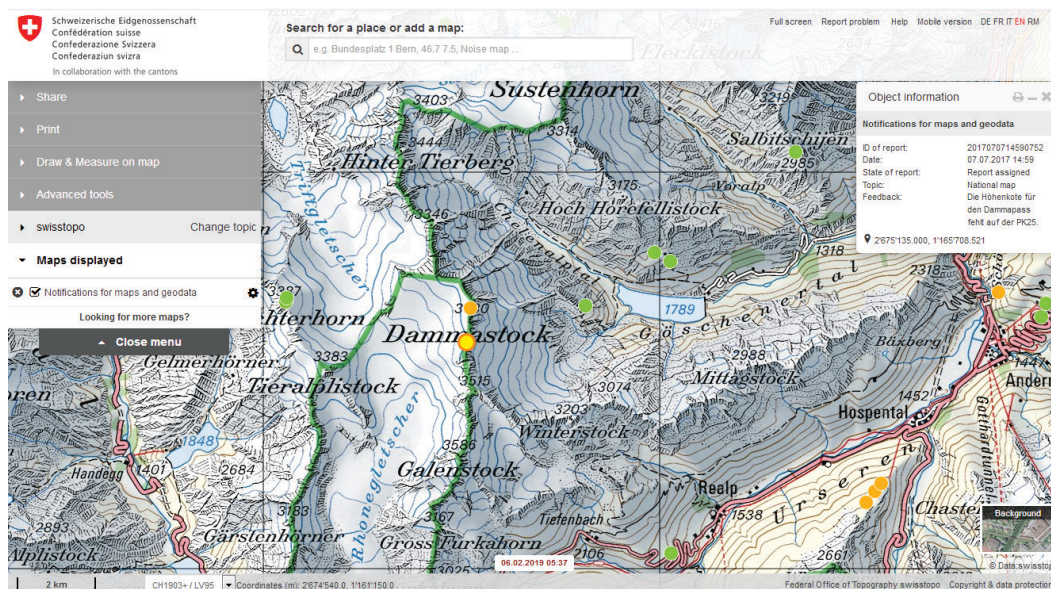
Javna uprava, s tem pa tudi javne geodetske uprave, imajo v sodobnih državah vzpostavljene standardizirane postopke, kako zbirati in posodablјati prostorske podatke za uradne evidence, za katere so zadolžene. Razvijali so jih strokovnjaki s širšega področja geodezije in geoinformatike ter jih na podlagi strokovnega znanja in izkušenj iz dolgoletne prakse izboljšali, tako da zagotavljajo čim bolj standardiziran, enovit in kakovosten končen izdelek. Glavna prednost uradnih podatkov (op. v angleščini se pogosto uporablja tudi termin »*authoritative data*«) bi morala biti poznana in zagotovljena kakovost, ki mora biti jasno opredeljena in predstavljena z metapodatki. Ravno zaradi zagotavljanja kakovosti uradnih prostorskih podatkov se še pred desetletjem ni razmišljalo o uporabi prostovoljnih geografskih informacij v podporo javni prostorski podatkovni infrastrukturi.

Zadržanost do teh virov informacij za javne podatkovne zbirke izhaja predvsem iz nezavedanja pa tudi nepoznavanja postopkov pridobivanja in vzdrževanja javnih prostorskih podatkovnih nizov. Koncept prostovoljnih geografskih podatkov in informacij je v povezavi z javno prostorsko podatkovno infrastrukturo zanimiv predvsem v postopkih zajemanja, posodabljanja in preverjanja kakovosti prostorskih podatkov. Slednje kaže tudi študija Svetovne banke (Haklay et al., 2014), ki poudarja pomen uporabe prostovoljnih geografskih informacij v javni upravi. Koncept prostovoljnih geografskih informacij se je uveljavil tako v razvitih državah kot v državah v razvoju – predvsem kot podpora sodelovanju prebivalcev in skupnosti z državo pri projektih oziroma nalogah, kot je zbiranje podatkov o naravnih in kulturnih danostih, zbiranju statističnih podatkov, upravljanju nepremičnin z zemljiškim preurejanjem, odzivu na naravne in druge nesreče (Haklay et al., 2014). Potreba po podatkih, ki jih ni na voljo v okviru uradnih podatkovnih nizov (lahko tudi zaradi zastarelosti), je prav tako pogost razlog, da se javni sektor odloči za uporabo prostovoljnih geografskih informacij v okviru uradne prostorske podatkovne infrastrukture.

Pri tem ostaja eden največjih izzivov zagotavljanje kakovosti podatkov v primerih uporabe, povezanih s temi podatki. Kakovost podatkov mora biti določena pred začetkom vsake pobude, v kateri se uporabljajo prostovoljne geografske informacije v okviru javne uprave, prav tako morajo biti zagotovljeni postopki preverjanja kakovosti (Haklay et al., 2014). Prostovoljne geografske podatke, v nasprotju z uradnimi podatki, zbirajo prostovoljci, ki jih pobudnik noče demotivirati s prepodobnimi in preobsežnimi navodili. Tako so ta navodila kar se da kratka in enostavna, zaradi česar pa lahko udeleženci prispevajo nekakovostne ali celo napačne podatke (Senaratne et al., 2016; Mooney et al., 2016; Minghini et al., 2017). Takšen pristop torej zahteva dodatno obdelavo in preverjanje podatkov.

3.1 Prostovoljne geografske informacije in topografski sistem

Kot smo videli v opisanih primerih, ponuja vključevanje prostovoljcev veliko možnosti za izdelavo topografske podatkovne zbirke na svetovni ravni, ki pa nima zagotovljene in enovite kakovosti niti ne zagotavlja sistematičnega posodabljanja podatkov. Ravno zaradi tega so državne in regionalne geodetske uprave skeptične glede prehitrega vključevanja prostovoljnih podatkov v njihove ustaljene postopke posodabljanja topografskih podatkov (Olteanu-Raimond et al., 2017). Kljub temu mnoge evropske države preizkušajo uporabo prostovoljnih geografskih podatkov v uradnih topografskih informacijskih sistemih, predvsem kot možnost dodatnega vira podatkov o spremembah ali morebitnih napakah v uradnih podatkovnih zbirkah.

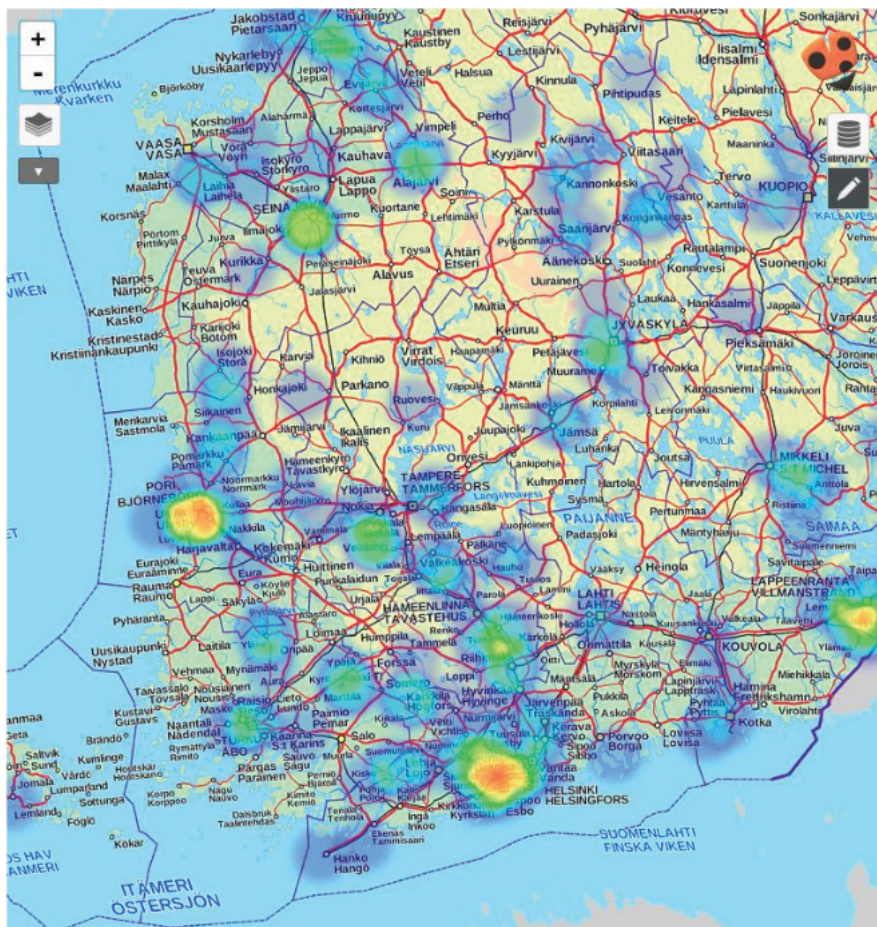


Slika 2: Spletna stran swisstopo za javljene popravkov za topografske karte. Izbran je primer, kjer je prostovoljec zapisal, da na karti merila 1 : 25.000 manjka višinska kota za prelaz (vir: objavljeno s dovoljenjem swisstopo, https://map.geo.admin.ch/?topic=swisstopo&layers=ch.swisstopo.meldungen-karten_geodaten).

Kot primer naj navedemo, da geodetska uprava *swisstopo* v Švici zbira podatke za posodabljanje uradnih topografskih kart oziroma podatkovnih zbirk že od leta 1854 (Kellenberger, 2017). Najprej so to počeli prek navadne pošte, potem elektronske pošte, v letu 2009 pa so razvili spletno stran (swisstopo, 2018), kjer lahko vsakdo odda komentar s predlaganim popravkom (slika 2). Danes dobijo približno 70 sporočil na mesec (Kellenberger, 2017). Vsako posamezno informacijo preverijo njihovi zaposleni in če se sporočilo izkaže za upravičeno, ga upoštevajo pri naslednjem posodabljanju posamezne podatkovne zbirke oziroma karte. Tudi na *Ordinance Survey* v Veliki Britaniji so razvili spletno stran za javljanje napak oziroma sprememb na državnih topografskih kartah. Povprečno dobijo več kot 200 sporočil na mesec (Morley et al., 2017). Na Nizozemskem so v letu 2014 razvili podobno pilotno platformo za zbiranje podatkov za posodabljanje uradnih topografskih podatkovnih zbirk (www.verbeterdekaart.nl), za njihovo geodetsko upravo *Kadaster*, v letu 2016 pa so jo začeli redno uporabljati za topografske karte različnih meril (Grus in Sjoukema, 2017). Kadaster je prostovoljce vključil še v spremljanje in sporočanje sprememb v bazi naslovov in hišnih števil (bagviewer.kadaster.nl) ter pri preverjanju stanja mejnih znamenj na državni meji (Grus in Sjoukema, 2017). Pri preverjanju mejnih znamenj so objavili koordinate mejnih znamenj, prostovoljce pa zaprosili, da obstoječa mejna znamenja fotografirajo in fotografije posredujejo prek spletnega portala.

Finska državna geodetska uprava je med marcem 2017 in majem 2018 zbirala različne prostorske podatke, ki so lahko v pomoč pri posodabljanju skupne topografske baze podatkov, prek pilotne spletne strani *Karttakerttu* (Laakso, 2017; Laakso in Rönneberg, 2017; GSDI Member Spotlight, 2017; Ilves, 2018). Navedena pilotna rešitev je poleg javljanja napak oziroma sprememb topografskih skupin omogočala tudi dodajanje različnih vsebin, ki se prostovoljcem zdijo smiselne: od pohodniških in kolesarskih poti

do krajev za piknik ipd. Po koncu zbiranja podatkov, ki so jih prejeli od okrog 400 prostovoljcev, so ugotovili, da bo približno polovica podatkov vsekakor uporabna za posodabljanje skupne topografske baze podatkov (Ilves, 2018). Med izvajanjem pilotne akcije je bilo mogoče na njihovi spletni strani na karti Finske, prikazani v malem merilu, videti območja, za katera so prostovoljci oddali največ podatkov (slika 3), na karti, povečani v veliko merilo, pa tudi detajlne podatke. Če bodo ti podatki vključeni v uradne podatkovne zbirke, jih bodo uporabili le kot informacijo, kje je treba podatke preveriti in posodobiti oziroma spremeniti (Laakso, 2017; Ilves, 2018). Takšen pristop bi lahko za odpravo napak in posodabljanje topografskih podatkov uporabili tudi v Sloveniji.



Slika 3: Pogled na spletno stran *Karttakerttu* v malem merilu, kjer vidimo lokacije koncentracij prostovoljno oddanih podatkov (vir: National Land Survey of Finland; Laakso in Rönneberg, 2017).

Geodetske uprave navedenih evropskih držav uporabljajo prostovoljne geografske podatke in informacije za pridobivanje informacij o napakah v državnih topografskih podatkih ali o spremembah na terenu, ki prav tako zahtevajo spremembo oziroma posodobitev državnih topografskih podatkov oziroma kart. Zbrane podatke podrobno preučijo, preverijo ali ocenijo njihovo uporabnost v standardnem postopku

posodabljanja topografskih podatkov in kart, kar še vedno izvaja strokovnjak z geodetske uprave, s čimer se zagotavlja predpisana kakovost uradnih prostorskih podatkov. Širšo uporabo prostovoljnih geografskih podatkov na geodetskih upravah omejujejo tudi pravni zadržki, predvsem nerešeno vprašanje licenciranja podatkov, ki so privzeti iz različnih odprtih podatkovnih kartografskih baz ali prostovoljnih pobud (Olteanu-Raimond et al., 2017). To navedene geodetske uprave za zdaj rešujejo s svojimi platformami za zbiranje prostovoljnih podatkov, neposredna vključitev obstoječih odprtih kartografskih baz podatkov pa ostaja še nerešeno vprašanje.

Večjo uporabnost in pomen prostovoljnih geografskih podatkov in informacij za namen topografskega kartiranja je zaslediti v državah v razvoju, kjer se izvaja veliko pobud za vključevanje prebivalcev, prostovoljcev, v zbiranje podatkov in topografsko kartiranje (glej tudi Haklay et al., 2014).

3.2 Prostovoljne geografske informacije in zemljiška administracija

Čeprav že v smernicah zemljiške administracije Združenih narodov (ZN, 1996) piše, da se sodoben zemljiški kataster ukvarja s podrobnimi informacijami o zemljiški parceli, kar pomeni, da so meje parcel izmerjene (Zupan et al., 2014), je v takšne zemljiške informacijske sisteme po nekaterih ocenah vključenih le 25 % vseh zemljišč na svetu, kamor večinoma štejemo le razvite države in nekatere države osrednje Azije (McLaren, 2011; de Vries et al., 2015). Mnogo držav v razvoju nima ali pa ima le delno vzpostavljen sistem za registracijo pravic na zemljiščih, pri čemer bi potrebovali več desetletij za podrobno izmero in kartiranje meja pravic na zemljiščih (de Vries et al., 2015). Takšne države se pri vzpostavitvi zemljiškega katastra vsekakor spogledujejo z vpeljavo prostovoljnih geografskih podatkov oziroma informacij tudi na področju vzpostavitve sistema zemljiške administracije, ki bi temeljila na izmeri in kartiranju meja pravic na zemljiščih (zemljiških parcel). Lokalno prebivalstvo so v pilotni študiji vključili v katastrsko izmero tudi v Grčiji (vaško okolje na otoku Lefkada), kjer so posestnike zemljišč najprej usposobili za zajem podatkov na terenu, nakar so si ti sami izmerili svoje parcele (Basiouka in Potsiou, 2012 in 2016). Zbrane podatke so primerjali s podatki, ki so jih zajeli geodeti, in ugotovili, da ni bilo večjih odstopanj.

V državah v razvoju so izvedli že več projektov z vključevanjem prostovoljcev za zbiranje podatkov z namenom vzpostavitve parcelno utemeljenega zemljiškega katastra, kot ga predvidevajo mednarodni standard za področje zemljiške administracije (ISO 19152:2012) ter smernice za vzpostavitev tako imenovane namenske zemljiške administracije (angl. *fit-for-purpose land administration*) (Enemark et al., 2014). Veliki večini projektov je skupno to, da so bili prostovoljci le v pomoč strokovnjakom iz javne uprave, univerz ali zasebnih institucij, ki so na terenu izvajali pilotne projekte. Prostovoljci, predvsem lokalno prebivalstvo, so bili vključeni v projekte tako, da so se predhodno seznanili z uporabo tehnologij za zajem podatkov na terenu ter namenom zbiranja podatkov. V ta namen so dobili tudi jasna navodila, ki so jih, kot se je izkazalo pozneje pri oceni podatkov, tudi skrbno upoštevali. V samo delo na terenu so praviloma vključili lokalne veljake, ki so skrbeli za komunikacijo med strokovnjaki in lokalnimi prostovoljci (de Vries et al., 2015).

V ta namen so bile razvite številne spletne in mobilne rešitve, ki v državah v razvoju podpirajo projekte vzpostavitve katastrskih načrtov in registracije zemljišč – poleg številnih komercialnih ponudnikov takšnih rešitev velja izpostaviti pobudo STDN (angl. *Social Tenure Domain Model*) Združenih narodov in mreže GLTN (angl. *Global Land Tool Network*). Z namenom podpreti in pospešiti registracijo pravic

na zemljiščih v državah v razvoju so razvili informacijsko rešitev za kartiranje in shranjevanje podatkov o pravicah in omejitvah na zemljiščih, sam koncept pa temelji na vključevanju lokalnega prebivalstva in usmeritvah mednarodnega standarda ISO 19152:2012, pri čemer pa so predvidene tudi prilagoditve glede na lokalne posebnosti pravic do rabe zemljišč. Osnovna ideja je, da se registrirajo vse obstoječe pravice in omejitve – od tradicionalnih skupnih pravic do rabe zemljišč in naravnih virov do bivanjskih pravic v neformalnih naseljih (Lemmen, 2010). Z navedeno rešitvijo so izvedli že več pilotnih projektov vzpostavitve sistema zemljiške administracije, predvsem v Afriki (Demokratska republika Kongo, Kenija, Malavi, Namibija, Uganda, Zambija ipd.), pa tudi v Južni Ameriki, na Bližnjem vzhodu in v Aziji (STDM, 2018). Podobno rešitev so razvili pri Organizaciji za prehrano in kmetijstvo pri Združenih narodih UN FAO (angl. *United Nations Food and Agriculture Organization*), in sicer spletno in mobilno rešitev SOLA (angl. *Solution for Open Land Administration*), ki so jo uporabili v projektih vzpostavitve sistema zemljiške administracije z vključevanjem lokalnega prebivalstva v številnih državah Afrike, Azije in Južne Amerike (Lengoiboni, Richter in Zevenbergen, 2018).

Kljub pozitivnim rezultatom pri vključevanju prostovoljcev v pilotne zemljiškokatastrske izmere v državah v razvoju pa se dejansko izvajanje na ravni celotne države še ni začelo. V Mozambiku so razmišljali o možnosti vključevanja prostovoljcev v na novo vzpostavljeni sistem zemljiške administracije, saj bi tako hitreje izmerili neizmerjeno 800.000 km² veliko državo s 24 milijoni prebivalcev, vendar zamisel še ni zaživela (Murta et al., 2017). Kot zadržek navajajo zahtevo po spremembi zakonodaje, ki ureja izmero zemljišč, tako da bi smiselno urejala tudi sodelovanje prostovoljcev, razviti bi morali trden sistem nadzora nad podatki, ki so jih zbrali prostovoljci, s katerim bi pravočasno odstranjevali nenamerne ali namerne napake, razviti bi morali spletno in mobilno rešitev ter poskrbeti za celovito koordinacijo (Murta et al., 2017).

V državah z že vzpostavljenim sistemom zemljiške administracije se lahko koncept prostovoljnih geografskih podatkov oziroma informacij vključiti, podobno kot pri topografskih podatkovnih zbirkah, v postopke odkrivanja napak in posodabljanja katastrskih podatkov ali celo pri nadgradnji obstoječih katastrskih sistemov, recimo v 3D-kataster. Duarte de Almeida et al. (2016) so izvedli študijo, s katero so želeli določiti podatke v obstoječem zemljiškokatastrskem sistemu Portugalske, ki bi jih lahko prispevali tudi prostovoljci. Osredotočili so se na opisne podatke, ki jih v naravi vidimo, kot sta vrsta rabe zemljišč, vrsta rabe stavbnih zemljišč, število nadstropij v večstanovanjski stavbi. Dodatno so izpostavili predvsem možnost vključevanja prostovoljno zbranih podatkov pri razvoju koncepta 3D-katastra za stavbe oziroma nepremičnine, za katere bi prostovoljci prispevali podatke o zunanjosti in predvsem notranjosti stavb. S tem bi lahko pred pravno uvedbo 3D-katastra temeljito preučili izzive, vključno s stroški in podatki, ki bi jih zahtevala njegova vzpostavitev.

Vključevanje prostovoljno zbranih podatkov v 3D-katastrski podatkovni model oziroma 3D-modele mest so preučevali tudi v Avstraliji, kjer so na primeru mesta Melburne 3D-modelom stavb poskušali dodati opisne podatke o kakovosti življenja, hrupu, ki mu je izpostavljena posamezna bivalna enota, itd. (Sabri et al., 2016). S tem primerom smo prešli že na področje podrobnega spremljanja razvoja urbanega okolja in prostorskega načrtovanja, pri čemer pa so prostovoljne geografske informacije postale že zelo pomembne v vsakdanji praksi, tudi v Sloveniji (Nikšič et al., 2017), koncept prostovoljnega zbiranja geografskih informacij pa ima vse večjo vlogo tudi pri pomenski obogatitvi 3D-modelov mest (Fan in Zipf, 2016).

4 SKLEPNE UGOTOVITVE

Prostovoljni geografski podatki oziroma informacije pomenijo velik potencial za državno prostorsko podatkovno infrastrukturo – ne le v državah v razvoju, ampak tudi v razvitih državah. Pri tem se moramo zavedati omejenosti teh podatkov z vidika kakovosti in popolnosti, zato je treba pri vsakem njihovem vključevanju jasno določiti postopke za preverjanje in upoštevanje tako zbranih podatkov. Geodetske uprave v številnih evropskih državah so začele razvijati, nekatere pa so tudi vzpostavile, spletne in mobilne rešitve za zbiranje prostovoljnih geografskih podatkov, ki so namenjene predvsem odkrivanju napak na uradnih topografskih kartah in sporočanju sprememb v prostoru. V vseh obravnavanih evropskih državah, ki vključujejo prostovoljne geografske podatke v postopke posodabljanja uradnih podatkovnih zbirk, tako pridobljene podatke podrobno preučijo, preden jih upoštevajo.

Prostovoljni geografski podatki oziroma informacije na področju zemljiške administracije prinašajo velik izziv predvsem za države v razvoju, kjer so tako zbrani podatki lahko začetek uradnega vzpostavljanja zemljiškega administrativnega sistema – ob naknadnem preverjanju pravilnosti zajetih podatkov. V ta namen je danes na voljo več spletnih in mobilnih rešitev, uporaba katerih pa vendarle zahteva prilagoditev posebnostim lokalnega območja, predvsem posebnosti oblik pravic do rabe zemljišč in drugih naravnih virov. V državah z razvitim sistemom zemljiškega katastra se podobno kot pri topografskih podatkih prostovoljni geografski podatki pilotno vključujejo v postopke odprave napak ali posodabljanja katastrskih podatkov, s poudarkom na opisnih podatkih. V teh državah so lahko prostovoljni geografski podatki pomemben vir za razvoj prototipov 3D-katastra.

Zahvala

Raziskovalno delo je bilo delno opravljeno v okviru temeljnega raziskovalnega projekta J2-8176: *Napovedovalna analiza z lokacijsko podprto obogatitvijo konteksta* in raziskovalnega programa P2-0406: *Opazovanje Zemlje in geoinformatika*, ki ju sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

Literatura in viri:

- Ali, A. L., Schmid, F. (2014). Data Quality Assurance for Volunteered Geo-graphic Information. V *Geographic Information Science*. Springer International Publishing (str. 126–141). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-11593-1_9
- Basiouka, S., Potsiou, C. (2012). VGI in Cadastre: a Greek experiment to investigate the potential of crowd sourcing techniques in Cadastral Mapping. *Survey Review*, 44 (325), 153–161. DOI: <https://doi.org/10.1179/1752270611Y.0000000037>
- Basiouka, S., Potsiou, C. (2016). A Proposed Crowdsourcing Cadastral Model: Taking Advantage of Previous Experience and Innovative Techniques. V C. Capineri, M. Haklay, H. Huang, V. Antoniou, J. Kettunen, F. Ostermann, R. Purves (2016). *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information* (str. 419–433). London: Ubiquity Press. DOI: <https://doi.org/10.5334/bax>
- Barrington-Leigh, C., Millard-Ball, A. (2017). The world's user-generated road map is more than 80% complete. *PLoS ONE*, 12 (8), e0180698. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180698>
- Bittner, C. (2016). Diversity in volunteered geographic information: comparing OpenStreetMap and Wikimapia in Jerusalem. *GeoJournal*, 82 (5), 887–906. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-016-9721-3>
- Božič, L. (2018). Januarsko štetje vodnih ptic (IWC). <http://ptice.si/naravovarstvo-in-raziskave/monitoring/iwc>, pridobljeno 25. 1. 2019.
- Capineri, C. (2016). The Nature of Volunteered Geographic Information. V C. Capineiru, M. Haklay, H. Huang, V. Antoniou, J. Kettunen, F. Ostermann, R. Purves (2016). *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information* (str. 15–44). London: Ubiquity Press.
- Capineri, C., Haklay, M., Huang, H., Antoniou, V., Kettunen, J., Ostermann, F., Purves, R. (2016). *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information*. London: Ubiquity Press. DOI: <https://doi.org/10.5334/bax>
- Coleman, D. J., Georgiadou, Y., Labonte, J. (2009). Volunteered geographic information: The nature and motivation of procedures. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 4 (1), 332–358.
- Duarte de Almeida, J.-P., Ellul, C., Romano, R., Fonte, C. (2016). The Role of Volunteered

- Geographic Information Towards 3D Property Cadastral Systems (2): A Purpose Driven Web Application. 5th International FIG 3D Cadastre Workshop, 18.–20. oktober 2016, Atene, Grčija.
- de Vries, W. T., Bennett, R. M., Zevenbergen, J. A. (2015). Neo-cadasters: innovative solution for land users without state based land rights, or just reflections of instional isomorphism? *Survey Review*, 47 (342), 220–229. DOI: <https://doi.org/10.1179/1752720614Y.0000000103>
- Enemark, S., Clifford Bell, K., Lemmen, C., McLaren, R. (2014). Fit-For-Purpose Land Administration. Joint FIG / World Bank publication. <https://www.fig.net/pub/figpub/pub60/Figpub60.pdf>, pridobljeno 15. 1. 2019.
- Fan, H., Zipf, A., Fu, Q., Neis, P. (2014). Quality assessment for building footprints data on OpenStreetMap. *International Journal of Geographical Information Science*, 28 (4), 700–719. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2013.867495>
- Fan, H., Zipf, A. (2016). Modelling the world in 3D from VGI/Crowdsourced data. V C. Capineri, M. Haklay, H. Huang, V. Antoniou, J. Kettunen, F. Ostermann, R. Purves (ur.). *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information* (str. 435–466). London: Ubiquity Press.
- Foody, G., See, L., Fritz, S., Mooney, P., Olteanu-Raimond, A.-M., Fonte, C. C., Antoniou, V. (2017). *Mapping and the Citizen Sensor*. London: Ubiquity Press. DOI: <https://doi.org/10.5334/bbf>
- Fritz, S., See, L., Brovelli, M. (2017). Motivating and Sustaining Participation in VGI. V G. Foody, L. See, S. Fritz, P. Mooney, A.-M. Olteanu-Raimond, C. C. Fonte, V. Antoniou (ur.). *Mapping and the Citizen Sensors* (str. 93–117). London: Ubiquity Press.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as senzors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69 (4), 211–221. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Goodchild, M. F., Li, L. (2012). Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial statistics*, 1, 110–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2012.03.002>
- Graser, A., Straub, M., Dragaschnig, M. (2014). Towards an Open Source Analysis Toolbox for Street Network Comparison: Indicators, Tools and Results of a Comparison of OSM and the Official Austrian Reference Graph. *Transactions in GIS*, 18 (4), 510–526. DOI: <https://doi.org/10.1111/tgis.12061>
- Grus, M., Spjukema, J.-W. (2017). Dutch Kadaster and crowdsourcing. EuroSDR Workshop: Crowdsourcing in National Mapping 2017, Leuven. <http://www.cs.nuim.ie/~pmooney/eurosdrr2017>, pridobljeno 25. 1. 2019.
- GSDI Member Spotlight. 2017. NLS of Finlad Testing Map Update Through Crowdsourcing. GIM International, November 2017.
- Haklay, M. (2010). How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37 (4), 682–703, DOI: <https://doi.org/10.1068/b35097>
- Haklay, M., Antoniou, V., Basiouka, S., Soden, R., Mooney, P. (2014). *Crowd-sourced geographic information use in government*. Report to GFDRR. London: World Bank. Licenca: CC BY 3.0.
- Hecht, R., Kunze, C., Hahmann, S. (2013). Measuring Completeness of Building Footprints in OpenStreetMap over Space and Time. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2, 1066–1091. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi2041066>
- IMO (2018). International Meteor Organization. <https://www.imo.net/about/introduction>, pridobljeno 25. 1. 2019.
- ISO 19152:2012. Geographic Information – Land Administration Domain Model (LADM9. Edition 1, 118 str. Ženeva, Švica.
- Ilves, R. (2018). Karttakertun lento päättyy, <https://www.maanmittauslaitos.fi/ajankohtaista/karttakertun-lento-paattyy>, pridobljeno 10. 1. 2019.
- Kellenberger, T. (2017). NMCA Challenges in Crowdsourcing and VGI. EuroSDR Workshop: Crowdsourcing in National Mapping 2017, Leuven. <http://www.cs.nuim.ie/~pmooney/eurosdrr2017>, pridobljeno 25. 1. 2019.
- Klonner, C., Barron, C., Neis, P., Höfle, B. (2014). Updating digital elevation models via change detection and fusion of human and remote sensor data in urban environments. *International Journal of Digital Earth*, 8 (2), 153–171. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2014.881427>
- Klonner, C., Marx, S., Usón, T., Prorto de Albuquerque, J., Höfle, B. (2016). Volunteered Geographic Information in Natural Hazard Analysis: A Systematic Literature Review of Current Approaches with a Focus on Preparedness and Mitigation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5 (7), 103. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi5070103>
- Laakso, M. (2017). Maps updated through crowdsourcing this summer. http://www.maanmittauslaitos.fi/en/topical_issues/maps-updated-through-crowdsourcing-summer, pridobljeno 25. 1. 2019.
- Laakso, M., Rönneberg, M. (2017). Karttakerttu: konsepti, pilotti, tulokset ja jaohto-päätökset. https://pta-files-prod.s3.eu-west-1.amazonaws.com/kmtk-public/attachments/2018/01/KMTK_Kansa_Konsepti_Johtopaatokset.pdf?_E7jlfMH4v822_lk_00t3UKNellSxaa=, pridobljeno 10. 1. 2019.
- Lemmen, C. (2010). The Social Tenure Domain Model. A Pro-Poor Land Tool. Joint FIG / GLTN / UN-HABITAT publication. <https://www.fig.net/pub/figpub/pub52/figpub52.pdf>, pridobljeno 2. 2. 2019.
- Lengoiboni, M., Richter, C., Zevenbergen, J. (2018). An Overview of Initiatives to Innovate Land Tenure Recordation: 2011 to Present. World Bank conference on land and poverty, The World Bank, Washington DC, 19.–23. marec 2018.
- Mahabir, R., Stefanidis, A., Croitoru, A., Crooks, A. T., Agouris, P. (2017). Authoritative and volunteered geographical information in a developing country: A comparative case study of road datasets in Nairobi, Kenya. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6 (1), 24. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi6010024>
- Massa, P., Campagna, M. (2016). Integrating Authoritative and Volunteered Geographic Information for Spatial Planning. V C. Capineri, M. Haklay, H. Huang, V. Antoniou, J. Kettunen, J., F. Ostermann, R. Purves, R. (ur.). *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information* (str. 401–418). London: Ubiquity Press.
- Minghini, M., Antoniou, V., Forte, C. C., Estima, J., Olteanu-Raimond, A.-M., See, L., Laakso, M., Skopeliti, A., Mooney, P., Arsanjani, J. J., Lupia, F. (2017). The Relevance of Protocols for VGI Collection. V G. Foody, L. See, S. Fritz, P. Mooney, A.-M. Olteanu-Raimond, C. C. Fonte, V. Antoniou (ur.). *Mapping and the Citizen Sensors* (str. 223–247). London: Ubiquity Press.
- McLaren, R. (2011). Crowdsourcing Support of Land Administration – A Partnership Approach, *International Federation of Surveyors*, Article of the Month – December 2011.
- Morley, J., Harding, J., Pook, C. (2017). NMCA Challenges in Crowdsourcing and VGI

- #2. EuroSDR Workshop: Crowdsourcing in National Mapping 2017, Leuven. <http://www.cs.nuim.ie/~pmooney/eurosd2017>, pridobljeno 25. 1. 2019.
- Mooney, P., Minghini, M., Laakso, M., Antoniu, V., Olteanu-Raimond, A.-M., Skopeliti, A. (2016). Towards a protocol for the collection of VGI Vector data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5 (11), 217. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi5110217>
- Murta, J., Balas, M., Ivo, P., Carrilho, J., de Carvalho, A., Carimo, R. (2017). Community-Based Crowdsourcing for a sustainable land cadastre in Mozambique – Can SIGIT be a lever? World Bank conference on land and poverty, The World Bank, Washington DC, 20.–24. marec 2017.
- Nielsen, J. (2016). The 90-9-1 Rule for participation inequality in social media and online communities. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/participation-inequality>, pridobljeno 2. 2. 2019.
- Nikšić, M., Campagna, M., Massa, P., Cagliani, M., Theis Nielsen, T. (2017). Opportunities for Volunteered Geographic Information Use in Spatial Planning. V G. Foody, L. See, S. Fritz, P. Mooney, A.-M. Olteanu-Raimond, C. C. Fonte, V. Antoniou (ur.). *Mapping and the Citizen Sensors* (str. 327–349). London: Ubiquity Press.
- Nowak da Costa, J. (2016). Novel tool for examination of data completeness based on a comparative study of VGI data and official building datasets. *Geodetski vestnik*, 60 (3), 495–508. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.03.495-508>
- OpenStreetMap Statistics (2017). https://www.openstreetmap.org/stats/data_stats.html, pridobljeno 25. 1. 2019.
- Olteanu-Raimond, A.-M., Laakso, M., Antoniu, V., Forte, C. C., Fonseca, A., Grus, M., Harding, J., Kellenberger, T., Minghini, M., Skopeliti, A. (2017). VGI in National Mapping Agencies: Experiences and Recommendations. V G. Foody, L. See, S. Fritz, P. Mooney, A.-M. Olteanu-Raimond, C. C. Fonte, V. Antoniou (ur.). *Mapping and the Citizen Sensors* (str. 299–326). London: Ubiquity Press.
- Sabri, S., Rajabifard, A., Ho, S., Amirebrahimi, S., Bishop, I. (2016). Leveraging VGI Integrated with 3D spatial Technology to support Urban Intensification in Melbourne, Avstralija. *Urban Planning*, 1 (2), 32–48. DOI: <https://doi.org/10.17645/up.v1i2.623>
- See, L., Mooney, P., Foody, G., Basin, L., Comber, A., Estima, J., Fritz, S., Kerle, N., Jiang, B., Laakso, M., Liu, H.-Y., Milčinski, G., Nikšić, M., Painho, M., Podor, A., Olteanu-Raimond, M.-A., Rutzing, M. (2016). Crowdsourcing, Citizen Science or Volunteered Geographic Information? The Current State of Crowdsourced. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5 (5), 55. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi5050055>
- See, L., Comber, A., Salk, C., Fritz, S., van der Velde, M., Perger, C., Schill, C., McCallum, I., Krasner, F., Obersteiner, M. (2013). Comparing the Quality of Crowdsourced Data Contributed by Expert and Non-Experts. *PLoS ONE*, 8 (7), e69958. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069958>
- Senaratne, H., Mobasheri, A., Ali, A. L., Capineri, C., Haklay, M. (2016). A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science*, 31 (1), DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1189556>
- STDM (2018). Social Tenure Domain Model. Global Land Tool Network (GLTN). <https://stdm.gltn.net/applications>, pridobljeno 25. 1. 2019.
- Swisstopo. 2018. Spletna stran geodetske uprave v Švici. https://map.geo.admin.ch/?topic=swisstopo&layers=ch.swisstopo.meldungen-karten_geodaten&lang=de&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&E=2676000.00&N=1189600.00&zoom=1, pridobljeno 2. 2. 2019.
- Sui, D., Delyser, D. (2013). Crossing the qualitative-quantitative chasm I: Hybrid geographies, the spatial turn, and volunteered geographic information (VGI). *Progress in human geography*, 36 (1), 111–124. DOI: <https://doi.org/10.1177/0309132510392164>
- Šumrada, R. (2013). Prostovoljno množično zajemanje prostorskih podatkov. *Geodetski vestnik*, 57 (4), 691–701. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2013.04.691-701>
- Touya, G., Antoniou, V., Christophe, S., Skopeliti, A. (2017). Production of topographic maps with VGI: Quality Management and Automation. V G. Foody, L. See, S. Fritz, P. Mooney, A.-M. Olteanu-Raimond, C. C. Fonte, V. Antoniou (ur.). *Mapping and the Citizen Sensors* (str. 61–91). London: Ubiquity Press.
- Triglav Čekada, M., Radovan, D. (2013). Using volunteered geographical information to map the November 2012 floods in Slovenia. *Natural hazards and earth system sciences*, 13 (11), 2753–2762. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-13-2753-2013>
- Uporabna geografija (2019). Mobilne in spletne geoinformacijske aplikacije. <https://skupnost.sio.si/mod/glossary/view.php?id=311227>, pridobljeno 25. 1. 2019.
- Zupan, M., Lisec, A., Ferlan, M., Čeh, M. (2014). Razvoje usmeritve na področju zemljiškega katastra in zemljiške administracije. *Geodetski vestnik*, 58 (4), 710–723, DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.04.710-723>



Triglav Čekada M., Lisec A. (2019). Priložnosti za uporabo prostovoljnih geografskih informacij v okviru nacionalne prostorske podatkovne infrastrukture. *Geodetski vestnik*, 63 (2), 199-212.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.199-212>

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

Geodetski inštitut Slovenije in

Univerza v Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

e-naslov: mihaela.triglav@gis.si

izr. prof. dr. Anka Lisec, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

e-naslov: anka.lisec@fgg.uni-lj.si

GEOGRAFSKE INFORMACIJE MNOŽIČNIH VIROV S PRISTOPOM NA TEMELJU IGER

CROWDSOURCING GEOGRAPHIC INFORMATION WITH A GAMIFICATION APPROACH

Roberta Martella, Eliseo Clementini, Christian Kray

UDK: 659.2:91
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 28. 12. 2018
Sprejeto: 15. 5. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.213-233
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 28. 12. 2018
Accepted: 15. 5. 2019

IZVLEČEK

V zadnjih dveh desetletjih se pogosto srečujemo z geografskimi informacijami množičnih virov, zaradi katerih sta se izredno spremenila vloga in pomen geografskih podatkov v družbi. Razpoložljivost in uporabnost geografskih informacij sta bistvenega pomena za tako rekoč vse programske sisteme in storitve, kar je močno odvisno tudi od tega, koliko so se posamezniki pripravljeni angažirati za zbiranje oziroma izboljšavo podatkov. Ključno za oblikovanje sistemov, s katerimi bi povečali zadovoljstvo uporabnikov in samo učinkovitost, je razumevanje motivacije ljudi, da sodelujejo v tem procesu. V pričujoči raziskavi o množičnih virih geografskih podatkov smo uporabili metodo iger – tako imenovana igrifikacija. Pristop se pogosto uporablja za spodbujanje ljudi k vključevanju v dejavnosti, ki se skrivajo za »pročeljem« igr. Ključna dejavnika, ki se spodbujata z igro, sta sodelovanje in tekmovanje. V raziskavi smo oblikovali konceptualni model, v katerem se zbirajo glavne tehnike iger, ki so prilagojene za geografske podatke in so podlaga za vzpostavitev knjižnice iger. Za preverjanje koncepta smo razvili rešitev za Android, namenjeno zbiranju geometričnih podatkov o notranjosti stavbe, kar smo preizkusili v nevtralnem okolju.

KLJUČNE BESEDE

prostovoljne geografske informacije, podatki množičnih virov, metoda iger, igrifikacija, mobilna rešitev

ABSTRACT

Crowdsourcing geographic information has been a massive phenomenon that took place over the last two decades and that changed dramatically the diffusion of geographic data in society. The availability and readiness of geographic information is paramount in practically all software systems and services and this is strongly determined by the drive of people putting energy in data collection and improvement. Understanding the motivations of people to participate in this process is fundamental to leverage the design of new systems able to increase satisfaction and productivity. The introduction of game mechanisms in geographic crowdsourcing is the theme that we face in this research. The so-called gamification of applications has been widely used as a stimulant for involving people in serious activities that are hidden behind the gaming façade. Cooperation and competition are key factors that are promoted through the game. We synthesize a conceptual model that collects the main gaming techniques tailored for geographic data and that is the basis for the development of a gamification library. As a proof of concept, we deploy an Android app for geometric data collection inside buildings and test it in a university setting.

KEY WORDS

Volunteered Geographic Information, data crowdsourcing, game method, gamification, mobile app

1 INTRODUCTION

The phenomenon of crowdsourcing geographic information has been named Volunteered Geographic Information (VGI) in Goodchild (2007). Since its inception, the phenomenon has revolutionized the way geographic data permeates society, up to the point where virtually any software application includes a location component and almost all users contribute to share information of geographic kind (Elwood, Goodchild, and Sui, 2012). Notoriously, legacy systems have obstructed the free diffusion of geographic data in the past and most available data sets are the result of a volunteered sharing process. Motivating people in keeping alive the interest in crowdsourcing is therefore an important issue. An approach based on gamification is by no means a secondary or funny approach, but it represents a key to immediately involve people in a cooperative effort to broaden geographic knowledge and share it with anybody.

Gamification is based on the use of gaming techniques in the design of general software applications (Deterding et al., 2011). Starting by the analysis of gaming techniques already introduced in existing geographic systems, we define a gamification framework specifically tailored for geographic applications. Users of the framework will get several advantages such as: (i) having a guide that helps to delineate a clear path on how to apply gamification, minimizing errors and saving time and money; and (ii) increasing the chances of success by reusing previous knowledge. From the conceptual specifications, we developed a gamification library for mobile applications that can be used as a common software component for many apps in the geographic context. As a case study, we used the gamification library to obtain a gamified version of an existing app, namely CampusMapper that serves to collect spatial data in indoor university facilities. The gamified app called CampusMapperGamified has been tested with a group of users with the general goal of checking the applicability of gaming mechanisms to VGI and of assessing trustworthiness of collected data, that is, the degree of confidence with which we can rely on such data.

A preliminary version of this paper without a description of the gamification library and the user evaluation has appeared in Martella, Kray, and Clementini (2015). The paper is organized as follows. In Section 2, we present the state of the art in geographic crowdsourcing and gamification. In Section 3, we introduce our conceptual framework for gamification of geographic applications. In Section 4, we introduce the gamification library for Android applications. In Section 5, we present a case study related to the gamification of CampusMapper. In Section 6, we discuss an evaluation with end-users. Section 7 concludes the paper.

2 RELATED WORK

As a basis to construct our framework, in this section we discuss open challenges for VGI, motivations driving people in crowdsourcing, the ideas behind games and gamification, and the application of gamification to crowdsourcing, especially in existing geographic systems.

2.1 Open Challenges for VGI

OpenStreetMap (OSM) (<http://openstreetmap.org>) is one of the largest and most famous VGI projects with a growing number of users. OSM is based on the recording of individuals' positioning (GPS) data to create up-to-date maps of the user location. Individuals take the role of living sensors to measure their own environment (Goodchild, 2007). Flickr is another example (<http://flickr.com>), which provides large amounts of geographic data through photographs shared by subscribers, which are normally indexed by

location as well. Therefore, Flickr is an example of a system that produces geographic data, but in most cases its users are not interested in geography (Flanagin and Metzger, 2008). In Fritz et al. (2009), authors discuss the challenges in VGI domain. As the first and most important challenge, they identify the problem of attracting a consistent number of volunteers. To this regard, in Celino (2013), authors claim that volunteers need to be motivated to be cooperative. Fostering collaboration, however, requires a proper incentive strategy: for instance, OSM represents a wiki-like collaborative platform, where users are driven by the same needs and ethical principles. Often this approach is not enough, because volunteers should be stimulated to remain active to obtain a comprehensive and uniform result and to consider the changes that constantly happen (Goodchild, 2008). In (Fritz et al., 2009; Fritz, See, and Brovelli, 2017), authors point out that this first challenge can be solved by competitive games such as those used for most computer games; they could be implemented to make the challenge of geographic crowdsourcing more attractive.

A second challenge is related to data quality assurance for VGI data (see e.g. Flanagin and Metzger, 2008; Fogliaroni, D'Antonio, and Clementini, 2018; Qian et al., 2009). Volunteered information is by nature unpredictable and discontinuous; therefore, its reliability can be assessed only in statistic terms. In Goodchild and Li (2012), authors describe three approaches to quality assurance without resorting to external data sources, the "crowdsourcing", "social", and "geographic" approaches, respectively, discussing the advantages and limitations of each. The crowdsourcing approach assumes that quality increases with the number of contributors: the underlying principle supporting this claim is known as the many-eyes principle: if something is visible to many people, then, collectively, they are more likely to find errors in it. Publishing open data can therefore be a way to improve its accuracy and data quality (<http://opendatahandbook.org/glossary/en/terms/many-eyes-principle>). Therefore, in Goodchild and Li (2012), authors conclude that the crowdsourcing approach does not properly apply to less known facts, such as geographic features located in a sparsely populated area. Indeed, in this case, the many eyes needed to assure the quality would be missing. The second approach mentioned in Goodchild and Li (2012) was named "social": it relies on the construction of a hierarchy of moderators, i.e., individuals that are reputed trustworthy in the community because of the quality of their contributions. The third approach is termed "geographic" and it is the one that is best suited for full or semi-automatization: it decides on the quality of a feature by comparing it against geographical laws - e.g., a shoreline should have a fractal shape.

2.2 Motivations of Crowdsourcing Contributors

Understanding motivations can be done by considering the profile of the candidate contributors. In Coleman, Georgiadou, and Labonte (2009), authors classify the types of people who volunteer geospatial information into the following categories: neophyte, interested amateur, expert amateur, expert professional, and expert authority. They also identify a list of motivations for user contributions and analyze how many of them apply to VGI applications. Among the constructive motivations, they identify altruism (e.g., restaurant reviews where the goal is to pass along information regarding good restaurants), professional interest, intellectual stimulation, social reward and enhanced personal reputation. In the case of damaging motivations, they identify mischief (e.g., vandalism) and criminal intent. In psychology, people's motivation can be either intrinsic or extrinsic. Extrinsic motivation comes from an outer stimulus, such as in the case of earning a reward or avoiding a punishment, while intrinsic motivation comes from an inside perception of reward, such as fun, altruism, or ambition. Based on such a distinc-

tion, in Kaufmann, Schulze, and Veit (2011), authors developed a framework for paid crowdsourcing environments (e.g., Amazon Mechanical Turk - <http://mturk.com>), where participants are motivated both on an intrinsic and extrinsic basis. Similarly, in Eickhoff et al. (2012), authors suggest that participants on a crowdsourcing environment can be subdivided in money-driven workers (extrinsic motivation) and entertainment-driven workers (intrinsic motivation).

2.3 Gamification as Intrinsic Motivator

Self-Determination Theory (SDT) by Ryan and Deci (2000) introduced principles to foster intrinsic motivations instead of extrinsic ones. Those principle have been transposed to gamification by Aparicio et al. (2012), Deterding (2011), and Groh (2012): in detail, they point out that relatedness (the universal need to interact and be connected with others), competence (the universal need to be effective and dominate a problem in a given environment), and autonomy (the universal need to control one's own life) are needed to keep alive intrinsic motivations of users. Furthermore, several empirical studies find strong correlations between video game features, need of satisfaction, and other relevant constructs like enjoyment or intrinsic motivations (Mekler et al., 2017; Sailer et al., 2017; Xi and Hamari, 2019). Regarding the use of game mechanisms as a motivator to collect geographic information, in Celino (2013), authors observe that gamification of data collection is an incentive scheme for VGI. In Davidovic, Medvedeva, and Stoimenov (2013), authors present a location-based game called MapSigns that is used for mapping real world objects as side products of the game. In Crowley et al. (2012), authors refer to a social reporting application where they added game mechanisms to engage users. The player is at the root of gamification: in Zichermann and Cunningham (2011), authors answer the question: "Why people play?" by identifying four underlying reasons, which can be viewed together or separately: to master, to relieve stress, to have fun, or to socialize. In Bartle (1996), by studying players of Massively Multiplayer Online Games (MMOGs), authors identified four types of players: explorers, achievers, socializers, and killers. In Zichermann and Cunningham (2011), authors found that the average player is at the same time an 80% socializer, 50% explorer, 40% achiever, and 20% killer.

2.4 Game Design

In Zichermann and Cunningham (2011), authors take into account the Mechanics, Dynamics, Aesthetics (MDA) framework. The mechanics define the functioning of the system, dynamics deal with player's interaction, and aesthetics is about the player's feelings during interaction. Authors identify twelve things people like and for each of them, a set of game mechanisms that can be used to create player engagement. Some of the latter mechanisms are points, levels, leaderboards, badges, challenges/quests, onboarding, and engagement loops. In "Gamification 101: An Introduction to the Use of Game Dynamics to Influence Behavior" (2010), instead, mechanisms and dynamics are considered, by bringing the aesthetics into dynamics. Game mechanics are points, levels, challenges, virtual goods and spaces, leaderboards, gifts and charity while game dynamics are reward, status, achievement, self-expression, competition, altruism.

2.5 Gamification in Crowdsourcing

The concept of bringing game mechanisms into crowdsourcing applications appeared for the first time under the name "Games With A Purpose" (GWAP) (Von Ahn and Dabbish, 2008). That con-

cept was designed in attempt to apply gaming practices to crowdsourcing tasks (often boring) that cannot be automated by computers, like labeling a random image found in the web. The authors of GWAP believe that the gamification approach to crowdsourcing is motivated by three factors: (1) an increasing proportion of the world's population has gained access to the internet; (2) certain tasks are difficult for machines but easy for humans; and (3) people spend a lot of time playing games on computers. An extensive review on the application of gamification to crowdsourcing has appeared in Morschheuser et al. (2017). A question faced in Morschheuser, Hamari, and Maedche (2018) is whether cooperation or competition among individuals contribute more to crowdsourcing participation: the results indicate that cooperative approaches increase users' willingness to participate in crowdsourcing and that competition between teams leads to greater enjoyment and usefulness of the system. A location-based game (LBG) is a game that exploits players' position as a fundamental game mechanism (Kiefer, Matyas, and Schlieder, 2008). Location-based games as an approach to VGI have been shown to be successful in motivating non-expert users to collect and tag geospatial data. In Schlieder, Kiefer, and Matyas (2006), authors consider an LBG to be challenging if it requires both the players' acting and reasoning skills. CityExplorer (Matyas et al., 2008) was the first LBG designed with the primary goal to produce geospatial data that is useful for non-gaming applications like a location-based service.

3 A GAMIFICATION FRAMEWORK FOR GEOGRAPHIC INFORMATION

In this section, we introduce the main components of the gamification framework and we discuss the relations among human needs, game mechanisms and player types.

3.1 Model Definition

Users, data, and tasks are the components that characterize any VGI application and make it different from other applications (Bucher et al., 2016; Capineri, 2016). The users are volunteer people who offer their time and skills to enter geographic data and perform geo-data related tasks, such as gathering, validation, and integration: as any human being, they need to be encouraged for their endeavors. VGI users are distinguished by the human needs they tend to satisfy and by their commitment or level of contribution. Human needs are mapped to game mechanisms and *player* types. The level of contribution is taken into account by rewarding game mechanisms, such as scores and leaderboards, and influence the player's profile. Geographic data is a collection of information that can describe objects and things with relation to space: it is stored as geometric data types like point, line, and polygon and is usually associated to descriptive data like names, short descriptions, categories, and multimedia data such as pictures; geographic data are visualized on a Map. Regarding the tasks that can be applied to geographic data, we identify the following four tasks:

- Geo-data gathering task: it includes the insertion, modification, and deletion of geo-data, and the insertion of missing information to an element (e.g., geo-reference) (Antoniou, Capineri, and Haklay, 2018);
- Geo-data validation task: it includes the verification of data truthfulness after their creation or updating by leaving a feedback (discussions, comments, judgments, truthfulness level) (Fonte et al., 2015);

- Geo-data fixing task: it includes wrong data correction and the modification of a specific information about geo-data (Mooney et al., 2016);
- Geo-data integration task: it includes the identification of redundant data and the merging into a single valid data set (Sester et al., 2014).

The game mechanisms that we introduced are scores, badges, virtual goods, bonus, avatar, levels, leaderboards, friending, ownership, and votes. Further, we identify a player and a game-board. According to Bartle (1996), the player can be one in the set: Achiever, Explorer, Socializer, and Killer. A conceptual representation of the model is shown in Figure 1. The figure shows the mapping between a VGI application (top part) to the corresponding gamified application (bottom part). The main components of the VGI application are the User, the Geo-data, and the Tasks. We also distinguish the storage of geo-data from the Map that is used to display the data.

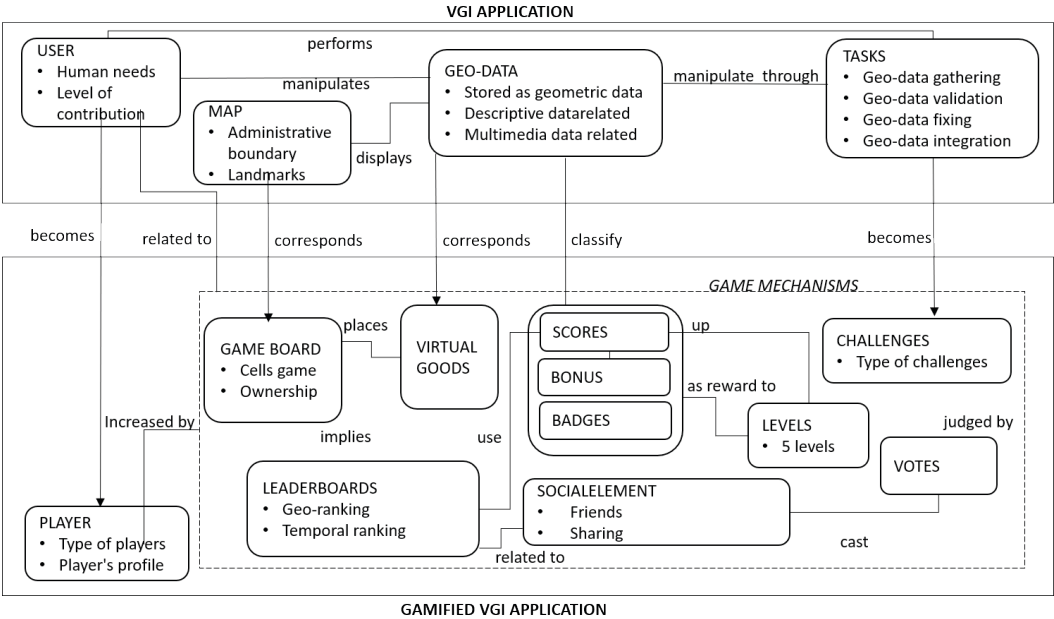


Figure 1: Conceptual model for the gamification of VGI applications.

Table 1: Relations among Human needs, Game mechanisms, and Player types.

Human needs	Game mechanisms	Player types
Self-expression	Avatar, virtual goods	Socializers
Social recognition	Friends, sharing	Socializers
Competition	Leaderboards	Achievers/Killers
Progression	Levels	Achievers/Killers
Reward	Points, badges, bonus	Achievers/Killers
Ownership	Virtual goods	Achievers/Killers
Cheating	Voting others	Killers
Achievement	Challenges	Explorers
Curiosity	Random elements, locked elements	Explorers

The gamified application is obtained with the transformations illustrated in Figure 1: users correspond to *Players*, tasks are transformed into *Challenges* and geographic data are associated to *Virtual goods*. The type of information that describes the Geographic data is connected to earning a *Score* and *Badges*, which serve to *Level up* and climb *Leaderboards* (geographical ranking and temporal ranking). A *bonus* can be given in special cases, such as when a geo-data gathering task is completed or daily bonuses when the user is logging in at least once a day. Furthermore, the map where geographic data is viewed corresponds to a *Game board*: various features displayed on the map could be the subject of gamification; for example, administrative boundaries can be used as cells to permit players to conquer territories when they are owners of the higher number of virtual goods in that area; landmarks, such as buildings, can be used to trigger user attention and implement ownership. Other mechanisms that are visualized in the map, such as *Social interaction* among users takes place by adding friends and by sharing their own experiences. A player could develop negative behaviors, such as the continuous modification of a piece of information to increase the score. *Votes* are introduced as a means to be judged by other players to push the user to operate correctly.

3.2 Relations among Human Needs, Game Mechanisms and Player Types

As we can see in the model of Figure 1, the users become players in the gamification and are related to game mechanisms, which in various ways satisfy user needs. The players' profiles are increased by various game mechanisms as well. In this subsection, we point out the human needs that we took into consideration in our model and how they are connected to the game mechanisms that we implemented based on player's type. The human needs that we consider are Self-expression, Social recognition, Competition, Progression, Reward, Ownership, Cheating, Achievement, and Curiosity. Such a list of human needs has been synthesized from various empirical studies on intrinsic motivations and need satisfaction (Hanus and Fox, 2015; Mekler et al., 2017; van Roy and Zaman, 2019; Xi and Hamari, 2019). We map each specific human need to particular game mechanisms that we chose to implement in our model. In Table 1, we present the correspondence between human needs and the game mechanisms, as well as the player types such mechanisms are mainly intended for.

Specifically, self-expression is an exhibition of one's own personality, whose appearance can be facilitated by avatars and virtual goods (Goel and Mousavidin, 2007). Social recognition can be defined as the necessity of being part of a group (Hsu et al., 2007). The wish to interact with other people is the stronger need that drives a player (Zichermann and Cunningham, 2011) and is important to build a community, encourage competition and collaboration. This need is linked with mechanisms such as friending, sharing experiences, gifting, and group quest. Competition is the basis for most of humanity's progress and evolution, even if different personality types have different feelings about competition (Morschheuser et al., 2018). Competition can be triggered by the mechanism of leaderboards (de-Marcos, Garcia-Lopez, and Garcia-Cabot, 2016). Progression can be implemented by the mechanism of levels (Richter, Raban, and Rafaeli, 2015). Rewards constitute essential mechanisms of gamification (Richter et al., 2015). We suggest introducing rewards such as points, bonuses, badges or levels, progress bars, and virtual currency. Ownership relates to the dynamic of "wanting" something. It is implemented by virtual goods that can correspond to various items, depending on the context (Seaborn and Fels, 2015). Achievement desire instead, can be associated to the completion of challenges and missions (Seaborn

and Fels, 2015). Cheating is an intrinsic risk in any game mechanism and should be properly taken into account in the design phase (Robson et al., 2016). Curiosity of the player can be stimulated by a variety of means, such as introducing locked items, treasure chests, and random rewards (Zuckerman and Gal-Oz, 2014).

Regarding the appeal of game mechanisms to player types, triggering self-expression and social recognition increase the number of Socializer players, which are the majority of players (Zichermann and Cunningham, 2011). Achiever players are especially motivated by reward, competition, and progress, but also Killers are increased by the same mechanisms. Explorer players instead are attracted by introducing game mechanisms such as challenges, locked elements, random elements and others. Player profiles contain more information than user profiles, such as avatar, earned rewards (points, badges, virtual goods), rank, and status. In order to involve a user in performing Tasks, they need to be encapsulated in Challenges. The latter ones can be easy, difficult, surprising, or funny. We identify three relevant types of challenges, taking inspiration from Celino et al. (2012): “creative”, “quiz”, and “rating”. Creative challenges mean the challenges draw from a metaphor. Quiz challenges include missing information challenges or multiple-choice questions. Rating challenges ask players to rate aspects according to some scale, such as “good”, “not good”, “I don’t know”. Each challenge type can be subject to a time limit, to a competition, to a conditional lock, or to a combination of them. All challenges need to be visible on the map and linked to real geographic data, in such a way that the attention of players can focus on the conquest of a territory. The ownership of a whole area can be assigned to the player that possesses more geographical features (virtual goods) of the area. Players’ motivations can increase if they can play in specific parts of the territory, such as their home town. Virtual goods, that is, geographic data can be owned by the player who gives substantial contributions to them. The mechanism of badges is linked to the earned score and specific types of badges can be set. Badges can be with milestones (e.g., stars) or without. If milestones are chosen, they can be achieved by players reaching further objectives. According to Coleman et al. (2009), contributors can be distinguished in five levels: neophyte, interested amateur, expert amateur, expert professional, and expert authority. To each level, it is possible to assign a different range of scores: typically, to the entry level a shorter range is assigned and to next levels increasing ranges are assigned. For leaderboards, we privilege geo-leaderboards that can represent the competition among players of the same geographic area. Temporal rankings might also be included to show overall best rankings and weekly or monthly rankings. An application should also include means to add someone to a list of “friends” (a mechanism called “friending”), to exchange messages, watching a friend’s leaderboard or information.

4 AN ANDROID GAMIFICATION LIBRARY

In this section, we describe how the gamification framework has been transferred to a technological development. The main idea was to implement a mobile app to make it available to a large number of users and test geographic data collection. The software has been designed following the principles of the object-oriented paradigm. Therefore, we concentrated on developing reusable packages that can work on a variety of VGI applications. At the core of the software implementation, we designed a library that implements the concepts of the gamification framework of Section 3 in corresponding

software classes such as *Player* and *Score*. This library, called *Gamification Library*, can be reused as a basis of any VGI application: later in Section 5, we will use the library to develop, as a specific case study, a mobile app that collects indoor spatial data in a university campus. While we developed the gamification library as an Android library, the migration to other mobile operating systems would be not difficult as well. Object-oriented design is based on the reuse of so-called design patterns, such as the Model View Controller (MVC) pattern (Gamma et al., 1994). Following this design architecture, the concepts of the gamification framework need to be split in different patterns or packages. For example, the player, its score, and leaderboards are part of the *model* package of the gamification library. Also, the packages *adapter*, *fragment*, and *view* are considered. For visualization purposes, the *view* package is included for the graphical representation of game mechanisms, such as leaderboards.

The concepts of the gamification framework to object-oriented classes was performed as follows. The player who accesses the application is modeled by the abstract class *Player*, which has the abstract method *getIdentification* and three methods to get player's score (distinguished in temporal, geographical, and geo-temporal score). The score is modeled by means of a class *Score* having multiple constructors. For the geographical score we need to model the area to which score belongs to (using the class *Area*). A ranking is modeled by the class *Leaderboard* that consists of many objects of the class *LeaderboardRow* depending on the number of players taking part in the ranking. Each *LeaderboardRow* object in fact is associated with a player and a score. The class *Leaderboard* has methods such as *getRankPlayer*, which returns the rank of a given player, *sortleaderboardByDescending*, which orders the ranking based on a decreasing score, and *setNumberPlayerVisibles* to display only a certain number of players. The levels of the application are modeled by the class *LevelSystem* which consists of more objects *Level*. A level is in fact modeled by the *Level* class that consists of an upper bound score, a lower bound score and a generic object *Status*. A level is not necessarily identified by an integer, but it could be of any type (e.g., a string for beginner, intermediate, and so on). Each player also has an associated level. The ownership of any feature that can be conquered by the player is modeled by a generic *Ownership* class.

5 CASE STUDY: GAMIFYING THE CAMPUSMAPPER APP

This section presents a case study where we apply the gamification framework of Section 3 to an existing VGI application (namely, CampusMapper). The implementation makes use of the gamification library introduced in Section 4. We first briefly describe the application CampusMapper in Section 5.1, then we describe how the gamification framework is applied to obtain the gamified version of CampusMapper in Section 5.2, and finally we describe the gamified application CampusMapper-Gamified in Section 5.3.

5.1 How CampusMapper works

CampusMapper is a mobile application for collecting indoor data at the University of Münster with the purpose of setting up an indoor navigation system. The application is used to obtain a digitized map of university indoor spaces, made up of corridors, doors, elevators, rooms, and other features. Initially, the

app allows the user to start a new floor or edit an existing one. The current building needs to be selected from a list of university buildings. When the building is selected, the floor number should be entered. Before starting data collection, a base map of the floor should be entered, either from the gallery or from the mobile camera. Such a base map is a picture of public escape plan that is available at each floor. The CampusMapper app allows cropping the image and then the mapping activity can take place. Figure 2a shows the base image of a floor that has been selected. In current implementation, we did not consider the automatic positioning of the user; therefore, the user needs to explore the building and be able to evaluate his/her current position in the map. At this point, the user walks through the floor and starts the input of map elements by drawing simple graphics such as lines and points directly on the mobile phone. The input of map elements is subdivided in five steps (corridors, rooms, doors, entries, stairs) and each step can be reached by clicking the arrow icon on the top-right. The first step consists in the creation of corridors, by drawing lines on the screen. Figure 2b shows the drawing of a corridor as a yellow line. A corridor may consist of more than one line. All new lines will be connected automatically to the nearest line of the current corridor. There might be multiple corridors in one floor plan.

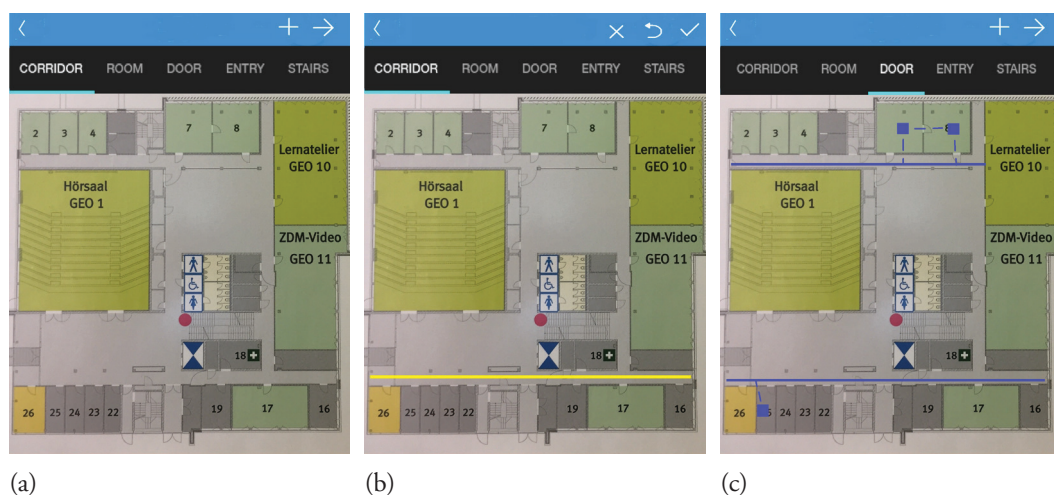


Figure 2: (a) Blank map in CampusMapper; (b) Corridor creation in CampusMapper; (c) Rooms or corridors can be connected to each other by doors.

Rooms are represented as points and the user needs to enter the room name or number. It is possible to automatically create a door from the current room to the nearest corridor. Doors are used as a connection between two rooms, a connection between a room and a corridor or a connection between two corridors. Doors are represented as dotted lines in Figure 2c. The term “entry” refers both to a normal entrance connecting indoor and outdoor space and a connection between two floor plans of the same floor level. The last step is adding stairs. The concept of stairs used in the context of this application may be better understood using the term vertical connection, since this step includes not only creating stairs but also elevators. For storage, all elements are saved as geometric types (e.g., Point or Line) with a reference system based on the internal coordinates of the mobile device’s screen and semantic information coming from an Open Linked-Data database called LODUM (<http://lodum.de/>).

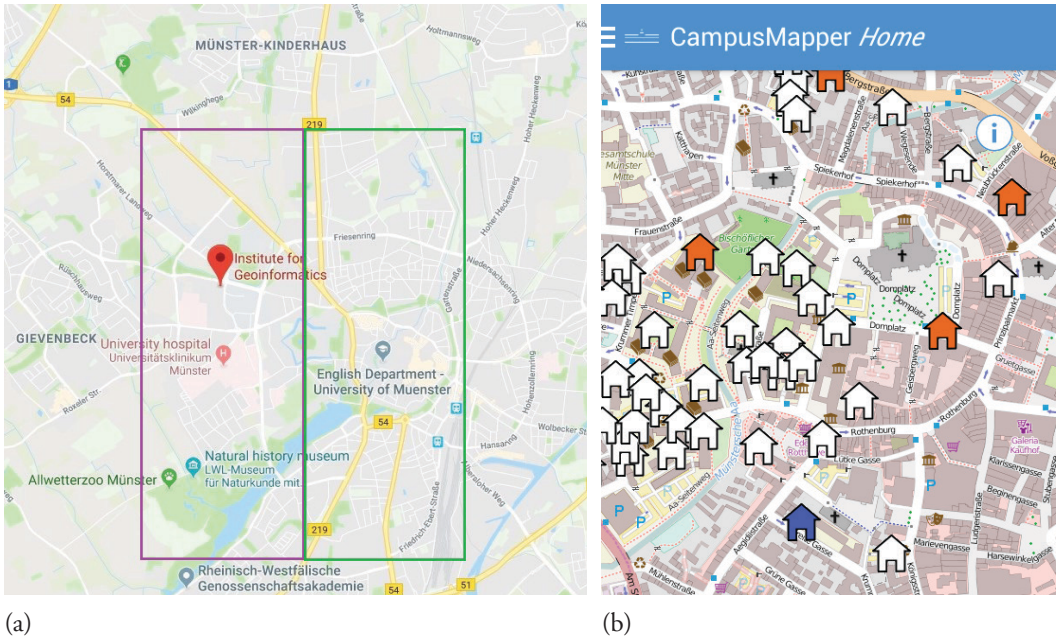


Figure 3: (a) Münster left area (colored in violet) and Münster center area (colored in green); (b) CampusMapperGamified home screen shows the Münster city map and 308 buildings of its University.

5.2 Applying the Framework to the CampusMapper App

The first step in applying the gamification framework is the identification of the three main components as previously specified in Section 3, that is, who the users are, how the geo-data is structured, and which tasks users must perform. The second step is about the selection of the game mechanisms to integrate into the application, which are chosen by considering the users' intrinsic motivations. The third step is to adapt the application in such a way gamification can be introduced. Users of the CampusMapper app are people of the University of Münster (students, professors, trainees). The main task that the application is performing is to collect indoor data. Simple shapes have been chosen for geometric data to facilitate data input in a smartphone touchscreen: a corridor is digitized as a line, a room as a point (e.g., its center) and described by a name and people inside it, a door is digitized as a line connecting two rooms, the main entry to the floor is a point, and stairs/elevator are also represented as a point. Regarding game mechanisms, we opted to introduce rewards such as score and bonuses. The score assigned to the player varies based on the geometric features that have been added, making the hypothesis that introducing a line requires more effort than introducing a point: the score is increased by five for each point feature and by ten for each line feature. Besides, the score is increased by two for the name of the room, by one for each person in the room, and by one if the user connects stairs to other stairs. A bonus of ten can be awarded to a user that inserted at least a feature for each type. Then, we identified the five levels and calibrated the score for each level, by considering the number of buildings in the university and the number of floors of all buildings. We also integrated temporal leaderboards for all the period and for last 15 days and a geographic leaderboard showing players' scores for two areas in Münster: the center

of Münster and its left area which contains more than a half of all buildings (Figure 3a). Besides, we made possible that a user can conquer a building by earning the highest score for that building. Further, to make the ownership more interesting, we considered also the floor owners, which are the players that got the higher score for those floors. In this way, we subdivided owners in two levels.

5.3 The design of CampusMapperGamified App

The result of gamification of CampusMapper has been called CampusMapperGamified. Starting the application, the user is presented with a map of the town where all the buildings of the university (308) are highlighted (Figure 3b). White icons represent a building with no data collection yet. Blue icons represent buildings for which the player has currently the highest score (and therefore owns it). Orange icons represent buildings owned by other players. When a player clicks on a white building, the option to collect data appears, while for orange and blue buildings two options are given, either "Collect data" or "Look owners" (Figure 4a). The dialog box's title shows the coordinates and name of the building. The option "Look owners" gives access to a list of owners of the building (there might be owners of different level). The option "Collect data" would start the data collection process as in the CampusMapper app. During data collection, in the moment a player correctly introduces a new geometric feature, a popup on the screen informs the player of the earned score. Adding a feature increases the green score of the player, while removing a feature increases the red score of the player. For example, in Figure 4b, after collecting several corridors and rooms, the temporary score earned by the player is shown. Before the session is concluded, the scores are deemed to be temporary and, only after completing the data uploading to the server, the new score is assigned to the player and a check is performed whether bonuses can be added as well. The client/server dialog implies a quite heavy data exchange both to retrieve the list of buildings from the database and to store newly mapped features and players' scores. Buildings retrieval is onerous because two SPARQL queries need to be performed: one to LODUM triple store to retrieve all buildings and another one to "indoormapping" repository to retrieve those players who are building owners. Leaderboards display is also onerous because we need to perform similar queries to retrieve building and temporal and geographical player scores relative to areas considered. To make spatial queries, *geo* and *wgs84* vocabulary have been used (PREFIX *omgeo*: <<http://www.ontotext.com/owlim/geo#>> and PREFIX *geo*: <<http://www.w3.org/2003/01/geo/>>); in particular, the function *omgeo:within(lat1 lon1 lat2 lon2)* has been used to get all buildings that have a centroid falling in the center or left area. In future work, the app could be extended by using other spatial operators or spatial reasoning tools to be more efficient (Billen and Clementini, 2005; Fogliaroni and Clementini, 2014; Russo, Zlatanova, and Clementini, 2014; Tarquini and Clementini, 2008).

6 EVALUATING CAMPUSMAPPERGAMIFIED

We tested the CampusMapperGamified application with the help of end-users that performed a series of mapping activities to collect data on indoor environments of the University of Münster. Among the many aspects in user interaction that can be evaluated to compare the two apps (the original CampusMapper and its gamified version), we concentrated our attention on the applicability of the gaming operations, e.g., "Is it possible for a user to conquer buildings owned by other users?", and to understand the trustworthiness of the mapping operations performed by users, e.g., whether gaming mechanisms

encourage users to cheat. Trustworthiness is a measure often used in VGI to assess data quality (Fogliaroni, D'Antonio, and Clementini, 2018), since the irresponsible behavior of some volunteers could jeopardize the work of an entire community.

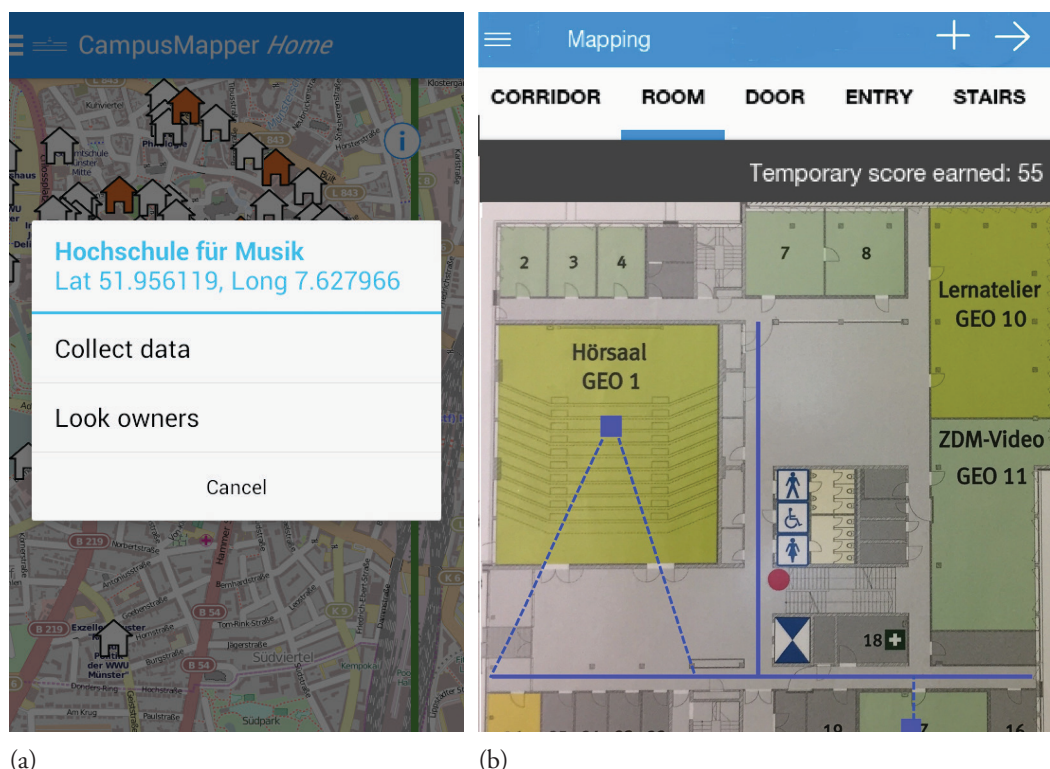


Figure 4: (a) Dialog appearing after clicking on the “Hochschule für Musik” orange building; (b) Earning score by introducing geometric features.

The experiment was prepared with a list of four tasks, corresponding to the actual operations the player was requested to perform with the application. Two questionnaires were handed to players, one about personal information and background with gamified mobile applications and another one about questions concerning the performed operations. The tasks have been chosen to assess the gaming experience of the users, especially with respect to the conquering of buildings, the gaining of scores, and the climbing of leaderboards. The two questionnaires are included in Appendix 1. Specifically, the task list indicated the following actions to perform:

1. conquer a building chosen by the user that is not yet owned by someone else (white building);
2. conquer a building chosen by the user that is already owned by someone else (orange building);
3. earn one of the top three positions in a free-choice leaderboard;
4. reach the second level by exceeding 300 points.

The participants in the evaluation were 20 students of the University of Münster. Participants used their own Android device, where the CampusMapperGamified app was installed, and carried out the required tasks. The average time spent by each player to play with the game was about 15 minutes. By analyzing

the answers of the first questionnaire, it was found that 14 users were between 20 and 30 years old and 6 were between 31 and 40. Regarding gender, they were 12 males and 8 females. To the question about how often users played computer games, the answers were distributed as shown in Figure 5a. 12 out of 20 users had previous experience in gamified applications: in this subgroup, they rated themselves in the range from low experience to very high experience (Figure 5b).

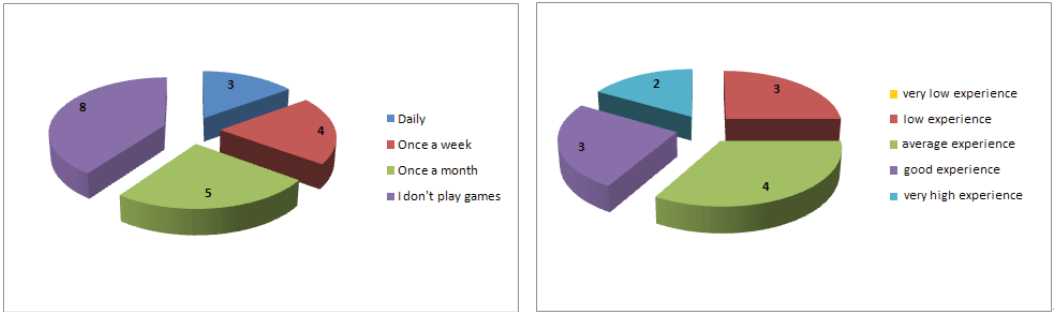


Figure 5: (a) How often CampusMapperGamified test participants use to play games on pc/tablet/ smartphone; (b) How CampusMapperGamified test participants rate themselves expert in the use of gamified applications (only participants with some previous experience could answer this question).

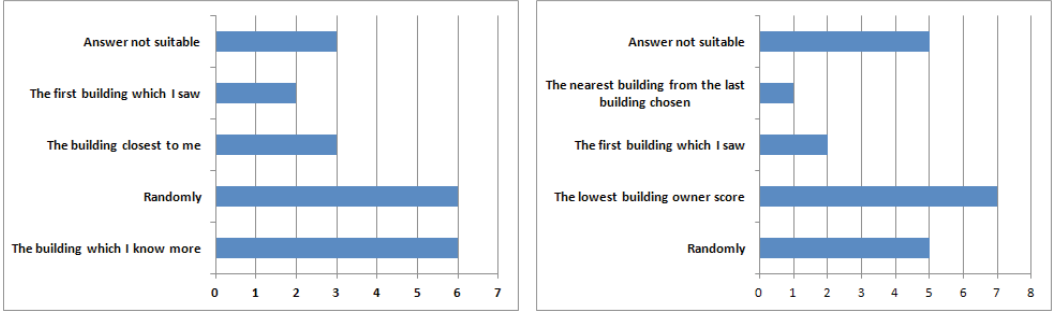


Figure 6: (a) How CampusMapperGamified test participants choose the building to be mapped for task 1; (b) the same for task 2.

From the results of the second questionnaire, all players completed task 1, 15 of them completed tasks 2 and 3, and 16 of them completed task 4. Concerning tasks 2 and 3, it is worth to point out that four of the users that did not complete the tasks were users that did not have previous experience in gamified applications. Concerning task 4, three players that did not complete the task were inexperienced in gaming techniques as well. To the question “How did you choose the building to be mapped for task 1?”, the responses have been classified as in Figure 6a. The majority of participants either chose the building randomly or the one they knew more. To the question “How did you choose the building to be mapped for task 2?”, responses were classified as shown in Figure 6b. The prevalent responses were either choosing the building randomly or choosing the building with the lowest building owner’s score. For most participants, it was not difficult to identify buildings on the map (Figure 7a) even if they all

agree that they would have been facilitated by having available a button “Locate me” that places them on the map. Furthermore, from the results we note that the presence of geographic leaderboards has rather influenced the behavior of users in the choice of the building to be mapped (Figure 7b).

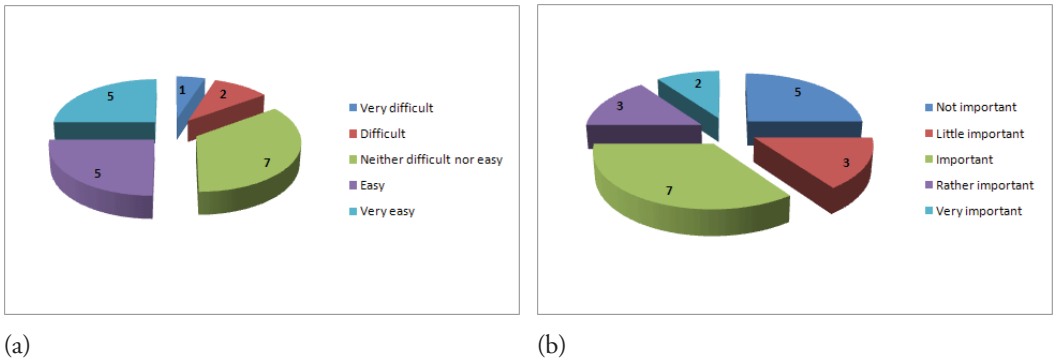


Figure 7: (a) How CampusMapperGamified test participants answer to the question: “Regarding tasks 1 and 2, was it difficult for you to identify the target building on the map?; (b) answer to the question “How important were the geographical leaderboards for your choice of the buildings to map?”.

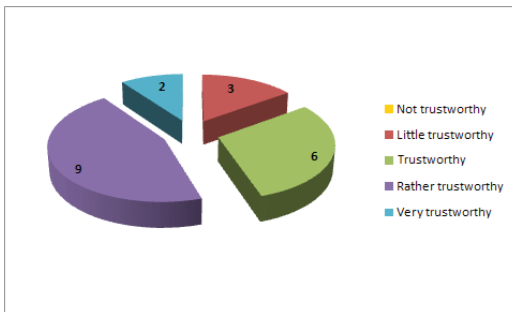


Figure 8: Answer of the participants to the question: “How trustworthy was your mapping of reality?”.

Regarding trustworthiness of the mapping actions performed, the answer of participants ranges from little trustworthy to very trustworthy (Figure 8), even though in the following question half of them admit having entered on purpose false information during the mapping. The reason of this behavior was that they did not know the details to be entered (7 participants) or they cheated to increase their score (3 participants). As we said, 15 participants completed the task 3 (“Earn one of the top 3 positions in a free-choice leaderboard”) and 16 participants completed the task 4 (“Reach the second level by exceeding the score of 300”). The self-evaluation about how difficult the completion of such tasks was is illustrated in Figure 9: the answers are distributed along the range. Regarding the choice of the leaderboard to climb in task 3, the results are illustrated in Figure 10. The most significant answers are those of participants that have chosen the leaderboard with players having less score: such a choice is the smartest because the leaderboard is easier to climb. We notice that this choice was made by experienced gamers. Another group of participants chose the leaderboard where they were already: this choice appeared to be convenient since they already had a good position in the leaderboard. Less experienced users operated other choices.

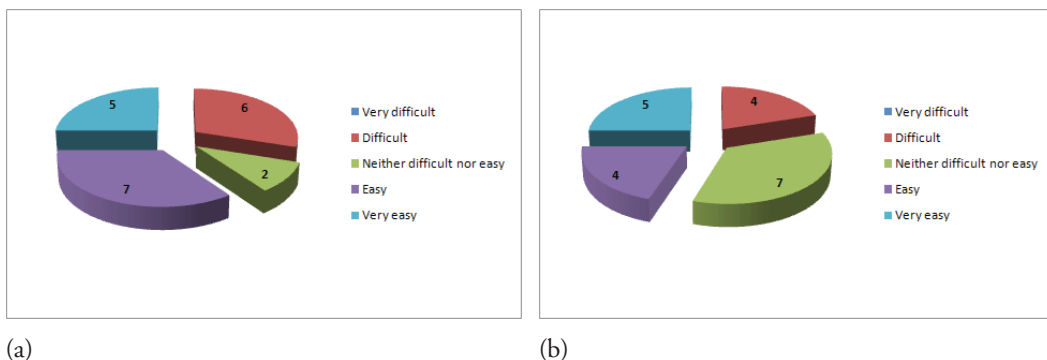


Figure 9: (a) Answer of the participants to the question about how difficult the completion of task 3 was; (b) the same for task 4.

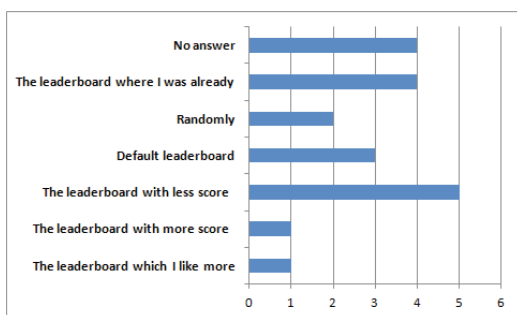


Figure 10: Motivations for choosing the leaderboard to perform task 3.

Overall, we noticed that users that did not have previous experience in gamified applications were not able to complete the tasks and made the wrong choices in the experiment, such as they chose the less convenient building in task 2 and the less convenient leaderboard in task 3. This result is positive with regard to the issue of the applicability of gamification to the indoor mapping context, because experienced users in gaming were able to complete the assigned tasks without difficulty. With regard to trustworthiness of the mapping, the majority of participants behaved correctly and only three of them cheated on purpose to increase their scores. The fact that other seven participants introduced wrong information is because they did not know enough about the floor to be mapped: a factor that is external to the gamification approach.

7 CONCLUSIONS

Crowdsourcing has revolutionized the world of geographic information, which in the two last decades has shifted from legacy data to freely available data. Spatial and location-based applications have strengthened their importance in our daily life. One issue in VGI is keeping alive the interest of citizens in contributing to the update and development of geographic systems. Gamification is a viable solution to such a problem, by leveraging users' intrinsic motivations through gaming mechanisms. In this paper, we proposed a conceptual gamification framework that is applicable to any crowdsourcing project about geographic information. The conceptual framework identifies the main concepts that can be identified in the VGI application and how they need to be mapped to well-known gamification concepts.

At the implementation level, it is important to define a software architecture that allows the developers to easily introduce the gamification framework in their applications. Concentrating on mobile applications, we designed a gamification library that can be reused for deploying various VGI apps that share the same principles. The gamification library is a software component that implements the concepts of the gamification framework. When designing a particular app, the developer can import the gamification library in the project, then the developer chooses which objects of the application should be the players, what are the objects that can be owned by the players, how scores and leaderboards are organized, and so on. As a case study, we implemented a gamified version of an app called CampusMapper, whose scope is the spatial data collection of geometric features in indoor spaces. We showed how the gamification library has been used and which gaming mechanisms are present in the case study. We performed an evaluation of the gamification framework by conducting end-user experiments with students of University of Münster, with particular emphasis on the applicability of the gaming operations in VGI and the trustworthiness of the mapping operations performed by users.

We believe that the application of gamification to VGI is a very promising approach to foster motivations of volunteers. While VGI applications already motivate participants in terms of self-expression and social recognition, the introduction of game mechanisms leverages other human needs such as competition and rewards. The development of the conceptual framework has shown that the components of VGI applications are easily mapped to gamification techniques and that, once these are standardized in a gamification library, the development of a new VGI app in a given context follows an easy pattern. While the experiments returned some general evidence on the usefulness of the approach, further experiments are needed to evaluate the approach in other settings, e.g., with a more significant spatial data collection process or in a long-term deployment study.

References:

- Antoniou, V., Capineri, C., Haklay, M. (2018). VGI and beyond: from data to mapping. In A. J. Kent, P. Vujakovic (Eds.), *The Routledge Handbook of Mapping and Cartography* (pp. 475–488). Abingdon: Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315736822-36>
- Aparicio, A. F., Vela, F. L. G., Sánchez, J. L. G., Montes, J. L. I. (2012). Analysis and application of gamification. *Proceedings of the 13th International Conference on Interacción Persona-Ordenador*, 17. DOI: <https://doi.org/10.1145/2379636.2379653>
- Bartle, R. (1996). Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. *Journal of MUD research*, 1 (1).
- Billen, R., Clementini, E. (2005). Introducing a reasoning system based on ternary projective relations. In P. Fisher (Ed.), *Developments in Spatial Data Handling, 11th International Symposium on Spatial Data Handling* (pp. 381–394). Berlin: Springer-Verlag. DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-26772-7_29
- Bucher, B., Falquet, G., Metral, C., Lemmens, R. (2016). Enhancing the management of quality of VGI: contributions from context and task modelling. In C. Capineri, M. Haklay, H. Huang, V. Antoniou, J. Kettunen, F. Ostermann, R. Purves (Eds.), *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information* (pp. 131–142). London: Ubiquity Press. DOI: <https://doi.org/10.5334/bax.j>
- Capineri, C. (2016). The nature of volunteered geographic information. In C. Capineri, M. Haklay, H. Huang, V. Antoniou, J. Kettunen, F. Ostermann, R. Purves (Eds.), *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information* (pp. 15–33). London: Ubiquity Press. DOI: <https://doi.org/10.5334/bax.b>
- Celino, I. (2013). Human computation VGI provenance: semantic web-based representation and publishing. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 51 (11). DOI: <https://doi.org/10.1109/tgrs.2013.2252015>
- Celino, I., Cerizza, D., Contessa, S., Corubolo, M., Dell'Aglio, D., Valle, E. D., Fumeo, S. (2012). Urbanopoly -- A social and location-based game with a purpose to crowdsource your urban data. *Privacy, Security, Risk and Trust (PASSAT), 2012 International Conference on Social Computing (SocialCom)* (pp. 910–913). DOI: <https://doi.org/10.1109/socialcom-passat.2012.138>
- Coleman, D. J., Georgiadou, Y., Labonte, J. (2009). Volunteered geographic information: the nature and motivation of producers. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 4 (1), 332–358.
- Crowley, D. N., Breslin, J. G., Corcoran, P., Young, K. (2012). Gamification of citizen sensing through mobile social reporting. *2012 IEEE International Games Innovation Conference* (pp. 1–5). DOI: <https://doi.org/10.1109/igic.2012.6329849>

- Davidovic, N., Medvedeva, A., Stoimenov, L. (2013). Using location based game MapSigns to motivate VGI data collection related to traffic signs. *International Workshop on Action and Interaction in Volunteered Geographic Information (ACTIVITY)*.
- de-Marcos, L., Garcia-Lopez, E., Garcia-Cabot, A. (2016). On the effectiveness of game-like and social approaches in learning: Comparing educational gaming, gamification & social networking. *Computers & Education*, 95, 99–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.008>
- Deterding, S. (2011). *Situated motivational affordances of game elements: A conceptual model*. CHI 2011 Workshop Gamification: Using Game Design Elements in Non-Gaming Contexts. New York: ACM.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9–15). DOI: <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Eickhoff, C., Harris, C. G., de Vries, A. P., Srinivasan, P. (2012). Quality through flow and immersion: gamifying crowdsourced relevance assessments. *Proceedings of the 35th international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval* (pp. 871–880). DOI: <https://doi.org/10.1145/2348283.2348400>
- Elwood, S., Goodchild, M. F., Sui, D. Z. (2012). Researching volunteered geographic information: Spatial data, geographic research, and new social practice. *Annals of the Association of American Geographers*, 102 (3), 571–590. DOI: <https://doi.org/10.1080/00045608.2011.595657>
- Flanagin, A. J., Metzger, M. J. (2008). The credibility of volunteered geographic information. *GeoJournal*, 72 (3–4), 137–148. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-008-9188-y>
- Fogliaroni, P., Clementini, E. (2014). Modeling visibility in 3D space: A qualitative frame of reference 9th International 3DGeoInfo Conference (pp. 243–258). Berlin Heidelberg: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-12181-9_15
- Fogliaroni, P., D'Antonio, F., Clementini, E. (2018). Data trustworthiness and user reputation as indicators of VGI quality. *Geo-spatial Information Science*, 21 (3), 213–333. DOI: <https://doi.org/10.1080/10095020.2018.1496556>
- Fonte, C. C., Bastin, L., See, L., Foody, G., Lupia, F. (2015). Usability of VGI for validation of land cover maps. *International Journal of Geographical Information Science*, 29 (7), 1269–1291. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1018266>
- Fritz, S., McCallum, I., Schill, C., Perger, C., Grillmayer, R., Achard, F., Kraxner, F., Obersteiner, M. (2009). Geo-Wiki.Org: The use of crowdsourcing to improve global land cover. *Remote Sensing*, 1 (3), 345–354. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs1030345>
- Fritz, S., See, L., Brovelli, M. (2017). Motivating and sustaining participation in VGI. In G. Foody, L. See, S. Fritz, P. Mooney, A.-M. Olteanu-Raimond, C.-C. Fonte, V. Antoniou (Eds.), *Mapping and the Citizen Sensor*. (pp. 93–117). London: Ubiquity Press. DOI: <https://doi.org/10.5334/bbf.e>
- Gamification 101: An Introduction to the Use of Game Dynamics to Influence Behavior. (2010). <https://www.bunchball.com/gamification101>.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J. (1994). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Boston: Addison-Wesley Professional.
- Goel, L., Mousavidin, E. (2007). vCRM: virtual customer relationship management. *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, 38 (4), 56–60. DOI: <https://doi.org/10.1145/1314234.1314245>
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69 (4), 211–221. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Goodchild, M. F. (2008). Commentary: whither vgi? *GeoJournal*, 72 (3), 239–244. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-008-9190-4>
- Goodchild, M. F., Li, L. (2012). Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial Statistics*, 1, 110–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2012.03.002>
- Groh, F. (2012). Gamification: State of the Art Definition and Utilization. *Proceedings of the 4th Seminar on Research Trends in Media Informatics*, 39–46.
- Hanus, M. D., Fox, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers & Education*, 80, 152–161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.019>
- Hsu, M.-H., Ju, T. L., Yen, C.-H., Chang, C.-M. (2007). Knowledge sharing behavior in virtual communities: The relationship between trust, self-efficacy, and outcome expectations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65 (2), 153–169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2006.09.003>
- Kaufmann, N., Schulze, T., Veit, D. (2011). More than fun and money. *Worker Motivation in Crowdsourcing-A Study on Mechanical Turk*. Americas Conference on Information Systems, (2011)
- Kiefer, P., Matyas, S., Schlieder, C. (2006). Systematically exploring the design space of location-based games. *Pervasive 2006 Workshop Proceedings*, Poster presented at PerGames2006 (pp. 183–190).
- Martella, R., Kray, C., Clementini, E. (2015). A Gamification Framework for Volunteered Geographic Information. In F. Bação, M. Y. Santos, M. Painho (Eds.), *AGILE 2015 – Geographic Information Science as an Enabler of Smarter Cities and Communities. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (pp. 73–89). Berlin: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-16787-9_5
- Matyas, S., Matyas, C., Schlieder, C., Kiefer, P., Mitarai, H., Kamata, M. (2008). Designing location-based mobile games with a purpose: collecting geospatial data with cityexplorer *Proceedings of the 2008 international conference on advances in computer entertainment technology* (pp. 244–247). DOI: <https://doi.org/10.1145/1501750.1501806>
- Mekler, E. D., Brühlmann, F., Tuch, A. N., Opwis, K. (2017). Towards understanding the effects of individual gamification elements on intrinsic motivation and performance. *Computers in Human Behavior*, 71, 525–534. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.048>
- Mooney, P., Minghini, M., Laakso, M., Antoniou, V., Olteanu-Raimond, A.-M., Skopeliti, A. (2016). Towards a Protocol for the Collection of VGI Vector Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5 (11), 217. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi5110217>
- Morschheuser, B., Hamari, J., Koivisto, J., Maedche, A. (2017). Gamified crowdsourcing: Conceptualization, literature review, and future agenda. *International Journal of Human-Computer Studies*, 106, 26–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2017.04.005>

- Morschheuser, B., Hamari, J., Maedche, A. (2018). Cooperation or competition – When do people contribute more? A field experiment on gamification of crowdsourcing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 127 (7), 7–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.10.001>
- Qian, X., Di, L., Li, D., Li, P., Shi, L., Cai, L. (2009). Data cleaning approaches in Web2.0 VGI application. *Geoinformatics, 2009 17th International Conference on*, 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1109/geoinformatics.2009.5293442>
- Richter, G., Raban, D. R., Rafaeli, S. (2015). Studying Gamification: The Effect of Rewards and Incentives on Motivation. In T. Reiners, L. Wood (Eds.), *Gamification in Education and Business* (pp. 21–46). Cham Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-10208-5_2
- Robson, K., Plangger, K., Kietzmann, J. H., McCarthy, I., Pitt, L. (2016). Game on: Engaging customers and employees through gamification. *Business Horizons*, 59 (1), 29–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.08.002>
- Russo, D., Zlatanova, S., Clementini, E. (2014). Route Directions Generation using Visible Landmarks. In C. Claramunt, K.-J. Li, S. Zlatanova (Eds.), *Sixth ACM SIGSpatial International Workshop on Indoor Spatial Awareness (ISA 2014)* (pp. 1–8). DOI: <https://doi.org/10.1145/2676528.2676530>
- Ryan, R. M., Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55 (1), 68–78. DOI: <https://doi.org/10.1037//0003-066x.55.1.68>
- Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, 371–380. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>
- Schlieder, C., Kiefer, P., Matyas, S. (2006). Geogames: Designing location-based games from classic board games. *IEEE Intelligent Systems*, 21 (5), 40–46. DOI: <https://doi.org/10.1109/mis.2006.93>
- Seaborn, K., Fels, D. I. (2015). Gamification in theory and action: A survey. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74, 14–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.09.006>
- Sester, M., Arsanjani, J. J., Klammer, R., Burghardt, D., Haunert, J.-H. (2014). Integrating and Generalising Volunteered Geographic Information. In D. Burghardt, C. Duchene, W. Mackaness (Eds.), *Abstracting Geographic Information in a Data Rich World* (pp. 119–155). Cham: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-00203-3_5
- Tarquini, F., Clementini, E. (2008). Spatial relations between classes as integrity constraints. *Transactions in GIS*, 12(s1), 45–57. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2008.01134.x>
- van Roy, R., Zaman, B. (2019). Unravelling the ambivalent motivational power of gamification: A basic psychological needs perspective. *International Journal of Human-Computer Studies*, 127, 38–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.04.009>
- Von Ahn, L., Dabbish, L. (2008). Designing games with a purpose. *Communications of the ACM*, 51 (8), 58–67. DOI: <https://doi.org/10.1145/1378704.1378719>
- Xi, N., Hamari, J. (2019). Does gamification satisfy needs? A study on the relationship between gamification features and intrinsic need satisfaction. *International Journal of Information Management*, 46, 210–221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.12.002>
- Zichermann, G., Cunningham, C. (2011). *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps.*: O'Reilly Media, Inc.
- Zuckerman, O., Gal-Oz, A. (2014). Deconstructing gamification: evaluating the effectiveness of continuous measurement, virtual rewards, and social comparison for promoting physical activity. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18 (7), 1705–1719. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00779-014-0783-2>



Martella R., Clementini E., Kray C. (2019). Crowdsourcing geographic information with a gamification approach.

Geodetski vestnik, 63 (2), 213–233.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.213-233>

Roberta Martella, M.Eng.

*University of L'Aquila. Department of Industrial and Information Engineering and Economics
67100 L'Aquila, Italy
e-mail: robertamartell88@gmail.com*

assoc. prof. Eliseo Clementini, Ph.D.

*University of L'Aquila. Department of Industrial and Information Engineering and Economics
67100 L'Aquila, Italy
e-mail: eliseo.clementini@univaq.it*

prof. Christian Kray, Ph.D.

*University of Münster, Institute for Geoinformatics
48149 Münster, Germany
e-mail: c.kray@uni-muenster.de*

APPENDIX 1

Questionnaire 1

Indoor mapping by using gamification - Study overview

The purpose of this experiment is to obtain information about user experience in a newly developed App, called CampusMapperGamified. This App is used to collect mapping data of the interior of buildings at University of Münster. The App has been designed with a “gaming” paradigm. If at any time you feel unable to continue participating in the experiment (for whatever reason), please inform us and you will be released immediately. We are collecting information from about 20 participants: our study will greatly benefit from your help.

You will first be asked to fill out a brief questionnaire at the beginning of the test. This questionnaire will ask general questions about your background in gamified applications. Then, you will be asked to perform four tasks using the mobile application on your device. You may ask questions about the test at any time during the experiment. At the end of the tasks, you will be asked to fill out another questionnaire about the test.

The questionnaire is anonymous.

The duration of the test is not predetermined but it is decided by yourself.

Indoor mapping by using gamification - Information about yourself

1. Your age.

☐ 20-30 ☐ 31-40 ☐ 41-50 ☐ 51 and older

2. Your gender.

☐ male ☐ female

3. How often do you play games using computer/tablet/smartphone?

☐ daily ☐ once a week ☐ once a month ☐ I do not play games

4. Have you ever used gamified applications where you receive score, badges or any other kind of reward for your interaction with those applications? (e.g. stackoverflow.com, tripadvisor.com, foursquare.com, etc.)

☐ yes ☐ no (if your answer is no, please finish the questionnaire here)

5. How would you rate your expertise as a user of gamified applications?

☐ very low experience ☐ low experience ☐ average experience ☐ good experience ☐ very high experience

Thank you very much for your help.

Please turn this page and have a look at the four tasks you have to complete.

Tasks List

1. Conquer a building that you know and that is not owned yet by someone else (white building)
2. Conquer a building that you know and that is already owned by others (orange building)
3. Earn one of the top 3 positions in a free-choice leaderboard
4. Reach the second level by exceeding the score of 300

Questionnaire 2

Indoor mapping by using gamification - Your thoughts

1. Were you able to complete task 1?

☐ yes ☐ no

2. How did you choose the building to be mapped for task 1?

3. Were you able to complete task 2?

☐ yes ☐ no

4. How did you choose the building to be mapped for task 2?

5. Regarding the tasks 1 and 2, was it difficult for you to identify the target building on the map?

1. Very difficult 2. 3. 4. 5. Very easy

6. Would it be easier to find a building on the map if your own position were shown on the map as well?

1. Very difficult 2. 3. 4. 5. Very easy

7. How important were the geographical leaderboards for your choice of the buildings to map?

1. Not important 2. 3. 4. 5. Very important

8. How trustworthy was your mapping of reality?

1. Not trustworthy at all 2. 3. 4. 5. Very trustworthy

9. Did you on purpose enter false information during the mapping?

☐ yes ☐ no

10. If yes, why?

☐ to get more points ☐ didn't know information ☐ other:.....

11. Were you able to complete task 3?

☐ yes ☐ no

12. How difficult was the completion of task 3?

1. Very difficult 2. 3. 4. 5. Very easy

13. How did you choose the leaderboard to climb?

14. Were you able to complete task 4?

☐ yes ☐ no

15. How difficult was the completion of task 4?

1. Very difficult 2. 3. 4. 5. Very easy

Thank you very much for your help.

PRAVNO ZAVEZUJOČ MEJNI KATASTER V AVSTRIJI: ZGODBA O USPEHU?

THE LEGAL BOUNDARY CADASTRE IN AUSTRIA: A SUCCESS STORY?

*Julius Ernst, Reinfried Mansberger, Gerhard Muggenhuber, Gerhard Navratil,
Stefan Ozlberger, Christoph Twaroch*

UDK: 528.44
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
Prispelo: 1. 2. 2019
Sprejeto: 19. 5. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.234-249
REVIEW ARTICLE
Received: 1. 2. 2019
Accepted: 19. 5. 2019

IZVLEČEK

Avstrijski geodeti v letu 2019 zaznamujejo 50. obletnico zakonske uveljavitve avstrijskega zakona o geodetski izmeri. Z navedenim zakonom se je uradno začel vzpostavljati tako imenovani pravni mejni kataster (nem. der Grenzkataster), ki je prinesel pomembno prelomnico v avstrijskem zemljiškem katastru, saj še vedno zagotavlja pravno varnost glede poteka meje zemljiških parcel. Ta pomembna obletnica prinaša priložnost, da se oceni in predstavi razvoj, uveljavljanje in delovanje pravnega mejnega katastra širši znanstveni in strokovni skupnosti. Kratkemu zgodovinskemu orisu avstrijskega katastra v članku sledi predstavitev prehoda z davčnega na pravni mejni kataster. Predstavljen je veljavni sistem zemljiškega katastra v Avstriji, s svojimi prednostmi in slabostmi. Dodatno so predstavljene načrtovane razvojne naloge.

ABSTRACT

In 2019, the Austrian surveyors will celebrate the 50 years anniversary of the enactment of the Austrian Surveying Act. The date of the enactment of this law was also the hour of birth for the Austrian Legal Boundary Cadastre (germ. der Grenzkataster) and with it a milestone to ensure the legal security of parcel boundaries. The jubilee is taken as the occasion to introduce the development, implementation and running of the Legal Boundary Cadastre to a wider scientific community. After a short history of the Austrian Cadastre, the process of its transition from the Fiscal Cadastre to the Legal Boundary Cadastre is documented in the article. The current situation with strengths and weaknesses of the system is outlined and scheduled developments are introduced.

KLJUČNE BESEDE

zemljiški kataster, pravni mejni kataster, davčni kataster, zakon o geodetski izmeri, zemljiški administrativni sistem, zemljiška parcela, Avstrija

KEY WORDS

land cadastre, legal boundary cadastre, fiscal cadastre, surveying law, land administration system, land register, land parcel, Austria

1 INTRODUCTION

In 2017, the Austrian Cadastre celebrated its 200 years anniversary. With the enactment of the *Act on Real Property Taxation* (germ. *Grundsteuerpatent*) in the year 1817, the Emperor of Austria, Franz I. (1768–1835), initiated the surveying and mapping in a map scale of 1:2880 for the whole monarchy. The *Franciscan Cadastre* (germ. *Franzsiszeischer Kataster*) is characterized by completeness, standardized processes, and geocoding based on countrywide triangulation (BEV, 2017). In addition, thematic information, such as land use, quality of soil and administrative data were gathered.

In 2019, the Austrian surveyors have again a reason to celebrate: 50 years of *Legal Boundary Cadastre* (germ. *Grenzkataster*). People might be confused. Does the Austrian land administration have an additional cadastral system? No, the *Legal Boundary Cadastre* evolved from the *Fiscal Cadastre* and defined a new quality level within the *Real Estate Cadastre*. Therefore, the *Legal Boundary Cadastre*, based on the *Surveying Act* (germ. *Vermessungsgesetz*, 1968), is a part of the Austrian Land Administration System (Abart, Ernst, and Twaroch, 2017).

An important benefit of the *Legal Boundary Cadastre* can be described by the following theoretical example:

Person A is the owner of two parcels (parcel 278/2 and parcel 154/5). Both parcels are neighboured by three parcels owned by Persons B, C and D (see Figure 1). In our experiment, all boundaries of the parcel 278/2 and parcel 154/5 were negotiated between all involved persons. The boundary points were marked and all owners agreed on the parcel boundary. Afterwards, the boundary points of the parcel 278/2 and parcel 154/5 were surveyed accurately within the Austrian reference system (germ. *Referenzsystem*). The parcel 278/2 was surveyed before 1969. The surveying of the parcel 154/5 was carried out after 1969 according to the regulations of the new *Surveying Act* (*Vermessungsgesetz*, 1968), and is dedicated as a parcel of the *Legal Boundary Cadastre*. In daily life, the difference between the two parcels only can be seen in the cadastral map, where the number of the parcel 154/5 is underlined with a dashed line, and in the Land Register by the prefix ‘G’.

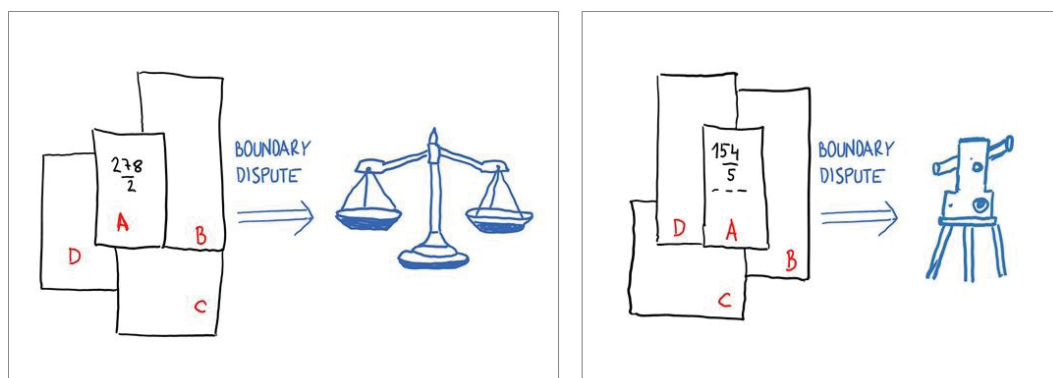


Figure 1: Conflict solving of boundary disputes in the *Fiscal Cadastre* (left) and in *Legal Boundary Cadastre* (right).

Differences between the two parcels occur in cases of boundary disputes. If the owner A struggles with one of his neighbours (B, C and/or D) about a boundary of the parcel 278/2, he has to go to court and a judge has to decide about the boundary line. If the dispute is on a boundary line of the parcel 154/5,

then the *Cadastral Office* (germ. *Vermessungsamt*) is entitled to stake out the boundary points according to the previous surveying. The reasons for the different approaches of dispute solving as well as other benefits of parcels in the *Legal Boundary Cadastre* will be outlined in the current paper.

2 SHORT HISTORY OF AUSTRIAN CADASTRE

The Austrian Real Estate Cadastre is the result of a continuous innovation since the *Grundsteuerpatent* from 1817, which initiated the systematic assessment and surveying of parcels (see Figure 2). For the first time, the Austrian Monarchy was mapped entirely. In the beginning, the primary objective of the Real Estate Cadastre was taxation. Nevertheless, since the very beginning, the cadastral system has been providing complete evidence of all parcels in the monarchy with the potential for multi-purpose use. The *Franciscan Cadastre* was known also as *Stable Cadastre* (germ. *Stabiler Kataster*) as the taxation was based on the soil characteristic and not on the actual yield and therefore not on the diligence of the landowner (Lego, 1968).

Objects of the surveying were boundaries of municipalities and of parcels that included also surveying of buildings as well as topographic elements, such as bridges, public roads, railways and water bodies. The surveying was outlined by plane table measurements with graphical accuracy according to the map scale.

In 1869, the Regulation Act for Land Taxation (germ. *Grundsteuerregelung*) introduced a countrywide harmonisation of the taxation system based on detailed valuations of the net yield of land parcels. The Regulation Act for Land Taxation caused a complete revision of the existing, to the since 1817existing, and not yet updated *Franciscan Cadastre*. As in 1871 the metric system was introduced in the Austrian-Hungarian Monarchy, the revision of the cadastral maps included a transition to the metric system. The cadastre updated and projected into the metric system was called *Fiscal Cadastre* (germ. *Grundsteuerkataster*).

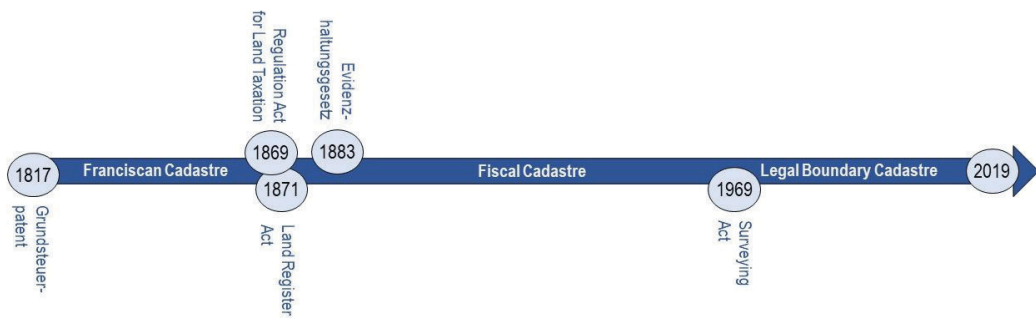


Figure 2: Milestones of the Austrian Land Administration System from 1817 to 2019.

In 1871, the enactment of the *General Land Register Act* (germ. *Allgemeines Grundbuchsgesetz*) and the *Implementation Act for the Land Register* (germ. *Allgemeines Grundbuchs-anlegungsgesetz*) initiated the co-operation between the *Cadastre* and the *Land Register*. Since that time, the coherence between these two essential components of the Austrian Land Administration System is maintained. In 1883, the implementation of the *Act of Continuous Land Cadastre Maintenance* (germ. *Evidenzhaltungsgesetz*, 1883) required a continuous up-dating of *Land Register* and *Fiscal Cadastre* and with it, an improved consistence of the legal information and the physical description of parcels.

Cadastral Offices have to carry out the maintenance of the cadastre, which included also the revision of boundaries of municipalities, the updating of parcel boundaries, and the actualisation of land cover. The Federal Office of Metrology and Surveying (BEV) has to provide the fundamental survey, the implementation of the cadastre, and the production of countrywide topographic maps.

The *Surveying Act* regulates all above-mentioned tasks of the Austrian surveying authorities. As an additional task, the *Legal Boundary Cadastre* has to provide security of boundary lines.

Details about the history and the development of the Austrian Cadastre are presented in Lisec and Navratil (2014).

3 THE TRANSITION TO THE LEGAL BOUNDARY CADASTRE

3.1 The Purpose and Process of Introducing the Legal Boundary Cadastre

During the implementation of the Land Register in 1871, the cadastral map was considered an integral part of the Land Register. However, its legal significance was limited to the documentation of the site of the parcels. The increased demands for a higher and legal civil protection required improved technical documentation, which should be achieved by a new legal regulation.

Cadastral / Surveying experts were not satisfied that even highly accurate sub-division maps (cadastral plans) and results of re-measurements are not contributing to the public faith of the Land Register. Following the model of the Swiss and German legal systems, the Austrian surveying authorities and surveying experts preferred also to trust the cadastral documents in cases of deviations between boundaries in nature and boundaries documented in the cadastral maps. A new legal regulation was required to enable the transition from the *Fiscal Cadastre* to the *Legal Boundary Cadastre*, which had to provide legally binding information about the site of parcel boundaries. At the same time, the regulations of the cadastre – some of them more than 100 years old – had to be replaced. The preparation of the new law proved to be more difficult and more time consuming than expected. In addition to other questions, it was necessary to clarify and define the tasks, competencies, responsibilities between the public and private sector for carrying out sub-divisions as well as for the identification and determination of land parcel boundaries. With the *Surveying Act* (*Vermessungsgesetz*, 1968), a new legal basis was implemented and the transition from the *Fiscal Cadastre* to the *Legal Boundary Cadastre* was initiated.

The main purpose of the introduction of *Legal Boundary Cadastre* was to guarantee security about parcel boundaries. For this purpose, the boundaries have to be defined clearly, the boundary lines have to be agreed verifiably, and the boundary points have to be surveyed accurately in the national reference system. The information of the *Legal Boundary Cadastre* is the basis for the determination of boundary lines. In the *Legal Boundary Cadastre*, boundary lines are defined by the surveyed and mapped boundary points and not by the boundary marks visible in nature. The implementation of the Surveying Act was a paradigm shift in the legal acceptance of boundary points from the visible landmark to abstract mathematical coordinates. Disputes over boundaries would be avoided when the boundaries become legally binding. As mentioned in the introduction, a boundary dispute between two parcels raises different approaches for clarification. In the case of the *Fiscal Cadastre*, the property owners must bring the

question to court to resolve the dispute and to set the boundary legally by a judge. Bringing a dispute to court is not required if the parcels are registered in *Legal Boundary Cadastre*. In this case, the cadastral office is responsible to solve the dispute based on the original surveying documents.

Another intention of introducing *Legal Boundary Cadastre* was to create a higher quality in the Cadastre. In most cases, newly formed parcels must get coordinate based boundaries and recorded in *Legal Boundary Cadastre*. High quality of the coordinates is necessary to make a system of legally binding coordinates applicable in practice. In Austria, the Surveying Act requires a survey based on a sufficient number of fixed reference points to transfer parcels from the *Fiscal Cadastre* to the *Legal Boundary Cadastre*. In this way, the coordinates, and thus the boundary of the parcel, gets a sufficiently high accuracy and quality to be registered in *Legal Boundary Cadastre* (Frankenberger, 1971).

The rearrangement of the national surveying and the transition from the *Fiscal Cadastre* to the *Legal Boundary Cadastre* followed the following principles (Twaroch, 2017):

- The *Federal Office of Metrology and Surveying (BEV)* has to provide the fundamental survey (e.g. reference points), the production of countrywide topographic maps and together with the *Cadastral Offices* the implementation and the management of the cadastre.
- The quality level of the *Legal Boundary Cadastre* has to secure not only the existence of a parcel but also the boundaries of this parcel. The parcel with this new feature gets the quality mark “G” in the textual documentation. In the cadastral map, parcels of the *Legal Boundary Cadastre* are visualized with a dotted line under the parcel number/parcel identifier (see Figure 3).

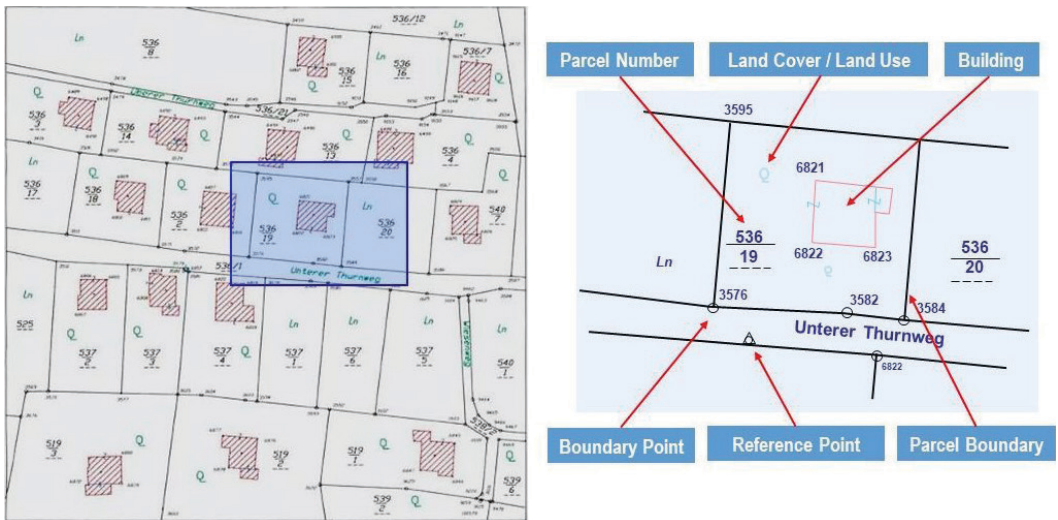


Figure 3: Digital Cadastral Map – Contents (Source: BEV).

- The quality improvements of the cadastre have to be executed by the BEV and by licensed surveyors. The private surveyors are usually performing the sub-division of parcels.
- The cadastre has to follow the structure as far as possible according to the *Fiscal Cadastre*, in order to allow a smooth transition.
- The new regulation has to be cost-neutral, this means without additional costs for the state budget.

3.2 Implementation and Elements of the Legal Boundary Cadastre

The *Legal Boundary Cadastre* is not a parallel cadastral system or data layer, as the new parcels of the *Legal Boundary Cadastre* are incorporated into the official cadastral map. In the case of inconsistencies between the existing cadastral map and new survey, a correction procedure has to be implemented first.

3.2.1 Technical Procedures in the Legal Boundary Cadastre

Two different approaches support the transfer of a parcel from the *Fiscal Cadastre* to the *Legal Boundary Cadastre*, one for systematic transfer and one for occasional transfer:

- The systematic resurvey of all parcels of a cadastral municipality or within a defined area in the municipality is called *ANA-process* (germ. *Allgemeines Neuanlegungsverfahren*). The BEV initiates and implements the process. In cooperation with the municipality, all parcels of the municipality are transferred from the *Fiscal Cadastre* to the *Legal Boundary Cadastre*. ANA-processes were primarily applied between 1970 and 1990. Since then, they have been reduced due to limited resources. Currently (2019), only one ANA-process is running.
- The occasional resurvey of parcels, called *TNA-process* (orig. *Teilweises Neuanlegungsverfahren*) enables the transfer of individual parcels from the *Fiscal Cadastre* to the *Legal Boundary Cadastre*. The procedure is based on following initiatives of property owners:
 - Application for transferring parcels into the *Legal Boundary Cadastre* without any changes of the property formation (currently about 2600 cases/year).
 - Application for subdivision of parcels results in a changed property formation with highest quality level of the *Legal Boundary Cadastre* (about 27,000 cases/year).

The establishment of the *Legal Boundary Cadastre* is not only a task of the cadastral authority. According to § 1 of the *Real Estate Division Act* (germ. *Liegenschaftsteilungsgesetz*) from 1930, licensed surveyors and other authorized persons are involved in the process. Private licensed surveyors mainly perform the transfer of parcels in the TNA process.

The transformation of a parcel from the *Fiscal Cadastre* to the *Legal Boundary Cadastre* requires that all involved persons (owner of the parcel to be transformed as well as all owners of neighbouring parcels) have to confirm the boundary lines in nature by signature, which is legally a contract. The parcel has to be surveyed and mapped with all the boundary points referring to the Austrian Reference System, which is realised by reference points in the Gauss-Krüger reference system (Bessel ellipsoid, datum MGI) and by the GNSS-based reference stations (APOS – Austrian Positioning Service, based on ETRS89). Accuracy requirements as defined in the *Surveying By-law* (germ. *Vermessungsverordnung*) have to be fulfilled.

The transformation from the *Fiscal Cadastre* to the *Legal Boundary Cadastre* is always parcel-based, as the parcel is the smallest administrative unit. The procedures of negotiation, surveying and mapping are defined in the *Surveying Act* and in the *Surveying By-law*. The coordinates of boundary points emerging from the transfer process are legally binding.

3.2.2 Legal Procedures in the Legal Boundary Cadastre

The task of changing the boundary of a parcel requires the support of a licensed surveyor. However,

the role of the licensed surveyor changed dramatically with the *Legal Boundary Cadastre*. The licensed surveyor guarantees the improved quality level requested by the *Legal Boundary Cadastre*. The tasks of the licensed surveyor include:

- the investigation in the cadastral archive regarding documents relating to the relevant parcel,
- negotiation about the boundaries with all affected property owners,
- marking the agreed boundary,
- documenting the owners' agreement with this boundary,
- surveying and producing a surveying document, and
- applying for a certificate (germ. *Bescheinigung*) at the cadastral office confirming accordance with existing cadastral data and regulations.

The property owners' agreement on the boundaries is documented in a protocol signed by affected property owners referring to boundary points marked and measured in the field as well as recorded in the surveying document. These documents are transferred to the Cadastral Offices for final approval, for issuing the certificates and for updating the cadastre. In the first decades of the *Legal Boundary Cadastre*, this was done in analogue form, but nowadays it is part of an online process. The Cadastral Office sends the decision on the transfer of the parcel into the *Legal Boundary Cadastre* to all affected property owners. The owner and the neighbours of the parcel have the possibility to appeal within a period of two weeks. The update is carried out immediately after the expiry of the appeal period. In cases of sub-division of a parcel, the inscription into the Land Register is required before updating the cadastre.

The Cadastral Offices can perform cadastral procedures to transfer a parcel to the *Legal Boundary Cadastre* as well. Their procedure differs slightly from the process described above, as Cadastral Offices have more legal possibilities if not all owners agree on the boundaries. While licenced surveyors need the consent of all affected land owners, the Cadastral Office is authorized to force the owner with the most unlikely opinion about the boundary to initiate a judicial procedure on the boundary dispute.

The transfer to the *Legal Boundary Cadastre* has several benefits:

- Boundaries are legally binding and secured.
- The area of the parcel is determined more precisely using the coordinates of boundary points. Nevertheless – as in the *Fiscal Cadastre* – the area is not legally binding due to technical aspects.
- Adverse possession is not possible for parts of a parcel.
- Confidence in the documentation of boundaries is protected. Natural boundaries deviating from the documented status are irrelevant due to the principle 'Paper boundaries are overruling natural boundaries' (e.g. fences, boundary marks).
- Surveying authority carries out the restoration of disputed boundaries by staking out the boundary points based on their coordinates. This technical task replaces the court process.

The transformation from the *Fiscal Cadastre* to the *Legal Boundary Cadastre* is a clearly defined legal process to guarantee the above documented advantages. Transformations of individual parcels into the *Legal Boundary Cadastre* are announced by *decision* (germ. *Bescheid*), whereas systematic transformations (e.g. ANA-process, land consolidation) are announced by a *decree* (germ. *Verordnung*) issued by the BEV.

4 CURRENT SITUATION AND DEVELOPMENTS OF THE LEGAL BOUNDARY CADASTRE

4.1 Status of the Legal Boundary Cadastre

In 1969, in the year of the enactment of the *Surveying Act*, the public authority expected that most landowners would appreciate getting their parcel boundaries legally secured. Today, 50 years later, only 17% of all parcels are part of the *Legal Boundary Cadastre* (see Figure 4).

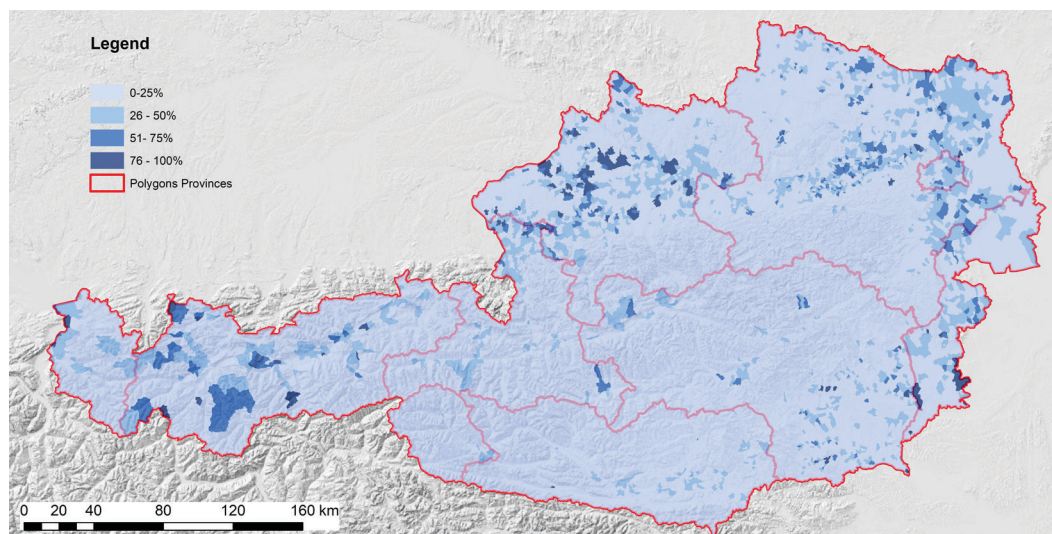


Figure 4: Percentage of parcels in the *Legal Boundary Cadastre* per cadastral municipality (Source: BEV).

Austria has 7850 cadastral municipalities in countrywide 2100 political municipalities. In total, 10.2 million parcels are registered and documented in the so-called *Real Estate Database* (germ. *Grundstücksdatenbank*). From these, 1.6 million parcels have been already transformed from the *Fiscal Cadastre* to the *Legal Boundary Cadastre*. When considering the number of boundary points registered in the *Real Estate Database*, the statistics outline better figures for the *Legal Boundary Cadastre*. From the total of 36 million boundary points, which were gained by surveying and which are available in the Austrian grid system, 11 million boundary points or 30% of all in digital format available boundary points are assigned to the *Legal Boundary Cadastre*. The analysis of the regional distribution of the “*Legal Boundary Cadastre* parcels” outlined three specific types of regions with an increased number of transformed parcels: agricultural areas, peri-urban areas, and areas with infrastructure (roads, railways, etc.).

Austria is characterized by small spatial structures. Due to inheritance law, the agricultural land was fragmented. Land consolidation processes were launched, previously to optimize arable land for agricultural production. Nowadays the projects are more multi-functionally orientated with the result of increased land mobility, of an improved land use management by considering involved stakeholders, and of an enhanced competence to find solutions for trade-offs (Mansberger and Seher, 2014). Since the enactment of the *Surveying Act* (*Vermessungsgesetz*, 1968) in 1969, all the rearranged parcels within a land consolidation scheme are transformed to the *Legal Boundary Cadastre*. The Austrian Land Consolidation Authorities are – according to § 1 of the *Real Estate Division Act* (germ. *Liegenschaftsteilungsgesetz*, 1930) – authorized

bodies for the cadastral surveying. Therefore, a concentration of parcels registered in the *Legal Boundary Cadastre* is found, among the others, in agricultural areas (see Figure 5).

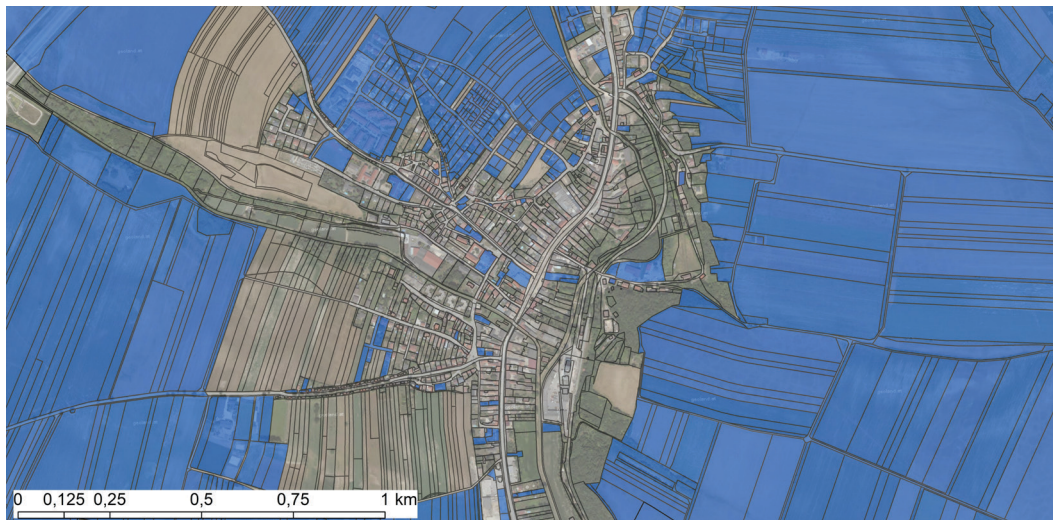


Figure 5: Example for parcels in *Legal Boundary Cadastre* (blue) in a rural area (Source: BEV and basemap.at / Orthophoto).

As in many other countries, urban sprawl is also a challenge of Austrian cities. In peri-urban areas, agricultural land has been converted to residential areas to meet the requirements of an increasing population and their needs for living room in towns. The transformation from arable land to building land is normally linked with a sub-division of land parcels and with ownership transactions. Both require updated records in the Land Cadastre and in the Land Register. As urban development is affecting larger areas and the updated parcel information will be registered in the *Legal Boundary Cadastre*, the urban fringes are also leading areas regarding the accumulation of parcel in the *Legal Boundary Cadastre* (see Figure 6).



Figure 6: Example for parcels in *Legal Boundary Cadastre* (blue) in an urban fringe (Source: BEV and basemap.at / nDSM).

Figure 7 documents an accumulation of parcels in the *Legal Boundary Cadastre* close to a new track of a railway. This infrastructure has been built in the last 20 years.

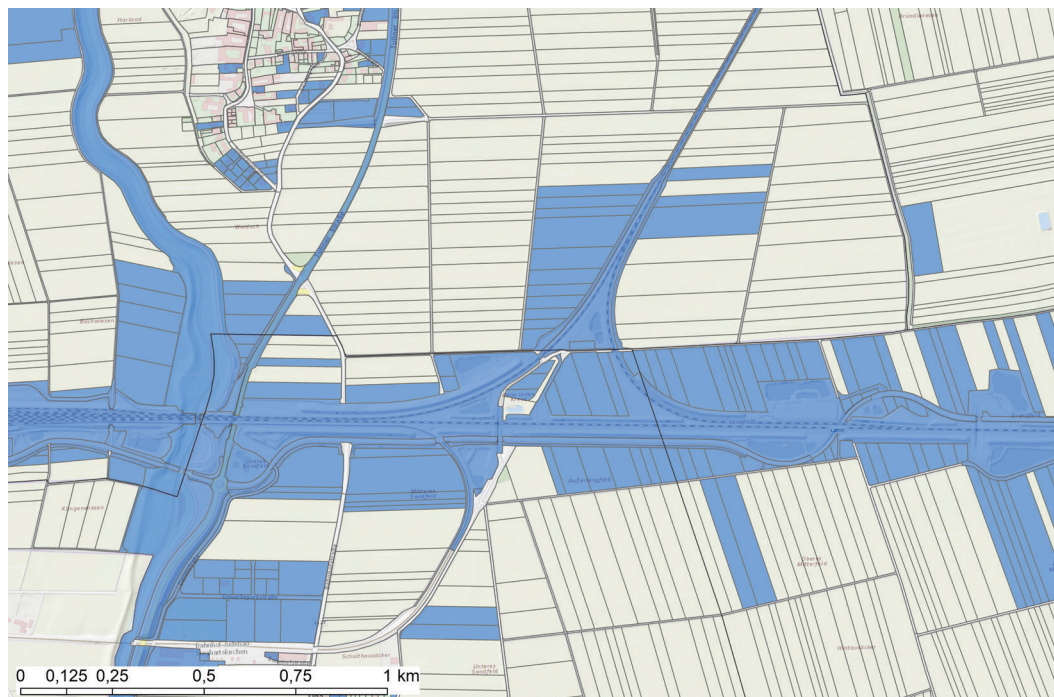


Figure 7: Example for parcels in *Legal Boundary Cadastre* (blue) close to infrastructure corridors (Source: BEV and basemap.at / Map and DTM).

4.2 Strength and Limitations

One of the main advantages of the *Legal Boundary Cadastre* is a level of trust for parcel boundaries equivalent to that of the Land Register. Prior to the implementation of the *Legal Boundary Cadastre*, the boundaries of parcels of the *Fiscal Cadastre* had no such principle of public faith. The copy of the cadastral map available at the Land Register illustrated just the location of the parcels. In contrast to the other parts of the Land Register, the location of the boundary points was not legally binding. The *Legal Boundary Cadastre* has created such a binding character. Since the cadastre forms the basis for the Land Register, such binding is very useful for all parties working with land property: Boundary disputes will no longer have to be settled at the court because boundaries can be restored at any time. Corrections of the *Legal Boundary Cadastre*, e.g. caused by the elimination of strains in the control network or changes in the *Legal Boundary Cadastre* itself, are made in a legal administrative procedure.

The fundamental provision on the protection of confidence in the *Legal Boundary Cadastre* can be found in §8 Z1 of the *Surveying Act* (*Vermessungsgesetz*, 1968). According to this norm, the boundaries incorporated in the *Legal Boundary Cadastre* are binding. This protection of confidence is further described in §§49 and 50 of the *Surveying Act* (*Vermessungsgesetz*, 1968). According to §49 of the *Surveying Act* (*Vermessungsgesetz*, 1968), a claim based on the boundaries visible in reality cannot be opposed to the

party, who has acquired a right by relying on the boundaries contained in the *Legal Boundary Cadastre*. §50 of the *Surveying Act* (*Vermessungsgesetz*, 1968) excludes the adverse possession of parts of a property contained in the *Legal Boundary Cadastre*. This prevents a “creeping migration of ownership” and links the Land Register law directly to the boundaries defined in survey documents. An additional benefit of the *Legal Boundary Cadastre* is the possibility to reconstruct invisible parcel boundaries in nature (e.g. joint cultivation of aggregated parcels, disappeared boundary marks after flood disasters).

The protection of legitimate expectations, which the *Legal Boundary Cadastre* is entitled too, is – according to the Austrian Highest Administrative Court – not limited to purely civil law aspects. It is also of importance in public law. The Highest Administrative Court refers here to the importance of the exact boundary line as a reference for distances defined in the building regulations. This is important for the construction industry because in civil engineering projects the owner can always rely on the boundaries of the *Legal Boundary Cadastre*.

The *Legal Boundary Cadastre* contains other information, such as types of land cover. The types of land cover are defined in the *Surveying Act* (*Vermessungsgesetz*, 1968) and may be related to other laws. For example, §3 Abs1 of *Forestry Act* (germ. *Forstgesetz*) links the definition of “forest” to the land cover type “forest” in the Austrian cadastre. However, the land cover type only can be seen as an indication. According to the Administrative Court, the registered land cover classes have no further legal consequence.

The *Legal Boundary Cadastre* has limitations as well. Challenges are the fixed coordinate values of the boundary points due to improving surveying equipment and changing legal regulations. Whereas the boundaries of parcels in the *Fiscal Cadastre* have to satisfy a graphical precision based on line width and drawing accuracy (at best 0.5 m for a scale of 1:1440), the *Legal Boundary Cadastre* has to achieve the precision defined in the *Surveying By-law* (*Vermessungsverordnung*, 2016). This precision of reconstruction of boundary points is varying between 20 cm in the first version (1969) and 5 cm in the current version (2016).

Another challenge is the inhomogeneity of the geodetic reference frame. The *Legal Boundary Cadastre* was initiated in 1969 with the assumption that the reference frame is accurate enough for this purpose. However, local inhomogeneity of the reference grid is affecting the practical implementation of the concept (Höggerl and Imrek, 2007). Reconstruction of points can lead to different results when referring to different control points. This happens, when e.g. the control points originally used were destroyed or have been displaced. Mathematical methods for the elimination of the inhomogeneity requires to take into account the configuration of control points. Currently, there is no automated method available to be applied for large areas in Austria.

Besides the challenge of the heterogeneity of the reference grid, problems of non-static boundary points raise in some Austrian areas. The European Terrestrial Reference Frame (ETRF) addresses only the large-area effects of plate tectonics. Resulting shifts are eliminated by known transformation parameters. Effects of local and inhomogeneous landslides can hardly be determined, delineate, and/or solved. Currently, the solution is to outline areas of ground-motion. Affected parcels are transferred from the *Legal Boundary Cadastre* back to the *Fiscal Cadastre* to avoid unwanted legal consequences (as a building moving out of a parcel).

4.3 Legal Boundary Cadastre in the Network of Registers and Data Bases

Registration systems provide services for identification of subjects, rights and objects (Twaroch and Muggenhuber, 1997). Registers for persons, companies and societies provide identification of subjects through unique identification numbers. For identification of parcels, the cadastral system provides parcel numbers, which are unique within an administrative unit. In Austria, the cadastral numbering system is linked with the Land Register, the Address Register as well as with the coordinates for each parcel and the postal address for each building. Therefore, the cadastral dataset has become a hub for access to spatial information, such as land valuation (see Figure 8), land use planning, land registry and other public registers. In the case of the *Legal Boundary Cadastre*, besides the parcel also the boundary lines of the parcels can be referenced. This approach provides higher legal security.

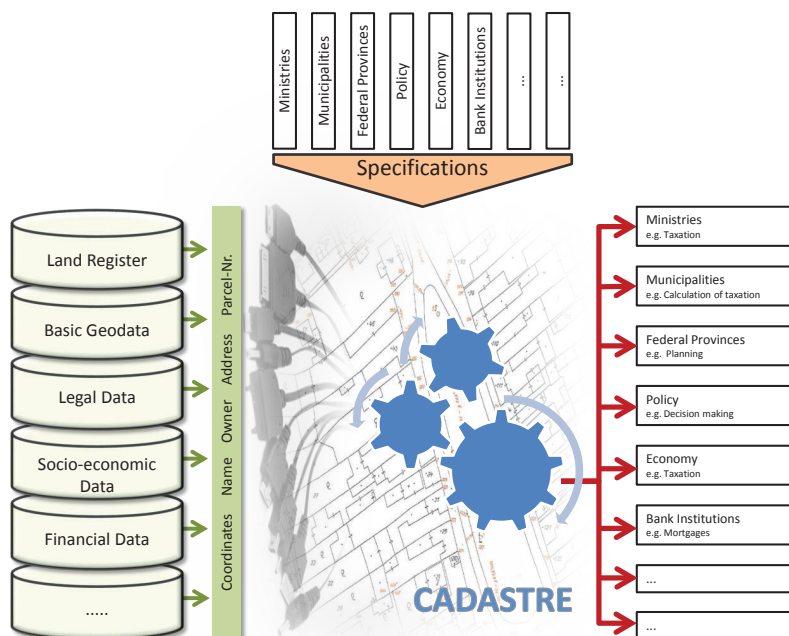


Figure 8: Cadastre as an interface of a countrywide mass land appraisal system (Source: Mansberger et al., 2015).

A weakness of the Austrian solution is that the spatial planning zones are not automatically adapted to changes of cadastral boundaries. Spatial planners create zoning plans or development plans using the cadastre as a geometrical basis. They locate the boundaries exactly in the same position as the current cadastral boundaries if feasible (i.e., if their planning concurs with the current situation). As a result, any change in the cadastre will lead to deviations between cadastre and zoning or development plans. This has to be discussed and solved in the National Spatial Data Infrastructure (NSDI) context.

4.4 Current Developments of the Austrian Cadastre

A decisive step into the digital world was made in 2012 with the introduction of a new cadastral maintaining process. The *Real Estate Database* (germ. *Grundstücksdatenbank*) was updated to modern IT standards. In particular, the processes with the Land Register were automatized. Media breaks between

analogue and digital data were eliminated. The interlinking with the digital cadastral map has qualitatively improved the internal process of managing the cadastre.

Nowadays, all business cases and the electronic documents of the cadastral offices are stored in a *central register of cases* (germ. *Geschäftsregister*), which is a long-term archive ensuring that the documents are legible even after decades. In addition, the law implies all stored documents as originals. In addition to the function as a central management tool and storage medium for the cadastre, the business register provides all the necessary documents for providing cadastral information through the web-portal of the BEV. Since 2012, all applications of the surveyors have to be submitted in digital form. The electronic legal transactions process with the Land Register has been established, which have led to an enormous acceleration of the whole process of registration. The change of the cadastral information is prepared during the process of checking the surveying documents and finally, the change process in the cadastre is triggered immediately after the land register has transmitted the decision information via the electronic interface – almost at the same time.

An important module to steering the whole process of a real property change is the so-called *subdivision table* (germ. *Trennstücktablelle*). It is the centre of the shared-cross administrative processes, which affect both the cadastral authority and the Land Register, and it is the crucial reference element for:

- notaries and lawyers, who generate their applications to the Land Register in an automated manner,
- the judicial officers in the Land Register Courts to produce decisions, and
- the staff in the cadastral offices, who carry out the changes in the cadastral data.

Amendments to the *Surveying Act* (*Vermessungsgesetz*) and the *Surveying By-law* (*Vermessungsverordnung*) have contributed to a substantial improvement in the documentation of the boundary negotiations and have increased the legal validity of the results.

In addition to the efforts to improve successively the management process, the so-called *Structured Surveying Document* (germ. *Strukturierter Plan*) was implemented in 2018, which is a big step towards a full digital surveying plan. Surveyors are submitting *structured surveying documents*. In a first version, the descriptive contents of the plan (e.g. table of parcels, owners, coordinates) can be transferred directly into the cadastral system. Better data quality and an accelerated verification procedure in the cadastral office will make the process more efficient. The automated pre-check service will eliminate sources of errors. To motivate the surveyors to apply this new approach, financial incentives are offered by reduced fees. To “close the digital gap” in the cadastre, BEV was launching a project to classify and digitize all surveying documents archived in the cadastral offices. The documents will be provided to the surveyors via the web portal. The digitizing process will be finished until 2024.

5 CONCLUSIONS AND OUTLOOK

The question in the title, if the Austrian *Legal Boundary Cadastre* is a success story, has to be answered definitely with “YES”. The *Legal Boundary Cadastre* is a success story for the landowners, for the surveying authorities, for governmental bodies as well as for the Austrian society. Until yet, 17% of the parcels are in the *Legal Boundary Cadastre*. This seems to be a low share, but it reflects the frequency of changes of parcel shapes (currently 30,000 cases per year). The cases are not even equally distributed throughout the country, but they are concentrated on areas with a high potential of development and with it a higher

potential of boundary disputes. Landowners are able to apply for transfer of their parcels to the *Legal Boundary Cadastre*. In case of serious legal disputes, the costs for the transfer are justified by the benefit of legal security. Serious economic benefits of the *Legal Boundary Cadastre* are hard to estimate, as the reconstruction of boundary points does not require an authorized (documented) surveying approach.

Since the introduction of this new system, the decision-making in cases of boundary disputes is simplified. Disputed boundaries can be staked out by the surveying authorities and must not be dealt at court. In addition, the legally binding parcel boundaries in the transformed cadastral system reduced the number of boundary disputes significantly. In the new system, the accuracy of boundary points is well defined and higher as in the *Fiscal Cadastre*. As the digital cadastral map is a base dataset, the improved accuracy also has positive effects for linking other in Austria available geodata.

Within the last 50 years, a paradigm shift in surveying has taken place, caused by new technologies and processes. These innovations continuously were incorporated by amendments to the *Surveying Act* and adaptations of the *Legal Boundary Cadastre*. The implementation of digital data processing led to a shift from analogue to digital. The Austrian land administration profession was launching the – today by politicians so favoured – the term of *digitalisation* already in the year 1979 with the transformation of the analogue land attribute data to a digital database. In 1989, the BEV launched the digitalisation of the countrywide available cadastral map. This process was successfully finished in 2004. Nowadays, all cadastral and land registration data can be accessed by the public in 24/7 (24 hours per day, 7 days by week) via the e-portal (bev.gv.at). GNSS (Global Navigation Satellite Systems) technologies have been further introduced to the surveying in order to mitigate the impacts of inhomogeneous reference points. The paperless data flow was implemented and the cadastral processes between authorized private surveyors and the cadastral offices as well as between the cadastral offices and the land register were accelerated within the last decades.

Approximately 100 years ago, the establishment of licensed surveyors as a model of good public-private-partnership has been launched in Austria. With the *Surveying Act* (*Vermessungsgesetz*) from 1968, the roles of private and public institutions are defined more clearly.

There are still challenges left for the future. The inhomogeneity of the reference frame will be solved with the GNSS technology, but it will take some time to transform all the boundary points with their own surveying history to a countrywide homogeneous system. Moreover, the challenges of moving local landslides and soil-motions require sound technical and proper legal solutions. Furthermore, as most of the other cadastral systems, the Austrian cadastre (*Fiscal Cadastre* as well as *Legal Boundary Cadastre*) is only two-dimensional (plane). The addition of further dimensions (space, time) is a task for the future, even though conceptual work is in progress (see for example Karabin et al., 2018; Navratil et al., 2018). The *Legal Boundary Cadastre* has a high potential for being the source for additional information, like public law restrictions (Navratil and Spangl, 2012), spatially restricted rights and responsibilities (Koltenpratt et al., 2017). Finally, the *Legal Boundary Cadastre* would be a proper interface of a countrywide mass land appraisal system (Twaroch and Wessely, 2015).

Therefore, the success story is not over yet.



Acknowledgement:

The authors dedicate this article in memory of Dipl.-Ing. Rupert Kugler, head of the Department of Metrology and Surveying Offices in the Federal Office of Metrology and Surveying (BEV). Rupert Kugler was closely connected to the Austrian cadastre during his professional life. On 3rd February 2019, he passed away - shortly after his 60th birthday.

References:

- Abart, G., Ernst, J., Twaroch, C. (2017). Der Grenzkataster: Grundlagen, Verfahren und Anwendungen (= Boundary cadastre: basics, procedures and implementation). Vienna, Graz: Neuer wissenschaftlicher Verlag.
- BEV (2017). 200 Jahre Grenzkataster. Vienna: Bundesamt für Eich und Vermessungswesen.
- Evidenzhaltungsgesetz (= Act on Land Cadastre Maintenance) (1883). Gesetz über die Evidenzhaltung des Grundsteuerkatasters. BGBl. Nr. 83/1883.
- Forstgesetz (= Forestry Act) (1975). Bundesgesetz, mit dem das Forstwesen geregelt wird. BGBl. I Nr. 440/1975.
- Frankenberger, J. (1971). Das österreichische Vermessungsgesetz – ein kritischer Vergleich mit den entsprechenden Normen des Vermessungswesens der deutschen Bundesländer (= The Austrian land surveying act – a critical comparison with the surveying norms in Germany federal countries). Veröffentlichungen der Deutschen Geodätischen Kommission, Reihe C, Heft 183.
- Grundbuchgesetz (= Land Register Act) (1955). Allgemeines Grundbuchgesetz (GBG), BGBl. Nr. 39/1955.
- Grundbuchsanlegungsgesetz (= Implementation Act for the Land Register) (1930). Allgemeines Grundbuchsanlegungsgesetz (AllGAG), BGBl. Nr. 2/1930.
- Grundsteuerpatent (=Act on Real Property Taxation) (1817). Allerhöchstes Patent, December 23, 1817, PolGes. Slg. Bd.45, 391.
- Höggerl, N., Imrek, E. (2007). Recent steps towards the introduction of ETRS89 in Austria. Geodetski vestnik, 51 (4), 742–750.
- Karabin, M., Kitsakis, D., Koeva, M., Navratil, G., Paasch, J., Paulsson, J., Vucic, N., Janecka, K., Lisec, A. (2018). Layer approach to ownership in 3D cadastre - a subway case. In P. van Oosterom, D. Dubbeling (Eds.), Proceedings of the 6th International FIG Workshop on 3D Cadastres (pp. 111–136), Delft, 2018.
- Kollenprat, D., Stix, P., Twaroch, Ch. (2017). Dokumentation räumlich begrenzter Dienstbarkeiten, ecolx 2017, 1051.
- Lego, K. (1968). Geschichte des Österreichischen Grundkatasters (= The history of Austrian land cadastre). Vienna: BEV.
- Liegenschaftsteilungsgesetz (= Real Estate Division Act) (1930). Bundesgesetz über grundbücherliche Teilungen, Ab- und Zuschreibung (LiegTeilG), BGBl. Nr. 3/1930.
- Lisec, A., Navratil, G. (2014). The Austrian land cadastre: From the earliest beginnings to the modern land administration system. Geodetski vestnik, 58 (3), 482–516. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.03.482-516>
- Mansberger, R., Seher, W. (2014). Landmanagement in Österreich (= Land management in Austria). Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 3, 141–150.
- Mansberger, R., Lisec, A., Muggenhuber, G., Navratil, G., Twaroch, C., Wessely, R. (2015). Value-describing geodata as an untapped treasure for a new mass appraisal system in Austria. In E. Hepperle, R. Dixon-Gough, R. Mansberger, J. Paulsson, F. Reuter, M. Yilmaz (Eds.), Challenges for governance structures in urban and regional Development (pp. 139–153). Zürich: VDF Hochschulverlag AG, ETH Zürich.
- Navratil, G., Schwai, M., Vollnhöfer, S., Konturek, P., Giannopoulos, I. (2018). From floor plans to condominium rights through an augmented reality approach. In P. van Oosterom, D. Dubbeling (Eds.), Proceedings of the 6th International FIG Workshop on 3D Cadastres (pp. 515–528), FIG, 2018.
- Navratil, G., Spangl, D. (2012). Räumliche Abgrenzungen in einem ÖREB-Kataster für Österreich (Spatial extension of public law restrictions in Austria). Zeitschrift für Vermessungswesen, 137 (6), 357.
- Twaroch, Ch., Muggenhuber, G. (1997). Evolution of land registration and cadastre. Case study: Austria. EUROLIS Conference, 24–26 September 1997, Bratislava.
- Twaroch, Ch. (2017). Kataster- und Vermessungsrecht (=The cadastre and surveying legislation). pp338. Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Vienna.
- Twaroch, Ch. and Wessely, R. (Hrsg.). (2015). Liegenschaft und Wert - Geodaten als Grundlage einer Liegenschaftsbewertung. (=Real Estates and Values – Geodata as Basic for Parcel Appraisal) pp215. Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Vienna.
- Vermessungsgesetz (= Surveying Act) (1968). Bundesgesetz über die Landesvermessung und den Grenzkataster (VermG), BGBl. I Nr. 306/1968.
- Vermessungsverordnung (= Surveying By-law) (2016). Verordnung des Bundesministers für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft über Vermessungen und Pläne (VermV), BGBl. II Nr. 307/2016.



Ernst J., Mansberger R., Muggenhuber G., Navratil G., Ozlberger S., Twaroch C. (2019). The Legal Boundary Cadastre in Austria: A Success Story? *Geodetski vestnik*, 63 (2), 234-249.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.234-249>

Dipl.-Ing. Julius Ernst

Federal Office of Metrology and Surveying (BEV)
Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Vienna, Austria
e-mail: julius.ernst@bev.gv.at

Priv.Do. Dipl.-Ing. Gerhard Navratil, Ph.D.

Technische Universität Wien (TUW)
Gusshausstrasse 27-29, A-1040 Vienna, Austria
e-mail: gerhard.navratil@geo.tuwien.ac.at

Asst. Prof. Dipl.-Ing. Reinfried Mansberger, Ph.D.

University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU)
Peter Jordan-Strasse 82, A-1190 Vienna, Austria
e-mail: mansberger@boku.ac.at

Mag. Stefan Ozlberger

Mieterschutzverband Österreich
Doeblergasse 2, A-1070 Vienna, Austria
e-mail: sozlberger@gmail.com

Dipl.-Ing. Gerhard Muggenhuber, Ph.D.

Federal Office of Metrology and Surveying (BEV)
Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Vienna, Austria
e-mail: gerhard.muggenhuber@bev.gv.at

Univ. Doz. Dipl.-Ing. Christoph Twaroch, Ph.D.

Technische Universität Wien (TUW)
Röttergasse 3, A-1170 Vienna, Austria
e-mail: ch.twaroch@live.at

KOTNA IZRAVNAVA IZMERJENEGA POLIGONA STAVBE Z ROBUSTNO METODO M-OCENJEVANJA

ANGULAR ADJUSTMENT OF SURVEYED BUILDING POLYGON USING ROBUST M-ESTIMATION METHODS

Edward Osada, Małgorzata Mendela-Anzlik

UDK: 004.6:711
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 13. 10. 2018
Sprejeto: 10. 5. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.250-259
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 13.10. 2018
Accepted: 10. 5. 2019

IZVLEČEK

Položaji točk poligona, ki določajo geometrično obliko stavbe, so pogojeni z naključnimi merskimi napakami kotov geometrije objekta. Če tako primerjamo dejanske in načrtovane kote poligona stavbe, ugotovimo, da niso enaki. Izmerjene vrednosti kotov poligona stavbe je mogoče popraviti v okviru standardnega odklona položaja poligonskih točk in s tem uskladiti vrednosti merjenih kotov z načrtovanimi. Za izravnavo kotov poligona je predvidena izravnavo po metodi najmanjših kvadratov robustno glede na kote poligona, ki najbolj odstopajo od načrtovanih vrednosti. Kot rezultat izravnave dobimo kote, ki ustrezajo načrtovanim vrednostim, hkrati pa prepoznamo kote, ki značilno odstopajo od načrtovanih vrednosti, in sicer skupaj z ocenjenim odstopanjem. Pri tem postopku se nekoliko spremeni vrednost koordinat poligonskih točk, vendar v mejah njihovega standardnega odklona.

ABSTRACT

Positions of polygon points determining a geometric shape of a building object are affected by random measurement errors of the object's angles. Polygon angles are thus not equal when comparing actual and design corners of a building object. However it is possible to make an attempt to correct polygon angles within the standard deviation of the position of polygon points and lead to their congruency with the known design angles of the field object. In this paper, we propose the least squares method for angular adjustment of a polygon which is robust to angles much outlying from their design values. As a result the adjusted polygon has angles equal to the design angles and also detected angles outlying from the design ones, with determined values of deviations. Meanwhile, the coordinates of polygon points slightly changed within their standard deviations.

KLJUČNE BESEDE

prostorska podatkovna baza, stavba, geometrija objekta, izravnavo poligona objekta, robustna ocena

KEY WORDS

geospatial database, building object geometry, adjustment of the polygon object, robust estimation

1 INTRODUCTION

The polygon geometry of a building object is described by consecutive points which determine the geometry of an object (Burrough, 1998; Longley et al., 2006; O' Sullivan, 2006). The coordinates of these points are obtained from direct field measurements as well as indirect measurements, such as airborne, satellite and drone photogrammetry and also through digitization of paper maps (Ghilani and Wolf, 2012; Wei, 2014; Mendela-Anzlik and Borkowski, 2017). These coordinates are affected by random measurement errors. The angles that are computed on the basis of the coordinates of a polygon object are also affected by random position errors of the points. The angles of a polygon object are thus not equal when comparing actual and design angles of a field object.

These angles can be however corrected within the standard deviations of the position of points and lead to their congruency with the known design angles of a field object. In this paper, we propose the least squares method for angular adjustment of a polygon which is robust to angles much outlying from their design values. As a result the adjusted polygon has angles equal to the design angles and also detected angles outlying from the design ones. Meanwhile, the positions of polygon points slightly move within their standard deviations. A similar solution is applied in a certain new method of a direct field measurement of building objects based on GNSS linear network, localized on the measured object (Osada, Karsznia K. and Karsznia I., 2018). The robust estimation methods have a wide range of applications in geodesy and surveying, e.g. (Mąkowski and Osada, 2005; Wu, Qiu and Wang, 2005; Banaś, 2012; Muszyński, Zienkiewicz and Baryła, 2015; Adamczyk, 2017; Akram, Liu and Qian, 2018), while building polygon adjustment in a geographic information system (GIS) is not widely discussed in the literature. However, it is worth to mention about an interesting approach, presented in the paper (Jin, Tong and Zhang, 2018). There is proposed the partial total-least-squares adjustment method for condition equations (PTLSC), which allows for adjustment of the interior angles of the digitized buildings to right angles as well as maintenance of the correlations among the elements in the observation vector and the coefficient matrix.

Concerning geospatial databases, the identified building shape often need to be generalized and regularized with the use of appropriate GIS tools (Burdeos, Makinano-Santillan and Amora, 2015; Mendela-Anzlik, 2015) or other approaches dedicated for buildings of both simple and more complicated geometry (Jones and Ware, 2005; Zhang and Stoter, 2013; Lokhat and Touya, 2016). However, none of them assumes the standard deviation of the position of the points as one of the parameters in a computational process. Though it is possible to use Python modules, such as SciPy or NumPy, integrated with GIS software (e.g. ArcGIS), for implementation of the appropriate algorithms that can take into account this positional accuracy parameter. Additionally, some solutions concerning the geometry of rectangles (Preparata and Shamos, 1985) could be also useful for the above mentioned task. As far as geospatial databases are concerned, there is still a need to come up with new ideas and also develop the existing solutions for angular adjustment of building polygons. Thus, the proposed method can be used for obtaining the geometrical shape of corrected buildings polygons as objects of geospatial databases and also as a final stage of situational measurement of a building object, before giving a database to the Office for Geodetic and Cartographic Documentation.

2 THE PROPOSED METHOD

The polygonal geometry of a building is specified by measured coordinates of the building corners $P_i(x_i, y_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$ (Figure 1). The angles of the polygon at the points P_i can be computed from their coordinates according to Ogundare (2015) and Ghilani (2018), (Figure 1):

$$\alpha_i = \arctg\left(\frac{y_{i-1} - y_i}{x_{i-1} - x_i}\right) - \arctg\left(\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}\right) \quad (1)$$

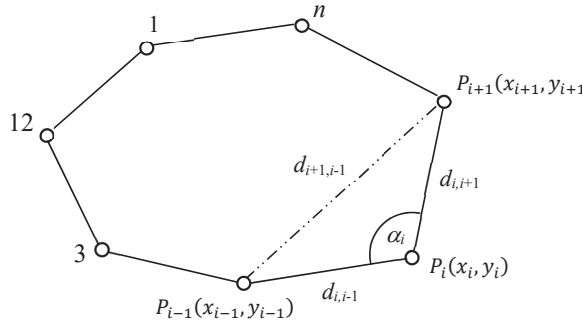


Figure 1: The polygonal geometry of a building.

The accuracy of the position of the points P_i is determined by their standard deviations (Ogundare, 2015):

$$\sigma_{P_i} = \sqrt{\sigma_{x_i}^2 + \sigma_{y_i}^2} \quad (2)$$

where σ_{x_i} , σ_{y_i} are standard deviations of the measured coordinates x_i , y_i .

If σ_{x_i} , σ_{y_i} are unknown and σ_{P_i} is known then the standard deviations of the coordinates are usually computed assuming

$$\sigma_{x_i} = \sigma_{y_i}, \quad (2):$$

$$\sigma_{x_i} = \sigma_{y_i} = \sigma_{P_i} / \sqrt{2} \quad (3)$$

The standard deviations σ_{α_i} of the angles α_i are computed from (1) based on the random error propagation law (Ogundare, 2015; Ghilani, 2018). In the simplest case assuming equal errors σ_{P_i} of the points P_i and equal errors of their coordinates $\sigma_{x_i} = \sigma_{y_i}$ (3) it is obtained:

$$\sigma_{\alpha_i} = \frac{\sigma_{P_i}}{\sqrt{2}} \frac{\sqrt{d_{i,i+1}^2 + d_{i,i-1}^2 + d_{i+1,i-1}^2}}{d_{i,i+1} d_{i,i-1}} \quad (4)$$

where $d_{i,i-1}$, $d_{i,i+1}$, $d_{i+1,i-1}$ are distances between points (P_i, P_{i-1}) , (P_i, P_{i+1}) , (P_{i+1}, P_{i-1}) of the polygon (Figure 1).

The computed angles of the polygon $\alpha_i \pm \sigma_{\alpha_i}$ (1) (4) are not equal to the actual as well as to the theoretical design angles β_i of the building, taken from the existing building geometry by default.

The angles α_i are functions of the coordinates of three points P_{i-1} , P_i , P_{i+1} (1), (Figure 1). Their small differential changes $d\alpha_i$ are connected with the small differential changes $(v_{x_{i-1}}, v_{y_{i-1}})$, (v_{x_i}, v_{y_i}) , $(v_{x_{i+1}}, v_{y_{i+1}})$ of the coordinates of the points (x_{i-1}, y_{i-1}) , (x_i, y_i) , (x_{i+1}, y_{i+1}) , according to the differentials:

$$d\alpha_i = -\left(\frac{y_{i-1} - y_i}{d_{i,i-1}^2} - \frac{y_{i+1} - y_i}{d_{i,i+1}^2}\right)v_{x_i} + \left(\frac{x_{i-1} - x_i}{d_{i,i-1}^2} - \frac{x_{i+1} - x_i}{d_{i,i+1}^2}\right)v_{y_i} + \frac{y_{i-1} - y_i}{d_{i,i-1}^2}v_{x_{i-1}} - \frac{x_{i-1} - x_i}{d_{i,i-1}^2}v_{y_{i-1}} - \frac{y_{i+1} - y_i}{d_{i,i+1}^2}v_{x_{i+1}} + \frac{x_{i+1} - x_i}{d_{i,i+1}^2}v_{y_{i+1}} \quad (5)$$

So, the theoretical design angles β_i can be connected with the computed polygon angles α_i (1) according to the formula:

$$\beta_i + v_{\beta_i} = \alpha_i + d\alpha_i \quad (6)$$

where the differentials $d\alpha_i$ are given by (5) and v_{β_i} denote assumed small random corrections of the angles β_i with zero value expectation and standard deviation σ_{β_i} .

Fitting the theoretical design polygon angles ($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$) to the points ($P_1, P_2, \dots, P_n$) can be implemented by the weighted least squares method as the result of minimization of the standardized residual corrections angles and coordinates:

$$\sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{v_{\beta_i}}{\sigma_{\beta_i}} \right)^2 + \left(\frac{v_{x_i}}{\sigma_{x_i}} \right)^2 + \left(\frac{v_{y_i}}{\sigma_{y_i}} \right)^2 \right\} = \min \quad (7)$$

The set of observational equations (6) composed for all polygon angles ($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$) has a well-known form as the condition adjustment model (Leick et al., 2015): $\mathbf{B}\mathbf{v} + \mathbf{w} = \mathbf{0}$, where $\mathbf{v} = (v_{\beta_1}, v_{x_1}, v_{y_1}, \dots, v_{\beta_n}, v_{x_n}, v_{y_n})^T$ is vector of all unknown corrections, while the coefficients matrix $\mathbf{B}$ and vector $\mathbf{w} = (\beta_1 - \alpha_1, \beta_2 - \alpha_2, \dots, \beta_n - \alpha_n)^T$ are known. It is solved under condition (7) or in the matrix notation $\mathbf{v}^T \Sigma^{-1} \mathbf{v} = \min$, where Σ is diagonal covariance matrix of the angles and coordinates $\text{diag}(\Sigma) = (\sigma_{\beta_1}^2, \sigma_{x_1}^2, \sigma_{y_1}^2, \dots, \sigma_{\beta_n}^2, \sigma_{x_n}^2, \sigma_{y_n}^2)$. The solution is given by (Leick et al., 2015): $\mathbf{v} = \mathbf{P}^{-1} \mathbf{B}^T (\mathbf{B} \mathbf{P}^{-1} \mathbf{B}^T)^{-1} \mathbf{w}$, where $\mathbf{P} = \Sigma^{-1}$.

The adjustment of the polygon starts from the computed standard deviations of coordinates $\sigma_{x_i}, \sigma_{y_i}$ (3), assuming that the design angles β_i are error-free $\sigma_{\beta_i} = 0$. The ratio $r = |v|/\sigma_v$, ($r_\beta = |v_\beta|/\sigma_{v_\beta}$, $r_x = |v_x|/\sigma_{v_x}$, $r_y = |v_y|/\sigma_{v_y}$) of the random corrections of observations v to their standard deviations σ_v is tested: $r \leq c$ (slightly). The parameter c defines the range of acceptable random errors $|v| \leq c\sigma_v$, usually $c = 3$. The so-called three sigma error $|v| \leq 3\sigma_v$ is often used as a deterministic criterion for rejecting individual observations from sets of data (Ghilani and Wolf, 2012, Osada et al. 2017).

As a result, the location of the adjusted polygon is affected by random errors of the coordinates of the polygon points whereas the design polygon angles ($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$) are preserved. The results of the adjustment will not be correct ($r > c$), Figure 2, if the real shape of the object deviates from the design shape. In such a case, in order to detect the outlying angles from their theoretical design values ($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$) it is proposed to use the adjustment of the polygon that is robust to outlying angles (Figure 2). In this robust adjustment, the angles ($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$) are considered as measured with very small errors in the first step of the iteration. In this case, the design shape of the polygon is kept at the points for which there is no physical deformation of the object's shape, while angular deformations are detected at the remaining points. The detected congruent angles usually obtain very small random corrections v . Hence, in the final adjustment of the polygon with conditions on the detected congruent angles (Figure 2), these angles are treated as error-free. Finally the adjusted polygon ($P_1, P_2, \dots, P_n$) contains new coordinates $x_i + v_{x_i}, y_i + v_{y_i}$ and new angles $\beta_i + v_{\beta_i}$. The angles for which $v_{\beta_i} = 0$ are detected as equal to the theoretical

design angles β_p , whereas the angles for which $\nu_{\beta_i} \neq 0$ are detected as outlying from the theoretical design angles β_p , with the deviations equal to ν_{β_i} .

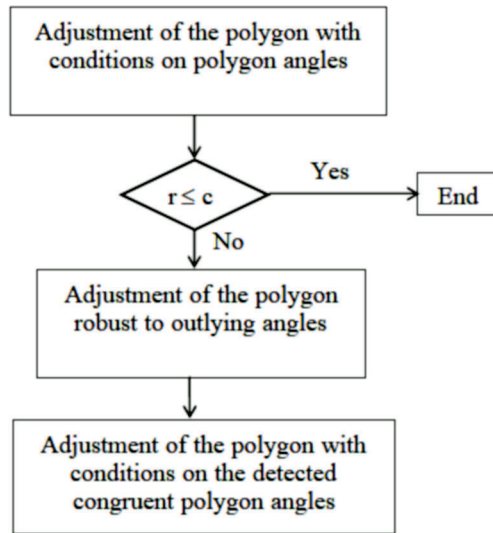


Figure 2: Flowchart of the proposed method.

3 TEST OF THE METHOD

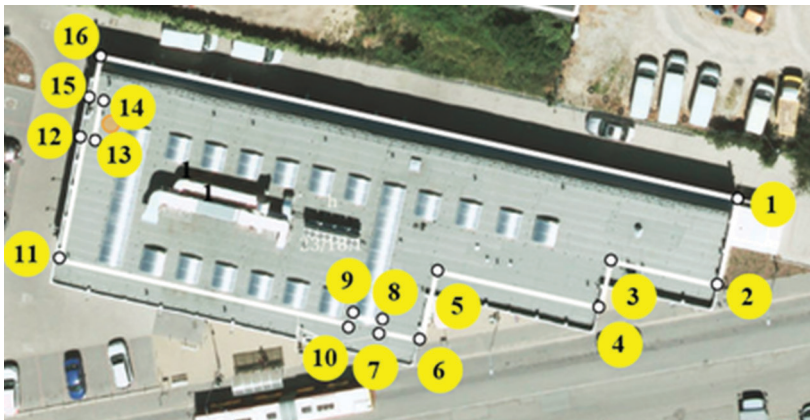


Figure 3: The polygon points 1, 2, ..., 16 of the test object (51° 08' 33.2", 17° 07' 40.8")

The test of the proposed method was carried out on the example of a building located in Wrocław, Poland (Figure 3). The coordinates x, y of the corners 1, 2, 3, ..., 16 (Figure 3) are given in Table 1. The known theoretical design angles β_i and their corresponding polygon angles α_i (1) as well as their differences $\beta_i - \alpha_i$ are given in Table 2. The standard deviation of the position of the points is equal to $\sigma_{p_j} = 0.010$ m, whence $\sigma_{x_j} = \sigma_{y_j} = 0.0071$ m (3). The computed standard deviations of the angles σ_{a_i} (4) are bigger than the angle differences $\beta_i - \alpha_i$ at the points 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15 (Table 2). It means that probably at this thirteen points the polygon angles α_i can be replaced by the theoretical design angles β_i .

At points 2, 11 and 16 the standard deviations of the angles σ_{a_i} are smaller than the differences $\beta_i - \alpha_i$. It means that probably at these three points the polygon angles α_i cannot be replaced by the theoretical design angles β_i , the polygon angles can be much outlying from the design angles.

4 RESULTS

4.1 Adjustment of the polygon with conditions on polygon angles

The adjustment of the polygon considering error-free conditional angles ($\sigma_\beta = 0$ grad), (Figure 2) leads to a significant deformation of the polygon $\max(r_x, r_y) = 37.313$ and the a posteriori variance of unit weight $\sqrt{\frac{\mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v}}{\text{rows}(\mathbf{B})}} = 9.788$ that significantly exceeds the expected value $\sigma_0 = 1$ (Table 2). This result sug-

gests the existence of a physical non-perpendicularity of some of the building sides. In the following chapter (4.2), it is proposed the adjustment robust to outlying angles which makes it possible to detect the outlying angles from their theoretical projected values.

4.2 Adjustment of the polygon robust to outlying angles

Further adjustment of the polygon with conditions on the object angles (Figure 2) is carried out iteratively. At every step the weights p_β of the angles β are modified $p_\beta \leftarrow p_\beta f(v_\beta)$ using a weight function $f(v_\alpha)$, for example:

1) Huber weight function (Huber, 1981):

$$f(v_\alpha) = \begin{cases} 1 & |v_\alpha| \leq r\sigma_\alpha \\ \frac{r\sigma_\alpha}{|v_\alpha|} & |v_\alpha| > r\sigma_\alpha \end{cases} \quad (8)$$

where $r = 1.5$ (Erenoglu and Hekimoglu, 2009).

2) Huber modified weight function (Osada et al., 2017):

$$f(v_\alpha) = \begin{cases} 1 & |v_\alpha| \leq r\sigma_\alpha \\ \frac{1}{\left(1 + \frac{|v_\alpha|}{\sigma_\alpha} - r\right)^2} & |v_\alpha| > r\sigma_\alpha \end{cases} \quad (9)$$

where $r = 1.5$.

3) Hampel weight function (Hampel et al., 1986):

$$f(v_\alpha) = \begin{cases} 1 & |v_\alpha| \leq a\sigma_\alpha \\ \frac{a\sigma_\alpha}{|v_\alpha|} & a\sigma_\alpha < |v_\alpha| \leq b\sigma_\alpha \\ \frac{c\sigma_\alpha - |v_\alpha|}{a(c-b)|v_\alpha|} & b\sigma_\alpha < |v_\alpha| \leq c\sigma_\alpha \\ 0 & |v_\alpha| > c\sigma_\alpha \end{cases} \quad (10)$$

where $a = 1.5$, $b = 3$ and $c = 6$ (Erenoglu and Hekimoglu, 2009).

4) Krarup weight function (Erenoglu and Hekimoglu, 2009):

$$f(v_\alpha) = \begin{cases} 1 & |v_\alpha| \leq r\sigma_\alpha \\ \exp\left(-\frac{|v_\alpha|}{r\sigma_\alpha}\right) & |v_\alpha| > r\sigma_\alpha \end{cases} \quad (11)$$

where $r = 3$.

5) Kraus weight function (Kraus, 2000):

$$f(v_\alpha) = \begin{cases} 1 & |v_\alpha| \leq r\sigma_\alpha \\ \frac{1}{1 + \left(a \frac{|v_\alpha|}{\sigma_\alpha}\right)^c} & |v_\alpha| > r\sigma_\alpha \end{cases} \quad (12)$$

where a, c are empirically selected parameters.

6) Yang weight function (Yang et al., 1999),

$$f(v_\alpha) = \begin{cases} 1 & |v_\alpha| \leq a\sigma_\alpha \\ \frac{a\sigma_\alpha}{|v_\alpha|} \left(\frac{b - \frac{|v_\alpha|}{\sigma_\alpha}}{b - a} \right)^2 & a\sigma_\alpha < |v_\alpha| \leq b\sigma_\alpha \\ 0 & |v_\alpha| > b\sigma_\alpha \end{cases} \quad (13)$$

where a and b are chosen as 1.0 – 1.5 and 3.0 – 6.0, respectively.

In the case of the weight function (9) starting from initial small values of the angular standard deviation $\sigma_\beta = 0.0005, 0.0010, 0.0015 \dots$ grad after a few iterations, the adjustment process has stabilized at the acceptable level of $\sigma_0 = 0.995$ for $\sigma_\beta = 0.0020$ grad (Table 2). Finally only 2 outlying angles at the points 11 and 16 are detected, their corrections v_β are equal to 1.2252 grad and -1.2245, respectively (Table 2). All other 18 angles obtain very small random corrections $\max(v_\beta) = 0.0002$ grad (Table 2). Hence, in the final adjustment (Figure 2) these congruent angles are treated as error-free ($\sigma_\beta = 0$ grad).

The results of the detection of the outlying angles using all of the weight functions (8)–(13) are practically the same (Table 2). The modified Huber (9), Hampel (10), Krarup (11) and Kraus (12) functions give also very small, almost completely identical corrections at all other detected congruent angles (Table 2).

4.3 Adjustment of the polygon with conditions on the detected congruent polygon angles

Finally, introducing zero-mean-error values for detected congruent angles to design angles $\sigma_\beta = 0$ grad, and $\sigma_\beta = 10$ grad for two detected outlying angles at the points 11 and 16, the adjusted polygon is not deformed: , (Table 2). The adjusted polygon contains the theoretical design angles β_i at the fourteen points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, for which the corrections v_{β_i} are equal to zero, $v_{\beta_i} = 0$ (Table 2). Only at the two points, 11 and 16, the angles are detected as outlying from the theoretical

design angles β_{11}, β_{16} (Table 2). The deviations of the angles with respect to the theoretical design angles are $\nu_{\beta_{11}} = 1.2257$ grad and $\nu_{\beta_{16}} = -1.2257$ grad (Table 2). The coordinate differences $\Delta x_i, \Delta y_i$ of the adjusted positions of the polygon points $x_i + \nu_{x_i}, y_i + \nu_{y_i}$ and the known database positions of these points x_i, y_i do not exceed two times of the starting standard deviation values of the coordinates $\sigma_{x_j} = \sigma_{y_j} = 0.0071$ m (Table 1).

Table 1: The measured and adjusted positions of the polygon points [m]

Point	Measured positions		Adjusted positions		Differences	
	x	y	$x + \nu_x$	$y + \nu_y$	Δx	Δy
1	7866.422	9011.471	7866.422	9011.469	0.000	-0.002
2	7857.797	9009.556	7857.783	9009.555	-0.014	-0.001
3	7860.151	8998.804	7860.163	8998.814	0.012	0.010
4	7855.610	8997.812	7855.616	8997.806	0.006	-0.006
5	7859.228	8981.528	7859.223	8981.528	-0.005	0.000
6	7852.404	8980.020	7852.402	8980.017	-0.002	-0.003
7	7853.298	8975.950	7853.304	8975.948	0.006	-0.002
8	7854.147	8976.131	7854.149	8976.136	0.002	0.005
9	7854.818	8973.129	7854.815	8973.129	-0.003	0.000
10	7853.970	8972.942	7853.970	8972.941	0.000	-0.001
11	7860.371	8944.064	7860.368	8944.060	-0.003	-0.004
12	7872.500	8946.500	7872.496	8946.503	-0.004	0.003
13	7872.305	8947.441	7872.308	8947.439	0.003	-0.002
14	7876.298	8948.241	7876.300	8948.243	0.002	0.002
15	7876.491	8947.300	7876.488	8947.307	-0.003	0.007
16	7880.458	8948.116	7880.460	8948.107	0.002	-0.009

Table 2: The polygon angles corrections

The angles								Values of the angles [grad]							Adjusted with detected congruent angles conditions
Vertex	Left arm	Right arm	Theoretical β	Computed from coordinates α	Differences $\beta - \alpha$	Standard deviation σ_α	Adjusted with conditions on object angles	Adjustment of the polygon robust to outlying angles							
								Huber modified	Hampel	Krarp	Krauss	Yang	Huber		
1	2	16	100	99.9706	0.0294	0.1454	100	100	100	100	100.0002	99.9909	100		
2	3	1	100	100.1878	-0.1878	0.1848	100	100	100	100	100.0003	100.1524	100		
3	4	2	300	300.0293	-0.0293	0.2974	300	299.9998	299.9997	299.9998	299.9998	299.9992	299.9803	300	
4	5	3	100	99.7737	0.2263	0.2844	100	99.9998	99.9997	99.9998	99.9998	99.9989	99.8449	100	
5	6	4	300	300.0726	-0.0726	0.1975	300	299.9999	299.9998	299.9999	299.9999	299.9996	300.0578	300	
6	7	5	100	100.0807	-0.0807	0.3557	100	99.9999	99.9998	99.9999	99.9999	99.9995	100.0232	100	
7	8	6	100	100.3931	-0.3931	1.4969	100	100	100	100	100	99.9999	99.9756	100	
7	11	6	200	199.8685	0.1315	0.3080	200	199.9999	199.9998	199.9999	199.9999	199.9995	199.9393	200	
8	9	7	300	299.3726	0.6274	1.5228	300	300	300	300	300	299.9999	299.9398	300	
9	10	8	300	300.1819	-0.1819	1.5229	300	300	300	300	300	299.9999	300.0187	300	
10	11	9	100	99.9309	0.0691	1.4662	100	100	100	100	100	99.9999	100.0128	100	
10	11	6	200	199.9753	0.0247	0.1808	200	200	200	200	200	200	200.0032	200	
11	12	10	100	101.2685	-1.2685	0.1116	100	101.2252	101.2266	101.2267	101.2252	101.2195	101.2301	101.2257	
12	13	11	100	99.6097	0.3903	1.3295	100	100	100	100	100	100	99.9806	100	
12	16	11	200	199.8639	0.1361	0.1875	200	200	200	200	200	199.9999	199.9333	200	
13	14	12	300	300.4203	-0.4203	1.3619	300	300	300	300	300	300	300.0114	300	
14	15	13	300	299.7095	0.2905	1.3620	300	300	300	300	300	299.9999	299.892	300	
15	16	14	100	99.9636	0.0364	1.3624	100	100	100	100	100	99.9999	99.9019	100	
15	16	11	200	199.6972	0.3028	0.3237	200	200	200	200	200	199.9998	199.7661	200	
16	1	15	100	99.0351	0.9649	0.3150	100	98.7755	98.7745	98.7740	98.7755	98.7834	98.9879	98.7743	
The general quality indicators															
Starting value σ_α [grad]							10 ⁻⁶	0.0020	0.0025	0.0020	0.0020	0.0050	0.2000	10 ^{-6,2)}	
σ_0							9.788	0.955	0.913	0.900	0.954	1.184	1.064	0.903	
$\max(r_x, r_y)$							37.313	2.776	2.776	2.778	2.776	2.195	2.353	2.775	
$\max(r_\alpha)$							140.27	0.910	0.914	0.916	0.910	1.285	6.359	0.963	

¹⁾ the angles are computed from adjusted coordinates

²⁾ $\sigma_\alpha = 10^{-6}$ grad for detected congruent 18 angles and $\sigma_\alpha = 10$ grad for detected 2 outlying angles

5 CONCLUSIONS

Due to the random errors of georeferenced measurements, the polygon angles of the building object are not congruent with both actual and design angles of the building object. However, it is possible to make an attempt to bring about congruency with these angles. One of the possibilities, proposed in this paper, is the adjustment of the polygon using the least squares method robust to polygon angles, much outlying from their design values. The conducted experiment on real data has confirmed the efficacy of this method. All of the six used methods of robust estimation (Hampel, Krarup, Kraus, Yang, Huber and Huber modified) have detected the same outlying angles. The adjusted polygon of the building object has angles at fourteen points equal to the design angles and detected angles at two points that are much outlying from the design ones, with determined values of deviations. In accordance with the expectation, the positions of all sixteen polygon points slightly moved within two times of values of their standard deviations. The reason for the much outlying detected angles at two points (11 and 16) can result from the measurement error of their coordinates or errors of the object construction. The determination of a reason would require to perform the control measurement of coordinates of these two points. The proposed method can be used to correct the shape of directly measured building objects as well as to adjust the shape of buildings that are a part of geospatial databases, for which the standard deviations of the polygon points are known.

References:

- Adamczyk, T. (2017). Application of the Huber and Hampel M-estimation in real estate value modelling. *Geomatics and Environmental Engineering*, 11 (1), 15–23. DOI: <https://doi.org/10.7494/geom.2017.11.1.15>
- Akram, M.A., Liu, P., Qian, J. (2018). GNSS positioning accuracy enhancement based on robust statistical MM Estimation theory for ground vehicles in challenging environments. *Applied Sciences*, 8 (6), 876. DOI: <https://doi.org/10.3390/app8060876>
- Banaś, M. (2012). A review of robust estimation methods applied in surveying. *Geomatics and Environmental Engineering*, 6 (4), 13. DOI: <https://doi.org/10.7494/geom.2012.6.4.13>
- Burdeos, M. D., Makinano-Santillan, M., Amora, A. M. (2015). Automated building footprints extraction from DTM and DSM in ArcGIS. IOP Publishing CcgeoInfoWeb. http://publications.ccginfo.info/Paper_2015_36thACRS_THP3-59.pdf, accessed 30. 8. 2018.
- Burrough, P. A., McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. 2nd edition. Oxford: Oxford University Press.
- Erenoglu, R. C., Hekimoglu, S. (2009). An Investigation into Robust Estimation Applied to Correlated GPS Networks. In M. G. Sideris (Ed.), *Observing our Changing Earth*. International Association of Geodesy Symposia 133 (pp. 639–644). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-85426-5_74
- Ghilani, C. D. (2018). *Adjustment Computations. Spatial Data Analysis*. 6th edition. New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
- Ghilani, C. D., Wolf, P. R. (2012). *Elementary Surveying. An introduction to Geomatics*, 13th edition. Prentice Hall, Pearson Education Inc.
- Hampel, F. R., Ronchetti, E. M., Rousseeuw, P. J., Stahel, W. A. (1986). *Robust Statistics: The Approach Based on Influence Functions*. New York: Wiley.
- Huber, P. J. (1981). *Robust Statistics*. New York: Wiley.
- Jin, Y., Tong, X., Li, L., Zhang, S. (2018). Partial total-least-squares adjustment of condition equations with applications to a rectangular building adjustment in a GIS. *Journal of Surveying Engineering*, 144 (1). DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000246](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000246)
- Jones, C. B., Ware, J. M. (2005). Map Generalisation in the Web Age. *International Journal of Geographical Information Science*, 19 (8–9), 859–870. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658810500161104>
- Kraus, K., 2000. *Photogrammetrie. Band 3. Topographische Informationssysteme*. Dümmler.
- Leick, A., Rapoport, L., Tatarnikov, D. (2015). *GPS Satellite Surveying*, 4th edition. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Lokhat, I., Touya, G. (2016). Enhancing building footprints with squaring operations. *Journal of Spatial Information Science*, 13 (3), 33–60. DOI: <https://doi.org/10.5311/josis.2016.13.276>
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. (2006). *GIS Teoria i praktyka*. Warszawa: PWN.
- Mendela-Anzlik, M. (2015). *Metodyka aktualizacji Bazy Danych Obiektów Topograficznych z wykorzystaniem danych lotniczego skaningu laserowego*. Doctoral Dissertation. Wrocław: Wrocław University of Environmental and Life Sciences.
- Mendela-Anzlik, M., Borkowski, A. (2017). Verification and updating of the Database of Topographic Objects with geometric information about buildings by airborne

- laser scanning data. Reports on Geodesy and Geoinformatics, 103 (1), 22–37. DOI: <https://doi.org/10.1515/rgg-2017-0003>
- Muszyński, Z., Mąkowski, K., Osada, E. (2005). Zastosowanie metod estymacji odpornej w geodezyjnych pomiarach pionowych przemieszczeń obiektów budowlanych. *Acta Scientiarum Polonorum, Geodesia et Descriptio Terrarum*, 4 (1), 85–97.
- O'Sullivan, D. (2006). Geographical information science: critical GIS. *Progress in Human Geography*, 30(6), 783–791. DOI: <https://doi.org/10.1177/0309132506071528>
- Ogundare, J. O. (2015). Precision Surveying. The Principles and Geomatics Practice. New York: Wiley.
- Osada, E., Borkowski, A., Sośnica, K., Kurpiński, G., Oleksy, M., Seta, M. (2017). Robust fitting of a precise planar network to unstable control points using M-estimation with a modified Huber function. *Journal of Spatial Science*, 63 (1), 35–47. DOI: <https://doi.org/10.1080/14498596.2017.1311238>
- Osada, E., Karsznia, K., Karsznia, I. (2018). Georeferenced measurements of building objects with their simultaneous shape detection. *Surveying Review*, 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1080/00396265.2018.1511033>
- Preparata, F., Shamos, M. (1985). Computational Geometry. Springer.
- Wei, S. (2014). Delineation of building footprint outlines derived from vertical structures in airborne LiDAR point clouds. IOP Publishing ITCWeb.
- Wu, S.-S., Qiu, X., Wang, L. (2005). Population Estimation methods in GIS and remote sensing: a review. *GIScience and Remote Sensing*, 42 (1), 80–96. DOI: <https://doi.org/10.2747/1548-1603.42.1.80>
- Yang, Y., Cheng, M. K., Shum, C. K., Tapley, B. D. (1999). Robust estimation of systematic errors of satellite laser range. *Journal of Geodesy* 73 (7), 345–349. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001900050252>
- Zhang, X., Ai, T., Stoter, J., 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: <https://doi.org/10.1080/13658816.2012.758264>
- Zienkiewicz, M. H., Baryła, R. (2015). Determination of vertical indicators of ground deformation in the old and main city of Gdansk area by applying unconventional method of robust estimation. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 12 (3), 249–257. DOI: <https://doi.org/10.13168/agg.2015.0024>



Osada E., Mendela-Anzlik M. (2019). Angular adjustment of surveyed building polygon using robust M-estimation methods. *Geodetski vestnik*, 63 (2), 250–259.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.250-259>

Prof. Edward Osada, Ph.D.

University of Lower Silesia, Faculty of Social and Technical Sciences
Department of Geodesy
Wagonowa 9, 53-609 Wrocław, Poland
email: edward.osada@dsw.edu.pl

Małgorzata Mendela-Anzlik, Ph.D.

University of Lower Silesia, Department of Geodesy,
Faculty of Social and Technical Sciences,
Wagonowa 9, 53-609 Wrocław, Poland
email: malgorzata.mendelaanzlik@gmail.com; malgorzata.mendela@dsw.edu.pl

SEZONSKA SPREMENLJIVOST ČASOVNIH VRST GPS- KOORDINAT NA PODLAGI ANOVA-VARIANC

SEASONAL PATTERN IN TIME SERIES OF VARIANCES OF GPS RESIDUAL ERRORS ANOVA ESTIMATES

Darko Andić

UDK: 528.28

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 26. 2. 2019

Sprejeto: 23. 5. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.260-271

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 26. 2. 2019

Accepted: 23. 5. 2019

IZVLEČEK

V prispevku predstavljamo spremenljivost ANOVA-varianc časovnih vrst GPS-koordinat. Za namene analize smo določili koordinate na podlagi dvojnih faznih razlik opazovanj GPS z uporabo ionosferskega vpliva proste linearne kombinacije opazovanj (L0), ob faznih nedoločenostih, določenih v množici naravnih števil. Namen raziskave je bil ugotoviti značilnosti časovno spremenljivega obnašanja ANOVA-varianc časovne vrste koordinat in izkazalo se je, da je v časovnih vrstah koordinat prisoten sezonski vpliv. V primerjavi dnevnih in mesečnih koordinat so bile za dnevno določitev koordinat zaznane večje razlike med vrednostmi ANOVA-varianc. Pri izračunih smo uporabili podatke štirilenih opazovanj GPS za bazni vektor dolžine 40 kilometrov, pri čemer so bila opazovanja izvedena v obdobju nizke in tudi povečane Sončeve aktivnosti.

ABSTRACT

In this paper, which represents a continuation of the previous author's work, an inconstancy of GPS residual error ANOVA estimates and their variances are presented. For the purpose of the analysis, fixed solutions for all of the three coordinates, e (eastwards), n (northwards) and u (upwards), obtained by using ionosphere-free (L0) linear combination of double-difference phase observations in the processing of GPS data, were employed. The aim of the research was to consider the behaviour of variances of GPS residual error ANOVA estimates in time because there has not been any paper dealing with that issue so far. Herein, it turned out a seasonal pattern in related time series was present. In addition, it was concluded there was a difference in ANOVA estimate extreme values obtained when one considered daily data subsets compared to those obtained in the approach considering monthly data of the fixed solutions. GPS data collected at ending stations of a baseline of 40 km in length within a four-year period, involving the lowest and increased solar activity, were used in calculations.

KLJUČNE BESEDE

kratkorочно večpotje, vpliv troposfere in ionosfere, ANOVA, določanje položaja z GPS, sezonski vpliv

KEY WORDS

"far-field" multipath, tropospheric and ionospheric effect, ANOVA, GPS positioning, seasonal pattern

1 INTRODUCTION

In Anđić (2016), the author proved the possibility of using the two-way nested classification with random effects with no interactions in variance components estimation for residuals arising due to the influence of multipath and the joint influence of ionospheric and tropospheric refraction with simultaneous separation of the pure error variance estimate. In other words, besides those related to the random effects, reliable ANOVA estimates for short-periodic and long-periodic residual effects were obtained. The present study, however, makes one step further, since it implies a consideration of seasonal behaviour of aforementioned ANOVA estimates and their variances.

As in Anđić (2016), the GPS infrastructure used includes two MontePos GPS permanent stations, located in Podgorica and Bar. Static-mode measurements, registered at each 30 s, are also used herein, but now during the four-year period 2008–2011, which was chosen since it involves the lowest and increased solar activity in the 11-year solar cycle. Slope distance and altitude difference between the stations are, respectively, 40 km and 38 m. Receivers and antennas at both stations are of the same type. In addition, the antennas have the same orientation. For post-processing of GPS measurements, the same software with the same settings as written in Anđić (2016) was used.

Double-difference phase observation model provides cancelling out of the effects of receiver antenna phase centre offsets and variations when it is about a short- as well as a medium-distance baseline with antennas of the same type set at both its ends (Kouba, 2009; El-Hartab, 2013). Taking into account that antennas of the same type and, even, the same orientation were set at both ends of the elected baseline of 40 km in length, one states these effects can be neglected in this study. The same can be said for the “near-field” multipath effects, because both antennas were set in the same way and provided with the radomes of the same type, and, what is more important, there were not any prospective reflectors in the “near-field” environment of those antennas (see Figure 1 in Anđić (2016)).

Pursuant to the abovementioned, only the joint influence of ionospheric and tropospheric refraction and the “far-field” multipath influence are supposed to be considered herein. In publications such as Satirapod and Rizos (2005), Ragheb et al. (2007), Hsieh and Wu (2008), Rost and Wanninger (2010), Lau (2012), Azarbad and Mosavi (2014), Wang et al. (2018), one can find about multipath and its impact on GPS positioning. About ionosphere and its residual effects, a reader can find in, e.g. Kedar et al. (2003), Morton et al. (2009), Petrie et al. (2011), Sterle et al. (2013), Liu et al. (2016) and Hadas et al. (2017). Some of the recent publications dealing with tropospheric refraction modelling are e.g. Musa et al. (2004), Yahya et al. (2009) and Danasabe et al. (2015).

2 METHODS

2.1 Two-way nested ANOVA in GPS precise positioning

The method involves a linear model based on the unbalanced two-way nested classification theory where random effects with no interactions are present (Searle, 1971). The model equation is written as (for details, see Anđić (2016)):

$$\Delta_{ijk} = \alpha_i + \beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \text{ with } i \in \underbrace{\{1, 2, \dots, a\}}_{W_1}, j \in \underbrace{\{1, 2, \dots, b_i\}}_{W_2}, k \in \underbrace{\{1, 2, \dots, n_{ij}\}}_{W_3}, \quad (1)$$

with $a \geq 2$, $b_i \geq 2$, $n_{ij} \geq 2$, and the accompanying stochastic model, based on the following assumptions:

$$\begin{aligned} &(\forall i \in W_1)(\alpha_i \sim N(0, \sigma_\alpha^2)) ; \\ &(\forall (i, j) \in W_1 \times W_2)(\beta_{ij} \sim N(0, \sigma_\beta^2)) ; \\ &(\forall (i, j, k) \in W_1 \times W_2 \times W_3)(\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)) ; \\ &(\forall (i, j, k) \in W_1 \times W_2 \times W_3)(\text{cov}(\alpha_i, \beta_{ij}) = \text{cov}(\alpha_i, \varepsilon_{ijk}) = \text{cov}(\beta_{ij}, \varepsilon_{ijk}) = 0) ; \\ &(\forall (i, j, k), (p, q, r) \in W_1 \times W_2 \times W_3)((i \neq p \vee j \neq q \vee k \neq r) \Rightarrow \text{cov}(\varepsilon_{ijk}, \varepsilon_{pqr}) = 0) , \end{aligned} \quad (2a)$$

and, consequently:

$$(\forall (i, j, k) \in W_1 \times W_2 \times W_3)(\Delta_{ijk} \sim N(0, \sigma_\Delta^2)), \quad (2b)$$

where the following notations were introduced:

Δ_{ijk} – the true error of the fixed double-difference L0 solution for the relative coordinate **e**, **n** or **u**, for an individual epoch;

α_i – the joint random effect of tropospheric and ionospheric refraction (**the nesting factor**);

β_{ij} – the random effect of “far-field” multipath (**factor nested within** α_i); and

ε_{ijk} – the purely random error (**nested within** β_{ij}).

In order to make a connection with the presentation below, the next notations are introduced here:

$$N_i = \sum_{j=1}^{b_i} n_{ij} = n_{i\cdot}, \quad B = \sum_{i=1}^a b_i = b_{\cdot}, \quad N = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{b_i} n_{ij}. \quad (3)$$

Based on (1) and (2a-b), one can write:

$$(\forall (i, j, k) \in W_1 \times W_2 \times W_3)(D\{\Delta_{ijk}\} = \sigma_\Delta^2 = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_\varepsilon^2), \quad (4)$$

where σ_α^2 , σ_β^2 and σ_ε^2 are **the variance components** to be estimated.

A graphical presentation of the true error statistical distribution for the coordinates **e**, **n** and **u** is given by frequency histograms in Figure 1, Figure 2 and Figure 3 (January 2009 is chosen as an example). It is obvious that the validity of the assumptions given by (2a-b) exists.

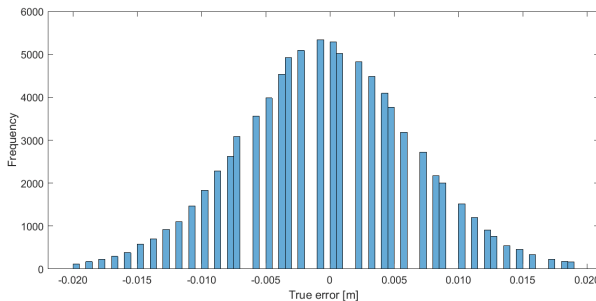


Figure 1: Frequency histogram for the true errors of the coordinate **e** (January 2009) – baseline Bar-Podgorica.

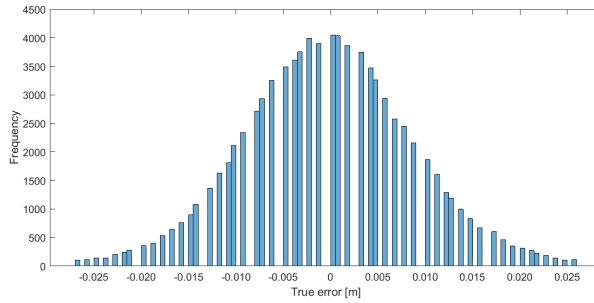


Figure 2: Frequency histogram for the true errors of the coordinate **n** (January 2009) – baseline Bar-Podgorica.

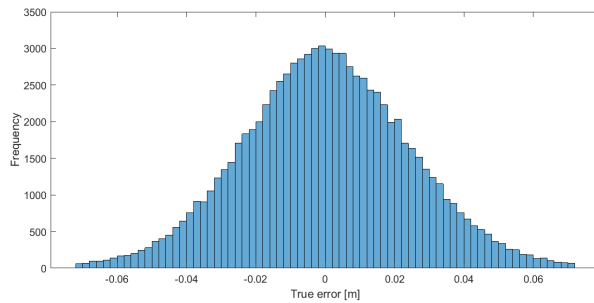


Figure 3: Frequency histogram for the true errors of the coordinate **u** (January 2009) – baseline Bar-Podgorica.

In this paper, separately for each coordinate, the author divided the set of all true errors for the four-year period (2008–2011) by months (not by days as in his previous research) and then, within each subset established, he carried out the same procedure as described in Andić (2016), with exceptions of its parts regarding the step 8 (related to hypothesis testing of influence of the nesting factor α) and the step 10 (related to outlier detection method used).

As for the step 8, i.e. **testing for statistical significance of the influence of the nesting factor** (α), the following test statistic is used herein (following Sahai and Ojeda, 2005):

$$F_{\alpha} | H_{0,\alpha} = \frac{MSN}{MSB} \Big| H_{0,\alpha} \sim F(f_{MSN}, B - a). \quad (5)$$

The sums MSN and MSB , with the corresponding degrees of freedom, are calculated as follows:

$$MSN = (v_1 / v_3)MSA + (1 - v_1 / v_3)MSE, \quad f_{MSN} = \frac{MSN^2}{\frac{(v_1 / v_3)^2}{a-1}MSA^2 + \frac{(1 - v_1 / v_3)^2}{N-B}MSE^2} \text{ d.f.}, \quad (5a)$$

$$MSB = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{b_i} n_{ij} (n_{ij}^{-1} \sum_{k=1}^{n_{ij}} \Delta_{ijk} - N_i^{-1} \sum_{j=1}^{b_i} \sum_{k=1}^{n_{ij}} \Delta_{ijk})^2}{B - a}, \quad f_{MSB} = B - a \text{ d.f.}, \quad (5b)$$

with

$$v_1 = \frac{N - k_{12}}{B - a} \quad \text{and} \quad v_3 = \frac{k_{12} - k_3}{a - 1}, \quad (5c)$$

where a , B and N are from (1) and (3). Calculation of k_{12} and k_3 was given in Andić (2016).

When $F_\alpha > F_{0.95}(f_{MSN}, B - a)$, there is a statistically significant influence of the nesting factor.

On the other side, as for the step 10, i.e. **outlier detection**, beside the ‘three-sigma’ criterion, the PEROBHIK2S method was also used. Thus, a ‘fine’ elimination of gross errors was also provided. For details regarding the related mathematical tool, see Perović (2015, 2017).

2.2 ANOVA estimates and estimates of their variances and covariances

The ANOVA estimates are calculated as follows (see also Anđić (2016)):

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = m_\varepsilon^2 = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{b_i} \sum_{k=1}^{n_{ij}} \Delta_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{b_i} n_{ij}^{-1} (\sum_{k=1}^{n_{ij}} \Delta_{ijk})^2}{N - B}; \quad (6)$$

$$\hat{\sigma}_\beta^2 = m_\beta^2 = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{b_i} n_{ij}^{-1} (\sum_{k=1}^{n_{ij}} \Delta_{ijk})^2 - \sum_{i=1}^a N_i^{-1} (\sum_{j=1}^{b_i} \sum_{k=1}^{n_{ij}} \Delta_{ijk})^2 - (B - a)m_\varepsilon^2}{N - k_{12}}; \quad (7)$$

$$\hat{\sigma}_\alpha^2 = m_\alpha^2 = \frac{\sum_{i=1}^a N_i^{-1} (\sum_{j=1}^{b_i} \sum_{k=1}^{n_{ij}} \Delta_{ijk})^2 - N^{-1} (\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{b_i} \sum_{k=1}^{n_{ij}} \Delta_{ijk})^2 - (k_{12} - k_3)m_\beta^2 - (a - 1)m_\varepsilon^2}{N - k_1}, \quad (8)$$

with the correspondent degrees of freedom:

$$f_\varepsilon = N - B \quad (6a)$$

$$\hat{f}_\beta = \frac{(MSB - MSE)^2}{\frac{MSB^2}{B - a} + \frac{MSE^2}{N - B}} \stackrel{N \rightarrow \infty}{=} f_\beta; \quad (7a)$$

$$\hat{f}_\alpha = \frac{[MSA - (v_3 / v_1)MSB + (v_3 / v_1 - 1)MSE]^2}{\frac{MSA^2}{a - 1} + (v_3 / v_1)^2 \frac{MSB^2}{B - a} + (v_3 / v_1 - 1)^2 \frac{MSE^2}{N - B}} \stackrel{N \rightarrow \infty}{=} f_\alpha, \quad (8a)$$

whereby the latter two, as signified, may be regarded as theoretical ones in the case of a large number of data.

The estimates of the ANOVA estimate variances and covariances are calculated as follows (see also Anđić (2016)):

$$m_{m_\varepsilon^2}^2 = \frac{2m_\varepsilon^4}{N - B} \quad (9)$$

$$m_{m_\beta^2}^2 = \frac{2(k_7 + Nk_3 - 2k_5)m_\beta^4 + 4(N - k_{12})m_\varepsilon^2 m_\beta^2 + \frac{2(B - a)(N - a)}{N - B} m_\varepsilon^4}{(N - k_{12})^2} \quad (10)$$

$$\frac{2(\lambda_1 m_\alpha^4 + \lambda_2 m_\beta^4 + \lambda_3 m_\varepsilon^4 + 2\lambda_4 m_\alpha^2 m_\beta^2 + 2\lambda_5 m_\alpha^2 m_\varepsilon^2 + 2\lambda_6 m_\beta^2 m_\varepsilon^2)}{(N - k_1)^2 (N - k_{12})^2} \quad (11)$$

$$\hat{K}_{m_\varepsilon^2, m_\alpha^2} = \frac{\frac{(k_{12} - k_3)(B - a)}{N - k_{12}} - (a - 1)}{N - k_1} m_{m_\varepsilon^2}^2 \quad (12)$$

$$\hat{K}_{m_{\varepsilon}^2, m_{\beta}^2} = -\frac{B-a}{N-k_{12}} m_{\varepsilon}^2 \quad (13)$$

$$\hat{K}_{m_{\beta}^2, m_{\alpha}^2} = \frac{2(k_5 - k_7 + \frac{k_6 - k_4}{N})m_{\beta}^4 + \frac{2(a-1)(B-a)}{N-B}m_{\varepsilon}^4 - (N-k_{12})(k_{12} - k_3)m_{\beta}^2}{(N-k_1)(N-k_{12})} \quad (14)$$

and then also **the correlation coefficient estimates**:

$$\hat{r}_{m_{\varepsilon}^2, m_{\alpha}^2} = \frac{\hat{K}_{m_{\varepsilon}^2, m_{\alpha}^2}}{m_{m_{\varepsilon}^2} m_{m_{\alpha}^2}}, \quad \hat{r}_{m_{\varepsilon}^2, m_{\beta}^2} = \frac{\hat{K}_{m_{\varepsilon}^2, m_{\beta}^2}}{m_{m_{\varepsilon}^2} m_{m_{\beta}^2}} \quad \text{and} \quad \hat{r}_{m_{\beta}^2, m_{\alpha}^2} = \frac{\hat{K}_{m_{\beta}^2, m_{\alpha}^2}}{m_{m_{\beta}^2} m_{m_{\alpha}^2}}. \quad (15)$$

Remark: During the calculation process, the adopted interval-variant B from Anđić (2016) was used.

2.3 Testing homogeneity of variances within the entire four-year period considered

Bartlett's test (Bartlett, 1937) is used to test if k ANOVA estimates obtained are statistically equal. Namely, for each coordinate ($\mathbf{e}$, $\mathbf{n}$ and $\mathbf{u}$), the test is performed particularly for nesting (α) and nested (β) factor, as well as for the pure random effect (ε). For that purpose, the following **test statistic** is used:

$$\chi_{\mathbf{c},i}^2 | H_0 = \frac{3(k_{\mathbf{c},i} - 1)[f_{\mathbf{c},i} \ln m_{\mathbf{c},i}^2 - \sum_{p=1}^{k_{\mathbf{c},i}} (f_{\mathbf{c},i,p} \ln m_{\mathbf{c},i,p}^2)]}{3(k_{\mathbf{c},i} - 1) + \sum_{p=1}^{k_{\mathbf{c},i}} (1/f_{\mathbf{c},i,p}) - 1/f_{\mathbf{c},i}} | H_0 \sim \chi_{k_{\mathbf{c},i}-1}^2 \quad (16)$$

where $(\mathbf{c}, i, p) \in \{\mathbf{e}, \mathbf{n}, \mathbf{u}\} \times \{\varepsilon, \beta, \alpha\} \times \{1, 2, \dots, k_{\mathbf{c},i}\}$, and whereby the following variance with the corresponding degrees of freedom is previously calculated:

$$m_{\mathbf{c},i}^2 = f_{\mathbf{c},i}^{-1} \sum_{p=1}^{k_{\mathbf{c},i}} f_{\mathbf{c},i,p} m_{\mathbf{c},i,p}^2, \quad \text{with} \quad f_{\mathbf{c},i} = \sum_{p=1}^{k_{\mathbf{c},i}} f_{\mathbf{c},i,p} \text{ d.f.}, \quad (17)$$

One should note that a good approximation to χ^2 -distribution is achieved when degrees of freedom are greater than or equal to 4 (Bolšev and Smirnov, 1968), and that is largely fulfilled in this study, because one states $f_{\mathbf{c},\alpha,p} > 74$, with $(\mathbf{c}, p) \in \{\mathbf{e}, \mathbf{n}, \mathbf{u}\} \times \{1, 2, \dots, k_{\mathbf{c},\alpha}\}$ (degrees of freedom for the nesting factor, comparing to those for the nested factor and the purely random effect, always take minimal values).

So, if $\chi_{\mathbf{c},i}^2 \leq \chi_{1-\alpha; k_{\mathbf{c},i}-1}^2$, then H_0 is accepted (*all variances are equal*). Otherwise, H_0 is rejected (*there is at least one variance that differs from the others*).

3 RESULTS

The results obtained by applying the procedure described in Chapter 2 are presented numerically and graphically in the continuation. At first, extreme values of square roots of ANOVA estimates, calculated by months for the coordinates $\mathbf{e}$, $\mathbf{n}$ and $\mathbf{u}$, are shown in Table 1. Time series graphs of those square roots are presented in Figure 4.

Maximums and minimums of the estimates of the ANOVA estimate variances are presented in Table 2, and there is also Figure 5 representing the corresponding time series.

Table 1: Maximums and minimums of the square roots of the ANOVA estimates (in mm).

	Square Roots of ANOVA Estimates	Year 2008		Year 2009		Year 2010		Year 2011	
		min	max	min	max	min	max	min	max
e	m_e	3.3	4.6	3.7	4.6	4.1	4.5	3.8	4.5
	m_β	3.5	5.6	4.0	5.6	4.0	5.7	3.7	5.7
	m_α	2.4	4.5	2.1	5.0	2.3	5.1	2.1	5.2
	m_ϵ	4.3	6.1	4.9	6.1	5.4	6.2	4.9	5.7
n	m_β	4.9	7.0	5.0	6.7	5.1	7.0	4.6	6.5
	m_α	3.0	7.0	3.1	7.6	3.0	7.1	2.4	7.0
	m_ϵ	8.3	13.1	8.8	12.4	10.4	12.7	9.4	10.9
u	m_β	9.9	15.4	11.0	15.3	10.8	17.2	10.6	15.6
	m_α	16.6	29.7	15.6	31.1	13.5	34.5	16.4	36.5

Table 2: Maximums and minimums of the estimates of the ANOVA estimate variances (in mm²).

	Estimates of ANOVA Estimate Variances	Year 2008		Year 2009		Year 2010		Year 2011	
		min	max	min	max	min	max	min	max
e	$m_{m_e}^2$	0.0035	0.0185	0.0069	0.0150	0.0092	0.0133	0.0061	0.0369
	$m_{m_\beta}^2$	0.0324	0.2462	0.0626	0.1944	0.0573	0.2162	0.0428	0.2203
	$m_{m_\alpha}^2$	0.2038	2.8503	0.1358	3.9016	0.1978	4.3530	0.1548	4.6704
	$m_{m_\epsilon}^2$	0.0106	0.0544	0.0226	0.0481	0.0279	0.0476	0.0165	0.0950
n	$m_{m_\beta}^2$	0.1157	0.6128	0.1348	0.4349	0.1591	0.5221	0.1157	0.3772
	$m_{m_\alpha}^2$	0.5399	18.6456	0.8347	21.1847	0.6035	16.4889	0.4170	16.2761
	$m_{m_\epsilon}^2$	0.1487	1.1675	0.2367	0.8474	0.4195	0.8608	0.2396	2.0631
u	$m_{m_\beta}^2$	1.8719	14.0572	3.0859	12.0416	2.9764	16.8701	2.7603	16.4249
	$m_{m_\alpha}^2$	482.43	5995.81	344.02	5815.81	208.91	8562.71	460.38	11001.9

Figure 4 provides the information that a seasonal pattern in the time series of (the square roots of) the ANOVA estimates is present. It can be concluded that maximums and minimums are present in the summer and winter period, respectively. This ascertainment is also valid for the time series of the estimates of the ANOVA estimate variances (see Figure 5). The highest values exist for the coordinate **u**. It is also obvious that values related to the coordinate **e** are lower than the correspondent ones, which were obtained for the coordinate **n**.

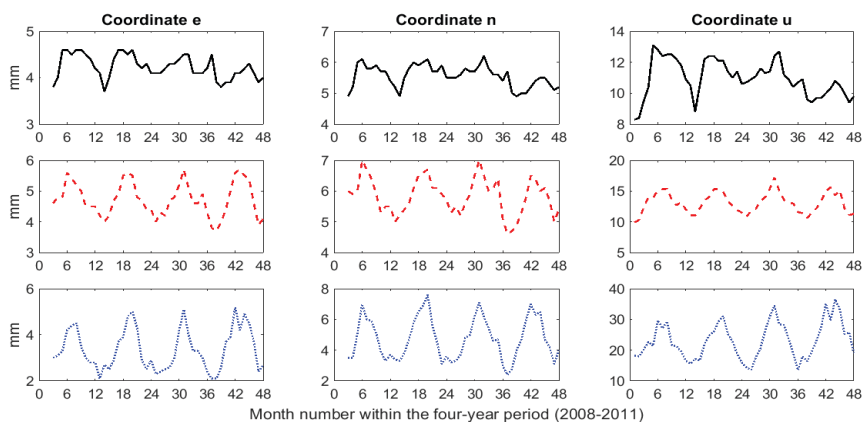


Figure 4: Time series of the square roots of the ANOVA estimates (solid – m_e ; dash – m_p ; dot – m_a).

In Figure 5, one can also spot that convincingly highest values of the estimates of the ANOVA estimate variances are related to the coordinate u , especially when considering the nesting factor. On the other hand, the estimates for the coordinate e are with the lowest values, no matter if the purely random effect, the nested or the nesting factor is observed, but very close to the correspondent ones for the coordinate n when considering the nested factor.

With the aim to avoid potential doubts regarding the peaks in the diagrams in the first row of Figure 5, connected to January 2011, the author want to emphasize that the correspondent values were obtained on the basis of a significantly decreased number of the true errors due to a larger percentage of rejected data in a “fine” (i.e. additional) elimination of gross errors, by using the aforementioned PEROBHIK2S method (45.6%, 44.6% and 65.8% in the case of the coordinates e , n and u , respectively), which led to a decrease in denominator in equation (9), causing, in that way, an increase of the related estimate of the ANOVA estimate variance for the purely random error. The values related to the peaks weren't intentionally omitted in the diagrams to testify how a smaller input dataset affects the estimates.

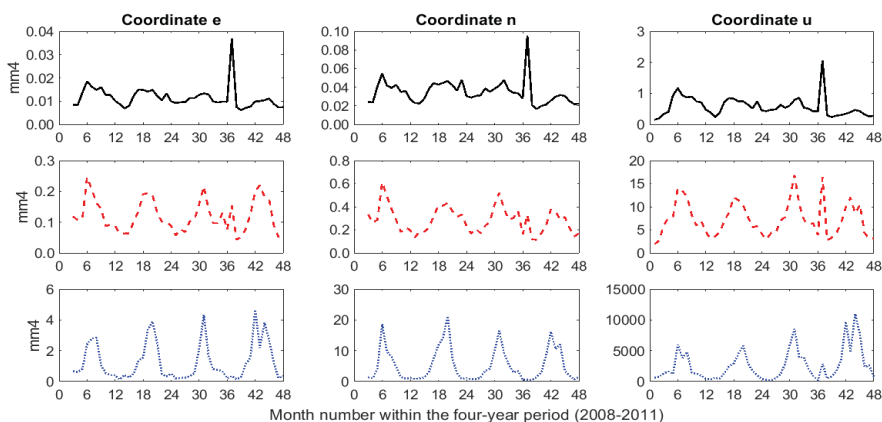


Figure 5: Time series of the estimates of the ANOVA estimate variances (solid – m_e^2 ; dash – m_p^2 ; dot – m_a^2).

Table 3 provides an insight into the correlation of the ANOVA estimates. One can be easy concluded that there is no correlation between the ANOVA estimates for the purely random and the joint tropospheric and ionospheric effect at all, and, practically, there is no other correlation.

Table 3: Maximums and minimums of the absolute values of the ANOVA estimate correlation coefficients estimates (in %).

	Estimates of ANOVA Estimate Correlation Coefficients (Abs.Value)	Year 2008	Year 2009		Year 2010		Year 2011		
		min	max	min	max	min	max	min	max
<i>e</i>	$ \hat{r}_{m_e^2, m_\beta^2} $	4.6	6.5	4.6	6.4	4.3	6.9	3.7	8.5
	$ \hat{r}_{m_e^2, m_\alpha^2} $	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	$ \hat{r}_{m_\beta^2, m_\alpha^2} $	0.6	1.3	0.6	1.8	0.6	1.5	0.6	1.8
<i>n</i>	$ \hat{r}_{m_e^2, m_\beta^2} $	4.6	7.6	5.6	7.2	4.9	7.4	4.5	9.3
	$ \hat{r}_{m_e^2, m_\alpha^2} $	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	$ \hat{r}_{m_\beta^2, m_\alpha^2} $	0.5	1.3	0.4	1.7	0.5	1.4	0.4	2.1
<i>u</i>	$ \hat{r}_{m_e^2, m_\beta^2} $	4.0	6.1	4.4	6.1	3.7	6.5	3.1	6.2
	$ \hat{r}_{m_e^2, m_\alpha^2} $	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	$ \hat{r}_{m_\beta^2, m_\alpha^2} $	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.2

Bartlett's test was applied within the entire four-year period (2008-2011), primarily for testing all ANOVA estimates (Approach 1), then ANOVA estimates obtained for the same months in different years (January 2008–2011, ... , December 2008–2011) (Approach 2), and, after that, for testing the ANOVA estimates obtained for the winter (months January–February–March 2008–2011), spring (months: April–May–June 2008–2011), summer (months: July–August–September 2008–2011) and autumn (months: October–November–December 2008-2011) period separately (Approach 3). The significance level of 0.05 was previously adopted for all approaches, and as a homogeneity indicator, Test Statistic-to-Quantile Ratio, $\chi^2 / \chi^2_{1-\alpha; k-1}$, was chosen.

It turned out that for any effect (related to ε , β and α) and for any coordinate (**n**, **e** and **u**), there is no equality in Approach 1, and the results for Approach 2 and Approach 3 are presented in Table 4.

Table 4: Summarized results of Bartlett's test applied in Approach 2 and Approach 3.

Test Statistic-to-Quantile Ratio (Extreme and Mean Values)		Approach 2			Approach 3		
		ε	β	α	ε	β	α
<i>e</i>	$\min(\chi^2 / \chi^2_{0.95;k-1})$	33.67	2.75	0.75	102.75	35.94	3.10
	$\max(\chi^2 / \chi^2_{0.95;k-1})$	688.86	58.93	5.04	387.90	62.21	11.66
	$(\chi^2 / \chi^2_{0.95;k-1})_{mean}$	166.01	20.26	2.65	220.20	49.54	6.58
	Homogeneity	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>for january</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>
<i>n</i>	$\min(\chi^2 / \chi^2_{0.95;k-1})$	20.59	3.24	0.52	112.85	31.13	4.65
	$\max(\chi^2 / \chi^2_{0.95;k-1})$	629.15	68.24	9.31	438.64	62.39	12.41
	$(\chi^2 / \chi^2_{0.95;k-1})_{mean}$	193.72	22.04	2.52	253.87	48.37	7.74
	Homogeneity	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>for march and june</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>
<i>u</i>	$\min(\chi^2 / \chi^2_{0.95;k-1})$	104.33	1.20	0.56	350.59	35.26	4.61
	$\max(\chi^2 / \chi^2_{0.95;k-1})$	751.91	45.39	7.75	750.22	52.09	13.04
	$(\chi^2 / \chi^2_{0.95;k-1})_{mean}$	406.93	15.79	3.46	529.15	47.19	8.58
	Homogeneity	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>for april</i>	<i>no</i>	<i>no</i>	<i>no</i>

The values in Table 4 show that the inhomogeneity of the residual error variances is also present between the same months from different years (with an irrelevant exception of only one or two months, listed in Table 4 for the nesting factor, Approach 2), as well as within each of the four seasons.

The results of testing in Approach 1 and Approach 2 were somewise expected, but it is not the case when it comes to the results obtained applying Approach 3.

4 DISCUSSION

On the basis of the results obtained through the study, it is obvious that the highest values of the ANOVA estimates of the “far-field” multipath and the combined tropospheric and ionospheric residuals are present in the summer period and the lowest ones in the winter period, regardless of whether a calendar year with minimal or increased solar activity is considered. Besides, the applied statistical test provided the results proving the inhomogeneity of the residual error variances.

It turned out that the seasonal pattern in the time series of the estimates of the ANOVA estimate variances is also present, indicating extreme values that exist in the summer and winter period. In addition, there is no correlation between the ANOVA estimates for the purely random and the combined tropospheric and ionospheric effect at all, and, practically, there is no other correlation. This is stated because the absolute values of the related correlation coefficients do not exceed 9.3%.

For a GPS baseline of 40 km in length, located in the mid-latitude region, and four-year period, involving minimal and an increased solar activity, it turned out that, for the coordinates *e*, *n* and *u*, the square roots of the ANOVA estimates for the residuals arising due to the combined tropospheric and ionospheric effects are within intervals 2.1–5.2 mm, 2.4–7.6 mm and 13.5–36.5 mm, respectively. Following the same order in presenting values, for the “far-field” residuals we have intervals 3.5–5.7 mm, 4.6–7.0 mm and 9.9–17.2 mm.

In addition, one should be noted that the part of these results obtained for the joint influence of tropospheric and ionospheric residuals during the year 2008 (see corresponding values in Table 1), in the case of the coordinates e and n , is in a good agreement with the results from the first stage of the research project presented (see comments in the paragraph below Table 5 in Anđić (2016)), where those were obtained by unifying ANOVA estimates, calculated using daily subsets of data, and where intervals 1.8–3.9 mm (for the coordinate e) and 2.2–6.5 mm (for the coordinate n) were established. As one can see, practically, there is no significant difference between the results of the ANOVA approach based on the daily and that based on the monthly level when it is about coordinates in the horizontal plane. However, this is not the case with, always critical, coordinate u . Herein we have interval 16.6–29.7 mm, which is not in so good agreement with that established in the previous research, and it is 9.4–20.2 mm. That's what was actually expected because, even if we consider a year with the lowest solar activity, there are different atmospheric conditions between different days within such a year and this had a significant impact on unifying ANOVA estimates, since a large percentage, i. e. 35% of those, was rejected through Bartlett's test (see comments above Table 5 in Anđić (2016)).

As for the multipath residual effect, comparing the results for the year 2008 presented in this paper with those given in the previous author's research, one can be said a large discrepancy exists, especially when it is about the square roots of the ANOVA estimate maximums. Namely, it turned out that the maximums were increased 67.9%, 70.0% and 93.5% for the coordinates e , n and u , respectively, and, following the same order of presentation, the minimums were decreased 11.4%, 14.3% and 17.2% (to get these values, compare the related values in Table 1 to the corresponding ones for the Variant B in Table 1, Table 2 and Table 3 presented in Anđić (2016)). So, in this case, we can conclude that there is a difference between the results obtained in considering daily and monthly data subsets.

Finally, conditionally speaking, a limitation of the research presented herein exists because one cannot dispart the ionospheric and tropospheric residual effects using the methodology presented, but the implications are not limiting for practical applications since the connected results bring the joint information about the residual atmospheric effects on the precise GPS positioning.

Further research could be based on the consideration of the joint influence of tropospheric and ionospheric residuals in the daytime and nighttime particularly, using the methods presented herein. The same should be also done for the multipath residual, because of a different characteristics of prospective reflectors in these two sub-daily periods.

References:

- Anđić, D. (2016). Variance Components Estimation of Residual Errors in GPS Precise Positioning. *Geodetski vestnik*, 60 (3), 467–482. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.03.467-482>
- Azarbad, M. R., Mosavi, M. R. (2014). A New Method to Mitigate Multipath Error in Single-Frequency GPS Receiver with Wavelet Transform. *GPS Solutions*, 18 (2), 189–198. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10291-013-0320-1>
- Bartlett, M. S. (1937). Properties of Sufficiency and Statistical Tests. *Proceedings of the Royal Society of London* (pp. 268–282). Series A 160.
- Bolšev, L. N., Smirnov, N. V. (1968). *Mathematical Statistics* (in Russian: Таблицы математической статистики). Moscow: Визислительный центр АН.
- Danasabe, D. J., Mustapha, O. L., Yabayanze, T. S. (2015). Determination of the Best-Fit Tropospheric Delay Model on the Nigerian Permanent GNSS Network. *Journal of Geosciences and Geomatics*, 3 (4), 88–95.
- El-Hattab, A. I. (2013). Influence of GPS Antenna Phase Center Variation on Precise Positioning. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 2 (2), 272–277. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nrjag.2013.11.002>
- Hadas, T., Hernández-Pajares, M., Krypíak-Gregorczyk, A., Kaplon, J., Paziewski, J., Wielgosz, P., García-Rigo, A., Kazmierski, K., Sosnica, K., Kwasniak, D., Sierny, J.,

- Bosy, J., Pucilowski, M., Szyszko, R., Portasiak, K., Olivares-Pulido, G., Gulyaeva, T., Orus-Perez, R. (2017). Impact and Implementation of Higher-Order Ionospheric Effects on Precise GNSS Applications. *Journal of Geophysical Research*, 122 (11), 9420–9436. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017jb014750>
- Hsieh, C.-H., Wu, J. (2008). Multipath Reduction on Repetition in Time Series from the Permanent GPS Phase Residuals. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVII, Part B4, Beijing, China.
- Kedar, S., Hajj, G. A., Wilson, B. D., Heflin, M. B. (2003). The Effect of the Second Order GPS Ionospheric Correction on Receiver Positions. *Geophysical Research Letters*, 30 (16), 1829. DOI: <https://doi.org/10.1029/2003gl017639>
- Kouba, J. (2009). A guide to using International GNSS Service (IGS) products. <http://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/resource/pubs/UsingIGSProductsVer21.pdf>, accessed on 5. 11. 2010.
- Lau, L. (2012). Comparison of Measurement and Position Domain Multipath Filtering Techniques with the Repeatable GPS Orbits for Static Antennas. *Survey Review*, 44 (324), 9–16. DOI: <https://doi.org/10.1179/1752270611y.0000000003>
- Liu, Z., Li, Y., Guo, J., Li, F. (2016). Influence of Higher-Order Ionospheric Delay Correction on GPS Precise Orbit Determination and Precise Positioning. *Geodesy and Geodynamics*, 7 (5), 369–376. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geog.2016.06.005>
- Morton, Y. T., van Graas, F., Zhou, Q., Herdtner, J. (2009). Assessment of the Higher Order Ionosphere Error on Position Solutions. *Navigation*, 56 (3), 185–193. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2161-4296.2009.tb01754.x>
- Musa, T.A., Wang, J., Rizos, C. and Lee, Y.-J. (2004). Mitigating Residual Tropospheric Delay to Improve User's Network-Based Positioning. Presented at GNSS 2004 (The 2004 International Symposium on GNSS/GPS), December 6–8, Sydney, Australia.
- Perović, G. (2015). Theory of Measurement Errors (in Serbian: Teorija grešaka merenja). Belgrade: AGM knjiga.
- Perović, G. (2017). Precise Geodetic Measurements (2nd extended edition) (in Serbian: Precizna geodetska merenja (drugo dopunjeno izdanje)). Belgrade: AGM knjiga.
- Petrie, E. J., Hernández-Pajares, M., Spalla, P., Moore, P., King, M.A. (2011). A Review of Higher Order Ionospheric Refraction Effects on Dual Frequency GPS. *Surveys in Geophysics*, 32 (3), 197–253. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10712-010-9105-z>
- Ragheb, A. E., Clarke, P. J., Edwards, S. J. (2007). GPS Sidereal Filtering: Coordinate- and Carrier-Phase-Level Strategies. *Journal of Geodesy*, 81 (5), 325–335. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-006-0113-1>
- Rost, C., Wanninger, L. (2010). Carrier Phase Multipath Corrections Based on GNSS Signal Quality Measurements to Improve CORS Observations. *Proceedings of IEEE/ION PLANS 2010*, May 3–6, Indian Wells/Palm Springs, CA, USA.
- Sahai, H., Ojeda, M. M. (2005). Analysis of Variance for Random Models, Volume II: Unbalanced Data – Theory, Methods, Applications, and Data Analysis. Boston: Birkhäuser.
- Satirapod, C., Rizos, C. (2005). Multipath Mitigation by Wavelet Analysis for GPS Base Station Applications. *Survey Review*, 38 (295), 2–10. DOI: <https://doi.org/10.1179/sre.2005.38.295.2>
- Searle, S. (1971). Linear Models. New York-Chichester-Weinheim-Brisbane-Singapore-Toronto: John Wiley & Sons, Inc.
- Sterle, O., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P. (2013). Modeliranje ionosferske refrakcije za izboljšavo absolutnega GNSS-položaja s kodnimi instrumenti: Priprava na 24. Sončev cikel (= Ionospheric refraction modeling for better autonomous GNSS code positioning: in preparation of solar cycle 24). *Geodetski vestnik*, 57 (1), 9–24. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2013.01.009-024>
- Wang, M., Wang, J., Dong, D., Li, H., Han, L., Chen, W. (2018). Comparison of Three Methods for Estimating GPS Multipath Repeat Time. *Remote Sensing*, 10 (2), 6. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10020006>
- Yahya, M. H., Nordin, Z., Kamarudin, M. N. (2009). The Influence of Malaysian Troposphere on the Performance of Satellite-Based Positioning System. *National Postgraduate Conference on Engineering, Science and Technology (NPC 2009)*, March 25–26, Universiti Teknologi PETRONAS (UTP) Campus, Bandar Seri Iskandar, Tronoh 31750, Ipoh, Perak, Malaysia.



Anđić D. (2019). Seasonal pattern in time series of variances of GPS residual errors ANOVA estimates. *Geodetski vestnik*, 63 (2), 260–271. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.260-271>

Darko Anđić, M.Sc.

*Real Estate Administration of Montenegro
Ul. Bracana Bracanovića b.b, Podgorica, Montenegro
e-mail: andjic.darko@gmail.com*

GEODETSKA SLUŽBA SURVEYING SERVICE IN NAČELO KISS AND THE KISS PRINCIPLE

Joc Triglav

1 ZA UVOD: NEVERJETNO HITRO LETALO

Be quick, be quiet, be on time.

Clarence Leonard (Kelly) Johnson (1910–1990)



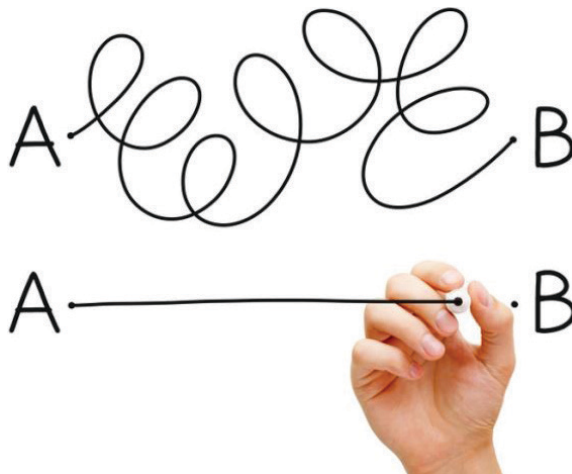
Slika 1: Izvidniško letalo SR-71 Blackbird, z doseženo nadzvočno hitrostjo nad 3,2 macha najhitrejše letalo na svetu od začetka proizvodnje leta 1964 do končne 'upokojitve' leta 1998 (Vir: www.wired.com/2010/09/0901sr-71-blackbird-transatlantic-record/).

»Bodi hiter, bodi miren, bodi pravočasen.« To je bil moto, ki se ga je v življenju držal Clarence L. (Kelly) Johnson, ameriški aeronavtični inovator in konstruktor izvidniškega letala SR-71 Blackbird, ki je bilo več desetletij v prejšnjem stoletju najhitrejše letalo na svetu (slika 1). Johnson je bil znan po tem, da je s svojo ekipo letalskih strokovnjakov v proizvodnji uporabljal najbolj preproste in učinkovite metode dela za razvoj in proizvodnjo z minimalno izgubo časa in minimalnim zunanjim nadzorom. Cilj njegove ekipe je bil, da pridejo do rezultatov hitreje, ceneje in bolje, predvsem z uporabo zdrave kmečke pameti (angl. *common sense*), tudi pri najzahtevnejših težavah. Ekipo je za poročila in drugo 'papirološko delo' porabila tako malo časa, kolikor je bilo mogoče, razdelitev pristojnosti je pomenila hkratno razporeditev odgovornosti.

2 V NADALJEVANJU: KISS, SICER BREZ POLJUBA, A PREPROSTO

Johnsonova ekipa je pri svojem delu sledila stalnemu vodilu, načelu KISS. Načelo KISS (angl. *keep it simple stupid*) temelji na domnevi, da večina sistemov deluje najbolje, če so preprosti. Preprostost bi zato morala biti ključni cilj vsakega načrtovanja in vodilo vsake izvedbe, česar koli že se lotimo (slika 2). Pojem KISS je bil priljubljen predvsem v 70. letih prejšnjega stoletja, izviral pa naj bi prav iz letalskih delavnic, ki jih je vodil inženir Kelly Johnson iz uvoda te zgodbe. Johnson je svojim inženirjem dal nekaj osnovnega orodja in jih postavil pred izziv, naj naredijo takšno reaktivno letalo, da ga bo na terenu s tem orodjem znal popraviti povprečen mehanik. Iz letalske in vojaške sfere se je načelo KISS kasneje uveljavilo na številnih civilnih področjih, zlasti pri razvoju programske opreme.

Podobnih načel iz zgodovine, ki cenijo preprostost, poznamo še več. Za vzorec lahko na primer navedemo raziskovalno načelo Viljema iz Ockhama iz 14. stoletja, znano pod imenom Ockhamova britev. To načelo jedrnatosti zahteva gospodarnost, varčnost in preprostost znanstvenih teorij, ki jim je treba 'obriti' vse odvečne vsebine. Vrhunski učenjak, umetnik in inženir Leonardo da Vinci je že pred več kot 500 leti cenil preprostost kot vrhunsko prefinjenost. Francoski pisatelj Antoine de Saint-Exupéry pa je avtor misli: »Zdi se, da popolnost ni dosežena takrat, ko ni ničesar več, kar bi lahko dodali, ampak takrat, ko ni ničesar več, kar bi lahko odvzeli.«



Slika 2: Grafična ponazoritev načela KISS (Vir: <https://fivedotoh.com/2018/04/25/the-kiss-principle/>).

3 ZGODBE IZ DOMAČIH LOGOV

Gotovo se že sprašujete, kaj imamo s to tako opevano preprostostjo geodeti. Pred odgovorom si pogledjmo še svežo informacijo o učinkovitosti slovenske državne uprave v najnovejši oxfordski raziskavi *International Civil Service Effectiveness (InCiSE) Index* za leto 2019. Podrobnejša predstavitev učinkovitosti z grafikoni je dostopna na spletni strani www.bsg.ox.ac.uk/about/partnerships/international-civil-service-effectiveness-index-2019, za namene tega članka pa bo dovolj le hiter pogled na skupno sliko kazalcev učinkovitosti za Slovenijo (slika 3). Hitro vidimo, kje smo v Sloveniji glede kazalcev učinkovitosti najslabši in pod povprečjem: predpisi, javno naročanje, davki, digitalne storitve in odprtost. Za dvig z dna lestvice proti vrhu moramo ukrepati in s preprostimi rešitvami dvigniti svojo učinkovitost!

InCiSE Index: Slovenia



Source: International Civil Service Effectiveness Index (InCiSE) Index 2019

Slika 3: 'Radarski grafikon's prikazom mednarodnega indeksa učinkovitosti državne uprave za leto 2019 za Slovenijo glede na 12 osnovnih kazalcev učinkovitosti. V paličnem grafikonu na levi strani slike je primerjalni prikaz učinkovitosti po posameznih državah. (Vir: <https://www.bsg.ox.ac.uk/about/partnerships/international-civil-service-effectiveness-index-2019>)

V nadaljevanju sta predstavljena drobna primera s področja digitalnih storitev v geodetski službi, kjer je nujno in razumno upoštevati načelo KISS ter namesto sedanjih vzpostaviti preproste rešitve, saj za opisana primera v geodetski službi dnevno tratimo obilo dragocenega časa in energije. Primera navajam le za vzorec!

3.1 Izdajanje geodetskih podatkov

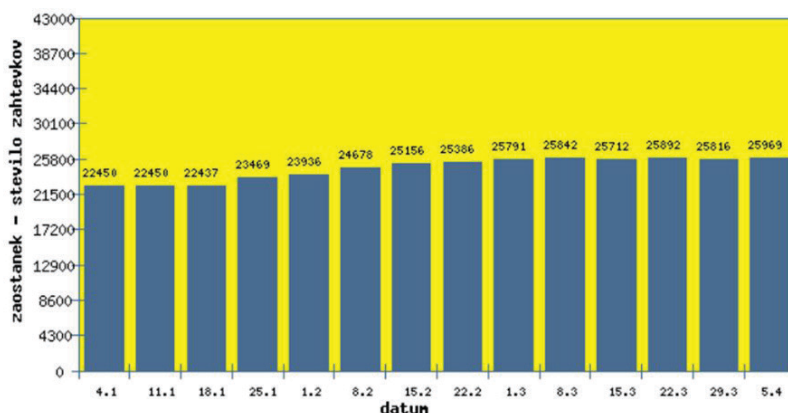
Eno od opravil na področju digitalnih storitev, ki nujno zahteva bistveno poenostavitev, je izdajanje geodetskih podatkov. Vse več je na OGU/GP nujnih nalog na področjih vzdrževanja in dviga kakovosti evidenc, ki jih po kadrovskih krčenjih v naši hiši nimamo več komu dati v izvedbo, hkrati pa se 10 % naših ljudi vsak dan ukvarja z izdajo podatkov, ki bi si jih geodetska podjetja lahko brez vsake muke pridobivala avtomatizirano, brez zapravljanja kadrovskih in časovnih virov delovne sile geodetske uprave. Ob pomanjkanju kadra na OGU/GP podatke geodetskim podjetjem ob svojem drugem delu izmenoma izdajajo celo geodeti – višji svetovalci, kar pomeni neposredni primanjkljaj dragocenega časa za njihovo delo z geodetskimi elaborati.

Preprosta rešitev te težave je, da geodetska uprava čim prej na lastnem distribucijskem strežniku, na primer v Preg ali v eGP, ponudi geodetskim podjetjem funkcionalnost obstoječe aplikacije GIZ GI <http://www.giz-gi.si/zkp24ur> ter tako sodelavce na vseh OGU/GP razbremeni obsežnih in zamudnih nalog izdajanja podatkov. Po prenosu arhivskih podatkov elaboratov in arhivskih podatkov zemljiškokatastrskih točk (t. i. *.ZKA-datotek) na distribucijski strežnik geodetske uprave za to ni nobenih vsebinskih ovir več, tehnoloških pa tudi ne sme biti, saj aplikacija deluje v okviru GIZ GI.

To pomeni sprostitev nepotrebnih obremenitev za približno 40 do 50 ljudi na geodetski upravi dnevno, ki bi lahko počeli kaj koristnejšega, kot da ročno v nedogled ponavljajo vajo izdajanja podatkov, ki ne spada v današnji čas, saj ga lahko bistveno enostavneje, hitreje in predvsem ceneje za geodetsko upravo izvaja avtomatizirana aplikacija. Iz podatkov mesečnih statistik, ki jih vodimo na geodetski upravi, je razvidno, da je bilo v prvih treh mesecih letos skupno v vseh OGU/GP izdanih približno 5000 (pet tisoč!) paketov podatkov na mesec samo na področju zemljiškega katastra ali skupno skoraj 15.000 izdaj podatkov. Veliko je izdajanja podatkov tudi na področju katastra stavb, kar je vidno po številu postopkov za evidentiranje zemljišč pod stavbo.

Uporaba funkcionalnosti na distribucijskem strežniku geodetske uprave (<http://www.giz-gi.si/zkp24ur>) ne bo pomenila samo povečanega učinka pri izbiri prepotrebnega časa in kadrov na geodetski upravi, temveč bo zaradi neodvisnosti od čakanja na podatke z lokalnih OGU/GP pomenila velik plus tudi za geodetska podjetja, ki si bodo lahko podatke pridobivala sama, in to kadarkoli po lastni izbiri po načelu 24/7/365. Hkrati lahko geodetska uprava pridobi centraliziran pregled in nadzor nad izdajo podatkov ter zagotovi samodejno spremljanje povezanosti izdanih podatkov z elaborati, ki jih geodetska podjetja predložijo geodetski upravi v evidentiranje (tako imenovana analiza output/input).

Prva polovica leta 2019:



Slika 4: Tedenska statistika nerešenih zahtevkov geodetske uprave za prvo četrtletje 2019 (vir: intranet GURS, avtor: Sergej Čapelnik).

Utemeljenost gornjega predloga je poleg koristne uporabe vseh prednosti sodobne tehnologije tudi v dejstvu, da se količina nerešenih zahtevkov na geodetski upravi kot celoti v zadnjem času hitro poveču-

je, kar je razvidno iz grafov tedenskih statistik, objavljenih na intranetu geodetske uprave, in je samo v letošnjih prvih treh mesecih skupno narasla že za več kot 15 % oziroma z 22.450 nerešenih zahtevkov v začetku leta na 25.969 v začetku aprila (slika 4). Količine zahtevkov na podlagi elaboratov nam torej stalno naraščajo, s čimer se povečujejo pritiski strank za prednostno obravnavo njihovih zahtev (na primer občinske in državne investicije, mladi prevzemniki kmetij, kandidati za subvencije Eko sklada, mlade družine itd. itd.). Mi pa – namesto da bi reševali zahtevke, za izvedbo katerih so stranke plačale stroške storitve geodetskim podjetjem in poravnale takso geodetski upravi, ter povečevali kakovost geodetskih evidenc – še vedno ročno in brezplačno izdajamo geodetske podatke na digitalno ‘kamenodobni’ način iz prejšnjega tisočletja. Čakanje na tehnološke rešitve v okviru projekta eProstor, s katerimi bi celovito rešili navedeno težavo, ekonomsko ni upravičeno, saj bi pomenilo še dve leti odvečnega ročnega dela in izgube časa. Časa in kadrov pa nimamo, torej tudi zato nujno potrebujemo čimprejšnjo uresničitev te poenostavitve, ki bo vsem nam v geodetski službi v veliko korist, tako v njeni državni kot zasebni veji.

3.2 Zemljiška knjiga, z nadzvočno hitrostjo

Drug takšen primer, ki dnevno spravlja ob živce stotine stalnih uporabnikov digitalne zemljiške knjige na portalu eSodstvo, je ročno posamično vtipkavanje parcelnih števil in števil delov stavb pri poizvedbah o zemljiškoknjižnih lastnikih in ‘prečesavanje’ nepreglednih zemljiškoknjižnih izpiskov v formatu PDF za drobce informacij, ki jih potrebujemo. Takšne poizvedbe geodetom po nepotrebnem kumulativno vzamejo ogromno časa, saj bi nam upravljavci zemljiške knjige že zdavnaj lahko omogočili operativno možnost ‘paketnega’ digitalnega dostopa do aktualne baze zemljiške knjige s preprostim seznamom parcel namesto ročnega vtipkavanja vsake posamezne parcele v okenca spletnega portala zemljiške knjige! V obdobju, ko se na OGU/GP spopadamo z velikimi časovnimi in kadrovskimi stiskami, je še toliko bolj pomembno, da ne izgubljam časa z nepotrebnimi opravili, še posebej ne z ročnimi, če je mogoča enostavna avtomatizacija. Ročno delo s pregledovanjem podatkov zemljiške knjige je zelo zamudno in glede porabe dragocenih virov v vseh pogledih potratno, poleg tega se mora uporabnik na vsakih deset vpogledov ponovno prijavljati na portal zemljiške knjige.

Potrebujemo enostaven in hiter digitalni servis za dostop do baze zemljiške knjige in seveda tudi za izvoz podatkov v digitalnem formatu, primernem za nadaljnje avtomatizirane obdelave v geodetskih postopkih (to namreč sedanje pdf-datoteke zemljiškoknjižnih izpiskov zagotovo niso!). Na vsaki OGU/GP se s to nalogo zemljiškoknjižnih poizvedb dnevno ukvarja večje število ljudi (sprejemna pisarna, pregledniki). Za isti elaborat je treba te zamudne in utrujajoče korake preverjanja lastništva v različnih časovnih obdobjih obdelave elaborata ponoviti v celoti, na primer ob sprejemu vloge, pred pošiljanjem izjav, pred izdajo odločbe. Pri teh opravilih imamo na vseh lokacijah OGU/GP torej opravka s tisoči in tisoči lastnikov, ki jih je treba ROČNO pregledati, zato bi nam vsaj takšna minimalna možnost digitalnega dostopa in izvoza vsem zelo koristila ter prihranila ogromno časa, energije in živcev! Enako seveda velja za geodetska podjetja.

Vhodna datoteka, na primer z imenom VGEO.LAS, bi lahko bila v okviru izdelave elaborata samodejno izdelana iz prvih 13 stolpcev baze parcel (kot je že v obstoječih TMP.POV- ali TMP.PKV-datotekah), v njej bi bile po posameznih vrsticah navedene šifra k. o. in številke parcel, na koncu pa še datum stanja

podatkov v zemljiški knjigi, ki nas zanima. Ime datoteke ali tip datoteke pri tem seveda nista bistvena, bistvena je vsebina (preglednica 1)!

Preglednica 1: Primer vhodnih podatkov v datoteki za zemljiškoknjižno poizvedbo

Format zapisa	Opis podatka
nnnnpppppppp	1. parcela na seznamu, začetek vhodne datoteke v obliki šifre k. o. in parcelne številke
nnnnpppppppp	2. parcela na seznamu
...	...
nnnnpppppppp	zadnja parcela na seznamu
DDMMLLLL	Datum 1: če je podan le Datum1, se kot rezultat izpišejo iz zemljiške knjige parcele z lastniki na dani datum
DDMMLLLL	Datum 2: če je v datoteki podan tudi Datum2 > Datum1, se kot rezultat izpišejo le parcele z lastniki, za katere se je lastništvo spremenilo v obdobju med datumoma Datum1 in Datum2.
N	če N=0, gredo v rezultat samo lastniki, če N=1, gredo v rezultat poleg lastnikov tudi pridobitelji
END	konec vhodne datoteke

Primer preproste vsebine take vhodne txt datoteke:

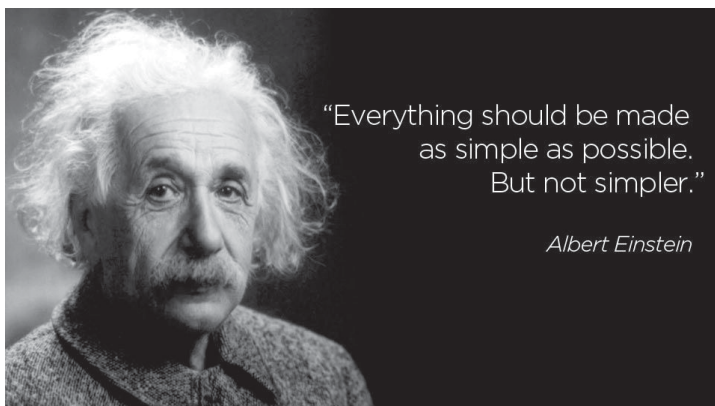
```
0125000990005
0125001000001
0125001000002
0125001010000
0125001020000
0125001030000
0125001040000
0126022050000
0126022060001
15012019
25032019
1
END
```

Tudi v tem primeru ne moremo in ne smemo čakati na rešitve, ki jih predvideva osnutek prihodnjega Zakona o katastru nepremičnin (ZKN). Ko se bo geodetska uprava v skladu z ZKN neposredno digitalno 'pripela' na bazo lastnikov zemljiške knjige, bodo morali biti takšni paketni dostopi nam geodetom na voljo že v polni in preizkušeni funkciji, praktično rešitev pa potrebujemo že zdaj (potrebovali bi jo že vsaj pred desetletjem!). Informacijsko-tehničnih ali vsebinskih ovir za to ni in jih tudi ne sme biti.

4 ZA KONEC: NEVERJETNO HITRI POSTOPKI

Namenoma sta v članku opisani le dve drobnji, nujni poenostavitvi, ki pa bosta imeli velik učinek. Primera bistveno prezapletene izdelave 'kombiniranega' ZPS+KS+REN upravnega akta namenoma ne opisujem, ker sem prepričan, da glede na številne pripombe pristojni že pripravljajo rešitve, ki omogočajo temeljito in celovito poenostavitev, saj kar kličejo po uporabi KISS-načela. Ali si lahko predstavljate pospeške pri našem vsakodnevnem delu, če bi v geodetski službi že imeli takšne in podobne postopke KISS? Vsak od nas lahko v hipu našteje vsaj nekaj postopkov iz svojega vsakdanjega dela, ki bi ne samo lahko bili enostavnejši, temveč bi morali biti enostavnejši, in to brez vsakršne škode za vsebino ali kakovost.

Če se bomo vsi skupaj in vsak zase poglobili v delovne postopke, ki jih izvajamo, in imeli pred seboj kot vodilo načelo KISS, se bomo rešili balasta v obliki nerazumnih in nerazumljivih ovir ter 'poleteli kot ptice'. Super hitro letalo z začetka članka nas bo lahko le za hip pogledalo v hrbet, ko bomo švignili mimo! Preprostost, ne zapletenost, mora biti naše temeljno vodilo. Čim lažje je nekaj razumeti in uporabljati, tem večja je verjetnost, da bo to sprejeto in podprto med nami in našimi uporabniki. Imejmo pred očmi veliko sliko, a ne pozabimo na drobne detajle na njej. Veliko sliko praviloma vidijo 'šefi', z drobnimi detajli pa se moramo dnevno ukvarjati vsi pod njimi. Seveda moramo pri tem vedno poskrbeti, da v iskanju preprostih rešitev ne pretiravamo in da pri tem ne zanemarimo njihovih polne funkcionalnosti. Načel in modrih misli na temo uporabne preprostosti je ogromno, zato sklenimo kar z eno od njih (slika 5).



Slika 5: Ena od zvitih modrih misli slovitiga Alberta Einsteina (1879–1955): »Vse bi moralo biti narejeno tako preprosto, kot se le da. Toda ne bolj preprosto.« (Vir slike: https://www.azquotes.com/author/4399-Albert_Einstein)

Viri:

Techopedia (n. d.). Keep It Simple Stupid Principle (KISS Principle). <https://www.techopedia.com/definition/20262/keep-it-simple-stupid-principle-kiss-principle>, pridobljeno 20. 5. 2019.
Forbes (2014). Keeping it simple doesn't mean you are stupid. <http://www.forbes.com/sites/amyanderson/2014/02/27/keeping-it-simple-doesnt-mean-youre->

[stupid/#5ab32dc572ca](https://www.techopedia.com/definition/20262/keep-it-simple-stupid-principle-kiss-principle), pridobljeno 20. 5. 2019.
Wikipedia (n. d.). KISS principle. https://en.wikipedia.org/wiki/KISS_principle, pridobljeno 20. 5. 2019.
Apache (n. d.). KISS. <http://people.apache.org/~fhanik/kiss.html>, pridobljeno 20. 5. 2019.

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

ZGODOVINSKI POMEN TOČKE NA KRIMU

THE HISTORICAL SIGNIFICANCE OF THE GEODETIC POINT IN KRIM

Marian Jenko

Opomba: *Govor na slovesnosti ob 25-letnici postavitve obeležja na Krimu, 1. 6. 2109*

Po 25 letih od nastanka tukajšnjega obeležja smo se spet zbrali in to je priložnost, da pregledamo zgodovino te znamenite točke.

Napis na steni doma pove, da je bila ta trigonometrična točka pred okroglo 200 leti izbrana za izhodišče pravokotnega koordinatnega sistema, v katerem so bili nato izdelani načrti zemljiškega katastra za Kranjsko in še nekaj sosednjih dežel.

Nekateri še vedno mislijo, da je zemljiški kataster še iz časov cesarice Marije Terezije (to je sredina 18. stoletja). To ni res. Iz tiste dobe pa so tri pomembne stvari:

1. prvi kataster v cesarstvu, ki pa je bil popisni in ni potreboval geodetske izmere;
2. razdelitev države na katastrske občine in
3. uvedba hišnih števil – te so se uporabljale kar 150 let.

V času naslednjega cesarja Jožefa II. je nastal nov zemljiški kataster, ki je že temeljil na geodetskih izmerah. Načrti so bili izdelani v nepovezanih lokalnih koordinatnih sistemih. V naših arhivih jožefinskega katastra ni, terezijanski pa je prisoten.

Leta 1806 se začenja obdobje sistematskih geodetskih izmer v avstro-ogrski državi. Prednost je imela izmera za vojaške topografske karte, čez dobrih deset let ji je sledila katastrska izmera, s katero je bil ustvarjen tisti kataster, ki se je od reambulacije leta 1869 vzdrževal in se uporablja še dandanes na kar štirih petinah ozemlja Slovenije. To je franciscejski kataster, imenovan po cesarju Francu I.

Po obdobju vojn, ki se je končalo leta 1815, je v zahodni Sloveniji začela nastajati osnovna trigonometrična mreža, ki naj bi povezala obstoječo severnoitalijansko mrežo na Krasu in v Istri z neko mrežo v severni Avstriji. Začetna stranica – lahko bi rekli kar baza te triangulacije – je stranica Slavnik–Učka v omenjeni severnoitalijanski mreži; ta stranica je definirala tako orientacijo kot merilo krimskega koordinatnega sistema. Izkazalo se je, da sta merilo in orientacija tega sistema razmeroma zelo dobra. Torej je rojstno leto trigonometričnih točk Krim, Kucelj, Rašica, Vivodnik itn. verjetno 1816 ali raje 1817.

Katastrski geodeti so prevzeli, dopolnili in zgostili vojaško triangulacijo. S to katastrsko triangulacijo z gostoto točk približno 5 kilometrov so prav tako začeli na jugu v drugi polovici leta 1817; čez dve leti

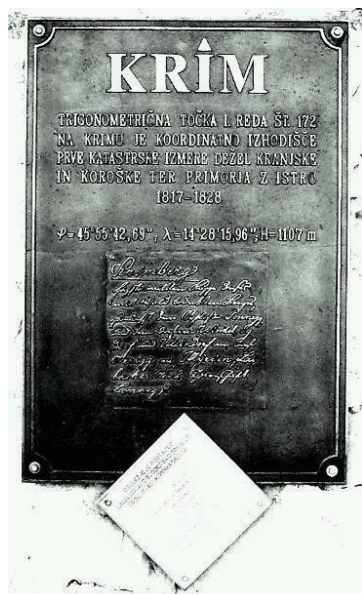
so prišli do Krima in zaključili leta 1825 na Koroškem. Nižjo grafično triangulacijo in katastrsko izmero so pri nas končali do leta 1828. Potem se na Krimu celo tretjino stoletja ni dogajalo nič posebnega.

Avstro-ogrška država je v 60. letih 19. stoletja začela sodelovati s preostalo Evropo v projektih tako imenovanih stopinjskih merenj. S kvalitetnimi mrežami I. reda, v katerih so tudi astronomsko določene točke, naj bi prišli do natančnejših podatkov o velikosti in obliki Zemlje.

Zato je na Krimu Militär-geographisches Institut (MGI) opravil razna dela, od obnavljanja stabilizacije in kotnih opazovanj do astronomskih opazovanj znamenitega geofizika in geodeta von Sternecka (1886). Zadnji dokument z Dunaja pove, da je bila leta 1899 točka na novo stabilizirana. Iz teh časov je oštevilčenje točk I. reda; Krim je dobil številko 172, ki je ostala do danes.

Po prvi svetovni vojni je Država SHS prevzela avstrijske osnovne mreže kot podlago za nadaljnje državne izmere. Leta 1933 je Vojno-geografski institut v okviru nove topografske izmere tukaj zgradil nižji steber; iz let 1939–40 pa so njegova opazovanja v okviru obnove mreže I. reda v zahodnem delu države.

Leta 1947 je Geografski inštitut Jugoslovanske ljudske armade (GIJNA) postavil normalno visok opazovalni steber 40 x 40 centimetrov.



Slika 1: Obležje na Krimu (Foto: M. Muck).

Leta 1962 je bil zgrajen krimski planinski dom, tako da se je sprednja stena stavbe dotikala stebra. Že naslednje leto pa je GIJNA izvedel (ali pa dal izvesti beograjskemu Zavodu za fotogrametrijo) popolno preureditev stabilizacije. To je bilo v okviru del za novo osnovno mrežo, tako imenovano Astronomsko-geodetsko mrežo Jugoslavije (Geodetska uprava SR Slovenije pri teh delih ni sodelovala). Odstranili so vse obstoječe oznake, vključno z MGI-jevo kamnito ploščo s cinkastim čepom. Na istem mestu so v živo skalo vzdali železen čep z luknjico na globini 5 decimetrov. V betonski temelj dimenzij 40 x 40 centimetrov so vzdali granitni center (20 x 20 x 70 cm): vrh temelja je bil 25 centimetrov nad tlemi,

vrh kamna pa 15 centimetrov nad tem. Na pohodni železobetonski plošči na višini 7 metrov so zgradili opazovalni steber, ki je 56 centimetrov ekscentričen. Center točke so zavarovali s tremi solidnimi bočnimi oznakami. Eno od teh vidimo na skali pri vogalu doma.

Pred 25 leti je bil položaj centra natančno prenesen na marmorno kocko, del novega obeležja.



Slika 2: Geodetska točka na Krimu (Foto: M. Muck).

Marjan Jenko, univ. dipl. inž. geod.

Ljubljansko geodetsko društvo

Letošnji prejemnik plakete Zveze geodetov Slovenije za življenjsko delo

ODLOČAJMO SE NA PODLAGI PODATKOV, NE INTUICIJE

MAKE DECISIONS ON THE BASIS OF DATA, NOT JUST INTUITION

Milan Naprudnik

ODZIV

... na članek z zgornjim naslovom, ki je izšel v Delu v četrtek, 28. marca 2019 (Tavčar, 2019).

Najprej Blažu (Blaž Barborič) stisk roke in Mihaeli (Mihaela Triglav Čekada) objem za zelo nazorno opisani pomen prostorskih podatkov pri načrtovanju rabe prostora, ki se zaključuje s klicem na vključevanje javnosti pri sprejemanju različnih prostorskih odločitev.

O pomenu načrtovanja izrabe prostora za naš nadaljnji razvoj razpravljamo že desetletja z objavami o vzpostavitvi urbanističnega planiranja v letu 1958 in regionalnega prostorskega planiranja v letu 1967 ter njegovem zatonu z uredbo o samoupravnem družbenem planiranju v letu 1974.

O prostorskem načrtovanju smo razpravljali na okrogli mizi Društva urbanistov in prostorskih planerjev Slovenije ter Društva krajinskih arhitektov Slovenije (23. marec 2017), o njegovi vlogi pri urejanju in načrtovanju slovenskega prostora pa na okrogli mizi Prostorski načrtovalci 21. stoletja v izvedbi Katedre za prostorsko planiranje Fakultete za gradbeništvo in geodezijo (9. november 2018).

Predloge avtorjev navedenega intervjuja kaže upoštevati v zakonodaji prostorskega načrtovanja ter nanje opozoriti tudi novega ministra za okolje in prostor.

ZA SPROSTITEV

V intervjuju sta avtorja nazorno opisala tudi postopke za pridobivanje podatkov o prostoru z daljinskimi zaznavanjem, cikličnim aerosnemanjem in iz satelitskih posnetkov. Pred pol stoletja smo kartografske podlage za potrebe urbanističnega in prostorskega načrtovanja pridobivali po športni poti – mestna občina Ljubljana je na podlagi zakona o urbanističnem planiranju sprejela odlok o izdelavi generalnega urbanističnega plana (GUP). Vodja oddelka za urbanizem, arhitekt Marko Šlajmer, me je poklical na geodetsko upravo za pomoč pri pridobitvi kart v merilu 1 : 25.000 in 1 : 50.000, katerih izdelava je bila v pristojnosti Vojnogeografskega inštituta v sestavi poveljstva Jugoslovanske ljudske armade (JLA). V tistem obdobju sem bil predsednik Atletske zveze Slovenije, zavrtel sem telefonsko številko predsednika Atletske zveze Jugoslavije, s katerim sem se srečeval na sestankih v Beogradu. To je bil Hakija Pozderac, podpredsednik vlade SFRJ, po rodu iz Bosne in poznan kot nedostopen funkcionar, ki na sejah in sestankih udarja z roko po mizi. Po športni poti me je sprejel kot privrženca atletike in mi organiziral

termin za razgovor v Vojnogeografskem inštitutu. Sprejel me je namestnik predstojnika inštituta, po činu polkovnik. Med pojasnjevanjem, zakaj Ljubljana potrebuje te topografske podlage, me je prekinil z očitkom, da so karte namenjene le za potrebe JLA. Ko sem mu povedal, da se mi mudi na osebno srečanje s Hakijem Pozdercem, me je zvedavo pogledal. Po enem tednu smo dobili obvestilo, da so nam topografske karte na voljo.

SKLEP

Pri oblikovanju in uresničevanju napovedanih zakonskih sprememb na področju načrtovanja rabe prostora si mora pripadajočo ji vlogo nujno zagotoviti tudi geodetska stroka.

Vir:

Tavčar, B. (2019). Odločajmo se na podlagi podatkov, ne intuicije (intervju z Blažem Barboričem in Mihaelo Triglav Čekada). Delo, letn. 61, št. 72, str. 14 (28. marec

2019), <https://www.delo.si/novice/znanoteh/odlocajmo-se-na-podlagi-podatkov-ne-intuicije-165126.html>

dr. Milan Naprudnik, univ. dipl. inž. geod.

Profesor v pokoju, nekdanji direktor Geodetske uprave Republike Slovenije

NOVICE IZ STROKE NEWS FROM THE FIELD



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE

NOVICE GEODETSKE UPRAVE RS

JAVNA OBRAVNAVA OSNUTKA ZAKONA O KATASTRU NEPREMIČNIN

Ministrstvo za okolje in prostor RS je v maju poslalo v javno obravnavo osnutek Zakona o katastru nepremičnin, ki ga je pripravila Geodetska uprava RS. Javna obravnava je trajala 30 dni, in sicer od 8. maja do vključno 6. junija 2019. V nadaljevanju sledi priprava zakona za medresorsko obravnavo, ki bo predvidoma še pred poletjem. V jeseni 2019 so predvideni postopki sprejemanja zakona v državnem zboru. Novi Zakon o katastru nepremičnin (ZKN) bo predvidoma nadomestil veljavni Zakon o evidentiranju nepremičnin (ZEN) iz leta 2006. Predlog besedila je podlaga za uvajanje večnamenskega katastra po vzoru mnogih razvitejših držav.

Osrednji cilj novega Zakona o katastru nepremičnin je vzpostavitev enotne evidence, imenovane *kataster nepremičnin*, o parcelah, stavbah in delih stavb, s katero bi zagotovili še večjo učinkovitost, medsebojno usklajenost, kakovostni in lažji dostop do evidentiranih podatkov, uveljavili nove načine vlaganja vlog s sredstvi informacijsko-komunikacijske tehnologije, pospešili postopke vpisa sprememb, razvijali nove storitve posredovanja obdelanih podatkov o nepremičninah in zagotovili dostop do celovitih podatkov o nepremičninah na enem mestu. Namen zakona je zagotoviti kakovostno evidentiranje nepremičnin s sodobno tehnologijo, pri čemer bo mogoče uporabljati podatke v različne namene.

Zakon o katastru nepremičnin prinaša spremembe na več področjih. Evidentiranje nepremičnin bo potekalo v enotnem in povezanem postopku (uvredba enovitega katastrskega postopka). Podatki o parcelah, stavbah in delih stavb se bodo hranili in vzdrževali v eni evidenci. V okviru programa projektov *eProstor* se bo izvedla tudi informacijska prenova vseh nepremičninskih evidenc geodetske uprave (zemljiški kataster, kataster stavb, register nepremičnin, register prostorskih enot). Posamezni postopki evidentiranja bodo poenostavljeni in avtomatizirani. Nadgradila se bo povezava z zemljiško knjigo z boljšo elektronsko povezavo in uvedbo začasnega vpisa nepremičnine, ko je treba zagotoviti enako stanje podatkov med nepremičninskimi evidencami geodetske uprave in zemljiško knjigo. Evidentiranje delov stavb in sestavin delov stavb bo namenjeno za natančnejše opredelitve nepremičnine, ki se v nadaljevanju ureja v zemljiški knjigi. Uvedeni bodo dodatni instituti, ki prispevajo k pravni varnosti lastnikov nepremičnin, kot so drugo mnenje o izdelanem elaboratu za evidentiranje nepremičnin. Namesto dosedanjega besednega opisa v zemljiški knjigi bo uvedeno natančno evidentiranje območja stvarnih pravic (stavbna pravica in stvarna služnost) za točno opredelitev njihove lege v prostoru.

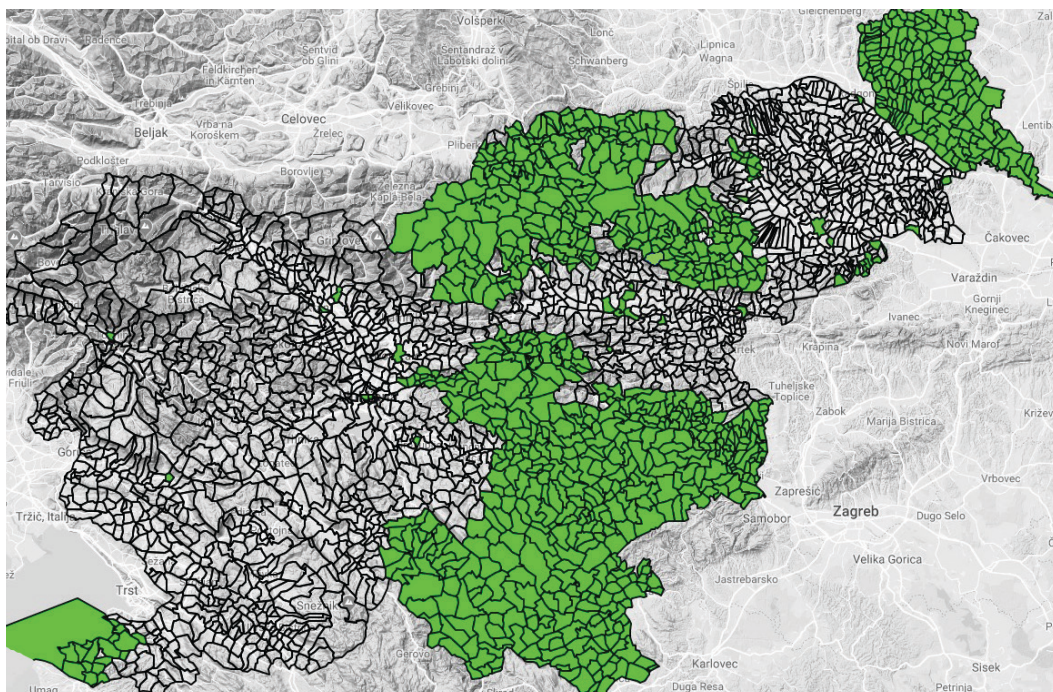
Predlog Zakona o katastru nepremičnin je objavljen na spletni strani ministrstva za okolje in prostor (<http://www.mop.gov.si>), geodetske uprave (<http://www.gu.gov.si>) in na portalu E-demokracija.

Nov pravilnik o vrstah dejanskih rab dela stavbe in vrstah prostorov, ki pripadajo delu stavbe

Zakon o evidentiranju nepremičnin – ZEN (Uradni list RS, št. 47/2006, 65/2007 – odl. US, 79/2012 – odl. US, 61/2017 – ZAIID in 7/2018) v 79. členu ureja dejansko rabo dela stavbe in vrste prostorov, ki pripadajo delu stavbe. Določa, da se dejanska raba dela stavbe določi glede na dejansko uporabo dela stavbe, vrste prostorov pa se opredelijo glede na dejansko rabo dela stavbe, površino in dejansko uporabo tega prostora.

V Uradnem listu RS št. 22/2019 z dne 5. 4. 2019 je objavljen Pravilnik o vrstah dejanskih rab dela stavbe in vrstah prostorov, ki pripadajo delu stavbe. Pravilnik, ki je začel veljati 20. 4. 2019, v celoti nadomešča dosedanjega in uvaja 59 vrst dejanskih rab delov stavb. Te so po novem usklajene za potrebe gradbene zakonodaje (Priloga 2 – povezava s klasifikacijo CC-SI) in preostale uporabnike (vrednotenje nepremičnin, statistika ...).

ZAČETEK 4. FAZE POLOŽAJNE IZBOLJŠAVE ZEMLJIŠKOKATASTRSKEGA PRIKAZA (ZKP)



Slika 1: Katastrske občine, v katerih je bila izboljšava ZKP že izvedena (maj 2019).

Projekt *Lokacijska izboljšava zemljiškokatastrskega prikaza* se izvaja od marca 2018 do oktobra 2020. Operativna skupina Geodetske uprave RS, ki na podlagi podatkov iz evidence zemljiškega katastra in dodatno pridobljenih podatkov zunanjega izvajalca opravlja izboljšavo po posameznih katastrskih občinah,

bo maja 2019 začela obdelavo podatkov iz območja 4. faze. V okviru te faze bo lokacijsko izboljšanih 106 katastrskih občin na območju geodetskih pisarn Gornja Radgona in Ljutomer.

V celoti je izboljšava že dokončana na območjih geodetskih pisarn Murska Sobota, Lendava, Novo mesto, Črnomelj, Brežice, Sevnica, Krško, Trbovlje, Litija, Slovenj Gradec, Velenje, Mozirje, Slovenske Konjice in Slovenska Bistrica, dela geodetske pisarne Koper, skoraj v celoti pa je dokončana na območju geodetske pisarne Kočevje. Skupno število vseh obdelanih katastrskih občin aprila 2019 je tako že 983, kar pomeni 36 % vseh katastrskih občin. Rezultati lokacijske izboljšave se sproti vključujejo v evidenco zemljiškega katastra, in sicer v produkcijsko in tudi distribucijsko okolje. Obdelava podatkov se konec junija 2019 nadaljuje na območju 5. faze (območje geodetskih pisarn Celje, Žalec, Šmarje pri Jelšah in Šentjur pri Celju).

USKLAJEVANJE GRAFIČNIH PODATKOV O POTEKU MEJ OBČIN IN MEJ PARCEL

Meje občin so določene z Zakonom o ustanovitvi občin ter o določitvi njihovih območij (Uradni list RS, št. 108/2006 – uradno prečiščeno besedilo, 9/2011 in 31/2018), in sicer tako, da se območje občine opredeli z naštevanjem naselij, ki so v njej. Naselja in občine se evidentirajo v registru prostorskih enot. Meje naselij so bile določene na kartografski podlagi ter so bile tako tudi vzdrževane in digitalizirane. Grafični podatki zemljiškega katastra, kjer se hranijo podatki o poteku meje parcel, so pridobljeni z digitalizacijo zemljiškokatastrskih načrtov in so tudi vzdrževani na podlagi meritev. Iz opisanega je razvidno, da sta procesa vzpostavitve registra prostorskih enot in zemljiškega katastra zelo različna in temeljita na različnih virih.

Zaradi opisanih razlogov so podatki o poteku meje prostorskih enot večinoma grafično neusklajeni z mejami parcel. Pri uporabi podatkov se je neusklajenost med potekom mej občin in mej parcel izkazala kot zelo problematična. Namen naloge je, da se izvede postopek usklajevanja grafičnih podatkov o poteku mej občin s podatki o poteku mej parcel, ki je enkraten in namenjen vzpostavitvi urejenega stanja podatkov o mejah občin v zemljiškem katastru. Pravna podlaga za usklajevanje podatkov ter njihovo vzdrževanje je podana v 27. členu Zakona o spremembah in dopolnitvah Zakona o evidentiranju nepremičnin (ZEN-A, Uradni list RS, št. 7/2018).

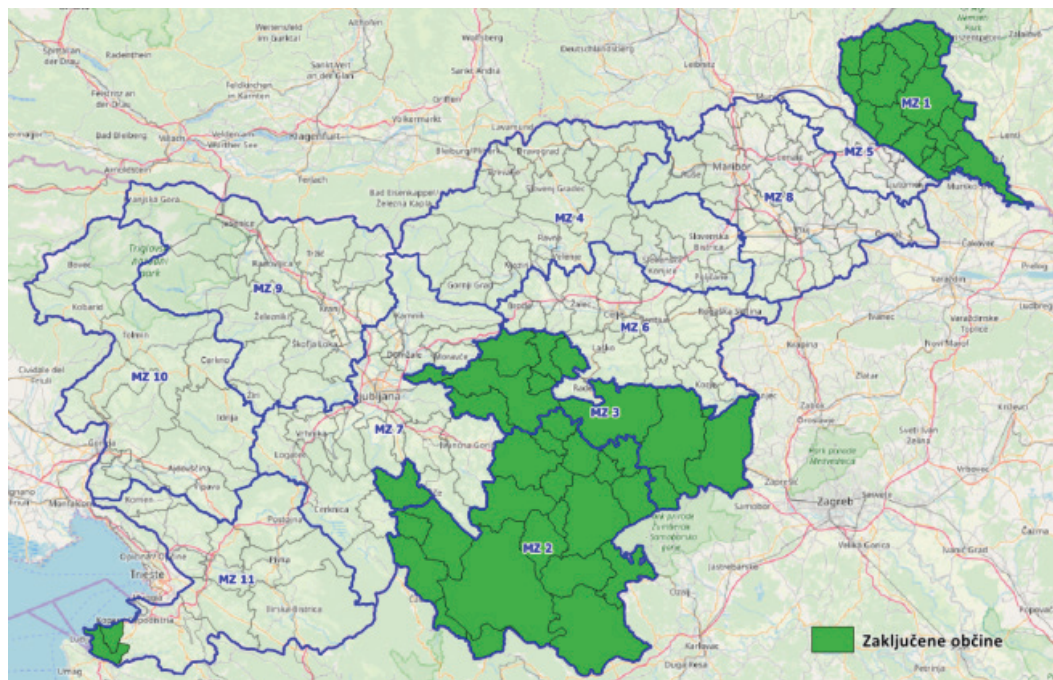
Glede na določbo 27. člena ZEN-A je geodetska uprava pripravila predlog podatkov, ki opisujejo potek mej občin, in sicer tako, da meje občin čim bolj sledijo mejam parcel – le približno sto parcel je bilo takšnih, kjer po predlogu geodetske uprave meja občine še ne poteka po meji parcel. Predlog geodetske uprave so prejele vse občine, nato pa so imele šest mesecev, da ga morebiti ob soglasju obeh (ali več) mejnih občin spremenijo. Predlog spremembe, ki ga posredujejo občine, lahko poteka v 200-metrskem pasu glede na predlog, ki ga je pripravila geodetska uprava (to so manjše, tehnične spremembe). Ker so bile med izvajanjem projekta tudi lokalne volitve, predlog spremenjenih mej pa morajo uskladiti vse občine (potrditi ga morajo njihovi pristojni organi), je bil rok za posredovanje predlogov sprememb podaljšán do 31. 3. 2019.

Meje se usklajujejo po odsekih (meja ene občine z drugo). Po koncu projekta bodo usklajeni podatki evidentirani tako v zemljiškem katastru (kjer se vodijo parcele) kot v registru prostorskih enot (kjer se vodijo meje občin).

MNOŽIČNI ZAJEM PODATKOV IN VZPOSTAVITEV EVIDENCE STAVBNIH ZEMLJIŠČ

Stavbna zemljišča so izrednega pomena za prostorski razvoj in hkrati pomemben kapital, zato je treba poskrbeti za učinkovito gospodarjenje z njimi. Tu pa ugotovimo, da v Sloveniji ni ustreznih evidenc, ki bi zajemale pozidana in nepozidana stavbna zemljišča, pri čemer bi bil razviden tudi njihov razvojni potencial. Ena izmed aktivnosti, s katero se pridobivajo podatki o pozidanih zemljiščih v Sloveniji, je množični zajem stavbnih zemljišč. Skupaj s podatki o zemljiščih, namenjenih javni prometni (cestni in železniški) infrastrukturi, bodo podatki pomemben vir informacij o pozidanih zemljiščih in v nadaljevanju strokovna podlaga za določitev nepozidanih stavbnih zemljišč ter vzpostavitev evidence stavbnih zemljišč. Množični zajem se izvaja na območju celotne Slovenije in je razdeljen na enajst faz. Prve tri, ki zajemajo območje Prekmurja, JV Slovenije, Posavja in Zasavja ter občin Piran in Izola, so že dokončane. Zajetih je približno 24 % vseh poseljenih zemljišč v Sloveniji.

V začetku maja 2019 se je začel zajem na Koroškem ter v delu Savinjske in Podravske regije (faza 4). Projekt naj bi bil končan do konca decembra 2020. Na spletni strani prostorskega informacijskega sistema PIS (<http://www.pis.gov.si>) oziroma v njegovem pregledovalniku (http://storitve.pis.gov.si/pis-jv/evidenca_stavbnih_zemljisc.html) bodo postopno oziroma skladno s terminskim planom množičnega zajema dostopni zajeti podatki o poseljenih zemljiščih – za zdaj so to podatki za Prekmurje (faza 1), JV Slovenijo in občini Piran ter Izola (faza 2).



Slika 1: Dokončane faze množičnega zajema poseljenih zemljišč (2. maj 2019).

SIMPOZIJ EUREF 2019 V TALINU – NASLEDNJE LETO V LJUBLJANI

Letošnji EUREF-simpozij je potekal med 20. in 24. majem 2019 v Talinu v Estoniji. Predstavniki Geodetske uprave smo se ga udeležili, da bi se seznanili z novostmi in smernicami za prihodnost na področju geodetskih referenčnih sistemov ter predstavili stanje v Sloveniji. Letnega simpozija članic, ki delujejo pri evropski podkomisiji za referenčne sestave EUREF v okviru mednarodne zveze za geodezijo IAG, so se udeležili predstavniki več kot 25 držav. Glavne teme simpozija so bile: evropski referenčni sistemi (ETRS89, EVRS), evropska geodetska omrežja (EPN, UELN ...), merske tehnike v geodeziji (GNSS, nivelman, gravimetrija, kombinacija), uporaba v geoznanostih, nacionalna poročila, razprava s sprejetjem resolucij in pregled drugih aktivnosti, povezanih z evropskimi referenčnimi sistemi. Na simpoziju sodelujemo z letnim nacionalnim poročilom, ki ga lahko preberete na spletni povezavi http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/DPKS/EUREF_porocila/Berk_et_al_2019_EUREF2019_29.pdf. Več informacij najdete tudi na spletni strani dogodka: <http://www.maaamet.ee/euref2019>.

Prihodnje leto mednarodni EUREF-simpozij organiziramo v Sloveniji, in sicer v od 26. do 29. maja 2020 v Ljubljani, zato smo vse udeležence tudi uradno povabili na dogodek.



Slika 1: Skupinska fotografija udeležencev EUREF-simpozija 2019.

Zapisala: mag. Klemen Medved in Sandi Berk (Geodetska uprava RS), e-naslova: klemen.medved@gov.si, sandi.berk@gov.si.

GEODETSKA UPRAVA RS NA GEODIGITAL UKRAINE 2019

V Kijevu je 23. maja 2019 potekala prva mednarodna konferenca Ukrajine o prostorski digitalni tehnologiji z naslovom Geodigital Ukraine 2019. Na dogodku je strateške usmeritve slovenske geodetske uprave na tem področju in razvoj ter prve rezultate Programa projektov eProstor predstavila namestnica generalnega direktorja geodetske uprave mag. Erna Flogie Dolinar. Konferenca je bila namenjena mednarodni izmenjavi izkušenj, zamisli in ustvarjanju platforme za združevanje poslovnih praks z zahtevami države. Udeleženci so bili vodilni predstavniki državnih in zasebnih podjetij, potencialni investitorji, predstavniki centralnih in lokalnih oblasti, podjetniki, znanstveniki in strokovnjaki s področja geoinformacijskih tehnologij. Na konferenci so govorniki, ki so prihajali iz Ukrajine, Evrope, Kavkaza in Srednje

Azije, delili poglede na svetovne trende v panogi, predstavili najnovejše geoinformacijske tehnologije, uspešne primere praktične uporabe geoprostorskih podatkov za reševanje problemov različnih sektorjev države in gospodarstva.

Organizatorji so s konferenco želeli ustvariti razmere za uspešno implementacijo in uporabo sodobnih geoinformacijskih tehnologij za razvoj in učinkovito upravljanje sektorske infrastrukture v državi. Glavne teme so bile: najnovejši trendi razvoja geoinformacijskih tehnologij in mednarodne izkušnje na področju njihove uporabe; praktične sektorske rešitve za državo in poslovanje; razstava najnovejših inovacijskih tehnologij ter platforma za izmenjavo izkušenj in razvoj partnerstev.

Zapisala: mag. Erna Flogie Dolinar (Geodetska uprava RS), e-naslov: erna-flogie-dolinar@gov.si.

DELAVNICA UN GGIM NA TEMO POVEZOVANJA STATISTIČNIH IN PROSTORSKIH PODATKOV

Generalni direktor Geodetske uprave RS Tomaž Petek se je kot predsedujoči izvršilnemu odboru UN GGIM Evropa udeležil delavnice o integraciji prostorskih in statističnih podatkov, ki je potekala v Beogradu od 21. do 23. maja 2019. Organizirana je bila v sodelovanju med UN-ECE, Eurostatom, Evropskim združenjem za prosto trgovino (EFTA), Srbskim statističnim uradom in UN-GGIM: Evropa. Na delavnici je sodelovalo več kot sedemdeset strokovnjakov iz statističnih uradov in geodetskih uprav ter mednarodnih združenj. Bila je priložnost za izmenjavo izkušenj in rezultatov različnih projektov na področju povezovanja in uporabe podatkov, ki jih vodijo in vzdržujejo v svojih evidencah. Več podatkov o delavnici je na voljo na spletni strani UN-ECE.



Slika 1: Utrinek z delavnice UN-GGIM: Evropa iz Srbije.

Povezava na spletno stran UN-ECE: <https://www.unece.org/stats/documents/2019.05.datainteg.html>

NOVICE UNIVERZE V LJUBLJANI, FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

LETNO SREČANJE IN SEMINAR ISO TC 211 V MARIBORU



Slika 1: Predstavniki Slovenije na seminarju IS TC 211.

Med 3. in 7. junijem 2019 je v Mariboru potekalo 48. plenarno zasedanje Tehnične komisije za geografske informacije/geomatiko TC 211 (angl. *Technical Commission 211 – Geographic information/Geomatics*), ki deluje v okviru mednarodne organizacije za standardizacijo ISO (angl. *International Organization for Standardization*). Hiter razvoj tehnologij za zajem, obdelavo in posredovanje prostorskih podatkov na eni strani ter vse večje povpraševanje po raznolikih geoinformacijskih storitvah narekujejo nadaljevanje dela TC 211, kar je razvidno iz programa zasedanja in programa dela navedene komisije. Delo komisije je organizirano v pet delovnih skupin, to so WG 4: Geoprostorske storitve (angl. *Geospatial services*),

WG 6: Rastrske podobe (angl. *Imagery*), WP 7: Informacijske družbe (angl. *Information communities*), WP 9: Upravljanje informacij (angl. *Information management*) in WP 10: Javni dostop (angl. *Ubiquitous public access*). V okviru zasedanja komisije ISO TC 211, v soorganizaciji s slovenskim inštitutom za standardizacijo SIST, je v sredo, 5. junija 2019, potekal seminar z naslovom *Standards in Action*, ki je bil odprt za strokovno javnost. Na seminarju, kjer je udeležence pozdravila tudi mag. Erna Flogie Dolinar, namestnica direktorja geodetske uprave, so bili predstavljeni izzivi in dejavnosti na področju standardizacije v geomatiki. Med drugim je dr. Anka Lisec udeležence seznanila s projektom evropskega združenja EuroSDR z naslovom GeoBIM, katerega namen je prispevati k medopravilnosti podatkovnih modelov, informacij in procesov med sistemi za informacijsko modeliranje gradenj (BIM) in geografskimi informacijskimi sistemi (GIS).

Zapisala: dr. Marjan Čeh (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo) in Irena Ažman (Geodetska uprava RS), e-naslova: marjan.ceph@fgg.uni-lj.si, irena.azman@gov.si.

NOVICE IZ NEWS FROM GEODETSKIH DRUŠTEV PROFESSIONAL SOCIETIES



NOVICE LJUBLJANSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA

KRIM – 25 LET: KOORDINATNO IZHODIŠČE PRVE KATASTRSKE IZMERE NA OBMOČJU SLOVENIJE

Letos mineva petindvajset let, odkar je Ljubljansko geodetsko društvo (LGD) ob koči na vrhu Krima postavilo obeležje izhodišču krimskega koordinatnega sistema. Ob visokem jubileju je društvo pripravilo slovesnost, na katero je povabilo vse slovenske geodete. Odmevna prireditve ob postavitvi obeležja leta 1994 je pomenila veliko priznanje stroki, Krim pa je postal razpoznaven simbol geodetske dejavnosti v Sloveniji. Slovesnost je imela poleg strokovnega in širše srednjeevropskega tudi izrazito domoljubni značaj.

Na območju nekdanje Avstro-ogrske je bilo šest koordinatnih izhodišč. Pobudo za postavitve obeležja na Krimu, kot zadnjega od teh šestih, je dal tedanji direktor avstrijskega zveznega urada za meroslovje in geodezijo BEV gospod Hrbek, ki se je udeležil otvoritvene slovesnosti poleg drugih gostov iz sosednjih držav. Pobudo za postavitve obeležja na Krimu je 'posvojilo' Ljubljansko geodetsko društvo. Društvo je pridobilo ustrezna soglasja in skupaj s planinskim društvom Preserje-Podpeč uredilo okolico planinske koče na Krimu. Sredstva so prispevali mesto Ljubljana, Geodetska uprava RS, sponzorji iz vrst slovenskih geodetov in še nekateri. Tedanji predsednik društva, pokojni kolega mag. Pavel Zupančič, je postal motor organizacijskega odbora in tudi v nadaljnjih letih neutrudno prispeval k zasnovi in izvedbi naših vsakoletnih stanovskih srečanj. Tradicionalno, družinsko obarvano srečanje geodetov naše regije se utrjuje že 25 let.

Ob deseti obletnici postavitve obeležja, leta 2004, je v sodelovanju z Geodetsko upravo RS, Oddelkom za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter pod okriljem Zveze geodetov Slovenije društvo jubilej zaznamovalo z več aktivnostmi. Kot uvod v slovesnost ob obeležju je v Ljubljani potekal mednarodni strokovni posvet *Geodetska izmera – obeti in realnost*, pripravljena je bila razstava *Krim 1994–2004* in ob koncu je župan občine Ig pripravil sprejem za udeležence slovesnosti na vrhu Krima. Dodatno je pomen dogodka s svojim obiskom poudaril prof. dr. Holger Magel, predsednik mednarodne zveze geodetov FIG (angl. *International Federation of Surveyors*), ki ga je dopolnil s predavanjem *Novi izzivi na področju izobraževanja v geodeziji in geoinformatiki*. Tedanji predsednik Zveze geodetov Slovenije mag. Bojan Stanonik je ob sami točki na Krimu iz rok profesorja dr. Holgerja Magla simbolno prejel plaketo ob sprejemu Slovenije v krovno stanovsko organizacijo.

Krim je s svojimi 1107 metri višine najvišji vrh v občini Ig. Poleg tega, da je na Krimu pomembna geodetska točka, je na tem nekdanj zaprtem območju dolga leta, skrito za javnost, delovala vojska. Danes je Krim priljubljena izletniška in planinska točka. Dve tretjini Krimskega hribovja prekriva gozd, ki ponuja življenjski prostor številnim živalim, z vrha se ponuja razgled na Ljubljansko barje in okoliško sredogorje, pogled vsakega obiskovalca pa se ustavi na alpski kulisi.

Predlagane so bile tradicionalne (vsakoletne) dostopne smeri:

1. POHOD (daljša različica), predlagan začetek ob 9.00 pri Domu v Iškem vintgarju, pohod po gozdni markirani poti na vrh Krima, $\Delta h = 750$ m;
2. POHOD, predlagan začetek ob 10.00 na križišču ceste Preserje–Rakitna in ceste na Krim, pohod po gozdni cesti na vrh Krima, $\Delta h = 300$ m;
3. KOLESARJENJE, predlagan začetek ob 10.15 na križišču ceste Preserje–Rakitna in ceste na Krim, vožnja po osem kilometrov dolgi makadamski cesti na vrh Krima;
4. TEK, predlagan začetek 10.30 na križišču ceste Preserje–Rakitna in ceste na Krim, tek po osem kilometrov dolgi gozdni makadamski cesti na vrh Krima, $\Delta h = 300$ m.

Poleg govorcev so se prireditve na vrhu, po pristopu s predlaganih izhodišč, udeležili številni člani Ljubljanskega geodetskega društva in predstavniki drugih lokalnih geodetskih društev, njihovi družinski člani, predstavniki geodetskih podjetij in tudi številni drugi obiskovalci. Njihovo število je preseglo pričakovanih sto oseb, za vztrajnost pa so bili nagrajeni z vedrim vremenom.

Pozdravni govor je imel predsednik Zveze geodetov Slovenije mag. Blaž Mozetič, ki je poudaril pomen ohranjanja spomenikov kulturne dediščine in prisotne spomnil na vrsto izvedenih tovrstnih aktivnosti pod okriljem Zveze geodetov Slovenije ter se zahvalil organizatorjem za vzdrževanje tradicionalnih stanovskih srečanj ob tej točki. Slavnostni govor, generalni direktor Geodetske uprave RS gospod Tomaž Petek, pa je poleg potrditve zavedanja o nujnosti permanentnega vzdrževanja pomnikov tehnične kulture predstavil usmeritve Geodetske uprave RS in s tem pripravo in vzpostavitev 'bodočih spomenikov' geodetske dejavnosti z izvedbo vsakoletnega programa del državne geodetske službe, v okviru katerega nastajajo nove oziroma se izboljšujejo obstoječe evidence. Na koncu je poudaril pomen sodelovanja vseh akterjev za uspešen razvoj stroke.

Zgodovinski pomen točke na Krimu je predstavil starosta Ljubljanskega geodetskega društva in letošnji prejemnik plakete Zveze geodetov Slovenije za življenjsko delo gospod Marjan Jenko, aktualno dogajanje in aktivnosti, ki jih bo treba izvesti na področju državnega prostorskega koordinatnega sistema v prihodnje, pa predstojnik Oddelka za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani prof. dr. Stopar. Prireditve je popestril kulturni program v izvedbi vokalistke Zale Hodnik in pianistke Aleksandre Naumovski Potisk.

PROGRAM PRIREDITVE NA KRIMU:

POZDRAVNI GOVORI

Milan Brajnik, predsednik Ljubljanskega geodetskega društva, nagovor organizatorja
mag. Blaž Mozetič, predsednika Zveze geodetov Slovenije
Tomaž Petek, generalni direktor Geodetske uprave Republike Slovenije

VSEBINSKA PREDSTAVITEV

Marjan Jenko, univ. dipl. inž. geodezije – Zgodovinski pomen točke na Krimu
prof. dr. Bojan Stopar, UL-Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo – Državni
 prostorski koordinatni sistem

PODELITEV PRIZNANJ KRIMSKE TOČKE IN DRUŽABNO SREČANJE

Kot je o tem spomeniku tehnične kulture nekoč zapisal pokojni kolega Peter Svetik, noben narod ne more celovito ovrednotiti lastnega razvoja, če ne pozna svojih korenin, ki se močno zrcalijo prav v zemljiški politiki, lastninskih odnosih na nepremičninah, nastajanju in razvoju naselij, prometnih povezav, nastajanju zemljepisnih imen, oblikovanju pokrajin in podobno. S tem so povezana družbena in socialna vprašanja, prizadevanja za lastno samobitnost in uveljavitev, vprašanja gospodarske moči, posledično sama družbena ureditev. Mnogo tega v Sloveniji korenini tudi v dejstvu, da je bila na Krimu vzpostavljena izhodiščna trigonometrična točka, ki je omogočila zemljemerske meritve ter izdelavo načrtov in kart, torej evidentiranje prostorskih podatkov.

Ob današnjem hitrem načinu življenja in v toku izjemnih sprememb, ki jih prinaša skokovit tehnološki razvoj, je ohranjanje spomenikov kulturne dediščine s področja geodezije in zavedanje o strokovnih dosežkih predhodnikov pogosto zanemarjeno oziroma prezrto, pa vendar to ostaja dolžnost vseh nas in tudi nujni temelj za razvoj stroke. Brez poznavanja korenin ne bo pravih odločitev za prihodnost!

Uspešnost prireditve izpričujejo številna priznanja in zahvale gostov, tradicionalna vsakoletna druženja geodetov na vrhu Krima pa so nedvomno tudi pridobila dodaten zagon.



Slika 1: Med himno ob obeležju.



Slika 2: Predstavitve zgodovinskega pomena točke.

Zapisal: Milan Brajnik, predsednik Ljubljanskega geodetskega društva, e-naslov: milan.brajnik@gis.si

Foto: Miha Muck, e-naslov: ahimuck@gmail.com

OGLED ASTRONOMSKO-GEOFIZIKALNEGA OBSERVATORIJA GOLOVEC

Člani Ljubljanskega geodetskega društva smo se v četrtek, 18. aprila 2019, ob štirih popoldne zbrali pred observatorijem Golovec v Ljubljani. Dan je bil topel in sončen, zato smo ogled izkoristili še za krajši sprehod od vznožja Golovca do poslopja observatorija. Udeležba je bila odlična, saj smo zasedli vsa razpoložljiva mesta. Ogled je trajal eno uro in je obsegal prikaz delovanja teleskopa Vega ter predstavitev nočnega neba v predavalnici observatorija. Predavanje je bilo zelo poučno in zanimivo.

Prvi del predavanja je potekal v kupoli observatorija, zgrajeni leta 1958. Tam od leta 2004 stoji 70-centimetrski teleskop Vega, ki je plod domačega znanja in tehnologije. Uporablja se predvsem



Slika 1: Stavba astronomsko-geofizikalnega observatorija Golovec.



Slika 2: Utrinek s predstavitve teleskopa v kupoli observatorija Golovec.

v izobraževalne namene. Tu študentje opravljajo opazovalne projekte in diplomske naloge. Predavatelj nam je razložil, kako deluje teleskop in kako poteka opazovanje vesolja. Pokazal nam je tudi postopek izmere svetlosti zvezd in galaksij. Nato smo se preselili v predavalnico observatorija, kjer je sledilo še zanimivo predavanje o Luni in planetih našega osončja.



Slika 3: Del teleskopa Vega (zrcalo).



Slika 4: Dokaz, da je teleskop Vega domače izdelave ...

Se vidimo na naslednjem društvenem dogodku!

Zapisala: Mateja Kastelic Krže, e-naslov: mateja25@gmail.com

Foto: Miha Muck, e-naslov: ahimuck@gmail.com



NOVICE DOLENJSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA

ZBOR ČLANOV DOLENJSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA IN IZOBRAŽEVALNI DAN

Dolenjsko geodetsko društvo je 28. marca 2019 v Šentjerneju sklicalo zbor članov in izobraževalni dan. Na izredno mrzel spomladanski dan smo se zbrali člani društva iz Dolenjske in Posavja, letno srečanje smo pričeli v muzeju na prostem Pleterje.

Tovrstni muzeji popeljejo obiskovalca v pretekle čase – v čase pozabljenih vrednot in tradicije, domače hrane, preprostih oblačil in skromnega življenja v slabih razmerah. Sprejel nas je prijazen oskrbnik, ki že dvajset let skrbi za muzej, vrtove in živali, izvaja delavnice za otroke in prodaja domače izdelke. Ge-

odete nas je popeljal skozi črno kuhinjo in druge prostore Kegljevičeve hiše iz leta 1833, registrirane kot kulturni spomenik. Nismo se mogli načuditi kratkim posteljam in majhnim okencem. Mraz, ki nam je šel do kosti, smo pregnali s pokušino mašnega vina, modre frankinje in pleterskega žganja. A potem si stranišča na štrbunk dekleta nismo upala preizkusiti.



Slika 1: Ogled muzeja na prostem Pleterje.



Slika 2: Udeleženci srečanja med ogledom posestva.



Slika 3: Domači živali na posestvu (levo) in šentjernejski petelini (desno).



Sprehod po posesti je zelo živahen, geodete so zabavali prijazni živalski stanovalci domačije: kuža, pujs, race, goske, kure in seveda glavni lokalni frajer – šentjernejski petelin.

Poslovili smo se od prijaznega gostitelja in bučnih živalskih stanovalcev. V tišini smo se sprehodili po 600 let starem samostanskem drevoredu do edinega delujočega kartuzijanskega samostana na območju vzhodne Evrope – samostana Pleterje. Prezebli smo si ogledali še bolj mrzlo staro gotsko cerkev sv. Trojice iz leta 1406 ter zunanje kapele. V zakristiji gotске cerkve smo se prepustili multivizijski predstavitvi, ki nas je popeljala v svet tišine, skromnosti in molitve menihov. Podučili smo se tudi o sadjarsko-vinogradniških aktivnostih meniškega reda in njihovem predanem kmetovanju v sožitju z naravo.

Po duhovno poglobljenem ogledu smo se odpravili v hribe na posvetnejše zadeve, na zbor članov in večerjo v zidanici Majzelj nad Šentjernejem. Marčevski mraz je naredil svoje, aperitiv in prigrizek pred zidanico sta bila kot nujna prva pomoč.

Novem mestu je bil izveden odlično, k uspešnosti dogodka so z veliko vloženega truda prispevali tudi člani našega društva. Sedanjemu vodstvu DGD je potekel že drugi triletni mandat in smo ga brez vojaškega puča precej mirno razrešili. Dosedanji predsednik Boštjan Pucelj je podal kratek rezime svojega dela, se

zahvalil svojim sodelavcem in podelil z nami svoje smeje načrte na drugih področjih. Dekleta so se mu prisrčno zahvalila. Po zelo kratki predvolilni kampanji in še krajšem predvolilnem molku, ki je bil kršen s trkanjem kozarcev, smo izvolili novo vodstvo.



Slika 4: Načrt kartuzije Pleterje.



Slika 5: Sprejem pred zidanico Majzelj nad Šentjernejem.

Potem ko so nam domačini postregli z domačo juhico, smo se končno ogreli na delovno temperaturo in pričeli zbor članov. Poročila o opravljenem delu smo sprejeli in pohvalili. Geodetski dan oktobra lani v Novem mestu je bil izveden odlično, k uspešnosti dogodka so z veliko vloženega truda prispevali tudi člani našega društva. Sedanjemu vodstvu DGD je potekel že drugi triletni mandat in smo ga brez vojaškega puča precej mirno razrešili. Dosedanji predsednik Boštjan Pucelj je podal kratek rezime svojega dela, se zahvalil svojim sodelavcem in podelil z nami svoje smeje načrte na drugih področjih. Dekleta so se mu prisrčno zahvalila. Po zelo kratki predvolilni kampanji in še krajšem predvolilnem molku, ki je bil kršen s trkanjem kozarcev, smo izvolili novo vodstvo.



Slika 6: Novi predsednik Janez Dular (levo) in stari predsednik Boštjan Pucelj (desno).



Slika 7: Novi člani DGD.

Triletni mandat je nastopil novi predsednik Janez Dular s sodelavci. Pogumno je stopil v velike Boštjanove škornje in predstavil načrt dela v naslednjem letu. Ko je bilo delovno razpoloženje geodetskega članstva na vrhuncu, smo presenetljivo sprejeli spontan predlog za povečanje članarine. Stari in novi predsednik sta družno opravila krst novih mladih članov, ki smo jih zelo veseli.

Bistveno bodo izboljšali starostno strukturo članov, zaradi katere že grozi, da bo na izletih sčasoma potrebna tudi medicinska ekipa. Pa saj zaenkrat še ni tako hudo. Vsaj na naslednjem izletu v Srbijo si bomo pomagali samo z Miranovo dezinfekcijo. Po zaključenem občnem zboru se je spustila tako črna tema, da poročila o nadaljevanju v bližnji Jernejevi zidanici ni bilo mogoče pripraviti.

Zapisala: Duška Najvirt Jeličič, e-naslov: duska.najvirt@gmail.com

Foto: Mateja Janežič, e-naslov: mateja.janezic@gov.si

NOVICE FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI

STROKOVNA ESKURZIJA ZA ŠTUDENTE MAGISTRSKEGA ŠTUDIJA – KRAKOV 2019

Med 12. in 16. majem je bila kot obvezna študijska vsebina izvedena strokovna ekskurzija v Krakov. Udeležili smo se je študentje dveh magistrskih študijskih programov, in sicer geodezije in geoinformatike ter prostorskega načrtovanja. Skladno s tem so bile na ekskurziji zajete vsebine obeh študijev.

Strokovna ekskurzija se je pričela v nedeljo z vožnjo proti Krakovu in vmesnim postankom v Bratislavi.



Slika 1: Obisk rudnika soli (foto: G. Mrak).



Slika 2: Ogled Krakova (foto: A. Mestnik).



Slika 3: Fundamentalna točka Hermannskogel (foto: A. Mestnik).

V slovaški prestolnici smo si sprva ogledali grad, nato pa smo se sprehodili po mestnih ulicah. Naslednji dan smo obiskali Fakulteto za upravljanje zemljišč in krajinsko arhitekturo, ki deluje v okviru Univerze za agronomijo. Seznanili smo se z delovanjem fakultete in njihovimi študijskimi programi. Strokovni del ekskurzije smo nadaljevali v podjetju Hera, ki se ukvarja z zagotavljanjem spletnih navigacijskih kart za avtomobilsko industrijo. Zaposleni so nam pripravili zanimivo predavanje s poudarkom na »big data«, velikih podatkovnih nizih, ki zaznamujejo področje kartografije v 21. stoletju. V pridobivanje prostorskih podatkov so vključeni tudi uporabniki, ki posredno ali neposredno posredujejo podatke o lokaciji. Dan smo sklenili z ogledom rudnika soli Wieliczka, kjer so kopali sol že od srednjega veka, danes pa so rovi in dvorane z iz soli izklesanimi kipi ena izmed najbolj znanih turističnih znamenitosti Krakova.

Program se je nadaljeval z obiskom nekaj več kot 400 metrov dolge vodne pregrade in hidroelektrarne Niedzica, ki za delovanje uporablja vodo iz akumulacijskega jezera. Na vodenem ogledu smo spoznali delovanje hidroelektrarne ter pomen geodetskih meritev pri tem. Sledila sta obisk ter predavanje na Fakulteti za rudarstvo in geodezijo.

Dnevu s pretežno geodetskimi tematikami je sledil vsebinsko poln dan za prostorske načrtovalce. Obiskali smo Inštitut za urbano in regionalno planiranje ter Oddelek za regionalno planiranje na Ekonomski fakulteti. V nadaljevanju so nam predstavili projekt revitalizacije naselja Nowa Huta, ki smo si ga pozneje tudi ogledali. Projekt je ciljno usmerjen v preoblikovanje naselja v območje, na katerem bo mogoč razvoj gospodarstva, znanosti in kulture v sožitju z zasnovanim zelenim sistemom. Po končanem strokovnem delu smo se odpravili na turističen ogled Krakova.

Pester program strokovne ekskurzije smo končali na Dunaju. Povzpeli smo se na hrib Hermannskogel na zahodni strani mesta. Steber na opazovalnem stolpu je tako imenovana fundamentalna točka in je bil izhodišče za celotno triangulacijsko mrežo avstro-ogrske monarhije in geodetski datum tudi za nekdanjo Jugoslavijo.

S strokovne ekskurzije smo se vrnili polni lepih vtisov, doživetij in strokovnih spoznanj. Zahvaljujemo se profesorjem za organizacijo ter UL FGG za sofinanciranje ekskurzije.



Slika 4: Inštitut za urbano in regionalno planiranje
(foto: A. Mestnik).



Slika 5: GNSS-postaja na Univerzi za agronomijo
(foto: G. Mrak).

Zapisala Ana Mestnik za študente magistrskega študija geodezije in geoinformatike ter prostorskega načrtovanja UL FGG

STROKOVNI OBISK ZA ŠTUDENTE GEODEZIJE NA PTUJU

Na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani (UL FGG) v skladu s cilji študijskih programov v vsebine dodiplomskih in podiplomskih študijev vključujemo tudi predavanja strokovnjakov iz prakse. V petek, 24. maja 2019, smo tako s študenti 3. letnika prve stopnje študija geodezija in geoinformatika ter 2. letnika študija tehnično upravljanje nepremičnin obiskali Ptuj. Tam so nas sprejeli na območni geodetski upravi Ptuj (OGU Ptuj), kjer so nam predstavili organizacijo, delovne procese in aktualne projekte, predvsem v povezavi s katastrskim evidentiranjem nepremičnin in preurejanjem zemljišč. Posebej smo se seznanili z njihovimi izkušnjami na področju komasacij kmetijskih zemljišč. Sodelavcem OGU Ptuj so se pri tem pridružili še vodja komasacij na upravi enoti Ptuj in predstavnik geodetskega podjetja, ki je ravno končalo izvedbeni del komasacije na območju. Sledil je ogled komasacijskega območja Videm 3, kjer smo se seznanili tudi z vzporednimi ukrepi kmetijskega preurejanja, kot je ureditev poljskih poti.

Za zanimiv program in gostoljubje se iskreno zahvaljujemo OGU Ptuj, Geodetskemu zavodu Celje d. o. o. in kmetiji Svenšek iz Sel, Lovrenc na Dravskem polju!



Slika 1: Udeleženci strokovnega obiska z gostiteljem Jožetom Dajnikom, OGU Ptuj.

Zapisala: izr. prof. dr. Anka Lisec, e-naslov: anka.lisec@fgg.uni-lj.si

DIPLOME IN MAGISTERIJI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 2. 2019 DO 30. 4. 2019

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Gašper Antolin Analiza geometrije doskočišč smučarskih skakalnic in fotogrametrično pridobivanje podatkov o letu skakalca

Mentor: izr. prof. dr. Mitja Lakner

Somentorja: dr. doc. dr. Dejan Grigillo, asist. dr. Tilen Urbančič

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=106535>

Klemen Oset Kartiranje prometnih nesreč iz fotografij z daljinsko vodenega zrakoplova

Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Somentorja: doc. dr. Dejan Grigillo, mag. Vasja Bric

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=106876>

Aljaž Škrabar Analiza kakovosti zemljiškokatastrskega prikaza na mejah katastrskih občin

Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentorja: doc. dr. Marjan Čeh, asist. Mateja Krivic

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=107576>

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE PROSTORSKO NAČRTOVANJE

Tanja Elsner Predlog ukrepov za reaktivacijo industrijskih degradiranih območij na primeru Zasavske statistične regije

Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

Somentorja: doc. dr. Marjan Čeh, asist. Mateja Krivic

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=106877>

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN

Tomaž Fekonja Reševanje zemljiških sporov s primeri iz prakse

Mentor: viš. pred. dr. Miran Ferlan

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=106461>

Marko Zaviršek Ocena višinske točnosti DMR iz posnetkov iz letalnika

Mentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Somentor: doc. dr. Dejan Grigillo

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=106848>

Vir: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (študijski referat)



 **hidroinženiring d.o.o.**

Projektiranje in inženiring hidrotehničnih objektov,
čistilnih naprav in drugih nizkih gradenj
Slovenčeva 95, 1000 Ljubljana, Slovenija



■ Authorized **Leica Geosystems** Distributor

1993 - 2018

KOLEKTOR





Svetovanje in storitve s področja nepremičnin, infrastrukture in prostora

- Slovenija
- Hrvaška
- Srbija
- Makedonija

Real estate and spatial management

- Slovenia
- Croatia
- Serbia
- Macedonia

Upravlajmo s prostorom - SKUPAJ

Let's manage e-spatially - TOGETHER

www.igea.si



Res je, da smo šele v pričakovanju pomladi, vendar bo tudi poletje tukaj, kot bi mignil. Z njim pa poletna šola Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, kjer bodo lahko srednješolci in osnovnošolci od 12. leta dalje preko zanimivih delavnic spoznali delo inženirja - geodeta, gradbenika in vodarja. **HIŠA** je osrednja tema letošnje poletne šole, ki jo Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pripravlja v sodelovanju z Zvezo za tehnično kulturo Slovenije (ZOTKS) in bo udeležence letos navduševala **od 1. – 5. julija**.

Načrtovali in izdelali bomo 3D model hiše

Hišo poznamo kot zgradbo, ki je namenjena bivanju. Prav je, da se vprašamo, kje in kako lahko hišo zgradimo. Vse skupaj se začne z načrtovanjem in umestitvijo v prostor. Poleg klasičnega načrtovanja hiše nam računalniški programi omogočajo izdelavo realističnih 3D-modelov, ki jih lahko tudi natisnemo s 3D-tiskalniki. Potem pa so tukaj še gradbeni materiali, katerih lastnosti je treba poznati, da jih lahko primerno uporabimo pri gradnji.



**Poletna šola
UL FGG 2019**

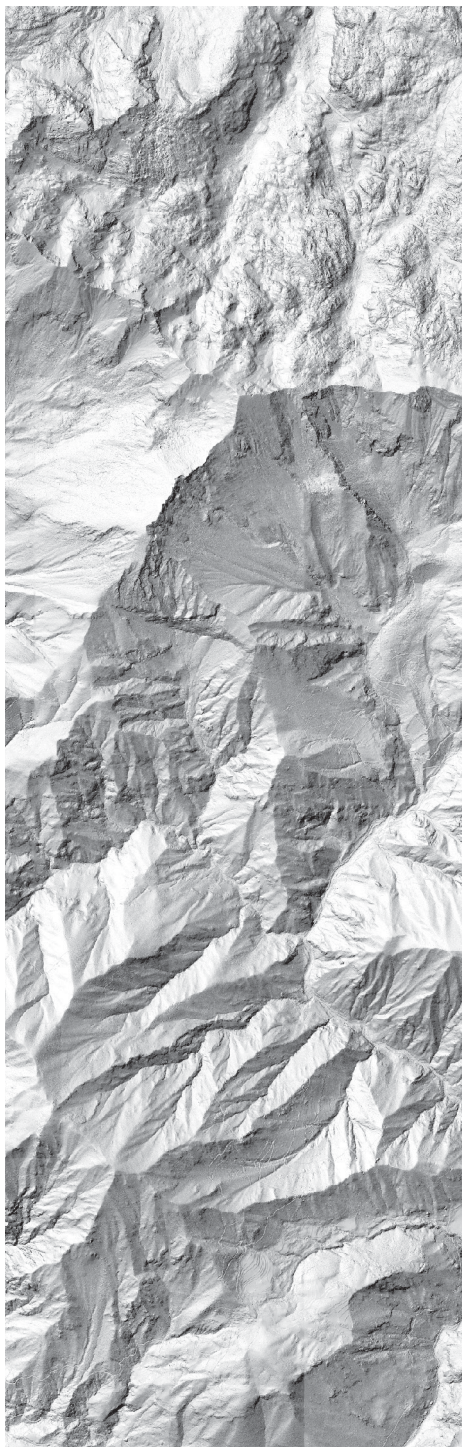


1. - 5. 7. 2019

Pomembne informacije

Po želji bo za udeležence organizirano tudi spanje z zajtrkom in večerjo v Dijaškem domu Vič. Prijava na poletno šolo je možna na povezavi <https://bit.ly/2HCY79X>, kjer najdete tudi več informacij. Ob prijavi je potrebno vplačati prispevek za udeležbo v višini 50,00 EUR (oziroma 150,00 EUR če bo udeleženec/ka spal/a v dijaškem domu, tj. skupaj s prenočitvijo, zajtrki in večerjami).

Za dodatne informacije pišite na: tabori@zotks.si oz. poletnasola@fgg.uni-lj.si.



Podoba analitičnega senčenja DMR1
Laserskega skeniranja Slovenije 2014-2015

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**

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

SPONZORJI 25. OBLETNICE POSTAVITVE OBELEŽJA NA KRIMU



GEODETSKA DRUŽBA



Geodetski
zavod

Celje d.o.o.



■ Authorized **Leica Geosystems** Distributor



AGEA
Inženiring d.o.o.



nepremičnine in
telekomunikacije

atr.sis
Informacijska oprema in storitve d.o.o.



GEODETSKI 2019 VESTNIK

Geodetski vestnik je odprtodostopna revija, ki izhaja štirikrat letno v tiskani in spletni različici. V *Geodetskem vestniku* objavljamo recenzirane znanstvene in strokovne članke, pregledne članke, strokovne razprave ter druga podobna dela s področij geodezije, geodetske izmere, daljinskega zaznavanja, fotogrametrije, geoinformatike, prostorske podatkovne infrastrukture in prostorskega podatkovnega modeliranja, sistemov v podporo odločanju v prostoru, upravljanja zemljišč in prostorskega planiranja. Kot glasilo *Zveze geodetov Slovenije* objavljamo tudi novice v geodetski stroki, kar vključuje novice državne geodetske uprave, novice nacionalnih in mednarodnih strokovnih združenj, poročila o projektih in dogodkih, sporočila članom zveze in podobne zapise.

Več informacij o reviji in navodila za pripravo prispevkov najdete na spletni strani revije www.geodetski-vestnik.com.

Geodetski vestnik is an open access journal, issued quarterly in print and online versions. It publishes double-blind peer-reviewed academic and professional articles, reviews, discussions, and related works from the fields of geodesy, land surveying, remote sensing, photogrammetry, geoinformatics, spatial data infrastructure and spatial data modelling, spatial decision support systems, land management, and spatial planning. As the bulletin of the *Association of Surveyors of Slovenia*, the journal also publishes news in the surveying profession, including news from the surveying and mapping authority of Slovenia, news from national and international professional societies, reports on projects and events, communications to members, and similar reports.

More information about the journal and instructions for authors is available at www.geodetski-vestnik.com.