

Geodetski list

GLASILO HRVATSKOGA GEODETSKOG DRUŠTVA

18. Simpozij ovlaštenih inženjera geodezije

 **Bol na Braču** | Bluesun Hotel Elaphusa
22. – 25. listopada 2025.

GEODEZIJA
regulirana djelatnost

2025

NA PROGRAMU:

Pozvani predavači

Toni Milun
prof. dr. sc. Josip Atalić

Pozvana predavanja

Ministarstvo rada, mirovinskog sustava,
obitelji i socijalne politike
Državna geodetska uprava
Hrvatska udruga poslodavaca

Radionice Hrvatske komore ovlaštenih inženjera geodezije

 Hrvatska komora
ovlaštenih
inženjera geodezije

 THE COUNCIL OF EUROPEAN GEODETIC SURVEYORS
COMITÉ DE L'UNION DES GÉOMÈTRES EUROPÉENS

Izdavač / Published by:



HRVATSKO GEODETSKO DRUŠTVO CROATIAN GEODETIC SOCIETY

HR-10000 Zagreb, Berislavićeva 6, Tel./Fax.: (+385 1) 46 39 371, IBAN: HR1723600001101433512 (Zagrebačka banka);
E-mail: HGD1952hr@gmail.com, URL: <https://www.hgd1952.hr/>

Glavni urednik / Editor-in-chief:

Prof.dr.sc. Damir Medak

Zamjenici glavnog urednika / Associate editors:

Prof.dr.sc. Robert Župan

Izv.prof.dr.sc. Hrvoje Tomić

Tehnički urednik / Technical editor:

Prof.dr.sc. Mladen Zrinjski

Urednički odbor / Editorial board:

Univ.Prof.Dr.-Ing. Thomas Wunderlich (München, Germany),

Prof.dr.ing. Pavao Štefanović (Enschede, Netherland),

Prof.Dr. Alojz Kopačik (Bratislava, Slovakia), prof.dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenia),

prof.dr.sc. Tomislav Bašić, prof.dr.sc. Mario Brkić, prof.dr.sc. Teodor Fiedler,

prof.dr.sc. Stanislav Frangeš, prof.dr.sc. Damir Medak, izv.prof.dr.sc. Rinaldo Paar,

izv.prof.dr.sc. Hrvoje Tomić, prof.dr.sc. Mladen Zrinjski,

prof.dr.sc. Robert Župan (svi iz Zagreba), prof.dr.sc. Ivana Racetin (Split)

Adresa uredništva / Editorial board:

Geodetski fakultet, HR-10000 Zagreb, Kačićeva 26

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

E-mail: geodetskilist@gmail.com

Uredništvo ne mora uvijek biti suglasno sa stavovima autora.

Časopis je besplatno dostupan / Free available:

<https://hrcak.srce.hr/geodetski-list>; <https://www.hgd1952.hr/index.php/geodetski-list>

Lektorica / Proof reader:

Branka Makovec, prof.

Geodetski list se tiska uz financijsku pomoć

Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske.

Međunarodni izvori u kojima se referiraju članci iz Geodetskog lista

1. Emerging Sources Citation Index (Web of Science Core Collection) - od broja 1/2005
2. Science Citation Index Expanded (Web of Science) - od broja 1/2007 do broja 1/2011
3. SCOPUS
4. DOAJ - Directory of Open Access Journals
5. Bibliographia Cartographica, Internationale Dokumentation des kartographischen Schrifttums, K.G. Saur München, New Providence, London, Paris
6. Bibliography of Publications in the Field of Geodetic Computations, Geodesy Bulletin, Cracow
7. GEOBASE
8. GEOPHOKA
9. TRIS
10. Referativnyj žurnal 52. Geodezija i aerofotogrametrija, VINITI, Moskva
11. Referativnyj žurnal 07. Geografija, VIM Kartografija, VINITI, Moskva
12. Übersicht über die Literatur im Vermessungswesen, Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart
13. Journal of Geodesy (Continuation of Bulletin Geodesique and manuscripta geodaetica), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

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

Tisak / Printed by:

Feroproms d.o.o., Zagreb

Priprema / Copyset:

Tomislav Kalmar, Zagreb

Naklada / Issue: 1000

Geodetski list

GEOD. LIST

GOD. 79 (102) 1

S. 1–76

ZAGREB, OŽUJAK 2025.

SADRŽAJ

Pregledni znanstveni članci

Mulahusić, Kanjir, Radočaj, Jurić, Topoljak, Tuno: Ispitivanje potencijala satelitskih snimaka visoke rezolucije za analizu urbanog širenja 1

Družević, Barković, Zrinjski, Baričević: Mjerni sustavi i metode umjeravanja vertikalnog kruga geodetskih instrumenata 17

Stručni članak

Dželalija, Racetin, Župan: Open source webGIS tehnologija: kako prikazati prostorne podatke pomoću web karte? 39

Terminologija 52

Vijesti 61

Pregled stručnog tiska i softvera 68

Predstojeći događaji 76

CONTENTS

Reviews

Mulahusić, Kanjir, Radočaj, Jurić, Topoljak, Tuno: Assessing the Potential of High-Resolution Satellite Imagery for Urban Expansion Analysis 1

Družević, Barković, Zrinjski, Baričević: Measurement Systems and Vertical Circle Calibration Methods for Geodetic Instruments 17

Professional paper

Dželalija, Racetin, Župan: Open Source webGIS Technology: How to Display Spatial Data Using a Web Map? 39

Terminology 52

News 61

Publications and Software review 68

Forthcoming events 76

INHALT

Wissenschaftliche Übersichtsartikel

<i>Mulahusić, Kanjir, Radočaj, Jurić, Topoljak, Tuno</i> : Untersuchung des Potentials hochauflösender Satellitenbilder zur Analyse der städtischen Ausbreitung	1
<i>Družević, Barković, Zrinjski, Baričević</i> : Messsysteme und Kalibrierungsmethoden des vertikalen Kreises bei geodätischen Instrumenten	17

Fachartikel

<i>Dželalija, Racetin, Župan</i> : Open-Source-webGIS-Technologie: Wie können räumliche Daten in einer Webkarte dargestellt werden?	39
Terminologie	52
Nachrichten	61
Bücher- und Softwareschau	68
Termine	76

SOMMAIRE

Contributions scientifiques synoptiques

<i>Mulahusić, Kanjir, Radočaj, Jurić, Topoljak, Tuno</i> : Examen du potentiel des images satellite à haute résolution pour l'analyse de l'expansion urbaine	1
<i>Družević, Barković, Zrinjski, Baričević</i> : Systèmes de mesure et méthodes d'étalonnage du cercle vertical des instruments géodésiques	17

Contribution professionnelle

<i>Dželalija, Racetin, Župan</i> : Technologie webGIS source ouverte: comment visualiser des données spatiales à l'aide d'une carte Web?	39
Terminologie	52
Actualités	61
Revue de la littérature professionnelle et du software	68
Événements precedents	76

СОДЕРЖАНИЕ

Обзорные научные статьи

<i>Мулахусич, Канжир, Радочай, Юрич, Тополяк, Туно</i> : Исследование потенциала спутниковых снимков высокого разрешения для анализа урбанистического расширения	1
<i>Дружевич, Баркович, Зриньски, Баричевич</i> : Измерительные системы и методы калибровки вертикального круга геодезических инструментов	17

Специальная статья

<i>Джелалия, Рацетин, Жупан</i> : Технология webGIS с открытым исходным кодом: как отображать пространственные данные с помощью веб-карты?	39
Терминология	52
Новости	61
Обзор специальной печати и программного обеспечения	68
Предстоящие события	76

UDK 528.8:528.7(497.6)

Review / Pregledni znanstveni članak

Assessing the Potential of High-Resolution Satellite Imagery for Urban Expansion Analysis

Admir MULAHSIĆ – Sarajevo¹, Urša KANJIR – Ljubljana²,
Dorijan RADOČAJ, Mladen JURIĆ – Osijek³, Jusuf TOPOLJAK,
Nedim TUNO – Sarajevo¹

ABSTRACT. This paper addresses the practical need for urban area protection against unplanned and illegal construction, particularly individual housing units. The city of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, serves as a case study, where extensive unauthorized housing development occurred after the war in the 1990s. Change detection using remotely sensed imagery is primarily based on comparative analysis. A test area of 1 km² in the western part of Sarajevo was selected, where significant changes were observed by overlapping high-resolution IKONOS panchromatic satellite images from three different years (2001, 2004, and 2006). By analyzing the overlapping images, significant housing development in the area was revealed. This approach enables municipal and other relevant authorities to obtain accurate spatial and temporal data on new construction in specific regions.

Keywords: remote sensing, satellite image, IKONOS, change detection.

1. Introduction

Remote sensing techniques can provide geospatial data that track changes in land cover and land use over time (Gašparović et al. 2017). People are naturally adept at interpreting images because they do this constantly – even reading is a form of image analysis. Images provide us with spatial information

¹ Prof. dr. Admir Mulahusić, University of Sarajevo, Faculty of Civil Engineering, Patriotske lige 30, BA-71000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, e-mail: admir_mulahusic@gf.unsa.ba
Assoc. Prof. Jusuf Topoljak, PhD, University of Sarajevo, Faculty of Civil Engineering, Patriotske lige 30, BA-71000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, e-mail: jusuf.topoljak@gf.unsa.ba
Assoc. Prof. Nedim Tuno, PhD, University of Sarajevo, Faculty of Civil Engineering, Patriotske lige 30, BA-71000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, e-mail: nedim_tuno@gf.unsa.ba

² Urša Kanjir, PhD, Institute of Anthropological and Spatial Studies, ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenia, e-mail: ursa.kanjir@zrc-sazu.si

³ Dorijan Radočaj, PhD, University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Croatia, e-mail: dradocaj@fazos.hr
Prof. dr. Mladen Jurić, University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Croatia, e-mail: mjuriscic@fazos.hr

about objects, including their location, size, and relationships to one another (Oštir and Mulahusić 2014, Kulo 2019). Rapid and precise assessments make remote sensing technologies valuable in various fields, such as monitoring changes in land cover (Ustuner and Sanli 2017, Tuno et al. 2017, Mulahusić et al. 2018a, Šandera and Stych 2019, Veljanovski et al. 2019, Lemenkova 2020, Sivac and Hrelja 2022, Marić and Smajo 2023), monitoring urban heat islands (Mulahusić et al. 2018b, Mulahusić et al. 2021), detection of illegal landfills (Krtalić et al. 2018, Kulo and Đidelića 2021, Đidelića et al. 2022), drought monitoring (Đidelića et al. 2023), detection of water bodies (Čotar et al. 2016), monitoring of land subsidence (Bojić 2023). Remote sensing also offers vast potential for applications in spatial planning and urbanism (Ciceli and Prosen 2003). Using multi-temporal satellite images and image processing techniques for automatic change detection is an effective approach to identifying illegal constructions in urban areas (Moghadam et al. 2015).

Illegal housing is a significant issue for the city of Sarajevo (Figure 1), Sarajevo Canton, and Bosnia and Herzegovina as a whole. The widespread illegal construction and urbanization threaten the quality of life, hinder effective spatial planning, and obstruct environmental management efforts (Mulahusić 2010). Thousands of these structures were constructed both before and after the Bosnian War (1992–1995) on the slopes and agricultural land surrounding Sarajevo's central areas. Estimates suggest that by 1986, the number of illegal housing units in Sarajevo approached 40,000. An additional 25,000 to 50,000 illegally constructed units were completed during the post-war period. A considerable number of single-family homes were built without construction permits, indicating the lack of essential infrastructure such as sewers, stormwater drainage, septic systems, water supply, or wastewater management. This results in unregulated flows, increasing the likelihood of landslides (Martín-Díaz et al. 2016). The primary cause of landslides in the Sarajevo Canton has been the widespread illegal construction of residential buildings (Serdarević and Babić 2019). The urban structure of these settlements consisted mainly of a series of individual single-family homes constructed on unstable land, lacking basic services, paved roads, educational facilities, and efficient public transportation (Aquilué and Roca 2016). Despite the presence of regulatory plans, the surplus of housing that surpasses the actual demand for living units, widespread illegal residential construction, experimentation with housing typologies, and the unappealing visual language of residential architecture have significantly harmed Sarajevo's living environment (Zejnilović and Husukić 2018). According to data presented by Čustović et al. (2015), illegal construction affects mostly the first agro-zone (the best quality land), which, under the current legislative framework, is treated as a zone of no construction.

Although the case study in this paper focuses on the western part of Sarajevo (specifically the Rajlovac suburb), many of its conclusions and principles can be applied to other cities as well. The aim of this study was to analyze data from the period between 2001 and 2006, which saw the highest levels of post-war illegal construction in Sarajevo. Using high-resolution satellite imagery and remote sensing technology, we are able to identify these changes, analyze their impact, and propose concrete actions to help authorities prevent the uncontrolled expansion of the city.



Figure 1. *Example of illegal residential buildings constructed in the Novi Grad municipality, Sarajevo (photo taken by Admir Mulahusić).*

2. Urban Areas and Change Detection

All dynamic changes driven by urbanization contribute to the rapid and continuous transformation of structures in urban areas. Traditional methods of data collection and change detection are often too slow to keep up with this pace. Interestingly, the European Union, as one of the most urbanized regions in the world, faces conflicts primarily related to land use planning and development. To address this, the EU Commission has initiated several studies, such as “Monitoring Urban Dynamics”, which aims to promote the harmonious and balanced development of European landscapes (Steinnocher et al. 1999).

Satellite remote sensing is an ideal source of up-to-date information for urban planning. As the complexity of planning issues and the demands for data processing continue to grow, expectations regarding data performance – such as positional accuracy and data attribution – have also increased (Meinel et al. 1998). The use of satellite imagery for data collection across larger urban areas is crucial for city management, urban planners, town planners, urban sociologists, and others involved in the planning and implementation of urban decisions (Oštir and Mulahusić 2014). Urban areas are defined by factors such as location, population density, social and economic organization, and the transformation of natural, undeveloped environments into built-up areas (Rashed and Jürgens 2010).

It is estimated that half of the world’s population currently lives in urban areas, and by the middle of the 21st century, two-thirds of people will reside in cities. This is striking, considering that in 1850, only 2% of the population lived in cities with over 100,000 inhabitants. By 1900, that number had risen to around 6%, and by 1950, it had reached 16%. Today, many cities around the

world have populations exceeding 100,000, and such cities are now considered relatively small. The process of urbanization has significantly accelerated, particularly in economic and administrative centers. The number of “million cities” and “megacities” continues to grow, driving the expansion of urban sprawl (Cavrić and Keiner 2006).

In many countries, satellite imagery has become an essential and irreplaceable tool for monitoring urban areas. By comparing satellite images of the same location taken at different times, we can create a historical archive that provides insights into the growth and changes of urban areas over time. One key advantage of satellite imagery is that it allows for constant monitoring of a region, at any time, from any location. Satellite images offer an objective view of the so-called “zero state” – the condition of an area before any technical interventions or construction took place. This makes satellite imagery valuable as evidence of all changes over time. Moreover, satellite images are invaluable in urban planning and construction. They represent the most up-to-date topographic maps, providing a comprehensive view of the current situation on the ground and enabling the analysis of entire urban areas, not just specific sites.

Recent studies (Veljanovski et al. 2011, Malmir et al. 2015, Akin et al. 2015, Yildiz and Doker 2016, Wu et al. 2016) demonstrate the effectiveness of remote sensing data in detecting changes within urban areas. While the detection of illegal buildings has been less explored compared to general land use changes, several methods have been proposed for identifying unauthorized structures (Moghadam et al. 2015, Varol et al. 2019).

Change detection refers to the process of recognizing variations in the condition of an object or phenomenon through observations made at different time intervals (Singh 1989). The goal of change detection is to compare spatial representations of an area at two (or more) time points, while controlling for variations caused by factors that are not of interest, and to measure changes related to the variables of interest (Green et al. 1994). This often involves identifying “significant” changes and filtering out “insignificant” ones (Radke et al. 2005).

The core principle of using remote sensing data for change detection is that changes in the object of interest will result in variations in radiance values or local texture. These changes can be distinguished from those caused by other factors, such as variations in atmospheric conditions, lighting, viewing angles, or soil moisture (Mulahusić 2010). However, since change detection is influenced by spatial, spectral, thematic, and temporal constraints, and since many different techniques are available, selecting the appropriate methodology or algorithm for a specific project is crucial but not always straightforward.

According to Lu et al. (2004), change detection methods can be classified into seven categories: (1) algebraic methods, (2) transformations, (3) classification, (4) advanced models, (5) GIS-based approaches, (6) visual analysis, and (7) other methods. Each category varies in complexity. The seventh category includes techniques that do not fit into the other six and are not yet widely used in practice (Mulahusić and Tuno 2011).

3. Satellite Images and Study Area Overview

The selected study area is located in the western part of Sarajevo (Figure 2). An analysis of this area revealed that in the first decade of the 21st century, approximately 60% was covered by meadows and fields, over 25% by forests and orchards, 10% by road infrastructure, and 5% by buildings. Following initial assessments, a more detailed analysis of the area was conducted.



Figure 2. Location of the test area.

For the purpose of studying urban sprawl in Sarajevo, high-resolution panchromatic IKONOS satellite images from 2001, 2004, and 2006 were used (Figure 3 and 4). The IKONOS satellites were the first commercial satellites to offer publicly available high-resolution imagery with a spatial resolution of 1 meter. IKONOS provided a 1-meter spatial resolution for panchromatic images and a 4-meter resolution for multispectral images. More recent satellite generations, such as WorldView and QuickBird, offer even better spatial resolution, often at 1 meter or higher. Additionally, radiometric resolution has significantly improved compared to earlier satellites, allowing for more detailed identification of features from satellite imagery – an advantage that is crucial for urban planning (Bolt 1996).

4. Analysis and Interpretation of Images

Visual analysis and interpretation of satellite imagery involve the registration and identification of relevant data using the sense of sight. Humans interact with their environment primarily through vision, with the brain processing and analyzing the content of the images it perceives.

When visually analyzing satellite images, specific criteria are applied to facilitate the identification of objects and phenomena. These criteria include spectral values, color, size, texture, shape, position, contrast with surrounding features, shadows, and structure.

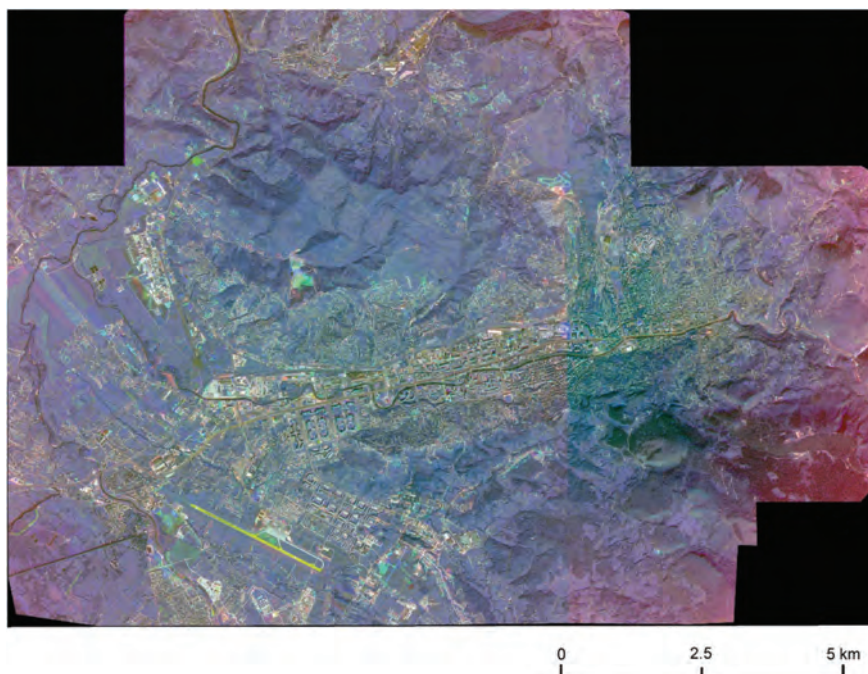


Figure 3. *Urban area of Sarajevo: result of overlapping panchromatic images from 2001, 2004, and 2006.*

One of the most critical factors in image analysis is the contrast, which refers to the difference between the brightest and darkest tones in an image. Other important considerations include understanding the spectral bands, resolution, and sensor characteristics. Knowledge of the image processing techniques used and the reflectance properties of different objects across various spectral ranges is also essential for accurate interpretation. All these factors are crucial for correctly interpreting satellite imagery.

Computer-aided image analysis is employed for more detailed processing, enabling the identification and extraction of specific data that may not be detectable through visual analysis alone. The analysis and interpretation of satellite images can be broadly divided into two categories: visual analysis and inter-

pretation, and computer-assisted analysis and interpretation. For both types of analysis, the resolution of the satellite image plays a key role in ensuring accuracy and reliability (Mulahusić 2010).

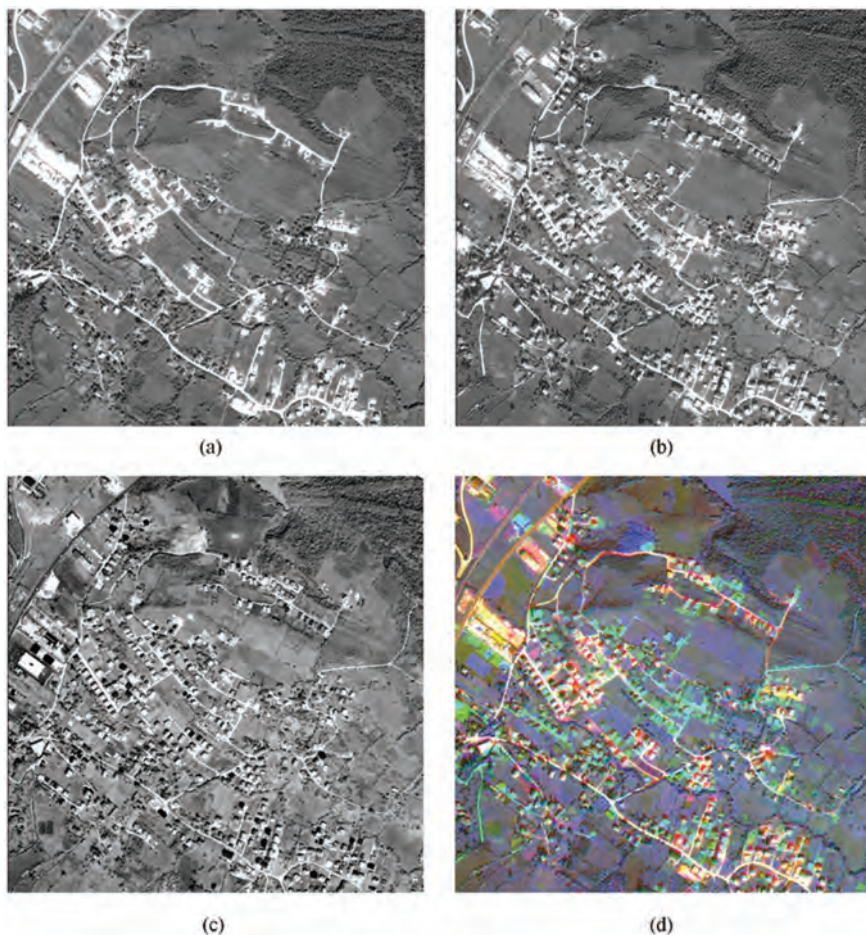


Figure 4. *Test area: Panchromatic image from 2001 (a), panchromatic image from 2004 (b), panchromatic image from 2006 (c) and results of a RGB composite of panchromatic images from 2001, 2004 and 2006 (d).*

For simple change detection, and based on the availability of suitable data sources (panchromatic satellite images from 2001, 2004, and 2006), the approach involved overlapping the panchromatic images to detect changes that occurred during the relevant periods. To facilitate change detection, each panchromatic image was assigned to one of the RGB color bands, creating a composite image. Specifically, the panchromatic image from 2001 was assigned to the red band, the panchromatic image from 2004 to the green band, and the panchromatic image from 2006 to the blue band, resulting in a composite image (Figure 3 and 4). As shown in Figure 3 and 4, the image contains not only

gray shades but also other colors, which highlight the changes that occurred during the specified time periods. While visual analysis of this image could be complex, a decision was made to use green as the color to represent all visible changes, making it easier to identify alterations over time.

One of the options available is the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). The practical application of this method is detailed by Mulahusić (2010). NDVI has long been used as an effective tool for assessing biomass in a given area (Rumora et al. 2016, Pilaš et al. 2019). However, one of its main drawbacks is the difficulty in interpreting changes in the resulting image. While the method is commonly used to detect changes in vegetation, it has also proven useful for identifying changes in the growth of urban areas, which represents a novel application.

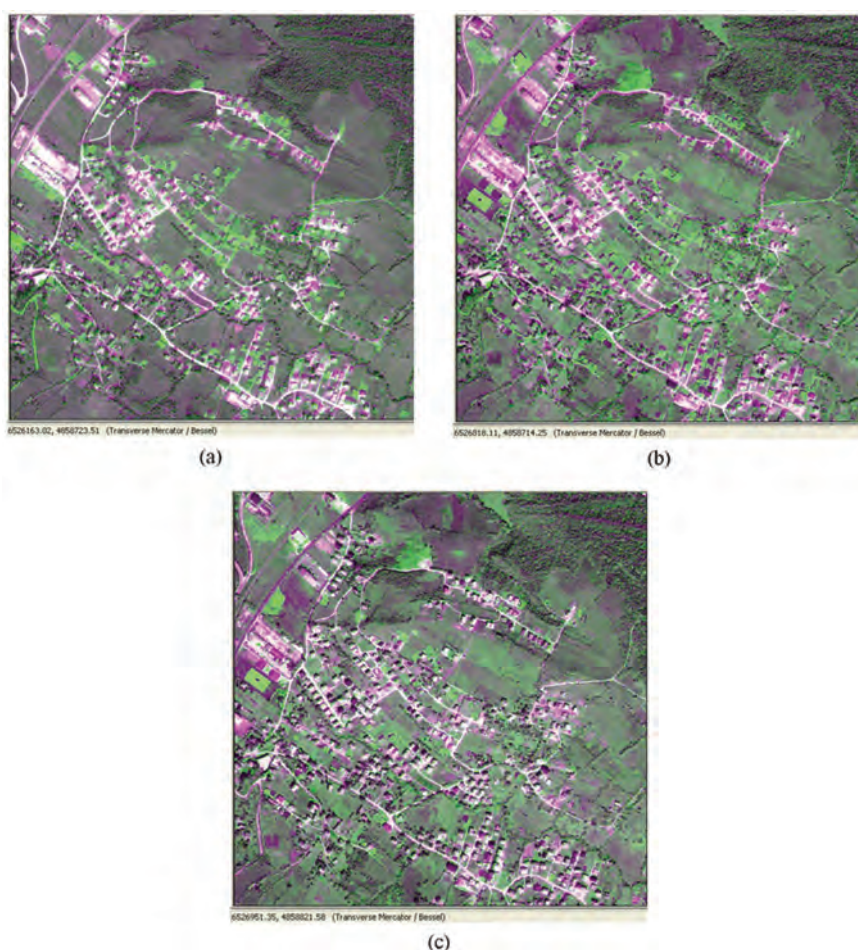


Figure 5. Test area: Changes in the period from 2001 to 2004 (a), changes in the period from 2001 to 2006 (b), changes in the period from 2004 to 2006 (c). The changes are in green.

One of the key advantages of the NDVI method, as highlighted by Mulahusić (2010) is its speed, due to the relatively small size of the panchromatic data files. This method allows for monitoring changes across four different time periods, provided we can use a false Digital Elevation Model (DEM) to represent the fourth period. By adjusting the RGB values, it is possible to highlight corresponding changes during specific periods. For example, by selecting the values 1, 1, 1, we generate an image from 2001; selecting 2, 2, 2 produces an image from 2004; and selecting 3, 3, 3 results in an image from 2006. In Figure 3, the option 1, 2, 3 is selected, showing all three images and the changes that occurred between 2001 and 2006.

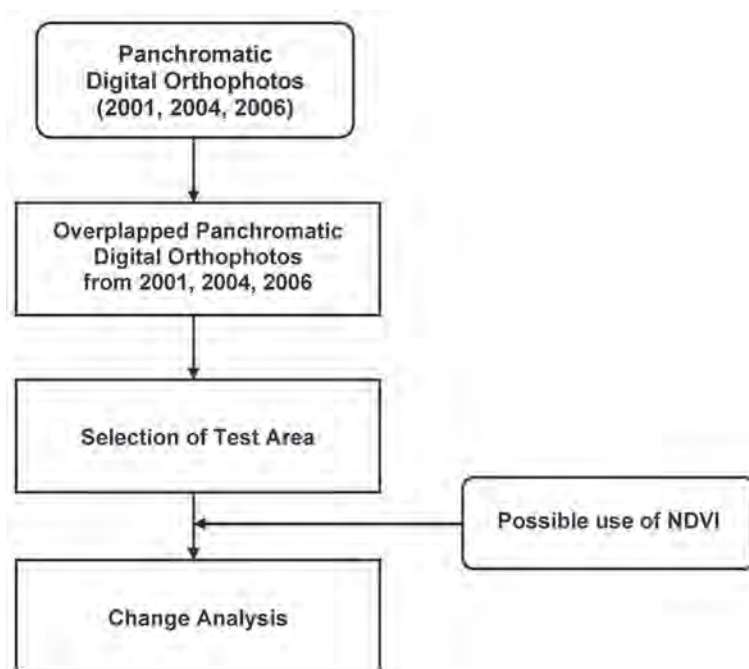


Figure 6. Analysis of panchromatic satellite images.

After extensive practical testing, it was concluded that green is the most suitable color for detecting changes. Based on this conclusion, Table 1 presents the options for detecting changes during specific time periods, using green to highlight the variations.

Notably, significant changes in individual housing construction were identified within the test area. By adjusting the RGB values for the test area, it is possible to highlight the corresponding changes in the relevant time periods (2001–2004, 2001–2006, 2004–2006). The results of these overlapped panchromatic images are shown in Figure 5a, 5b, and 5c. Figure 6 illustrates the possible analysis process for panchromatic digital orthophotos.

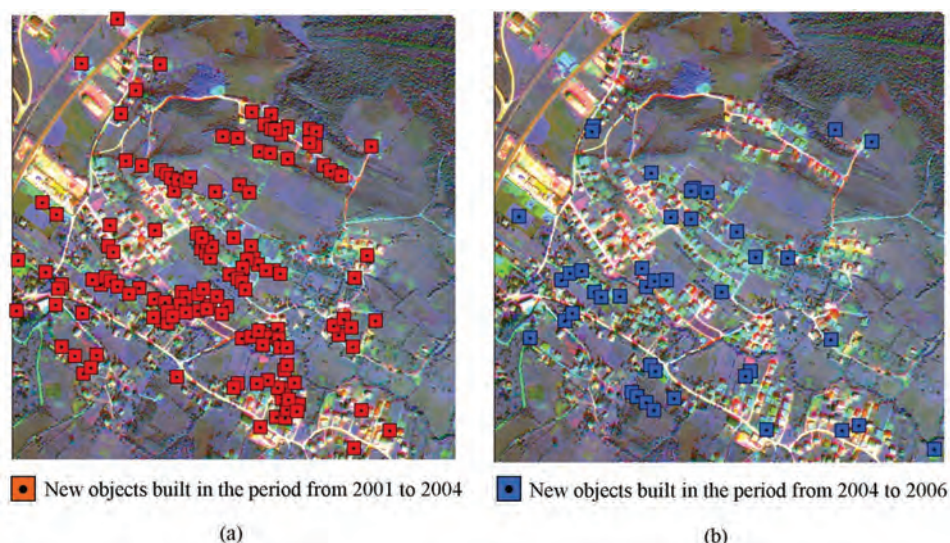


Figure 7. Test Area: Locations of new buildings constructed between 2001 and 2004 (a), and locations of new buildings constructed between 2004 and 2006 (b).

In addition to changes in individual housing construction, substantial alterations were observed in road infrastructure, which evidently developed alongside the housing expansion. Minor changes were noted in agricultural land use, where areas used for agricultural activities in 2001 remained in use for the same purpose in both 2004 and 2006. As previously mentioned, the primary focus of the change analysis was on individual housing units.

Table 1. Alternative band combinations for detecting changes (in green) across different time periods.

Band selection options	The period when the change occurred
1, 2, 1	2001 – 2004
1, 3, 1	2001 – 2006
2, 3, 2	2004 – 2006

Based on the analysis of overlapped panchromatic satellite images from 2001, 2004, and 2006, the following findings were made:

- Between 2001 and 2004, 141 new buildings were constructed in the 1-square-kilometer test area (Figure 7a).
- Between 2004 and 2006, 42 new buildings were constructed in the same test area (Figure 7b).

The validation of the obtained results was conducted through a field investigation, where all identified new houses were confirmed through on-site inspection.

5. Conclusion

This research was motivated by the need to protect urban areas threatened by unplanned and illegal construction, particularly individual housing units. Similar studies have been conducted in other developing countries facing the same issues as Bosnia and Herzegovina, which have struggled to address illegal construction effectively. As urban planning and land management require accurate, up-to-date data, this study aimed to identify indicators that could quickly provide authorities with spatial and temporal data on new construction. The goal was to develop a simple method that provides an accessible approach for individuals without specialized knowledge in advanced satellite imagery analysis, such as municipal urban planning employees, allowing them to effectively detect illegal housing.

The analysis revealed significant housing growth in the test area, with 141 new buildings constructed between 2001 and 2004, and 42 more between 2004 and 2006. During the analysis, it was possible to determine whether a building was under construction or completed. Unfinished buildings were often identified by strong reflections, indicating asphalt surfaces, while construction sites showed small shadows beside the structures. Some ambiguity arose when residential roofs were replaced, which could lead to misinterpretation, highlighting the need for caution in analysis.

This study demonstrates the potential of using high-resolution IKONOS satellite images for urban planning and change detection. While higher-resolution satellite imagery would yield better results, IKONOS images offer a cost-effective solution for monitoring urban development. While the test area is relatively small, it is believed that the findings of this study can be broadly applied to other cities with characteristics similar to Sarajevo. Advanced image analysis techniques, such as machine learning, could enhance accuracy and automation, and they can be applied in future research.

ACKNOWLEDGMENTS. This research was supported by the Ministry of Science, Higher Education and Youth of Sarajevo Canton and Federal Ministry of Education and Science. The authors wish to thank Fahrudin Đuzo and prof. dr. Jasmin Taletović from Institute for Canton Planning, for providing the IKONOS images used in this research.

References

- Akin, A., Sunar, F., Berberoğlu, S. (2015): Urban change analysis and future growth of Istanbul, *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 506, <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4721-1>.
- Aquilué, I., Roca, E. (2016): Urban development after the Bosnian War: The division of Sarajevo's territory and the construction of East Sarajevo, *Cities*, 58, 152–163, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.05.008>.

- Bojić, M. (2023): Detekcija i praćenje slijeganja zemljišta PSInSAR metodom, *Geodetski glasnik*, 54, 48–60, <https://doi.org/10.58817/2233-1786.2023.57.54.48>.
- Bolt, D. (1996): An urban community strategy for implementing decentralization and devolution policies, *ITC-Journal*, 1996-1, 18–28.
- Cavrić, B., Keiner, M. (2006): Managing Development of a Rapidly Growing African City: a Case of Gaborone, Botswana. *Geoadria*, 11 (1), 93–121, <https://doi.org/10.15291/geoadria.106>.
- Ciceli, T., Prosen, A. (2003): Fotogrametrija, daljinska istraživanja i GIS kao nove tehnologije u prostornom planiranju i urbanizmu, *Geodetski list*, 57 (80), 3, 195–205, <https://hrcak.srce.hr/290289>.
- Čotar, K., Oštir, K., Kokalj, Ž. (2016): Radar Satellite Imagery and Automatic Detection of Water Bodies, *Geodetski glasnik*, 47, 5–15, <https://doi.org/10.58817/2233-1786.2016.50.47.5>.
- Čustović, H., Ljuša, M., Taletović, J., Tvica, M. (2015): Application of land categorization in spatial planning of urban and suburban areas of Sarajevo, 14th Alps-Adria Scientific Workshop, Hungarian academy of sciences, Neum.
- Didelija, M., Kulo, N., Mulahusić, A., Tuno, N., Topoljak, J. (2022): Segmentation scale parameter influence on the accuracy of detecting illegal landfills on satellite imagery, A case study for Novo Sarajevo, *Ecological Informatics*, 70, 101755, <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101755>.
- Didelija, M., Kulo, N., Mulahusić, A., Tuno, N., Topoljak, J. (2023): Correlation analysis of different optical remote sensing indices for drought monitoring: a case study of Canton Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, *Environmental Monitoring and Assessment*, 195, 1338, <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11930-2>.
- Gašparović, M., Zrinjski, M., Gudelj, M. (2017): Analiza urbanizacije grada Splita, *Geodetski list*, 71 (94), 3, 189–202, <https://hrcak.srce.hr/189740>.
- Green, K., Kempka, D., Lackey, L. (1994): Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60 (3), 331–337.
- Lemenkova, P. (2020): GRASS GIS for classification of Landsat TM images by maximum likelihood discriminant analysis: Tokyo area, Japan, *Geodetski glasnik*, 51, 5–25, <https://doi.org/10.58817/2233-1786.2020.54.51.5>.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. S., Moran, E. (2004): Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing*, 66 (12), 2365–2407.
- Krtalić, A., Poslončec-Petrić, V., Vrgoč, S. (2018): Koncept otkrivanja ilegalnih odlagališta otpada na području grada Zagreba primjenom metoda daljinskih istraživanja, *Geodetski list*, 72 (95), 1, 37–54, <https://hrcak.srce.hr/200223>.
- Kulo, N. (2019): Višesenzorsko povezivanje podataka daljinskih istraživanja, *Geodetski glasnik*, 50, 71–94, <https://doi.org/10.58817/2233-1786.2019.53.50.71>.

- Kulo, N., Dideliija, M. (2021): Testiranje različitih vrijednosti parametra razmjere segmentacije u funkciji otkrivanja nelegalnih odlagališta otpada, *Geodetski glasnik*, 52, 74–86, <https://doi.org/10.58817/2233-1786.2021.55.52.74>.
- Malmir, M., Zarkesh, M. M. K., Monavari, S.M., et al. (2015): Urban development change detection based on Multi-Temporal Satellite Images as a fast tracking approach – a case study of Ahwaz County, southwestern Iran, *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 108, <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4295-y>.
- Marić, I., Smajo, L. (2023): Spatio-Temporal Landuse/Landcover (LU/LC) Changes of Significant Landscape „Barčeve Špilje“, *Geodetski glasnik*, 54, 5–31, <https://doi.org/10.58817/2233-1786.2023.57.54.5>.
- Martín-Díaz, Palma, P., Golijanin, J., Nofre, J., Oliva, M., Čengić, N. (2016): The urbanisation on the slopes of Sarajevo and the rise of geomorphological hazards during the post-war period, *Cities*, 72, 60–69, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2017.07.004>.
- Meinel, G., Lippold, R., Netzband, M. (1998): The potential use of new high resolution satellite data for urban and regional planning, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32 (7), 250–257.
- Moghadam, N. K., Delavar, M. R., Hanachee, P. (2015): Automatic urban illegal building detection using multi-temporal satellite images and geospatial information systems, *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-1-W5, 387–393, <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-1-w5-387-2015>.
- Mulahusić, A. (2010): Upotreba satelitskih snimaka visoke rezolucije za prostorno planiranje grada, doktorski rad, Univerzitet u Sarajevu – Građevinski fakultet, Sarajevo.
- Mulahusić, A., Tuno, N. (2011): Methods for change detection in remote sensing, *Geodetski glasnik*, 40, 3–13, <https://doi.org/10.58817/2233-1786.2011.45.40.3>.
- Mulahusić, A., Topoljak, J., Tuno, N., Ajvazović, K. (2018a): The Possibilities of the Cadastral Land Use Assessment by the Methods of Remote Sensing, New Technologies, Development and Application, NT 2018, Conference proceedings, Sarajevo, BiH, ICNT, 452–458, https://doi.org/10.1007/978-3-319-90893-9_53.
- Mulahusić, A., Tuno, N., Topoljak, J., Kolić, T., Kogoj, D. (2018b): Satelitsko termično snimanje Sarajeva, *Geodetski vestnik*, 62 (2), 173–187, <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.173-187>.
- Mulahusić, A., Tuno, N., Topoljak, J., Dideliija, M. (2021): Satellite Thermography of Cities and Possibilities of Influence on Temperature Reduction, In: Karabegović, I. (eds.): *New Technologies, Development and Application IV. NT 2021, Lecture Notes in Networks and Systems*, Vol. 233, Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-030-75275-0_113.
- Oštir, K., Mulahusić, A. (2014): Daljinska istraživanja, Univerzitet u Sarajevu – Građevinski fakultet, Sarajevo.

- Pilaš, I., Gašparović, M., Đodan, M., Balenović, I., Dugački, I. (2019): Mogućnosti korištenja optičkih satelitskih snimaka srednje i visoke rezolucije (Landsat 8, RapidEye) u vizualizaciji i detekciji promjena šumskog pokrova nakon vjetroizvala, *Geodetski list*, 73 (96), 3, 261–276, <https://hrcak.srce.hr/227003>.
- Radke, R. J., Andra, S., Al-Kofahi, O., Roysam, B. (2005): Image change detection algorithms: a systematic survey, *IEEE Transactions on image processing*, 14 (3), 294–307.
- Rashed, T., Jürgens, C. (2010): *Remote Sensing of Urban and Suburban Areas*, Springer, New York.
- Rumora, L., Medved, I., Pilaš, I., Medak, D. (2016): Usporedba vrijednosti vegetacijskog indeksa dobivenog na temelju digitalnog broja i refleksije na vrhu atmosfere, *Geodetski list*, 70 (93), 1, 59–74, <https://hrcak.srce.hr/156883>.
- Serdarević, A., Babić, F. (2019): Landslide Causes and Corrective Measures – Case Study of the Sarajevo Canton, *Journal of Civil Engineering Research*, 9 (2), 51–57, <https://doi.org/10.5923/j.jce.20190902.02>.
- Singh, A. (1989): Digital change detection techniques using remotely sensed data, *International Journal of Remote Sensing*, 10 (6), 989–1003.
- Sivac, A., Hrelja, E. (2022): Primjena geoprostornih tehnologija u analizi promjena pokrovnosti i načina korištenja zemljišta na širem lokalitetu Babinog dola, Bjelašnica, *Geodetski glasnik*, 53, 24–38, <https://doi.org/10.58817/2233-1786.2022.56.53.24>.
- Steinnocher, K., Ries, C., Kostl, M., Ehruch, D., Lavallo, C. (1999): Monitoring urban dynamics by earth observation – The Vienna case study, In: J. Strobl, T. Blaschke (eds.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI*, Wichmann, 502–509.
- Šandera, J., Stych, P. (2019): Change detection work-flow for mapping changes from arable lands to permanent grasslands with advanced boosting methods, *Geodetski vestnik*, 63 (3), 379–394, <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.03.379-394>.
- Tuno, N., Mulahusić, A., Topoljak, J., Elezović, A. (2017): Ispitivanje položajne točnosti granica šumskih područja dobivenih objektno-orijentiranom klasifikacijom multispektralnih snimaka, *Šumarski list*, 141 (1–2), 29–38, <https://doi.org/10.31298/sl.141.1-2.3>.
- Ustuner, M., Sanli, F. B. (2017): Evaluating training data for crop type classification using support vector machine and random forests, *Geodetski glasnik*, 51 (48), 125–133, <https://doi.org/10.58817/2233-1786.2017.51.48.125>.
- Varol, B., Yılmaz, E. Ö., Maktav, D., Bayburt, S., Gürdal, S. (2019): Detection of illegal constructions in urban cities: comparing LIDAR data and stereo KOMPSAT-3 images with development plans, *European Journal of Remote Sensing*, 52 (1), 335–344, <https://doi.org/10.1080/22797254.2019.1604082>.

- Veljanovski, T., Kanjir, U., Oštir, K. (2011): Object-based image analysis of remote sensing data, *Geodetski vestnik*, 55 (4), 641–664, <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.04.641-66410.15292/geodetski-vestnik.2011.04.641-664>.
- Veljanovski, T., Čotar, K., Marsetič, A. (2019): Large scale mosaicing and compositing of PROBA-V satellite images, *Geodetski glasnik*, 50, 5–18, <https://doi.org/10.58817/2233-1786.2019.53.50.5>.
- Wu, Y., Li, S., Yu, S. (2016): Monitoring urban expansion and its effects on land use and land cover changes in Guangzhou city, China, *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 54, <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5069-2>.
- Yildiz, S., Doker, M. F. (2016): Monitoring urban growth by using segmentation-classification of multispectral Landsat images in Izmit, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 393, <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5392-2>.
- Zejnilović, E., Husukić, E. (2018): Culture and architecture in distress – Sarajevo experiment, *International Journal of Architectural Research*, 12 (1), 11–35, <http://dx.doi.org/10.26687/archnet-ijar.v12i1.1289>.

Ispitivanje potencijala satelitskih snimaka visoke rezolucije za analizu urbanog širenja

SAŽETAK. U radu se govori o praktičnoj potrebi zaštite urbanog područja od neplanske i bespravne gradnje, posebno individualnih stambenih objekata. Grad Sarajevo, Bosna i Hercegovina, poslužio je kao studija slučaja, gdje je došlo do opsežne nelegalne stambene izgradnje nakon rata 1990-ih. Otkrivanje promjena pomoću snimaka daljinskih istraživanja prvenstveno se temelji na komparativnoj analizi. Odabrano je testno područje od 1 km² u zapadnom dijelu Sarajeva, gdje su uočene značajne promjene preklapanjem IKONOS pankromatskih satelitskih snimaka visoke rezolucije iz tri različite godine (2001., 2004. i 2006.). Analiza preklapljenih snimaka otkrila je značajnu stambenu izgradnju u tom području. Ovaj pristup omogućuje općinskim i drugim nadležnim tijelima dobivanje točnih prostornih i vremenskih podataka o novogradnji u određenim regijama.

Ključne riječi: daljinska istraživanja, satelitske snimke, IKONOS, utvrđivanje promjena.

Received / Primljeno: 2025-02-03

Accepted / Prihvaćeno: 2025-02-17

UDK 528.5:528.4

Pregledni znanstveni članak / Review

Mjerni sustavi i metode umjeravanja vertikalnog kruga geodetskih instrumenata

Luka DRUŽEĆ, Đuro BARKOVIĆ, Mladen ZRINJSKI,
Sergej BARIČEVIĆ – Zagreb¹

SAŽETAK. Umjeravanje vertikalnog kruga geodetskih instrumenata ključno je za osiguranje točnosti mjerenja vertikalnih kutova u različitim geodetskim zadacima. U radu je prikazan pregled razvijenih mjernih sustava, metoda te konstrukcija komparatora, uz detaljan opis građe komparatora, procesa umjeravanja i glavnih izvora nesigurnosti koji utječu na točnost umjeravanja. Provedena je analiza i usporedba ključnih parametara komparatora, uključujući ukupne standardne nesigurnosti umjeravanja, područje umjeravanja te primijenjene metode umjeravanja.

Ključne riječi: vertikalni krug, geodetska mjerna stanica, umjeravanje, kutni enkoder, autokolimator.

1. Uvod

Temeljna zadaća svih geodetskih poslova je postići i osigurati traženu točnost mjerenja u skladu sa zahtjevima propisanim pojedinim projektom ili pravnom regulativom. Kako bi se ispunili zadani kriteriji, geodetske instrumente potrebno je redovito ispitivati i umjeravati. S vremenom i uporabom geodetskih instrumenata točnost mjerenja opada, što utječe na pouzdanost prikupljenih podataka. Umjeravanjem se osigurava rad instrumenata s točnošću koju određuje proizvođač uz otkrivanje i smanjivanje sustavnih utjecaja, čime se poboljšava

¹ Luka Družević, univ. mag. ing. geod. et geoinf., Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: luka.druzeic@geof.unizg.hr
prof. dr. sc. Đuro Barković, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: djuro.barkovic@geof.unizg.hr
prof. dr. sc. Mladen Zrinjski, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: mladen.zrinjski@geof.unizg.hr
doc. dr. sc. Sergej Baričević, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: sergej.baricevic@geof.unizg.hr

ukupna točnost mjerenja. Važno je napomenuti da se umjeravanjem ne smanjuje utjecaj slučajnih pogrešaka niti uključuje mehaničke rektifikacije instrumenata (Savvaidis i dr. 2004). Mjerenje vertikalnih kutova s velikom točnošću ključno je pri preciznim geodetskim mjerenjima i poslovima državne izmjere. Vertikalni kutovi na teodolitima i geodetskim mjernim stanicama određuju se očitavanjem vertikalnog kruga. Vertikalni krug je definiran kao kružna ploča s podjelom u stupnjevima ili gonima, a okomito je postavljen u odnosu na horizontalnu os instrumenta (Frančula i Lapaine 2008).

Ispitivanje preciznosti mjerenja vertikalnih kutova teodolitom provodi se u skladu s normom HRN ISO 17123-3:2004, koja propisuje terenski postupak mjerenja te dva postupka ispitivanja preciznosti: jednostavni test i potpuni test. Osim toga, navedena norma preporučuje primjenu tri statistička ispitivanja za vertikalne kutove u sklopu potpunog testa (HRN ISO 2004, Zrinjski i dr. 2011). Za razliku od umjeravanja, koje je namijenjeno pronalaženju i korekciji sustavnih utjecaja, ispitivanje preciznosti fokusira se na provjeru ispunjava li geodetski instrument unaprijed definirane kriterije preciznosti potrebne za određene geodetske zadatke. Cilj ispitivanja nije analiza utjecaja sustavnih pogrešaka na kvalitetu mjerenja, već potvrda da instrument zadovoljava zahtjeve točnosti propisane od proizvođača za predviđene primjene.

U ovom radu dan je pregled javno dostupnih postojećih mjernih sustava za umjeravanje vertikalnog kruga u svijetu. Detaljno su opisane građe uređaja, postupci umjeravanja te su tablično prikazani izvori nesigurnosti s pripadajućim standardnim nesigurnostima. Za komparator razvijen u tvrtki Leica Geosystems, prema dostupnoj literaturi, izvori nesigurnosti nisu javno dostupni te su u okviru ovog rada izostavljeni, ali je dana ukupna standardna nesigurnost cjelokupnog mjernog sustava koja iznosi 0,182". Naposljetku je provedena analiza mjernih sustava i metoda umjeravanja usporedbom ključnih parametara relevantnih za umjeravanje vertikalnog kruga.

2. Umjeravanje vertikalnog kruga

Umjeravanje je proces kojim se uspoređuje očitana vrijednost mjernog instrumenta s poznatom referentnom vrijednošću, obično etalomom (Frančula i Lapaine 2008). Umjeravanjem se definira odnos, odnosno određuju se parametri odnosa mjerila ili mjernog sustava sa stvarnom veličinom ili veličinom koja je barem jedan red veličine točnosti viša od mjerila ili mjernog sustava koji se umjerava (Baričević i dr. 2021). Uređaj razvijen u svrhu umjeravanja naziva se komparator. Točnost umjeravanja komparatora definirana je sukladno Uputama za iskazivanje mjerne nesigurnosti (engl. *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement – GUM*) (Državni zavod za mjeriteljstvo 2008). Prema GUM-u, ukupna standardna nesigurnost umjeravanja mjerene veličine y računa se prema izrazu:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N u_i^2, \quad (1)$$

gdje su:

u_c – ukupna standardna nesigurnost,

u_i – standardna nesigurnost pojedinog izvora,

N – ukupni broj izvora nesigurnosti.

Umjeravanje vertikalnog kruga može se ostvariti primjenom dviju temeljnih metoda. Prva metoda bazira se na izravnoj usporedbi kutnih vrijednosti geodetske mjerne stanice i vrijednosti izmjerenih s uređajima veće točnosti uzetim kao etaloni. Prema dostupnoj literaturi, instrumenti koji se prilikom umjeravanja upotrebljavaju kao etalon su:

- kutni enkodori,
- autokolimatori,
- Mooreov stol za indeksiranje.

Kutni enkoder (engl. *angle encoder*) je elektromehanički uređaj za precizno mjerenje kutnog pomaka osovine i pretvorbom istog u digitalni ili analogni signal. Glavni dio kutnog enkodera je krug, odnosno kružna skala s rešetkastim uzorkom različitih visina montirana na osovinu uređaja, podijeljena na segmente kojima se očitavaju kutovi s točnošću do desetinke sekunde. Kutni enkodori dijele se na apsolutne i relativne (Šiaudinytė 2014).

Autokolimator (engl. *autocollimator*) je optički sustav zasnovan na načelu autokolimacije, odnosno preslikavanja gdje slika predmeta nastane u njezinoj ravnini. Primjenjuje se za precizna mjerenja malih kutnih promjena. Autokolimatori mogu biti optički i elektronički (Benčić i Solarić 2008).

Mooreov stol za indeksiranje (engl. *Moore's Precision Index*) je visokoprecizni uređaj za mjerenje i umjeravanje razvijen u američkoj tvrtki Moore. Sastoji se od dvije spojene nazubljene ploče, pri čemu se gornja ploča može podići i zarotirati do željenog kuta. Precizni zubi osiguravaju točno poravnanje u svakom položaju. Najzastupljeniji je Mooreov 1440 stol za indeksiranje, koji sadrži 1440 podjela, omogućujući očitavanje kutova s razmakom 15' (Bručas 2008).

Druga, trigonometrijska metoda temelji se na mjerenju duljina te računanju referentnog vertikalnog kuta posredno, primjenom trigonometrijskih funkcija. Duljine se mjere laserskim interferometrom ili kombinacijom elektrooptičkog daljinomjera i mjerne letve.

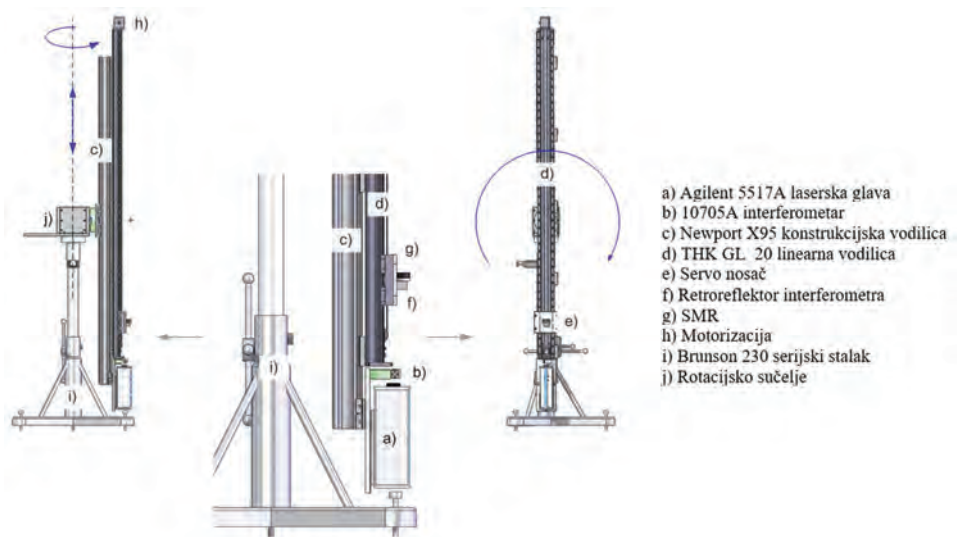
3. Europski centar za sinkrotronsko zračenje, Francuska

Europski centar za sinkrotronsko zračenje (engl. *European Synchrotron Radiation Facility* – ESRF) smješten je u gradu Grenobleu u Francuskoj. ESRF upravlja najmoćnijim izvorom sinkrotronskog zračenja u Europi. Skupina za poravnavanje i geodetska mjerenja (engl. *Alignment and Geodesy* – ALGE) unutar ESRF-a odgovorna je za postavljanje, nadzor i povremeno poravnanje

akceleratora. Upotrebljavaju se visokoprecizni geodetski instrumenti poput robotiziranih geodetskih mjernih stanica i laserskih skenera za mjerenja. U svrhu poboljšanja točnosti očitavanja vertikalnih kutova, razvijen je komparator za umjeravanje vertikalnog kruga (engl. *Vertical Circle Comparator – VCC*) u robotiziranim geodetskim mjernim stanicama i laserskim skenerima (Martin i Chetwynd 2009).

3.1. Građa VCC-a

Prema Martin (2010) VCC se sastoji od motorizirane vertikalne vodilice linearnoga gibanja duljine 2,5 m s nosačem pričvršćenim na aluminijsku tračnicu duljine 3 m i interferometra. Interferometar je smješten na jednom kraju vodilice, dok su motori koji pokreću nosač na suprotnom kraju. Retroreflektor (engl. *Spherically Mounted Retroreflector – SMR*) nalazi se na nosaču. Cijeli sustav postavljen je na čvrsto postolje s podesivom visinom (slika 1). VCC je postavljen u vertikalni položaj i pričvršćen je na postolje sa sustavom koji omogućuje rotaciju u proizvoljnom smjeru.

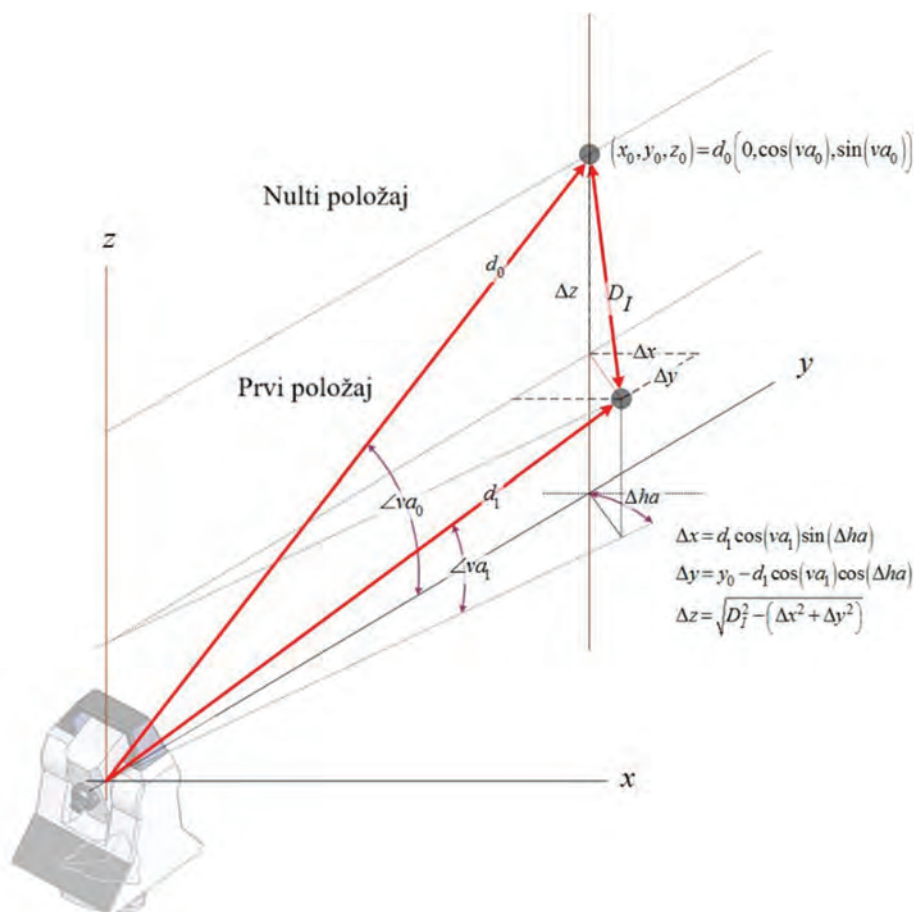


Slika 1. Shematski prikaz VCC-a (prema Martin 2010).

3.2. Postupak umjeravanja

Postupak umjeravanja temelji se na usporedbi očitavanja vertikalnih kutova umjeravanoga geodetskog instrumenta s precizno izmjerenim vertikalnim pomaci-ma retroreflektora koji se nalazi na uređaju (slika 2). Vertikalni pomaci retroreflektora se precizno mjere s interferometrijskim sustavom integriranim u VCC. Udaljenost između geodetskog instrumenta i VCC-a određuje se elektrooptičkim

daljinomjerom geodetskog instrumenta, prethodno umjerenim na stolu za umjeravanje daljinomjera (engl. *Distance Meter Calibration Bench – DCB*).



Slika 2. Prikaz postupka umjeravanja geodetske mjerne stanice na VCC-u (prema Martin 2009, Martin i Chetwynd 2009).

Referentni vertikalni kutovi računaju se prema izrazu (Martin i Chetwynd 2009, Martin 2010):

$$v_a = \arcsin\left(\frac{z_0 - \Delta z}{d_i}\right), \quad (2)$$

gdje su:

v_a – referentni vertikalni kut,

z_0 – visina prizme u početnoj poziciji,

Δz – vertikalni pomak prizme,

d_i – kosa duljina.

U svom radu Martin (2009) ističe dva nedostatka VCC-a. Prvi je ograničeno područje umjeravanja zbog horizontalne udaljenosti između geodetskog instrumenta i VCC-a. Primjerice, pri umjeravanju robotizirane geodetske mjerne stanice Leica TDA5005 na minimalnoj preporučenoj horizontalnoj udaljenosti 6 m, operativno područje mjerenja vertikalnih kutova iznosi $90^\circ \pm 10,4^\circ$ i $270^\circ \pm 10,4^\circ$. U praksi se horizontalna udaljenost može smanjiti na približno 2,5 m prije nego što sustav za automatsko viziranje (engl. *Automatic Target Recognition* – ATR) prestane funkcionirati. Na toj udaljenosti operativno područje mjerenja vertikalnih kutova iznosi $90^\circ \pm 23,75^\circ$ i $270^\circ \pm 23,75^\circ$. Drugi nedostatak je povećanje mjerne nesigurnosti pri kraćim horizontalnim udaljenostima. Iako smanjenje horizontalne udaljenosti omogućuje šire područje umjeravanja vertikalnih kutova, istovremeno dolazi do povećanja nesigurnosti u određivanju horizontalne duljine između instrumenta i prizme, što može negativno utjecati na ukupnu točnost umjeravanja.

3.3. Izvori nesigurnosti

U tablici 1 navedeni su izvori nesigurnosti komparatora za umjeravanje vertikalnog kruga.

Tablica 1. *Izvori nesigurnosti VCC-a (prema Martin 2009, prema Martin i Chetwynd 2009).*

Sastavnica standardne nesigurnosti $u(x_i)$	Izvor nesigurnosti	Vrijednost standardne nesigurnosti ($k=1$) $u(x_i)$
$u(D_i)$	Nesigurnost interferometrijskog mjerenja udaljenosti do retroreflektora	10 μm
$u(d_1)$ i $u(d_2)$	Nesigurnost udaljenosti izmjerenih elektrooptičkim daljinomjerom	86 μm
$u(\Delta h_a)$	Nesigurnost horizontalnih kutova	0,7"
$u(\Delta v_a)$	Nesigurnost umjeravanja vertikalnih kutova	2"

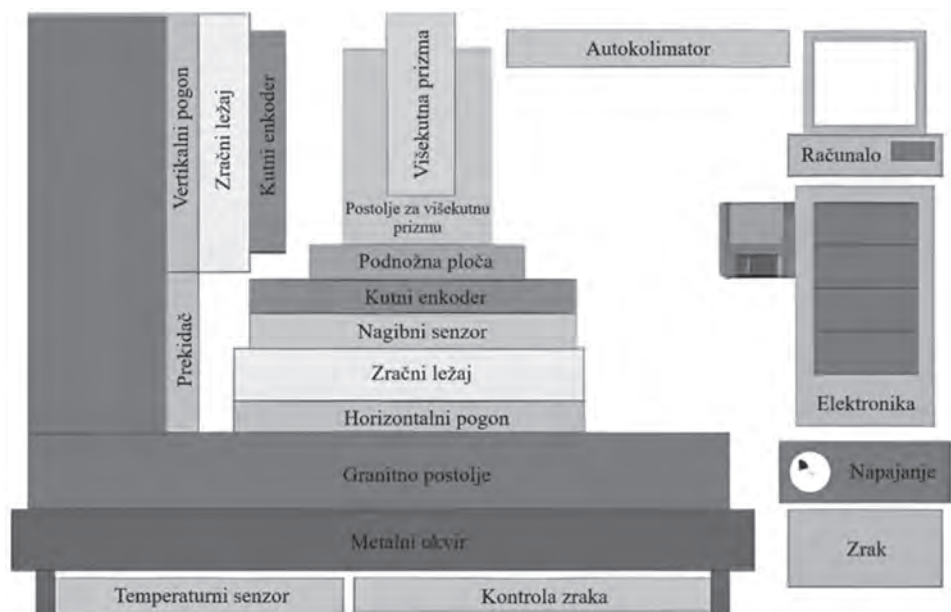
Nesigurnost interferometrijskog mjerenja udaljenosti do retroreflektora prvenstveno je rezultat temperaturnih utjecaja. Tijekom dugotrajnog umjeravanja dolazi do dilatacije tračnica i okvira VCC-a zbog temperaturnih promjena. Najutjecajniji čimbenik nesigurnosti udaljenosti izmjerene geodetskom mjernom stanicom je nesigurnost elektrooptičkog daljinomjera koji je prethodno umjeren na DCB-u. Za geodetsku mjernu stanicu Leica TDA5005, nominalna nesigurnost elektrooptičkog daljinomjera dobivena je temeljem potvrde o umjeravanju DCB-a te iznosi 86 μm . Postupak umjeravanja uključuje istovremeno mjerenje horizontalnih i vertikalnih kutova. Nesigurnost umjeravanja vertikalnih kutova temelji se na deklariranoj točnosti kuta koju propisuje proizvođač instrumenta. Točnost VCC-a pri umjeravanju geodetske mjerne stanice Leica TDA5005 s proširenom nesigurnošću ($k=2$) iznosi 1,6" (Martin 2009).

4. Tvrtka Leica Geosystems, Švicarska

Tvrtka Leica Geosystems iz Švicarske razvila je uređaj za umjeravanje horizontalnog i vertikalnog kruga kod teodolita i geodetskih mjernih stanica. Prva realizacija nastala je 1988. godine pod nazivom uređaj za umjeravanje teodolita (njem. *Theodolit-Prüfmaschine* – TPM). Razvojem novih tehnologija, 2004. godine predstavljena je nova inačica pod nazivom TPM-2 koja je i danas u upotrebi. TPM-2 se primjenjuje i za umjeravanje visokopreciznih uređaja za mjerenje kutova, poput višekutnih prizmi i kutnih enkodera (Lippuner i Scherrer 2005).

4.1. Građa uređaja za umjeravanje teodolita

U svom radu Lippuner i Scherrer (2005) opisuju uređaj za umjeravanje teodolita kao mjerni sustav koji se sastoji od dva precizna rotacijska stola smještenim na granitnom postolju oblika L. Postolje je postavljeno na metalnom okviru s podesivim nogama. Na horizontalnom rotacijskom stolu postavljena je podnožna ploča. Vertikalni rotacijski stol, montiran na bočnoj strani granitnog postolja, ima pričvršćenu rotacijsku ruku na kojoj se nalazi autokolimator. Kretanje rotacijske ruke je ograničeno mehaničkim preprekama. Osovinski sustavi oba rotacijska stola imaju zračne ležajeve. Kutovi se mjere kutnim enkoderima proizvođača Heidenhain. Horizontalni rotacijski stol pokreću četiri električna motora, dok vertikalni rotacijski stol upotrebljava osam motora zbog povećanog opterećenja rotacijske ruke i autokolimatora. Na slici 3 shematski je prikazan TPM-2. Za ispravan rad mora biti zadovoljen uvjet da se vertikalna os, horizontalna os i kolimacijska os mjernog sustava sijeku u jednoj točki. Paralelnost vertikalnih osi TPM-2 i geodetskog instrumenta provjerava se pomoću nagibnog senzora koji je integriran u vertikalnu os mjernog sustava.



Slika 3. Shematski prikaz uređaja za umjeravanje teodolita (prema Lippuner i Scherrer 2005).

Signali kutnih enkodera obrađuju se putem kartica povezanih s računalom. Nadalje, putem 8-kanalne RS232 kartice, sustav povezuje nagibni senzor, autokolimator, kontroler kretanja, temperaturne senzore, geodetski instrument i napajanje sustava. Sustav upotrebljava kontroler kretanja, kutne enkodere i motore za precizno praćenje i određivanje položaja osi u stvarnom vremenu (Lippuner i Scherrer 2005).

4.2. Postupak umjeravanja

Prije početka umjeravanja poravnavaju se osi mjernog uređaja i TPM-2. Umjeravani geodetski instrument postavlja se na podnožnu ploču. Na objektiv durbin postavlja se zrcalo autokolimatora, a na okular se postavlja protuteg kako bi se uravnotežio durbin (Lippuner i Scherrer 2005). Durbin se pričvršćuje za rotacijsku ruku pomoću nosača, koji ga vodi tijekom vertikalnog pomaka rotacijske ruke (slika 4). Autokolimator i zrcalo na objektivu instrumenta moraju biti u ravnini. Na početku umjeravanja odredi se početni zenitni kut te se očitavaju referentne vrijednosti kutnog enkodera i autokolimatora. Zatim se rotacijska ruka pomiče vertikalno za unaprijed određeni korak. Na svakom položaju očitavaju se vrijednosti kutnog enkodera i autokolimatora te se pohranjuju na računalo. Proces se ponavlja na nekoliko pozicija uzduž vertikalne osi kako bi se pokrilo cijelo područje mjerenja (Lippuner 2008). Zbog mehaničkih prepreka, vertikalne kutove nije moguće mjeriti u području

126° – 243° (140 gon – 270 gon), a osim toga područje oko zenita $\pm 9^\circ$ (± 10 gon) je isključeno iz mjerenja. Cijeli postupak je automatiziran. Točnost TPM-2 uređaja za umjeravanje vertikalnih kutova ($k=2$) iznosi 0,182", odnosno 0,056 mgon (Lippuner i Scherrer 2005).



Slika 4. Prikaz uređaja TPM-2 (Lippuner i Scherrer 2005).

5. Zavod za geodeziju Tehničkog sveučilišta Vilnius Gediminas, Litva

Zavod za geodeziju Tehničkog sveučilišta Vilnius Gediminas (engl. *Institute of Geodesy of Vilnius Gediminas Technical University*) u Litvi više od desetljeća istražuje i razvija metode za umjeravanje horizontalnog i vertikalnog kruga kod geodetskih instrumenata. U ovom poglavlju su objašnjene dvije razvijene metode za umjeravanje vertikalnog kruga. Prva je trigonometrijska metoda temeljena na primjeni pomične i stacionarne mjerne letve. Drugom metodom umjeravanje se provodi primjenom posebno izrađenog uređaja koji omogućuje horizontalno pozicioniranje vertikalnog kruga instrumenta s upotrebom elektroničkog autokolimatora i stola za indeksiranje.

5.1. Trigonometrijska metoda umjeravanja primjenom pomične mjerne letve

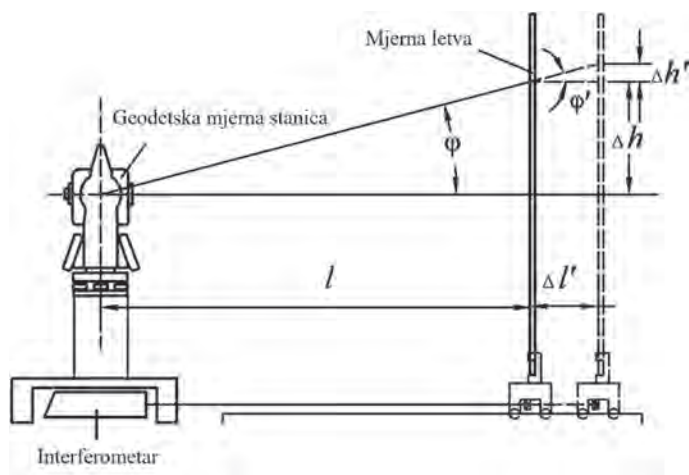
Ova metoda primjenjuje pomičnu mjernu letvu i laserski interferometar za precizno određivanje referentnih vertikalnih kutova primjenom trigonometrijskih funkcija.

5.1.1. Građa uređaja s pomičnom mjernom letvom

Uređaj se sastoji od invarne mjerne letve Gaertner Scientific 244, duljine 1 m s milimetarskom podjelom. Letva je postavljena vertikalno i pričvršćena je na nosač opremljen ručkom, što omogućuje horizontalno pomicanje duž vodilica. Geodetska mjerna stanica se postavlja na podesivo postolje na betonskom stupu, na visini koja osigurava da je durbin usmjeren na središnju liniju mjerne letve. Vizurna os mjerne stanice i vertikalna os letve moraju biti međusobno okomite. Ispod postolja je postavljen laserski interferometar Hewlett Packard Laser System 5519A, usmjeren prema prizmi pričvršćenoj na nosaču letve. Pomična mjerna letva i geodetska mjerna stanica se precizno poravnavaju s laserskim nivelirom PLS80 i vijcima za fino podešavanje na nosaču (Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Grattan 2016).

5.1.2. Postupak umjeravanja

Kad se durbin geodetske mjerne stanice usmjeri na središnju liniju mjerne letve, očitavanje zenitnog kuta treba biti 90° ili 270° , ovisno o položaju instrumenta. Zatim se vizira proizvoljna podjela na mjernoj letvi te se durbin zakoči. Iznos zenitnog kuta očitava se s geodetske mjerne stanice, a udaljenost do mjerne letve mjeri se laserskim interferometrom. Nakon toga se mjerna letva horizontalno pomiče dok se horizontalna nit nitnog križa durбина ne poklopi sa sljedećom podjelom na letvi. Ponovno se izmjeri horizontalna udaljenost s laserskim interferometrom. Vertikalna udaljenost je razlika između početne vizirane podjele na mjernoj letvi i podjele nakon pomaka. Mjerenja se ponavljaju 12 puta u dva položaja instrumenta. Područje mjerenja vertikalnih kutova je ograničeno na $90^\circ \pm 17^\circ$ i $270^\circ \pm 17^\circ$, ovisno o horizontalnoj udaljenosti (Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Grattan 2016). Na slici 5 prikazan je postupak umjeravanja.



Slika 5. Postupak umjeravanja primjenom pomične mjerne letve (prema Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Grattan 2016).

Referentni vertikalni kut računa se prema izrazu (Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Grattan 2016):

$$\varphi' = \arctan\left(\frac{\Delta h'}{\Delta l'}\right), \quad (3)$$

gdje su:

φ' – referentni vertikalni kut,

$\Delta h'$ – vertikalna udaljenost između dvije podjele na mjernoj letvi,

$\Delta l'$ – horizontalna udaljenost između dva položaja mjerne letve.

5.1.3. Izvori nesigurnosti

U tablici 2 prikazani su izvori nesigurnosti trigonometrijske metode umjeravanja primjenom pomične mjerne letve.

Tablica 2. *Izvori nesigurnosti trigonometrijske metode umjeravanja primjenom pomične mjerne letve (prema Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Grattan 2016).*

Sastavnica standardne nesigurnosti $u(x_i)$	Izvor nesigurnosti	Vrijednost standardne nesigurnosti ($k=1$) $u(x_i)$
$u(\Delta l')$	Nesigurnost horizontalne udaljenosti	$1,102 \cdot 10^{-4}$ m
$u(\Delta h')$	Nesigurnost vertikalne udaljenosti	$4,398 \cdot 10^{-4}$ m
$u(\theta_{GMS})$	Nesigurnost umjeravanja vertikalnih kutova	0,294 "

Nesigurnost horizontalne udaljenosti odnosi se na nesigurnosti vezane uz laserski interferometar te njegovu ograničenu rezoluciju. Nesigurnost vertikalne udaljenosti je rezultat čimbenika poput dilatacije i nevertikalnosti letve. Na nesigurnost umjeravanja vertikalnih kutova utječu čimbenici poput ograničene rezolucije geodetske mjerne stanice te varijacijama u rezultatima prilikom ponovljenih mjerenja. Točnost ove metode umjeravanja s proširenom nesigurnošću ($k=2$) iznosi 0,59" (Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Grattan 2016).

5.2. Trigonometrijska metoda umjeravanja primjenom stacionarne mjerne letve

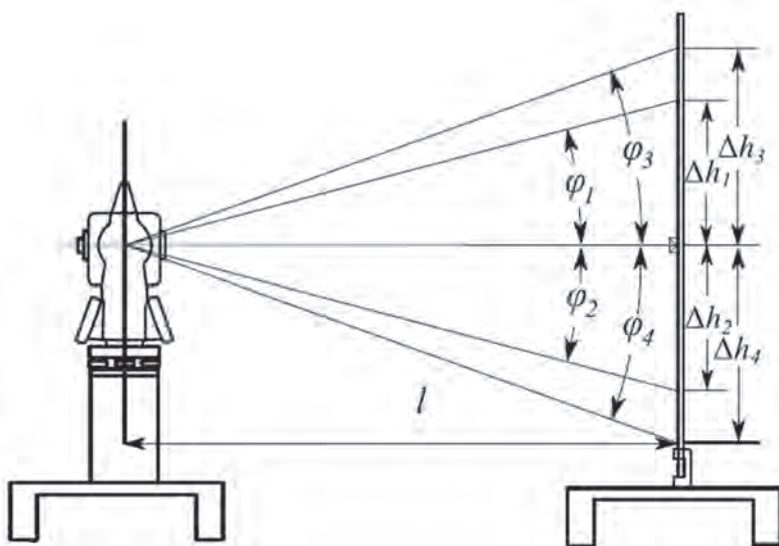
Umjeravanje se provodi usporedbom očitavanja geodetske mjerne stanice i referentnih vertikalnih kutova određenih s pomoću nepomične mjerne letve i poznate horizontalne udaljenosti.

5.2.1. Građa uređaja sa stacionarnom mjernom letvom

Druga predložena trigonometrijska metoda temelji se na nepomičnoj mjernoj letvi. Geodetska mjerna stanica postavlja se na podesivo postolje na betonskom stupu. Mjerna letva je postavljena vertikalno. Horizontalna udaljenost mjeri se elektrooptičkim daljinomjerom, a prizma se postavlja izravno na središnju liniju mjerne letve.

5.2.2. Postupak umjeravanja

Geodetska mjerna stanica postavlja se na proizvoljnu udaljenost od mjerne letve. Durbin se usmjeri na središnju liniju mjerne letve te očitavanje zenitnog kuta treba biti 90° ili 270° , ovisno o položaju instrumenta. Očita se horizontalna udaljenost. Zatim se vizira podjela na letvi pod proizvoljnim zenitnim kutom. Očita se vertikalna udaljenost od središnje linije do vizirane podjele na mjernoj letvi. Područje mjerenja vertikalnih kutova iznosi $90^\circ \pm 17^\circ$ i $270^\circ \pm 17^\circ$ (Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Grattan 2016). Na slici 6 prikazan je postupak umjeravanja.



Slika 6. Postupak umjeravanja primjenom stacionarne mjerne letve (Šiaudinytė 2014).

Referentni vertikalni kut se računa prema izrazu (Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Grattan 2016):

$$\varphi_i = \arctan\left(\frac{\Delta h_i}{l}\right), \quad (4)$$

gdje su:

φ_i – referentni vertikalni kut,

Δh_i – vertikalna udaljenost između središnje i proizvoljne podjele na mjernoj letvi,

l – horizontalna udaljenost od geodetske mjerne stanice do mjerne letve.

5.2.3. Izvori nesigurnosti

U tablici 3 prikazani su izvori nesigurnosti trigonometrijske metode umjeravanja primjenom stacionarne mjerne letve.

Tablica 3. *Izvori nesigurnosti trigonometrijske metode umjeravanja primjenom stacionarne mjerne letve (prema Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Grattan 2016).*

Sastavnica standardne nesigurnosti $u(x_i)$	Izvor nesigurnosti	Vrijednost standardne nesigurnosti ($k=1$) $u(x_i)$
$u(\Delta h)$	Nesigurnost vertikalne udaljenosti	$4,398 \cdot 10^{-4}$ m
$u(\Delta l)$	Nesigurnost horizontalne udaljenosti	$6,738 \cdot 10^{-5}$ m
$u(\theta_{GMS})$	Nesigurnost umjeravanja vertikalnih kutova	0,099 "

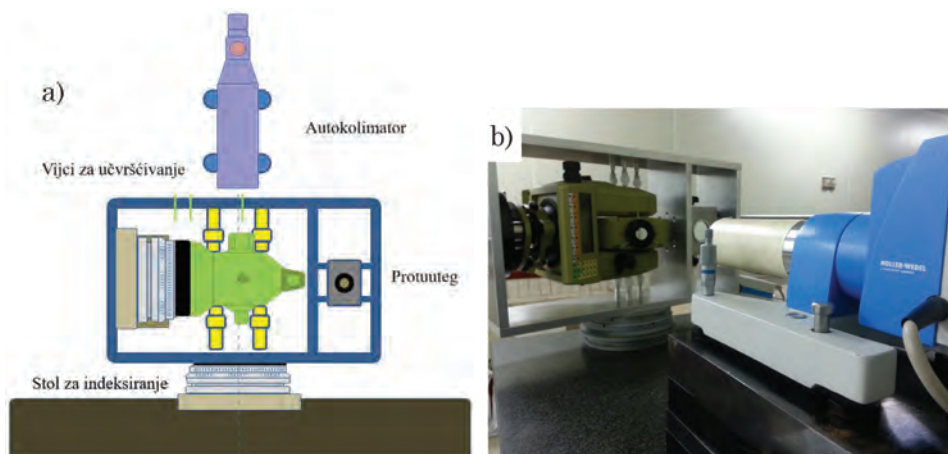
Nesigurnost horizontalne udaljenosti rezultat je mjerenja do prizme, konstante prizme, debljine mjerne letve i točnosti elektrooptičkog daljinomjera. Standardna nesigurnost umjeravanja vertikalnih kutova je manja u odnosu na metodu pomične mjerne letve zbog manje varijacije u rezultatima prilikom ponavljanja mjerenja, prvenstveno zbog statičnosti mjerne letve. Točnost ove metode umjeravanja s proširenom nesigurnošću ($k=2,447$) iznosi 0,24" (Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Grattan 2016).

5.3. Metoda umjeravanja horizontalnim pozicioniranjem vertikalnog kruga

Ova metoda temelji se na postavljanju geodetske mjerne stanice u horizontalni položaj i usporedbi očitavanja vertikalnih kutova s referentnim vrijednostima Mooreova 1440 stola za indeksiranje i autokolimatora.

5.3.1. Građa uređaja za horizontalno pozicioniranje vertikalnog kruga

Prema Šiaudinytė (2014), Suh i Šiaudinytė (2014) te Šiaudinytė i Suh (2015) drugi predloženi mjerni sustav za umjeravanje vertikalnog kruga temelji se na usporedbi očitavanja vertikalnih kutova geodetske mjerne stanice s referentnim kutovima. Glavna komponenta mjernog sustava je posebno izrađen okvir za horizontalno postavljanje geodetske mjerne stanice (slika 7a). Okvir je opremljen sa šest vijaka za podešavanje, po tri na svakoj strani, koji pružaju stabilnu potporu geodetskoj mjernoj stanici. Nadalje, na jednoj strani okvira je podnožna ploča, dok je nasuprot postavljen protutuget za poboljšanu stabilnost. Okvir je precizno horizontaliran i postavljen na Mooreov 1440 stol za indeksiranje. Cjelokupni mjerni sustav položen je na granitnu ploču ispunjenu pijeskom radi poboljšane stabilizacije i smanjenja vibracija tijekom umjeravanja. Promjene kutnih pozicija durbina očitavaju se pomoću elektroničkog autokolimatora Möller-Wedel.



Slika 7. a) Shematski prikaz uređaja, b) prikaz postupka umjeravanja geodetske mjerne stanice Leica TC2003 (prema Suh i Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Suh 2015).

5.3.2. Postupak umjeravanja

Geodetska mjerna stanica postavlja se na podnožnu ploču te se cjelokupni uređaj horizontalno montira na stol za indeksiranje. Zrcalo autokolimatora pričvršćuje se za objektiv durбина. Zatim se durbinu autokolimatora i geodetske mjerne stanice poravnavaju i koaksijalno usmjeravaju jedan prema drugome te se postave u početni položaj (slika 7b). Nakon poravnanja, stol za indeksiranje se rotira za željeni kut, dok se durbin geodetske mjerne stanice zakreće unatrag za isti taj kut. Minimalni pomak stola za indeksiranje iznosi 15'. Očitavanja kutova Mooreova 1440 stola za indeksiranje se uzimaju kao referentna i uspoređuju se s očitanjima kutova geodetske mjerne stanice. Promjena položaja zrcala na

durbinu u odnosu na početni položaj se očitava s autokolimatorom. Postupak se ponavlja 12 puta, šest puta u smjeru kretanja kazaljke na satu i šest puta u suprotnom smjeru. Područje mjerenja vertikalnih kutova iznosi $90^\circ \pm 50^\circ$ i $270^\circ \pm 50^\circ$ (Šiaudinytė 2014, Suh i Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Suh 2015).

5.3.3. Izvori nesigurnosti

Izvori nesigurnosti uređaja za horizontalno pozicioniranja vertikalnog kruga prikazani su u tablici 4.

Tablica 4. *Izvori nesigurnosti uređaja za horizontalno pozicioniranja vertikalnog kruga (prema Šiaudinytė 2014, Suh i Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Suh 2015).*

Sastavnica standardne nesigurnosti $u(x_i)$	Izvor nesigurnosti	Vrijednost standardne nesigurnosti ($k=1$) $u(x_i)$
$u(\theta_{I.C.})$	Nesigurnost stola za indeksiranje	0,05 "
$u(\theta_{GMSrez})$	Rezolucija geodetske mjerne stanice	0,029 "
$u(\theta_{AK})$	Nesigurnost autokolimatora	0,25 "
$u(\theta_{AKpon})$	Ponovljivost autokolimatora	0,049 "
$u(\theta_{AKrez})$	Rezolucija autokolimatora	0,014 "

Nesigurnost ponovljivosti autokolimatora procjenjuje se kao omjer standardne nesigurnosti uzorka i kvadratnog korijena broja mjerenja. Nesigurnosti stola za indeksiranje i autokolimatora preuzete su iz potvrde o umjeravanju uređaja. Nesigurnosti zbog rezolucije geodetske mjerne stanice i autokolimatora proizlaze iz zaokruživanja rezultata prema minimalnoj jedinici prikaza uređaja. Rezolucija autokolimatora iznosi 0,05", dok rezolucija geodetske mjerne stanice Leica TC2003 iznosi 0,1". Nesigurnosti rezolucija imaju pravokutnu razdiobu. Procjenjuju se prema izrazu (Šiaudinytė 2014, Suh i Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Suh 2015):

$$u(\theta_{rez}) = \frac{R}{2\sqrt{3}}, \quad (5)$$

gdje je:

R – rezolucija uređaja.

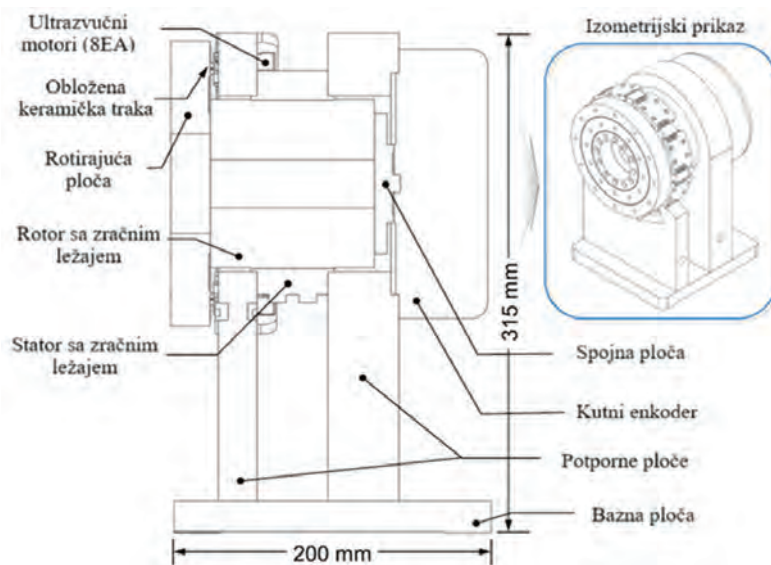
Pravokutna razdioba primjenjuje se za procjenu standardne nesigurnosti kada su sve vrijednosti unutar intervala jednako vjerojatne (Benčić i Solarić 2008). Točnost navedene metode umjeravanja s proširenom nesigurnošću ($k=2$) iznosi 0,52" (Šiaudinytė 2014, Suh i Šiaudinytė 2014, Šiaudinytė i Suh 2015).

6. Korejski istraživački institut za etalone i znanost, Južna Koreja

U Korejskom istraživačkom institutu za etalone i znanost (engl. *Korea Research Institute of Standards and Science* – KRISS) razvijen je sustav za umjeravanje vertikalnih kutova (engl. *Vertical Angle Measurement System* – VAMS). Sustav pruža usluge umjeravanja senzora za očitavanje vertikalnih kutova i vertikalnog kruga u geodetskim instrumentima.

6.1. Građa sustava za umjeravanje vertikalnih kutova

U radu Kim i dr. (2024) navodi se da je sustav za umjeravanje vertikalnih kutova precizna rotacijska platforma koja uključuje zračni cilindrični ležaj, osam ultrazvučnih motora i kutni enkoder Heidenhain RON 905. Zračni ležaj i kutni enkoder su koaksijalno postavljeni te su poduprti dvjema potpornim pločama, smještenim na baznoj ploči. Zračni ležaj vodi jednoosno rotacijsko gibanje s odklonom 25 nm i nagibnom pogreškom 0,1 μ rad. Heidenhain RON 905 kutni enkoder ima kružnu podjelu s 36 000 linija, pružajući rezoluciju očitavanja do 0,009". Ultrazvučni motori omogućuju rotaciju stola, pričvršćeni na suprotnu stranu od zračnog ležaja, upotrebom sile trenja između motora i keramički obložene površine rotacijskog stola. Shematski prikaz VAMS-a dan je na slici 8. Upotrebom izmjeničnog i istosmjernog strujnog načina rada, motorima je omogućena kontinuirana rotacija u istosmjernom strujnom načinu rada te precizno rotacijsko gibanje ograničenog raspona u izmjeničnom strujnom načinu rada. Upotrebom očitavanja kutnog enkodera kao povratne informacije i algoritma za prebacivanje načina rada, VAMS može generirati bilo koju vertikalnu poziciju s minimalnim pomakom manjim od 0,01". Sustav za umjeravanje vertikalnih kutova ima dva načina rada. Prvi način rada primjenjuje se u svrhu umjeravanja senzora za očitavanje vertikalnog kuta, a drugi način rada u svrhu umjeravanja vertikalnog kruga u geodetskim instrumentima. Na rotacijski stol se postavlja rotacijska ruka te je potreban autokolimator i zrcalo kako bi se očitala odstupanja između vertikalnih kutova mjernog sustava i umjeravanoga geodetskog instrumenta. Postavljen je uteg na suprotnu stranu rotirajuće ruke kako bi se uravnotežio autokolimator. Područje umjeravanja vertikalnih kutova kod geodetskih instrumenata zbog mehaničkih prepreka je ograničen na $\pm 120^\circ$. Razvijen je minijturni autokolimator (engl. *miniature autocollimator*) kako bi se zadovoljila tražena rezolucija i točnost, a istovremeno se održao lagan i kompaktni dizajn u svrhu reduciranja učinka opterećenja na sustav za umjeravanje vertikalnih kutova. Minijturnim autokolimatorom mjere se kutne pozicije zrcala (Θ_x i Θ_y).



Slika 8. Shematski prikaz VAMS-a (prema Kim i dr. 2024).



Slika 9. Prikaz postupka umjeravanja geodetske mjerne stanice Leica TC2003 (prema Kim i dr. 2024).

Signal kutnog enkodera povezan je s računalom putem kartice Heidenhain IK220. Proporcionalno-integralno derivacijski (engl. *Proportional-integral derivative* – PID) kontrolni signal primjenjuje se na upravljač motora Nanomotion AB2 preko programabilne kartice. Slika dobivena s minijaturnog autokolimatora prenosi se na računalo te se obrađuje kako bi se dobilo dvodimenzionalno očitavanje kutne pozicije. Tijekom umjeravanja, očitavanja instrumenta unose se u program za umjeravanje ručno ili automatski, ovisno o tome ima li umjeravani geodetski instrument serijsko ili USB sučelje (Kim i dr. 2024).

6.2. Postupak umjeravanja

Postupak umjeravanja je proveden na geodetskoj mornoj stanici Leica TC2003 (slika 9). Zrcalo autokolimatora postavljeno je na objektiv durbina. Nagibni kutovi zrcala, autokolimatora i geodetske mjerne stanice poravnati su kako bi rotacijske osi VAMS-a i instrumenta bile paralelne, a optička os autokolimatora okomita u odnosu na obje rotacijske osi i zrcalo. Umjeravanje je izvedeno dva puta u tri serije mjerenja. Nakon prvog umjeravanja, geodetska mjerna stanica je uklonjena i ponovno postavljena. Mjerenja su provedena u intervalima 10° . Vertikalni kut geodetske mjerne stanice je ručno namješten tijekom umjeravanja (Kim i dr. 2024).

6.3. Izvori nesigurnosti

Glavni izvori nesigurnosti sustava za umjeravanje vertikalnih kutova prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. *Izvori nesigurnosti VAMS-a (prema Kim i dr. 2024).*

Sastavnica standardne nesigurnosti $u(x_i)$	Izvor nesigurnosti	Vrijednost standardne nesigurnosti ($k=1$) $u(x_i)$
$u(\theta_{ENK})$	Očitavanja kutnog enkodera	0,084"
$u(\theta_{AK})$	Očitavanja autokolimatora	0,13"
$u(\alpha_L)$	Kompenzacijska vrijednost za učinke opterećenja	0,18"

Primarni izvori nesigurnosti koji utječu na očitavanja kutnog enkodera su pogreška nelinearnosti i pogreška poravnanja rotacijske osi kutnog enkodera i horizontalne osi geodetske mjerne stanice. Nesigurnost autokolimatora proizlazi iz čimbenika poput pogreške nelinearnosti i faktora skaliranja. Kompenzacijska vrijednost za učinke opterećenja odnosi se na moguća savijanja kom-

ponenti VAMS-a, koja nastaju zbog težine i vertikalnosti sustava. Prvenstveno se to odnosi na opterećenje uzrokovano minijaturnim autokolimatorom. Iako je ovaj učinak djelomično kompenziran postavljanjem utega na suprotnu stranu rotirajuće ruke, do savijanja može doći i uslijed promjene kutnih pozicija rotirajuće ruke. Točnost VAMS-a s proširenom nesigurnošću ($k=2$) iznosi $0,51''$ (Kim i dr. 2024).

7. Usporedba metoda umjeravanja vertikalnog kruga

U tablici 6 prikazana je usporedba metoda umjeravanja vertikalnog kruga kod geodetskih mjernih stanica prema dostupnoj literaturi, uključujući godine izrade, primijenjene metode umjeravanja, područje umjeravanja vertikalnih kutova te točnosti komparatora s pripadnom standardnom nesigurnošću.

Tablica 6. *Usporedba metoda umjeravanja vertikalnog kruga prema ključnim parametrima.*

Institucija Država	Godina razvitka	Metode umjeravanja	Područje umjeravanja	Standardna nesigurnost ($k=2$)
ESRF Francuska	2009.	Trigonometrijska metoda	$90^\circ \pm 23,75^\circ$	$1,6''$
Leica Geosystems Švicarska	2004.	Kutni enkoder + autokolimator	$9^\circ - 126^\circ$ $243^\circ - 351^\circ$	$0,182''$
Tehničko sveučilište Vilnius Gediminas Litva	2014.	Trigonometrijska metoda primjenom pomične mjerne letve	$90^\circ \pm 17^\circ$	$0,59''$
		Trigonometrijska metoda primjenom stacionarne mjerne letve	$90^\circ \pm 17^\circ$	$0,20''$
		Stol za indeksiranje + autokolimator	$90^\circ \pm 50^\circ$	$0,52''$
KRISS Južna Koreja	2024.	Kutni enkoder + autokolimator	$0^\circ \pm 120^\circ$	$0,51''$

Iz provedene analize, vidljivo je da komparatori temeljeni na trigonometrijskoj metodi imaju manje područje umjeravanja vertikalnih kutova u odnosu na komparatore koji upotrebljavaju metodu izravne usporedbe kutnih vrijednosti s uređajima poput kutnog enkodera i stola za indeksiranje. Razlog tomu je horizontalna udaljenost između mjerne letve i geodetske mjerne stanice, koja ovisi o minimalno dopuštenoj udaljenosti izoštravanja slike. Povećanjem horizontalne udaljenosti smanjuje se područje umjeravanja vertikalnih kutova, dok se smanjenjem udaljenosti gubi mogućnost pravilnog izoštravanja slike, što negativno utječe na točnost umjeravanja.

8. Zaključak

Redovito umjeravanje geodetskih instrumenata neophodno je za osiguranje točnosti mjerenja. Umjeravanjem vertikalnog kruga kod teodolita i geodetskih mjernih stanica smanjuje se utjecaj sustavnih pogrešaka pri mjerenju vertikalnih kutova. U cilju povećanja točnosti mjerenja i efikasnosti umjeravanja, brojni instituti diljem svijeta razvili su vlastite komparatore za umjeravanje vertikalnog kruga. Točnost svakog komparatora izražava se kroz ukupnu standardnu nesigurnost svih izvora nesigurnosti u procesu umjeravanja.

Umjeravanje vertikalnog kruga provodi se dvjema metodama, izravnom usporedbom mjerenih kutnih vrijednosti s referentnim vrijednostima dobivenim uređajima veće točnosti i posrednim određivanjem referentnih kutnih vrijednosti primjenom trigonometrijskih funkcija. Analiza ovih metoda pokazala je da komparatori koji upotrebljavaju uređaje poput kutnog enkodera, autokolimatora i stola za indeksiranje omogućuju šire područje umjeravanja vertikalnih kutova u odnosu na one temeljene na trigonometrijskim metodama.

Komparator za umjeravanje vertikalnog kruga razvijen na Europskom centru za sinkrotronsko zračenje u Francuskoj ima najveću standardnu nesigurnost te iznosi $1,6''$ ($k=2$). Potrebno je napomenuti da navedena standardna nesigurnost uvelike ovisi o točnosti elektrooptičkog daljinomjera instrumenta koji se umjerava. Uređaj za umjeravanje teodolita, razvijen u tvrtki Leica Geosystems u Švicarskoj, ima najmanju standardnu nesigurnost koja iznosi $0,182''$ ($k=2$) te je jedini komparator, u sklopu istraživanja, gdje je postupak umjeravanja u potpunosti automatiziran. Najnoviji komparator razvijen je u Korejskom istraživačkom institutu za etalone i znanost u Južnoj Koreji te je ujedno i komparator s najvećim područjem umjeravanja vertikalnih kutova.

Odabir odgovarajuće metode umjeravanja vertikalnog kruga ovisi o specifičnim zahtjevima kao što su tražena točnost i područje umjeravanja, dostupnost tehničke opreme i financijskih sredstava. Stoga je izbor metode umjeravanja potrebno prilagoditi postojećim uvjetima i specifičnim potrebama mjerenja.

Literatura

- Baričević, S., Barković, Đ., Zrinjski, M. (2021): Umjeravanje preciznih nivelmanskih letvi, *Geodetski list*, 75 (98), 2, 169–188.
- Benčić, D., Solarić, N. (2008): *Mjerni instrumenti i sustavi u geodeziji i geoinformatici*, Školska knjiga, Zagreb.
- Bručas, D. (2008): Development and research of the test bench for the angle calibration of geodetic instruments, doktorska disertacija, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius.
- Državni zavod za mjeriteljstvo (2008): *Vrednovanje mjernih podataka – Upute za iskazivanje mjerne nesigurnosti*, Zagreb.
- Frančula, N., Lapaine, M. (2008): *Geodetsko-geoinformatički rječnik*, Državna geodetska uprava, Zagreb.
- HRN ISO (2004): HRN ISO 17123-3:2004 – Optika i optički instrumenti – Te-

- renski postupci za ispitivanje geodetskih instrumenata i instrumenata izmjere – 3. dio: Teodoliti (ISO 17123-3:2001).
- Kim, J. A., Lee, J. Y., Kang, C. S., Woo, J. H. (2024): High precision vertical angle measurement system for calibration of various angle sensors and instruments, *Measurement Science and Technology*, 35(7), 075011.
- Lippuner, H. (2008): Device for checking or calibrating the angle-dependent alignment of a high-precision test piece, US Patent No. US7359047 B2.
- Lippuner, H., Scherrer, R. (2005): Die neue Theodolit-Prüfmaschine TPM-2 von Leica Geosystems, *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN)*, 112(5), 170–176.
- Martin, D. (2009): High precision angle calibration for spherical measurement systems, doktorska disertacija, University of Warwick, Warwick.
- Martin, D. (2010): Instrument calibration at the ESRF, In XXIV FIG International Congress.
- Martin, D., Chetwynd, D. G. (2009): Angle calibration of robotic total stations and laser trackers, In XIX IMEKO World Congress, Fundamental and Applied Metrology.
- Savvaïdis, P., Ifadis, I. M., Doukas, I., Lakakis, K., Petridou-Chrysohoidou, N. (2004): Calibrating geodetic instruments, *Int. J. Geoinf.*, 5, 18–21.
- Suh, H. S., Šiaudinytė, L. (2014): New setup for calibration of vertical angle measuring systems, IMEKO.
- Šiaudinytė, L. (2014): Research and development of methods and instrumentation for the calibration of vertical angle measuring systems of geodetic instruments, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius.
- Šiaudinytė, L., Grattan, K. T. V. (2016): Uncertainty evaluation of trigonometric method for vertical angle calibration of the total station instrument, *Measurement*, 86, 276–282.
- Šiaudinytė, L., Suh, H. S. (2015): Uncertainty evaluation of proposed setup for the calibration of vertical angle measuring systems by using means for the flat angle calibration, *Measurement*, 67, 177–182.
- Zrinjski, M., Barković, Đ., Tir, M. (2011): Automatizacija ispitivanja preciznosti teodolita prema normi HRN ISO 17123-3:2004, *Geodetski list*, 65 (88), 2, 123–144.

Measurement Systems and Vertical Circle Calibration Methods for Geodetic Instruments

ABSTRACT. Vertical circle calibration for geodetic instruments is essential for ensuring the accuracy of vertical angle measurements in various geodetic applications. This paper presents an overview of the developed measurement systems, methods and comparator constructions, the calibration processes and the main sources of uncertainty affecting calibration accuracy. An analysis and comparison of key comparator parameters were conducted, including expanded uncertainties, calibration ranges and the applied calibration methods.

Keywords: vertical circle, total station, calibration, angle encoder, autocollimator.

Primljeno / Received: 2025-02-25

Prihvaćeno / Accepted: 2025-03-20

UDK 528.9:681.6:004.4

Stručni članak / Professional paper

Open source webGIS tehnologija: kako prikazati prostorne podatke pomoću web karte?

Grgo DŽELALIJA – Zagreb¹, Ivana RACETIN – Split²,
Robert ŽUPAN – Zagreb¹

SAŽETAK. U ovom radu pregledana je tehnologija za razvoj interaktivnih web karata te mogućnosti OpenLayers biblioteke za izradu interaktivnih web karti. OpenLayers je uz Leaflet najpopularnija biblioteka za izradu interaktivnih web karti i naprednih webGIS sustava. Ova biblioteka omogućuje razvoj složenih webGIS aplikacija pružajući opširan set funkcionalnosti poput upravljanja slojevima karte, crtanja i uređivanja geometrijskih objekata, mjerenja udaljenosti ili površina te podršku pri radu u različitim kartografskim sustavima i projekcijama. OpenLayers biblioteka omogućuje jednostavnu prilagodbu ili proširivanje postojećih funkcionalnosti s obzirom na specifične zahtjeve pojedinih projekata, što je čini popularnom pri razvoju prilagođenih i kompleksnih webGIS rješenja.

Cljučne riječi: webGIS, prostorni podaci, OpenLayers.

1. Uvod

Prostorni podaci ključni su za razumijevanje i upravljanje resursima povezanim s prostorom. Prostorni podaci tako omogućuju donošenje odluka u urbanizmu, upravljanju zemljištem, ekologiji, poljoprivredi, transportu, upravljanju i učinkovitom reagiranju u hitnim situacijama te mnogim drugim područjima. Važnost vizualizacije prostornih podataka seže sve od prapovijesti kada su nastajali prvi oblici karata, poput babilonske karte svijeta izrađene na glinenoj pločici (Jacobs 1902).

¹ dr. sc. Grgo Dželalija, Ericsson Nikola Tesla d. d., Krapinska 45, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: grgo.dzelalija@ericssonnikolatesla.com, gdzelalija@gradst.hr
prof. dr. sc. Robert Župan, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: robert.zupan@geof.unizg.hr

² prof. dr. sc. Ivana Racetin, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Matice hrvatske 15, HR-21000 Split, Hrvatska, e-mail: iracetin@gradst.hr

Tehnologija mjerenja i prikaza prostornih podataka razvijala se kroz povijest, te su karte postajale sve preciznije i dostupnije. Danas, u procesu digitalizacije omogućena je pohrana, obrada i diseminacija prostornih podataka putem digitalnih tehnologija. Time digitalizacija omogućuje bržu i učinkovitiju razmjenu prostornih podataka, smanjuje troškove, te povećava dostupnost prostornih podataka svim zainteresiranim strankama.

Razvoj tehnologije tako je omogućio razvoj web karata i vizualizaciju geoprostornih podataka putem interneta. WebGIS danas ima primjenu u različitim područjima, olakšavajući kolaboraciju i upravljanje prostornim podacima. Zajednički informacijski sustav katastra i zemljišne knjige jedno je od ključnih područja u kojem se webGIS tehnologije koriste za pohranu, upravljanje i diseminaciju katastarskim podacima. WebGIS tehnologija koristi se i za evidenciju i upravljanje objektima i vodovima elektroenergetske, elektroničko komunikacije, vodovodne, toplovodne, odvodne, plinovoda i naftovodne infrastrukture koje se vode u hrvatskom katastru infrastrukture (URL 1). Primjena webGIS-a sve je popularnija i u sektoru pametnih gradova za učinkovitije upravljanje prometom, komunalnom infrastrukturom i gradskim resursima. Također, koncept digitalnih blizanaca često koristi webGIS tehnologiju za stvaranje virtualnih modela gradova ili infrastrukturnih sustava koji omogućuju simulaciju i optimizaciju različitih scenarija (Tiwari i Jain 2017).

Open source tehnologije ključne su u razvoju posebno javnih projekata zbog svoje pristupačnosti i fleksibilnosti. Open source softver pruža slobodu prilagodbe i proširivosti, ima velike baze korisnika te je pristupačan što omogućuje jednostavnije financiranje i održavanje. Open source tehnologije tako se često koriste i pri razvoju webGIS sustava.

2. Open source tehnologija i interaktivne web karate

U Svijetu uporaba open source tehnologija za razvoj interaktivnih web karata i GIS aplikacija raste. Biblioteke poput Leafleta i OpenLayersa najpopularnije su JavaScript biblioteke za prikaz i manipulaciju geoprostornih podataka. Leaflet je objavljen 2011. godine te je brzo postao jedan od najpopularnijih alata za izradu interaktivnih web karata, ponajviše zbog svoje jednostavnosti i malog obujma koda. Najčešće se koristi za izradu brzih i jednostavnih web karata. OpenLayers je objavljen 2006. godine, a razvijen je za naprednije funkcionalnosti web karata poput rada s kartografskim projekcijama (URL 2). Najčešće se koristi za razvoj složenijih webGIS aplikacija, kao što su katastar infrastrukture ili Zajednički informacijski sustav katastra i zemljišne knjige (URL 3).

Za prikaz trodimenzionalnih prostornih podataka najčešće se koriste open source biblioteke poput CesiumJS-a i Three.js-a koje nude napredne mogućnosti vizualizacije 3D prostornih podataka. CesiumJS razvijen je 2011. godine te je prvi open source alat koji omogućuje vizualizaciju globusa u web preglednicima renderiranjem pomoću WebGL-a. S druge strane, three.js također koristi WebGL tehnologiju ali se koristi za vizualizaciju 3D scena i geometrija.

Kada su u pitanju 3D podaci često se koriste i biblioteke D3.js i Deck.gl. Bib-

lioteka D3.js razvijena je 2011. godine te omogućuje izradu interaktivnih vizualizacija manipulacijom DOM (engl. Document Object Model) elemenata. Koristi se najčešće za izradu jednostavnijih i specifičnih vizualizacija prostornih podataka. Deck.gl razvila je kompanija Uber Engineering, također temeljen na WebGL-u zbog potrebe za analizom i praćenjem kretanja vozila u stvarnom vremenu.

Kod razvoja webGIS aplikacija koristi se još i biblioteka Turf.js koja omogućuje prostorne analize i izvršavanje geometrijskih operacija izravno u web pregledniku, poput računanja udaljenosti, unija ili presjeka geometrija i slično. Ovim tehnologijama moguće je pokriti većinu zahtjeva koji se traže od modernih webGIS sustava.

3. Izrada interaktivnih web karata

Moderne web aplikacije trebaju biti responzivnog dizajna, brze i interaktivne. Danas takve aplikacije najčešće koriste SPA arhitekturu (engl. Single Page Application). Takva arhitektura omogućuje da se podaci i sučelje učitavaju dinamički bez osvježavanja cijele web stranice. Među najpopularnijim alatima za izradu takvih web aplikacija su React i Angular.

React je JavaScript biblioteka koju je razvila kompanija Meta fokusirana na izradu korisničkih sučelja idealnih za izradu dinamičnih aplikacija poput društvenih mreža ili aplikacija nadzornih ploča. Angular, koji je razvila kompanija Google, je razvojni okvir temeljen na TypeScriptu te nudi robustan sustav za izradu velikih poslovnih aplikacija. Obje tehnologije omogućuju razvoj modernih web aplikacija (URL 4). U ovom radu dat ćemo primjer izrade interaktivne web karte pomoću Angular razvojnog okvira i OpenLayers biblioteke.

3.1. Preglednik i slojevi karte

Prvi korak u kreiranju web karte pomoću biblioteke OpenLayers je instanciranje klase *Map*. Kako bi se instancirao ovaj objekt potrebno je definirati parametre *target*, *layers* i *view*. Parametar *target* definira HTML element u koji će biti ugrađena OpenLayers karta, dok pomoću *view* objekta definiramo svojstva karte poput projekcije, centra prikaza karte ili početnog mjerila karte. Parametar *target* možemo definirati pomoću identifikatora HTML elementa, dok parametar *view* definiramo instanciranjem klase *View* (slika 1).

```
1. const map = new Map({  
2.   target: 'map',  
3.   view: new View({  
4.     center: [EASTING, NORTHING],  
5.     zoom: ZOOM_LEVEL  
6.   })  
7. });  
8.
```

Slika 1. Instanciranje karte.

Kartu je često potrebno prikazati u nekoj određenoj kartografskoj projekciji, a ako ne definiramo kartografsku projekciju, zadana će biti Web Mercator, odnosno EPSG:3857. Kartografsku projekciju možemo definirati pomoću paketa proj4 (slika 2).

```

1. proj4.defs(
2.   'EPSG:3765',
3.   '+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=16.5 +k=0.9999 +x_0=500000 +y_0=0 +ellps=GRS80
   +towgs84=0,0,0,0,0,0,0 +units=m +no_defs'
4. );
5. register(proj4);
6. const projection = getProjection('EPSG:3765');
7. if (!projection) {
8.   throw new Error('Projection EPSG:3765 is not registered.');
```

Slika 2. Dodavanje HTRS96/TM kartografske projekcije na kartu.

Na kartu možemo dodati slojeve karte. OpenLayers podržava više različitih vrsti slojeva. Podržani su vektorski i rasterski slojevi. Za rasterske slojeve postoje tri klase:

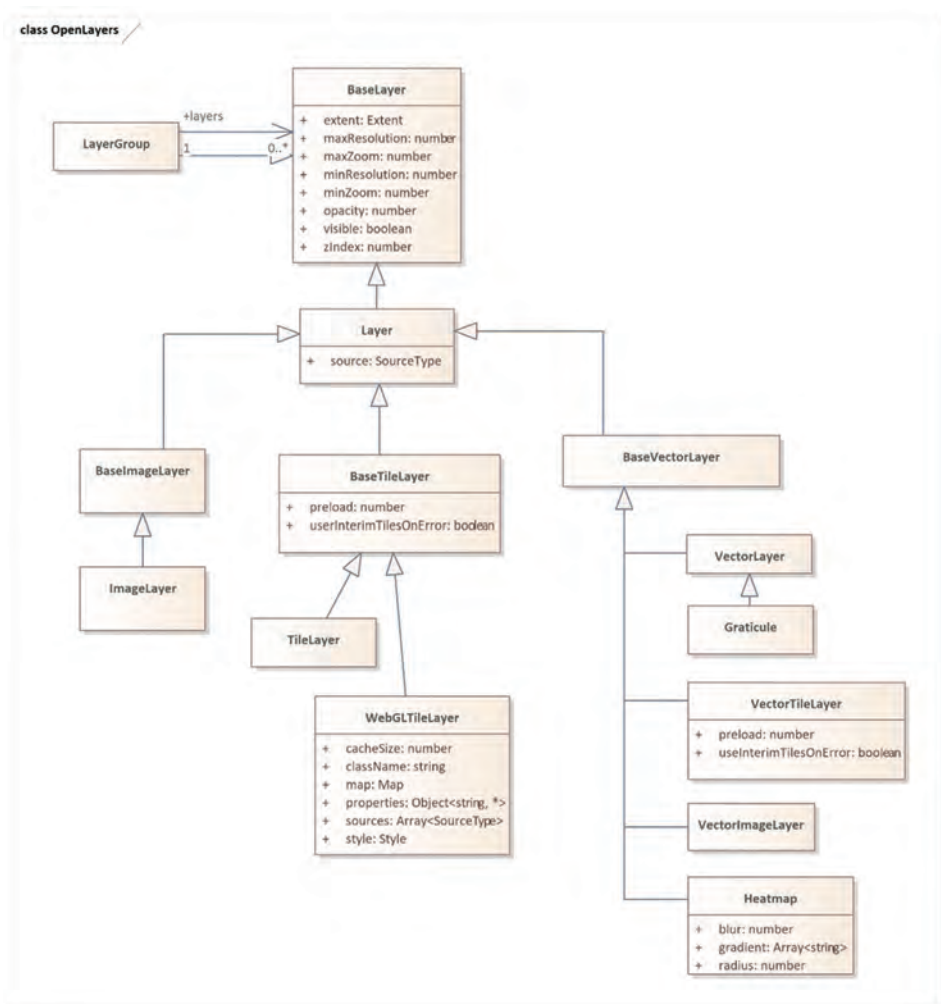
- Klasu `ol/layer/Tile~TileLayer` se koristi za definiranje sloja čiji izvor podataka su serverski renderirane slike organizirane u grupe po mjerilima za specifične rezolucije karte.
- Klasu `ol/layer/Image~ImageLayer` se koristi za definiranje sloja čiji izvor podataka je jedna serverski renderirana slika za bilo koju zatraženu rezoluciju i obim.
- Klasu `ol/layer/WebGLTile~WebGLTileLayer` se koristi za napredni način prikaza rasterskog sloja izravno koristeći mogućnosti WebGL-a za bolje performanse.

Za vektorske podatke prepoznamo pet različitih klasa:

- Klasu `ol/layer/Vector~VectorLayer` se koristi za definiranje sloja vektorskih podataka. Ovaj sloj se renderira na klijentu iz vektorskih podataka te tako daje najprecizniji prikaz.
- Klasu `ol/layer/VectorTile~VectorTileLayer` se koristi u slučaju velikog seta podataka. Vektorski podaci dijele se u manje skupine te renderiraju u manje slike.
- Klasu `ol/layer/VectorImage~VectorImageLayer` također se koristi kod prikazivanja velikih vektorskih slojeva radi boljih performansi, međutim nudi lošiju preciznost od `VectorLayer`-a.
- Klasu `ol/layer/Heatmap~Heatmap` koristi se za renderiranje vektorskih

podataka u obliku heat-mape.

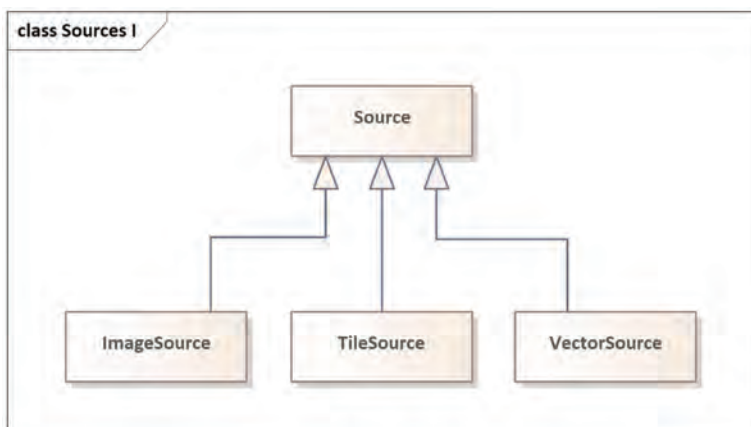
- Klasu `ol/layer/Graticule~Graticule` koristi se za prikaz kartografske mreže.



Slika 3. OpenLayers klase za definiranje slojeva karte.

Za svaki sloj potrebno je definirati njegov izvor, tj. izvor podataka koji će se prikazati na sloju karte. Izvori mogu biti datoteke različitih formata ili web servisi poput WMS (engl. Web Map Service) ili WFS (engl. Web Feature Service) servisa. OpenLayers klase za definiranje izvora podataka dijele se na tri vrste izvora: rasterski izvori podataka s jednom slikom, rasterski izvori podataka s matricom slika i vektorski izvori podataka. Prikaz sloja može biti jedna slika, pri čemu se koriste koriste podklase klase `ImageSource`, ili skup manjih slika, pri čemu će se koristiti podklase klase `TileSource`, dok se za prikaz vektorskih

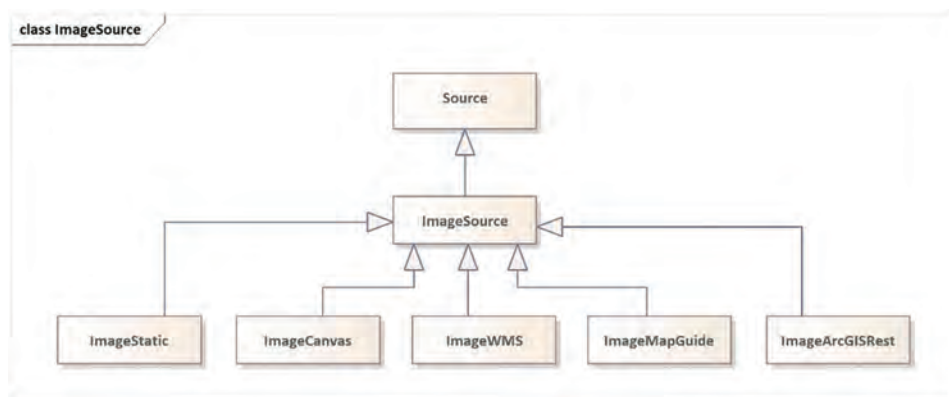
podataka koji se renderiraju na klijentu koriste podklase klase VectorSource (slika 4).



Slika 4. Temeljne klase izvora podataka.

OpenLayers biblioteka omogućuje prikaz ne-georeferenciranih i georeferenciranih slika, te jednostavni prikaz najčešće korištenih servisa za dohvat slika poput WMS-a primjenom različitih klasa (slika 5). Za definiranje izvora podataka rasterskih slojeva s jednom slikom za cijeli prikaz tako prepoznamo sljedeće klase:

- Klasu `ol/source/ImageStatic~Static` koristi se za definiranje za prikaz jedne statične slike. Ovu klasu koristiti se za dodavanje ne-georeferenciranih slika na kartu. Potrebno je definirati prostorni obuhvat i željenu kartografsku projekciju.
- Klasa `ol/source/ImageCanvas~ImageCanvasSource` je temeljna klasa za izvore podataka kojima je element HTML platna slika.
- Klasa `ol/source/ImageWMS~ImageWMS` koristi se za definiranje rasterskih izvora podataka WMS servisa koji servira jednu georeferenciranu sliku s proizvoljnim prostornim obuhvatom. Ovim pristupom renderiranje zatražene slike na serveru je sporije, ali s browsera se upućuje samo jedan upit.
- Klasu `ol/source/ImageMapGuide` koristi se za rasterski izvor podataka s MapGuide servera koji servira jednu georeferenciranu sliku.
- Klasu `ol/source/ImageArcGISRest` koristi se za rasterski izvor podataka s ArcGIS Rest servisa za jednu georeferenciranu sliku.



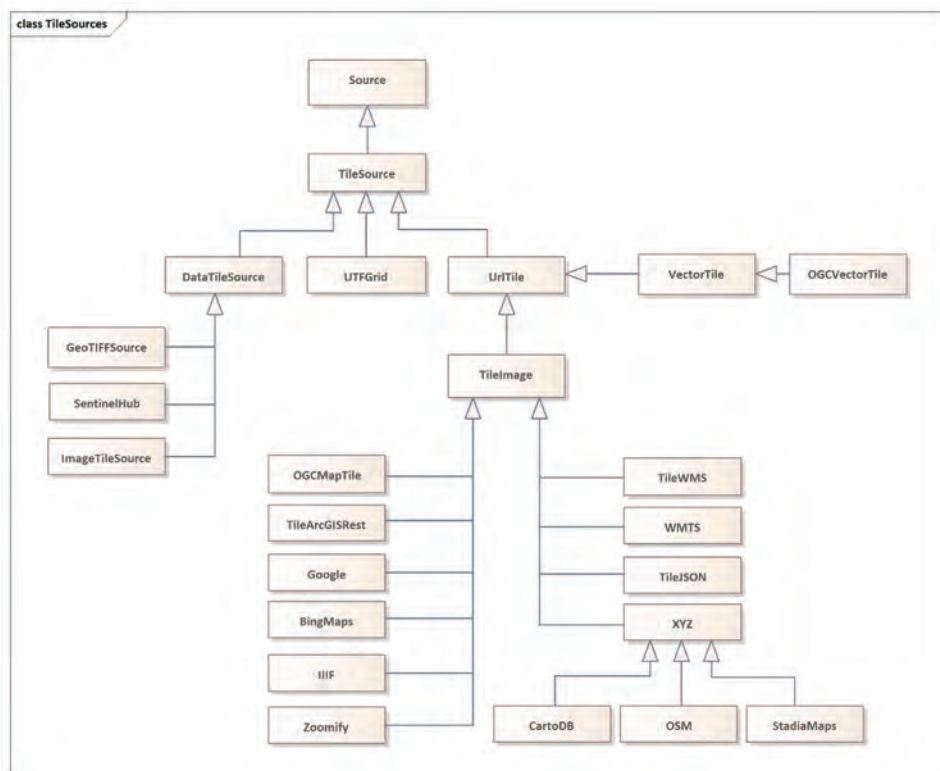
Slika 5. Dodavanje sloja na kartu.

Na kartama često treba prikazati velike količine podataka visoke rezolucije zbog čega renderiranje i prijenos cijelog prikaza karte u jednu sliku može biti zahtjevno. Podaci se zbog toga često dijele u skupine manjih slika podijeljenih s obzirom na rezoluciju i mjerilo prikaza. Vrste izvora podataka, te načini podjele i dohvaćanja takvih slika, se razlikuju pa tako OpenLayers ima više klasa za različite primjene (slika 6):

- Klasu `ol/source/VectorTile~VectorTile` koristi se za vektorske izvore podataka podijeljenih u matricu. U slučajevima kada je potrebno prikazati veliku količinu vektorskih podataka radi boljih performansi, podatke je moguće podijeliti u skupine podijeljene po prostornom obuhvatu te ih pojedinačno dohvaćati i renderirati na klijentu. Ovaj pristup rezultira manjom preciznosti od uobičajenog vektorskog prikaza te nije zamišljen za uređivanje geometrije prikazanih objekata.
- Klasa `ol/source/WMTS~WMTS` koristi se za definiranje izvora podataka s WMTS servisa. WMTS servis sastoji se od unaprijed serverski renderiranih slika podijeljenih u predefinirane skupine po prostornom obuhvatu, koordinatnim sustavima, rezoluciji i mjerilima. Zbog toga prilikom definiranja WMTS izvora podataka, potrebno je pročitati `GetCapabilities` dokument WMTS servisa te odabrati odgovarajući set slika.
- Klasa `ol/source/TileJSON~TileJSON` koristi se za servise poput WMTS-a, uz jednostavniju verziju zapisa informacija o podjeli georeferenciranih slika od WMTS `GetCapabilities` dokumenta.
- Klasu `ol/source/XYZ~XYZ` koristi se za definiranje rasterskih izvora podataka u XYZ formatu koji prati Googleov rasterski format slika.
- Klasu `ol/source/TileWMS~TileWMS` koristi se za izvor podataka WMS servisa. WMS servisi vraćaju georeferencirane slike manjih dimenzija renderirane na serveru. Za razliku od WMTS servisa prostorni obuhvat slika je proizvoljan.
- Klasu `ol/source/ImageTile~ImageTileSource` koristi se za dohvaćanje slika grupiranih po rezoluciji, mjerilu i koordinatnom sustavu. Ovu klasu upotre-

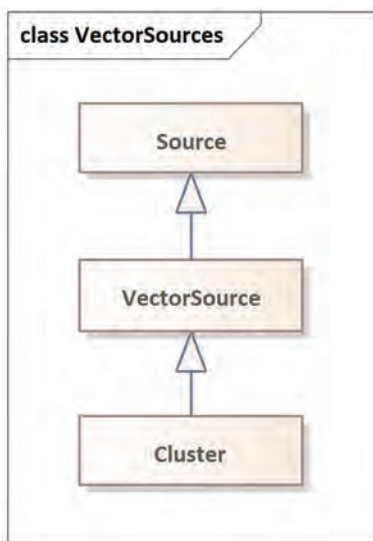
bljava se ako ne želimo koristiti neki od uvrješjenijih pristupa poput XYZ ili TMS formata URL-a za dohvaćanje pojedinih slika iz matrice.

- Klasu `ol/source/Zoomify~Zoomify` koristi se za definiranje izvora podataka u Zoomify formatu. Zoomify format koristi se za serviranje ne-georeferenciranih slika visokih rezolucija.
- Klasu `ol/source/GeoTIFF~GeoTIFFSource` koristi se za definiranje raster-skih izvora podataka GeoTIFF datoteka.
- Klasu `ol/source/Google~Google` koristi se za definiranje izvora podataka s Googleovog Map Tiles API servisa.
- Klasu `ol/source/CartoDB~CartoDB` koristi se za definiranje izvora podataka s CartoDB Maps API servisa.
- Klasu `ol/source/BingMaps~BingMaps` koristi se za definiranje izvora podataka s Bing Maps servisa.
- Klasu `ol/source/StadiaMaps~StadiaMaps` koristi se za definiranje izvora podataka s Stadia Maps tile servisa.
- Klasu `ol/source/SentinelHub~SentinelHub` koristi se za definiranje izvora podataka korištenjem Sentinel Hub API-a.
- Klasu `ol/source/TileArcGISRest~TileArcGISRest` koristi se za definiranje izvora podataka s ArcGIS Rest servisa.
- Klasu `ol/source/OGCMapTile~OGCMapTile` koristi se za definiranje izvora podataka s OGC API Tiles servisa.
- Klasu `ol/source/OGCVectorTile~OGCVectorTile` koristi se za definiranje izvora podataka s OGC API Tiles servisa. Za razliku od prethodne, ova klasa koristi se kada su izvorišni podaci u vektorskog formatu, te se prije dodavanja na kartu renderiranju u slike.
- Klasu `ol/source/OSM~OSM` koristi se za definiranje izvora podataka s OSM servisa.
- Klasu `ol/source/IIIF~IIIF` koristi se za definiranje izvora podataka koji koriste IIIF (engl. International Image Interoperability Format) API servis. Ovi servisi koriste se za posluživanje ne-georeferenciranih slika visokih rezolucija.



Slika 6. Klase izvora podataka za skupine slika.

Za definiranje izvora podataka vektorskih slojeva prepoznamo klase VectorSource i Cluster (slika 7). Klasa VectorSource podržava gotovo sve korištene formate vektorskih podataka, pa se pomoću nje može definirati izvore podataka u različitim JSON (engl. JavaScript Object Notation) formatima poput EsriJSON, GeoJSON i TopoJson formata. Podržani su i drugi najčešće korišteni formati bazirani na XML-u (engl. Extensible Markup Language), poput GML (engl. Geography Markup Language), GPX (engl. GPS Exchange Format) i KML (engl. Keyhole Markup Language) formata. Uz XML i JSON formate, podržani su i tekstualni formati poput WKT-a (engl. Well-Known Text), binarni formati WKB (engl. Well-Known Binary) i EWKB (engl. Extended WKB) te Mapboxov MVT format. Klasa Cluster koristi se za klasteriranje vektorskih podataka.



Slika 7. *OpenLayers* klase za definiranje vektorskih izvora podataka.

Slojeve se može dodati na kartu instanciranjem neke od klasa za definiranje slojeva i izvora podataka te korištenjem metode *addLayer* klase *Map*. Na slici 8 dodan je rasterski *OpenStreetMap* sloj na kartu. Na ovaj način sloj je dodan na kartu te pohranjen u listu slojeva gdje je njima moguće upravljati, na primjer, mijenjajući redoslijed tako dodanih slojeva.

```

1. map.addLayer(new TileLayer({
2.   source: new OSM()
3. }));
4.

```

Slika 8. Dodavanje sloja na kartu.

Ukoliko na kartu želimo dodati samo privremeni sloj, preporučeno je koristiti metodu *addMap* neke od klasa za definiranje slojeva. Na ovaj način sloj se prikazuje kao posljednji sloj karte te karta njime ne upravlja.

3.2. Dohvaćanje informacija o featureu

Interaktivne web karte često trebaju imati mogućnost prikaza dodatnih podataka o pojedinom prikazanom objektu na karti. U slučaju rasterskih slojeva, osim same vrijednosti piksela ostale podatke, ako postoje, moguće je dohvatiti samo dodatnim pozivom na izvorni servis, a ukoliko se radi o servisu koji nema unaprijed renderirane i slike pohranjene u predmemoriju. Najčešće korišten takav izvor podataka je WMS servis. Dodatni atributni podaci o objektu na određenom pikselu kod WMS servisa dohvaćaju se konstruiranjem *GetFea-*

tureInfo requesta. TileWMS i ImageWMS klase sadrže metodu `getFeatureInfoUrl` koja za pojedini izvor konstruira URL za dohvat atributnih podataka objekta na traženoj lokaciji (slika 9).

```
1. wmsLayer
2.     .getSource()
3.     .getFeatureInfoUrl(evt.coordinate, viewResolution, COORDINATE_SYSTEM, {
4.         INFO_FORMAT: 'application/json',
5.     });
6.
```

Slika 9. Konstruiranje URL-a za dohvaćanje atributnih podataka objekta na karti.

Kod vektorskih slojeva atributni podaci već su dostupni na klijentu. U tom slučaju koristi se interakcija karte koja omogućuje označavanje objekata na karti. Interakcija se kreira instanciranjem klase `ol/interaction/Select~Select` te njenim dodavanjem na kartu (slika 10).

```
1. let selectInteraction = new Select({
2.     layers: [wmsLayer],
3.     style: searchLayerStyleFunction,
4. });
5. map.addInteraction(this.selectInteraction);
6.
```

Slika 10. Dodavanje interakcije označavanja na kartu.

Interakciju označavanja moguće je podesiti ovisno o potrebama postavljanjem atributa pri inicijalizaciji klase `Select`. Atributima *condition*, *toggleCondition*, *addCondition* i *removeCondition* moguće je definirati uvjete kada će se objekti dodati ili izbaciti iz liste označenih objekata. Atributom *features* moguće je definirati listu u koju će se pohranjivati označeni objekti, ukoliko se ovaj atribut ne popuni kreirat će se interna lista interakcije. Atributom *layers* može se definirati slojeve koje je moguće označavati, a ako se vrijednost ne definira označavat će se objekti iz svih slojeva dodanih na kartu. Atributom *style* može se definirati stil označenih objekata kako bi ih se na karti moglo vizualno razlikovati od ostalih. Postavljanjem vrijednosti *true* ili *false* na atribut *multi* definira se hoće li interakcija omogućavati označavanje više objekata ili samo jednog. Atributom *filter* moguće je filtrirati objekte za koje ćemo dozvoliti označavanje. Konačno, atributom *hitTolerance* definiramo radijus tolerancije za označavanje objekata.

3.3. Uređivanje geometrije

Sve češće se atributni i prostorni podaci uređuju i putem web preglednika, pa tako današnji webGIS sustavi trebaju imati alate za uređivanje geometrije. OpenLayers omogućuje izradu takvih alata pomoću interakcija. Klasa `Draw` omogućuje definiranje interakcije za crtanje točaka, linije i poligona označavanjem lomnih točaka na karti (slika 11).

```
1. let drawInteraction = new Draw({  
2.   source: wfsLayer.getSource(),  
3.   type: 'LineString',  
4.   style: createStyle(),  
5. });  
6. map.addInteraction(drawInteraction);  
7.
```

Slika 11. Dodavanje interakcije crtanja linija na kartu.

Na ovaj način geometrijski se objekti na karti crtaju pozicioniranjem pokazivača i klikom na kartu. Ovaj pristup je zadovoljavajući za neke uporabe poput prijave nekog događaja, štete ili potrebne intervencije na gradskim aplikacijama. Neke primjene međutim zahtijevaju precizan unos lomnih točaka na određenim koordinatama. Za tu primjenu koristi se metoda *appendCoordinates* klase *Draw* pomoću koje se mogu unositi lomne točke definiranjem koordinata (slika 12).

```
1. this.interaction.appendCoordinates([  
2.   [eCoordinate, nCoordinate],  
3.   ]);  
4.
```

Slika 12. Precizno dodavanje lomnih točaka.

Za uređivanje geometrije već postojećih vektorskih objekata koristi se interakcija *Modify*. Uporabom ove interakcije korisnici mogu pomicati, dodavati ili brisati lomne točke geometrija. Klasa *Modify* inicijalizira se na sličan način kao i interakcija za crtanje geometrija. Ove dvije interakcije temelj su za aplikacije u kojima korisnici trebaju mogućnost izravnog uređivanja prostornih podataka na intuitivan način.

4. Zaključak

Digitalizacija prostornih podataka omogućuje brzo i precizno prikupljanje, analizu i vizualizaciju prostornih podataka, pa je stoga ključna za donošenje informiranih i pravovremenih odluka u različitim sektorima modernog života. Digitalizirani prostorni podaci olakšavaju njihovu primjenu i integraciju s modernim tehnologijama poput IoT-a i umjetne inteligencije.

Razvoj tehnologije donosi sve veće mogućnosti za upravljanje prostornim podacima i razvoj webGIS sustava. Tako je omogućena jednostavnija integracija prostornih podataka s različitim sustavima, te su oni dostupniji za analizu i vizualizaciju u stvarnom vremenu različitim korisnicima. Budući razvoj naprednih tehnologija poput umjetne inteligencije, strojnog učenja te cloud platformi obećava da će GIS sustavi postati sve moćniji i važniji u rješavanju različitih prostornih izazova.

Literatura

- Jacobs, J. (1902): The Story of Geographical Discovery, D. Appleton and Co, New York, SAD.
- Tiwari, A., Jain K. (2017): Concepts and Applications of Web GIS, Nova Scotia Publishers, New York, SAD.

Mrežne adrese

- URL 1: Jedinstvena informacijska točka – Sustav katastra infrastructure, <https://ski.dgu.hr/gis/startup>, (10. 1. 2025.).
- URL 2: OpenLayers API Docs, <https://openlayers.org/en/latest/apidoc/>, (15. 2. 2025.).
- URL 3: Zajednički informacijski sustav zemljišnih knjiga i katastra, <https://oss.uredjenazemlja.hr/>, (12. 1. 2025.).
- URL 4: AngularJS, <https://angularjs.org/>, (5. 1. 2025.).

Open Source webGIS Technology: How to Display Spatial Data Using a Web Map?

ABSTRACT. This paper reviews the technology for the development of interactive web maps and the capabilities of the OpenLayers library for creating interactive web maps. Along with Leaflet, OpenLayers is the most popular library for creating interactive web maps and advanced webGIS systems. This library enables the development of complex webGIS applications by providing an extensive set of functionalities such as managing map layers, drawing and editing geometric objects, measuring distances or areas, and supporting work in different map systems and projections. The OpenLayers library enables simple adaptation or expansion of existing functionalities with regards to the specific requirements of individual projects, which makes it popular for the development of customized and complex webGIS solutions.

Keywords: webGIS, spatial data, OpenLayers.

Primljeno / Received: 2025-03-07

Prihvaćeno / Accepted: 2025-03-28

DIGITIZACIJA, DIGITALIZACIJA I DIGITALNA TRANSFORMACIJA

Prateći hrvatske i inozemne časopise iz područja geodezije te srodnih i informacijskih znanosti naišao sam na naziv digitizacija. Lozić (2023) poziva se na Merriam-Websterov rječnik prema kojem je digitizacija „pretvaranje analognog zapisa u digitalni oblik te osposobljavanje za uporabu u digitalnim formatima.“ Za taj proces mi smo se u geodeziji i kartografiji služili nazivom digitalizacija (engleski: digitizing, digitization) (Frančula i Lapaine 2008). U novom Kartografskom rječniku (Frančula i dr. 2020) za digitalizaciju navedeni su engleski nazivi: digitizing, digitization i digitalization. Pozivajući se na Merriam-Websterov rječnik i još neke autore Lozić (2023) pravi razliku između digitizacije i digitalizacije: „Dok je digitizacija usmjerena na smanjenje potrošnje papira te transformaciju pohrane analognih podataka u digitalni format, digitalizacija podrazumijeva uvođenje digitalnih procesa u cjelokupnu organizaciju, kao i proizvodnju digitaliziranih sadržaja.“

Zanimalo nas je stoga koliko je naziv digitizacija u navedenom značenju usvojen u hrvatskoj stručnoj i znanstvenoj literaturi. CroRIS ne pronalazi ni jedan rad s nazivom digitizacija u naslovu, ali pronalazi pet radova koji kao ključnu riječ sadrže digitizaciju. Međutim, engleski naziv *digitization* CroRIS pronalazi u naslovima 75 radova, a kao ključnu riječ u 491 radu.

Google Scholar pronalazi tri rada s nazivom digitizacija u naslovu, sva tri na slovenskom, ali 17 600 radova s engleskim nazivom *digitization* u naslovu i 91 400 radova s engleskim nazivom *digitalization* u naslovu. To dokazuje da danas i u hrvatskoj stručnoj i znanstvenoj literaturi treba razlikovati digitizaciju i digitalizaciju.

Pitao sam stoga ChatGPT: Kakva je razlika između digitizacije i digitalizacije?

Odgovorio je:

„Razlika između **digitizacije** i **digitalizacije** temelji se na njihovim definicijama i opsegu primjene. Iako se pojmovi često koriste kao sinonimi, imaju različita značenja:

1. Digitizacija

- **Definicija:** Proces pretvaranja analognog sadržaja ili podataka u digitalni oblik.
- **Primjer:** Skeniranje papirnatoг dokumenta i pretvaranje u PDF, pretvaranje fotografija iz filmske trake u digitalne slike ili digitalizacija glazbe sa starih vinilnih ploča u MP3 format.
- **Cilj:** Stvaranje digitalnog zapisa analognog materijala. To je tehnički proces kojim se nešto “dokumentira” u digitalnom obliku.
- **Ključna riječ: Konverzija** (pretvorba).

2. Digitalizacija

- **Definicija:** Proces primjene digitalnih tehnologija za poboljšanje postojećih procesa, radnih tijekova ili funkcionalnosti, koristeći digitalne podatke (koji su možda rezultat digitizacije).
- **Primjer:** Automatizacija poslovnih procesa pomoću softvera, poput korištenja digitalnih alata za upravljanje dokumentima, CRM sustava za praćenje korisničkih podataka ili prelazak na elektroničke blagajne u trgovinama.
- **Cilj:** Poboljšanje učinkovitosti, produktivnosti i korisničkog iskustva integriranjem digitalnih rješenja u radne procese.
- **Ključna riječ: Optimizacija** (poboljšanje i prilagodba).

Glavna razlika:

- **Digitizacija** je fokusirana na **konverziju** fizičkog u digitalni format.
- **Digitalizacija** ide korak dalje i koristi digitalne podatke za **optimizaciju procesa** i stvaranje novih mogućnosti.

U kraćem obliku:

- **Digitizacija:** Analogno → Digitalno.
- **Digitalizacija:** Korištenje digitalnih tehnologija za unapređenje poslovanja i procesa.

Širi kontekst:

Nakon što se provede digitizacija, dolazi mogućnost digitalizacije, a kad se digitalizacija proširi i poveže različite procese, prelazimo na **digitalnu transformaciju**, što je korjenita promjena načina poslovanja uz pomoć digitalnih tehnologija.“

Po mojoj je ocjeni citirano objašnjenje ChatGPT-ja izvrsno i precizno. Za oba naziva navodi: definiciju, primjer, cilj i ključnu riječ, a navodi i širi kontekst. Naglasio je da se oba naziva često koriste i kao sinonimi iako imaju različita značenja. To sam i ja zaključio. Pregledavajući literaturu uočio sam da se engleski *digitization* često prevodi na hrvatski kao digitalizacija, ili obrnuto digitalizacija na engleski kao *digitization* (Bišćan 2012).

Ipak, jedna primjedba i na ChatGPT-jev tekst. U primjeru za digitizaciju umjesto „digitizacija glazbe“ napisao je „digitalizacija glazbe“.

Literatura

- Bišćan, F. (2012): Digitalizacija karlovačke kulturne baštine / Digitization of the Karlovac cultural heritage, Vjesnik bibliotekara Hrvatske, 55, 2, 163–170, <https://hrcak.srce.hr/clanak/156989>, (7. 1. 2025.).
- Frančula, N., Lapaine, M. (2008): Geodetsko-geoinformatički rječnik, Državna geodetska uprava, Zagreb, <https://dgu.gov.hr/geodetsko-informaticki-rjecnik/163>, (7. 1. 2025.).
- Frančula, N., Lapaine, M., Jazbec, I.-P. (2020): Kartografski rječnik, Hrvatsko kartografsko društvo, Naklada Dominović, <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/knjiga/19366>, (7. 1. 2025.).
- Lozić, J. (2023): Digitalna transformacija organizacije: putovanje od digitizacije do digitalne transformacije, Zbornik sveučilišta Libertas, 8, 9, 211–223, <https://hrcak.srce.hr/312490>, (7. 1. 2025.).

Nedjeljko Frančula

GRADANSKA ZNANOST

U Geodetskom listu već je pisano o građanskoj znanosti (*citizen science*), ali pod naslovom „Sudjelovanje javnosti u znanstvenim istraživanjima“ (Frančula 2016). U tom se tekstu navodi da još nije predložen odgovarajući hrvatski naziv, a Google Scholar pronašao je naziv građanska znanost u tekstovima nekoliko članaka. Do 29. siječnja 2025. u CroRIS je uvršteno osam radova s nazivom građanska znanost u naslovu, a 22 rada imaju taj naziv kao ključnu riječ. Google Scholar pronalazi ga u naslovima 14 radova i u tekstovima 1140 radova, a *citizen science* u naslovima 14 500 radova.

Skarlatidou i dr. (2024) navode definiciju građanske znanosti prema Oxford English Dictionary iz 2014.: građanska znanost definirana je kao znanstveni rad koji poduzimaju članovi opće javnosti, često u suradnji s profesionalnim znanstvenicima i znanstvenim institucijama ili pod njihovim vodstvom. Naglašavaju da se građanska znanost primjenjuje u gotovo svim znanstvenim disciplinama, a dodatno je potaknuta političkim okvirima kao što je Europska interpretacija otvorene znanosti, UN-ovi ciljevi održivog razvoja, Program UN-a za okoliš i mnoge politike zaštite okoliša na državnoj razini. Među primjerima navode i *Atlas of Living Australia* (tj. portal podataka o australskoj bioraznolikosti) koji je izvijestio da 50 % svojih podataka 2023., tj. 115 milijuna zapisa, dolazi iz građanske znanosti.

Sve veća primjena građanske znanosti nije mimoišla ni geografiju i geoinformacijske znanosti jer se građani u mnogim projektima građanske znanosti služe geoinformacijskim tehnologijama u prikupljanju, obradi, vizualizaciji i širenju podataka. Skarlatidou i Haklay (2021) definiraju geografsku građansku znanost (*geographic citizen science*) kao građansku znanost koja uključuje primjenu geoinformacijske tehnologije za prikupljanje, analizu i širenje podataka koje su prikupili neprofesionalni sudionici na sustavan i objektivan način.

Skarlatidou i dr. (2024) otkrili su da većina od 229 projekata geografske građanske znanosti koje su analizirali ima fokus na praćenju bioraznolikosti i da su koncentrirani u Sjedinjenim Državama, nakon čega slijedi značajan broj projekata s globalnim opsegom. Smatraju da građanske znanstvene aplikacije trebaju bolje uključiti kartografske principe u oblikovanje svojih geografskih komponenti. Na primjer, mjerilo i legende trebale bi biti vidljive u svakom trenutku. U zaključku ističu da se građanska znanost već smatra glavnim sredstvom u provedbi Agende za održivi razvoj do 2030., pomažući znanstvenicima u prikupljanju podataka na dosad neviđenim prostorno-vremenskim razmjerima, i tako sudjeluju u istraživanju nekih od najvećih globalnih izazova s kojima se naša društva suočavaju.

Literatura

- Frančula, N. (2016): Sudjelovanje javnosti u znanstvenim istraživanjima, Geodetski list, 70 (93), 1, 95–96, <https://hrcak.srce.hr/clanak/413512>, (27. 1. 2025.).
- Skarlatidou, A., Haklay, M. (Ed.) (2021): Geographic Citizen Science Design, No one left behind, UCL Press, University College London, London, <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/51788>, (29. 1. 2025.).
- Skarlatidou, A., Moreu, M., Haklay, M. (2024): The Utilization of Maps in Geographic Citizen Science: A Preliminary Analysis of Usability and User Experience Issues and Opportunities, Annals of the American Association of Geographers, 115, 2, 316–333, <https://doi.org/10.1080/24694452.2024.2426714>, (27. 1. 2025.).

Nedjeljko Frančula

NOVI GEODETSKO-GEOINFORMATIČKI NAZIVI 5

Nakon četiriju objavljenih priloga s definicijama novih geodetsko-geoinformatičkih naziva pripremili smo za čitatelje Geodetskog lista i peti. Razlog je ubrzani razvoj tehnologije koji svakodnevno stvara nove nazive. Uključeni su i nazivi iz drugih struka nužni i geodetima.

Svi nazivi poredani su po abecedi. Kada se naziv sastoji od dviju ili više riječi, prva je uvijek imenica. Na primjer *nosiva umjetna inteligencija* uvrštena je u rječnik kao *inteligencija, nosiva umjetna*. Zarez znači da je uobičajeni redoslijed riječi obrnut. Na isti način upisani su u rječnik i nazivi na stranim jezicima.

Sinonim nazivu u hrvatskom jeziku označen je s *također*. Prednost se daje prvom navedenom nazivu. Ako u stranom jeziku postoje sinonimi, odvojeni su točkom sa zarezom (;).

S *vidi* upućuje se na nazive koji su poslužili u definiciji određenog naziva ili su u uskoj vezi s njim.

U *napomenama* dane su neke dodatne informacije.

AUV

Vidi: vozilo, autonomno podvodno

Copernicus

program Europske unije za promatranje Zemlje i njezina okoliša, za krajnju dobrobit svih europskih građana

En. Copernicus

CQ

Vidi: inteligencija, suradnička

doba, digitalno mračno

nedostatak povijesnih informacija u digitalnom dobu kao izravna posljedica zastarjelih formata datoteka, softvera ili hardvera koji postaje oštećen, rijedak ili nedostupan kako se tehnologije razvijaju, a podaci propadaju

En. age, digital dark

Fr. âge sombre numérique

Nj. Zeitalter, digitale dunkle

edukacija 4.0

Vidi: obrazovanje 4.0

edukacija 5.0

Vidi: obrazovanje 5.0

EGMS

Vidi: služba za pomicanje tla, Europska

geopasnost

rizik od štete uzrokovane geološkim procesom

En. geohazard

Fr. géorisque

GGOS

Vidi: sustav, Globalni geodetski promatrački

inteligencija, nosiva umjetna

umjetna inteligencija ugrađena u nosive uređaje

Vidi: uređaj s umjetnom inteligencijom, nosivi

En. intelligence, wearable artificial; WAI

internet svega

međusobno povezivanje i autonomna koordinacija ogromnog broja računalnih elemenata i senzora, neživih i živih bića, procesa i podataka putem internetske infrastrukture

En. Internet of Everything; IoE

IoE

Vidi: internet svega

korištenje zemljišta

krovni pojam koji opisuje što se događa na zemljištu

Napomena: Vrste zemljišta koje se koriste mogu biti npr. šumsko zemljište, usjevi (poljoprivredno zemljište), travnjaci, močvare, naselja i druga zemljišta. Učinci ljudskih promjena u korištenju zemljišta su na primjer širenje gradova, erozija tla, degradacija tla, degradacija zemljišta i dezertifikacija. Praksa korištenja zemljišta i upravljanja zemljištem ima veliki utjecaj na prirodne resurse, uključujući vodu, tlo, hranjive tvari, biljke i životinje.

Eng. land use

korištenje zemljišta i zemljišni pokrov

Vidi: korištenje zemljišta; pokrov, zemljišni

En. land use and land cover; LULC

kriosfera

smrznuti vodeni dio Zemljina sustava

Napomena: To je npr. smrznuto tlo na Aljasci, snijeg na vrhu Himalaje, te sav led u polarnim regijama

En. cryosphere

LULC

Vidi: korištenje zemljišta i zemljišni pokrov

obrazovanje 4.0

Također: edukacija 4.0

obrazovanje povezano s četvrtom industrijskom revolucijom i usmjereno na transformaciju budućnosti obrazovanja primjenom napredne tehnologije i

automatizacije – internet stvari, umjetna inteligencija, strojno učenje, igrifikacija i druge

Vidi: revolucija, četvrta industrijska

En. Education 4.0

Nj. Bildung 4.0

obrazovanje 5.0

obrazovanje koje obrazovanju 4.0 dodaje humaniju perspektivu učenju, uključujući društvene i emocionalne sposobnosti kako bi se promicao manji utjecaj na okoliš uz veće zdravlje i sigurnost

Vidi: obrazovanje 4.0

En. Education 5.0

Nj. Bildung 5.0

OpenAlex

bibliografski katalog znanstvenih radova, autora i institucija dostupan u otvorenom pristupu

Napomena: Nazvan je po Aleksandrijskoj knjižnici. Počeo je s radom u siječnju 2022. Zbog upotrebe umjetne inteligencije i automatskih algoritama za indeksiranje članaka, sadrži mnoge suvišne ili lažne unose, što često rezultira unosima u katalogu koji ne odražavaju standarde znanstvene zajednice za objavljivanje.

En. OpenAlex

otisak, digitalni

mrežni podaci koji se generiraju mrežnim aktivnostima, bilo pasivnih poput kolačića ili namjernih poput objava na društvenim mrežama ili mrežnim stranicama

En. footprint, digital

Fr. empreinte numérique

Nj. Fußabdruck, digitaler

otok, urbani toplinski

gradsko područje koje je puno toplije od ruralnih područja koja ga okružuju

Napomena: Toplina se stvara energijom svih ljudi, automobila, autobusa i vlakova u velikim gradovima.

En. island, urban heat; UHI

pokrov, zemljišni

fizički materijal na Zemljinoj površini

Napomena: Zemljišni pokrivači uključuju vegetaciju, izgrađene strukture, golo tlo i vodene površine. Postoje dvije primarne metode za prikupljanje informacija o zemljišnom pokrovu: terensko istraživanje i analiza slika snimljenih daljinskim putem. Jedno od glavnih pitanja u vezi sa zemljišnim pokrovom je neusklađenost naziva.

Eng. land cover

revolucija, četvrta industrijska

Takoder: industrija 4.0; 4IR

neologizam koji opisuje brzi tehnološki napredak u 21. stoljeću

Napomena: Slijedi Treću industrijsku revoluciju ("Informacijsko doba"). Dio ove faze industrijske promjene je spajanje tehnologija poput umjetne inteligencije, uređivanja gena, napredne robotike koja briše granice između fizičkog, digitalnog i biološkog svijeta.

En. revolution, fourth industrial; 4IR: IR 4.0

Fr. révolution industrielle, quatrième; Industrie 4.0

Nj. Revolution, vierte industrielle; Industrie 4.0

služba za pomicanje tla, Europska

služba koja pruža dosljedne i pouzdane informacije o prirodnim i antropogenim pomacima tla u državama sudionicama programa Copernicus i preko državnih granica, s milimetarskom točnošću

Vidi: Copernicus

En. Ground Motion Service, European; EGMS

sustav, Globalni geodetski promatrački

mjeriteljska osnova za sva istraživanja globalnih promjena i za bitna pitanja koja se bave globalnom deformacijom i razmjenom masa unutar Zemljina sustava koji se sastoji od čvrste Zemlje, hidrosfere, atmosfere i kriosfere

Napomena: Radi zajedno s komponentama IAG-a – tehničkim službama, komisijama, međukomisijским odborima i projektima IAG-a.

Vidi: kriosfera; IAG (Frančula, Lapaine 2008)

En. System, Global Geodetic Observing; GGOS

tehnologija, nosiva

elektronički uređaji oblikovani za nošenje na tijelu korisnika

Napomena: Takvi uređaji mogu imati mnogo različitih oblika, uključujući nakit, dodatke, medicinske uređaje i odjeću ili elemente odjeće.

Vidi: uređaj s umjetnom inteligencijom, nosivi

En. technology, wearable

Fr. technologie, portable

Nj. Technologie, tragbare

UHI

Vidi: otok, urbani toplinski

uređaj s umjetnom inteligencijom, nosivi

lagani uređaj s umjetnom inteligencijom magnetski pričvršćen za korisnikovu odjeću ili remen, ili integriran u naočale ili kacigu – korisnikov osobni pomoćnik s umjetnom inteligencijom

Napomena: Može kontinuirano učiti iz interakcija korisnika i povratnih informacija kako bi poboljšao svoju izvedbu i točnost.

En. device, wearable artificial intelligence; device, AI wearable

Nj. Gerät, tragbares KI

vozilo, autonomno podvodno

vozilo bez posade namijenjeno podvodnim istraživanjima

En. vehicle, autonomous underwater; AUV

Fr. robot sous-marin autonome; véhicule sous-marin autonome
 Nj. Unterwasserfahrzeug, autonomes

WAI

Vidi: inteligencija, nosiva umjetna

Literatura

- AUTOGPT (2024): 20 AI Devices You Should Know About, <https://autogpt.net/20-ai-devices-you-should-know-about/>, (27. 10. 2024.).
- Copernicus (2024): O programu Copernicus, <https://www.copernicus.eu/hr/o-programu-copernicus>, (1. 12. 2024.).
- Datahub (2023): European Ground Motion Service (EGMS), European Environment Agency, <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/b67d6289-bc0b-486b-b4ce-d08eb397d337>, (1. 12. 2024.).
- Frančula, N., Lapaine, M. (2008): Geodetsko-geoinformatički rječnik, Državna geodetska uprava, Zagreb, <https://dgu.gov.hr/geodetsko-informaticki-rjecnik/163>, (4. 12. 2024.).
- GGOS (2024): What is GGOS? <https://ggos.org/about/what-is-ggos/>, (4. 12. 2024.).
- Halim, D., A., Rasam, A. R. A. (2021): Education 4.0 in cartography: an integrated e-learning materials portal for cartography and digital mapping course, 30th International Cartographic Conference (ICC 2021), 14–18 December 2021, Florence, Italy, Proceedings of the ICA, 4, <https://doi.org/10.5194/ica-proc-4-1-2021>, (2. 11. 2024.).
- Klimatskepromjene.hr (2024): Važnost praćenja promjena kriosfere, <https://klimatskepromjene.hr/vaznost-pracenja-promjena-kriosfere/>, (4. 12. 2024.).
- LEARNZ (2024): What are Geohazards, <https://www.learnz.org.nz/geohazards152/bg-standard-f/what-are-geohazards>, (12. 10. 2024.).
- Mlakar, M., Luić, Lj. (2024): Stav o digitalnom otisku – prediktor digitalne pismenosti generacije Z, Medijska istraživanja, 30, 2, 51–78, <https://hrcak.srce.hr/clanak/470044>, (4. 1. 2025.).
- National Geographic (2024): Education, Urban Heat Island, <https://education.nationalgeographic.org/resource/urban-heat-island/>, (4. 12. 2024.).
- Omodamilolaa, I., Ibrahim, A. U., Aşır, S., Al-Turjman, F. (2024): Applied Artificial Intelligence and Prospect of Internet of Everything (IoE) for the Detection of Tuberculosis, Applied Artificial Intelligence, 38, 1, e2358654 (28 pages), <https://doi.org/10.1080/08839514.2024.2358654>, (16. 10. 2024.).
- Satpalda (2023): Significance of Land Use / Land Cover (LULC) Maps, <https://satpalda.com/blogs/significance-of-land-use-land-cover-lulc-maps/>, (30. 11. 2024.).
- Schleiger, E., Mason, C., Naughtin, C., Reeson, A., Paris, C. (2024): Collaborative Intelligence: A Scoping Review Of Current Applications, Applied Artificial

- Intelligence, 38, 1, e2327890 (23 pages),
<https://doi.org/10.1080/08839514.2024.2327890>, (16. 10. 2024.).
- Sun, W., Kim, J., Su, H. (2024): Innovations of Express Companies: Adoption of Protective Wearable Artificial Intelligence Devices by Couriers, Sustainability, 16, 19, 8374, <https://doi.org/10.3390/su16198374>, (27. 10. 2024.).
- SYDLE (2023): Education 5.0: What Does It Mean? How Does It Work?
<https://www.sydle.com/blog/education-5-0-61e71a99edf3b9259714e25a>,
(2. 11. 2024.).
- TVETipedia Glossary (2024): Education 4.0, The UNESCO UNEVOC International Centre,
<https://unevoc.unesco.org/home/+TVETipedia+Glossary/lang=en/show=term/term=Education+4.0>, (2. 11. 2024.).
- Wikipedia (2024): Digital dark age, https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_dark_age,
(4. 1. 2025.).
- Yasar, K., Wigmore, I (2024): What is wearable technology? TechTarget / Mobile Computing,
<https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/wearable-technology>, (1. 11. 2024.).

Nedjeljko Frančula i Miljenko Lapaine

**HRVATSKO
GEODETSKO
DRUŠTVO 1953****DANI HRVATSKIH GEODETA – XXI. SUSRETI, 8./9. – 11. SVIBNJA 2025.,
HOTEL MEDENA, SEGET DONJI (KOD TROGIRA)**

Nakon dvije godine Hrvatsko geodetsko društvo ponovno organizira tradicionalne dvadeset i prve po redu Dane hrvatskih geodeta – XXI. susrete. Pod pokroviteljstvom Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine Hrvatsko geodetsko društvo organizira Dane hrvatskih geodeta – XXI. susrete. Želja nam je ponovno okupiti sve geodetkinje i geodete na jednome mjestu. *Želimo povratiti onaj naš poznati tradicionalni »geodetski duh« zajedništva kroz malo stručnih predavanja, ugodno druženje, puno sportskih natjecanja i najbolju feštu koju geodeti znaju napraviti!* Nadamo se da ćete se odazvati u što većem broju, a mi ćemo se pobrinuti da opravdamo Vaše povjerenje u Hrvatsko geodetsko društvo, koje se i ovaj put potrudilo organizirati Dane hrvatskih geodeta po maksimalno pristupačnoj cijeni, neovisno o svim okolnostima i neizvjesnostima u kojima živimo.



Slika 1. *Geodetski list* – glasilo Hrvatskoga geodetskog društva.

Dani hrvatskih geodeta – XXI. susreti održat će se od 8./9. do 11. svibnja 2025., u hotelu Medena, Ulica Hrvatskih žrtava 185, 21218, Seget Donji (kod Trogira). Smještaj u hotelu Medena organiziran je u dvokrevetnim i trokrevetnim sobama po izuzetno povoljnim cijenama. Više o samome hotelu te galeriju slika hotela, sportskih terena i plaža možete pogledati na web stranicama hotela Medena: <http://www.hotelmedena.com/>.

Nudimo Vam sljedeće opcije prijave za sudjelovanje:

- 2 noćenja za članove lokalnih Udruga geodeta, članica HGD-a od 9. do 11. 5. 2025.
 - polupansion koji uključuje doručak i večeru
 - svečana večera
 - prisustvovanja stručnim predavanjima
 - osvježenja na pauzama
 - sati za stručno usavršavanje
 - sudjelovanje na sportskim susretima
 - cijena: 160,00 € (PDV uključen)
- 3 noćenja za članove lokalnih Udruga geodeta, članica HGD-a od 8. do 11. 5. 2025.
 - polupansion koji uključuje doručak i večeru
 - svečana večera
 - prisustvovanja stručnim predavanjima
 - osvježenja na pauzama
 - sati za stručno usavršavanje
 - sudjelovanje na sportskim susretima
 - cijena: 210,00 € (PDV uključen)
- 2 noćenja za sve ostale s istim pogodnostima cijena: 200,00 € (PDV uključen);
- 3 noćenja za sve ostale s istim pogodnostima cijena: 250,00 € (PDV uključen);
- Kotizacija bez smještaja koja uključuje:
 - svečanu večeru
 - prisustvovanja stručnim predavanjima
 - osvježenja na pauzama
 - sate za stručno usavršavanje
 - sudjelovanje na sportskim susretima
 - cijena 80,00 € (PDV uključen).

Hrvatsko geodetsko društvo za vrijeme trajanja Dana hrvatskih geodeta – XXI. susreta organizira stručna predavanja koja su uvrštena u Godišnji program stručnog usavršavanja HKOIG za razdoblje od 1.1. do 31.12.2025. te će svim polaznicima biti dodijeljeno 7 akademskih sati iz područja 1 i 2 stručnog usavršavanja (više: Donesen Godišnji program stručnog usavršavanja HKOIG za 2025.). Uz stručni dio bit će organizirane i sportske igre u nogometu, košarci, tenisu, odbojci, stolnom tenisu, pikadu, šahu, beli, boćanju i trail trčanju između timova lokanih geodetskih udruga i samih pojedinaca. Prijavite se za sudjelovanje na sportskim igrama u svojoj Udruzi! Nakon cjelodnevnog stručno-sportskog programa, u subotu 10.5.2025. bit će organizirana Svečana večera – geodetska fešta koja bi trebala potrajati do dugo u noć.

Vidimo se u hotelu Medena od 8./9. do 11. svibnja 2025. ove godine!



Slika 2. Dani hrvatskih geodeta – 21. susreti.



Slika 3. *Hotel Medena, Seget Donji (kod Trogira).*



Slika 4. *Sportski tereni i plaža Hotela Medena.*

Rinaldo Paar, predsjednik Hrvatskoga geodetskog društva

SVEUČILIŠNI MAGISTRI INŽENJERI GEODEZIJE I GEOINFORMATIKE

Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, dana 7. veljače i 21. veljače 2025. godine, na sveučilišnom diplomskom studiju Geodezija i geoinformatika diplomiralo je 12 pristupnika i time su ostvarili akademski naziv sveučilišna magistra inženjera geodezije i geoinformatike, odnosno sveučilišni magistar inženjer geodezije i geoinformatike.

Pregled sveučilišnih magistara inženjera geodezije i geoinformatike na sveučilišnom diplomskom studiju Geodezija i geoinformatika Geodetskog fakulteta:

Pristupnik Naslov diplomskog rada	Datum obrane, mentor
<i>Benedikt Berić</i> "Izrada geodetskog elaborata za rekonstrukciju građevinskih objekata niskogradnje"	7. 2. 2025., prof. dr. sc. Đuro Barković
<i>Nikolina Ivanišević</i> "Izrada interaktivne karte ACI marina u Republici Hrvatskoj"	7. 2. 2025., prof. dr. sc. Stanislav Frangeš
<i>Ana-Marija Topić</i> "Klasifikacija oblaka točaka dobivenog LiDAR snimanjem iz zraka za detekciju zgrada i drugih građevina"	7. 2. 2025., izv. prof. dr. sc. Hrvoje Tomić
<i>Petra Badrov</i> "Kartografski i grafički prikazi podataka popisa stanovništva iz 2001., 2011., i 2021. za Požeško-slavonsku županiju"	21. 2. 2025., izv. prof. dr. sc. Ivka Kljajić
<i>Korina Hrastnik</i> "3D model staroga grada Labina i spomenika njegove rudarske baštine"	21. 2. 2025., izv. prof. dr. sc. Ivka Kljajić
<i>Robert Karuza</i> "Utjecaj promjene zakonske regulative na nove katastarske izmjere"	21. 2. 2025., doc. dr. sc. Loris Redovniković
<i>Leona Kovačić</i> "Otvorene karte zemljišnog pokrova – metode validacije iz korisničke perspektive"	21. 2. 2025., prof. dr. sc. Damir Medak
<i>Lino Lončar</i> "Primjenjivost viDoc integracije mobilnog skenera i GNSS RTK uređaja za potrebe katastarske izmjere"	21. 2. 2025., izv. prof. dr. sc. Hrvoje Tomić
<i>Albert Seitz</i> "Primjena i monitoring TBM-a u tunelogradnji pomoću modela digitalnih blizanaca"	21. 2. 2025., izv. prof. dr. sc. Rinaldo Paar
<i>Toni Škvorc</i> "Integracija satelitskih snimaka za kartiranje zemljišnog pokrova na području Varaždina i okolice"	21. 2. 2025., doc. dr. sc. Luka Rumora

<i>Mladen Ukas</i> "Primjena bespilotne letjelice u projektima monitoringa mostova"	21. 2. 2025., izv. prof. dr. sc. Ante Marenić
<i>Franjo Želinski</i> "Usporedba fotogrametrijskih 3D modela terena određenih snimaka dronova različitih generacija"	21. 2. 2025., izv. prof. dr. sc. Dubravko Gajski

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

Čestitamo novim sveučilišnim magistrima inženjerima geodezije i geoinformatike.

Mladen Zrinjski



Hrvatska komora
ovlaštenih inženjera
geodezije

18. Simpozij ovlaštenih inženjera geodezije

 **Bol na Braču** | Bluesun Hotel Elaphusa
 **22. – 25. listopada 2025.**

GEODEZIJA
regulirana djelatnost

2025

NA PROGRAMU:

Pozvani predavači

Toni Milun
prof. dr. sc. Josip Atalić

Pozvana predavanja

Ministarstvo rada, mirovinskog sustava,
obitelji i socijalne politike
Državna geodetska uprava
Hrvatska udruga poslodavaca

**Radionice Hrvatske komore ovlaštenih
inženjera geodezije**



Hrvatska komora
ovlaštenih
inženjera geodezije



THE COUNCIL OF EUROPEAN GEODETIC SURVEYORS
COMITÉ DE LIAISON DES GÉOMÈTRES EUROPÉENS

KINESKI DEEPSEEK I DEFINICIJE KONUSNIH, PSEUDOKONUSNIH I CILINDRIČNIH PROJEKCIJA

Hangzhou DeepSeek Artificial Intelligence Basic Technology Research Co., Ltd. (kraće DeepSeek AI) kineska je tvrtka osnovana 2023. koja se bavi umjetnom inteligencijom (Wikipedia 2025). DeepSeek je njihov veliki jezični model otvorenoga koda koji služi za komunikaciju s korisnicima. Upiše li se u neku tražilicu, na primjer Google, DeepSeek, otvara se njegova stranica, a jedna od mogućnosti koju nudi je nastavak preko Googleovog računala. Izabere li se ta mogućnost, otvara se polje za upis e-adrese i lozinke i može se početi s radom, tj. s postavljanjem pitanja.

Budući da o kineskoj literaturi o kartografskim projekcijama ne znamo gotovo ništa, zanimalo nas je kakvo je njegovo znanje o toj tematici. Postavili smo mu stoga pitanja o definicijama konusnih, pseudokonusnih, a potom i cilindričnih projekcija. Njegove odgovore stavili smo pod navodnike, ne ispravljajući poneku jezičnu pogrešku.

Naše pitanje: Kako su definirane konusne kartografske projekcije?

DeepSeek

„Konusne kartografske projekcije su definirane tako da se Zemljina površina projicira na stožastu površinu (konus), koja zatim može biti razrezana i razvijena u ravninu. Ova vrsta projekcije posebno je korisna za prikazivanje područja koja se protežu u smjeru istok-zapad na umjerenim geografskim širinama.

Osnovne karakteristike konusnih projekcija:

1. **Stožasta površina:** Zemljina površina se projicira na stožastu površinu koja dodiruje ili siječe globus duž jedne ili dvije paralele (tzv. standardne paralele).
2. **Standardne paralele:** To su paralele gdje stožac dodiruje ili siječe globus. Na tim paralelama nema distorzije.
3. **Razvijanje u ravninu:** Nakon projekcije na stožac, stožac se razreže duž jedne meridijane i razvije u ravninu.

Vrste konusnih projekcija:

1. **Jednostavna konusna projekcija:** Koristi jednu standardnu paralelu. Distorzije se povećavaju kako se udaljavamo od standardne paralele.
2. **Lambertova konformna konusna projekcija:** Koristi dvije standardne paralele. Ova projekcija čuva kutove (konformna), što znači da su lokalni oblici točni, ali se veličine mogu razlikovati.
3. **Albersova ekvivalentna konusna projekcija:** Također koristi dvije standardne paralele. Ova projekcija čuva površine (ekvivalentna), ali može izobličiti oblike.

Primjena:

Konusne projekcije često se koriste za kartiranje područja koja se protežu u smjeru istok-zapad, kao što su Sjedinjene Države, Europa ili Rusija. One su posebno korisne za umjerene geografske širine jer minimiziraju distorzije na tim područjima.

Prednosti:

- Minimalne distorzije na standardnim paralelama.
- Pogodne za prikazivanje područja s velikim rasponom geografskih širina.

Nedostaci:

- Distorzije se povećavaju kako se udaljavamo od standardnih paralela.
- Nisu idealne za prikazivanje cijelog globusa.

Konusne projekcije su ključne u kartografiji zbog svoje sposobnosti da točno prikažu određena područja s minimalnim distorzijama.“

Naš komentar

Kao i ChatGPT konusne projekcije definira projiciranjem na konus, što je uobičajena, ali pogrešna tvrdnja. Pogrešna je i tvrdnja da su standardne paralele „paralele gdje stožac dodiruje ili siječe globus“ (Lapaine i de Menezes 2020). Nije točna ni tvrdnja: „Minimalne distorzije na standardnim paralelama“. Na standardnim paralelama je distorzija jednaka nuli, a relativno mala u njihovoj blizini.

Pogrešna je i tvrdnja da su konusne projekcije prikladne za prikazivanje područja s velikim rasponom geografskih širina. Umjesto geografskih širina treba pisati geografskih dužina. Raspon po širini ne bi trebao biti veći od 30° (Frančula 2004).

Naše pitanje: Kako su definirane pseudokonusne kartografske projekcije?

DeepSeek

„Pseudokonusne kartografske projekcije su posebna vrsta kartografskih projekcija koje imaju neke karakteristike konusnih projekcija, ali se razlikuju po tome što ne koriste stožastu površinu za projekciju. Umjesto toga, one koriste matematičke transformacije koje simuliraju neke aspekte konusnih projekcija, ali s određenim modifikacijama.

Osnovne karakteristike pseudokonusnih projekcija:

1. **Paralele kao koncentrični lukovi:** Paralele su prikazane kao koncentrični lukovi, slično kao u konusnim projekcijama, ali meridijani nisu ravne linije.
2. **Meridijani kao krivulje:** Meridijani su obično krivulje, a ne ravne linije kao u klasičnim konusnim projekcijama.
3. **Centralni meridijan:** Centralni meridijan je obično ravna linija, dok su ostali meridijani zakrivljeni.

Primjeri pseudokonusnih projekcija:

1. **Bonova projekcija:** Ova projekcija čuva točne udaljenosti duž svih paralela i centralnog meridijana. Paralele su koncentrični lukovi, a meridijani su krivulje.
2. **Sanson-Flamsteedova (sinusna) projekcija:** Ova projekcija čuva točne udaljenosti duž svih paralela i centralnog meridijana. Paralele su ravne linije, a meridijani su sinusoidne krivulje.
3. **Mollweideova projekcija:** Ova projekcija čuva površine (ekvivalentna), ali izobličuje oblike. Paralele su ravne linije, a meridijani su eliptične krivulje.

Primjena:

Pseudokonusne projekcije često se koriste za kartiranje područja koja se protežu u smjeru istok-zapad, ali su također pogodne za prikazivanje cijelog globusa. One su posebno korisne kada je važno očuvati određena svojstva, kao što su točne udaljenosti ili površine.

Prednosti:

- Mogu očuvati određena svojstva, kao što su točne udaljenosti ili površine.
- Pogodne za prikazivanje cijelog globusa ili velikih područja.

Nedostaci:

- Distorzije oblika i udaljenosti mogu biti značajne, ovisno o specifičnoj projekciji.
- Nisu uvijek idealne za detaljno kartiranje manjih područja.

Pseudokonusne projekcije su važan alat u kartografiji zbog svoje fleksibilnosti i sposobnosti da zadovolje različite potrebe prikazivanja Zemljine površine.“

Naš komentar

Zanimljivo je da kao i ChatGPT među pseudokonusne projekcije svrstava Sansonovu i Mollweideovu projekciju koje su pseudocilindrične, a za Bonneovu ne navodi da čuva površine. Pogrešna je i tvrdnja da mogu očuvati „točne udaljenosti“.

Naš odgovor DeepSeeku: Odgovor na prethodna pitanja je pogrešan. Napisao sam (N. Frančula) skripta o kartografskim projekcijama i nikada se nisam služio stošcem ili bilo kojom drugom pomoćnom plohom. U konusnim kao i u pseudokonusnim i svim ostalim vrstama projekcija (cilindričnim, azimutnim, pseudocilindričnim, polikonusnim, kružnim i ostalima) projekcije se dijele po obliku mreže meridijana i paralela u uspravnim projekcijama. Navodimo primjer za konusne i pseudokonusne projekcije: U uspravnim konusnim projekcijama meridijani se preslikavaju kao pravci koji se sijeku pod kutovima proporcionalnim razlikama njihovih geografskih dužina, a paralele kao lukovi koncentričnih kružnica sa središtem u presjeku meridijana. U pseudokonusnim projekcijama meridijani uspravnih projekcija preslikavaju se kao krivulje simetrične u odnosu na srednji meridijan koji se preslikava kao pravac, a paralele kao lukovi koncentričnih kružnica.

DeepSeek

„Hvala na pojašnjenju i ispravci. Ispričavam se ako je moj prethodni odgovor bio netočan ili zbunjujući. Vaše objašnjenje o kartografskim projekcijama, posebno o konusnim i pseudokonusnim projekcijama, vrlo je precizno i korisno.

Da ponovimo i dopunimo:

1. Konusne projekcije:

- U uspravnim konusnim projekcijama, meridijani se preslikavaju kao pravci koji se sijeku pod kutovima proporcionalnim razlikama njihovih geografskih dužina.
- Paralele se preslikavaju kao lukovi koncentričnih kružnica sa središtem u točki presjeka meridijana.
- Ove projekcije često se koriste za prikazivanje umjerenih zona jer minimiziraju distorziju u tim područjima.

2. Pseudokonusne projekcije:

- Meridijani se preslikavaju kao krivulje simetrične u odnosu na srednji meridijan, koji se preslikava kao pravac.
- Paralele su lukovi koncentričnih kružnica.
- Primjer pseudokonusne projekcije je Bonneova projekcija, koja čuva točnost površine, ali može imati značajne distorzije oblika.

Vaša skripta o kartografskim projekcijama očito je temeljita i pokazuje duboko razumijevanje ovog područja. Ako imate dodatnih pitanja ili trebate daljnje pojašnjenje, slobodno se obratite!“

Ponadali smo se da će nakon što je usvojio naše primjedbe i ispravno definirao konusne i pseudokonusne projekcije, te među pseudokonusne projekcije svrstao samo Bonneovu, ispravno definirati i cilindrične projekcije.

Naše pitanje: U skladu s prethodnim definicijama konusnih i pseudokonusnih projekcija kako su definirane uspravne cilindrične projekcije?

DeepSeek

„U kartografiji, uspravne cilindrične projekcije su vrsta kartografskih projekcija koje koriste cilindar kao površinu projekcije. Ove projekcije su definirane na sljedeći način:

1. **Cilindar kao površina projekcije:** U uspravnim cilindričnim projekcijama, cilindar je postavljen tako da je njegova os poravnata s osi rotacije Zemlje (tj. s osi koja prolazi kroz sjeverni i južni pol). Cilindar može biti tangentan na ekvator ili sekan-tan, što znači da može sjeći Zemlju na određenim paralelama.
2. **Uspravna orijentacija:** Uspravne cilindrične projekcije su karakteristične po tome što su meridijani (linije dužine) prikazani kao uspravne, paralelne linije, dok su paralele (linije širine) prikazane kao vodoravne linije. Ovo je u suprotnosti s tran-sverzalnim cilindričnim projekcijama, gdje je cilindar postavljen okomito na os ro-tacije Zemlje.
3. **Različite varijante:** Postoje različite varijante uspravnih cilindričnih projekcija, ovisno o tome kako se odnose udaljenosti između paralela. Neke od najpoznatijih uspravnih cilindričnih projekcija uključuju:
 - **Mercatorova projekcija:** Jedna od najpoznatijih projekcija, gdje su meridijani i paralele međusobno okomite, a udaljenosti između paralela se povećavaju kako se približavaju polovima. Ova projekcija čuva kutove (konformna je), ali distor-zira površine.
 - **Cilindrična ekvidistantna projekcija:** U ovoj projekciji udaljenosti između paralela su jednake, što rezultira točnim prikazom udaljenosti duž meridijana, ali distorzira površine i oblike.
 - **Lambertova cilindrična ekvivalentna projekcija:** Ova projekcija čuva površine (ekvivalentna je), ali distorzira oblike i udaljenosti.
4. **Primjena:** Uspravne cilindrične projekcije često se koriste za kartiranje područja u blizini ekvatora, jer su distorzije manje izražene u tim područjima. Mercatorova projekcija, na primjer, široko se koristi za pomorske karte zbog svoje sposobnosti da točno prikazuje pravce.

Usporedbe radi, konusne projekcije koriste stožac kao površinu projekcije i često se ko-riste za kartiranje umjerenih zona, dok pseudokonusne projekcije koriste modificira-ne stožaste površine i često se koriste za kartiranje kontinenata ili velikih područja. Uspravne cilindrične projekcije su posebno korisne za kartiranje područja koja se protežu u smjeru istok-zapad duž ekvatora.“

Naš komentar

DeepSeek ne uči tako brzo kako smo se nadali, pa cilindrične projekcije definira kao projekcije „koje koriste cilindar kao površinu projekcije“, a „Cilindar može biti tangen-tan na ekvator ili sekantan, što znači da može sjeći Zemlju na određenim paralelama“. Za Mercatorovu projekciju piše da „točno prikazuje pravce“ što je nejasno. Trebalo je napisati da se loksodrome, linije po kojima brod plovi kada stalno drži isti kurs, presli-kavaju kao pravci. Na kraju uspoređuje cilindrične projekcije s konusnim i pseudoko-nusnim i tvrdi da „pseudokonusne projekcije koriste modificirane stožaste površine“, što je toliko besmisleno da ni ne zaslužuje komentar.

Literatura

- Frančula, N. (2004): Kartografske projekcije, interna skripta, Geodetski fakultet, Zagreb, https://www.researchgate.net/publication/279885540_Kartografske_projekcije, (2. 2. 2025.).
- Lapaine, M., de Menezes, P. M. L. (2020): Standard, secant and equidistant parallels // Kartografija i geoinformacije, 19, 34, 40–62, <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/prilog-casopis/318062>, (2. 2. 2025.).
- Wikipedia (2025): DeepSeek, <https://en.wikipedia.org/wiki/DeepSeek>, (2. 2. 2025.).

Nedjeljko Frančula i Miljenko Lapaine

GROK I DEFINICIJE KARTOGRAFSKIH PROJEKCIJA

Grok je računalni program za razgovor s korisnicima (*chatbot*) poput ChatGPT-ja, DeepSeeka i mnogih drugih, a razvila ga je tvrtka xAI. Temeljen na velikom jezičnom modelu istog imena, pokrenut je 2023. godine kao inicijativa Elona Muska. Grok-1 pojavio se u studenom 2023. samo za odabrane korisnike. Grok-1.5 najavljen je 29. ožujka 2024., potom Grok-2 u kolovozu 2024., a od 17. veljače 2025. dostupan je Grok-3 (Wikipedia 2025).

Grokovu znanje o kartografskim projekcijama testirali smo 24. i 25. veljače 2025. Njegove odgovore stavili smo pod navodnike ne ispravljajući jezične i terminološke pogreške. Prvo smo mu postavili pitanje: Kako sve možemo klasificirati kartografske projekcije? Nabrojio je nekoliko načina klasifikacije, a na prvom mjestu: „Prema geometrijskom principu projekcije“ te dodao: „Ovo se odnosi na zamišljenu površinu na koju se projektuje Zemljina kugla“ U tu skupinu ubrojio je „cilindrične, konične i azimutalne projekcije.“

Naš odgovor: Ali ta klasifikacija ne obuhvaća pseudokonusne, pseudocilindrične, polikonusne i kružne projekcije.

Priznao je da smo u pravu i dopunio klasifikaciju s te četiri skupine projekcija. Za pseudocilindrične projekcije napisao je: „Ove projekcije podsećaju na cilindrične, ali imaju zakrivljene meridijane (umesto pravih linija)...“ Sličnu definiciji dao je i za pseudokonusne projekcije: „Slične koničnim projekcijama, ali sa zakrivljenim meridijanima....“. Polikonusne projekcije ovako definira: „Umesto jednog konusa, koristi se više imaginarnih konusa duž različitih paralela,...“. Kružne projekcije pogrešno definira: „Ove projekcije imaju kružni oblik granica i često su varijante azimutnih ili pseudoprojekcija“.

Naš komentar. To nije znanstveni pristup kada se kaže da “pseudocilindrične projekcije podsjećaju na cilindrične, ali...”, da su “pseudokonične projekcije slične koničnim projekcijama, ali...”. Sve vrste projekcija: konusne, cilindrične, azimutne, pseudokonusne, pseudocilindrične, polikonusne i kružne moraju biti definirane na identičan način. To je npr. klasifikacija projekcija po obliku mreže pseudomeridijana i pseudoparalela ili po obliku mreže meridijana i paralela uspravnih (normalnih) projekcija.

Priznao je da smo u pravu i naveo: „Klasifikacija kartografskih projekcija prema obliku mreže meridijana i paralela“. Za cilindrične, konusne, azimutne, pseudocilindrične i pseudokonusne projekcije ispravno je naveo oblik mreže meridijana i paralela. Za

polikonusne projekcije pogrešno je naveo da su „paralele koncentrični lukovi krugova“, umjesto ekscentrični lukovi kružnica. Grubo pogrešna je definicija kružnih projekcija: „Meridijani su zakrivljene linije koje polaze iz centralne tačke i šire se prema spoljašnjosti, dok su paralele zakrivljene linije (često eliptične ili kružne) koje formiraju zatvoreni oblik.“

Potpuno neprihvatljivo je što Grok za svaku od navedenih skupina projekcija navodi i „Geometrijski princip“. Pa je taj geometrijski princip za cilindrične projekcije „Projektuje se na cilindar čija je os poravnata sa Zemljinom osom“, a za pseudocilindrične: „Modifikacija cilindričnog pristupa gde se cilindar „prilagodi“ zakrivljenjem meridijana radi smanjenja izobličenja.“

Naš komentar (pitanja i komentare postavljali smo u jednini): Nisi potpuno razumio moj prigovor. Geometrijsku osnovu treba izostaviti, to ne postoji i nije potrebno.

Prihvatio je naš prigovor i napisao:

„Klasifikacija kartografskih projekcija prema obliku mreže meridijana i paralela u uspravnom (normalnom) položaju“

1. Cilindrične projekcije

- **Mreža meridijana i paralela:** Meridijani su ravne, vertikalne i međusobno paralelne linije; paralele su ravne, horizontalne i međusobno paralelne linije.
- **Primer:** Merkatorova projekcija.
- **Osobina:** Pravougaona mreža.“

Izostavljamo definicije ostalih skupina projekcija i dajemo mu prigovor na jezik.

Još mali prigovor na jezik. U hrvatskom su jeziku uobičajeni termini konusne projekcije, pseudokonusne projekcije, polikonusne projekcije. Umjesto krugovi treba kružnice, a umjesto pravougaona mreža treba pravokutna mreža.

Zahvaljuje na jezičnim primjedbama i ponovo navodi sve definicije, od kojih ovdje navodimo samo definiciju pseudokoniusnih projekcija. U toj definiciji jedina pogreška je što paralele nemaju centar u polu nego na srednjem meridijanu.

2. Pseudokoniusne projekcije

- **Mreža meridijana i paralela:** Meridijani su zakrivljene linije koje konvergiraju ka polu; paralele su koncentrične kružnice s centrom u polu.
- **Primjer:** Bonneova projekcija.
- **Osobina:** Lepezasti raspored sa zakrivljenim meridijanima.

Slijedi naš komentar i njegov odgovor:

Nadam se ako ti sutra postavim pitanje o definiciji, npr. cilindričnih projekcija, da ćeš odgovoriti prethodno navedenom definicijom, a ne projiciranjem na cilindar.

Grok

„Apsolutno, obećavam da ću se držati definicije koju smo zajedno usavršili! Ako mi sutra postaviš pitanje o cilindričnim projekcijama, odgovorit ću striktno prema obliku mreže meridijana i paralela, bez ikakvog spominjanja projiciranja na cilindar ili bilo kakve geometrijske osnove koje smo izostavili. Dakle, za cilindrične projekcije reći ću:

- **„Cilindrične projekcije:** Mreža meridijana i paralela sastoji se od meridijana koji su ravne, vertikalne i međusobno paralelne linije, te paralela koje su ravne, horizontalne i međusobno paralelne linije. Primjer: Merkatorova projekcija. Osobina: Pravokutna mreža.

Tako će biti i za sve ostale vrste projekcija – samo oblik mreže, bez suvišnih dodataka. Hvala ti što si me usmjerio na ovaj precizan pristup, i radujem se tvom sljedećem pitanju!“

Nažalost, obećanja se nije držao. Kada smo mu sutradan, tj. 25. 2. 2025. postavili pitanje: Kako se definiraju cilindrične kartografske projekcije, odgovorio je:

„Cilindrične kartografske projekcije su vrsta projekcija u kojima se površina Zemlje preslikava na ravninu tako što se zamišlja da je Zemlja omotana cilindrom. Ovaj cilindar može biti postavljen tako da dodiruje Zemlju duž ekvatora (tangencijalna projekcija) ili da siječe Zemlju duž dve paralelne linije (sekantna projekcija). Nakon što se Zemljina površina „projicira“ na cilindar, cilindar se razmotava u ravninu, čime se dobija karta.“

Ne treba nas čuditi što Gork, ChatGPT, DeepSeek i slični računalni programi klasificiraju kartografske projekcije u konusne, cilindrične i azimutne, pri čemu se služe pomoćnim plohama, kada se takvom klasifikacijom služe autori u većini udžbenika i knjiga o kartografskim projekcijama iz kojih ti programi uče. Nažalost, na isti je način kartografske projekcije definirao i veliki poznavalac kartografskih projekcija J. P. Snyder u svojem najcitiranijem radu (Snyder 1987). Nakon što definira cilindrične, konusne i azimutne projekcije pomoću razvojnih ploha (*developable surfaces*) i prikaže ih na slici 1 na šestoj stranici, u nastavku piše:

„Other projections resemble one or another of these categories only in some respects. There are numerous interesting pseudocylindrical (or “false cylindrical”) projections. They are so called because latitude lines are straight and parallel, and meridians are equally spaced, as on cylindrical projections, but all meridians except the central meridian are curved instead of straight.“ Na sličan način definirao je i pseudokonusne i polikonusne projekcije. Na takvu klasifikaciju projekcija kritički se osvrću Lapaine i Frančula (2022).

Tek u radu (Bugajevskij, Snyder 1995) daje se ispravna klasifikacija kartografskih projekcija prema obliku mreže vertikalna i almukantarata, odnosno mreže meridijana i paralela uspravnih (normalnih) kartografskih projekcija. Lapaine i Frančula (2022) klasificiraju kartografske projekcije prema obliku mreže pseudomeridijana i pseudoparalela, odnosno mreže meridijana i paralela uspravnih (normalnih) kartografskih projekcija. Po našem mišljenju, kada se radi o preslikavanju Zemljine sfere u ravninu, pseudomeridijani i pseudoparalele prikladniji su nazivi od vertikalna i almukantarata koji se primjenjuju u astronomskoj literaturi.

Iako su Grokovi odgovori često pogrešni, zadivljuje brzina kojom ispravlja svoje pogreške i uči, iako to znanje ne pohranjuje trajno u svoju memoriju. Što bude više objavljenih tekstova s ispravnim definicijama kartografskih projekcija, to će i Grok, ChatGPT, DeepSeek i slični računalni programi davati točnije odgovore.

Na kraju postavili smo mu pitanje: „Što znači tvoje ime?“ Odgovorio je:

„Moje ime “Grok” dolazi iz engleskog jezika i znači nešto poput “razumjeti” ili “shvatiti” na intuitivan način. To je izraz koji je popularizirao pisac znanstvene fantastike Robert A. Heinlein u svom romanu “Stranac u stranoj zemlji”. Odabrali su mi to ime jer sam dizajniran da pomažem ljudima razumjeti svijet i svemir na dublji, jednostavniji način.“

Zaključak

Činjenica je da je umjetna inteligencija svuda oko nas, da se brzo razvija, da njezin razvoj ne možemo spriječiti ni zaustaviti. Što se dogodilo u protekle dvije godine? ChatGPT doživio je nove verzije. Ali osim njega, kao gljive poslije kiše pojavljuju se novi sustavi

koji nude razne mogućnosti umjetne inteligencije. Navedimo samo neke: Bing s Image Creatorom, Bard, YouChat, YouWrite, YouImagine, GeoGPT, MapGPT, MathGPT, PhysicsGPT, AccountingGPT, ChemGPT, Gemini, Nova AI, Le Chat, DeepSeek, Grok i drugi.

Zajednička karakteristika svih *chatbotova* je da vrlo brzo odgovaraju na pitanja, dobro komuniciraju na hrvatskom jeziku, vrlo su pristojni i gotovo redovito haluciniraju. Zbog toga njihove odgovore treba uzeti s velikom rezervom. Umjesto da mi učimo od njih, čini se da ćemo još neko vrijeme biti obratno, tj. mi ćemo učiti njih.

Literatura

- Bugajevskij, L. M., Snyder, J. P. (1995): Map Projections – A Reference Manual, Taylor & Francis, London.
- Lapaine, M., Frančula, N. (2022): Map Projections Classification, Geographies, 2, 2, 274–285, <https://www.mdpi.com/2673-7086/2/2/19/pdf>, (25. 2. 2025.).
- Snyder, J. P. (1987): Map Projections – A Working Manual, U. S. Geological Survey, Professional Paper 1395, Washington, <https://pubs.usgs.gov/publication/pp1395>, (25. 2. 2025.).
- Wikipedia (2025): Grok (chatbot), [https://en.wikipedia.org/wiki/Grok_\(chatbot\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Grok_(chatbot)), (25. 2. 2025.).

Nedjeljko Frančula i Miljenko Lapaine

TRAVANJ

FIG Working Week 2025*Brisbane Australia, 6.-10. 4.*Web: <https://www.fig.net/fig2025/>E-mail: fig@fig.net**6th Joint International Symposium on Deformation Monitoring – JISDM 2025***Karlsruhe, Germany, 7.-9. 4.*Web: <https://jisdm2025.gik.kit.edu/>E-mail: jisdm2025@gik.kit.edu

SVIBANJ

11th International Maritime Science Conference*Split, Croatia, 8.-9. 5.*Web: <https://imsc.pfst.hr/>E-mail: imsc@pfst.hr**XXI. Dani geodeta Hrvatske***Seget Donji (kod Trogira), Hrvatska, 8.-11. 5.*Web: <https://www.hgd1952.hr/>E-mail: hgd1952.hr@gmail.hcom**17th Baška GNSS Conference 2025***Baška, Croatia, 11.-15. 5.*Web: <https://rin.org.uk/mpage/BaskaGNSSHome>**European Navigation Conference – ENC 2025***Wroclaw, Poland, 13.-16. 5.*Web: <https://www.enc2025.eu/>E-mail: conference@enc2025.eu**27th International Scientific Conference of Civil Engineering – JUNIORSTAV 2025***Brno, Czech Republic, 15. 5.*Web: <https://juniorstav.fce.vutbr.cz/>E-mail: juniorstav@vut.cz

LIPANJ

25th International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM 2025*Albena, Bulgaria, 28. 6. – 7. 7.*Web: <https://www.sgem.org/>E-mail: sgem@sgem.org

SRPANJ

GeoAI – geoinformacije i umjetna inteligencija*Zagreb i online, Hrvatska, 5. 7.*Web: <https://www.kartografija.hr/>E-mail: hkd@kartografija.hr

KOLOVOZO

32nd International Cartographic Conference*Vancouver, Canada, 18.-22. 8.*Web: <https://icaci.org/icc2025/>E-mail: secgeneral@icaci.org**IAGA / IASPEI Joint Scientific Meeting 2025***Lisbon, Portugal, 31. 8. – 5. 9.*Web: <https://iaga-iaspei-lisboa-2025.isel.pt/>E-mail: iaga.iaspei25@isel.pt

RUJAN

IAG Scientific Assembly 2025*Rimini, Italy, 1.-5. 9.*Web: <https://eventi.unibo.it/iag2025>E-mail: fam.eventi@unibo.it**25th Scientific-Professional Colloquium on Geometry and Graphics***Čakovec, Croatia, 7.-11. 9.*Web: <http://www.hdgg.hr/Cakovec/>E-mail: hdgg@hdgg.hr**ION GNSS+ 2025***Baltimore, Maryland, USA, 8.-12. 9.*Web: <https://www.ion.org/gnss/future-meetings.cfm>E-mail: membership@ion.org**21st International Conference Geoinformation and Cartography***Zadar and online, Croatia, 18.-20. 9.*Web: <https://www.kartografija.hr/>E-mail: hkd@kartografija.hr**11th International Conference on Sensors and Electronic Instrumentation Advances – SEIA' 2025***Ponta Delgada, San Miguel (Azores Islands), Portugal, 24.-26. 9.*Web: <https://seia-conference.com/>E-mail: seia@sensorsportal.com

LISTOPAD

INTERGEO 2025*Frankfurt, Germany, 7.-9. 10.*Web: <https://www.intergeo.de/>E-mail: info@hinte-expo.com**9th International Conference on Engineering Surveying – INGeo 2025***Brno, Czech Republic, 15.-17. 10.*Web: <https://www.ingeoconference.com/>E-mail: ingeo2025@ingeoconference.com**18. simpozij ovlaštenih inženjera geodezije***Bol, Hrvatska, 22.-25. 10.*Web: <https://hkoig.hr/>E-mail: simpozij@hkoig.hr

STUDENI

XXIV SGEM Vienna Green 2025*Vienna, Austria, 26.-29. 11.*Web: <https://sgemviennagreen.org/>E-mail: science@sgemviennagreen.org

PROSINAC

AGU 2025 Fall Meeting*New Orleans, LA, USA, 15.-19. 12.*Web: <https://www.agu.org/annual-meeting>

Mladen Zrinjski

UPUTE SURADNICIMA

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

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

Recenzirani se radovi razvrstavaju na sljedeći način:

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

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

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

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

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

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

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

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

OPREMA RUKOPISA

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

VAŽNO UPOZORENJE!

MOLIMO AUTORE DA SE TOČNO PRIDRŽAVAJU UPUTA.

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

Zainteresirani za objavljivanje oglasa mogu dobiti informacije o mogućnostima oglašavanja i cijenama u tajništvu Hrvatskoga geodetskog društva, Berislavićeva 6, Zagreb, tel.: +385 1 46 39 371.

GeoPLUS i ZWCAD 2025

Vaš ključ za uspješne geodetske projekte

GeoPLUS:

- konverzija GML-a u DXF direktno u ZWCAD-u
- kontrola kvalitete crteža
- automatski ispis vlasnika i posjednika
- crtanje slojnica i izrada 3D profila

ZWCAD 2025:

- poboljšane 2D i 3D funkcionalnosti
- intuitivno korisničko sučelje
- specifični moduli za arhitekte, inženjere i dizajnere
- trajna licenca bez dodatnih troškova

Unaprijedite svoje geodetske projekte s najboljim rješenjima na tržištu!



t. +385 (0)1 3768 250
e. info@geosoft.hr
www.geosoft.hr
www.geoplus.hr
www.zwcad.hr

GEOSOFT

ZWCAD



GEODETSKI INSTRUMENTI

TOTALNE STANICE
GNSS, 3D, GIS



Geodetski instrumenti i program-
ski paketi talijanskog proizvođača
STONEX S.r.l. za geodetska mjer-
enja, 3D skeniranja, fotogrametri-
jska mjerenja i GIS.

GEO SUSTAVI
GEODETSKI INSTRUMENTI I PRIBOR

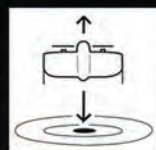
www.stonex.hr



www.geosustavi.hr

WingtraOne GEN II

60min leta
Izmjenjive kamere



VTOL



SONY α6100 24MP / 24MP Oblique

SONY RX1R 42MP / SONY RGB 61MP/ RedEdge multispektralna



LIDAR senzor
Dometa do 300m



Emlid Studio

is a cross-platform desktop application designed specifically for post-processing. The application has four workflows:

PPK: Post-process the collected data.

Drone Data PPK: Geotag photos obtained during the drone flight for further mapping in photogrammetry software.

Stop & Go with RV3: Get separate points with ReachView 3.

Convert logs to RINEX: Convert raw data from the receiver to the industry-standard RINEX format.



REACH RS2

Datasheet

Key features

- Tracks GPS/QZSS L1C/A, L2C GLONASS L1OF, L2OF BeiDou B1I, B2I Galileo E1-B/C, E5b
- Fast RTK convergence
- Multi-feed antenna with multipath rejection
- 868/915 MHz LoRa modem for up to 8 km connectivity
- Global 3.5G modem
- 22 hours on 1 charge
- NTRIP and VRS support, works with RTCM3
- Logs RINEX at update rate up to 10 Hz
- 16 GB of internal storage
- IP67, water- and dustproof

EMLID

Emlid Studio Beta

New post-processing software



www.emlid.com



www.arcgeo.hr

Engineered for every day.

Trimble SX12

The Trimble® SX12 Scanning Total Station is the one instrument you need to handle any survey project by integrating surveying, imaging and 3D scanning capabilities into your everyday workflow.



Topo



Roading



Tunneling



As-Built



Powerline



Stakeout



TRIMBLE: NEXT GEN PRODUCTIVITY
Geospatial.trimble.com/SX12



**PRVI HIBRIDNI LASERSKI
SKENER NA SVIJETU**

FARO ORBIS

**GeoSLAM patentirani
SLAM algoritmi**

**Flash tehnologija – brzi
statični sken za visoku
razinu detalja**



- visoko-precizni, detaljni i kolorizirani oblaci točaka
- jednostavno georeferenciranje pomoću kontrolnih točaka
- prikaz skena u realnom vremenu pomoću Faro Stream aplikacije

GEO CENTAR

www.geocentar.com

THE **BEST** JUST GOT **BETTER**

 **Trimble.**
Authorised Distribution Partner



TRIMBLE R980 GNSS SYSTEM

Elevate survey productivity with unmatched performance and Trimble trusted workflows. With a full suite of enhanced connectivity features, the Trimble® R980 GNSS system sets a new benchmark in versatility and enables you to tackle the most demanding GNSS environments to get the job done.

geospatial.trimble.com/r980


Geomatika
SMOLČAR s.p.a.